

国 环 评 证

甲 字 第 2602 号

金沙江乌东德水电站

环 境 影 响 报 告 书

建设单位：中 国 长 江 三 峡 集 团 公 司

编制单位：长 江 水 资 源 保 护 科 学 研 究 所

二〇一四年十二月

核 准：雷阿林

雷阿林

核 定：雷少平 李迎喜

雷少平

李迎喜

审 查：罗小勇 柳七一

罗小勇

柳七一

项目负责人：雷少平 【环评工程师登记号 A26020030700】

雷少平

罗小勇 【环评工程师登记号 A26020220700】

罗小勇

校 核：阮 娅 闫峰陵 翟红娟 许秀贞

阮娅 闫峰陵 翟红娟 许秀贞

编 写：闫峰陵 【环评岗证字第 A26020089 号】

闫峰陵

阮 娅 【环评工程师登记号 A26020101000】

阮娅

樊 皓 【环评岗证字第 A26020095 号】

樊皓

刘金珍 【环评岗证字第 A26020098 号】

刘金珍

许秀贞 【环评岗证字第 A26020084 号】

许秀贞

翟红娟 【环评岗证字第 A26020092 号】

翟红娟

王中敏 【环评岗证字第 A26020080 号】

王中敏

张 季 【环评工程师登记号 A26020251000】

张季

刘扬扬 【环评岗证字第 A26020101 号】

刘扬扬

翟 立 【环评岗证字第 A26020054 号】

翟立

曾 鸣 【环评岗证字第 A26020037 号】

曾鸣

彭才喜 【环评岗证字第 A26020104 号】

彭才喜

熊 顺 【环评岗证字第 A26020090 号】

熊顺

徐 嘉 【环评岗证字第 A26020041 号】

徐嘉

参 加：邓志民 刘 昊

《金沙江乌东德水电站环境影响报告书》

主要评价人员及工作分工

姓 名	注册/上岗证号	分 工
雷阿林	A26020025	报告书核准
雷少平	A26020030700	报告书核定、项目负责人
李迎喜	A26020010700	报告书核定
罗小勇	A26020220700	报告书审查，项目负责人
柳七一	SA2602002	报告书审查
闫峰陵	A26020089	报告书校核、编写工程概况、水生生态影响评价及措施、水土流失预测评价及措施、环保措施实施规划、评价结论
阮 娅	A26020101000	报告书校核、编写总则、水环境影响预测及措施、局地气候影响预测评价、评价结论
樊 皓	A26020095	编写水文情势影响分析、地下水影响预测及措施、环境地质影响预测及措施、泄洪雾化影响及措施
刘金珍	A26020098	编写环境现状、陆生生态影响预测及措施、社会环境影响及措施、附件附录
许秀贞	A26020084	报告书校核，编写移民安置环境影响及措施、环境风险评价、公众参与
翟红娟	A26020092	报告书校核，编写施工环境影响预测及措施、环境保护投资概算
王中敏	A26020080	编写工程分析、社会环境影响及措施
张 季	A26020251000	编写环境管理与监测计划
刘扬扬	A26020101	编写环境影响经济损益分析
翟 立	A26020054	制图

姓 名	注册/上岗证号	分 工
曾 鸣	A26020037	编写公众参与
彭才喜	A26020104	制图
熊 顺	A26020090	编写公众参与
徐 嘉	A26020041	编写公众参与



项 目 名 称：金沙江乌东德水电站

文 件 类 型：环境影响报告书

编 制 单 位：长江水资源保护科学研究所

法 人 代 表：雷阿林

通 讯 地 址：湖北省武汉市汉阳区琴台大道 515 号

联 系 方 式：027-84872078 027-84872714 (fax)

经国家环境保护总局环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，雷少平具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0003838

登记证编号：A26020030700

有效期限：2006年12月15日至2009年12月14日

所在单位：长江水资源保护科学研究所

登记类别：农林水利类环境影响评价



再次登记记录

时间	有效期限	签章
2010.02.01	延至 2011年12月14日	环评工程处再次登记专用章
2013.05.30	延至 2015年12月14日	环评工程处再次登记专用章
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

经环境保护部环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，罗小勇具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0003840

登记证编号：A26020220700

有效期限：2010年03月01日至2012年12月14日

所在单位：长江水资源保护科学研究所

登记类别：农林水利类环境影响评价



再次登记记录

时间	有效期限	签章
2013.1.6	延至 2015年12月14日	环评工程处再次登记专用章
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

前 言

乌东德水电站位于云南省昆明市禄劝县和四川省凉山州会东县界河的金沙江干流上，是金沙江下游河段规划建设的水电梯级——乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝中的第一个梯级。长江宜宾以上干流（含金沙江）全长约 3500km，天然落差约 5100m，水能资源十分丰富，是全国最大的水电能源基地，理论蕴藏量为 121000MW，占长江流域总蕴藏量的 42%，占全国的 16.7%，其中经济可开发装机容量 103000MW，为长江流域的 43.6%，占全国的 25.6%。金沙江下游河段（攀枝花至宜宾）水量大、落差集中，是金沙江流域乃至长江流域水电资源最丰富的河段之一，河段全长 782km，落差 729m，规划分四级开发，可开发装机容量约为 38200MW，年发电量约 1700 亿 kW·h，是西电东送的重要电源基地。

2003 年 11 月，中国长江三峡集团公司（原中国长江三峡工程开发总公司）委托长江水利委员会长江勘测规划设计研究院、中国水电顾问集团西北勘测设计研究院共同承担金沙江乌东德水电站预可行性研究工作。

在二十世纪六十年代的长江流域规划中，乌东德水电站的正常蓄水位为 995m（原为鲁拉戛坝址，位于乌东德坝址下游约 10km 处），后来受库区 1970 年建成的成昆铁路高程限制，《长江流域综合利用规划简要报告（1990 年修订）》中乌东德水电站的正常蓄水位为 950m，水库回水末端距观音岩水电站约 92km、距攀枝花市约 53km。乌东德库区河段属深山峡谷区，河谷深切，两岸陡峭，地质条件优越，淹没区移民数量少，没有环境和生态方面的重大制约因素。为了合理利用金沙江攀枝花至乌东德河段的水能资源，结合成昆铁路升级改造，在预可行性研究中，中国长江三峡集团公司委托长江水利委员会长江勘测规划设计研究院开展抬高乌东德水电站正常蓄水位专题研究。

2005 年 12 月，长江勘测规划设计研究院提出了《金沙江乌东德水电站正常蓄水位专题研究报告》和附属的四个分报告：《分报告一 对成昆铁路影响及对策》、《分报告二 建设征地及移民安置规划》、《分报告三 生态与环境影响研究》、《分报告四 工程方案》。2006 年 2 月，中国国际工程咨询公司对该报告进行了评审，评审意见（咨能源〔2006〕202 号）的结论为：“从流域规划、对成昆铁路的影响、水能资源的合理利用、对铁路和攀枝花市的影响、生态环境、水库淹没、工程技术条件和经济合理性等方面综合分析，适当提高正常蓄水位是经

济合理的”；“在预可研阶段，正常蓄水位可在 970m~980m 之间初选”。

结合中国水利水电建设工程咨询公司以前的咨询意见和中国国际工程咨询公司的评审意见，长江设计院补充了更详细的基础资料，特别是乌东德水电站对攀枝花市的影响及对策方面的研究，2006 年 8 月提出了《金沙江乌东德水电站预可行性研究阶段正常蓄水位初选专题报告》和《乌东德水电站预可行性研究阶段对攀枝花市的影响与对策》报告。2006 年 8 月 29~30 日，中国水利水电建设工程咨询公司对该报告进行了咨询，结论意见为：“初选正常蓄水位 975m 作为预可行性研究阶段代表性方案是基本合适的”。

2007 年 8 月，长江院总成、西北院参加，共同完成了金沙江乌东德水电站预可行性研究报告（咨询稿）。中国水利水电建设工程咨询公司对该报告进行了咨询。咨询意见认为，初选正常蓄水位 975m 为代表方案是基本合适的。2010 年 5 月，受国家能源局委托，水电水利规划设计总院会同四川、云南两省发改委在北京主持召开了《金沙江乌东德水电站预可行性研究报告》审查会议，审查通过了该报告。会议认为，乌东德水电站是金沙江开发的重要工程，坝址地形地质条件较好，地理位置优越，技术经济指标优越，没有制约工程建设的重大环境因素。建设乌东德水电站是必要的。

2012 年 4 月，长江水利委员会编制完成了《长江流域综合规划(2012~2030 年)》(以下简称《“规划”》)。国务院以国函〔2012〕220 号批复了《规划》。在《规划》中明确：本次规划维持 1990 年《简要报告》提出的金沙江下游河段 4 级开发方案，适当抬高乌东德正常蓄水位至 975m。

乌东德水电站正常蓄水位 975m，相应水库回水长度 206.7km，水库面积 127.1km²，总库容 74.08 亿 m³，具有季调节性能。乌东德水电站由混凝土双曲拱坝、两岸地下式厂房、坝身和隧洞泄洪设施等组成，最大坝高 270m，装机容量 10200MW，多年平均发电量 389.3 亿 kW·h。为 I 等工程。电站上距攀枝花市 213.9km，下距白鹤滩水电站 182.5km，坝址控制流域面积 40.61 万 km²，多年平均流量 3850m³/s，相应多年平均径流量 1210 亿 m³。乌东德水电站距昆明市、成都市的直线距离分别为 125km 和 470km；距武汉市、上海市的直线距离分别为 1250km 和 1950km，是“西电东送”最大水电基地的重要电源之一。乌东德水电站的开发任务以发电为主，兼顾防洪，并促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致

富。电站建成后可发展库区航运、具有改善下游河段通航条件和拦沙等作用。

受中国长江三峡集团公司委托，长江水资源保护科学研究所（国环评证甲字第 2602 号）开展乌东德水电站环境影响报告书的编制工作。2011 年 2 月，我所编制完成《金沙江乌东德水电站环境影响评价大纲》（咨询稿）（以下简称大纲），2012 年 4 月通过了中国水利水电建设工程咨询公司组织的咨询。根据《大纲》，我所与相关协作单位共同开展了相关主要专题工作，包括水环境、水生生态、陆生生态、地下水、局地气候、施工环境、移民环境等，并进行了多次环境现状调查和监测工作。2011 年 12 月，乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书通过了环境保护部环境工程评估中心组织的审查，2012 年 4 月，环境保护部以环审【2012】99 号文批复了该报告书。乌东德水电站对外交通主要包括新修半角至新村公路（28.62km）、会东至河门口公路（44.80km）、河门口跨江大桥（总长 535m、连续刚构桥）等，对外交通单独立项、审批，单独编制了环境影响报告书，其中《半角至新村公路环境影响报告书》获得云南省环保厅批复（云环审【2012】297 号），《会东至河门口公路环境影响报告书》获得四川省环保厅批复（川环审批【2012】73 号），《河门口特大桥环境影响报告书》获得云南省环保厅、四川省环保厅的联合批复（云环审【2013】197 号）。

2011 年 12 月，《金沙江下游水电梯级开发环境影响及对策研究报告》通过了环境保护部组织的审查，2012 年 3 月，环境保护部以环函【2012】69 号文下发了审查意见。

2014 年 10 月和 12 月，环保部评估中心分别对《金沙江乌东德水电站工程移民安置环境影响评价专题报告》、《金沙江乌东德水电站陆生生态影响评价专题报告》、《金沙江乌东德水电站水生生态影响评价专题报告》进行了审查，我所根据审查意见对报告进行了修改，在以上工作的基础上，于 2014 年 12 月编制完成了《金沙江乌东德水电站环境影响报告书》。

本次环评得到了环境保护部及其环境工程评估中心、水电水利规划设计总院、业主单位中国长江三峡集团公司的精心指导和帮助；四川省和云南省环保厅、长江勘测规划设计研究院提供了多方面的协助和支持，四川大学、华中师范大学、中科院动物研究所、水利部中科院水工程生态研究所、南京大学、长江流域水环境监测中心、凉山州环境监测站等多家单位参与了专题研究工作，评价单位在基

基础资料收集、现场查勘过程中,得到各级地方环保部门和工程涉及各县区的水利、林业、农业、移民、统计、国土、城建、交通、卫生、文物等相关部门的大力协助,在此一并表示衷心的感谢!

目 录

1	总则	1
1.1	编制目的	1
1.2	编制依据	1
1.3	评价原则	6
1.4	评价标准	7
1.5	评价工作等级	9
1.6	评价范围及水平年	11
1.7	环境保护目标	14
1.8	评价程序	16
2	工程概况	21
2.1	流域规划及开发利用情况	21
2.2	工程建设的必要性	30
2.3	工程地理位置	32
2.4	工程任务、规模与工程运行方式	32
2.5	工程总布置及主要建筑物	44
2.6	工程项目组成及特性	45
2.7	工程施工规划	50
2.8	工程投资	67
2.9	建设征地移民安置规划	67
2.10	“三通一平”等工程及环保措施落实情况	85

2.11	规划环评要求及落实情况	108
3	工程分析	115
3.1	工程与相关规划的协调性分析	115
3.2	工程方案环境合理性分析	123
3.3	工程环境影响因素分析	136
3.4	工程分析结论	155
4	环境现状	158
4.1	流域环境现状	158
4.2	自然环境	159
4.3	生态环境	173
4.4	社会环境	276
4.5	环境质量现状评价	289
4.6	主要环境问题	307
5	环境影响预测和评价	309
5.1	水文情势影响分析	309
5.2	运行期水环境影响预测评价	360
5.3	生态环境影响预测评价	437
5.4	水土流失预测评价	494
5.5	局地气候影响预测评价	502
5.6	工程施工环境影响预测评价	524
5.7	地下水环境影响预测评价	548

5.8	环境地质影响预测评价	574
5.9	泄洪雾化影响分析	578
5.10	移民安置环境影响预测评价	580
5.11	社会环境影响分析	659
6	环境保护措施	668
6.1	设计原则	668
6.2	环境保护设计任务和设计目标	668
6.3	运行期水环境保护措施	669
6.4	陆生生态保护措施	676
6.5	水生生态保护措施	710
6.6	水土保持措施	809
6.7	施工区环境保护措施	838
6.8	地下水环境保护措施	877
6.9	环境地质保护措施	882
6.10	泄洪雾化防护措施	883
6.11	移民安置环境保护措施	885
6.12	社会环境保护措施	947
6.13	环境保护措施实施规划	956
6.14	竣工环保验收内容	963
7	环境管理与监测计划	967
7.1	环境管理计划	967

7.2	环境监理计划	974
7.3	环境监测计划	981
8	环境保护投资概算与环境影响经济损益分析.....	1003
8.1	环境保护投资概算	1003
8.2	环境影响经济损益分析	1051
9	环境风险评价	1059
9.1	环境风险识别	1059
9.2	环境风险分析	1059
9.3	环境风险防范措施	1076
9.4	风险事故应急预案	1080
10	公众参与	1084
10.1	公众参与目的	1084
10.2	公众参与对象及方式	1084
10.3	公众参与过程和结果	1104
10.4	公众意见与建议的采纳与反馈	1128
11	评价结论	1132
11.1	工程概况	1132
11.2	工程方案合理性分析结论	1133
11.3	环境现状	1133
11.4	环境影响预测评价	1138
11.5	环境保护措施	1153

11.6 环境风险	1160
11.7 环境管理与监测	1160
11.8 公众参与	1161
11.9 环保投资	1161
11.10 综合评价结论	1162

附 件：

关于委托开展乌东德水电站项目环境影响评价工作的函（科环字[2010]14 号）

附 图：

金沙江乌东德水电站地理位置图

金沙江乌东德水电站区域水系图

金沙江乌东德水电站对外交通方案示意图

1 总则

1.1 编制目的

乌东德水电站工程规模巨大、涉及范围和地域广阔、施工建设周期长。区域植被覆盖率较低，水土流失严重，生态环境脆弱。工程施工、水库淹没、移民安置将新增水土流失，使区域的生物资源发生改变，对区域生态环境产生一定的影响。根据乌东德水电站工程特性及工程所在地区的环境特点，确定环境影响评价的主要目的如下：

- （1）调查了解本工程库区、施工区、坝下游区及移民安置区的环境功能、环境质量现状及其发展趋势，存在的主要环境问题和环境保护敏感目标；
- （2）根据工程的施工和运行情况，预测工程施工、运行以及移民安置对施工区、库区、坝下游区及移民安置区环境的影响；
- （3）针对工程施工、运行及移民安置对区域环境的不利影响，提出工程环境保护措施总体布局，制定技术经济可行的环境保护对策措施，使区域环境质量满足功能区划要求，生态系统和生物多样性得到有效保护，保证工程顺利施工和正常运行，使工程建设既能促进区域社会经济的持续发展，又能保护与改善项目区生态环境，实现水资源的持续利用和环境建设的协调发展；
- （4）分析工程在施工期和运行期施工区、库区、坝下游区及移民安置区环境的总体变化趋势，从环境方面论证工程兴建的可行性，从而为工程的环境管理和项目决策提供科学依据；
- （5）提出工程竣工环境保护验收的要求，为工程竣工环境保护验收提供依据。

1.2 编制依据

1.2.1 法律、法规

- （1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月修订）；
- （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月）；
- （3）《中华人民共和国水法》（2002 年 10 月修订）；
- （4）《中华人民共和国防洪法》（1998 年 1 月）；

- (5) 《中华人民共和国水土保持法》(2011 年 3 月修订);
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》(2008 年 6 月修订);
- (7) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2000 年 9 月修订);
- (8) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(1997 年 3 月);
- (9) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2005 年 4 月修订);
- (10) 《中华人民共和国森林法》(1998 年 4 月);
- (11) 《中华人民共和国土地管理法》(2004 年 8 月修订);
- (12) 《中华人民共和国传染病防治法》(2004 年 8 月);
- (13) 《中华人民共和国野生动物保护法》(2004 年 8 月修订);
- (14) 《中华人民共和国渔业法》(2004 年 8 月修订);
- (15) 《中华人民共和国文物保护法》(2002 年 10 月);
- (16) 《中华人民共和国清洁生产促进法》(2002 年 6 月);
- (17) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年国务院令第 253 号);
- (18) 《基本农田保护条例》(1999 年 1 月);
- (19) 《饮用水水源保护区污染防治管理规定》(1989 年 7 月);
- (20) 《中华人民共和国河道管理条例》(1988 年 6 月);
- (21) 《中华人民共和国自然保护区条例》(1994 年 10 月);
- (22) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》(1993 年 10 月);
- (23) 《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》(1992 年 3 月);
- (24) 《中华人民共和国野生植物保护条例》(1997 年 1 月);
- (25) 《风景名胜区条例》(2006 年 12 月)。

1.2.2 部门规章、规范性文件

- (1) 《全国生态环境保护纲要》(国务院, 2000年12月);
- (2) 《国家突发公共事件总体应急预案》(国务院, 2006年1月);
- (3) 《全国生态功能区划》(环保部2008年第35号公告, 2008年7月)
- (4) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》(环保部令第2号, 2008年10月);
- (5) 《国家重点保护野生动物名录》(1988年12月);
- (6) 《国家重点保护野生植物名录(第一批)》(1999年8月);

- (7) 《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》（国发[2005]39号）；
- (8) 《关于西部大开发中加强建设项目环境保护管理的若干意见》（环发[2001]4号）；
- (9) 《电力建设项目水土保持工作暂行规定》（水保1998[423]号）；
- (10) 《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》（环发[2012]4号）；
- (11) 《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28号）；
- (12) 《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》（环发[2014]65号）；
- (13) 《关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知》（环办[2013]103号）；
- (14) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发[2012]98号）；
- (15) 《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价管理的通知》（环发[2013]86号）；
- (16) 《关于印发《建设项目地下水环境影响评价技术导则执行有关问题的说明》的函》（环办[2013]479号）；
- (17) 《四川省环境保护条例》（2004年9月修正）；
- (18) 《四川省地面水水域环境功能划类管理规定》（川府发[1992]5号）；
- (19) 《四川省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》（1993年12月）；
- (20) 《四川省基本农田保护实施细则》（1996年2月）；
- (21) 《四川省天然林保护条例》（1999年1月）；
- (22) 《四川省<中华人民共和国野生动物保护法>实施办法》（1990年1月）；
- (23) “关于进一步加强建设项目环境影响评价工作管理的通知”（四川省环境保护局，川环发[2001]248号）；
- (24) “关于公布《建设项目环境影响报告书（表）'五图四表'技术要求（试行）》的通知”，（四川省环境保护局，川环函[2003]231号）；
- (25) 《四川省重点保护野生动物名录》（1990年3月）；
- (26) 《四川省新增重点保护野生动物名录》（2000年9月）；
- (27) “四川省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告”，四川省人

民政府，1998年12月；

- (28) 《四川省突发公共事件总体应急预案》（2006年1月）；
- (29) 《云南省环境保护条例》（2004年6月）；
- (30) 《云南省森林条例》（2002年11月）；
- (31) 《云南省珍贵树种保护条例（修正）》（2002年1月）；
- (32) 《云南省陆生野生动物保护条例》（1997年1月）；
- (33) 《云南省珍稀保护动物名录》（1989年9月）；
- (34) 《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》（1989年6月）；
- (35) 《云南省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》（1994年7月）；
- (36) 《云南省地表水环境功能区划》（2001年6月）；
- (37) 《云南省水土流失重点防治区公告》（1999年）；
- (38) 《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》（2004年11月）。

1.2.3 技术导则与规范

- (1) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2011）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T2.3-93）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2011）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ/T2.2-2008）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T88-2003）；
- (8) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）；
- (9) 《水电水利工程环境保护设计规范》（DL/T5402-2007）；
- (10) 《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008）；
- (11) 《环境监测技术规范》（原国家环保总局，1986年）；
- (12) 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）；
- (13) 《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010）；
- (14) 《水电工程设计概算编制规定》（2007年版）；
- (15) 《城市生活垃圾卫生填埋场处理工程项目建设标准》（建设部，2001年）；

- (16) 《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB16889-2008)；
- (17) 《生活垃圾填埋场环境监测技术要求》(GB18772-2002)；
- (18) 《生活垃圾卫生填埋技术规范》(CJJ17-2004)。

1.2.4 环境质量标准与污染物排放标准

1.2.4.1 环境质量标准

- (1) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)；
- (2) 《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)；
- (3) 《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-93)；
- (4) 《渔业水质标准》(GB11607-89)；
- (5) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；
- (6) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)；
- (7) 《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)；
- (8) 《开发建设项目水土流失防治标准》(GB50434-2008)；
- (9) 《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)。

1.2.4.2 污染物排放标准

- (1) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)；
- (2) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；
- (3) 《工业企业环境噪声排放标准》(GB12348-2008)；
- (4) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；
- (5) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制排放标准》(GB18599-2001)。

1.2.5 相关技术报告及文件

- (1) 《金沙江乌东德水电站预可行性研究报告》，长江水利委员会长江勘测规划设计研究院、中国水电顾问集团西北勘测设计研究院，2010年6月；
- (2) 《关于报送<金沙江乌东德水电站预可行性研究报告审查意见>的函》，水电规规[2010]88号，2010年7月28日；
- (3) 《金沙江乌东德水电站可行性研究报告》(枢纽工程部分)(咨询稿)，长江勘测规划设计研究有限责任公司，2011年12月；

(4)《金沙江乌东德水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》(审定本),长江勘测规划设计研究有限责任公司,2010年9月;

(5)《金沙江乌东德水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告》(审定本),长江勘测规划设计研究有限责任公司,2010年9月;

(6)《金沙江乌东德水电站可行性研究阶段建设征地移民安置规划大纲》(征求意见稿),长江勘测规划设计研究有限责任公司,2013年2月;

(7)《长江流域综合规划(2012~2030年)》,水利部长江水利委员会,2012年6月;

(8)《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》(报批稿),2012年3月;

(9)《金沙江中游河段水电梯级开发环境影响评价及对策研究报告》(报批稿),2009年1月;

(10)《金沙江乌东德水电站环境影响评价大纲》(咨询稿),2011年2月;

(11)《金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书》(报批稿),2012年2月;

(12)《金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程水土保持方案报告书》(报批稿),2012年2月;

(13)《金沙江乌东德水电站水土保持方案报告书》(报批稿),2013年2月。

1.3 评价原则

(1)可持续发展原则。通过本工程的环境影响评价,识别和预测工程施工、运行和移民安置过程中所带来的环境影响,采取相应的环境保护措施减缓工程带来的不利影响,协调工程建设与环境保护的关系,实现可持续发展。

(2)科学客观公正原则。科学、客观、公正地评价工程建设对环境的影响,为工程决策提供科学依据。

(3)区域整体性原则。综合考虑工程所在区域的自然、社会各方面环境特征,全面、整体地进行环境影响评价。根据金沙江下游河段水电开发环境保护总体要求,开展本电站环境保护工作。

(4)干支流开发、上下游梯级协调性原则。在水文情势、水环境、水生生

态、社会环境影响预测和考虑对策措施时，综合考虑本工程与干支流开发、上下游梯级电站之间的关系和相互之间的影响，在保护好生态的前提下积极开发水电。

(5) 突出重点原则。对水环境、生态、移民环境等重点环境要素及因子进行详细、全面地评价。

(6) 预防为主原则。环境保护对策措施遵循预防为主和不利影响减量化原则，针对推荐方案的不利环境影响和环境保护目标制定。

(7) 公众参与原则。在评价过程中积极开展公众参与，充分考虑社会各方面的利益和主张，采取网络调查、发放调查问卷、召开公众座谈会和专家咨询会等方式，获得公众和社会各方面对本电站开发的意见和建议，并将其作为环境影响评价的重要输入信息。

1.4 评价标准

根据四川和云南两省环保厅对乌东德水电站工程环境影响评价标准的确认复函以及有关规范、标准等，结合工程区域环境特征，本工程环境影响评价执行以下标准：

1.4.1 环境质量标准

(1) 地表水环境质量标准：本工程所在的金沙江下游河段地表水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水标准。

(2) 地下水环境质量标准：执行《地下水环境质量标准》（GB/T14848-93）III类水标准。

(3) 环境空气质量标准：根据标准确认函，本工程环境空气质量评价标准执行《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级标准。随着标准的修订，相应执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

(4) 声环境质量标准：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准；交通干线两侧道路红线外35m以内执行4a类标准，交通干线两侧道路红线外35m以外执行2类标准。

主要环境因子的环境质量标准见下表。

表 1.4-1 乌东德水电站环境质量执行标准

地表水	地下水

地表水				地下水			
《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) III类 (mg/L)				《地下水环境质量标准》 (GB/T14848-93) III类 (mg/L)			
项目	标准值	BOD ₅	≤4	项目	标准值	总硬度	≤450
pH	6~9	氨氮	≤1.0	pH	6.5~8.5	溶解性总固体	≤1000
溶解氧	≥5	总磷	≤0.2 (湖库 0.05)	氨氮	≤0.2	高锰酸盐指数	≤3
高锰酸盐指数	≤6	石油类	≤0.05	硝酸盐	≤20	硫酸盐	≤250
化学需氧量	≤20	粪大肠菌群	≤10000	亚硝酸盐	≤0.02	总大肠菌群 (个/L)	≤3
环境空气		声环境					
《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级 (日均) (ug/m ³)		《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 2类 (dB)		《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 4a类 (dB)			
项目	标准值	时段	标准值	时段	标准值		
TSP	300	昼间	L _{Aeq} : 60	昼间	L _{Aeq} : 70		
PM ₁₀	150	夜间	L _{Aeq} : 50	夜间	L _{Aeq} : 55		
SO ₂	150						
NO ₂	80						

1.4.2 污染物排放标准

水污染物排放标准：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

大气污染物排放标准：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准，无组织排放执行无组织排放监控浓度限值。

噪声标准：根据标准确认函，本工程噪声排放标准执行《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-90），随着标准的修订，相应执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

固体废物：执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制排放标准》（GB18599-2001）相关标准和《生活垃圾填埋污染控制标准》（GB16889-2008）。

污染物排放执行标准见下表。

表 1.4-2 乌东德水电站污染物排放执行标准

地表水		环境空气		声环境	
《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 一级标准 (mg/L)		《大气污染物综合排放标准》 (GB16297-1996) 二级 标准 (mg/L)		《建筑施工场界环境噪声 排放标准》 (GB12523-2011) dB (A)	
项目	标准值	项目	标准值	时段	标准值

地表水		环境空气		声环境	
《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 一级标准 (mg/L)		《大气污染物综合排放标准》 (GB16297-1996) 二级 标准 (mg/L)		《建筑施工场界环境噪声 排放标准》 (GB12523-2011) dB (A)	
pH	6~9	TSP	1.0	昼间	70
SS	≤70	PM ₁₀	1.0	夜间	55
石油类	≤5	SO ₂	0.4		
化学需氧量 (COD)	≤100	NO ₂	0.12		
五日生化需氧量 (BOD ₅)	≤20				
氨氮	≤15				
粪大肠菌群数 (个/L)	≤500				

1.4.3 生态环境

- (1) 以不减少区域内濒危珍稀动植物种类和不破坏生态系统完整性为目标。
- (2) 水土流失以不改变土壤侵蚀类型为准。

1.5 评价工作等级

1.5.1 水环境

乌东德水电站运行期间无生产废水排放,水环境评价等级的确定主要以施工期污水产生量和水域功能要求,运行期水文情势变化为依据。本工程施工建设规模大、周期长,电站施工期间的废水主要为施工生产废水和生活污水,施工生产废水主要来自砂石骨料冲洗、混凝土拌和楼冲洗、地下厂房开挖、大坝混凝土浇筑和养护以及机械修理等生产过程,生活污水主要来自施工人员生活所产生的污水。施工废水中主要污染物为 SS,生活污水主要污染物为 COD、BOD₅。施工高峰期废(污)水日产生量大于 20000m³/d, 污染物类型有两类,污水复杂程度属中等。坝址处多年平均流量为 3850m³/s,水库正常蓄水位 975m,总库容为 74.08 亿 m³,水面面积 127.1km²,属大型水域规模。工程江段水域环境功能执行 GB3838-2002《地表水环境质量标准》III类。

乌东德水电站建成后,改变了河流水文情势,流速、流量、水温、水质的变化可能引起一系列的河流生态环境变化,对位于库尾的攀枝花市的工农业和生活用水、水功能区纳污能力具有一定影响。

按照 HJ/T2.3-93《环境影响评价技术导则 地面水环境》中评价等级划分方法,确定本工程地表水环境评价等级为一级。

1.5.2 地下水环境

本工程对地下水影响主要为施工隧洞、导流洞、尾水洞、地下厂房等施工过程中，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》，本工程在施工过程中，可能引起地下水流场或地下水水位变化，并导致环境水文地质问题。工程施工期对污水采取处理措施处理后进行回用或达标排放，施工期生产废水和生活污水处理后回用或达标排入河道，不会对地下水水质造成直接污染。因此，本工程按照Ⅱ类建设项目开展相关评价工作。

本工程左、右岸为相对独立水文地质单元，左、右岸主要洞室渗流量均小于 1 万 m³/d，排水规模判定为“中”，影响范围半径大于 1.5km，工程建设引起的地下水水位变化区域范围为“大”，工程影响范围仅涉及 7 处泉水，不涉及集中式饮用水水源地等敏感区，地下水环境敏感程度为“不敏感”，工程建设不会出现产生土壤盐渍化、沼泽化等环境水文地质问题，环境水文地质影响程度“弱”，依据Ⅱ类建设项目评价等级确定原则，本项目地下水评价工作等级为二级。

表 1.5-1 按Ⅱ类建设项目评价工作等级

建设项目	建设项目排水规模	建设项目引起的地下水位变化区域范围	建设项目场地地下水环境敏感程度	建设项目造成的环境水文地质问题大小	评价级别
乌东德水电站	中	大	不敏感	弱	二级

1.5.3 生态环境

乌东德水库正常蓄水位 975m 方案建设征地涉及四川、云南两省的 10 个县（区）38 个乡镇，建设征地总面积 138.66km²（枢纽工程建设区 12.27km²，水库淹没区 125.05km²，水库影响处理区 1.37km²），工程影响范围大于 50km²。根据《全国生态功能区划》，工程所属区域为川滇干热河谷土壤保持重要区，属于重要生态敏感区，区域生态系统较为脆弱，库区分布有国家重点保护动植物物种。工程建成后，库区以及坝下河段水文情势发生明显改变，对库区及坝下游河道的水生生物及其生境有一定的影响。

依据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19—2011）中评价工作级别判定表，确定乌东德水电站生态环境影响评价等级为一级。

1.5.4 大气环境

乌东德水电站对大气环境的影响主要集中在施工区，影响时段主要在施工期。工程施工期间，废气主要来自机械燃油、施工爆破、开挖以及交通运输等。选择TSP、NO₂为主要污染物，采用《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ/T2.2-2008）推荐的估算模式进行估算，工程施工过程中各种污染物的最大地面质量浓度占标率 $P_{max}<10\%$ 。

依据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ/T2.2-2008）评价等级分级原则，确定本工程大气环境影响评价等级为三级。

1.5.5 声环境

工程区适用《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的声环境2类和4类标准区域，施工噪声导致周边区域噪声级别有一定的增加，工程区周边300m范围内有3个居民点，数量较少，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）评价等级分级原则，本工程声环境影响评价等级确定为二级。

1.6 评价范围及水平年

以维护工程区域生态完整性为原则，结合地表水环境、大气及声环境影响评价等级，以及乌东德水电站施工及电站运行特性等，确定本工程环境影响评价范围为工程施工区、水库淹没区、移民安置区、乌东德坝下至白鹤滩坝址以上金沙江河段，各环境要素具体评价范围详见表 1.6-1。而成昆铁路改建工程、输电线路工程，对外交通公路工程为单独立项报审项目，不纳入本报告书的评价范围。

1.6.1 评价范围

本工程环境影响评价范围可分为枢纽区、库区、坝下游区和移民安置区。不同生态与环境因子的调查与评价范围根据影响机理、影响程度具体确定。

（1）水环境

施工期水环境评价范围为工程封闭管理区上边界上游 0.5km 至下边界下游 3km 的金沙江河段水域。

运行期水环境评价范围为乌东德坝址至库尾（四川省攀枝花市东区银江镇马家田沟附近）206.7km，面积 127.1km²水域；乌东德坝下至白鹤滩坝址之间 182.3km

水域，以及主要支流雅砻江、尘河、鲹鱼河、龙川江、勐果河回水区域并适当延伸。同时考虑到梯级电站累积影响以及流域鱼类栖息生境保护要求，水温及水文情势研究范围适当延伸至向家坝水电站坝下。

农村移民安置点和迁建集镇大多位于乌东德电站库周，地表水环境评价范围为乌东德库区。

（2）地下水环境

地下水环境评价范围为库尾至乌东德坝址以东 10km 的大坪子乡，南起毗邻金沙江的江边乡，北至花滩。评价区整体上呈矩形，长约 100km，宽约 90.5km，总面积约为 9502km²。

（3）生态环境

生态评价范围包括水库淹没区及影响区、移民安置区、施工区、坝下游区。

陆生生态环境：评价范围确定的重要依据是各生态因子间互相影响和互相依存的关系，主要考虑评价区域与周边环境的生态完整性。本工程陆生生态评价范围为乌东德水电站库尾以上 10km 至坝址下游 10km 之间的金沙江干流及库区，支流两岸外延 10km 或以第一道分水岭为界的范围，工程枢纽及施工占地区域周边扩展 2km、移民安置区及其周边 2km 范围。

水生生态环境：水生生态评价范围为乌东德水库库尾～向家坝坝址之间的金沙江下游河段，干流全长约 768km；重点评价范围为乌东德库区、白鹤滩库区及主要支流，其中金沙江干流总长约 389km，主要支流包括乌东德库区的雅砻江、龙川江、鲹鱼河、勐果河、尘河，白鹤滩库区的小江、以礼河、黑水河等。考虑到梯级电站水温以及水文情势累积影响以及流域鱼类保护要求，水生生态评价范围适当延伸至向家坝水电站坝下。

（4）大气环境

根据施工区污染物排放特点，枢纽区大气环境评价范围为施工封闭管理区及其周围 500m 内的范围，主要施工道路两侧 200m 范围。

移民安置工程大气环境评价范围为移民安置区、迁建集镇以及专项工程施工区为中心两侧 500m，施工道路两侧 200m 范围。

（5）声环境

枢纽工程区声环境评价范围为施工封闭管理区及管理区边界外 200m 内范围；如依据建设项目声源计算得到的贡献值到 200m 处仍不能满足相应功能区标

准值时，将评价范围扩大到满足标准值的距离，附近有居民点等敏感点的地方，评价范围适当调整放宽到敏感点附近。

移民安置工程声环境评价范围为各类工程占地区及其周围 200m 范围内。

(6) 社会环境

人群健康评价范围为水库淹没周边区域、工程施工区、移民安置区；景观与文物评价范围为施工区及水库淹没区；社会经济评价范围在运行期涉及四川省和云南省，在施工期涉及本工程施工区、移民安置区。

本工程主要环境要素的评价范围详见下表。

表 1.6-1 乌东德水电站工程主要环境影响要素和因子评价范围一览表

环境要素		评 价 范 围
水环境		施工期：工程封闭管理区上边界上游 0.5km 至下边界下游 3km 的金沙江河段水域； 运行期：乌东德坝址至库尾（四川省攀枝花市东区银江镇马家田沟附近）206.7 km，面积 127.1km ² 水域；乌东德坝下至白鹤滩坝址之间 182.3 km 水域，以及主要支流雅砻江、尘河、鲹鱼河、龙川江、勐果河回水区域并适当延伸； 移民安置区：乌东德库区。
地下水环境		库尾至乌东德坝址以东 10km 的大坪子乡，南起毗邻金沙江的江边乡，北至花滩。评价区整体上呈矩形，长约 100km，宽约 90.5km，总面积约为 9502km ² 。
陆生生态		水库淹没区：库尾以上 10km 至坝址下游 10km 之间的金沙江干流及库区支流两岸外延 10km 或以第一道分水岭为界的范围； 枢纽工程区：工程施工区评价范围以工程枢纽、施工占地区域周边扩展 2km； 移民安置区：移民安置区及其周边 2km 范围。
水生生态		坝址以上至库尾约 206.7km，面积 127.1km ² 的库区水域并适当上延，主要支流（雅砻江、尘河、鲹鱼河、龙川江、勐果河）及下游白鹤滩库区水域。
大气环境		施工封闭管理区、移民安置区及其周围 500m 内的范围，主要施工道路两侧 200m 范围。
声环境		施工封闭管理区、移民安置区边界外 200m 内范围。
社会环境	人群健康	水库淹没周边区域、工程施工区、移民安置区。
	景观与文物	施工区及水库淹没区。
	社会经济	运行期涉及四川省和云南省，施工期涉及本工程施工区、移民安置区。

1.6.2 评价时段

现状评价水平年：以 2010～2013 年为基准年；

预测评价水平年：根据本工程枢纽施工和移民安置规划，确定环境影响预测评价时段。

(1) 枢纽施工环境影响的预测评价时段主要为施工期，共计 9 年 2 个月。

(2) 移民安置环境影响的预测评价时段与本工程水库移民安置规划水平年一致，即 2020 年。

(3) 本工程运行期环境影响评价时段为工程运行后第 3 年（2023 年）。考虑乌东德水电站水环境影响的复杂性，影响评价时段扩展为工程运行后第 10 年（2030 年）。

1.7 环境保护目标

乌东德水电站是一座以发电为主，兼顾防洪、拦沙、航运等综合效益的水电站工程。工程的建设符合我国能源战略和西部大开发战略思想，对改善能源结构、低碳减排、促进地区经济发展和社会进步，对地区脱贫致富具有重大意义，但工程建设也会对区域环境产生一定不利影响。根据工程影响区环境现状和环境功能，初步拟定本工程环境保护目标如下：

1.7.1 环境功能保护目标

(1) 水环境

库区及坝下水域水质应符合水功能区的水质管理目标Ⅲ类水质标准。重点保护水库回水范围内取水口水质，水库蓄水后应达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水标准；施工期废污水排放达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

(2) 地下水环境

右岸卧嘎村、乌东德村、二坪子村居民取水水源均为水质状况较好的泉水，施工活动造成的地下水位可能对上述村庄生活用水取水造成一定的影响。维持以上村庄饮用水水质、水量现状，不因工程施工而降低。

(3) 生态环境

根据《全国生态功能区划》，工程所属区域为川滇干热河谷土壤保持重要区。保护库周干热河谷生态系统，维护工程影响区生态系统的完整性和稳定性，使库区现状生态环境不致因兴建本工程而进一步恶化，并在此基础上能有所改善；保护工程影响范围内的云南省省级重点保护野生植物毛核木、厚果鸡血藤和丁茜、

古树以及国家重点保护野生动物、珍稀濒危动物，减缓工程建设对其产生的不利影响；保护库区及坝下游珍稀特有水生生物，减缓由于水文情势改变以及大坝阻隔对鱼类资源的不利影响。保护元谋省级风景名胜区的原有功能以及攀枝花猕猴自然保护区猕猴的生境。

（4）水土流失

工程区位于金沙江水土保持重点治理区的干热河谷区。应结合地方生态建设规划、“长防林”及“长治工程”建设，预防和治理防治责任范围内的水土流失，使项目建设区及其影响地区新增水土流失得到有效控制。治理和预防因工程建设产生的水土流失，重视开挖边坡及渣场的防护，通过集中挡护弃渣和植物措施，保护水土资源。施工建设期土壤流失控制比 0.7、拦渣率 95%；设计水平年（试运行期）扰动土地整治率 95%、水土流失总治理度 97%、土壤流失控制比 0.8、拦渣率 95%、林草植被恢复率 99%、林草覆盖率 27%。

（5）环境空气质量

维护施工区及其周边区域的环境空气质量，使其达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。施工区周边的卧嘎村、三台村二组、二坪子村等居民区大气环境达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（6）声环境

维护施工区及其周边区域的声环境质量，工程区周边的卧嘎村、三台村二组、二坪子村等居民区声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准；施工期施工区边界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

（7）移民环境

完善移民安置区的基础设施，保障移民的生产条件、生态环境、生活环境和生活质量，使移民的生产、生活不低于现状水平，并得到改善和逐步提高。移民生产安置人均耕地不低于现状水平、人均年纯收入高于现状水平。

（8）社会环境

通过工程建设促进社会经济的发展。减少水库蓄水对成昆铁路和攀枝花钒钛产业园区的影响，采取措施保障成昆铁路正常运行和攀枝花钒钛产业园区长远发展。水库蓄水前对涉及的文物古迹进行提取资料、重点发掘保护。

加强工程施工期、移民安置区医疗卫生防疫体系的建设，防止与水库蓄水和工程施工活动有关的病媒生物滋生，保护施工人员、库区和移民安置区居民身体

健康。

1.7.2 环境敏感保护目标

乌东德水电站位于高中山峡谷区河谷地带，施工区沿河布置。工程施工采用封闭管理方式，施工区内原有居民点等敏感保护对象已纳入移民安置规划中，在工程筹建期将迁出施工区。根据工程施工、移民安置、工程运行特点，以及工程影响区环境状况，乌东德水电站可能影响的环境敏感保护对象主要是元谋省级风景名胜区、攀枝花仁和平地猕猴自然保护小区等生态敏感区以及施工封闭管理区周边的村庄、饮用水水源地保护区、库区取水口、库区及坝下江段水质、珍稀特有鱼类、重点保护的野生动植物、古树等。通过对工程区域环境敏感目标的调查，确定本工程主要环境敏感保护目标（见表 1.8-1）。

1.8 评价程序

乌东德水电站环境影响评价程序见图 1.8-1。

表 1.8-1 乌东德水电站环境敏感保护目标一览表

环境要素	目标名称	相对位置	目标特征	影响因素	影响时段	保护要求
水环境	密地小水厂取水口	金沙江干流左岸，距乌东德坝址 207.3km	取水规模为 7 万 m³/d，采用泵船取水，取水用途为生产用水	水库淹没以及水库蓄水引起的水文情势变化对取水设施及取水口水质产生一定影响	运行期	维护评价河段现有水环境功能。库区及坝下河段达到（GB3838-2002）Ⅲ类水标准。
	攀钢集团钛业有限责任公司取水口	金金沙江干流右岸，距坝址 206.5km	取水规模为 3 万 m³/d，采用泵船取水，取水用途为生产、生活用水			
	密地大水厂取水口	沙江干流左岸，距坝址 204.8km	取水规模为 5 万 m³/d，采用泵船取水，取水用途为生产、生活用水			
	攀枝花天伦化工有限公司	金沙江干流左岸，距坝址 196.6km	取水规模为 1.2 万 m³/d，采用缆车取水，取水用途为生产用水			
	攀枝花市万川工贸有限公司取水口	金沙江干流左岸，距坝址 193.9km	取水规模为 1.34 万 m³/d，采用缆车取水，取水用途为生活用水			
	红格提灌站	金沙江干流左岸，距坝址 193.5km	取水规模 9.5 万 m³/d，采用深井取水，取水用途为灌溉、生活用水			
	安宁片区水厂取水口	金沙江干流左岸，距坝址 192.5km	规划取水口，规模 13.0 万 m³/d，水厂出水高程约 1100m。规划要求按生活用水标准供水			
	金江水厂取水口（饮用水水源地保护区）	金沙江干流右岸，攀枝花市金江火车站下游 1500m，距坝址 189.2km	取水规模为 6 万 m³/d，采用缆车取水方式，取水用途为生产、生活用水，集中式饮用水源地			
	四川省川投化学工业集团有限公司取水口	金沙江干流右岸，距坝址 184.4km	取水规模为 3 万 m³/d，采用泵船取水，取水用途为生产用水			
	金河水厂取水口（规划）	金沙江干流左岸，距坝址 180.2km	规划取水口，规模 7.2 万 m³/d，水厂出水高程约 1040m			
	迤资水厂取水口（规划）	金沙江干流左岸，距坝址 178.1km	规划取水口，近期规模 5.0 万 m³/d，远期 10.0 万 m³/d，水厂出水高程约 1030m			
	会理县昆鹏铜业有限责任公司取水口	金沙江干流左岸，距坝址 167.8km	取水规模为 1.8 万 m³/d，采用缆车取水，取水用途为生产用水			
	马鞍坪矿山废石综合利用有限责任公司取水口	金沙江干流左岸，距坝址 146.4km	取水规模为 1.92 万 m³/d，采用缆车取水，取水用途为生产用水			
施工区坝址上游取水口	金沙江干流右岸，距坝址 4.5km	取水规模为 3000m³/d，供施工区生活用水	施工活动对取水口水质可能产生一定影响	施工期		
施工区坝址下游取水口	金沙江干流左岸，距坝址 2.0km	取水规模为 81000m³/d，供施工区生产用水				

环境要素	目标名称		相对位置	目标特征	影响因素	影响时段	保护要求
	乌东德库区及坝下水域		乌东德库尾（四川省攀枝花市东区银江镇马家田沟）至白鹤滩坝址之间水域，以及主要支流雅砻江、尘河、鲹鱼河、龙川江、勐果河回水区域。	乌东德水库正常蓄水位 975m，相应库容 58.63 亿 m³，坝址至库尾 206.7 km，面积 127.1km²。乌东德坝下至白鹤滩坝址之间 182.3km。	水库蓄水引起水文情势变化以及库周污废水排放对水库水质产生一定影响	施工期、运行期	
生态环境	水生生物	珍稀濒危鱼类	库区金沙江干流、各主要支流	西昌白鱼、鲈鲤、短须裂腹鱼、昆明裂腹鱼、岩原鲤、窑滩间吸鳅、长薄鳅、中臀拟鲮、白缘（鱼央）、中华鲃等 10 种	水文情势改变和大坝阻隔对鱼类生存环境产生影响		保护库区及坝下游珍稀特有水生生物，减缓由于水文情势改变以及大坝阻隔对鱼类资源的不利影响
		四川省省级保护鱼类	库区金沙江干流、主要支流	西昌白鱼、短臀白鱼、细鳞裂腹鱼、鲈鲤、岩原鲤、窑滩间吸鳅和中华鲃等 7 种			
		长江上游特有鱼类	库区金沙江干流、主要支流	圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅、鲈鲤、岩原鲤、四川裂腹鱼等 33 种			
	陆生植物	省级重点保护野生植物	库区	云南省省级重点保护野生植物毛核木、厚果鸡血藤和丁茜	施工及淹没影响	施工期、运行期	保护库周干热河谷生态系统，维护工程影响区生态系统的完整性和稳定性，使库区现状生态环境不致因兴建本工程而进一步恶化，并在此基础上能有所改善
		古树	乌东德库坝区	4 种共 141 株：酸角 68 株、木棉 23 株、黄葛树 45 株、红椿 5 株			
	陆生动物	重点保护野生动物	库区	国家Ⅰ级重点保护野生动物 1 种：黑颈长尾雉；国家Ⅱ级重点保护野生动物 24 种。省级重点保护野生动物 19 种			
	环境敏感区	攀枝花仁和区平地猕猴自然保护区	攀枝花仁和区平地镇	攀枝花林业局自立的保护小区，该自然保护区分布有猕猴 120 只，猕猴为国家Ⅱ级保护动物	该自然保护区位于高程 1000m 以上，水库蓄水不会对其产生淹没影响	运行期	保护攀枝花猕猴自然保护区猕猴的生境
		元谋省级自然风景名胜区	库区元谋县境内	云南省省级风景名胜区，总面积 161.2km²。	水库蓄水对峡谷景观产生一定影响	运行期	保护元谋省级风景名胜区的原有功能
		鱼类产卵场	皎平渡产卵场	金沙江下游产漂流性卵鱼类较大产卵场，位于四川会理县江普乡至云南禄劝县皎西乡江段，长度约 22～25km	水库蓄水产生淹没影响	运行期	保护库区珍稀特有水生生物，减缓由于水文情势改变以及大坝阻隔对鱼类资源的不利影响
地下水环境	右岸卧嘎村、乌东德村、二坪子村、金坪子		位于右岸高线路、右岸低线路、导流洞施工支洞上方	居民用水为泉水，金坪子在工程开工前实施搬迁	隧洞施工造成的地下水位变化可能对上述	施工期	维持施工区周边村庄饮用水水质、水量现状，不因工程施工而降

环境要素	目标名称	相对位置	目标特征	影响因素	影响时段	保护要求
	左岸三台村二组	位于左岸高线路、低线路隧洞上方	三台子二组用水为雪山水库水	村庄生活用水造成一定的影响		低
声环境、 大气环境	卧嘎村	金沙江右岸，距离右岸高线过坝路 105m，与道路最小高差约 30m。距离海子尾巴砂石料加工系统 300m，高差约 80m。	本村约 180 户居民，临施工道路第一排居民约有 10 户。	砂石料加工、交通运输对卧嘎村、三台村二组、二坪子村声环境、大气环境产生影响	施工期	施工区周边的卧嘎村、三台村二组、二坪子村等居民区大气环境达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准
	三台村二组	金沙江左岸，距离左岸高线过坝路约 320m，与公路最小高差 100m；距离下白滩砂石加工系统 420m，最小高差约 110m；距离下白滩渣场约 450m，最小高差约 155m。	本村约 14 户居民，临路第一排居民有 3 户。			
	二坪子村	金沙江右岸，坝址下游。距离施期砂石加工系统约 610m，最小高差 150m；距离施期料场路约 220m，与公路最小高差 80m。	本村约 20 户居民，临施工道路第一排居民约有 5 户。			

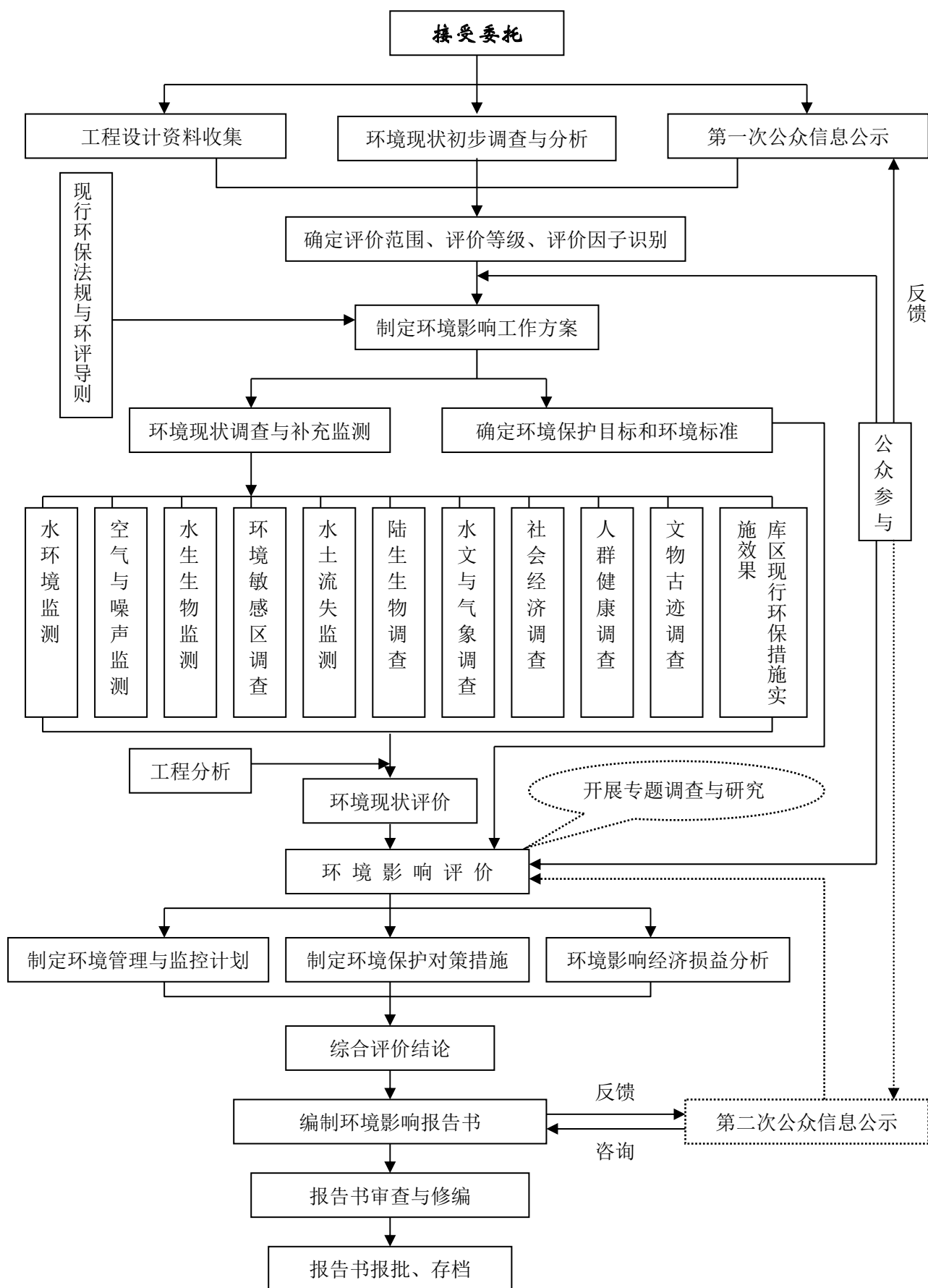


图 1.8-1 乌东德水电站环境影响评价工作程序

2 工程概况

2.1 流域规划及开发利用情况

2.1.1 流域概况

金沙江是长江上游河段的重要组成部分，发源于唐古拉山脉中段各拉丹冬雪山的南侧冰川，与切美苏曲交汇后至囊极巴拢（当曲汇口）称沱沱河，当曲汇口至直门达（巴塘河口）称通天河，直门达（巴塘河口）以下始称金沙江，到宜宾为金沙江干流。金沙江流域位于我国青藏高原、云贵高原和四川盆地的西部边缘，跨越青海、西藏、四川、云南四省（区），流域总面积约 47.32 万 km²，多年平均径流量 1565 亿 m³，是我国最大的水电能源基地和战略水源地。

金沙江干流直门达至宜宾全长约 2316km，天然落差 3268.6m，河道平均比降 1.41‰，水能蕴藏量为 55364MW。干流以石鼓和攀枝花（雅砻江河口）为界，分上、中、下三段：直门达至石鼓为上游，区间流域面积 7.65 万 km²，河段长 984km，天然落差约 1720m，河道平均比降 1.75‰，水力资源理论蕴藏量平均功率约 13060MW；石鼓至攀枝花（雅砻江河口）为中游，区间流域面积 4.5 万 km²，河段长约 564km，天然落差约 836m，河道平均比降为 1.48‰，水力资源理论蕴藏量平均功率约 13220MW；攀枝花（雅砻江河口）至宜宾为下段，区间流域面积 21.4 万 km²，河段长 768km，天然落差 712.6m，河道平均比降 0.93‰，水力资源理论蕴藏量平均功率约 29080MW。

2.1.2 流域规划及开发现状

上世纪五十年代以来，长江水利委员会（以下简称长江委）、昆明勘测设计研究院（以下简称昆明院）、成都勘测设计研究院（以下简称成勘院）、中南勘测设计研究院（以下简称中南院）等单位先后对金沙江流域的水利水电开发进行了大量的普查、勘测、规划和设计工作，提出了一系列成果。1960 年长江流域规划办公室编制的《金沙江流域规划意见书》提出金沙江下游河段按乌东德（鲁拉戛坝址）等 4 级开发；1981 年，成勘院提出了《金沙江渡口宜宾段规划报告》推荐本河段开发方案为同样的四级开发。1990 年，长江委在《长江流域综合利用规划简要报告》推荐金沙江下游河段分乌东德——白鹤滩——溪洛渡——向家

坝四级开发。

1999 年 12 月，昆明院和中南院提出了《金沙江中游河段水电规划报告》，推荐金沙江中游河段分八级开发，即上虎跳峡——两家人——梨园——阿海——金安桥——龙开口——鲁地拉——观音岩。

2007 年，四川省发展和改革委员会安排攀枝花市组织开展金沙江攀枝花河段的水电规划工作。2009 年 2 月，长江勘测规划设计研究有限责任公司（以下简称长江设计公司）编制完成了《金沙江攀枝花河段水电规划报告》，推荐该河段采用金沙+银江两级开发方案。

2009 年 8 月，长江委完成了《金沙江干流综合规划报告（送审稿）》，提出的中下游河段治理开发的主要任务是：发电、防洪、航运、供水与灌溉、水土保持等，推荐的金沙江干流中下游河段梯级开发方案为：虎跳峡河段梯级——梨园——阿海——金安桥——龙开口——鲁地拉——观音岩——金沙——银江——乌东德——白鹤滩——溪洛渡——向家坝。2012 年 12 月，国务院以“国函（2012）220 号”文对《长江流域综合规划（2012～2030 年）》进行了批复。

乌东德水电站是长江（金沙江）流域水利水电开发中的重要工程，是历次规划中推荐的金沙江干流下段的第一个梯级。其开发建设符合流域综合规划和水电规划。

2.1.3 金沙江下游水电梯级开发环境影响研究及主要结论

（1）研究进展

金沙江规划工作始于 20 世纪 50 年代左右，国务院以国发[1990]56 号文批复的《长江流域综合利用规划简要报告(1990 年修订)》最终明确金沙江中下游河段（石鼓至宜宾河段）主要开发治理任务为发电、航运、防洪、漂木和水土保持。并推荐了金沙江下游河段四级开发方案，即乌东德（正常蓄水位 950m，下同）—白鹤滩（820m）—溪洛渡（600m）—向家坝（380m）。结合本阶段工作情况，经多次论证，乌东德梯级正常蓄水位调整为 975m，白鹤滩梯级正常蓄水位调整为 825m。

金沙江下游河段各梯级水电站指标见下表。

表 2.1-1 金沙江下游干流四级电站指标一览表

电站名称	乌东德	白鹤滩	溪洛渡	向家坝

建设地点	四川会理云南禄劝	四川宁南云南巧家	四川雷波云南永善	四川屏山云南绥江
流域面积(万 km ²)	40.61	43.03	45.44	45.88
占金沙江流域	86%	91%	96%	97%
多年平均流量(m ³ /s)	3850	4190	4570	4570
正常蓄水位(m)	975	825	600	380
死水位(m)	945	765	540	370
调节库容(亿 m ³)	30.20	104.36	64.60	9.03
防洪库容(亿 m ³)	24.4	75.00	46.50	9.03
库容系数(%)	2.5	8.1	4.5	0.63
水库调节性能	季调节	年调节	不完全年调节	季调节
死库容(亿 m ³)	28.43	85.70	51.10	40.74
装机容量(MW)	10200	16000	12600	6000
保证出力(MW)	3160	5500	3395	2009
发电量(亿 kW·h)	389.3	625.21	571.2	307.5
建设阶段	可研	可研	蓄水发电	蓄水发电

注：以上参数均为可研阶段数据。

在金沙江一期工程溪洛渡和向家坝水电站可行性研究阶段，按照我国建设项目环境保护管理的有关要求，成都勘测设计研究院和中南勘测设计研究院先后编制了《金沙江溪洛渡水电站环境影响报告书》和《金沙江向家坝水电站环境影响报告书》，这两个报告书均已通过了原国家环境保护总局组织的审查。鉴于项目环境影响评价的局限性，环境保护部在溪洛渡和向家坝水电站环境影响报告书批复意见中明确要求建设单位组织开展金沙江下游河段梯级电站建设环境影响研究，以便深入认识梯级电站的累积性环境问题，统筹环境保护措施布局，并以此指导乌东德和白鹤滩水电站的环境影响评价工作。为此，中国水电工程顾问集团公司（水电水利规划设计总院）组织有关设计、评价和科研单位开展“金沙江下游梯级水电站开发环境影响及对策研究”课题。

在本河段水电规划和项目设计前期工作的基础上，2006 年 12 月三峡集团公司组织编写了《金沙江干流下游段水电梯级开发环境影响及对策措施研究大纲》，2007 年 1 月集团公司主持召开了大纲的讨论会。根据大纲及讨论会纪要，集团公司及时组织有关设计、评价和科研单位对工程研究区域进行了进一步的调查，

提出了 8 个专题报告，并分别进行了验收和咨询。在此基础上于 2009 年 3 月编制完成《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》（咨询稿），同年 4 月，三峡集团公司在北京主持召开了报告咨询稿的咨询会议，之后根据咨询意见要求，对报告进行修改和完善，提出了《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》（送审稿），并于 2011 年 12 月通过了环保部组织的专家论证。2012 年 3 月，环保部以环函 2012 年 69 号文明确了对金沙江下游河段水电开发环境影响有关问题的意见。

（2）主要结论

《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》主要评价结论如下：

金沙江流域水能资源极为丰富，水力资源理论蕴藏量约占全国水力资源理论蕴藏量的六分之一，是我国水能资源开发的“富矿”及实现“西电东送”战略目标的重要能源基地之一，开发条件较好，梯级电站全部建成后将成为我国最大的能源基地。金沙江下游梯级电站水能利用高，发电效益显著，同时具有航运、防洪、灌溉和水土保持等综合利用效益，电站建设可促进滇川两省水电支柱产业发展，促进产业结构调整，并带动地区经济社会发展，有利于改善生态环境，对促进区域协调、城乡协调，落实科学发展观，构建社会主义和谐社会，实施西部大开发战略和区域可持续发展都具有重大战略意义。

梯级电站建设主要不利影响是改变天然河道水文情势，改变了河流自然生态系统，淹没部分鱼类的产卵场等特殊生境，对适应急流生活的鱼类等水生生物造成不利影响，水库淹没施工占地及移民对土地资源、生态环境的累积影响。这些影响可以从流域层面统筹提出对鱼类进行栖息地保护、建立鱼类增殖放流站、进行流域环境监测站网设计和实施等宏观对策措施，并在各电站工程建设中认真落实，使不利影响得到减缓。

综上所述，在生态优先理念的指导下，合理规划开发布局与规模，控制开发进度，协调好干流开发与支流保护的关系，梯级电站建设能够保障金沙江下游的河流生态健康。从生态与环境保护角度考虑，金沙江下游河段 4 个梯级电站开发规划与建设可行。

金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究还提出以下 5 条建议：

1) 进一步加强长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的综合管理

目前保护区管理基础设施已经建成,机构基本到位,相关科研和监测工作正按规划实施。为保证保护区的保护效果,除落实梯级电站相关措施之外,保护区行政管理机构要进一步加强保护区行政执法管理,进一步健全管理机构和机制,进一步严格渔业捕捞活动的管理并使之采取退出保护区水域的措施。

2) 深化开展流域水电开发与生态环境保护的系统综合研究

在本课题研究的基础上,坚持科学发展观,把金沙江流域作为一个完整的水资源系统、生态与环境系统,开展包括金沙江上游、中游、下游乃至长江流域的水电开发与环境影响综合研究,为流域综合开发利用,经济社会与环境协调发展,实施西部大开发战略和云南省、四川省经济社会发展战略提供科学依据。

从全流域出发,统筹考虑圆口铜鱼在内的鱼类的栖息地保护工作。长江上游珍稀特有鱼类保护区会受到保护区以上流域干支流梯级开发的综合影响,研究流域统一调度、全流域生态补偿等十分必要。

3) 建立流域梯级电站生态环境保护的专门管理机构,统一开展环境保护工作,尽早开展流域梯级生态调度研究工作

金沙江下游水电梯级均由三峡集团公司进行开发,针对这四个巨型梯级电站,建议建立金沙江下游梯级电站生态环境保护专门管理机构,协调金沙江下游生态环境保护工作,尽量减免水电开发造成的生态环境影响,促进金沙江下游流域生态环境的良性发展。

在建立专门管理机构的基础上,开展梯级电站的生态调度研究工作,在研究下游鱼类繁殖生物学的基础上,结合水库发电、防洪调度,合理利用水库的调蓄库容,尽量考虑水生生物产卵、繁殖、生长需求,科学制定分层取水、泄放生态基流、人造洪峰等水电梯级调度方案。

4) 加强流域水污染控制,切实保护区域水环境质量

依据国家节能减排方案和污染物总量控制目标,制定金沙江下游水污染防治规划,实施污染减排工程措施和管理措施,加快现有污染源的治理,严格控制入河污染物的排放。

优化区域产业结构,在承接东部产业转移和区域发展中,严格限制高污染行业的布局和发展。

5) 统筹考虑金沙江下游流域环境监测系统建设, 实施综合监理, 开展金沙江下游河段水电规划与梯级电站建设跟踪监测与评价研究。

(3) 批复意见

金沙江下游四级开发方案从总体上看, 符合国家能源发展政策和西部大开发战略, 对促进四川、云南两省经济社会发展具有重要意义。但规划区域生态环境脆弱, 珍稀特有鱼类丰富, 开发方案实施可能造成的不利环境影响是长远的, 有些是不可逆转的。因此, 应进一步优化开发方案, 严格落实各项生态环境保护对策措施, 有效预防或减缓《方案》实施带来的不良环境影响。

批复意见提出金沙江下游河段水电梯级开发应做好以下工作:

1) 强化对圆田铜鱼产卵场调查监测。进一步研究雅砻江锦屏二级减水河段及以下天然河段作为圆田铜鱼替代生境的可行性。鉴于乌东德库区的皎平渡产卵场是金沙江中游规模较大的圆口铜鱼产卵场, 在乌东德梯级建设时应优先制定并落实圆口铜鱼有效保护的方案。同时, 应进一步加大圆口铜鱼人工繁殖技术的研究力度。

2) 进一步加强长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的综合管理。要确保水电站分层取水、增殖放流等减缓措施落实, 最大限度减缓对保护区和珍稀保护鱼类及其重要生境的影响, 维持保护区的生态结构和功能。进一步健全管理机构, 严格渔业捕捞活动管理, 推进渔民转产并逐步在保护区水域推行禁渔政策。依法加强涉及保护区的采砂、航运及排放污染物等行为的管理。

3) 替代生境是保护水生生物的重要措施之一。下阶段应加强替代生境研究和比选, 研究建立支流生态保护区的可行性, 以确定最佳替代生境; 编制替代生境生态环境保护规划, 实现替代生境的有效保护。

4) 结合向家坝、溪洛渡水电站蓄水阶段工作, 建立并落实河段鱼类保护基金。

5) 建议开发主体建立下游河段环境保护机构, 制定开发方案实施的生态恢复、建设与补偿方案, 明确实施步骤, 统筹落实河段生态保护的各项对策措施。

6) 结合金沙江水电项目建设实际和长江上游梯级联合调度的相关研究成果, 制定开发河段梯级电站的联合生态调度方案, 进一步明确生态调度目标、原则和要求。结合梯级电站的建设、蓄水和运行情况, 积极推进和尽快实施。

7) 在开发过程中, 应根据对流域生态环境的监测监控, 适时进行环境影响跟踪评价研究, 提出进一步完善开发方案和生态保护措施的意见, 并严格落实。

8) 开发方案中所包含的近期建设项目, 在开展环境影响评价时, 应遵循《报告》提出的主要结论和生态环境保护的对策措施, 重点评价对水环境与河流生态的影响, 深入论证对自然保护区和珍稀特有生物的影响及《报告》提出的对策措施的有效性。

2.1.4 乌东德水电站“三通一平”环境影响研究及主要结论

(1) 研究过程

乌东德水电站工程规模巨大, 所在区域生态环境脆弱, 工程建设可能产生的环境影响范围广, 涉及因素多, 为充分掌握区域环境现状特征, 确保环境影响评价工作的顺利进行, 2011 年 2 月长江水资源保护科研所编制完成《金沙江乌东德水电站工程环境影响评价大纲》(以下简称“环评大纲”), 2011 年 4 月通过中国水利水电建设工程咨询公司的咨询。

鉴于乌东德水电站工程规模大, 施工前期准备工作时间长、任务重, 为了缩短工程建设工期和保证工程的顺利实施, 促进工程效益尽早发挥, 需先行开展“三通一平”等工程建设。根据原国家环境保护总局与国家发展和改革委员会联合下发的“关于加强水电建设环境保护工作的通知”(环发[2005]13 号文), 中国长江三峡集团公司委托长江水保所进行乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书的编制工作。评价单位对现场进行了多次查勘, 了解区域自然环境、生态环境和社会环境特征, 并收集了区域相关基础资料, 于 2011 年 5 月编制完成了《金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书》(咨询稿), 并于 2011 年 7 月通过了水电咨询公司的咨询。根据咨询意见, 编制单位对报告书进行了修改完善, 于 2011 年 9 月编制完成了报告书送审稿。环境保护部环境工程评估中心于 2011 年 12 月对报告书进行了审查, 编制单位根据评审意见对报告书进行了修改完善, 形成报告书报批稿。2012 年 4 月, 环保部以环审 2012 年 99 号文批复了该报告。

(2) 主要结论

《金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书》主要评价结论如下:

乌东德水电站“三通一平”等工程是乌东德水电站工程的组成部分之一，是加快主体工程建设，尽快发挥工程效益的重要条件。“三通一平”等工程的主要不利影响是工程建设和营运对水土流失、陆生生态、环境空气、声环境、水环境的影响，在采取相应的环境保护措施后，不利环境影响可以消除和减缓。从环境保护角度分析，本工程建设是可行的。

金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告还提出以下 5 条建议：

1) 建议建设单位尽早成立环境保护专门机构，建立“三通一平”等工程环境保护管理体系，实施环境监理制度，认真落实报告书中提出的各项环境保护措施，切实贯彻“三同时”制度。

2) 加强场内公路的设计和施工期管理。由于场内公路部分施工段毗邻村庄，应进一步优化施工布置，并加强施工期的环境管理，尽量减小工程施工对居民生产生活的干扰和影响。

3) 尽快开展鱼类增殖放流站的设计与建设工作。

4) 结合项目环评进一步开展鱼类栖息地保护研究、设计工作。

5) 在主体工程施工期间，根据圆口铜鱼等重要洄游鱼类的生物学特点、生境需求和种群规模的维持，结合坝址坝型论证，重点针对白鹤滩、乌东德水电站开展过鱼设施可行性研究和效果预测，进行过鱼设施方案比选，比选的重点主要是设施布置难易程度、过鱼效果、运行管理、投资等，提出建设方案，可提前安排开展模型试验。

完善区域内水生态监测站点建设。以金沙江下游现有监测网络系统为基础，将金沙江下游水电梯级开发工程涉及的区域纳入监测范围，增设监测点，强化监测基础设施建设和监测工作运行管理，提高增殖放流鱼类的种群数量变化监测系统效能。

(3) 批复意见

乌东德水电站“三通一平”等工程在全面落实报告书提出的各项生态保护及污染防治措施后，不利环境影响可以得到缓解和控制。

项目建设与运行管理应重点做好的工作：

1) 做好“三通一平”工程布局 and 施工场地规划，进一步优化施工布置，合理布局施工场地。严格控制施工活动范围，尽量减小开挖面。采取景观和生态修复措施，使“三通一平”工程与周围景观相协调。

2) 落实水环境保护措施。处理后废水尽量循环利用或回用，外排废水必须达标排放。编制库周污染源治理规划，商请并配合地方政府做好库周污染源防治工作。

3) 加强水生生态保护工作，把水电站部分重要的水生生态保护措施前移至“三通一平”工程期间实施。在施工用地范围内建成鱼类增殖放流站，截流前投入运行并实施放流尽快开展金沙江干流库尾河段、支流雅砻江锦屏二级间址至官地电站减水河段以及支流龙川江等鱼类生境保护专项研究，制定圆口铜鱼有效保护的方案，商情并配合有关部门落实鱼类替代生境保护工作。

4) 做好陆生生态保护工作。落实水土保持工程和植物措施，不得向金沙江干、支流弃渣。收集和存放施工区表土，并对表土堆存场采取措施加以防护。渣场应做到先拦后弃，工程弃渣应运至规定的弃渣场。将受工程影响的1株古树迁至鱼类增殖站内，并实施后期管护。工程占用的基本农田应按有关规定做好占补平衡。

5) 加强施工期环境管理，落实扬尘、噪声污染防治和固体废弃物处置措施。重点做好施工区附近和施工公路沿线居民点的噪声和废气、扬尘污染防治。生活垃圾统一收集后外运至会东县垃圾填埋场进行卫生填埋处理。对施工占地涉及的硫磺厂废渣，应统一清理运至业主营地拟修建的足球场区进行填埋处置，开展硫磺厂废渣填埋处置的环境影响评价工作，落实土地整治、防渗和渗漏液处置措施。

6) 严格按照“以堵为主、控制排放”的施工原则，做好隧洞工程施工过程中防排水、支护措施，加强地下水位监测工作，一旦出现异常，及时采取补救措施。落实加油站和油库等防渗及泄漏风险防范工作。

7) 合理选择具体的移民安置区及生产方式，加强集中安置地的水土流失防治、水环境保护、污水处理与垃圾处置等措施。应进一步开展移民安置区环境影响评价工作，单独编制移民集中安置区的环境影响报告书，报省级环境保护行政主管部门审批。落实迁建、复建工程环保措施。加强施工过程中的文物保护工作。

8) 在工程施工和运营过程中，应建立畅通的公众参与平台，加强与工程涉及区域公众的沟通，及时解决公众提出的环境问题，满足公众合理的环境诉求。

9) 及时启动乌东德水电站环境保护重大专题、专项研究工作。抓紧开展金沙江下游梯级电站运行对水文情势的影响、生态优化调度等专题研究，同时结合模型试验开展过鱼措施、水温恢复等鱼类保护措施研究和设计工作，相关成果入

主体工程环境影响报告书。

2.2 工程建设的必要性

乌东德水电站开发任务是以发电为主，兼顾防洪，并促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富。电站建成后可发展库区航运、具有改善下游河段通航条件和拦沙等作用。乌东德水电站工程建设的必要性主要表现在以下方面：

（1）符合国家可持续发展的能源战略和“西电东送”战略要求

根据华中、华东地区国民经济和负荷发展供需平衡分析，华中、华东地区在充分吸收利用三峡、溪洛渡、向家坝、锦屏等电站电能的基础上，在 2011~2020 年分别还需要新增 80000MW 和 101300MW 的机组容量，为了适应华中、华东地区经济社会发展需要，继溪洛渡、向家坝水电站开工建设之后，尽早开发建设乌东德水电站，对实施“西电东送”战略，更好地满足我国能源不断增长的需要具有重要的战略意义。乌东德水电站每年发电量可节省标煤约 1250 万 t，同时可减少温室气体二氧化碳 3280 万 t、二氧化硫 11 万 t 的排放，对缓解能源紧缺和环境保护压力，减轻煤炭生产和运输压力，实现到 2020 年中国单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%，2020 年非化石能源占一次能源消费 15%左右的目标，促进国民经济可持续发展将起到重要作用。

（2）是流域开发的重要梯级工程

乌东德水电站在合理开发利用金沙江水能资源，完善下游河段治理开发的梯级衔接中具有重要作用，是不可缺少的重要梯级工程，并已纳入本河段的规划之中，成为综合治理开发金沙江、乃至长江的重要组成部分。工程建成后，还有利于改善和发挥下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡等多座在建和拟建的水利水电梯级效益。

（3）发电效益巨大，符合受电地区需求

乌东德水电站送电华东、华中和广东电网，可明显提高电力系统中的水电比重、改善电网的电源结构；可替代当地的燃煤类化石电站，每年可节省标煤约 1250 万 t，有利于缓解地区能源供需矛盾和煤炭运输压力，减轻环境污染。建设乌东德水电站，是华东、华中地区和广东省国民经济可持续发展的必然需要。

（4）具有防洪效益

乌东德水电站结合排沙要求拟定防洪限制水位 952m，预留防洪库容 24.4 亿

m³，与下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用将进一步提高川江河段宜宾、泸州、重庆等防护对象的防洪标准；配合长江三峡水库对长江中下游补偿调度，减少进入三峡水库的洪量，能有效地减少长江中下游地区成灾水量和分洪损失。

（5）促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富

乌东德水电站位于我国西部四川、云南界河金沙江干流上，所处地区经济社会发展相对滞后。乌东德水电站投入工程建设和库区建设的资金超过 500 亿元，将增加地方财政收入，可拉动区域性相关投资，新增就业机会，并可以改善工程周边地区的交通条件。这对库区各县全面建设小康社会起到相当关键的支撑作用。工程将坚持开发性移民方针，投资超过 120 亿元用于建设征地和移民安置，改善当地人民的人居环境和移民生产生活条件；通过建立移民扶持长效机制，引导移民群众脱贫致富。

（6）具有改善库区航运、拦沙等作用

乌东德水电站水库回水长度超过 200km，可以改善库区通航条件，有利于沿江两岸的交通和经济、文化发展，释放当地经济发展潜力；同时还可增加下游枯水期流量，有利于改善下游航道条件。乌东德水库运用 50 年，共减少向下游输沙量 17.4 亿 m³，占同时期来沙量的 26.1%，可推迟下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡等水库的泥沙淤积进程，延长下游水库使用寿命，使其长期保留较多的兴利库容和防洪库容。

（7）技术经济指标好，没有制约工程建设的重大问题

乌东德水电站工程地质地形条件较好，工程技术简易、成熟，经济指标优越，不存在制约工程建设的重大问题。工程建设无明显制约工程兴建的环境问题，从景观生态学、环境保护和可持续发展的角度分析，工程建设方案在环境方面是可行的。

综上所述，乌东德水电站技术可行，经济合理，符合国家批准的流域规划和“可持续发展”、“西电东送”能源战略，对生态环境不利影响可采取措施予以减缓或消除，淹没损失相对较小，符合人与自然和谐相处、重视和保护自然生态环境的理念，容易被社会认可。乌东德水电站除巨大的发电效益外，还具有防洪、促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富等社会效益，工程建成后还有航运、拦沙等作用。因此建设乌东德水电站是十分必要的。

2.3 工程地理位置

金沙江乌东德水电站地处东经 $101^{\circ}14' \sim 103^{\circ}3'$ ，北纬 $25^{\circ}20' \sim 27^{\circ}12'$ 范围内，位于金沙江干流下游四川省和云南省的界河上，右岸隶属云南省昆明市禄劝县，左岸隶属四川省会东县，是金沙江下游河段四座水电站（乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝）中最上游的梯级电站，乌东德水电站上距攀枝花市 213.9km，下距白鹤滩水电站 182.5km，与昆明、成都直线距离分别为 125km 和 470km，与武汉、上海直线距离分别为 1250km 和 1950km。

2.4 工程任务、规模与工程运行方式

2.4.1 工程任务

根据本枢纽能发挥的作用，结合上、下游梯级的开发任务和开发情况，拟定乌东德水电站开发任务以发电为主，兼顾防洪，并促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富。电站建成后可发展库区航运、具有改善下游河段通航条件和拦沙等作用。

（1）发电

乌东德水电站正常蓄水位为 975m，库容系数 2.50%，具有季调节性能。电站装机容量 10200MW，多年平均发电量 389.3 亿 kW·h，保证出力 3160MW。工程建成后，通过乌东德水库的调节，可增加下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝三个梯级保证出力 142MW，增加年发电量 2.0 亿 kW·h。

（2）防洪

乌东德水库控制金沙江流域面积的 86%，水库预留防洪库容 24.4 亿 m^3 ，与下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用，可提高川江河段抗洪能力；配合三峡水库削减长江中下游成灾洪量（当长江中下游遭遇 1%洪水时，平均削减成灾洪量约 10.1 亿 m^3 ）。

（3）促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富

乌东德水电站工程投资大，可拉动区域性的相关产业发展，建设期间平均每年可增加就业人数约 7 万人，改善工程周边地区的交通运输条件。工程建成发电后，每年可增加地方财政收入约 10 亿元。工程移民安置坚持开发性移民方针，能够实现移民生活达到并逐步超过原有水平的安置目标，引导移民脱贫致富，加

速推进库区社会主义新农村的建设进程。

2.4.2 工程规模与主要特性

乌东德水电站正常蓄水位 975.00m，水库总库容 74.08 亿 m³，电站总装机容量 10200MW。根据《防洪标准》（GB50201-94）和《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》（DL5180-2003）的规定，确定本工程为 I 等大（1）型工程，大坝、泄水建筑物、引水发电建筑物等主要永久性水工建筑物为 1 级建筑物，次要建筑物为 3 级建筑物；主要永久性水工建筑物结构安全级别为 I 级，次要建筑物结构安全级别为 II 级。

工程特性见表 2.4-1。

表 2.4-1 金沙江乌东德水电站工程特性表

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
一	水文			
1	流域面积			
	全流域	万 km ²	47.3	
	工程坝址以上	万 km ²	40.61	
2	利用的水文系列年限	年	70	1939-2008 年
3	多年平均年径流量	亿 m ³	1210	
4	代表流量			
	多年平均流量	m ³ /s	3850	
	实测最大流量	m ³ /s	25800	巧家站 1966 年
	实测最小流量	m ³ /s	622	巧家站 1995 年 3 月
	调查历史最大流量	m ³ /s	32700	巧家站 1924 年
	设计洪水流量 (P=0.1%)	m ³ /s	35800	坝址
	校核洪水流量 (P=0.02%)	m ³ /s	40500	坝址
	0.5%洪水流量 (电站设计洪水)	m ³ /s	30900	坝址
	1%洪水流量 (消能防冲设计洪水)	m ³ /s	28800	坝址
	2%洪水流量 (施工导流设计洪水)	m ³ /s	26600	坝址
5	洪量			
	设计最大洪量 (p=0.1%, 7d)	亿 m ³	181	坝址
	校核最大洪量 (p=0.02%, 7d)	亿 m ³	204	坝址
6	泥沙			
	多年平均悬移质年输沙量	万 t	12250	坝址
	多年平均含沙量	kg/m ³	1.02	坝址
	实测最大含沙量	kg/m ³	49.7	巧家站 1971 年 6 月
	多年平均推移质年输沙量	万 t	234	二滩拦截后
7	天然水位			
	多年平均水位	m	822.22	坝址
	相应流量	m ³ /s	3850	坝址
	实测最低水位	m	816.97	乌东德水文站(黄海基面)
	相应流量	m ³ /s	822	乌东德水文站
	实测最高水位	m	843.15	乌东德水文站(黄海基面)
	相应流量	m ³ /s	20100	乌东德水文站
二	水库			
1	水库水位			
	校核洪水位 (P=0.02%)	m	986.17	
	设计洪水位 (P=0.1%)	m	979.38	
	正常蓄水位	m	975	

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	防洪高水位	m	975	
	死水位	m	945	
	防洪限制水位	m	952	
2	正常蓄水位对应水库面积	km ²	127.1	
3	水库容积			
	总库容	亿 m ³	74.08	
	正常蓄水位以下库容	亿 m ³	58.63	
	调节库容	亿 m ³	30.2	
	死库容	亿 m ³	28.43	
	防洪库容	亿 m ³	24.4	
4	库容系数	%	2.5	
5	调节特性		季调节	
6	水量利用系数	%	98.3/96.3	考虑龙盘/不考虑龙盘
三	下泄流量及相应下游水位			
1	设计洪水时最大泄量 (P=0.1%)	m ³ /s	33698	
	相应下游水位	m	849.73	金坪子水尺
2	校核洪水时最大泄量 (P=0.02%)	m ³ /s	37362	
	相应下游水位	m	852.04	金坪子水尺
3	电站额定流量	m ³ /s	8293	
	相应下游水位	m	828.56	金坪子水尺
四	工程效益指标			
	装机容量	MW	10200	
	保证出力 (P=90%)	MW	3160/2292	考虑龙盘/不考虑龙盘
	多年平均年发电量	亿 kW·h	389.3/375.7	
	装机发电年利用小时数	h	3817/3683	
五	建设征地和移民安置			
1	迁移人口	人	32649	规划水平年, 含扩迁人口
2	淹没耕园地	hm ²	3142.08	
3	拆迁房屋	万 m ²	236.87	含扩迁人口
4	淹没公路	km	29.441	
六	主要建筑物及设备			
1	挡水建筑物			
	型式		混凝土双曲拱坝	抛物线拱形
	地基特性		厚~巨厚层灰岩	
	地震动峰值加速度	g	0.13	50年超越概率 10%
			0.27	100年超越概率 2%
	坝顶高程	m	988	
	最大坝高	m	270	

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	坝顶弧长	m	318.7	弧高比: 1.203
	拱冠梁顶厚度	m	9.95	
	拱冠梁底厚度	m	48.74	厚高比: 0.184
2	泄水建筑物			
(1)	泄洪表孔			
	数量	孔	5	
	表孔溢流堰顶高程	m	959	
	孔口宽度	m	12	
	单宽流量	m ² /s/m	283.9	P=0.02%
	消能方式		跌流、天然水垫塘	
(2)	泄洪中孔			
	数量	孔	6	
	进口底槛高程	m	885	平底型
			878	上挑型
	出口底槛高程	m	885	平底型
			886.34	上挑型
	孔口尺寸(宽×高)	m×m	6×7	宽×高
	单宽流量	m ² /s/m	270.9	P=0.02%
	消能方式		挑流、天然水垫塘	
(3)	岸边泄洪洞			
	数量	孔	3	
	进口底高程	m	910	
	控制断面孔口尺寸	m×m	14×10	宽×高
	洞长	m	1710	2#泄洪洞
	单宽流量	m ² /s/m	251.6	P=0.02%
(4)	闸门及启闭机械			
	表孔、中孔、泄洪洞		弧形工作门	
	工作闸门型式			
	表孔工作门数量	扇	5	
	表孔工作门启闭机械型式		液压启闭机	
	表孔工作门启闭机械容量	kN	2×2500	
	表孔工作门启闭机械数量	台	5	
	中孔工作门数量	扇	6	
	中孔工作门启闭机械型式		液压启闭机	
	中孔工作门启闭机械容量	kN	4000kN/800	
	中孔工作门启闭机械数量	台	6	
	中孔启闭机房检修桥机	台	1	
	坝顶启闭机械型式		双向门机	
	坝顶启闭机械容量	kN	2×2000/300	

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	坝顶启闭机械数量	台	1	
	表孔、中孔、泄洪洞		平面定轮门	
	事故检修门型式			
	表孔、中孔事故检修门数量	扇	表孔 1 扇、中孔 2 扇	
	泄洪洞工作闸门数量	扇	3	
	泄洪洞工作门		液压启闭机	
	启闭机械型式			
	泄洪洞工作门	kN	2×4000	
	启闭机械容量			
	泄洪洞工作门	台	3	
	启闭机械数量			
	泄洪洞事故检修门	扇	1	
	泄洪洞事故检修门		平面定轮门	
	启闭机型式			
3	渗控工程			
	防渗线路长度	m	2100	主帷幕
	防渗帷幕面积	万 m ²	42.7	主帷幕
4	输水建筑物			
	设计流量	m ³ /s	691.1	
(1)	进水口			
	型式		岸塔式	
	地基特性		中厚层状灰岩、 大理岩、石英岩	Ⅱ、Ⅲ 类
	进口中心高程	m	左 923.25	
			右 919.25	
	进水口底槛高程	m	左 916.50	闸门段
			右 913.00	
	进水口快速工作门尺寸	m	9.0×16.0	左右岸相同
	进水口快速工作门型式		平面定轮门	
	进水口快速工作门数量	扇	12	
	进水口检修门尺寸	m	9.0×16.8	左右岸相同
	进水口检修门数量	扇	左右岸各 1 扇， 共 2 扇	
	进水口快速门启闭机械形式		液压启闭机	
	进水口工作门启闭机械	台	12	
	进水口检修门启闭机械形式		门机	
	进水口检修门启闭机械容量	kN	2×2000/800/800	
			/700/150/150	
	进水口工作门启闭机械数量	台	左右岸各 1 台， 共 2 台	
(2)	引水压力管道			

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	数量	条	左 6、右 6	
	总长	m	左 2821.61、右 1651.89	
	断面尺寸	m	左 $\phi 13.5$ 、右 $\phi 12.5$	
	衬砌型式		钢筋混凝土、钢衬	
	最大水头	m	245	
(3)	尾水支洞			
	数量	条	左 6、右 6	
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩、白云岩	II 类、III 类
	总长	m	左 660.64、右 608.60	
	断面尺寸	m	12.00×23.00	
	衬砌型式		钢筋混凝土	
(4)	尾水调压室			
	数量	个	左 3、右 3	
	型式		半圆筒型阻抗式调压室	
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩、白云岩	II 类、围岩为主
	断面面积	m ²	左 1440 右 1340	
	高度（含底部岔管）	m	113.5	
	衬砌型式		钢筋混凝土	
	尾调检修门数量	扇	左右岸各 2 扇，共 4 扇	
	尾调检修门形式		平面滑动门	
	尾调检修门启闭机容量	kN	2×2000	
	尾调检修门启闭机数量		左右岸各 1 台，共 2 台	
	尾调检修门启闭机形式		单向桥机	
(5)	尾水主洞			
	数量	条	左 3、右 3	
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩、白云岩	II 类、III 类 局部 IV 类
	总长	m	左 1790.58、右 1639.54	
	断面尺寸	m	14.00×23.00 ~16.50×24.00	
	衬砌型式		钢筋混凝土	
(6)	尾水平台			

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩	II 类、III 类
	长度	m	左 116 右 144.95	
	尾水闸门断面尺寸	m	8.25×24	左右岸相同
	尾水检修门型式		平面滑动门	
	尾水检修门数量	套	12	考虑施工期挡水
	尾水检修门启闭机械型式		单(双)向门机	
	尾水检修门启闭机械容量	kN	2×2000	
	尾水检修门启闭机数量	台	左右岸各 1 台，共 2 台	
4	电站厂房			
	型式		地下厂房	
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩、白云岩	II 类为主
	主厂房尺寸（长×宽×高）	m×m×m	333.0×32.5×89.8	左右岸相同
	厂房顶高程	m	855	顶拱
	水轮机安装高程	m	803	
	尾水管底板高程	m	769.2	
	机组中心距	m	37	
5	开关站			
(1)	GIS	座	左右岸各 1 座 共 2 座	地下
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩、石英岩	II 类、III 类
	面积（长×宽）/层数	m ² /层	Jan-07	单个面积
(2)	出线场	座	左右岸各 1 座 共 2 座	
	地基特性		中厚层状灰岩、大理岩、石英岩	II 类、III 类
	面积（长×宽）/层数	m ² /层	左 4645/1、右 5310/1	
6	主要机电设备			
(1)	水轮机	台		
	额定出力	MW	862.1	
	转轮直径	m	8.9	
	额定转速	r/min	93.75	
	额定效率	%	93	
	额定流量	m ³ /s	691.1	
	吸出高度	m	-13.2	
	安装高程	m	803	
	最大水头	m	163.4/161.1	

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	最小水头	m	106	
	额定水头	m	137	
	加权平均水头	m	144.1	
(2)	发电机	台		
	额定容量	MW/MVA	850/944.4	
	发电机功率因数		0.9	
	额定电压	kV	22	
	额定效率		98.6	
7	输电线路			
	输电电压	kV	500	交流
	出线回路数	回	8	
七	施工特性			
1	主体工程量			
	明挖土方	万 m ³	1356.08	
	明挖石方	万 m ³	1684.73	
	洞挖石方	万 m ³	1170.1	
	填筑土石方	万 m ³	455.45	
	混凝土和钢筋混凝土	万 m ³	807.37	
	钢筋	万 t	32.82	
	喷混凝土	万 m ³	31.72	
	金属结构安装	t	66950	
	帷幕灌浆	万 m	44.21	
	固结灌浆	万 m	118.05	
	回填灌浆	万 m ²	54.37	
2	施工交通运输			
	新建对外交通公路			
	公路	km	72.19	
	新建场内交通主干道			
	公路	km	24.6	不含隧道
	桥梁	km	0.723	
	隧道	km	26	
3	施工导流			
(1)	导流方式			
	导流流量	m ³ /s	26600	
	坝体度汛流量	m ³ /s	28800	
(2)	上游围堰			
	型式		土石围堰	
	最大高度	m	67	

序号	项目名称	单位	数量或特性	备注
	防渗型式		塑性防渗墙上 接复合土工膜 斜墙、下接帷幕 灌浆	
(3)	下游围堰			
	型式		土石围堰	
	最大高度	m	44	
	防渗型式		塑性防渗墙上 接复合土工膜 心墙、下接帷幕 灌浆	
(4)	导流隧洞			
	导流洞 1			
	数量	条	4	
	尺寸	m	16.5×24.0	
	导流洞 2			
	数量	条	1	
	尺寸	m	12.0×16.0	
4	料源			
	石料规划开采量	万 m ³	792	
	砂砾料规划开采量	万 m ³		以洞挖料代替
	土料规划开采量	万 m ³	10	
5	施工工期			
	准备期	月	26	
	首批机组发电工期	月	92	
	总工期	月	122	
八	经济指标			
	工程静态总投资	亿元	752.57	
	枢纽工程投资	亿元	447.72	
	征地移民补偿	亿元	154.96	
	环境保护工程	亿元	35.55	

2.4.3 初期蓄水与运行方式

2.4.3.1 初期蓄水计划

乌东德水电站多年平均入库径流量为 1210 亿 m^3 ，是死库容的 42.6 倍，是正常蓄水位相应库容的 20.6 倍；最枯的 2、3 两个月多年平均径流量也是死库容的 1.9 倍。所以，乌东德水电站初期蓄水所需时间不长，是较易完成初期蓄水的工程。按照乌东德电站工程施工进度及程序，第 8 年 12 月中旬开始分批下闸封堵导流隧洞，在此期间，主要通过 5 号导流隧洞向下游供水，满足下游综合用水要求。

导流隧洞布置上采用“左 2 右 3、4 大 1 小、4 低 1 高”的新形式，即左岸 1 号、2 号导流隧洞底板高程 814m，右岸 3 号、4 号导流隧洞底板高程 812m，4 条导流隧洞过流断面 $16.5\text{m} \times 24\text{m}$ ；右岸 5 号导流隧洞，底板高程 830m，隧洞过流断面 $12\text{m} \times 16\text{m}$ 。导流隧洞竖向过流断面高程为 812m~846m。采取上述措施后，高程 812m 至 846m 竖向范围被 5 条导流隧洞过流断面覆盖，可达到导流隧洞封堵期不断流。

4 条低高程大导流隧洞下闸封堵后，为有效解决坝身泄洪中孔过流前不断流和下泄生态流量要求，对尺寸相对较小的 5 号高导流隧洞，研究提出了“分期封堵、分序下闸”的新方式，即在第 7 年汛后，对 5 号导流隧洞进口右半孔进行改建，将右侧半孔下部用混凝土封堵，底板高程抬高至 838m，形成 3/4 导流隧洞进口过流条件，以保证 5 号导流隧洞在高水头下安全下闸和泄洪中孔过流前生态流量要求。

乌东德大坝坝身布置有 5 个表孔和 6 个泄洪中孔，高程 878m 和 885m 分别布置有 4 个和 2 个泄洪中孔，为解决导流隧洞下闸后水位由 846m 至 890m 期间生态供水问题。为此，当水位上升至 851m 时，下闸 5 号导流隧洞左侧半孔，此时右侧 1/4 孔下泄能力为 $493\text{m}^3/\text{s}$ ，当水位上升至 890m 时，此时中孔下泄能力达到 $770\text{m}^3/\text{s}$ ，泄洪中孔可正常泄流，再下闸 5 号导流隧洞右侧 1/4 孔（孔口尺寸 $6\text{m} \times 8\text{m}$ ），至此导流隧洞下闸完毕。待 5 条导流隧洞混凝土堵头满足挡水要求后，通过调度中孔弧形门，水库开始蓄水，在下泄流量不小于 $770\text{m}^3/\text{s}$ 的前提下，水库水位逐步抬高，到 7 月初，库水位蓄水至初期发电水位（死水位）945.0m，

首批机组投产发电条件。

2.4.3.2 运行方式

(1) 年运行方式

水库发电运行调度方式为：7 月按防洪限制水位运行；8 月初水库开始蓄水，8 月底水库蓄水至正常蓄水位；9 月以后尽量维持高水位方式运行，水库水位逐步消落，次年 6 月底消落至防洪限制水位或死水位。

(2) 日运行方式

乌东德水电站主要进行长距离供电，在系统中主要承担基荷和腰荷任务。电站日内运行方式主要根据电力系统需求进行适度调峰，当日平均出力小于装机容量时，水库进行日调节；当日平均出力达到装机容量时，电站在基荷运行。

(3) 水库洪水调度方式

乌东德水电站汛期预留 24.4 亿 m^3 防洪库容，相应防洪限制水位 952m，其防洪任务是：与下游梯级联合运用进一步提高川江宜宾、泸州、重庆等防护对象的抗洪能力；并配合三峡水库对长江中下游补偿调度，进一步提高荆江河段的防洪标准，减少中下游分洪损失。

乌东德水库防洪调度方式如下：

1) 水库预留防洪库容按照下游防洪调度总体安排进行使用，若下游不需要乌东德水库拦蓄洪水时，控制水库水位不超过防洪限制水位 952m；若下游需要乌东德水库拦蓄洪水时，按照下游防洪调度总体安排控制下泄流量，水库水位上升，直至 975m。

2) 若坝前水位达到 975m 时，水库按“敞泄方式”调度，即：当入库流量小于或等于库水位相应的泄流能力，按入库流量下泄；当入库流量大于库水位相应的泄流能力，按泄流能力下泄。

3) 当库水位低于或等于 200 年一遇洪水（电站厂房设计标准）相应的最高坝前水位时，泄量计入全部机组过流能力的 80%泄洪；当库水位大于 200 年一遇洪水相应的最高坝前水位低于或等于 1000 年一遇洪水（电站厂房校核标准）相应的最高坝前水位时，泄量计入全部机组过流能力的 50%泄洪；当库水位高于 1000 年一遇洪水相应的最高坝前水位时，不再考虑机组参与泄洪。

2.5 工程总布置及主要建筑物

乌东德水电站枢纽包括挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统等。坝址河谷狭窄，洪水峰高量大，不易布置坝后式厂房，因此大坝与厂房的布置具有相对独立性。

乌东德水电站推荐枢纽布置格局为：大坝为混凝土双曲拱坝，采用坝身泄洪为主、岸边泄洪洞为辅的泄洪方式；坝后采用天然水垫塘消能，设置碾压混凝土重力式二道坝，泄洪洞出口采用人工水垫塘消能；坝身布置 5 个表孔和 6 个中孔，3 条泄洪洞均于左岸靠山侧布置；电站厂房采用两岸各布置 6 台机组的首（中）部式地下厂房，均靠河侧布置，引水系统采用单机单洞，尾水系统采用两机一洞，两岸尾水均出口在基坑下游，均有两条尾水洞与导流洞结合；施工导流采用河床一次截流、围堰全年挡水、隧洞导流的方案，两岸导流洞均靠山侧布置，左岸布置 2 条低导流洞，右岸布置 2 条低导流洞、1 条高导流洞。

（1）拦河大坝

大坝轴线采用中坝线，坝型为混凝土双曲拱坝。现阶段大坝拱型采用抛物线型，河床建基面高程 718m，坝顶高程 988m，最大坝高 270m，代表体形拱冠梁顶厚 10m，底厚 48.74m，厚高比 0.184，弧高比 1.193，最大倒悬度 0.23。坝顶最小宽度 9.95m，其中公路路面宽不小于 7.0m，上游侧人行道宽 1.5m，上游侧设 1.2m 高的防浪墙。下游侧电缆沟、外部观测廊道宽共 1.5m。坝顶从上游至下游依次布置了检修门机、表孔弧门、表孔启闭机房及坝顶公路，坝顶最大宽度为 49m。

（2）泄洪消能建筑物

经过坝身和泄洪洞的泄洪消能方案比较研究，乌东德水电站选定泄洪方案为：坝身布置 5 个表孔、6 个中孔加岸边 3 条泄洪洞联合泄洪，岸边分流比约 29.7%（设计洪水工况）；坝下采用水垫塘消能，水垫塘尾部设置碾压混凝土重力式二道坝；泄洪洞采用挑流消能，挑流鼻坎下方设置封闭抽排式护底消能水垫塘。

（3）引水发电建筑物

电站采用岸边引水式地下厂房布置型式，总装机容量 10200MW。左右岸引水发电建筑物均靠河床侧布置，各安装 6 台单机容量为 850MW 水轮发电机组。主要建筑物由进水口、引水隧洞、主厂房及安装场、主变洞、交通出线竖井、尾

水调压室、尾水隧洞、尾水出口、地面出线场、交通洞、通风洞、管道洞及厂外排水洞等组成。左右单条输水线路最长分别约为 1426.74m、1143.94m。

(4) 导流系统

乌东德水电站坝址河床狭窄、两岸山体雄厚、覆盖层深厚，大坝坝型为混凝土双曲拱坝，坝体不宜过水，推荐采用河床一次断流、围堰全年挡水、隧洞泄流的导流方式。左、右岸两条低洞进口高程分别为 814.0m 和 812.0m，高洞进、出口高程分别 830.0m 和 824.0m。高、低洞洞身断面分别采用 12m×16m 和 16.5m×24m 城门洞型。左岸 1#、2#导流隧洞进口位于红崖沟、大茶铺崩坡堆积体下游侧，出口与电站尾水渠结合，位于花山沟堆积体。右岸 3#~5#导流隧洞进口位于红沟崩坡堆积体内，出口位于船房沟上游侧。各导流隧洞洞身段均由 3 个直线段和 2 个圆弧段组成，洞身长度分别为 1702.7m、1630.0m、1463.3m、1604.5m 和 1696.9m，其中低洞在尾部与电站尾水洞结合，结合段高程 800.0m，其出口明渠渠底以 1:4 反坡自 800.0m 接至 809.0m，高渠部分渠底高程 824.0m。

2.6 工程项目组成及特性

乌东德水电站工程项目主要包括主体枢纽工程、施工辅助工程、水库淹没处理与移民安置及环保水保等 4 大部分，各部分又由不同项目组成，具体详见表 2.6-1。

表 2.6-1 乌东德枢纽工程项目组成一览表

类别	项目组成			建设内容
主体工程	枢纽建筑物	大坝工程	拱坝	混凝土双曲拱坝，坝顶高程 988m，最大坝高 270m
			水垫塘及二道坝	水垫塘由开挖河床覆盖层后形成，采用护岸不护底结构型式，末端设碾压混凝土重力二道坝，坝顶高程 825.5m
		引水系统	引水洞	左右岸各 6 条，左岸长约 558.83m~335.24m，洞径 13.5m；右岸长约 339.57m~212.506m，洞径 12.5m
			尾水洞	左右岸各 3 条，断面尺寸 14m×23m~16.5m×24m
		发电系统	主厂房、副厂房、主变洞	电站采用地下厂房布置型式，左右岸各布置 6 台机组，主变洞位于主厂房下游 45m 处，与厂房平行布置
			母线洞、尾水调压室	左右岸各六条母线洞，尾水调压室距主厂房下游边墙 108.5m，采用下部独立、上部连通长廊型阻抗式布置型式
			出线场	左右岸各布置 1 座出线场
		泄洪系统	泄洪洞	左岸靠山侧布置 3 条，进口位于左岸导流洞进口上方，出口位于左岸导流洞和电站尾水左侧，有压洞长度 1174m~1256m，洞径 14m，无压洞水平投影长 430m，城门洞型，断面尺寸 14m×18m
			泄洪表孔、中孔	表孔 5 个，堰顶高程 959.00m，孔口尺寸 12m×16m；中孔 6 个，在表孔闸墩下部沿泄洪轴线对称布置，尺寸 6m×7m
			泄洪洞水垫塘	泄洪洞出口采用挑流消能，下方设置人工水垫塘消能，采用封闭抽排结构型式，底板高程 790m，塘底长度 147m，宽 116m
辅助工程	导流系统	导流洞		导流洞呈“左 2 右 3、4 大 1 小、4 低 1 高”布置格局，即 4 条断面尺寸 16.5m×24.0m 低洞和 1 条断面尺寸 12.0m×16.0m 高洞，均靠山侧布置，左岸进口位于红崖沟、大茶铺崩坡堆积体下游侧，出口与电站尾水渠结合，右岸进口位于红沟崩坡堆积体内，出口与电站尾水渠结合
		围堰		上游围堰轴线距大坝轴线约 378m，堰顶高程为 873.0m，顶宽 10m；下游围堰轴线距大坝轴线约 674m，堰顶高程为 847.0m，顶宽 10m
	基础处理与防护工程	基础处理与渗控		包括固结灌浆、厂坝区、二道坝、水垫塘等渗控工程
		边坡防护工程		拱肩槽、水垫塘、泄洪洞进出口、引水发电建筑物等边坡防护，主要采用预应力锚索、喷混凝土及排水等措施

类别	项目组成		建设内容	
		金坪子滑坡	位于坝址右岸下游约 900m 处，整体为稳定状态，根据稳定分区，主要采取地下、地表排水、冲沟防护、抗滑支挡、预应力锚固等防护措施	
		泥石流沟治理	白滩沟、猪拱地沟、阴地沟、花山沟泥石流治理，治理措施为排导坝、排导明渠等	
		高位自然边坡	枢纽所在峡谷边坡，左右岸顺河长度分别约 2.7km、1.8km，主要采取锚固、清除、主动网、柔性网、地下、地表排水措施等	
	存弃渣场	永久弃渣场	下白滩堆料弃渣场	位于左岸上游下白滩沟内，距乌东德坝址 2.4km，渣顶高程 945m，外侧堆渣坡比为 1：2.5~1:3.0，容量约 300 万 m³，弃渣来源于导流洞、施工支洞、左岸高线过坝路、进水口道路。下白滩堆料弃渣场堆至 945m 高程后，小沟沟口堆渣场顶面平台将作为存料场，存料外侧堆渣坡比为 1：2，最大存料堆体积约 110 万 m³
			鲹鱼河弃渣场	位于鲹鱼河左岸，下距乌东德坝址 8km，呈长条形顺鲹鱼河展布，渣顶高程 945m，外侧堆渣坡比为 1：2.5，容渣量 3200 万 m³，弃渣来源于大坝、水垫塘、泄洪洞、电站系统等
			阴地沟弃渣场	位于左岸上游阴地沟内，下距乌东德坝址 5.9km，渣顶高程 980m，容积约 450 万 m³，外侧堆渣比为 1：2.5，弃渣来源于大坝、水垫塘、泄洪洞、电站系统等
			猪拱地堆料弃渣场	位于左岸上游猪拱地沟内，距乌东德坝址 4.1km，渣顶高程 945m，外侧堆渣坡比为 1：2.5，容量约 150 万 m³，弃渣来源于导流洞、右岸进水口道路。猪拱地渣场堆至 945m 高程后，将渣场顶面靠近沟口处作为存料场，存料外侧堆渣坡比为 1：2，最大存料堆体积约 150 万 m³
		存料场	施期存料场	坝址右岸下游施期滩地上，距离坝址约 6km，存料容量 420 万 m³
			海子尾巴备料场	前期利用电站系统开挖料进行场平，填筑至高程 980m 后作为施工场地和围堰备料场使用，外侧堆渣坡比为 1：2，最大存料堆体积约 250 万 m³
		表土堆存场	新村表土堆存场	位于坝址右岸上游新村业主营地附近，主要堆置右岸上游剥离的表层土
			阴地沟表土堆存场	位于坝址左岸上游阴地沟弃渣场西侧，主要堆置左岸渣场剥离的表层土
			施期表土堆存场	位于坝址右岸下游施期存料场下方，容量 15 万 m³，主要堆置右岸下游施工场地剥离的表层土。
	场内交通	左岸交通		左岸场内道路共计 9 条，总长 24.70km，其中隧道长 13.8km
		右岸交通		右岸场内道路共计 9 条，总长 25.90km，其中隧道长 12.2km
	料场	河门口土料场		位于鲹鱼河左岸洛左乡河门口村的一级阶地上，开材料主要用于围堰粘土料，规划开采量 10 万 m³，开采范围约 2 万 m²，开采深度 5m

类别	项目组成		建设内容
施工生产设施		施期石料场	位于坝址下游右岸，距坝址直线距离约 6km，面积约 9.19 万 m ² ，开采顶部高程 1140m，底部平台高程 890m，开采范围开挖总量 751 万 m ³ ，覆盖层剥离量约 101 万 m ³ ，灰岩有效开采量 497 万 m ³ ，白云岩有效开采量 153 万 m ³
		施工供电系统	工区共设 4 座施工变电站。右岸下游金坪子布置 1 座 110kV 中心施工变电站；右岸上游布置一座 35kV 箱式变电站，；左岸上、下游各设 1 座 35kV 变电站。
		施工供水系统	施工区设两座供水系统，供水系统由源水泵站、水厂、高位水池和输水管线组成。在右岸上游布置生活水厂，厂址位于新村硫磺厂西北侧缓坡地上，设计规模 3000m ³ /d；在左岸下游生产水厂，设计规模 8.1 万 m ³ /d。
		业主营地	布置在大坝右岸上游新村大沟与陡皮坡沟之间的小满子坡上，布置高程 1080m~1180m，建筑面积 4.0 万 m ² ，占地面积 16 万 m ² ，常驻 630 人左右
		施工营地	主要布置在新村、海子尾巴、金坪子等地，筹建期临时施工营地左岸布置在坪子上和白滩，右岸布置在新村附近，施工营地建筑面积为 21 万 m ² ，占地面积 37.4 万 m ² ，施工期高峰人数约 1.2 万人
	砂石加工系统	下白滩非大坝工程砂石系统	布置在坝址左岸上游 2.7km，成品料处理能力 1000t/h，占地面积 7.5 万 m ²
		施期大坝砂石加工系统	布置在坝址右岸下游 5.6km，成品料处理能力 700t/h，占地面积 5.8 万 m ²
		海子尾巴砂石加工系统	布置在海子尾巴，成品生产能力 190t/h，设计毛料处理能力 230t/h，占地面积 4.86 万 m ²
	混凝土系统	左岸上游 880 混凝土生产系统	布置在左岸上游 900m，占地面积 2.2 万 m ² ，配置 1 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，铭牌生产能力为 240m ³ /h，高峰月混凝土浇筑强度 6.0 万 m ³
		左岸下游 850 混凝土生产系统	布置在左岸下游 1.3m，占地面积 3.5 万 m ² ，配置 1 座 HL360-4F4500 型自落式搅拌楼和 1 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，铭牌生产能力为 600m ³ /h，高峰月混凝土浇筑强度约为 15 万 m ³
		大坝 970 混凝土生产系统	布置在右岸上游 900m，占地面积 3.5 万 m ² ，配置 2 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，单座楼铭牌生产能力为 240m ³ /h，高峰月混凝土浇筑强度 10.5 万 m ³
		爆破器材库	分两岸布置，左岸布置在韭菜地江边缓坡地上，右岸布置在阴地沟江对岸的坡地上，建筑面积 800m ² ，占地面积 5000m ²
		油库	油库兼加油站集中布置在海子尾巴右岸低线过坝道路起点处，存储量 1500m ³ ，建筑面积 4500m ² ，占地面积 12000m ²

类别	项目组成		建设内容
		业主仓库	水泥库、化工材料库、永久机电设备库，建筑面积 15500m ² ，占地面积 5.22hm ²
淹没处理与移民安置	农村移民安置		本村就近安置或出乡本县安置，农村移民规划生产安置人口 30104 人，农村搬迁安置总人口 29646 人。
	集镇迁建		集镇迁建涉及 3 个，分别为云南禄劝县皎平渡、元谋县江边集镇及四川省攀枝花东区那拉莫。
	专业项目恢复		建设征地涉及企业 160 家，其中迁建 60 家，货币补偿 63 家，工程防护 38 家。复改建等级公路 29.8km；汽渡 3 处，码头 1 处；35kV 输电线路 14.49km；10kV 输电线路 125.54km；电信线路 154.54 杆 km；广播电视干线 25.16 杆 km。
	防护工程		城区防护工程 17 处（含塌岸治理 1 处）、农田防护工程 12 处
环保水保工程			砂石骨料加工废水处理系统、混凝土生产废水处理系统、含油废水处理系统和生活污水处理系统等水环境保护工程，生态流量泄放工程、栖息地保护、过鱼设施、鱼类增殖站、分层取水等鱼类保护工程，古树移植工程、植被恢复工程，环境空气、声环境保护工程，施工区生活垃圾收集处理工程、施工区水土流失防治工程，移民安置区污水处理、垃圾收集处理工程等。

2.7 工程施工规划

2.7.1 施工场地总布置

2.7.1.1 地形条件

坝址地形陡峻，下游附近低高程无规模较大的平缓台地，坝区成片台地主要分布在高程 960~1300m，分别为大坝上游右岸的卧嘎村和大坝下游右岸的金坪子。结合工程枢纽布置特点与坝址区地形条件分析，存在建筑物对称布置而可利用场地不对称的矛盾。

坝址附近可用的施工场地有：①卧嘎村位于乌东德峡口以上右岸；②峡谷出口右岸金坪子；③下游右岸施期滩地；④峡谷左岸以上至鲇鱼河；⑤左岸上游下白滩、猪拱地沟，阴地沟、鲇鱼河滩地；⑥峡谷出口左岸花山为堆积阶地。

2.7.1.2 施工分区规划

根据乌东德坝址区地形特点，考虑施工分标等因素，施工生产生活设施布置划分为 9 个主要区域。详见下表。

表 2.7-1 施工分区规划表

序号	分区名称	位置	高程 (m)	主要施工设施
1	鲇鱼河及坪子上	左岸上游约 7.0~10.0km	830~990	鲇鱼河弃渣场、左岸厂房施工场地、阴地沟弃渣场
2	猪拱地	左岸上游约 4.0~4.3km	850~950	猪拱地堆料弃渣场（建筑物洞挖料存料场）
3	下白滩	左岸上游约 2.3~3.1km	820~950	下白滩堆料弃渣场（建筑物洞挖料存料场）、非大坝砂石料加工系统、左岸上白滩施工场地
4	小花山及其它	左岸	880、850、850	左岸上游施工变电所、左岸上游 880 混凝土系统、小花山 850 混凝土系统、左岸下游水厂、左岸炸药库
5	新村	右岸上游约 4.0~5.5km	980~1200	临时营地、右岸筹建期（金结标）施工场地、右岸电站土建标施工营地、右岸上游水厂、油库、综合仓库、永久机电设备库、施工辅助设施、业主营地
6	海子尾巴	右岸上游约 2.5~3.6km	980~1020	左、右岸导流洞标施工营地、围堰备料场（后期机电安装标施工工厂）及右岸电站土建标施工工厂、右岸上游施工变电所、机电仓库、海子尾巴营地、右岸警消营地、地下厂房施工工厂、临时砂石料加工系统等。
7	金坪子	右岸下游约 0.9~2.4km	970~1050	大坝（坝肩及缆机平台标）、左岸电站土建标施工场地，大坝混凝土系统、右岸 110kV 施工变电所、右岸转轮拼装厂

序号	分区名称	位置	高程 (m)	主要施工设施
8	阿摆	右岸下游约 3.0~3.7km	960~1030	金坪子防护工程标施工场地、大坝标施工工厂
9	施期	右岸下游约 51.0~7.0km	880~1120	大坝工程砂石系统、施期存料场、混凝土骨料料场

2.7.2 施工导流

2.7.2.1 导流方式

乌东德水电站坝址河床狭窄、两岸山体雄厚、覆盖层深厚，大坝坝型为混凝土双曲拱坝，坝体不宜过水，加之本电站规模巨大，发电经济效益及社会效益显著，控制第一台机组发电的施工关键线路为大坝工程施工，若采用枯期导流方式将推迟发电工期和总工期，不能直接影响电站综合效益，故推荐采用河床一次断流、围堰全年挡水、隧洞泄流的导流方式。

2.7.2.2 导流标准

由于本工程导流建筑物保护对象为 I 级混凝土双曲拱坝，在施工期内不宜过水；导流建筑物规模巨大，使用年限长达 46 个月，河床以上围堰高达 67m，由围堰挡水位形成的库容约 2.26 亿 m^3 ，尤其是导流工程失事将直接影响工程发电工期，损失巨大；根据《水电工程施工组织设计规范》（DL/T5397-2007）规定，确定大坝上、下游土石围堰及导流隧洞为 3 级建筑物，导流隧洞进出口围堰为 5 级建筑物。

对于 3 级导流建筑物的土石围堰，相应的设计洪水标准为重现期 50~20 年。重现期为 50、30、20 年的设计洪水流量分别为 26600、24900、23600 m^3/s 。导流设计洪水标准经技术经济比较、工程类比及风险度分析后综合确定。按照规范要求，根据工程实际情况，最终确定初期、中期、后期及下闸、封堵等阶段的标准，具体详见下表。

表 2.7-2 导流标准及流量表

项目		频率 (%)	时段	流量 (m^3/s)
导流隧洞进出口围堰		10%，最大瞬时	全年	21100
截流		10%，月平均	1 月	2020
钱堤		5%，最大瞬时	1~3 月	5440
防渗墙 施工	防渗墙施工平台	5%，最大瞬时	1~3 月	5440
		5%，最大瞬时	11~5 月	7100

项目			频率（%）	时段	流量（m³/s)
	平台度汛		5%，最大瞬时	全年	23600
初期导流	厂房出口围堰		10%，最大瞬时	枯水期	6690
	上、下游土石围堰		2%，最大瞬时	全年	26600
中期导流			1%，最大瞬时	全年	28800
后期导流	2018 年汛后		0.5%，最大瞬时	11～5 月	8630
	2019 年汛期	设计	0.5%，最大瞬时	全年	30900
		校核	0.2%，最大瞬时	全年	33700
导流隧洞封堵	下闸		10%，旬平均	12～1 月	2020～2500
	闸门挡水		5%，最大瞬时	11～5 月	7620
堵头	设计		0.1%，最大瞬时	全年	35800
	校核		0.02%，最大瞬时	全年	40500
大坝蓄水			85%，月平均	1～6 月	1420～2890
下游供水			多年平均流量的 10%	1～6 月	387

2.7.2.3 导流方案及导流程序

初期导流共布置 5 条导流隧洞，导流隧洞呈“左 2 右 3、4 大 1 小、4 低 1 高”布置格局，低洞断面尺寸为 16.5m×24.0m。右岸 5#导流隧洞为高高程导流隧洞，断面尺寸 12.0m×16.0m，高洞除参与初期导流外，还在导流隧洞下闸封堵期间承担下游供水任务。

中期导流末期导流隧洞采取分批下闸、高洞敞泄供水的封堵方案，高洞半边孔改造安排第 8 年 4 月前完成改造，汛期高洞临时性下闸封堵，确保高洞汛期不过流，汛后高洞闸门开启，参与下游供水。故中期导流由左右岸各 2 条低导流隧洞参与泄流。

高导流隧洞下闸完成后，坝体临时断面挡水度汛设计标准为 200 年一遇，相应最大瞬时流量 30700m³/s；校核标准为 500 年一遇，相应最大瞬时流量 33700m³/s，由大坝坝身中孔、表孔及岸边泄洪洞参与泄流。

施工导流程序见表 2.7-3。

表 2.7-3 施工导流程序表

导流时段		导流标准		导流建筑物		上游水位 (m)	下游水位 (m)	备注	
		频率 (%)	流量 (m³/s)	挡水建筑物	泄水建筑物				
导流隧洞施工	第 1 年 11 月~第 3 年 12 月	10	21100	进出口围堰	原河床	842.27	841.27		
河床截流	第 4 年 1 月上旬	10(月平均)	2020	戗堤	① (2 条)	823.60	817.60		
初期导流	第 4 年 1 月~3 月	5	5440	防渗墙平台	①(2 条)	834.70	824.70		
	第 4 年 4 月~5 月	5	7100	防冲平台	① (4 条)	830.70	827.35		
	第 4 年 6 月~10 月	5	23600	堰体过流	① (5 条) +②	847.69	842.46	836m/831m 平台	
	第 4 年 11 月~第 5 年 5 月	5	7100	防渗墙平台	① (5 条)	830.70	827.35		
	第 5 年 6 月~第 7 年 10 月	2	26600	上下游围堰	① (5 条)	871.10	845.0	考虑调蓄	
中期导流	第 7 年 11 月~第 8 年 5 月	1	8250	未完建坝体	① (4 条)	832.80	828.90		
	第 8 年 6 月-第 8 年 11 月	1	28800		① (4 条)	885.66	846.46		
	第 8 年 12 月上旬	10(旬平均)	2500	导流隧洞 闸门	① (5 条)	821.55	818.82	导流隧洞 下闸封堵	
	第 8 年 12 月中下旬	10(旬平均)	2500		① (1~2#、5#)	827.56	818.82		
	第 9 年 1 月上旬	10(月平均)	2020		① (2#、5#)	832.65	817.60		
	第 9 年 1 月上旬	10(月平均)	2020		① (5#高洞)	851.0	833.0		
	第 9 年 1 月中旬	10(月平均)	2020		① (高洞右边孔)	890.0	833.0		
后期导流	第 9 年 1 月下旬-完工	0.5	30900	未完建坝体	③+④+⑤	958.46	847.86	设计洪水	考虑 调蓄
		0.2	33700		③+④+⑤	965.95	849.73	校核洪水	

表中符号意义：①导流隧洞，②未完堰体平台，③中孔，④泄洪隧洞，⑤大坝表孔；

2.7.3 施工交通

2.7.3.1 对外交通

在对电站周边交通现状、发展规划、主要建筑材料来源地等资料收集的基础上，确定了对外交通路线以右岸为主、左岸为辅、由跨金沙江大桥沟通的基本格局，包括右岸半角至新村公路、左岸会东至河门口、河门口跨江大桥，前期由整治后的撒营盘至新村公路进场。目前，半角至新村公路、会东至河门口公路和河门口大桥已完成初步设计。会东至河门口公路已获四川省环保厅批复，半角至新村公路已获云南省环保厅批复。河门口大桥工程环境影响报告书已通过云南省、四川省两省环保厅联合组织的审查并已取得批复。

（1）半角至新村公路

半角至新村公路为乌东德水电站主要进场公路，隶属于云南省昆明市禄劝县，公路等级为二级，设计速度 40km/h，路线自皎西乡半角村接地方二级公路，路线全长 35.82km。路线起点高程 2219.70m，终点高程 1000.00m，平均纵坡 3.4%，最大纵坡约 7.0%；设计路基宽 10.0m，路面宽 7.5m。新建大中桥 22 座，总长 3353.30m；隧道 15 座，总长 14066.58m；新建涵洞 59 道。

（2）会东至河门口公路

会东至河门口公路为乌东德水电站大件运输通道和对外外物资辅助运输公路，隶属于四川省会东县，公路等级为三级公路，设计行车速度 30km/h，路线全长 44.03km。线路起点高程 1669.5m，终点高程 997m，平均纵坡 1.50%，最大纵坡 6.6%；设计路基宽 8.0m，路面宽 7.0m。

（3）河门口大桥

河门口大桥选择河门口桥位和白滩桥位进行比选，推荐桥位为白滩桥位，推荐方案为主跨 255m 连续刚构，按三级公路标准运营，汽车荷载采用公路—II 级，验算荷载为挂-300 级，设计车速为 40km/h，桥面宽度为 $2 \times 1.5\text{m}$ （人行道、栏杆）+9.0m（行车道）=12.0m，桥梁接线高程为 1000.00m。

2.7.3.2 场内交通

（1）场内道路

金沙江乌东德水电站主体工程施工区规划布置 4 层道路，第一层道路连接左

右岸电站出线场、缆机平台，高程从 1055~1200m；第二层道路连接坝顶、左右岸电站进水塔、泄洪洞进水塔顶平台，高程 988m；第三层道路连接左右岸电站进水口、泄洪洞进口底板，高程 910m；第四层连接左右岸地下电站、左右岸导流洞、上下游围堰、大坝和下游护岸等，高程从 860~723m。场内道路汇总见表 2.7-4，相应标准见表 2.7-5。

(2) 场内桥梁

为满足不同施工时段和运行期的过江需要，场内共设置 3 座跨江桥梁，分别为上游临时桥、乌东德大桥、下游临时桥。

表 2.7-4 场内道路汇总表

岸别	编号	道路名称	总长度 (km)	起点	高程 (m)	终点	高程 (m)	隧道 (座)	长度 (km)
左岸	1	左岸高线过坝道路	8.8	左岸对外公路	1000	左岸低线路	870	5	5.9
	3	左岸进水口道路	1	上游混凝土系统	886	左厂引水洞底板	913	2	0.9
	5	左岸低线过坝道路	7.1	下三台	990	转轮加工厂	845	3	2.7
	7	左岸出线场道路	3.5	左岸高线过坝道路	990	左岸出线场	1200	1	3.1
	9	左岸上坝道路	0.5	左岸高线过坝道路	984	左厂进水塔平台	988	1	0.3
	11	左岸泄洪洞进口道路	0.1	左岸高线过坝道路	995	泄洪洞进水塔平台	988		
	13	左岸上游围堰道路	0.6	左导上支洞	864	上游围堰防渗平台	845	1	0.3
	15	土料场道路	2	左岸对外公路	1020	河门口土料场	900		
	17	其它	1.1	上游围堰	852	左岸低线道路	868	2	0.6
	小计		24.7						13.8
右岸	2	右岸高线过坝道路	6.2	右岸对外公路	1020	右岸低线路	883	2	2.8
	4	右岸进水口道路	1	上游临时桥	886	右厂进水口底板	913	1	0.9
	6	右岸低线过坝道路	5.4	营盘包包	990	乌东德大桥	859	2	3.4
	8	右岸缆机平台道路	1.5	右岸高线过坝道路	1000	右岸缆机平台	1055	1	1.2
	10	右岸上坝道路	1.3	右岸高线过坝道路	990	970 系统	970	2	1.2
	12	右岸出线场道路	4	右岸高线过坝道路	960	右岸出线场	1200	1	0.8
	14	右岸上游围堰道路	0.5	右导上支洞	867	上游围堰防渗平台	845	1	0.3
	16	施期料场道路	4.5	金坪子	1080	施期渣场	950	1	1.2
	18	其它	1.5	上游围堰堰顶	876	右岸低线路	851	1	0.4
	小计		25.9						12.2
合计			50.6						26.0

表 2.7-5 场内主要道路标准表

岸边	序号	道路名称	水电工程场内公路标准			荷载	备注
			等级	路面宽 (m)	路基宽 (m)		
左岸	1	左岸高线过坝道路	二级	9.0	10.5	汽-60、 挂 300	净高 5.5，座环、机轴、 变压器等运输
	3	左岸进水口道路	三级	7.5	9.0	汽-40	净高 4.5，隧道净宽 8.5m

岸边	序号	道路名称	水电工程场内公路标准			荷载	备注
			等级	路面宽 (m)	路基宽 (m)		
左岸	5	左岸低线过坝道路	二级	9.0	10.5	汽-60	净高 4.5, 下游段挂 600
	7	左岸出线场道路	三级	6.5	7.5	汽-30	净高 4.5
	9	左岸上坝道路	三级	8.0	9.5	汽-60	净高 4.5
	11	左岸泄洪洞进口道路	三级	6.5	7.5	汽-30	净高 4.5
	13	左岸上游围堰道路	二级	9.0	10.5	汽-60	净高 4.5, 隧道净宽 9m
右岸	15	土料场道路	三级	6.5	7.5	汽-30	高程 950m 以上为二级
	2	右岸高线过坝道路	三级	8	9.5	汽-40	净高 4.5
	4	右岸进水口道路	三级	7.5	9.0	汽-40	净高 4.5, 净宽 8.5m
	6	右岸低线过坝道路	二级	8	9.5	汽-40	净高 4.5, 下游段路面宽 9m、挂 600
	8	右岸缆机平台道路	三级	6.5	7.5	汽-30	净高 4.5
	10	右岸上坝道路	三级	8	9.5	汽-60	净高 4.5
	12	右岸出线场路	三级	6.5	7.5	汽-30	净高 4.5
	14	右岸上游围堰道路	二级	8.0	9.5	汽-40	净高 4.5, 净宽 9m
	16	施期料场路	三级	6.5	7.5	汽-30	净高 4.5

上游临时桥用于截流前的坝址上游跨江交通运输, 桥面高程 873m, 桥长约 200m, 布置 2 座并行索道桥。可能通行最大车辆 32t 自卸车, 主要通行车辆为 20t 自卸车, 按汽—60 设计。

乌东德大桥为永久桥梁, 位于坝址下游约 2km, 桥面高程 859m, 桥长约 200m, 左右岸基础均为基岩。除场内弃渣、填筑、混凝土运输车辆外, 乌东德大桥还考虑运输整装转轮, 汽车荷载等级汽—60, 挂—600。

下游临时桥在过坝交通和乌东德大桥形成前, 用于筹建期的跨江运输, 为一座临时索道桥, 桥面高程 870m, 按汽—60 设计。

(3) 施工支洞

为满足导流洞、引水发电系统、泄洪洞、大坝及 K25 溶洞处理的施工需要, 共设置 64 条施工支洞, 长约 17.4km。

2.7.4 工程弃渣及弃渣场规划

2.7.4.1 工程弃渣

乌东德水电站工程土石方开挖总量 8715.23 万 m^3 (本报告中未作特殊说明, 均为自然方, 余同), 其中土方 3172.18 万 m^3 , 石方 5543.05 万 m^3 。枢纽工程开挖 4977.41 万 m^3 (含料场开挖量), 其中左岸开挖 2455.55 万 m^3 , 右岸开挖 2521.86 万 m^3 。场内交通工程开挖 212.73 万 m^3 , 其中左岸交通开挖 138.95 万 m^3 , 右岸交通开挖 73.78 万 m^3 。施工生产生活设施开挖 194.60 万 m^3 , 其中左岸 109.37 万 m^3 , 右岸 85.23 万 m^3 。移民安置工程开挖 3128.12 万 m^3 , 其中左岸 1195.71 万 m^3 , 右

岸 1932.41 万 m³。表土剥离 202.37 万 m³，其中左岸 115.18 万 m³，右岸 87.19 万 m³。

填筑利用总量为 5198.88 万 m³（自然方，余同），其中土方 1769.13 万 m³，石方 3429.75 万 m³。其中枢纽工程填筑利用 600.26 万 m³，场内交通工程填筑利用 101.96 万 m³，施工生产生活设施填筑利用 576.23 万 m³，移民安置工程填筑利用 2624.01 万 m³，混凝土系统填筑利用 1094.05 万 m³，绿化工程填筑利用 202.37 万 m³。

弃渣总量为 3516.35 万 m³（自然方，余同），其中土方 1403.05 万 m³，石方 2113.30 万 m³。按照最终弃渣规模，下白滩堆料弃渣场弃渣 231 万 m³（合松方约 295 万 m³），猪拱地弃渣 115 万 m³（合松方约 145 万 m³），鲮鱼河弃渣 2320.36 万 m³（合松方约 3100 万 m³），阴地沟弃渣 345.88 万 m³（合松方约 440 万 m³），移民安置工程弃渣 504.11 万 m³。

乌东德水电站工程土石方平衡详见下表。

表 2.7-6 枢纽工程土石方平衡

项目分区		开挖	填筑方	调入	调出	弃方
		(万 m ³)	(万 m ³)	(万 m ³)	(万 m ³)	(万 m ³)
合计	小计	8715.23	5198.88	2752.82	2752.82	3516.35
	土方	3172.18	1769.13	672.70	672.70	1403.05
	石方	5543.05	3429.75	2080.12	2080.12	2113.30
枢纽工程	小计	4977.41	600.26	477.37	1842.28	3012.24
	土方	1578.67	187.03	70.03	223.03	1238.64
	石方	3398.74	413.23	407.34	1619.25	1773.60
场内交通工程	小计	212.73	101.96	0.00	110.77	0.00
	土方	41.08	16.00	0.00	25.08	0.00
	石方	171.65	85.96	0.00	85.69	0.00
施工生产生活区	小计	194.60	576.23	468.44	86.81	0.00
	土方	31.34	209.42	180.08	2.00	0.00
	石方	163.26	366.81	288.36	84.81	0.00
移民安置工程	小计	3128.12	2624.01	510.59	510.59	504.11
	土方	1318.72	1154.31	220.22	220.22	164.41
	石方	1809.40	1469.70	290.37	290.37	339.70
混凝土系统	石方	0.00	1094.05	1094.05	0.00	0.00
表土剥离	土方	202.37	0.00	0.00	202.37	0.00
绿化工程	土方	0.00	202.37	202.37	0.00	0.00

2.7.4.2 弃渣场规划

根据坝址周边可利用的地形条件，在坝址上游规划 4 个主弃渣场，分别在下白滩沟、猪拱地沟、阴地沟、鲹鱼河滩地；规划 2 个存料场，分别布设在施期滩地、海子尾巴；规划 3 个表土堆存场，分别在阴地沟、施期、新村布设。

(1) 永久弃渣场

1) 下白滩堆料弃渣场

下白滩沟渣场位于金沙江乌东德峡谷进口左岸的下白滩沟内，下距乌东德坝址 2.4km，冲沟集水面积 4.44km²，地形总体呈“两沟夹一脊”形态，地势为北东高、南西低，渣场占地类型主要为林地及园地。渣场范围内主要有两条冲沟（小沟和磨槽沟），为确保堆渣安全，需进行冲沟水流处理。渣场 945m 高程以下总堆渣容量约 300 万 m³，外测堆渣坡比为 1: 2.5~1:3.0，根据场内土石方平衡规划，下白滩堆料弃渣场 231 万 m³，约合松方 295 万 m³左右，其中石方占 40%。下白滩堆料弃渣场堆至 945m 高程后，小沟沟口堆渣场顶面平台将作为存料场，存料外测堆渣坡比为 1: 2，最大存料堆体积约 110 万 m³，存料堆积高程 945m~1000m。

2) 猪拱地堆料弃渣场

猪拱地堆料弃渣场位于金沙江左岸猪拱地沟内，下距乌东德坝址 4.1km，冲沟集水面积 6.64km²，冲沟右侧为基岩陡坡，左侧为一堆积体构成的缓平台，占地类型以园地、草地为主。弃渣场堆渣顶高程为 945m，总弃渣量容积约 150 万 m³，金沙江侧堆渣比为 1: 2.5。根据场内土石方平衡规划，猪拱地堆料弃渣场弃渣 115 万 m³，约合松方 145 万 m³，其中石方占 80%。猪拱地渣场堆至 945m 高程后，将渣场顶面靠近沟口处作为存料场，存料外测堆渣坡比为 1: 2，最大存料堆体积约 150 万 m³，存料堆积高程 945m~1000m。

3) 阴地沟弃渣场

阴地沟弃渣场位于金沙江左岸阴地沟内，下距乌东德坝址 5.9km，沟口以上全流域集水面积 47.05km²，沟口以上、雪山水库以下集水面积为 22.71km²。占地类型以园地、草地为主。弃渣场堆渣顶高程为 980m，总弃渣量容积约 450 万 m³，金沙江侧堆渣比为 1: 2.5。根据场内土石方平衡规划，阴地沟弃渣场弃渣 345.88 万 m³，约合松方 440 万 m³，其中石方占 27%。

4) 鲹鱼河渣场

鲹鱼河弃渣场位于鲹鱼河左岸，下距乌东德坝址 8km，呈长条形顺鲹鱼河展布，地势为北东高、南西低，渣场范围内左岸岸坡分布有三条小沟，集水面积约为 1.6km²。占地类型以园地、林地为主。弃渣场堆渣高程为 945m，总弃渣量容积为 3200 万 m³，外测堆渣坡比为 1: 2.5。根据场内土石方平衡规划，鲹鱼河弃渣场弃渣 2320.36 万 m³，约合松方 3100 万 m³，其中石方占 64%。

（2）存料场

1) 施期存料场

施期存料场位于坝址右岸下游施期滩地上，距离坝址约 6km。经估算，渣场 1000m 高程以下总堆渣容量约 420 万 m³。由于施期料场中大坝所需灰岩位于白云岩下部，料场石料开采时需在大坝混凝土开始浇筑前将 440 万 m³可开采灰岩上部的 153 万 m³白云岩先开采堆存在施期存料场中，用于大坝以外建筑物混凝土，其下灰岩则可根据实际需要量开采后直接运至施期砂石加工系统粗碎车间。

2) 海子尾巴备料场

海子尾巴备料场位于坝址峡谷段进口右岸，为金沙江古河道，距坝址约 2.7km，前期利用电站系统开挖料进行场平，填筑至高程 980m 后作为施工场地和围堰备料场使用，填筑高度控制在 30m 以内，填筑坡比为 1: 2~1:2.5，备料场范围内无大的冲沟，无需进行沟水处理，占地类型以耕地、园地为主。备料场外测堆渣坡比为 1: 2，最大存料堆体积约 150 万 m³。

（3）表土堆存场

乌东德水电站工程建设共剥离表层土 202.37 万 m³，合松方 242.52m³。其中，枢纽工程建设区共剥离表土 101.94 万 m³，合松方 122.29 万 m³，规划设置新村、猪拱地、施期 3 处表土堆存场；移民安置区共剥离表土 100.43 万 m³，合松方 120.52 万 m³，在移民安置工程就近选择场地堆置。

新村表土堆存场位于坝址右岸上游新村业主营地附近，占地面积 4.65hm²，容量 85.00 万 m³，堆土量 67.20 万 m³，合松方 80.64 万 m³，主要堆置右岸上游剥离的表层土。堆场为谷坡型堆场，占地类型园地为主。

阴地沟表土堆存场位于坝址左岸上游阴地沟弃渣场西侧，左岸高线过坝道路经过该堆存场，占地面积 2.35hm²，容量 35.00 万 m³，堆土量 26.07 万 m³，合松方 31.28 万 m³，主要堆置左岸渣场剥离的表层土。堆场为谷坡型堆场，占地以园地为主。

施期表土堆存场位于坝址右岸下游施期存料场下方，占地面积 2.55hm²，容量 15 万 m³，堆土量 8.64 万 m³，合松方万 10.37 万 m³，主要堆置右岸下游施工场地剥离的表层土。堆场为谷坡型堆场，占地类型以耕、园地为主，零星占用未利用地。

枢纽工程表土堆存场情况详见下表。

表 2.7-7 表土堆存场概况一览表

序号	堆场名称	占地面积 (hm ²)	容量 (万 m ³)	堆土量 (万 m ³)	堆场 类型	占地 类型	堆土来源	备注
1	新村表土堆存场	4.65	85	80.64	谷坡	园地、耕地为主	右岸上游施工区	正常蓄水位以上
3	阴地沟表土堆存场	2.35	35	31.28	谷坡	园地、林地为主	左岸上游弃渣场及施工区	正常蓄水位以上
4	施期表土堆存场	2.55	15	10.37	谷坡	林地、草地为主	右岸下游施工区	水库下游
合计		9.55	135	122.29				

注：表中堆土量以松方计。

表 2.7-8 枢纽工程弃渣场规划情况

序号	弃渣场名称	占地面积 (hm ²)	堆渣高程 (m)	容渣量 (万 m ³)	弃存量 (万 m ³)		存料量 ⁽¹⁾ (万 m ³)	堆置坡比	渣场 类型 ⁽²⁾	占地类型	弃渣性质	弃渣来源
					自然方	松方						
1	下白滩堆料弃渣场	25.46	840~945	300	231	295	110	1: 2.5~1:3.0	库底沟道型	以园地、林地为主	石方占 40%	弃渣为导流洞开挖，存料为导流洞、泄洪洞及电站系统开挖有用料
2	猪拱地堆料弃渣场	16.99	845~945	150	115	145	150	1:2.5	库底沟道型	以园地、草地为主	石方占 80%	弃渣为导流洞、泄洪洞、水垫塘二道坝开挖，存料为为导流洞、泄洪洞及电站系统开挖有用料
3	阴地沟弃渣场	32.50	845~980	450	345.88	440	—	1:2.5	库底沟道型	以园地、草地为主	石方占 27%	导流洞、泄洪洞、金坪子、电站系统开挖及河床围堰清基
4	鲮鱼河弃渣场	90.00	845~945	3200	2320.36	3100	—	1:2.5	库底谷坡型	以园地、草地为主	石方占 64%	大坝、水垫塘二道坝、泄洪洞、电站系统开挖及围堰拆除等
5	施期存料场	16.00	920~950	420	—	—	153	1:2	库外谷坡型	以园地、草地为主	施期料场开挖料	存放施期料场开挖的白云岩有用料
6	海子尾巴备料场	4.33	980~1000	150	—	—	150	1:2	库面谷坡型	以园地、草地为主	围堰备料场	存放大坝和金坪子开挖的块石料及河床围堰细粒石渣料
合计		185.28			3012.24	3980	—					

注:(1)存料量指料场使用过程中可能的最大存料量;

(2)库底指渣顶高程低于死水位;库面指渣顶高于正常蓄水位,渣底低于正常蓄水位;库外指渣底高于正常蓄水位或渣场位于坝下。

2.7.5 料场规划

2.7.5.1 料源规划

(1) 混凝土骨料料源规划

乌东德坝址工程混凝土总量为 807.37 万 m^3 ，需原岩约 954 万 m^3 ，其中大坝需原岩 322 万 m^3 ；其它工程需原岩 632 万 m^3 。

推荐乌东德坝址地下工程可利用开挖料用作大坝以外工程混凝土骨料料源，不足部分由施期料场补充，施期料场灰岩料作为大坝混凝土骨料优选料源。

乌东德坝址洞挖总量为 1032.6 万 m^3 ，有用层储量为 701.0 万 m^3 ，无用层为 331.6 万 m^3 。非大坝混凝土骨料利用坝址地下洞室开挖料 420 万 m^3 后，还需从施期料场开采 212 万 m^3 。大坝混凝土骨料从施期料场开采原岩 322 万 m^3 。合计需从施期料场开采 534 万 m^3 。

(2) 围堰填筑料料源规划

1) 粘土料

围堰粘土料共 7.79 万 m^3 ，河门口土料场土料物理力学指标除天然含水率偏低外，其他均满足围堰填料的要求，储量 116 万 m^3 ，开采条件较好。规划从河门口土料场一区开采，规划开采量 10 万 m^3 。

2) 反滤料

坝址附近无合适的天然反滤料及垫层料料源，围堰反滤料 24.9 万 m^3 ，规划利用建筑物开挖料通过坝址上游砂石系统轧制。

3) 围堰砂砾石料

大坝上、下游围堰填筑需砂砾石料 66.46 万 m^3 。坝址附近没有符合质量要求的砂砾料，采用导流洞洞内薄层-极薄层开挖料与硝沟开挖料各掺 50%掺混，替代砂砾料。

除用于非大坝混凝土骨料外，导流洞洞内薄层-极薄层开挖料约 180 万 m^3 ，硝沟开挖量 195 万 m^3 ，满足填筑用量要求。

导流洞进出口围堰填筑需砂砾石料 1.86 万 m^3 ，导流洞进出口覆盖层开挖料 363.9 万 m^3 ，导流洞进出口覆盖层料可满足导流洞进出口围堰填筑所需砂砾石料。

4) 围堰石渣料、块石料

导流洞进出口围堰所需石渣料及块石料直接从各自部位开挖料取料填筑。

围堰石渣料、块石料总量为 250.43 万 m^3 ，截流前，导流隧洞、大坝、泄洪洞、

地下电站等建筑物开挖量中除用于制备混凝土骨料 279 万 m^3 外，还余约 726 万 m^3 石方开挖料，满足围堰石渣料、块石料的数量及质量要求。同时，围堰施工期间，坝肩（高程 1055m~815m）开挖同时进行，其石渣可直接上堰填筑围堰。石渣利用料堆存于上游下白滩、猪拱地及上白滩弃渣场，截流块石料和洞挖碎石料备存于右岸上游海子尾巴存料场。

2.7.5.2 料场规划

（1）施期石料场

根据料场地形、地质条件，进行开采设计规划后，确定施期料场规划开采范围控制在有效勘探范围之内，顺水流方向长 374m，垂直水流方向宽 330m，面积约 9.2 万 m^2 ，料场开采顶部高程 1140m，最终开采底部平台高程 890m，开采最大高差约 250m。

施期料场规划范围内剥离层开挖边坡坡比为 1:1，岩石开挖边坡坡比为 1:0.3，台阶高度 10.0m，每级台阶设置宽 2.0m 的马道，在高程 1020m 设置一条 15.0m 的宽平台，使上、下部边坡成为独立边坡。

施期料场规划开采范围开挖总量 751 万 m^3 ，覆盖层剥离量约 101 万 m^3 ，灰岩有效开采量 497 万 m^3 ，白云岩有效开采量 153 万 m^3 ，均满足灰岩及白云岩需要量的要求。

2) 河门口土料场

乌东德河床围堰土料规划从河门口土料场一区开采，一区有用层平均厚度 5.95m，剥离层约 1m。

规划开采量 10 万 m^3 ，开采范围约 2 万 m^2 ，开采深度 5m。表面无用层剥离采用 220HP 推土机剥离，有用层采用立采法开采，采用 2~2.5 m^3 挖掘机开挖，25t 自卸汽车运输，运距 11.5~12.5km。

2.7.6 施工工厂与施工营地

2.7.6.1 施工工厂

（1）砂石料加工系统

本工程各砂石加工系统主要技术指标见表 2.7-9。其中，大坝砂石料加工系统主要承担大坝工程混凝土所需粗细骨料生产任务，加工后，成品料由胶带输送机输送至大坝 970 混凝土生产系统，运距 4.2km；下白滩砂石料加工系统主要承担导

流工程、二道坝、水垫塘、地下电站、泄洪洞、下游护岸等分项工程混凝土所需粗、细骨料生产任务。

表 2.7-9 砂石加工系统主要技术指标表

序号	项目		单位	大坝砂石料加工系统	下白滩人工骨料加工系统
1	混凝土设计强度		万 m ³ /月	10.5	15
2	成品设计生产能力	粗骨料	t/h	485	650
		砂	t/h	215	350
3	系统建筑面积		万 m ²	3500	4000
4	系统占地面积		万 m ²	5.8	7.5

另设置临时砂石加工系统，主要承担工程筹备期和前期道路、隧洞及附属设施所需粗、细骨料生产任务，系统设计成品生产能力 190t/h，设计毛料处理能力 230t/h。系统布置于右岸海子尾巴。

(2) 混凝土生产系统

本工程混凝土生产系统主要技术指标见表 2.7-10。其中，大坝混凝土系统主要承担大坝 276.78 万 m³（含超挖和施工损耗）混凝土的供应任务，能满足大坝高峰月混凝土浇筑强度 10.5 万 m³的要求，布置下游硝沟上游缓坡地，系统配置制冷系统，可生产 7℃低温混凝土；左岸上游 880 混凝土生产系统能满足高峰月混凝土浇筑强度 6.0 万 m³的要求，系统配置制冷系统，可生产 12℃低温混凝土；左岸下游 850 混凝土生产系统，能满足高峰月混凝土浇筑强度约为 15 万 m³的要求，系统配置制冷系统，可生产 12℃低温混凝土。

表 2.7-10 混凝土生产系统主要技术指标表

序号	项目		单位	大坝 970 混凝土生产系统	左岸上游 880 混凝土生产系统	左岸下游 850 混凝土生产系统
1	拌和楼生产能力	常态混凝土	m ³ /h	480	240	600
		制冷混凝土	m ³ /h	360	180	430
2	粗骨料堆场容量		m ³	12000	4000	9000
3	细骨料罐容量		m ³	6000	2600	6000
4	供风能力		m ³ /min	300	120	280
5	电机容量		kW	12000	5000	11000
6	总制冷量		万 kcal/h	1200	450	1100
7	胶凝材料仓库容量	水泥	t	7500	6000	7500
		粉煤灰	t	5950	3400	5950
8	占地面积		万 m ²	5.2	1.5	3.5

另设临时混凝土生产系统，承担工程筹备期和前期道路、隧洞及附属设施所

需混凝土的拌制任务，系统配备 1 座铭牌生产能力 $120\text{m}^3/\text{h}$ 的混凝土搅拌站。系统布置于右岸海子尾巴。

（3）混凝土预冷系统

混凝土预冷系统分了三个独立系统，右岸高程 970m 预冷系统设置 1 座一次风冷制冷车间和 2 座制冷楼；左岸下游高程 850m 混凝土预冷系统设置 2 座制冷楼；左岸上游高程 880m 混凝土预冷系统设置 1 座制冷楼。右岸大坝高程 970m、左岸下游高程 850m 混凝土预冷系统需要采用一次风冷骨料，二次风冷骨料及加片冰几种措施，左岸上游高程 880m 混凝土预冷系统采取拌和楼风冷骨料及加片冰等措施。

大坝后期通冷水系统设备配置全部采用右岸高程 970m 混凝土预冷系统一次风冷制冷设备。

（4）供水、供电、通信系统

1) 供水

经统计，总供水规模为 $10.2\text{万 m}^3/\text{d}$ ，其中生活用水 $6100\text{m}^3/\text{d}$ ，生产用水 $9.6\text{万 m}^3/\text{d}$ 。确定以金沙江为主，以马师傅河沟和大龙潭山泉为辅的多水源供水系统。

在右岸上游布置一座以金沙江为水源的生活水厂，厂址位于新村硫磺厂西北侧缓坡地上，设计规模 $3000\text{m}^3/\text{d}$ ；在左岸下游布置一座以金沙江为水源的生产水厂，设计规模 $8.1\text{万 m}^3/\text{d}$ 。

2) 供电

工区共设 4 座施工变电站。右岸下游金坪子布置 1 座 110kV 中心施工变电站，设 2 台 25MVA 变压器；右岸上游布置一座 35kV 箱式变电站，设 1 台 6.3MVA 变压器；左岸上、下游各设 1 座 35kV 变电站。

3) 施工通信

坝址附近公用通信网，现已具备有线和无线通话条件。施工通信可直接利用。

（5）综合加工及机械修配厂

主要包括大坝综合加工厂、右岸导流洞综合加工厂、右岸电站综合加工厂、左岸导流洞综合加工厂、左岸电站及泄洪洞综合加工厂、机械修配厂等。

2.7.6.2 施工营地

（1）业主营地

拟将业主营地布置在大坝右岸上游新村大沟与陡皮坡沟之间的小满子坡上，布置高程 1080m~1180m，建筑面积约 40000m²。由于地块为单面坡，地形平均坡度约 15.2°左右，地形高差最大达 100m 左右，因此营地内部建筑物须分台阶布置，考虑到开挖边坡、通道布置及绿化等需要，营地总占地面积约 160000m²。

（2）承包商营地

根据前期工程和主体工程分标规划，承包商的办公生活设施的建筑面积根据各标施工进度中施工期内年平均劳动力人数，按人均建筑面积综合指标 12m²/人计算，各承包商营地的规模见下表。

表 2.7-11 承包商营地规模一览表

序号	位置	人员性质	规模（人）
1	新村	业主临时营地（业主、设计）	250
2	新村	业主基地（业主、设计、监理及部分施工管理人员）	2000
3	海子尾巴（含警消营地）	右岸导流标（后期供右岸厂房标）	1500
4	金坪子	右岸导流标（后期供大坝砂石混凝土系统标）、大坝标（前期供缆机平台以上坝肩开挖标）、左岸厂房标、渗控工程标	7250
5	马头上	泄洪洞标、左岸砂石砼系统标	1000

根据施工进度分析，由于导流工程与主体工程以及主体工程各施工项目之间存在施工时段的搭接或错开，本工程施工高峰期人数约为 12000 人。

2.7.7 施工进度

乌东德水电站总工期 122 个月，其中施工准备 31 个月，第一批机组发电工期 97 个月，工程完建期 25 个月。筹建期 29 个月不计入总工期内。

控制性进度如下：

第 1 年 6 月导流隧洞开工，第 2 年 10 月开始主厂房开挖，第 3 年 1 月开始坝肩开挖。

第 3 年 12 月底 3[#]、4[#]导流隧洞具备通水条件，第 4 年 1 月底河床截流，坝肩开挖至缆机平台高程 1055m。

第 5 年 3 月完成围堰防渗墙施工及帷幕灌浆，坝肩开挖至 815m 高程。3 月下旬基坑抽水，4 月开始大坝基坑和水垫塘开挖。第 6 年 1 月完成基坑开挖。

第 5 年 7 月开始主厂房混凝土浇筑。

第 6 年 2 月开始大坝混凝土浇筑。

第 7 年 10 月大坝最低坝段上升至高程 860m。

第 7 年 11 月开始左、右岸机组安装。

第 8 年 6 月完成泄洪洞进口金结设备安装；10 月大坝最低坝段上升至高程 945m；12 月导流隧洞下闸封堵，第 9 年 5 月完成导流隧洞堵头施工；

第 9 年 2 月坝体接缝灌浆至高程 945m，左、右岸各 1 台机组安装完成，完成全部帷幕灌浆，工程具备蓄水发电的基本条件。

第 9 年 6 月大坝浇筑至坝顶。

第 9 年 6 月水库蓄水，首批机组进行有水调试，7 月首批 2 台机组发电；

第 11 年 7 月工程完工。

2.8 工程投资

乌东德水电站可行性研究阶段投资概算正在编制中，根据乌东德水电站可研报告现阶段成果，工程投资 752.57 亿元，其中施工辅助工程 78.19 亿元，建筑工程 224.87 亿元，机电设备及安装工程 111.06 亿元，金属结构设备及安装工程 12.56 亿元，移民安置投资为 154.96 亿元。

2.9 建设征地移民安置规划

2.9.1 主要实物指标

乌东德水电站建设征地涉及云南、四川 2 省 4 个市（州），10 个县(区)，38 个乡镇，87 个行政村，277 个村民小组。建设征地总面积 138.65km²，其中枢纽工程建设区 12.27km²，水库淹没区 125.01km²，水库影响处理区 1.37km²（坍岸）。建设征地范围内 2010 年底总人口 25187 人，其中农村人口 22592 人，集镇人口 2382 人，专业项目人口 213 人。建设征地范围内各类房屋面积 216.05 万 m²，其中农村房屋面积 173.78 万 m²，集镇房屋面积 28.21 万 m²，专业项目房屋面积 14.06 万 m²。

建设征地涉及土地总面积 20.80 万亩，其中耕地 2.50 万亩、园地 2.22 万亩、林地 3.28 万亩。建设征地涉及零星树木 203629 株。涉及企业 160 家；等级公路 29.44km、大中型桥梁 15 座(1652 延 m)、汽渡 3 处、码头 1 处；高压输电线 140.03km，35kV 变电站 2 座，通讯线 154.54 杆 km，广播线 25.16 杆 km；小型水电站 2 座（装机 6690kW），抽水站 3 座（装机 3403kW），水文、水位站 8 座；永久测量标志 16 处，气象站 1 座；文物古迹 40 处。

（1）枢纽工程建设区

1) 云南省

枢纽工程建设区包括永久占地和临时用地两部分，涉及昆明市禄劝县乌东德镇新村和阿巧村 2 个村 5 个村民小组。枢纽工程建设区农村居民总户数 193 户，2010 年底调查总人口 571 人，其中农业人口 569 人，非农业人口 2 人；涉及个体工商户和村组副业 7 处，乡村企事业单位 5 家，企业 1 家，镇外单位 1 家。

枢纽工程建设区各类房屋面积 47604.4m²，其中农村 46252.75m²，专业项目 1351.65m²。枢纽工程建设区占用土地总面积 11015.69 亩，其中永久占地 7148.72 亩，临时用地 3866.97 亩。零星树木 9061 株，涉及坟墓 301 座，机耕道 9.01km，人渡 4 处，通信线路 1.75 杆 km，移动和联通传输基站 1 座，10kV 输电线 6.47km，10kV 配电变压器 7 台、总容量 1100kVA。

2) 四川省

枢纽工程建设区涉及四川省凉山州会东县 3 个乡 5 个村 16 个村民小组。枢纽工程建设区农村居民户数 559 户，2010 年底调查人口 1841 人，其中农业人口 1836 人，非农业人口 5 人；涉及个体工商户和村组副业 16 处，乡村企事业单位 2 家。

枢纽工程建设区涉及居民房屋总面积 16.66 万 m²，工程建设区占用土地面积 7391.41 亩，其中永久用地区土地面积 7082.70 亩（耕园地 2939.65 亩），临时用地区土地面积 308.71 亩（耕园地 5.28 亩）。建设区零星树木 19838 株，涉及四川省坟墓 709 座。

枢纽工程建设区 380V 输电线 35.33km，机耕道 3.9km，便桥 1 座，泵站 39 处；涉及 10kV 输电线路为 12.65Km，10kV 配电变压器 23 台，总容量 2370kVA。文物古迹 3 处。

（2）水库淹没区

1) 云南省水库淹没区涉及云南省 4 县 11 个乡镇 27 个行政村 99 个村民小组。2010 年底总人口 13356 人，其中农村人口 11603 人，集镇人口 1709 人，专业项目人口 44 人(含镇外单位 38 人)。

水库淹没区各类房屋面积 108.05 万 m²，其中农村 86.61 万 m²，集镇 18.52 万 m²，专业项目 2.92 万 m²。

水库淹没区各类土地面积 107160.84 亩，其中耕地 16976.03 亩，园地 9595.59 亩、林地 17190.87 亩。水库淹没区零星树木 106044 株，坟墓 6381 座。工业企业

45 家，镇外单位 1 家。

水库淹没区四级公路 7.72m，大桥 2 座，中桥 2 座，汽渡 1 处、码头 1 处。水电站 1 座、1890kW，提水站 2 座 42.5kW，水文、水位站 1 座，35kV 输电线路 10.7km，10kV 配电变压器 96 座 5015kVA，10kV 输电线路 67.29km，移动和联通传输基站 25 座，电信线路 109.81km，广播电视台站 17 座，广播电视干线 17.07km，气象站 1 座，国家二等水准点 6 座，三等水准点 3 座。

2) 四川省

水库淹没区建设征地涉及四川省 5 个县（区）（攀枝花市盐边县、仁和区、东区和凉山州会东县、会理县）1 个产业园（钒钛产业园区）27 个乡镇（街道）57 个村（社区）166 个村民小组。2010 年底，水库淹没区涉及四川省农村居民 1602 户、5789 人，其中农业人口 5720 人，非农业人口 69 人；涉及城市集镇居民 176 户、615 人，其中农业人口 133 人，非农业人口 482 人。

水库淹没区涉及农村个体工商户和村组副业设施 31 处，乡村企事业 7 家；涉及城市集镇个体工商户 214 家，行政事业单位 11 家、人口 13 人；涉及企业 113 家、人口 201 人，镇外单位 4 家。

水库淹没区受淹各类房屋面积 62.48 万 m²，水库淹没区土地面积 8.03 万亩，其中耕地 0.71 万亩，园地 0.58 万亩、林地 0.94 万亩。水库淹没零星树木 52010 株，坟墓 1724 座。

水库淹没涉及等级公路 19.600 km，桥梁 11 座（大桥 4 座，中桥 7 座），汽渡码头 2 处。涉及小（2）型水电站 1 座，提水站 1 座，水文站 4 处。涉及 10kV 输电线路 37.09 km，10kV 配电变压器 50 台，通信线路 37.25 km（杆路 3.10km、共杆线路 34.15km），基站 5 座，广播电视线路 8.09 km（杆路 3.5km、共杆线路 4.59km）。

（3）淹没影响区

1) 云南省

云南省境内水库影响区 56 处，涉及 4 县 9 个乡镇 17 个行政村 42 个村民小组。水库影响处理区 2010 年底总人口 857 人，各类房屋面积 61230.61m²。水库影响处理区土地总面积 1022.57 亩，坟墓 129 座。

2) 四川省

水库影响区四川省共 79 处，共涉及 16 个乡镇 26 个行政村 55 个村民小组。2010 年底，水库影响处理区涉及四川省 1976 人，各类房屋面积 17.90 万 m²，水

库影响处理区涉及土地 1024.59 亩，水库影响处理区企业 3 家，涉及文物古迹 8 处。

2.9.2 移民安置规划

规划水平年，乌东德水电站规划搬迁安置人口 30878 人，其中枢纽工程建设区 2757 人，水库淹没影响区 28039 人，集镇新址范围 82 人；农村 29646 人，城镇 1049 人，专业项目人口 183 人。农村移民生产安置人口规划水平年 30104 人。

2.9.2.1 生产安置规划

（1）云南省

云南省规划生产安置人口 18697 人，按照建设征地范围划分，枢纽工程建设区 939 人（禄劝县），淹没影响区 17619 人，集镇新址占地 139 人。淹没影响区中，禄劝县 3490 人、武定县 4591 人、元谋县 9538 人。云南省移民生产安置采取以复合安置为基础，辅以农业安置、逐年补偿安置和自行安置的方案。

按生产安置方式划分，农业安置 932 人，占 4.98%；逐年补偿安置 33 人，占 0.18%；复合安置 16910 人，占 90.44%；自行安置 822 人，占 4.40%。按生产安置去向划分，就近安置 2945 人，占 15.75%；远迁安置 14930 人，占 79.85%；自行安置 822 人，占 4.40%。云南省农村生产安置移民平衡见表 2.9-1。

（2）四川省

四川省规划生产安置人口 11407 人，按照建设征地范围划分，枢纽工程建设区 1986 人（会东县），淹没影响区 9404 人。淹没影响区中，会东县 2020 人，会理县 6216 人，仁和区 942 人，盐边县 101 人，钒钛园区 97 人，东区 45 人（含城镇新址占地 17 人）。生产安置选择农业安置、养老保障安置、复合安置、自行安置的方式。

按生产安置方式划分，农业安置 9011 人，占 79%；复合安置 132 人，占 1.16%；养老保障安置 381 人，占 3.34%；自行安置 1883 人，占 16.5%。按生产安置去向划分，就近安置 962 人，占 8.43%；远迁安置 8562 人，占 75.07%；自行安置 1883 人，占 16.5%。四川省农村移民生产安置方案及平衡见表 2.9-2。

表 2.9-1 乌东德水电站建设征地农村生产安置方案及平衡表（云南省）

县名	区域	规划生产安置人口（人）	安置方式及移民人数（人）						有土安置人数（人）	土地配置标准（亩/人）			配置耕园地（亩）
			小计	农业安置		逐年补偿	复合安置	自行		农业安置		复合安置	
				集中	分散					集中	分散		
禄劝县	枢纽工程区	939	939		255		683	1	938		1.5	1	1065.5
	淹没影响区	3490	3490	199	438		2398	455	3035	1.5/1	1.5	1/0.5	2785.5
	集镇新址	40	40		40				40		1.5		60
	小计	4469	4469	199	733	0	3081	456	4013				3911.0
武定县	淹没影响区	4591	4591	0	0	287	4220	84	4220			1/0.5	2842.5
元谋县	淹没影响区	9538	9538	0	0	33	9223	282	9223			1/0.5	8871.0
	集镇占地	99	99	0	0	0	99	0	99			1	99.0
	小计	9637	9637	0	0	33	9322	282	9322				8970.0
合计		18697	18697	199	733	320	16623	822	17555				15723.5

表 2.9-2 乌东德水电站农村移民搬迁安置方案及平衡分县汇总表（四川省）

县名	区域	规划生产安置人口 (人)	安置方式及移民人数（人）						有土安置人数 (人)	耕园地配置标准 (亩/人)			配置耕园地（亩）
			小计	农业安置		养老保障	复合安置	自行安置		农业安置		复合安置	
				集中	分散					集中	分散		
会东县	枢纽工程区	1986	1986	1422	281	14		269	1703	1.5	1.5		2554.5
	淹没影响区	2020	2020	1691	27	68		234	1718	1/1.5	1.5		2484.5
	小计	4006	4006	3113	308	82		503	3421				5039
会理县	淹没影响区	6216	6216	4312	348	280	90	1186	4750	1/1.5	1.5	0.5	6540.5
仁和区	淹没影响区	942	942	719	96	19	42	66	857	1.5	1/1.5	0.5	1198
盐边县	淹没影响区	101	101		101				101		1.5		151.5

东区	淹没影响区	28	28		5			23	5	1.5	1.5		7.5
	安置点占地	17	17					17	0				
	小计	45	45		5			40	5				7.5
钒钛区	淹没影响区	97	97		9			88	9		1.5		13.5
合计		11407	11407	8157	867	381	132	1883	9143				12950

2.9.2.2 搬迁安置规划

乌东德水电站建设征地规划水平年移民总搬迁人口 30878 人，其中云南省 18113 人，四川省 12765 人；枢纽区 2757，水库淹没区 28039 人，集镇新址范围 82 人。农村 29646 人，城集镇 1049 人，专业项目搬迁人口 183 人。

云南省规划水平年移民搬迁总人口 18113 人，其中枢纽工程建设区 696 人，水库淹没影响区 17335 人，集镇新址范围 82 人；按类别划分，农村 17723 人（农村居民 17712 人，乡村单位 11 人），集镇 390 人（城镇居民 231 人，城镇单位 159 人）；规划水平年农村生产安置人口 18697 人。云南省涉及 7 个农村集中安置点和 2 个集镇安置点。9 个移民集中安置点共安置移民 18095 人，其中 7 个农村移民集中安置点安置移民 13442 人，皎西和江边集镇安置移民 5009 人。

四川省规划搬迁安置人口 12765 人，其中枢纽工程建设区 2061 人，水库淹没影响区 10704 人；按类别划分，农村搬迁安置人口 11923 人，城集镇搬迁人口 659 人（城镇居民 645 人，城镇单位 14 人），专业项目搬迁人口 183 人。四川省涉及 19 个农村集中安置点和 1 个城区安置点。农村集中安置点安置 9263 人，城区集中安置 587 人。

（1）农村搬迁安置规划

1) 云南省

云南省农村规划搬迁安置总人口 17712 人（另外 11 人为乡村单位），按照区域划分，枢纽工程建设区 696 人，淹没影响区 16934 人（昆明市禄劝县 3080 人、楚雄州武定县 3787 人、元谋县 10067 人），集镇占地 82 人。

按搬迁安置方式划分，到政府推荐的 9 个集中安置点（含 2 个集镇集中居民点）安置 16841 人，占搬迁安置总人口的 95.08%，其中农村居民点安置人口 13071 人，进集镇安置 3770 人（江边集镇）；政府组织分散安置 49 人，占 0.28%；自行安置 822 人，占 4.64%。

按搬迁安置去向划分，就近安置 1924 人，占 10.86%；出组本村安置 1049 人，占 5.92%；出村本乡安置 3094 人，占 17.47%；出乡本县安置 10823 人，占 61.11%；自行安置 822 人，占 4.64%。

云南省农村移民搬迁安置平衡汇总见表 2.9-3，各集中安置点规模见表 2.9-4。

表 2.9-3 乌东德水电站农村移民搬迁安置方案及分县平衡表（云南省）

县名	区域	规划年	人数（人）	搬迁方式及安置移民人数（人）					安置去向（人）					
				合计	集中安置		分散安置	自行安置	合计	就近	出组本村	出村本乡	出乡本县	自行安置
					居民点	进城镇								
禄劝	枢纽工程区	基准年	669	669	658		10	1	669	10		658		1
		水平年	696	696	685		10	1	696	10		685		1
	淹没影响区	基准年	2844	2844	2287	112	25	420	2844	25		433	1966	420
		水平年	3080	3080	2476	122	27	455	3080	27		469	2129	455
	集镇占地	基准年	0											
		水平年	0		0									
	小计	基准年	3513	3513	2945	112	35	421	3513	35	0	1091	1966	421
		水平年	3776	3776	3161	122	37	456	3776	37	0	1154	2129	456
武定	淹没影响区	基准年	3497	3497	3419			78	3497	158	648	316	2297	78
		水平年	3787	3787	3703			84	3787	171	703	342	2487	84
元谋	淹没影响区	基准年	9297	9297	5729	3292	12	264	9297	1510	319	1475	5729	264
		水平年	10067	10067	6207	3566	12	282	10067	1634	346	1598	6207	282
	集镇占地	基准年	76			76				76				
		水平年	82			82				82				
	小计	基准年	9373	9373	5729	3368	12	264	9373	1586	319	1475	5729	264
		水平年	10149	10149	6207	3648	12	282	10149	1716	346	1598	6207	282
合计	枢纽工程区	基准年	669	669	658		10	1	669	10		658		1
		水平年	696	696	685		10	1	696	10		685		1
	淹没影响区	基准年	15638	15638	11435	3404	37	762	15638	1693	967	2224	9992	762
		水平年	16934	16934	12386	3688	39	821	16934	1832	1049	2409	10823	821
	集镇占地	基准年	76	0	0	76	0	0	0	76	0	0	0	0
		水平年	82	0	0	82	0	0	0	82	0	0	0	0
	小计	基准年	16383	16383	12093	3480	47	763	16383	1779	967	2882	9992	763
		水平年	17712	17712	13071	3770	49	822	17712	1924	1049	3094	10823	822

表 2.9-4 乌东德水电站云南省农村移民集中安置点人口汇总表

县	安置点名称	居民点人口规模（人）
禄劝	新村	3176
小计	1	3176
武定	白马口	149
	下普利	138
	西和村	2292
	花果山	1124
小计	4	3703
元谋	瓦渣箐	3734
	甘塘	2473
小计	2	6207
合计	7	13086

2) 四川省

四川省农村规划搬迁安置人口 11923 人。按照区域划分，枢纽工程建设区总人口 2061 人，全部在凉山州会东县；淹没影响区 9862 人，其中凉山州会东县 2419 人、会理县 6410 人，攀枝花市东区 9 人、仁和区 760 人、钒钛产业园区 86 人、盐边县 178 人。

按搬迁安置方式划分，到政府推荐的集中安置点安置 9263 人，占 77.69%；政府组织分散安置 924 人，占 7.75%；自行安置 1736 人，占 14.56%。

按搬迁安置去向划分，就近安置 1016 人，占 8.52%；远迁安置 9171 人，占 76.92%；自行安置 1736 人，占 14.56%。农村移民搬迁安置方案及平衡汇总见表 2.9-5，四川省各集中安置点规模见表 2.9-6。

表 2.9-5 乌东德水电站农村移民搬迁安置方案及分县平衡汇总表（四川省）

县名	区域	规划年	人数(人)	搬迁方式及安置移民人数（人）					安置去向（人）					
				合计	集中安置		分散安置	自行安置	合计	就近	出组本村	出村本乡	出乡本县	自行安置
					居民点	进城镇								
会东县	枢纽工程区	基准年	1980	1980	1620		102	258	1980	102	235	502	883	258
		水平年	2061	2061	1686		106	269	2061	106	245	522	919	269
	淹没影响区	基准年	2234	2234	1652		366	216	2234	366	27	930	695	216
		水平年	2419	2419	1789		396	234	2419	396	29	1007	753	234
	小计	基准年	4214	4214	3272		468	474	4214	468	262	1432	1578	474
		水平年	4480	4480	3475		502	503	4480	502	274	1529	1672	503
会理县	淹没影响区	基准年	5917	5917	4517		322	1078	5917	322	1010	975	2532	1078
		水平年	6410	6410	4896		348	1166	6410	348	1094	1055	2747	1166
仁和区	淹没影响区	基准年	702	702	640			62	702		249	105	286	62
		水平年	760	760	693			67	760	0	270	114	309	67
盐边县	淹没影响区	基准年	165	165	105		60		165	140	25			
		水平年	178	178	113		65		178	151	27			
钒钛区	淹没影响区	基准年	80	80	80				80	6	3	71		
		水平年	86	86	86				86	6	3	77		
东区	淹没影响区	基准年	8	8			8		8	8				
		水平年	9	9			9		9	9				
	安置点 新址占地	基准年												
		水平年												
	小计	基准年	8	8			8		8	8				
		水平年	9	9			9		9	9				
合计	枢纽工程区	基准年	1980	1980	1620		102	258	1980	102	235	502	883	258
		水平年	2061	2061	1686		106	269	2061	106	245	522	919	269
	淹没影响区	基准年	9106	9106	6994		756	1356	9106	842	1314	2081	3513	1356
		水平年	9862	9862	7577		818	1467	9862	910	1423	2253	3809	1467
	安置点 新址占地	基准年												
		水平年												
	小计	基准年	11086	11086	8614		858	1614	11086	944	1549	2583	4396	1614
		水平年	11923	11923	9263		924	1736	11923	1016	1668	2775	4728	1736

表 2.9-6 乌东德水电站四川省农村移民集中安置点人口汇总表

县区	安置点名称	居民点人口规模（人）		
		枢纽工程区	淹没影响区	总规模
会东	官 田	687	14	701
	金家坪	127	21	148
	马 口	245	29	274
	新 马	395	121	516
	民 权		274	274
	姜州村	232	465	697
	坪 山		865	865
小计	7	1686	1789	3475
会理	马鞍坪		2272	2272
	半嶺地		177	177
	富乐九组		1160	1160
	新铺子		369	369
	云 兴		345	345
	沙 园		119	119
	云 田		121	121
	甸沙关		333	333
小计	8		4896	4896
仁和	命 卡		378	378
	棉花地		315	315
小计	2		693	693
盐边	鲊石		113	113
钒钛	金沙阳光		86	86
合计	19	1686	7577	9263

（2）城集镇搬迁安置规划

1) 云南省

集镇迁建涉及云南省元谋县江边集镇和禄劝县皎西安置点。

江边集镇新址位于江边乡启宪自然村一带，场地地面高程 950m~1100m，总体倾向龙川江，以较平缓地形为主，东侧基岩斜坡坡度 30°左右。规划水平年，江边集镇人口规模为 4653 人，其中农村进镇人口 3755 人（建成区外农村进镇复合安置人口 1968 人，建成区农户 1705 人，集镇新址范围内占地人口 82 人），集镇非农业移民人口 157 人，寄住人口 741 人。集镇建设用地规模为 46.35hm²（不含已建小学用地 2.36hm²），人均建设用地标准按 100m²/人控制。

皎西安置点除安置集镇人口 255 人外，另考虑规划进镇人口 72 人，皎西安置点基准年安置人口 327 人。考虑人口增长率，至规划水平年，皎西集镇安置点人口规模为 356 人，建设占地 2.61hm²。安置点涉及的部分居民搬迁至皎平渡镇政府所在地，结合禄劝县皎平渡镇总体规划，作为集镇的一个居住组团，在皎西安置点集中安置，且集贸市场、

道路等集镇基础设施随居民在皎西安置点复建；其他居民搬迁到新村安置点。

2) 四川省

乌东德水电站建设征地淹没影响攀枝花市建成区面积 340.73 亩，建设征地范围内户籍人口 569 人，至规划水平年为 616 人。工程防护减少 29 人，采取局部防护方案后，城镇居民规划搬迁安置人口 587 人，集中安置在东区的那拉莫安置点，作为攀枝花市城市规划的居住组团的一部分。

2.9.2.3 专业项目处理

(1) 交通工程

乌东德水电站建设征地淹没影响云南省等级道路总长度 7.95km(均为四级)，桥梁 4 座。复建等级道路总长度 12.40km，均为四级；桥梁 5 座，总长度 1287 延 m（皎平渡大桥按会理、禄劝各一半计列，不含阿尼古大桥）；码头 1 座（乌东德码头）。

为方便移民出行、改善交通网络，结合元谋县落水洞至土林收费站公路的初步设计报告，将黄江公路（6.90km）以及龙街大桥四级提升为二级公路标准建设，作为Ⅱ类项目投资分摊。

乌东德水电站建设征地淹没影响交通工程涉及攀枝花市东区、仁和区及盐边县，凉山州会理县，共 4 个县（区）。涉及等级公路 21.488 km，其中二级公路 14.645 km，三级公路 1.554 km，四级公路 5.289 km；汽渡 2 处；桥梁 11 座，总长度 1329.58m，其中特大桥 1 座，大桥 3 座，中、小桥 7 座。其中皎平渡大桥为禄劝县和会理县共建桥梁（会理计入 1/2 指标）。规划复建等级道路总长度 42.505km（包括金拉路因铁路影响需升级改造的 19km），其中二级 15.153km、三级 21.013km、四级 6.339km；复建大中型桥梁 8 座，总长度 938m（皎平渡大桥按会理、禄劝各一半计列）；汽渡 2 处，新建码头 1 处（会理县马鞍坪码头）。

结合皎平渡大桥复建，对 S213 通安镇至皎平渡大桥道路进行改造（线型不变），改造长度 27.013km（其中非淹没段 25km），列入Ⅱ类项目予以补助。

(2) 水利工程

云南省规划新建（重建）水库 2 座，包括武定县仁和水库、元谋县茂芷水库。规划改扩建水库 1 座，包括元谋县麻柳水库。在建或已建水库 3 座，包括禄劝县大河边水库、武定县己衣水库、元谋县挨小河水水库。

规划整治骨干渠道 3 条，共 41.40km；主要包括东山大沟上段改扩建工程 28.80km，

武定县花果山安置点己衣水库左干渠整治工程 10.70km，续建禄劝县皎西安置点志超水库渠道 1.90km。骨干渠道整治内容包括：对输水渠道进行清淤、防渗、加固；延长现有渠道，增加灌溉面积。规划新建引水渠道 3 条，共 25.44km。规划新建提水泵站 5 处，水泵总台数 16 台，总装机 2071.5KW。生活供水输水管道规划总长度 77.10km，规划生产供水输水管道以 PE 管为主，规划总长度为 48.03km。新修水窖 200 口，新建、整治塘堰 21 口。云南省移民安置点外部供水水库工程规划见表 2.9-7。

四川省规划新建（重建）水库 2 座，包括会理县横山水库、会东县马头山水库；规划改扩建水库 4 座，包括会理县樟木树水库、会理县新民水库、会东县龙滩水库、会东县雪山水库。规划新建引水渠道 10 条，共 49.26km。规划整治骨干渠道 10 条，共 116.1km；规划新建提水泵站 4 处，水泵总台数 10 台，总装机 1552KW。生活供水输水管道规划总长度 166.57km，生产供水输水管道规划总长度 54.23km。新修水窖 25 口，新建、整治塘堰 36 口。四川省移民安置点外部供水水库工程规划见表 2.9-8。

云南和四川两省建设征地涉及水文（位）站 8 座。规划不作处理 2 座，采取非工程措施 2 座，迁建 2 座，一次性补偿 2 座。建设征地涉及抽水站 3 座，其中红格提灌站就近复建；普勒抽水站和向土坝抽水站一次性货币补偿；建设征地涉及小型水电站 3 座，均给予一次性货币补偿。建设征地涉及的江边乡气象站和 16 座永久性测量标志，均一次性补偿。

表 2.9-7 云南省移民安置点外部供水水库工程规划表

编号	工程名称	工程性质	工程规模	坝高 (m)	总库容 (万 m ³)	兴利库容 (万 m ³)	主要建设内容	备注
禄劝县								
1	大河边水库	在建	小 (1)	50.50	775.57	630.13	大坝、溢洪道、导流输水隧洞等	分摊投资
武定县								
1	仁和水库	新建	中型	81.60	1365.10	1179.34	大坝、导流及表孔泄洪洞、输水隧洞	分摊投资
2	己衣水库	已建	中型	85.20	1260.20	489.20	已除险加固, 资金缺口	分摊投资缺口资金
元谋县								
1	挨小河水库	在建	小 (1)	57.00	447.38	366.36	大坝、溢洪道、导流输水隧洞等	分摊投资
2	麻柳水库	改扩建	中型	原 55.8m, 加高 6.0m	1982.0	1669.0	大坝加高 6m, 增加库容 1147 万 m ³	移民专项投资
3	茂芷水库	新建	小 (2)	29.00	44.30	38.30	大坝、溢洪道、导流输水隧洞等	移民专项投资

表 2.9-8 四川省移民安置点外部供水水库工程规划表

编号	工程名称	工程性质	工程规模	坝高 (m)	总库容 (万 m ³)	兴利库容 (万 m ³)	主要建设内容	备注
会理县								
1	樟木树水库	改扩建	小 (2)	原 43.0m, 加高 5.1m	66.50	49.60	大坝加高加高 5.1m, 增加库容 38.75 万 m ³	移民专项投资
2	横山水库	新建	中型	63.50	5088.00	4446.00	沥青砼心墙石渣坝、右岸溢洪道、 右岸取水洞、左岸放空洞	分摊投资
3	新民水库	改扩建	小 (1)	加高 4.7m, 260 万 m ³	687.00	601.0	大坝、溢洪道、放水设施及引洪渠系	分摊投资
会东县								
1	马头山水库	重建	小 (1)	32.00	282.0	273.0	大坝、溢洪道、导流输水隧洞等	分摊投资
2	雪山水库	改扩建	小 (1)	28.58	998.0	830.0	大坝、溢洪道、导流输水隧洞等	项目建议书阶段, 分摊投资
3	龙滩水库	改扩建	小 (1)	35.00	952.0	728.0	大坝、溢洪道、导流输水隧洞等	项目建议书阶段, 分摊投资

（3）电力、通讯和广播电视工程

云南省规划重建 35kV 变电站 2 座；重建线路长度 57.74km，其中 35kV 架空线 5.6km；10kV 架空线 52.14km；具备线上用途的公用变压器和私人动力用途变压器作搬迁处理。规划搬迁电信所一座；移动通信基站搬迁 6 座，补偿小灵通基站 21 座；重建通信线路长度 72.3km。拟定 7 个集中安置点点外通信线路重建总长度 37km，广电线路重建总长度 75.5km。

四川省规划重建线路长度 40.43km，其中 35kV 架空线 1.1km；10kV 架空线 38.83km；具有线上用途的淹没影响公用变压器和全部私人淹没影响动力用途变压器作搬迁处理。通信线路重建长度 60.55km。拟定 20 个集中安置点 10kV 电源接入点及规划线路重建总长度 68.85km，通信线路重建总长度 74.1km。

（4）防护工程

攀枝花市地处乌东德水库库尾，工矿企业等重要淹没对象为局部受淹，淹没深度不大，且均为受汛期洪水回水影响的临时性淹没。经过多次会同中国三峡集团、攀枝花市各相关区（县）人民政府和有关部门现场查勘，初步拟定了城区防护工程 17 处（含塌岸治理 1 处）、农田防护工程 12 处。

城区防护工程主要采取在现有建筑物外侧新建防洪墙或者将原有挡墙改造加高的方式进行防护，同时对防护区内排水排污系统进行改造，设置排水设施将区内来水排出。防洪墙主要采取衡重式结构，防洪墙总长度约 10.9km，最大墙高 20.2m。

农田防护工程均采用低地垫高方案，由低地回填、护岸、截洪沟及土地复耕工程等组成。其中土地复耕工程包括农田灌溉工程、排水工程、田间道路工程、土地肥力恢复措施等。防护工程库岸总长度约 9.45km，12 片农田防护前面积 1053.28 亩，防护区垫高后可形成土地总面积 1279.1 亩，较防护前增加 225.82 亩。

（5）企事业单位

1) 企业单位

乌东德水电站建设征地涉及企业 160 家，其中云南省境内企业 46 家，四川省境内企业 114 家。企业处理方案主要有迁建（91 家）、货币补偿（51 家）和工程防护（9 家）等，其余 9 家不予处理。

云南省：乌东德水电站建设征地涉及云南省企业 46 家，中国电信股份有限公司元谋分公司江边营业部纳入镇内单位随江边集镇迁建，其余企业迁建 26 家，货币补偿 19 家。

云南省元谋县迁建企业无采选矿业，迁建企业主要为批发业、交通运输业及其他服

务行业企业，涉及 1 家食品加工企业，为元谋步壹食品有限公司，该企业受到建设征地淹没影响，需异地迁建。禄劝县涉及 4 家采选矿业，禄劝县矿业有限公司洗选厂和部分采矿井巷受淹，规划就近后靠复建洗选矿厂及改建受淹没的井巷；禄劝大地矿业有限公司，整体受淹，就近后靠复建。禄劝红林铁矿洗选厂生产车间受淹，禄劝顺兴发铁矿洗选厂整体受淹，且两家企业均涉及沉砂池或尾矿库受影响，需单独处理。

四川省：攀枝花市水务集团有限责任公司大渡口水厂、炳草岗水厂、金江水厂和盐边县自来水公司 4 家纳入水利工程处理。其余 110 家企业以主要实物指标处理方式统计，货币补偿 32 家，主要是已经停产两年以上的企业，或者仅设施设备受淹、但并不影响正常生产的企业；迁建 65 家；工程防护 9 家；不予处理 4 家。

四川省会理县涉及迁建企业 8 家，会理县盛达矿业有限公司为选矿企业，规划洗选厂就近后靠复建；会理县穆通矿业有限责任公司选矿厂、凉山州一立矿业有限责任公司会理县盛达矿业有限公司、会理县通安镇腾飞铁选厂洗选厂均受影响，且四家企业均涉及尾矿库或沉砂池被淹，需单独处理。其余采选矿企业多为取水设施受影响，需择址复建。攀枝花市迁建企业 57 家，其中东区迁建 35 家，迁建企业主要为服务业，无采矿业生产车间受影响。仁和区涉及 2 家企业均采取货币补偿方式处理。盐边县迁建企业 7 家，仅盐边县兴旺煤业有限公司为采矿业，其仅有取水口受淹采取就地后靠方式复建。钒钛产业园区迁建企业 15 家，仅攀枝花市磊鑫矿业有限公司主厂区被淹，需异地迁建；其余 14 家企业有 9 家为制造业或服务业企业，有 5 家采矿业企业主要因取水口被淹需择址复建。

重要迁建企业统计见下表。

表 2.9-9 重要迁建企业统计表

序号	县（区）	企业名称	生产经营内容	受影响对象	处理方案	备注
1	元谋县	元谋步壹食品有限公司	农副产品深加工及生产销售	企业整体受到建设征地淹没影响，主要实物指标包括房屋 3524m ² 、设施 9 项和 50 项设备	异地迁建	规模为年产 1500t 小番茄果脯及 200t 红薯仔。
2	禄劝县	禄劝矿业有限公司	生产经营铁精砂	企业洗选厂整体和采矿井巷部分受到淹没影响，主要实物指标包括房屋 1456.39m ² 、设施 36 项、设备 125 项和各种存货 60 项	就近后靠复建洗选厂及改建受淹没的井巷	生产能力为年产铁精粉 1.5 万 t。
3	禄劝县	禄劝大地矿业有限公司	生产经营铁精矿	企业选矿厂整体受到建设征地淹没影响，主要实物指标包括房屋 552.96m ² 、设施 5 项、设备 5 项及存货 1 项	后靠复建	生产能力为年产铁精粉 1 万 t。
4	禄劝县	禄劝红林铁矿洗选厂	生产经营铁精矿	生产车间受淹，其中取水口位于围堰水位线以下	货币补偿	生产能力为年产铁精粉 1 万 t。沉砂池约 2000m ³ 。
5	禄劝县	禄劝顺兴发铁矿洗选厂	生产经营铁精矿	整体受淹	货币补偿	生产能力为年产铁精粉 1.5 万 t。尾矿库约 1 万 m ³ 。
6	会理县	会理县盛达矿业有限公司	经营铁原矿、铁精矿购销、洗选加工、矿业技术服务、工程机械出租。	淹没影响主要包括 734.01m ² 房屋、67 台（套）设备和 40 项设施，以及各类存货 5 项。有一处尾矿库在淹没区。	洗选厂就近后靠复建	洗选厂目前有两条选矿生产线，按正常生产能力年生产铁精粉 5 万 t 左右，近三年实际年生产量约 1 万 t。整体位于淹没区。尾矿库规模约 3 万 m ³ 。
7	会理县	会理县通安镇腾飞铁选厂	主要从事铁精矿、铁原矿购销、洗选加工	选厂整体位于水库淹没影响区，主要包括 689.09m ² 房屋、120 台（套）设备和 54 项设施，1 处尾矿库	货币补偿	选厂年产铁精矿 8 万 t，尾矿库规模约 1.5 万 m ³ 。
8	会理县	会理县穆通矿业有限责任公司	铁精矿购销、洗选	选矿厂。房屋、设施、产品；矿区料源压覆。	货币补偿	生产能力约 10 万 t/a，尾砂至沉砂池，共有 5 个沉砂池，每个约 1000~2000m ³ ；尾砂基本用于基建、公路路基，或运至矿山旁采石场堆放。
9	会理县	凉山州一立矿业有限责任公司	要从事铁矿的勘探（企业出资）、开	选矿厂。房屋、设施；涉及少量矿产资源压覆；涉及水绿箐矿区零星矿	货币补偿	产铁精砂 5 万 t/a，尾矿库约 2~3 万 m ³ ，已停用。沉砂池 2000m ³ 。

			采、洗选和销售	体。		
10	钒钛产业园区	攀枝花市磊鑫矿业有限公司	生产经营矿石	企业整体受到淹没影响，主要实物指标包括房屋 290.07m ² 、设施 10 项和设备 42 项	异地迁建	生产能力为年产铁精粉 1 万 t。

2) 事业单位

云南省：建设征地涉及 2 家单位，分别为禄劝县地方海事处及元谋县江边中学。建设征地涉及禄劝县地方海事处位于金沙江边的 12 处人行码头，在库周交通中统一规划 6 处人行码头，另外 6 处合建为 1 处大码头，选址在乌东德镇新村海子尾巴附近，与新村安置点及乌东德大坝距离均较近。元谋县江边中学在江边集镇内复建。

四川省：乌东德水电站建设征地 4 家镇外事业单位，攀枝花市仁和区热带鱼良种繁殖场用于生产经营的土地规划按照货币补偿淹没影响涉及的土地；乌东德水电站建成蓄水对攀枝花市国营林场总场岔河林场取水口功能没有影响，不予处理；攀枝花市金江公路养护管理段（牛坪子道班）管理用房随 S214 省道垫高复建；攀枝花市公路养护管理总段机械工程处位于 S310 省道边，规划就近后靠复建。

2.10 “三通一平”等工程及环保措施落实情况

2.10.1 “三通一平”等工程概况

(1) “三通一平”等环评工作过程

2010 年 10 月，国家发展改革委办公厅以发改办能源【2010】2621 号文下达了“关于同意金沙江乌东德和白鹤滩水电站开展前期工作的复函”，同意乌东德水电站开展前期工作。

根据原国家环境保护总局与国家发展和改革委员会联合下发的“关于加强水电建设环境保护工作的通知”（环发[2005]13 号文），为确保乌东德水电站“三通一平”阶段环境保护工作顺利开展，长江水资源保护科学研究所于 2011 年 11 月完成了《乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书》（送审稿），并于 2011 年 12 月通过了环境保护部环境工程评估中心的审查。2012 年 4 月，环境保护部以环审【2012】99 号文批复了该报告书。

(2) “三通一平”等工程项目组成

乌东德水电站“三通一平”等工程施工项目主要包括场内交通、弃渣场、施工临时设施、其他准备工程、施工区征地移民安置工程、环保、水保工程等。其中对外交通工程单独立项、审批、单独编制环境影响报告书，不纳入“三通一平”环评范围。

表 2.10-1 “三通一平”等工程项目组成表

项目		建设内容
场内交通	左岸低线过坝道路	二级公路, 为第 4 层道路, 起点从下白滩接高线过坝路(高程 990m), 经乌东德大桥、金坪子大桥后接转轮拼装厂(高程 845m), 长 7.4km(隧道 3 座, 长度 2.7km, 净高 4.5m)
	左岸低线道路复线段	三级公路, 连接左岸进水口道路和左岸导流洞 1#勘探洞, 起点高程 887.47m, 终点高程 866.96m, 隧道长 300m, 8.5m×6.5m 城门洞型断面
	左岸进水口道路	三级公路, 为第 3 层道路, 起点在红崖湾混凝土系统(高程 886m), 终点至左岸电站引水洞上平洞底板(高程 913m), 全长约 400m(净高 4.5, 净宽 8.5m)
	左岸进厂交通洞进口段	二级公路, 连接主厂房和左岸低线过坝道路, 起点高程 824.90m, 终点高程 869.7m, 隧道全长 2000m, 11m×8.8m 城门洞型断面。
	上游临时索道桥	1 组 2 座索道桥, 桥长 231m, 净跨 192m
	下游临时索道桥	1 座索道桥, 桥长 200m
	左岸高线过坝路	二级公路, 为第 2 层道路, 起点为白滩左岸对外交通公路(高程 1015m), 终点接左岸低线路(高程 860m), 长 8.8km
	左岸出线场道路	三级公路, 为第 1 层道路, 从红崖湾沟接左岸高线过坝路(高程 995m), 终点接左岸出线场(高程 1150m), 全长 2.6km(隧道 1 座, 长 2.5km, 净高 4.5m)
	左岸上坝路	三级公路, 为第 1 层道路, 起点接左岸高线过坝洞(高程 984m), 终点接左岸电站进水平台(高程 988m), 全长 0.5km(隧道长 0.3km, 净高 4.5m)
	右岸高线过坝道路	二级公路, 为第 2 层道路, 起点为新村右岸对外交通公路(高程 1020m), 终点接右岸低线路(高程 883m), 长 6.2km(含隧道 2 座, 长 2.8km, 净高 5.5, 变压器运输),
	右岸低线过坝道路	二级公路, 为第 4 层道路, 起点为营盘包包(高程 990m), 终点为乌东德大桥(高程 859m), 长 5.3km(隧道两座, 长度 3.4km, 净高 4.5)
	右岸进水口道路	三级公路, 为第 3 层道路, 起点为上游临时桥接右岸低线路(高程 886m), 终点为右岸电站进水口底板(高程 913m), 长 1km(隧道 1 座, 长约 0.9km, 净高 4.5, 净宽 8.5m)
	右岸缆机平台道路	三级公路, 为第 1 层道路, 从大笑沟接高线过坝路(高程 1000m), 终点接右岸缆机平台(高程 1055m), 全长 1.5km(隧道 1 座, 长约 1.2km, 净高 4.5)
	右岸上坝道路	三级公路, 为第 2 层道路, 起点接右岸高线过坝路 2 号隧道(高程 990m), 终点大坝混凝土系统接右岸高线过坝路(高程 970m), 全长约 1.3km(隧道 2 座、长约 1.2km, 净高 4.5)
	施期料场路	三级公路, 该公路从金坪子大桥右桥头起(高程 880m), 终点接施期料场(高程 950m), 全长约 3.4km(隧道 1 座, 长约 1.1km, 净高 4.5)
	乌东德大桥	乌东德大桥为永久桥, 位于坝址下游约 2km, 桥面高程 853m, 桥长约 200m, 汽车荷载等级汽-60, 挂-600, 可运输整装转轮。
存弃渣场	上白滩弃渣场	库底谷坡型, 占地面积 15.23hm ² , 堆渣高程为 835~945m, 总弃渣量容积约 230 万 m ³ , 堆置坡比为 1:2。三通一平期间渣量 227.26 万 m ³ 。弃渣来源导流洞、左、右岸高线过坝道路、右岸上坝道路开挖。建设内容为排水箱涵 589m, 拦挡防护 960m, 截排水沟 1652m, 护坡, 临时绿化。
	下白滩弃渣场	库底谷道型, 占地面积 26.25hm ² , 堆渣高程为 835~945m, 总弃渣量容积约 300 万 m ³ , 堆置坡比为 1:2.5~1:3.1。三通一平期间渣量 294.58 万 m ³ 。弃渣来源导流洞、施工支洞、左岸高线过坝道路、进水口道路、筹建期营地开挖, 建设内容为截排水沟 2713m, 渣底盲沟, 拦挡防护 660m, 护坡, 临时绿化。

项目		建设内容
	海子尾巴渣场	库面谷坡型, 占地面积 20.44hm ² , 堆渣高程为 930~980m, 总弃渣量容积约 160m ³ , 堆置坡比为 1: 2~1:2.5。三通一平期间渣量 156.14 万 m ³ 。弃渣来源导流洞、右岸低线过坝道路、右岸揽机平台道路开挖, 建设内容为截排水 1100m, 拦挡防护 657m, 护坡, 绿化。
	猪拱地弃渣场防护	库底谷坡型, 占地面积 6.70hm ² , 堆渣高程为 845~945m, 总弃渣量容积约 150 万 m ³ , 堆置坡比为 1:2.5。拦挡防护 572m, 截排水沟 2096m, 护坡工程, 临时绿化。
	红崖湾临时弃渣场	库底谷坡型, 占地面积 4.83hm ² , 堆渣高程为 835~945m, 总弃渣量容积约 35 万 m ³ , 堆置坡比为 1:2。三通一平期间渣量 30.01m ³ 。弃渣来源导流洞、左、右岸高线过坝道路、右岸上坝道路开挖。建设内容为防护 663m, 截排水沟 756m
	小花山临时弃渣场	库底谷坡型, 占地面积 5.94hm ² , 堆渣高程为 835~945m, 总弃渣量容积约 35 万 m ³ , 堆置坡比为 1:2。三通一平期间渣量 29.54 万 m ³ 。弃渣来源导流洞、左、右岸高线过坝道路、右岸上坝道路开挖, 建设内容为拦挡防护 743m, 截排水沟 999m
	下白滩存料场	占地面积 5.12hm ² , 容渣量 110 万 m ³ , “三通一平”期间做截排水, 拦挡防护 1150m, 截排水沟 973m
	猪拱地存料场	占地面积 12.22hm ² , 容渣量 250 万 m ³ , “三通一平”期间做截排水, 拦挡防护 881m 截排水沟 1845m
	施期存料场	占地面积 15.67hm ² , 容渣量 420 万 m ³ , “三通一平”期间做截排水, 拦挡防护 1969m, 截排水沟 1650m
新村表土堆存场		谷坡型堆场, 占地面积 4.65hm ² , 容量 70.00 万 m ³ , 堆土量 56.23 万 m ³ , 合松方 67.48 万 m ³ , 主要堆置右岸上游剥离的表层土。拦挡长度 806m, 排水沟长度 4033m
猪拱地表土堆存场		谷坡型堆场, 占地面积 2.35hm ² , 容量 25.00 万 m ³ , 堆土量 19.70 万 m ³ , 合松方 23.54 万 m ³ , 主要堆置左岸渣场剥离的表层土。拦挡长度 416m, 排水沟长度 839m
施期表土堆存场		谷坡型堆场, 占地面积 2.55hm ² , 容量 25 万 m ³ , 堆土量 18.69 万 m ³ , 合松方 22.43 万 m ³ , 主要堆置右岸下游施工场地剥离的表层土。拦挡长度 518m, 排水沟长度 981m
施工临时设施	施工供电系统	建设 110 千伏变电站 1 座、35 千伏变电站 2 座, 以及输电线路。
	施工供水系统	施工区设两座供水系统, 供水系统由源水泵站、水厂、高位水池和输水管线组成; 其中右岸上游供水系统供施工区生活用水, 供水规模为 3000 m ³ /d, 水厂占地面积 6300m ² ; 左岸下游供水系统供生产用水, 供水规模为 82000 m ³ /d, 厂区面积约 18000m ² 。
	施工通讯系统	在各房建项目中铺设固定电话和 internet 网络设施
	施工营地	本工程布置 4 个施工营地, 总占地面积 36.64 公顷, 分别布置右岸上游新村 (规划高峰期入住总人数 2640 人)、右岸上游海子尾巴 (规划高峰期入住总人数 5020 人)、右岸下游金坪子 (规划高峰期入住总人数 5380 人) 和阿摆 (规划高峰期入住总人数 1900 人)。
	下白滩砂石料加工系统	系统设计成品生产能力 1000t/h, 设计毛料处理能力 1250t/h, 占地面积为 7.5 万 m ²
	海子尾巴砂石料加工系统	系统设计毛料处理能力 230t/h, 设计成品生产能力 190t/h
	左岸上游 880 混凝土生产系统	配置 1 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼, 铭牌生产能力为 240m ³ /h (预冷混凝土生产能力 180m ³ /h), 占地面积为 2200m ²

项目		建设内容
	左岸下游 850 混凝土生产系统	配置 1 座 HL360-4F4500 型自落式搅拌楼和 1 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，铭牌生产能力为 600m ³ /h（预冷混凝土生产能力约 430m ³ /h），占地面积 3300m ² 。
	油库与加油站	油库与加油站，存储量 300m ³ ，建筑面积 1500m ² ，占地面积 7000m ² 。
	爆破器材库	两座储量 100t 的单库，建筑面积 800m ² ，占地面积 5000m ² 。
	业主仓库	水泥库、化工材料库、永久机电设备库，建筑面积 15500m ² ，占地面积 5.22hm ² 。
其他准备工程	导流洞洞口及其施工支洞	导流洞进出口高程 815m 以上开挖及支护、施工支洞开挖及支护。
	高位自然边坡整治	锚固或清除不稳定岩体、坡面防护等
	右岸调压室交通洞	三级公路，连接右岸低线过坝道路和右岸调压室，起点高程 850.7m，终点高程 852.2m，全线隧道，长 500m，8.5m×7m 城门洞型断面
	业主营地	600 人，占地面积 40000m ²
征地移民安置工程	施工区征地、移民安置	征占地总面积 1227hm ² 。规划水平年生产安置 2889 人，搬迁安置 2893 人，初步规划了会东县嘎吉乡官田、新马乡麻栎、洛佐乡金家坪、姜州乡民权以及禄劝县新村 5 个集中安置点。
环保水保工程	施工区环保水保工程措施	砂石骨料加工废水处理系统、混凝土生产废水处理系统和生活污水处理系统等水环境保护工程，垃圾收集系统，鱼类增殖站工程，环境空气、声环境保护工程，施工区水土流失防治工程等。
		古树名木移植工程

（2）工程主要变更及原因

与“三通一平”阶段相比，本阶段变化主要体现在以下几个方面：

1）场内交通：场内交通格局基本维持不变，部分路段由于场地限制，长度有所增加，其中左岸增加 2.0km，右岸增加 5.5km。

2）存弃渣场：新增鲹鱼河弃渣场、阴地沟弃渣场，取消猪拱地表土堆存场，新增阴地沟表土堆存场。“三通一平阶段”规划的下白滩堆料弃渣场、猪拱地堆料弃渣场本阶段仍然使用，但在弃渣面积及功能上有部分调整，两个渣场堆至渣顶高程 945m 后，均在其顶部布置存料场，本阶段将存料场统一纳入到渣场防治规划中进行防护；上白滩由于地质条件原因在本阶段取消，考虑到可利用的施工场地较少，填筑至 875m 后作为施工场地使用。海子尾巴前期利用场内弃渣进行填筑，填筑至堆渣至高程 980m 后作为施工场地和备料场使用，因此本阶段不作为渣场处理，纳入施工生产生活设施及备料场。此外，“三通一平”阶段规划了两个临时弃渣场，用于处理两岸及上下游之间交通尚未沟通之前的弃渣。根据现场情况查勘，前期开挖弃渣主要用于施工场地填筑及路基填筑，产生弃渣较少，规划的另个临时渣场亦未使用。

3）施工临时设施：施工工厂、仓库、营地、供水供电系统布置格局基本不变，部

分场地根据地形条件有局部调整，主要为取消阿摆营地，新增码头上营地。

4) 其它准备工程：由于渣场防护的需要，近坝区整治工程新增阴地沟、花山沟泥石流治理。

5) 移民安置工程：根据本阶段移民安置规划，移民安置点由 6 个调整为 5 个。

表 2.10-2 “三通一平”项目变更情况

类型	项目组成		“三通一平”内容	施工内容	调整情况及原因
准备工程	导流洞口及施工支洞	导流洞洞口	导流洞进出口高程 815m 以上开挖及支护	导流洞进出口高程 815m 以上开挖及支护	与“三通一平”一致
		施工支洞	左岸导流洞上、下游上层施工支洞、右岸导流洞上、下游上层施工支洞	左岸导流洞上、下游上层施工支洞、右岸导流洞上、下游上层施工支洞	与“三通一平”一致
	近坝区整治工程	泥石流沟治理	下白滩沟、猪拱地沟泥石流治理	下白滩沟、猪拱地沟、阴地沟、花山沟泥石流治理	新增阴地沟、花山沟泥石流治理
		高位自然边坡	近坝址高位自然边坡采用被动柔性防护网，部分边坡采用锚杆、锚索锚固	近坝址高位自然边坡采用被动柔性防护网，部分边坡采用锚杆、锚索锚固	与“三通一平”一致
	业主营地		主要为业主、设计、监理等人员在内的主要办公、生活区，在“三通一平”建设完成	主要为业主、设计、监理等人员在内的主要办公、生活区，在“三通一平”建设完成	与“三通一平”一致
	鱼类增殖站		建设鱼池、苗种生产车间以及附属房屋等	建设鱼池、苗种生产车间以及附属房屋等	与“三通一平”一致
场内交通工程	左岸交通		7 条公路，长 22.7km	9 条公路，长 24.7km	道路长度增加 2.0km
	右岸交通		7 条公路，长 20.4km	9 条公路，长 25.9km	道路长度增加 5.5km
	跨江桥梁		乌东德大桥、金坪子大桥、上游交通桥、下游临时桥	乌东德大桥、上游交通桥、下游临时桥	取消金坪子大桥
存弃渣场	永久弃渣场	下白滩堆料弃渣场	建成使用	建成使用	作为堆料弃渣场统一防护
		猪拱地堆料弃渣场	建成使用	建成使用	作为堆料弃渣场统一防护
	存料场	施期存料场	完成防护建设	建成使用	与“三通一平”阶段基本一致
		海子尾巴备料场		新增	新增
	表土堆存场	阴地沟表土堆存场	“三通一平”阶段为猪拱地表土堆存场	本阶段为阴地沟表土堆存场	取消猪拱地表土堆存场，新增阴地沟表土堆存场

类型	项目组成		“三通一平”内容	施工内容	调整情况及原因
施工生产生活区		施期表土堆存场	建成使用	建成使用	与“三通一平”阶段基本一致
		新村表土堆存场	建成使用	建成使用	与“三通一平”阶段基本一致
	施工供电系统		左、右岸施工变电站	左、右岸施工变电站	根据施工设施布置情况进行局部调整
	施工供水系统		上游水厂、下游水厂	上游水厂、下游水厂	
	施工通信系统		施工场地内部光纤通信分系统以及移动通信分系统	施工场地内部光纤通信分系统以及移动通信分系统	
	施工营地		4 个施工营地, 左岸 1 个, 右岸 3 个	4 个施工营地, 左岸 1 个, 右岸 3 个	
	砂石料加工系统		下白滩砂石料加工系统、海子尾巴临时砂石料加工系统	下白滩砂石料加工系统、海子尾巴临时砂石料加工系统	与“三通一平”阶段基本一致
	混凝土系统		左岸上游 880 混凝土生产系统、左岸下游 850 混凝土生产系统	左岸上游 880 混凝土生产系统、左岸下游 850 混凝土生产系统	与“三通一平”阶段基本一致
	施工工厂		主要施工工厂区	主要施工工厂区	上白滩由于场地地质条件限制, 填筑至 875m 后作为施工场地; 海子尾巴新增右岸厂房施工场地; 根据施工设施布置情况进行局部调整
	仓库		油库、加油站, 爆破器材库, 业主仓库	油库、加油站, 爆破器材库, 业主仓库	
移民安置区	移民安置点		“三通一平”阶段会东县官田、金家坪、麻栎、民权、禄劝新村 5 个安置点	本阶段为会东县官田、金家坪、马口、民权、新马、禄劝新村 6 个安置点	取消麻栎安置点, 新增马口, 新马安置点, 根据移民安置规划调整

(3) “三通一平”工程实施情况

自工程开工以来, 乌东德水电站“三通一平”工程已取得了较大进展。

截止 2014 年 7 月, “三通一平”建设的项目主要包括准备工程、场内交通工程、部分弃渣场、施工临时设施等, 移民安置工程受政策影响暂未开工建设。

1) 准备工程

已开工建设的准备工程包括导流洞施工支洞工程、高位自然边坡整治工程、泥石流沟治理工程、业主前期营地及基地和鱼类增殖站等。

左岸导流洞进口边坡已完成 910m 高程以上开挖施工, 完成 970m 高程以上边坡锚杆支护及挂网施工, 910m 高程以下正进行表面浮渣清除。出口边坡开挖至 910m 高程,

940m 高程以上完成支护施工，925~940m 高程正准备进行喷护施工。

右岸导流洞进口边坡正在进行开挖施工和锚喷支护施工，出口边坡局部开挖至 835m 高程，冲沟上游 910m 高程以上系统锚索即将施工完成。

下白滩、猪拱地泥石流沟排导槽基本完成，业主前期营地和基地已建成投入使用，鱼类增殖站建设已基本完成，正在进行设备安装调试，确保在截流前运行并实施放流。

2) 场内交通工程

场内干线道路的明路已全部实现路基通车，隧道全线贯通，2014 年下半年完成路面和隧道衬砌混凝土浇筑。

3) 弃渣场

下白滩堆料弃渣场：该弃渣场 2012 年底弃渣已接近完毕，渣体分级堆置，局部渣顶已平整压实，目前渣体基本稳定。目前已实施部分拦挡和截排水措施，排导槽部分基本完工，累积实施长度 1264m。

猪拱地堆料弃渣场：该弃渣场目前已弃渣 160 万 m^3 ，目前已实施部分拦挡和截排水措施，排导槽部基本完工，累积实施长度 743m。

4) 施工临时设施

已开工的施工临时设施包括施工供电系统、施工供水系统、施工营地、临时砂石加工及混凝土生产系统和爆破器材库等。

左右岸 35kV 变电站、右岸 110kV 中心变电站均已投入运行；场内 8 回 10kV 线路中，III、XIII 回线路（雷家包）过江铁塔已组立完成，其余线路大部分已完成；上游生活水厂扩容改造二期工程工艺水池设备调试基本完成，下游生产水厂已建成；下白滩砂石加工系统已开始投入运行，海子尾巴砂石料加工系统已经建成投运；左岸爆破器材库已完成现场预验收，近期可投入使用，右岸爆破器材库已启用；新村表土堆存场已收集表土 15 万 m^3 左右，施期表土堆存场收集 2 万 m^3 左右。

5) 移民安置工程

目前施工占地区的移民采取临时安置方式进行过渡，移民安置区尚在规划设计中，未实施。

2.10.2 环境管理及环境保护设计

(1) 环境管理

为适应金沙江水电开发对环境保护要求的需要，三峡集团公司建立了“集团公司—工程建设管理局（环境保护管理中心）—工程建设部（筹备组）—监理和施工单位”四位一体的环境保护管理体系。工程建设单位专门成立归口技术部的乌东德工程环保中心，全面负责乌东德工程环境保护和水土保持日常管理工作。各监理单位配置专门环保人员负责环保、水保监理工作，各施工单位均成立专门部门和指定专人负责现场环保、水保工作。

管理制度方面，乌东德工程环保中心制定了《乌东德工程施工区环境保护和水土保持管理办法（试行）》、《乌东德水电站渣料管理办法（试行）》、《乌东德水电站渣场管理办法（试行）补充规定》，明确了各单位和部门的职责和要求。

信息管理与报送制度方面，乌东德工程环保中心要求监理、施工单位每月上报统计月报，筹备组定期编制环境保护月报、季报、年报。送达三峡集团公司，并统一报送两省及工程涉及市县。



环境保护月报、季报、年报

此外，乌东德工程环保中心还制定了《乌东德环保培训与宣传计划》，在施工区进行环保讲座，宣讲环保知识，设置环保宣传牌，分发环保宣传单。编制了《金沙江乌东德水电站工程环境污染事件应急预案》，开展了氨泄漏应急演练、定期对各单位食堂进行食品卫生检查。



人群健康及疾病控制专项讲座



EL850 制冷系统氨泄露应急演练

(2) 环境保护设计

为落实“三通一平”等工程环境影响报告书措施要求，切实做好现场环境保护工作，建设单位组织编制了《乌东德水电站“三通一平”等工程环境保护总体设计报告》、《金沙江乌东德水电站施工区绿化设计报告》、《乌东德白鹤滩水电站鱼类增殖放流站工程初步设计报告》、《乌东德白鹤滩水电站鱼类增殖放流站、水文站工程招标设计及招标文件》、《金沙江乌东德水电站污水处理设备采购及安装调整招标文件》，对部分环保专项工程进行单独设计、招标。

对于主体工程结合的环保措施，将环境保护管理纳入整个工程建设管理体系实行统一管理，把环保措施相关措施纳入招标文件，分解到各个单项工程，列入合同总价与工程建设同步实施。

2.10.3 环保措施落实情况

(1) 水环境保护措施

1) 砂石料冲洗废水处理

下白滩砂石料系统废水处理采用“机械絮凝+辐流式沉淀池+机械压滤脱水”生产工艺，处理废水达到一级排放标准，废水回收利用；海子尾巴砂石料系统采用“三级四池+栅栏过滤+加药沉淀”处理工艺。目前均已建成，正常运行。



下白滩砂石料系统辐流式沉淀池



海子尾巴沉淀池

2) 混凝土系统冲洗废水处理

海子尾巴砼拌和系统和 880、850 砼拌和系统废水采用“加药+沉淀池”处理工艺，850 砼系统砂石料二次筛分冲洗系统采用“机械絮凝+二次沉淀池”处理工艺。废水处理设施运行正常。



880 砼拌和系统废水沉淀池



850 砼拌和系统废水沉淀池



850 二次筛分污水处理沉淀池



新村地埋式污水处理装置

3) 生活废水处理

在业主营地和施工营地布置生活污水处理系统，采用 A/O 工艺，处理后污水达到一级 A 排放标准，中水用于绿化灌溉。新村营地污水处理站已投入运行，海子尾巴、金坪子 1#、2#污水处理厂已建设完成。



海子尾巴地埋式污水处理站



金坪子 2#地埋式污水处理站



中水回收池



新村营地中水喷灌

(2) 环境空气保护措施

1) 施工区道路除尘保洁

对施工区内场交通进行硬化，减少运输车辆轮胎带往主干道的灰尘和泥土，目前施工区施工道路已基本硬化。

投入大量的人力、设备和资金，对全施工区道路进行清扫和洒水降尘，包括路边排水沟内垃圾和渣石的清除，波形梁和标志牌的清洗，道路两侧 5m 宽内垃圾的清扫。

同时对施工区道路除尘保洁工作实行项目化管理，以签订合同方式规定承包方的责任和工作内容，制定了一系列考核规章制度。

(2) 重点部位粉尘控制

混凝土拌和系统产生粉尘的主要部位是水泥煤灰罐和拌和楼的称量层及灰罐。目前

已建成的混凝土系统搅拌设备、粉料罐、称量层都安装了降尘装备，水泥煤灰罐专门安装了收尘箱，避免送灰过程中造成粉尘污染。对于洞室开挖、土质边坡开挖等灰尘较大施工作业人员佩戴防尘口罩。边坡开挖爆破采取压水袋、高压喷枪喷水试验、湿法钻孔等措施。



道路洒水清扫



工人佩戴的防尘口罩



压水袋



高压喷枪喷水



高压喷枪喷水



湿法钻孔



EL850 系统湿法生产降尘



胶凝材料罐顶部收尘箱

(3) 环境噪声防治措施

1) 优化施工布局，减少噪声影响

施工过程中，海子尾巴、下白滩砂石料加工系统实际布设高程均略有降低，其中卧嘎村周边的海子尾巴砂石料加工系统布设高程降低了约 3m，由于位于较低位置，背后有地形遮挡，噪声影响有所缓解。卧嘎村前施工道路布设也从可研阶段距离居民点 70m 增加到实施阶段的 105m，使得交通噪声对环境敏感点的影响有所减小。

2) 爆破噪声及爆破振动控制

为保障施工区及周围居民有良好的生活和工作环境，爆破时间严格在规定的时间内爆破(夏季：早 8:00~9:00，下午 18:00~19:00；冬季：早 8:30~9:30，下午 18:00~19:00)，其它时间不允许爆破，严禁夜间爆破，避开居民休息时段，并且尽量缩短爆破时间。

3) 混凝土拌和系统噪声控制

850m 混凝土拌和系统和 880m 高程混凝土拌和系统对生产过程中产生的噪声在设备建设和安装中就已引起高度的重视，环保措施与设备安装同步实施。采取的降噪措施如下：

①筛分楼控制措施

对二次筛分系统的筛网均由钢筛网改为聚胺酯筛网，弹簧垫改为橡胶垫，减少骨料对筛面冲击产生的噪声。

②拌和楼和制冷楼控制措施

整个拌和楼和制冷楼外围采用泡沫隔音板进行全封闭，拌和楼各层上的设备都带有消声器；骨料输送廊道均采用双面泡沫吸声板进行全封闭。

③空压机控制措施

空压机设备布置在房内，减少了设备运行时产生的噪音对外环境的影响，设备上自带有消声器。外围储气罐排风产生的噪声，采取消声器及排气风管制水池内相结合的形式。

④交通噪声控制

在系统设置限速牌和严禁鸣放高音喇叭标示牌。

3) 砂石料加工系统噪声控制

受下白滩砂石料加工系统噪声影响，三台村二组声环境超标，安排对振动筛等主要噪声源设置隔声棚减噪。

4) 隔声屏障建设

根据实施阶段对三台村二组、卧嘎村居民点声环境监测的数据，卧嘎村昼夜声环境均达标，因此不需再布置隔声屏障。根据三台村二组与声源之间的地形条件分析，在左岸高线路外侧的山坡下部设置隔声屏，起不到阻隔噪声的作用；沿声音传播方向往上，又是山梁与沟壑相间的地形，不具备设置隔声屏的条件。因此，取消左岸高线路外侧的隔声屏，对下白滩砂石系统采取调整生产班次、降低主要声源噪声（设置隔声棚）和就近阻挡传播途径等替代措施，确保下白滩施工区场界噪声和三台村二组声环境质量达标。

5) 其它噪声防护措施

①着重加强交通噪声的控制和管理。合理安排运输时间，避免车辆噪声对敏感区的影响。

②调整施工时段。晚间控制高噪声机械设备的运行、作业，目前投入使用的海子尾巴砂石料加工系统在夜间（20：00～7：00）没有施工生产活动。

③施工道路上靠近施工营地及卧嘎村路段已设置禁鸣标识牌和限速标识牌。



中碎隔声棚

初碎隔声棚

(4) 固体废物处置措施

1) 生活垃圾

施工区内设置了垃圾收集桶和垃圾池，生活垃圾基本按“日产日清”原则进行收集、外运。根据环评报告要求和《金沙江乌东德水电站施工区生活垃圾处理及库区清漂处理方案报告》，已经与会东县城管局签订的合同，垃圾清运至会东县生活垃圾场。筹备组已购买一台 8 吨压缩密封式垃圾运输车，将施工区垃圾运输至会东。目前平均每月清运垃圾 240t。



垃圾清运车



垃圾清理

2) 硫磺厂废渣

按照“三通一平”等工程环评报告书拟定的方案，硫磺厂废渣拟运往业主营地进行处理，但是该矿矿主以固定资产为由，不允许进行处理。目前，三峡集团公司已就矿渣归属权达成一致，交由乌东德筹备组处理，但由于原来选定的场地——业主营地足球场已经建成，只能另选它址进行处理。

经方案比选，硫铁矿渣在大坝下游施期表土堆存场附近进行填埋处置。填埋场占地面积约 8264 m²，地面高程 897~920m，填埋场总库容 2.6 万 m³。矿渣填埋区地形起伏不大，场地稳定性好。施工过程中，对填埋区场地进行平整并顺沟道铺设碎石导流层，在四侧修建顶部高程为 896m 挡土墙形成矿渣填埋库，库底和周侧防渗后填埋矿渣，挡土墙墙顶以上按照 1:2 的边坡进行收坡，封场顶部高程 901m，顶面和坡面撒播滇合欢。填埋场外设截水沟引排表土场和砂石加工系统汇集的雨水，东侧修建与硫铁矿厂区填埋方案规模相当的渗滤液收集池。挡墙和渗滤液收集池外壁设警示标志。

针对坝区硫磺矿渣处理，建设单位组织开展了施工详图阶段专项设计，编制了施工技术要求说明。按照“三通一平”批复要求，委托云南省建筑材料科学研究设计院编制

了《乌东德水电站坝区矿渣填埋场项目环境影响报告书》，现报告书已经取得批复，硫磺矿渣处置工作正在有序进行当中。

（5）生态保护措施

1) 陆生生态保护措施

开展新村业主营地、场内各系统的绿化，进行了边坡修整，种植行道树，既美化了环境，又起到了防治水土流失的作用。开展了场内表土资源收集工作，保障后期绿化用土。

针对施工道路，目前乌东德水电站部分施工道路基本建成，完成了边坡绿化工作，另外还实施了景观工程、海子尾巴古榕树绿化工程、对外连接公路行道树绿化工程等。



施期表土防护措施



海子尾巴施工道路生态修复



改道保护施工区高山榕



地面清理前，对本地植物进行移栽

2) 水生生态保护措施

按照金沙江下游规划环评报告及乌东德水电站“三通一平”工程环评报告要求，金

金沙江下游鱼类保护主要采取增殖放流、栖息地保护、监测与保护效果评价、渔政管理、水库生态调度、水库生态及鱼类保护技术研究等措施。其中增殖放流措施在“三通一平”阶段应予以落实。

针对上述要求，建设单位先后组织编制了乌东德、白鹤滩鱼类增殖站专题设计报告、栖息地保护专题研究报告，金沙江下游梯级电站生态调度报告，长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区后续工作研究报告等一系列成果，其中鱼类增殖放流站设计、审查、招标文件编制均已完成，目前，按照设计报告，鱼类增殖站建设已基本完成，正在进行设备安装调试，确保在截流前运行并实施放流。



金沙江乌东德白鹤滩水电站珍稀特有鱼类增殖放流站

（7）人群健康保护措施

为了全面掌握和分析疫情态势，科学制定防治策略和评估防控效果，建设单位组织开展了流动人口（主要为农民工）免费体检，并委托当地疾控中心为各单位员工进行疟疾监测（当地流行病）和甲肝乙肝联合疫苗接种。在施工区已布置临时移动厕所，定期对施工区垃圾临时堆放点和厕所进行消杀灭虫。



施工临时移动厕所



施工营地实施消杀灭虫



预防接种



现场消毒

(8) 环境风险防范工程

工程现场在海子尾巴已建有油库，设置有防爆自动控制仪器，消防系统、污水处理池等风险防范设施。

工程现场左右岸各建有 1 个爆破器材库。爆破器材库周边无居民点，符合《民用爆破器材工厂设计安全规范》的要求。爆破器材库内设有消防栓、灭火器、消防水池等风险防范措施。

根据调查，建设单位针对专用公路、施工区及枢纽运行区危险化学品泄漏事件，以及因水库周边环境污 染事件而导致水库水环境污染事件，已经编制了《中国长江三峡集团公司乌东德水电站突发事件综合应急预案》，并配备有应急救援物资和救援设备。并对现场管理人员进行突发事件应急管理培训，提高现场管理人员的应急处理能力。

2.10.4 施工区环境监测及措施效果

(1) 施工区环境监测

“三通一平”等工程开工建设后，建设单位根据“三通一平”等工程环境影响报告书的

要求，委托相关有资质的单位进行了“三通一平”工程施工区水环境、环境空气、声环境、陆生生态、人群健康、水土保持等监测工作。其中，金沙江干流水质监测由长江流域水环境监测中心承担，噪声、大气、地下水、饮用水、废污水监测由四川省凉山州环境监测站承担，陆生生态监测由云南大学科技咨询发展中心承担，人群健康监测由禄劝彝族自治县疾病预防控制中心承担。

从各项监测工作来看，金沙江干流水质目前已完成 2012 年~2013 年的监测，施工区污废水、大气、声环境目前已完成 2012 年~2013 年各月、各季度的监测，陆生生态 2012 年、2013 年各监测 1 次，人群健康已完成 2012 年 9 月~2013 年 12 月的监测。目前已完成 2013 年之前监测合同期内所有监测工作，并提交了各月报、年报。2014 年各项监测工作正在进行中。



金沙江干流水质监测



饮用水水质监测



噪声监测



粉尘监测



陆生生态调查与监测



人群健康监测

1) 水环境监测

按照“三通一平”环评报告书要求，在河门口大桥、业主营地下游 1km、下白滩砂石加工系统下游 1km 开展了金沙江干流监测，在上游水厂取水口进行了饮用水水质监测，在业主营地生活污水排放口、海子尾巴前期砂石混凝土系统等排放口进行了废污水监测。从监测结果来看，金沙江干流断面及上游水厂取水口均能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准，废污水除运行初期悬浮物略有超标外，其它指标均可达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

2) 声环境监测

根据凉山州环境监测站对乌东德水电站施工期环境敏感点声环境的监测结果，卧嘎村、二坪子村昼夜声环境均符合二级标准，在实施隔声棚之前，三台村二组受下白滩砂石料加工系统噪声影响，昼夜均不能满足声环境二级标准的要求，实施隔声棚后，需对现场进一步监测，以确定措施效果。

表 2.10-3 环境噪声监测结果表 单位 L_{Aeq} : dB(A)

时间 点位	07 月 17 日		07 月 18 日	
	监测值	车流量（辆/天）	监测值	车流量（辆/天）
卧嘎村	49.6	77	51.1	62
三台村二组	64.9	24	66.8	31
二坪子村	48.7	88	51.5	92

3) 环境空气

根据凉山州环境监测站对乌东德水电站施工期环境敏感点环境空气监测结果，卧嘎村、三台村二组、二坪子村、下白滩砂石加工系统等 4 处敏感点，TSP 日均浓度值长时间超标，NO₂ 满足日均浓度值满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级标准。

4) 人群健康

根据禄劝县疾病预防控制中心对乌东德水电站施工期人群健康监测结果，乌东德施工区临时医务室已建立起门诊登记本、传染病登记本、医疗器械消毒使用登记本及医疗器械消毒标识。有效的控制传染病发生，乌东德镇及电站工程施工区周边未发生病毒性肝炎、细菌性痢疾和疟疾等病例。工程施工区投放灭鼠毒饵盒 400 盒开展灭鼠工作，根据灭后调查，起到相应效果，乌东德“三通一平”等工程施工没有发现老鼠大量繁殖，鼠密度已控制在国家规定范围内。

(2) 措施实施效果

乌东德水电站“三通一平”环境保护措施基本与工程建设同步实施，各项措施作用也逐步发挥，从监测结果来看，环境空气等环境因子尚需根据监测结果，进一步加强措施，以达到环评报告书提出的要求。各措施落实情况及效果见下表。

表 2.10-4 乌东德水电站“三通一平”环境保护措施落实情况统计表

措施区域	措施类型	措施内容	措施落实情况	完成程度	措施实施效果
施工区	水环境保护	下白滩砂石加工系统废水处理系统	废水处理及回用设施已建成投入运行	已完成	根据长江流域水环境监测中心对金沙江干流 2013 年丰、平、枯三个水期水质监测现状，金沙江乌东德施工区监测断面水质指标均满足 III 类水环境标准。
		海子尾巴砂石系统	废水处理及回用设施已投入使用	已完成	
		混凝土系统冲洗废水处理系统	850 混凝土系统施工废水处理已投入运行	已完成	
		业主营地及新村施工营地生活污水处理系统	已建成并投入运行	已完成	
		海子尾巴施工营地生活污水处理系统	已建成并投入运行	已完成	
		金坪子施工营地生活污水处理系统	已建成并投入运行	已完成	
		海子尾巴工区洗车废水处理系统	“三通一平”阶段无机械检修冲洗系统，待主体工程建设时同步建设冲洗废水处理设施	工程布置变化，取消	
	大气污染防治措施	车辆保养	由场外的商用车辆维修厂对车辆进行定期保养	工程变化	根据凉山州环境监测站对乌东德施工区 4 处环境敏感点 2012 年、2013 年监测数据，4 处环境敏感点 TSP 日均值均超标，需强化施工区降尘措施
		洒水	已制定洒水降尘方案，每天施行洒水降尘	已完成	
		防尘口罩	已配发至施工人员	已完成	
	噪声污染防治措施	噪声源控制	对噪声超标的下白滩砂石料加工系统高噪声设备采取了隔声棚措施	已完成	根据 3 处环境敏感点 2012 年年、2013 年监测数据，3 处环境敏感点噪声值均满足声环境功能区目标，但 2013 年 7 月三台村二组环境敏感点昼夜均存在噪声
		隔声屏	海子尾巴、下白滩砂石料加工系统实际布设高程降低，背后有地形遮挡，噪声影响有所缓解	工程布置变化，取消	
		耳塞	已配发至施工人员	已完成	

措施区域	措施类型	措施内容	措施落实情况	完成程度	措施实施效果
					超标状况，与下白滩砂石料加工系统生产力全负荷开启有直接关系，需加强下白滩砂石料加工系统的减噪措施
	固体废弃物处置措施	生活垃圾收集系统建设	施工场地内已设施垃圾桶及垃圾池	已完成	生活垃圾收运系统已经建立，生活垃圾定期运至会东县垃圾填埋场；施工场地内仍然有部分工区存在生活垃圾乱丢乱弃现象，需加强施工区管理
		生活垃圾外送处置	已与会东县垃圾填埋场签订了垃圾收运合同	已完成	
		硫磺厂废渣处理	完成方案设计，取得环评批复	正在进行	
	陆生生态保护措施	生态修复措施	施工区开挖回填边坡进行绿化、道路两侧种植行道树和草地绿化已基本完成	正在进行	随工程建设逐步落实中，部分施工场地绿化以及迹地恢复已经完成；目前没有出现施工人员人为故意破坏动植物的行为，名木古树得到就地保护，目前生长状况良好
		陆生动植物管理措施	建设单位已编制施工环保手册，对陆生动植物的保护提出了规定和要求	正在进行	
		古树名木移植措施	古树名木已由施工单位编制了保护规划，就地保护防护等措施已完成	已完成	
	水生生态保护措施	水生生态管理措施	建设单位已编制施工环保手册，对施工河段鱼类保护提出了规定和要求	已完成	鱼类增殖放流站已建成，栖息地保护正在进行相关研究，过鱼设施正在进一步完善设计方案
		鱼类增殖放流	鱼类增殖放流站已建成，将于截流前投入运行	已建成	
		栖息地保护研究	已委托相关研究机构开展调查与研究	正在进行	
		过鱼设施	进一步完善过鱼设施方案与设计	正在进行	
	人群健康保护措施	施工区卫生设施设置	已设置医疗卫生站、布设环卫厕所等	已完成	施工区目前未有乙类传染病爆发记录，也未出现由于食品和饮水安全问题导致的疾病
		施工区卫生清理	已完成	已完成	
		施工人员卫生防疫	已委托禄劝县疾控中心开展施工区人员定期体检与防疫工作	已完成	

措施区域	措施类型	措施内容	措施落实情况	完成程度	措施实施效果
		生活饮用水保护	有专门的生活饮用水管理人员，饮用水杀菌、消毒设施已运行	已完成	
		食品卫生管理与监督	设施有专门的厨房和人员，对食品安全进行控制	已完成	
移民安置环保措施	水环境	移民安置区生活污水处理设施	与移民安置区建设同步实施	正在进行	与移民安置工作正同步实施
	固体废物	垃圾收集系统、垃圾堆放场			
	人群健康	宣传、清理、检查、防疫			

2.11 规划环评要求及落实情况

2.11.1 规划环评要求

(1) 金沙江下游水电梯级开发环保措施总体布局

金沙江下游水电梯级开发方案的实施将不可避免地对环境产生一定不利影响。主要是水库淹没以及水文情势变化导致对水环境、鱼类资源、陆生生态等产生一定的不利影响。针对上述不利影响，进行统筹布局，采取不同的措施，主要为水环境、水生生态、陆生生态保护措施，具体详见下表。

表 2.11-1 金沙江下游水电梯级开发环保措施总体布局

序号	措施类型	具体措施
1	水环境	乌东德、白鹤滩、溪洛渡电站泄放生态流量
2		白鹤滩、溪洛渡水电站建设分层取水设施
3		加强区域产业合理布局，对污染物实施总量控制，加强面源污染治理
4		实施生态调度，减缓过饱和 TDG 对鱼类影响
5	水生生态	加强现有保护区的管理，实施乌东德库尾流水生境的保护，以龙川江、黑水河或雅砻江作为鱼类重要栖息地开展鱼类替代生境研究工作
6		在向家坝增殖站基础上，拟建乌东德鱼类增殖放流分站
7		开展鱼类资源动态与保护效果、圆口铜鱼人工驯养繁殖技术等科研项目
8		建立鱼类保护基金
9		落实下泄最小流量，优化水库调度
10		加强渔政管理
11	陆生生态	优化施工布置，减少干扰
12		对保护植物、古树名木采取就地、迁地保护措施

13		按照景观功能和占地情况进行植被恢复，营造库岸防护林

（2）规划环评批复要求

为进一步加强金沙江下游河段水电梯级开发的环境保护工作，三峡集团公司组织开展了金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究，完成了《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》。2011 年 12 月，环保部组织有关部门和专家对上述成果进行了论证，2012 年 3 月，环保部以环函 2012 年 69 号文提出了对金沙江下游河段水电开发环境影响有关问题的意见。具体如下：

1) 强化圆口铜鱼产卵场调查监测。进一步研究雅砻江锦屏二级减水河段及以下天然河段作为圆口铜鱼替代生境的可行性。鉴于乌东德库区的蛟平渡产卵场是金沙江中游规模较大的圆口铜鱼产卵场，在乌东德梯级建设时应优先制定并落实圆口铜鱼有效保护的方案。同时，应进一步加大圆口铜鱼人工繁殖技术的研究力度。

2) 进一步加强长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的综合管理。要确保水电站分层取水、增殖放流等减缓措施落实，最大限度减缓对保护区和珍稀保护鱼类及其重要生境的影响，维持保护区的生态结构和功能。进一步健全管理机构，严格渔业捕捞活动管理，推进渔民转产并逐步在保护区水域推行禁渔政策。依法加强涉及保护区采砂、航运及排放污染物等行为的的管理。

3) 替代生境是保护水生生物的重要措施之一。下阶段应加强替代生境研究和比选，研究建立支流生态保护区的可行性，以确定最佳替代生境；编制替代生境生态环境保护规划，实现替代生境的有效保护。

4) 结合向家坝、溪洛渡水电站蓄水阶段工作，建立并落实鱼类保护基金。

5) 建议开发主体建立下游河段环境保护机构，制定《方案》实施的生态恢复、建设与补偿方案，明确实施步骤，统筹落实河段生态保护的各項对策措施。

6) 结合金沙江水电项目建设实际和长江上游梯级联合调度的相关研究成果，制定开发河段梯级电站的联合生态调度方案，进一步明确生态调度目标、原则和要求。结合梯级电站的建设、蓄水和运行情况，积极推进和尽快实施。

7) 在开发过程中，应根据对流域生态环境的监测监控，适时进行环境影响跟踪评价研究，提出进一步完善《方案》和生态保护措施的意见，并严格落实。

8) 《方案》中所包含的近期建设项目，在开展环境影响评价时，应遵循《报

告》提出的主要结论和生态环境保护的对策措施，重点评价对水环境与河流生态的影响，深入论证对自然保护区和珍稀特有生物的影响及《报告》提出的对策措施的有效性。

2.11.2 对规划环评要求的落实情况

（1）水环境保护

1) 低温水影响减缓措施

为了减缓乌东德水电站运行下泄低温水的影响，拟在鱼类产卵期对低温水较为敏感的月份采用叠梁门取水，达到取用上层温水减缓低温水的目的。

2) TDG 过饱和和影响减缓措施

乌东德水电站建设项目环评过程中组织开展了气体过饱和研究，在环境影响报告书中，提出了减少气体过饱和的对策措施，在水库运行调度中，将优先选择对气体过饱和影响较小的方式泄洪。

3) 生态流量泄放措施

乌东德水电站环评过程中开展了下泄生态流量的研究，结合水资源论证要求，运行期最小下泄流量 $900 \text{ m}^3/\text{s}$ ，占坝址多年平均流量的 23.38%，可较好地维系下游白鹤滩库区特别是其干流回水变动段的基本水生态功能，能满足白鹤滩库区维护Ⅲ类地表水水域功能及其干流沿岸少量取用水等需求。

4) 库区污染防治与控制

针对乌东德库尾攀枝花江段，专门开展了水环境影响研究。乌东德水库蓄水后将使攀枝花河段纳污能力有所减小，排污口附近污染带范围有所增大，为了保障乌东德水库蓄水后回水范围内攀枝花河段水质，拟在攀枝花江段左右岸各建 1 座污水处理厂，加强攀枝花钒钛产业园区污水集中处理能力建设。

（2）水生生态保护

1) 替代生境保护

建设项目环评阶段，建设单位委托华东院开展了金沙江下游水电开发替代生境专题研究，分析了龙川江、黑水河、锦屏二级减水河段及乌东德库尾、长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区作为替代生境保护的可行性，并在此基础上提出了相应的保护措施。

经本阶段分析论证，长江上游珍稀特有鱼类保护区、雅砻江锦屏二级大河湾

江段、乌东德库尾、黑水河作为乌东德、白鹤滩水电站建成后水生生态替代生境是可行的，龙川江和蜻蛉河干流水资源分配冲突加大，河道内生态流量难以保障，其作为栖息地保护的作用很难充分发挥。环评报告提出，长江上游珍稀特有鱼类保护区需在以往开展工作的基础上，强化保护措施；雅砻江锦屏二级大河湾江段可以通过改造河道、调整锦屏二级下泄生态流量、圆口铜鱼增殖放流等措施实现替代生境功能，具体实施责任主体为雅砻江公司；黑水河需设置过鱼设施，保证和增加闸坝下泄流量，对减水河段进行河道整治等措施。

2) 增殖放流规划

金沙江下游流域共规划建设两个增殖放流站，其中金沙江溪洛渡向家坝水电站珍稀特有鱼类增殖放流站已于 2008 年 7 月建成并投入运行，截至目前共开展了 11 次放流，累计放流珍稀特有鱼苗 60 余万尾。

金沙江乌东德白鹤滩水电站珍稀特有鱼类增殖放流站已基本完成基础设施建设，确保能够在截流前投入运行。

3) 水生生态科学研究规划

根据水生生态科学研究规划，集团公司已组织开展了珍稀特有鱼类物种保护技术研究、保护区环境因子变动特征及其对鱼类的影响、圆口铜鱼人工繁殖技术研究等。截止 2013 年底，长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区已组织开展 29 个科研项目，其中 8 项已结题验收，3 项已完成立项，18 项正在开展研究。

研究进展方面，针对重点关注的圆口铜鱼，实现了全人工环境下圆口铜鱼亲鱼培育成熟，基本掌握了圆口铜鱼从人工催产到小批量鱼苗开口摄食并正常生长的关键技术，预计在未来一两年内，应该可以取得圆口铜鱼人工繁育技术的初步成功。其它研究方面，建立了珍稀鱼类救护快速反应系统网络，完成了鱼类驯养实验室建设，对长薄鳅人工繁殖技术、长薄鳅苗种规模化培育技术进行了整理和总结。收集和整理了长江上游珍稀特有鱼类保护区监测历史和现有数据，建立了水生生物数据标准规范。

4) 鱼类保护基金

经过多次讨论研究，建设单位已形成了金沙江下游水电开发鱼类保护基金方案，在建设单位内设立专项支出资金，在金沙江下游各电站建设阶段，取自各电站鱼类保护概算；在各电站机组投产后，从发电收益或成本中列支。

（3）陆生生态保护

1) 优化施工布置及古树名木保护

在工程施工过程中，通过优化布置，合理布局施工场地，尽量减少施工占地，同时采取相应的生态修复措施，从而减少对生态环境的破坏。

重视对古树名木的保护，根据具体情形对其实行就地或移栽保护。对乌东德工程评价区受水库淹没影响的古树采取迁地移植保护，结合移民安置点景观设计，就近移栽到淹没线以上，对其采取繁育保护措施，施工占地范围内的 1 株古树和移民安置区的 3 棵古树采取就地保护措施。

2) 水土保持

乌东德水电站按照批复的“三通一平”水土保持方案报告书的要求，开展了水土保持设施的建设工作，因地制宜地布设相应的水土保持工程措施和植物措施，并通过采取各项管理措施，使工程建设中新增水土流失得到了较大程度遏制，水土流失防治效果取得了阶段性的成果。

（4）环境保护管理

为确保金沙江下游水电梯级开发环保工作的顺利进行，三峡集团公司建立了金沙江下游水电开发环境保护管理体系。其中，集团公司科技与环境保护部为环境保护工作的归口管理部门，统筹管理和指导集团公司环境保护工作，对口环境保护部建立沟通联络工作机制；工程建设管理局主要为集团公司水电开发提供全面的技术支持与后勤保障，对内指导与协助各工程建设部和移民工作局环境保护管理工作，对外负责沟通、协调水电站所在地省级环保行政主管部门；各工程建设部门负责工程建设区域的环保现场管理工作；项目现场设置环境监理，对环保设计单位、环境监测单位、专项环境设施建设与运行等单位进行监督、指导。管理体系和职责分工覆盖了金沙江下游流域及项目的各个阶段，使金沙江下游水电开发环境保护管理形成一个有机的整体。

金沙江下游环评批复意见落实情况详见表 2.11-2。

表 2.11-2 乌东德水电站对金下规划环评批复意见落实情况一览表

序号	工作内容	具体要求	落实情况
一	圆口铜鱼监测、替代生境及繁育研究	1、强化圆口铜鱼产卵场调查监测	1、建设单位委托水工程生态研究所开展了圆口铜鱼产卵场监测，目前已形成 2012 年、2013 年监测成果，并已开展了 2014 年现场监测工作
		2、研究雅砻江锦屏二级减水河段及以下天然河段作为圆口铜鱼替代生境的可行性，制定并落实圆口铜鱼有效保护的方案	2、开展了圆口铜鱼替代生境专项研究工作，制定了雅砻江锦屏二级减水河段圆口铜鱼保护方案
		3、加大圆口铜鱼人工繁殖技术的研究力度	3、通过各有关研究单位多年的共同努力，成功实现了全人工环境下圆口铜鱼亲鱼培育成熟，已基本掌握了圆口铜鱼从人工催产到小批量鱼苗开口摄食并正常生长的关键技术。预计在未来一两年内，可取得圆口铜鱼人工繁育技术的初步成功
二	自然保护区工作、分层取水、鱼类增殖站	1、进一步加强长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的综合管理	1、组织开展了长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区后续工作研究，在现有保护工作基础上制定了强化措施。
		2、要确保水电站分层取水、增殖放流等减缓措施落实，最大限度减缓对保护区和珍稀保护鱼类及其重要生境的影响	2、乌东德水电站在可研阶段开展了分层取水方案研究，在鱼类产卵期对低温水较为敏感的月份采用叠梁门取水；在向家坝鱼类增殖建成放流的情况下，乌东德白鹤滩水电站珍稀特有鱼类增殖放流站已完成基础设施建设，确保在截流前投入运行
三	替代生境研究	1、加强替代生境研究和比选，研究建立支流生态保护区的可行性，以确定最佳替代生境；编制替代生境生态环境保护规划，实现替代生境的有效保护	1、开展了金沙江下游水电开发替代生境专题研究，分析了龙川江、黑水河、锦屏二级减水河段、乌东德库尾、长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区作为替代生境保护的可行性，并在此基础上提出了相应的保护措施
四	鱼类保护基金	1、结合向家坝、溪洛渡水电站蓄水阶段工作，建立并落实鱼类保护基金	1、已形成金沙江下游水电开发鱼类保护基金方案，在金沙江下游各电站建设阶段，取自各电站鱼类保护概算，在各电站机组投产后，从发电收益或成本中列支

序号	工作内容	具体要求	落实情况
五	成立河段环保机构	1、建议开发主体建立下游河段环境保护机构，统筹落实河段生态保护的对策措施	1、建设单位成立了金沙江下游水电开发环境保护管理中心，统筹负责河段生态保护的对策措施
六	生态调度方案	1、制定开发河段梯级电站的联合生态调度方案，进一步明确生态调度目标、原则和要求，结合梯级电站的建设、蓄水和运行情况，积极推进和尽快实施	1、开展了金沙江下游梯级电站生态调度研究，目前已形成了生态调度成果，提出了梯级生态调度的目标、原则和要求。乌东德水电站在环评报告中落实了生态流量泄放、分层取水、过饱和和气体减缓措施
七	流域生态环境监测	1、根据对流域生态环境的监测监控，进行环境影响跟踪评价研究，提出生态保护措施的意见，并严格落实	1、结合金沙江下游流域环境监测规划，建设单位组织编制了金沙江下游流域生态环境监测实施方案，并编制了相应的监测委托建议方案。同时，根据实际工作需求，已组织开展了气体饱和和监测，金沙江下游四个梯级电站施工区的相关监测工作及金沙江下游流域的部分水温、水质及局地气候监测工作也已开展
八	项目环评与规划环评的一致性	1、建设项目在开展环境影响评价时，应遵循规划环评提出的主要结论和生态环境保护的对策措施，重点评价对水环境与河流生态的影响	1、目前，乌东德水电站均已开展了相关环境专题的研究，特别是对水环境、水生生态影响进行了重点专题研究，环评报告书结论及保护措施基本遵循了规划环评提出的主要结论和生态环境保护对策措施

3 工程分析

3.1 工程与相关规划的协调性分析

3.1.1 与政策法规的符合性

(1) 与国家产业政策的符合性

根据《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（国发[2011]第 9 号），水力发电属于该目录中鼓励类的电力项目，乌东德水电站工程建设符合国家产业政策要求。

(2) 与国家“西部大开发”战略的符合性

乌东德水库主要位于四川省凉山彝族自治州和云南省楚雄彝族自治州。库区经济以农业为主，属于我国西部贫困的少数民族地区。随着水电站的兴建，超过 500 亿元的建设资金投入到了工程的建设中来，势必会拉动区域性相关投资，每年可新增就业机会 7 万人，并可以改善工程周边地区的交通条件。工程建设期间形成的各种税收每年可增加地方财政收入 10 亿元；发电后每年形成的增值税、所得税地方留成及水资源补偿费等，可增加地方财政收入约 9.9 亿元。这对库区各县全面建设小康社会起到相当关键的支撑作用。

此外，工程建成后，其巨大的发电效益，可促进当地矿产资源的开发，变资源优势为经济优势；水库蓄水后，可改善当地的通航条件，开发建设乌东德水电站将对西部大开发产生积极的促进作用。

(3) 与国家“西电东送”战略的符合性

我国自然资源和经济发展中心在地域上极不平衡，用西南部丰富的水电资源推动中东部经济可持续发展是大势所趋。因此，从满足国民经济发展和合理利用水能资源来说，实施“西电东送”是我国电力工业可持续发展的重大战略决策。乌东德水电站工程建设条件较好，经济指标优越。

根据华中、华东地区国民经济和负荷发展供需平衡分析，华中、华东地区在充分吸收利用三峡、溪洛渡、向家坝、锦屏等电站电能的基础上，在 2011~2020 年分别还需要新增 80000MW 和 101300MW 的机组容量，为乌东德水电站的建设提供了广阔的市场空间。金沙江是我国十二大水电基地中最大的一个，是“西电东送”的主要能源基地。乌东德水电站装机容量达 10200MW、年发电量 389.3

亿 kW·h，是金沙江水电基地的重要组成部分。开发乌东德水电站符合国家“西电东送”战略部署。为了适应华中、华东地区经济社会发展的需要，继溪洛渡、向家坝水电站开工建设之后，开工兴建乌东德水电站是十分必要的。

3.1.2 与上层规划的符合性

(1) 与流域综合规划的符合性分析

金沙江规划工作始于 20 世纪 50 年代左右，1990 年 7 月，长江水利委员会提出《长江流域综合利用规划简要报告》，国务院以国发[1990]56 号文对该规划进行批复，明确金沙江中下游河段(石鼓至宜宾河段)主要开发治理任务为发电、航运、防洪、漂木和水土保持，并推荐了金沙江下游河段四级开发方案，即乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝四级开发。2012 年，水利部长江水利委员会完成《长江流域综合规划（2012～2030 年）》，国务院以国函[2012]220 号批复了该规划，规划已明确将乌东德水电站列为近期开发工程。因此，乌东德水电站建设符合流域综合规划要求。

(2) 与《长江流域防洪规划》的一致性分析

国务院以国函[2008]62 号文批复了《长江流域防洪规划报告》，在长江流域防洪规划和金沙江干流综合规划阶段，根据金沙江的地理位置、开发条件和洪水特性，在分析长江洪水的特点、长江防洪要求后，提出金沙江中下游梯级电站采用防洪库容和兴利库容的规模扩大至 300 亿 m^3 ，以进一步扩大对长江中下游的防洪作用。

乌东德水库正常蓄水位 975m，总库容 74.08 亿 m^3 ，预留防洪库容 24.4 亿 m^3 ，与下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用，可使川江沿岸的宜宾、泸州、重庆等城市的防洪标准显著提高，同时在汛期拦蓄金沙江洪水，可减少进入三峡水库的水量，配合三峡水库运用可有效减少长江中下游的洪灾损失，对长江中下游防洪起到重要作用。

(3) 与规划环评符合性分析

2011 年 10 月，中国水电顾问集团公司完成《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》（送审稿）。2011 年 12 月，研究报告通过了环保部组织召开的专家论证会，研究报告得出“在生态优先理念的指导下，合理规划开发布局与规模，控制开发进度，协调好干流与支流保护的关系，梯级电站建

设能够保障金沙江下游的河流生态健康。从生态与环境保护角度考虑，金沙江下游河段 4 个梯级开发规划与建设可行”结论。2012 年 3 月，环境保护部以环函[2012]69 号文“关于金沙江下游河段水电梯级开发环境影响有关问题意见的函”，对金沙江下游河段水电梯级开发环境影响有关问题提出了意见，认为金沙江下游梯级开发方案符合国家能源发展政策和西部大开发战略，对促进四川、云南两省经济社会发展具有重要意义。但规划区域生态环境脆弱，珍稀特有鱼类丰富，梯级开发方案实施可能造成的不利环境影响是长远的，有些是不可逆转的。因此，应进一步优化开发方案，严格落实各项生态环境保护对策措施，有效预防或减缓梯级开发方案实施带来的不良环境影响。

乌东德水电站在可行性研究过程中，针对工程对区域生态环境的影响，开展了水环境、水生生态、陆生生态、局地气候、地下水、施工环境影响、移民安置环境影响等多项专题评价工作。针对工程建设对鱼类的影响，从金沙江下游流域水生生态系统保护角度，以长江上游珍稀特有鱼类保护区为主体，对鱼类栖息生境进行保护规划，优化梯级电站运行调度，建设分层取水设施、过鱼设施、鱼类增殖放流站等工程措施，减缓工程建设对鱼类的影响。针对本工程水库淹没范围大，移民安置人口多，在移民安置规划过程中，从环境保护角度，开展移民安置环境适宜性分析、移民安置环境保护规划，针对不同类型工程，对移民安置工程环境保护措施进行设计。针对工程建设期陆生生态、施工期污染等影响，开展专项设计。因此，本工程建设过程中严格落实各项生态环境保护措施，工程建设符合流域规划环评要求。

（4）与《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》的符合性

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》，推动能源生产和利用方式变革，特别提出“在做好生态保护和移民安置的前提下积极发展水电，重点推进西南地区大型水电站建设，因地制宜开发中小河流水能资源，科学规划建设抽水蓄能电站”。乌东德水电站工程是金沙江下游河段规划建设的第一个梯级，工程建设为国家对西南地区水电站建设的重点开发项目，工程从预可行性研究、可行性研究等阶段均开展了相应的生态环境保护和移民安置规划工作，其建设符合《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》的要求。

（5）与《国家可再生能源中长期发展规划》的符合性分析

《国家可再生能源中长期发展规划》提出了从现在到 2020 年期间我国可再生能源发展的指导思想、主要任务、发展目标、重点领域和保障措施，以指导我国可再生能源发展和项目建设。我国可再生能源发展的总目标是：提高可再生能源在能源消费中的比重，将水电列为第一大重点发展领域，特别提出“考虑到资源分步特点、开发利用条件、经济发展水平和电力市场需求等因素，今后水电建设的重点是金沙江、雅砻江、大渡河....到 2020 年，全国水电装机容量达到 3 亿千瓦，其中大中型水电 2.25 亿千瓦，小水电 7500 万千瓦。”

乌东德水电站建设对实现《国家可再生能源中长期发展规划》的发展目标有重要意义，其建设完全符合可再生能源发展规划对水电发展的要求。

根据能源发展“十二五”规划（国发[2013]2 号），“全面推进金沙江中下游、澜沧江中下游、雅砻江、大渡河、黄河上游、雅鲁藏布江中游水电基地建设”，“重点开工建设金沙江乌东德、梨园、龙开口、鲁地拉、观音岩、苏洼龙、叶巴滩、拉哇、昌波、旭龙等项目”。因此，本工程已列为“十二五”时期能源资源开发重点开工项目，工程建设符合国家能源发展规划。

（6）与全国主体功能区规划的符合性分析

国发[2010]46 号文发布了《全国主体功能区规划》，对水资源开发利用按河流进行分区规划，对长江、西南诸河区明确提出“长江上游和西南诸河区，要统筹干支流、上中下游梯级开发，加强水资源开发利用管理。结合水能资源开发，加强水资源控制性工程建设，保障重点开发区域用水需求....”

乌东德水电站是《长江流域综合利用规划》中的规划梯级，是规划的金沙江下游四个梯级的最上一个梯级，其开发建设是长江上游水资源开发利用的一部分，工程建设与《全国主体功能区规划》的相关要求是相符的。

（7）与全国生态功能区划的符合性分析

根据环境保护部 2008 年 7 月 18 日发布的《全国生态功能区划》，乌东德水电站工程所在区域属生态调节功能区中的川滇干热河谷土壤保持重要区，其生态保护方向为：调整产业结构，加速城镇化和社会主义新农村建设的进程，加快农业人口的转移，降低人口对土地的压力；全面实施保护天然林、退耕还林、退牧还草工程，严禁陡坡垦殖和过度放牧；开展石漠化区域和小流域综合治理，协调农村经济发展与生态保护的关系，恢复和重建退化植被；严格资源开发和建设项

目的生态监管，控制新的人为土壤侵蚀；发展农村新能源，保护自然植被。

该区限制或禁止措施：严禁过度放牧、樵采、开荒，限制经济开发活动。乌东德水电站工程不属于该区限制或禁止措施，且植被保护和水土保持将是工程实施和运行过程中的重点内容之一，乌东德水电站工程与《全国生态功能区划》有关要求是一致的。

(8) 与全国水功能区划的符合性分析

根据《全国重要江河湖泊水功能区划》(2011-2030 年)，乌东德电站涉及一级区划中的金沙江攀枝花开发利用区、金沙江攀枝花保留区、金沙江滇川 3 号缓冲区分区、金沙江元谋保留区和金沙江滇川 4 号缓冲区分区，不涉及一级区划中的保护区，该河段水质保护类别为 II~III 类。

乌东德水电站没有涉及禁止开发利用的保护区河段，工程完工后，不会排放污染物，在落实环评报告书要求的基础上，不会影响所在河段和相邻河段水功能区的使用功能，工程建设符合《全国重要江河湖泊水功能区划》的要求。

3.1.3 与区域规划的协调性

(1) 与云南省、四川省国民经济和社会发展“十二五”规划的协调性

本工程涉及四川和云南两省。根据《四川省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》，“十二五”期间，四川省生产总值年均增长 12% 左右，2015 年突破 3 万亿元，人均生产总值达到 3.5 万元左右。加强能源保障能力建设，加强水电、天然气等重要资源开发，夯实能源供应基础。在保护生态和做好移民安置工作的前提下，加快金沙江、雅砻江、大渡河“三江”水电基地和大中型流域水电集群建设，基本建成全国重要的水电基地。优化能源结构，大力提高非化石能源和低碳清洁能源的比重，优先发展水电。云南省“十二五”时期经济社会发展主要目标是要推动经济社会更好更快发展，全省生产总值和人均生产总值确保实现两位数增长，力争实现翻番。加快清洁能源开发，优化能源结构，提高能源利用效率，转变能源生产和利用方式，把云南建成全国重要的清洁能源和可再生能源基地。积极开发利用水电，调整能源消费结构，积极发展沼气等农村新能源，大幅提升水电、天然气等清洁能源在全省能源消费中的比重。

乌东德水电站装机容量 10200MW，年平均发电量 389.3 亿 kW·h，其巨大的发电效益，可为当地的资源开发提供大量廉价电源，促进地区国民经济发展。乌

东德水电站建设与四川省、云南省国民经济和社会发展第十二个五年规划目标是协调的。

(2) 与云南省、四川省生态功能区划的协调性

根据云南省生态功能区划,乌东德水电站工程所在区域为高原亚热带北部常绿阔叶林生态区III1-7 禄劝、武定河谷盆地农业生态功能区,主要生态系统服务功能是生态农业建设,保障昆明城市发展的农副产品供应。保护措施与发展方向是保护农田环境质量,改进耕作方式,推行清洁生产,防止农田农药化肥污染。

乌东德水电站工程占用基本农田 124.92hm²,按照占一补一的原则对基本农田进行了补偿。对农田环境质量不会产生影响。工程移民安置将对改进耕作方式、提高土地生产力起到推动作用。因此本工程与云南省生态功能区划是协调的。

根据《四川省生态功能区划》,本工程属于川西南山地水源涵养与水土保持功能区,通过增加森林植被减少区域的水土流失是生态屏障建设的主要目标。本工程建设采取修建挡墙、护坡、排水沟等水土保持工程措施,并对施工区实施生态修复,针对不同区域进行分区修复,主要包括植物群落配置、立地条件改造等,恢复施工区林草植被覆盖率。因此工程建设与四川省生态功能区划是协调的。

(3) 与云南省、四川省交通规划的协调性

成昆铁路是联结四川省成都市与云南省昆明市的重要交通干线,全长 1100km,1970 年 7 月 1 日建成通车。鉴于成昆铁路建成通车已运行 35 年,随着沿线工业、农业、旅游业及西部经济的快速发展,成昆铁路现有的运输能力越来越难以满足客、货运的要求,在国家西部大开发的战略背景下,这一矛盾愈加突出。按照我国铁路网规划,成昆铁路是我国铁路“八纵八横”布局中兰昆通道的重要组成部分,计划在 2020 年前提速改造和增建二线。乌东德水电站的兴建对成昆铁路会造成一定的影响,通过对库区成昆铁路受影响路段的路基进行加固防护和淹没段进行改建,可以满足安全运行。

(4) 与云南省、四川省“十二五”环境保护规划的协调性

根据云南省“十二五”环境保护规划,到 2015 年,云南省主要污染物排放总量持续削减,六大水系和九大高原湖泊水环境质量进一步好转,重金属污染得到有效控制,生物多样性保护取得明显成效,环境监管和防范环境风险的能力进一步增强,环境安全得到有效保障,生态文明建设迈上新台阶;根据四川省“十二五”生态建设和环境保护规划,环境保护总体目标:“维护三江清水,打造天府碧

空，建设生态四川”，坚守“生态功能不退化、环境质量不降低、排放总量不突破、环境准入不降低”四条底线，着力解决突出环境问题，防范环境风险，维护人民群众环境权益。

本工程制定的环境保护目标为：维护工程河段现有水域功能，尽可能提高废水循环利用率，施工生产、生活废水排放时必须达到《污水综合排放标准》（GB8978—1996）一级标准。维护施工区及其周边区域的环境空气质量和声环境质量，施工区及其周边区域环境空气达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。声环境达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类或4a类标准。维护工程影响区生态系统的完整性和稳定性，使工程区现状生态环境不致因兴建本工程而进一步恶化，并在此基础上能有所改善。

乌东德水电站工程环境保护中严格执行“三同时”政策，因此，工程的建设与云南省、四川省“十二五”环境保护规划是协调的。

（5）与攀枝花市城市总体规划的协调性

根据《攀枝花市城市总体规划（2011~2030）》中的城市职能，确定攀枝花市为中国的钒钛之都、我国西南重要的工业基地和能源基地、川西南、滇西北地区综合交通枢纽与物流中心、大香格里拉旅游环线重要节点。乌东德水电站建设与攀枝花市城市职能定位没有冲突，因电站建设促进了工程涉及区域基础设施建设，对该区城市发展有促进作用。

根据城市功能分区，涉及攀枝花市的江南片区和城东片区：江南片区由炳草岗、渡仁、仁和（含橄榄坪、那招、干坝塘、乐弄、龙塘等城市新增用地）等功能区组成。本片区是城市中心区，重点发展商贸金融、文化娱乐等配套设施，提升中心区的服务功能，完善城市职能。完善市级行政办公、博物馆、剧院、科技馆等行政、文化公共服务设施。在干巴塘一带设置城市中心，在炳草岗、那招设置片区中心。

城东片区由青龙山-金江和团山一马店河一迤资一线用地组成。该区的团山一马店河一迤资主要以钒钛产业和电冶化工产业发展为主，青龙山、金江是其后勤服务中心，并集中发展仓储物流业。该区是攀枝花未来城市工业发展的重要载体。片区中心规划在金江镇。

乌东德水库 975m 方案占用攀枝花城市建设用地 514 亩，约占城市建设用地

的 0.32%。另外还淹没少量可能作为城市规划发展的用地。

从攀枝花火车站下游金江断面至以上河段，正常蓄水位 975m 方案 20 年一遇回水淹没岸边建设用地的深度在 3.14m 以内，50 年一遇回水淹没岸边建设用地的深度在 4.61m 以内，对淹没影响深度较浅的建设用地和规划发展用地，可采取就地垫高、库岸防护等措施对沿江土地加以利用，减少电站建设对城市规划发展的影响，缓解城市建设用地紧张的矛盾。

总体来看，乌东德水电站建设占城市建设用地的 0.32%，对攀枝花市城市规划用地将产生轻微影响，可通过采取库岸防护等措施予以解决，电站建设与攀枝花市城市总体规划是协调的。

（6）与攀枝花“十二五”环境保护规划的协调性

根据《攀枝花市环境保护“十二五”规划》，地表水规划目标是金沙江攀枝花段、雅砻江段的水质达到Ⅲ类水域功能标准，城市饮用水水源水质达标率 100%（粪大肠菌群除外）。“十二五”末期，城镇生活污水集中处理率>85%。

根据规划报告，攀枝花市各行政区废水污染物排入江量远小于其水环境容量，按照目前的人口分布和经济社会发展速度，“十二五”期间水环境污染物的排放总量将不会超过水环境容量。但为了实现规划环境目标，规划的内容包括减少金沙江上游的污染排放量，充分利用金沙江下游和雅砻江的水环境容量。建设污水处理设施及配套管网，提高废水处理率。认真实施城市总体规划，坚持工业入园，合理布局，实现对工业 COD 的有效削减。

乌东德水库蓄水后，在相同污染负荷条件下，乌东德库尾攀枝花江段水域纳污能力有所减小，钒钛产业园区所在江段岸边污染带范围有所扩大。目前，园区各企业废水经各厂自行处理后排入马店河，经马店河排入金沙江。钒钛工业园区位于攀枝花主城区下游，避开了人口密集的主城区，该园区下游无较大生活用水取水口，通过采取兴建污水处理厂以及严格实行污染物总量控制和达标排放制度，乌东德水库蓄水后，该江段水环境仍能达到地表水Ⅲ类标准。

综合以上分析，工程建设不会阻碍攀枝花市环境保护“十二五”规划的环境目标实现，与规划内容实施并不矛盾，因此，乌东德电站建设与攀枝花市环境保护“十二五”规划是协调的。

3.2 工程方案环境合理性分析

3.2.1 正常蓄水位比选环境合理性分析

乌东德水电站上距观音岩水电站 252.8km，区间有雅砻江、龙川江、勐果河、尘河、鲹鱼河等主要支流汇入，支流上有已建和正在建设的水电工程；雅砻江汇入口上游为攀枝花市；成昆铁路中间段从四川省攀枝花市进入金沙江河谷本段铁路轨面高程较低。观音岩水电站在攀枝花市上游，正常尾水位比攀枝花市设防水位高 20m 以上。成昆铁路、攀枝花市和上游支流水电站是乌东德水电站正常蓄水位选择的主要制约因素。

从流域规划阶段到可研设计阶段，乌东德正常蓄水位经过了多次论证，1960 年长江流域规划办公室编制的《金沙江流域规划意见书》中乌东德梯级的正常蓄水位为 995m，与上游观音岩梯级尾水基本衔接。1970 年成昆铁路建成通车，为了不淹没成昆铁路，推荐乌东德水电站正常蓄水位为 950m。我国 2004 年铁路网中长期规划中提出成昆铁路在 2020 年前提速改造和增建二线。乌东德水电站和成昆铁路改建工程建设时机相吻合，乌东德水电站具备抬高正常蓄水位的必要条件。2012 年 4 月，长江水利委员会编制完成了《长江流域综合规划(2012~2030 年)》。在《长流规》中明确：本次规划维持 1990 年《简要报告》提出的金沙江下游河段 4 级开发方案，适当抬高乌东德正常蓄水位至 975m。

预可研和可研阶段相继完成了《金沙江乌东德水电站正常蓄水位专题研究报告》、《乌东德水电站预可行性研究阶段对攀枝花市的影响与对策》、《金沙江乌东德水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》等一系列成果。在历次论证中，生态环境比选是历次比选工作的重点。预可研阶段成果表明，综合考虑电站效益和各正常蓄水位对成昆铁路、攀枝花市城区的影响，工程建设条件，水库淹没损失和生态环境的影响，初选正常蓄水位 975m 作为预可行性研究阶段代表性方案是基本合适的。可研阶段研究成果表明，从发挥电站工程效益及工程经济指标角度来看，乌东德水电站选择较高的正常蓄水位是有利的，但综合考虑减少水库淹没损失，对攀枝花市城区、雅砻江口生态环境和攀枝花火车站等控制因素的影响程度以及攀枝花市政府意见，推荐乌东德水电站正常蓄水位为 975m。

环境影响评价工作过程中，为进一步论证乌东德水电站正常蓄水位选择的环境合理性，拟定 950m、960m、965m、970m、975m、980m 六个正常蓄水位开

展了陆生生态、水生生态、社会环境等生态环境方面的分析工作。考虑到乌东德回水涉及攀枝花市钒钛产业园区，攀枝花钒钛产业园区是以钒钛为主导产业，化工、有色金属、电冶合金、钢铁机械制造等产业为支撑，多种产业协同发展的国家级开发区，废污水排放量较大，乌东德水库蓄水将对攀枝花钒钛园区江段取水排污产生一定影响。从水库回水不影响钒钛园区江段水环境的角度出发，在以上六个水位方案基础上增加正常蓄水位 963m 和 967m 方案对水环境的影响比较。

(1) 对生态的影响

正常蓄水位 950m、960m、965m、970m、975m、980m 方案均不涉及自然保护区。攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区为攀枝花市林业局自立的保护小区，位于各水位方案评价范围内，但由于该保护小区位于高程 1000m 以上，因此，各水位方案对该保护小区不会产生淹没影响。各水位方案对云南省元谋省级风景名胜区内金沙江峡谷景观均将产生一定影响，水库蓄水后，峡感视觉将减弱，减弱程度随着正常蓄水位的增加而有所增大。

乌东德大坝建成后，大坝阻隔将鱼类分割成坝上、坝下两个群体，其基因交流机会减少。喜急流环境的鱼类将减少，适应静水或缓流环境生活的鱼类将成为库区优势种群；水库蓄水后对长薄鳅、长鳍吻鮡、圆口铜鱼等产漂流性卵的鱼类将产生较为严重的不利影响，各正常蓄水位方案对库区江段皎平渡圆口铜鱼产卵场均将产生淹没影响。980m 方案还将增加对雅砻河汇口和牛场坪 2 处粘性卵产卵场的淹没影响。950m、960m、965m、970m、975m 5 个正常蓄水位方案库尾段流速大于 0.2m/s（鱼卵起漂流速）河道长度均有 100 余 km，此外雅砻江的最后一级电站桐子林电站坝下有约 15km 河段，有可能会满足圆口铜鱼漂流孵化的要求。乌东德 980m 方案库尾流水河段较短，对圆口铜鱼生境的影响在六个水位方案中最大。

各蓄水位方案下泄低温水对坝下鱼类的生长发育产生不利影响；各水位方案 TDG 过饱和对坝下鱼类可能产生一定不利影响。

正常蓄水位 950m、960m、965m、970m 方案回水在雅砻江河口以下尖灭，对雅砻江河口生态不会产生影响。从河口生态功能分析，乌东德水电站不同水位对雅砻江河口鱼类迁移通道功能没有本质差别，970m 以下水位对雅砻江河口繁殖场所功能影响较小，975m 回水最大回水使得河口水域水位最大抬升 0.39m，回水将淹没少部分雅砻江河口边滩，鱼类原有生境空间略有变化，对雅砻江河口

作为鱼类繁殖场所功能略有影响；980m 方案有 50%左右的时间回水会进入雅砻江，将会较大程度上改变河口原有生境，使河口繁殖场所功能受到较为严重影响。

（2）水库淹没与移民安置对环境的影响

六个正常蓄水位方案分别淹没耕园地 26292 亩，32056 亩，34950 亩，37396 亩，40063 亩，43076 亩，水库淹没使安置区总耕园地面积有所减少，对库区粮食生产带来不利影响。但同时，乌东德水电站的兴建对移民安置区土地利用结构调整和土地生产力的提高具有一定的促进作用。六个正常蓄水位方案征用及淹没林地分别为 21360 亩、25814 亩、28591 亩、32651 亩、32848 亩、33083 亩，水库淹没和移民迁建安置将对库区森林植被产生一定影响。

六个正常蓄水位方案搬迁安置人口分别为 19360 人、27138 人、29528 人、29986 人、32402 人、34970 人。各水位方案淹没均涉及云南省元谋县的江边集镇。迁建集镇和集中居民点的生活污水及生活垃圾，如不妥善处理，将对库区局部水域造成污染。

在移民安置初期，淹没迁移使移民面临着重建家园、社会关系重组、适应新的产业等多种心理负担，部分移民生活质量可能有所下降。随着水库建设资金的投入，库区产业结构的调整，基础设施的完善和交通条件的改善，将加强对周围地区的经济辐射，推动地区社会经济的发展。

随着正常蓄水位的增加，淹没与移民对环境的影响也有所增加。

（3）对社会环境的影响

乌东德水电站是“西电东送”的重要电源之一，对实现全国能源平衡，缓解东、中部地区电力供需矛盾具有战略意义。六个正常蓄水位方案装机容量分别为 8400MW、9120MW、9480MW、9840MW、10200MW、10560MW，多年平均发电量分别为 321.7 亿 kW·h、348.8 亿 kW·h、362.5 亿 kW·h、375.8 亿 kW·h、389.3 亿 kW·h、402.9 亿 kW·h。

乌东德水库各水位方案防洪库容分别为 15.8 亿 m³、19.0 亿 m³、20.7 亿 m³、22.5 亿 m³、24.4 亿 m³、26.5 亿 m³。乌东德水库建成后与下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用，可提高川江河段抗洪能力；配合三峡水库削减长江中下游成灾洪量。

乌东德水库具有较大的拦沙效益，可推迟下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡等水库的泥沙淤积进程，延长下游水库使用寿命。

工程施工期间，大量施工人员集聚，若不加强环境卫生，将对施工人员人群健康产生影响。移民安置期间由于移民劳动量增加，易疲劳，加上移民安置期间卫生条件暂时较差，对移民健康也将产生一定影响。

各正常蓄水位方案对社会经济的有利影响随着水位的增加而依次增大。各水位方案对人群健康的影响差别不大。

(4) 对水环境的影响

各正常蓄水位方案建库后总体水质将稍优于建库前水质，可满足该区域水功能区的水质目标要求，但局部河段和支流库湾水域水质可能变差。

950m、960m、963m、965m 四个方案回水不涉及攀枝花市钒钛产业园区河段，对攀枝花市水环境基本没有影响。

967m、970m、975m、980m 四个方案回水均涉及攀枝花市钒钛产业园区河段，其中 980m 方案涉及攀枝花主城区。攀枝花钒钛园区位于 967m、970m、975m、980m 四个方案回水范围内，钒钛园区高程 1000~1300m，967m、970m、975m、980m 四个方案对钒钛园区不会产生淹没影响，但由于水库蓄水使回水范围内流速减缓，污染物迁移扩散能力减弱，钒钛园区排污口附近污染带将有所增大，且随着水位的升高，污染带范围也有所增大。具体见下表。

表 3.2-1 2030 年钒钛园区立马团排污口超标水域（III类）范围范围统计

蓄水方案	范围	COD		NH ₃ -N		TP		TN	
	(m)	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
963m	长度	220	220	300	300	200	200	3680	3680
	宽度	10	10	10	10	10	10	40	40
965m	长度	220	220	300	300	200	200	3680	3680
	宽度	10	10	10	10	10	10	40	40
967m	长度	280	220	420	300	220	200	3920	3680
	宽度	10	10	10	10	10	10	40	40
970m	长度	300	220	500	300	240	200	4740	3680
	宽度	10	10	15	10	10	10	50	40
975m	长度	380	220	620	300	280	200	5640	3680
	宽度	10	10	15	10	10	10	60	40
980m	长度	440	220	720	300	340	200	6180	3680
	宽度	15	10	20	10	15	10	65	40

(5) 综合比选结论

综上所述，从环保角度考虑，980m 方案对环境影响较大，不推荐该水位方

案。950m、960m、965m、970m、975m 方案不存在重大的环境制约因素，但 975m 方案、970m 方案回水涉及攀枝花市，对攀枝花市取水排污产生一定影响。965m 正常蓄水位方案对攀枝花市钒钛产业园水环境基本不产生影响。考虑攀枝花水环境影响并结合库尾保留一定流水生境的要求，本阶段推荐乌东德水电站按 975m 正常蓄水位一次性建成，初期运行控制水位 965m，初期运行后开展相关监测和研究，经环境影响评估后确定正常运行水位。

3.2.2 坝址比选环境合理性分析

乌东德水电站可选坝址河段以白滩泥石流沟为界，划分为上、下河段。河门口坝址为上河段代表性坝址，乌东德坝址为下河段代表性坝址，两坝址相差 6.8km。坝址比选环境合理性主要从水环境、生态、环境地质、工程施工、淹没与移民、社会经济、环保投资等方面进行比较分析。

河门口、乌东德坝址方案在水环境、生态、淹没与移民方面影响差别不大。乌东德坝址方案对社会经济的有利影响略大于河门口坝址方案；乌东德坝址在环境地质方面优于河门口坝址，在施工环境、人群健康方面的影响略大于河门口坝址方案，但通过采取环境保护措施，可将其不利影响予以减缓；乌东德坝址方案工程建设产生的水土流失影响小于河门口坝址方案。

总体来说，河门口坝址方案和乌东德坝址方案对环境的影响性质相同，影响程度差异不显著，两者均不存在重大环境制约因素，从环境角度分析，两坝址建设均可行。

3.2.3 施工方案环境合理性分析

（1）施工总体布置合理性分析

乌东德水电站工程施工区所在河段为高原峡谷地貌，两岸岸坡陡峻，用地非常紧张。坝址下游附近低高程无规模较大的平缓台地，坝区成片台地主要分布在高程 960~1300m，分别为大坝上游右岸的卧嘎村和大坝下游右岸的金坪子。

工程施工布置时充分考虑利用荒地及水库淹没区等有限土地资源，尽量少占耕地。工程总占地面积为 12.27km²，其中 33.6% 的占地位于水库淹没线以下，充分利用了淹没区的土地，减少了淹没区外的占地面积以及对周边区域的地表扰动和植被破坏。

工程实施封闭管理，砂石料加工系统、混凝土拌和系统等主要噪声源均布置于远离居民点的位置，减少了工程施工对周边敏感点的影响

（2）料场选取和骨料运输环境合理性分析

1）料场选取环境合理性分析

工程所用石料采自施期料场，规划开采范围开挖总量751万m³，覆盖层剥离量约101万m³，灰岩有效开采量497万m³，白云岩有效开采量153万m³，储量均满足灰岩及白云岩需要量的要求。施期料场位于大坝下游右岸，岩性均一、开采条件等较好，运距适中，料场周边无敏感保护目标，现状土地利用类型主要为林地和园地，分别为3.61hm²和2.68hm²，料场开采占用耕地面积0.46hm²。工程选择的料场尽量避开了耕地，以林地和园地为主，运距适中，减少施工交通占地，在采取相应的防护措施前提下，施期料场的选取从环境方面分析是合理的。

乌东德河床围堰土料规划从河门口土料场一区开采，一区有用层平均厚度5.95m，剥离层约1m。规划开采量10万m³，开采范围约2万m²，开采深度5m，运距11.5~12.5km。河门口土料场位于鲹鱼河弃渣场范围内，现状土地利用类型为园地和林地，开采条件较好，运距适中，开采完毕后利用弃渣回填，减少工程重复占地，河门口土料场选择从环境方面分析是合理的。

2）骨料运输环境合理性分析

考虑到运输方式的经济性，拟采用公路运输成品骨料。砂石加工系统加工后的成品骨料由装车仓转自卸汽车经左岸上坝道路、乌东德大桥运输至坝区，运输距离约46km，沿线不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物和珍稀动植物集中分布区等环境敏感目标。因此，从环境保护的角度分析，公路运输方案较为合理。

（3）渣场布置合理性分析

1）渣场选址过程

乌东德水电站位于高山峡谷区，坝址地形陡峻，下游附近低高程无规模较大的平缓台地，坝区成片台地主要分布在高程950~1100m，分别为大坝上游右岸的卧嘎村和大坝下游右岸的金坪子。弃渣场规划需结合施工企业、生活营地等的布置进行合理规划。根据坝区现有地形来看，适合堆渣的场的滩地包括上游鲹鱼河滩地和上白滩滩地、下游施期滩地；可利用的冲沟包括阴地沟、猪拱地沟、下白滩沟；可利用的山谷为海子尾巴。

由于施期滩地已布置存料场和砂石系统，因此选择左岸上游下白滩沟、猪拱地沟、上白滩、阴地沟、鲇鱼河滩地为工程主弃渣场。其中，上白滩弃渣场下部缓台为堆积物，呈长条形顺江展布，堆积体下部存在粉质粘土，在导流洞过流期间，弃渣边坡可能难以自稳。因此，本阶段选择下白滩、猪拱地、阴地沟、鲇鱼河为乌东德水电站枢纽工程区主弃渣场。

依据排水设施和运输费用，各渣场比较见下表。

表 3.2-2 弃渣场比较表

弃渣场	拟堆存量 (万 m ³)	汇水面积 (km ²)	排水设施费用 (万元)	道路费用 (万元)	平均运距 (km)	运费 (万元)	征地费用 (万元)	投资合计 (万元)	投资/m ³ (元)
下白滩沟	300	4.44	572		5.5	8800	1351	10723	13
上白滩	230	0.7	350		6	3800	450	4606	15
猪拱地沟	195	6.64	1088		6.5	3900	234	5222	17
阴地沟	450	47.08	7144		8.5	13600	79	20823	26
鲇鱼河滩	3000	1.6	128	800	11	30800	0	31728	23
施期滩地	1550	20	3040	5250	6.5	20150	2523	30963	20

2) 选址合理性

工程设置的弃渣场均位于施工管理区内，部分位于水库正常蓄水位以下，未占用金沙江主河道，但由于部分弃渣场位于拟建水库内，主体工程在渣场布设时已考虑其对水库库容、防洪等方面的影响，目前选择的堆渣方式对水库的影响均在控制范围内，且弃渣场布置方案经电站预可阶段和可研阶段施工总布置专题的反复研究论证，并通过咨询和审查，渣场的设置合理性得到基本认可。

弃渣场周边的公共设施、工业企业和居民点均属拆迁范围，不存在弃渣对重要基础设施、人民群众生命财产安全造成威胁的问题。由于设置在坝址上游，下白滩、猪拱地堆料弃渣场距离坝址不足 5km，需提高防护措施标准，确保堆渣体的稳定和工程施工、运行安全。

工程设置的下白滩堆料弃渣场、猪拱地堆料弃渣场、阴地沟弃渣场位于泥石流沟沟口，从水土保持角度而言，不宜设置弃渣场。为保证弃渣稳定和施工安全，主体工程开展了专项泥石流沟防治设计，对上述泥石流沟地质构造、泥石流规模、发生频率、成因、危害及发展趋势进行了全面的调查和分析，并根据各条泥石流沟特征及其危害程度，选取合适的防治标准，分区制定了稳坡、拦挡、固床、排导等方案，能有效控制和降低泥石流沟对弃渣的影响。可见，在主体工程采取相

应的防护措施后，上述弃渣场满足水土保持限制性要求。

鲹鱼河弃渣场位于鲹鱼河左岸滩地，弃渣将占用河道原有行洪通道，需将鲹鱼河出口改道至右岸。按照相关规定，长江三峡集团公司委托凉山州水电设计院设计咨询有限公司开展了鲹鱼河弃渣场项目河道行洪论证与河势稳定评价。评价认为：鲹鱼河弃渣场工程的建设满足有关河道防洪安全、标准、管理要求，在采取一定工程措施后，对现有河道行洪能力、防洪安全等基本没有影响，对河床演变影响甚微，不影响河段的河势稳定，上述成果已获得凉山州水务局批复，相关结论纳入了《金沙江乌东德水电站防洪评价报告》并已审查通过。因此，从河道行洪与河势稳定评价的角度来说，鲹鱼河弃渣场工程建设是可行的。

综上所述，在采取相应的防护措施前提下，弃渣场选址是基本合理的。

3) 与主体工程结合布置的紧密性

主体工程在施工总布置规划时，弃渣场设置与存料场设置统一进行规划，并结合水土保持要求，从地形、堆渣条件、渣料来源和渣量、运距等方面综合选择弃渣位置。

本工程左岸地形较为陡峭，以冲沟居多，右岸地形相对平缓，有新村、海子尾巴、金坪子、施期等多处缓台。因此，施工场地、施工营地主要布置在右岸，弃渣场均布置在左岸上游冲沟中，这一方面是受地形条件限制，另一方面利用弃渣场后形成平台布置存料场、砂石料加工系统等施工设施，有利于缓解用地紧张的局面。

从堆渣条件看，下白滩、鲹鱼河、猪拱地、阴地沟弃渣场可用于堆渣的空间较大，下白滩堆料弃渣场、猪拱地、鲹鱼河弃渣场位于坝址上游水库死水位以下，阴地沟渣场部分位于坝址上游水库淹没区外，是枢纽工程主要的弃渣场地。根据现场查勘并结合地形图评判，坝址附近还可供弃渣的场地包括左岸上游上白滩、右岸上游海子尾巴及右岸下游施期。其中上白滩由于下部缓台为堆积物，呈长条形顺江展布，堆积体下部存在粉质粘土，在导流洞过流期间，弃渣后边坡可能难以自稳，考虑填筑至 875m 后作为施工场地使用；海子尾巴距离坝址较近，规划为围堰备料场使用，后期作为施工场地；施期平台距离料场和砂石料加工系统较近，距离主要开挖作业面距离最远，因此作为存料场使用更为合理。

从渣场容量看，枢纽工程建设区使用渣场容量（约 4100 万 m^3 ）大于土石方

开挖弃渣量（约 3980 万 m^3 ，松方）。本工程枢纽布置左右岸对称，开完量两岸差异较小，但从弃渣来源分析，左岸开挖弃渣 1740.94 万 m^3 ，右岸为 1271.30 万 m^3 ，右岸明显小于左岸，这主要是右岸通过利用近坝址施工场地场平及施工道路填筑，不仅减少了弃渣量，还在一定程度上避免了跨岸长距离的运渣。由于近坝渣场填筑完成后作为后期施工场地，因此先开挖的弃渣优先弃于近坝渣场，有利于场地尽快形成，延长场地使用前的渣场自然沉降时间。

从运距看，渣场位于坝址上游 8.0km 范围内，各渣场均规划场内交通道路，施工交通便利，运距适中。

由以上分析可知，工程设置的弃渣场在选址时结合出渣点位置、现场地形、交通情况，综合考虑开挖、弃渣的时空平衡，并尽量减少运距，使弃渣最大运距控制在 8.0km 以内，弃渣场均有场内交通道路运渣，施工交通便利。因此，工程弃渣场的设置与主体工程施工组织紧密结合、统筹合理。

（4）油库和爆破材料库布置环境合理性分析

1）油库和加油站

本工程设有 1 处油库兼加油站，布置在海子尾巴右岸低线过坝道路起点处，距离大坝约 4.7km，油库存储量 1500 m^3 ，建筑面积 4500 m^2 ，占地面积 12000 m^2 ，为四级油库；根据《石油库设计规范》（GB50074-2002）要求，四级油库与居住区及公共建筑物的距离不得小于 70m，与公路距离不得小于 15m。本工程加油站（油库）1km 以内无居民点，符合《石油库设计规范》要求。油库高程 1010m，距金沙江边距离约 300m，高差约 200m，在发生事故情况下油料泄漏大量进入金沙江的可能较小。

因此从环境保护角度看，本工程的油库和加油站布置较为合理。

2）爆破器材库

爆破器材库分两岸布置，左岸布置在韭菜地江边缓坡地上，右岸布置在阴地沟江对岸的坡地上，高程 1060m~1080m，单库存量均在 100t。左岸爆破器材库 1km 以内除了弃渣场和材料场外无其他施工设施，右岸爆破器材库距施工营地相对较近，但最近距离也有 800m。

根据《民用爆破器材工程设计安全规范》（GB50089-2007）要求，在无高山屏障时，同类危险等级爆破材料库（单库存药量不大于 100t）与零散住户的距离

须大于 570m，山高 30~50m，山的坡度 25°~30°，距离可减少 20%~25%。本工程两座临时炸药库距离附近居民点最近距离为 800m，主体工程施工爆破器材库周边无居民点，因此，本工程爆破器材库符合《民用爆破器材工厂设计安全规范》的要求，设置合理。

（5）硫磺厂矿渣处置环境合理性分析

乌东德电站坝区硫磺厂地处库区右岸，距坝址约 5km，位于新村生活水厂取水口上游约 320m，与取水口直线距离约 450m。该硫磺厂是利用硫铁矿采选制硫精砂，运往富民县的硫酸厂制取硫酸。该厂已于 2009 年停产，硫磺矿厂场址处约有 0.3 万 m³ 尾矿，矿厂西北侧约 150m 范围内现状分布三堆硫磺矿渣，经过实地测量，硫磺矿渣合计约 1.3 万 m³。

浸出毒性试验检测结果表明，硫铁矿原矿渣和尾矿渣浸出液的 pH 均大于 2，不属于危险废物。硫铁矿废渣为第 II 类一般工业固体废物，如不处理，经氧化和遇雨淋溶，形成的含酸废水将流进金沙江，对施工区生活取水口水质以及周边环境产生污染。

建设单位依照“三通一平”工程环评批复要求，经比选后硫磺矿渣运至施期施工区进行填埋处置。施期施工区硫磺矿渣填埋场位于金沙江西侧、规划的施期表土堆放场的北侧和规划材料场的东侧，占地面积约 9264m²，地面高程 894~897m，硫磺矿渣分布区至该填埋区的运距约 13.2km。

该填埋区地形起伏不大，场地稳定性好。填埋场利用材料场及砂石料加工厂场平边坡为基础进行填埋处置，库底高程 894.5~896m，库底开挖边坡为 1:2，靠金沙江侧和表土堆放场侧坡脚依据原始地形设置脚槽栏护，库底平整完毕后对库底及边坡进行防渗处理；库底平整开挖余土可就近填入东南侧冲沟，冲沟回填高程为 896m；填埋场东侧修建渗滤液收集池。填埋场周侧设置警示杆，悬挂警示牌。

硫磺矿渣采取填埋处置措施后，采取了防渗、截流、渗滤液收集、警示标志等措施，可避免硫磺矿渣渗滤液对施工区生活取水口水质以及周边环境产生的污染，从环境保护角度分析，处置措施是合理的。

3.2.4 移民安置方案环境合理性分析

3.2.4.1 生产开发方式合理性分析

乌东德水电站规划水平年农村生产安置总人口为 30104 人，乌东德水电站移民安置严格执行国家有关政策规定。贯彻“开发性移民”的方针，采取前期补偿、补助与后期扶持相结合的办法，使移民生活达到或者超过原有水平。

根据移民安置区山高坡陡，土地开发难度大的情况，从妥善安置移民生产生活，保证库区的长治久安，保护库区生态环境出发，生产安置以调整土地、中低产田改造等安置方式为主。规划调整耕园地 26224 亩，新开垦耕园地 14887 亩。采用调整土地的生产安置方式减少了新开垦耕地，从而减少了对植被的破坏，减少了新开土地造成的新增水土流失；新增耕地主要通过开发后备资源耕地、土地复垦、土地整理等方式获得，低产田改造、坡改梯使当地原有坡耕地上的水土流失得到有效治理，有利于当地生态环境建设和水土保持。

乌东德库区土地资源和水资源有限，且分布不均，为妥善安置移民，实现移民安置后生产和生活达到或超过原有水平，必须采取适当的生产开发措施，科学合理地利用好现有资源。依据土地利用现状，各区（县）中低产田和宜农荒山荒坡等土地后备资源较多，库区光热条件好，基础设施薄弱明显制约农业发展，现状土地利用效益低，土地开发利用潜力较大。对库区各区（县）移民安置生产用地进行土地开发规划，通过发展特色农业产业园区，进行土地开发整理，开垦区内 25°以下荒草地、废弃园地及低效林地等，配套相应的水源整治、引水工程和节水灌溉，推广科学种植制度，增强农业服务体系等综合措施，提高耕园地质量，增强土壤保土、保水、保肥能力，改善农业生产条件，提高土地利用效益和农业综合生产能力，有利于妥善安置移民，促进库区新农村建设、农村经济发展和移民逐步致富。移民安置开发规划了配套的水利灌溉等项目，新建了较多的蓄水保土工程如蓄水池、截排水沟渠等，同时配套规划了挡土墙、护坡和绿化等防护工程，对移民安置区生态环境建设和水土保持有较大的促进作用。

3.2.4.2 农村移民迁建方案合理性分析

本工程规划水平年农村移民规划搬迁安置总人口 29646 人，全部在本区（县）内安置，共规划集中安置点 26 个，其中云南省 7 个，四川省 19 个。移民安置均

在本县内安置，避免了行政区划的跨越，所有安置点均解决了水、电、路等问题，水源符合卫生和水量要求。在选址过程中，进行了地质稳定性评价，避开了自然保护区、天然林和基本农田保护区等环境敏感保护目标。农村移民迁建方案基本合理。

3.2.4.3 集镇迁建新址选择合理性分析

根据本工程移民安置规划，云南省涉及 2 处集镇安置点，分别为禄劝县的皎西安置点和元谋县的江边乡启宪安置点。皎平渡集镇新址位于皎西集镇规划范围内，为皎平渡镇一个安置小区，安置移民 356 人，总用地规模 2.60hm^2 。江边乡集镇（启宪安置点）人口规模为 4653 人。集镇迁建用地规模（不含已建小学用地 2.36hm^2 ） 46.35hm^2 。四川省涉及攀枝花市建成区面积 340.73 亩，建设征地范围内户籍人口 569 人，至规划水平年为 616 人。工程防护减少 29 人，采取局部防护方案后，城镇居民规划搬迁安置人口 587 人，集中安置在东区的那拉莫安置点，作为攀枝花市城市规划的居住组团的一部分。

移民安置集镇迁建选址时，在充分考虑了地质地形条件的基础上，兼顾了区位和交通便利、符合卫生和水量要求的水源、环境适宜及经济可行的因素，重新充分考虑了集镇在农副产品加工业方面的地区经济辐射作用，使得迁建后的集镇原有的经济基础未受到影响，还具备一定的可持续发展条件。所选择的集镇新址既能满足集镇现状规模的要求，也能满足集镇未来发展的需要。工程引起的迁建对集镇的辐射作用很小。

集镇新址的选择本着节约用地、合理用地、尽量不占用耕地的原则，占地类型主要为荒草地和草地，对耕地资源影响很小，对森林植被影响不大。

在集镇迁建规划中，从地形地貌、地质条件、区位和交通、土石方工程量、环境保护、水土保持、经济合理性等多方面进行综合比选确定。推荐的新址都是地形条件较为平坦、地质条件优良的新址进行集镇迁建规划，因此，在集镇新址“三通一平”等基础设施建设中，其土石方工程量相对较少，水土流失相对较轻，对集镇迁建中的水土保持有利。

在集镇选址过程中，进行了地质稳定性评价，避开了自然保护区、天然林和基本农田保护区等环境敏感保护目标，水源符合卫生和水量要求，集镇选址是基本合理的。

3.2.4.4 专业项目迁建规划合理性分析

(1) 工业企业迁建规划合理性分析

乌东德水电站建设征地共涉及企业 160 家。根据《企事业处理报告》，160 家企业中，纳入集镇迁建 1 家，纳入水利工程处理 1 家，迁建 91 家，货币补偿 51 家，工程防护 18 家，不予处理 8 家。

根据《产业结构调整指导目录（2011 年本）》，本工程迁建的工业企业均符合国家产业政策，无制约迁建因素。

(2) 公路复建规划合理性分析

乌东德库区复建等级道路总长度 55km，在复建规划选线中，以满足“功能恢复”为主要目的，同时考虑对环境的影响。公路路基以半挖半填为主，挖方略大于填方，减少了弃渣量；根据公路沿线弃土弃渣量的分布，结合地形、地质及施工条件，以少占耕地，尽可能利用荒沟、荒滩，同时方便施工、不造成新的水土流失为原则合理选择弃渣场；在设计中考虑了挖填边坡和弃渣场的工程防护和植物防护措施，从而得以有效地减少水土流失。

复建公路选线中，既考虑沿线居民点出行的交通方便，又尽可能地避开从村寨中间穿过，考虑了道路与居民村寨之间的防护地带，可以减少施工噪声和运行后过往车辆噪声对居民的影响。

(3) 防护工程方案合理性分析

攀枝花市库区防护工程分为两大类，一类是城区防护工程，共 17 片，防护区总面积 456.89 亩，防护区人口 677 人、各类房屋面积 15.55 万 m²，个体工商户 211 户，单位 8 家、企业 47 家。第二类是农田防护工程，共计 12 片，防护面积 1053.28 亩，其中耕园地 891.61 亩。

城区防护工程主要采取在现有建筑物外侧新建防洪墙或者将原有挡墙改造加高的方式进行防护。因淹没深度不大，农田防护工程主要采取垫高的方式，将区内土地垫高至设计洪水位以上，临江侧设置护坡。防护工程库岸总长度约 9.45km。

乌东德水电站建成后，对攀枝花市淹没影响不大，仅在汛期发生较大暴雨时形成临时淹没，且淹没深度不大，具备工程防护的条件。此外，攀枝花市用地紧张，淹没对象不具备大规模搬迁的条件。涉及企业多数依赖攀枝花市的资源条件

生存，异地迁建后将失去优势。防护工程的实施可以减少淹没损失，避免搬迁复建带来的环境影响。农田防护工程建成后，有效保护了土地资源，12 片农田防护前面积 1053.28 亩，防护区垫高后可形成土地总面积 1279.1 亩，较防护前增加 225.82 亩，一定程度上减小了移民安置的压力，可减少规划生产安置人口 518 人、规划扩迁人口 659 人；防护工程对防洪墙后回填高程较低的防护区采取新建排水暗沟及排水管，设置检查井及雨水口，对原有地面排水沟进行改造，新建集水池，在集水池的出口端分别安装逆止阀和水泵，有效防止了运行期地下水位上升，造成土地浸没等问题。防护工程方案基本合理。

3.3 工程环境影响因素分析

3.3.1 工程施工

3.3.1.1 地表水污染源

乌东德水电站工程施工过程中水污染源主要包括基坑排水、砂石料加工系统冲洗废水、砼搅拌系统冲洗碱性废水、施工车辆含油冲洗水以及施工人员生活污水等。

(1) 基坑排水

工程基坑排水包括初期排水和经常性排水。根据施工组织设计，初期排水基坑水量约为 336 万 m^3 。初期排水控制抽水速度按基坑水位下降每天不大于 1.5m 考虑，拟 10 天抽干至原河床，每天排水量为 18 万 m^3/d 或 0.75 万 m^3/h 。

经常性排水由基坑渗水、降雨汇水、施工弃水等组成。以大坝坝基为界，分为上、下游两个基坑。上游基坑渗水流量约 300 m^3/h ，下游基坑渗水流量约 300 m^3/h ；降雨汇水排水量按抽水时段最大日降水量 138.3mm 在当天抽干计算，经估算上游基坑汇水约 1.27 万 m^3 ，下游基坑汇水约 1.91 万 m^3 ，按 1 天排干计算，上游基坑抽水强度约 600 m^3/h ，下游基坑抽水强度约 800 m^3/h ；降水与施工弃水不重叠计算，经常性排水强度按降水与围堰渗水组合考虑，上游基坑经常性排水强度为 900 m^3/h ，下游基坑经常性排水强度为 1100 m^3/h 。

由于基坑开挖和混凝土浇筑养护，基坑水的悬浮物含量和 pH 值较高。根据已建水利水电工程的监测资料，经常性基坑排水的 pH 值达 11~12，悬浮物浓度一般在 2000 mg/L 左右。基坑废水若不经处理直接排放，将对施工江段水质产生

不利影响。

(2) 砂石料加工冲洗废水

根据施工布置,乌东德水电站工程施工共布设 3 个砂石料加工系统,分别为左岸大坝上游下白滩砂石料加工系统、海子尾巴砂石料加工系统和右岸施期砂石加工系统,其中下白滩砂石加工系统设计毛料处理能力 1250t/h,系统设计成品生产能力 1000t/h;海子尾巴砂石料加工系统设计毛料处理能力 230t/h,系统设计成品生产能力 190t/h;施期砂石加工系统设计毛料处理能力 1100t/h,设计成品生产能力 850t/h,均为二班制生产,用水量分别为 870m³/h、210m³/h 和 700m³/h,废水产生量分别为 730m³/h、202m³/h 和 560m³/h。

施工生产废水中,人工砂石骨料加工系统冲洗废水是最大的污染源,砂石骨料经过筛分后进行冲洗,废水中主要含颗粒细小的石粉,悬浮物浓度较高。根据本工程砂石料料源特征以及以往工程的实测结果,估计 SS 浓度在 45000mg/L 左右。砂石料加工废水如不经处理,直接排入金沙江,将造成岸边局部水域悬浮物浓度增大,对施工江段水质产生一定影响。因此,本工程考虑将废水处理后回用于生产,不外排。

砂石料加工系统冲洗废水经处理后回用,考虑渗漏、蒸发等因素,有一定损耗。根据水量平衡,施期大坝砂石料加工系统回用水量为 448m³/h,需补水 252 m³/h;下白滩废水处理系统回用水量为 584 m³/h,需补水 286m³/h;海子尾巴废水处理系统回用水量为 162 m³/h,需补充水量 68m³/h,综上所述砂石料加工系统总计需补充新水水量为 606 m³/h,补充水量利用金沙江江水,可以满足砂石料加工系统需水要求。砂石料加工系统用水计算过程详见表 3.3-1,砂石料加工系统水量平衡见图 3.3-1。

表 3.3-1 砂石料加工系统用水计算表

砂石料加工系统名称	设计成品料处理能力 (t/h)	设计毛料处理能力 (t/h)	设计用水量 (m ³ /h)	产生废水量 (m ³ /h)	加工系统蒸发耗散 (m ³ /h)	废水处理蒸发耗散 (m ³ /h)	回用水量 (m ³ /h)	需补充水量 (m ³ /h)
下白滩	1000	1250	870	730	140	146	584	286
施期	850	1100	700	560	140	112	448	252
海子尾巴	190	230	230	202	28	40	162	68
总计	1890	2580	1780	1492	308	298	1194	606

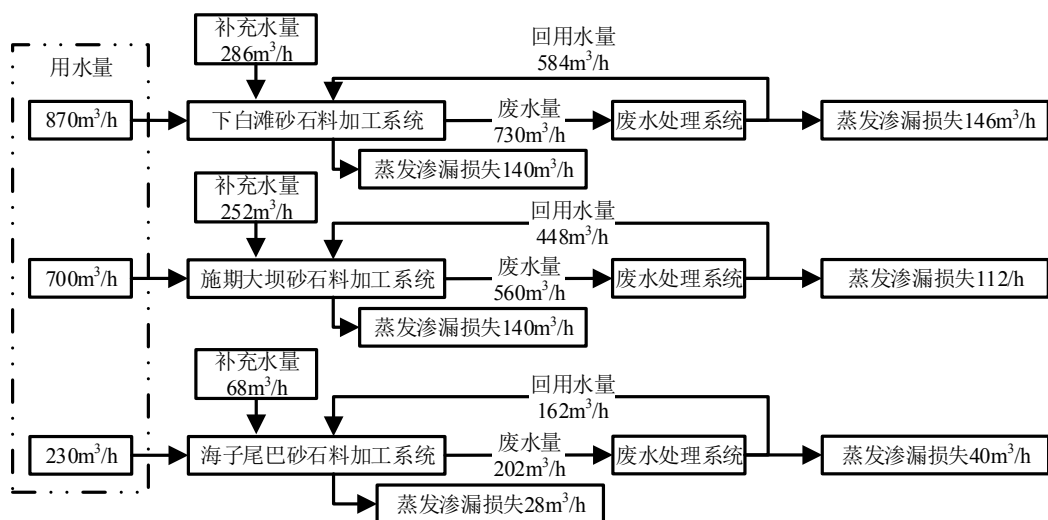


图 3.3-1 砂石料加工系统水量平衡图

(3) 混凝土拌和系统碱性冲洗废水

混凝土拌和系统废水主要来源于混凝土转筒、料罐、搅拌机等冲洗废水，废水 pH 一般大于 10，并含有较高悬浮物，其浓度可达 5000mg/L 左右。本工程混凝土生产系统主要为大坝 970 混凝土生产系统、左岸上游 880 混凝土生产系统及左岸下游 850 混凝土生产系统。其中大坝 970 混凝土生产系统配置 2 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，其常态混凝土生产能力为 480m³/h；880 混凝土系统配置 1 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，其常态混凝土生产能力为 240m³/h；850 混凝土系统配置 1 座 HL360-4F4500 型自落式搅拌楼和 1 座 HL240-4F3000 型自落式搅拌楼，其常态混凝土生产能力为 600m³/h。三混凝土拌合系统均为三班制生产。混凝土系统冲洗废水主要在对拌和系统进行清洗以及二次筛分过程中产生的，其中 850 混凝土生产系统、大坝 970 混凝土生产系统存在二次筛分。左岸下游 850、左岸上游 880、大坝 970 混凝土生产系统的废水量依次分别为 96m³/h、24m³/h 和 96m³/h。混凝土系统废水经处理达到污水综合排放一级标准后用于道路洒水。

(4) 含油废水

施工期在枢纽工程区共设置机械修配厂（含机械设备停放场）3 个、汽车修理及保养厂 3 个，由于机械修理厂与汽车修理及保养厂相邻布置且产生的污染物均主要为石油类、COD 及悬浮物，因此考虑将废水合并处理后达标排放，金坪子施工机械 470 辆，阴地沟 168 辆，下白滩 233 辆，按每辆施工机械冲洗一次产生含油废水 120L 估算，各机修及汽车保养系统污染源强见下表。

表 3.3-2 各机械修配厂、汽车修理及保养系统废水产生量表

名称	机械修理、汽车修理及保养厂			处理目标
	金坪子	阴地沟	下白滩	
排放强度	56.4 m ³ /d	20.2m ³ /d	27.9m ³ /d	石油类≤5mg/L;
每小时冲洗车辆	60	21	30	SS≤70mg/L
污染物质	石油类：100mg/L、SS：1000mg/L；			

（5）生活污水

生活污水主要来源于 4 个承包商营地。生活污水中主要污染物来源于排泄物、食物残渣、洗涤剂，根据其它工程经验，生活污水污染物指标：COD 浓度一般为 400mg/L，NH₃-N 浓度一般为 35mg/L。

根据施工规划，参照《水电水利工程施工压缩空气、供水、供电系统设计导则》（DL/T5124-2001）中第五区第四类用水标准、《村镇供水工程技术规范》（SL310-2004）、《禄劝环保十二五规划》及《会东县环保十二五规划》，施工人员生活用水量取 250L/人·d，废水量按用水量的 80%取。

各施工生活区生活污水产生情况见表 3.3-3。生活污水水量平衡详见图 3.3-2。

表 3.3-3 各施工生活区生活污水产生量统计表

污染源位置	高峰人数 (人)	高峰日用水量 (m ³ /d)	高峰日污水量 (m ³ /d)
新村	2000	500	400
海子尾巴	1500	375	300
金坪子	7250	1812	1450
马头上（左岸）	1000	250	200

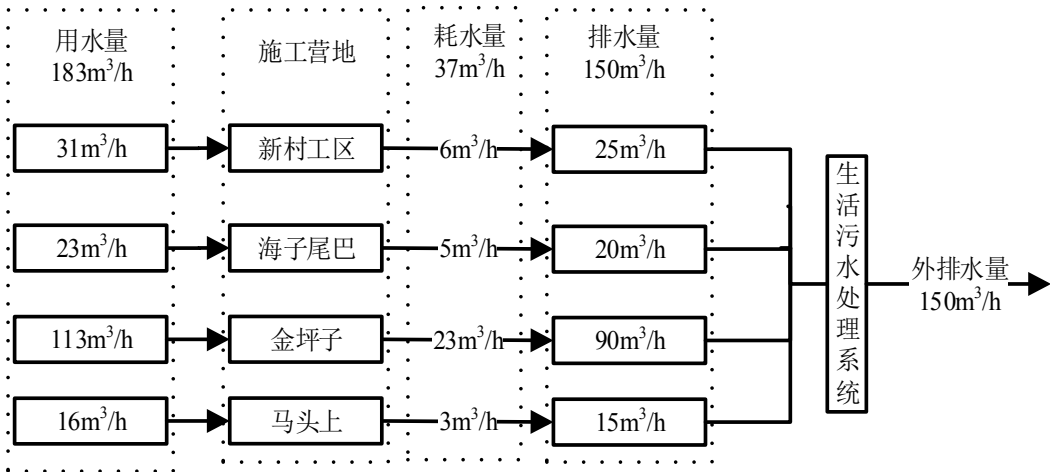


图 3.3-2 生活污水处理设施水量平衡图

（6）其他粪便污水

在施工作业面及施工辅助设施附近一般设有临时小型营地，人口规模为几人

至几十人，其粪便污水产生量较少。另外，施工作业面的施工人员也将产生一定的粪便污水。粪便污水所含污染物主要为 BOD₅ 和 COD，BOD₅ 浓度在 200mg/L 左右，COD 浓度在 400mg/L 左右。

3.3.1.2 地下水环境污染源

根据建设项目的特点，建设项目地下水含水类型主要有第四系松散层孔隙含水层，基岩裂隙含水层和碳酸盐岩类裂隙溶隙含水层。

隧洞施工可能造成涌水、突水，对地下水流场的影响较大。对于位于隧洞的上方的地下水含水层，隧洞为排泄地下水的人工通道。隧洞开挖对地下水水位和渗流场的影响主要为建设期水位下降及可能造成部分地段泉流量的衰减。

此外，施工期间生活污水和生产废水的排放及硫磺厂堆渣场等可能污染源的泄漏将对评价区内地下水的污染，影响分散式居民饮用水源的地下水水质。

地下水污染源包括：

1) 距坝址上游约 4.5km 处堆放有已废弃停产的硫磺厂堆渣。由于硫铁矿废渣浸出液为酸性，具有腐蚀性。浸出毒性试验检测结果表明，硫铁矿原矿渣和尾矿渣浸出液的 pH 均大于 2，不属于危险废物。采用经验公式进行填埋场渗滤液的估算，项目填埋场渗滤液产生量为 840.7m³/a，以 365 天计，填埋场渗滤液平均产生量为 2.3m³/d。20 年一遇日最大降雨量时填埋场渗滤液的产生量为 69m³/d。

2) 加油站与油库集中布置在右岸上游新村高线公路旁。按开挖高峰月存储 30d 计算，存储量 1500m³，建筑面积 4500m²，占地面积 12000m²。加油站和油库等发生事故泄漏将对周边地下水环境产生污染。

3) 库区和坝址区在勘探过程中共有 18 个钻孔发现在灰岩及白云岩地层内有黄铁矿晶体分布，左岸分布较多，出露高程 678.05-947.87m，且大多位于 830m 高程以下。水库蓄水后，地下水位抬升，流经含有黄铁矿的灰岩和白云岩地层，黄铁矿在地下水的运动下被氧化，与灰岩和白云岩产生水岩作用，使得 SO₄²⁻离子浓度明显增高，对地下水环境产生影响。

4) 施工期的生产废水和生活污水。

3.3.1.3 生态环境影响源

(1) 陆生生态

乌东德水电站施工生态评价区地处金沙江干热河谷区域，植被以稀树灌木草丛为主，生态环境较为脆弱。施工区开挖、回填、弃渣、工程场平、占地等均将扰动占地区植被。据统计，施工区共占用各类植被面积 697.36hm²，施工区占地将使区域植被面积减少，植被面积的减少和各类施工活动干扰影响施工区原有野生动物的正常活动，对其生境造成一定影响。

施工区占地不涉及国家和云南省级重点保护野生植物，主要涉及古树 1 株；施工生态评价区分布有鸢、红隼、普通鵟、草鹞 4 种国家 II 级重点保护鸟类，四川省省级重点保护鸟类 1 种：八声杜鹃。施工区占地、开挖、回填、场平等施工活动将对其产生一定的干扰。

（2）水生生态

乌东德水电站施工区施工活动主要在陆地上进行，对水生生态的影响较小。施工活动对水生生态的影响主要是鲹鱼河渣场滩地弃渣对水生生境的影响。

另外，施工导流过程导致导流洞区域河流的水流方向、流速发生变化，改变了该区域的水文条件。水文情势的变化对围堰下游区域的水生生物将产生不利影响，特别是对下游的产漂流性卵的鱼类，水流方向和流速的变化将影响漂流性卵鱼类的生长和繁殖。围堰区域的基坑排水亦对河流水质产生污染影响，局部区域的水质变化将影响区域浮游生物的数量和种类组成。

（3）水土流失

各种施工活动将扰动占地区的地表，损坏部分水土保持设施，增加水土流失强度。工程共产生弃渣 3516.35 万 m³，规划堆放于上白滩、下白滩、鲹鱼河、猪拱地和海子尾巴弃渣场。弃渣堆放将损坏植被，若不采取防护措施，在雨水冲刷下易造成水土流失。

3.3.1.4 环境空气污染源

乌东德水电站施工期对环境空气质量产生影响的污染源主要有燃油机械设备、坝基爆破开挖、填筑、炸药爆破作业、砂石加工系统、交通运输系统等，排放的主要污染物为粉尘、废气和扬尘。

（1）机械燃油废气

施工废气主要为各类施工机械燃油产生，主要的污染物为 NO₂ 等废气。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。根据《环境保护使用数

据手册》，柴油发动机大气污染物排放系数 NO_x 为 21.9g/L，CO 为 33.3g/L。根据美国国家环保局推荐使用的计算道路尾气扩散的法规模型中提供的 NO_x 和 NO₂ 的转换系数，NO_x 和 NO₂ 的转换系数取 0.075。乌东德水电站工程施工期油料用量为 24 万 t，产生 NO₂ 492.75t，产生 CO 9990t。

（2）爆破及边坡开挖粉尘、废气

炸药爆破时会产生粉尘和 NO₂ 等污染物，污染源主要集中在导流洞爆破施工和石料厂开采爆破施工部分。爆破属于瞬间源，其粉尘、废气的影响范围主要集中在爆破源附近。

在未采取防尘措施前提下，坝基开挖爆破粉尘的排放系数为 200kg/t 炸药，NO₂ 的排放系数为 15.27kg/t 炸药，CO 的排放系数为 41.75kg/t 炸药。

乌东德水电站施工期炸药用量为 1 万 t，施工爆破及开挖产生粉尘总量 2000t，NO₂ 总量 122.7t，CO 总量为 417.5t。

（3）施工作业面粉尘

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分的运输过程中均会产生粉尘污染。下白滩砂石加工系统、施期砂石加工系统和海子尾巴砂石加工系统的毛料处理能力分别为 1250、1100 t/h 和 230 t/h。

根据《三废处理工程技术手册(废气卷)》，砂石料加工系统湿法生产系统粉尘排放强度为 0.05kg/t 产品，下白滩砂石加工系统粉尘排放强度为 62.5kg/h，施期大坝砂石加工系统粉尘排放强度为 45.0kg/h，海子尾巴砂石加工系统粉尘排放强度为 11.5kg/h。在生产过程中采取定时洒水降尘措施后，颗粒物的去除量可达 94%，飘散的粉尘量较少，可控制在 6%以下。粉尘排放速率见下表。

表 3.3-4 施工作业面粉尘排放速率一览表

石料加工系统	占地面积 (万 m ²)	生产能力 (t/h)	粉尘产生量 (kg/h)	粉尘排放速率 (mg/s.m ²)	粉尘可控排放量 (kg/h)	粉尘可控排放速率 (mg/s.m ²)	污染源长 (m)	污染源宽 (m)
下白滩砂石加工系统	7.5	1000	50	0.1850	3.00	0.0111	300	250
施期大坝砂石加工系统	5.8	850	42.5	0.2033	2.55	0.0122	300	193

海子尾巴砂石加工系统	4.9	190	9.5	0.0533	0.57	0.0032	288	170
下白滩弃渣场	25.46		17.8	0.1944	1.07	0.0117	600	424
施期存料场	16		11.2	0.1944	0.67	0.0117	330	485

(4) 交通运输

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶。道路施工的主要污染环节为灰土搅拌及混凝土拌和作业，材料的运输和堆放，土石方的开挖和回填等作业过程，上述各环节在受风力的作用下将会对施工现场及周围环境产生 TSP。

为考虑不利情况，施工期间汽车行驶速度取 50km/h，载重取 30t，道路表面粉尘量取 0.3kg/m²，则汽车行驶产生的扬尘量为 2.96kg/km.辆。在运行过程中采取洒水车定时洒水降尘、清扫等措施后，颗粒物的去除量可达 94%，扬尘量为 0.178 kg/km.辆，各敏感路段粉尘可控排放速率源强为 0.57~3.15kg/km.h。

工程施工设计时已考虑交通扬尘影响情况，左右岸施工道路均采用混凝土路面，可较好地减少扬尘产生。同时，在运行过程中采取洒水车定时洒水降尘、清扫等措施后，颗粒物的去除量可达 94%，飘散的粉尘量较少，可控制在 6%以下。根据相关文献，确定不同道路类型的粉尘排放因子。各敏感路段粉尘排放速率计算结果见表 3.3-5。

根据施工布置，部分场内施工道路附近有居民点分布，交通扬尘可能会对附近敏感点造成一定的影响。

表 3.3-5 各敏感路段粉尘排放量一览表

道路名称	路面材料	车流量 (辆/h)	路基宽度 (m)	粉尘排放因子(kg/km.辆)	粉尘排放速率 (kg/km.h)	粉尘可控排放速率 (kg/km.h)
左岸高线过坝道路	水泥混凝土	168	10.5	0.41	68.88	4.14
左岸低线过坝道路	水泥混凝土	128	10.5	0.41	52.48	3.15
右岸高线过坝道路	水泥混凝土	40	9.5	0.41	16.40	0.99
右岸低线过坝道路	水泥混凝土	84	9.5	0.41	34.44	2.07
施期料场路	水泥混凝土	50	7.5	0.41	20.5	1.32

（5）地下工程施工

地下建筑物多而复杂，洞室群密布且布置紧凑，洞室开挖断面大。有的相互结合，有的相互交叉。乌东德水电站地下洞室群（不包括交通洞）岩石开挖总量为 1032 万 m³。洞室施工开挖粉尘的排放系数为 0.003kg 粉尘/m³开挖量，共约产生粉尘 31t。

3.3.1.5 声环境

乌东德水电站工程施工区噪声主要来源于：固定、连续式的钻孔和施工机械设备产生的噪声；短时、定时的爆破噪声；运输车辆产生的移动噪声。根据敏感点的分布情况，对敏感点可能造成影响的噪声污染源包括大坝施工、砂石料加工系统、混凝土拌和系统、施工工厂、弃渣场、石料场以及交通运输等方面。下面从施工机械及辅助企业噪声、交通噪声和爆破噪声源三个方面对生源产生的影响进行分析。

（1）施工机械及辅助企业噪声

1) 大坝施工

大坝施工主要噪声源有钻孔爆破、开挖出渣、大坝浇筑与混凝土拌合等。钻爆开挖过程中使用的各种钻机产生的噪声均大于 90dB，各种运输车辆行驶过程中产生的噪声接近 90dB，大坝施工作业期间主要机械设备噪声实测值详见下表。类比向家坝水电站实测数据，噪声源强在 96~110dB 之间。

根据施工规划，大坝施工区附近 200m 内无敏感点分布。

表 3.3-6 大坝施工期间主要机械噪声实测值

施工区域	噪声源	测试点位置	噪声级（dB）
大坝施工区	手风钻	手风钻操作点	104.4
	潜孔钻	驾驶室	98.8
	推土机	驾驶室	98
	20T汽车	驾驶室	93.8
	挖掘机	3m, 10s	85-86
	装载机	3-5m, 10s	83-96

2) 砂石料加工系统

砂石加工系统生产工序包括粗碎、中碎、细碎、制沙、筛分、洗泥生产。砂石料加工系统为连续点声源，参照类似工程砂石加工设备噪声实测资料，所有设

备同时运行声源叠加后作为砂石加工厂的源强，本工程砂石料加工系统噪声值在在 95~115dB 之间。

根据施工规划，下白滩砂石加工系统可能对附近的三台村二组产生影响。

3) 混凝土拌合系统

混凝土拌合系统主要机械设备包括混凝土拌合楼、圆筒振动筛、螺旋洗砂机、空压机等。混凝土拌合系统噪声源主要来自于混凝土拌合楼的拌合作业，骨料的制冷系统、冲洗、脱水、运输过程中都将产生噪声污染。混凝土生产系统为连续点声源，参照类似工程混凝土生产设备噪声实测资料，所有设备同时运行声源叠加后作为混凝土生产系统噪声的源强，1m 处声强级约为 90~110dB(A)。

根据施工规划，各混凝土生产系统附近 200m 范围内无敏感点分布。

4) 施工工厂

根据噪声敏感点分布情况，在 4 处施工营地附近均分布有施工工厂。乌东德施工工厂施工区机械加工厂有小型预制板厂、钢管厂、木材加工厂、钢筋加工厂等，噪声监测成果见下表。施工工厂作业期间噪声在 55~95dB 之间。

根据施工规划，施工工厂附近 200m 范围内无敏感点分布。

表 3.3-7 施工工厂噪声实测值

施工区域	噪声源	测试点位置	噪声级 (dB)
机械加工厂	小型预制板厂	厂外1m, 1min	55~65
	钢管厂	正门外1m, 1min	78~95
	木材加工厂	距主声源10m, 10s	88~89
	钢筋加工厂	距主声源10m, 10s	90~91

5) 弃渣场

弃渣场噪声主要来自弃土场区的机械作业噪声以及运输车辆交通噪声。弃渣场作业期间，噪声一般在 85~95dB 之间。

根据施工规划，本工程弃渣场有 4 处，分别是下白滩、阴地沟、鲮鱼河和猪拱地弃渣场。其周边 200m 范围内均无环境敏感目标。

(2) 交通噪声

本工程的交通噪声主要来源于车辆运输。交通噪声属于流动声源，其源强大小与车流量、车速以及路况等因素有关。施工区主要来往车辆为载重量 10t~20t 级自卸汽车，以大型车为主，公路设计时速为 20 或 30km/h，交通运输噪声在 85~

94dB 之间。根据施工规划，施工道路附近分布有卧嘎村、三台村二组及二坪子村等敏感点，交通噪声可能会对附近敏感点造成一定的影响。

(3) 爆破噪声

本工程的爆破噪声主要为隧洞施工爆破噪声和石料场的开采爆破噪声。爆破噪声与爆破方式、单响装药量等有关。爆破噪声具有间歇性，相对于连续作业的固定声源和流动声源，其影响时间段短。根据以往工程露天爆破实测资料，爆破噪声值一般在 90~140dB(A)之间。施工爆破噪声源强较大、影响范围广。

根据施工规划，施期石料厂的爆破噪声可能对二坪子村产生一定影响。

3.3.1.6 固体废物

施工区固体废弃物主要包括生活垃圾、建筑垃圾和辅助企业生产垃圾等。

1) 生活垃圾

①生活垃圾成分及特性

生活垃圾成分受生活水平、生活习惯和能源结构等因素的影响，水电站施工区生活垃圾成分有其自身的特点。生活垃圾以厨余为主，此外草木、塑料包装袋、纸类、砖渣相对含量较高。

②生活垃圾产生量

施工期间，施工区平均施工人数约 8000 人，工程总工期为 122 个月，施工期间共产生生活垃圾约 29280t。

2) 建筑垃圾和辅助企业生产垃圾

建筑垃圾主要是工程弃渣、临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块等。建筑垃圾除部分回收利用外，其它如不妥善处置，会对周围环境产生环境污染。

施工辅助企业生产过程中产生一定数量的废弃物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等。

3) 工程弃渣

乌东德电站枢纽工程建设共计产生弃渣 3516.35 万 m³。如不对弃渣进行防护，弃渣受江水和水库蓄水影响，可能产生滑塌、泥石流等水土流失危害，流失的弃渣进入金沙江，造成淤积，对大坝施工产生影响。也会造成严重的水土流失及危害，加之当地生态环境脆弱，遭受损坏的植被短期恢复难度较大，势必对当

地生态环境造成不利影响。

3.3.1.7 社会环境

(1) 社会经济

施工期间对社会经济的影响主要来源于工程建设对人力、材料等资源的需求，工程资金的投入，基础设施的建设以及施工占地等方面。具体体现在工程建设需要的大量人力，一定程度上可解决当地人员就业问题；需要大量的物资，将成为当地经济强有力的推动力，刺激当地经济的发展；工程巨大资金的投入对区域经济发展有巨大推动作用；施工占地可在短时间内影响农业经济的增长，施工期间大量工程物资的运输对当地交通造成一定的压力，但这部分影响只是暂时的。

(2) 人群健康

施工期，施工人员多而聚集，若不加强环境卫生、饮用水卫生、食品卫生管理，有可能造成痢疾、病毒性肝炎等肠道传染病流行；施工人员来自不同地区，可能会带来其居住地的病原体，相互感染。如不加强预防检疫，可能导致疾病流行。

3.3.1.8 污染源汇总

综合以上分析，乌东德水电站工程施工期各类污染源、主要污染物、污染源强、污染源位置及排放规律等汇总至下表。

表 3.3-8 乌东德水电站工程施工期污染源源强汇总表

环境要素	污染源	主要污染物	排放源强	污染源位置	排放规律
地表水环境	砂石加工系统	SS: 45000mg/L	三处: 730m³/h、202m³/h 和 560m³/h	下白滩砂石料加工系统、海子尾巴砂石料加工系统和右岸施期砂石加工系统	点源，连续排放
	混凝土拌和系统	SS: 5000mg/L	三处分别为 96m³/h、24m³/h 和 96m³/h	左岸下游 850、左岸上游 880、大坝 970 混凝土生产系统	点源，间歇排放
	汽车冲洗废水	石油类: 30mg/L; SS: 3000mg/L	三处分别为 56.4m³/d、20.2m³/d 和 27.9m³/d	金坪子、海子尾巴、下白滩	点源，连续排放

环境要素	污染源	主要污染物	排放源强	污染源位置	排放规律
	施工生活区	COD: 400mg/L; BOD: 200mg/L; NH ₃ -N: 35 mg/L	四处分别为 400 m ³ /d、300m ³ /d、1450m ³ /d、200m ³ /d、	新村、海子尾巴、金坪子、马头上	点源，连续排放
	其他粪便污水	BOD,200mg/L; COD,400mg/L		施工作业面及施工辅助设施附近	点源，连续排放
地下水环境	填埋场渗滤液		69m ³ /d	施期平台地面高程 895m~920m	点源，间歇排放
	其他事故排放			生产、生活废水，油库、加油站风险事故	
生态环境	陆生生态	施工区开挖、回填、弃渣、工程场平、占地		施工区及周围	
	水生生态	施工导流、大坝建设改变水生条件		库区及下游河流	
	水土流失	施工活动扰动		施工区	
环境空气	机械燃油	废气	NO ₂ 492.75t, CO 9990t	施工区	面源，无组织排放
	施工爆破作业	废气、粉尘	粉尘总量 2000t, NO ₂ 总量 122.7t, CO 总量为 417.5t	施工爆破作业区	
	砂石加工系统生产	粉尘	62.5kg/h、45.0kg/h、11.5kg/h。	下白滩、施期、海子尾巴	
	交通扬尘	粉尘	0.99~4.14 kg/km.h	施工道路	
	地下工程开挖	粉尘	总量 31t	施工作业区	
噪声	大坝施工	Leq	96~110dB	大坝施工作业区	面源
	砂石料加工系统	Leq	95~115dB	下白滩、海子尾巴、右岸施期砂石加工系统	
	混凝土拌和系统	Leq	90~110dB(A)		
	施工工厂	Leq	55~95dB	4 处施工营地	
	弃渣场	Leq	85~95dB	下白滩、阴地沟、鲮鱼河和猪拱地弃渣场	
	交通噪声	Leq	85~94dB	场内交通道路	
	爆破噪声	Leq	90~140dB(A)	隧洞施工、石料场开采	间歇点源
固体废物	生活垃圾	生活垃圾	施工期 29280 t	生活营地	
	工程弃渣	弃渣	3516.35 万 m ³	大坝工程、坝后厂房等	
社会环境	人群健康	流行性疾病		施工营地	

3.3.2 水库淹没及占地

(1) 水库淹没

水库淹没土地总面积 12636.80hm²，按占地类型划分，耕地 1627.93 hm²，园地 1043.00 hm²，林地 1821.80 hm²，草地 1296.87 hm²，交通运输用地 145.60 hm²，水域及水利设施用地 5585.60 hm²，城镇村及工矿用地 310.40 hm²，其它土地 805.60 hm²。

表 3.3-9 水库淹没区占地土地类型一览表

土地利用类型	水库淹没影响区 (hm ²)	水库淹没区 (hm ²)			影响处理区 (hm ²)		
		小计	云南	四川	小计	云南	四川
耕地	1627.93	1603.80	1131.73	472.07	24.13	12.60	11.53
园地	1043.00	1027.00	639.73	387.27	16.00	4.20	11.80
林地	1821.80	1773.80	1146.07	627.80	47.93	32.53	15.40
草地	1296.87	1267.87	712.60	555.27	29.00	9.87	19.13
交通运输用地	145.60	143.87	73.47	70.33	1.73	0.60	1.13
水域水利设施	5585.60	5583.47	2832.27	2751.20	2.13	0.20	1.93
城镇村及工矿	310.40	302.53	190.60	111.93	7.87	3.80	4.00
其它用地	805.60	798.00	417.67	380.33	7.60	4.27	3.40
合计	12636.80	12500.33	7144.07	5356.27	136.47	68.20	68.33

水库淹没会引起评价区各土地利用类型面积的变化，其中以林地和耕地面积淹没损失最大，其余依次为交通用地、草地、园地、其它用地和建筑用地。淹没占地对评价区土地资源产生一定影响。

水库淹没林地共计 1821.80hm²，淹没范围内的植被将遭到破坏，造成一定量的植物生物量损失，局部区域陆生生态系统的完整性可能在一定程度上受到影响；在淹没区栖息的野生动物将被迫迁移，其栖息地面积环境将受到压缩，其中爬行类和两栖类的动物的影响相对明显。

(2) 枢纽工程占地

枢纽工程建设区总面积 12.27km²，其中永久占地区 9.48km²，临时用地区 2.79km²。按占地类型分，耕地 73.28hm²，园地 380.02hm²，林地 365.58hm²，草地 124.61hm²，交通运输用地 13.09hm²，农村建设及工矿用地 25.44m²，水域水利设施 159.23hm²，其它用地 115.11hm²。

工程永久征地中耕地 56.88hm²，将对工程所在地土地利用带来一定的影响。临时占地 2.79km²，临时占地在施工结束后可恢复其原有土地利用性质。工程占用耕园地将使占地区的农作物及经济作物的产量减少，对相关乡镇的农业生产造成一定影响。

工程占用林地 365.58hm²，将破坏地表植被，降低林地生物量和生产力，增加水土流失，并迫使生活在占地区域的动物迁移。临时占用林地部分在施工结束后可恢复其原有生境。

3.3.3 移民安置

3.3.3.1 生态环境影响源

移民安置期生态环境影响源主要是生产开发、居民点建设、工矿企业迁建、专项设施复建过程中的占地、开挖、场地平整等。

(1) 生产开发

本工程规划生产安置人口 30104 人，规划调整土地 26224 亩，新开垦耕园地 14887 亩。调整土地的生产安置方式，对生态环境影响很小。新开垦耕园地在生产开发建设过程中的地表清理和土石开挖等都会扰动地表、破坏植被，将会对环境产生一定的影响。

由于在开发过程中破坏和扰动了原地表，可能会产生新的水土流失，根据有关类似工程的调查，在生产开发中的土壤侵蚀模数可能达到 9000t/km².a 以上。

(2) 居民点建设

本工程移民安置要进行农村集中安置点建设及集镇建设。移民迁建过程中的开挖、回填、占地等将损毁植被，造成该区域陆生植物减少，并对陆生动物的栖息地产生一定影响。在居民点建设过程中如不采取水土保持措施，将会造成新的水土流失。

(3) 专项设施处理

本工程库区复建等级公路 55km，建设征地共涉及企业 160 家，其中纳入集镇迁建 1 家，纳入水利工程处理 1 家，迁建 91 家，货币补偿 51 家，工程防护 18 家，不予处理 8 家。城区防护工程新建防洪墙总长度约 10.9km；农田防护工程采取垫高方式对 12 片农田进行防护，防护护岸总长度约 9.45km。

专项设施处理占用的地类多为灌木林地、旱地等，将会减少复建区域的植被

数量，降低植被覆盖率，对植被有一定的影响；由于道路开挖的边坡坡度较大，如不对边坡采取措施，将会加剧水土流失；同时工程弃渣若乱堆乱放，将会新增水土流失，从而对区域的环境产生一定的影响。

3.3.3.2 水污染源

移民安置对水环境产生的影响主要来自居民点的生活污水。农村移民用水量按 130L/人·d 计算，污水排放量取用水量的 80%。本工程农村移民安置迁建人口 29646 人，则生活污水排放量为 3236t/d；生活污水中的主要污染物为 COD、BOD₅、氨氮和 SS，其排放的浓度分别为：300mg/L、150mg/L、35mg/L、200 mg/L，则主要污染物排放量分别为：COD 971kg/d、BOD₅ 486kg/d，氨氮 113kg/d、SS 647 kg/d。农村移民安置中分散后靠安置的移民生活污水量较小且分散，对水环境影响很小。集中安置区生活污水量相对较大且集中，如不经处理直接排放，将影响周边水体水质。

本工程迁建集镇 2 个，其中规模较大的为江边集镇，迁建人口规模为 4563 人。集镇用水按 130L/d·人计算，污水排放量取用水量的 80%，则江边集镇生活污水排放量为 474.6t/d，主要污染物排放量分别为：COD 142.4kg/d、BOD₅ 71.2kg/d，氨氮 16.6kg/d、SS 94.9 kg/d。江边集镇生活污水排入龙川江，如集镇污水不经处理直接排放，将对周边水体的水质可能产生一定影响。

另外，迁建的企业中，企业投入生产，将会产生废水，主要污染物为 COD、氨氮、悬浮物等。企业生产废水如不经处理，直接排放，将对乌东德库区水环境产生影响。

3.3.3.3 噪声源

移民安置对声环境产生的影响主要来自于移民安置建设期爆破、机械设备和运输车辆运行等产生的噪声，其中机械设备主要有挖掘机、推土机、小型混凝土搅拌机、起重机、风钻、振捣器、夯土机、空压机等。上述设备作业时都产生较大噪声，噪声排放方式均为间歇性排放，声源较大的机械设备声级约在 85~105dB。其影响主要发生在集镇迁建和重大专项复建区如公路复建区、防护工程区等。

在复建公路运行中，由于过往车辆的行驶，也会对道路两侧的居民点产生一

定影响。本工程复建公路选线均避开了穿越村寨。因此，噪声对居民点的影响是有限的。

3.3.3.4 大气污染源

大气环境影响主要来自移民安置建设期。主要发生在集镇迁建、公路复建等施工强度较高的区域。集镇迁建、公路复建过程中的爆破、运输与工程机械设备施工活动会产生一定量的废气和粉尘，可能会对施工人员和新址占地拆迁后靠居民带来一定的影响。集镇和公路复建中场地平整、边坡开挖，以及排除不稳定岩体或荷载等均需要采用爆破作业，爆破对空气环境产生的污染物有粉尘、NO₂、CO 等。集镇建设施工活动中使用的主要机械设备和汽车大多以汽油或柴油为燃料，在这些机械设备的运行中，将会排放 NO₂、SO₂ 等污染物质。

3.3.3.5 固体废物

移民安置区固体废物对环境的影响主要来自于移民安置后生活垃圾对环境的影响。安置区生活垃圾产生量按 1kg/d·人计算，生活垃圾产生量 30.88t/d。

由于垃圾组成十分复杂，所含的化学元素很多，主要以碳、氢、氧、氮为主，此外还有少量的有毒有害物质。如果垃圾无固定堆放场所，又不进行必要的处理，如遇大雨，垃圾将会被冲入水体，不仅会对水体水质产生一定影响，还会对安置区的生活条件和环境卫生产生不良影响，从而为蚊蝇的孳生提供了条件，有可能引起传染性疾病的流行。

3.3.4 工程运行

(1) 社会环境

乌东德电站装机容量 10200MW，设计年平均发电量 389.3 亿 kW·h，水库预留防洪库容 24.4 亿 m³，水库运行 50 年，可减少向下游输沙量约 17.40 亿 t。工程运行后，可产生巨大的发电、防洪、航运、拦沙等社会效益，促进社会经济发展。

(2) 水文情势

1) 初期蓄水

工程初期蓄水从第 8 年 12 月中旬开始，分批下闸封堵导流隧洞，在此期间，主要通过 5#高洞自由泄流向下游供水，水库水位蓄至 851.0m，高洞右侧孔下闸，

在水库水位蓄至 890.0m 后，高洞左侧孔下闸，利用泄洪中孔下泄流量，泄洪中孔保持“敞泄”方式。第 9 年 6 月，泄洪中孔控制性下闸蓄水，在保持最小下泄流量的前提下，水库水位逐步抬高，至 7 月初蓄水至初期发电水位(死水位)945.0m，首台机组具备发电条件。

由于乌东德水电站初期蓄水时间长，初期蓄水期间需考虑下游生态环境用水要求。水库蓄水后将使库区江段的水位、水面面积、流速、水深等水文情势发生变化。

2) 调度运行

乌东德水库具有季调节性能，水库水位在正常蓄水位 975m~死水位 945m 之间变化。7 月按防洪限制水位运行；8 月初水库开始蓄水，8 月底水库蓄水至正常蓄水位；9 月以后尽量维持高水位方式运行，水库水位逐步消落，次年 6 月底消落至防洪限制水位或死水位。乌东德水电站年最大消落水位 30m，年内水位变化对下游以及库区生态环境产生一定影响。

乌东德坝址径流系列为 1959~2008 年共 50 年，天然情况下，金沙江干流径流年内分配极不均匀，坝址多年平均流量丰水期 8 月份月均流量为枯水期 3 月份月均流量的 8.14 倍，6~10 月份径流量占全年径流量的 76%。

乌东德水电站为季调节性能，经过乌东德水电站调节后，考虑金沙江金安桥、观音岩水电站和雅砻江两河口、锦屏一级、二滩等 5 个调蓄能力较大的梯级组合调蓄后，金沙江干流径流年内分配相对天然状况较均匀，将对坝址处流量的年内分配造成一定影响。

水库运行后将拦淤金沙江下游河段的来沙，减少库区河段和下游的泥沙含量，并在库尾形成一定的淤积抬高。

(3) 水环境

1) 水温

乌东德水库为季调节水库，总库容 74.08 亿 m^3 ，水库水温结构为不稳定分层型。水库蓄水后水深大幅度增加，蓄水后库内水温将与建库前原有河道有较大的区别，对下泄水温产生一定影响。

2) 水库水质

水库蓄水后，回水区域内水体容积增加，稀释作用加强，但流速减缓不利于水体充氧和有机物扩散迁移，回水区域内的排污口附近局部水域污染物浓度将有

所升高。乌东德库尾涉及攀枝花市，水库蓄水，对攀枝花市供水、排污、水环境容量产生一定影响；对于局部河段和支流库湾，由于支流库湾枯水期的来水量小，加上水库回水的顶托影响，在支流回水区的末端，形成水流相对静止的库湾，水域水质可能变差，污染严重的支流（龙川江、勐果河）库湾，可能发生富营养化。

3) 坝下水质

水库初期蓄水阶段，坝址处下泄的流量有较大的减少，而且初期蓄水时间从第 8 年 12 月～第 9 年 7 月，初期蓄水期下泄流量按照满足下游生态用水要求泄放生态流量，下泄水量减少对坝址下游的水质将有一定的影响。运行期枯水期下泄流量增加，对坝下水质有一定改善作用。

4) 电站生活污水

乌东德水电站运行期职工人数 400 人，施工人员生活用水量取 250L/人·d，废水量按用水量的 80%取，每天将产生生活废水约 80m³。对于生活污水主体工程设计中已考虑采用成套设备进行处理，达标后用于绿化用水。

(4) 地下水

乌东德水电站正常蓄水水位为 975m，坝址处水位比蓄水前抬升约 160m。库区水位的抬升将影响和改变库区的地下水渗流场。特别是紧邻金沙江的地区，水库蓄水后，区域的流场分布特征较天然流场将会发生变化，导致对地下水位产生影响。

乌东德水库运行后，区域内赋存的硫铁矿与地下水的水岩作用导致地下水硫酸盐含量较高，根据现状调查结果，部分居民生活用水来源于泉水，坝址区上方居民生活用水水质可能受到影响。

(5) 生态

1) 陆生生态

乌东德电站运行后，水库淹没造成区域植被损失，对评价区自然体系、景观多样性指数产生影响，水库淹没前后自然植被的景观优势度将会发生轻微变化。水库蓄水和工程建设将对评价区古树产生影响。

电站进入运行期后，库区将出现约 30m 的垂直消落深度，长约 200km 的消落带，消落带的地形、土壤和水分状况将会发生一定变化，其水、土活动特点、景观以及生态功能也会有所改变。

建库后，岸边、河谷地带现有的野生动物生境将被淹没，将使得陆生动物的

栖息地相对缩小。工程蓄水后，动物的通道被切断，由于原分布区被部分破坏，导致这些动物的生活区向上迁移，而以低海拔动物为食的动物又会受到如食物分布等的间接影响。

2) 水生生态

乌东德水电站建成后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，水文情势将发生较大的变化。水库库尾接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域呈现湖泊水动力学特征，水库中间河段间于河流段和湖泊段，属于过渡段。水文情势的变化将对库区的水生生境、浮游动植物和底栖动物带来影响。乌东德水电站建成运行后，低温水下泄以及大坝泄洪产生的气体过饱和对鱼类生境也将产生一定影响。由于大坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，鱼类生境的片段化和破碎化导致形成大小不同的异质种群，种群间基因不能交流，使各水生生物种群将受到不同程度的影响。

(6) 局地气候

乌东德水电站建库后改变了原有下垫面的性质，由于水库长度长、面积大，对于整个库区及周边地区的局地气候将产生一定的影响。

水库建成后水面面积增大，增加了库面水汽蒸发，将改变空气湿润度，增加降水量；水面增宽，接受太阳辐射的能量增多，水温提高进而加热空气，使一年最低气温提高。而蒸发量的增大又使气温下降，一年中的最高气温将有所降低。水库蓄水淹没了原有的地面障碍物，水面粗糙率变小，风速有所增加。局地气候变化从而影响金沙江干热河谷气候特征，对周围地区攀西热区农业、人居环境等可能具有的潜在影响。

3.4 工程分析结论

根据工程分析结果可以看出，乌东德水电站建设与国家“西部大开发”战略、国家“西电东送”战略、《长江流域综合规划（2012～2030 年）》、《全国生态环境保护规划纲要》以及地方的相关规划是相协调的；乌东德水电站是“西电东送”的重要电源之一，对实现全国能源平衡，缓解东、中部地区电力供需矛盾具有战略意义。根据工程施工、工程运行和移民安置等活动特点，结合所处的环境区域状况，工程建设特点及其对环境的主要影响初步分析如下：

(1) 工程施工

本工程建设不涉及自然保护区，金沙江为干热河谷气候，生态环境较为脆弱。导流工程、主体工程 and 施工辅助工程的规模、工程量、弃渣量和作业面大，施工期间，“三废”、噪声排放以及施工开挖、弃渣、占地等活动将影响和破坏植被和陆生动物栖息地、新增水土流失，并对土地资源利用、水资源利用、社会经济、人群健康等社会环境产生较大影响。因此，需对上述方面作详细预测，并提出切实可行的对策措施。

（2）淹没占地

乌东德水库淹没将引起评价区各土地利用类型面积的变化，其中以林地和耕地面积淹没损失最大，其余依次为交通用地、草地、园地、其它用地和建筑用地。淹没占地对评价区土地资源产生一定影响。

（3）移民安置

本工程移民安置对环境的影响主要是移民安置期生产开发、居民点建设、专项设施复建过程中的占地、开挖、场地平整等破坏植被、扰动地表，产生弃渣对生态环境造成影响；集镇迁建、公路复建、防护工程建设过程中土石方开挖、机械设备及运输车辆的运行将会产生粉尘和废气，对大气环境产生影响；同时由于机械设备和车辆运行产生的噪声将对声环境产生影响；移民安置后对环境的影响主要是迁建集镇、集中居民点的生活污水对水环境产生影响。移民安置区生活垃圾特别是迁建集镇的生活垃圾若无固定堆放场所，又不进行必要的处理，遇大雨，垃圾将会被冲入水体，影响周边水体水质，并对安置区的环境卫生产生影响。

（4）工程运行

由于水库蓄水和运行，对局地气候、陆生动植物等生态环境将产生一定影响；水库蓄水将对元谋省级风景名胜区的峡谷景观产生一定影响。水库蓄水后，回水区域内流速减缓，对库尾攀枝花市的取水、排污产生一定影响，水库水质和水温将发生变化，影响水生生物生境。此外，水库蓄水后可能导致的地质环境不稳定等问题，因此，需作详细预测，并提出切实可行的对策措施。

本工程对环境影响分析主要结论详见下表。

表 3.4-1 乌东德水电站建设及运行对环境主要影响分析表

影响时段	工程活动	影响源	可能产生的环境影响
施	工程施	施工占地及开挖	1、占压土地，改变土地利用方式及施工区地貌；

影响时段	工程活动	影响源	可能产生的环境影响
工 期	工	施工导流	2、施工导流将改变坝址处水流方向、流速等水文条件，对水文情势产生影响。 3、破坏施工区植被及野生动物栖息环境； 4、对河道水质造成一定影响； 5、新增水土流失量，造成水土流失危害； 6、影响施工区空气质量及现场作业人员身体健康； 7、使施工人员及交通运输公路沿线部分居民受噪声影响； 8、带动施工区周边社会经济发展； 9、增加疾病传染的可能性。
		生产生活废（污）水排放	
		存弃渣堆放	
		施工废气	
		噪声	
		施工人员进驻	
	移民安置	农村移民生产性开发	1、破坏植被及安置区野生动物生境； 2、改变土地利用方式，造成水土流失影响； 3、对人群健康的影响； 4、移民新村及集镇建设对安置区社会环境产生一定影响； 5、迁建集镇的生活污水和垃圾排放问题。
		集镇街场迁建	
		专项设施复建	
运 行 期	水库淹没	淹没植被及野生动物生境	1、降低库周植被覆盖率，迫使野生动物迁移； 2、土地资源减少，加剧人地矛盾，短期影响库周社会经济发展； 3、对元谋省级风景名胜区的峡谷景观产生一定影响。
		淹没土地资源	
		淹没部分基础设施	
	水库蓄水	初期蓄水	1、水库蓄水初期坝下游流量减少； 2、截断河流及水生生物通道； 3、改变库区水环境，影响水生生物生境； 4、低温水下泄对水生生物的影响； 5、对攀枝花市取水和排污产生影响； 6、局地气候发生变化；
		大坝拦截	
		水库形成	
	水库运行	水库调洪	1、削减天然洪峰，与乌东德、溪洛渡、向家坝梯级水库一起配合长江三峡水库进行防洪调度运行，共同承担长江中下游的防洪任务； 2、改变下游河道水环境，影响水生生物生境； 3、增加发电量，提高水资源利用率，促进川滇两省及工程所在地社会经济发展。

4 环境现状

4.1 流域环境现状

金沙江是长江上游河段的重要组成部分，发源于唐古拉山脉中段各拉丹冬雪山的南侧冰川，与切美苏曲交汇后至囊极巴拢（当曲汇口）称沱沱河，当曲汇口至直门达（巴塘河口）称通天河，直门达（巴塘河口）以下始称金沙江，到宜宾为金沙江干流。金沙江流经青、藏、川、滇四省（区），至四川宜宾与岷江汇合后称长江。金沙江流域地理位置介于东经 $90^{\circ}\sim 105^{\circ}$ ，北纬 $24^{\circ}\sim 36^{\circ}$ ，位于我国青藏高原、云贵高原和四川盆地的西部边缘，跨越青海、西藏、四川、云南、贵州五省（区），流域总面积约 47.32 万 km^2 ，约占长江流域面积的 26%，是我国最大的水电能源基地和战略水源地。多年平均径流量 1565 亿 m^3 ，从河源至宜宾河道全长 3464km，落差 5100m，分别占长江干流全长和总落差的 55%和 95%。流域内山高谷深，海拔高程多在 2000~3000m 以上。

金沙江横跨几个不同的地质构造单元，区域地质构造十分复杂。流域内构造断裂发育，地震活动频繁，一般为 7~8 度，是我国著名的强地震区之一。流域内各时代地层均有出露，沿河谷出露一套自河震旦系至三迭系片岩、砂岩、石灰岩和火山岩等岩造，卸荷和重力作用等综合影响，沿江一带基岩裂隙发育，岸坡稳定性较差，历史上曾发生过多处崩塌堵河的现象，而且两岸沟谷泥石流较严重。

金沙江流域基本上属高原气候区，流域跨越了 14 个经度、11 个纬度，海拔高度相差 4000 多 m，自北向南可分为高原亚寒带亚干旱气候区、高原亚寒带湿润气候区、高原温带湿润气候区，华弹以下则属暖温带气候区。流域受天气系统、地形、地貌等因素影响，气候特征具有明显的地区、时间差别。冬半年（11~4 月）主要受西风带气流影响，青藏高原使西风急流分成南北两支，通过云贵高原的南支气流，实属大陆性气团，带来晴朗干燥天气；流域东北部在昆明静止锋和西南气流影响下，阴湿多雨。夏半年（5~10 月）西风带北撤，对流层中下层受太平洋副热带高压的进退、强度有关的辐合线以及西南气流的影响，其中雅砻江下游直至龙川江一线以东地区，受海洋西南季风与东北季风的影响，形成降雨。该线以南地区，受盛行的海洋东南季风影响，结合地形和偏北季风的影响形成降雨。流域内的暴雨主要发生在干流奔子栏至雅砻江泸宁一线以南、安宁河及以东

地区。形成暴雨的天气系统主要是低槽、切变、低涡及涡切变等。

金沙江流域涉及 5 个省（区）的 90 多个市（县），流域内地广人稀，河谷山间平坝地区是藏、彝、纳西和白族等多个少数民族聚居之地。土地利用率低，除一些平坝地区农业相对较发达外，其余地区比较落后，农作物主要有粮食、棉花、油菜和花生等；流域内较适宜畜牧业的发展，但主要分布在西北部高原地区。紧靠金沙江河口下游的长江两岸，是川南重要的丘陵农业区，该地区土地肥沃，气候适宜，但由于境内缺少大、中型水利工程的调节灌溉，农作物持续缺水，旱情严重。

金沙江流域矿产资源较为丰富，在全国占有重要地位。除煤、铁储量较大外，尚有铜、铅、锌、锡、铝、钒土、镍、钛和钒等有色金属和稀有金属，磷、天然气、食盐和石棉等非金属矿亦很丰富。目前，流域内工业以采矿、冶金、机械、化工和电力为主，其次有纺织、轻工等，主要集中在昆明、渡口（攀枝花）、西昌和宜宾等地。

金沙江流域森林和草甸分布广阔，植被良好，森林总蓄积量约 8.9 亿 m^3 ，是我国重要的林区之一。由于金沙江以下区域内植被多遭破坏，两岸山坡光秃，泥石流活动频繁，水土流失较严重，地质环境日趋恶化，成为下游河段固体径流来源的主要地区之一。

流域内绝大部分地区地形险阻，交通比较困难，流域内交通以公路为主，各县之间有低等级公路相通。贯穿流域的成昆铁路早已通车，内昆铁路于 2001 年全县贯通。金沙江航道滩险水急，仅在金沙江以下可断续通航小吨位轮船和木船，新市镇下游可以通航 300t 级船舶。目前，新市镇至水富港 78km 河段为 V 级河段航道，水富港至宜宾港 30km 河段为 IV 级航道。

4.2 自然环境

4.2.1 地形地貌

乌东德水电站地处我国地势第一阶梯的川、滇山地及与第二阶梯的过渡段地貌区，属山原峡谷地貌类型，地势总体上西北高南东低，地貌结构是以丘状高原面或分割山顶面为“基面”，基面上有山岭和残山；基面以下为河谷和盆地。

（1）库区

库区河谷狭窄，以“V”型谷为主，枯水期江面宽 100m~300m。库区位于青藏高原东南缘、川西南山地与云贵高原交接过渡地带，山脉及金沙江的主要支流均呈近南北向发育，与主体构造形迹一致，山顶高程达 2500m~3500m，区内沟壑纵横，山地切割深度一般 600m~2000m，属强烈构造侵蚀作用为主的中山地貌。地势总体西、东两端高，库尾金江镇及库中元谋一带地形较低。金沙江为本区域内最低侵蚀基准面，江面高程 810m~980m，河床纵坡降 0.88‰，河流切割深度 800 m~2000m。

金沙江流向自库尾雅砻江江口至龙川江江口段呈近南北向，龙川江江口至勐果河河口段呈近东西向，勐果河河口至尖山包段呈近北东向，尖山包至坝址区则呈近南东流向。金江镇段、龙川江口段、丙弄—白马口段、己衣热水塘段等少量河段河面稍宽，达 200m~400m。左岸主要支流雅砻江、尘河、鲹鱼河和右岸主要支流龙川江、勐果河等均以近南北流向汇入金沙江。

金沙江属深切河谷，两岸河流阶地少有保留，从库尾到坝址区，不连续地分布 3~5 级基座阶地或侵蚀阶地，其中 II 级和 III 级保留相对完整。

（2）坝址区

坝址所处区域属中山峡谷地貌，两岸山岭高程大多为 2000m~3000m，山顶高程一般在 3000m 左右，金沙江为本区域内最低侵蚀基准面。两岸呈现不连续、不规则、向江中倾斜的台状地形。

坝址区所在的乌东德峡谷下段，即左岸为红崖湾沟~花山沟、右岸为大红沟~船房沟之间的河段，长约 1.8km。河道基本顺直，流向 SE160°，至金坪子滑坡前缘弧形拐弯后以 225°方向流向下游；枯水期水位约 815m，江面宽 100m~200m，河床地面高程 800m~805m，水深 10m~15m。左岸谷肩为张家梁子，山顶高程 1836m，属第 V 级剥夷面。右岸谷肩为乌东德缓坡台地，缓倾上游偏左岸，高程 1430m~1630m，顺江长约 800m，宽约 560m，坡度 15°~20°，属第 1 级侵蚀残留台面。

坝址区两岸地形基本对称，陡峻，河谷狭窄，部分河段呈峡谷套嶂谷的形态特征。两岸高程 1050m~1200m 以下为嶂谷，岸坡陡立，坡角一般 60°~75°，局部近直立，嶂谷谷肩宽 290m~360m，以河床基岩面起算的河谷宽高比为 0.9~1.1；高程 1050m~1200m，局部呈缓台或缓坡状，属不连续的第 2 级侵蚀残留台

面；高程 1050m~1200m 以上为岸坡相对较缓，坡角约 30°~45°，局部为陡坡。

(3) 移民安置区

乌东德水电站库区移民安置点地形、地貌情况详见下表。

表 4.2-1 移民安置点地形、地貌一览表

编号	安置点名称	地形地貌
禄劝县		
1	新村	位于金沙江南岸坡地上，地形坡度为 0-15°，海拔 1100-1700m
武定县		
1	花果山	位于金沙江右岸，为一单面斜坡，高程 1220m 以下坡度较缓，平均约 12~15°，高程 1220m 以上坡面变陡，平均约 45~52°。坡内冲沟较发育，场地较完整
2	西和	位于西和村靠近县城的山坡地上，坡度多数为 15 以下，东西向长约 500m，南北长约 500m
3	下普利	地处已衣乡热水塘村及下普利村中间的一个缓台上，西侧以前缘陡坎为界，东侧至后缘山体坡脚，东西向长约 300m，南北长约 150m
4	白马口	位于武定县东坡傣族乡东甸村与中村之间的平缓阶地上，坡度多数为 15 以下，高程 982~1000m，东西向长约 200m，南北长约 150m
元谋县		
1	瓦渣箐	位于元谋县城（元马镇）东南部，安置点地势总体东南高、北西低，地面高程 1080m~1270m，地形破碎、沟壑纵横，整体坡度在 15°以下
2	甘塘	位于元谋县元马镇中部，元谋县县城南侧，地势总体西高东低，地面高程 1200m~1280m，区内人类活动一般，地形破碎、沟壑纵横，整体坡度在 15°以下
3	启宪	位于龙川江右岸，地势总体南高北低，由东向西地表高程逐渐减小，形成倾向龙川江的斜坡地貌。地面高程 976m~1100m，平均坡度 5°~13°
仁和区		
1	棉花地	位于仁和区大龙潭彝族乡拉鲊村，安置点为西高东低向金沙江倾斜的斜坡，分布高程 1100~1180m，高程 1130m 以上地形较完整，坡度基本在 10°-20°之间
2	命卡	位于仁和区大龙潭彝族乡混撒拉村，安置点北侧沿公路一带地形平缓，山脊两侧斜坡坡度较大，用地范围内以基岩斜坡为主，海拔 1200-1300m 左右
盐边县		
1	鲊石	位于金沙江左岸盐边县益民乡鲊石村后缘山坡，安置点地形总体上呈东高西低向金沙江倾斜的斜坡地形，海拔 980-990m，地形平缓
钒钛产业园区		

编号	安置点名称	地形地貌
1	金沙阳光	位于金沙江右岸，为金沙江阶地平台，地势平缓，地面高程 988~991m
东区		
1	哪拉莫	位于金沙江右岸密地桥南侧约 2km 处，地形总体平缓
会理县		
1	马鞍坪	位于会理县新安傣族乡，属于河谷地形，区内冲沟密集，地形总体破碎，用地高程在 950~1780，高差约 830m
2	半嶺地	位于会理县富乐乡三岔河村，呈不规则状展布于半嶺地山脊斜坡之上，高程在 1748~1751，高差约 3m，安置建设用地位于中间较平缓地段
3	富乐九组	位于会理县富乐乡富乐村九组，高程在 1718~1792，高差约 74m，安置点建设用地位于山脊及山坡南侧，用地坡度在 10%-30%之间的较为平缓的地段
4	新铺子	位于会理县新发乡，地势总体较平缓，为侵蚀、剥蚀低中山地貌类型，高程在 1968~1972m，高差约 4m
5	云兴	位于会理县云甸乡，高程在 1351~1368，高差约 17m
6	沙园	位于会理县云甸乡云甸乡中部沙园村，高程在 1309~1324m，高差约 25m
7	云田	位于会理县云甸乡中部云田村，属中山河谷地貌，高程在 1373~1408，高差约 35m
8	甸沙关	位于云甸乡北部甸沙关村，地势总体呈东高西低，区域地貌形态为构造剥蚀、侵蚀中山河谷地貌类型区内，高程在 1365~1390m，高差约 25m
会东县		
1	官田	位于会东县嘎吉乡西部的官田村北侧，地形较平坦开阔，场地总体为倾向 SW 的斜坡，分布高程 1915m~1985m
2	金家坪	位于会东县洛佐乡北部，地形较平坦开阔，分布高程 2123m~2131m，总体为一倾向西侧的斜坡，中部地形平缓，坡度 8°~15°，南北两侧地形起伏较大，冲沟较发育
3	民权	位于会东县姜州乡东部的民权村东侧，场地地形较平坦开阔，高程 1780m~1820m，为山梁及两侧斜坡，山梁地形平缓，坡角 2°~6°，两侧斜坡平均坡角 5~15°
4	姜州村	位于会东县姜州乡西北部，场地高程 1800m~1900m，处于一斜坡和一洪坡积山间平台，斜坡地形平缓，坡角 8°~15°
5	新马	位于新马乡西北部，地形较平坦开阔，高程 1630m~1680m，地形坡角 18~20°，后缘平缓，地形坡角 4~8°
6	坪山	位于会东县铁柳乡五组碉堡坪附近平台上，属构造剥蚀低中山地貌，区内总体地势为南西侧高，北部低，坡体倾向总体北偏东，斜坡分布高程 1650m~2090m，安置点位于高程 1690m~1935m 之间

编号	安置点名称	地形地貌
7	马口	位于会东县洛佐乡河门村, 区内总体地势为南西侧高, 北部低, 坡体倾向总体北偏东, 斜坡分布高程 900~1600m, 安置区位于高程 1140~1320m 之间

4.2.2 地质

(1) 库区

库区在大地构造分区上主要属扬子准地台西部边缘区, 其西北、西南及东南面分别与松潘—甘孜褶皱系、三江褶皱系和华南褶皱系相邻, 其二级构造单元主要涉及西部边缘的盐源—丽江台缘褶皱带和康滇地轴 (有称康滇台背斜), 以及部分上扬子台褶带。

库区位于川滇中山峡谷区, 自然地理环境及地质构造条件复杂。区内沟壑纵横, 山高谷深, 地形切割起伏剧烈, 特殊的亚热带季风气候, 风化作用强烈, 暴雨集中, 外动力地质作用强烈, 加之新构造运动和地震影响, 导致水库区崩塌、滑坡、泥石流等环境地质灾害频发, 具典型的西南地形地质环境特征。库区物理地质现象的主要表现形式有: 崩塌、滑坡、泥石流等, 崩塌、滑坡是影响库岸稳定的主要因素。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306~2001), 50 年超越概率 10% 水库区地震动峰值加速度为 0.10g~0.15g, 相应的地震基本烈度为Ⅶ度。其中坝址~金台子段地震动峰值加速度为 0.15g, 金台子~库尾段地震动峰值加速度为 0.10g。

(2) 坝址区

坝址区地层由前震旦系会理群褶皱基底浅变质岩和震旦系及其后沉积岩、部分岩浆岩盖层组成, 就其变形特征在流变学剖面中属于脆性层至脆-韧性层, 构造变形模式可概略分为褶皱基底和盖层两大部分。

褶皱基底由中元古代地层组成, 早期处在地表以下 5km~11km, 属脆-韧性域, 以韧性变形为主, 晋宁运动以及后来的构造运动的叠加, 元古代地层强烈褶皱, 表现出同斜倒转型、倾竖型、勾状残余型等, 局部发育韧性剪切变形带, 晚期发育脆性断裂及节理; 盖层由震旦系及其以上地层组成, 处在地壳浅层的脆性

域，少量宽缓褶皱，构造变形以脆性断裂及节理为主。构造形迹主要有褶皱、断层、裂隙、层间剪切带、层内劈理。

坝址区物理地质现象主要包括滑坡、堆积体、变形体和泥石流。其中：滑坡仅有紧邻坝址区下游右岸的金坪子滑坡；堆积体主要有左岸的大茶铺崩塌堆积体、钱窝子堆积体、猫鼻梁子堆积体、花山沟堆积体和右岸的红沟崩塌堆积体、梅子坪堆积体、硝沟堆积体；变形体主要有红崖湾沟倾倒变形体和鸡冠山倾倒变形体；泥石流仅有紧邻坝址区下游左岸的花山沟泥石流。

根据 2001 年中国地震动峰值加速度区划图（GB18306—2001），乌东德坝址区地震动峰值加速度为 0.15g，地震基本烈度为Ⅶ度。

（3）移民安置区

1) 禄劝县

新村安置点主要出露地层从老到新依次为震旦系灯影组（Z_{2d}）、二叠系下统梁山组（P_{1l}）和三叠系上统白果湾组（T_{3bg}）。区内第四系地层发育，斜坡表面多被覆盖，按成因可分为崩坡积、残坡积、洪坡积，少量人工堆积物及滑坡堆积物。场区内发育的不良地质现象主要为滑坡、泥石流、顺层滑动。建设区属山原峡谷地貌类型，区域构造复杂，无大的活动断裂构造，区域稳定性较好，人类工程活动一般，不良地质现象较发育，主要为滑坡及泥石流。

2) 武定县

①花果山安置点

区内出露基岩为奥陶系中统巧家组（O_{2q}）和三叠系上统白果湾组（T_{3bg}），第四系覆盖层主要为崩坡积、冲积和滑坡堆积物。场区内发育的不良地质现象主要为变形体、泥石流、顺层滑动、坍岸和浸没。

②下普利安置点

区内构造作用强烈，主要构造形迹有断层、褶皱及裂隙等，物理地质现象主要为危岩体、顺层滑动和冲沟谷坡的稳定问题，但后缘陡崖上的危岩体方量不大，建议采取爆破措施将其炸除，同时在坡脚处设置被动防护网，预防山上崩塌下来的滚石。第四系松散岩体物理力学性质较差，承载力较低，不适宜做建筑物基础；益门组岩体承载力一般，可满足居民点建筑物基础承载力要求。

③西和安置点

西和安置点人类工程活动一般，不良地质现象不发育，区内地质环境条件较简单。区内下伏基岩为向斜构造，分布有侏罗系下统冯家河组紫红色泥岩与灰色粉砂岩、砂岩，以及第四系残坡积层、冲积层。全风化岩体呈粘土夹砾石状，结构稍密~中密，物理力学性质一般，承载力一般，可满足一般建筑物基础承载力要求。

④白马口安置点

白马口安置点规划区内人类工程活动一般，不良地质现象不甚发育，区内地质环境条件较简单，主要分布江底河一至三段粉砂岩夹泥岩以及第四系冲洪积层和泥石流堆积体。物理地质现象不甚发育，主要为泥石流、塌岸和浸没。场区内第四系物质结构较紧密，物理力学性质较好，承载力较高，可以作为一般建筑物基础。

3) 元谋县

①瓦渣箐安置点

区内以第四系早更新统沉积层为主，厚度大于 200m，土层分布相对稳定，结构性状垂向差异明显。场地稳定性较好，规划区土层厚度大、物质组成及结构变化大，可能存在地基土不均匀沉降、斜坡局部稳定性差、地下水渗透变形及水土流失等工程地质问题。

②甘塘安置点

区内以第四系早更新统沉积层为主，厚度大于 200m，土层分布相对稳定，结构性状垂向差异明显。场地稳定性较好，不良地质现象危害性小。规划区土层厚度大、物质组成及结构变化大，可能存在地基土不均匀沉降、斜坡局部稳定性差、地下水渗透变形及水土流失等工程地质问题。

③启宪安置点

基岩地层相对简单，基本以磨盘山—绿汁江断裂为界，断层以东为侏罗系红层砂岩、粉砂岩及页岩等较软、软岩类；断裂西侧为下元古界康定群咱里组(Pt₁zl)细粒角闪斜长变粒岩，中粒角闪斜长片麻岩夹片岩及花岗质混合岩、花岗质片麻岩，岩质坚硬，抗风化能力强。受当地炎热、干燥的气候特征影响，侏罗系砂岩、粉砂岩等碎屑岩类风化强烈，地表形成厚度较大的风化碎屑，成为右岸泥石流沟的主要物质来源。

4) 会东县

①官田安置点

规划区范围基本位于各冲沟流域的尾端，切割深度较小，地形相对完整。规划区地震基本烈度为Ⅶ度，地震动反应谱特征周期为 0.45s。区内地表大片基岩出露。上部基岩岩性为白垩系江底河组紫红色泥质粉砂岩、泥岩，局部见夹中厚层砂岩，下伏马头山组厚层、巨厚层砂岩，处于地质较适宜建筑区以内。

②金家坪安置点

区内地表以第四系堆积物和基岩为主，第四系堆积物按地质成因可分为残坡积物、崩坡积物和滑坡堆积物。基岩主要分布在规划区内南侧及南东侧，岩性为白垩系赵家店组紫红色、紫灰色厚层-块状砂岩夹砖红色泥岩及紫红色薄-中层状粉砂岩、层间砾岩，底部为紫红色厚层状含砾砂岩，及江底河组紫红色泥岩、泥质粉砂岩夹少量暗紫红色薄层状细粒长石石英砂岩、钙质泥岩。区内工程地质动力较弱，不良地质现象发育较少。

③民权安置点

区内地表大片基岩出露，仅在地势平坦低洼处及局部斜坡坡面上分布薄层第四系堆积物，以洪坡积和残坡积为主，分布范围小。基岩岩性为白垩系小坝组二段紫红色泥质粉砂岩、泥岩，局部见夹中厚层砂岩，及小坝组一段厚层、巨厚层砂岩。斜坡基岩出露范围广，斜坡现状稳定性好。外围无活动断裂分布，规划区范围内人类活动一般，对地质环境基本无破坏作用。工程动力地质作用较弱，物理地质现象不发育，无滑坡、泥石流发育，仅在局部发育小规模崩塌堆积物质。

④新马安置点

场地基岩地层主要为侏罗系上统牛滚凼组鲜紫红色钙质泥岩、砂质泥岩夹细砂岩及泥灰岩和上统官沟组灰紫色泥岩、钙质泥岩及粉砂岩夹少量石英砂岩。第四系地层主要为崩坡积层和滑坡堆积层。马师傅冲沟下游一带不良地质现象较发育。

⑤姜州村安置点

安置点主要位于一斜坡和一洪坡积山间平台，斜坡地形平缓，坡角 $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。安置点地表大片基岩出露，洼处及局部斜坡坡面上分布薄层第四系堆积物，以洪坡积和残坡积为主，分布范围小。基岩岩性为白垩系小坝组二段紫红色泥质粉砂

岩、泥岩，局部见夹中厚层砂岩，及小坝组一段厚层、巨厚层砂岩，物理地质现象不发育。

⑥坪山安置点

安置点为构造剥蚀低中山地貌，区内总体地势为南西侧高，北部低，坡体倾向总体北偏东，斜坡分布高程 1650m~2090m，安置点位于高程 1690m~1935m 之间。安置点范围内地层岩性简单，为厚层~巨厚层状砂岩夹薄层~极薄层泥岩、泥质粉砂岩，地表覆盖层厚度小，场地总体为顺向坡，场地内大部分区域属稳定区。

⑦马口安置点

区内总体地势为南西侧高，北部低，坡体倾向总体北偏东，斜坡分布高程 900~1600m，安置区位于高程 1140~1320m 之间。安置区范围内地层岩性简单，为紫红色泥岩、泥质粉砂岩，地表覆盖层厚度小。场地内无不良物理地质现象，仅场地外围西侧斜坡坡脚发育一小型滑坡，但对场地不造成影响。

5) 会理县

①马鞍坪安置点

区内冲沟密集，地形总体破碎，主要受龙生婆大沟、新山大沟、苦水箐沟、柯垮箐沟及黄口箐沟五条大沟控制。居民点及周边区域现状用地高程在 950~1780，高差约 830m。规划区地势相对平缓，无滑坡、崩塌等不良地质体发育，斜坡现状稳定性好。

②三岔河村半嶺地安置点

安置点位于规划区紧邻尘河和姜州河交汇河口处，平面上呈不规则状展布于半嶺地山脊斜坡之上，居民点及周边区域现状用地高程在 1748~1751，高差约 3m。安置建设用地位于中间较平缓地段。规划区环境地质条件较好。

③富乐九组安置点

居民点及周边区域现状用地高程在 1718~1792，高差约 74m。整个区域用地坡度较大，安置点建设用地位于山脊及山坡南侧，用地坡度在 10%-30%之间的较为平缓的地段。场地以基岩为主，厚层~巨厚层砂岩与厚层~中厚层粉砂岩、泥质粉砂岩互层状，砂岩或粉砂岩内均不同程度夹有薄层泥岩、泥质粉砂岩，场地无不良地质现象发育。

④新铺子安置点

居民点及周边区域现状用地高程在 1968~1972m，高差约 4m。安置点建设用地位于西侧山坡地上，用地坡度在 10%以下的较为平缓的地段。安置点内环境地质条件简单斜坡整体稳定。

⑤云兴安置点

居民点及周边区域现状用地高程在 1351~1368，高差约 17m。安置点建设用地位于现状村道南侧，用地坡度在 10%-20%之间。场地无不良地质现象。

⑥沙园安置点

居民点及周边区域现状用地高程在 1309~1324m，高差约 25m。安置点建设用地位于 108 国道西侧的九龙包西侧斜坡上，用地坡度多在 10%-20%之间。安置点内环境地质条件简单，斜坡稳定。

⑦云田安置点

居民点及周边区域现状用地高程在 1373~1408，高差约 35m，安置点规划区为中山河谷地貌，规划区环境地质条件较好。

⑧甸沙关安置点

安置点建设用地位于中部冲沟南侧的山脊上，用地高程在 1365~1390m，高差约 25m。用地坡度多在 10%-20%之间，地形平缓，沟谷切割深度小，斜坡相对高差小，无重大不良地质现象发育。

6) 仁和区

①命卡安置点

安置点建设用地区北侧沿公路一带地形平缓，山脊两侧斜坡坡度较大，用地范围内以基岩斜坡为主，第四系覆盖层厚度薄。安置点斜坡现状稳定性较好，无崩塌、滑坡、泥石流等不良地质现象发育。

②棉花地安置点

安置点为西高东低向金沙江倾斜的斜坡，高程 1130m 以上地形较完整，大部分已改造为农田、果园，为规划建设用地和生产用地；高程 1130m 以下临江地形较陡，地形破碎。成昆铁路在高程 1000m 左右切坡脚穿过。规划范围内发育有棉花地滑坡，面积 31.9 万 m²，估算体积 1.5 万 m³，不适宜在滑坡上进行工程建设。

7) 盐边县

安置点地形总体上呈东高西低向金沙江倾斜的斜坡地形,安置点内基岩广泛出露,第四系堆积物多为残坡积层,零星分布。基岩以石英闪长岩为主,无重大不良地质现象,场地内环境地质问题主要为人工边坡稳定性问题和局部昔格达岸坡稳定性问题,场地环境地质问题相对简单。

8) 钒钛园区

安置点内未见基岩出露,场地内地层为厚 24.0~32.0m 第四系更新统冲积物(Q_3^{al}),岩性为卵石、粉质粘土及粉土等。场地内无重大不良地质现象,环境地质问题主要为后缘斜坡稳定性问题,环境地质问题相对较简单,地基稳定,场地现状较适宜工程建设,属 B 类建设用地。

4.2.3 水文地质

(1) 库区

区内地下水以大气降水补给为主,部分接受地表水补给。地下水径流条件较复杂,受地形及渗水介质影响明显,一般沿第四系与基岩接触面、地下岩溶通道或裂隙网络由高向低运移,常沿相对隔水层顶面以下降泉形式出露,直接排入金沙江或排入溪沟汇流入金沙江。

地表水系除干流金沙江及鲹鱼河、尘河、勐果河、龙川江、雅砻江 5 条支流水系外,其余主要以地表冲沟水流形式汇入金沙江。受岸坡地形岩性及降雨特征影响,水库区两岸冲沟发育,冲沟长度一般数百米至数公里,沟走向多垂直于金沙江,沟谷深切,两壁多呈近直立状,沟下游端至沟口部位多见厚度较大的洪积碎块石土,物质结构相对松散,亦为良好的地下水存储及运移场所。同时,冲沟的发育也为泥石流的形成及流通提供地形条件。

区内地下水可分为孔隙水、裂隙水和岩溶裂隙水等类型。孔隙水主要赋存于第四系松散层中,其透水性较好;裂隙水主要赋存于三叠系~白垩系的砂岩、砾岩和各时代岩浆岩的裂隙中,岩层的透水性受断裂等构造控制,具不均一性;岩溶裂隙水主要赋存于震旦系碳酸盐岩地层中,岩层透水性主要取决于岩溶发育程度,不均一性明显。地下水动力类型以包气带悬挂水及潜水为主,局部见承压水。沿断裂带或在断裂交汇部位,局部有温泉出露,如有干坝塘对岸热水塘、己衣乡热水塘及鱼鲊乡热水塘等。

库区相对隔水层主要为晋宁期石英闪长岩(δo_2)，下元古界(Pt_1)中元古界(Pt_2)天宝山组、力马河组、淌塘组、黑山组等浅变质岩系，二叠系梁山组(P_{1l})页岩、峨眉山玄武岩(P_{3em})，三叠系～白垩系碎屑岩；相对透水层主要为中元古界(Pt_2)落雪组、青龙山组、凤山营组中的碳酸盐岩，震旦系灯影组(Z_{2d})，奥陶系巧家组(O_{2q})碳酸盐岩及第四系粗、巨粒土层。

(2) 坝址区

坝址区水文地质结构总体特征为：褶皱基底与盖层分别为两个相对独立的含水体系，盖层具层状水文地质结构特征，基底则在水平向上呈带状水文地质结构特征。由于分隔盖层 Z_{2d} 含水岩组和褶皱基基底 Pt 含水岩组的隔水层或相对隔水层厚度均不大，澄江组、观音崖组厚 15m～30m，在受断层切错后， Z_{2d} 含水岩组与 Pt 含水岩组在垂向上可能上下沟通，使得 Z_{2d} 含水岩组局部可以对 Pt 含水岩组进行补给。

坝址区三叠系白果湾组(T_{3bg})泥岩、粉砂岩、二叠系(P_{3em})峨眉山玄武岩和梁山组(P_{1l})石英砾岩及震旦系灯影组下伏的观音崖组(Z_{2g})为相对隔水层。盖层三叠系～震旦系地层有两个含水岩组(Z_{2d} 含水岩组与 P_{2y} 含水岩组)，受二叠系梁山组石英砾岩相对隔水层阻隔， Z_{2d} 白云岩含水岩组和 P_{2y} 灰岩含水岩组为两个相对独立的含水岩组。这两个含水岩组中地下水的赋存形式主要为岩溶水，而相对隔水层中的地下水主要赋存形式为裂隙水。

盖层三叠系～震旦系地层位为三叠系～三叠系($P-T$)泥岩、粉砂岩，二叠系(P_{3em})玄武岩，震旦系灯影组(Z_{2d})白云岩、观音崖组(Z_{2g})泥岩等。其中震旦系灯影组白云岩(Z_{2d})为相对透水岩组，其余三叠系～二叠系($P-T$)均为隔水岩组，根据其特水性不同，可分为两个亚水文单元。地下水主要赋存形式为裂隙水。

局部分布滑坡、堆积体第四系覆盖层，为第四系透水岩组，地下水赋存形式为孔隙水。

坝址岩体透水性较弱，其中右岸岩体透水性相对稍强。左岸弱卸荷带以内、河床 710m 高程以下、右岸 810m 高程以下岩体透水率一般 $<3Lu$ 。左岸钻孔地下水位向岸里抬高速度较快；右岸近岸钻孔地下水位相对较低，略高于江水位。

4.2.4 气候

工程区属低纬度高原季风气候，主要特征是高温、干旱和少雨，降水量少，

蒸发量大，水热矛盾突出；气温年差较小，日差较大，垂直差异大的立体气候显著；干湿季明显，雨热基本同季，光热资源丰富。因垂直高差达 3000m，高山积雪和峡谷炎热并见，气温回升和下降波动亦大，俗称“一山有四季，十里不同天”。高寒山区，长冬无夏；金沙江河谷地区，炎热干燥，长夏无冬。金沙江谷地、武定勐果河下游谷地、元谋的龙川江盆地等 1350m 高程以下的地区属南亚热带气候，1350~1700m 高程之间的地区属中亚热带地区，1700~2000m 高程属北亚热带，2000m 以上属温和带~中温带地区。乌东德水电站建设征地主要区县气候情况见下表。

表 4.2-2 乌东德水电站建设征地主要区县气候情况表

县区名称	平均气温(℃)	年最高气温(℃)	年最低气温(℃)	无霜期(d)	年日照时数(h)	年平均降水量(mm)	年平均蒸发量(mm)	降水分布时空(月)
禄劝县	15.6	34.3	-6.5	234	2323.4	966	3735	5735
武定县	15.1	34.5	-7.0	242	2255.3	998	1289	5289
元谋县	21.5	42	0.1	310	2593.1	642	3094	5094
会东县	16.2	35.6	-5.9	258	2322.8	1010	2000	5000
会理县	15.1	34.7	-5.8	240	2400	1000	1700	6700
仁和区	20.3	40.7	-1.8	300	2700	849	2394	6394
盐边县	19.2	40.2	0.4	300	2307.2	1065.6	2394	6394

4.2.5 水文泥沙

金沙江流域的径流主要来源于降水，上游地区有部分融雪补给。流域内暴雨一般出现在 6~11 月，其中以 7~9 月居多，中下游在此期间出现暴雨的频率在 80%以上。洪水主要由暴雨形成，上游地区有部分冰雪融水补给。万年一遇设计洪水 42400m³/s，五千年一遇设计洪水 40500m³/s，百年一遇设计洪水 28800m³/s，二十年一遇设计洪水 23600m³/s。

乌东德坝址控制流域面积 40.61 万 km²，多年平均流量 3850 m³/s，多年平均径流量 1210 亿 m³，多年平均含沙量 1.02kg/m³，多年平均悬移质输沙量 1.22 亿 t，多年平均推移质输沙量 234 万 t。

库区左岸主要支流有雅砻江、尘河、鲹鱼河，右岸主要支流有龙川江、勐果河。

雅砻江是金沙江最大支流，干流全长 1571km，流域面积约 13.6 万 km²，天然落差 3830m。雅砻江从北到南在攀枝花东区银江镇倮果流入金沙江，河口多年

平均流量 1910m³/s，年径流量 600 亿 m³。

尘河（又称普隆河）发源于四川省会理县龙帚山，东流又南转经会理县城，至会东县境西侧折向西流，后转南流在川、滇边界汇入金沙江。河道全长 141km，集水面积 2097km²，平均比降 10.4‰，河口多年平均流量 31.9m³/s。

鲹鱼河发源于四川省会理县马宗乡贫山岭，于会东县河门口汇入金沙江。河道全长 93.8km，集水面积 1390km²，平均比降 13.7‰，河口多年平均流量 33.5m³/s。

龙川江发源于云南省华县铺山，在龙街汇入金沙江。河道全长 261km，集水面积 9470km²。多年平均流量 52.2m³/s，龙川江上、中段地处滇中高原坪坝区，农田较多。下段河谷深切，坡降增大，中下段有成昆铁路沿河通过。

勐果河发源于云南省武定县猫街关天山南麓，在白马口汇入金沙江。河道全长 103km，集水面积 1737km²，多年平均流量为 12m³/s。

乌东德坝址附近汇入的主要支流有鲹鱼河，另外有大量冲沟，以左岸较多。

4.2.6 土壤

库区土壤类型多样，有红壤、棕壤、黄棕壤、燥红土、石灰土、水稻土、亚高山草甸土等 10 个土类。从垂直变化规律看，海拔 1300m 以下干热河谷地区多为燥红土、褐红壤，海拔 1300~1700m 的河谷低山区多为山地红壤，海拔 1700~2200m 的浅丘沟坝区多为黄红壤，海拔 2200~2600m 的中山区为山地黄棕壤，海拔 2600~3000m 的中山地带为棕壤，海拔 3000~3900m 的高山山背或高原平面上为亚高山草甸土。

乌东德水电站建设征地涉及县、区土壤情况详见下表。

表 4.2-3 乌东德水电站建设征地涉及县、区土壤分布

行政区划		土壤种类	金沙江沿岸土类
云南省	禄劝县	亚高山草甸土、棕色针叶林土、暗棕壤、棕壤、黄棕壤、红壤、燥红土、石灰土、紫色土、水稻土	亚高山草甸土、棕色针叶林土、棕壤、黄棕壤、红壤、燥红土、石灰土、水稻土
	武定县	紫色土、红壤、黄棕壤、棕壤、水稻土、燥红土、石灰岩土和冲积土	紫色土、红壤、黄棕壤、棕壤、水稻土、燥红土、石灰土和冲积土
	元谋县	暗棕壤、棕壤、黄棕壤、红壤、燥红土、石灰土、紫色土、水稻土	暗棕壤、棕壤、黄棕壤、红壤、燥红土、石灰土、紫色土、水稻土
	永仁县	紫色土、红壤、黄棕壤、棕壤、水稻土、燥红土、石灰岩土	紫色土、红壤、黄棕壤、棕壤、水稻、燥红土、石灰岩土

四川省	会东县	水稻土、潮土、新积土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、棕壤、石灰岩土	水稻土、新积土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、石灰岩土
	会理县	水稻土、潮土、新积土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、棕壤、石灰岩土	水稻土、潮土、新积土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、棕壤、石灰岩土
	盐边县	水稻土、潮土、新积土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、棕壤、石灰岩土	水稻土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、棕壤、石灰岩土
	仁和区	水稻土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤、冲积土	水稻土、新积土、紫色土、燥红土、红壤、
	东区	水稻土、紫色土、燥红土、红壤、赤红壤、黄棕壤	水稻土、紫色土、燥红土、红壤、黄棕壤

4.3 生态环境

4.3.1 陆生生态

4.3.1.1 调查时间、范围及方法

(1) 调查时间

评价区位于金沙江干热河谷区，根据评价区旱季和雨季气候特点，于 2005 年 5 月、2008 年 12 月、2009 年 8 月、2010 年 11 月、2011 年 7 月和 2014 年 3 月对评价区域进行了陆生生态野外调查，并于 2010 年 5 月、11 月及 2012 年 7 月、8 月对评价区古树进行了专项考察。

(2) 调查范围

调查范围包括枢纽工程区、水库淹没区、生态敏感区、移民安置区。其中枢纽工程区和水库淹没区为乌东德水电站库尾至坝下 10km 河段两侧第一级分水岭以下范围；生态敏感区主要是攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护区和元谋省级风景名胜區；移民安置区为四川、云南两省 10 个县（区）38 个乡镇。

(3) 调查方法

1) 资料收集

收集整理评价区涉及县市的陆生生物资料，在综合分析资料的基础上，确定实地考察的重点区域及考察路线。

2) GPS 地面类型及植被调查取样

GPS 样点是卫星遥感影像判读各种景观类型的基础,根据室内判读的植被与土地利用类型图,现场核实判读的正误率,并对每个 GPS 取样点作如下记录:

- ①海拔表读出测点的海拔值和经纬度;
- ②记录样点植被类型,以群系为单位,同时记录坡向、坡度、土壤类型;
- ③记录样点优势植物以及观察动物活动的情况;
- ④拍摄典型植被外貌与结构特征。

2) 陆生植物调查

在对评价区陆生生物资源历年资料检索分析的基础上,根据调查方案确定路线走向及考察时间,进行现场调查。

实地调查采取样带调查与样方调查相结合的方法,对没有原生植被的区域采取样带调查,在重点施工区域(如坝址施工区等)以及植被状况良好的区域实行样方重点调查,样方调查采用样地记录法,乔木群落样方面积为 20m×20m,灌木样方为 5m×5m,草本样方设为 1m×1m,调查共设 153 个样方。对珍稀濒危植物调查采取野外调查、民间访问和市场调查相结合的方法进行,对有疑问植物、经济植物和珍稀濒危植物,还采集了凭证标本并拍摄照片。

3) 陆生动物调查

在调查过程中,确定评价区内动物的种类、资源状况及生存状况,尤其是重点保护种类。调查方法主要有样线法、样点法、访问和资料查询。兽类主要采用现场环境调查,野外踪迹调查,包括:足迹链、窝迹、粪便,再结合访问调查及市场调查确定种类及数量等。鸟类主要采用样线法与样点法,根据生境类型及其面积的大小设计样线或样点,抽样强度高于 2%。两栖类与爬行类调查时主要在有水域之处及其它适合其生存的生境中采用样点法,观察其种类与数量。

此外,在重点施工区域(如坝址施工区等)以及特殊区域(如植被好的路段、风景名胜区)实行重点调查。

4.3.1.2 生态系统

(1) 生态系统类型

评价区的生态系统分为森林生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农业生态系统、城镇/村落生态系统。

1) 森林生态系统

评价区森林生态系统面积 31835.2 hm²，占评价区总面积的 13.76%。评价区森林生态系统主要分布在坝址下游右岸山地，黎洪乡、黎溪镇等地。评价区森林生态系统属亚热带常绿阔叶林生态系统，是亚热带温暖湿润地区的一种森林生态系统。由于评价区成分特殊的气候条件，沿江河谷地区的天然植被只有稀树灌草丛类型，森林植被只在海拔高度 1600m 以上的地带才出现，且以云南松林 (Form. *Pinus yunnanensis*) 为主，主要类型都是干旱类型，如车桑子灌丛 (Form. *Dodonaea viscosa*)、余甘子、云南松林 (Form. *Pinus yunnanensis*, *Phyllanthus emblic*)、锥连栎、云南松林 (Form. *Quercus franchetii*, *Pinus yunnanensis*) 等。林分中的云南松林生长不良，且多扭曲。常绿阔叶林中的种类则以硬叶栎类为主，有锥连栎 (*Quercus franchetii*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 等。该区域除海拔 1500~1700m 有发育良好的云南松林外，其余的森林生态系统均处于极度退化之中，故保护好现有森林是本地区生态系统重建中的首要任务。

森林不仅为动物提供了大量的食物，也是防御天敌的良好避难所，因此森林生态系统中常分布着丰富的动物资源。评价区内分布的动物大部分在森林生态系统内有分布，包括两栖类中的陆栖型、树栖型种类，如泽陆蛙、华西蟾蜍、昭觉林蛙、华西雨蛙、斑腿树蛙等；爬行类的林栖傍水型的种类如锈链腹链蛇、红脖颈槽蛇、孟加拉眼镜蛇、菜花原矛头蝮等；兽类中的大部分种类在森林中分布比较多，而鸟类中的陆禽、猛禽、攀禽、鸣禽也主要活动于森林中。

2) 草地生态系统

评价区草地生态系统面积 136665.7hm²，占评价区总面积的 59.07%。评价区沿江河谷地区的天然植被为稀树灌草丛，主要类型都是干旱类型，如车桑子灌丛 (Form. *Dodonaea viscosa*)、黄茅灌草丛 (Form. *Heteropogon contortus*)、仙人掌灌丛 (Form. *Opuntia dillenii*)、余甘子灌丛 (Form. *Phyllanthus emblic*)、锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛 (Form. *Quercus franchetii*, *Dodonaea viscosa*, *Heteropogon contortus*)、紫茎泽兰灌草丛 (Form. *Eupatorium adenophorum*)、黄茅灌草丛 (Form. *Heteropogon contortus*)、孔颖草灌草丛 (Form. *Bothriochloa pertusa*)、丛生羊胡子草灌草丛 (Form. *Bothriochloa pertusa*) 等。

草地生态系统为小型动物提供食物和栖息的场所，因此草地生态系统中也分布着较为丰富的动物。评价区内分布的动物大部分在森林生态系统内有分布，其

中两栖类中的陆栖型种类如饰纹姬蛙、云南小狭口蛙；爬行类的灌丛石隙型的种类包括丽纹攀蜥、草绿攀蜥、蓝尾石龙子、铜蜓蜥和南滑蜥等；兽类中的云南兔、大足鼠、高山姬鼠、黑线姬鼠等较为常见，而鸟类中的陆禽、猛禽、鸣禽也主要活动于灌丛中。

3) 湿地生态系统

评价区湿地生态系统面积 5728.5 hm²，占评价区总面积的 2.48%。评价区湿地生态系统主要为河流生态系统，涉及到的河流主要有金沙江及其支流鲹鱼河、尘河、勐果河、龙川江和雅砻江等。金沙江干流全长约 3500km，天然落差约 5100m。评价区所处的金沙江下游河段全长 783km，落差 729m。鲹鱼河全长 93.8km，天然落差 900m。勐果河全长 103km，总落差 1804m。尘河干流长 141km，落差 1340m。龙川江全长约 261km，相对落差约 1600m。雅砻江干流全长约 1500km，天然落差超过 3000m。水体中的水生植物和水生动物种类相对较少，但作为一种自然的生态系统，和其它生态系统之间有着大量的物质循环和能量流动。

评价区河流以峡谷型为主，湿地中的滩涂面积较小，湿生的植被分布面积较小，常见的有蓼科植物如酸模叶蓼 (*Polygonum lapathifolium*)、辣蓼 (*Polygonum hydropiper*)、尼泊尔蓼 (*Polygonum nepalense*)、虎杖 (*Reynoutria japonica*)，禾本科的鹅观草 (*Roegneria kamoji*)、牛筋草 (*Eleusine indica*)，莎草科的苔草 (*Carex* spp.)、莎草 (*Cyperus* spp.) 等。

湿地生态系统为野生动物提供栖息、繁衍、迁徙、越冬场所等，是评价区内野生动物的重要栖息地。评价区内分布的动物在湿地生态系统中分布的种类比较丰富，包括两栖类中静水型、流溪型的种类，如黑眶蟾蜍、滇侧褶蛙、小角蟾、四川湍蛙等；爬行类中水栖型、林栖傍水型的种类，如乌龟、鳖、锈链腹链蛇、红脖颈槽蛇等；兽类中的食肉目、偶蹄目的动物如赤狐、黄鼬、黄喉貂、豹猫、小鹿等动物也需要到湿地取水，因此湿地是野生动物在评价区内不可或缺的栖息条件。而湿地更是游禽和涉禽的重要栖息场所，它们在湿地中取食、筑巢、繁衍，越冬，湿地是它们赖以生存的重要元素。

4) 农业生态系统

评价区农业生态系统面积 39008.8hm²，占评价区总面积的 16.86%。评价区

的农业生态系统主要为经济果木林。经济果木林主要有核桃林 (Form. *Juglans regia*)、油茶林 (Form. *Camellia oleifera*)、石榴林 (Form. *Punica granatum*)、油桐林 (Form. *Aleurites fordii*)、乌柏林 (Form. *Sapium sebiferum*)、柑桔林 (Form. *Citrus reticulata*)、香蕉、芭蕉林 (Form. *Musa nana*, *Musa basjoo*)、芒果林 (Form. *Mangifera indica*) 等, 这些果木林是当地的经济支柱之一。此外, 金沙江河谷由于积温高, 热量资源丰富, 气候垂直变化大, 适宜不同热量要求的各种作物的生长。作物以水稻 (*Oryza sativa*) 为主, 其次是玉米 (*Zea mays*), 金沙江河谷可种双季玉米。经济作物以烟叶 (*Nicotiana tabacum*)、向日葵 (*Helianthus annuus*)、花生 (*Arachis hypogaea*)、麻类为主。有水源灌溉的地区, 冬季可以种植小麦 (*Triticum aestivum*)。

由于农业生态系统中植被类型较为单一, 植物种类较少, 距离居民区较近而易受人为干扰, 因此农业生态系统中动物种类不甚丰富。由于农业生态系统中的水田为两栖类提供了合适的栖息环境, 因此分布于其中的两栖类种类较多, 静水型、陆栖型的种类在农田中都有分布, 爬行动物中的灌丛石隙型、住宅型、水栖型的种类也多在农田及周围活动。鸟类中人类伴居的种类在农田中多有分布, 如麻雀、白腰文鸟、燕雀、金翅雀、灰头鹀、三道眉草鹀等。

5) 城镇/村落生态系统

城镇/村落是一个高度复合的人工化生态系统, 与自然生态系统在结构和功能上都存在明显差别。评价区城镇/村落生态系统面积为 7204.5hm², 占评价区总面积的 3.38%。评价区城镇/村落生态系统内的植被类型主要是一些绿化植被及少量农业植被, 绿化植被种类可见川桂、剑麻、霸王鞭、苏铁、银杏等, 农业植被主要的植物种类有辣椒、茄子、青菜、大蒜等。

6) 干热河谷区生态系统特征

评价区干热河谷区生态系统植被多数为“稀树灌木草丛”状, 少数为带禾草草丛和灌木的“稀树林或“稀灌丛”, 各层常见的层盖度为群落的优势层, 群落植物种类组成上, 多数为热带性 (或热带起源) 耐干旱种类, 有长期适应干热河谷生长的植物群落特征种和植物区系标志种。金沙江干热河谷植被的群系以车桑子、黄茅、孔颖草、疏序黄荆、仙人掌、拟金茅、假杜鹃、滇榄仁、牛角瓜、戟叶酸模、丛生羊胡子草等为主。主要群丛有车桑子·黄茅群丛、车桑子·孔颖草群丛、

疏序黄荆•滇榄仁群丛、拟金茅•丛生羊胡子草群丛、假杜鹃•孔颖草群丛、假杜鹃•芸香草群丛、孔颖草•牛角瓜群丛、牛角瓜•飞扬草群丛、拟金茅•黄茅群丛、双花草•黄茅群丛、戟叶酸模•牛角瓜群丛、马桑•黄茅群丛、华西小石积•黄茅群丛、石山羊蹄甲•仙人掌群丛等。

金沙江干热河谷区植物群落的植物种类组成质量上多样性表现在植物群落特征种的多样性、植物群落优势种和常见种的多样性、植物群落干热适应种的多样性、植物群落植物区系地理成分的多样性。金沙江干热河谷区旱生植被为主要优势植被；生物多样性程度低，抗性减弱，受干扰后难于自行恢复；生物生产量低，层次结构单一，不利于植被-土地生态系统营养物质和能量的循环与转换，对河谷坡地的抗蚀防护性能削弱，河谷坡地出现退化趋势；干热河谷生态环境的基础构成薄弱，使整体生态环境脆弱易退化。

（2）生态系统生产力

评价范围植被调查是通过实地勘察、卫片解译并结合收集的资料经综合分析而完成。卫片信息的提取过程如下：对选取的 TM 资料，利用遥感图象处理软件 ERDAS 进行解译，并经几何精校正、图象增强、进行融合，根据各类环境信息数据及相关图像处理软件进行综合分析，得到评价范围内生态研究所需的相关数据和生态图件。乌东德水电站生态评价区各植被类型净生产力及生物量状况见表 4.3-1 及图 4.3-1、图 4.3-2。

表 4.3-1 评价区各植被类型的生物量及生产力

植被类型	代表植物	面积 (hm ²)	占评价区总面积 (%)	平均净生产力 (gc/m ² .a)	平均生物量 (t/hm ²)	占评价区总生产力 (%)	占评价区总生物量 (%)
针叶林	云南松、滇油杉	22327.8	9.65	973.50	94.51	12.94	31.28
阔叶林	滇青冈、尼泊尔桉木	8980.9	3.88	1043.00	135.91	5.58	18.09
竹林	慈竹	526.5	0.23	816	45.31	0.26	0.35
灌丛和灌草丛	黄茅、黄荆、紫茎泽兰等	136665.7	59.07	742.80	22.22	60.43	45.00
经济林	油茶、油桐、柑桔类	15891.5	6.87	920	13.31	8.70	3.13
农作物	水稻，小麦、玉米、小米、高粱、薯类、豆类、各类蔬菜	23117.3	9.99	804	6	11.07	2.05

植被类型	代表植物	面积 (hm ²)	占评价区 总面积 (%)	平均净 生产力 (gc/m ² .a)	平均 生物量 (t/hm ²)	占评价区 总生产力 (%)	占评价区 总生物量 (%)
河流水域	淡水藻类	5728.5	2.48	300	1.2	1.02	0.10
总计		213238.2	92.17%	728.33		100	100
评价标准				720			

注：1) 表中未包括建设用地及未利用地面积共 18119.80hm²，占评价范围面积的 7.83%。

2) 各植被类型平均净生产力数据来源于：冯宗炜，王效科，吴刚．中国森林生态系统的生物量和生产力[M]．北京：科学出版社，1999．

3) 针叶林、阔叶林，灌丛和灌草丛平均生物量数据来源于实测数据，其余植被类型来源于：方精云，刘国华，徐蒿龄．我国森林植被的生物量和净生产量[J]．生态学报，1996，16（5）：497~508．

4) 评价标准采用全球平均净生产力值。

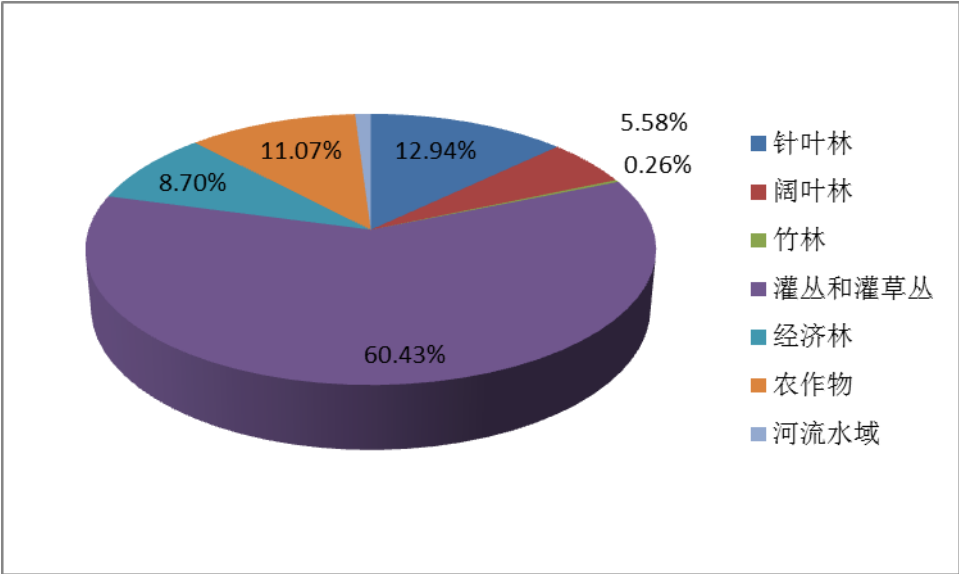


图 4.3-1 评价区各植被类型净生产力所占比重

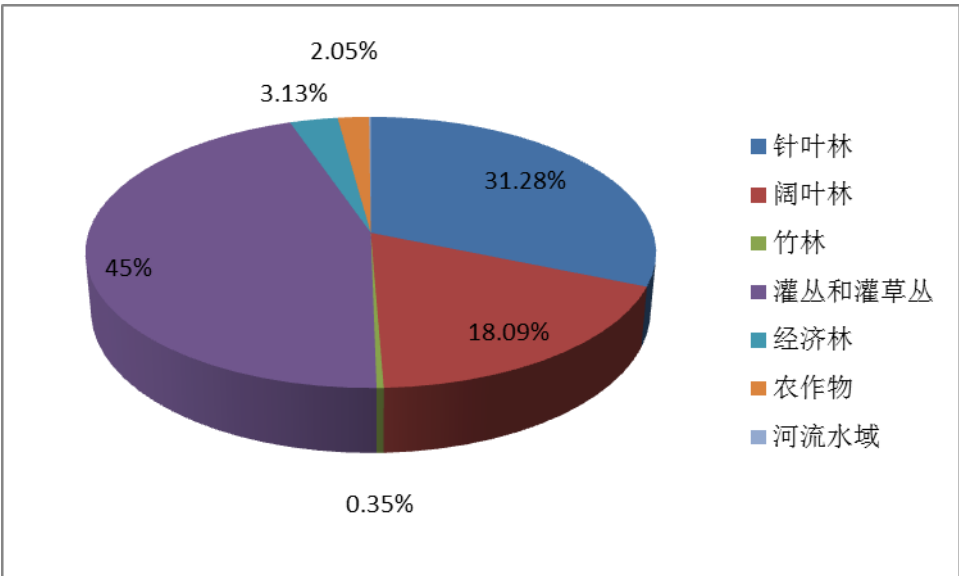


图 4.3-2 评价区各植被类型生物量所占比重

乌东德水电站生态评价区平均净生产力为 728.33gC/ (m².a)，比全球陆地水平高 8.33gC/ (m².a)。评价区灌草地面积占的比重最大，达到 59.07%，是对评价区的平均生产力值的大小起决定性的因素。

评价区总生物量 674.85 万 t，每公顷的生物量为 31.65t。评价区陆生植被类型以灌丛和灌草丛、农业植被为主，其中灌丛和灌草丛面积为 136665.7hm²，占 59.07%，生物量 303.67 万 t，占评价区总生物量的 45.00%；针叶林的生物量也较高，为 211.02 万 t，占评价区总生物量的 31.28%；农作物面积达 23117.3hm²，生物量 13.87 万 t，占总评价区总生物量的 2.05%。

(3) 景观生态体系质量现状分析

1) 主要景观生态系统组成结构

在植被类型划分的基础上，根据遥感影像的色彩和色调的变化，确定满足评价要求的景观上图单元类型，具体划分为 10 类。评价区内的景观体系的组成见下表。

表 4.3-2 评价区景观生态体系

植被类型		土地利用类型
自然植被	针叶林	林地
	阔叶林	
	竹林	
	灌丛和灌草丛	草地
人工植被	经济林	园地
	水田	耕地
	旱地	
其它	河流水域	水域及水利设施用地
	未利用地	其他土地
	建设用地	建设用地

景观结构单元中的缀块类型，采用生态制图中运用的上图单元。评价区内现状各景观类别的缀块数与面积见下表。

表 4.3-3 评价区内各景观类型缀块数及面积现状统计表

景观类型	缀块数	面积 (hm ²)
针叶林	11227	22327.8
阔叶林	3870	8980.9
竹林	507	526.5
灌丛和灌草丛	44681	136665.7
经济林	20031	15891.5
水田	6314	5858.0

旱地	7556	17259.3
建设用地	6256	7204.5
河流水域	2045	5738.5
未利用地	4692	10915.3
总计	107179	231368.0

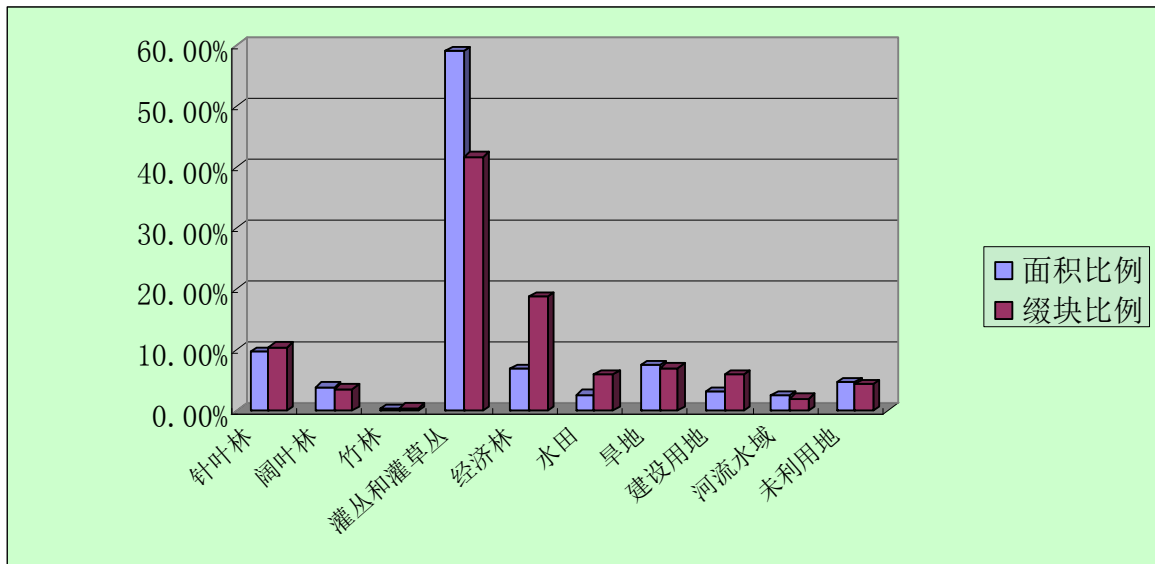


图 4.3-3 评价区景观类型缀块及面积比

2) 景观生态系统空间格局分析

根据景观优势度值计算方法，评价区内各类缀块的密度（ R_d ）、频率（ R_f ）和景观比例（ L_p ），以及优势度的计算值见下表。

表 4.3-4 评价区内各类缀块优势度值现状统计表

景观类型	密度 R_D	频率 R_F	景观比例 L_P	优势度 D_O
针叶林	10.47%	15.65%	9.65%	11.36%
阔叶林	3.61%	7.88%	3.88%	4.81%
竹林	0.47%	1.06%	0.23%	0.50%
灌丛和灌草丛	41.69%	62.64%	59.07%	55.62%
经济林	18.69%	26.79%	6.87%	14.80%
水田	5.89%	24.78%	2.53%	8.93%
旱地	7.05%	55.32%	7.46%	19.32%
建设用地	5.84%	15.64%	3.11%	6.93%
河流水域	1.91%	22.78%	2.48%	7.41%
未利用地	4.38%	19.52%	4.72%	8.33%

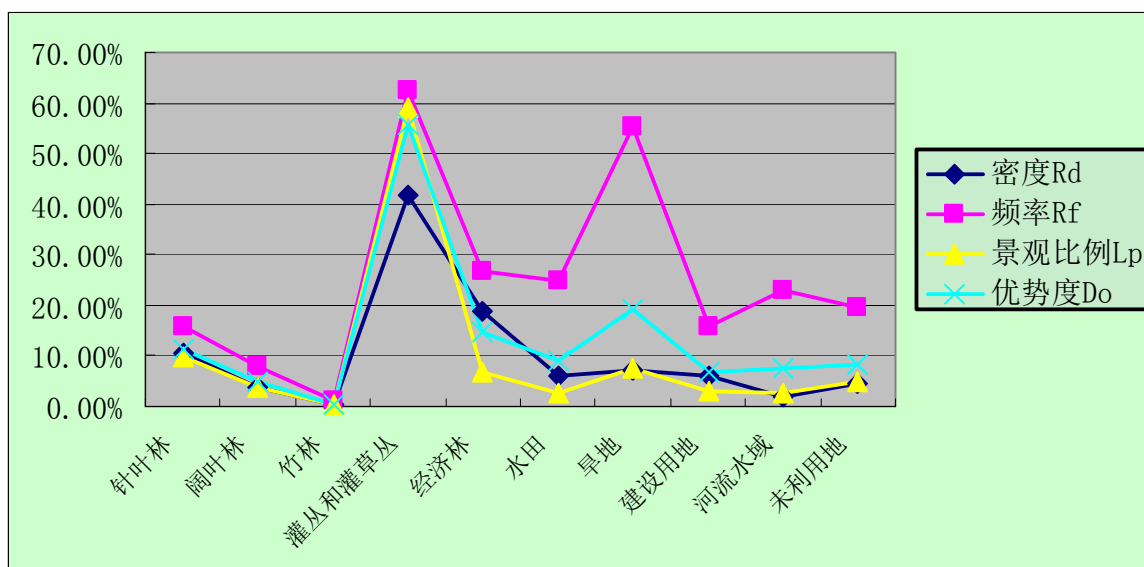


图 4.3-4 评价区内各类缀块优势度值现状示意图

从表 4.3-4 各景观类型优势度值及图 4.3-4 可知，灌丛和灌草丛的优势度值最高，为 55.62%，其次是旱地，为 19.32%。经济林、针叶林的优势度值也较高，分别为 14.80%、11.36%。其余依次为水田、未利用地、建设用地、河流水域、阔叶林、竹林。暖温性针叶林分布海拔较高，多在评价区上方出现。评价区的景观构成现状中，灌木草地生态系统构成了评价区的景观背景；从河谷的植被垂直格局来看，河谷下部是以灌丛和灌草丛、经济林、耕地为主的景观，河谷上部出现较多的为暖温性针叶林、常绿及落叶阔叶林。

3) 景观生态质量分析

以植被的生态潜力高低作为评价景观生态质量好坏的主要标准，量化各主要植被类型的生态潜力，主要依据有：

①植被类型在地带性植被演替阶段中的位置，以及在演替过程中的顺序。一般说来，这决定了植被类型的生态潜力高低，地带性植被类型的生态潜力最大，原生性植被类型的生态潜力比次生性的高等。

②植被类型单位面积的生产潜力大小。生产力越高的植被，在植被恢复和生态重建中的作用也越大，当然这是在第一点的基础上进行的排序。一般而言，乔木群落的生产力要高于灌木群落，灌木要高于草本。

以上述 2 点为依据，分析各成图植被类型的性质和群落特征，对其生态潜力按 5 级进行排序（表 4.3-5），1 至 5 级表示由优变劣。按此景观生态质量等级制图，以反映评价区生态环境的综合质量。

表 4.3-5 评价区现状景观生态质量等级统计表

景观类型	等级	缀块数	缀块数%	面积 (hm ²)	面积%
阔叶林	1	3870	3.61	8980.0	3.88
针叶林	2	56415	52.63	159520.0	68.95
灌丛和灌草丛					
竹林					
经济林	3	26345	24.58	21749.5	9.40
水田					
旱地	4	7556	7.05	17259.3	7.46
未利用地	5	12993	12.13	23848.3	10.31
建设用地					
河流水域					
合计		107179	100.00	231358	100.00

评价区中各生态质量等级的区域所占面积的排序为 2 级>5 级>3 级>4 级>1 级,评价区的生态质量总体上属中等水平。本工程直接影响的主要为攀枝花至禄劝的金沙江下游及其支流区域,属南亚热带气候,其景观生态类型主要为灌丛和灌草丛、人工植被、针叶林、阔叶林、经济林、河流水域以及建设用地等,生态质量属中等水平。

4.3.1.3 陆生植物

(1) 植物区系

1) 区系组成

乌东德水电站工程评价区所涉及县区均属于南亚热带气候类型,宜于各种亚热带植物生长。但由于工程评价区大多位于金沙江两岸,属干热河谷地貌,与周围高原比较,气候长期干热或半干热,由于特殊的生存环境加上复杂的历史原因,故植物区系的组成与地带性区域有所差异,属于泛北极植物区系、中国—喜马拉雅植物亚区、云南高原地区及横断山脉外缘地区。

通过对乌东德水电站工程评价区所涉及的金沙江流域植物资源的实地调查,结合对历年积累的植物区系资料的系统整理,得出该区域维管植物共有 132 科 495 属 786 种(包含栽培种与种下等级)。蕨类植物 10 科 11 属 16 种;裸子植物 6 科 10 属 12 种;被子植物共 116 科 474 属 759 种(双子叶植物 102 科 389 属 621 种;单子叶植物 14 科 85 属 137 种)。种数分别占云南省总种数的 1.11%、12.90% 和 7.06%,占四川省总种数的 1.82%、13.64%和 8.98%。蕨类植物分类参照秦仁昌系统,裸子植物分类参照郑万钧系统,被子植物分类参照哈钦松系统。陆生维

管束植物区系分析以野生种为准。

表 4.3-6 金沙江乌东德水电站评价区陆生维管束植物统计表

项目	蕨类植物			裸子植物			被子植物		
	科	属	种	科	属	种	科	属	种
评价区	10	11	16	6	10	12	116	474	759
云南省	59	182	1443	10	29	93	256	2018	10755
四川省	52	141	880	9	27	88	182	1474	8453
全国	63	228	2600	10	34	238	291	2940	25000
评价区占云南 (%)	16.95	6.04	1.11	60.00	34.48	12.90	45.31	23.49	7.06
评价区占四川 (%)	19.23	7.80	1.82	66.67	37.04	13.64	63.74	32.16	8.98
评价区占全国 (%)	15.87	4.82	0.62	60.00	29.41	5.04	39.86	16.12	3.07

2) 植物区系特点

评价区共有野生种子植物 101 科 371 属，其中含 1~4 属的有 83 科，占科总数的 82.18%，包括松科、桔梗科、爵床科、灯心草科等。这些科的存在对于评价本地区种子植物区系的特点具有重要的意义。含 5~10 属的有 14 科，占科总数的 13.86%，如苋科、萝藦科、锦葵科、大戟科、茜草科、玄参科、爵床科等。含 10 属以上的有 4 科，占科总数的 3.96%，其中菊科、禾本科是世界性大科，所含属数均为 30 以上；蝶形花科、蔷薇科等是中等大小的科。

属往往在植物区系研究中作为划分植物区系地区的标志或依据。属的分布区指某一属在地表分布的区域。评价区种子植物可分为 15 个类型。热带分布属有 272 个，占属总数的 70.37%，温带分布属占 29.01%。中国特有分布属仅 3 个，占 0.62%。这说明本区热带属还是比较多的，虽然近代气候并非典型热带。温带属有一定数量是由于与纬度偏北和河谷气候偏温有关。区系上热带起源明显，又交错少数温带起源的成分，具有近代的交错现象。

表 4.3-7 乌东德水电站评价区种子植物属的分布区类型

分布区类型	属数	占属总数 (%)	属内种数	占总种数 (%)
1.世界分布	44	——	98	——
2.泛热带分布	123	37.96	199	40.78
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	11	3.40	14	2.87
4.旧世界热带分布	33	10.19	42	8.61
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	9	2.78	11	2.25
6.热带亚洲至热带非洲分布	30	9.26	44	9.02
7.热带亚洲分布	22	6.79	30	6.15

热带分布	272	70.37	438	69.67
8.北温带分布	42	12.96	70	14.34
9.东亚和北美洲间断分布	8	2.47	13	2.87
10.旧世界温带分布	22	6.79	33	6.76
11.温带亚洲分布	2	0.62	6	1.23
12.地中海、西亚至中亚分布	3	0.93	4	0.82
13.中亚分布	1	0.29	1	0.20
14.东亚分布	16	4.94	19	3.90
温带分布	96	29.01	146	29.92
15.中国特有分布	3	0.62	3	0.41
总计	371	100.00	587	100.00

(2) 植被类型

根据《云南植被》可将区内自然植被划分为 5 个植被型组、6 种植被型、23 个群系。在森林植被中，代表本区的地带性原生天然常绿阔叶林面积甚微，可能和本区开发强度过大有关系。有关评价区的植被分类系统、主要植被概况及其在评价区的分布见下表。

表 4.3-8 评价区植被类型及分布情况

	植被型组	植被型	群系及拉丁名	分布区域
自然植被	针叶林	I. 暖性针叶林	1. 云南松林 Form <i>Pinus yunnanensis</i>	主要分布在海拔 1600m 以上区域
			2. 滇油杉林 Form. <i>Keteleeria evelyniana</i>	海拔 1500m 以上区域
	阔叶林	II. 常绿阔叶林	3. 滇青冈林 Form. <i>Cyclobalanopsis glaucooides</i>	零星分布
		III. 落叶阔叶林	4. 尼泊尔栎木林 Form. <i>Alnus nepalensis</i>	零星分布
	竹林	IV. 竹林	5. 慈竹林 Form. <i>Sinocalamus affinis</i>	村落附近
	稀树灌木草丛	V. 稀树灌木草丛	6. 锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛 Form. <i>Quercus franchetii</i> , <i>Dodonaea viscosa</i> , <i>Heteropogon contortus</i>	广布于河谷两岸的堤坡上
			7. 紫茎泽兰灌草丛 Form. <i>Eupatorium adenophorum</i>	堤坡、路旁和村落附近
			8. 黄茅灌草丛 Form. <i>Heteropogon contortus</i>	广泛分布
			9. 孔颖草灌草丛	广泛分布

			Form. <i>Bothriochloa pertusa</i>	
			10. 丛生羊胡子草灌丛 Form. <i>Eriophorum comosum</i>	广泛分布
			11. 拟金茅灌丛 Form. <i>Eulaiopsis binata</i>	峡谷两侧
			12. 银胶菊灌丛 Form. <i>Parthenium hysterophorus</i>	河岸两旁
	灌丛	VI. 干热灌丛	13. 仙人掌灌丛 Form. <i>Opuntia dillenii</i>	河谷两岸，村落附近
			14. 牛角瓜灌丛 Form. <i>Asclepias gigantea</i>	沿河岸向阳旷野、山坡
			15. 剑麻灌丛 Form. <i>Agave sisalana</i>	堤坡与路旁
			16. 车桑子灌丛 Form. <i>Dodonaea viscosa</i>	河谷两岸、山坡
			17. 余甘子灌丛 Form. <i>Phyllanthus emblic</i>	河谷两岸、山坡
			18. 小果蔷薇、火棘灌丛 Form. <i>Rosa cymos</i> , <i>Pyracantha fortuneana</i>	野生或栽培，堤坡与路旁
			19. 麻疯树灌丛 Form. <i>Jatropha cufcas</i>	沿河岸分布
			20. 金合欢灌丛 Form. <i>Acacia yunnanensis</i>	河谷两岸山坡
			21. 霸王鞭灌丛 Form. <i>Euphorbia antiquorum</i>	河谷两岸，村落附近
			22. 戟叶酸模灌丛 Form. <i>Rumex hastatus</i>	河谷两岸山坡
			23. 滇榄仁灌丛 Form. <i>Terminalia franchetii</i>	河谷两岸山坡
人工植被	人工林	VII. 经济果木林	24. 核桃林 Form. <i>Juglans regia</i>	零星种植于村落附近
			25. 乌柏林 Form. <i>Sapium sebiferum</i>	野生或栽培于支流两岸
			26. 柑桔林 Form. <i>Citrus reticulata</i>	栽培于村落附近
			27. 芒果林 Form. <i>Mangifera indica</i>	栽培于村落附近
			28. 油茶林 Form. <i>Camellia oleifra</i>	栽培于支流河谷两岸的村落附近
			29. 香蕉、芭蕉林 Form. <i>Musa nana</i> , <i>Musa basjoo</i>	广泛分布于干支流河谷两岸
			30. 油桐林 Form. <i>Aleurites fordii</i>	零星种植于支流两岸

			31. 石榴林 Form. <i>Punica granatum</i>	以基地林形式大面积种植
			32. 番木瓜林 Form. <i>Carica papaya</i>	大面积种植于干支流河谷两岸
		VIII.用材林	33. 云南松林 Form. <i>Pinus yunnanensis</i>	主要种植于海拔1600m 以上区域
			34. 赤桉林 Form. <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	山坡、村落附近
			35. 小叶桉林 Form. <i>Eucalyptus tereticornis</i>	山坡、村落附近
			36. 柠檬桉林 Form. <i>Eucalyptus robusta</i>	山坡、村落附近
	农作物	IX. 粮食作物	玉米（ <i>Zea mays</i> ）、水稻（ <i>Oryza sativa</i> ）、小麦（ <i>Triticum aestivum</i> ）、豆类、薯类等。	河谷、中山、高山旱地
		X. 经济作物	烟叶（ <i>Nicotiana tabacum</i> ）、向日葵（ <i>Helianthus annuus</i> ）、花生（ <i>Arachis hypogaea</i> ）等。	盆地地区

（3）植被分布

1) 植被分布特点

乌东德水电站评价区所在区域的植物区系属泛北极植物区、中国—喜马拉雅植物亚区、云南高原地区及横断山脉外缘地区。该区域从滇北川西南高原斜伸至金沙江干热河谷，海拔从近 3000m 下降到不足 850m，生物气候变化急剧，从而使该区域的植被具有明显的垂直分布规律。

评价区基本上属于海拔 900~1800m 带上，1600m 以上的山原高地，其植被类型以中高山针叶林和硬叶常绿阔叶林为主；1600m 以下则受河谷干热气候的控制，其植被类型以干热河谷旱生林和稀树灌木为主。由于地域、地形、气候的差异，评价区所在的金沙江河谷生态环境有较大差异。

表 4.3-9 乌东德水电站评价区植被垂直分布特征

江边河滩	牛角瓜、麻疯树灌木
河谷底部、平坝	耕地
河谷至 1600m	耕地； 石榴、香蕉、花椒等经济果木林，桉树林（人工植被）； 车桑子、余甘子、滇榄仁等类型的干热河谷灌木（主要类型）； 锥连栎、车桑子、黄茅稀树灌木草丛； 黄茅、孔颖草、拟金茅、紫茎泽兰等类型的灌草丛； 麻疯树、剑麻、金合欢灌木（人工种植后逸野类型）

1600m 以上	云南松林（主要森林类型，天然林和人工林混杂）； 滇青冈、尼泊尔桉木等阔叶林

此外，在实地调查中，选取了云南省楚雄彝族自治州元谋县江边乡附近江段、云南省昆明市禄劝彝族苗族自治县皎平渡附近江段、金沙江乌东德水电站坝址附近江段、四川省攀枝花市仁和区大龙潭彝族乡拉鲊村附近江段进行了植被的垂直带的调查，并做出相应的剖面植被垂直分布示意图。由图可见，沿江两岸典型的植被剖面为：灌丛灌草丛→水田→灌丛灌草丛/稀树灌木草丛→经济林→针叶林/阔叶林。针叶林和阔叶林仅生长于海拔较高的区域。

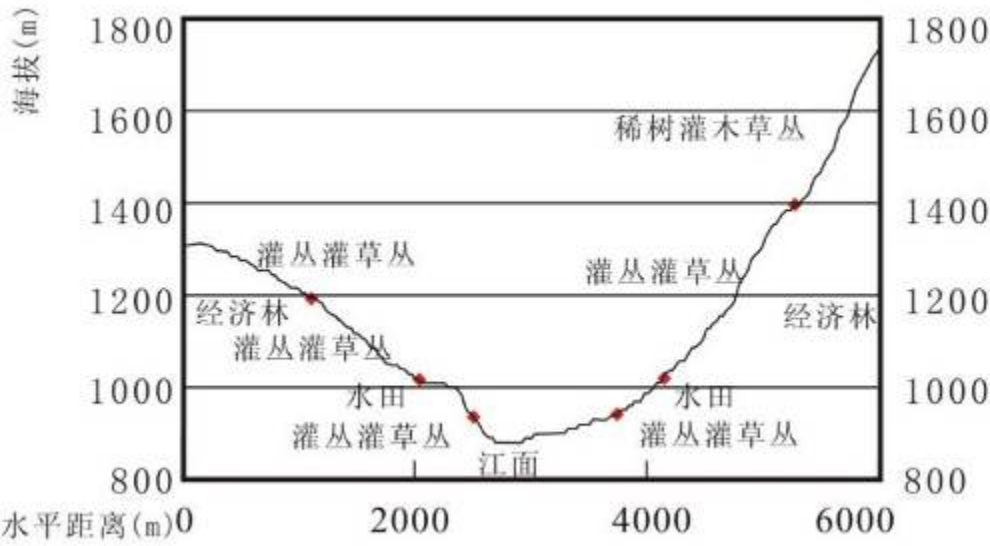


图 4.3-5 云南省元谋县江边乡附近江段植被垂直分布示意图

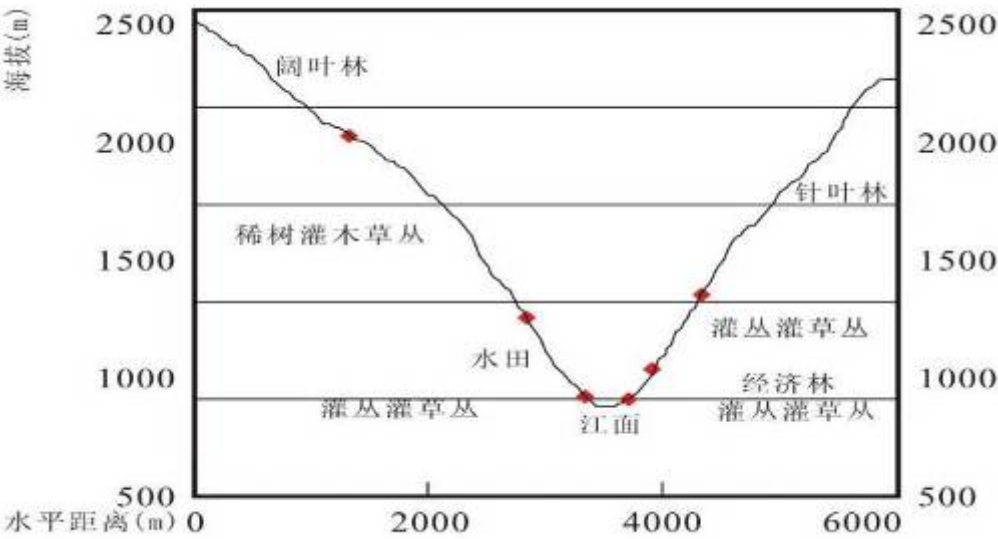


图 4.3-6 云南省禄劝县皎平渡附近江段植被垂直分布示意图

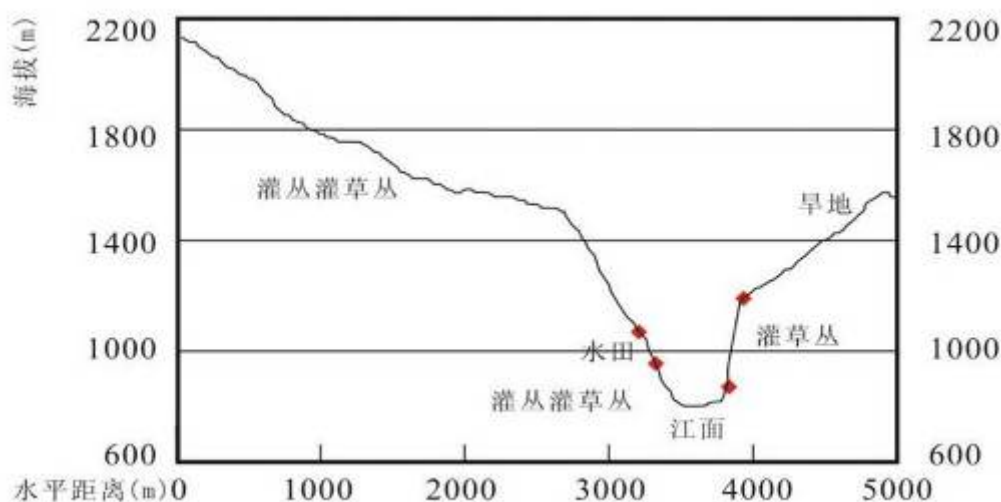


图 4.3-7 金沙江乌东德水电站坝址附近江段植被垂直分布示意图

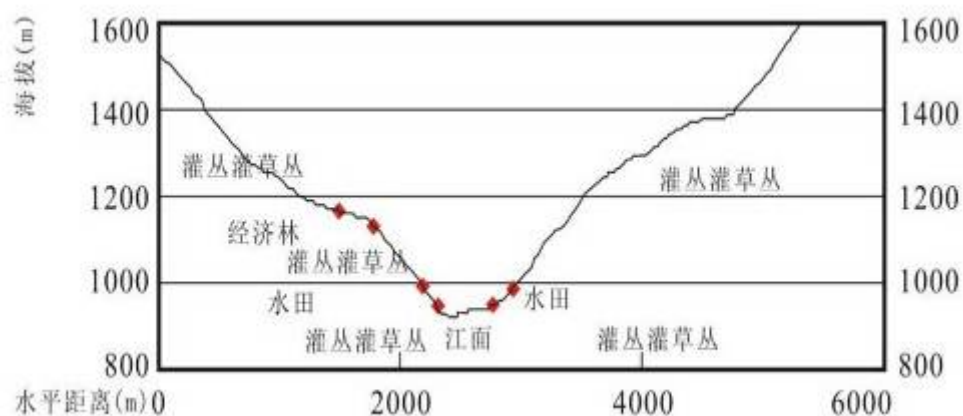


图 4.3-8 四川省攀枝花大龙潭乡拉鲊村附近江段植被垂直分布示意图

2) 区域植被分布

①枢纽工程区

枢纽工程区山体切割严重，植被覆盖率较低，地势较陡的区域主要的植被类型以灌丛、灌草丛以及稀疏灌木草丛为主，主要的植被类型有黄茅灌草丛、紫茎泽兰灌草丛、拟金茅灌草丛、滇榄仁灌丛等，常见的植物种类有黄茅、紫茎泽兰、滇榄仁、牛角瓜、黄荆、金合欢、拟金茅等；在地势较为平缓的区域主要分布的植被类型有车桑子灌丛、麻风树灌丛、余甘子灌丛、滇榄仁灌丛等灌丛，该区域植物种类较地势较陡处丰富，主要可见的植物种类有车桑子、麻风树、剑麻、黄茅、拟金茅、木贼、蜈蚣草、蕺菜、独行菜等，总体来讲，枢纽工程区内植被较为简单，植被覆盖率较低，植物较不丰富。

②淹没区

水库蓄水后，处于淹没线 975m 以下区域内的植被将被淹没。淹没涉及野生植物 90 科 270 属 355 种，其中蕨类植物 10 科 11 属 14 种，被子植物 80 科 259 属 341 种（双子叶植物 74 科 207 属 278 种，单子叶植物 6 科 52 属 63 种），淹没不涉及野生的裸子植物。海拔 975m 以下的植物以草本和灌木植物为主，乔木种类很少。受淹没影响的物种以禾本科、蝶形花科、苏木科、唇形科、大戟科、菊科、莎草科等科中分布于低海拔喜干热的植物种属数量最大。淹没区特有植物 57 种，其中中国特有种 37 种，华西南特有种 18 种，干热河谷特有种 2 种。

淹没区主要的植被类型受淹没情况如下表 4.3-10。从表 4.3-10 可以看出，淹没区主要植被类型淹没总面积为 5548.10hm²，其中麻疯树灌丛淹没面积较大，为 2927.82hm²，其次是车桑子灌丛，淹没面积为 1340.65hm²。云南松、滇油杉等暖性针叶林在评价区分布的海拔较高，不处于水库淹没区范围内。

表 4.3-10 淹没区主要植被类型受淹没面积表

植被类型	受淹没	
	面积 (hm ²)	占评价区该植被类型的比例 (%)
滇青冈林	204.61	3.44
尼泊尔桫欏木林	89.18	2.94
慈竹林	9.64	1.83
剑麻灌丛	134.38	8.47
车桑子灌丛	1340.65	9.02
麻疯树灌丛	2927.82	8.40
锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛	74.47	0.78
紫茎泽兰灌草丛	180.27	1.06
拟金茅灌草丛	85.82	1.68
牛角瓜灌丛	501.26	8.87

③移民安置区

金沙江乌东德水电站库区移民安置区所在区域海拔主要集中在 1000m-2000m 之间，搬迁和生产安置点植被现状以耕园地和荒草地为主，原生性植被少。海拔在 1600m 以上安置点附近山坡有部分原生性植被，主要植被有

云南松林 (Form. *Pinus yunnanensis*)、滇油杉林 (Form. *Keteleeria evelyniana*)、滇青冈林 (Form. *Cyclobalanopsis glaucoides*)、尼泊尔桤木林 (Form. *Alnus nepalensis*)、慈竹林 (Form. *Sinocalamus affinis*) 等, 但不属于移民安置区范围。1600m 以下的荒草地, 主要植被类型为稀疏灌木草丛、干热河谷灌丛和灌草丛草丛为主, 主要植被类型为锥连栎、坡柳、黄茅群落 (Form. *Quercus franchetii*, *Dodonaea viscosa*, *Heteropogon contortus*)、仙人掌灌丛 (Form. *Opuntia dillenii*)、牛角瓜灌丛 (Form. *Calotropis gigantea*)、剑麻灌丛 (Form. *Agave sisalana*)、车桑子灌丛 (Form. *Dodonaea viscosa*)、余甘子灌丛 (Form. *Phyllanthus emblic*)、小果蔷薇、火棘灌丛 (Form. *Rosa cymosa*, *Pyracantha fortuneana*)、麻疯树灌丛 (Form. *Jatropha cufcas*)、金合欢灌丛 (Form. *Acacia yunnanensis*)、霸王鞭灌丛 (Form. *Euphorbia antiquorum*)、戟叶酸模灌丛 (Form. *Rumex hastatus*)、滇榄仁灌丛 (Form. *Terminalia franchetii*)、车桑子灌丛 (Form. *Dodonaea viscosa*)、紫茎泽兰灌丛 (Form. *Eupatorium adenophrum*)、黄茅灌丛 (Form. *Heteropogon contortus*)、孔颖草灌丛 (Form. *Bothriochloa pertusa*)、丛生羊胡子草灌丛 (Form. *Eriophorum comosum*)、拟金茅灌丛 (Form. *Eulaiopsis binata*)、银胶菊灌丛 (Form. *Parthenium hysterophorus*) 等。

移民安置区的林地主要为人工种植的经济果木林和用材林, 经济果木林主要种类有核桃、石榴、桑树、龙眼、芒果, 用材林主要有桉树林、云南松林。

金沙江乌东德水电站库区移民安置区植被现状情况详见下表。

表 4.3-11 金沙江乌东德水电站移民安置区植被现状情况

县名	乡镇	集中安置点名称	搬迁安置点		生产安置点	
			海拔 (m)	植被现状	海拔 (m)	植被现状
禄劝县	乌东德乡	新村	1300-1670	未利用地, 荒草地	1300-1700	以农用地为主, 种植烟叶、玉米和水稻
	皎平渡镇	皎西	2258-2261	草地	——	——
武定县	己衣乡	花果山	1760—1825	旱地	1000-1150	荒草地
	狮山镇	西和	1710-1800	旱地	——	——
	己衣乡	下普利	960-1100	草地	1100	荒地为主, 部分耕地
	东坡乡	白马口	982-995	旱地	1000	荒地, 部分经济型林木

元谋县	江边乡	启宪集镇	976-1100	林地、旱地	1050-1150	荒草地
	元马镇	瓦渣箐	1080-1270	旱地	1250-1300	耕地为主，以种植蔬菜、葡萄和龙眼为主
	老城乡	甘塘	1100-1700	草地	1180-1200	荒地
会东县	嘎吉乡	官田	1720-2000	耕园地及林地	茂吉村安置点， 1860-1990； 官田村安置点， 1730-1930	耕地，以烟叶种植， 辅以玉米、水稻种植
	洛佐乡	金家坪村	2081-2177	耕园地	2040-2210	农用地，以烟叶种植为主， 辅以玉米、水稻、花椒种植
	姜州乡	民权村	1760-1825	旱地为主	1700-1900	农用地，种植烟叶、玉米和水稻
	新马乡	新马	1630-1675	旱地及荒草地	1720-1840	农用地，烤烟、桑树、玉米
	洛佐乡	马口	1260-1320	旱地及荒草地	1263-1278	林地和耕地
	可河乡	坪山	1715-1950	园地、旱地及荒草地	1700-1900	农用地，种植烟叶、玉米和水稻
	姜州乡	姜州村	1758—1805	旱地及荒草地	1700-1900	农用地，种植烟叶、玉米和水稻
会理县	新安乡	马鞍坪	950-1780	耕地和林地	1000-1300	未利用地
			950-1780	林地、旱地、园地	980-1100	未利用地
	富乐乡	半嶠地	1718-1792	旱地、林地、园地	1750-1850	农用地
	通安镇	富乐九组	1804-1818	园地为主	1860-1940	旱地，种植玉米
	云甸乡	新铺子	1351-1368	水田为主	1360-1400	旱地，种植小麦
		云兴	1309-1324	耕地为主	1300-1350	农用地，以种植水稻、小麦和石榴为主
		沙园	1373-1408	林地为主	1370-1850	农用地
		云田	1365-1390	耕地为主	980-1100	未利用地
	果园乡	甸沙关	1768-1823	林地、旱地	1780-1820	未利用地
仁和	大龙潭乡	命卡 棉花地	1165-1180	耕地为主	1150-1200	旱地，以葡萄、咖啡为主
盐边	益民乡	鲊石村	1014-1056	耕地为主	950-1050	园地，以蔬菜为主

钒钛	金江镇	金沙阳光	988.2-991.3	耕地为主	——	——
东区	银江镇	那拉莫	1170-1235	耕地为主	——	——

(4) 国家重点保护植物、古树、特有植物、外来入侵种

1) 重点保护植物

①国家级重点保护植物

通过现场实地调查和查询相关资料，参照《国家重点保护野生植物保护名录（第一批）》，乌东德水电站评价区内未发现国家重点保护野生植物，在评价区内有银杏、红椿 2 种栽培的保护植物，均属于人工栽培。其中，银杏在评价范围内零星分布，树龄均不超过 5 年；红椿共计 5 株，其中 1 株位于淹没区，1 株位于移民安置区，其余 3 株均不在淹没及移民安置影响范围内。

表 4.3-12 评价区国家级重点保护植物分布表

树种名称	生长状况	分布位置	定位	数量	所属区域	保护级别	野生/栽培	资料来源
银杏（Ginkgo biloba）	均为树龄不超过 5 年的幼苗	库区零星分布	——	—	评价区	国家一级	栽培	实地考察
红椿（Toona ciliata）	树高 26m，枝下高 4m，胸径 70cm，冠幅 15m×15m	武定县白马口村	N25°57.617'E101°53.020'海拔：989m	1	移民安置区	国家二级	栽培	实地考察
红椿（Toona ciliata）	树高 12m，枝下高 3m，胸径 40cm，冠幅 8m×8m	元谋县江边乡江边村	N25°57.617'E101°53.020'海拔：948m	1	淹没区	国家二级	栽培	实地考察
红椿（Toona ciliata）	树高 15m，枝下高 3m，胸径 35cm，冠幅 10m×8m	元谋县江边乡大树村	N25°54'44"E101°51'52"海拔：963m	1	淹没区	国家二级	栽培	实地考察
红椿（Toona ciliata）	树高 12m，枝下高 2.5m，胸径 40cm，冠幅 6m×8m	攀枝花市平地镇迤计厂五队	N26°10'36"E101°50'31"海拔：1680m	2	评价区	国家二级	栽培	实地考察

注：分布区域一列，“评价区”指施工区、淹没区、移民安置区以外的评价区域。

②省级重点保护植物

根据《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》，评价区分布有云南省省级重点保护植物 3 种：毛核木（*Symphoricarpos sinensis*）、厚果鸡血藤（*Millettia pachycarpa*）、丁茜（*Trailliaedoxa gracilis*）。

毛核木（*Symphoricarpos sinensis*）又称雪莓（中国树木分类学）、雪果（中

国种子植物科属词典)。忍冬科毛核木属直立灌木。花期 7~9 月，果期 9~11 月。评价区禄劝、武定海拔约 2200m 的干燥山坡或灌丛中可见。

厚果鸡血藤 (*Millettia pachycarpa*) 又名厚果崖豆藤 (植物分类学报)、冲天子 (云南种子植物名录)。蝶形花科鸡血藤属大型木质藤本。幼年时直立如小乔木状。花期 4~6 月，果期 6~11 月。除滇西北高山以外的云南各地均产，生于海拔 2000m 以下的山坡常绿阔叶林或杂木林及灌丛中，评价区较常见。

丁茜 (*Trailliaedoxa gracilis*) 茜草科丁茜属直立亚灌木，花期 9 月，生于海拔 900~3300m 处的岩石隙和山地灌丛，评价区禄劝可见。

2) 古树

根据现场调查及资料收集结果，本工程影响古树种类包括黄葛树、攀枝花、酸角、红椿 4 种，红椿 5 株、黄葛树 45 株、木棉 23 株、酸角 68 株，共计 141 株，详见表 4.3-12。

从古树种类看，4 种古树中酸角数量最多，占总数的 48.23%；红椿数量最少，仅有 5 株，占总数的 3.55%。

从古树分布地理位置看，会理县最多，为 67 株，占总数的 47.52%；其次为会东县 27 株，占总数的 19.15%；禄劝县古树最少，只有 2 株。

从古树分布区域看，水库淹没区古树有 119 株，分别是酸角 64 株、木棉 17 株、黄葛树 36 株、红椿 2 株，受水库蓄水淹没影响；移民安置区古树有 4 株，分别是木棉 3 株、红椿 1 株，受移民移民搬迁、生产安置活动的影响；枢纽工程区有古树 1 株，为黄葛树，受工程石料堆存或车辆运输等施工活动的影响。另外有 17 株古树位于评价区，分别是红椿 2 株、黄葛树 8 株、木棉 3 株、酸角 4 株，不受工程施工或运行的影响。

乌东德水电站工程影响古树种类基本情况详见下表。

表 4.3-13 乌东德水电站工程影响古树种类统计一览表 单位：株

序号	种类	分布区域	四川省			云南省			合计
			会东	会理	攀枝花	禄劝	元谋	武定	
1	红椿	淹没区	-	-	-	-	2		2
		移民安置区	-	-	-	-	-	1	1
		枢纽工程区	-	-	-	-	-	-	0
		评价区	-	-	2	-	0	0	2
		小计	0	0	2	0	2	1	5

2	黄葛树	淹没区	14	12	-	-	3	7	36
		移民安置区	-	-	-	-	-	-	0
		枢纽工程区	-	-	-	1	-	-	1
		评价区	-	8	-	-	-	-	8
		小计	14	20	-	1	3	7	45
3	木棉	淹没区	4	5	5	1	-	2	17
		移民安置区	-	-	3	-	-	-	3
		枢纽工程区	-	-	-	-	-	-	0
		评价区	-	3	-	-	-	-	3
		小计	4	8	8	1	-	2	23
4	酸角	淹没区	9	35	-	-	20	-	64
		移民安置区	-	-	-	-	-	-	0
		枢纽工程区	-	-	-	-	-	-	0
		评价区	-	4	-	-	-	-	4
		小计	9	39	-	-	20	-	68
合计			27	67	10	2	25	10	141

表 4.3-14 乌东德水电站工程影响区古树分布表

编号	树种名称	生长状况	分布位置	交通状况	定位	所属区域	资料来源
1.	黄葛树	树高 17m, 枝下高 7m, 胸径 172cm, 冠幅 12m×13m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'23.28"N102°35'13.89"E 海拔 908m	淹没区	实地考察
2.	酸角	树高 22.5m, 枝下高 4m, 胸径 124cm, 冠幅 8m×10m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'23.32"N102°35'14.00"E 海拔 908m	淹没区	实地考察
3.	黄葛树	树高 17m, 枝下高 3m, 胸径 112cm, 冠幅 12m×11m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'23.38"N102°35'13.78"E 海拔 906m	淹没区	实地考察
4.	黄葛树	树高 24m, 枝下高 3m, 胸径 206cm, 冠幅 17m×14m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'22.13"N102°35'12.76"E 海拔 912m	淹没区	实地考察
5.	黄葛树	树高 15.5m, 枝下高 2m, 胸径 126cm, 冠幅 16m×17m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'25.10"N102°35'13.85"E 海拔 900m	淹没区	实地考察
6.	黄葛树	树高 19.5m, 枝下高 3m, 胸径 90cm, 冠幅 13m×15m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'23.60"N102°35'19.25"E 海拔 907m	淹没区	实地考察
7.	黄葛树	树高 21m, 枝下高 2m, 胸径 102cm, 冠幅 13m×15m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'23.41"N102°35'19.37"E 海拔 910m	淹没区	实地考察
8.	黄葛树	树高 29.5m, 枝下高 4m, 胸径 186cm, 冠幅 14m×17m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'20.94"N102°35'19.70"E 海拔 915m	淹没区	实地考察
9.	黄葛树	树高 16m, 枝下高 5m, 胸径 137cm, 冠幅 12m×16m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'20.28"N102°35'20.62"E 海拔 909m	淹没区	实地考察
10.	木棉	树高 30m, 枝下高 3m, 胸径 127cm, 冠幅 14m×16m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'16.78"N102°35'13.27"E 海拔 905m	淹没区	实地考察
11.	黄葛树	树高 28m, 枝下高 2m, 胸径 185cm, 冠幅 10m×11m	会东县洛佐乡河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'16.57"N102°35'12.66"E 海拔 908m	淹没区	实地考察

12.	黄葛树	树高 12m, 枝下高 2m, 胸径 136cm, 冠幅 6m×12m	会东县洛佐乡 河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'15.14"N102°35'18.13"E 海拔 938m	淹没区	实地考察
13.	黄葛树	树高 23m, 枝下高 6m, 胸径 162cm, 冠幅 12m×14m	会东县洛佐乡 河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'10.38"N102°35'15.17"E 海拔 947m	淹没区	实地考察
14.	酸角	树高 20m, 枝下高 3m, 胸径 75cm, 冠幅 10m×12m	会东县洛佐乡 河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'10.69"N102°35'16.24"E 海拔 951m	淹没区	实地考察
15.	酸角	树高 36m, 枝下高 3m, 胸径 160cm, 冠幅 11m×12m	会东县洛佐乡 河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'10.47"N102°35'15.06"E 海拔 958m	淹没区	实地考察
16.	黄葛树	树高 17m, 枝下高 3m, 胸径 107cm, 冠幅 18m×19m	会东县洛佐乡 河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'13.60"N102°35'11.57"E 海拔 923m	淹没区	实地考察
17.	酸角	树高 25m, 枝下高 5m, 胸径 105cm, 冠幅 11m×12m	会东县洛佐乡 河门村 3 组	居民房屋旁	26°22'13.20"N102°35'9.27"E 海拔 885m	淹没区	实地考察
18.	酸角	树高 24m, 枝下高 2m, 胸径 85cm, 冠幅 10m×11m	会东县洛佐乡 河门村 3 组	居民房屋旁	26°22'12.55"N102°35'9.39"E 海拔 882m	淹没区	实地考察
19.	黄葛树	树高 18.5m, 枝下高 3m, 胸径 313cm, 冠幅 15m×21m	会东县洛佐乡 河门村 3 组	居民房屋旁	26°22'11.66"N102°35'8.18"E 海拔 890m	淹没区	实地考察
20.	木棉	树高 18.5m, 枝下高 3m, 胸径 116cm, 冠幅 15m×17m	会东县洛佐乡 河门村 3 组	居民房屋旁	26°22'11.98"N102°35'8.43"E 海拔 875m	淹没区	实地考察
21.	酸角	树高 16m, 枝下高 2.5m, 胸径 100cm, 冠幅 10m×8m	会东县洛佐乡 河门村 3 组	居民房屋旁	26°22'10.84"N102°35'7.77"E 海拔 916m	淹没区	实地考察
22.	酸角	树高 18m, 枝下高 2.5m, 胸径 114cm, 冠幅 8m×10m	会东县洛佐乡 河门村 3 组	居民房屋旁	26°22'10.80"N102°35'7.62"E 海拔 912m	淹没区	实地考察
23.	酸角	树高 20m, 枝下高 4m, 胸径 140cm, 冠幅 10m×10m	会东县洛佐乡 河门村 8 组	居民房屋旁	26°22'19.65"N102°35'16.20"E 海拔 886m	淹没区	实地考察
24.	木棉	树高 15m, 枝下高 4m, 胸径 106cm, 冠幅 10m×12m	会东县洛佐乡 河门村 2 组	居民房屋旁	26°22'14.92"N102°35'9.16"E 海拔 900m	淹没区	实地考察

25.	黄葛树	树高 20.5m, 枝下高 3m, 胸径 176cm, 冠幅 22m×17m	会东县洛佐乡 河门村七组	居民房屋旁	26°22'17.88"N102°35'7.29"E 海拔 910m	淹没区	实地考察
26.	酸角	树高 24.2m, 枝下高 5m, 胸径 80cm, 冠幅 13m×12m	会东县洛佐乡 河门村七组	居民房屋旁	26°21'50.58"N102°34'54.99"E 海拔 920m	淹没区	实地考察
27.	木棉	树高 20.5m, 枝下高 6m, 胸径 72cm, 冠幅 10m×9m	会东县洛佐乡 河门村七组	居民房屋旁	26°21'50.58"N102°34'54.88"E 海拔 916m	淹没区	实地考察
28.	黄葛树	树高 18m, 枝下高 0.5m, 胸径 140cm, 冠幅 8m×8m	会理县江竹乡 竹乍村	乡间小路	26°04'58.90"N102°06'27.43"E 海拔 925m	淹没区	实地考察
29.	酸角	树高 15m, 枝下高 3m, 胸径 96cm, 冠幅 5m×5m	会理县江竹乡 竹乍村	乡间小路	26°04'59.87"N102°06'26.41"E 海拔 930m	淹没区	实地考察
30.	木棉	树高 35m, 枝下高 6.5m, 胸径 130cm, 冠幅 7m×7m	会理县江竹乡 竹乍村	田间小路	26°05'01.89"N102°04'52.81"E 海拔 978m	评价区	实地考察
31.	木棉	树高 30m, 枝下高 4.5m, 胸径 80cm, 冠幅 7m×7m	会理县江竹乡 竹乍村	田间小路	26°05'03.35"N102°04'00.21"E 海拔 973m	淹没区	实地考察
32.	木棉	树高 35m, 枝下高 4.5m, 胸径 90cm, 冠幅 8m×8m	会理县江竹乡 竹乍村	田间小路	26°04'55.34"N102°06'26.73"E 海拔 923m	淹没区	实地考察
33.	黄葛树	树高 20m, 枝下高 2m, 胸径 125cm, 冠幅 4m×4m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°12'01.91"N101°54'41.21"E 海拔 988m	评价区	实地考察
34.	黄葛树	树高 35m, 枝下高 3.5m, 胸径 110cm, 冠幅 8m×8m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°12'03.63"N101°54'41.53"E 海拔 989m	评价区	实地考察
35.	黄葛树	树高 15m, 枝下高 2.5m, 胸径 80cm, 冠幅 3m×3m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°12'04.17"N101°54'41.27"E 海拔 990m	评价区	实地考察
36.	黄葛树	树高 8m, 枝下高 1m, 胸径 120cm, 冠幅 3m×3m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°12'07.04"N101°54'45.56"E 海拔 996m	评价区	实地考察
37.	黄葛树	树高 28m, 枝下高 1.3m, 胸径 90cm, 冠幅 5m×5m	会理县绿水乡 糯乍村	田间小路	26°19'14.16"N101°56'05.89"E 海拔 1030m	评价区	实地考察

38.	黄葛树	树高 30m, 枝下高 1.3m, 胸径 140cm, 冠幅 7m×7m	会理县绿水乡 糯乍村	田间小路	26°19'14.18"N101°56'05.71"E 海拔 1037m	评价区	实地考察
39.	黄葛树	树高 30m, 枝下高 1.5m, 胸径 180cm, 冠幅 8m×8m	会理县绿水乡 糯乍村	田间小路	26°18'32.30"N101°56'19.75"E 海拔 1573m	评价区	实地考察
40.	黄葛树	树高 18m, 枝下高 1.5m, 胸径 125cm, 冠幅 3m×3m	会理县绿水乡 糯乍村	田间小路	26°18'32.56"N101°56'23.54"E 海拔 1557m	评价区	实地考察
41.	酸角	树高 35m, 枝下高 2.5m, 胸径 110cm, 冠幅 6m×6m	会理县绿水乡 糯乍村	田间小路	26°12'05.45"N101°54'39.47"E 海拔 982m	评价区	实地考察
42.	酸角	树高 30m, 枝下高 2m, 胸径 80cm, 冠幅 4m×4m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°12'16.91"N101°54'06.75"E 海拔 1003m	评价区	实地考察
43.	酸角	树高 30m, 枝下高 1.5m, 胸径 80cm, 冠幅 5m×5m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°19'15.91"N101°56'06.92"E 海拔 1027m	评价区	实地考察
44.	酸角	树高 30m, 枝下高 1.5m, 胸径 110cm, 冠幅 6m×6m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°19'14.80"N101°56'05.60"E 海拔 1028m	评价区	实地考察
45.	木棉	树高 30m, 枝下高 3.5m, 胸径 130cm, 冠幅 8m×8m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°12'14.50"N101°54'41.07"E 海拔 975m	淹没区	实地考察
46.	木棉	树高 20m, 枝下高 1.5m, 胸径 130cm, 冠幅 8m×8m	会理县绿水乡 糯乍村	田间小路	26°12'16.52"N101°54'46.51"E 海拔 1004m	评价区	实地考察
47.	木棉	树高 35m, 枝下高 5m, 胸径 100cm, 冠幅 4m×2m	会理县绿水乡 糯乍村	乡间小路	26°19'19.20"N101°56'09.24"E 海拔 1022m	评价区	实地考察
48.	酸角	树高 16m, 枝下高 3m, 胸径 170cm, 冠幅 10m×10m	会理县新安乡 旧笼村	乡间小路	26° 7'26.34"N102° 6'59.64"E 海拔: 942m	淹没区	实地考察
49.	酸角	树高 16m, 枝下高 3m, 胸径 130cm, 冠幅 10m×10m	会理县新安乡 旧笼村	乡间小路	26°7'26.34"N102°6'59.64"E 海拔: 942m	淹没区	实地考察
50.	黄葛树	树高 20m, 枝下高 0.5m, 胸径 360cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'04.98"N102°07'03.04"E 海拔 925m	淹没区	实地考察

51.	黄葛树	树高 35m, 枝下高 1.5m, 胸径 290cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'09.92"N102°07'02.13"E 海拔 941m	淹没区	实地考察
52.	黄葛树	树高 30m, 枝下高 2m, 胸径 120cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'18.59"N102°06'59.03"E 海拔 937m	淹没区	实地考察
53.	黄葛树	树高 25m, 枝下高 3.5m, 胸径 120cm, 冠幅 7m×7m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'22.85"N102°06'53.13"E 海拔 933m	淹没区	实地考察
54.	黄葛树	树高 30m, 枝下高 3.5m, 胸径 110cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'23.67"N102°06'51.93"E 海拔 950m	淹没区	实地考察
55.	黄葛树	树高 20m, 枝下高 2.5m, 胸径 110cm, 冠幅 5m×3m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'23.40"N102°06'51.55"E 海拔 940m	淹没区	实地考察
56.	黄葛树	树高 15m, 枝下高 2m, 胸径 120cm, 冠幅 4m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'23.57"N102°06'55.51"E 海拔 948m	淹没区	实地考察
57.	黄葛树	树高 20m, 枝下高 1.5m, 胸径 100cm, 冠幅 5m×5m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'31.57"N102°06'56.32"E 海拔 965m	淹没区	实地考察
58.	黄葛树	树高 28m, 枝下高 2m, 胸径 80cm, 冠幅 6m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'20.34"N102°06'54.88"E 海拔 915m	淹没区	实地考察
59.	酸角	树高 12m, 枝下高 2.5m, 胸径 140cm, 冠幅 3m×3m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°07'58.10"N102°07'03.18"E 海拔 917m	淹没区	实地考察
60.	酸角	树高 15m, 枝下高 3m, 胸径 120cm, 冠幅 3m×3m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'02.06"N102°07'03.46"E 海拔 927m	淹没区	实地考察
61.	酸角	树高 25m, 枝下高 1.5m, 胸径 95cm, 冠幅 5m×5m	会理县新安乡 马鞍桥	田间小路	26°08'05.77"N102°07'03.14"E 海拔 925m	淹没区	实地考察
62.	酸角	树高 35m, 枝下高 1.5m, 胸径 170cm, 冠幅 5m×5m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'16.44"N102°06'50.64"E 海拔 941m	淹没区	实地考察
63.	酸角	树高 28m, 枝下高 3.5m, 胸径 90cm, 冠幅 4m×2m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'32.95"N102°06'54.50"E 海拔 948m	淹没区	实地考察

64.	酸角	树高 20m, 枝下高 4m, 胸径 120cm, 冠幅 3m×3m	会理县新安乡 马鞍桥	院内	26°08'31.91"N102°06'54.57"E 海拔 954m	淹没区	实地考察
65.	酸角	树高 25m, 枝下高 3m, 胸径 120cm, 冠幅 5m×5m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'32.70"N102°06'53.99"E 海拔 953m	淹没区	实地考察
66.	酸角	树高 15m, 枝下高 2m, 胸径 80cm, 冠幅 2m×2m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'35.26"N102°06'53.79"E 海拔 947m	淹没区	实地考察
67.	酸角	树高 20m, 枝下高 2.5m, 胸径 90cm, 冠幅 4m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'35.98"N102°06'54.13"E 海拔 950m	淹没区	实地考察
68.	酸角	树高 15m, 枝下高 1.5m, 胸径 80cm, 冠幅 4m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'39.35"N102°06'53.03"E 海拔 957m	淹没区	实地考察
69.	酸角	树高 18m, 枝下高 2.5m, 胸径 80cm, 冠幅 3m×3m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'33.64"N102°06'53.00"E 海拔 951m	淹没区	实地考察
70.	酸角	树高 20m, 枝下高 2.5m, 胸径 80cm, 冠幅 4m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'33.68"N102°06'52.86"E 海拔 938m	淹没区	实地考察
71.	酸角	树高 20m, 枝下高 2m, 胸径 85cm, 冠幅 3m×3m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'33.12"N102°06'51.07"E 海拔 958m	淹没区	实地考察
72.	酸角	树高 15m, 枝下高 3.5m, 胸径 90cm, 冠幅 4m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°08'30.74"N102°06'52.04"E 海拔 960m	淹没区	实地考察
73.	酸角	树高 30m, 枝下高 3.5m, 胸径 80cm, 冠幅 7m×7m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'28.86"N102°07'01.57"E 海拔 940m	淹没区	实地考察
74.	酸角	树高 30m, 枝下高 1.5m, 胸径 130cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'28.92"N102°07'00.08"E 海拔 946m	淹没区	实地考察
75.	酸角	树高 30m, 枝下高 3m, 胸径 92cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'27.87"N102°07'00.81"E 海拔 944m	淹没区	实地考察
76.	酸角	树高 25m, 枝下高 1.5m, 胸径 80cm, 冠幅 7m×7m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'27.11"N102°07'00.47"E 海拔 941m	淹没区	实地考察

77.	酸角	树高 30m, 枝下高 2m, 胸径 95cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'25.52"N102°06'59.81"E 海拔 944m	淹没区	实地考察
78.	酸角	树高 35m, 枝下高 2.5m, 胸径 110cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'21.21"N102°06'56.97"E 海拔 934m	淹没区	实地考察
79.	酸角	树高 25m, 枝下高 2m, 胸径 85cm, 冠幅 4m×4m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°06'26.67"N102°07'44.24"E 海拔 920m	淹没区	实地考察
80.	酸角	树高 28m, 枝下高 2m, 胸径 85cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°06'28.27"N102°07'44.64"E 海拔 913m	淹没区	实地考察
81.	酸角	树高 25m, 枝下高 2.5m, 胸径 90cm, 冠幅 7m×7m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°06'30.36"N102°07'45.33"E 海拔 938m	淹没区	实地考察
82.	木棉	树高 35m, 枝下高 10m, 胸径 100cm, 冠幅 5m×5m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'18.00"N102°06'50.28"E 海拔 909m	淹没区	实地考察
83.	木棉	树高 30m, 枝下高 8m, 胸径 80cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 马鞍桥	乡间小路	26°07'13.46"N102°06'50.53"E 海拔 923m	淹没区	实地考察
84.	酸角	树高 16m, 枝下高 3m, 胸径 100cm, 冠幅 10m×10m	会理县新安乡 平地村	乡间小路	26° 6'22.74"N102°7'44.64"E 海拔: 949m	淹没区	实地考察
85.	黄葛树	树高 20m, 枝下高 1.5m, 胸径 135cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 新开田村	乡间小路	26°07'57.32"N102°06'25.07"E 海拔 974m	淹没区	实地考察
86.	酸角	树高 30m, 枝下高 2m, 胸径 80cm, 冠幅 2m×2m	会理县新安乡 新开田村	乡间小路	26°09'56.54"N102°06'25.07"E 海拔 974m	淹没区	实地考察
87.	黄葛树	树高 20m, 枝下高 1.5m, 胸径 125cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡 新田村	乡间小路	26°09'37.34"N102°06'29.34"E 海拔 962m	淹没区	实地考察
88.	酸角	树高 18m, 枝下高 2.5m, 胸径 85cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡 新田村	乡间小路	26°07'31.59"N102°07'02.00"E 海拔 945m	淹没区	实地考察
89.	酸角	树高 20m, 枝下高 2.5m, 胸径 90cm, 冠幅 7m×7m	会理县新安乡 新田村	乡间小路	26°07'30.68"N102°07'00.56"E 海拔 946m	淹没区	实地考察

90.	酸角	树高 15m, 枝下高 2m, 胸径 90cm, 冠幅 5m×5m	会理县新安乡新田村	乡间小路	26°07'30.82"N102°06'59.17"E 海拔 956m	淹没区	实地考察
91.	酸角	树高 30m, 枝下高 2.5m, 胸径 80cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡新田村	乡间小路	26°07'29.60"N102°06'59.23"E 海拔 950m	淹没区	实地考察
92.	酸角	树高 20m, 枝下高 2m, 胸径 120cm, 冠幅 7m×7m	会理县新安乡新田村	乡间小路	26°07'30.46"N102°07'00.78"E 海拔 945m	淹没区	实地考察
93.	酸角	树高 25m, 枝下高 3m, 胸径 80cm, 冠幅 6m×6m	会理县新安乡新田村	乡间小路	26°07'27.70"N102°07'02.41"E 海拔 945m	淹没区	实地考察
94.	酸角	树高 30m, 枝下高 2.5m, 胸径 90cm, 冠幅 8m×8m	会理县新安乡新田村	田间小路	26°07'27.49"N102°07'02.69"E 海拔 943m	淹没区	实地考察
95.	木棉	树高 25m, 枝下高 3m, 胸径 150cm, 冠幅 15m×10m	皎平渡口	村村通	34°59'59.98"N104°59'59.99"E 海拔: 967m	淹没区	实地考察
96.	黄葛树	树高 20 m, 枝下高 2m, 胸径 200cm, 冠幅 10m×8m	禄劝县乌东德镇施期村	乡间小路	26°17'14.01"N102°35'08.32"E 海拔: 970m	枢纽工程区	实地考察
97.	木棉	树高 35m, 枝下高 6m, 胸径 120cm, 冠幅 16m×16m	攀枝花市仁和区大龙潭乡拉鲊村	村村通	26°21'58.80"N101°55'26.04"E 海拔: 1023m	移民安置区	实地考察
98.	木棉	树高 25m, 枝下高 3m, 胸径 150cm, 冠幅 25m×25m	攀枝花市仁和区大龙潭乡拉鲊村	村村通	26°21'58.80"N101°55'26.04"E 海拔: 1023m	移民安置区	实地考察
99.	木棉	树高 30m, 枝下高 6m, 胸径 230cm, 冠幅 18m×15m	攀枝花市仁和区大龙潭乡迤资村	村村通	26°26'52.38"N102°52'44.94"E 海拔: 982m	移民安置区	实地考察
100.	木棉	树高 18m, 枝下高 5m, 胸径 124cm, 冠幅 15m×15m	攀枝花市仁和区平地镇迤布苦村	乡间小路	26°11'30.86"N101°53'10.19"E 海拔: 965m	淹没区	资料

101.	木棉	树高 27m, 枝下高 6m, 胸径 157cm, 冠幅 18m×16m	攀枝花市仁和区平地镇师庄村	乡间小路	26°05'13.43"N101°50'13.43"E 海拔: 974m	淹没区	资料
102.	木棉	树高 22m, 枝下高 5m, 胸径 72cm, 冠幅 12m×15m	攀枝花市仁和区平地镇苦拉村	乡间小路	26°08'31.84"N101°50'27.31"E 海拔: 960m	淹没区	资料
103.	木棉	树高 25m, 枝下高 6m, 胸径 101cm, 冠幅 20m×17m	攀枝花市仁和区平地镇	乡间小路	26°10'55.99"N101°51'54.69"E 海拔: 961m	淹没区	资料
104.	木棉	树高 17m, 枝下高 5m, 胸径 85cm, 冠幅 12m×15m	攀枝花市仁和区平地镇迤布苦村	乡间小路	26°11'30.60"N101°53'07.39"E 海拔: 971m	淹没区	资料
105.	木棉	树高 20m, 枝下高 5m, 胸径 150cm, 冠幅 10m×10m	武定县白马口村	乡间小路	25°58'54.06"N102°4'12.84"E 海拔: 948m	淹没区	实地考察
106.	木棉	树高 38m, 枝下高 6m, 胸径 200cm, 冠幅 20m×20m	武定县白马口村	乡间小路	25°58'54.06"N102°4'12.84"E 海拔: 948m	淹没区	实地考察
107.	黄葛树	树高 30m, 枝下高 1.5m, 胸径 120cm, 冠幅 10m×10m	武定县东坡乡白马口村	乡间小路	25°58'54"N102°04'24"E 海拔: 920m	淹没区	实地考察
108.	黄葛树	树高 30m, 枝下高 3m, 胸径 180cm, 冠幅 20m×20m	武定县东坡乡白马口村	乡间小路	25°58'54"N102°04'25"E 海拔: 922m	淹没区	实地考察
109.	黄葛树	树高 35m, 枝下高 4m, 胸径 200cm, 冠幅 20m×30m	武定县东坡乡白马口村	乡间小路	25°58'52"N102°04'24"E 海拔: 941m	淹没区	实地考察
110.	黄葛树	树高 35m, 枝下高 4m, 胸径 135cm, 冠幅 10m×12m	武定县东坡乡白马口村	乡间小路	25°58'52"N102°04'24"E 海拔: 941m	淹没区	实地考察
111.	黄葛树	树高 25m, 枝下高 4m, 胸径 210cm, 冠幅 15m×15m	武定县东坡乡白马口村	乡间小路	25°58'52"N102°04'26"E 海拔: 952m	淹没区	实地考察

112.	黄葛树	树高 17m, 枝下高 4m, 胸径 100cm, 冠幅 6m×6m	武定县东坡乡 白马口村	乡间小路	25°58'51"N102°04'28"E 海拔: 952m	淹没区	实地考察
113.	黄葛树	树高 40m, 枝下高 4m, 胸径 110cm, 冠幅 15m×15m	武定县东坡乡 白马口村	乡间小路	25°58'52"N102°04'24"E 海拔: 952m	淹没区	实地考察
114.	黄葛树	树高 17m, 枝下高 2m, 胸径 110cm, 冠幅 20m×20m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'38"N101°53'01"E 海拔: 943m	淹没区	实地考察
115.	黄葛树	树高 18m, 枝下高 2.5m, 胸径 210cm, 冠幅 20m×30m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'43"N101°53'09"E 海拔: 942m	淹没区	实地考察
116.	黄葛树	树高 28m, 枝下高 3m, 胸径 150cm, 冠幅 15m×15m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'45"N101°53'11"E 海拔: 949m	淹没区	实地考察
117.	酸角	树高 15m, 枝下高 3m, 胸径 90cm, 冠幅 5m×5m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'39.60"N101°53'3.06"E 海拔: 946m	淹没区	实地考察
118.	酸角	树高 15m, 枝下高 2m, 胸径 110cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'37.02"N101°53'1.20"E 海拔: 948m	淹没区	实地考察
119.	酸角	树高 18m, 枝下高 4m, 胸径 100cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'36.54"N101°53'5.94"E 海拔: 961m	淹没区	实地考察
120.	酸角	树高 16m, 枝下高 3m, 胸径 90cm, 冠幅 12m×12m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'36.54"N101°53'5.94"E 海拔: 961m	淹没区	实地考察
121.	酸角	树高 16m, 枝下高 3m, 胸径 120cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'36.54"N101°53'5.94"E 海拔: 961m	淹没区	实地考察
122.	酸角	树高 20m, 枝下高 3m, 胸径 120cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'34.20"N101°53'5.88"E 海拔: 966m	淹没区	实地考察
123.	酸角	树高 16m, 枝下高 2.5m, 胸径 110cm, 冠幅 20m×20m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'34.20"N101°53'5.88"E 海拔: 966m	淹没区	实地考察
124.	酸角	树高 18m, 枝下高 3m, 胸径 200cm, 冠幅 25m×25m	元谋县江边乡 江边村	乡间小路	25°57'34.20"N101°53'5.88"E 海拔: 966m	淹没区	实地考察

125.	酸角	树高 23m, 枝下高 2.5m, 胸径 140cm, 冠幅 12m×12m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'33.60"N101°53'8.34"E 海拔: 973m	淹没区	实地考察
126.	酸角	树高 21m, 枝下高 3m, 胸径 110cm, 冠幅 9m×9m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'37.62"N101°53'10.56"E 海拔: 955m	淹没区	实地考察
127.	酸角	树高 16m, 枝下高 2m, 胸径 220cm, 冠幅 20m×20m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'42.72"N101°52'50.88"E 海拔: 938m	淹没区	实地考察
128.	酸角	树高 18m, 枝下高 3m, 胸径 220cm, 冠幅 16m×16m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'42.72"N101°52'50.88"E 海拔: 938m	淹没区	实地考察
129.	酸角	树高 16m, 枝下高 2m, 胸径 130cm, 冠幅 14m×14m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'42.72"N101°52'50.88"E 海拔: 938m	淹没区	实地考察
130.	酸角	树高 17m, 枝下高 2.5m, 胸径 160cm, 冠幅 16m×16m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'42.72"N101°52'50.88"E 海拔: 938m	淹没区	实地考察
131.	酸角	树高 18m, 枝下高 2m, 胸径 230cm, 冠幅 20m×20m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'42.72"N101°52'50.88"E 海拔: 938m	淹没区	实地考察
132.	酸角	树高 18m, 枝下高 3m, 胸径 160cm, 冠幅 15m×15m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'42.72"N101°52'50.88"E 海拔: 938m	淹没区	实地考察
133.	酸角	树高 20m, 枝下高 3m, 胸径 110cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'35.46"N101°53'6.84"E 海拔: 974m	淹没区	实地考察
134.	酸角	树高 20m, 枝下高 3m, 胸径 130cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'35.46"N101°53'6.84"E 海拔: 974m	淹没区	实地考察
135.	酸角	树高 15m, 枝下高 1.5m, 胸径 190cm, 冠幅 15m×15m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'35.46"N101°53'6.84"E 海拔: 974m	淹没区	实地考察
136.	酸角	树高 20m, 枝下高 3m, 胸径 115cm, 冠幅 10m×10m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57'35.46"N101°53'6.84"E 海拔: 974m	淹没区	实地考察
137.	红椿	树高 26m, 枝下高 4m, 胸径	武定县白马口村	乡间小路	25°58'25.08"N102°4'29.01"E 海拔: 989m	移民安置区	实地考察

		70cm, 冠幅 15m×15m					
138.	红椿	树高 12m, 枝下高 3m, 胸径 40cm, 冠幅 8m×8m	元谋县江边乡江边村	乡间小路	25°57.617'N101°53.020'E 海拔: 948m	淹没区	实地考察
139.	红椿	树高 15m, 枝下高 3m, 胸径 35cm, 冠幅 10m×8m	元谋县江边乡大树村	乡间小路	25°54'44"N101°51'52"E 海拔: 963m	淹没区	实地考察
140.	红椿	树高 12m, 枝下高 2.5m, 胸径 40cm, 冠幅 6m×8m	攀枝花市平地镇迤计厂五队	乡间小路	26°10'36"N101°50'31"E 海拔: 1680m	评价区	实地考察
141.	红椿	树高 12m, 枝下高 2.5m, 胸径 40cm, 冠幅 6m×8m	攀枝花市平地镇迤计厂五队	乡间小路	26°10'36"NE101°50'31"E 海拔: 1680m	评价区	实地考察

3) 特有植物

评价区共有特有植物 143 种，隶属于 57 科 110 属。其中中国特有种 98 种，华西南特有种 40 种，干热河谷特有种 5 种。淹没区可见 57 种，隶属于 40 科 50 属。其中中国特有种 98 种，华西南特有种 18 种，干热河谷特有种 2 种。

表 4.3-15 评价区特有植物名录

序号	种名、拉丁名	科	属	特有种	淹没区
1	云南松 <i>Pinus yunnanensis</i>	松科	松属	中国特有	
2	楚雄野茉莉 <i>Styrax limprichtii</i>	安息香科	安息香属	中国特有	
3	马蹄香 <i>Valeriana jatamansii</i>	败酱科	缬草属	中国特有	
4	小报春 <i>Primula forbesii</i>	报春花科	报春花属	中国特有	
5	过路黄 <i>Lysimachia christinae</i>	报春花科	珍珠菜属	中国特有	*
6	川续断 <i>Dipsacus asperoides</i>	川续断科	川续断属	中国特有	*
7	滇黄芩 <i>Scutellaria amoena</i>	唇形科	黄芩属	中国特有	
8	屏风草 <i>Scutellaria orthocalyx</i>	唇形科	黄芩属	中国特有	
9	长叶并头草 <i>Scutellaria linarioides</i>	唇形科	黄芩属	中国特有	
10	鸡脚参 <i>Orthosiphon wulfenioides</i>	唇形科	鸡脚参属	中国特有	
11	毛萼香茶菜 <i>Rabdosia eriocalyx</i>	唇形科	香茶菜属	中国特有	*
12	细毛香茶菜 <i>Rabdosia hirtella</i>	唇形科	香茶菜属	中国特有	*
13	野草香 <i>Elsholtzia cypriani</i>	唇形科	香薷属	中国特有	*
14	野拔子 <i>Elsholtzia rugulosa</i>	唇形科	香薷属	中国特有	
15	窄叶野草香 <i>Elsholtzia cypriani</i> var. <i>angustifolia</i>	唇形科	香薷属	中国特有	
16	甘葛 <i>Pueraria edulis</i>	蝶形花科	葛属	中国特有	
17	小雀花 <i>Campylotropis polyantha</i>	蝶形花科	杭子梢属	中国特有	
18	白刺花 <i>Sophora viciifolia</i>	蝶形花科	槐属	中国特有	
19	宾川木蓝 <i>Indigofera delavayi</i>	蝶形花科	木蓝属	中国特有	
20	云南山蚂蝗 <i>Desmodium yunnanense</i>	蝶形花科	山蚂蝗属	中国特有	
21	绒毛崖豆	蝶形花科	崖豆藤属	中国特有	

	<i>Millettia velutina</i>				
22	大果冬青 <i>Ilex macrocarpa</i>	冬青科	冬青属	中国特有	*
23	滇白珠 <i>Gaultheria leucocarpa</i> var. <i>crenulata</i>	杜鹃花科	白珠树属	中国特有	
24	爆仗花 <i>Rhododendron spinuliferum</i>	杜鹃花科	杜鹃属	中国特有	
25	老鸦泡(乌鸦果) <i>Vaccinium fragile</i>	杜鹃花科	越桔属	中国特有	
26	小花扁担杆 <i>Grewia biloba</i> var. <i>parviflora</i>	椴树科	扁担杆属	中国特有	
27	滇桤木 <i>Alnus ferdinandi-coburgii</i>	桦木科	桤木属	中国特有	
28	板凳果 <i>Pachysandra axillaris</i>	黄杨科	板凳果属	中国特有	
29	清香桂(野扇花) <i>Sarcococca ruscifolia</i>	黄杨科	野扇花属	中国特有	
30	尖萼芒种花 <i>Hypericum pseudohenryi</i>	金丝桃科	金丝桃属	中国特有	
31	华苘麻 <i>Abutilon sinense</i>	锦葵科	苘麻属	中国特有	
32	江南山梗菜 <i>Lobelia davidii</i>	桔梗科	半边莲属	中国特有	
33	斑鸠菊 <i>Vernonia esculenta</i>	菊科	斑鸠菊属	中国特有	*
34	戟叶火绒草 <i>Leontopodium dedekensii</i>	菊科	火绒草属	中国特有	
35	滇大蓟(两面刺) <i>Cirsium chlorolepis</i>	菊科	蓟属	中国特有	
36	云南兔儿风 <i>Ainsliaea yunnanensis</i>	菊科	兔儿风属	中国特有	
37	水朝阳 <i>Inula helianthus-aquaticus</i>	菊科	旋覆花属	中国特有	
38	高山栲 <i>Castanopsis delavayi</i>	壳斗科	栲属	中国特有	
39	元江栲 <i>Castanopsis orthacantha</i>	壳斗科	栲属	中国特有	
40	槲栎 <i>Quercus aliena</i>	壳斗科	栎属	中国特有	
41	黄毛青冈 <i>Cyclobalanopsis delavayi</i>	壳斗科	青冈属	中国特有	*
42	滇青冈 <i>Cyclobalanopsis glaucoides</i>	壳斗科	青冈属	中国特有	
43	珊瑚苣苔 <i>Corallodiscus cordatulus</i>	苦苣苔科	珊瑚苣苔属	中国特有	*
44	显脉石蝴蝶 <i>Petrocosmea nervosa</i>	苦苣苔科	石蝴蝶属	中国特有	
45	滇红椿 <i>Toona ciliata</i> var. <i>yunnanensis</i>	楝科	香椿属	中国特有	*
46	硬枝万年芥 <i>Fagopyrum urophyllum</i>	蓼科	荞麦属	中国特有	

47	金雀马尾参 <i>Ceropegia mairei</i>	萝藦科	吊灯花属	中国特有	
48	蛇辣子 <i>Cynanchum forrestii</i>	萝藦科	鹅绒藤属	中国特有	
49	滇荆 <i>Vitex yunnanensis</i>	马鞭草科	牡荆属	中国特有	*
50	白毛黄荆 <i>Vitex negundo</i> f. <i>alba</i>	马鞭草科	牡荆属	中国特有	
51	小叶石梓 <i>Gmelina delavayana</i>	马鞭草科	石梓属	中国特有	
52	老鸦糊 <i>Callicarpa giraldii</i>	马鞭草科	紫珠属	中国特有	*
53	云南翠雀花 <i>Delphinium yunnanense</i>	毛茛科	翠雀属	中国特有	
54	山木通 <i>Clematis finetiana</i>	毛茛科	铁线莲属	中国特有	*
55	小果木通 <i>Clematis peterae</i>	毛茛科	铁线莲属	中国特有	
56	素馨花 <i>Jasminum polyanthum</i>	木犀科	素馨属	中国特有	
57	大理素馨 <i>Jasminum seguini</i>	木犀科	素馨属	中国特有	*
58	乌莓 <i>Cayratia oligocarpa</i>	葡萄科	乌莓属	中国特有	*
59	毛叶崖爬藤 <i>Tetrastigma obtectum</i> var. <i>pilosum</i>	葡萄科	崖爬藤属	中国特有	
60	小漆树 <i>Toxicodendron delavayi</i>	漆树科	漆树属	中国特有	
61	红麸杨 <i>Rhus punjabensis</i> var. <i>sinica</i>	漆树科	盐肤木属	中国特有	
62	雅致雾水葛 <i>Pouzolzia elegans</i>	荨麻科	雾水葛属	中国特有	*
63	须弥茜树 <i>Randia lichiangensis</i>	茜草科	须弥茜树属	中国特有	
64	粉叶栒子 <i>Cotoneaster glaucophyllus</i>	蔷薇科	栒子属	中国特有	
65	毡毛栒子 <i>Cotoneaster pannosus</i>	蔷薇科	栒子属	中国特有	
66	泡花树 <i>Meliosma cuneifolia</i>	清风藤科	泡花树属	中国特有	
67	光叶泡花树 <i>Meliosma cuneifolia</i> var. <i>glabriuscula</i>	清风藤科	泡花树属	中国特有	*
68	毛核木 <i>Symphoricarpos sinensis</i>	忍冬科	毛核木属	中国特有	*
69	长花尧花(一把香) <i>Wikstroemia dolichantha</i>	瑞香科	尧花属	中国特有	
70	竹叶防风 <i>Seseli mairei</i>	伞形科	竹叶防风属	中国特有	
71	黄葛树 <i>Ficus virens</i>	桑科	榕属	中国特有	*

72	珍珠莲 <i>Ficus sarmentosa</i> var. <i>henryi</i>	桑科	榕属	中国特有	*
73	川滇铜钱树 <i>Paliurus orientalis</i>	鼠李科	铜钱树属	中国特有	*
74	石莲子 <i>Caesalpinia minax</i>	苏木科	云实属	中国特有	*
75	滇皂荚 <i>Gleditsia delavayi</i>	苏木科	皂荚属	中国特有	
76	南蛇藤 <i>Celastrus angulatus</i>	卫矛科	南蛇藤属	中国特有	*
77	大芽南蛇藤 <i>Celastrus gemmatus</i>	卫矛科	南蛇藤属	中国特有	*
78	扶芳藤 <i>Evonymus fortunei</i>	卫矛科	卫矛属	中国特有	*
79	复羽叶栲树 <i>Koelreuteria bipinnata</i>	无患子科	栲树属	中国特有	
80	穗序鹅掌柴 <i>Schefflera delavayi</i>	五加科	鹅掌柴属	中国特有	
81	来江藤 <i>Brandisia hancei</i>	玄参科	来江藤属	中国特有	*
82	山土瓜 <i>Merremia hungaiensis</i>	旋花科	鱼黄草属	中国特有	
83	蓝花土瓜 <i>Merremia yunnanensis</i>	旋花科	鱼黄草属	中国特有	
84	光叶山黄麻 <i>Trema levigata</i>	榆科	山黄麻属	中国特有	*
85	飞龙掌血 <i>Toddalia asiatica</i>	芸香科	飞龙掌血属	中国特有	*
86	红叶木姜子 <i>Litsea rubescens</i>	樟科	木姜子属	中国特有	
87	竹叶楠 <i>Phoebe faberi</i>	樟科	楠属	中国特有	*
88	华兔尾草(狸尾豆) <i>Uraria sinensis</i>	蝶形花科	兔尾草属	中国特有	*
89	扁担杆 <i>Grewia biloba</i>	椴树科	扁担杆属	中国特有	*
90	桤木 <i>Alnus cremastogyne</i>	桦木科	桤木属	中国特有	*
91	野丁香 <i>Leptodermis potanini</i>	茜草科	野丁香属	中国特有	*
92	江南马先蒿 <i>Pedicularis henryi</i>	玄参科	马先蒿属	中国特有	*
93	小叶菝葜 <i>Smilax microphylla</i>	百合科	菝葜属	中国特有	
94	独尾草 <i>Eremurus chinensis</i>	百合科	独尾草属	中国特有	
95	野灯心草 <i>Juncus setchuensis</i>	灯心草科	灯心草属	中国特有	
96	黄花白芨 <i>Bletilla ochracea</i>	兰科	白芨属	中国特有	*
97	毛胶薯蓣 <i>Dioscorea subcalva</i>	薯蓣科	薯蓣属	中国特有	*

98	盾叶薯蓣 <i>Dioscorea zingiberensis</i>	薯蓣科	薯蓣属	中国特有	*
99	大齿滇巴豆 <i>Croton yunnanensis</i> var. <i>megadentus</i>	大戟科	巴豆属	华西南特有	*
100	鸡骨常山 <i>Alstonia yunnanensis</i>	夹竹桃科	鸡骨常山属	华西南特有	
101	羊角棉 <i>Alstonia mairei</i>	夹竹桃科	鸡骨常山属	华西南特有	*
102	地皮消 <i>Pararuellia delavayana</i>	爵床科	地皮消属	华西南特有	*
103	牛筋条 <i>Dichotomanthus tristaniaecarpa</i>	蔷薇科	牛筋条属	华西南特有	
104	铁橡栎 <i>Quercus cocciferoides</i>	壳斗科	栎属	华西南特有	
105	锥连栎 <i>Quercus franchetii</i>	壳斗科	栎属	华西南特有	*
106	云南豆腐柴 <i>Premna yunnanensis</i>	马鞭草科	豆腐柴属	华西南特有	
107	皮哨子 <i>Sapindus delavayi</i>	无患子科	无患子属	华西南特有	
108	茶条木 <i>Delavaya yunnanensis</i>	无患子科	茶条木属	华西南特有	*
109	白叶蕈(灰毛蕈) <i>Caryopteris forrestii</i>	马鞭草科	蕈属	华西南特有	
110	补骨脂 <i>Psoralea corylifolia</i>	蝶形花科	补骨脂属	华西南特有	
111	西南杭子梢 <i>Campylotropis delavayi</i>	蝶形花科	杭子梢属	华西南特有	
112	拔毒散 <i>Sida szechuensis</i>	锦葵科	黄花稔属	华西南特有	*
113	灰毛浆果楝 <i>Cipadessa cinerascens</i>	楝科	浆果楝属	华西南特有	*
114	云南娃儿藤 <i>Tylophora yunnanensis</i>	萝藦科	娃儿藤属	华西南特有	*
115	清香木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	漆树科	黄连木属	华西南特有	
116	华西小石积 <i>Osteomeles schwerinae</i>	蔷薇科	小石积属	华西南特有	
117	毛叶柿 <i>Diospyros mollifolia</i>	柿树科	柿树属	华西南特有	*
118	小叶马鞍叶 <i>Bauhinia faberi</i> var. <i>microphylla</i>	苏木科	羊蹄甲属	华西南特有	
119	云南羊蹄甲 <i>Bauhinia yunnanensis</i>	苏木科	羊蹄甲属	华西南特有	*
120	总花来江藤 <i>Brandisia racemosa</i>	玄参科	来江藤属	华西南特有	
121	滇厚壳树 <i>Ehretia corylifolia</i>	紫草科	厚壳树属	华西南特有	
122	灰毛木蓝	蝶形花科	木蓝属	华西南特有	*

	<i>Indigofera cinerascens</i>			有	
123	滇金合欢 <i>Acacia yunnanensis</i>	含羞草科	金合欢属	华西南特有	
124	小花磨盘草 <i>Abutilon indicum</i> var. <i>forrestii</i>	锦葵科	苘麻属	华西南特有	
125	白头树 <i>Garuga forrestii</i>	橄榄科	嘉榄属	华西南特有	*
126	云南冠唇花 <i>Microtoena delavayi</i>	唇形科	冠唇花属	华西南特有	
127	多毛铃子香 <i>Chelonopsis mollissima</i>	唇形科	铃子香属	华西南特有	
128	毛三棱杭子梢（马尿藤） <i>Campylotropis bonatiana</i>	蝶形花科	杭子梢属	华西南特有	
129	滇杭子梢 <i>Campylotropis yunnanensis</i>	蝶形花科	杭子梢属	华西南特有	
130	滇合欢 <i>Albizia simeonis</i>	含羞草科	合欢属	华西南特有	*
131	滇中狗肝菜 <i>Dicliptera riparia</i> var. <i>yunnanensis</i>	爵床科	狗肝菜属	华西南特有	*
132	禄劝假杜鹃 <i>Barleria cristata</i> var. <i>mairei</i>	爵床科	假杜鹃属	华西南特有	*
133	疏序黄荆 <i>Vitex negundo</i> f. <i>laxipaniculata</i>	马鞭草科	牡荆属	华西南特有	*
134	滇榄仁 <i>Terminalia franchetii</i>	使君子科	榄仁树属	华西南特有	
135	石山羊蹄甲 <i>Bauhinia comosa</i>	苏木科	羊蹄甲属	华西南特有	*
136	多叶花椒 <i>Zanthoxylum multijugum</i>	芸香科	花椒属	华西南特有	*
137	毛叶蔗茅 <i>Erianthus trichophyllus</i>	禾本科	蔗茅属	华西南特有	
138	云南油杉 <i>Keteleeria evelyniana</i>	松科	油杉属	华西南特有	
139	金沙尾稃草 <i>Urochloa jinsharcola</i>	禾本科	尾稃草属	干热河谷特有	*
140	元谋尾稃草 <i>Urochloa yuanmaoensis</i>	禾本科	尾稃草属	干热河谷特有	*
141	牻牛儿苗 <i>Nouelia insignis</i>	菊科	牻牛儿苗属	干热河谷特有	
142	元谋恶味苘麻 <i>Abutilon hirtum</i> var. <i>yuanmouensis</i>	锦葵科	苘麻属	干热河谷特有	
143	光叶滇榄仁 <i>Terminalia franchetii</i> var. <i>glabra</i>	使君子科	榄仁树属	干热河谷特有	

注：* 为淹没区特有植物。

4) 外来入侵种

评价区分布的外来入侵物种共 6 种，分别为紫茎泽兰、飞机草、马缨丹、银胶菊、

土荆芥和刺苋。

①紫茎泽兰 (*Eupatorium coelestrium*)

1935 年在云南南部发现,可能经缅甸传入。在其发生区常形成单种优群落,排挤本地植物,影响天然林的恢复;侵入经济林地和农田,影响栽培植物生长;堵塞水渠,阻碍交通,全株有毒性,危害畜牧业。在评价区较常见,武定、元谋、禄劝、会理、会东、仁和区等地的江边、田边均可见。皎平渡集镇江边入侵现象较严重。

②飞机草 (*Eupatorium odoratum*)

飞机草在 20 世纪 20 年代早期曾作为一种香料植物引种到泰国栽培,1934 年在云南南部被发现。为害多种作物,并侵犯牧场。当高度达 15 cm 或更高时,就能明显地影响其他草本植物的生长,能产生化感物质,抑制邻近植物的生长,还能使昆虫拒食。叶有毒,含香豆素。用叶擦皮肤会引起红肿、起泡,误食嫩叶会引起头晕、呕吐,还能引起家畜和鱼类中毒,并是叶斑病原 (*Cercospora* sp.) 的中间寄主。评价区分布现状:评价区常见。江边、田边、村落皆可见。

③马缨丹 (*Lantana camara*)

明末由西班牙人引入台湾。常以蔓生枝着地生根进行无性繁殖。适应性强,常形成密集的单优群落,严重妨碍并排挤其他植物生存,是我国南方牧场、林场、茶园和橘园的恶性竞争者,其全株或残体可产生强烈的化感物质,严重破坏森林资源和生态系统。有毒植物,误食叶、花、果等均可引起牛、马、羊等牲畜以及人中毒。评价区栽培较常见。野外调查中攀枝花市仁和区有分布。

④银胶菊 (*Parthenium hysterophorus*)

1924 年在越南北部被报道,1926 年在云南采到标本,现已入侵云南、贵州、广西、广东、海南、香港和福建等地。生于旷地、路旁、河边、荒地,从海岸附近到海拔 1500m 都有分布,在西南分布上限可达 2400m;恶性杂草,对其他植物有化感作用,吸入其具毒性的花粉会造成过敏,直接接触还可引起人和家畜的过敏性皮炎和皮肤红肿。评价区常见。元谋县江边乡入侵现象较严重。

⑤土荆芥 (*Chenopodium ambrosioides*)

1864 年在台湾省台北淡水采到标本,现已广布于北京、山东、陕西、上海、浙江、江西、福建、台湾、广东、海南、香港、广西、湖南、湖北、重庆、贵州、云南等地。在长江流域经常是杂草群落的优势种或建群种,种群数量大,对生长环境要求不严,极易扩散,常常侵入并威胁种植在长江大堤上的草坪。含有毒的挥发油,对其他植物产生

化感作用。也是花粉过敏源，对人体健康有害。评价区通常生长在路边、河岸等处的荒地以及农田中。

⑥刺苋 (*Amaranthus spinosus*)

19 世纪 30 年代在澳门发现，1857 年在香港采到。现已成为我国热带、亚热带和暖温带地区的常见杂草，广布于陕西、河北、北京、山东、河南、安徽、江苏、浙江、江西、湖南、湖北、四川、重庆、云南、贵州、广西、广东、海南、香港、福建、台湾等地。入侵旷地、园圃、农耕地等，常大量孳生危害旱作农田、蔬菜地及果园，严重消耗土壤肥力，成熟植株有刺因而清除比较困难，并伤害人畜。评价区常见。主要分布于荒地、田边。

(5) 资源植物

根据现有资料，结合实地调查访问，综合分析得出评价区可开发利用的资源植物共计有 132 科 489 属 764 种，占评价区陆生维管束植物总数的 97.57%。

表 4.3-16 评价区资源植物统计

类别	科	属	种
蕨类植物	10	11	15
裸子植物	6	10	12
双子叶植物	102	383	608
单子叶植物	14	85	129
合计	132	489	764

评价区植物资源可分为食用植物资源、药用植物资源、工业用植物资源、保护和改造环境植物资源、植物种质资源 5 大类共 24 小类。

表 4.3-17 评价区野生资源植物

资源植物分布	代表植物
1、食用植物资源	
(1) 淀粉植物	栎类植物等
(2) 蛋白质植物	菜豆、豌豆、野生食用菌类和豆科的葛属、槐属等
(3) 维生素植物	柚、酸角、柿树等
(4) 食用油脂植物	大豆、落花生等
(5) 饮料植物	酸角等
(6) 饲用植物	玉蜀黍、棕叶狗尾草、狼尾草、白茅、大麦、仙人掌等
(7) 蜜源植物	紫云英、映山红、乌桕、紫苜蓿、刺槐、白刺花、宽皮桔等
(8) 瓜果植物	山桃、枣、胡颓子、牛奶子、葡萄、柚、佛手、宽皮桔、甜橙、酸角等
2、药用植物资源	
(9) 人药植物	云南油杉、篦子三尖杉、金银忍冬、驳骨丹、通脱木等
(10) 农药植物	打破碗花花、威灵仙、篇蓄、三七草、霸王鞭、皂荚等
(11) 有毒植物	乌桕、油桐、夹竹桃、巴豆等
3、工业用植物资源	

(12) 木材植物	云南油杉、云南松、木棉、乌桕、滇杨等
(13) 纤维植物	棕榈、扁担杆、君迁子、香蒲属、白茅、慈竹、剑麻等
(14) 鞣料植物	栓皮栎、构树、乌桕等
(15) 香料植物	柚、佛手、黄荆、刺槐、薄荷、紫苏、花椒、女贞、樟等
(16) 工业用油脂植物	油桐等
(17) 植物色素	茜草、栀子、南瓜、冻绿、紫草、虎杖、野桐、野漆等。
(18) 植物胶类和果胶类植物	蔷薇科桃、李等部分种、松科松属全部种等
4、保护和改造环境植物资源	
(19) 观赏植物	玉兰、白头翁、南天竹、阔叶十大功劳、垂盆草、石竹等。
(20) 环境功能植物	油杉、松属植物、桉树、木麻黄、桉木、栎类植物等。
(21) 绿肥植物	蝶形花科植物、禾本科植物等
5、植物种质资源	
(22) 珍稀植物	红椿、银杏、酸角等。
(23) 特有植物	牻牛儿苗、元谋恶味苘麻、光叶滇榄仁、金沙尾稗草、元谋尾稗草、滇榄仁、小花磨盘草、牛筋条等。
(24) 作物野生近缘种	荞麦、甘薯、木豆、苋、茄等。

4.3.1.4 陆生动物

(1) 动物区系

根据《中国动物地理》（张荣组科学出版社，2011）的中国动物地理区划，评价区内动物区划属于东洋界——西南区——西南山地亚区——云南高原省——高原林灌、农田动物群。从陆生动物区系成分分析，评价区陆生脊椎动物以东洋种略多。其中东洋种114种，占评价区总种数的48.10%；古北界种类105种，占评价区总种数的44.30%；广布种18种，占评价区总种数的7.59%。可见，评价区陆生动物区系特征是，东洋界占一定优势。

(2) 动物种类、数量及分布现状

评价区共分布有陆生脊椎动物24目57科108种，具体分布在各纲中的数量及区系情况见表4.3-18和图4.3-9。

表 4.3-18 评价区陆生脊椎动物数量及区系情况

种类组成				动物区系			保护级别			
纲	目	科	种	东洋种	古北种	广布种	国家Ⅰ级	国家Ⅱ级	四川省级	云南省级
两栖纲	1	6	15	8	7	0	0	0	0	0
爬行纲	2	9	24	19	0	5	0	0	2	1
鸟纲	17	51	163	67	84	12	1	18	13	1
哺乳纲	8	20	35	20	14	1	0	6	2	0
合计	28	86	237	114	105	18	1	24	17	2

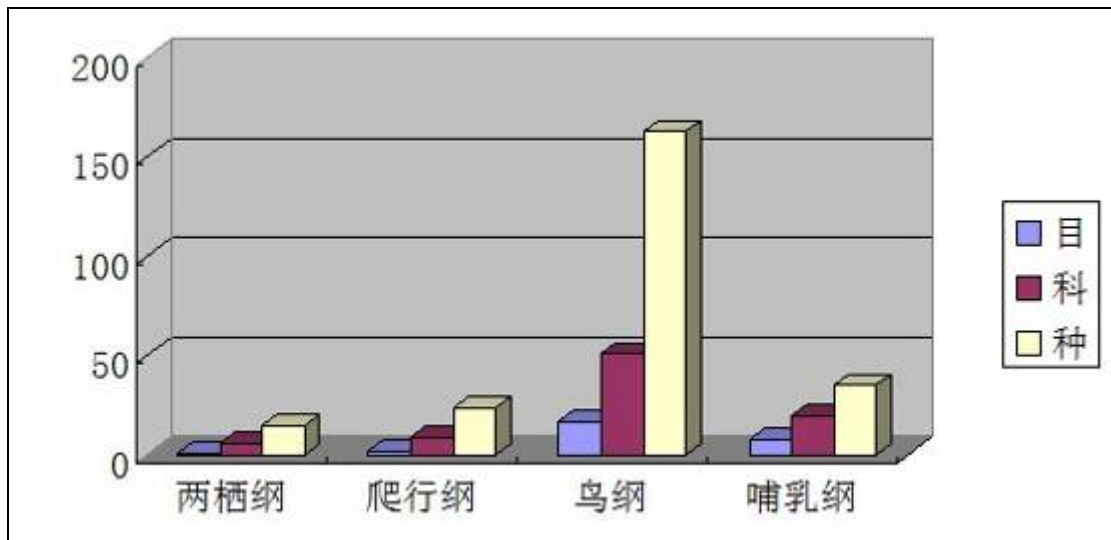


图 4.3-9 评价区陆生脊椎动物数量示意图

1) 两栖类

①种类组成

根据实地调查及相关资料，评价区两栖动物有 1 目 6 科 15 种。无国家级、云南省省级、四川省省级重点保护野生动物。

②区系组成

评价区 15 种两栖动物中，有东洋种 8 种，占评价区两栖动物总种数的 53.33%；古北种 7 种，占 46.67%；无广布种分布。

③生态类型

按照两栖类的生活习性，可将以上 15 种两栖类分为以下 4 种生态类型：

流溪型（在流动的水体中活动觅食）：包括小角蟾、宽头短腿、无指盘臭蛙、四川湍蛙、双团棘胸蛙和棘腹蛙 6 种，他们主要活动于评价区山涧溪流生境。

静水型（在静水或缓流中活动觅食）：包括黑眶蟾蜍、滇侧褶蛙 2 种，它们主要是在评价范围内的池塘、水库及稻田等静水水体中生活，与人类活动关系较密切。

陆栖型（在陆地上活动觅食）：包括华西蟾蜍、泽陆蛙、昭觉林蛙、饰纹姬蛙和云南小狭口蛙 5 种，它们主是在评价范围内离水源不远的陆地上活动，与人类活动关系较密切。

树栖型（在植物的茎叶上活动觅食）：包括华西雨蛙和斑腿树蛙 2 种，主要在评价区潮湿地带活动。

2) 爬行类

①种类组成

根据实地调查及相关资料，评价区爬行动物有 2 目 9 科 24 种。无国家级重点保护野生动物；云南省省级重点保护野生动物 1 种，为孟加拉眼镜蛇；四川省省级重点保护野生动物 2 种，为乌龟和鳖。

②区系组成

评价区 24 种爬行动物中，东洋种有 19 种，评价区爬行动物总种数的 79.17%；广布种 5 种，占评价区爬行动物总种数 20.23%；无古北种分布。

③生态类型

按照爬行动物的生活习性，可将以上 24 种爬行类分为以下 5 种生态类型：

水栖型（在水中生活、觅食的爬行类）：包括乌龟、鳖 2 种。主要分布于评价区金沙江攀枝花江段。

住宅型（在住宅区的建筑物中筑巢、繁殖、活动的爬行类）：包括粗疣壁虎和原尾蜥虎 2 种。常活动于评价区村落及其附近，亦常见于农田、灌草丛等生境。

灌丛石隙型（经常活动在灌丛下面，路边石缝中的爬行类）：包括丽纹攀蜥、草绿攀蜥、蓝尾石龙子、铜蜓蜥和南滑蜥 5 种。主要活动于金沙江河谷两岸灌丛、灌草丛、乱石等生境。

穴居型（主要生活在洞穴、岩缝、其他动物巢穴等生境中）：仅钩盲蛇 1 种。主要分布于农田、灌丛、林地等湿度相对较高的生境中的洞穴、岩缝、地洞中。

林栖傍水型（在山谷间有溪流的山坡上活动）：包括游蛇科、眼镜蛇科、蝰科的所有蛇类，如锈链腹链蛇、红脖颈槽蛇、孟加拉眼镜蛇、菜花原矛头蝮等，共 14 种。主要活动于评价区溪流及其周边植被相对丰富的区域，在河谷两侧灌丛灌草丛、农田亦可见，但数量较少。

3) 鸟类

①种类组成

根据实地调查及相关资料，评价区鸟类共有 163 种，隶属于 17 目 51 科。其中，以雀形目鸟类最多，共 90 种，占评价区鸟类总种数的 55.21%。其中国家 I 级重点保护野生动物 1 种，为黑颈鹤；国家 II 级重点保护野生动物 18 种，为黑鸢、雀鹰、松雀鹰、大鵟、普通鵟、鹊鹑、白尾鹑、燕隼、游隼、红隼、红腹角雉、白腹锦鸡、蓑羽鹤、斑头鸨鹑、领角鸮、灰林鸮、领鸨鹑和雕鸮；云南省省级重点保护动物 1 种，为斑头雁；四川省省级重点保护野生动物 13 种，为小鸮鹑、普通鸮鹑、绿鹭、白鹭、栗苇鸨、中

华鹡鸰、董鸡、黑水鸡、棕头鸥、鹰鹃、普通夜鹰、小白腰雨燕和大拟啄木鸟。

②区系类型

评价区 163 种鸟类中，东洋种有 67 种，占评价区鸟类总种数的 41.11%；古北种有 84 种，占总种数的 51.53%；广布种有 12 种，占总种数的 7.36%。

③生态类型

按照各种鸟类的生境，可将评价区 163 种鸟类分为以下 5 种生态类型：

游禽（脚向后伸，趾间有蹼，有扁阔的或尖嘴，善于游泳、潜水和在水中掏取食物）：包括鹈鹕目、鹈形目、雁形目和鸕形目鸕科所有种类，如小鹈鹕、普通鸕鹚、斑头雁、赤麻鸭和红嘴鸥等，共 12 种。主要活动于评价区金沙江江面。

涉禽（嘴，颈和脚都比较长，脚趾也很长，适于涉水行进，不会游泳，常用长嘴插入水底或地面取食）：包括鸕形目、鹤形目、鸕形目鸕科和鹬科所有种类，共 20 种，如白鹭、黑颈鹤、环颈鸕、白腰草鹬和扇尾沙锥，共 20 种。主要分布于评价区金沙江沿岸滩涂、沼泽或农田等生境，为迁徙鸟类。部分种类迁徙经过偶作停留，如黑颈鹤、蓑羽鹤等。

陆禽（体格结实，嘴坚硬，脚强而有力，适于挖土，多在地面活动觅食）：包括鸡形目和鸕形目所有种类，如中华鹡鸰、红腹角雉和山斑鸕等，共 9 种。红腹角雉、白腹锦鸡主要分布于评价区外缘植被较为丰富的林地生境，种群数量稀少；鸡形目其他种类和鸕形目种类分布范围较广，河谷两侧坡地农田、灌丛灌草丛生境至评价区外缘林地均有分布。

猛禽（具有弯曲如钩的锐利嘴和爪，翅膀强大有力，能在天空翱翔或滑翔，捕食空中或地下活的猎物）：包括隼形目和鸕形目的所有种类，如黑鸕、雀鹰、普通鸕、白尾鸕、红隼和斑头鸕鹚等，共 15 种。其中隼形目种类分布范围广，河谷农田、灌丛灌草丛生境至评价区外缘林地均有分布，鸕形目种类主要活动于评价区植被较好的林地区域及林缘地带。

攀禽（嘴、脚和尾的构造都很特殊，善于在树上攀缘）：包括鸕形目、夜鹰目、雨燕目、佛法僧目、戴胜目和鸕形目所有种类，如鹰鹃、普通夜鹰、白腰雨燕、蓝翡翠、戴胜和灰头绿啄木鸟，共 17 种。鸕形目、夜鹰目、佛法僧目蜂虎科和鸕形目种类多分布于河谷两岸及评价区外缘植被丰富的林地生境，雨燕目种类主要分布于评价区存在陡峭崖壁河谷及支沟、支流，佛法僧目翠鸟科种类多活动于河谷两岸植被较好的灌丛或村落；戴胜目种类分布广泛，各生境均有分布。

鸣禽（鸣管和鸣肌特别发达，一般体形较小，体态轻捷，活泼灵巧，善于鸣叫和歌唱，且巧于筑巢）：包括雀形目所有种类，共 90 种。其种类较多，各类群主要栖息生境各有不同，但总体上主要集中分布于评价区河谷及其支流两岸、村落或评价区外缘植被较为丰富的灌丛或林地生境，而河谷两侧的灌丛灌草丛生境分布较少。

④居留型

在 163 种鸟类中，留鸟 91 种，占评价区鸟类总种数的 55.82%；夏候鸟 33 种，占总种数的 20.25%；冬候鸟 28 种，占总种数的 17.18%；旅鸟 11 种，占总种数的 6.75%。

4) 兽类

①种类组成

根据实地调查及相关资料，评价区兽类共有 8 目 20 科 35 种。属于国家Ⅱ级重点保护野生动物的有 6 种，为猕猴、穿山甲、黑熊、水獭、大灵猫和岩羊；四川省省级重点保护野生动物 2 种，为赤狐和豹猫；无云南省重点保护兽类。

②区系类型

评价区的 35 种兽类中，有东洋种 20 种，占评价区兽类总种数的 57.14%；古北种 14 种，占总种数的 40.00%；广布种 1 种，占总种数的 2.86%。

③生态类型

评价区 35 种兽类按其生活习性，可分为以下 5 类生态类型：

穴居型（主要在地面活动觅食，栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下寻找食物）：包括鳞甲目、食肉目鼬科、兔形目、啮齿目豪猪科、竹鼠科及鼠科所有种类，如穿山甲、黄鼬、云南兔、豪猪、中华竹鼠和高山姬鼠等，共 16 种。穿山甲主要分布于评价区外缘植被丰富的林地；啮齿目豪猪科、鼬科种类（水獭除外）主要分布在评价区林地、灌丛等生境；中华竹鼠主要集中分布在评价区林地（尤以竹林）；啮齿目鼠科种类分布广泛，评价区各生境均有分布。

岩洞栖息型（在岩洞中倒挂栖息的小型兽类）：包括翼手目所有种，如马铁菊头蝠、普氏蹄蝠和普通伏翼等，共 5 种。主要分布于评价区山体洞穴或村落居民区等区域。

树栖型（主要在树上栖息、觅食的兽类）：包括树鼯目、灵长目、啮齿目松鼠科及鼯鼠科所有种，共 5 种。主要分布于评价区外缘植被丰富的林地生境，北树鼯、赤腹松鼠和珀氏长吻松鼠在河谷两岸植被较好的灌丛、村落亦有分布。

半水栖型（在地面和水里活动）：评价区内有 1 种，即水獭，主要分布于评价区山涧溪流生境。

陆栖型（主要在地面活动）：包括食肉目犬科、熊科、灵猫科、猫科及偶蹄目所有种类，共 8 种。主要分布于评价区外缘植被丰富的林地及林缘灌丛生境。

（3）动物分布

1) 枢纽工程区

两栖动物：枢纽工程区分布的两栖动物有 1 目 4 科 7 种，其中优势种为黑眶蟾蜍、泽陆蛙和饰纹姬蛙，常见种为华西蟾蜍和棘腹蛙，无国家、云南省和四川省重点保护野生动物。由于枢纽工程区位于干热河谷两岸坡地，水资源比较匮乏，该区域的两栖爬行动物主要分布于坑塘、农田、溪流等水资源相对丰富的区域，尤以村落最为集中。总体而言，枢纽工程区两栖动物种类和数量较少，且主要集中分布于村落。

爬行动物：枢纽工程区分布的爬行动物有 1 目 7 科 8 种，其中优势种为原尾蜥虎、铜蜓蜥和红脖颈槽蛇，常见种为钩盲蛇、孟加拉眼镜蛇和原矛头蝮，无国家和四川省重点保护野生动物，有云南 II 级重点保护野生动物 1 种，为孟加拉眼镜蛇。爬行动物日常栖息活动已摆脱对水的依赖，故枢纽工程区爬行动物分布较为广泛，两岸坡地灌丛灌草丛、溪流等生境均有分布，但由于受到捕食对象分布的影响，枢纽工程区爬行动物也相对集中分布于村落及其周边灌丛、灌草丛生境，但种类和数量较少。

鸟类：枢纽工程区分布的鸟类有 13 目 36 科 71 种，其中优势种有中华鹡鸰、山斑鸠、家燕、树鹩、白喉红臀鹟、黄臀鹟、中华短翅莺、褐柳莺、等，常见种有雀鹰、红隼、日本鹌鹑、灰头绿啄木鸟、金腰燕、喜鹊、麻雀、山鹡鸰等。有国家 II 级重点保护野生动物 5 种，为雀鹰、大鵟、游隼、红隼和领角鸮；四川省重点保护野生动物 4 种，为普通鵪鹑、白鹭、中华鹡鸰、棕头鸥；无云南省重点保护野生动物。枢纽工程区鸟类以雀形目为主，雀形目、鸮形目、佛法僧目、鸽形目和鹎形目种类主要分布于枢纽工程区植被相对较好的林地、灌丛生境，尤以村落及其周边种类和数量最多，个别物种如纯色山鹡鸰、树鹩等在两岸坡地的灌丛灌草丛生境亦常见。普通鵪鹑、苍鹭、赤麻鸭、绿翅鸭、棕头鸥主要为枢纽工程区迁徙过境鸟类，偶在该区域做短暂停留。隼形目种类主要在林地或崖壁上筑巢，常盘旋于枢纽工程区上空。鸡形目种类主要活动于河谷两岸坡地灌丛灌草丛中。戴胜目种类活动范围广泛，各生境均可见。

兽类：枢纽工程区分布的兽类有 5 目 8 科 12 种，其中优势种为云南兔、高山姬鼠和小家鼠，常见种为北树鼯、鲁氏菊头蝠、普通伏翼、黄鼬、赤腹松鼠、褐家鼠和社鼠。无国家、云南省和四川省重点保护野生动物。枢纽工程区北树鼯、啮齿目松鼠科主要集中分布于村落或植被较丰富的林地、灌丛生境。翼手目种类主要集中分布于村落。食肉

目、兔形目种类活动范围广泛，各生境均可见其活动痕迹，但主要栖息于植被较丰富的林地和灌丛生境。

通过采用夜夹法对枢纽工程区小型兽类（啮齿目鼠科种类）进行调查，共调查 3 夜，布夹 450 夹次，共捕获鼠类 25 只（高山姬鼠 9 只、小家鼠 11 只、褐家鼠 5 只），平均上架率 5.56%，其中在村落布夹上架率为 9.8%，且种类为小家鼠和褐家鼠。从调查结果来看，枢纽工程区啮齿目以高山姬鼠、小家鼠和褐家鼠为主，且主要集中分布于村落及其周边区域。

2) 淹没区

两栖动物：淹没区分布的两栖动物有 1 目 4 科 7 种，其中优势种为黑眶蟾蜍、泽陆蛙和饰纹姬蛙，其余种类为常见种，无国家、云南省和四川省重点保护野生动物。由于淹没区位于干热河谷两岸坡地，水资源比较匮乏，该区域的两栖爬行动物主要分布于坑塘、农田、溪流等水资源相对丰富的区域，且这些生境主要集中于村落。

爬行动物：淹没区分布的爬行动物有 2 目 9 科 16 种，其中优势种为原尾蜥虎、铜蜓蜥、钩盲蛇和红脖颈槽蛇，常见种为粗疣壁虎、丽纹攀蜥、草绿攀蜥、南滑蜥、锈链腹链蛇、孟加拉眼镜蛇和原矛头蝮。无国家重点保护野生动物，云南省Ⅱ级重点保护野生动物 1 种，为孟加拉眼镜蛇，四川省重点保护野生动物 2 种，为乌龟和鳖。淹没区爬行动物中，龟鳖目种类仅分布于金沙江攀枝花江段，且数量很少。有鳞目种类在淹没区各生境均有分布，其中壁虎科种类主要集中分布于村落，钩盲蛇主要分布于土壤湿度较高的农田、溪流、坑塘等生境，其余种类分布范围广泛，但由于食物、水源的限制，主要集中分布于溪流、坑塘、林地及其周边灌丛灌草丛生境，且此类生境主要集中于村落。

鸟类：淹没区分布的鸟类有 14 目 38 科 101 种，其中优势种为中华鹧鸪、山斑鸠、家燕、白喉红臀鹎、褐柳莺、暗绿绣眼鸟等，常见种为池鹭、赤麻鸭、雀鹰、红隼、蓝翡翠、灰头绿啄木鸟、棕背伯劳、黑卷尾等。国家Ⅰ级重点保护野生动物为黑颈鹤 1 种，国家Ⅱ级重点保护野生动物 9 种，为雀鹰、松雀鹰、普通鵟、白尾鹞、游隼、红隼、蓑羽鹤、领角鸮和斑头鸺鹠，云南省Ⅱ级重点保护野生动物 1 种，为斑头雁，四川省重点保护野生动物种，为小鸮鹠、普通鸮鹠、白鹭、中华鹧鸪和棕头鸥。

淹没区鸟类以雀形目为主，雀形目、鸮形目、佛法僧目、鸽形目和鸺形目种类主要分布于枢纽工程区植被相对较好的林地、灌丛生境，尤以村落及其周边种类和数量最多，个别物种如纯色山鹧鸪、树鸮等在两岸坡地的灌丛灌草丛生境亦常见。黑颈鹤、蓑羽鹤、斑头雁、赤麻鸭、棕头鸥等迁徙水鸟主要在各自的迁徙季节经过淹没区，并偶在该区域

做短暂停留。隼形目种类主要在林地或崖壁上筑巢，常盘旋于枢纽工程区上空。鸡形目种类主要活动于河谷两岸坡地灌丛灌草丛中。戴胜目种类活动范围广泛，各生境均可见。

兽类：淹没区分布的兽类有 5 目 9 科 20 种，其中优势种为北树鼯、鲁氏菊头蝠、普通伏翼、云南兔、小家鼠和高山姬鼠，常见种为马铁菊头蝠、黄鼬、赤腹松鼠、褐家鼠等。无国家和云南省重点保护野生动物，四川省重点保护野生动物 1 种，为豹猫。淹没区北树鼯、啮齿目松鼠科主要集中分布于村落或植被较丰富的林地、灌丛生境。翼手目种类主要集中分布于村落。食肉目、兔形目种类活动范围广泛，各生境均可见其活动痕迹，但主要栖息于植被较丰富的林地和灌丛生境。

通过采用夜夹法对淹没区汤朗乡、皎平渡、江边乡的集镇、自然村及周边河谷坡地灌丛灌草丛生境小型兽类（啮齿目鼠科种类）进行调查，各调查点分别调查 3 夜，各布夹 450 夹次，共捕获鼠类 84 只（高山姬鼠 15 只、小家鼠 36 只、褐家鼠 23 只、黑线姬鼠 10 只），平均上架率 6.22%，其中在集镇和村落布夹上架率为 10.7%，且种类为小家鼠、褐家鼠和黑线姬鼠。从调查结果来看，淹没区啮齿目以高山姬鼠、黑线姬鼠、小家鼠和褐家鼠为主，且主要集中分布于村落及其周边区域。

3) 移民安置区

乌东德水电站移民安置点多而分散，海拔范围介于 950m~2200m 之间。所选移民安置区地形较为平缓开阔，没有成片的森林分布，而是以耕地和次生植被分布区为主，故本区域分布的动物是以疏林、灌丛和草地为主要分布生境的动物。据现场调查，安置区两栖动物分布有 1 目 3 科 7 种；爬行动物有 1 目 6 科 17 种；鸟类共有 8 目 24 科 67 种，其中雀形目 54 种；兽类共有 5 目 11 科 21 种。

（4）重点保护野生动物

经调查，移民安置区陆生脊椎动物中，国家 II 级重点保护野生动物共 5 种：黑鸢、鹊鹑、普通鵟、红隼、领角鸮；四川省省级重点保护野生动物共 2 种，分别是赤狐、豹猫。

4.3.2 水生生态

4.3.2.1 调查时间及范围

（1）调查范围及调查点设置

调查范围包括金沙江下游攀枝花至宜宾江段及其主要支流，重点调查范围为乌东德水库回水区间与白鹤滩水库之间的干流及重要支流。

调查点在干流上选择重要节点，如乌东德坝址、巧家（白鹤滩水电站）附近、攀枝花格里坪、银江镇、沿江重要渡口（如皎平渡、江边、拉鲊等）和主要渔业操作区、水文站设置点、人口汇集区等，支流选择河流的上、中、下江段及支流与干流汇口处，共设计重要调查点 27 处，加上根据实际情况临时布置的采集点，近 40 余处调查点的选择基本覆盖了评价区域不同的生境类型，有利于较为全面地采集到不同栖息环境下生存的水生生物，保证物种多样性调查的质量。

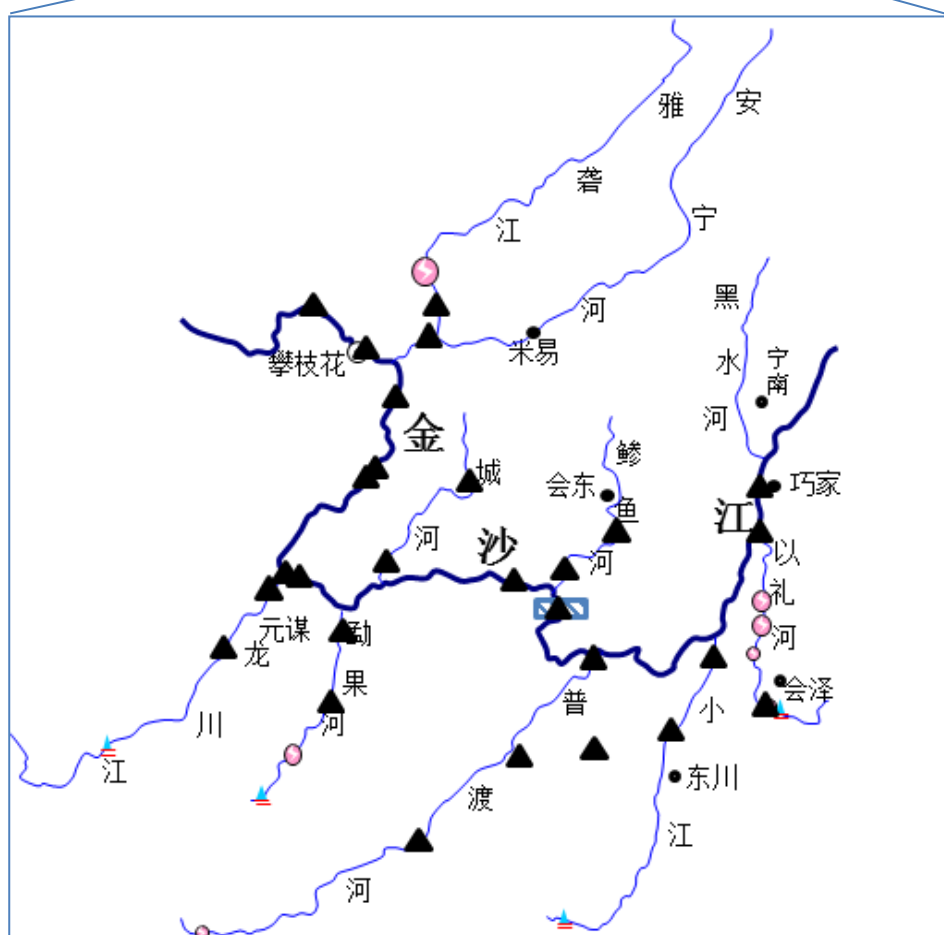
本次调查除了在乌东德水电站区域范围内设定调查点外，还沿金沙江干流向下一直延伸到宜宾市，布置了相应的调查点。同时，结合中科院动物所目前承担的国家基础性研究专项“金沙江流域鱼类资源调查”、水工程生态所开展的鱼类早期资源调查，调查金沙江中下游及乌东德、白鹤滩库区鱼类产卵场位置、产卵种类、产卵规模等。鱼类早期资源调查设断面 3 个，分别是巧家断面、水富断面和对坪断面。

此外，在金沙江中下游其他研究工作中，也对该河段开展了多次调查，本报告也参考、借鉴《长江上游珍稀、特有鱼类及保护区项目水生生态环境监测 2006-2013 研究报告》等报告相关内容。

表 4.3-19 野外调查点位置及所属水系

监测点位置	金沙江干流	龙川江	普渡河	尘河	鲹鱼河	雅砻江	勐果河	以礼河	小江
四川省盐边县安宁河—雅砻江汇口以下						+			
四川省盐边县雅砻江						+			
四川省攀枝花市炳草岗大桥	+								
四川省攀枝花市格里坪攀钢电厂抽水站	+								
四川省攀枝花市拉鲊村金沙江边	+								
四川省攀枝花仁和区金江镇	+								
四川省攀枝花大龙潭乡	+								
四川省会理县林家村幸福桥石头河				+					
四川省会东县可河乡可河电站					+				
四川省会东县小岔河乡					+				
云南省元谋县黄瓜园		+							
云南省元谋县江边乡金沙江渡口	+								
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前		+							
云南省元谋县江边乡龙街渡口		+							

监测点位置	金沙江 干流	龙川 江	普渡 河	尘 河	鲹鱼 河	雅砻 江	勐果 河	以礼 河	小 江
云南省元谋县尹地大桥桥头		+							
云南省武定县东坡镇勐果河 桥头							+		
云南省武定县高桥镇车米点 村							+		
云南省禄劝县皎平渡口	+								
云南省禄劝县树渣村南			+						
云南省禄劝县乌东德坝址	+								
云南省富民县赤鹫乡赤鹫			+						
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾 老庆村			+						
云南省东川区舍块乡			+						
云南省东川区东格林家渡大 桥									+
云南省巧家县红路小沙沟渡 口	+								
云南省巧家县	+								
云南省会泽县毛家村水库								+	



注：图中★和▲采集点

图 4.3-10 评价区域及金沙江下游主要调查点的设置

(2) 调查时间

根据金沙江河流丰枯节律，中科院动物所分别于 2008 年 6 月和 11 月、2009 年 4 月、2011 年 6 月、2012 年 4~5 月、2013 年 4~5 月，选择枯水期、丰水期和平水期，

先后 6 次开展了水生生物及鱼类资源调查。水工程生态所鱼类早期资源调查设置巧家断面、水富断面和对坪断面 3 个，在 2007 年 5 月~7 月和 2008 年 5 月~7 月在巧家断面进行了鱼类早期资源调查；2006 年 5 月~7 月和 2008 年 5 月~7 月在水富断面进行了鱼类早期资源调查；2011 年 5 月~7 月在白鹤滩坝下对坪断面进行了鱼类早期资源调查，调查金沙江中下游及乌东德库区鱼类产卵场位置、产卵种类、产卵规模等。

表 4.3-20 野外调查及主要参考资料收集一览表

资料来源	资料类型	主要参考内容	调查年份
野外调查	鱼类资源		2008-2013
	鱼类早期资源		2006-2008, 2011
	其它水生生物		2008-2013
其它主要参考资料	长江上游珍稀、特有鱼类及保护区项目、水生生态环境监测 2006-2013 研究报告	鱼类资源	2006-2013
	锦屏二级大河湾水生生态调查	鱼类资源	2012
	三峡蓄水验收水生生态调查	中华鲟产卵场	2003-2013
		富营养化及水华	2004-2012
	向家坝水电站蓄水前水生生物监测研究报告	水生生物、早期资源	2011

4.3.2.2 调查方法

(1) 资料收集

收集工程设计资料，并从涉及江段地方相关主管部门收集调查流域自然环境、社会经济发展和渔业发展现状资料，调研集成该江段相关研究成果。收集历史上鱼类及其它水生生物研究资料，并采取实地踏勘、走访等方式，获取第一手资料。

(2) 浮游植物

1) 采样

每个调查点均对浮游植物进行采集，金沙江干、支流流速均较快，为便于比较，各调查点均于水下 0.5m 处采水样。每一个调查点采水 1000ml，采得水样后立即加入 10~15ml 鲁哥氏液固定。每瓶样品贴上标签，记载采样时间、地点、水样体积等相关信息。

2) 沉淀浓缩

将水样摇匀后倒入 1000ml 塑料瓶中沉淀至少 24 小时。用虹吸管小心抽出上清液，避免搅动底部，剩下 30~50ml 沉淀物转入 50ml 的定量瓶中，以碘液固定的水样再加入 2~4% 的福尔马林固定，拧紧瓶塞备用。

3) 计数方法

将浓缩沉淀后的水样充分摇匀后，立即用 0.1ml 吸量管吸出 0.1ml 样品，注入 0.1ml 计数框内（20×20mm²），在 14×40 或 16×40 倍显微镜下计数，每瓶标本计数两片取其平均值，每片大约计算 50~100 个视野，每次计数结果与平均值之差应在 15% 以内，否则增加计数次数。

4) 数量与生物量的计算

每升水中的浮游植物的数量用下列公式计算：

$$N = \frac{C_s}{F_s \times F_n} \times \frac{V}{v} \times P_n$$

式中：N——一升水中浮游植物的数量（ind. L⁻¹）；

C_s——计数框的面积（mm²）；

F_s——视野面积（mm²）；

F_n——每片计数过的视野数；

V——一升水样经浓缩后的体积（ml）；

v——计数框的容积（ml）；

P_n——计数所得个数（ind.）。

（3）浮游动物

1) 采样

每个调查点均对浮游动物进行采集。针对金沙江干、支流流速均较快的特点，为便于比较，各调查点均定于水下 0.5m 处采水样。定性样品采集时，将 25 号浮游生物网置于水面下以“∞”形路线连续采集 5 分钟，然后使网离开水面，待多余的水流走后收集最后的 10~20ml 水样于容器中保存。定量样品采集时，每一采集点取 10 升水，经 25 号浮游生物网过滤至 50ml 容器内，加入 15ml 鲁哥氏液固定样品。

2) 计数

进行浮游动物计数的主要仪器是显微镜和计数框，计数原生动物用 0.1ml 计数框；计数轮虫和甲壳动物用 1ml 计数框。

（4）着生藻类

在样点内随机选取 3~5 块石块，现场用尼龙刷将附着在石块表面的着生藻类刷下，再用无藻水冲洗石块多次，以保证石块上的着生藻类尽量被刷洗下来，记录刷液总体积，将其中一部分转入 100mL 塑料瓶中，立即加福尔马林固定，带回实验室鉴定。取样石块在现场擦干后用锡箔包裹测定其表面积，用于最后计算着生藻的生物量。

（5）水生维管束植物

在调查点对植被情况观察后，徒手或使用拖草器采集标本，统计和鉴定水生维管植物种类。

（6）底栖动物

根据调查点底质的情况决定，泥质或沙质时进行采集。将用蚌斗式采泥器采得的泥样倒入 40 目分样筛中，然后，将筛底放在水中轻轻摇荡，洗去样品中的污泥，最后将筛中的渣滓倒入塑料袋中，并放入标签，将袋口缚紧后带回实验室分检。筛选出的底栖动物标本用 5%的福尔马林或 75%的酒精固定保存。

（7）鱼类

1) 鱼类区系组成

根据鱼类区系研究方法，在不同河段设置站点，对调查范围内的鱼类资源进行全面调查。采取捕捞、市场调查和走访相结合的方法，采集鱼类标本、收集资料、做好记录，标本用福尔马林固定保存。通过对标本的分类鉴定，资料的分析整理，编制出鱼类种类及分布表。

2) 鱼类资源现状

鱼类资源量的调查采取社会捕捞渔获物统计分析结合现场调查取样进行。采用访问调查和统计表调查方法，调查资源量和渔获量。向沿江各市县渔业主管部门和渔政管理部门及渔民调查了解渔业资源现状以及鱼类资源管理中存在的问题。对渔获物资料进行整理分析，得出各工作站点主要捕捞对象及其在渔获物中所占比重，不同捕捞渔具渔获物的长度和重量组成，以判断鱼类资源状况。

3) 鱼类生物学

鱼类标本尽量现场鉴定，进行生物学基础数据测定，并取鳞片等作为鉴定年龄的材料。必要时检查性别，取性腺鉴别成熟度。标本用 10%福尔马林固定，带回实验室进一步处理。用于多样性研究的材料丰水期、枯水期和平水期各进行一次采集，采集到的标本用 95%以上酒精固定并保存。

4) 鱼类产卵场、索饵场、越冬场

鱼类产卵场作为主要调查的对象，有直接调查法和间接调查法两种方式。直接调查法在繁殖期于不同地点收集亲鱼样品、研究亲鱼活动范围等，确定目标鱼类产卵场的范围。间接调查法适用于一些洄游性鱼类，通过设置断面、采集受精卵、仔幼鱼等，确定它们的洄游路线，根据发育时间、水流的速度等推算其产卵区域，确定产卵场范围等。

本项目在实施过程中，对于产粘沉性卵的鱼类，采用直接调查法来确定其主要的产卵场或产卵区域，描述其繁殖期的生境需求。对于产漂流性卵鱼类，参考水工程生态所等单位多年对金沙江中下游鱼类早期资源监测结果，并配合实地直接调查，确定产卵场的位置和范围、资源现状等。具体方法如下。

①调查采集点：在干流选择合适断面作为固定采样断面，同时在固定采样调查断面上游设立流动调查区段，同时进行取样；卵苗江汛到来时进行河流断面采集。

②采集网具：表层采集用小型弼网，面积 0.39m^2 ；中层和底层采集用圆锥形网，面积 0.39m^2 。

③采集记录：时间、水温、网口流速、透明度。流速使用旋桨式流速仪测定，透明度用直径 20cm 的萨氏透明度盘测定。

④卵苗处理：采集到的鱼苗用 5% 的福尔马林保存，以备日后室内鉴定种类和统计数量。鱼卵采集后，立即作详细记录，并按不同的发育期分别培养，直至能鉴别种类。

⑤产卵江段的估算：产卵场的位置依据采集鱼卵发育期和当时水流速度进行推算，公式为： $S=V \cdot T$ 。 S 为鱼卵的漂流距离， V 为江水平均流速， T 为当时水温条件下的胚胎发育经历的时间。

⑥产卵规模的估算：以各产卵场为计算单元，并按不同鱼类分别进行统计。根据从采集点采到的某产卵场的鱼卵数量 (m)、采集点的网口流速 (V) 和采集点断面的流量 (Q)，求得采集断面在采集时间内所流过的某产卵场鱼卵数 (M)，计算公式为：

$$M=m \cdot Q/(0.39 \cdot V)$$

但在自然情况下，鱼卵在江河断面上各点的数量不是均匀的，因此，需求出断面系数 C ，对上式加以修正，则

$$M=m \cdot Q \cdot C/(0.39 \cdot V)$$

C 值系江河断面左、中、右三处的表层和底层各采集点的鱼卵（苗）密度平均值与固定采集点的鱼卵（苗）密度比。

非采集时间，采用补插法求出。



野外调查

4.3.2.3 浮游植物

(1) 种类组成

依据调查结果并参考相关文献，经鉴定和统计，在项目涉及区域内共有浮游植物 7 门 63 属 151 种。其中以硅藻门（Bacillariophyta）的种类为最多，占总种数的 56.21%；绿藻门（Chlorophyta）次之，占总种数的 26.14%；蓝藻门（Cyanophyta）17 种，占总种数的 11.11%；其它种类的数目均较少。与邻近的攀枝花以及金沙江中游的金安桥区域相比，总的种类数要较上述两地为多，成分组成上都是以硅藻门和绿藻门为主，硅藻门

和绿藻门所占比例与攀枝花段有所不同，但与金安桥段类似。

表 4.3-21 调查水域与攀枝花、金安桥电站调查水域浮游植物种类比较

类别		硅藻门	绿藻门	蓝藻门	甲藻门	裸藻门	隐藻门	金藻门	合计
本评价调查水域	种类数	85	39	17	2	5	2	1	151
	百分比(%)	56.29	25.83	11.26	1.32	3.31	1.32	0.66	100
攀枝花调查水域	种类数	65	13	6	1	0	2	1	88
	百分比(%)	73.86	14.77	6.82	1.14	0	2.27	1.14	100
金安桥电站调查水域	种类数	22	11	8	1	1	0	1	44
	百分比(%)	50.00	25.00	18.18	2.27	2.27	0	2.27	100

(2) 时空分布

1) 时间分布

通过比较丰水期和枯水期浮游植物的种类组成，发现存在着一定差异。丰水期浮游植物种类都较少，其中以四川安宁河雅砻江汇口下和四川格里坪电厂抽水站处种类最少，分别为 3 种和 4 种；达到 10 种以上的采集点仅 2 个，其中位于四川会理县境内的彰冠乡林家村幸福桥石头河这个点最多，有 22 种。枯水期的 15 个断面中，出现 10 种以上的断面有 6 个，其中种类最多的是位于四川会理县境内的彰冠乡林家村幸福桥石头河，有 24 种，而且有 6 个门。其它点的浮游植物种类数均很少，各断面间的差异明显。

2) 空间分布

对该江段浮游植物种类在各断面的分布进行了统计，结果表明该江段浮游植物的空间分布有两个明显的特点：一是大多数断面的浮游植物种类数都较少或很少，只有少数断面的种类明显较多；二是硅藻的分布最广，各断面均有硅藻分布。

综合各次采集结果分析，四川省盐边县安宁河-雅砻江汇口以下、云南省东川区东格林家渡大桥和云南省武定县东坡镇勐果河桥头 3 个断面出现的浮游植物种类数最少，均只有 2 种；而位于四川会理县境内的彰冠乡林家村幸福桥石头河断面的种类数最多，有 46 种。反映出浮游植物在空间分布上的不均匀性。

表 4.3-22 调查断面浮游植物分布

采样点	蓝藻门	隐藻门	甲藻门	硅藻门	裸藻门	绿藻门	小计
四川省会东县可河乡可河电站	0	0	0	7	0	0	7
四川省会东县小岔河乡	2	0	0	9	0	0	11

采样点	蓝藻门	隐藻门	甲藻门	硅藻门	裸藻门	绿藻门	小计
四川省会理县林家村幸福桥石头河	6	1	1	21	3	14	46
四川省攀枝花大龙潭乡	0	0	0	3	0	1	4
四川省攀枝花仁和区金江	1	0	0	8	0	1	10
四川省攀枝花市炳草岗大桥	0	0	0	11	0	0	11
四川省攀枝花市格里坪攀钢电厂抽水站	0	0	0	4	0	0	4
四川省攀枝花市拉鲊村金沙江边	0	0	0	6	0	0	6
四川省盐边县安宁河-雅砻江汇口以下	0	0	0	2	0	1	2
四川省盐边县雅砻江	0	0	0	8	0	1	9
云南省东川区东格林家渡大桥	1	0	0	1	0	0	2
云南省富民县赤鹫乡赤鹫	1	1	0	11	0	3	16
云南省禄劝县皎平渡口	0	0	0	5	1	0	6
云南省禄劝县树渣村南	0	0	0	6	0	2	8
云南省禄劝县乌东德坝址	0	0	0	5	0	0	5
云南省巧家县红路小沙沟渡口	1	0	0	14	0	2	17
云南省武定县东坡镇勐果河桥头	1	0	0	1	0	0	2
云南省武定县高桥镇车米点村	2	0	0	4	1	4	11
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾老庆村	0	1	0	3	2	1	7
云南省元谋县黄瓜园	2	0	2	2	2	0	8
云南省元谋县江边乡金沙江渡口	0	0	0	8	0	0	8
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前	4	1	0	6	1	3	15
云南省元谋县江边乡龙街渡口	1	0	0	5	0	0	6
云南省元谋县尹地大桥桥头	2	0	0	3	1	2	8

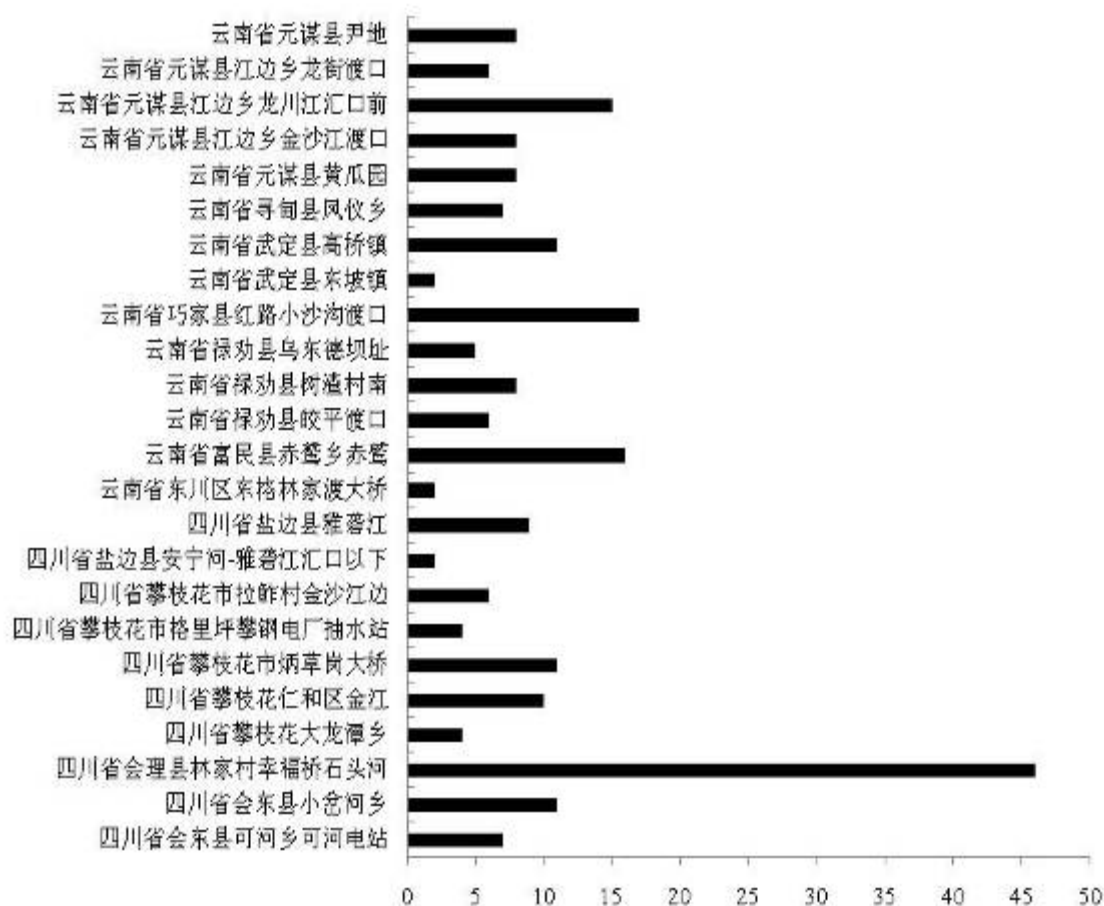


图 4.3-11 浮游植物在各个断面的种类数

(3) 数量

对各个断面浮游植物的细胞密度进行统计后发现，调查区域浮游植物的数量状况有以下特点：数量少；空间分布差异较大；硅藻的数量最大；未形成优势种类；数量的分布态势总体上表现为大江大河的干流少，小支流数目多等。

表 4.3-23 各断面浮游植物的数量 ($\times 10^4$ ind./L)

采样点	蓝藻门	隐藻门	甲藻门	硅藻门	裸藻门	绿藻门	小计
四川省会东县可河乡可河电站	0.00	0.00	0.00	8.38	0.00	0.00	8.38
四川省会东县小岔河乡	0.88	0.00	0.00	8.37	0.00	0.00	9.25
四川省会理县林家村幸福桥石头河	1.01	0.01	0.00	20.89	1.35	12.30	35.56
四川省攀枝花仁和区金江	0.03	0.00	0.00	0.16	0.00	0.01	0.20
四川省攀枝花市炳草岗大桥	0.00	0.00	0.00	8.38	0.00	0.00	8.38
四川省攀枝花市大龙潭乡	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03
四川省攀枝花市格里坪攀钢电厂抽水站	0.00	0.00	0.00	4.69	0.00	0.00	4.70
四川省攀枝花市拉鲊村金沙江边	0.00	0.00	0.00	5.36	0.00	0.00	5.36
四川省盐边县安宁河-雅砻江汇口以下	0.00	0.00	0.00	1.34	0.00	1.34	2.68
四川省盐边县雅砻江	0.00	0.00	0.00	5.03	0.00	1.34	6.37

采样点	蓝藻 门	隐藻门	甲藻门	硅藻门	裸藻 门	绿藻 门	小计
云南省东川区东格林家渡大桥	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
云南省富民县赤鹜乡赤鹜	0.06	0.02	0.00	0.15	0.00	0.01	0.24
云南省禄劝县皎平渡口	0.00	0.00	0.00	4.36	0.34	0.00	4.69
云南省禄劝县树渣村南	0.00	0.00	0.00	3.35	0.00	3.69	7.04
云南省禄劝县乌东德坝址	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00	0.00	2.35
云南省巧家县红路小沙沟渡口	0.03	0.00	0.00	2.78	0.00	0.35	3.16
云南省武定县东坡镇勐果河桥头	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10
云南省武定县高桥镇车米点村	9.65	0.00	0.00	0.11	0.00	0.23	9.99
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾老庆村	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04
云南省元谋县黄瓜园	1.44	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	1.47
云南省元谋县江边乡金沙江渡口	0.00	0.00	0.00	9.04	0.00	0.00	9.04
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前	2.40	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	2.57
云南省元谋县江边乡龙街渡口	0.24	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.26
云南省元谋县尹地大桥桥头	1.31	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	1.35
平均	0.71	0.00	0.00	3.54	0.07	0.80	5.13

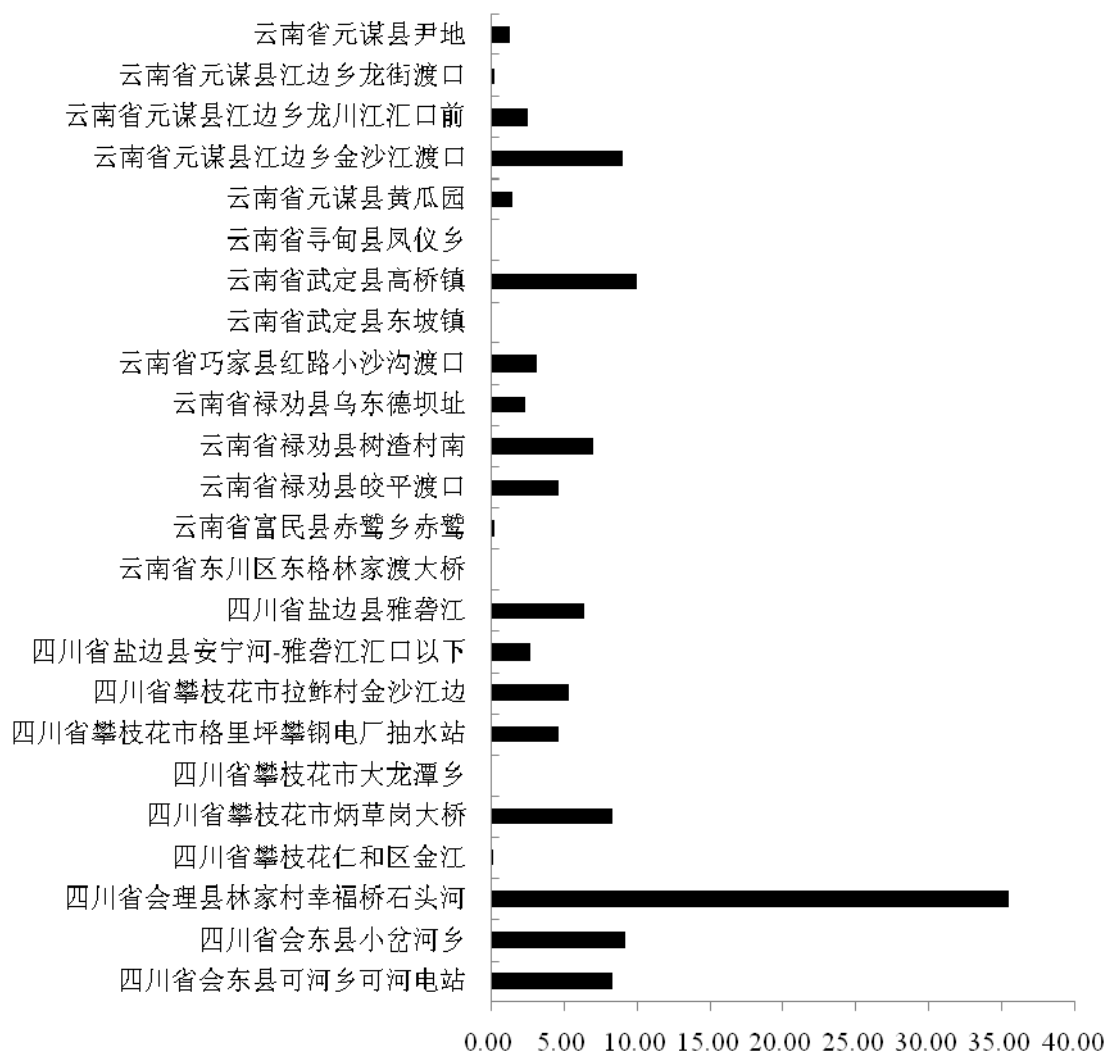


图 4.3-12 各断面浮游植物细胞密度比较

(4) 生物多样性

各个调查点的生物多样性在大尺度上采用香农-威纳指数进行了描述。从下表可以看出，多样性高的都出现在支流，除了在物种所属门类上较为丰富外，各门类浮游植物的均匀性也相对较高。而干流的多样性就比较低，特别表现在所属门类比较单一。

表 4.3-24 各主要采集点的多样性指数（香农-威纳指数）

采集点	香农-威纳指数
四川省会东县可河乡可河电站	0
四川省会东县小岔河乡	0.45
四川省会理县林家村幸福桥石头河	1.31
四川省攀枝花仁和区金江	0.89
四川省攀枝花市炳草岗大桥	0
四川省攀枝花市大龙潭乡	0.92
四川省攀枝花市格里坪攀钢电厂抽水站	0
四川省攀枝花市拉鲊村金沙江边	0
四川省盐边县安宁河-雅砻江汇口以下	1

四川省盐边县雅砻江	0.74
云南省东川区东格林家渡大桥	0
云南省富民县赤鹫乡赤鹫	1.41
云南省禄劝县皎平渡口	0.37
云南省禄劝县树渣村南	1
云南省禄劝县乌东德坝址	0
云南省巧家县红路小沙沟渡口	0.58
云南省武定县东坡镇勐果河桥头	0.47
云南省武定县高桥镇车米点村	0.25
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾老庆村	1.50
云南省元谋县黄瓜园	0.18
云南省元谋县江边乡金沙江渡口	0
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前	0.40
云南省元谋县江边乡龙街渡口	0.39
云南省元谋县尹地大桥桥头	0.21

4.3.2.4 着生藻类

(1) 种类组成

金沙江干支流适合着生藻类生长的环境较少，着生藻类的种类和数量都十分有限，表现出明显的急流环境特点，种类来自于硅藻门、蓝藻门和绿藻门，其中硅藻门的种类占绝大多数。无论干流和支流，硅藻门的种类比例都超过 70%。重点评价区域内分布有着生硅藻 20 属 117 种及变种。其中舟形藻属种类最多，为 35 种，其次是菱形藻属 23 种，异极藻属 14 种，桥弯藻属 10 种。其中菱形藻属、舟形藻属、和异极藻属出现的频率较高。根据调查，干流攀枝花-乌东德江段检出着生藻类 66 种，乌东德-白鹤滩江段检出 87 种。支流普渡河检出种类最多为 37 种，小江检出种类最少为 11 种。调查水域的着生硅藻主要为急流江河生态类型。

(2) 数量

干流攀枝花-乌东德段着生藻类的密度为 $6.13 \times 10^{10} \text{ind./m}^2$ ，乌东德-白鹤滩为 $5.79 \times 10^{10} \text{ind./m}^2$ ；支流着生藻类现存量最高出现在龙川江，为 $4.72 \times 10^{10} \text{ind./m}^2$ ，最低出现在雅砻江，为 $1.49 \times 10^{10} \text{ind./m}^2$ 。干流着生藻类现存量较支流高。

(3) 多样性指数

着生藻类生物多样性采用 Shannon-Weaver 指数计算公式，调查水域各断面浮游藻类多样性指数见下表。调查江段干流浮游藻类的生物多样性指数较高，均在 3.5 以上，表明浮游藻类种类丰富而且各种类数量均匀。但支流由于样品泥沙含量高，检出率低，浮游藻类生物多样性指数较低，在 1.78~2.84 之间，雅砻江水体透明度高，生境多样，

生物多样性指数较高。

表 4.3-25 调查水域着生藻类多样性指数

江段	干流		支流			
	攀枝花～乌东德	乌东德～白鹤滩	雅砻江	龙川江	勐果河	鲹鱼河
多样性指数	4.04	3.68	2.84	2.15	2.43	1.78

4.3.2.5 浮游动物

(1) 种类组成

对不同时期采集的浮游动物样品进行鉴定和统计，并结合相关文献数据整合，评价区共有浮游动物 148 种或亚种，其中数量最多的是原生动物，共 72 种，占总种数的 48.65%；其次是轮虫，共 59 种，占总种数的 39.86%；枝角类和桡足类数量均较少。浮游动物中原生动物优势种类是片口匣壳虫 *Centropyxis platystoma*、盘状匣壳虫 *C. discoides*、针棘匣壳虫 *C. aculeate*、巢居法帽虫 *Phryganella nidulus*；轮虫优势种为曲腿龟甲轮虫 *Keratella valga*、月形单趾轮虫 *Monostyla lunaris*、小巨头轮虫 *Cephalodella exiugua*、沟痕泡轮虫 *Pompholyx sulcata*、旋轮虫 *Philodina* sp.、转轮虫 *Rotaria rotatoria*，枝角类为筒弧象鼻溞 *Bosmina coregoni*。

(2) 时空分布

在时间上，丰水期采集获得的浮游动物种类较多，而平水期采集到的种类要少于丰水期，但优势类群变化不大。在空间分布上，由于支流小环境更加丰富，因此表现上也是支流浮游动物的物种多样性要高于干流，例如乌东德坝址位置检出浮游动物 19 种，其中原生动物 8 种，轮虫 9 种，枝角类和桡足类各 1 种。支流龙川江和勐果河种类最多，各有 46 种；鲹鱼河数量较少，只有 22 种，以原生动物为主，未检出枝角类和桡足类的种类。评价区浮游动物的时空分布情况与相邻江段的情况类似。

(3) 数量

经过对各断面浮游动物进行鉴定统计发现，各断面浮游动物数量不高，其中干流浮游动物的数量一般在 300ind./L，而支流浮游动物的密度多在 1000ind./L，最高达到 2420ind./L。最高的是云南省元谋县尹地大桥桥头和四川幸福桥石头河两个断面，浮游动物数量分别是 2420ind./L 和 1800ind./L，这两个断面水体处于中营养水体；另外，云南省武定县高桥镇车米点村、四川可河电站和云南省元谋县江边乡龙川江汇口前这 3 个断面的数量在 1000ind./L 以上，其他断面均不超过 1000ind./L。说明这些断面的水体均

处贫营养状态。从该江段各断面浮游动物数量上可以看出，水体总体处于贫到中营养状态。

表 4.3-26 各断面浮游动物数量 (ind./L)

断面	原生动物	轮虫	枝角类和桡足类	合计
安宁河雅砻江汇口下		300	20	320
格里坪钢电厂抽水站	10			10
攀枝花金江镇雅砻江	10			10
四川炳草岗大桥	10	10		20
四川会东小岔河乡	310	10	10	330
四川可河电站	900	310		1210
四川拉鲊金沙江边	10		20	30
四川省会东县小岔河乡	300		20	320
四川省会理县林家村幸福桥石头河	330	300		630
四川省攀枝花大龙潭乡	300	300		600
四川省攀枝花仁和区金江	600			600
四川省盐边县雅砻江		10	2	12
四川幸福桥石头河	900	900		1800
乌东德坝址	300			300
云南皎平渡口	310	610	30	950
云南巧家小沙沟渡口	300			300
云南舍快普渡河		40	10	50
云南省东川区东格林家渡大桥		600		600
云南省富民县赤鹫乡赤鹫	10	110	2	122
云南省巧家县红路小沙沟渡口	300			300
云南省武定县东桥镇勐果河桥头	300	600		900
云南省武定县高桥镇车米点村	900	600	20	1520
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾老庆村	400	2		402
云南省元谋县黄瓜园	300	300	15	615
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前	300	900	10	1210
云南省元谋县江边乡龙街渡口	600			600
云南省元谋县尹地大桥桥头	900	1500	20	2420
云南树渣村	10	310	20	340
云南元谋江边渡口	300			300

(4) 生物多样性

调查水域各断面原生动物多样性指数在 0~1.14 之间，从大的类群上看，与浮游植物类似，多样性指数在支流较干流为高，支流当中又以龙川江（黄瓜园）、勐果河（高桥）、鲹鱼河（小岔河）等较高。干流的一些区域也表现出较高的多样性，如皎平渡等。

总之，干流、支流原生动物多样性指数较低，表明调查水域原生动物丰富度和均匀度较低。

表 4.3-27 各主要采集点的多样性指数（香农-威纳指数）

断面	香农-威纳指数
安宁河雅砻江汇口下	0.34
格里坪钢电厂抽水站	0
攀枝花金江镇雅砻江	0
四川炳草岗大桥	1
四川会东小岔河乡	0.19
四川可河电站	0.82
四川拉鲊金沙江边	0.92
四川省会东县小岔河乡	0.34
四川省会理县林家村幸福桥石头河	1
四川省攀枝花大龙潭乡	1
四川省攀枝花仁和区金江	0
四川省盐边县雅砻江	0.65
四川幸福桥石头河	1
乌东德坝址	0
云南皎平渡口	1.10
云南巧家小沙沟渡口	0
云南舍快普渡河	0.72
云南省东川区东格林家渡大桥	0
云南省富民县赤鹜乡赤鹜	0.5
云南省巧家县红路小沙沟渡口	0
云南省武定县东桥镇勐果河桥头	0.91
云南省武定县高桥镇车米点村	1.06
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾老庆村	0.05
云南省元谋县黄瓜园	1.14
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前	0.87
云南省元谋县江边乡龙街渡口	0
云南省元谋县尹地大桥桥头	1.02
云南树渣村	0.51
云南元谋江边渡口	0

4.3.2.6 底栖动物

（1）种类组成

区域内底栖动物主要有水生节肢动物、摇蚊幼虫、积翅目幼虫、浮游目幼虫、毛翅

目幼虫、虻科幼虫和寡毛类，其中数目最多的是水生昆虫类。本次调查共检出底栖动物 57 种，其中软体动物 6 种，占 10.53%；环节动物 7 种，占 12.28%；节肢动物 42 种，占 73.68%；扁形动物和线形动物各 1 种，分别占 1.75%。底栖动物种类以喜流水型节肢动物为主，优势种类有二翼蜉、扁蜉、粗腹摇蚊、长跗摇蚊，纹石蚕、萝卜螺、泉膀胱螺等。

（2）分布

金沙江干流和相关支流底栖动物的种类是有较大区别的，干流江段底质多为沙质、砾石，江水流速大，水体营养物含量低，底栖动物种类以河流性摇蚊及蜉蝣目生物为主，种类及数量较少，干流 8 个断面仅检出底栖动物 25 种（软体动物 3 种、环节动物 4 种、节肢动物 18 种），其中龙川江汇口下、屏山种类分布相对较多，分别为 9、7 种，白鹤滩、乌东德种类相对较少，分别为 1、2 种。支流底质以淤泥、砾石、泥沙为主，水流相对较缓，有利于底栖动物繁衍，种类相对丰富，12 个支流断面共检出底栖动物 51 种（软体动物 6 种、环节动物 3 种、节肢动物 42 种），其中勐果河种类相对较多，为 16 种。

（3）数量

调查江段干流底栖动物数量分布较少，底栖动物平均密度 44ind./m²，其中软体动物 5ind./m²，占 11.36%；环节动物 6ind./m²，占 13.64%；节肢动物 33ind./m²，占 75.00%。平均生物量为 0.73g/m²，其中软体动物 0.47g/m²，占 64.13%；环节动物 0.14g/m²，占 19.53%；节肢动物 0.12g/m²，占 16.34%。干流底栖动物数量组成以节肢动物为主，生物量则以软体动物贡献较大。

支流中底栖动物平均密度 185ind./m²，其中软体动物 39ind./m²，占 21.08%；环节动物 1ind./m²，占 0.54%，节肢动物 145ind./m²，占 78.38%，平均生物量为 2.03g/m²，其中软体动物 1.46g/m²，占 71.92%；环节动物 0.01g/m²，占 0.49%；节肢动物 0.56g/m²，占 27.59%。金沙江支流底栖动物数量组成以节肢动物为主，生物量则以软体动物贡献较大。

（4）多样性指数

各断面底栖动物的 Shannon-Weaver 指数除龙川江（云南省元谋县黄瓜园）较高外，其余都较低，均小于 2。干流 Shannon-Weaver 指数较高的断面为皎平渡，为 1.86；支流较高的断面为龙川江、尘河及勐果河。这主要是由于支流底质以淤泥、砾石、泥沙为主，水流相对较缓，有利于底栖动物繁衍，种类相对丰富。

支流牛栏江、黑水河、以礼河和金阳河的 Shannon-Weaver 指数枯水期均高于丰水

期，这说明水量大小对金沙江支流底栖生物物种数影响较大，枯水期是支流底栖动物大量繁育的时节。

表 4.3-28 各主要采集点的多样性指数（香农-威纳指数）

断面	香农-威纳指数
安宁河雅砻江汇口下	1.12
格里坪钢电厂抽水站	0.88
攀枝花金江镇雅砻江	0.5
四川炳草岗大桥	1.62
四川会东小岔河乡	0.84
四川可河电站	1.32
四川拉鲊金沙江边	1.45
四川省会东县小岔河乡	0.84
四川省会理县林家村幸福桥石头河	1.62
四川省攀枝花大龙潭乡	1.48
四川省攀枝花仁和区金江	0.85
四川省盐边县雅砻江	1.18
四川幸福桥石头河	1.73
乌东德坝址	0.56
云南皎平渡口	1.51
云南巧家小沙沟渡口	0.5
云南舍快普渡河	1.25
云南省东川区东格林家渡大桥	0.85
云南省富民县赤鹜乡赤鹜	1.06
云南省巧家县红路小沙沟渡口	0.5
云南省武定县东桥镇勐果河桥头	1.52
云南省武定县高桥镇车米点村	1.75
云南省寻甸县凤仪乡杨家湾老庆村	0.59
云南省元谋县黄瓜园	2.39
云南省元谋县江边乡龙川江汇口前	1.66
云南省元谋县江边乡龙街渡口	0.56
云南省元谋县尹地大桥桥头	1.66
云南树渣村	1.09
云南元谋江边渡口	0.5

4.3.2.7 水生维管束植物

通过实地调查，并结合相关文献数据分析，区域内水生维管束植物主要有 14 种，隶属于 11 科 12 属。

分布较多的科主要有蓼科 Polygobaceae、眼子菜科 Potamogetonaceae、禾本科 Gramineae，占全部种类的 40%以上，均为一些广布种类，是构成评价区水生植物的主要区系成分，其次是苋科 Amaranthaceae、菊科 Solanaceae、藜科 Chenopodiaceae 等。

4.3.2.8 鱼类

(1) 鱼类种类组成与区系特点

1) 金沙江中下游鱼类组成

根据《云南鱼类志》、《四川鱼类志》、《中国动物志硬骨鱼纲 鲇形目》、《中国动物志硬骨鱼纲 鲤形目》、《横断山区鱼类》等文献资料，金沙江中下游（石鼓以下江段）共有鱼类160 种，其中，长江上游特有鱼类56 种，秀丽高原鳅*Triplophysa venusta*)、前鳍高原鳅（*T. anterodorsalis*）、嵩明白鱼（*Anabarilius songmingensis*）、短臀白鱼（*A. brevianalis*）、小裂腹鱼（*Schizothorax parvus*）、长须鲢（*Leiocassis longibarbus*）等6 种为仅分布于金沙江水系的鱼类。中华鲟（*Acipenser sinensis*）和鳗鲡（*Anguilla japonica*）是过河口洄游性鱼类，历史上在金沙江中下游曾有分布，但由于葛州坝枢纽的修建已经阻断了其洄游通道，已多年未见在金沙江自然分布。

金沙江中下游分布的 160 种鱼类分别隶属于鲟形目、鳗鲡目、鲤形目、鲇形目、鲢形目、鲈形目和合鳃鱼目等 7 目 19 科 89 属。其中长江水系特有属 4 个：异鳔鳅鲃(*Xenophysogobio* Chen et Tsao)、泉水鱼属(*Pseudogyrinocheilus* Fang)、间吸鳅属(*Hemimyzon* Regan)、石爬鮡属(*Euchiloglanis* Regan)。其中，鲤科鱼类 52 属 90 种，鳅科 8 属 23 种，鲃科 4 属 12 种，平鳍鳅科 7 属 9 种，钝头鲃科为 1 属 3 种，鮡科为 3 属 5 种，鲴科 1 属 1 种，鰕虎鱼科 2 属 3 种，鲟科、鲇科均为 1 属 2 种，其它 8 科有匙吻鲟科、鳗鲡科、亚口鱼科、胎鲙科、青鲙科、合鳃鱼科、塘鳢科、斗鱼科和鰾科各为 1 属 1 种。

从金沙江中下游河段的鱼类组成可以看出，鲤形目和鲇形目鱼类占绝大多数，而鲤形目鱼类的种类最多，共有 123 种，占总种数的 76.9%。鲇形目有 22 种，占总种数的 13.8%。在 18 个科中，种数最多的是鲤科，占总种数的 56.3%；鳅科次之，占总种数的 12.3%；鲃科第三，占总种数的 7.8%。

表 4.3-29 金沙江中下游鱼类组成

目	科	种数	比例(%)
鲟形目	鲟科	2	1.3

目	科	种数	比例(%)
	匙吻鲟科	1	0.6
鳗鲡目	鳗鲡科	1	0.6
鲤形目	亚口鱼科	1	0.6
	鲤科	90	58.4
	鳅科	23	14.4
	平鳍鳅科	9	5.6
鲇形目	鲇科	2	1.3
	鲰科	12	7.5
	钝头鲷科	3	1.9
	鮡科	5	3.1
鲟形目	青鲟科	1	0.6
合鳃鱼目	合鳃鱼科	1	0.6
鲈形目	鮠科	3	1.9
	塘鳢科	1	0.6
	鰕虎鱼科	3	1.9
	斗鱼科	1	0.6
	鳢科	1	0.6

2) 调查水域鱼类

评价区域内实地调查先后采集到鱼类 58 种，结合相关历史文献记录的在评价区分布但未能获得标本的种类 18 种，合计为 76 种。此外，还采集到仔幼鱼若干，因个体太小，难以准确鉴定到种，未计入到总种数中，但仔幼鱼所属类群列入表中备查。

在这 76 种鱼类中，11 种为引入种或其自然分布区不在评价区内的种类。因此，乌东德电站评价区域内分布的土著野生鱼类实际应有 65 种，隶属于 3 目 10 科 49 属。

调查区域内分布的土著鱼类包括鲤形目、鲇形目和合鳃鱼目。其中，鲤形目种类最多，共有 5 科 41 属 54 种；鲇形目 4 科 7 属 10 种；合鳃鱼目 1 科 1 属 1 种。鲤形目种类比重占到 83%

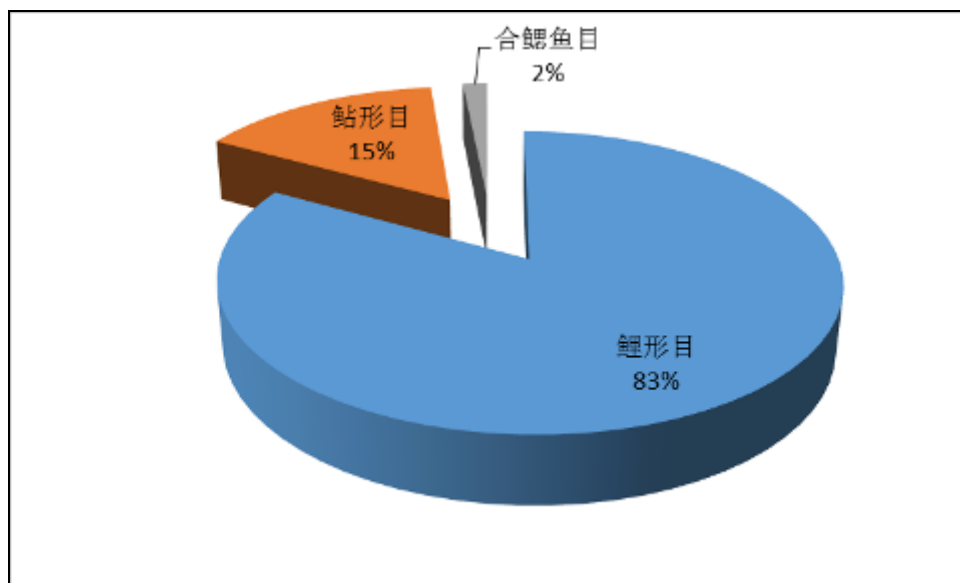


图 4.3-13 调查区内鱼类的目级组成分析

在科级水平上进行统计和比较，鲤形目的鲤科为区域内鱼类区系的主体，共有 25 属 32 种，占全部已知种类的 49%；条鳅科计有 9 种，占 14%；爬鳅科 8 种，占 12%。

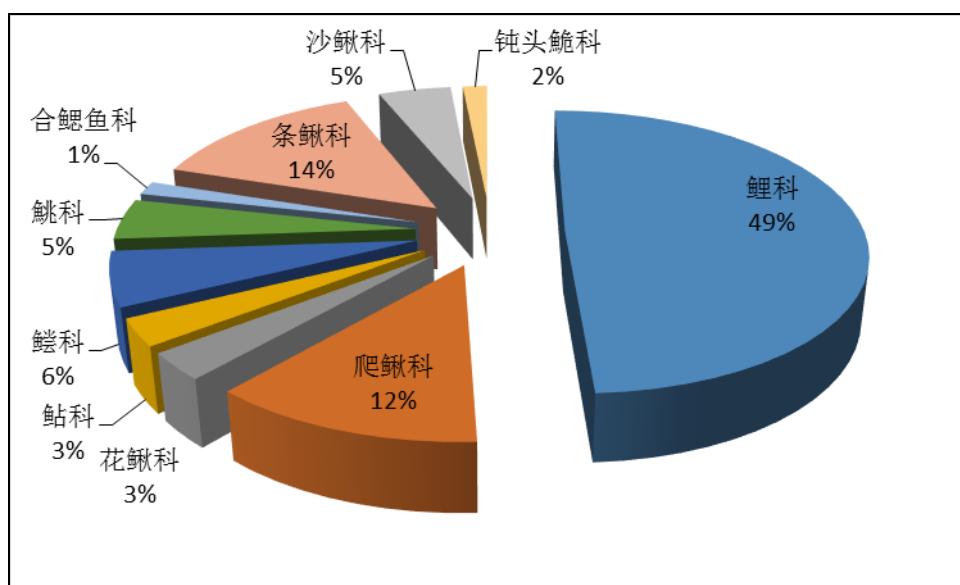


图 4.3-14 调查区内鱼类科级组成

从评价区域内土著鱼类目和科级水平的组成看，与我国大部分水体的情况基本类似，都是以鲤形目及鲤科的鱼类为主要成分。在中国分布的鲤科鱼类共包括 12 个亚科，评价区域内只有其中的 9 个亚科，缺乏雅罗鱼亚科、鲴亚科、鲢亚科自然分布的种类。评价区内鮡亚科的种类最多，占到鲤科鱼类的 22%；鲃亚科 6 种，占 19%；裂腹鱼亚科和鲃亚科各有 4 种，分别占 13%。鮡亚科的种类比较丰富与金沙江的流水环境密切相关，包括了如圆口铜鱼、长鳍吻鮡等适应急流环境的地区重要经济鱼类。裂腹鱼亚科的种类

也较丰富，除与流水环境等有关外，也充分体现了评价区域所处的从青藏高原向东部山地平原过渡的地理特点。

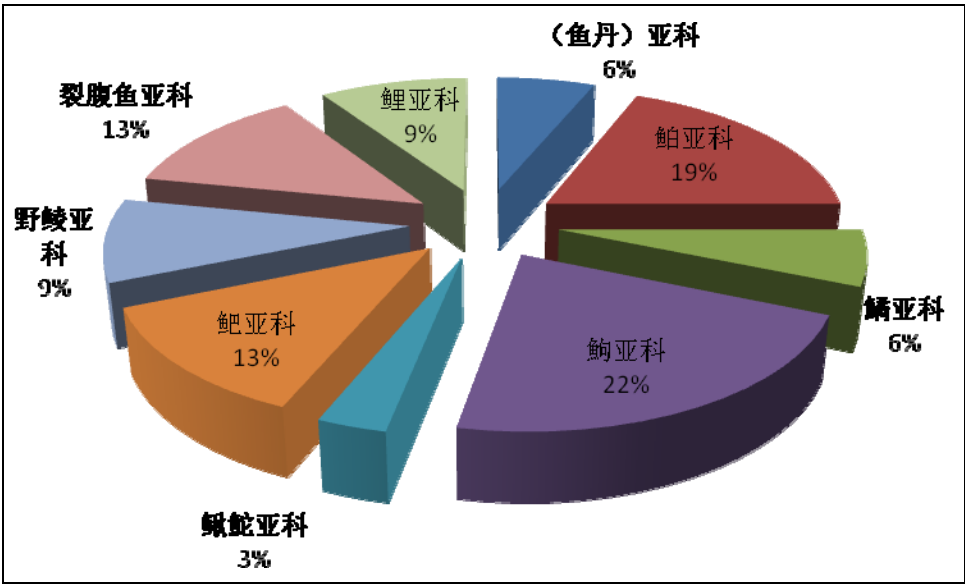


图 4.3-15 调查区内鲤科鱼类在亚科水平上的组成分析

3) 重要生物学特性

① 栖息特点

区域内分布的鱼类多具有适应急流水生生境的形态、构造特点，有的鱼类体形呈流线形，善于游泳，如圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鲈、吻鲈等，有的鱼类胸鳍、腹鳍演化呈吸盘状，将鱼体吸附在砂、石上，以适应急流环境，如墨头鱼、犁头鳅、中华金沙鳅等。

② 食性

区域内生活的鱼类饵料组成多以底栖、固着生物为主。依食物组成，可将其划分为3种类型：

植食性（包括滤食性）：如白甲鱼属和野鲮亚科、裂腹鱼亚科的一些种类。

肉食性：包括滤食浮游动物的白鱼、鲮属的种类；主要摄食底栖无脊动物的鱼类，如大部分鳅科、爬鳅科、鮡科、鲃科、钝头鮠科等种类，部分裂腹鱼类和岩原鲤等；主要捕食别种鱼类（包括鱼苗和鱼卵）的鱼类，如长薄鳅、鲈鲤、鲴类等。

杂食性：如圆口铜鱼、长鳍吻鲈、中华金沙鳅等。这些种类既摄食水生昆虫、虾类、软体动物等动物性饵料，也摄食藻类、植物残渣、种子等。

区域内生活的鱼类中，适于急流环境生活的种类较多。饵料组成以底栖或固着生物为主的种类，它们口裂通常较宽，近似横裂，下颌前缘具有锋利的角质，常刮取生长于

水中石面上的藻类为食；或口部常具有发达的触须或肥厚的唇，用以吸取食物，所摄取的食物，除少部分生长在深潭和缓流河段泥沙底质中的摇蚊科幼虫和寡毛类外，多数是急流的砾石河滩石缝间生长的毛翅目、鞘翅目和蜉游目昆虫的幼虫或稚虫。

③繁殖

金沙江中下游大部分江段水流湍急，但同时也存在一些水流较缓、砾石较多的“滩”和“沱”，这种缓急交替的水流条件满足不同鱼类的繁殖要求。如长薄鳅、圆口铜鱼、圆筒吻鮡、长鳍吻鮡等，在江汛发生后在湍急的流水中产“漂流性卵”的鱼类，需要水流湍急的水流条件。这一类鱼卵属于粘沉性卵，其比重略大于水，但产出后卵膜吸水膨胀，在水流的外力作用下，鱼卵悬浮在水层中顺水漂流。从卵产出到仔鱼具备溯游能力，一般需要 30~40h，按该区域平均流速推算，这期间需要顺水漂流约 210~300km，甚至更长。

裂腹鱼、墨头鱼、岩原鲤、白甲鱼等产粘沉性卵的鱼类，需要在水流较缓的“滩”和“沱”里产卵，这类鱼的卵产出后，一般发育时间较长。此外，还有一些小型种类，散布于不同的河段、支流等各类水体，完成生活史所要求的环境范围不大，主要在沿岸带适宜的小环境中产卵，它们有的产粘性卵、有的产漂流性卵、还有的产漂浮性卵。

④洄游

由于完成生活史各阶段所需环境条件的不同，不同鱼类洄游习性均有所不同。调查区分布的鱼类包括有长距离洄游、短距离洄游和定居性种类。

长距离洄游的种类以圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅等产漂流性卵的鱼类为代表。其产卵场与仔鱼、稚鱼的索饵场距离较远，为完成生活史，这些鱼类需要进行较长距离的洄游。产卵场通常位于水流湍急的宽谷河段，繁殖期性成熟的亲鱼沿江上溯，到达产卵场后，遇水文条件合适，即开始繁殖。受精卵随水向下漂流，并在漂流过程中逐渐完成胚胎发育过程，孵出的仔鱼往往散布在下游较为广阔、饵料相对较丰富的河段，仔鱼成长发育成熟后，再上溯完成新一轮繁殖过程。

短距离洄游种类包括该江段适应流水或急流生活的大部分鱼类，如鲤形目的鲤科、鳅科、爬鳅科，以及鲇形目的鲇科、鲰科的部分种类。繁殖季节，亲鱼仅进行较短距离的生殖洄游，寻找合适基质及水流条件，在急流砾石底浅滩上产沉粘性卵。

定居性种类的典型代表为鲤、鲫等。该部分鱼类在静水或缓流即可完成其生活史的全部阶段。繁殖时，亲鱼多游至近岸处，主要在沿岸带适宜的小环境中产卵，它们有的产粘性卵，有的产沉性卵。

调查区内分布的一些主要鱼类的生态习性见下表。

表 4.3-30 调查区内主要鱼类的生态习性

物种	产漂流性卵鱼类	地方经济种	特有性	主要生态习性
宽鳍鱲		√		栖居于溪河中，产沉性卵、每年 4-6 月在河溪产卵
半鱼餐		√	√	栖居于缓流环境
鱼餐		√		产沉性卵、浅水缓流区或静水产卵
张氏鱼餐			√	产粘性卵
翘嘴鲌	√			栖居于江河湖泊，卵具微粘性，江河中可形成漂流性卵，繁殖期 6-8 月
西昌白鱼			√	栖居于水流缓静处
寻甸白鱼			√	喜流水，产粘性卵
短臀白鱼			√	喜流水，产粘性卵
长身鲮			√	栖居于水草丛生处，4-6 月繁殖期，产卵于河蚌等鳃片上
麦穗鱼		√		栖居于溪河中，产沉性卵，繁殖期 3-6 月
短须颌须鲈			√	栖居于溪河中
圆口铜鱼	√	√	√	栖居于大江急流环境，4-7 月繁殖期
长鳍吻鲈	√	√	√	栖居于江河急流环境，4-6 月繁殖期
棒花鱼		√		栖居于缓流溪河中，产沉性卵，繁殖期 4-5 月
钝吻棒花鱼		√	√	栖居于缓流溪河中，产沉性卵
蛇鲈	√			栖居于微流水的河滩，产卵期 3-5 月
鲢	√	√		江湖洄游鱼类，溯河产卵
裸体异鳃鲈	√		√	栖居于流水处
鲈鲤			√	喜缓流水，肉食性，5 月繁殖，产卵于岸边河滩处
原鲮			√	栖居于缓流水
短须裂腹鱼		√	√	居于流水环境，产沉性卵，繁殖期 3-4 月
昆明裂腹鱼		√	√	居于流水环境，产沉性卵，繁殖期 3-4 月
四川裂腹鱼			√	居于流水环境，产沉性卵，繁殖期 3-4 月
细鳞裂腹鱼			√	居于流水环境，产沉性卵，繁殖期 3-4 月
岩原鲤		√	√	栖居于急流环境，产粘性卵，3-4 月和 8-9 月产卵 2 次
鲤		√		栖居于江河湖泊缓流处和浅水区，产粘性卵，繁殖期 3-6 月
鲫		√		居于河湖缓水处，产粘性卵，繁殖期 3-6 月
黑斑云南鳅			√	栖居于溪塘缓静处
四川云南鳅			√	栖居于溪塘缓静处
红尾副鳅		√		栖居于溪河流水环境中
四川爬岩鳅			√	栖居于河溪流水处
犁头鳅	√			大江干流生活，繁殖期 4-6 月
窑滩间吸鳅			√	栖居于山溪急流环境。
中华金沙鳅	√	√	√	大江干流生活，繁殖期 4-5 月
西昌华吸鳅			√	栖居于山溪急流环境
四川华吸鳅			√	栖居于山溪急流环境
长尾后平鳅			√	栖居于山溪急流环境
宽体中华沙鳅	√		√	栖居于江河流水环境

物种	产漂流性卵鱼类	地方经济种	特有性	主要生态习性
长薄鳅	√	√	√	栖居于大江干流急流环境
泥鳅		√		栖居于河渠塘堰浅水草丛中，产沉性卵，分批产卵
大鳞副泥鳅		√		栖居于河渠塘堰浅水草丛中，产沉性卵，繁殖期 5-7 月
鲇		√		居于江河湖泊水库，产沉性卵，繁殖期 3-7 月
大口鲇		√		居于江河流水处，产沉性卵，繁殖期 3-5 月
黄颡鱼		√		栖居于水草丛生的静水、浅水区，产沉性卵，繁殖期 4-9 月
长吻鮠			√	多在大江干流，产沉性卵，繁殖期 3-5 月
粗唇鮠		√	√	产沉性卵
中臀拟鲿		√	√	栖居于流水环境，产沉性卵
白缘鱼央		√	√	栖居于江河流水环境
福建纹胸鮡		√		栖居于流水环境，产沉性卵，繁殖期 3-5 月
中华鮡			√	产沉性卵
前臀鮡			√	产沉性卵
黄鲢		√		栖居于河渠塘堰浅水草丛中，繁殖期 6-8 月

（2）渔业资源及渔业现状

金沙江下游新市镇以下江段，江面由峡谷型向宽浅型河道过渡，边滩、江心洲开始发育，江面相对平缓。在新市镇、屏山、水富、宜宾江段有少量专业渔民从事渔业生产。新市镇以上江段，两岸山高谷深，河流湍急、岩礁多，鱼类资源较匮乏，仅在巧家、江边、拉鲊-鱼鲊、攀枝花等部分河段有专业或半专业渔民进行捕鱼作业。

1) 调查江段鱼类资源状况

金沙江下游鱼类资源的历史统计资料较少。随着金沙江下游梯级开发工程的推进，近几年对金沙江下游鱼类资源监测和调查工作有所加强。长江水产所、中科院水生生物所、水工程生态所等单位开展了长江上游珍稀特有鱼类资源与环境监测、长江上游保护区水生生物综合调查、金沙江下游攀枝花至水富渔业资源调查等工作。本报告鱼类资源现状调查参考了上述调查成果。

在调查江段共设立鱼类资源调查点 3 个，分别为攀枝花、江边和巧家，支流主要调查了龙川江及其支流蜻蛉河。各点鱼类资源状况如下：

①攀枝花

攀枝花江段秋季电捕鱼的主要渔获对象为裂腹鱼、泉水鱼、墨头鱼、鲈鲤等，以短须裂腹鱼为主，在渔获物中占到 87%以上。2006 年秋季攀枝花江段主要渔获对象的体长范围和平均尾重见表 4.3-31，主要采自电捕鱼材料。短须裂腹鱼体长范围 83~270mm，

平均尾重 58.7g, 鲈鲤体长范围 164~330mm, 平均尾重 132.9g, 墨头鱼体长范围 118~268mm, 平均尾重 132.9g, 泉水鱼体长范围 122~183mm, 平均尾重 46.4g, 长鳍吻鲈体长范围 149~166mm, 平均尾重 50.8g。

表 4.3-31 攀枝花秋季渔获物组成 (2006 年)

鱼名	重量(g)	重量百分比(%)	尾数	尾数百分比(%)	尾均重(g)	体长范围(mm)	体重范围 (g)
短须裂腹鱼	20828.1	87.55	355	91.26	58.7	83~270	21.5~435
鲈鲤	1196.6	5.03	9	2.31	132.9	164~330	60~482.3
墨头鱼	789.8	3.32	5	1.29	158	118~268	85.6~326.7
泉水鱼	549.5	2.31	8	2.06	46.4	122~183	26.6~74.1
长鳍吻鲈	152.3	0.64	3	0.77	50.8	149~166	43.8~89.5
鲃	149.9	0.63	2	0.51	75	112~135	72~77.9
白甲鱼	73.7	0.31	1	0.26	74.2	163~163	73.7~73.7
张氏鱼餐	30.9	0.13	2	0.51	15.5	125~158	12.7~18.2
白缘鱼央	9.5	0.04	2	0.51	4.8	38~55	2.5~7.0
凹尾拟鲢	9.5	0.04	2	0.51	4.8	35~50	3.5~6.0
合计	23790	100	389	100			

2011 年 5~7 月, 攀枝花江段渔获物中重量最大的三种依次为长鳍吻鲈 (16.9%)、中华沙鳅 (11.4%)、墨头鱼 (8.8%); 数量最多 3 种依次为中华沙鳅 (18.7%)、长鳍吻鲈 (16.6%)、红尾副鳅 (12.8%)。此外, 短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼 3 种裂腹鱼合计占 16.9%, 亦为该江段主要渔获类别。除此以外占一定比例的种类还有鲃 (7.3%)、蛇鲈 (5.2%)、圆口铜鱼 (4.9%)、粗唇鲃 (4.6%) 等, 以上 10 种鱼类合计占渔获物的 76.0%, 为该江段的主要渔获品种。

表 4.3-32 2011 年 5~7 月金沙江攀枝花江段渔获物组成

种 类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范 围	平均	范 围	平均	尾数	重量
长鳍吻鲈	9.3~15.4	13.3	11.8~53.4	38.1	16.6	16.9
中华沙鳅	11.7~14.2	12.8	17.1~26.5	22.9	18.7	11.4
墨头鱼	18.9~26.3	22.4	135.9~373.5	227.2	1.5	8.8
短须裂腹鱼	25.6~39.2	30.8	245.5~946.3	457.9	0.7	8.3
四川裂腹鱼	29.5~37.2	33.4	307.5~632.7	477.3	0.5	6.2
细鳞裂腹鱼	23.5~33.9	27.2	203.7~631.3	317.6	0.3	2.5
鲃	36.7~47.6	40.5	425.8~933.3	561.4	0.5	7.3
圆口铜鱼	20.5~26.7	23.8	145.5~348.1	235.7	0.8	4.9
粗唇鲃	12.5~18.9	16.2	31.5~83.3	53.9	3.2	4.6
蛇鲈	12.7~14.1	13.4	21.4~32.1	25.8	7.6	5.2
长薄鳅	18.2~22.3	20.5	66.3~120.7	94.1	1.3	3.2
犁头鳅	11.5~15.0	13.1	9.3~22.5	14.2	5.4	2.1
福建纹胸鮡	8.7~11.2	9.6	12.3~22.0	16.3	2.2	1.0

中华金沙鳅	10.2~12.9	11.3	13.3~25.5	18.7	2.8	1.4
白缘	8.9~11.3	10.1	26.7~53.6	18.3	7.3	3.6
宽鳍鱮	11.8~13.1	12.4	37.5~51.8	44.4	3.4	4.0
裸体异鰮鳅鮀	8.0~11.5	10.2	8.9~21.5	16.1	0.6	0.2
张氏鱼餐	8.5~12.3	10.1	8.9~23.5	14.8	9.4	3.7
凹尾拟鲮	8.9~11.4	9.6	12.1~19.7	13.5	4.5	1.6
红尾副鳅	8.7~11.4	9.8	7.4~11.5	9.6	12.8	3.3

统计结果表明, 该江段常见渔获物以急流及流水种类为主, 主要类群以鳅科鮡亚科类群 (长鳍吻鮡、圆口铜鱼、蛇鮡等); 裂腹鱼亚科类群 (短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼); 沙鳅亚科类群 (中华沙鳅、长薄鳅等); 鲇形目类群 (鲇、粗唇鲇等); 野鲮亚科类群 (墨头鱼)。鱼类以小型个体居多, 尾均重为 30~40g。

②江边

2008年江边江段秋季渔获物在数量上以小型鱼类为主, 例如棒花鱼和子陵吻鰕虎鱼; 重要的经济鱼类如圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅等, 虽然体重在渔获物中所占比重较大, 但每天能够捕获的个体数量有限。

表 4.3-33 江边秋季渔获物组成 (2008 年)

种类	重量 (g)	重量百分比 (%)	尾数	比例 (%)	尾均重 (g)	体长范围(mm)	体重范围 (g)
宽鳍鱮	13.8	0.31	2	0.73	6.9	70~95	5.5~8.3
圆口铜鱼	930.9	20.81	3	1.1	310.3	220~310	142~425
棒花鱼	46.4	1.04	4	1.47	11.6	55~82	4.2~18.3
短须颌须鮡	54.5	1.22	5	1.83	10.9	40~75	5.7~13.6
长鳍吻鮡	358.8	8.02	6	2.2	59.8	142~168	42.8~86.5
高体鲮鱼	96.6	2.16	7	2.56	13.8	42~75	6.2~22.8
中华鲮	64.5	1.44	5	1.83	12.9	23~52	5.5~21.5
鱼餐	317.9	7.11	11	4.03	28.9	59~189	8.6~35.8
半鱼餐	17.5	0.39	1	0.37	17.5	135	17.5
鲫	283.8	6.35	11	4.03	25.8	53~140	12.5~50.6
泥鳅	22.5	0.50	3	1.1	7.5	60~138	3.2~15.2
大鳞副泥鳅	152.3	3.41	1	0.37	152.3	120	151
长薄鳅	115.2	2.58	1	0.37	115.2	198	115.2
犁头鳅	10.8	0.24	6	2.2	1.8	58~92	1.1~2.2
中华金沙鳅	339.2	7.58	64	23.44	5.3	32~110	2.2~8.9
短身金沙鳅	161.7	3.62	33	12.09	4.9	26~78	2.1~6.8
鲇	385.8	8.63	3	1.1	128.6	168~275	86.8~151.2
白缘鱼	235.6	5.27	31	11.36	7.6	52~91	3.1~9.6
福建纹胸鮡	5.2	0.12	1	0.37	5.2	59	5.2
食蚊鱼	60.9	1.36	7	2.56	8.7	8.2~19.8	3.2~16.8
子陵吻鰕虎	671	15.00	55	20.15	12.2	52~86	6.5~16.8
波氏吻鰕虎	127.4	2.85	13	4.76	9.8	26~78	4.6~16.5

种类	重量 (g)	重量百分比 (%)	尾数	比例 (%)	尾均重 (g)	体长范围(mm)	体重范围 (g)
合计	4472.3	100	273	100			

江边江段主要渔获对象的体长范围和平均尾重见表4.3-33，主要采自电捕鱼材料。圆口铜鱼体长范围220~310mm，平均尾重310.3g，长鳍吻鲋体长范围142~168mm，平均尾重59.8g，长薄鳅体长198mm，平均尾重115.2g。

③巧家

2011年春季巧家江段调查获鱼类23种，具体详见下表。主要渔获对象为圆口铜鱼、南方鲇、长鳍吻鲋、鲤、草鱼、铜鱼等，其中圆口铜鱼在渔获物中的比例接近40%。

表 4.3-34 巧家春季渔获物组成表(2011 年)

鱼 名	重量(g)	重量百分比 (%)	尾数	尾数百分比 (%)	尾均重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
圆口铜鱼	13463.5	38.74	105	31.16	128.2	95-322	15.5-580
南方鲇	5475.7	15.76	17	5.04	322.1	60-560	2.3-3200
长鳍吻鲋	4472.1	12.87	77	22.85	58.1	110-202	21.6-158.8
鲤	3780	10.88	3	0.89	1260	310-368	770-1750
草鱼	3100	8.92	1	0.30	3100	533	3100
长薄鳅	491.2	1.41	7	2.08	70.2	120-228	30-127.3
瓦氏黄颡鱼	282.4	0.81	30	8.90	9.4	42-110	1.9-20.2
长吻鮠	177	0.51	1	0.30	177	221	177
鲇	163.8	0.47	2	0.59	81.9	100-310	12.8-151
蛇鲇	145.5	0.42	5	1.48	29.1	104-150	12.5-48.9
中华金沙鳅	134.8	0.39	13	3.86	10.4	76-114	5.7-25.7
紫薄鳅	114.2	0.33	4	1.19	28.6	102-162	9.8-75.3
凹尾拟鲿	98.1	0.28	6	1.78	16.4	82-144	9.5-26.8
鲫	65.3	0.19	10	2.97	6.5	40-72	2.2-10.6
犁头鳅	51.5	0.15	5	1.48	10.3	78-97	3.8-14.6
白缘鮠	44.8	0.13	5	1.48	9	69-98	5.1-16.5
子陵吻鰕虎鱼	34.1	0.10	5	1.48	6.8	52-75	4.8-8.8
棒花鱼	30.3	0.09	4	1.19	7.6	63-85	5.1-11.7
彩石鲃	25.4	0.07	7	2.08	3.6	36-52	1.9-5.2
张氏鲃	11.9	0.03	2	0.59	6	74-78	5.4-6.5
麦穗鱼	10.9	0.03	6	1.78	1.8	40-48	1.2-2.1
中华纹胸鮡	4.6	0.01	1	0.30	4.6	60	4.6
合计	34753.5	100.00	337	100.00			

2011年春季巧家江段主要渔获对象的体长范围和平均尾重，圆口铜鱼体长范围95~322mm，平均尾重128.2g，南方鲇体长达范围60~560mm，平均尾重达322.1g，长鳍

吻鲈体长范围 110~202mm，平均尾重 58.1g，鲤体长范围 310~368mm，平均尾重达 1260g，与 2008 年比较，圆口铜鱼的个体变小。

④龙川江

2012 年秋季龙川江元谋段采集到鱼类 11 种，其中棒花鱼和鲫占渔获物数量百分比的 80.60%。主要渔获对象为鲫、鲇、棒花鱼和奥利亚罗非鱼等，鲫在渔获物中的重量占第一位，达 46.15%，鲇次之，占 31.87%，棒花鱼和奥利亚罗非鱼各占 13.21%和 4.95%，其它鱼类总共占 3.82%。渔获物中大部分鱼类个体较小，绝大多数不超过 200g，其中个体最大的为鲇，重量为 203g，个体较大的还有鲫，重量别为 169g。尾均重超过 50g 的仅 1 种，为鲇 91.7g，体长范围 110~270mm。其它 10 种的尾均重都在 30g 以下，其中最小的为宽鳍鱲和子陵栉鲌鱼等，仅为 1g。

2012 年秋季龙川江蜻蛉河江段渔获物中共有鱼类 9 种，分别隶属于 4 目 5 科 9 属。其中，鲤形目 2 科 6 属 6 种，鲈形目、鲇形目和合鳃鱼目均为 1 科 1 属 1 种。以科为单位统计，鲤科种类数最多，占总种数的 55.56%。总体来看，蜻蛉河鱼类组成与干流基本相似。渔获物中大部分鱼类个体较小，均不超过 200g，其中个体最大的为鲇，重量为 183g，个体较大的还有鲤和鲫，重量分别为 171g 和 47g。尾均重超过 50g 的有 2 种，分别为鲤 63.3g，体长范围 70~190mm；鲇 103.8g，体长范围 190~270mm。其他 7 种的尾均重都在 30g 以下，其中最小的为棒花鱼和子陵栉鲌鱼，仅为 1g。

龙川江元谋江段和蜻蛉河江段的鱼类种类和渔获物情况分别见表 4.3-35 和表 4.3-36。

表 4.3-35 龙川江元谋段渔获物组成一览表

种类	重量 g	重量百分比	尾数	尾数百分比	尾均重 g	体长 mm	体重 g
鱼餐	11	0.32	3	1.14	3.7	65~80	2~5
棒花鱼	456	13.21	149	56.65	3.1	32~70	1~8
高体鲮鱼	1	0.03	1	0.38	1	29	1
黄颡	1	0.03	1	0.38	1	33	1
黄鲢	8	0.23	2	0.76	4	205	8
鲫	1593	46.15	63	23.95	25.3	46~198	3~169
宽鳍鱲	36	1.04	10	3.80	3.6	35~80	1~10
奥利亚罗非鱼	171	4.95	10	3.80	17.1	34~102	1~31
泥鳅	74	2.14	11	4.18	6.7	70~130	2~13
鲇	1100	31.87	12	4.56	91.7	110~270	14~203
子陵栉鲌鱼	1	0.03	1	0.38	1	30	1
总计	3452	100.00	263	100.00	/	/	/

表 4.3-36 蜻蛉河江段渔获物组成一览表

种类	重量 g	重量百分比	尾数	尾数百分比	尾均重 g	体长 mm	体重 g
鱼餐	20	1.30	5	6.58	4	54~72	2~6
棒花鱼	115	7.48	27	35.53	4.3	34~70	1~8
鲫	456	29.65	25	32.89	18.2	46~198	3~47
宽鳍鱲	12	0.78	2	2.63	6	70~80	5~7
鲤	253	16.45	4	5.26	63.3	70~190	6~171
泥鳅	19	1.24	3	3.95	6.3	70~115	2~12
鲇	623	40.51	6	7.89	103.8	190~270	55~183
子陵栉鰕鱼	10	0.65	3	3.95	3.3	35~67	1~6
黄鳝	30	1.95	1	1.32	30	370	30
总计	1538	100.00	76	100.00			

2) 渔业资源特点

①类群特征

根据调查, 鲤形目鱼类是组成金沙江下游的主要类群, 占鱼类种类数的 76.9%, 鲇形目次之, 占 13.8%。金沙江下游鱼类, 大多栖息在水流湍急, 水质良好的河流环境中, 并且各自形成了许多生态特性。大多数鱼类体型呈长梭状或纺锤状, 游泳能力较强, 某些种类体型扁平, 胸腹鳍特化形成类似吸盘的器官, 贴附在流水滩上生活。多数鱼类摄食底栖无脊椎动物或着生藻类, 或为杂食性。捕食鱼类的凶猛性鱼类、摄食水生高等植物和浮游生物的种类较少。一般都在流水环境中繁殖, 多数种类的卵具有粘性, 粘附于河床底部砾石上发育, 但是, 亦有相当部分种类产漂流性鱼卵, 卵产出后, 卵膜吸水膨胀, 随江水漂流发育。

②主要经济鱼类特征

渔获物调查资料统计表明, 金沙江下游主要经济鱼类有近 20 种, 包括圆口铜鱼、铜鱼、南方鲇、瓦氏黄颡鱼、鲇、长吻鮠、粗唇鮠、凹尾拟鲿、切尾拟鲿、长鳍吻鮠、花斑副沙鳅、中华倒刺鲃、岩原鲤、泉水鱼、墨头鱼、白甲鱼、长薄鳅、齐口裂腹鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、鲤鱼、鲫等。由于水环境条件和种类的适应性不同, 各江段的主要经济鱼类有一定的差异, 但圆口铜鱼、南方鲇和瓦氏黄颡鱼在各调查点的渔获物中均占有较大的比重。

金沙江下游大多数种类的种群数量较小, 成为渔业捕捞对象的种类不多。经对渔民的调查与同统计, 在巧家江段 5~6 月和 10 月至翌年 1 月, 一条副业渔船每天渔获物不

足 1.5kg。统计结果表明，在渔业上占有一定地位的种类有圆口铜鱼、南方鲇、长吻鮠、瓦氏黄颡鱼、凹尾拟鲿、切尾拟鲿、粗唇鮠、鲤、长鳍吻鮠、铜鱼等 10 余种。

③时空分布特征

圆口铜鱼、短须裂腹鱼、短体副鳅、长薄鳅、长鳍吻鮠、前鳍高原鳅、宽鳍鱲和中华金沙鳅在巧家江段春季渔获物中的比例为 74.42%，秋季渔获物中比例也达到 65.55%，与 1997 年巧家春季渔获物比较，分别高出 33.62%和 24.75%。从种类所占比重来看，干流江段渔获物中占据第一位基本为圆口铜鱼；其它经济意义较次要的鱼类因江段、季节等而存在差异，一般说来，金沙江下游的特有鱼类中，适应急流生活的种类如裂腹鱼类、鳅科鱼类等占相当的比重，愈往下，适于缓流生活的种类在渔获物中的比例逐渐增大。圆口铜鱼仅分布于金沙江的干流，在各点均有分布，在巧家江段平均尾重达到 323.3g，但 2011 年以来的调查结果反映个体有变小的趋势。

④鱼类资源量变化趋势

与上世纪五、六十年代相比，目前鱼类产量大幅度的下降，而特有鱼类在各地渔获物中比例的上升，仅仅说明了其相对于其它种类的状况，并不能反映其资源状况，相反，据渔民反映，近年这些特有鱼类资源也呈显著下降趋势。

乌东德库区从事江河捕捞的为副业渔民，没有专业渔民。作业地点分散，渔船渔具简陋。常用渔具仅有三层刺网类和钩类（垂钓）。近年来，由于市场经济调节作用，金沙江鱼类价格飙升，吸引副业渔民下河捕捞，渔船数量有增加趋势。

3) 渔业现状

①重要渔业区

元谋县江边乡龙街渡口江段：金沙江干流江段大部分属于高山峡谷类型，水流湍急，大多数河段都不适合渔业生产。一些有渔业生产的地方，如云南省元谋县江边乡龙街渡口江段，这是评价区内一个非常重要的渔业产区，一些重要的经济鱼类，如圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮠、中华金沙鳅等，每年都有较多的产量。据当地渔民介绍，自 2002 年污染事故以后，鱼类资源受到破坏，加之捕捞压力未减，鱼类种群数量持续下降，未能得到有效恢复。

金沙江攀枝花市和会理县的拉鲊-鱼鲊村渡口江段：此处江段江面较为宽阔，水流稍缓，没有大的洄水区域，是区域内另一处重要渔业区，长年有专业渔民从事渔业生产。该江段渔获物主要是一些适应流水环境的鱼类，比如圆口铜鱼、白缘鱼央、纹胸鮡、鮠类、鲇、长薄鳅、中华沙鳅等，这些鱼类的产量也比较大，具有较大经济价值。

②渔业队伍

攀枝花至新市镇江段有零散的渔业捕捞活动，有季节性捕捞，缺少常年专业从事渔业生产的渔民，该江段有渔业生产用船 10~20 艘。新市镇以下江段，有专业渔民进行作业，屏山县（含新市镇）有专业渔船 25 艘，从业人员 50 人。在水富江段，水富县有专业渔船 20 艘，从事捕捞渔民 35 人，年捕捞量 4~6t。

4) 影响渔业资源变化的原因

①水利工程阻隔

在金沙江的一级、甚至二级支流支流上修建了数量众多的水利工程，明显地改变了当地鱼类栖息的生态环境，限制了它们的上下溯游活动，破坏了它们的繁殖场所，对其资源产生了影响。

②水域污染

随着工农业生产的发展，金沙江干支流沿江各地工业废水、生活污水以及农药大量流入江河，水域污染日益严重，恶化了鱼类栖息和繁殖场所，因水质污染引起大量死鱼的现象时有发生，给鱼类资源带来了极大的损害。大量农药随地表径流汇入江河，也是一个不容忽视的污染源。在调查工作期间，渔业主管部门和渔民反映，2002 年 7 月 2 日，攀枝花市川投电冶公司黄磷厂生产设施泥磷池挡墙垮塌，导致 80m³ 密封水和几十公斤泥磷下江，造成严重的污染，造成大量鱼类死亡。

（3）鱼类物种多样性

1) 珍稀濒危及特有鱼类

①国家级重点保护物种

金沙江下游新市镇以下江段，分布有国家重点保护鱼类——白鲟（Ⅰ级）、达氏鲟（Ⅰ级）和胭脂鱼（Ⅱ级）3 种。从诸多调查研究资料反映的情况看，白鲟在金沙江的分布上限大致为新市镇附近的冒水一带。冒水以上 30km 左右为溪洛渡电站大坝，历史上虽偶然发现有个别鲟鱼个体（疑为中华鲟）游荡至溪洛渡库区江段（卡哈洛），但这种急流环境不适合于这种大型鱼类栖息，而且自 80 年代初长江葛洲坝工程建成，以及冒水附近一次特大泥石流堵江形成急滩后，当地渔民未再见过类似的鱼类。溪洛渡大坝截流后，这 3 种鱼类将不能上溯到上游河段。而乌东德库区河段没有白鲟、达氏鲟和胭脂鱼分布，其产卵场、索饵场、越冬场仍然在金沙江下游向家坝电站至宜宾市江段和长江上游江段。

②省级重点保护鱼类

区域内没有被列入云南省省级保护野生动物名录的鱼类；被列入《四川省重点保护野生动物名录》的鱼类有 8 种，分别是西昌白鱼（*Anabarilius liui liui*）、短臀白鱼（*Anabarilius brevianalis*）、裸体异鰕鳅（*Xenophysogobio nudicorpa*）、细鳞裂腹鱼（*Schizothorax chongi*）、鲈鲤（*Percocypris pingi*）、岩原鲤（*Procypis rabaudi*）、窑滩间吸鳅（*Hemimyzon yaotanensis*）和中华鮡（*Pareuchiloglanis sinensis*）。

③其它珍稀濒危鱼类

调查区内分布的鱼类有 10 种被列入国际自然保护联盟（IUCN，2011）Redlist、《中国濒危动物红皮书——鱼类》（以下简称《红皮书》）或《中国物种红色名录-第二卷-脊椎动物》（以下简称《红色名录》），占全部土著种的 15%。其中列入 IUCN-Redlist（2011）名录的有 4 种（2 种极危、2 种近危），3 种列入《红皮书》（1 种濒危、2 种易危），9 种列入《红色名录》（1 种绝灭、3 种濒危、5 种易危）。

表 4.3-37 区域内分布的濒危鱼类

物种	IUCN-Redlist, 2011	《中国濒危动物红皮书》，1998	《中国物种红色名录》，2009	主要致危原因
1. 西昌白鱼 (<i>Anabarilius liui liui</i>)			绝灭（EX）	过捕、污染、外来种入侵
2. 鲈鲤 (<i>Percocypris pingi</i>)	近危（NT）		易危（VU）	过捕
3. 短须裂腹鱼 (<i>Schizothorax wangchiachii</i>)	近危（NT）			水工建设、过捕
4. 昆明裂腹鱼 (<i>Schizothorax grahami</i>)	极危（CR）		易危（VU）	过捕、外来种入侵
5. 岩原鲤 (<i>Procypis rabaudi</i>)		易危（VU）	易危（VU）	水工建设、过捕、污染
6. 窑滩间吸鳅 (<i>Hemimyzon yaotanensis</i>)			易危（VU）	生境破坏
7. 长薄鳅 (<i>Leptobotia elongata</i>)		易危（VU）	易危（VU）	生境破坏、过捕
8. 中臀拟鲿 (<i>Pseudobagrus medianalis</i>)	极危（CR）	濒危（EN）	濒危（EN）	生境破坏、过捕、污染
9. 白缘（鱼央） (<i>Liobagrus marginatus</i>)			濒危（EN）	过捕、污染
10. 中华鮡 (<i>Pareuchiloglanis sinensis</i>)			濒危（EN）	过捕、污染

④特有鱼类

调查区内有长江中、上游特有鱼类 33 种，占全部土著鱼类的 49%，其中多数鱼类分布十分局限，如短臀白鱼，目前仅知分布在鲹鱼河；中臀拟鲿只分布于普渡河水系；

寻甸白鱼，只记录分布于云南寻甸清水海；2011 年新报道的原鲮目前仅知分布于以礼河的上游。

2) 鱼类多物种多样性特点

调查区域鱼类资源具有以下特点：鱼类物种多样性组成相对简单，特有性高；区系组成与金沙江上游差异明显；多为地方性经济鱼类；外来种所占比例高；干流和支流鱼类组成的差异。

(4) 鱼类重要生境

1) 产卵场

①产漂流性卵鱼类产卵场

为了较全面了解金沙江下游产漂流性卵鱼类的种类、产卵规模及成色、产卵场分布、早期卵苗汛发生规律，水工程生态所在金沙江水富（向家坝枢纽下游 3km）、巧家（白鹤滩枢纽上游 45km）和对坪（白鹤滩枢纽下游 20km）江段设置了固定采样监测点。2006~2007 年产漂流性卵鱼类繁殖的 4~7 月进行了鱼类早期资源的持续采样监测，并不定期进行多个断面的流动采样监测。为了更进一步调查金沙江中下游圆口铜鱼产卵场分布、产卵规模及成色，水工程生态所于 2008 年 5 月~7 月在水富和巧家两个固定采样监测点同时进行了金沙江中下游产漂流性卵鱼类早期资源采样监测，并针对圆口铜鱼产卵场进行现场踏勘以及圆口铜鱼亲鱼的收集与解剖，实地收集整理圆口铜鱼繁殖材料。

2006 年 5 月~7 月、2007 年 5 月~7 月、2008 年 5 月~7 月和 2011 年 5 月~6 月在水富断面、巧家断面对坪断面调查采集到圆口铜鱼、犁头鳅、中华沙鳅、长薄鳅、双斑副沙鳅、中华花鳅、花斑副沙鳅、蛇鮈、中华倒刺鲃、圆筒吻鮈、吻鮈、似鳊、、宽体沙鳅、宜昌鳅鮡、长鳍吻鮈、翘嘴鲌、中华金沙鳅等 18 种产漂流性卵鱼类，在金沙江中下游存在上述鱼类产卵场。

A、金沙江下游产漂流性卵鱼类组成

漂流性卵为比重大于水，凭借流动水体，在水中漂悬发育的。金沙江中下游产漂流性卵鱼类有 18 种，见表 4.3-38，可分为 2 种类型。

典型漂流性卵：产典型漂流性卵的鱼类在流水环境中所产卵粒的卵膜吸水膨胀后，膜径为早期卵径的 3 倍左右，鱼卵凭借较大的卵周隙随水漂流，发育孵出为鱼苗。如圆口铜鱼、长薄鳅、犁头鳅等。

微粘性漂流性卵：鱼卵在河湾、湖泊的静水或缓流环境中属粘性或微粘性卵，附着

水草、砂砾等基质发育，但在江河流速环境中粘性极差，经过含泥沙的江河水脱粘，便如典型漂流性卵性状，膜径为早期卵径的 3 倍左右，随流水漂流发育。如翘嘴鲇、鱼餐等。

表 4.3-38 金沙江下游产漂流性卵鱼类名录与早期鱼卵性状
(2006 年、2007 年、2008 年、2011 年)

鱼 名	早期鱼卵性状			漂流性卵类型		统计卵数
	吸水膨胀膜径(mm)	卵径(mm)	卵黄色彩	典型类	微粘类	
圆口铜鱼 <i>Cguichenoti</i>	5.5-6.2	1.6-1.8	篋黄	+		2757
犁头鳅 <i>Lepturichthys fimbriata</i>	5.0-5.8	1.7-1.9	肉红	+		2858
中华沙鳅 <i>Botia supercilialis</i>	3.5-4.3	1.1-1.2	酪黄	+		1222
长薄鳅 <i>Leptobotia elongata</i>	3.5-5.5	1.4-1.6	篋黄	+		84
双斑副沙鳅 <i>Pbimaculata</i> Chen	3.7-4.4	1.3-1.4	枇杷黄	+		2194
中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i> Sauvage et Dabry	3.5-4.0	1.1-1.2	枇杷黄	+		91
花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i>	3.8-4.5	1.4-1.5	枇杷黄	+		694
蛇鮈 <i>Saurogobio dabryi</i>	3.0-4.1	1.1-1.2	浅枇杷黄	+		122
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	4.2-4.8	1.4-1.6	枇杷黄	+		232
圆筒吻鮈 <i>Rcylictricus</i>	5.2-5.7	1.8-1.9	浅玫瑰红	+		84
吻鮈 <i>Rhinogobio typus</i>	4.6-5.3	1.5-1.6	篋黄	+		76
似鳊 <i>Acanthobrama Simoni</i>	3.3-3.7	1.2-1.3	酪黄	+		177
鱼餐 <i>Hemiculter leucisculus</i>	2.8-3.5	0.8-0.9	杏仁黄		+	333
宽体沙鳅 <i>Breevesae</i>	3.4-4.2	1.2-1.3	浅枇杷黄	+		118
宜昌鳅鮡 <i>Gobiobotia filifer</i>	3.5-4.5	1.2-1.3	篋黄	+		663
长鳍吻鮈 <i>Rventralis</i>	3.8-4.8	1.3-1.6	篋黄	+		370
中华金沙鳅 <i>Jinshaia sinensis</i>	5.0-5.5	1.4-1.6	枇杷黄			1620
翘嘴鲇 <i>Culter alburnus</i>	4.5-5.3	1.4-1.5	酪黄		+	128

B、金沙江下游产漂流性卵鱼类繁殖生态现状

以 2006 年固定采样断面～云南水富向家坝电站坝下 3km (N28°37'35.2", E104°25'28.9") 的水富港码头、2007 年白鹤滩水电站坝上 45km (N26°54'688", E102°54'003") 的云南巧家白鹤滩镇江段和 2008 年同时进行金沙江下游早期资源调查以及 2011 年白鹤滩水电站坝下 20km 对坪 (N 27°23'29.5"~E103°02'04.75") 的这三个断面作为计算起点，然后分别按向家坝水文站和华弹水文站的流速记录，依鱼卵胚胎发育时间，分别求取漂流距离，遂把各个批（次）鱼卵产出地的集中江段划分为产卵场。

流速的变化、温度的不同，同一期发育采用的发育期时间也有差异。推算结果表明，金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵场分别为金安桥、朵美、观音岩、皎平渡、会东、会泽、八家坪、巧家、白鹤滩、三河坝、溪洛渡、新市镇、屏山、向家坝，具体详见下表。

表 4.3-39 按水富采样监测点推算的产卵场（2006 年、2008 年）

序号	名称	胚胎期发育	距受精时间(h)	漂流距离(km)	范围(km)	长度(km)
A	观音岩	鳔一室一雏鳔期	188.5-170	792.5-765.5	华坪县江边—观音岩	27
B	皎平渡	鳃丝期	111	480-459.5	四川省会理县通安镇—云南省禄劝县皎西乡	20.5
C	溪洛渡	孵出一心脏搏动	45.5-38	180-160	雷波县曲依乡—溪洛渡	20
D	新市镇	尾鳍出现—尾牙期	22-19	91-79	南岸咀—新市镇	12
E	屏山	胚孔封闭—原肠早期	14-9	40-26	屏山—新滩	14
F	向家坝	桑椹—32 细胞期	3.5-2	11-6	向家坝—云富镇	5

表 4.3-40 按巧家采样监测点推算的产卵场（2007、2008 年）

序号	名称	胚胎发育期	距受精时间(h)	漂流距离(km)	范围(km)	长度(km)
A	金安桥	鳔一室一雏鳔期	188.5-170	710-680	丽江市涛源乡—金江白族乡	30
B	观音岩	鳃弧期	90-86	417-390	华坪县江边—观音岩	27
C	皎平渡	孵出期—心脏搏动	47-42	195-173	四川省会理县通安镇—云南省禄劝县皎西乡	22
D	会东	尾鳍出现—尾牙期	22-19	91-79	会东县新田乡—龙树乡	12
E	会泽	胚孔封闭—原肠早期	14-9	40-26	巧家县濛姑乡—会泽县娜姑镇	14
F	巧家	桑椹期—多细胞期	3.5-2	14-8	巧家县白鹤滩镇—金塘乡	6

表 4.3-41 按对坪采样监测点推算的产卵场（2011 年）

序号	名称	胚胎发育期	距受精时间(h)	漂流距离(km)	范围(km)	长度(km)
A	朵美	鳃弧-鳃丝期	90-105	380—355	朵美乡至涛源乡	15
B	皎坪渡	孵出-心脏搏动期	46—36	180-155	鱼门闸至皎坪渡	25

C	八家坪	尾鳍出现-尾牙期	22-20	88-80	叶拗坪至八家坪	10
D	白鹤滩	胚孔封闭期-原肠晚期	15—12	55-45	白鹤滩镇至葫芦口	10
E	三河坝	桑椹-32 细胞期	3.5—2	13—7	三河坝至老渡口	6

根据 2011 年对坪鱼类早期资源监测站监测到的金沙江中下游产漂流性卵鱼类的较集中产卵场有 5 个。各产卵场的具体规模及种类组成见表 4.3-42。

朵美产卵场：产漂流性卵鱼类产卵量 2089.4 万粒，占采样期总产卵量的 13.1%，是金沙江中下游圆口铜鱼等产漂流性卵鱼类产卵规模较大的产卵场。圆口铜鱼、犁头鳅为该产卵场主要种类，产卵量分别为 1106.0、723.7 万粒，分别占该产卵场产卵规模的 52.9%、34.6%，二者合计占 87.5%；其次，中华沙鳅产卵量 158.2 万粒，占该产卵场产卵规模的 7.6%；中华金沙鳅 101.5 万粒，占 4.9%。

皎坪渡产卵场：产漂流性卵鱼类产卵量 9478.1 万粒，占采样期总产卵量的 59.5%，是金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵规模最大的产卵场。犁头鳅产卵量为 4069.1 万粒，占该产卵场产卵规模的 42.9%；中华沙鳅产卵量 2696.5 万粒，占 28.4%；圆口铜鱼产卵量 1762.5 万粒，占 18.6%。3 种合计占 89.9%，为该产卵场的主要产卵种类。

八家坪产卵场：产漂流性卵鱼类产卵量 863.0 万粒，占采样期总产卵量的 5.4%，是金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵规模最小的产卵场。中华沙鳅产卵量 677.4 万粒，占该产卵场产卵规模的 78.5%；中华金沙鳅产卵量为 93.0 万粒，占该产卵场产卵规模的 10.8%；犁头鳅 74.0 万粒，占 8.6%。三种合计占 97.9%，为该产卵场的主要产卵种类。

巧家白鹤滩产卵场：产漂流性卵鱼类产卵量 2619.2 万粒，占采样期总产卵量的 16.4%，是金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵规模较大的产卵场。犁头鳅产卵量为 1815.0 万粒，占该产卵场产卵规模的 69.3%；中华沙鳅产卵量 730.7 万粒，占 27.9%。二种合计占 97.2%，为该产卵场的主要产卵种类。

三河坝产卵场：产漂流性卵鱼类产卵量 991.2 万粒，占采样期总产卵量的 5.5%，是金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵规模较小的产卵场。犁头鳅产卵量 577.9 万粒，占该产卵场产卵规模的 65.6%；中华沙鳅产卵量 303.3 万粒，占 34.4%。为该产卵场的主要产卵种类。

表 4.3-42 金沙江中下游圆口铜鱼等产漂流性卵鱼类在各产卵场的比重
(2011, 对坪断面)

单位：%

产卵场 种类	三河坝	白鹤滩	八家坪	皎坪渡	朵美	总计
圆口铜鱼	0.0	0.0	0.0	61.4	38.6	100.0
犁头鳅	8.0	25.0	1.0	56.0	10.0	100.0
中华金沙鳅	0.0	4.7	7.9	78.9	8.6	100.0
中华沙鳅	6.6	16.0	14.8	59.1	3.5	100.0
花斑副沙鳅	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	100.0
合计	5.5	16.4	5.4	59.5	13.1	100.0

C、金沙江中下游圆口铜鱼产卵场分布及特点

早期资源调查监测表明，金沙江中下游圆口铜鱼集中规模产卵场主要分布在皎平渡及以上江段，而会东江段（白鹤滩库区）以及新市镇至向家坝江段（向家坝库区）亦有零星分布。

D、金沙江中下游圆口铜鱼“苗汛”

2008 年水富采样表明，呈现规模的圆口铜鱼产卵行为是从 6 月 11 日开始，7 月 3 日结束，这期间有两个高峰值出现，既 6 月 15~19 日和 6 月 30 日~7 月 3 日，呈现两个圆口铜鱼“苗汛”，这与巧家和攀枝花格里坪采样监测点的结果（巧家的两个高峰为 6 月 13~17 日和 6 月 28~30 日，攀枝花格里坪的两个高峰为 6 月 10~14 日和 6 月 20~24 日）较为一致（图 4.3-17），也与金沙江向家坝水位于 6 月 11 日开始的持续上涨，特别是 6 月 11~13 日和 7 月 1~5 日的两个洪峰过程较一致（图 4.3-16）。2011 年对坪采样也表明，圆口铜鱼产卵行为有两个高峰期，分别为 6 月 5~9 日和 13~17 日，与洪峰过程相一致，见图 4.3-18。

E、促使金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵、发育的外界条件

a、水温

产漂流性卵鱼类繁殖水温视不同种类而别，由于采样时间均在每年的 5 月至 7 月，采样期各个采样点实测水温均在 18~23℃ 范围内，因而不能判断金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵的初始水温。以前在长江中游和丹江口水库汉江上游所做的同类工作过程中，就产漂流性卵鱼类产卵的初始水温问题进行了大量的数据整理。总体而言，产漂流性卵鱼类繁殖的最适水温 20~24℃，上下限为 15.9~30℃。下限起产水温视不同种类划分两个类型，一为 18℃ 以下的，计有 15.9℃ 的魚餐、油魚餐、银鲴；16.9℃ 的铜鱼、似

鳊、犁头鳅；17.2℃的鳙、吻鮰、圆筒吻鮰、蛇鮰、银鮰、鳊、中华沙鳅等。二为 18℃及其以上的有 18℃产卵的草鱼、青鱼、鲢、鳊、鳙、翘嘴鲌、蒙古鲌、拟尖头鲌、花斑副沙鳅等；18.2~18.5℃产卵的有赤眼鳟、鳙等。产卵上限水温 27℃左右的有铜鱼、犁头鳅；28℃的有鳙、吻鮰、圆筒吻鮰、鳊。

b、涨水

江河涨水是产漂流性卵鱼类产卵繁殖的主要外界条件。大量的同类研究工作表明，在合适的水温条件下，江河涨水是促使鱼类产卵的重要因素，对不同鱼类呈现的现状各有差异，有的一遇涨水，水位上升，流速加快，刺激亲鱼 1~3d 即行产卵，产卵于水位上升时进行，水位下降即停止产卵；有的在涨水瞬时或 1~3 天后产卵，退水后仍继续产卵，谷底前 1~2d 结束；有的退水时才开始产卵，延至下一洪峰前 1~2d 结束。从采样监测的结果来看，金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵繁殖活动大部分都在涨水过程时进行，如 2008 年水富采样点采集到的圆口铜鱼的两个高峰期（2008 年 6 月 16~20 日、7 月 1~5 日）与金沙江 2008 年的两个水位急速上涨过程一致。

c、流速

产漂流性卵鱼类的受精卵比重略大于水，但产出后卵膜吸水膨胀，在水流的外力作用下，鱼卵悬浮在水层中顺水漂流发育。孵化出的早期仔鱼，仍然要顺水漂流，待身体发育到具备较强的溯游能力后，才能游到浅水或缓流处停歇。适宜的流速冲击，才能使受精卵随水流漂流而正常发育，当流速小于 0.25m/s，受精卵开始下沉，若小于 0.15m/s 时，受精卵沉入水底，受精卵发育减缓直至停止。

F、产漂流性卵产卵场分布及特点

鱼类早期资源调查监测结果表明，金沙江中下游从向家坝至金安桥江段分布有产漂流性卵鱼类产卵场。采集到圆口铜鱼、犁头鳅、中华沙鳅、长薄鳅、双斑副沙鳅、中华花鳅、花斑副沙鳅、蛇鮰、中华倒刺鲃、圆筒吻鮰、吻鮰、似鳊、鱼餐、宽体沙鳅、宜昌鳅鲃、长鳍吻鮰、翘嘴鲌、中华金沙鳅等 18 种产漂流性卵鱼类，圆口铜鱼的产卵盛期在每年的 6 月上旬至 7 月上旬。圆口铜鱼集中规模产卵场主要分布在皎平渡及以上江段，会东江段以及新市镇至向家坝江段亦有零星分布。犁头鳅、中华金沙鳅等其它产漂流性卵鱼类种类较多，种群数量较大，对产卵条件要求不严格，产卵场分散。推算结果表明，金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵场分别为金安桥、朵美、观音岩、皎平渡、会东、会泽、八家坪、巧家、白鹤滩、三河坝、溪洛渡、新市镇、屏山、向家坝等。随着金沙江中下游水电梯级陆续下闸蓄水，目前，金安桥、朵美、观音岩、三河坝、溪洛渡、

新市镇、屏山和向家坝产漂流性卵鱼类产卵场已被淹没。

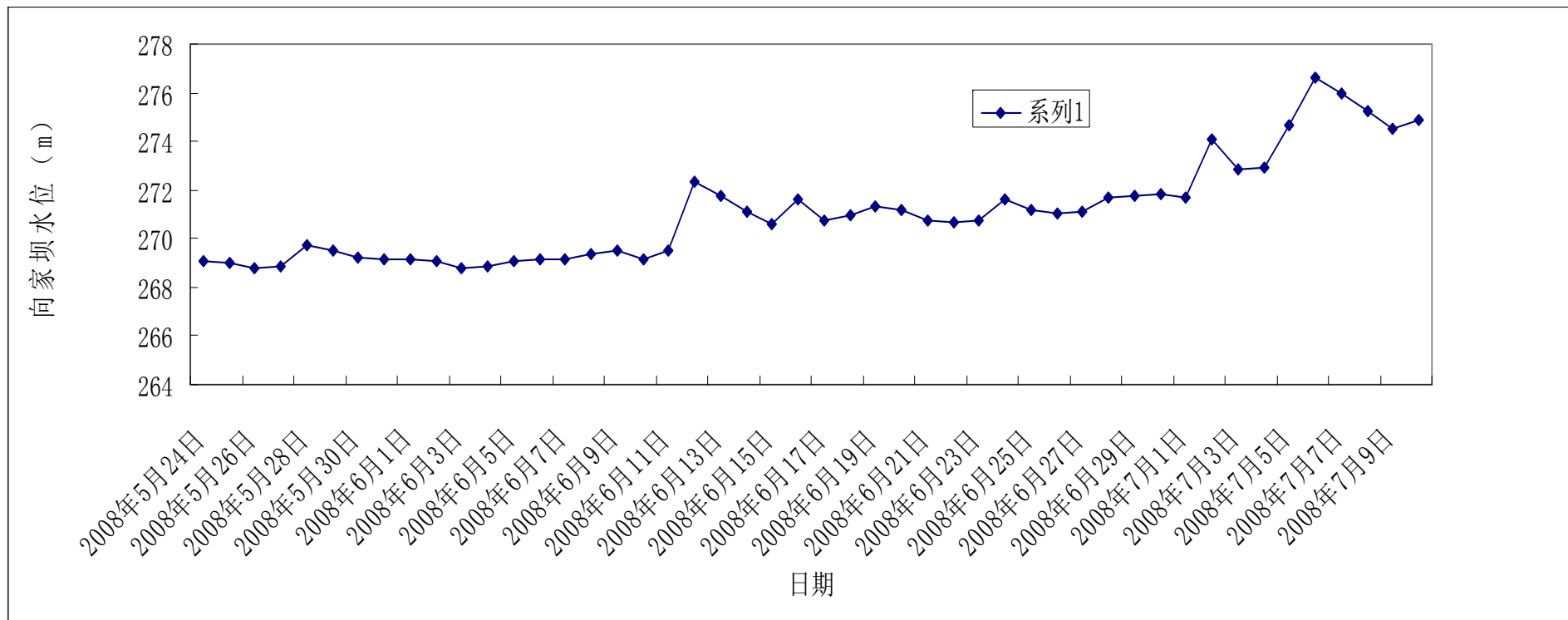


图 4.3-16 2008 年向家坝水位日线

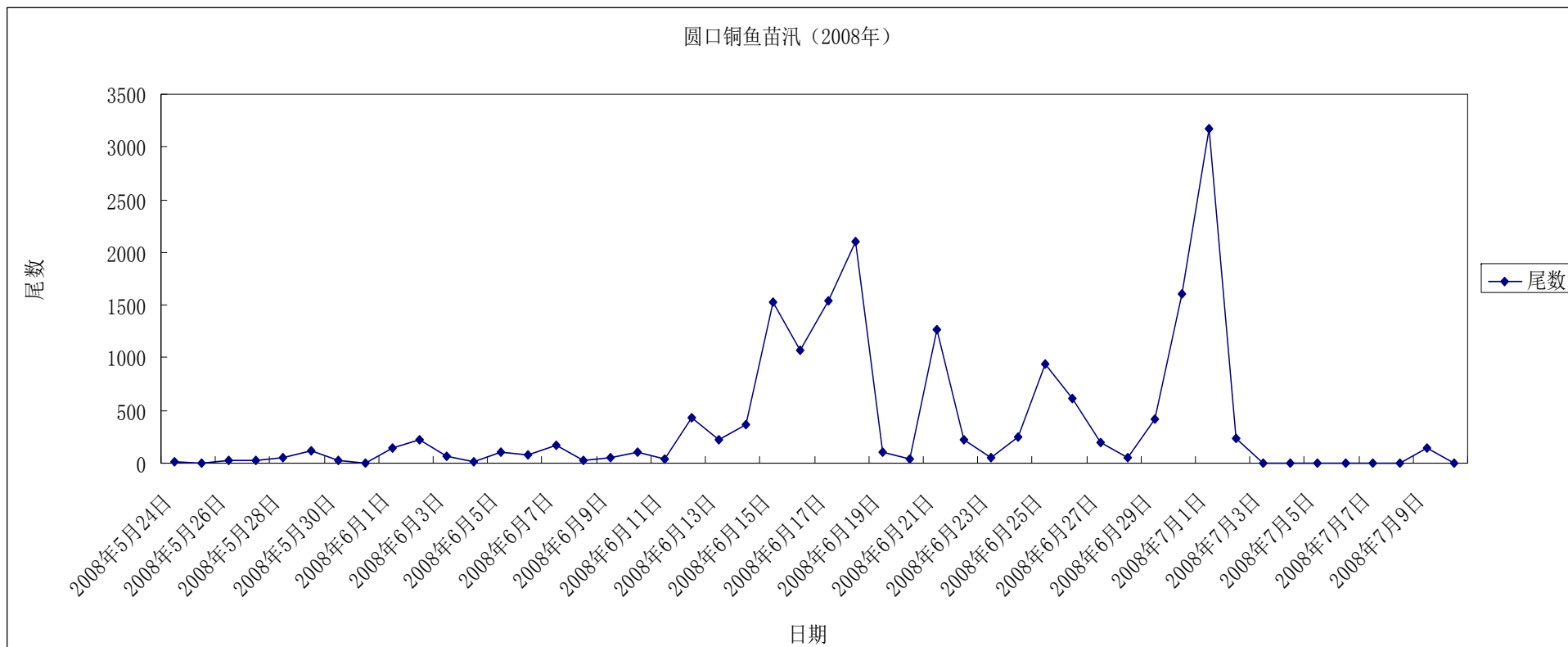


图 4.3-17 2008 年水富监测点圆口铜鱼网口径流量日线

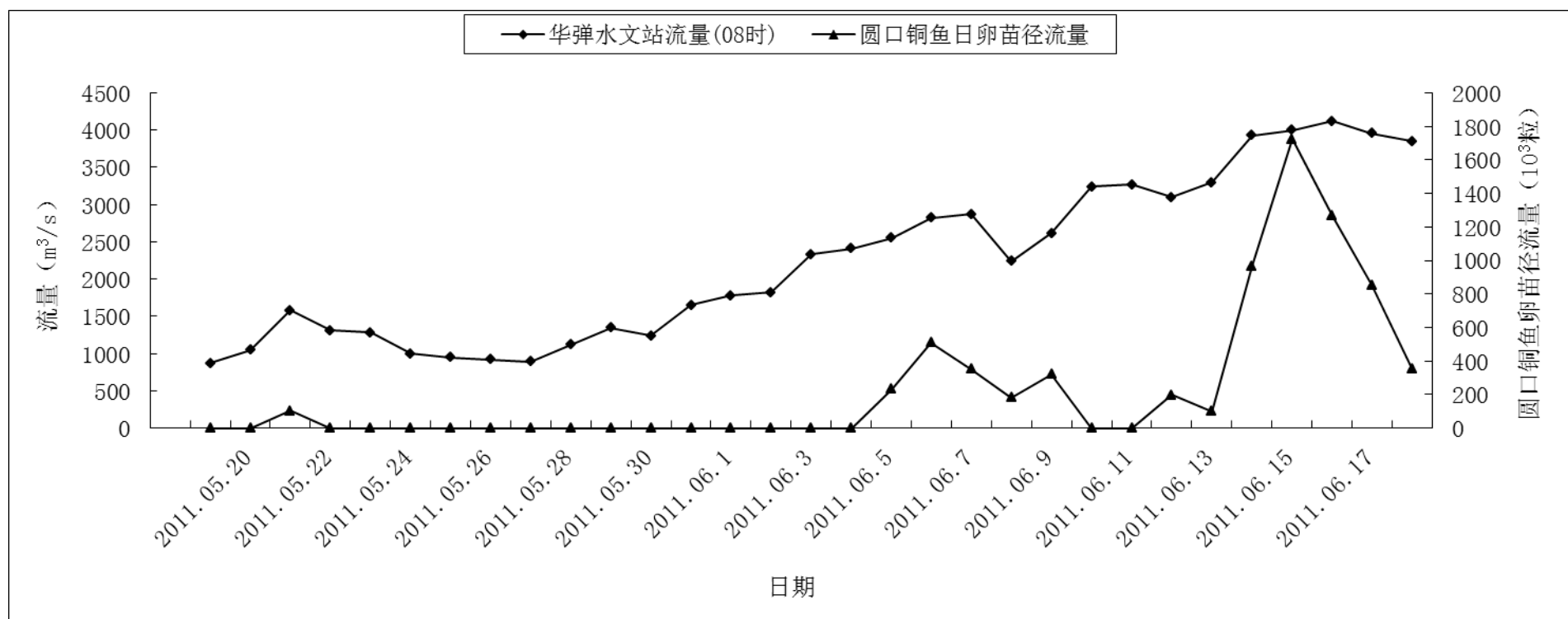


图 4.3-18 2011 年金沙江圆口铜鱼鱼苗日径流量与华弹水文站实测日均流量分布图

②产粘沉性卵鱼类产卵场

金沙江下游一些产粘沉性卵的鱼类，如裂腹鱼亚科、鲃科、鲇科、鮡科及鲤、鲫、墨头鱼等。这些鱼类繁殖需要砾石、沙石底质和水草环境，产卵后，受精卵或入石缝，或粘附沙砾上，或埋藏于沙砾中，或粘附于水生高等植物体上，在溶解氧较充分的环境中孵化。一般来讲，产粘沉性卵鱼类对产卵场的要求不太严格，只要达到水温要求，具备必要的附着基质便可形成各自的产卵场。有的在静水环境条件下便可产卵，如鲤、鲫等，有的需要一定的流水刺激才能产卵，如裂腹鱼科、鲇科、鮡科鱼类。符合这些鱼类繁殖的生境条件在调查水域较为普遍，相应地这些鱼类产卵场也较为分散，产卵规模小而不稳定。

雅砻江汇口：位于雅砻江干流与金沙江的汇口处，产卵场长约 1km，底质为卵石、砾石、沙粒，河宽 100~160m，3~4 月份流速为 0.5~1.2m/s，水温 15~16.5℃；主要产卵种类为短须裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、粗唇鲃、福建纹胸鮡、墨头鱼等。

攀枝花市仁和区拉鲊村：位于攀枝花市仁和区拉鲊-鱼鲊渡口附近，产卵场长约 5km，底质为卵石、砾石、沙粒，河宽 150~200m，3~4 月份流速为 0.5~1.4m/s，水温 15~16.5℃；主要产卵种类为裂腹鱼、白缘（鱼央）、宽鳍鱲、纹胸鮡、餐条鱼、黄颡鱼、子陵吻虾虎鱼、波氏吻虾虎鱼、大口鲇、鲇、鲫、鳊鲂等幼鱼，特别是裂腹鱼幼鱼个体数量较多。

勐果河汇口：位于勐果河和金沙江交汇处，江面宽阔，在丰水季节河滩宽约 200m，底质为卵石、砾石、沙粒，3~4 月份流速为 0.5~1.5m/s，水温 15℃~16℃左右，主要产卵种类为红尾副鳅、鲤、鲫、棒花鱼、麦穗鱼等。

元谋县江边乡：龙川江与金沙江汇口至下游 300m 左右，底质为卵石、砾石、沙粒，江面狭窄，宽约 150m，水流湍急，3~4 月份流速为 0.5~1.6m/s，水温 15℃左右；主要产卵种类为福建纹胸鮡、餐条鱼、黄颡鱼、子陵吻虾虎鱼、波氏吻虾虎鱼、棒花鱼、鲫、犁头鳅等。

尘河汇口：尘河与金沙江交汇处，产卵场长约 1.5km，底质为卵石、砾石、沙粒，形成一江心洲，河宽约 150m，在丰水季节河滩宽约 200m，3~4 月份流速为 0.5~1.5m/s，水温 15℃左右；主要产卵种类为宽鳍鱲、鳊鲂、棒花鱼、麦穗鱼、鲫、黄魮鱼、子陵吻虾虎鱼等小型鱼类。

鲹鱼河汇口：位于鲹鱼河与金沙江汇口处，产卵场长约 1km，底质为卵石、

砾石、沙粒，江面狭窄，宽约 150m，水流湍急，3~4 月份流速为 0.5~2.0m/s，水温 15℃左右；主要产卵种类为四川云南鳅、红尾副鳅、横纹南鳅、泥鳅、短须裂腹鱼、昆明裂腹鱼、鲤、鲫、四川爬岩鳅、棒花鱼、麦穗鱼等。

新田：位于四川省会东县新田乡新田村，产卵场长约 3km，底质为砾石、卵石，具卵石滩，河床宽 100~150m，3 月~4 月份流速 0.5~2m/s，水温在 15℃左右。主要产卵种类为鲇、南方鲇、粗唇鲃、部分鲢科、鳊科、裂腹鱼亚科鱼类等。

2) 索饵场

调查江段鱼类多为以着生藻类、有机碎屑、底栖无脊椎动物等为主要食物的鱼类，浅水区光照条件好，礁石或砾石滩适宜着生藻类生长，相应地底栖无脊椎动物也较为丰富，往往成为鱼类重要的索饵场所。3~4 月间，干支流水位开始上涨，部分鱼类会沿支流上溯索饵。喜急流鱼类早春索饵区多为礁石林立的险滩和平缓的砾石长滩，这里水流比较湍急，索饵区与产卵场重叠较大；缓流水或静水性鱼类往往会在险滩间水流平缓的顺直深潭河段、河湾洄水区、开阔平缓河段、支流河口河段及支流等处。每年 5~9 月是金沙江洪水季节，鱼类随涨水而上溯，游到各淹没区和支流索饵，扩大觅食范围。

鱼类育幼环境对种群恢复发展至关重要。育幼区通常要求水流比较平缓，适口饵料丰富，水位相对稳定，这与缓流水和静水性鱼类索饵环境相似。调查江段总体上水流湍急，支流不发育，育幼环境较差。因此，险滩间水流稍缓的顺直深潭河段、河湾洄水区、开阔稍缓流河段和支流河口，甚至是礁石间缓流坑凼，都可能成为流水性鱼类的重要育幼场。而对于圆口铜鱼、长鳍吻鲈、长薄鳅、金沙鳅等产漂流性卵的鱼类，孵化的鱼卵及仔幼鱼随水漂流的距离比较长，散布河流下游较为广阔的缓流水域索饵肥育，在三峡水库未建成前，长江中游都有其索饵的群体。该江段主要索饵场有河门口、雅砻江河口等。

3) 越冬场

每年 11 月份以后，随着气温下降，水量减少，水位降低，鱼类活动减少，鱼类从支流或浅水区进入饵料资源相对较为丰富，温度较为稳定的深水潭中越冬。鱼类越冬场一般为急流险滩下水流冲刷形成的深潭，深潭河床多为基岩、礁石和砾石，着生藻类、水生昆虫等较为丰富。规模较大的越冬场往往和产卵场相伴。险滩之间河道较顺直，鱼类也会在此越冬，但越冬条件较差，越冬种群通常

不大。乌东德库区主要的鱼类越冬场有勐果河河口、雅砻江河口、攀枝花市仁和区拉鲊村。

4.3.3 生态敏感区

(1) 特殊生态敏感区

评价区涉及的十个县市区内分布的特殊生态敏感区有四川攀枝花苏铁国家级自然保护区和禄劝县普渡河苏铁省级自然保护区。其中，四川攀枝花苏铁国家级自然保护区位于攀枝花市西区、仁和区境内，涉及民政、格里坪两个乡（镇），位于库尾上游，最低点海拔高程为 1120.0m，与库尾的水平距离大于 10km，不在评价区范围之内；禄劝县普渡河苏铁省级自然保护区位于乌东德坝下，地处禄劝县中屏乡、乌蒙乡交界处，普渡河下游两岸，距乌东德坝址的水平距离在 20km 以外，不在评价区范围之内。因此，评价区不涉及特殊生态敏感区。

(2) 重要生态敏感区

评价区的重要生态敏感区包括元谋省级风景名胜区、攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区和鱼类“三场”。其中鱼类“三场”介绍详见水生生态章节，本节主要介绍元谋省级风景名胜区、攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区及其与乌东德水电站工程建设关系。

1) 元谋省级风景名胜区

① 风景名胜区概况

元谋风景名胜区位于乌东德库区元谋县境内，是云南省省级风景名胜区。根据《元谋风景名胜区总体规划》，元谋风景名胜区规划分为“四片一中心”，四片即四个景区：物茂土林景区、浪巴铺土林景区、班果土林景区、金沙江景区。风景区管辖范围为 161.2km²。一中心指旅游服务中心。元谋风景名胜区分为核心景区和一般景区，其中核心景区面积为 25.9km²，一般景区总面积 135.3km²。

a、金沙江峡谷景区

景区范围东至白马口，西至龙街渡，南、北以峡谷山脊连线为界，包括江边乡乌东德水库淹没区域，面积 126.3km²。其中核心景区为金沙江乌东德水库 975m 高程水面线环湖 100m 内区域，面积 22.5km²。

规划定位：以金沙江峡谷景观为主体特色，主要开展观光旅游、水上活动、避寒度假。景区建设以建立峡谷地貌景观观赏、水上游览活动、避寒度假设施、

红色文化游览及解说体系为主，结合库区环境保护、整治，加强游览活动的知识文化内涵。

b、物茂土林

景区范围包括物茂土林游览区、虎跳滩区域及周边环境保护区域，面积 4.5km²。其中核心景区为物茂土林地貌景观区域，面积 1.3km²。

规划定位：以物茂土林景观为特色，主要开展土林地貌景观游览，虎跳滩峡谷景观游览的景区。景区建设应建立土林地貌景观游览及科普解说体系，建设虎跳滩探险游览系统及景区旅游服务系统。

c、班果土林

景区范围包括班果土林及周围保护区域，面积 8.6km²。其中核心景区为班果土林地貌景观区域，面积 1.0km²。

规划定位：以班果土林景观为特色，主要开展土林地貌景观游览及运动休闲活动。景区建设应建立班果土林保护体系，建立班果土林景观游览体系及景区旅游服务系统。

d、浪巴铺土林

景区范围包括浪巴铺土林及周边保护区、河尾水库及周边区域，面积 21.8km²。其中核心景区为浪巴铺土林地貌景观区域，面积 1.1km²。

e、旅游服务中心

以元谋县城为中心，结合风景区元谋古人遗址等的外围景点，形成风景区的旅游服务中心。

规划定位：是风景区的旅游服务中心，结合城市规划，突出地方景观特色，在元谋古人类博物馆的基础上，建立元谋遗址遗迹文化展示体系，建设热坝气候游览体系及避寒度假设施，建立健全旅游管理、游客接待、旅游应急中心、后勤保障等旅游服务中心职能。

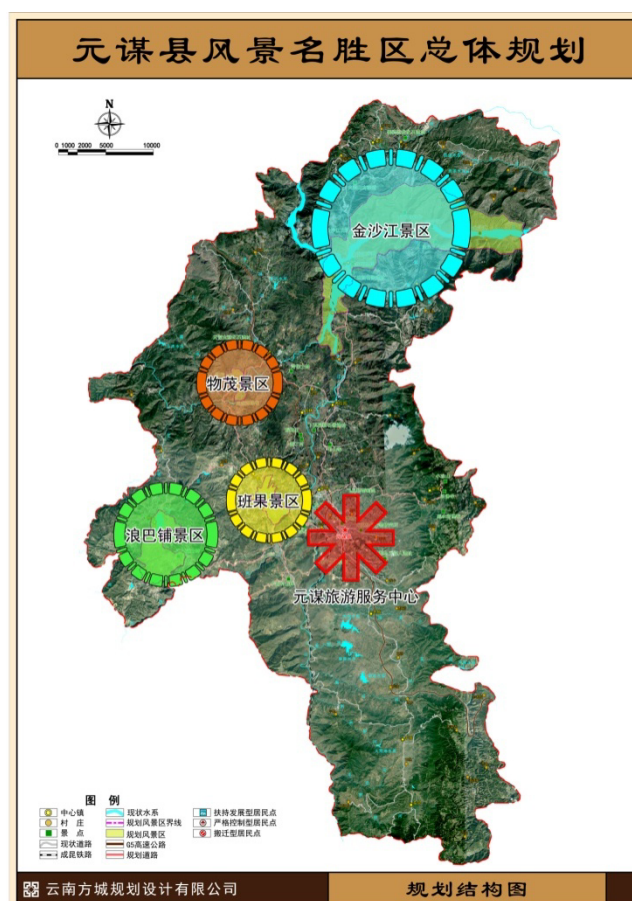


图 4.3-19 元谋风景名胜区总体规划图

元谋风景名胜区的资源分为自然景观和人文景观两个大类，两个大类下分为八个中类 47 个景观资源，其中，物茂土林、班果土林、浪巴铺土林、那乌元谋人遗址四个景点为一级景源，金沙江、金沙江峡谷、小凉山、蔬菜节、冬早无公害蔬菜、元谋人博物馆、元谋亚热带气候七个景点为二级景源，其余 36 个景点为三级景源，主要有木棉、榕树林、金沙江沙滩、落水洞、金沙江古驿道、丙弄彝寨、以进嘎彝寨、红军标语、龙街渡等景点。一级景源具有国家重点保护价值和国家级代表性作用，在国内外著名和有国际吸引力。二级景源应具有省级重点保护价值和地方代表作用，在省内闻名和有省际吸引力。三级景源应具有一定价值和游线辅助作用，有地方保护价值和相关地区吸引力。

②元谋风景名胜区保护规划

根据《云南省省级风景名胜区规划编制办法》，采用两级保护区划及分类保护规划，分级保护划分为核心景区及一般景区两级。分类保护主要为遗址遗迹及文物保护。

a、分级保护规划

核心景区：元谋风景区的核心景区是指景区内的典型土林地貌景观区、金沙江峡谷的景观区域。核心景区面积 25.9 km²，包括以下范围：物茂土林地貌景观区域，面积 1.3km²。班果土林地貌景观区域，面积 1.0km²。浪巴铺土林地貌景观区域，面积 1.1km²。金沙江乌东德水库 975m 高程水面线环湖 100m 内区域，面积 22.5km²。

一般景区：是指元谋风景区除核心景区外的其它区域，主要由土林景观外围保护区域、乌东德水库面山保护区域。一般景区总面积 135.3 km²，包括以下范围：物茂土林外围保护区域及虎跳滩区域，面积 3.2km²。班果土林外围保护区域，面积 7.6km²。浪巴铺土林外围保护区域及河尾水库周边区域，面积 20.7km²。金沙江乌东德水库面山保护区域，面积 103.8km²。

b、遗址遗迹及文物保护

以元谋古人类文化区及元谋人博物馆等有形载体，建立以元谋人遗址为代表的遗址遗迹展示体系，提升元谋的文化形象。在文物保护单位划定的文物保护单位保护范围，禁止建设与保护无关的设施，在保护区域内不得使用现代建筑材料，新建建筑的外形及材料必须与原景观协调，应科学计算游客环境容量，把游客容量限制在科学合理的范围内，对寺庙古建筑群，古驿道应进行修缮保护，不得使用现代建筑材料。按《文物保护法》的有关规定保护县境内的各级文物保护单位，相关开发利用活动必须依法进行，并严格履行相关手续。在宗教寺院附近进行规划建设应注意与其文化环境相协调。



浪巴铺土林



班果土林



物茂土林



金沙江

③与乌东德水电站的位置关系

根据元谋风景名胜区总体规划图和乌东德水库淹没图的叠图分析，物茂土林片区、班果土林片区、浪巴铺土林片区均位于乌东德水库正常蓄水位 975m 以上，水库蓄水对物茂土林片区、班果土林片区、浪巴铺土林片区不会产生影响，但对元谋风景名胜区金沙江峡谷片区有一定影响。淹没区对元谋风景名胜区的影响涉及其金沙江景区的金沙江、金沙江峡谷、木棉、榕树林、金沙江沙滩、落水洞、金沙江古驿道、丙弄彝寨、骂拉莫彝寨、红军标语、龙街渡共 11 个景点，其中，金沙江、金沙江峡谷 2 个景点为二级景源，主要影响为景观由急流+险滩改变为峡谷+湖面的景观；金沙江沙滩、落水洞、金沙江古驿道、丙弄彝寨、骂拉莫彝寨、龙街渡共 6 个三级景源为淹没景点。

2) 攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区

①保护小区概况

位置：攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区，位于攀枝花市仁和区平地镇

正东方，行政村迤沙拉村。东至金沙江、南至西拉么大箐，西至大黑山元宝山顶，北至大格达村子，距平地镇 4km，距仁和区 50km。

批准文号：该保护小区于 2003 年 10 月 27 日由攀枝花市林业局批准成立。批准文号为“攀林发[2003]168 号”，主要保护对象为平地以猕猴为主的野生动植物资源及其自然生态环境。根据《攀枝花市林业局关于同意调整仁和区平地猕猴自然保护小区的批复》(攀林发[2013]37 号)，将小区边界最低海拔提高到 1000m，调整后自然保护区小区总面积由原来的 2612.5 hm² 调整为 2733.11 hm² 亩。

功能区划：自然保护区的总面积 2733.11hm²。其中核心区 1842.12hm²，缓冲区 890.99 hm²。

环境概况：平均海拔 1300m，年平均温度 24℃，空气湿度 15~20 度，平均坡度 40 度，日照时间 10~12 小时。保护小区主要树种有滇橄榄仁、木姜子、清香味、黄葛树、栎类、植被以仙人掌为主，10%生长于金沙江沿岸长达 12 km 的悬崖峭壁上。

②保护对象

仁和区平地猕猴自然保护区的保护对象为平地以猕猴为主的野生动植物资源及其自然生态环境。

猕猴在平地镇栖息源于十九世纪初。过去平地镇金沙江沿岸人口较少，加之自然条件有利于猕猴生长，那时这个区域内共有猕猴 10 余群数量上千只。后来，由于人口增加，刀耕火种，破坏了猕猴的生存条件，加之当地群众为了保护庄稼，采取枪杀办法猎捕猕猴肉吃。到了六十年代末，仅幸存 360 余只。七十年代初，猕猴又遭到一次残酷捕捉。一批河南人到保护小区内，捕捉猕猴 350 多只，运回河南，仅留存七八只种猴。时距三十多年，现已发展到 120 多只，分为两个群体，大群体 80 多只，小群体 40 多只。近年来党和国家高度重视保护野生动物，立法加以保护，使小区内动物尽快繁殖后代。现保护小区内有猕猴、岩羊、豪猪、豹猫、蟒、狐狸等。鸟类有岩鹰、四川山鹧鸪、乌鸦、画眉、戴胜、山斑鸠等。

③与乌东德水电站的位置关系

仁和区平地猕猴自然保护区位于平地镇正东方迤沙拉村，东至金沙江、南至西拉么大箐，西至大黑山元宝山顶，北至大格达村子。根据 2013 年调整后的猕猴自然保护区小区范围，海拔最低在 1000m 以上，而乌东德水电站正常蓄水

位 975m，因此调整后的自然保护小区不受水库淹没影响，缓冲区离淹没线最近距离 70m，核心区离淹没线最近距离 40m。

4.3.4 水土流失

依据全国土壤侵蚀类型分区，本工程涉及区域为西南土石山区，土壤流失容许量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。按照水利部《关于划分国家级水土流失重点防治区的公告》，工程涉及县区为金沙江下游重点治理区，在四川和云南两省的《关于划分水土流失重点防治区的公告》中，除攀枝花市内的东区、仁和区、钒钛产业园区为省级重点监督区外，其它区县均为省级水土流失重点治理区。

根据遥感影像解译结果，乌东德项目区所涉及的 7 县 3 区水土流失总面积为 24278.28km^2 ，其中微度侵蚀面积为 12058.08km^2 ，占水土流失总面积的 47.9%；轻度水土流失面积为 4228.78km^2 ，占水土流失总面积的 16.8%；中度水土流失面积为 5403.81km^2 ，占总水土流失面积的 21.5%；强烈水土流失面积为 2999.77km^2 ，占总水土流失面积的 11.9%；极强烈水土流失面积为 413.12km^2 ，占总水土流失面积的 1.6%；剧烈水土流失面积为 38.6km^2 ，占总水土流失面积的 0.2%。

分区水土流失强度统计得出，剧烈侵蚀面积分布最大的为会东县，达到 28.79km^2 ，其次为会理县，为 9.22km^2 ；极强度侵蚀分布面积最广的也为会东县，分布面积达到 273.63km^2 ；强度侵蚀分布面积最大的地区为会理县，面积为 1387.87km^2 ，其次为会东县，面积为 511.35km^2 。

表 4.3-43 乌东德水电站项目区分区水土流失强度统计表 单位： km^2

地区	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	剧烈侵蚀
盐边县	1234.46	414.07	1395.88	340.84	0.26	0
会理县	1682.87	419.19	1026.83	1387.87	111.98	9.22
会东县	1280.22	292.86	866.31	511.35	273.63	28.79
攀枝花*	996.81	358.27	317.47	383.06	23.42	1.26
永仁县	1095.38	765.94	328.71	20.03	0	0
禄劝县	2602.5	898.17	768.86	92.18	3.61	0.33
武定县	2052.4	509.6	314.58	233.91	0	0
元谋县	1113.44	570.68	385.17	30.53	0.22	0

注：*攀枝花包括东区、仁和区和钒钛产业园区

4.4 社会环境

4.4.1 行政区划与人口

乌东德水电站工程枢纽占地和水库淹没涉及云南省禄劝县、武定县、元谋县、

永仁县和四川省会东县、会理县、仁和区、东区、钒钛产业园区、盐边县，共 10 个县区。根据 2010 年统计年鉴，10 个县区的幅员面积 24698km²，有 211 个乡镇 1430 个村（居委会），总人口 261.02 万人，平均人口密度 105 人/km²。

总人口中，按照居住地域分，农村人口 203.55 万人，占 78%；按照民族划分，少数民族人口 61.71 万人，占 23.6%，主要有彝、苗、傣、白、哈尼、傈僳等 26 个少数民族。少数民族比例较高的是武定和永仁县，在 50%以上；其次是禄劝和元谋县，比例在 30%~40%之间；会东、会理和盐边县少数民族人口较少，比例在 8%~21%之间；最少的是东区，只有 2.6%。

4.4.2 社会经济

乌东德水电站工程影响涉及的 10 个县（区）2010 年国内生产总值 458.95 亿元，平均 17583 元/人，但县区间人均国内生产总值差距较大，禄劝县最低，只有 4932 元/人；东区最高，55355 元/人。库区各县（区）农业以种植业和畜牧业为主，工业以采矿业和加工制造业为支柱产业。各县（区）农村人均年纯收入差距较大，禄劝县最低，只有 3205 元/人，东区最高 5508 元/人，平均 3373 元/人。2010 年实现地区生产总值 83.45 亿元，其中：第一、二、三产业增加值分别为 25.12 亿元、42.21 亿元、16.11 亿元，经济结构比 30.1：50.6：19.3。2010 年大农业总产值 40.9 亿元，工业总产值 105.43 亿元，实现财政总收入 8.6 亿元。2010 年大农业总产值 40.9 亿元，工业总产值 105.43 亿元，实现财政总收入 8.6 亿元。全年农作物总播面 124.45 万亩，其中粮食播面 72.06 万亩，粮食产量 25.96 万 t，以水稻、玉米、土豆和豆类为主；经济作物播面 28.75 万亩，以烤烟、蚕桑、甘蔗、油菜为主。人均粮食产量 502kg。

主要农业县区土地后备资源情况见表 4.4-1。

表 4.4-1 乌东德水电站建设征地各县区社会经济统计表（2010 年）

序号	项目	单位	云南省					四川省							合 计
			禄劝	武定	元谋	永仁	小计	会东	会理	仁和区	盐边	钒钛产业园区	东区	小计	
一	乡（镇、街办）	个	16	11	10		37	53	49	14	16	1	10	143	180
	行政村(居委会)	个	192	130	73		395	325	303	94	164	9	9	904	1299
	组（社区）	个		1569	639		2208	1805	2141	787	822	43	61	5659	7867
二	总人口	人	472464	273340	215565		961369	407349	455347	217550	201918		319245	1601409	2562778
	人口密度	人/km ²	112	82	107		100	126	101	126	60		1909	123	114
	其中：农业人口	人	445631	248302	190839		884772	377730	380315	134881	170440		9383	1072749	1957521
	农业人口比重	%	94.32%	90.84%	88.53%		92.03%	92.73%	83.52%	62.00%	84.41%		2.94%	66.99%	76.38%
	其中：少数民族人口	人	148370	148905	83718		380993	35827	88981	42356.985	50480		8706	226351	607344
	少数民族人口比重	%	31.40%	54.48%	38.84%		39.63%	8.80%	19.54%	19.47%	25.00%		2.73%	14.13%	23.70%
三	1.幅员面积	km ²	4234	3322	2022		9577	3227	4527	1727	3344		167	12992	22570
	2.年末耕地面积	亩	364287	261786	198417		824490	477150	499920	131408	420341		3134	1531953	2356443
	其中：水田	亩	117519	101445	95300		314264	80595	158640	71816	84068		934	396053	710317
	旱地	亩	246768	160341	102361		509470	396555	341280	59592	201764		1360	1000551	1510021
	园地	亩	69094				69094				134509		840	135349	204443
	3.农民人均耕地面积	亩/人	0.82	1.05	1.04		0.93	1.26	1.31	0.97	2.47		0.33	1.43	1.20
四	1.粮食播种面积	亩	640270.5	364474	202772		1207517	720630	864555		756613		7350	2349148	3556665
	2.全年粮食总产量	t	182326.4	89521	67620		339467	259633	288166	7.12	71171		1196	620173	959641
	3.复种指数	%	176%	139%	102%		146%	151%	173%	0%	180%		235%	153%	151%
五	1.农民年人均粮食产量	kg/人·年	409	360	354		383	687	630	528	418		127	599	502
	2.农民年人均纯收入	元/人·年	3205	3223	4783		3550	5742	6235	6712	5941		7402	6085	4939
	其中：农业(或种植业)	元/人·年			3426		739							0	334
六	1.国内生产总值(GDP)	万元	326239	240872	220912		788023	834483	1307036	724859	690050		2076564	5632992	6421015
	其中：第一产业	万元	108213	87611	87194		283018	251248	261869	55915	62634		4531	636197	919215
	第二产业	万元	86318	87611	53336		227265	422113	729705	510078	515522		1484432	3661850	3889115
	第三产业	万元	131708	79553	80382		291643	161122	315462	158866	111894		587601	1334945	1626588
	2.人均国内生产总值	元/人·年	7364	8606	16055		8197	20486	28704	40278	34175		65046	35175	25055

4.4.3 土地利用

根据第二次全国土地调查数据,除只涉及少量土地淹没的永仁县和攀枝花城区的东区、钒钛产业园区外,其他 7 个主要农业县区共有土地面积为 3292.07 万亩。其中,耕地 441.81 万亩(年报数据为 235.6 万亩),占 13.4%;园地 59.14 万亩,占 1.8%;林地 1788.45 万亩,占 54.3%;草地 589.47 万亩,占 17.9%;城镇村及工矿用地、交通运输用地和水域及水利设施用地 132.27 万亩,占 4.0%;其他土地 146.27 万亩,占 4.4%。2010 年农业人口人均耕园地为 0.82 亩~1.68 亩,其中最高为盐边县,为 1.68 亩/人;最低为禄劝县,为 0.82 亩/人。

主要农业县区土地后备资源情况见下表。

表 4.4-2 乌东德水电站建设征地各县区土地后备资源情况

省	县区	总面积 (万亩)	耕地 (01)	园地 (02)	林地 (03)	草地 (04)	城镇村 及工矿 用地 (20)	交通运 输用地 (10)	水域及水 利设施用 地(11)	其他土 地(12)
云南	禄劝县	635.09	85.47	6.91	365.13	0.00	10.73	5.66	10.06	42.64
	武定县	441.91	76.42	4.55	260.63	49.68	8.33	5.01	4.65	32.63
	元谋县	303.83	42.94	3.35	127.00	106.24	5.88	2.91	7.42	8.09
	小计	1380.83	204.83	14.81	752.76	155.92	24.94	13.58	22.13	83.36
四川	会东县	483.61	81.33	12.02	227.58	115.86	7.39	2.86	8.18	28.39
	会理县	677.67	105.71	16.97	312.02	199.98	11.12	6.49	9.84	15.54
	仁和区	258.54	22.56	11.07	144.55	59.63	7.24	1.16	4.22	8.12
	盐边县	491.43	27.38	4.26	351.54	58.09	6.15	1.60	5.38	10.87
	小计	1911.24	236.98	44.33	1035.69	433.55	31.90	12.11	27.62	62.91
合计		3292.07	441.81	59.14	1788.45	589.47	56.83	25.69	49.75	146.27

乌东德库区共规划了 29 个集中移民安置点,其中 26 个农村安置点,2 个集镇安置点,1 个城区安置点。安置区土地利用现状以耕地为主,其次是荒草地和林地。农村安置点中,马口和金沙阳光生产安置点不占用新的土地资源,安置人口采取后靠安置或城镇自谋职业,盐边县砦石村安置点直接利用防护区防护耕园地安置,不占用新的土地资源。因此共有 23 个集中安置点需进行有土安置。23 个移民生产安置点所在村组可提供的生产用地范围内土地资源共计 6.17 万亩,其中耕园地 2.00 万亩,耕园地利用系数约 29.61%。在耕地面积 1.30 万亩中,具备灌溉条件的耕地(水田、水浇地)仅占 21.7%,旱地达 78.3%。生产安置点生产用地土地现状结构如表 4.4-3 所示。

表 4.4-3 生产安置点土地现状结构

县（区）	居民点名称	耕地				园地	林地	草地	工矿仓储	住宅	公共服务	特殊用地	交通运输	水域	其它	合计
		小计	水田	水浇地	旱地											
禄劝	新村	1739.38	280.58		1458.80	351.42	581.20	2466.14	16.85	74.19	0.29	6.93	193.15	280.56	98.45	5808.55
武定	花果山	145.64	10.27		135.37			2447.90		0.16		8.95	151.54	2.00		2756.20
武定	白马口	47.80	40.95		6.85	38.94	9.46	264.22	11.10				1.95	0.66	2.52	376.64
武定	下普利	45.47			45.47		1.09	283.53		0.05		0.64	0.17			330.95
武定	西和	1479.04	1274.70		204.34		0.76	3.97		1.49		33.57	4.97	13.69		1537.49
元谋	启宪	1028.27	225.61	16.37	786.29	532.27	1769.15	4606.11		116.24	36.04	28.60	106.55	277.74	39.66	8540.63
元谋	瓦渣箐	731.32	7.22	227.85	496.24	1650.63	1891.83	2019.41	15.21	29.29	84.67	32.14	120.68	254.98	579.72	7409.88
元谋	甘塘	785.80	81.21	231.53	473.05	223.66	1988.31	7788.19		21.60	7.18	30.91	178.50	239.36	609.05	11872.55
会东	官田	728.72	108.23		620.49	413.61	70.00	94.63	0.35	0.66			22.14			1330.11
会东	金家坪	97.85	0.76		97.09	128.98	50.35	14.70		2.13					36.00	330.01
会东	民权	395.90	49.84	14.19	331.87	42.33	85.78	128.68	14.56	35.58			13.36	12.54	6.71	735.45
会东	新马	683.77	15.84		667.93	198.71	121.36	26.61	4.62	25.66		1.24	4.14	7.48	2.96	1076.56
会东	姜州村	1216.05	197.55		1018.50	5.97	194.18	20.40		12.71		2.21	2.68	10.74		1464.95
会东	坪山	837.91	354.58		483.33	444.33	47.50	317.25		6.68		15.78	0.30	15.69	7.91	1693.36
会理	马鞍坪	979.59			979.59	927.35	5549.11	591.26		65.81	0.60	13.73	88.13	395.11	90.99	8701.68
会理	半嶺地	45.74			45.74	179.51	126.96	12.80		4.13		0.60	10.47	10.60	1.03	391.85
会理	富乐九组	203.34	5.34		198.00	612.30	1396.53	94.70		10.10	0.06	0.92	39.24	15.23	53.87	2426.29
会理	新铺子	174.34			174.34	382.72	42.29	95.46	1.66	9.21		1.14	22.68	21.89	47.59	798.99
会理	云兴	646.20	620.21		25.99					13.07		0.06	4.12	4.05		667.49
会理	沙园	140.67	115.76		24.91	54.41	17.45	21.21		7.74			3.08	5.38		249.93
会理	云田	258.53	98.81		159.72	68.44	19.57	3.98		15.33		0.60	60.44	23.34		450.24
会理	甸沙关	372.30	201.48		170.82	144.62	22.51	16.09		4.70			5.65	9.45		575.32
仁和	命卡	181.05	10.62	0.01	170.43	369.78	410.70	99.66		18.03		2.81	37.45	4.96	3.56	1128.01
仁和	棉花地	38.15		0.68	37.47	233.98	369.35	358.60		3.95	0.51	3.59	54.75	2.89	6.95	1072.71
合计		13002.82	3849.85	490.79	8977.66	7003.97	14775.24	21886.32	64.36	480.62	129.34	184.42	1134.51	1657.62	1586.98	61725.84

4.4.4 取水、用水

(1) 取水

乌东德水电站库区主要取水口有 12 处，详见下表。

表 4.4-4 乌东德水电站库区主要取水口基本情况一览表

序号	取水口企业名称	取水用途	取水方式	建设规模	取水口高程(m)	距坝址距离(km)
				(万 m ³ /d)		
1	密地小水厂	生产	趸船	7	979.8-998.7	207.3
2	密地大水厂	生产/生活	趸船	5	981.85-1003.75	203.9
3	攀钢集团钛业有限责任公司(钛白粉厂)	生产/生活	趸船	3	981-998	206.5
4	攀枝花天伦化工有限公司	生产	缆车	1.2	967-984	196.6
5	攀枝花市万川工贸有限公司	生活	缆车	1.3	968.1-978	193.9
6	红格提灌站	生产/生活	深井	9.5	975.21-989.3	193.5
7	攀枝花市水务集团有限公司(金江水厂)	生产/生活	缆车	6	972-989.26	189.2
8	四川省川投化学工业集团有限公司	生产	趸船	3	969-978.5	184.4
9	攀枝花丰源矿业有限公司	生产	浮筒	1.38	/	1.0*
10	会理县昆鹏铜业有限责任公司	生产	缆车	1.8	/	167.8
11	会理县溢壕矿业开发有限公司	生产	浮船	1	/	154.3
12	会理县马鞍坪矿山废石综合利用有限责任公司	生产	缆车	1.92	/	146.4
13	禄劝矿业付腥田选厂取水口	生产	缆车	1.44	/	27.7

(2) 用水

库尾攀枝花市工业、生活用水取自金沙江，库区河段其他沿岸村庄大多距金沙江水面高差大，两岸人畜饮水及灌溉用水不能直接从原河道内取水，沿岸村庄居民取用水主要来自水堰、水塘、水窖、井水或山泉水等。

本工程移民安置点均进行了水源规划，安置点生产生活用水部分利用本县已有水源工程，部分安置点无水源工程或水源工程水资源量不能满足用水需要，根据安置点用水需求，规划新建或改扩建、重建水库。规划新建（重建）水库 4 座，包括武定县仁和水库、元谋县茂芷水库、会理县横山水库、会东县马头山水库；规划改扩建水库 5 座，包括元谋县麻柳水库，会理县樟木树水库、新民水库，会东县龙滩水库、雪山水库；利用在建或已建水库 3 座，包括禄劝县大河边水库，

武定县己衣水库，元谋县挨小河水库。为保证生产生活用水，规划整治骨干灌溉渠道 11 条，共 131.00km；规划新建引水渠道 13 条，共 74.70km；规划新建提水泵站 8 处，规划新建泵房 10 座，水泵总台数 25 台，总装机 3616kW；规划输水管道总长度 297.20km，规划新修水窖 425 口，新建、整治塘堰 78 口。

根据《生活饮用水卫生标准》的相关要求对各移民安置点生活用水水源进行现场采样和检测，除个别自金沙江引水的安置点水样出现浑浊度等指标超标外，绝大多数安置点水质都能达到要求。对水质指标超标的水源，安置点规划有集中的水处理设施对其进行过滤和消毒，水质达标后供给用户。

4.4.5 人群健康

（1）会东县

1) 主要传染病

2011 年，会东县供报告各类法定传染病 2 类 21 种，发病数为 979 例，发病率为 269.74/10 万。全年无甲类传染病报告，年报告乙类传染病 13 种、681 例，发病率 187.63/10 万；丙类传染病 8 种、298 例，发病率 82.11/10 万，会东县市传染病以肠道传染病和呼吸道传染病为主，发病数居前五的为肺结核、痢疾、乙肝、流行性腮腺炎和其它腹感染性泻。

2) 地方病

根据会东县全年卫生报告，该县有一种地方病，碘缺乏病。

3) 医疗机构

截止到 2011 年底，会东县县城共有医疗机构 440 所，县级综合医院 2 所，中心卫生院 10 所，乡镇卫生院 43 所。全县实际使用床位 914 张，其中县级医疗机构 324 张，乡镇卫生院有床位 590 张，共有在职卫技人员 564 人。

（2）会理县

1) 主要传染病

2011 年，会理县供报告各类法定传染病 2 类 18 种，发病数为 1629 例，发病率为 353.42/10 万。全年无甲类传染病报告，年报告乙类传染病 13 种、975 例，乙传染病发病率 211.53/10 万；丙类传染病 5 种、654 例，乙传染病发病率 141.89/10 万。会理县传染病发病数居前五的为病毒性肝炎、流行性腮腺炎、肺结核、痢疾和感染性腹泻。

2) 地方病

根据会理县全年卫生报告，该县无地方病。

3) 医疗机构

截止 2011 年，会理县有各级各类医疗卫生机构 515 个，其中县级医疗卫生单位 10 个，中心卫生院 6 个，乡卫生院 42 个，村卫生室 435 个，个体诊所 13 个，民营医院 2 个，厂矿职工医院 1 个，医务室 6 个。会理县各级公立医疗卫生机构共编制 1124 人，实有在编人员 958 人，其中卫生专业技术人员 899 人，开设病床 991 张。

(3) 攀枝花市

1) 主要传染病

2010 年，攀枝花市报告各类法定传染病 2 类 19 种，发病数为 7668 例，发病率为 549.54/10 万。全年无甲类传染病报告，年报告乙类传染病 11 种、4316 例，乙类传染病发病率 397.35/10 万；年报告丙类传染病 8 种、3352 例，丙类传染病发病率 308.60/10 万。攀枝花市传染病发病数居前五的为痢疾、其它感染性腹泻、病毒性肝炎、流行性腮腺炎和肺结核。

2) 地方病

攀枝花市地方病有碘缺乏病、克山病、地方性氟中毒，以及疟疾、血吸虫病两种人体寄生虫病，其中碘缺乏病于 2005 年达到国家基本控制标准；克山病于 1992 年达到国家基本控制标准，近年来经过防治已无克山病急性病例发生；地区性氟中毒病区仅分布在盐边县的一些乡镇；血吸虫病主要分布在米易县、盐边县，从 1986 年至今已无钉螺发现；疟疾于 1988 年达到国家基本控制标准，现无本地病例出现，仅有零星的输入性病例发生。

3) 医疗机构

截止 2010 年，攀枝花市共有各级各类医疗卫生机构 1021 个。已建成国家三级甲等综合医院 2 所，三级甲等中西医结合医院 1 所，三级甲等专科医院 2 所，二级医院 8 所；疾病预防控制机构 8 所，卫生监督机构 5 个，医学科学研究机构 2 个，采供血机构 1 个；有 43 个社区卫生服务机构，43 个乡镇卫生院；全市共有床位 7437 张。2010 年全市卫生技术人员达 7944 人。

(4) 禄劝县

1) 主要传染病

2011 年, 禄劝县供报告各类法定传染病 2 类 17 种, 发病数为 1096 例, 发病率为 233.18/10 万。全年无甲类传染病报告, 年报告乙类传染病 12 种、713 例, 乙传染病发病率 151.69/10 万; 年报告丙类传染病 4 种、383 例, 乙传染病发病率 81.49/10 万。禄劝县传染病发病数居前五的为肺结核、肝炎、手足口病、流行性腮腺炎和痢疾。

2) 地方病

根据禄劝县全年卫生报告, 该县无地方病。

3) 医疗机构

截止 2011 年, 禄劝县共有医疗卫生机构 210 家, 其中公立医疗机构 17 家, 民营医院 5 家, 专科门诊 4 家, 个体诊所 21 家, 村卫生室 163 家。全县卫生系统人数 691 人, 其中卫生技术人员 650 人。

(5) 武定县

1) 主要传染病

武定县传染病以肠道传染病和呼吸道传染病为主, 发病数居前五的为肺结核、乙肝、痢疾、手足口病和流行性腮腺炎。

2) 地方病

根据武定县全年卫生报告, 该县地方病有两种, 克山病和碘缺乏症。

3) 医疗机构

截止 2010 年底, 武定县有各级各类医疗机构 180 个, 其中县级医疗机构 5 个, 村卫生室 115 个, 社区卫生服务站 4 个, 厂矿、学校等企事业单位办医 4 个, 民营医院 1 个, 个体诊所 40 个。武定县县、乡医疗卫生单位在职职工 531 人, 其中, 有卫生技术人员 485 人。

(6) 元谋县

1) 主要传染病

2011 年, 元谋县供报告各类法定传染病 2 类 14 种, 发病数为 389 例, 发病率为 180.26/10 万。全年无甲类传染病报告, 年报告乙类传染病 8 种、251 例, 发病率 116.31/10 万; 丙类传染病 6 种、138 例, 发病率 63.95/10 万, 元谋县市传染病发病数居前五的为手足口病、肺结核、肝炎、痢疾和流行性腮腺炎。

2) 地方病

根据元谋县全年卫生报告，该县有一种地方病，地方性氟中毒。

3) 医疗机构

2011 年末，元谋县有各级各类卫生医疗机构 142 个，其中：医院 5 个、卫生院 11 个、妇幼保健院 1 个、个体诊所 44 个、云南医学科学院元谋门诊部 1 个、防疫机构 1 个、卫生监督所 1 个、村卫生室 78 个。全县医院和卫生院有医疗床位 876 张。元谋县有医疗卫生专业技术人员 614 人，其中执业医师及执业助理医师 289 人，平均每千人拥有卫生专业技术人员 2.84 人。全县有乡村医生 176 人。

(7) 永仁县

1) 主要传染病

2011 年，元谋县供报告各类法定传染病 2 类 15 种，发病数为 468 例，发病率为 441.49/10 万。全年无甲类传染病报告，年报告乙类传染病 10 种、193 例，发病率 182.06/10 万；丙类传染病 5 种、275 例，发病率 259.43/10 万。永仁县传染病以肠道传染病和呼吸道传染病为主，发病居前五位的是其它传染病、肝炎、乙肝、肺结核、风疹等。

2) 地方病

根据永仁县全年卫生统计报告，该县有克山病和碘缺乏病两种地方病。

3) 医疗机构

截止 2011 年，永仁县共有各级各类医疗卫生机构 90 个，其中县级医疗卫生机构 5 个，乡镇卫生院 8 个，村卫生室 69 个，学校、厂矿医务室 4 个，民营医院 1 个，个体诊所 3 个。全县共设病床 298 张，有卫生专业技术人员 256 人。全县共有乡村医生 130 人。

表 4.4-5 乌东德水电站建设征地各县区主要传染病和地方病情况一览表

县/市名	会东县	会理县	攀枝花市	禄劝县	武定县	元谋县	永仁县
发病数居前五的传染病	肺结核	病毒性肝炎	痢疾	肺结核	肺结核	手足口病	其它传染病
	痢疾	流行性腮腺炎	其它感染性腹泻	肝炎	乙肝	肺结核	肝炎
	乙肝	肺结核	病毒性肝炎	手足口病	痢疾	肝炎	乙肝
	流行性腮腺炎	痢疾	流行性腮腺炎	流行性腮腺炎	手足口病	痢疾	肺结核
	其它腹感	感染性	肺结核	痢疾	流行性	流行性腮	风疹

	染性泻	腹泻			腮腺炎	腺炎	
地方病	碘缺乏病	无	无	无	克山病和碘缺乏症	地方性氟中毒	克山病和碘缺乏病

4.4.6 交通

坝区涉及的会东县和禄劝县县城均有省道相连，路况良好。工程占地涉及的乌东德镇、新马乡及电站坝址处均有等外公路相通，路况一般。

库区交通有公路、铁路和航空，各县（区）交通比较方便，以陆路为主。攀枝花机场、西昌机场目前开通有通往成都的航班。成昆铁路自西昌市向西南方向经攀枝花市进入库区，在元谋县出库区到禄丰，至昆明。G5 京昆高速，从攀枝花市盐边县进入库区，在雅砻江口下游穿过川滇界后经永仁、元谋、武定至昆明，目前，除元谋至武定段正在建设外，其他已通车。G108 国道（昆明至北京），呈南北走向，从禄劝县城进入库区，经过武定县城、元谋县城、永仁县城、跨过金沙江进入四川会理县城，出库区到德昌县和西昌市。金沙江北岸有 S310 省道（四川省宁南县至华坪县），呈东西走向，从华坪县出发，经攀枝花市、会理县城、会东县城，在宁南县葫芦镇与四川省道 S212、云南省道 S303 交汇，分别通达宁南县城和云南巧家县城。S310 省道在会理有一分支，通往皎平渡，连接云南禄劝县。

库区库周乡村交通十分不便。各县（区）通往水库周边乡镇的公路，除禄劝县皎平渡集镇公路属于过境国道，路面作了硬化外，其他路面均以土石路面为主。

工程地处高山峡谷地区，水流湍急，水道礁石密布，工程所在金沙江河段无通航条件。

4.4.7 景观与文物

（1）景观

工程主要涉及元谋省级风景名胜区，具体详见“4.3.3”节。

（2）文物

乌东德水电站建设征地共涉及文物古迹 40 处，年代跨越商周至近现代，其中省级文物 2 处，分别是金沙江皎平渡口及皎平渡红军窑洞。按地域分，云南省 18 处，四川省 22 处；按建设征地范围分，枢纽工程区 8 处，水库淹没区 32 处。

乌东德水电站工程区文物详见表 4.4-6，水库淹没区文物详见表 4.4-7。

表 4.4-6 乌东德水电站工程区文物古迹一览表

省名	名称	地址	年代	面积 (m ²)	保护措施
云南	阿巧遗址	禄劝县乌东德镇阿巧村东侧	旧石器时代	10000	不处理
	箐脚冶炼遗址	禄劝县皎西镇箐脚村西侧	近现代遗址	1500	不处理
	店子组瓷片采集点	禄劝县皎西镇店子组村西侧	明晚期至清代	2000	不处理
	傈僳坪山神石雕像	禄劝县皎西镇傈僳坪村东侧			村民自行处理
	金沙江皎平渡口	禄劝县皎西镇皎平村委会洪门厂村	近现代遗址		遗迹收集, 保护碑复建
四川	洪门渡遗址	会东县可河乡大坪村八组	近现代遗址		提取资料
	赵母李氏墓	会东县洛佐乡河门口村四组	清代		提取资料
	赵家墓群	会东县洛佐乡河门口村二组	民国		提取资料

表 4.4-7 乌东德水电站水库淹没区文物古迹一览表

省名	名称	地址	年代	面积 (m ²)	保护措施	发掘面积 (m ²)
云南	皎平渡纪念碑、馆	禄劝县皎西镇皎平村委会洪门厂村	近现代		异地迁建	
	新民新村遗址	武定县己衣乡新民村委会新村	新石器-青铜	4000	重点发掘	4000
	新民江西坟遗址	武定县己衣乡新民村委会新村	青铜时代	12000	重点发掘	12000
	新民长田村遗址	武定县己衣乡新民村委会长田村	新石器-青铜	10000	重点发掘	10000
	新民以鸡嘎遗址	武定县己衣乡新民村委会以鸡嘎村	新石器	5000	重点发掘	5000
	白马口向阳村遗址	武定县东坡乡白马口村委会向阳村	新石器-青铜	3000	重点发掘	3000
	丙弄丙洪村遗址	元谋县江边乡丙弄村委会丙洪村	新石器-青铜	5000	重点发掘	5000
	江边红军标语	元谋县江边乡龙街村委会龙街村、江边村	近现代		随集镇迁建	
	金沙江龙街渡口遗址	元谋县江边乡龙街村委会江边村	近现代		提取资料, 古道迁移	
	江边遗址	元谋县江边乡龙街村委会	新石器	100000	重点发掘	15000
	龙街腊甸村遗址	元谋县江边乡龙街村委会腊甸村	新石器-青铜	12000	重点发掘	5000
	龙街腊甸小山遗址	元谋县江边乡龙街村委会腊甸村	新石器-青铜	36000	重点发掘	5000
	红军佯渡金沙江浮桥遗址	元谋县江边乡龙街村委会江头村	近现代		提取资料, 立保护碑	
四川	李家坪遗址	会理县新安乡新开田村五组	商周至战国	4500	重点发掘	1000
	大坪子遗址	会理县新安乡马安桥村三组	新石器	10000	重点发掘	3000
	平地遗址	会理县新安镇马鞍桥村 5 组	商周	30000	重点发掘	15000

省名	名称	地址	年代	面积(m ²)	保护措施	发掘面积(m ²)
	河东田遗址	会理县黎溪镇新安乡新田村九组	商周至战国	100000	重点发掘	25000
	河头地遗址	会理县黎溪镇新安乡新田村三组	商周	120000	重点发掘	25000
	猴子洞遗址	会理县新安乡马鞍桥村 6 组	新石器至战国	14000	重点发掘	4,000
	河漂遗址	会理县鱼乍乡鱼乍村三组	商周	72000	重点发掘	10000
	三台地遗址	会理县鱼乍乡鱼乍村四组	商周	66000	重点发掘	2,000
	河门口遗址	会东县可河乡河门口村 2、3、4、7、8 组	商周	100000	重点发掘	15000
	下坝子遗址	盐边县红格镇金河村四组	商周	113400	重点发掘	10000
	大劈山石棺葬墓地	会理县新安乡新开田村五组	战国	6000	重点发掘	4000
	小营盘石棺葬墓地	会理县新安乡新开田村五组	战国	300	重点发掘	300
	李家背后山石棺葬墓地	会理县新安乡新开田村五组	战国	3000	重点发掘	500
	大坪石棺葬墓地	会理县新安乡马安桥村三组	明代	44000	重点发掘	20000
	向氏墓	会理县芭蕉乡濛沽村 2 组	清代	30	提取资料	30
	张开明墓	会理县芭蕉乡濛沽村 2 组	清代	50	提取资料	50
	船房村清墓群	会理县江普乡船房村 1 组	清代	15000	提取资料	10000
	大坪清墓群	会理县新安乡马鞍桥村 3 组	清代	200	提取资料	200
	皎平渡红军窑洞	会理县通安镇中武坪村	近现代	35000	异地复原重建	35000

4.4.8 矿产资源

根据《金沙江乌东德水电站建设征地压覆重要矿产资源调查评估报告》，乌东德水电站建设征地涉及的 39 个矿业权中，四川省探矿权 8 个；云南省矿业权 31 个（采矿权 8 个，探矿权 15 个，划定矿区范围 2 个，国家出资查明矿产地 3 个，整装勘察项目 3 个）。

除 5 个矿点为重要矿产资源外（均位于云南省），其它均为非重要矿产资源，不属于需省国土资源厅批复的压覆对象，但需进行矿业权价值评估后计入移民补偿投资。乌东德水电站压覆重要矿产资源压覆对象详见下表。

表 4.4-8 乌东德水电站压覆重要矿产资源情况

序号	矿区名称	保有矿石量(万 t)	保有金属量(t)
1	禄劝笔架山铁矿	931.23	
2	禄劝洪门厂铁矿	41.49	
3	禄劝上坪子铁矿	35.14	

	禄劝上坪子铁矿东北矿段	铜+铁：44.35	铜：1020.21
4	禄劝县蚂蚁山电解铜厂	16.85	1267.08
5	禄劝县新村硫铁矿	铁：548.90 煤：25.303	

4.5 环境质量现状评价

4.5.1 水环境

4.5.1.1 水功能区划与水环境功能区划

(1) 水功能区划

①一级区划

根据国务院批准的《全国重要江河湖泊水功能区划（2011—2030 年）》以及云南省、四川省人民政府分别批准实施的《云南省水功能区划》、《四川省水功能区划》，乌东德水电站坝址位于金沙江滇川 4 号缓冲区内，库区主要涉及金沙江攀枝花开发利用区、金沙江攀枝花保留区、金沙江滇川 3 号缓冲区、金沙江元谋保留区以及金沙江滇川 4 号缓冲区，回水末端位于金沙江攀枝花开发利用区内。

②二级区划

金沙江攀枝花开发利用区全长 73.1km，起始断面为格里坪马上街，终止断面为拉鲊，共划分为 13 个水功能二级区。

(2) 水环境功能区划

根据《四川省人民政府关于四川省地面水水域环境功能划类管理规定》（川府发[1992]5 号）及《云南省地表水水环境功能区划（复审）》（云环控发[2001]613 号）规定。

4.5.1.2 地表水水环境现状调查与评价

(1) 污染源调查

1) 生活污染源

城镇综合污染源包括居民生活污水、住宿餐饮污水、服务行业污水、医院污水等城镇统一收集、处理、排放的污水。经现场调查与资料分析，乌东德库区河流回水末端以下共涉及 42 个乡镇（街道办），其中污染源排入干流的乡镇有 30

个，排入支流的有 12 个。据调查，乌东德库区涉及县区已建 9 座集中式污水处理厂，详见下表。

2) 工业污染源

根据调查统计，现状水平年库区回水末端以下仅有盐边县的红格镇和仁和区钒钛工业园建有污水处理厂，分别处理生活污水和工业废水，此外，攀枝花市的其它乡镇的综合污水简易处理后排放，其它县的综合污水大都直接排入河流；各乡镇的工业废水大部分简易处理后排放。

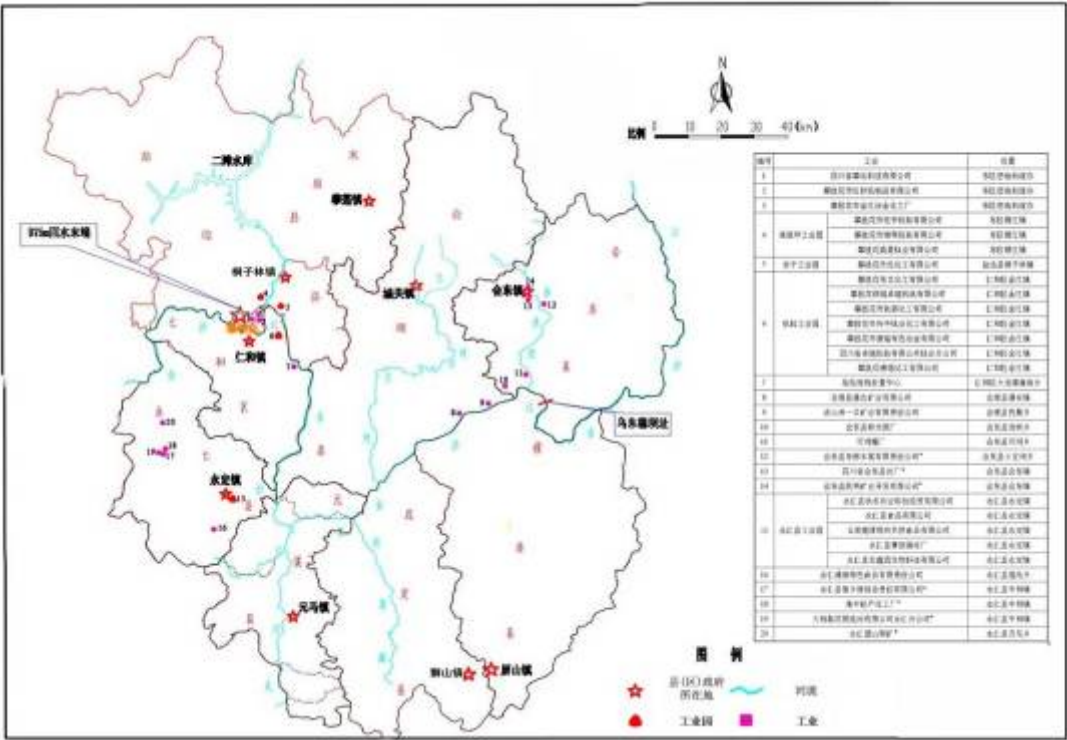


图 4.5-1 乌东德库区点污染源分布示意图

3) 面污染源

面源主要来自于农村散排生活污水、畜禽养殖及农田径流三方面。

乌东德库周污染负荷现状详见下表。

表 4.5-1 乌东德库周污染负荷现状统计表

水系	河流	类别		污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干流	金沙江	点源	城镇综合污水	865.52	341.42	120.64	13.79	149.31
			工业废水	1823.83	523.98	89.11	20.59	170.80
		面源	农村生活污水	1940.53	1212.84	194.04	33.96	242.56
			畜禽养殖	3098.61	1859.11	112.93	36.66	344.58
			农田径流	938.14	300.20	38.05	21.31	249.01

水系	河流	类别		污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
	干流合计		8666.63	4237.55	554.77	126.31	1156.26	
支流	雅砻江	点源	城镇综合污水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			工业废水	56.04	39.73	5.14	1.51	9.85
		面源	农村生活污水	162.75	101.72	16.27	2.85	20.34
			畜禽养殖	55.64	33.38	2.02	0.66	6.19
			农田径流	34.89	11.17	1.47	0.77	8.58
		小计		309.32	186.00	24.90	5.79	44.96
	龙川江	点源	城镇综合污水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			工业废水	19.47	5.84	1.10	0.28	2.12
		面源	农村生活污水	236.45	147.78	23.65	4.14	29.56
			畜禽养殖	262.29	157.43	9.60	3.06	29.21
			农田径流	85.22	27.27	3.24	2.05	25.56
		小计		603.43	338.32	37.59	9.53	86.45
	勐果河	点源	城镇综合污水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			工业废水	1.19	0.36	0.07	0.02	0.13
		面源	农村生活污水	106.76	66.73	10.68	1.87	13.35
			畜禽养殖	124.75	74.87	4.56	1.46	13.89
			农田径流	39.59	12.67	1.50	0.95	11.88
		小计		272.29	154.63	16.81	4.30	39.25
	尘河	点源	城镇综合污水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			工业废水	8.89	2.67	0.09	0.12	0.17
		面源	农村生活污水	65.31	40.82	6.53	1.14	8.16
			畜禽养殖	155.96	93.58	5.70	1.85	17.33
			农田径流	27.85	8.91	1.17	0.61	6.85
		小计		258.01	145.98	13.49	3.72	32.51
	鲹鱼河	点源	城镇综合污水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			工业废水	9.38	2.81	0.09	0.13	0.17
		面源	农村生活污水	113.16	70.73	11.32	1.98	14.15
			畜禽养殖	159.22	95.53	5.82	1.89	17.69
			农田径流	46.40	14.85	1.95	1.02	11.41
		小计		328.16	183.92	19.18	5.02	43.42
支流合计		1771.21	1008.85	111.97	28.36	246.59		
总计			10437.84	5246.40	666.74	154.67	1402.85	

从污染源调查结果表 4.5-1 可以看出：

①库周污染源大部分排入干流，排入干流的 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 占总量的比例分别为 83.0%、80.7%、83.2%、81.7%、82.4%，排入支流的污染源中超过 34%进入龙川江。

②库周污染负荷主要来自于面源污染，以 COD 为例，现状年 73.3%的库周污染负荷来自于面源。

③面源中污染负荷大都来自于畜禽养殖，其次是农村生活污水，所占比例最

少的是农田径流；根据库区的水文资料，超过 80%的降雨集中在丰水期 6~10 月，大部分面污染源也在此时随着雨水汇入河流。

④点源中污废水量和污染负荷大都来自于工业源，库区回水末端以下工业污染源的废水量和 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 占点源总量的比例分别为 85.7% 和 68.9%、62.8%、44.2%、62.0%、55.1%。

⑤由于大型工业城市攀枝花市位于乌东德库区库尾，因此 90%以上的点源污染负荷来自干流库尾攀枝花段。

（2）水质现状监测结果

在乌东德库区水域范围内，共收集到 15 个常规水质监测断面的监测资料。为更完整、全面地调查评价区域水质现状，我所委托长江流域水环境监测中心于 2012 年 8 月、2012 年 11 月 2013 年 3 月对库区金沙江干、支流丰、平、枯各水期水质进行了补充监测，增设的委托水质监测断面共有 12 个，断面设置见表 4.5-3。

表 4.5-2 地表水质常规监测断面设置一览表

水系	河流	编号	水质监测断面	监测单位
干流	金沙江	J1	龙洞	攀枝花市环境监测站
		J2	保果	攀枝花市环境监测站
		J3	三堆子水文站	攀枝花市环境监测站
		J4	金江	攀枝花市环境监测站
		J5	鱼鲊	会理县环境监测站
		J6	锁水	会理县环境监测站
		J7	大湾子	楚雄州环境监测站
		J8	新安	会理县环境监测站
支流	雅砻江	Y1	二滩	攀枝花市环境监测站
		Y2	雅砻江口	攀枝花市环境监测站
	龙川江	L1	黄瓜园	楚雄州环境监测站
		L2	江边	楚雄州环境监测站
	尘河	C1	铁索桥	会理县环境监测站
		C2	尘河下游 13km	会理县环境监测站
		C3	尘河出境	会理县环境监测站

表 4.5-3 地表水质委托监测断面设置一览表

水系	河流	编号	水质断面	设置目的	监测单位
干流	金沙江	SZ1	雅砻江汇口上游约1km	背景断面	长江流域 水环境 监测中心
		SZ2	三堆子	库尾断面	
		SZ3	龙川江汇口下游	库中断面，监测龙川江与金沙江汇合后水质	
		SZ4	尘河汇口下游	库中断面，监测尘河与金沙江汇合后水质	
		SZ5	皎平渡	库中断面	
		SZ6	乌东德水电站坝址	监测工程区河段水质	
		SZ7	坝址下游	监测坝下河段水质	
支流	雅砻江	SZ8	雅砻江河口	雅砻江与金沙江汇合前水质	
	龙川江	SZ9	龙川江河口	龙川江与金沙江汇合前水质	
	勐果河	SZ10	勐果河河口	勐果河与金沙江汇合前水质	
	尘河	SZ11	尘河河口	尘河与金沙江汇合前水质	
	鲹鱼河	SZ12	鲹鱼河河口	鲹鱼河与金沙江汇合前水质	

3) 水质现状评价

常规水质监测断面水质评价结果见表 4.5-4、表 4.5-5。其中枯水期采用 12 月~5 月的监测均值进行评价,平水期采用 11 月的监测值进行评价,丰水期采用 6~10 月的监测均值进行评价,综合采用年均进行评价;委托水质监测断面水质评价结果见表 4.5-6,其中枯水期采用 3 月的监测平均值进行评价,平水期采用 11 月的监测平均值进行评价,丰水期采用 8 月的监测平均值进行评价。

表 4.5-4 常规水质监测断面水质评价结果 (1)

河流	断面名称	规定水质类别	评价水质类别							
			2008 年				2009 年			
			枯水期	平水期	丰水期	综合	枯水期	平水期	丰水期	综合
金沙江	龙洞	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类
	倮果	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类
	金江	III类	II类	III类	III类	III类	III类	III类	III类	III类
	鱼鲊	III类					III类	III类	III类	III类
	锁水	III类					II类	II类	II类	II类
	大湾子	III类				III类				
	新安	III类					II类	II类	II类	II类
雅砻江	二滩	III类								
	雅砻江河口	III类								
龙川江	黄瓜园	III类				IV类				III类
	江边	III类				III类				III类
尘河	铁索桥	III类					II类	II类	II类	II类
	尘河下游 13km	III类					II类	II类	II类	II类
	尘河出境	III类					II类	II类	II类	II类

注: 1. I~II类水质状况优, III类良好, IV类轻度污染, V类中度污染, 劣V类重度污染;
2. 粪大肠菌群不参与水质类别统计;
3. 空格处无对应监测数据.

表 4.5-5 常规水质监测断面水质评价结果 (2)

河流	断面名称	规定水质类别	评价水质类别							
			2010 年				2011 年			
			枯水期	平水期	丰水期	综合	枯水期	平水期	丰水期	综合
金沙江	龙洞	III类	III类	II类	III类	III类				
	倮果	III类	III类	III类	III类	III类				
	金江	III类	III类	III类	III类	III类				
	鱼鲊	III类	III类	III类	III类	III类	II类	II类	II类	II类

河流	断面名称	规定水质类别	评价水质类别							
			2010 年				2011 年			
			枯水期	平水期	丰水期	综合	枯水期	平水期	丰水期	综合
	锁水	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类
	大湾子	Ⅲ类				Ⅲ类				
	新安	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类
	二滩	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类				
雅砻江	雅砻江河口	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类				
龙川江	黄瓜园	Ⅲ类				劣Ⅴ类				
	江边	Ⅲ类				Ⅲ类				
尘河	铁索桥	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类				
	尘河下游 13km	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类				
	尘河出境	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类				

注：1. I～Ⅱ类水质状况优，Ⅲ类良好，Ⅳ类轻度污染，Ⅴ类中度污染，劣Ⅴ类重度污染；
2. 粪大肠菌群不参与水质类别统计；
3. 空格处无对应监测数据。

表 4.5-6 委托水质监测断面水质评价结果

河流	断面名称	规定水质类别	评价水质类别(2012～2013 年)			综合
			丰水期	平水期	枯水期	
金沙江	雅砻江河口上游	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅲ类
	三堆子	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
	龙川江汇口后	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
	尘河汇口后	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
	皎平渡	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅲ类
	乌东德坝址	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
	乌东德坝下	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
雅砻江	雅砻江河口	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅱ类
龙川江	龙川江河口	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅳ类		Ⅳ类
勐果河	勐果河河口	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
尘河	尘河河口	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
鲹鱼河	鲹鱼河河口	Ⅲ类	Ⅴ类	Ⅲ类	Ⅴ类	Ⅳ类

注：1. I～Ⅱ类水质状况优，Ⅲ类良好，Ⅳ类轻度污染，Ⅴ类中度污染，劣Ⅴ类重度污染；
2. 粪大肠菌群不参与水质类别统计；
3. TN、粪大肠菌群不参与水质类别统计；
4. 空格处无对应监测数据。

(2) 底泥

为了解工程区河流底泥的质量状况，我所委托长江水环境监测中心于 2013

年3月下旬进行了库区金沙江干、支流的底泥监测，设立的底泥监测断面和底泥采样点设置见表4.5-7。

表 4.5-7 底泥监测断面布置表

序号	断面编号	断面名称	河流	位置
1	SZ1		金沙江	雅砻江汇口上游约 1km
2	SZ2	三堆子	金沙江	雅砻江汇口下游约 2km
3	SZ3	龙川江汇合口下游	金沙江	龙川江与金沙江汇合口下游约 2km
4	SZ4	尘河汇合口下游	金沙江	尘河与金沙江汇合口下游约 2km
5	SZ5	皎平渡	金沙江	皎平渡
6	SZ6	乌东德坝址	金沙江	乌东德坝址
7	SZ7	乌东德坝下	金沙江	乌东德坝下约 6km
8	SZ9	龙川江河口	龙川江	龙川江河口
9	SZ10	勐果河河口	勐果河	勐果河河口
10	SZ11	尘河河口	尘河	尘河河口
11	SZ12	鲹鱼河河口	鲹鱼河	鲹鱼河河口
12		雅砻江河口	雅砻江	雅砻江和金沙江汇口上游 1km

2013年3月底泥监测结果表明，金沙江干支流10个监测断面底泥中，除乌东德坝址下游断面Cu（坝下6km断面）超过土壤环境质量二级标准（1.27倍），其它指标Pb、Hg、Zn、Cd、Cr、As均符合土壤环境质量标准的二级标准要求，其他监测断面各指标均符合土壤环境质量标准中的二级标准。因此，金沙江干支流底泥中的重金属综合含量基本符合土壤环境质量的二级标准。

4.5.1.3 地下水水环境现状调查与评价

（1）监测布点

地下水环境监测主要包括四个方面：一、库尾区的地下水位、水质监测；二、坝址区的地下水位、水质监测；三、评价范围内居民点泉眼处水质监测；四、油库、硫矿厂堆渣场附近地下水水质监测。水位、水质监测点位及监测内容详见下表。

表 4.5-8 水位和水质监测点布设汇总

		监测位置	监测项目	监测时段及频率
水	坝址区	坝址区 18 个水位自	水位	旱季水位监测实施

位 监 测	水位监 测	动监测钻孔		月监测；雨季，每 15d 监测 1 次。全年 监测 15 次。
	库区水 位监测	库尾高粱坪取水口 上游增设两个水位 长期监测孔	水位	库区监测点每个水 文年枯水期、平水 期和丰水期各监测 一次。
水 质 监 测	居民点 泉水点 质监测	卧嘎村泉水点 高程（1250m）	pH、氨氮、硝酸盐、总硬度、氯化物、 高锰酸盐指数、汞、铅、BOD ₅ 、细 菌类、硫酸盐、氟、镉、铁、锰、砷、 挥发酚、粪大肠菌群	实施月监测，全年 监测 12 次
		乌东德村泉水点 高程（1470m）		
	溢油、渗 滤液水 质监测	新村 高程（860m）	石油类、硫化物、硫酸盐、铁	每季度监测一次， 雨季每个月监测一 次，全年监测 7 次
	坝址区 水质监 测	左岸 DZK1	硫酸盐、SS、pH	每季度监测一次
		右岸 ZK268		
	库区水 质监测	库尾上游 库区中游	pH、氨氮、硝酸盐、总硬度、氯化物、 高锰酸盐指数、汞、铅、BOD ₅ 、细 菌类、硫酸盐、氟、镉、铁、锰、砷、 挥发酚、粪大肠菌群	每季度监测一次

（2）地下水水位动态规律

为说明坝址区地下水的动态变化特征，左右岸各选取 4 个代表性的钻孔水位做水位过程历时曲线图。从长观成果看，左岸江边距离约 60m 范围内的钻孔水位与江水位近一致并与江水位呈近同步的变化对应关系，在此范围之外的钻孔地下水位同江水位的变化对应关系不明显。右岸大部分钻孔水位与江水位保持近同步的变化关系。

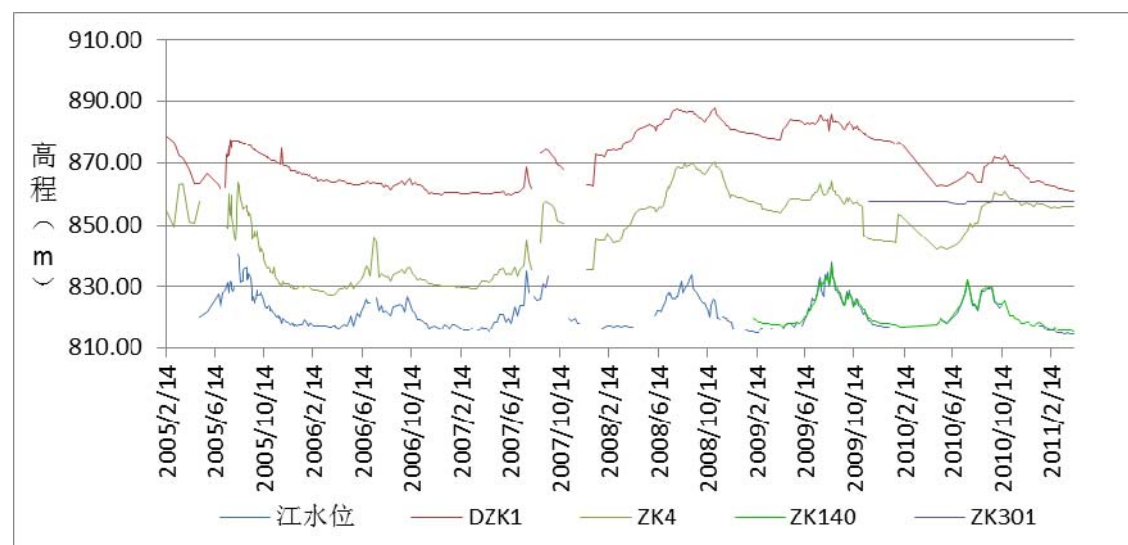


图 4.5-2 坝址左岸代表性钻孔地下水位历时曲线图

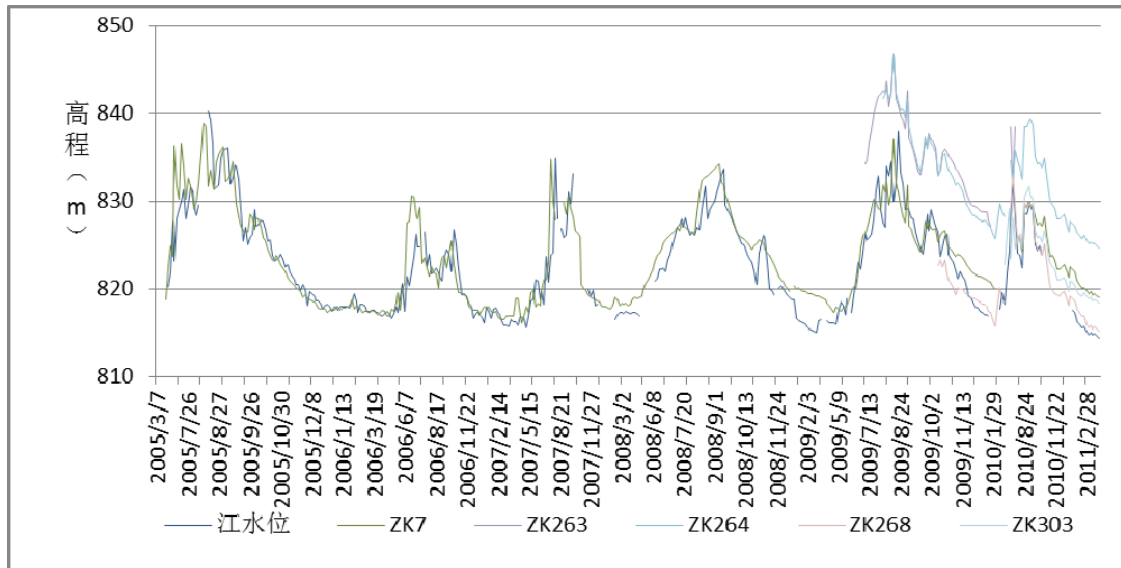


图 4.5-3 坝址右岸代表性钻孔地下水位历时曲线图

为查明坝址区近岸地带地下水位与金沙江水位的动态关系，左岸 8 个钻孔、右岸 8 个钻孔中安装了自动水位计，金沙江中埋设了 2 个自动监测水位计。经监测查明，近岸地带地下水位变幅及滞后时间与江水位上涨幅度、钻孔位置及岩性有关。距离江水越近，受岩体卸荷和溶蚀作用明显，因此对江水位变化响应敏感；灰岩地段受溶蚀影响岩体透水性变好，近岸地段地下水与江水连通相对较好，而当钻孔岩性为白云岩时，连通性差，地下水位对江水位变化响应不敏感。

(3) 水质现状

坝址区先后取地下水样 263 组进行水化学试验，分析成果见表 4.5-9～表 4.5-12。

坝址区钻孔地下水位长观成果表明，坝址区两岸地下水中 SO_4^{2-} 浓度总体较高，其主要来源于岩体中黄铁矿的氧化反应产生的 SO_4^{2-} ， SO_4^{2-} 浓度与地下水的流速有关，受岩溶影响地段地下水流速快， SO_4^{2-} 离子浓度低，地下水流速缓慢地段 SO_4^{2-} 离子浓度高。

根据分析，评价范围内近坝区水化学成分较复杂，分析地下水水化学背景特征， SO_4^{2-} 离子超标主要是由于区域内硫铁矿赋存量较大所至。工程区地下水水质满足《地下水环境质量标准》（GB/T14848-93）III类水标准。

表 4.5-9 左岸坝区地下水水化学分析统计结果表 计量单位: mg/L

水样编号	溶解性 总固体	侵蚀 CO ₂	游离 CO ₂	PH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	水化学分类	有无侵蚀性	备注
Pt _{2y}	1171.2~ 1620.0	0	0~31.2	7.3~8.0	0~19.9	434.6~ 848.1	30.7~48.2	118.5~ 251.3	129.0~ 132.9	0~16.4	SO ₄ —Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 中~强腐蚀性	PD13 取样 2 组
Pt _{2l} ¹	2590.0~ 2658.4	0	25.1~28.6	6.9	378.6~ 391.2	1495.6~ 1555.8	15.1	164.5~ 169.0	259.6	265.0~ 280.3	SO ₄ —Mg·Ca. Na	SO ₄ ²⁻ 强腐蚀性	PD103 取样 2 组
Pt _{2l} ²	1226.4~ 1870.4	0.0~17.7	6.4~47.8	7.2~8.0	311.3~ 445.6	550.0~ 1060.0	6.4~11.3	113.7~ 219.0	159.7~ 203.0	0~28.8	SO ₄ ·HCO ₃ —Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 强腐蚀性	PD5 前后共 取样 82 组
Pt _{2l} ³	660.3~ 1097	7.0~8.5	6.7~16.8	0.0~6.2	207.2~ 500.7	103.8~ 520.0	6.8~31.8	33.0~ 108.3	66.0~ 155.4	1.8~ 140.8	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	部分有 SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性	PD105 取样 41 组
Pt _{2l} ⁴	942.1	4.6	43.0	7.4	441.7	277.7	6.9	85.6	80.2	50.0	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性	PD105 取样 1 组
Pt _{2l} ⁵	739.0~ 856.7	0.0~2.3	10.7~11.6	7.2~7.4	315.5~ 404.5	237.9~ 243.3	6.7~8.3	55.5~ 66.0	76.3~ 84.0	45.5~ 52.2	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性	PD107 取样 2 组
Pt _{2l} ⁷	606.3	1.2	5.8	7.7	298.6	161.6	7.5	55.8	43.9	38.9	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	无	Zk316 取样 1 组
Pt _{2l} ⁸	577.7	0.0	14.5	7.4	398.1	47.2	9.2	52.9	55.9	14.4	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	无	Zk316 取样 1 组

表 4.5-10 右岸坝区地下水水化学分析统计结果表 计量单位: mg/L

水样编号	溶解性 总固体	侵蚀 CO ₂	游离 CO ₂	PH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	水化学分类	有无侵蚀性	备注
Pt _{2l} ¹	634.4	0.0	10.7~14.3	7.25~7.47	410.1~ 441.7	67.8~ 131.4	12.4~13.8	60.2~ 63.4	59.5~ 76.3	5.5~24.1	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	无	PD32-3-1 平硐取样 3 组
Pt _{2l} ³	374.2~ 779.5	0.0~6.2	6.7~84.0	7.13~7.82	195.7~ 460.4	57.1~ 163.8	7.6~33.4	25.9~ 68.3	46.6~ 124.3	0.2~39.1	HCO ₃ ·SO ₄ —Mg·Ca	无	钻孔 取样 117 组
Pt _{2l} ⁴	699.5~ 864.4	0.0~8.3	0.0~25.1	7.01~8.08	282.0~ 414.3	187.6~ 378.2	10.6~13.6	53.2~ 100.1	27.2~ 104.9	11.5~ 101.5	SO ₄ ·HCO ₃ —Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性	PD32 及钻孔 取样 12 组

表 4.5-11 坝址区地下水水化学分析统计结果表（2009 年 5 月） 计量单位：mg/L

样品 编号	矿化度	总硬度	总碱度	侵蚀 CO ₂	游离 CO ₂	K ⁺ / Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	pH	水化学分类	有无侵蚀性
DZK1	639.2	439.5	254.2	0.0	22.3	5.6	78.2	59.3	310.1	8.8	177.2	0.0	7.46	HCO ₃ ·SO ₄ ----Mg·Ca	无
DZK2	750.2	459.0	364.7	0.0	24.5	23.5	89.9	56.9	444.9	11.7	123.0	0.0	7.23	HCO ₃ ·SO ₄ ----Mg·Ca	无
DZK6	703.9	459.0	364.7	0.0	31.2	8.7	82.1	61.6	444.9	5.8	100.8	0.0	7.28	HCO ₃ ----Mg·Ca	无
ZK4	812.3	517.6	265.2	0.0	17.8	28.8	89.9	71.1	323.5	8.0	291.0	0.0	7.84	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性
ZK23	702.0	419.9	314.9	0.0	26.8	25.4	101.7	40.3	384.2	8.8	141.6	0.0	7.26	HCO ₃ ·SO ₄ ----Ca·Mg	无
ZK25	1364.3	1015.6	303.9	0.0	44.6	0.0	191.6	130.4	370.7	17.5	654.1	0.0	7.04	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 中等腐蚀性
PD5-1(W19)	1607.4	1269.5	342.6	0.0	22.3	0.0	219.0	175.4	417.9	14.6	780.5	0.0	7.42	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 中等腐蚀性
PD5-1(W23)	1610.5	1191.4	331.5	0.0	31.2	5.7	203.3	166.0	404.4	14.6	816.5	0.0	7.32	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 中等腐蚀性
PD5-1(三角堰)	907.1	761.7	276.3	0.0	13.4	0.0	140.8	99.6	337.0	16.1	314.3	0.0	7.78	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性
PD5(225m)	1268.8	927.7	320.5	0.0	13.4	6.7	140.8	139.9	390.9	14.6	575.9	0.0	7.64	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 中等腐蚀性
PD5(435m)	1136.1	673.8	287.3	0.0	17.8	68.8	117.3	92.5	350.5	18.3	488.7	0.0	7.43	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性
PD6(30m)	461.4	341.8	187.9	0.0	17.8	0.0	54.7	49.8	229.2	30.7	97.0	0.0	7.88	HCO ₃ ·SO ₄ ----Mg·Ca	无
PD6(43m)	637.4	361.3	259.7	0.0	13.4	37.5	74.3	42.7	316.8	27.8	138.3	0.0	7.73	HCO ₃ ·SO ₄ ----Ca·Mg	无
PD8(145m)	509.9	498.1	248.6	0.0	0.0	0.0	129.0	42.7	262.9	5.8	49.6	19.9	8.03	HCO ₃ ----Ca·Mg	无
PD13(12m)	1620.0	1357.4	298.4	0.0	0.0	0.0	129.0	251.3	323.5	48.2	848.1	19.9	8.03	SO ₄ ----Mg	SO ₄ ²⁻ 中等腐蚀性
PD13(硐口)	1171.2	820.3	359.1	0.0	31.2	16.4	132.9	118.5	438.1	30.7	434.6	0.0	7.27	SO ₄ ·HCO ₃ ----Mg·Ca	SO ₄ ²⁻ 弱腐蚀性
PD32(K9)	386.1	283.2	215.5	0.0	17.8	0.0	46.9	40.3	262.9	4.4	31.6	0.0	7.7	HCO ₃ ---Mg·Ca	无
PD32(418m)	678.5	507.8	306.6	0.0	0.0	0.0	78.2	75.9	353.8	8.8	151.9	9.9	8.36	HCO ₃ ·SO ₄ ----Mg·Ca	无
PD60(W7)	486.2	380.9	221.0	0.0	8.9	0.0	74.3	47.4	269.6	20.5	74.4	0.0	7.79	HCO ₃ ---Mg·Ca	无
PD61(W1)	464.1	302.7	176.8	0.0	0.0	15.5	39.1	49.8	202.2	5.8	145.1	6.6	8.34	HCO ₃ ·SO ₄ ----Mg·Ca	无
江水	282.3	166	127.1	0.0	0.0	15.9	39.1	16.6	141.6	23.4	39.1	6.6	8.13	HCO ₃ ----Ca·Mg	无
马师傅河沟	331.3	263.7	193.4	0.0	0.0	0.0	35.2	42.7	182	7.3	37.6	26.5	8.11	HCO ₃ ---Mg·Ca	无

表 4.5-12 库区地下水水化学分析统计结果表 计量单位: mg/L

河段	岸别	取样位置	取样地点	取样层位	硬度(按 CaCO ₃ 计) mg/L			固形物 (mg/L)	PH	碳酸含量		离子含量(mmol/l)									水质类型
					总硬度	暂时硬度	永久硬度			游 CO ₂ mg/L	侵 CO ₂ mg/L	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ⁴⁺	
峡谷上游段	右	泉 W ₁₂	卧嘎村	Q ^{del}	520.07	310.74	209.33	786.42	8.02	7.2	0.00	6.21	0.00	0.31	4.21	0.33	0.26	4.25	6.14	0.00	HCO ₃ ·SO ₄ - Mg· Ca
峡谷上段 (三台坝址区)	左	平硐中	PD11	Z _{2d} ²	1386.20	235.15	1151.05	2000.34	8.32	0.00	3.69	4.28	0.42	0.15	25.82	0.19	1.55	9.85	17.85	0.00	SO ₄ -Mg· Ca
		地表水	钱窝子沟	Q ^{el+dl}	201.07	188.96	12.11	363.18	8.47	0.00	0.00	3.44	0.34	0.07	0.55	0.06	0.31	1.89	2.13	0.00	HCO ₃ - Mg· Ca
峡谷下段(乌东 德坝址区)	左	钻孔	DZK1	Pt _{2l} ³⁻¹	334.47	270.85	63.62	485.1	8.35	0.00	0.00	5.16	0.25	0.12	1.33	0.06	0.49	2.63	4.06	0.003	HCO ₃ - Mg· Ca
		平硐中	PD5	Pt _{2l} ²	1064.39 ~ 1287.58	360.15 ~ 365.52	698.87 ~ 927.43	0	7.22 ~ 8.05	10.04 ~ 16.43	0.00 ~ 4.25	7.20 ~ 7.30	0.00 ~ 0.00	0.21 ~ 0.23	12.30 ~ 20.82	0.20 ~ 0.24	0.64 ~ 0.75	9.50 ~ 11.37	11.77 ~ 14.36	0.00 ~ 0.10	HCO ₃ ·SO ₄ - Ca· Mg
	右	地表水	红沟	红沟 断层	313.20	264.53	48.65	469.26	8.37	0.00	0.00	4.95	0.34	0.03	1.04	0.03	0.14	2.51	3.75	0.00	HCO ₃ - Mg· Ca
	金坪子滑坡区	左	泉 W ₃₂	花山下游 侧	Pt _{2l}	889.12	790.18	98.94	1997.66	7.2	22.88	1.18	15.79	0.00	10.80	1.44	0.83	7.88	6.56	4.64	0.00
泉 W ₃₃			花山下游 侧	Pt _{2l}	874.37	752.55	121.82	1932.72	7.78	22.82	17.72	15.04	0.00	10.80	0.75	0.82	6.23	6.43	2.30	0.00	HCO ₃ · Cl - Ca· Na
右		泉 W ₁₂	金坪子 竹子树弯 子	Pt _{2hs}	699.87	382.13	317.74	1053.93	8.31	0.00	0.00	7.05	0.59	0.15	6.04	0.16	1.15	2.20	11.78	0.00	HCO ₃ ·SO ₄ -Mg
		泉 W ₁₁	金坪子坝 口沟	Pt _{2hs}	276.47	198.62	77.85	410.07	7.71	8.23	0.00	3.97	0.00	0.14	1.52	0.07	0.24	1.76	3.76	0.003	HCO ₃ ·SO ₄ - Mg· Ca
		泉 W ₁₄	金坪子 竹子树弯 子	Pt _{2hs}	477.53	310.74	166.79	725.42	7.75	2.06	0.00	6.21	0.00	0.06	3.96	0.21	0.44	3.25	6.30	0.00	HCO ₃ ·SO ₄ - Mg· Ca
		泉 W ₅	金坪子 阿摆大沟	Q ^{del}	241.67	216.26	25.41	361.82	7.37	7.2	0.00	4.32	0.00	0.16	0.14	0.03	0.14	1.76	3.07	0.00	HCO ₃ - Mg· Ca
		泉 W ₆	金坪子 阿摆大沟	Q ^{del}	245.53	220.46	25.07	361.36	7.87	7.2	0.00	4.41	0.00	0.10	0.30	0.03	0.12	3.64	2.32	0.00	HCO ₃ - Mg· Ca
		泉 W ₇	金坪子 阿摆大沟	Q ^{del}	266.80	264.55	2.25	426.26	7.90	1.03	0.00	5.29	0.00	0.05	0.35	0.02	0.32	1.85	3.48	0.03	HCO ₃ - Mg· Ca

河段	岸别	取样位置	取样地点	取样层位	硬度(按 CaCO ₃ 计) mg/L			固形物 (mg/L)	PH	碳酸含量		离子含量(mmol/l)									水质类型
					总硬度	暂时硬度	永久硬度			游 CO ₂ mg/L	侵 CO ₂ mg/L	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ⁴⁺	
		平硐中	JPD2	Pt _{2l}	440.8	272.95	167.85	671.38	7.77	8.23	26.76	5.45	0.00	0.04	4.16	0.26	0.24	3.55	5.25	0.00	HCO ₃ ·SO ₄ -Mg·Ca
		平硐中	JPD3	Pt _{2l}	707.6	348.53	359.07	1065.45	7.6	10.29	0.00	6.96	0.00	0.15	7.08	0.21	0.50	4.71	9.43	0.00	SO ₄ ·HCO ₃ -Mg·Ca
		地表水	阿摆大沟沟口	Q ^{del}	197.20	174.27	22.93	310.22	7.73	5.15	0.00	3.48	0.00	0.12	0.36	0.08	0.12	1.39	2.55	0.03	HCO ₃ - Mg·Ca

4.5.2 声环境

为了解乌东德枢纽工程区声环境质量现状，我所委托凉山州环境监测站于2011年3月4日至6日、2011年8月26日至28日，对枢纽工程区附近主要环境敏感点进行了噪声监测，共布设5个点位，分别为卧嘎村、金坪子村、大坝砂石系统营地、三台村和二坪子村。声环境监测结果见下表。

表 4.5-13 2011 年 3 月声环境现状监测成果一览表单位：dB

监测 时间 监测 点位	3 月 4 日				3 月 5 日				3 月 6 日			
	昼		夜		昼		夜		昼		夜	
卧嘎村	52.1	49.5	43.1	42.7	51.3	51.5	44.6	42.9	51.7	50.5	44.6	43.0
金坪子村	53.8	51.4	43.9	43.9	51.2	51.8	43.9	41.7	57.5	54.4	44.1	41.3
大坝砂石系统营地	55.0	50.8	43.1	42.9	50.5	52.4	43.6	43.9	53.3	51.2	42.6	41.2
二坪子村	51.4	51.0	43.4	44.0	51.8	51.2	43.0	42.9	51.9	53.3	42.1	42.3

表 4.5-14 2011 年 8 月声环境现状监测成果一览表单位：dB

监测 时间 监测 点位	8 月 26 日				8 月 27 日				8 月 28 日			
	昼		夜		昼		夜		昼		夜	
卧嘎村	54.2	55.2	43.5	45.3	54.9	54.5	42.9	44.1	55.2	54.6	43.4	42.3
金坪子村	55.4	55.8	43.5	43.0	55.3	55.0	47.2	46.4	54.4	54.8	42.4	42.7
三台村	58.8	57.2	46.6	46.7	56.4	57.4	47.2	46.4	55.9	56.9	46.2	46.8
二坪子村	55.1	54.8	43.6	43.0	54.6	55.7	43.8	42.6	54.3	54.6	42.9	43.2

根据声能算术平均计算公式，计算得出5个点位的昼夜间噪声评价值，结果详见下表。

表 4.5-15 五个噪声监测点昼夜间噪声监测结果

监测点位 \ 监测时间	昼间	夜间
卧嘎村	52.94	43.21
金坪子村	53.84	43.29
大坝砂石系统营地	52.53	41.83
三台村	57.20	46.66
二坪子村	53.25	42.07

根据上表监测结果表明，区域声环境现状能满足2类声环境功能区的要求。

4.5.3 环境空气

为了解乌东德枢纽工程区所在区域环境空气质量现状,我所委托凉山州环境监测站于 2011 年 3 月 4 日至 10 日、2011 年 8 月 23 日至 29 日对枢纽工程区附近主要环境敏感点进行了噪声监测,共布设 5 个点位,分别为卧嘎村、金坪子村、大坝砂石系统营地、三台村和二坪子村。环境空气质量监测结果见表 4.5-16、表 4.5-17。

表 4.5-16 2011 年 3 月环境空气监测成果一览表（日均值） 单位：mg/m³

点位 日期		卧嘎村				金坪子村				大坝砂石系统营地				二坪子村			
3 月 4 日	污染物名称	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀
	日均值	0.03	0.01	0.11	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.02	0.12	0.07	0.03	0.02	0.13	0.08
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级
3 月 5 日	日均值	0.03	0.01	0.11	0.07	0.03	0.01	0.12	0.08	0.03	0.01	0.14	0.08	0.03	0.02	0.14	0.08
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级
3 月 6 日	日均值	0.03	0.01	0.12	0.08	0.03	0.01	0.15	0.09	0.04	0.01	0.14	0.08	0.03	0.02	0.15	0.08
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级
3 月 7 日	日均值	0.03	0.01	0.11	0.07	0.03	0.02	0.13	0.07	0.03	0.02	0.13	0.08	0.03	0.02	0.14	0.08
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级
3 月 8 日	日均值	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.01	0.13	0.07	0.03	0.02	0.14	0.08	0.03	0.02	0.15	0.08
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级
3 月 9 日	日均值	0.03	0.01	0.10	0.06	0.04	0.01	0.11	0.07	0.04	0.01	0.12	0.07	0.05	0.02	0.13	0.08
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级
3 月 10 日	日均值	0.03	0.01	0.11	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.01	0.13	0.07	0.03	0.02	0.13	0.07
	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级

表 4.5-17 2011 年 8 月环境空气监测成果一览表（日均值） 单位：mg/m³

点位 日期		卧嘎村				金坪子村				三台村				二坪子村			
8 月 23 日	污染物名称	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	TSP	PM ₁₀
	日均值	0.03	0.01	0.10	0.06	0.03	0.01	0.10	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.02	0.01	0.12	0.08
8 月 24 日	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级
	日均值	0.02	0.01	0.10	0.06	0.03	0.01	0.11	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.01	0.13	0.07
8 月 25 日	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级
	日均值	0.03	0.01	0.10	0.06	0.03	0.01	0.11	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.01	0.12	0.07
8 月 26 日	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级
	日均值	0.02	0.01	0.11	0.06	0.03	0.01	0.11	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.02	0.01	0.13	0.07
8 月 27 日	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级
	日均值	0.02	0.01	0.10	0.06	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.01	0.12	0.07	0.02	0.01	0.14	0.08
8 月 28 日	级别	一级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级
	日均值	0.02	0.01	0.11	0.06	0.04	0.01	0.12	0.07	0.04	0.01	0.12	0.07	0.05	0.01	0.14	0.08
8 月 29 日	级别	一级	一级	一级	二级	一级	一级	一级	二级	一级	一级	二级	二级	一级	一级	二级	二级
	日均值	0.03	0.01	0.11	0.06	0.02	0.01	0.12	0.07	0.03	0.01	0.13	0.07	0.03	0.01	0.14	0.08

根据表 4.5-16、表 4.5-17，5 个监测点的环境空气环境质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

4.6 主要环境问题

（1）自然灾害发生频繁

工程区所在的金沙江河段，是著名的干热河谷区，气候干燥度大、雨量集中，常出现干旱和暴雨洪水等灾害性气候。自然灾害主要有干旱、强寒潮、霜冻、冰雹、大风和干热风、暴雨和低温阴雨时有发生。由于强烈的风化剥蚀作用，加之集中分布的雨季，使得沿江两岸大小支流冲沟泥石流活动均较发育。

工程区暴雨活动频繁，洪灾分布较广，最大洪峰发生时间主要集中在 7、8、9 三个月。

（2）水土流失严重

工程区地处金沙江干热河谷，该地区山高谷深，岩体破碎，风化严重，冲沟发育，沟蚀作用强烈，滑坡、崩塌泥石流等重力侵蚀作用较强。工程区内植被以低矮稀疏灌草丛为主，地表裸露较多，属金沙江下游水土流失最严重的地区之一。坝址区左岸土壤侵蚀模数在 $5000\sim 8000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，右岸在 $2500\sim 5000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 左右。

乌东德项目区所涉及的 7 县 3 区水土流失总面积为 24278.28km^2 ，其中微度、轻度、中度、强烈、极强烈、剧烈侵蚀面积占水土流失总面积分别为 47.9%、16.8%、21.5%、11.9%、1.6%和 0.2%。工程涉及各县、区的土壤侵蚀面积占总面积的 50% 以上，水土流失类型中，以轻度～强烈侵蚀为主，局部地区为极强烈～剧烈侵蚀。

项目区水土流失类型主要为水力侵蚀，主要包括面蚀和沟蚀，同时还存在滑坡、崩塌等重力侵蚀以及泥石流等混合侵蚀。面蚀面积较大，主要发生在裸露荒坡及坡耕地中，面蚀约占水土流失总面积的 2/3；沟蚀是由于地势陡峻、植被受到破坏，在面蚀侵害的基础上发展产生的，主要分布在顺坡种植的坡耕地和岩性松软破碎的山坡地带；重力侵蚀和混合侵蚀主要分布在岩层松软的斜坡陡坎和冲沟内。沟蚀和重力侵蚀面积约占水土流失总面积的 1/3。

水土流失使土层变薄、粮食减产、水库淤积、水利效益衰减，加剧滑坡、泥石流等灾害频繁发生，使生态环境恶化，严重影响了当地经济的发展。

（3）库区部分江段水质受到污染

根据水质监测结果表明，龙川江汇口下游断面、皎平渡断面、乌东德坝址断

面以及龙川江河口、勐果河河口断面均有水质超标现象。

库尾攀枝花市为重工业城市，部分工业废水和城市生活污水未经处理直接排放，对乌东德库区部分江段水质造成污染，沿岸局部水域存在污染带。攀枝花江段首要污染物为粪大肠菌群，各断面粪大肠菌群普遍超标。攀枝花市依江而建，金沙江既是攀枝花市生产、生活饮用水的主要来源，又是全市生产、生活的纳污水体。目前，攀枝花市废污水排放口与城市生活取水口交错分布，对饮用水水质保护和供水安全不利。

（4）区域生态系统脆弱

按照《全国生态功能区划》，工程所属区域为川滇干热河谷土壤保持重要区，受地形影响，发育了以干热河谷稀树灌草丛为基带的山地生态系统，而且山地坡度大，植被覆盖率低，水土流失严重，生态环境极其脆弱。受人类活动影响，工程影响区域原生植被仅在海拔 2300m 以上小面积残存，金沙江河谷区植被基本被干热性稀树灌木草丛或干热河谷灌丛等次生植被和人工植被取代，生物多样性并不丰富。这些植被生态恢复能力弱，生态系统脆弱，一旦被破坏，系统将较难恢复。

5 环境影响预测和评价

5.1 水文情势影响分析

5.1.1 乌东德坝址径流

5.1.1.1 乌东德坝址天然径流

根据工程可研水文篇章，采用三堆子水文站作为乌东德坝址径流计算的上站，采用华弹站作为坝址径流计算的下站。根据计算，乌东德坝址径流系列为 1959~2008 年共 50 年，径流年内分配见表 5.1-1。年径流按矩法计算均值，采用 P-III 型曲线目估适线确定统计参数，各频率设计值见表 5.1-2。

$$Q_{\text{坝址}} = Q_{\text{上站}} + \frac{F_{\text{坝址}} - F_{\text{上站}}}{F_{\text{下站}} - F_{\text{上站}}} \cdot (Q_{\text{下站}} - Q_{\text{上站}})$$
 (5.1-1)

- 式中： $Q_{\text{坝址}}$ —坝址径流；
- $Q_{\text{下站}}$ —坝址下游的设计依据站径流；
- $Q_{\text{上站}}$ —坝址上游的设计依据站径流；
- $F_{\text{坝址}}$ —坝址集水面积；
- $F_{\text{上站}}$ —坝址上游设计依据站集水面积；
- $F_{\text{下站}}$ —为坝址下游设计依据站集水面积。

由表 5.1-1 可以看出，天然情况下，金沙江干流径流年内分配极不均匀，坝址多年平均流量丰水期 8 月份月均流量为枯水期 3 月份月均流量的 8.14 倍，6~10 月份径流量占全年径流量的 76%。

表 5.1-1 乌东德水电站坝址天然月平均径流分配表

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年
流量 (m³/s)	1280	1110	1060	1270	1940	4290	7910	8630	8500	5420	2710	1710	3850
径流量 (亿 m³)	34.4	27.0	28.4	32.9	52.0	111	212	231	220	145	70.2	45.7	1210
比例 (%)	2.84	2.23	2.35	2.72	4.3	9.18	17.5	19.1	18.2	12	5.8	3.78	100

表 5.1-2 乌东德水电站坝址天然径流设计成果

项目	均值	Cv	Cs/Cv	20%	50%	80%
年平均流量 (m ³ /s)	3850	0.17	2.0	4390	3810	3290
年径流量 (亿 m ³)	1210	0.17	2.0	1380	1200	1030

5.1.1.2 考虑五库调蓄的乌东德坝址径流

根据《金沙江中游河段水电规划报告》及雅砻江现状开发情况，考虑金沙江金安桥、观音岩水电站和雅砻江两河口、锦屏一级、二滩等 5 个调蓄能力较大的梯级组合方案，由于龙盘电站不确定因素较多，且在评价水平年 2023 年不能建成，因此本评价在上游梯级调蓄中未考虑龙盘电站。经 5 库联合调蓄后，乌东德坝址径流年内分配详见表 5.1-3，年径流按矩法计算均值，采用 P-III 型曲线目估适线确定统计参数，各频率设计值见表 5.1-4。

由表 5.1-3 可以看出，考虑上游梯级调蓄后，金沙江干流径流年内分配相对天然状况较均匀，6~10 月份径流量占全年径流量的 58%。枯水期流量较天然状况下有所增加，乌东德坝址处径流过程坦化程度明显。

表 5.1-3 乌东德水电站坝址 5 个梯级调蓄后月平均径流分配表

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
流量 (m ³ /s)	1293	1117	1074	1285	1995	4377	7956	8590	8522	5375	2730	1719	3854
径流量 (亿 m ³)	35	27	29	33	53	113	213	230	221	144	71	46	1215
比例 (%)	2.9	2.2	2.4	2.7	4.4	9.3	17.5	18.9	18.2	11.8	5.8	3.8	100.0

表 5.1-4 乌东德水电站坝址 5 个梯级调蓄后径流设计成果

项目	均值	Cv	Cs/Cv	20%	50%	80%
年平均流量 (m ³ /s)	3854	0.16	2	4496	3940	3431
年径流量 (亿 m ³)	1215	0.16	2	1418	1243	1082

5.1.2 最小下泄流量的确定

乌东德坝址实测最小流量、多年平均流量和 12 台机组满发流量分别为 822m³/s、3850m³/s 和 8293m³/s，不考虑下游水库顶托情况下，发电尾水出口断面相应水位分别为 816.97m、822.22m 和 828.56m。白鹤滩是乌东德下游相邻梯级，水库正常蓄水位 825m，死水位 765m，防洪限制水位（6 月初~7 月底）785m，死水位回水至普渡河河口，干流常年回水段长约 145.9km，回水变动段河长约 37.6km。白鹤滩水库正常蓄水位 825m 与乌东德发电尾水是衔接的，并与之有部分重叠。但是，根据白鹤滩水库的调度方式，3~8 月期间，白鹤滩坝前水

位与乌东德发电尾水位在大部分时间是不衔接的。若乌东德电站不下泄流量，乌东德坝下至普渡河口之间长约 37.6km 河段将出现脱水。在水库初期蓄水期间，下游河段减水的影响较为突出。因此，应合理确定乌东德水电站需下泄的生态流量，保障下游生态环境用水要求。

5.1.2.1 最小下泄流量需考虑的因素

(1) 维持水生生态系统稳定需水量

乌东德水电站涉及的金沙江江段鱼类共 76 种，未发现国家级重点保护鱼类，分布有四川省重点保护鱼类 7 种，分别是西昌白鱼、短臀白鱼、细鳞裂腹鱼、鲈鲤、岩原鲤、窑滩间吸鳅和中华鲃。有 10 种鱼类被列入国际自然保护联盟(IUCN, 2011) Redlist、《中国濒危动物红皮书——鱼类》或《中国物种红色名录-第二卷-脊椎动物》，有长江中、上游特有鱼类 33 种。由于乌东德水电站为季调节电站，白鹤滩水电站具有年调节性能，在低水位运行时可能造成乌东德近坝下一定河段水量减少，为保证坝下鱼类的生境，需提供一定的水量。

金沙江中下游鱼类大部分种类产粘沉性卵，繁殖期在 3~4 月份，主要有裂腹鱼亚科、鲢科、鳙科、鲂科、鳊科以及鲤、鲫、泉水鱼、墨头鱼等。一般来讲，产粘沉性卵鱼类对产卵场的要求并不严格，只要达到水温要求，具备必要的附着基质便可形成各自的产卵场，但裂腹鱼科、鲂科、鳙科、鳊科等鱼类需要一定的流水刺激才能产卵。金沙江白鹤滩库区的葫芦口(黑水河口)至上游皎平渡 100 多公里的江段滩潭交错，河势缓，是各类产粘沉性卵鱼类产卵繁殖的良好场所。在白鹤滩库区会东县新田、野牛坪、巧家县蒙姑河口、金沙江巧家渡口等处存在产粘沉性卵鱼类产卵场。

产漂流性卵的圆口铜鱼产卵场主要分布在金沙江中游江段，白鹤滩库区会东江段、白鹤滩坝址以下新市镇至向家坝江段亦有零星分布，圆口铜鱼的产卵盛期在每年的 6 月上旬至 7 月上旬，产漂流性卵的鱼类在产卵期需要流水刺激。

(2) 乌东德坝下取水单位及水资源管理所需水量

由于金沙江水位较低，含沙量较高，江水难以利用，乌东德坝址至白鹤滩坝址所在干流江段各类生活、农业、工业取水口分布较少，白鹤滩库区沿岸乡镇村庄的生活和工农业用水主要取自海拔较高的支流支沟水。目前仅巧家县金沙江河段（金江 6 组石娘子处）有 1 个工业取水口（巧家白鹤滩食品有限公司），供水

量 300m³/h，全年供水 14.4 万 m³。另外，乌东德鱼类增殖站建成后将从坝下取水，取水量 900m³/d。

(3) 维持河道水环境功能的水量

乌东德坝下金沙江干流河段水环境功能为Ⅲ类，根据现状调查，坝下沿江两岸有部分乡镇分布，会产生一定的点源污染和面源污染，需要一定的流量维持河段的水环境功能要求。

5.1.2.2 最小下泄流量的确定

(1) 生态需水量确定

根据国家环境保护总局环评函[2006]4 号文关于《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》，生态需水量确定的主要方法有水文学法、水力学法、组合法、生境模拟法、综合法和生态水力学法。本报告结合工程特点，选择以下几种目前国内最常用的代表方法进行分析计算，考虑鱼类产卵的需水要求，分为产卵期（3-7 月）和一般水期分别确定生态基流量。

1) 水文学法

Tennant 法是田纳特（Tennant）等人对美国 11 条河流进行了详细的野外研究后，依据观测资料而建立起来的流量和栖息地质量之间的经验方法，认为河道年平均天然流量的 10%是保持绝大多数水生物短时间生存所需要的最低流量，田纳特推举的基流标准如下表所示。

表 5.1-5 Tennant 法推举的基流标准

流量栖息地定性描述	基流标准（年平均天然流量百分数）	
	一般水期（10~3 月）	鱼类产卵育幼期（4~9 月）
最大	200	200
最佳流量	60~100	60~100
极好	40	60
非常好	30	50
好	20	40
开始退化	10	30
差或最小	10	10
极差	<10	<10

从 Tennant 法的标准可以看出，河道内流量为多年平均流量的 10%时，是大多数水生生物生存所需的最小水量，河道内径流为多年平均河道流量的 30%时，

能保证大多数水生动物有良好的栖息条件,考虑乌东德电站坝址以下有四条较大支流的汇入,区间汇入流量约占白鹤滩坝址多年平均流量的 5.84%,因此初步考虑一般水期以乌东德电站坝址多年平均流量的 10% (即 385m³/s) 作为 Tennant 法推荐的生态需水流量,以乌东德电站坝址多年平均流量的 20% (即 770m³/s) 作为产卵期 Tennant 法推荐的生态需水流量。

流量历时曲线法利用历史流量资料构建各月流量历时曲线,将某个累积频率相应的流量 (Q_p) 作为生态流量。 Q_p 的频率 P 可取 90%或 95%,也可根据需要作适当调整。 Q_{90} 为通常使用的枯水流量指数,是水生栖息地的最小流量,为警告水资源管理者的危险流量条件的临界值。 Q_{95} 为通常使用的低流量指数或者极端低流量条件指标,为保护河流的最小流量。本报告采用 95%保证率最枯月水量作为河流最小流量设计值,以维持河流水环境质量。根据乌东德坝址径流 1959 年 6 月~2009 年 5 月共 50 年的月均流量序列来进行流量历时曲线法分析,乌东德坝址 95%保证率最枯月流量为 879 m³/s。

采用水文学法河流生态需水流量估算结果见下表。

表 5.1-6 水文学法计算最小生态需水量结果一览表

序号	方法类型	计算结果		备注
		流量值 (m ³ /s)	占多年平均流量 的比例(%)	
1	Tennant 法 (一般水期)	385	10%	
2	Tennant 法 (产卵期)	770	20%	
3	流量历时曲法 (95%保证率最枯月流量)	879	22.8%	采用 1959~2009 年 月均流量系列

2) 水力学法

水力学法认为浅滩断面是水生生境的控制性断面,河流流量减小对浅滩断面影响最大。根据对评价河段的大断面测量,河道纵向深泓线断面见下图。

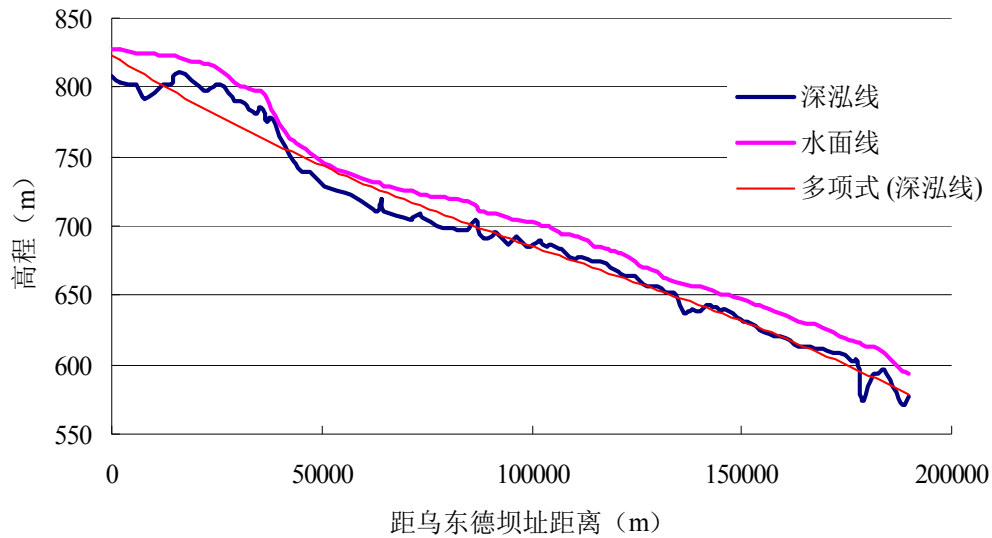


图 5.1-1 河道纵向深泓线断面图（乌东德坝址~白鹤滩坝址）

河流中尺度生境一般划分为：深潭、浅滩等几种类型，河道水流呈何种类型，主要受河道地形构造和水流大小影响，目前尚无明确的分类标准。水力学法需对河流进行一维水力模拟，因此本报告主要根据河道深泓线的变化情况来划分生境断面类型。参考由 Richards(1976)提出深泓线线性回归法进行深潭、浅滩断面判断的方法，该方法要求沿河道深泓线等间距进行河床高程测量，然后采用线性回归方程对河床高程点进行拟合。对于较短的河段，可采用一次方程，对于较长的河段，采用二次或三次方程。根据拟合结果，河床实测高程高于拟合曲线的为浅滩，低于拟合曲线的为深潭。在图 5.1-1 中河道深泓线采用的是三次曲线拟合，根据 Richards 提出的浅滩、深潭判别标准，在 182.5km 的河段中，属于浅滩类型的河段长约为 87.5km，占总长度的 47.9%；属于深潭类型的河段长约为 95km，占总长度的 52.1%。

考虑到白鹤滩蓄水后低水位运行下只有乌东德坝址到下游近 40km 为自由流淌河段，且该河段有产粘沉性卵鱼类产卵场和圆口铜鱼产卵场分布，因此本报告从该河段中选取 3 个典型的浅滩断面——J84、J83、J78 进行生态基流量的确定，各断面分别距离乌东德坝址 29.4km、30.7km 和 37.8km，各断面的情况见下图。

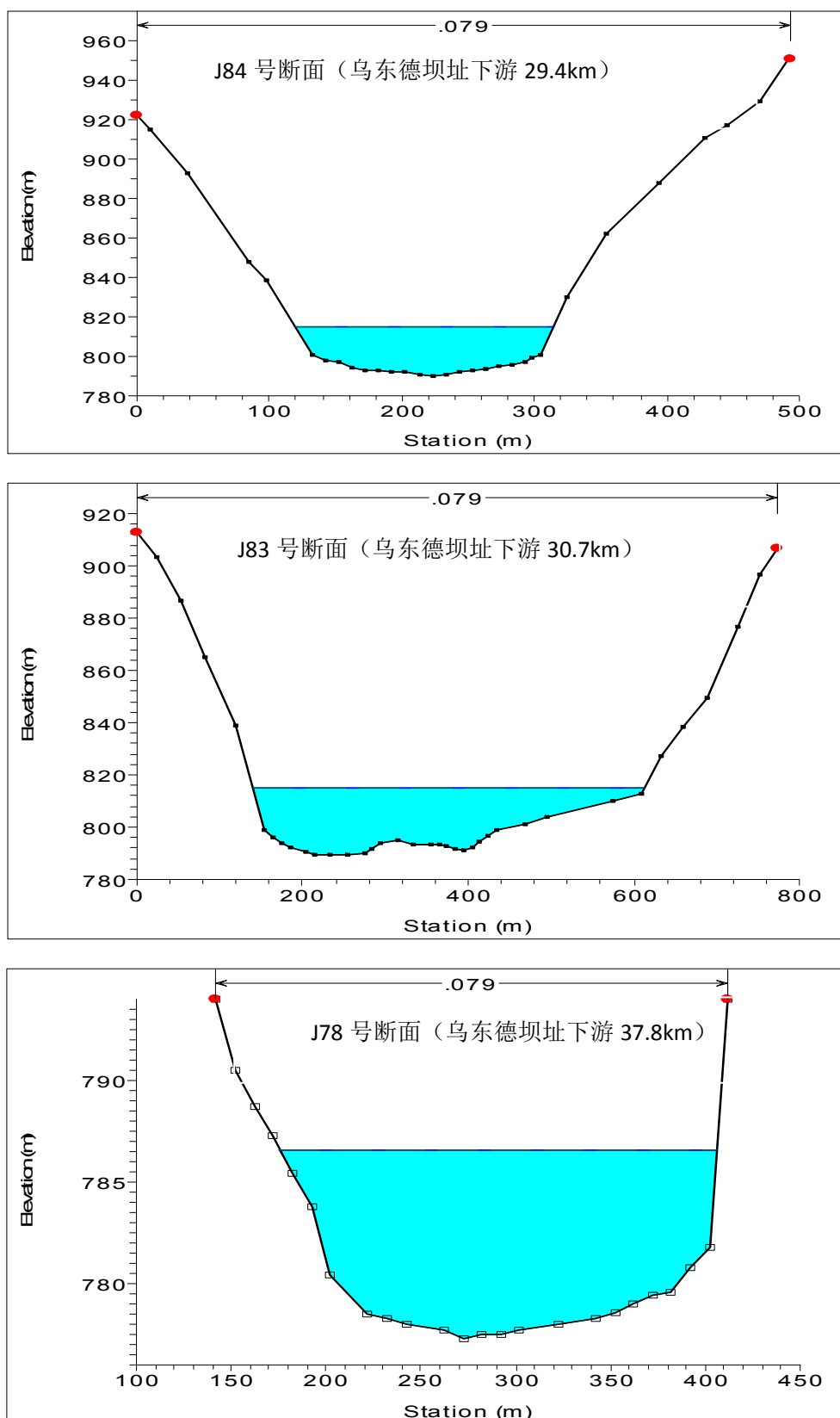


图 5.1-2 浅滩代表性断面情况

河道水力计算采用一维非均匀流公式计算，根据《白鹤滩水库泥沙专题报告》，该河段河道综合糙率取 0.079。根据水力计算结果，做出各断面的湿周流量

关系曲线见下图，图中纵、横坐标分别采用相对于多年平均流量和相应湿周的相对流量和相对湿周表示。湿周法估算结果见表 5.1-7，R2CROSS 法参数标准见表 5.1-8，估算结果见表 5.1-9。

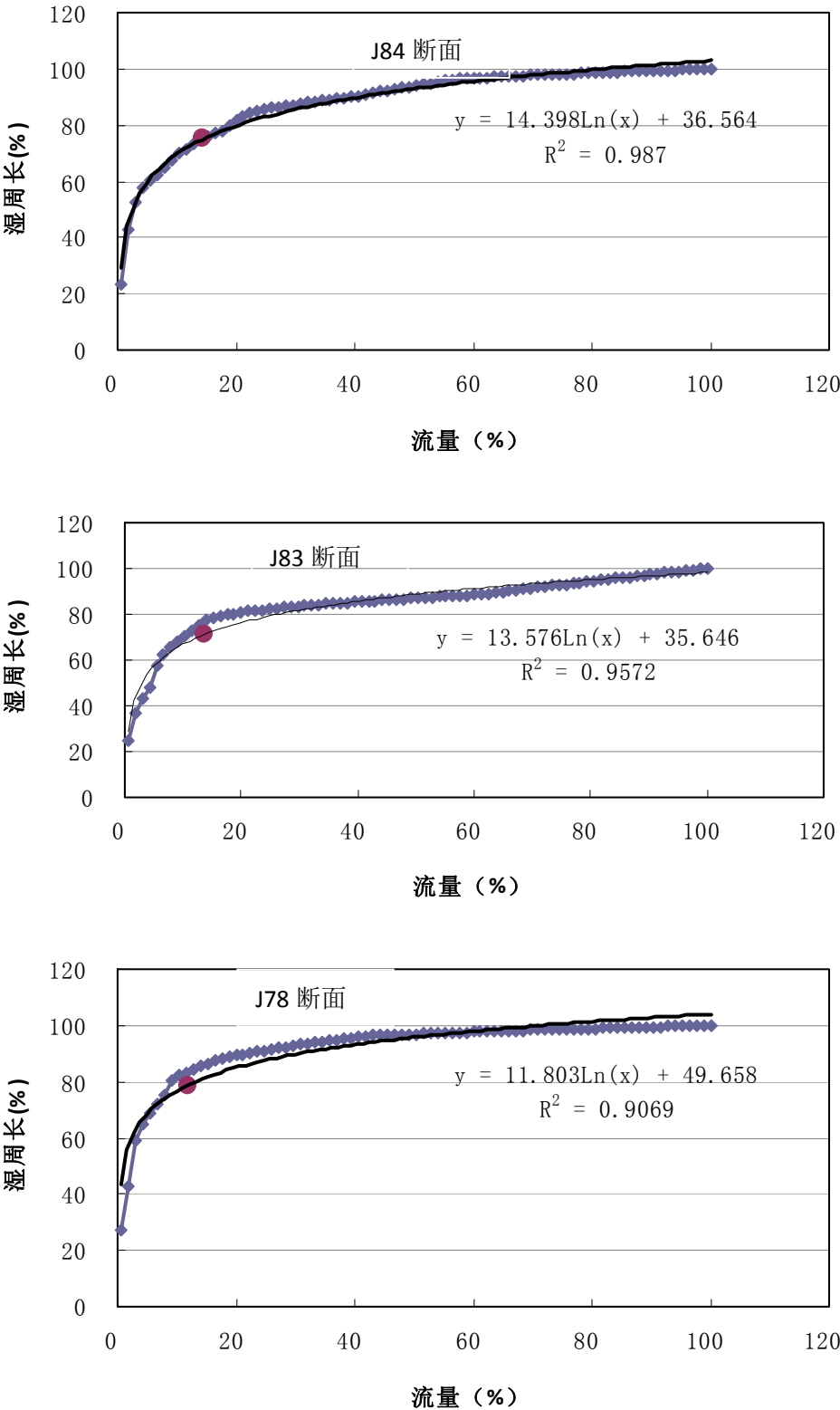


图 5.1-3 断面湿周-流量关系曲线

表 5.1-7 湿周法估算结果

断面号	拐点对应流量		相应流量下断面水力参数				
	相当于多年平均流量的比例(%)	流量(m ³ /s)	水面宽(m)	平均水深(m)	最大水深(m)	流速(m/s)	湿周率(%)
J84	14.4	554	134.1	3.6	6.7	1.2	74
J83	13.6	524	242.3	2.9	5.5	0.7	77
J78	11.8	454	177.3	1.6	2.6	1.5	83

表 5.1-8 评价河段 R2Cross 法采用的水力参数标准

适用水期	平均水深(m)	湿周率(%)	平均流速(m/s)
一般水期	≥1.2	≥50	≥0.6
鱼类产卵期	≥2.0	≥65	≥0.8

表 5.1-9 R2CROSS 法估算的生态需水流量计算结果

断面编号	满足相应水力条件所需的水量(m ³ /s) (一般用水期)			断面所需流量(m ³ /s)
	平均水深=1.2m	平均流速=0.6m/s	湿周率=50%	
J84	49	41	104	104
J83	28	288	174	288
J78	267	20	90	267
断面编号	满足相应水力条件所需的水量(m ³ /s) (产卵期)			断面所需流量(m ³ /s)
	平均水深=2.0m	平均流速=0.8m/s	湿周率=65%	
J84	158	187	310	310
J83	140	723	298	723
J78	624	20	163	624

从上表可以看出，湿周法估算的生态需水流量为 554m³/s，约占多年平均流量的 14.4%；R2CROSS 法估算的一般水期生态需水流量为 288m³/s，约占多年平均流量的 7.5%，产卵期生态需水流量为 723m³/s，约占多年平均流量的 18.8%。

3) 生态需水量分析成果

综上所述，采用水文学法和水力学法计算生态流量结果在 288~879m³/s 之间。根据《金沙江乌东德水电站水资源论证报告书》结论，乌东德水电站在最小下泄流量 385m³/s 的条件下不会对下游取水造成影响。多年平均流量的 10% (385m³/s) 能满足鱼类一般水期的基本需求，符合国家环境保护总局环评函[2006]4 号文关于《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》的精神，也符合水行政主管部门(水利部)颁发的《建设项目水资源论证导则(试行)》(SL/Z 322-2005)中有关河流生态水量的基本

要求。考虑产卵期（3-7 月）白鹤滩运行水位较低，乌东德坝下有较长的自由流淌河段，为更好地满足鱼类产卵需求，确定多年平均流量的 20%为产卵期（3-7 月）生态需水量，为 $770\text{m}^3/\text{s}$ ，根据湿周法与 R2CROSS 法计算得到的结果， $770\text{m}^3/\text{s}$ 流量能满足该断面产卵期的水力学条件。

综上所述，推荐乌东德水电站的生态基流为 $385\text{m}^3/\text{s}$ ，而产卵期需要下泄的生态流量应不低于 $770\text{m}^3/\text{s}$ 。

（2）上游相邻电站的最小下泄流量和本电站最小入库流量

乌东德库区不通航，沿岸现分布有多个河道外用水取水口，合计取水规模约 $60\text{万 m}^3/\text{d}$ 。

乌东德库尾涉及攀枝花市主城区和雅砻江河口，为保护攀枝花河段水环境，满足攀枝花市城区河段有关取水口的取用水要求，维系攀枝花河段特别是雅砻江河口段的水生态功能，并提升攀枝花市城区河段的水景观品质，长江委批复的上游金沙和桐子林水电站的水资源论证报告书提出各自的最小下泄流量分别为 $439\text{m}^3/\text{s}$ 和 $422\text{m}^3/\text{s}$ 。基于上述同样的原因，并考虑银江与金沙电站区间集水面积相差甚小，银江水电站可研阶段初拟其最小下泄流量 $439\text{m}^3/\text{s}$ 。

根据金沙（或银江）和桐子林电站的最小下泄流量，再考虑区间集水面积 1.88万 km^2 的最小来水流量 $39\text{m}^3/\text{s}$ ，乌东德电站首批机组投产后，最小入库流量约 $900\text{m}^3/\text{s}$ 。

（3）最小下泄流量的确定

1) 施工导流及初期蓄水期间

根据乌东德和白鹤滩两电站的前期工作和工期安排情况分析，乌东德电站下闸封堵导流洞和初期蓄水期间，下游白鹤滩电站还难以下闸和蓄水。

根据乌东德电站的导流洞下闸封堵方案和初期蓄水计划，首批导流洞 2018 年 12 月中旬初下闸初期很短的时段内，由于坝前水位低，未下闸导流洞的泄流能力不足，下闸初期乌东德下泄流量仅 $780\text{m}^3/\text{s}$ ；由于坝前水位已有较大幅度的壅高，第二批导流洞 2018 年 12 月下旬初下闸时，乌东德下泄流量大于 $900\text{m}^3/\text{s}$ ；3#、4#和 1#导流洞依次下闸后，仅 2019 年 1 月上旬初 2#洞下闸、中旬初 5#左侧孔下闸和下旬初右侧孔下闸初期，乌东德下泄流量最小仅 $385\text{m}^3/\text{s}$ ；2019 年 1 月下旬初，5#洞右侧孔下闸后，库水位快速从 890m 上升至 893m 、乌东德相应下泄流量快速从 $385\text{m}^3/\text{s}$ 增加到 $900\text{m}^3/\text{s}$ ，此后至 2019 年 5 月底，乌东德下泄

流量稳定在 $900\text{m}^3/\text{s}$ 之上；2019 年 6 月中孔控制下泄初期蓄水期间，乌东德下泄流量不小于 $770\text{m}^3/\text{s}$ 。

综上，受导流洞、电站其他泄水建筑物泄流能力以及上游来水影响，施工导流期间，电站最小下泄流量可满足不低于生态基流 $385\text{ m}^3/\text{s}$ 的要求；初期蓄水期间，可满足下泄流量不小于 $770\text{m}^3/\text{s}$ ，因此，初拟施工导流期最小下泄流量不小于 $385\text{ m}^3/\text{s}$ ，初期蓄水期最小下泄流量不小于 $770\text{m}^3/\text{s}$ 。

2) 运行期

根据乌东德电站的最小入库流量和坝下至岷江河口河段的综合用水需求，结合乌东德电站的季调节性能及下游各区间的最小来水流量，在乌东德电站首批机组投产后，电站最小下泄流量 $900\text{ m}^3/\text{s}$ ，并与白鹤滩、溪洛渡和向家坝联动，共同满足乌东德坝下至岷江河口河段的综合用水需求。

乌东德水电站装机 12 台，单机额定流量 $691.1\text{ m}^3/\text{s}$ ，单机适宜过流流量在 $276\sim 691.1\text{ m}^3/\text{s}$ 之间，乌东德只需启动 2 台机组，即可下泄不小于 $900\text{m}^3/\text{s}$ 的流量，并可保持机组的稳定运行工况，该最小下泄流量与电站机组特性是适应的。

最小下泄流量 $900\text{ m}^3/\text{s}$ ，占坝址多年平均流量的 23.38%，可较好地维系下游白鹤滩库区特别是其干流回水变动段的基本水生态功能，能满足白鹤滩库区维护Ⅲ类地表水水域功能及其干流沿岸少量取用水等需求。

5.1.3 工程蓄水初期水文情势变化分析

工程初期蓄水从 2018 年 12 月中旬开始，分批下闸封堵导流隧洞，在此期间，主要通过 5#高洞自由泄流向下游供水，水库水位蓄至 851.0m ，高洞右侧孔下闸，在水库水位蓄至 890.0m 后，高洞左侧孔下闸，利用泄洪中孔下泄流量，泄洪中孔保持“敞泄”方式。2019 年 6 月，泄洪中孔控制性下闸蓄水，在保持最小下泄流量的前提下，水库水位逐步抬高，至 7 月初蓄水至初期发电水位（死水位） 945.0m ，首台机组具备发电条件。

根据工程初期蓄水计划，初期蓄水期间，工程首先通过右岸导流洞高洞向下游泄流，右岸导流洞高洞断面尺寸 $12.0\text{m}\times 16.0\text{m}$ ，进口高程 830.0m ，出口高程 824.0m ，根据水力学计算，导流高洞过水能力满足下游河道生态基流要求。导流洞封堵后，工程通过坝身 6 个泄洪中孔自由泄流，泄洪中孔尺寸 $6\text{m}\times 8\text{m}$ ，根据水力学计算，导流高洞过水能力满足下游河道生态基流要求。

水库水位达到 900m 后，泄洪中孔控制性下闸，考虑最不利情况，乌东德水电站按最小流量 385m³/s 进行控制下泄，多余水量蓄在库内，在遭遇 50%保证率来水情况下，水库 7 天可蓄至 945m；在遭遇 75%保证率来水情况下，水库 9 天可蓄至 945m。当遭遇 75%保证率来水，由于下游无生产生活等取水设施及用水需求，河段为不通航河段，施工期无航运要求，保持 385m³/s 的下泄流量能满足下游河道生态用水。但坝下河段该时段内减水明显，天然状况下，坝址处 6 月上旬 50%、75%保证率流量分别为 3151m³/s，2261 m³/s，初期蓄水期间流量分别减少 87.8%、83.0%。

表 5.1-10 初期蓄水按最小下泄流量下泄坝下游流量变化 单位：m³/s

工况	P=50%	P=75%
天然状况	3151	2261
初期蓄水期间	385	385
减小量	-2766	-1876
减小程度	-87.8%	-83.0%

若按 6 月 30 日截止，即 30 天蓄至 945m 控制，在分别遭遇 50%、75%保证率来水情况下，水库平均下泄流量约 3200m³/s、2400m³/s，水库水位由 900m 蓄水至 945m 的 30 天内，50%保证率下月均流量减少 35.5%，75%保证率下月均流量减少 26.7%。

表 5.1-11 初期蓄水按最长蓄水时间下泄坝下游流量变化 单位：m³/s

工况	P=50%	P=75%
天然状况	4963	3272
初期蓄水期间	3200	2400
减小量	-1763	-872
减小程度	-35.5%	-26.7%

5.1.4 工程运行期水文情势变化分析

5.1.4.1 库区水域形态变化分析

(1) 水域面积

乌东德水电站库区河段长 206.7km，天然情况下，河流最大水域面积为 50.5km²，建库后，正常蓄水位对应水域面积 127.1 km²，水域面积增大 2.5 倍；汛限水位对应水域面积 87.5 km²，水域面积增大 1.7 倍；正常蓄水位对应水域面

积 127.1 km²，水域面积增大 1.5 倍。

蓄水运行后，河谷水面变宽，水面面积增加，水流变缓，但由于水库水位的消落，不同月份水面面积仍有较大的差别。根据乌东德水库水位库容曲线，年内水位变化对应水面面积变化，结合图 5.1-4、图 5.1-5 可以看出，汛期（6 月～7 月）水库低水位运行时库区水面面积最小。

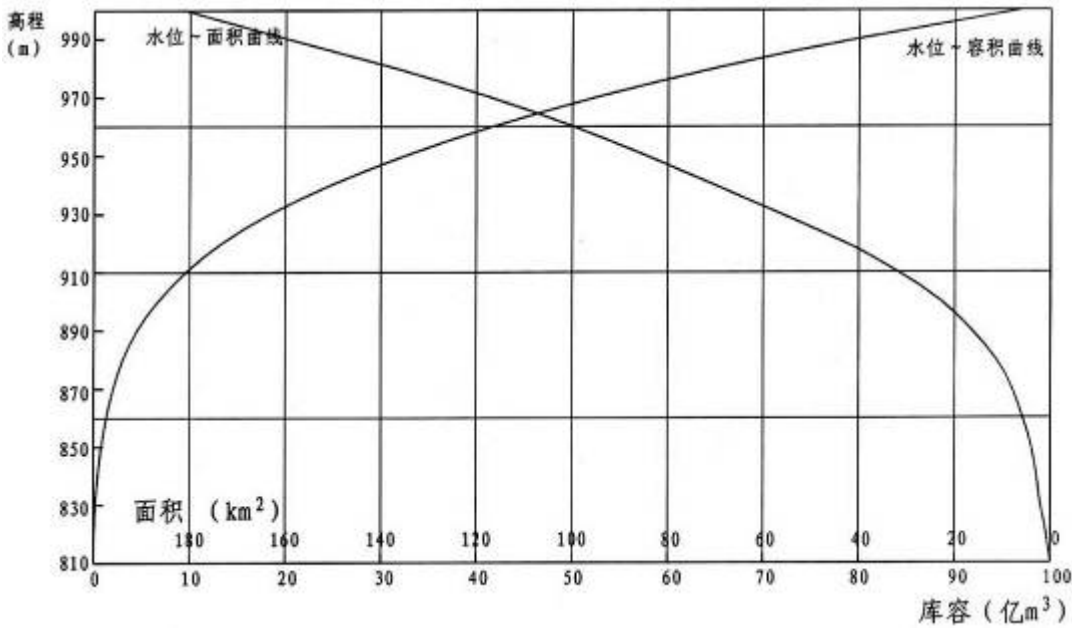


图 5.1-4 乌东德水电站水位面积曲线图

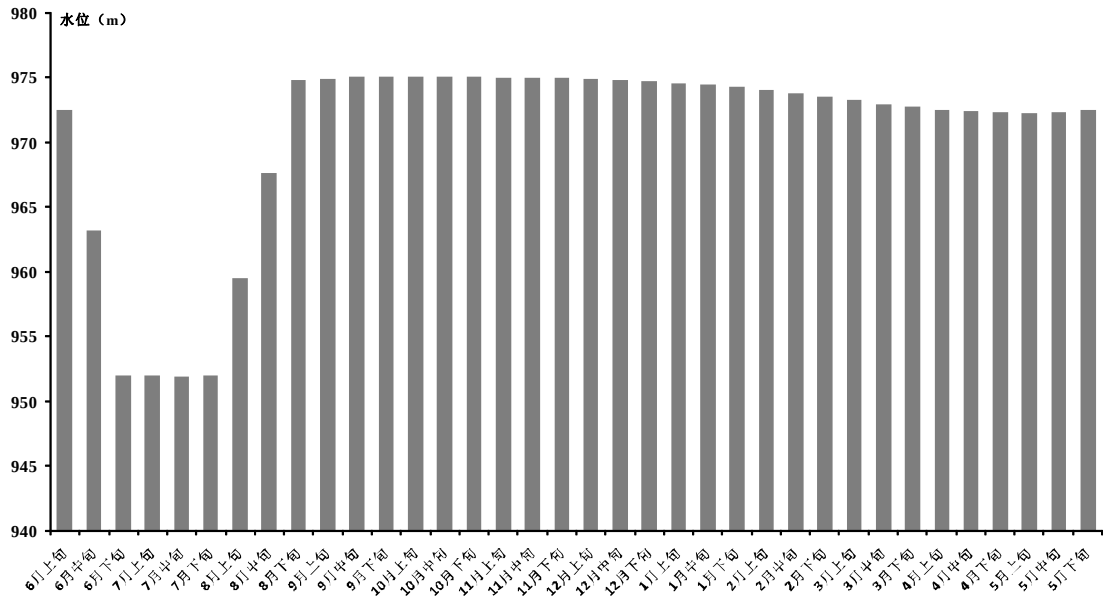


图 5.1-5 乌东德水电站年内平均水位过程图

(2) 水面宽及水深

金沙江下游地区为典型的高山峡谷地貌，乌东德库区段地形起伏显著，水位

落差大，河谷狭窄。库区江段的主河谷呈 V 型，落差为 178m，河床比降为 0.86‰。

由于干流河道形态特征，乌东德水库建成蓄水后，库区总长度 206.7km 的河段，平均每公里河道水面宽度增加约 370m，成湖率较低，水库仍呈现出一定的河道性质。

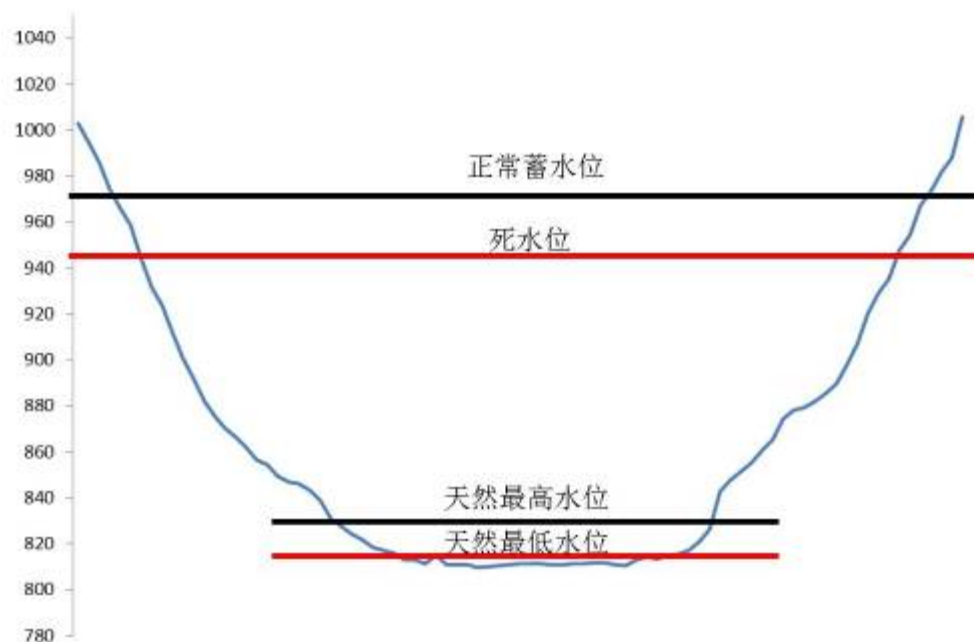


图 5.1-6 乌东德水电站库区河道特征水位对比

5.1.4.2 库区河段水文情势变化分析

(1) 评价范围

根据乌东德水电站环境影响评价工作需要，乌东德水电站库区水文情势评价范围拟定为攀枝花水文站至乌东德坝址共计 213.89km 江段。

(2) 计算工况设置

根据金沙江中游电站和雅砻江的前期工作进展情况，拟定工况为：上游金沙江干流考虑金安桥、观音岩电站调蓄，雅砻江考虑二滩，两河口，锦屏一级电站调蓄。

(3) 评价方法

选择 $P=10\%$ （丰水年）、 $P=50\%$ （平水年）、 $P=90\%$ （枯水年）3 种设计频率，假定建库前后同一设计频率下入库流量保持不变，建库后库区河段水文情势的变化主要取决于坝前雍水高度。

本次评价首先采用对比分析法分析建库前后不同水期坝前水位的变化情况；

其次，以建库前后水文计算的成果作为边界条件，通过建立一维水动力模型模拟库区各典型断面水位、流速的变化情况。一维水动力模型计算原理如下：

针对梯级电站恒定流水文要素的预测评价，数学模型采用丹麦水力研究所开发的专业商用软件 MIKE11。其数学模型采用一维水流运动的控制方程圣维南方程，即：

$$\text{连续方程: } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \tag{5.1-2}$$

$$\text{运动方程: } \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = \frac{Q}{A} q_l \tag{5.1-3}$$

式中， Q 为过水断面平均流量， C 为谢才阻力系数， R 为过水断面的水力半径， g 为重力加速度， Z 为水位。计算时采用流量模数 $K = AC\sqrt{R}$ ，且将谢才阻力系数转化为常用的糙率 n ， $C = \frac{1}{n}R^{1/6}$ 。

恒定流计算范围为攀枝花水文站断面至乌东德坝址长约 213.89km 河段，上边界条件为攀枝花水文站逐旬流量过程，下边界条件为乌东德坝址断面的水位，并考虑区间支流雅砻江、龙川江、勐果河、鲹鱼河等支流的汇入。

(4) 计算边界条件与模型参数

1) 边界条件

根据坝址处 1959~2008 年长系列资料，采用 P-III法进行适线，确定丰水年（P=10%）、平水年（P=50%）、枯水年（P=90%）三典型年代表年份，并以典型年入库流量和坝址水位作为边界条件。各支流除雅砻江外，流量均较小，多年平均流量仅占坝址多年平均流量的 3%，因此，在进行模拟计算时，将其概化为按各典型年年均流量入库源汇项，即为定常值。

表 5.1-12 乌东德建库前计算条件一览表

月份	旬	平水年（1981 年）				枯水年（1973 年）				丰水年（2001 年）			
		入库流量(m³/s)		旬均水位(m)		入库流量(m³/s)		旬均水位(m)		入库流量(m³/s)		旬均水位(m)	
		金沙江	雅砻江	建库前	建库后	金沙江	雅砻江	建库前	建库后	金沙江	雅砻江	建库前	建库后
1 月	上旬	587	1243	818.34	973.90	500	1090	817.53	974.50	676	1082	819.15	975.00
	中旬	543	1226	818.14	975.00	458	1100	817.43	973.60	599	1087	818.70	975.00
	下旬	498	1220	817.92	975.00	436	1111	817.35	972.60	554	1099	818.46	975.00

2月	上旬	479	1229	817.83	975.00	437	1123	817.35	971.40	536	1111	818.48	975.00
	中旬	470	1176	817.64	975.00	439	1134	817.35	970.00	505	1125	818.42	975.00
	下旬	445	1165	817.47	974.60	442	1145	817.38	968.50	497	1137	818.34	975.00
3月	上旬	461	1228	817.64	974.20	445	1157	817.36	966.80	479	1151	818.25	975.00
	中旬	455	1232	817.63	974.10	448	1170	817.40	964.90	457	1166	818.45	975.00
	下旬	466	1215	817.59	973.80	451	1199	817.46	963.00	456	1184	818.54	975.00
4月	上旬	505	1224	817.71	973.60	450	1244	817.51	961.00	464	1206	818.17	975.00
	中旬	544	1230	817.83	973.80	444	1262	817.51	958.60	487	1225	818.39	975.00
	下旬	794	1255	818.33	974.50	601	1284	817.95	956.60	637	1246	818.90	975.00
5月	上旬	1012	1256	818.83	975.00	850	1323	818.61	956.70	661	1256	819.08	975.00
	中旬	902	1498	820.05	975.00	929	1358	819.03	959.10	883	1274	819.54	975.00
	下旬	1156	1534	820.03	975.00	838	1384	818.84	962.20	1139	1287	820.14	975.00
6月	上旬	1411	1423	820.39	975.00	985	1304	819.05	965.50	1972	2035	824.56	975.00
	中旬	2544	1262	822.60	969.50	1823	1308	821.83	965.70	2521	1220	824.13	969.50
	下旬	4092	1180	827.42	958.00	2607	1278	823.28	958.00	3902	1728	827.46	958.00
7月	上旬	3764	2325	827.38	952.00	1457	1252	821.24	952.00	3768	2165	829.20	952.00
	中旬	5614	3248	831.04	952.00	1851	1226	821.79	952.00	2346	1098	823.81	952.00
	下旬	4153	3726	830.05	952.00	1877	1200	821.80	952.00	2676	1098	823.82	952.00
8月	上旬	3229	2230	826.49	956.00	4638	1176	827.29	956.00	3825	1475	827.66	956.00
	中旬	3095	2235	825.83	963.50	3105	1159	824.81	963.50	4204	2039	828.75	963.50
	下旬	3530	2233	826.55	971.00	2658	1152	823.15	971.00	5052	2239	830.57	971.00
9月	上旬	4158	2230	827.89	975.00	2842	1148	823.60	975.00	6470	3858	835.97	975.00
	中旬	4091	2199	827.79	975.00	3775	1522	827.03	975.00	4783	3772	832.35	975.00
	下旬	2679	2642	826.86	975.00	2669	1577	825.46	975.00	4115	3074	831.53	975.00
10月	上旬	2126	2389	824.66	975.00	1778	1266	821.82	975.00	3668	3046	830.58	975.00
	中旬	1597	1453	821.59	975.00	1573	1054	820.47	975.00	2692	1842	826.54	975.00
	下旬	1210	1040	819.58	975.00	1435	1201	820.48	975.00	1987	1202	824.51	975.00
11月	上旬	1066	1042	818.92	975.00	1266	1204	820.06	975.00	1638	1185	822.77	975.00
	中旬	899	1044	818.51	975.00	1103	1185	819.60	975.00	1342	1190	821.23	975.00
	下旬	774	1068	818.20	975.00	978	1169	819.38	975.00	1140	1166	820.39	975.00
12月	上旬	619	1055	817.83	975.00	735	1071	818.33	975.00	947	1100	819.61	975.00
	中旬	570	1070	817.68	974.70	652	1104	818.11	975.00	825	1100	819.19	975.00
	下旬	486	1080	817.56	974.20	545	1112	817.82	975.00	717	1075	818.80	975.00

表 5.1-13 入库支流各典型年流量统计 单位: m³/s

径流名称	丰水年（2001年）	平水年（1981年）	枯水年（1973年）	多年平均
鲮鱼河	39	32	25	33
龙川江	61	50	39	52
尘河	37	31	24	32
勐果河	14	12	9	12

2) 糙率值选取

根据长江设计院可研计算成果，各控制河段综合糙率在 0.03634~0.06577

之间。水库回水计算中根据库区泥沙淤积情况，入库流量大小，并参考观音岩、白鹤滩等水库回水计算糙率取值情况，乌东德水库回水计算中综合糙率取值为 0.03784~0.06577。攀枝花水文站~雅砻江口河段的糙率利用攀枝花水文站的水位流量关系进行修正。

观音岩水电站可研设计回水计算综合糙率采用 0.04~0.085。白鹤滩水电站可研设计回水计算综合糙率采用 0.039~0.082。这两个电站也位于金沙江干流，分别在乌东德水电站的上下游，三个电站的糙率值基本一致，乌东德水电站的糙率取值是合理的。

表 5.1-14 乌东德库区干流洪水水面线水位、流量、糙率表

断面名称			攀枝花水文站	雅砻江 (下)	龙川江 (下)	勐果河 (下)	尘河 (下)	鲹鱼河 (下)	坝址
所在位置			W107	W100	W62	W50	W39	W5	W1
距坝址里程		(m)	213890	199970	109310	86600	68730	6880	0
1966 年洪水	水位	(m)	1002.07	995.78	944.11	927.71	914.13	853.09	847.25
	流量	(m³/s)	12200	22500	24344	24534	24767	24987	25000
	糙率		0.03634		0.04278	0.05722	0.05327	0.05176	0.06577
1993 年洪水	水位	(m)	1001.52	994.54	941.79	924.96	911.03	850.35	844.69
	流量	(m³/s)	11400	21900	22611	22695	22798	22894	22900
	糙率		0.03784		0.04017	0.05255	0.0461	0.04448	0.06248
1998 年洪水	水位	(m)	1000.25	992.96	939.1	921.06	907.41	846.59	840.74
	流量	(m³/s)	10200	19200	19368	19377	19389	19399	19400
	糙率		0.03751		0.04045	0.04996	0.03815	0.03815	0.06145
采用糙率			0.03784		0.04278	0.05722	0.05327	0.05176	0.06577

3) 典型断面选取

根据本工程特性，结合水环境、水生态评价要求，按上下游关系排列，选取主要控制断面如下：

库尾：雅砻江河口下游 1km、三堆子、金江镇、钒钛工业园；库中：元谋县江边乡、勐果河河口下游 1km、尘河河口下游 1km、皎平渡；近坝区：鲹鱼河河口下游 1km、坝址断面。

(4) 计算结果分析

1) 水位变化分析

参照相关工程计算经验，受计算精度影响，各断面水位变幅低于 20cm 的可

以认为该断面水位基本上没有变化。

根据计算，库区水位变化呈自上游往下水位增幅逐渐变大的趋势。由于金沙江天然径流受降雨影响较大，洪水过程为肥胖型，洪峰不突出，一般一次洪水过程持续 7~15d，因此，丰水年丰水期各典型断面天然水位较高，建库后乌东德水库库区各典型断面水位均存在一定的变幅。雅砻江河口上、下 1km 断面水位变化不明显；三堆子、钒钛工业园以及金江镇等断面建库前后水位除 6、7、8 月份外，其余月份均有 0.2m 以上的变化；库中江边乡断面水位抬升明显，抬升幅度 30.95m~57.45m；皎平渡断面水位抬升幅度在 84.00m~109.42m；鲹鱼河下游 1km 断面，水位抬升幅度在 84.00m~109.42m；坝址处水位抬升幅度在 132.43m~162.10m。

平水年，6、7、8 月份，因防洪要求，需腾空库容。6 月上旬，水库依然在正常蓄水位运行，至 6 月中旬水库水位降至 967.5m，6 月下旬，坝前水位逐渐降低至 958m；7 月，水库水位均在 952m 运行，8 月水位逐渐抬升，至月末抬升至 971m。9 月份，水库按正常蓄水位运行，但由于库区上游来流相对丰水年 9 月较小。10、11 月份，坝前水位维持在 975m 运行；12 月、1 月、2 月、3 月基本都维持在 973.9m 以上运行。平水年，库尾河段雅砻江口以下 1km 断面水位基本无变化，三堆子、金江镇、钒钛园区等断面水位均有一定程度变化，其中，钒钛园区断面，平水年除 7 月份外，其余月份水位较建库前均有 1m 以上的抬升，变化较明显。

枯水年，乌东德水电站仅 9 月、10 月、11 月以及 12 月份在正常蓄水位 975m 附近运行，其余月份运行水位均低于 975m，枯水年，由于入库流量较小，水库最大回水距离雅砻江河口约 1.6km。枯水年建库前后库尾河段水位变化幅度小于平水年，以钒钛产业园区断面为例，年内仅 10 月、11 月、12 月份水位变化幅度大于 2m。

综上所述，乌东德水电站建成运行后，随着运行水位的变化，库区各断面水位相对建库前均有不同程度的变化。库尾攀枝花雅砻江入口以上河段水位基本无变化；钒钛产业园区断面在平水年枯水期水位变幅在 2.52~3.62m 之间，变幅较大。

表 5.1-15 丰水年 (P=10%) 乌东德水电站建库前后库区典型断面水位变化对比 单位: m

月份	断面	雅砻江河口上	雅砻江河口下	三堆子	金江镇	钒钛工业园	江边乡	勐果河下	尘河下	热水塘	皎平渡	鲹鱼河下	坝上 1km	坝址
		W101	W100	W98	W96	W92	W62	W50	W39	W36	W20	W05	W02	W01
	距坝址距离 (m)	201670	199970	195880	191780	184090	109310	86600	68730	63160	32650	6880	1000	0
1 月	建库后	980.21	978.99	976.91	976.55	975.29	975.07	975.03	975.02	975.02	975.02	975.02	975.00	975.00
	建库前	980.17	978.88	976.48	976.02	970.56	917.82	907.82	891.20	889.97	865.73	813.84	813.59	813.27
	变化情况	0.04	0.11	0.43	0.54	4.73	57.26	67.21	83.82	85.05	109.29	161.19	161.41	161.73
2 月	建库后	980.03	978.76	976.75	976.42	975.25	975.03	975.02	975.02	975.02	975.01	975.01	975.00	975.00
	建库前	980.00	978.65	976.31	975.88	970.36	917.59	907.65	891.03	889.83	865.59	813.50	813.24	812.91
	变化情况	0.04	0.12	0.44	0.55	4.89	57.44	67.37	83.98	85.19	109.42	161.51	161.76	162.09
3 月	建库后	980.02	978.75	976.75	976.42	975.25	975.03	975.00	975.02	975.01	974.99	975.04	975.00	975.00
	建库前	979.99	978.63	976.30	975.87	970.35	917.58	907.64	891.02	889.82	865.58	813.49	813.22	812.90
	变化情况	0.04	0.12	0.44	0.55	4.90	57.45	67.36	83.99	85.19	109.41	161.55	161.78	162.10
4 月	建库后	980.08	978.83	976.80	976.46	975.26	975.01	975.03	975.01	975.02	975.02	974.99	975.01	975.00
	建库前	980.04	978.71	976.36	975.91	970.41	917.65	907.69	891.07	889.86	865.62	813.58	813.32	813.00
	变化情况	0.04	0.12	0.44	0.54	4.85	57.37	67.33	83.94	85.16	109.40	161.40	161.68	162.00
5 月	建库后	980.77	979.62	977.42	976.98	975.44	975.05	975.03	975.02	975.02	975.00	975.02	974.99	975.00
	建库前	980.72	979.49	977.01	976.46	971.16	918.48	908.32	891.70	890.42	866.16	814.79	814.59	814.32
	变化情况	0.06	0.13	0.41	0.52	4.28	56.56	66.70	83.32	84.60	108.83	160.22	160.40	160.68
6 月	建库后	983.72	982.39	979.67	978.75	974.40	963.34	963.20	963.25	963.15	963.10	963.01	963.08	963.09
	建库前	983.70	982.37	979.60	978.66	973.69	921.65	910.20	893.99	892.75	868.46	820.04	820.01	819.92
	变化情况	0.01	0.02	0.07	0.09	0.71	41.70	53.01	69.25	70.40	94.64	142.97	143.07	143.17
7 月	建库后	983.86	982.51	979.72	978.76	973.82	952.76	952.75	952.85	952.75	952.60	952.53	952.54	952.59
	建库前	983.86	982.51	979.72	978.76	973.82	921.81	910.30	894.13	892.90	868.60	820.27	820.25	820.15
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.95	42.45	58.73	59.86	84.00	132.25	132.29	132.43
8 月	建库后	986.26	984.62	981.73	980.51	976.60	970.61	969.86	969.84	969.79	969.57	969.54	969.43	969.66
	建库前	986.23	984.57	981.61	980.33	975.67	924.00	911.65	895.76	894.69	870.35	824.25	824.20	824.17
	变化情况	0.03	0.04	0.12	0.18	0.93	46.61	58.21	74.08	75.10	99.22	145.29	145.22	145.49

9 月	建库后	988.31	986.39	983.54	982.15	979.00	976.08	974.32	974.47	974.32	974.35	973.65	973.99	974.10
	建库前	988.22	986.27	983.21	981.68	977.23	925.79	912.90	897.33	896.29	871.90	827.32	827.25	827.24
	变化情况	0.09	0.12	0.32	0.47	1.76	50.29	61.42	77.13	78.02	102.45	146.34	146.74	146.86
10 月	建库后	984.36	982.98	980.36	979.46	976.97	975.26	975.11	975.08	975.11	975.06	975.00	975.02	974.99
	建库前	984.29	982.88	980.07	979.05	974.16	922.23	910.56	894.44	893.25	868.95	820.99	820.96	820.88
	变化情况	0.07	0.10	0.30	0.41	2.81	53.03	64.55	80.64	81.86	106.11	154.01	154.06	154.11
11 月	建库后	981.42	980.28	978.00	977.48	975.64	975.05	975.04	975.03	975.04	975.00	975.01	974.99	975.00
	建库前	981.37	980.18	977.60	976.96	971.80	919.24	908.87	892.31	890.97	866.71	815.94	815.78	815.57
	变化情况	0.05	0.10	0.40	0.52	3.84	55.81	66.17	82.73	84.07	108.30	159.08	159.21	159.43
12 月	建库后	980.38	979.19	977.06	976.68	975.34	975.01	975.03	975.01	975.02	975.03	974.97	975.00	975.00
	建库前	980.36	979.15	976.64	976.15	970.75	918.03	907.98	891.36	890.11	865.87	814.17	813.95	813.64
	变化情况	0.01	0.03	0.43	0.53	4.59	56.98	67.04	83.66	84.91	109.16	160.80	161.06	161.36

表 5.1-16 平水年（P=50%）乌东德水电站建库前后库区典型断面水位变化对比 单位：m

月份	断面	雅砻江河口上	雅砻江河口下	三堆子	金江镇	钒钛工业园	江边乡	勐果河下	尘河下	热水塘	皎平渡	鲹鱼河下	坝上 1km	坝址
		W101	W100	W98	W96	W92	W62	W50	W39	W36	W20	W05	W02	W01
	距坝址距离（m）	201670	199970	195880	191780	184090	109310	86600	68730	63160	32650	6880	1000	0
1 月	建库后	979.91	978.60	976.64	975.32	975.20	974.98	974.98	975.00	974.99	974.98	974.98	974.98	974.98
	建库前	979.88	978.48	976.19	972.38	972.22	917.43	907.53	890.90	889.71	865.47	813.63	813.42	813.13
	变化情况	0.03	0.12	0.44	2.94	2.99	57.56	67.46	84.09	85.28	109.51	161.36	161.56	161.85
2 月	建库后	979.67	978.23	976.23	975.91	975.53	974.19	974.31	974.33	974.33	974.32	974.32	974.32	974.32
	建库前	979.65	978.16	975.96	972.58	971.91	917.12	907.30	890.67	889.52	865.27	813.16	812.93	812.66
	变化情况	0.02	0.07	0.27	3.33	3.62	57.08	67.01	83.66	84.81	109.05	161.16	161.39	161.66
3 月	建库后	979.64	978.16	976.09	974.75	974.41	973.81	973.78	973.78	973.78	973.78	973.78	973.78	973.78
	建库前	979.63	978.12	975.93	972.55	971.88	917.08	907.27	890.64	889.50	865.24	813.11	812.88	812.61
	变化情况	0.01	0.04	0.16	2.20	2.53	56.73	66.52	83.14	84.29	108.54	160.67	160.90	161.16
4 月	建库后	979.82	978.46	976.49	975.18	974.99	974.81	974.82	974.78	974.80	974.80	974.80	974.80	974.80
	建库前	979.79	978.36	976.10	972.70	972.10	917.30	907.43	890.80	889.63	865.38	813.45	813.23	812.95

	变化情况	0.03	0.10	0.39	2.48	2.90	57.51	67.39	83.98	85.16	109.41	161.35	161.57	161.85
5 月	建库后	980.66	979.48	977.17	976.70	975.02	972.70	972.70	972.70	972.70	972.70	972.70	972.70	972.70
	建库前	980.62	979.38	976.93	974.39	973.08	918.38	908.25	891.62	890.34	866.08	814.99	814.82	814.61
	变化情况	0.04	0.10	0.25	2.31	1.94	54.32	64.44	81.08	82.36	106.61	157.71	157.87	158.09
6 月	建库后	982.72	981.45	978.76	976.94	976.90	954.48	954.47	954.47	954.47	954.42	954.42	954.41	954.38
	建库前	982.72	981.44	978.76	975.94	974.90	920.60	909.63	893.24	891.97	867.69	818.69	818.63	818.51
	变化情况	0.00	0.01	0.00	1.00	2.00	33.87	44.84	61.22	62.50	86.74	135.73	135.78	135.87
7 月	建库后	986.02	984.40	981.44	979.08	978.13	958.20	958.20	958.18	958.18	958.04	957.94	957.94	957.94
	建库前	986.02	984.40	981.43	979.08	978.11	923.84	911.53	895.61	894.55	870.21	824.38	824.34	824.31
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	34.36	46.67	62.57	63.63	87.83	133.55	133.59	133.63
8 月	建库后	984.35	982.98	980.28	978.33	977.22	974.37	973.81	973.81	973.79	973.73	973.73	973.70	973.70
	建库前	984.32	982.93	980.12	977.90	976.17	922.25	910.54	894.37	893.22	868.93	821.56	821.56	821.49
	变化情况	0.04	0.05	0.16	0.42	1.05	52.12	63.27	79.43	80.57	104.80	152.17	152.14	152.21
9 月	建库后	984.80	983.38	980.69	979.62	978.85	975.24	975.10	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00
	建库前	984.74	983.30	980.44	978.37	977.51	922.66	910.78	894.67	893.55	869.25	822.30	822.28	822.23
	变化情况	0.06	0.09	0.25	1.25	1.34	52.58	64.32	80.32	81.44	105.74	152.70	152.71	152.77
10 月	建库后	981.66	980.49	978.17	977.61	976.73	975.06	975.05	975.03	975.03	975.03	975.00	975.00	975.00
	建库前	981.62	980.42	977.80	975.13	973.96	919.48	908.95	892.46	891.14	866.88	816.72	816.62	816.45
	变化情况	0.04	0.07	0.37	2.48	2.77	55.58	66.09	82.57	83.88	108.15	158.28	158.39	158.55
11 月	建库后	980.06	978.78	976.68	976.32	974.91	974.87	974.69	974.69	974.69	974.69	974.64	974.64	974.64
	建库前	980.04	978.72	976.35	973.91	972.40	917.63	907.68	891.05	889.84	865.60	813.90	813.70	813.43
	变化情况	0.02	0.06	0.34	2.42	2.51	57.23	67.01	83.64	84.85	109.09	160.74	160.94	161.21
12 月	建库后	979.74	978.36	976.48	975.19	975.08	974.99	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00
	建库前	979.70	978.23	976.01	972.62	971.98	917.18	907.34	890.72	889.56	865.31	813.27	813.04	812.77
	变化情况	0.03	0.13	0.47	2.57	3.10	57.80	67.65	84.28	85.44	109.69	161.73	161.95	162.23

表 5.1-17 枯水年（P=90%）乌东德水电站建库前后库区典型断面水位变化对比 单位：m

月份	断面	雅砻江河口上	雅砻江河口下	三堆子	金江镇	钒钛工业园	江边乡	勐果河下	尘河下	热水塘	皎平渡	鲹鱼河下	坝上 1km	坝址
	距坝址距离（m）	W101	W100	W98	W96	W92	W62	W50	W39	W36	W20	W05	W02	W01
		201670	199970	195880	191780	184090	109310	86600	68730	63160	32650	6880	1000	0
1 月	建库后	979.59	978.09	976.03	974.10	973.78	973.57	973.57	973.53	973.53	973.53	973.53	973.53	973.53
	建库前	979.58	978.05	975.88	972.51	971.81	917.01	907.20	890.57	889.44	865.17	812.90	812.64	812.44
	变化情况	0.01	0.04	0.16	1.59	1.97	56.56	66.36	82.96	84.10	108.36	160.64	160.89	161.09
2 月	建库后	979.54	977.99	975.84	972.58	971.98	970.07	970.06	970.06	970.06	970.06	970.06	970.06	970.06
	建库前	979.54	977.99	975.83	972.48	971.75	916.96	907.16	890.53	889.40	865.12	812.79	812.54	812.36
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.10	0.23	53.12	62.90	79.53	80.66	104.94	157.27	157.52	157.70
3 月	建库后	979.56	978.02	975.86	972.50	971.78	965.12	965.12	965.12	965.12	965.12	965.12	965.12	965.12
	建库前	979.56	978.02	975.86	972.50	971.78	916.99	907.18	890.55	889.42	865.15	812.85	812.61	812.41
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.14	57.94	74.57	75.70	99.97	152.27	152.51	152.71
4 月	建库后	979.69	978.20	975.99	972.61	971.96	958.97	958.97	958.96	958.96	958.96	958.96	958.96	958.96
	建库前	979.69	978.20	975.99	972.61	971.96	917.15	907.31	890.68	889.52	865.27	813.15	812.92	812.66
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.83	51.66	68.29	69.43	93.69	145.80	146.04	146.29
5 月	建库后	980.26	978.99	976.56	973.19	972.66	959.46	959.45	959.45	959.43	959.43	959.43	959.43	959.43
	建库前	980.26	978.99	976.56	973.19	972.66	917.91	907.88	891.24	890.00	865.76	814.24	814.05	813.80
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.54	51.57	68.21	69.43	93.67	145.19	145.38	145.64
6 月	建库后	981.55	980.34	977.76	975.10	973.93	962.67	962.64	962.66	962.61	962.61	962.61	962.61	962.61
	建库前	981.55	980.34	977.76	975.10	973.93	919.40	908.91	892.40	891.05	866.79	816.59	816.48	816.32
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.27	53.73	70.26	71.55	95.82	146.02	146.12	146.28
7 月	建库后	981.94	980.74	978.11	975.00	973.81	952.55	952.55	952.55	952.54	952.47	952.47	952.47	952.47
	建库前	981.94	980.74	978.11	975.00	973.81	919.84	909.22	892.73	891.37	867.10	817.26	817.18	817.04
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.71	43.33	59.81	61.17	85.37	135.21	135.29	135.43
8 月	建库后	983.40	982.11	979.39	977.50	976.85	964.62	964.62	964.62	964.60	964.60	964.60	964.60	964.60
	建库前	983.40	982.10	979.36	977.16	975.86	921.36	910.03	893.79	892.51	868.23	819.87	819.86	819.77
	变化情况	0.01	0.01	0.03	0.34	0.99	43.26	54.59	70.83	72.08	96.37	144.73	144.74	144.83
9 月	建库后	983.68	982.39	979.81	978.98	977.54	974.95	974.95	974.95	974.95	974.95	974.95	974.95	974.95

	建库前	983.63	982.31	979.55	977.63	975.64	921.58	910.15	893.93	892.68	868.40	820.27	820.26	820.18
	变化情况	0.06	0.08	0.26	1.36	1.90	53.37	64.80	81.02	82.27	106.55	154.68	154.69	154.77
10 月	建库后	981.34	980.21	977.93	976.42	975.61	975.09	975.04	975.03	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00
	建库前	981.28	980.10	977.53	974.30	973.04	919.13	908.82	892.21	890.88	866.61	816.11	815.98	815.81
	变化情况	0.06	0.11	0.40	2.12	2.57	55.96	66.22	82.82	84.12	108.39	158.89	159.02	159.19
11 月	建库后	980.65	979.50	977.32	976.90	975.91	975.08	975.04	975.02	975.00	975.00	975.00	975.00	975.00
	建库前	980.63	979.46	976.90	974.07	973.06	918.36	908.23	891.59	890.31	866.06	814.88	814.71	814.49
	变化情况	0.02	0.04	0.42	2.83	2.85	56.73	66.81	83.43	84.69	108.94	160.12	160.29	160.51
12 月	建库后	979.88	978.55	976.59	976.28	975.86	974.85	974.85	974.97	974.93	974.93	974.93	974.93	974.93
	建库前	979.85	978.43	976.16	972.75	972.17	917.37	907.48	890.85	889.66	865.42	813.49	813.27	812.99
	变化情况	0.03	0.12	0.44	3.53	3.69	57.48	67.37	84.13	85.27	109.51	161.44	161.66	161.94



图 5.1-7 丰水年建库前后雅砻江河口上断面水位对比

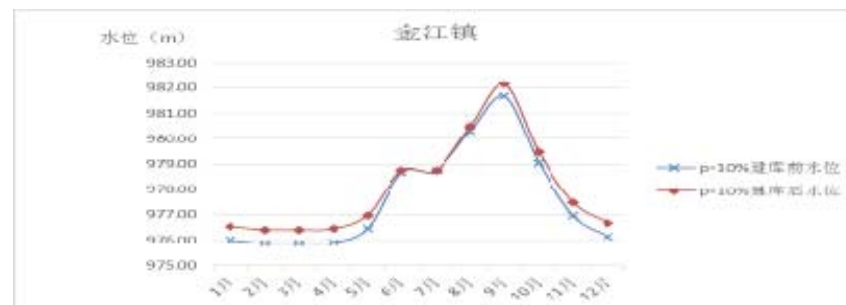


图 5.1-8 丰水年建库前后金江镇断面水位对比

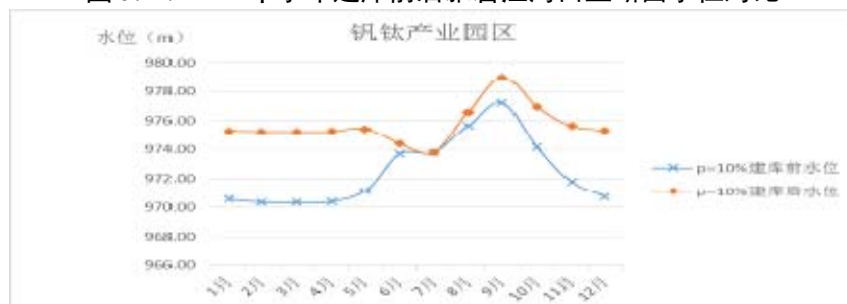


图 5.1-9 丰水年建库前后钒钛产业园区（马店河口）断面水位对比

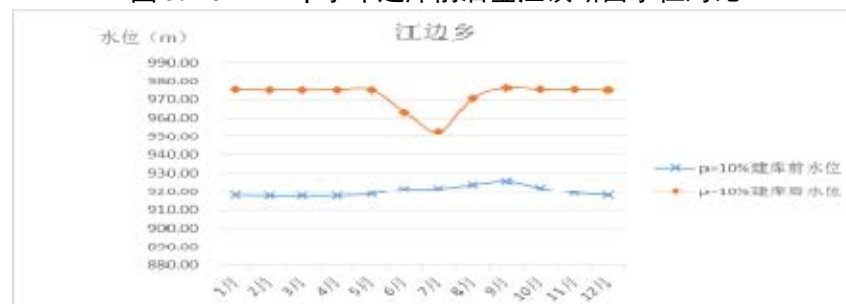


图 5.1-10 丰水年建库前后江边乡断面水位对比

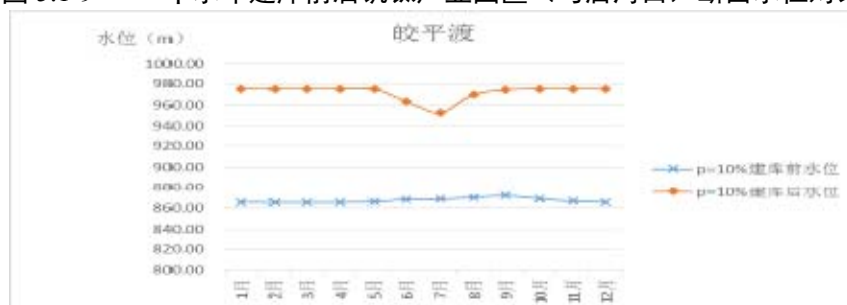


图 5.1-11 丰水年建库前后皎平渡断面水位对比



图 5.1-12 丰水年建库前后坝址断面水位对比

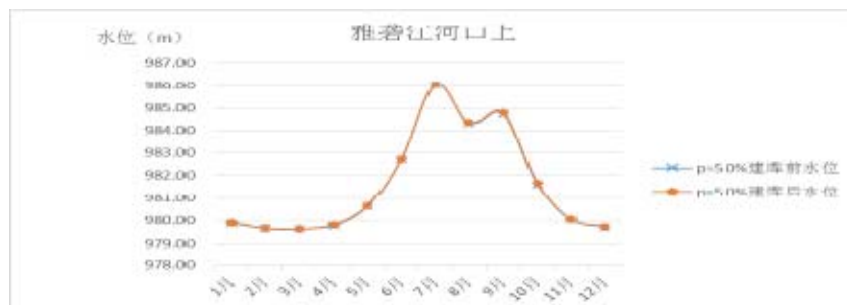


图 5.1-13 平水年建库前后雅砻江河口上断面水位对比

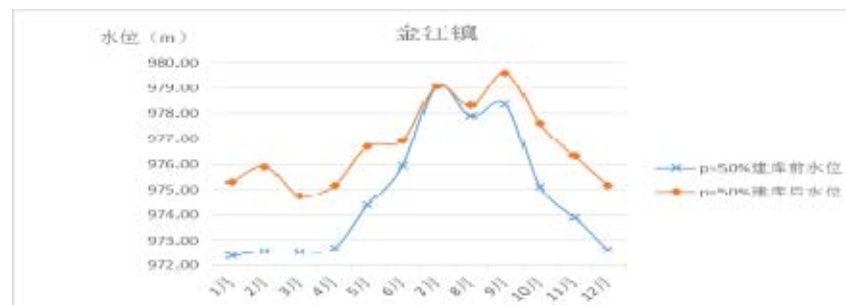


图 5.1-14 平水年建库前后金江镇断面水位对比

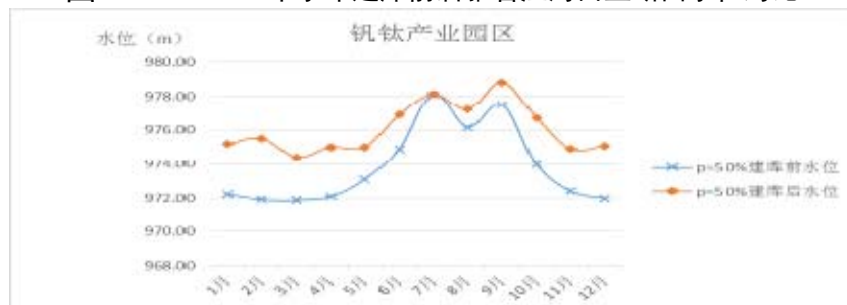


图 5.1-15 平水年建库前后钒钛产业园（马店河口）断面水位对比

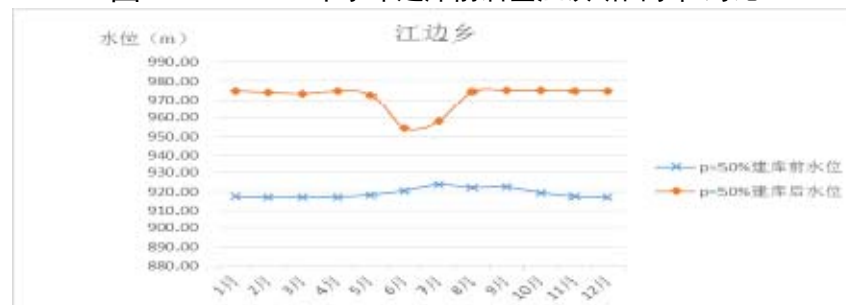


图 5.1-16 平水年建库前后江边乡断面水位对比



图 5.1-17 平水年建库前后皎平渡断面水位对比



图 5.1-18 平水年建库前后坝址断面水位对比



图 5.1-19 枯水年建库前后雅砻江河口上断面水位对比

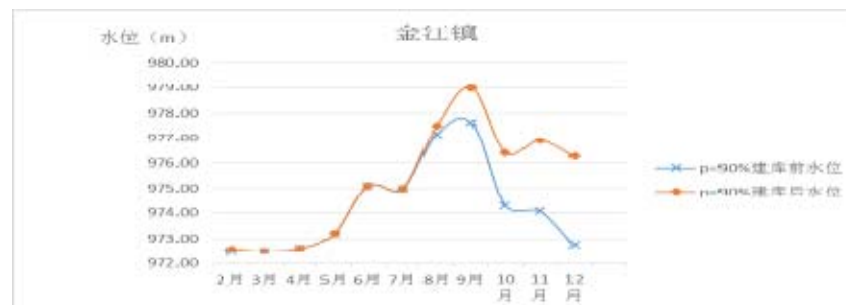


图 5.1-20 枯水年建库前后金江镇断面水位对比



图 5.1-21 枯水年建库前后钒钛产业园区（马店河口）断面水位对比



图 5.1-22 枯水年建库前后江边乡断面水位对比



图 5.1-23 枯水年建库前后皎平渡断面水位对比



图 5.1-24 枯水年建库前后坝址断面水位对比

2) 流速变化分析

参照相关工程计算经验，受计算精度影响，各断面流速变幅低于 0.05m/s 的可以认为该断面水位基本上没有变化。根据计算，建库前后，库区各主要控制断面流速变化较大，建库后库区流速总体呈自上游向下各断面流速逐渐减小的趋势。

乌东德水电站建成运行后，受水库回水影响，部分河段流速变化明显。根据计算，丰水年库尾金江镇及其以上断面逐月流速变化不明显，因此，从水动力条件变化来看，乌东德水库蓄水后，钒钛产业园区断面除 7 月份外，其余月份流速变化幅度均达到 0.1m/s 以上，库区钒钛产业园区以下断面流速变化均较为明显，库区河段由急流转为缓流。

平水年，电站 6 月中旬至 8 月下泄库水，水库运行水位较低，库尾河段流速相对建库前基本无变化。该时段，水库运行影响显著区域集中在会理县茅坪子以下河段，受影响河段流速变化相对明显，总体呈愈接近坝址流速愈低的趋势。平水年其他月份，水库均在 973.9m 以上运行。库尾金江镇以上河段流速变化均不显著。钒钛产业园区马店河口断面各月流速相对建库前变化幅度均在 0.9m/s 以上，尤以年内枯水期最为显著。

枯水年，由于上游来流相对较小，全年金江镇以上河段流速变化均不明显，钒钛产业园区流速显著变化时段主要集中在年内 1、2、9、10、11、以及 12 月份，其余月份基本无变化。钒钛产业园区以下河段流速变化较为明显，变化趋势同平水年。

综上，乌东德水电站运行后，库尾金江镇以上断面流速相对建库前均无较大变化，钒钛产业园区断面在平水年枯水期变化最为显著。各典型年库区钒钛产业园区以下河段流速变化均较为明显，该河段由急流转为缓流。

表 5.1-18 丰水年 (P=10%) 乌东德水电站建库前后库区典型断面流速变化对比 单位: m/s

月份	断面	雅砻江河口上	雅砻江河口下	三堆子	金江镇	钒钛工业园	江边乡	勐果河下	尘河下	热水塘	皎平渡	鲹鱼河下	坝上 1km	坝址
		W101	W100	W98	W96	W92	W62	W50	W39	W36	W20	W05	W02	W01
	距坝址距离 (m)	201670	199970	195880	191780	184090	109310	86600	68730	63160	32650	6880	1000	0
1 月	建库后	1.48	1.89	1.54	0.95	0.68	0.11	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02
	建库前	1.50	1.92	1.68	1.01	1.12	3.42	3.18	2.79	1.48	1.83	2.96	1.44	2.15
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.05	-0.44	-3.32	-3.15	-2.75	-1.44	-1.78	-2.92	-1.41	-2.13
2 月	建库后	1.46	1.82	1.48	0.90	0.63	0.10	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02
	建库前	1.48	1.85	1.62	0.95	1.07	3.45	3.10	2.75	1.45	1.76	2.86	1.49	2.51
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.05	-0.44	-3.35	-3.07	-2.70	-1.42	-1.71	-2.83	-1.46	-2.49
3 月	建库后	1.46	1.81	1.47	0.90	0.63	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.02
	建库前	1.47	1.84	1.62	0.95	1.07	3.45	3.10	2.75	1.45	1.75	2.86	1.50	2.54
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.05	-0.44	-3.36	-3.06	-2.70	-1.41	-1.71	-2.82	-1.47	-2.52
4 月	建库后	1.46	1.83	1.49	0.91	0.64	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02
	建库前	1.48	1.86	1.63	0.96	1.08	3.44	3.11	2.76	1.46	1.77	2.88	1.48	2.45
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.05	-0.44	-3.34	-3.08	-2.71	-1.42	-1.73	-2.85	-1.45	-2.43
5 月	建库后	1.54	2.13	1.71	1.11	0.82	0.13	0.04	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03
	建库前	1.57	2.17	1.85	1.17	1.26	3.38	3.35	2.92	1.54	2.02	3.23	1.34	1.66
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.06	-0.44	-3.25	-3.31	-2.86	-1.50	-1.96	-3.18	-1.31	-1.63
6 月	建库后	1.82	3.36	2.59	2.01	1.91	0.41	0.14	0.15	0.13	0.16	0.12	0.06	0.05
	建库前	1.83	3.37	2.61	2.03	2.03	3.36	3.64	3.44	1.74	2.93	4.04	1.22	1.08
	变化情况	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.11	-2.96	-3.50	-3.29	-1.61	-2.77	-3.92	-1.16	-1.02
7 月	建库后	1.85	3.45	2.66	2.09	2.08	0.46	0.18	0.28	0.12	0.18	0.12	0.10	0.07
	建库前	1.85	3.45	2.66	2.09	2.08	3.37	3.66	3.46	1.75	3.00	3.99	1.24	1.09
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.91	-3.47	-3.17	-1.63	-2.82	-3.87	-1.14	-1.01
8 月	建库后	2.02	4.28	3.15	2.70	2.44	0.51	0.14	0.19	0.15	0.18	0.14	0.03	0.06
	建库前	2.03	4.29	3.19	2.73	2.62	3.49	3.81	3.60	1.90	3.58	3.19	1.30	1.07
	变化情况	-0.01	-0.01	-0.04	-0.03	-0.18	-2.98	-3.67	-3.41	-1.76	-3.40	-3.05	-1.27	-1.01

9 月	建库后	2.19	5.02	3.54	3.22	2.75	1.20	0.13	0.25	0.19	0.26	0.19	0.12	0.11
	建库前	2.21	5.06	3.64	3.31	3.10	3.66	3.95	3.72	2.06	4.12	2.90	1.42	1.14
	变化情况	-0.02	-0.04	-0.10	-0.10	-0.35	-2.46	-3.82	-3.47	-1.87	-3.86	-2.70	-1.30	-1.04
10 月	建库后	1.87	3.60	2.68	2.16	1.75	0.18	0.11	0.13	0.10	0.14	0.11	0.08	0.06
	建库前	1.89	3.63	2.78	2.23	2.20	3.40	3.69	3.49	1.79	3.14	3.88	1.26	1.09
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.10	-0.07	-0.44	-3.22	-3.59	-3.36	-1.69	-3.00	-3.77	-1.19	-1.03
11 月	建库后	1.62	2.44	1.92	1.32	1.00	0.15	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.03
	建库前	1.64	2.47	2.05	1.39	1.45	3.35	3.51	3.09	1.61	2.28	3.61	1.29	1.36
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.13	-0.06	-0.45	-3.20	-3.45	-3.02	-1.55	-2.20	-3.55	-1.24	-1.32
12 月	建库后	1.50	1.97	1.60	1.01	0.72	0.11	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02
	建库前	1.51	1.98	1.74	1.06	1.16	3.40	3.25	2.84	1.51	1.90	3.05	1.38	1.86
	变化情况	-0.01	-0.01	-0.14	-0.05	-0.44	-3.29	-3.21	-2.79	-1.46	-1.84	-3.01	-1.35	-1.84

表 5.1-19 平水年（P=50%）乌东德水电站建库前后库区典型断面流速变化对比 单位：m/s

月份	断面	雅砻江河口上	雅砻江河口下	三堆子	金江镇	钒钛工业园	江边乡	勐果河下	尘河下	热水塘	皎平渡	鲹鱼河下	坝上 1km	坝址
		W101	W100	W98	W96	W92	W62	W50	W39	W36	W20	W05	W02	W01
	距坝址距离（m）	201670	199970	195880	191780	184090	109310	86600	68730	63160	32650	6880	1000	0
1 月	建库后	1.44	1.76	1.44	0.86	0.60	0.09	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.02
	建库前	1.46	1.79	1.58	0.91	1.04	3.46	3.02	2.72	1.43	1.70	2.66	1.32	2.05
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.05	-0.43	-3.37	-2.99	-2.67	-1.39	-1.65	-2.63	-1.29	-2.02
2 月	建库后	1.41	1.67	1.40	0.81	0.57	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02
	建库前	1.42	1.68	1.49	0.83	0.97	3.47	2.87	2.65	1.39	1.60	2.53	1.39	2.65
	变化情况	-0.01	-0.02	-0.09	-0.03	-0.40	-3.40	-2.82	-2.61	-1.35	-1.56	-2.49	-1.36	-2.63
3 月	建库后	1.41	1.66	1.43	0.81	0.59	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02
	建库前	1.41	1.67	1.48	0.83	0.96	3.47	2.85	2.65	1.38	1.59	2.50	1.39	2.71
	变化情况	0.00	-0.01	-0.05	-0.02	-0.37	-3.43	-2.81	-2.61	-1.35	-1.55	-2.47	-1.37	-2.69
4 月	建库后	1.43	1.73	1.42	0.84	0.59	0.12	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02

	建库前	1.44	1.75	1.55	0.88	1.01	3.46	2.95	2.69	1.41	1.66	2.60	1.34	2.26
	变化情况	-0.01	-0.03	-0.13	-0.04	-0.42	-3.35	-2.93	-2.65	-1.38	-1.61	-2.57	-1.32	-2.24
5 月	建库后	1.55	2.12	1.75	1.12	0.94	0.11	0.03	0.06	0.05	0.06	0.05	0.02	0.02
	建库前	1.56	2.15	1.83	1.15	1.25	3.39	3.35	2.90	1.54	2.00	3.08	1.21	1.41
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.08	-0.03	-0.30	-3.28	-3.32	-2.84	-1.49	-1.93	-3.03	-1.19	-1.39
6 月	建库后	1.75	3.00	2.38	1.76	1.79	0.36	0.15	0.14	0.12	0.15	0.10	0.09	0.06
	建库前	1.75	3.00	2.38	1.76	1.79	3.37	3.59	3.28	1.69	2.65	3.55	1.17	1.09
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.01	-3.44	-3.14	-1.57	-2.50	-3.45	-1.08	-1.03
7 月	建库后	2.02	4.25	3.17	2.70	2.59	0.56	0.22	0.23	0.17	0.24	0.19	0.12	0.10
	建库前	2.02	4.25	3.17	2.70	2.59	3.48	3.80	3.59	1.90	3.56	2.98	1.25	1.03
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-2.92	-3.58	-3.36	-1.72	-3.32	-2.80	-1.14	-0.93
8 月	建库后	1.87	3.60	2.71	2.17	1.85	0.36	0.11	0.12	0.11	0.12	0.08	0.07	0.06
	建库前	1.88	3.61	2.76	2.21	2.19	3.39	3.68	3.50	1.78	3.12	3.59	1.18	1.00
	变化情况	-0.01	-0.02	-0.05	-0.04	-0.34	-3.03	-3.58	-3.37	-1.67	-2.99	-3.50	-1.11	-0.95
9 月	建库后	1.90	3.75	2.79	2.27	1.85	0.30	0.13	0.14	0.12	0.15	0.11	0.09	0.07
	建库前	1.91	3.77	2.87	2.33	2.29	3.40	3.71	3.52	1.81	3.23	3.37	1.20	1.01
	变化情况	-0.01	-0.03	-0.08	-0.06	-0.44	-3.10	-3.59	-3.38	-1.69	-3.08	-3.25	-1.10	-0.94
10 月	建库后	1.63	2.52	1.97	1.38	1.06	0.18	0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.05	0.03
	建库前	1.65	2.54	2.10	1.44	1.50	3.36	3.48	3.12	1.61	2.33	3.56	1.20	1.23
	变化情况	-0.01	-0.02	-0.12	-0.06	-0.44	-3.18	-3.43	-3.04	-1.55	-2.26	-3.49	-1.15	-1.20
11 月	建库后	1.47	1.84	1.52	0.92	0.66	0.09	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01
	建库前	1.48	1.85	1.63	0.96	1.08	3.44	3.11	2.76	1.46	1.77	2.76	1.30	1.86
	变化情况	-0.01	-0.01	-0.11	-0.04	-0.42	-3.36	-3.07	-2.71	-1.42	-1.73	-2.73	-1.28	-1.84
12 月	建库后	1.41	1.68	1.36	0.80	0.56	0.08	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02
	建库前	1.43	1.71	1.51	0.85	0.98	3.47	2.90	2.67	1.40	1.62	2.55	1.37	2.47
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.15	-0.05	-0.43	-3.38	-2.86	-2.63	-1.36	-1.58	-2.52	-1.34	-2.46

表 5.1-20 枯水年 (P=90%) 乌东德水电站建库前后库区典型断面流速变化对比 单位: m/s

月份	断面	雅砻江河口上	雅砻江河口下	三堆子	金江镇	钒钛工业园	江边乡	勐果河下	尘河下	热水塘	皎平渡	鲹鱼河下	坝上 1km	坝址
	距坝址距离 (m)	W101	W100	W98	W96	W92	W62	W50	W39	W36	W20	W05	W02	W01
		201670	199970	195880	191780	184090	109310	86600	68730	63160	32650	6880	1000	0
1 月	建库后	1.40	1.64	1.41	0.79	0.59	0.06	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01
	建库前	1.40	1.65	1.47	0.81	0.95	3.48	2.82	2.62	1.37	1.56	2.48	1.44	3.15
	变化情况	0.00	-0.01	-0.05	-0.02	-0.35	-3.42	-2.79	-2.58	-1.33	-1.52	-2.45	-1.42	-3.13
2 月	建库后	1.40	1.63	1.45	0.79	0.79	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02
	建库前	1.40	1.63	1.45	0.80	0.94	3.48	2.81	2.60	1.36	1.54	2.46	1.46	3.35
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.14	-3.44	-2.77	-2.57	-1.33	-1.50	-2.42	-1.42	-3.33
3 月	建库后	1.40	1.64	1.46	0.80	0.94	0.09	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.02	0.01
	建库前	1.40	1.64	1.46	0.80	0.94	3.48	2.81	2.61	1.36	1.55	2.47	1.46	3.23
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.39	-2.78	-2.57	-1.33	-1.51	-2.43	-1.44	-3.22
4 月	建库后	1.42	1.70	1.51	0.85	0.98	0.12	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03
	建库前	1.42	1.70	1.51	0.85	0.98	3.47	2.88	2.66	1.39	1.60	2.53	1.39	2.69
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.36	-2.83	-2.61	-1.35	-1.54	-2.48	-1.33	-2.66
5 月	建库后	1.51	1.96	1.71	1.03	1.14	0.14	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.03
	建库前	1.51	1.96	1.71	1.03	1.14	3.42	3.21	2.81	1.49	1.84	2.87	1.26	1.64
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.28	-3.16	-2.75	-1.44	-1.79	-2.83	-1.21	-1.62
6 月	建库后	1.65	2.54	2.09	1.43	1.49	0.22	0.09	0.09	0.08	0.09	0.06	0.05	0.03
	建库前	1.65	2.54	2.09	1.43	1.49	3.36	3.48	3.12	1.61	2.30	3.48	1.18	1.21
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.15	-3.39	-3.03	-1.53	-2.21	-3.42	-1.13	-1.19
7 月	建库后	1.69	2.70	2.20	1.55	1.59	0.30	0.12	0.11	0.09	0.12	0.08	0.05	0.04
	建库前	1.69	2.70	2.20	1.55	1.59	3.35	3.56	3.21	1.64	2.43	3.68	1.16	1.11
	变化情况	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.05	-3.43	-3.10	-1.55	-2.31	-3.60	-1.11	-1.07
8 月	建库后	1.81	3.27	2.54	1.95	1.90	0.29	0.13	0.13	0.09	0.11	0.09	0.03	0.02
	建库前	1.81	3.27	2.55	1.96	1.97	3.36	3.63	3.43	1.72	2.86	3.93	1.17	1.03
	变化情况	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.06	-3.07	-3.49	-3.29	-1.63	-2.76	-3.84	-1.14	-1.01
9 月	建库后	1.81	3.33	2.52	1.96	1.58	0.30	0.10	0.12	0.10	0.12	0.09	0.07	0.05

	建库前	1.82	3.36	2.60	2.02	2.02	3.37	3.64	3.45	1.73	2.93	3.92	1.17	1.02
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.08	-0.06	-0.44	-3.06	-3.54	-3.33	-1.63	-2.80	-3.83	-1.10	-0.97
10 月	建库后	1.61	2.40	1.89	1.29	0.98	0.15	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.04	0.03
	建库前	1.63	2.43	2.02	1.36	1.42	3.36	3.52	3.06	1.61	2.23	3.42	1.19	1.22
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.13	-0.06	-0.44	-3.21	-3.46	-3.00	-1.55	-2.16	-3.36	-1.15	-1.19
11 月	建库后	1.54	2.10	1.69	1.09	0.80	0.12	0.04	0.05	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02
	建库前	1.54	2.11	1.82	1.15	1.24	3.39	3.35	2.90	1.54	1.99	3.08	1.23	1.44
	变化情况	-0.01	-0.01	-0.14	-0.06	-0.44	-3.27	-3.30	-2.85	-1.49	-1.93	-3.03	-1.20	-1.41
12 月	建库后	1.44	1.75	1.43	0.85	0.60	0.11	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02
	建库前	1.45	1.78	1.57	0.90	1.02	3.47	2.99	2.70	1.42	1.67	2.63	1.35	2.23
	变化情况	-0.02	-0.03	-0.14	-0.05	-0.43	-3.36	-2.96	-2.66	-1.39	-1.63	-2.60	-1.32	-2.21



图 5.1-25 丰水年建库前后雅砻江河口上断面流速对比

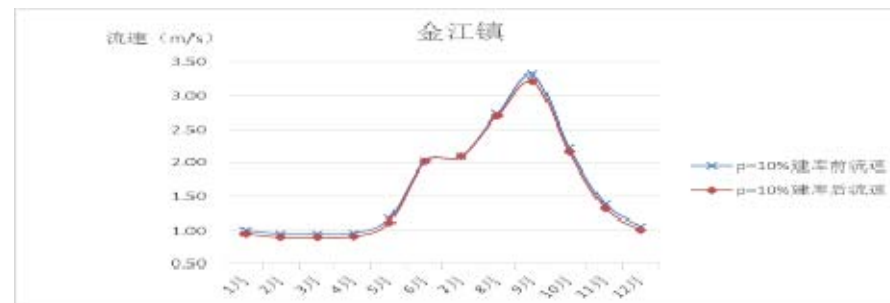


图 5.1-26 丰水年建库前后金江镇断面流速对比

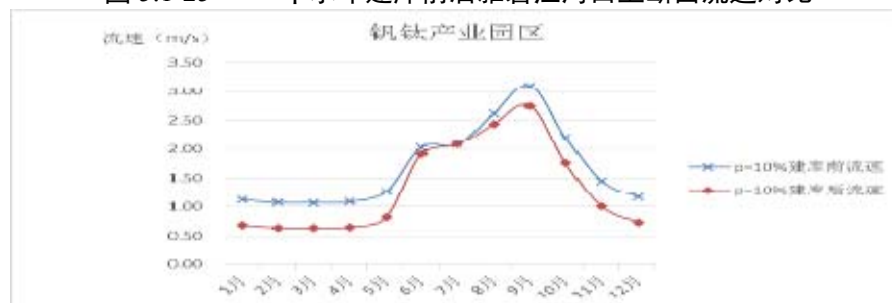


图 5.1-27 丰水年建库前后钒钛产业园区（马店河口）断面流速对比

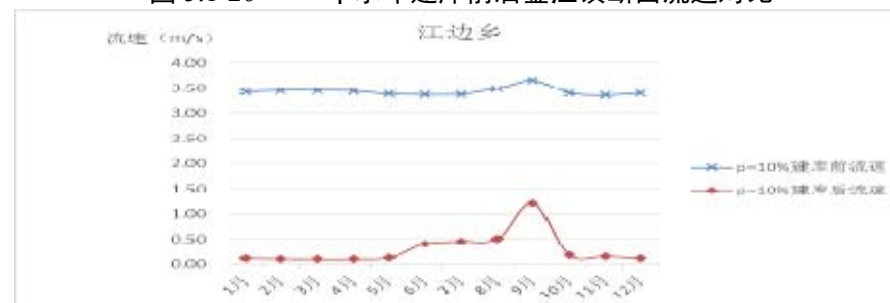


图 5.1-28 丰水年建库前后江边乡断面流速对比

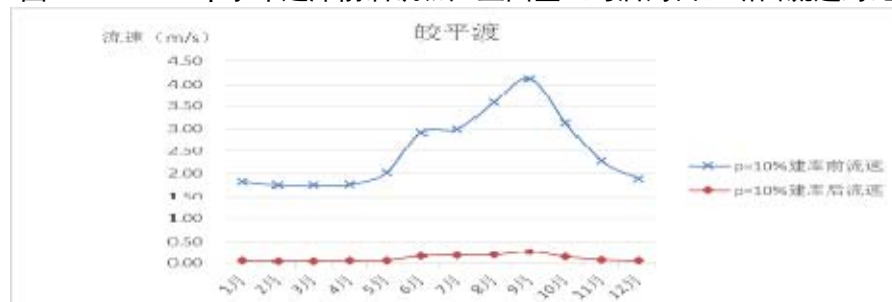


图 5.1-29 丰水年建库前后皎平渡断面流速对比

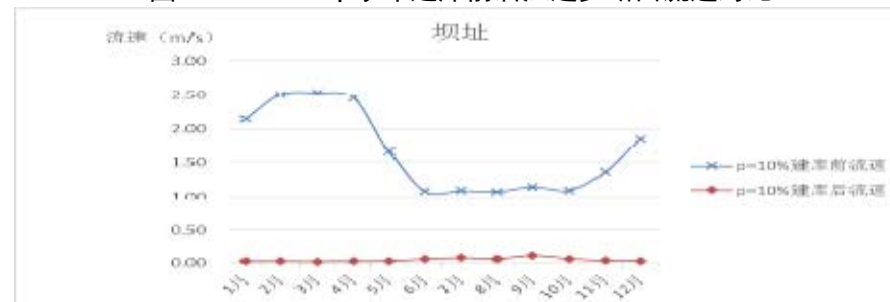


图 5.1-30 丰水年建库前后坝址断面流速对比

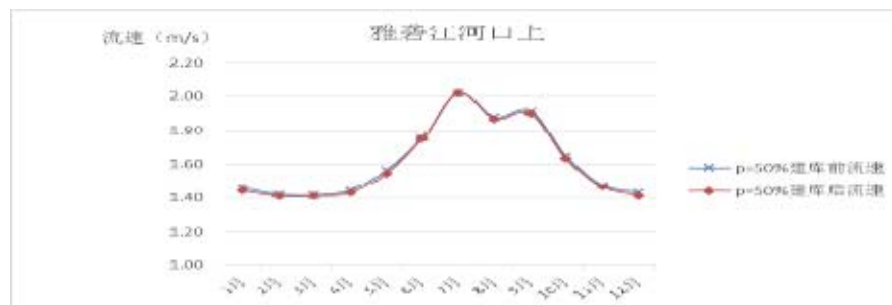


图 5.1-31 平水年建库前后雅砻江河口上断面流速对比

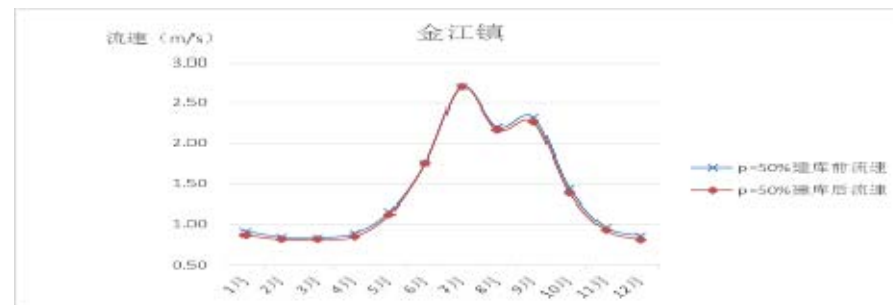


图 5.1-32 平水年建库前后金江镇断面流速对比

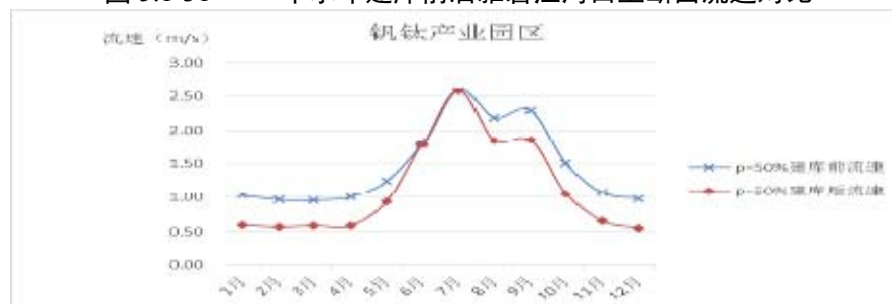


图 5.1-33 平水年建库前后钒钛产业园区（马店河口）断面流速对比

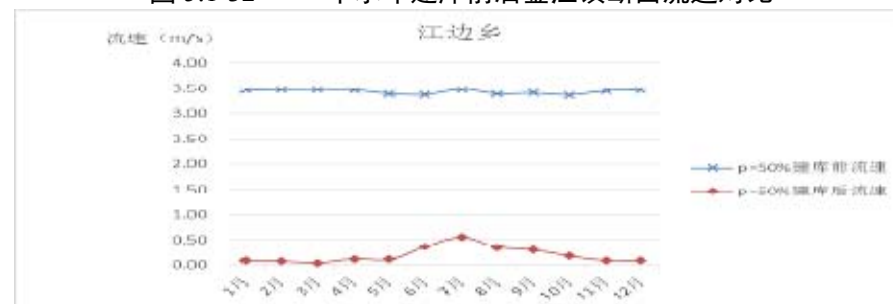


图 5.1-34 平水年建库前后江边乡断面流速对比

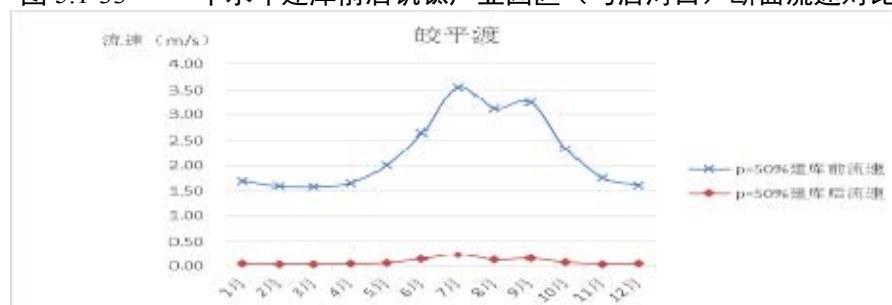


图 5.1-35 平水年建库前后皎平渡断面流速对比

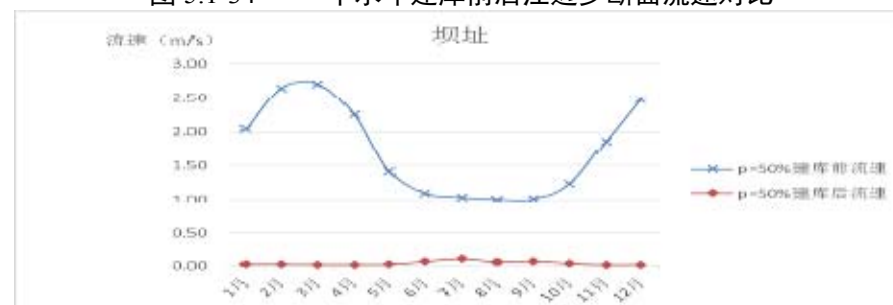


图 5.1-36 平水年建库前后坝址断面流速对比

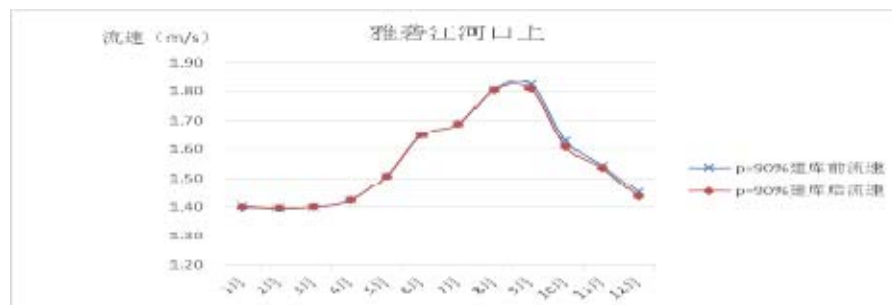


图 5.1-37 枯水年建库前后雅砻江河口上断面流速对比

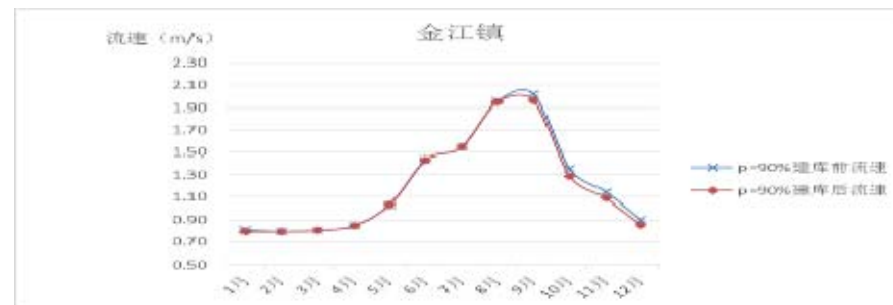


图 5.1-38 枯水年建库前后金江镇断面流速对比

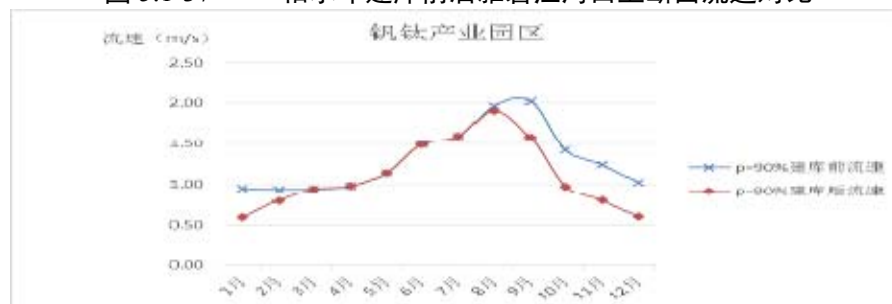


图 5.1-39 枯水年建库前后钒钛产业园区（马店河口）断面流速对比

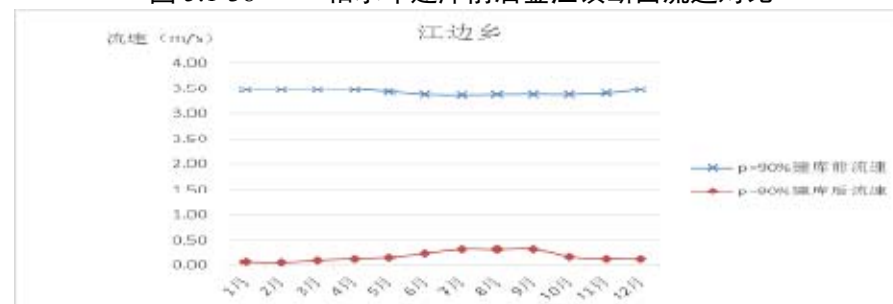


图 5.1-40 枯水年建库前后江边乡断面流速对比



图 5.1-41 枯水年建库前后皎平渡断面流速对比

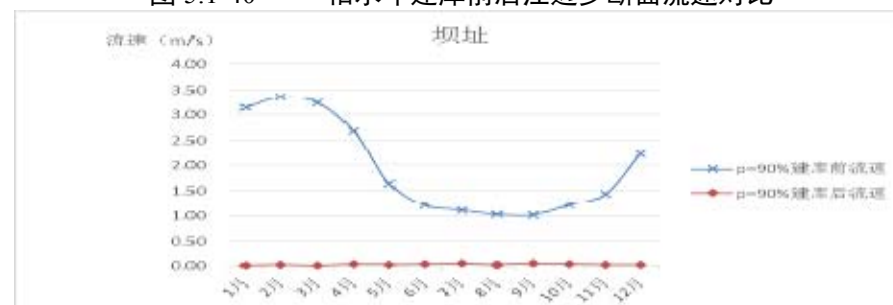


图 5.1-42 枯水年建库前后坝址断面流速对比

5.1.4.3 坝下游河段水文情势变化分析

(1) 评价范围

乌东德水库电站尾水与白鹤滩回水衔接,由于乌东德水库与白鹤滩水库同时建设,根据三峡集团公司与乌东德、白鹤滩电站设计施工方协调规划,乌东德先于白鹤滩水电站建成,因此,本次评价考虑乌东德水电站已建成蓄水,白鹤滩水库蓄水之前,分析评价乌东德建成后对坝下游水位、流量、流速的影响。评价范围选取坝下游 30km 河段。

(2) 评价方法

评价方法采用对比分析法。基于长序列水文资料以及乌东德水库年内运行方式,首先对不同频率坝址水文要素进行对比分析,分析建库前后丰、平、枯水年以及多年平均条件下坝下流量、水位的变化。

(3) 计算结果分析

1) 流量影响分析

根据径流调节成果,将坝址处建库前流量过程与乌东德水电站坝址下泄流量过程进行对比计算分析。

①多年平均条件下

建库后,多年平均条件下,坝址下泄年均流量较建库前减少 0.09%。5、8 月份下泄流量较建库前有所减少,5 月份流量由 $2439 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少至 $2290 \text{ m}^3/\text{s}$,减少量为 $149 \text{ m}^3/\text{s}$,减少程度为 6.11%;8 月份流量由 $7448 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少至 $6524 \text{ m}^3/\text{s}$,减少量为 $925 \text{ m}^3/\text{s}$,减少程度为 12.41%。1~4 月份、6、12 月份流量较建库前有所增加,其中尤以 6 月份增加明显,流量由建库前的 $3938 \text{ m}^3/\text{s}$ 增加至 $4379 \text{ m}^3/\text{s}$,增加量为 $788 \text{ m}^3/\text{s}$;其余月份下泄流量较建库前流量增加量为 $9\sim 90 \text{ m}^3/\text{s}$,增加程度为 0.43%~5.07%。7、9、10、11 月份下泄流量较建库前基本没有变化。

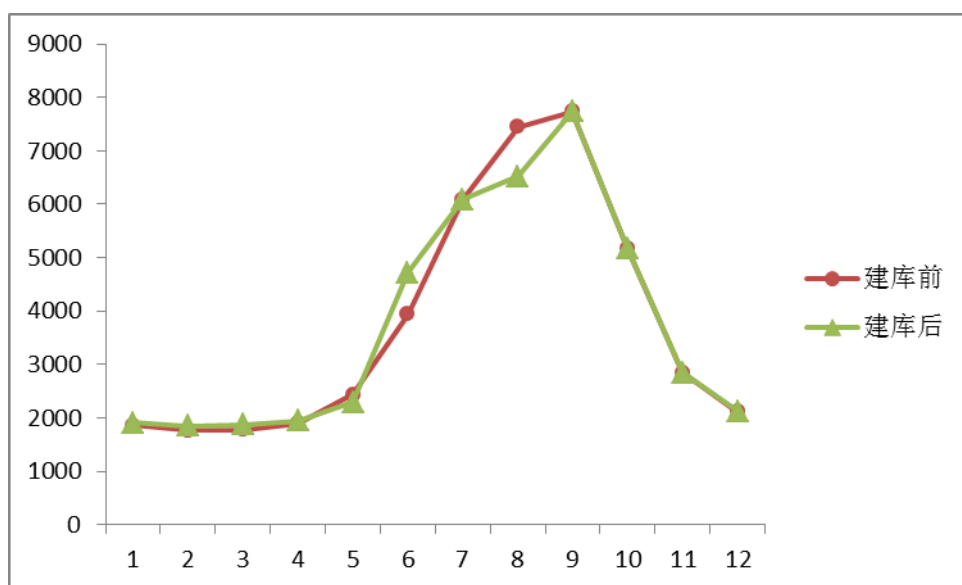


图 5.1-43 建库前后坝址处多年平均下泄流量过程对比

②不同保证率条件下

建库后， $P=10\%$ 、 50% 、 90% 各保证率条件下，除 $P=10\%$ 保证率下年平均下泄流量较建库前有所减少外，其余典型年年平均下泄流量较建库前均有所增加。 $P=10\%$ 保证率下，仅 8 月份下泄流量较建库前有所减少，流量由 $7959 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少至 $7034 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减少量为 $925 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减少程度为 11.62% 。6 月份流量有所增加，流量由 $5561 \text{ m}^3/\text{s}$ 增加至 $6485 \text{ m}^3/\text{s}$ ，增加量为 $924 \text{ m}^3/\text{s}$ ，增加程度为 16.62% ，年平均下泄流量较建库前流量减少 0.06% ，减少不明显； $P=50\%$ 保证率下，4、8 月份流量较建库前有所减少，尤以 8 月份流量较少最为明显，流量由 $6070 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少至 $5146 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减少 $924 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减少程度为 15.23% ，年内其余月份流量均有所增加或者不变，尤以 6 月份增加明显，增加量为 $924 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $P=90\%$ 保证率下，5、8 月份流量较建库前有所减少，流量分别由 $2633 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4994 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少至 $1970 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4069 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减少量分别为 $663 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $924 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减少程度分别为 25.19% 、 18.52% ，年内枯水期流量较建库前均有所增加，年平均下泄流量较建库前流量增加 0.04% 。

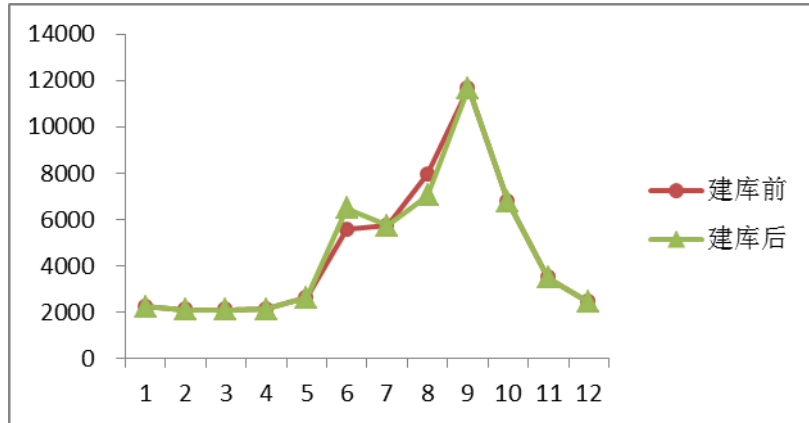


图 5.1-44 建库前后坝址处下泄流量过程 (P=10%)

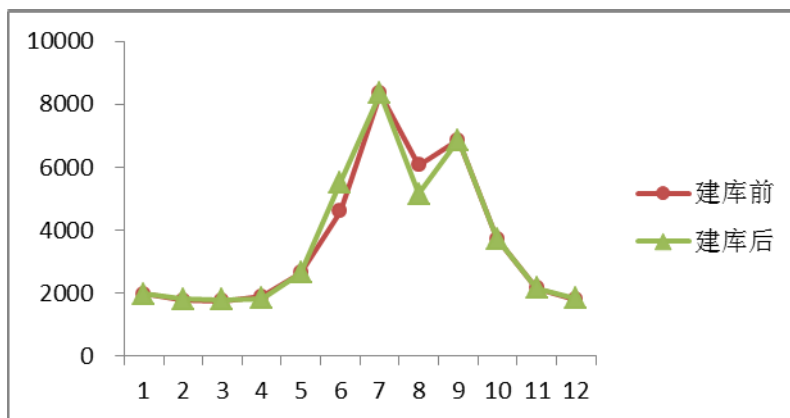


图 5.1-45 建库前后坝址处下泄流量过程 (P=50%)

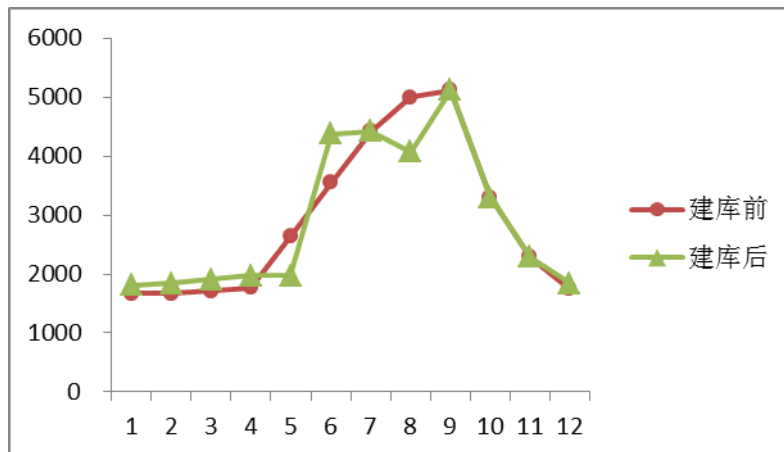


图 5.1-46 建库前后坝址处下泄流量过程 (P=90%)

综上所述，由于乌东德水库防洪功能作用，在汛期，尤其是8月份，水库调洪运行时，坝下游流量较建库前流量减少明显，水库调洪削峰作用明显。6月份水库需腾空库容，水库水位降至汛限水位以下，下泄流量较建库前有所增加。其余月份，受水库调节能力及水电站发电影响，下泄流量较建库前有所增加或者不

变。各典型年建库后年平均下泄流量较建库前均有所变化，变化程度均低于 1%，变化不明显；各典型年汛期减水程度相对较大，但年内枯水期下游流量增加明显，因此对下游影响较小，年内径流分配过程坦化。多年平均条件下，建库后多年平均流量较建库前仅减少 $3\text{m}^3/\text{s}$ ，主要是由于水库蒸发、渗漏影响。因此水电站建设对下游流量影响较小。

表 5.1-21 建库前后坝址下游处流量变化情况对比表（多年平均） 单位：m³/s

多年平均条件	工况	年内径流分配情况												年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	建库前	1862	1768	1781	1900	2439	3938	6095	7448	7740	5174	2849	2110	3738
	建库后	1908	1847	1871	1950	2290	4725	6095	6524	7740	5174	2849	2119	3735
	变化量	45	80	90	50	-149	788	0	-925	0	0	0	9	-3
	变化程度	2.44%	4.50%	5.07%	2.64%	-6.11%	20.00%	0.00%	-12.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.43%	-0.09%

表 5.1-22 建库前后坝址下游处流量变化情况对比表（P=10%） 单位：m³/s

典型年	工况	年内径流分配情况												年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
10%	建库前	2245	2094	2093	2124	2619	5561	5725	7959	11657	6747	3488	2432	4517
	建库后	2245	2094	2093	2124	2619	6485	5725	7034	11657	6747	3488	2432	4514
	变化量	0	0	0	0	0	924	0	-925	0	0	0	0	-3
	变化程度	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.62%	0.00%	-11.62%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.06%

表 5.1-23 建库前后坝址下游处流量变化情况对比表（P=50%） 单位：m³/s

典型年	工况	年内径流分配情况												年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
50%	建库前	1966	1774	1756	1897	2638	4601	8353	6070	6854	3716	2148	1785	3614
	建库后	1966	1802	1790	1833	2638	5524	8353	5146	6854	3716	2148	1838	3616
	变化量	0	28	34	-64	0	924	0	-924	0	0	0	53	2
	变化程度	0.00%	1.56%	1.91%	-3.37%	0.00%	20.08%	0.00%	-15.23%	0.00%	0.00%	0.00%	2.98%	0.05%

表 5.1-24 建库前后坝址下游处流量变化情况对比表 (P=90%) 单位: m³/s

典型年	工况	年内径流分配情况												年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
90%	建库前	1664	1665	1713	1771	2633	3545	4422	4994	5112	3298	2284	1747	2892
	建库后	1807	1842	1903	1968	1970	4379	4422	4069	5112	3298	2284	1847	2894
	变化量	143	177	190	198	-663	833	0	-925	0	0	0	100	1
	变化程度	8.59%	10.61%	11.11%	11.16%	-25.19%	23.51%	0.00%	-18.52%	0.00%	0.00%	0.00%	5.72%	0.04%

2) 水位变化分析

①多年平均条件下水位变化

坝下游断面多年平均条件下，水位最大增量为 1.6m，最大减幅为 1.4m，坝下游 8 月份水位减幅最大，6 月份增幅最大为 1.6m。1~4 月份水位变幅不大，变幅范围为 0.1~0.2m，5 月份水位降低 0.3m。其余月份水位不变。

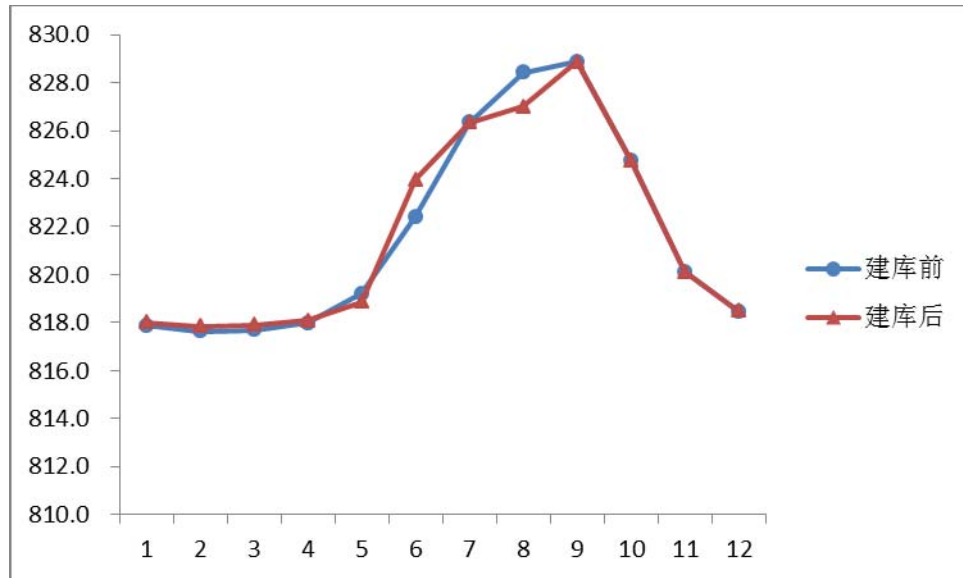


图 5.1-47 建库前后坝下游多年平均水位对比

②不同保证率条件下水位变化

P=10%保证率条件下，年内坝址下游断面水位最大增幅为 1.5m，最大减幅为 1.4m。丰水期，受水库调洪削峰影响，下游水位降低明显，以 8 月份最为明显；6 月份水位有所抬高，抬高约 1.5m，其余月份水位基本无变化。

P=50%保证率条件下，年内坝址下游断面水位最大增幅为 1.7m，最大减幅为 1.6m。变化同丰水年，8 月份水位降低明显，降低约 1.6m；6 月份水位有所抬高，抬高约 1.7m。年内 1~4 月份水位有所上升，上升范围为 0.4~0.5m。

P=90%保证率条件下，年内坝址下游断面水位最大增幅为 1.7m，最大减幅为 1.8m。坝下游断面水位变化情况较丰水年、平水年剧烈。8 月份水位降低 1.6m，降低明显；6 月份水位抬高 1.7m。年内 1~4 月份水位有所上升，上升范围为 0.4~0.5m。

综上所述，乌东德水电站建库后，坝下游水位受水库调蓄影响较大，总体趋于坦化。丰水期，受水库调洪削峰作用，坝下游水位有明显降低，平水期水位较建库前变化不大，枯水期水位均高于天然条件下的水位。

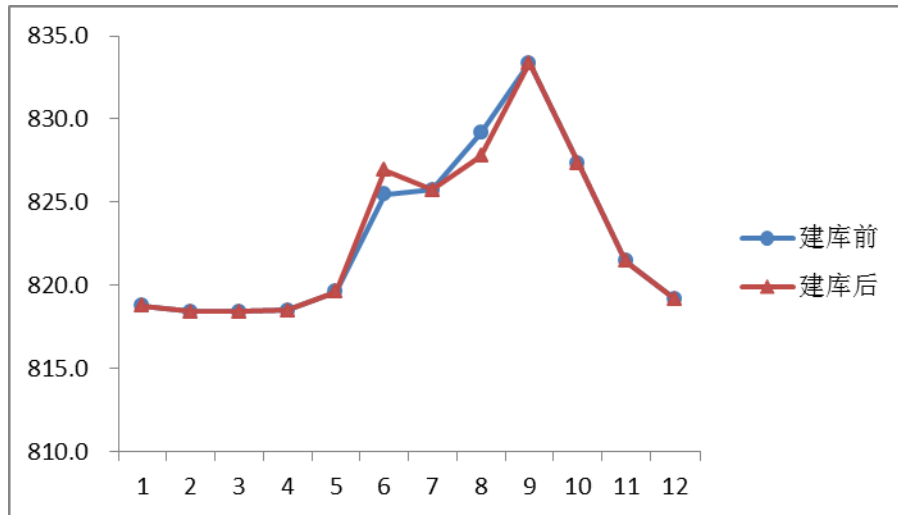


图 5.1-48 建库前后坝下游水位对比 (P=10%)

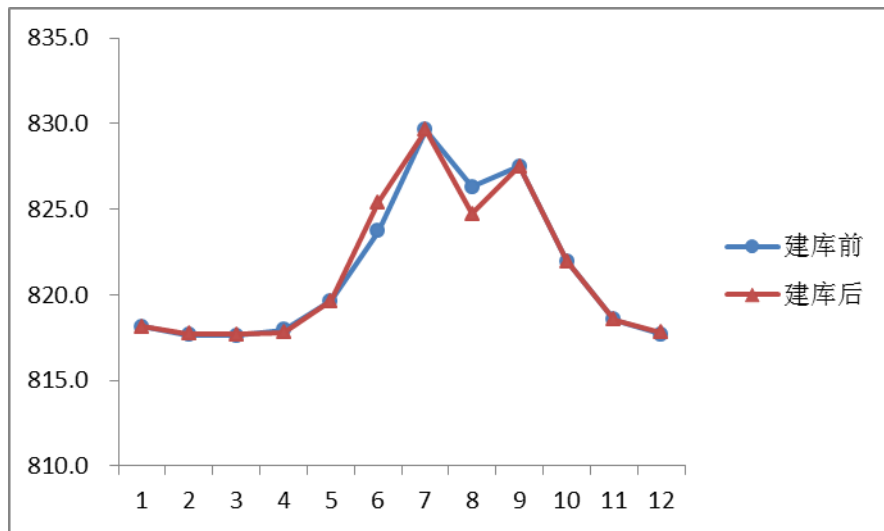


图 5.1-49 建库前后坝下游水位对比 (P=50%)

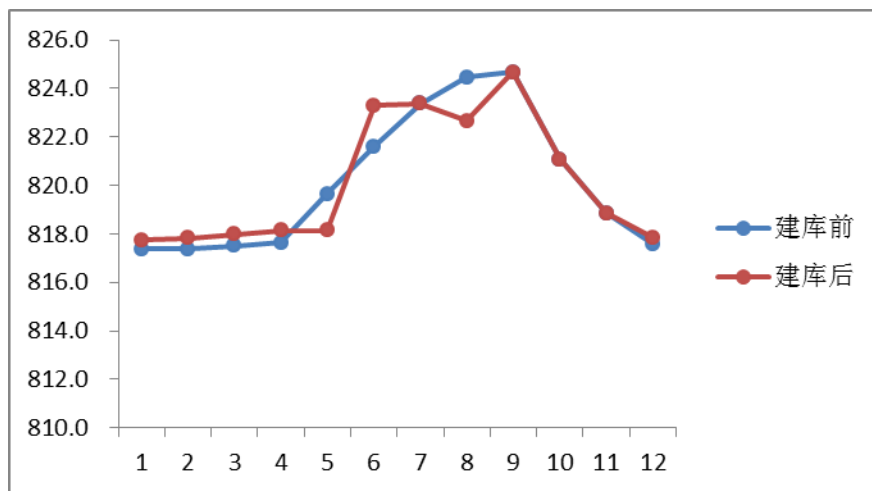


图 5.1-50 建库前后坝下游水位对比 (P=90%)

表 5.1-25 建库前后坝址下游处水位变化情况对比表（多年平均） 单位：m

工况	年内坝下水位情况												极值	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	最大	最小
建库前	817.9	817.6	817.7	818.0	819.2	822.4	826.3	828.4	828.9	824.8	820.1	818.5		
建库后	818.0	817.8	817.9	818.1	818.9	824.0	826.3	827.0	828.9	824.8	820.1	818.5		
变化量	0.1	0.2	0.2	0.1	-0.3	1.6	0.0	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	-1.4
变化程度	0.01%	0.02%	0.03%	0.01%	-0.04%	0.19%	0.00%	-0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		

表 5.1-26 建库前后坝址下游处水位变化情况对比表（P=10%） 单位：m

典型年	工况	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	最大	最小
10%	建库前	818.8	818.4	818.4	818.5	819.6	825.5	825.7	829.2	833.4	827.3	821.5	819.2		
	建库后	818.8	818.4	818.4	818.5	819.6	826.9	825.7	827.8	833.4	827.3	821.5	819.2		
	变化量	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	-1.4
	变化程度	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.18%	0.00%	-0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		

表 5.1-27 建库前后坝址下游处水位变化情况对比表（P=50%） 单位：m

典型年	工况	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	最大	最小
50%	建库前	818.1	817.7	817.6	818.0	819.7	823.7	829.6	826.3	827.5	821.9	818.5	817.7		
	建库后	818.1	817.7	817.7	817.8	819.7	825.4	829.6	824.7	827.5	821.9	818.5	817.8		
	变化量	0.0	0.1	0.1	-0.2	0.0	1.7	0.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	-1.6
	变化程度	0.00%	0.01%	0.01%	-0.02%	0.00%	0.20%	0.00%	-0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%		

表 5.1-28 建库前后坝址下游处水位变化情况对比表 (P=90%) 单位: m

典型年	工况	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	最大	最小
90%	建库前	817.4	817.4	817.5	817.7	819.6	821.6	823.4	824.5	824.7	821.1	818.8	817.6		
	建库后	817.7	817.8	818.0	818.1	818.1	823.3	823.4	822.7	824.7	821.1	818.8	817.8		
	变化量	0.4	0.4	0.5	0.5	-1.5	1.7	0.0	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	-1.8
	变化程度	0.04%	0.05%	0.06%	0.06%	-0.18%	0.21%	0.00%	-0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%		

4) 弃水影响分析

根据水库调度计算结果，工程弃水时间全部集中在 7~10 月份。

据统计，调度过程中最大弃水发生在 1998 年 8 月中下旬，中旬弃水 7663 m³/s，下旬 4572 m³/s，8 月份月均弃水量为 4979 m³/s。本次计算 10%典型年 9 月份月均弃水量为 3044m³/s，50%典型年仅 7 月份产生弃水，弃水量为 614m³/s，90%典型年不产生弃水。

5.1.5 工程运行期对泥沙过程的影响

5.1.5.1 对悬移质的影响

乌东德坝址多年平均控制站入库输沙量 9450 万 t，多年平均区间输沙量 2800 万 t，乌东德坝址天然悬移质多年平均输沙量 12250 万 t，平均含沙量 1.02kg/m³。

二滩水电站建成后，大量悬移质泥沙将淤积在二滩水库，出库悬移质泥沙大幅减少。根据二滩下游小得石水文站实测资料分析，二滩建成后多年平均出库悬移质输沙量 258 万 t，仅为二滩建前的 8.2%，91.8%泥沙留在二滩水库。

根据二滩水电站泥沙淤积计算成果，二滩水库运用 30 年时，悬移质泥沙的出库率为 25%，出库量 788 万 t；运用至 100 年时，悬移质泥沙的出库率为 28.4%，出库量 895 万 t；运用至 253 年时，悬移质泥沙的出库率为 91.7%，出库量 2890 万 t。相应乌东德坝址悬移质输沙量，在二滩水库运用 30 年、100 年和 253 年时分别为 9890 万 t、9990 万 t 和 11950 万 t，受二滩影响的乌东德水电站坝址悬移质输沙量见下表。

表 5.1-29 受二滩影响的乌东德水电站坝址悬移质输沙量

二滩水库运用时间	30 年	100 年	253 年
二滩出库率 (%)	25	28.4	91.7
二滩出库量 (万 t)	788	895	2890
乌东德坝址 (万 t)	9890	9990	11950

5.1.5.2 对推移质的影响

由于雅砻江二滩水电站已建成，雅砻江中上游推移质泥沙被拦截，乌东德水电站的推移质主要来自金沙江干流、安宁河和库区支流。在预可研阶段，对金沙江干流攀枝花、乌东德水文站、支流安宁河湾滩、龙川江小黄瓜园等处进行了推移质调查取样，各处沙样的级配见下表。

表 5.1-30 推移质级配成果表

位置	百分比（%）														D _{max} （mm）	D ₅₀ （mm）	D ₃₅ （mm）
	粒径（mm）																
	2	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400				
湾滩	15.5	17.7	22.6	31.8	41.9	51.4	60.5	73.9	82.5	83.3	87	89	90.8	100	479	71	34
小黄瓜园	14.8	23.5	30.7	48.1	67.9	80.1	89.4	96.8	98.6	100					208	34	14
攀枝花	14.4	19.5	25	38	53.8	64.2	72.1	89.1	98.9	100					218	43	21
乌东德	19.8	21.3	21.7	31.8	55	67	79	92.4	98.7	100					226	56	31

由于推移质绝大部分产于汛期，故主要分析计算 5~10 月份的推移质量。依据推移质泥沙级配曲线和各水文站的水位、流量资料，采用长科院输沙经验曲线公式法和爱因斯坦公式分析计算推移质量。

(1) 爱因斯坦公式

$$1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-0.143\phi-2}^{0.143\phi-2} e^{-t^2} dt = \frac{43.5\phi}{1+43.5\phi} \quad (5.1-4)$$

其中：

$$\phi = \frac{r_s - r}{r} \cdot \frac{d}{R_b \cdot J} \quad (5.1-5)$$

$$\phi = \frac{g_b}{r_s \sqrt{\frac{r_s - r}{r} \cdot g \cdot d}} \quad (5.1-6)$$

r_s ：卵推比重，据资料分析取 2.65t/m³；

r ：水比重，取 1t/m³；

R_b ：水力半径 (m)；

j ：水力坡度；

g ：重力加速度，取 9.8m/s²；

d ：粒径，爱因斯坦建议在非均匀推移质中取 d_{35} (m)；

g_b ：单宽输沙 (kg/m)。

计算时以日为单位，逐日计算，即可得出每日、每月、每年的推移质量。

(2) 长科院输沙经验曲线公式

输沙曲线的关系式为：

$$\frac{V_d}{\sqrt{gd}} \sim \frac{g_b}{d\sqrt{gd}} \tag{5.1-7}$$

v_d 底部流速，采用唐存本底流速公式：

$$V_d = \frac{m+1}{m} \left(\frac{h}{d} \right)^{-m} V \tag{5.1-8}$$

$$m = \left(\frac{h}{d_{50}} \right)^{0.06} \tag{5.1-9}$$

式中： h ：平均水深（m）；

V ：平均流速（m/s）；

v_d ：底部流速（m/s）；

g ：重力加速度，取 9.8m/s^2 ；

g_b ：单宽输沙率（kg/s/m）；

d ：粒径（m）；

d_{50} ：中值粒径（m）；计算时段以日为单位。

表 5.1-31 乌东德水电站入库各站年推移质量表 单位：万 t

方法	地点			
	攀枝花站	湾滩站	小黄园站	乌东德
爱因斯坦法	154.4	41.7	16.9	249.3
长科院输沙经验曲线法	148.5	26.6	3.9	191.3

两种方法计算结果见表 5.1-31。爱因斯坦公式主要偏重河流挟沙能力计算，长科院输沙经验曲线公式主要根据长江干支流的水沙特性综合分析得出，比较表中两种方法计算成果，可见攀枝花站、湾滩站年推移质量接近，龙川江小黄园站、乌东德坝址年推移质量相差较大。分析推移质来源和推悬沙比，爱因斯坦公式法计算成果基本合理，故选用爱因斯坦公式法计算成果。湾滩所在的安宁河，结合已有的推移质成果分析，与长科院输沙经验曲线法成果相近，因此，湾滩推移质量取 26.6 万 t。由此推算出乌东德水电站各入库、区间推移质量见下表，乌东德水电站现状情况下年推移质输沙量为 234 万 t（考虑二滩水库的拦截）。

表 5.1-32 乌东德水电站入库各站年推移质量表 单位：万 t

地点	年

攀枝花站	154.4
湾滩站	26.6
龙川江	28.7
未控区间	24.6
总计	234

注：未控区间为攀枝花站、雅砻江汇口、龙川江小黄瓜园站至乌东德坝址区间。

成都勘测设计院采用水槽试验法推算华弹河段年推移质输沙量为 214 万 t，溪洛渡水电站年推移质输沙量为 182 万 t。从上游向下游，乌东德～华弹～溪洛渡推移质沿程变化趋势为逐渐减小，与流域中下游坡度渐缓、植被渐好、部分大粒径推移质沉降的特性相符。在乌东德库区最大支流龙川江小黄瓜园水文站，野外调查勘测的推移质中值粒径比其它干支流入库站要小，证实了大粒径推移质泥沙沉降的现象存在。经上下游成果分析比较，乌东德水电站现状情况下（考虑二滩水库的拦截）年推移质输沙量采用 234 万 t，推悬比为 2%，较为合理。

5.1.5.3 对泥沙淤积量的影响

（1）泥沙淤积总量

乌东德水库正常蓄水位 975m，死水位 945m，防洪限制水位 952m，正常蓄水位以下的库容为 58.63 亿 m³。由于枢纽上游已建、正建及待建水库的拦沙影响，所以乌东德水库运用初期入库泥沙大量减少，水库运用前 10 年间，入库悬沙总量仅为 5.44 亿 t，占坝址处天然情况悬沙总量的 44.6%。另外，由于上游水库的拦沙作用，进入乌东德水库的悬沙粒径变细，故在乌东德水库运用初期，排沙比即可达到 30%左右。库区泥沙淤积总量见下表。

表 5.1-33 乌东德水电站库区泥沙淤积量表

年份	悬移质淤积量（亿 m ³ ）	推移质淤积量（亿 m ³ ）	淤积总量（亿 m ³ ）
10 年	2.92	0.126	3.056
20 年	6.00	0.253	6.253
30 年	9.40	0.379	9.780
40 年	13.07	0.505	13.575
50 年	16.97	0.632	17.602
60 年	21.16	0.758	21.918
70 年	25.68	0.844	26.524
80 年	30.34	1.011	31.351
90 年	35.00	1.137	36.137
100 年	39.29	1.263	40.553

(2) 库区泥沙淤积分布

乌东德水电站正常蓄水位 975m 方案库区泥沙淤积分布情况见表 5.1-34 及图 5.1-51。可以看出：库区泥沙淤积均为三角洲形态；坝前 0~133.8km（在雅砻江口下游 66km）范围为水库常年回水区，由于水深大、流速缓，入库泥沙绝大部分在此段落淤，同时，由于汛期乌东德水库水位按防洪限制水位控制运用，坝前水位低、入库流量大，水流挟带泥沙能力强，库尾段淤沙及上游来沙多被带到此段淤积；雅砻江汇合口以下的变动回水区（坝前 133.8~200km）流速大，挟沙能力强，水库运行 50 年的泥沙淤积量仅占总量的 1.09%~2.68%；雅砻江口以上河段受水库回水影响很小，加之上游建库拦沙，乌东德水库入库泥沙颗粒变细，建库后该河道无泥沙落淤。因此，乌东德水电站库区泥沙淤积不会影响攀枝花市区和雅砻江河道。

表 5.1-34 975m 方案库区淤积量统计表（悬沙）

距坝里程 (km)	分段淤积量 (10^8m^3)					总淤 积量 (10^8m^3)	排沙比	坝前淤积 高程 (m)
年份	213.9-134.8	134.8-112.9	112.9-73.6	73.6-49.4	49.4-0		(%)	
	w106-w72	w72-w62	w62-w40	w40-w27	w27-w01			
10 年	0	0	0.69	1.33	0.9	2.92	30.11	818.95
20 年	0	0	1.39	2.71	1.9	6	31.68	825.29
30 年	0	0	2.13	4.14	3.13	9.4	33.25	832.22
40 年	0	0.01	2.93	5.55	4.58	13.07	33.44	839.5
50 年	0	0.02	3.81	6.86	6.28	16.97	33.58	847.07
60 年	0	0.09	4.83	7.88	8.36	21.16	33.88	854.93
70 年	0	0.28	6	8.75	10.65	25.68	34.3	863.32
80 年	0.01	0.6	7.18	9.5	13.05	30.34	35.95	872.54
90 年	0.02	1.01	8.39	10.12	15.46	35	38.75	883.72
100 年	0.07	1.39	9.54	10.72	17.57	39.29	44.85	899.48

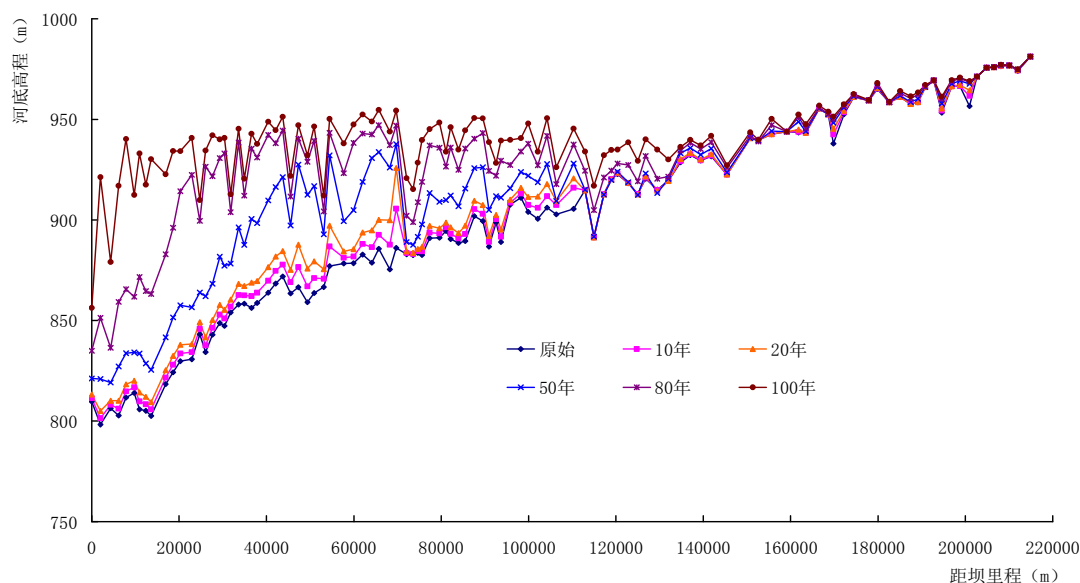


图 5.1-51 乌东德水电站水库库区泥沙淤积纵剖面图

5.2 运行期水环境影响预测评价

5.2.1 水库水温影响预测

5.2.1.1 水库水温结构判断

水温是影响水质变化的一个活跃因子。水库水温是否分层对水质影响较大。水库水温结构类型分别采用径流—库容法和密度佛汝德数法进行判别。

(1) 径流—库容法

$$\alpha = \frac{\text{多年平均年径流量}}{\text{水库总库容}} \quad (5.2-1)$$

$$\beta = \frac{\text{一次洪水量}}{\text{水库总库容}} \quad (5.2-2)$$

当 $\alpha < 10$ 时，水库水温为稳定分层型；当 $10 < \alpha < 20$ 时，水库水温为不稳定分层型；当 $\alpha < 20$ 时，水库水温为混合型；对于分层型水库，如遇 $\beta > 1$ 的洪水，将出现临时混合现象；当 $0.5 < \beta < 1$ 时，呈过渡阶段；当 $\beta < 0.5$ 时，洪水对水库水温的分布结构没有影响。

乌东德水库 975m 方案总库容为 74.08 亿 m^3 ，多年平均径流量为 1210 亿 m^3 。计算乌东德水库 α 为 16.33。由此判断乌东德水库水温结构为过渡型。

(2) 密度佛汝德数法

$$F_r = \frac{u}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_0} gd \right)^{1/2}} \quad (5.2-3)$$

式中 $u = \frac{Q}{bd}$ ， d 为水库的平均深度； b 为水库的平均宽度； Q 为通过水库的流量；

$\Delta\rho$ 为深度 d 范围的密度差； ρ_0 为参考密度。

因为资料限制，采用公式的另一种形式，如下：

$$F_r = 320 \frac{LQ}{HV} \quad (5.2-4)$$

式中： F_r 为密度佛汝德数； L 为水库长度(m)； Q 为入流量 (m³/s)； H 为平均水深(m)； V 为蓄水体的体积 (m³)；当 $F_r < 0.1$ ，水库为分层型； $0.1 < F_r < 1$ 为过渡型；

$F_r > 1$ 水库为混合型，在计算佛汝德数系数时，本报告采用式 (5.2-4)。

乌东德水库长 206.65km，正常蓄水位库容 $58.63 \times 10^8 \text{m}^3$ ，水库平均水深 46.1m，多年平均流量 3850m³/s，计算得到 $F_r = 0.941 < 1$ ，水库为**过渡型**。

(3) 水库水温宽深比判别法

水库水温宽深比判别法公式为：

$$R = B / H \quad (5.2-5)$$

式中， B 为水库水面平均宽度； H 为水库平均水深。当 $H > 15\text{m}$ ， $R > 30$ 时，水库为混合型； $R < 30$ 时，水库为分层型。

乌东德水库平均水深 46.1m，平均水面宽度 615.05m，经计算， $R = 13.34$ ，判断水库为**分层型**。

5.2.1.2 水库水温预测

(1) 预测模型

采用宽度平均的立面二维水温数学模型预测乌东德水库水温结构。

1) 状态方程

对于常态下的水体，可忽略压力变化对密度的影响，密度与温度的关系可表示为：

$$\frac{\rho - \rho_s}{\rho_s} = -\beta(T - T_s) = -\beta\Delta T \quad (5.2-6)$$

式中： β ——等压膨胀系数，1/°C；

ρ ——密度，kg/m³；

T ——温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

ρ_s 、 T_s ——参考状态的密度和温度。

对于天然水体，该函数关系可近似为

$$\begin{aligned} \rho = & (0.102027692 \times 10^{-2} + 0.677737262 \times 10^{-7} \times T - 0.905345843 \times 10^{-8} \times T^2 \\ & + 0.864372185 \times 10^{-10} \times T^3 - 0.642266188 \times 10^{-12} \times T^4 \\ & + 0.105164434 \times 10^{-17} \times T^7 - 0.104868827 \times 10^{-19} \times T^8) \times 9.8 \times 10^5 \end{aligned} \quad (5.2-7)$$

根据 Boussinesq 假定，在密度变化不大的浮力流问题中，只在重力项中考虑密度的变化，而控制方程的其它项中不考虑浮力作用。

2) 水动力学方程组

由于河宽变化对水面热量交换和热量向水下的传递都具有一定的影响，因此采用宽度平均的 k - ε 紊流模型，在笛卡儿直角坐标系下水动力学方程分别为：

$$\frac{\partial}{\partial x}(Bu) + \frac{\partial}{\partial z}(Bw) = 0 \quad (5.2-8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(Bu) + u \frac{\partial}{\partial x}(Bu) + w \frac{\partial}{\partial z}(Bu) = & \frac{\partial}{\partial x}(B \nu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(B \nu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \\ & - \frac{B}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(B \nu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(B \nu_e \frac{\partial w}{\partial x}) \end{aligned} \quad (5.2-7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(Bw) + u \frac{\partial}{\partial x}(Bw) + w \frac{\partial}{\partial z}(Bw) = & \frac{\partial}{\partial x}(B \nu_e \frac{\partial w}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(B \nu_e \frac{\partial w}{\partial z}) \\ & - \frac{B}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial z} + \beta B \Delta T g + \frac{\partial}{\partial z}(B \nu_e \frac{\partial w}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial x}(B \nu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \end{aligned} \quad (5.2-9)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(Bk) + u \frac{\partial}{\partial x}(Bk) + w \frac{\partial}{\partial z}(Bk) = \frac{\partial}{\partial x} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + B(G_k + G_b - \varepsilon) \quad (5.2-10)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(B\varepsilon) + u \frac{\partial}{\partial x}(B\varepsilon) + w \frac{\partial}{\partial z}(B\varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + BC_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - BC_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (5.2-11)$$

式中： $G_k = \nu_t \left[2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]$ ——紊动动能生成项；

$G_b = -\beta g \frac{\nu_t}{\sigma_T} \frac{\partial T}{\partial z}$ ——浮力生成项，该浮力项在稳定分层时可抑制紊动动能的

生成，削弱热量向下的传递，是水库能保持稳定分层的重要因素；

ν_e ——分子粘性系数 ν 与紊动涡粘系数 ν_t 之和, m^2/s , $\nu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$;

u 、 w ——纵向和垂向流速, m/s ;

p ——压强, Pa ;

B ——水体宽度, 为高程的函数, m ;

K ——紊动动能, m^2/s^2 ;

E ——紊动动能耗散率, m^2/s^3 ;

σ_k 、 σ_ε ——分别为紊动动能和耗散率的普朗特数, 一般取 1.0 和 1.3。

C_μ 、 $C_{1\varepsilon}$ 、 $C_{2\varepsilon}$ ——模型常数, 取值分别为 0.09、1.44、1.92。水动力学模型方程组中的常数为通用常数, 其取值由基本实验确定, 不因具体问题而改变。

3) 温度方程

$$\frac{\partial}{\partial t}(BT) + u \frac{\partial}{\partial x}(BT) + w \frac{\partial}{\partial z}(BT) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{B\nu_e}{\sigma_T} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{B\nu_e}{\sigma_T} \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho C_p} \frac{\partial B\varphi_z}{\partial z} \quad (5.2-12)$$

式中: σ_T ——温度普朗特数, 与密度梯度和流速梯度有关, 可采用 Munk-Anderson

公式修正温度普朗特数, $\frac{\sigma_T}{\sigma_{T0}} = \frac{(1+3.33R_i)^{1.5}}{(1+10R_i)^{0.5}}$, 其中 σ_{T0} 为无温度梯度环境下的紊动

普朗特数, 通常取为 0.85, R_i 为密度梯度 Richardson 数, $R_i = -\frac{g}{\rho} \frac{\frac{\partial \rho}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2}$; C_p [$\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$]

为水的比热;

φ_z ——穿过 z 平面的太阳辐射通量, W/m^2 。

4) 边界条件

水面热交换包括净太阳短波辐射、净长波辐射、蒸发和传导四个方面。通过水面进入水体的热通量为:

$$\varphi_n = \varphi_{sn} + \varphi_{an} - \varphi_{br} - \varphi_e - \varphi_c \quad (5.2-13)$$

①水面净吸收的太阳短波辐射 φ_{sn}

$$\varphi_{sn} = \beta_1 \varphi_s (1-\gamma) \quad (5.2-14)$$

其中： φ_s ——到达地面的总太阳辐射量， W/m^2 ；

γ ——水面反射率，它与太阳角度和云层覆盖率相关；

β_1 ——太阳辐射的表面吸收系数；进入水体的太阳辐射部分在水面被吸收，穿过水体的太阳辐射沿深度方向以指数函数衰减：

$$\varphi_z = (1-\gamma)(1-\beta_1)\varphi_s \exp(-\eta \cdot H) \quad (5.2-15)$$

其中： η ——太阳辐射在水体中的衰减系数，与水体的透明度和水质相关；

H ——水深， m 。

②大气长波辐射 φ_{an}

大气所吸收的太阳能以长波形式向地面发射，其长波辐射强度取决于气温和云量：

$$\varphi_{an} = \sigma \cdot \varepsilon_{ac} \cdot (273 + T_a)^4 \quad (5.2-16)$$

式中： σ ——Stefan-Boltzman 常数，等于 5.67×10^{-8} ， $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ；

ε_{ac} ——大气发射率，计算式为：

$$\varepsilon_{ac} = 1.24 \cdot \left(\frac{e_a}{T_a + 273} \right)^{\frac{1}{7}} \cdot (1 + 0.17 \cdot C_r^2) \quad (5.2-17)$$

其中 T_a 为水面上 2m 处的气温 ($^{\circ}\text{C}$)； C_r 为云层覆盖率； e_a 为水面上空气的蒸发压力 (hPa)。

③水体长波的返回辐射 φ_{br}

水体吸收的大气长波辐射会向大气进行返回辐射，其强度可用 Stefan-Boltzman 定律计算：

$$\varphi_{br} = \sigma \cdot \varepsilon_w \cdot (273 + T_s)^4 \quad (5.2-18)$$

式中： T_s ——水表面温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

ε_w ——水体的长波发射率，为 0.965。

④水面蒸发热损失 φ_e

水在从液体转变为气体的蒸发过程中需要吸收热量，水体由于蒸发损失的热量大

多根据空气与水面的蒸发压力计算，本次计算采用了《工业循环水冷却设计规范》推荐的计算公式：

$$\varphi_e = f(W)(e_s - e_a) \quad (5.2-19)$$

式中： $f(W)$ ——风函数，反映了自由对流和强迫对流对蒸发的影响， $W/(\text{m}^2 \cdot \text{hPa})$ 计算式：

$$f(W) = \sqrt{22.0 + 12.5W^2 + 2.0(\Delta T)} \quad (5.2-20)$$

其中： W 是水面上 10m 处的风速； ΔT 为水气温差；

e_s ——相应于水面温度 T_s 的紧靠水面的空气饱和蒸发压力，hPa；

e_a ——水面上空气的蒸发压力，hPa，可由水面温度 T_s （℃）计算：

$$e_s = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T_s}{(T_s + 237.3)}} \quad (5.2-21)$$

$$e_a = 6.11 \times \text{hum} \times 10^{\frac{7.5T_a}{(T_a + 237.3)}} \quad (5.2-22)$$

式中： hum 为相对湿度。

⑤ 热传导通量 φ_c

$$\varphi_c = 0.627 \sqrt{22.0 + 12.5W^2 + 2.0(\Delta T)} (T_s - T_a) \quad (5.2-23)$$

进口边界的水温采用库尾实测水温或上游衔接梯级的下泄水温，速度假定为均匀流速， k 、 ε 可分别由入流速度近似计算。

$$k = 0.00375 u_0^2, \quad \varepsilon = k^{1.5} / (0.4H_0) \quad (5.2-24)$$

其中 H_0 为进口处水深（m）。

假定出口断面为充分发展的湍流，有 $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial k}{\partial x} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial x} = 0$ ， $w = 0$ 。

迭代过程中，每个时间步长水面采用“刚盖近似”，即 $\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial k}{\partial z} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = 0$ ， $w = 0$ ，

水面位置则根据水量平衡计算得出。库底和坝体表面均采用无滑移边界条件，且为绝热边界。

5) 控制方程的离散化及求解

采用有限体积法和混合格式对微分方程进行离散。采用 SIMPLE 算法求解差分方程，并采用交错网格避免出现棋盘式不均匀压力场。

水动力方程与温度方程耦合求解。计算中先求解 u 、 w 动量方程和 k 、 ε 方程，再求解温度方程，然后用新的温度值修正 w 、 k 方程中的源项，重新计算水动力学方程，直到各方程的误差余量小于容许值。

（2）模型参数分析

模型中需要率定的参数只有热通量计算中的太阳辐射表面吸收系数 β 和太阳辐射在水体中的衰减系数 η ，它们与水体的色度和浊度有关。一般 β 的取值范围为 0.4~0.7， η 为 0~1。经多次试算， β 、 η 的取值分别为 0.65 和 0.5。

通过数值计算试验，分析参数对计算结果的影响程度即参数的灵敏度。模拟结果表明，参数 β 和 η 只对水面下 20 m 内的水温有一定的影响，而对于 100m 以上的深水库总的温度结构影响较小，对下泄水温基本没有影响。

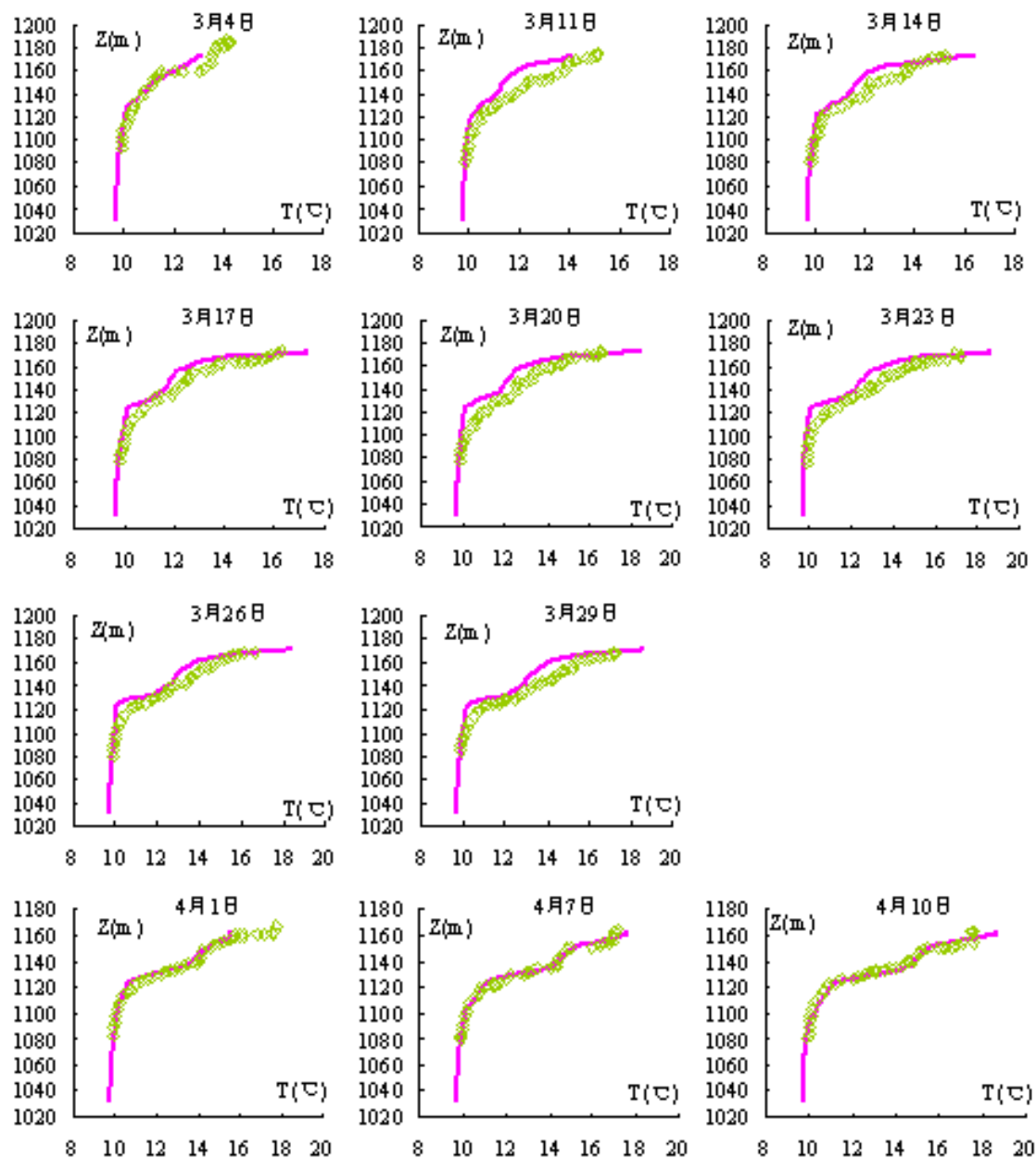
（3）模型验证

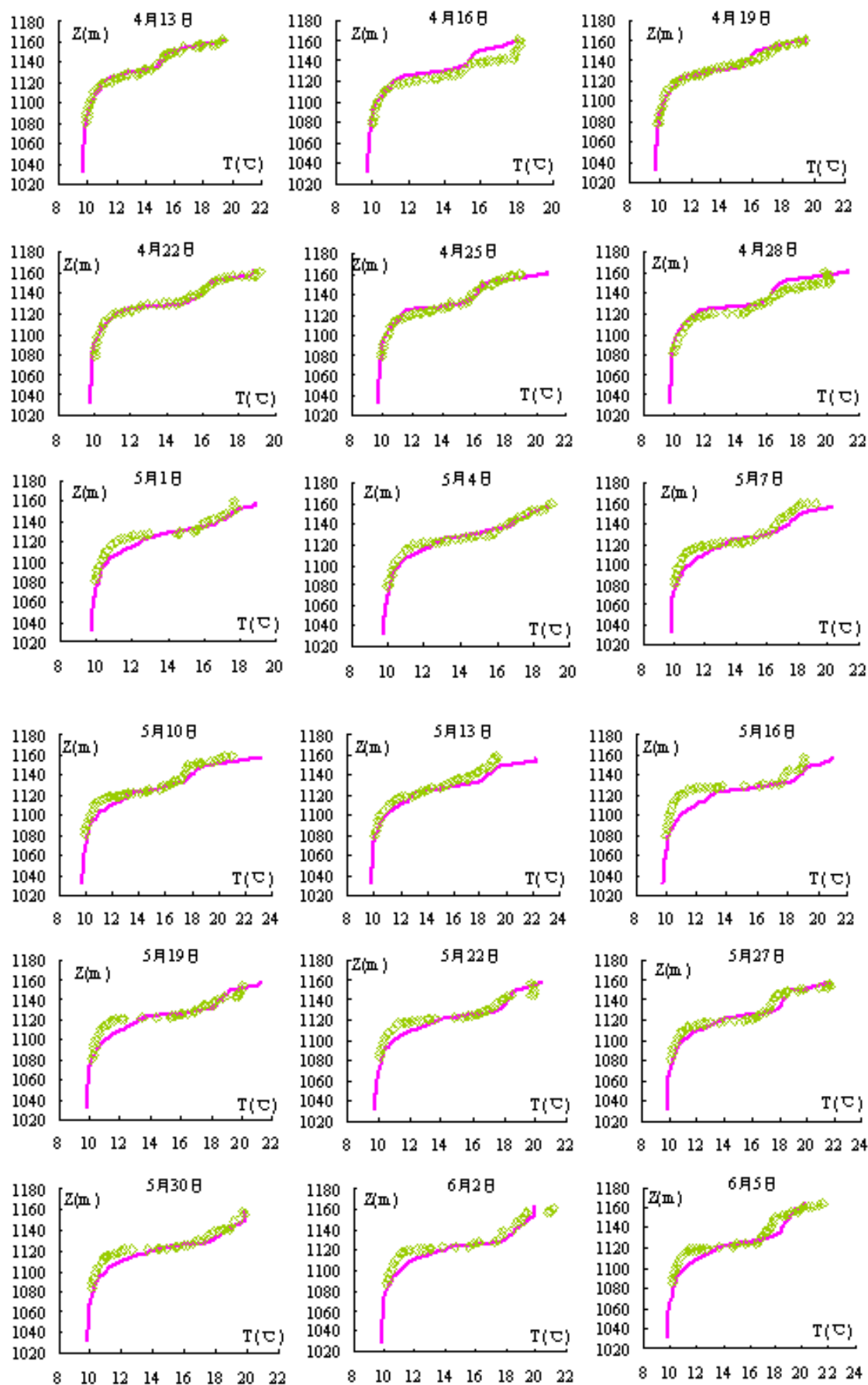
利用二滩水库水温实测资料对水库水温预测所采用的数学模型进行深入、系统的验证，并为模型参数取值的合理性论证提供依据。通过对二滩水库水温分布实测数据的分析，尤其是坝前水温分布和下泄水体水温相关关系的分析，对水温预测结果的合理性分析提供类比佐证依据。

以 2005 年 11 月 14 日测量的全库区水温分布作为计算初始水温，以无浮力的流场分布作为初始流场。以库区附近气象站攀枝花、德昌、盐边等资料进行加权平均作为库区气象条件。以打罗站逐日实测水温过程为入口水温边界条件。入库流量、出库流量和库水位均采用月均或旬均值，对各月或旬采用不同的垂向网格以适应不同的水位。

库区被离散化为 394×67 个矩形网格，网格在主流方向上尺寸为 10~400m，在水深方向上为 2~3m。计算时段为 2005 年 11 月 14 日至 2006 年 7 月 31 日。

图 5.2-1 比较了坝址断面实测与计算的水温分布，计算值与实测值吻合良好，无论是表面斜温层的变化还是底部低温层都模拟得较好。6~7 月汛期有 1 个月时间的泄洪，出现了较明显的双温跃层结构，模型也较好模拟出双斜温层的形成和发展。





(—计算值, $\diamond$ 实测值)

图 5.2-1 二滩电站坝前水温计算值与实测值的比较

图 5.2-2 比较了水库出流水温和坝址下游实测水温过程。计算下泄水温过程与小得石水温过程总体吻合较好，整体略有偏低，在 3、4 月份约偏低 1℃。

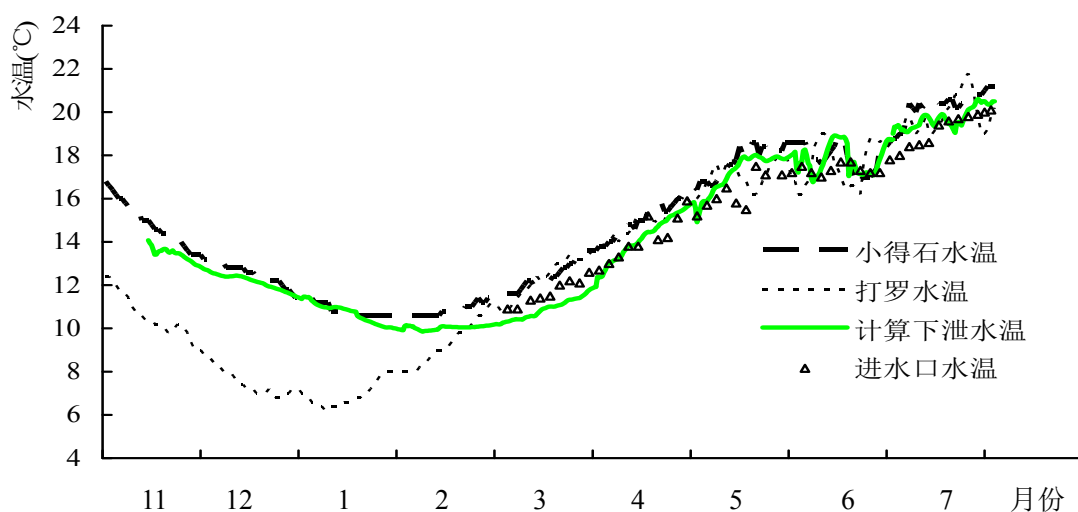


图 5.2-2 计算下泄水温与实测下游水温的比较

(4) 计算工况及边界条件

1) 计算工况

计算工况为丰、平、枯水年逐月坝前水温及下泄水温预测。

2) 边界条件

①水文条件

水文条件采用乌东德梯级与金沙江中游各梯级（无龙盘）和雅砻江各梯级联合运行的入库流量、出库流量、运行水位，见下表。

表 5.2-1 乌东德水电站丰、平、枯水年入库、出库流量及水位

月份	旬	平水年（1981 年）			枯水年（1973 年）			丰水年（2001 年）		
		入库流量 (m³/s)	出库流量 (m³/s)	旬均水位 (m)	入库流量 (m³/s)	出库流量 (m³/s)	旬均水位 (m)	入库流量 (m³/s)	出库流量 (m³/s)	旬均水位 (m)
6 月	上旬	2975	2975	975.0	2371	1899	965.5	5052	5052	975.0
	中旬	4033	5471	969.5	3660	4077	965.7	4810	6249	969.5
	下旬	6794	8127	958.0	4372	5706	958.0	6820	8153	958.0
7 月	上旬	6766	6766	952.0	3374	3374	952.0	7990	7990	952.0
	中旬	9557	9557	952.0	3640	3640	952.0	4645	4645	952.0
	下旬	8702	8702	952.0	3642	3642	952.0	4648	4648	952.0
8 月	上旬	6191	5352	956.0	6708	5869	956.0	6950	6111	956.0
	中旬	5773	4909	963.5	5194	4330	963.5	7657	6793	963.5
	下旬	6230	5162	971.0	4308	3240	971.0	9150	8082	971.0

月份	旬	平水年（1981 年）			枯水年（1973 年）			丰水年（2001 年）		
		入库流量 (m³/s)	出库流量 (m³/s)	旬均水位 (m)	入库流量 (m³/s)	出库流量 (m³/s)	旬均水位 (m)	入库流量 (m³/s)	出库流量 (m³/s)	旬均水位 (m)
9 月	上旬	7100	7100	975.0	4538	4538	975.0	14269	14269	975.0
	中旬	7032	7032	975.0	6539	6539	975.0	10718	10718	975.0
	下旬	6430	6430	975.0	5560	5560	975.0	9983	9983	975.0
10 月	上旬	5109	5109	975.0	3655	3655	975.0	9161	9161	975.0
	中旬	3543	3543	975.0	3009	3009	975.0	6224	6224	975.0
	下旬	2606	2606	975.0	3014	3014	975.0	5027	5027	975.0
11 月	上旬	2315	2315	975.0	2820	2820	975.0	4116	4116	975.0
	中旬	2134	2134	975.0	2613	2613	975.0	3372	3372	975.0
	下旬	1996	1996	975.0	2518	2518	975.0	2975	2975	975.0
12 月	上旬	1843	1854	975.0	2055	2055	975.0	2620	2620	975.0
	中旬	1782	1838	974.7	1957	1957	975.0	2432	2432	975.0
	下旬	1734	1823	974.2	1837	1837	975.0	2260	2260	975.0
1 月	上旬	2059	2059	973.9	1722	1805	974.5	2414	2414	975.0
	中旬	1971	1971	975.0	1682	1796	973.6	2220	2220	975.0
	下旬	1877	1877	975.0	1650	1808	972.6	2114	2114	975.0
2 月	上旬	1842	1842	975.0	1648	1822	971.4	2123	2123	975.0
	中旬	1767	1778	975.0	1648	1838	970.0	2093	2093	975.0
	下旬	1699	1782	974.6	1661	1857	968.5	2060	2060	975.0
3 月	上旬	1766	1787	974.2	1652	1880	966.8	2020	2020	975.0
	中旬	1760	1789	974.1	1668	1907	964.9	2108	2108	975.0
	下旬	1744	1793	973.8	1693	1934	963.0	2147	2147	975.0
4 月	上旬	1793	1795	973.6	1714	1962	961.0	1985	1985	975.0
	中旬	1843	1793	973.8	1713	1996	958.6	2080	2080	975.0
	下旬	2055	1911	974.5	1889	2027	956.6	2308	2308	975.0
5 月	上旬	2275	2275	975.0	2179	2026	956.7	2387	2387	975.0
	中旬	2815	2815	975.0	2361	1987	959.1	2588	2588	975.0
	下旬	2806	2806	975.0	2278	1944	962.2	2857	2857	975.0

②水温

由于二滩电站已投产运行，各水文站均采用二滩电站蓄水发电后的水温资料。三堆子水文站位于雅砻江汇口以下 5.05km，距离乌东德坝址 195.88km，采用三堆子 2008~2012 年实测逐日数据作为入库水温，采用 2008~2012 年龙街与巧家站的水温内插得到乌东德坝址现状水温，见下表。

表 5.2-2 乌东德梯级入库及坝址水温

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

库尾水温 (°C)	11.2	11.7	13.4	16.1	18.7	20.6	20.1	20.3	19.5	17.5	14.4	12.0
坝址水温 (°C)	11.7	12.4	14.3	17.2	19.9	21.5	21.1	21.2	20.3	18.3	15.2	12.7
温差(°C)	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7

③气象

乌东德库尾有攀枝花气象站，库中有永仁站，库尾有会东站，预测中分段采用三站的多年逐月的气象数据。表 5.2-3～表 5.2-5 列出了攀枝花、永仁、会东 3 站多年平均逐月的气象数据，其中上述气温均已据 0.62℃/100m 的气温直减率换算到乌东德正常蓄水位处的气温。

表 5.2-3 攀枝花气象站多年平均气象要素

月份	太阳辐射 (W/m ²)	气温 (°C)	云量 (%)	风速 (m/s)	相对湿度 (%)
1	159.7	13.3	20	0.8	57
2	192.3	17.0	24	1.2	45
3	223.6	21.3	30	1.4	38
4	237.1	24.7	51	1.5	41
5	240.5	27.5	57	1.5	48
6	201.3	27.2	79	1.2	66
7	196.5	26.9	84	0.9	72
8	207.0	26.1	74	0.6	75
9	169.7	24.2	75	0.6	76
10	163.9	21.2	56	0.6	75
11	152.7	16.6	40	0.5	73
12	143.1	12.9	20	0.6	68

表 5.2-4 永仁气象站多年平均气象要素

月份	太阳辐射 (W/m ²)	气温 (°C)	云量 (%)	风速 (m/s)	相对湿度 (%)
1	171.6	13.3	21	2.7	57
2	203.7	16.3	25	3.5	47
3	234.7	20.0	31	3.6	43
4	247.1	23.7	50	3.5	44
5	246.3	26.5	59	3.2	52
6	208.3	26.2	79	2.4	70
7	204.7	26.2	84	1.9	77
8	210.6	25.3	75	1.4	81
9	181.4	23.7	73	1.5	80

10	167.9	20.9	58	1.7	78
11	164.4	16.5	39	1.9	72
12	155.4	13.0	27	1.9	68

表 5.2-5 会东气象站多年平均气象要素

月份	太阳辐射 (W/m ²)	气温 (℃)	云量 (%)	风速 (m/s)	相对湿度 (%)
1	151.2	12.6	29	2.1	60
2	180.2	15.8	33	3	50
3	213.2	19.6	40	3.2	46
4	234.1	23.0	56	2.8	49
5	226.7	25.7	63	2.4	56
6	178.6	25.9	84	1.6	71
7	177.7	26.2	87	1.3	78
8	186.5	25.6	78	1.2	78
9	150.9	23.6	82	1.1	80
10	142.1	20.5	69	1.2	78
11	143.1	15.9	53	1.4	74
12	135.7	12.5	38	1.5	70

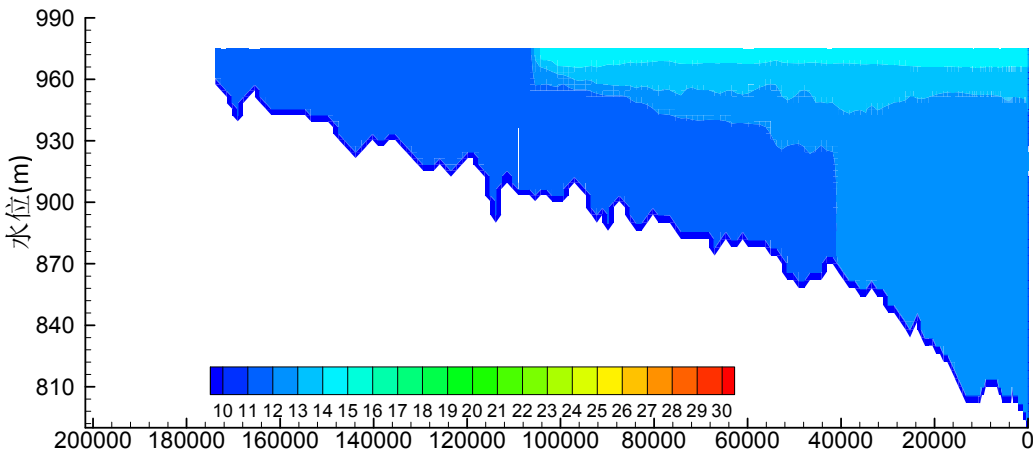
(5) 预测结果及分析

1) 平水年（工况 1）

计算网格单元在主流方向上尺寸为 25~400m，在水深方向上为 2~3m，在正常蓄水位下，乌东德库区离散为 530×84 个矩形网格。

限于报告篇幅，图 5.2-3 给出了乌东德水电站在平水年 1、4、7、10 月四个典型月份的库区立面二维水温预测结果。图 5.2-4 显示了逐月坝前的水温分布。

1 月



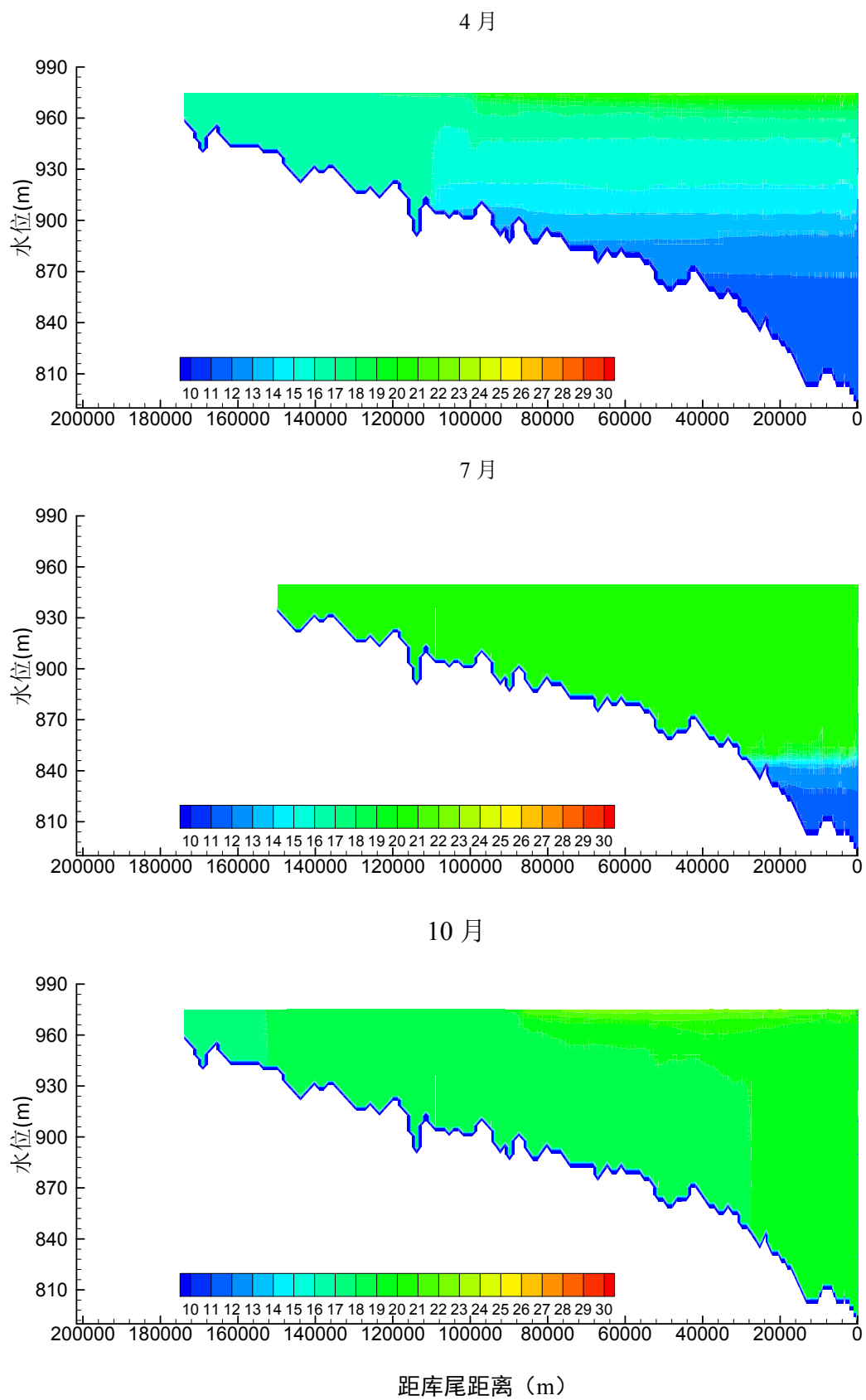


图 5.2-3 乌东德单层取水平年 1、4、7、10 月库区二维水温分布

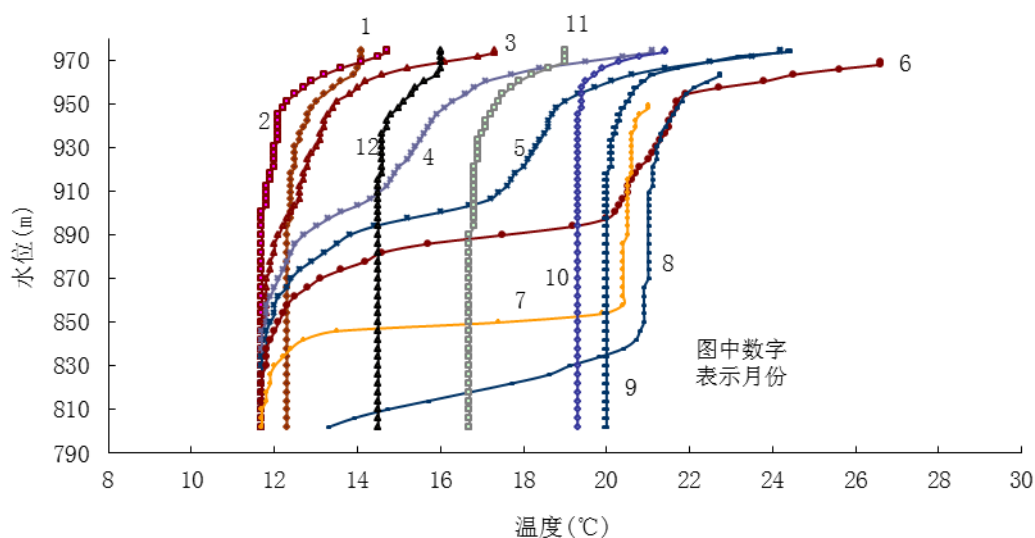


图 5.2-4 乌东德单层取水平水年逐月坝前水温分布（工况 1）

表 5.2-6 和图 5.2-5 比较了乌东德电站的下泄水温、表层水温、库底水温、坝址处现状水温及气温年内过程。

水库水温结构呈季节性分层特征。在 2 月~6 月、9 月~11 月存在表层温跃层，由于梯级电站联合运行致各月来流较为平均，水库仅在 7 月中下旬存在泄洪，因此水库的低温层更不易破坏，分层时间更长。相反，冬季库区的均温现象更加明显，主要由于枯水期 11 月~2 月入库流量增加，加强了库区水体的掺混，同时库底水温升高，导致垂向温差更小，因此库区垂向水温更趋于一致。

乌东德梯级对下游水温存在一定影响，年均下泄水温较现状水温偏低 0.2℃。下泄水温在 2 月~8 月平均低于现状水温 1.0℃；在升温期 3 月~5 月，下泄水温较现状水温平均降低了 1.7℃，4 月份降低最长达 2.0℃。10 月~翌年 1 月下泄水温比现状水温平均上升 1.3℃，12 月升幅最大，为 1.8℃。月均最高温度建坝前后分别为 21.5℃（6 月）、21.0℃（8 月）；月均最低温度建坝前后分别为 11.2℃（1 月）、11.9℃（2 月），月均下泄水温的年内变幅降低了 0.7℃。

下泄水温分别在 4 月 3 日、4 月 26 日、5 月 16 日达到 14℃、16℃、18℃，而建坝前坝址天然水温达到 14℃、16℃、18℃的主要时段分别为 3 月上中旬(76.9%)、3 月下旬~4 月上旬(92.3%)、4 月中下旬(92.3%)，下泄水温存在延迟现象。

表 5.2-6 乌东德单层取水平水年的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址现状水温及气温（℃）

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差

1 月	13.1	14.1	12.3	11.7	12.5	0.8	1.8
2 月	16.3	14.7	11.7	12.4	11.9	-0.5	3.0
3 月	20.3	17.3	11.7	14.3	12.9	-1.4	5.6
4 月	24.0	21.1	11.7	17.2	15.2	-2.0	9.4
5 月	26.0	24.2	11.7	19.9	18.2	-1.7	12.5
6 月	26.3	26.6	11.7	21.5	20.8	-0.7	14.9
7 月	26.2	21.0	11.7	21.1	20.7	-0.4	9.3
8 月	25.6	22.7	13.3	21.2	21.0	-0.2	9.4
9 月	23.5	24.4	20.0	20.3	20.4	0.1	4.4
10 月	21.0	21.4	19.3	18.3	19.2	0.9	2.1
11 月	16.4	19.0	16.7	15.2	16.8	1.6	2.3
12 月	12.9	16.0	14.5	12.7	14.5	1.8	1.5
年均	21.0	20.2	13.9	17.2	17.0	-0.1	6.4
最大值	26.3	26.6	20.0	21.5	21.0	1.8	14.9
最小值	12.9	14.1	11.7	11.7	11.9	-2.0	1.5
年内变幅	13.4	12.5	8.3	9.8	9.1	3.8	13.4

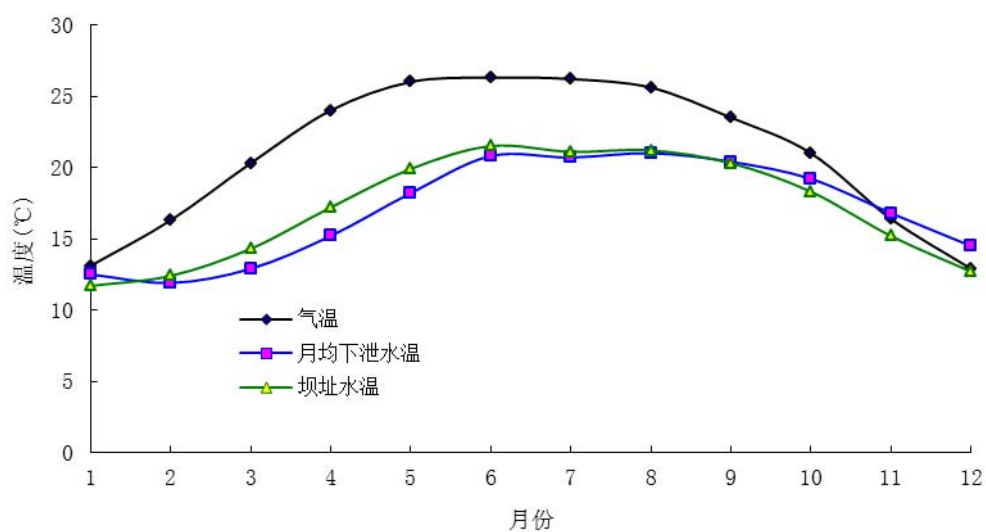


图 5.2-5 乌东德单层取水平水年月均下泄水温、坝址现状水温及气温（工况 1）

2) 枯水年（工况 2）

图 5.2-6 显示了乌东德枯水年的逐月坝前水温分布。

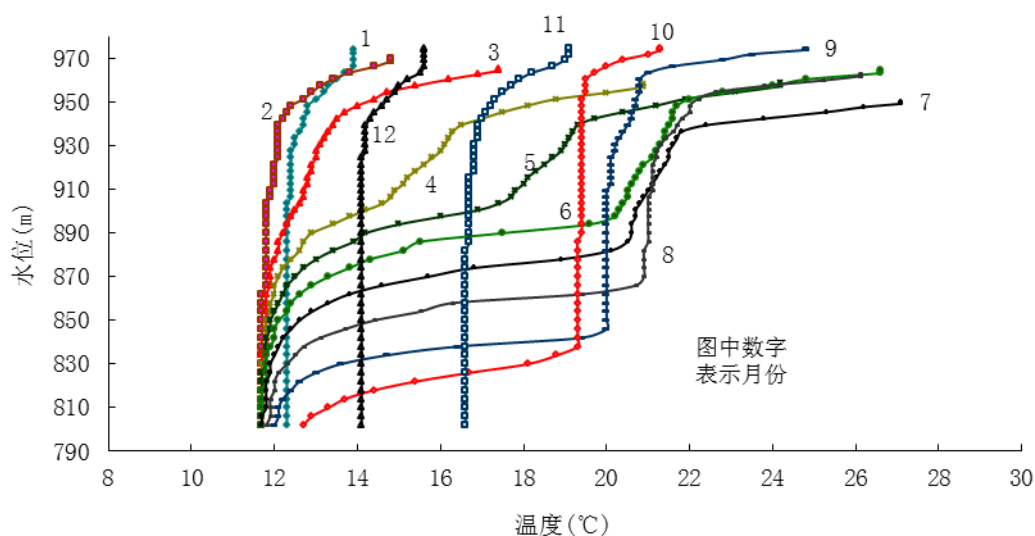


图 5.2-6 乌东德单层取水枯水年逐月坝前水温分布（工况 2）

表 5.2-7 和图 5.2-7 比较了乌东德枯水年的下泄水温、表层水温、库底水温、坝址处现状水温及气温年内过程。

水库水温结构呈季节性分层特征，在 2 月~10 存在表层温跃层，与平水年相比，由于年均来流比平水年低 21%，水库替换能力降低，水温分层结构更为稳定。

枯水年乌东德对下游水温影响较小。年均下泄水温较现状水温降低 0.1℃，变化不大，但水温过程有所改变。下泄水温在 2 月~6 月平均低于现状水温 1.0℃，在升温期 3 月~5 月，下泄水温较现状平均降低了 1.3℃，4 月份降低最多，为 1.5℃。10 月~翌年 1 月下泄水温比现状水温平均上升 1.2℃，11 月升幅最大，为 1.5℃。月均最高温度从现状 6 月 21.5℃降至建坝后 7 月的 21.3℃；月均最低温度从现状 1 月的 11.7℃升至建坝后 2 月的 12.0℃，延迟近 1 个月。月均下泄水温年内变化幅度降低了 0.5℃。

下泄水温分别在 3 月 30 日、4 月 20 日、5 月 10 日分别达到 14℃、16℃、18℃，而建坝前坝址天然水温达到 14℃、16℃、18℃的主要时段分别为 3 月上中旬(76.9%)、3 月下旬~4 月上旬(92.3%)、4 月中下旬(92.3%)，建坝后比建坝前有所延迟。

表 5.2-7 乌东德单层取水枯水年月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址现状水温及气温（℃）

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1 月	13.1	13.9	12.3	11.7	12.4	0.7	1.6
2 月	16.3	14.8	11.7	12.4	12.0	-0.4	3.1
3 月	20.3	17.4	11.7	14.3	13.0	-1.3	5.7

4 月	24.0	20.9	11.7	17.2	15.7	-1.5	9.2
5 月	26.0	24.2	11.7	19.9	18.7	-1.2	12.5
6 月	26.3	26.6	11.7	21.5	20.9	-0.6	14.9
7 月	26.2	27.1	11.7	21.1	21.3	0.2	15.4
8 月	25.6	26.1	11.8	21.2	21.1	-0.1	14.3
9 月	23.5	24.8	12.0	20.3	20.4	0.1	12.8
10 月	21.0	21.3	12.7	18.3	19.3	1.0	8.6
11 月	16.4	19.1	16.6	15.2	16.7	1.5	2.5
12 月	12.9	15.6	14.1	12.7	14.1	1.4	1.5
年均	21.0	21.0	12.5	17.2	17.1	0.0	8.5
最大值	26.3	27.1	16.6	21.5	21.3	1.5	15.4
最小值	12.9	13.9	11.7	11.7	12.0	-1.5	1.5
年内变幅	13.4	13.2	4.9	9.8	9.3	3.0	13.9

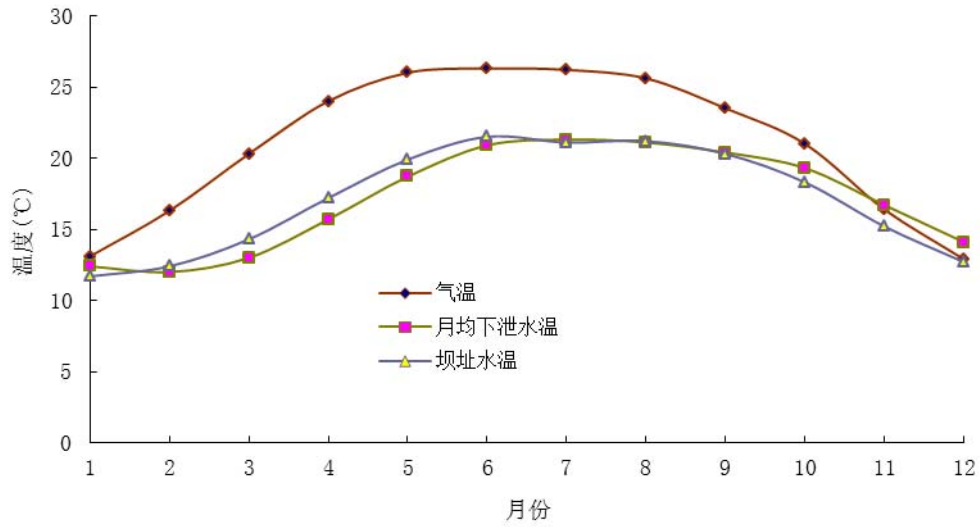


图 5.2-7 乌东德单层取水枯水年月均下泄水温、坝址现状水温及气温（工况 2）

3) 丰水年（工况 3）

图 5.2-8 显示了乌东德时丰水年的逐月坝前水温分布。

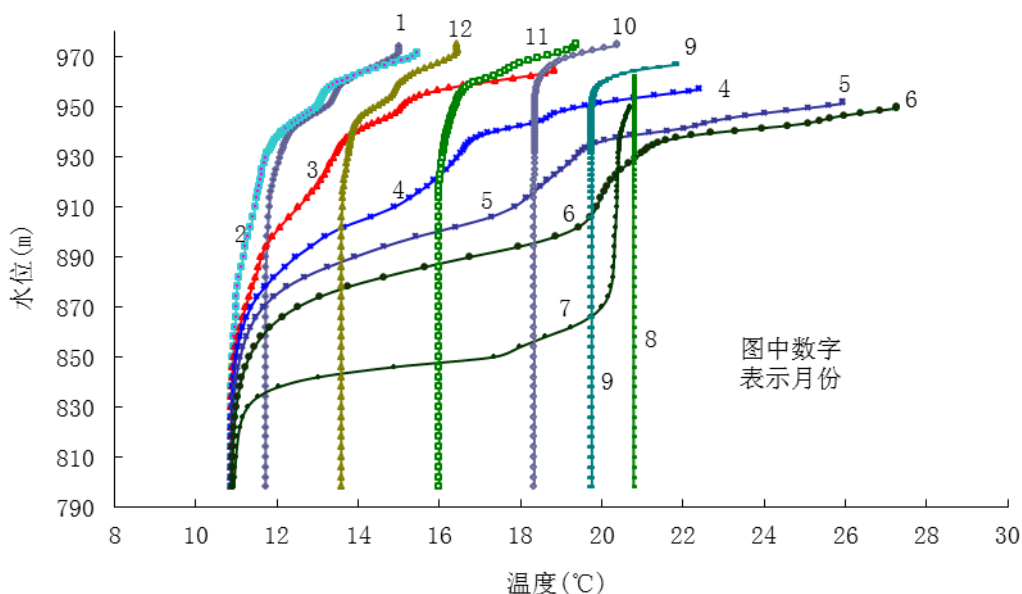


图 5.2-8 乌东德单层取水丰水年逐月坝前水温分布（工况 3）

表 5.2-8 和图 5.2-9 比较了乌东德丰水年的下泄水温、表层水温、库底水温、坝址处现状水温及气温年内过程。

水库水温结构呈季节性分层特征，2 月～6 月、8 月存在表层温跃层。与平水年相比，由于年均来流比平水年高 29%，水库替换能力强，水温处于分层状态的时期要短于平水年。

丰水年乌东德对下游水温过程有一定影响，年均下泄水温较现状水温低 0.4℃。下泄水温在 2 月～9 月平均低于现状水温 0.9℃，在升温期 3 月～5 月，下泄水温较现状平均降低了 1.7℃，4 月份降低最多，为 1.9℃。10 月～翌年 1 月下泄水温比现状平均上升 0.7℃，12 月升幅最大为 1.0℃。月均下泄最高温度从现状的 21.5℃（6 月）降至建坝后的 21.0℃（7 月）；月均最低温度从现状 1 月的 11.7℃升至建坝后 2 月的 11.8℃。月均下泄水温年内变化幅度降低了 0.6℃。

下泄水温分别在 4 月 1 日、4 月 24 日、5 月 16 日分别达到 14℃、16℃、18℃，而建坝前坝址天然水温达到 14℃、16℃、18℃的主要时段分别为 3 月上中旬(76.9%)、3 月下旬~4 月上旬(92.3%)、4 月中下旬(92.3%)，下泄水温存在一定的延迟现象。

表 5.2-8 乌东德单层取水丰水年月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址现状水温及气温（℃）

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1 月	13.1	13.6	11.9	11.7	12.1	0.4	1.7

2 月	16.3	14.7	11.5	12.4	11.8	-0.6	3.2
3 月	20.3	17.3	11.5	14.3	12.9	-1.4	5.8
4 月	24.0	21.0	11.5	17.2	15.3	-1.9	9.5
5 月	26.0	24.2	11.5	19.9	18.1	-1.8	12.7
6 月	26.3	25.6	11.5	21.5	20.9	-0.6	14.1
7 月	26.2	22.1	11.6	21.1	21.0	-0.1	10.5
8 月	25.6	22.7	11.8	21.2	20.9	-0.3	10.9
9 月	23.5	20.2	19.7	20.3	20.0	-0.3	0.5
10 月	21.0	21.1	18.6	18.3	18.7	0.4	2.5
11 月	16.4	17.8	16.0	15.2	16.0	0.8	1.8
12 月	12.9	15.0	13.6	12.7	13.7	1.0	1.4
年均	21.0	19.6	13.4	17.2	16.8	-0.4	6.2
最大值	26.3	25.6	19.7	21.5	21.0	1.0	14.1
最小值	12.9	13.6	11.5	11.7	11.8	-1.9	0.5
年内变幅	13.4	12.0	8.2	9.8	9.2	2.9	13.6

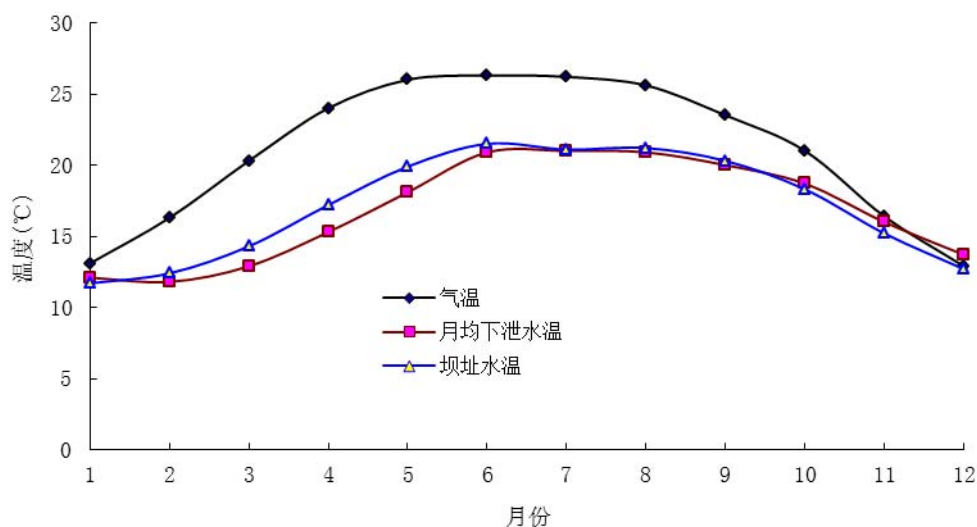


图 5.2-9 乌东德单层取水丰水年月均下泄水温、坝址现状水温及气温（工况 3）

4) 不同典型年的对比

表 5.2-9 比较了乌东德不同典型年下的下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状年均水温相比，乌东德各典型年年均下泄水温改变较小，平水年、枯水年、丰水年年均下泄水温较现状变化了 -0.2°C 、 -0.1°C 、 -0.4°C 。下泄水温过程在平水年 2 月~8 月、枯水年 2 月~6 月和 8 月、丰水年 2 月~9 月均低于现状水温，在平水年和枯水年 9 月~翌年 1 月、丰水年 10 月~翌年 1 月高于坝址现状水温。

表 5.2-9 乌东德单层取水不同典型年月均下泄水温与坝址处现状水温比较（ $^{\circ}\text{C}$ ）

月份	气温	坝址现状水温	平水年下泄	枯水年下泄	丰水年下泄	c-b	d-b	e-b
	a	b	c	d	e	f	g	h
1 月	13.1	11.7	12.5	12.4	12.1	0.8	0.7	0.4
2 月	16.3	12.4	11.9	12.0	11.8	-0.5	-0.4	-0.6
3 月	20.3	14.3	12.9	13.0	12.9	-1.4	-1.3	-1.4
4 月	24.0	17.2	15.2	15.7	15.3	-2.0	-1.5	-1.9
5 月	26.0	19.9	18.2	18.7	18.1	-1.7	-1.2	-1.8
6 月	26.3	21.5	20.8	20.9	20.9	-0.7	-0.6	-0.6
7 月	26.2	21.1	20.7	21.3	21.0	-0.4	0.2	-0.1
8 月	25.6	21.2	21.0	21.1	20.9	-0.2	-0.1	-0.3
9 月	23.5	20.3	20.4	20.4	20.0	0.1	0.1	-0.3
10 月	21.0	18.3	19.2	19.3	18.7	0.9	1.0	0.4
11 月	16.4	15.2	16.8	16.7	16.0	1.6	1.5	0.8
12 月	12.9	12.7	14.5	14.1	13.7	1.8	1.4	1.0
年均	21.0	17.2	17.0	17.1	16.8	-0.2	-0.1	-0.4
最大值	26.3	21.5	21.0	21.3	21.0	1.8	1.5	1.0
最小值	12.9	11.7	11.9	12.0	11.8	-2.0	-1.5	-1.9

表 5.2-10 统计了乌东德不同典型水文年的下泄水温在升温期到达 14℃、16℃、18℃的时段。

表 5.2-10 乌东德单层取水不同典型年升温期下泄水温到达 14℃、16℃、18℃的时段统计

工况	现状		平水年	枯水年	丰水年
到达14℃的时段	2月下旬	7.7%	4月3日	3月30日	4月1日
	3月上旬	53.8%			
	3月中旬	23.1%			
	3月下旬	15.4%			
到达16℃的时段	3月下旬	61.5%	4月16日	4月20日	4月24日
	4月上旬	30.8%			
	4月中旬	7.7%			
到达18℃的时段	4月中旬	61.5%	5月16日	5月10日	5月16日
	4月下旬	30.8%			
	5月上旬	7.7%			

从表 5.2-10 可以看出，升温期坝址现状水温到达 14℃的时段范围为 2 月下旬~3 月下旬，主要集中在 3 月上、中旬(76.9%)。各典型年电站下泄水温到达 14℃的时段为 3 月下旬~4 月上旬。

升温期坝址现状水温到达 16℃的时段范围为 3 月下旬~4 月中旬，主要时段为 3 月下旬(61.5%)。各典型年电站下泄水温到达 16℃的时段为 4 月中旬~下旬。

升温期坝址现状水温到达 18℃的时段范围为 4 月中旬~5 月上旬，主要集中在 4 月中旬(61.5%)。平水年、枯水年、丰水年电站下泄水温到达 18℃的时段为 5 月上旬（枯水年）和 5 月中旬（平、丰水年）。

整体来看，乌东德建坝后升温期单层取水条件下的下泄水温过程较现状水温过程有较为明显的延迟现象，延迟约 2 旬~3 旬。

5.2.1.3 金沙江下游梯级电站建设水温累积影响

(1) 规划环评梯级电站水温累积影响回顾

根据《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》梯级电站（乌东德、白鹤滩、溪洛渡和向家坝）水温叠加影响研究成果，梯级联合运行条件下水温累积影响的主要结论有：

1) 下泄水温与坝址天然水温的对比

溪洛渡与向家坝联合运行条件下，向家坝水电站水温年内分配差异较大，主要表现在升温期 3 月~6 月下泄水温较天然水温平均降低约 2.4℃，4 月份降低最多，达 3.7℃；降温期 11 月~次年 1 月下泄水温较天然水温平均升高约 2.8℃，12 月升高最多，为 3.3℃，水库蓄热作用明显。

四级电站（乌东德、白鹤滩、溪洛渡和向家坝）联合运行条件下，向家坝水电站下泄水温表现为：升温期 3 月~6 月下泄水温较天然水温平均降低约 2.8℃，5 月份降低最多，达 4.2℃；降温期 11 月~次年 1 月下泄水温较天然水温平均升高约 4.3℃，1 月升高最多，达 5.0℃。坝址处年内温差由天然的 10.4℃降至 6.5℃，年内均化现象显著。

与两级联合运行相比，四级联合运行下的向家坝下泄水温改变幅度与均化现象均较大，水温累积影响更明显。

2) 下泄水温延迟分析

向家坝平水年升温期不同工况条件下泄水温到达 16℃、18℃的时段见下表。从表中可以看出，四级联合运行向家坝下泄水温到达 16℃、18℃的时段较两级联合运行延迟幅度更大。

表 5.2-11 向家坝平水年梯级联合运行条件下泄水温到达 16℃、18℃的时段统计

项目	坝址天然	四级联合运行	两级联合运行
到达16℃的时段	3月上旬~下旬	5月上旬	4月中旬
到达18℃的时段	3月下旬~4月中旬	5月下旬	5月上旬

升温期乌东德坝址天然水温到达 16℃的时段主要集中在 3 月下旬~4 月上旬。乌东德建坝后，电站下泄水温到达 16℃的时段为 4 月中旬；升温期坝址天然水温到达 18℃的时段主要集中在 4 月中、下旬。乌东德建坝后，电站下泄水温到达 18℃的时段为 5 月上旬。升温期电站下泄水温的延迟现象仍较明显。

(2) 乌东德电站运行对下游水温累积影响预测分析

金沙江下游梯级规划环评至今，金沙江下游河段水温基础资料、各水电站设计方案及水库调度方式等均有更新，包括：乌东德入库水温采用了 2008 年以后开始监测的三堆子水文站水温系列，与规划环评阶段存在一定程度的差异；乌东德水电站的运行调度方案有所调整；白鹤滩的叠梁门方案进一步优化；溪洛渡水电站在 2009 年《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》中仍考虑采用单层取水，但在工程建设中开展了水温减缓措施的补充研究与设计，并已实施采用。基于此，为了全面地反映金沙江下游 4 个梯级电站联合运行对向家坝下泄水温的累积影响，本次评价根据新的工况进行预测。

计算边界条件中乌东德、向家坝采用单层取水，白鹤滩水库采用 6m×6 层叠梁门方案、溪洛渡水库采用 12m×4 层叠梁门方案，叠梁门运行时段为 3~6 月。向家坝和溪洛渡水电站气象资料、调度运行方式等其余计算边界条件与规划环评时一致。

1) 向家坝下泄水温累积影响对比分析

表 5.2-12 为金沙江下游 4 个梯级电站联合运行条件下的向家坝下泄水温过程一览表。在乌东德采用单层取水方案下，向家坝下泄水温在 3~8 月相对于天然状况均有所降低，其中 4~6 月平均降低 3.7℃，5 月降幅最大，为 4.2℃；9 月~翌年 2 月平均上升 3.2℃，1 月升幅最大，为 5.5℃。月均最高温度由天然水温的 22.9℃(8 月)降至梯级联合运行后的 22.0℃(9 月)，降低 0.9℃；月均最低温度由天然水温的 12.4℃(1 月)升至联合运行后的 15.6℃(3 月)，升高 3.2℃；月均水温年内变幅由天然的 10.5℃减小到联合运行后的 6.4℃，年内均化现象明显。

2) 下泄水温延迟效应分析

天然情况下，向家坝坝址处水温在 3 月上旬~下旬达到 16℃，3 月下旬至 4 月中旬达到 18℃；四级电站联合运行后，向家坝下泄水温在 4 月下旬达到 16℃，较坝址天然过程延迟了近 4 旬，5 月下旬能达 18℃，较坝址天然过程延迟了近 5 旬。金沙江下游梯级电站联合运行导致向家坝坝下水温过程的延迟效应明显。

表 5.2-12 平水年金下 4 个梯级联合运行时向家坝下泄水温变化情况 单位：℃

月份	向家坝坝址天然水温	向家坝下泄水温	联合运行对向家坝下泄水温累积影响
1月	12.4	17.9	5.5
2月	13.5	16.4	2.9
3月	15.8	15.6	-0.2
4月	19.3	15.7	-3.6
5月	21.4	17.2	-4.2
6月	22.7	19.3	-3.4
7月	22.8	21.6	-1.2
8月	22.9	21.9	-1.0
9月	21.4	22.0	0.6
10月	19.9	21.2	1.3
11月	17.1	20.6	3.5
12月	14.1	19.4	5.3
年均	18.6	19.1	\

注：“-”表示下泄水温较坝址天然水温降低。

5.2.2 水质影响预测

5.2.2.1 库区水质预测

(1) 库区污染负荷预测

1) 库周点源污染负荷预测

①城镇综合污水污染负荷预测

城镇综合污水量及各个污染物的污染负荷计算公式如下：

$$Q = q \times P_1 \times 365 \times 10^{-7} \tag{5.2-24}$$

$$W_{li} = \alpha_1 \times P_1 \times c_i \times 365 \times 10^{-6} \tag{5.2-25}$$

式中：i——代表某种污染物；

Q ——城镇综合污水排放量，万 t/a；

q ——人均综合污水排放量，L/人·d；

P₁ ——集中排水区人口数，人；

W_{li} ——城镇综合污水污染负荷，t/a；

c_i ——人均综合污染物排放量，g/人·d；

α_1 ——城镇综合污水入河系数（取 0.9）。

依据乌东德库区涉及的 7 县 3 区的相关规划确定人均综合污水排放量：攀枝花市东区、仁和区、钒钛产业园区以及盐边县人均综合污水排放量取 240L/人·d，会理县 220L/人·d，会东县 200L/人·d，永仁、元谋、武定、禄劝人均综合污水排放量取 190L/人·d。

预测年依据各县区综合污水处理相关规划确定，建有污水处理厂的乡镇依据人均综合污水排放量和污水处理厂设计出水浓度计算人均综合污染物排放量，未建污水处理厂的乡镇按化粪池处理后的污染物削减效率及人均综合污水排放量推算人均综合污染物排放量（根据《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》，四类二区及四类五区的生活污水经化粪池处理后 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 排放浓度平均降低 18.0%、15.8%、3.0%、13.6%、13.2%）。

本报告根据已掌握的部分区域资料，将非农业人口≥500 人的乡镇视为集中排水区（即有污水管网收集并集中排放）。另根据已审定的《金沙江乌东德水电站可行性研究阶段建设征地移民安置规划大纲》，乌东德水电站涉及两个集镇迁建，分别为云南省禄劝县皎平渡集镇和元谋县江边集镇。规划水平年皎平渡集镇、江边集镇搬迁安置人口分别为 356 人、4653 人，由于移民安置区应设完善的给排水设施，故将迁建后的两个集镇的综合污水视为点污染源纳入计算。预测年集中排水区人口详见下表。

表 5.2-13 集中排水区人口数 P_1 取值表（2023 年）

水系	河流	乡镇	集中排水区人口数 P_1 （人）	
			现状年（2010年）	预测年（2023年）
干流	金沙江	银江镇	19809	20781
		桐子林镇（安宁村）	3500	41819
		金江镇	11805	141895
		益民镇	1000	1081
		红格镇	4000	24088
		平地镇	1071	1124
		绿水乡	1865	1957
		通安镇	1080	1133
		皎平渡镇	0	356
	小计		44130	234233
支流	雅砻江	\	0	0
	龙川江	江边乡	0	4653
	勐果河	\	0	0

水系	河流	乡镇	集中排水区人口数 P_I （人）	
			现状年（2010年）	预测年（2023年）
	尘河	\	0	0
	鲮鱼河	\	0	0
	小计		0	4653
合计			44130	238868

根据公式(5.2-24)和(5.2-25)以及确定的参数值, 预测水平年乌东德库区城镇综合污水量及污染负荷见下表。

表 5.2-14 乌东德库周城镇综合污水污染负荷 (2023 年)

水系	河流	乡镇	污水量 (万t/a)	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干流	金沙江	银江镇	163.84	81.92	16.38	13.11	0.82	24.58
		桐子林镇（安宁村）	329.70	164.85	32.97	26.38	1.65	49.45
		金江镇	1118.70	559.35	111.87	89.50	5.59	167.80
		益民镇	8.52	29.60	12.11	4.17	0.48	5.20
		红格镇	189.91	94.95	18.99	15.19	0.95	28.49
		平地镇	8.86	30.78	12.59	4.34	0.50	5.41
		绿水乡	14.14	55.34	13.23	8.02	0.75	8.00
		通安镇	8.19	32.04	7.66	4.64	0.43	4.63
		皎平渡镇	2.34	10.21	2.81	1.40	0.16	1.67
	小计		1844.20	1059.04	228.62	166.74	11.32	295.23
支流	雅砻江	\	0	0	0	0	0	0
	龙川江	江边乡	28.93	17.36	5.79	4.34	0.29	5.79
	勐果河	\	0	0	0	0	0	0
	尘河	\	0	0	0	0	0	0
	鲹鱼河	\	0	0	0	0	0	0
	小计		28.93	17.36	5.79	4.34	0.29	5.79
合计			1873.13	1076.40	234.40	171.08	11.61	301.01

②工业废水污染负荷预测分析

工业废水量及各个污染物的污染负荷计算公式如下:

$$W_{2i} = \alpha_2 \times \beta \times V \times C_i \times 10^{-2} \quad (5.2-26)$$

式中: i ——代表某种水污染物;

W_{2i} ——工业污染负荷量, t/a;

V ——工业总产值, 亿元;

C_i ——工业废水排放浓度，mg/L；

β ——单位工业产值废水排放量，t/万元·a；

α_2 ——工业废水入河系数。

根据国务院印发的发改委同有关部门制定的《十二五节能减排综合性工作方案》，方案要求单位工业产值用水量减少 30%，随着技术发展，至预测年，工业废水量占用水总量的比例减小，从最不利角度考虑，预测年的单位工业产值废水排放量取为现状年的 70%。

综上，可以确定预测年各县区单位工业产值废水排放量，见下表。

表 5.2-15 各县区单位工业产值废水排放量取值表（2023 年）

州市	计算区域		单位工业产值废水排放量 β （t/万元·a）
攀枝花	东区、仁和区、盐边县（工业园外）		4.34
	工业园内	高粱坪工业园	7.06
		安宁工业园	5.05
		钒钛工业园	
凉山州	会理县、会东县		12.87
楚雄州	永仁县、元谋县、武定县		9.86
昆明市	禄劝县		3.08

根据乌东德库区各县、市国民经济与社会发展十二五规划以及工业发展规划，预测水平年乌东德库区回水末端以下各乡镇的工业产值，见下表。

表 5.2-16 乌东德库区工业产值取值表 单位：亿元

水系	河流名称	涉及县区		工业产值 V
干流	金沙江	东区		154.5
		仁和区	安宁工业园	517.2
			钒钛工业园	
			园区外	159.7
		盐边县		119.3
		会东县		1.5
		会理县		57.3
		武定县		4.2
		元谋县		0.7
		禄劝县		8.7
		小计		1023.1
支流	雅砻江	东区（高粱坪工业园）		54.7

水系	河流名称	涉及县区	工业产值 V
	龙川江	元谋县	5.9
	勐果河	武定县	1.0
	尘河	会理县	2.0
	鲹鱼河	会东县	1.2
	小计		64.7
合计			1087.7

根据各县区的工业发展规划与给排水规划,库区内各乡镇的工业废水经污水处理厂或自行生化处理后达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准及各类工业废水排放水质要求后方可排放;现状年排放浓度低于标准时,预测年取现状年的排放浓度。

钒钛、安宁、高梁坪工业园的企业废水排放口至入河排污口的平均距离小于 1km,故入河系数 α_2 取为 1.0;库区回水末端以下其它乡镇废水排放口至入河排污口的平均距离在 10km 以内,故入河系数 α_2 取为 0.9。

由公式(5.2-26)及上表确定的参数值,可以计算预测年排入库区的工业污水量及污染负荷,详见下表。

表 5.2-17 乌东德库周工业废水污染负荷(2023 年)

水系	河流名称	县区	废水量 (万 t/a)	污染物负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干流	金沙江	东区	603.60	603.60	120.72	30.18	6.04	57.84
		仁和区	钒钛工业园	2871.23	2296.99	527.18	250.88	480.85
			园区外	623.72	623.72	124.74	31.19	59.77
		盐边县	465.88	465.88	93.18	23.29	4.66	44.65
		会东县	17.52	17.52	3.50	0.25	0.18	0.47
		会理县	663.75	268.69	99.56	0.66	6.64	1.27
		武定县	37.19	37.19	7.44	2.94	0.37	5.66
		元谋县	5.90	5.90	1.18	0.47	0.06	0.90
		禄劝县	76.81	76.81	15.36	6.07	0.77	11.70
		小计	5365.60	4396.29	992.86	345.92	50.78	663.12
支流	雅砻江	东区(高梁坪工业园)	386.04	285.90	77.21	26.21	3.86	50.26
	龙川江	元谋县	52.01	52.01	10.40	4.11	0.52	7.92
	勐果河	武定县	8.65	8.65	1.73	0.68	0.09	1.32
	尘河	会理县	23.13	9.36	3.47	0.02	0.23	0.04
	鲹鱼河	会东县	13.56	13.56	2.71	0.19	0.14	0.36

水系	河流名称	县区	废水量 (万 t/a)	污染物负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
		小计	483.39	369.48	95.52	31.22	4.83	59.91
		合计	5848.99	4765.77	1088.38	377.14	55.62	723.02

2) 库周面源污染负荷预测

乌东德库周面源污染分为农村生活污水污染、养殖业畜禽粪便污染及农田径流污染三部分。

①农村生活污水污染负荷预测

农村生活污水污染负荷计算公式如下：

$$W_{3i} = \alpha_3 \times P_2 \times L_3 \times 365 \times 10^{-6} \quad (5.2-27)$$

式中：i——代表某种水质参数；

W_{3i} ——农村生活污水污染负荷，t/a；

P_2 ——非集中排水区人口数，人；

L_3 ——农村人均污染物排放量，g/人·d；

α_3 ——农村生活污水入河系数（取 0.5）。

在乌东德库区河流回水末端以下涉及的 37 个乡镇（街道办）中，有 8 个乡镇（街道办）建有管网系统收集污水并集中排放，大部分乡镇（街道办）的生活污水均为无组织排放。因此，本次计算将各乡镇的农业人口以及非农业人口数 < 500 人的乡镇人口产生的生活污染按面源的形式计入。

根据乌东德库区涉及县区的十二五规划，统计各县区的人口自然增长率，由此计算出预测年非集中排水区的人口数，详见下表。

表 5.2-18 非集中排水区人口数取值表（2023 年）

水系	河流名称	涉及县区	非集中排水区人口数(人)
干流	金沙江	东区	10224
		仁和区、钒钛园区	37240
		盐边县	24298
		会东县	21196
		会理县	81825
		武定县	34235
		元谋县	14811
		禄劝县	59795

水系	河流名称	涉及县区	非集中排水区人口数(人)
		小计	283624
支流	雅砻江	盐边县	23953
	龙川江	元谋县	34802
	勐果河	武定县	15713
	尘河	会理县	9499
	鲹鱼河	会东县	16656
	小计		100623
合计			384247

根据乌东德库区涉及县区的经济发展状况确定农村人均生活污水污染排放量 L_3 值见下表。

表 5.2-19 库区农村人均生活污水污染物排放量 L_3 取值表 单位: g/人·d

污染物因子	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
乌东德库区取值	40	25	4	0.7	5

预测水平年乌东德库周农村生活污水污染负荷见下表。

表 5.2-20 乌东德库周农村生活污水污染负荷（2023 年）

水系	河流名称	涉及县区	预测农村生活污染物排放量(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干流	金沙江	东区	74.64	46.65	7.46	1.31	9.33
		仁和区	271.85	169.91	27.19	4.76	33.98
		盐边县	177.37	110.86	17.74	3.1	22.17
		会东县	154.73	96.71	15.47	2.71	19.34
		会理县	597.32	373.32	59.73	10.45	74.66
		武定县	249.92	156.2	24.99	4.37	31.24
		元谋县	108.12	67.57	10.81	1.89	13.51
		禄劝县	436.5	272.81	43.65	7.64	54.56
		小计	2070.45	1294.03	207.04	36.23	258.79
支流	雅砻江	盐边县	174.86	109.29	17.49	3.06	21.86
	龙川江	元谋县	254.05	158.78	25.41	4.45	31.76
		小计	787.33	492.08	78.73	13.78	98.42
	勐果河	武定县	114.71	71.69	11.47	2.01	14.34
	尘河	会理县	69.34	43.34	6.93	1.21	8.67
	鲹鱼河	会东县	121.59	75.99	12.16	2.13	15.2
	合计		734.55	459.09	73.46	12.86	91.83
总计			2805.00	1753.12	280.5	49.09	350.62

②畜禽养殖污染负荷预测分析

由于计算区域集约化程度很低，故本计算中未区分规模化养殖及散养，将库周畜禽养殖产生的污染负荷均作为面源处理。

畜禽养殖污染负荷计算公式如下：

$$W_{4i} = \alpha_4 \times N \times L_4 \times 10^{-3} \quad (5.2-28)$$

式中： i ——代表某种水质参数；

W_{4i} ——畜禽养殖产生的污染负荷， t/a；

N ——畜禽存栏数， 头或只；

L_4 ——单位畜禽的污染物排放量， kg/（头·a）；

α_4 ——畜禽养殖污染物入河系数（取 0.12）。

根据乌东德库区涉及县区的相关规划，统计各县区的畜禽增长率，预测年畜禽存栏数。畜禽污染物排放量主要依据各县区的污染源普查动态更新数据进行确定。

预测水平年乌东德库周畜禽养殖污染负荷见下表。

表 5.2-21 乌东德库周畜禽养殖污染负荷（2023 年）

水系	河流名称	涉及县区	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干流	金沙江	东区	76.34	45.79	2.77	0.90	8.49
		仁和区	750.72	450.31	27.23	8.87	83.52
		盐边县	199.85	119.88	7.25	2.36	22.23
		会东县	529.80	317.88	19.36	6.28	58.87
		会理县	2479.80	1487.88	90.62	29.39	275.53
		武定县	305.77	183.53	11.19	3.57	34.05
		元谋县	188.25	112.99	6.89	2.20	20.96
		禄劝县	702.43	421.40	25.43	8.37	78.23
	合计		5232.98	3139.66	190.73	61.94	581.88
支流	雅砻江	盐边县	99.93	59.94	3.62	1.18	11.12
	龙川江	元谋县	396.34	237.89	14.50	4.62	44.13
	勐果河	武定县	156.87	94.16	5.74	1.83	17.47
	尘河	会理县	280.09	168.05	10.24	3.32	31.12
	鲹鱼河	会东县	285.94	171.57	10.45	3.39	31.77
	合计		1219.17	731.61	44.55	14.34	135.61
总计			6452.15	3871.27	235.28	76.28	717.49

③农田径流污染负荷预测分析

农田径流污染负荷计算公式：

$$W_{si} = \alpha_5 \times A \times L_5 \times 10^{-3} \quad (5.2-29)$$

式中： i ——代表某种水质参数；

W_{si} ——农田径流污染负荷， t/a；

A ——耕地面积， hm^2 ；

L_5 ——单位耕地面积污染物排放量， $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ；

α_5 ——农田径流入河系数（取 0.8）；

根据各县区土地利用规划确定干支流回水范围内涉及乡镇（街道办）预测水平年耕地面积。乌东德库区涉及县区的单位耕地面积污染物排放量主要依据各县区的污染源普查成果进行确定。

预测水平年乌东德库周农田径流污染负荷见表下表。

表 5.2-22 乌东德库周农田径流污染负荷（2023 年）

水系	河流名称	涉及县区	农田径流污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干流	金沙江	东区	3.09	0.99	0.13	0.07	0.76
		仁和区	150.48	48.15	6.32	3.31	37.02
		盐边县	69.79	22.33	2.93	1.54	17.17
		会东县	67.08	21.46	2.82	1.48	16.50
		会理县	301.40	96.45	12.66	6.63	74.14
		武定县	110.07	35.22	4.18	2.64	33.02
		元谋县	47.24	15.12	1.80	1.13	14.17
		禄劝县	183.45	58.70	6.97	4.40	55.04
		小计	932.59	298.43	37.81	21.20	247.82
支流	雅砻江	盐边县	34.89	11.17	1.47	0.77	8.58
	龙川江	元谋县	85.22	27.27	3.24	2.05	25.56
	勐果河	武定县	39.59	12.67	1.50	0.95	11.88
	尘河	会理县	27.85	8.91	1.17	0.61	6.85
	鲹鱼河	会东县	36.00	11.52	1.51	0.79	8.86
	合计		233.95	74.87	9.33	5.4	64.28
总计			1156.14	369.97	46.7	26.37	309.55

3) 库周污染负荷汇总

乌东德库周 2023 年污染负荷汇总见下表。

表 5.2-23 乌东德库周污染负荷汇总（2023 年）

水系	河流	类别	预测年污染负荷 (t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN

干流	金沙江	点源	5455.33	1221.48	511.58	62.11	956.27
		面源	8236.02	4732.12	435.58	119.37	1088.49
	干流合计		13691.35	5953.60	947.16	181.48	2044.76
支流	雅砻江	点源	285.90	77.21	26.21	3.86	50.26
		面源	309.68	180.4	22.58	5.01	41.56
		小计	595.58	257.61	48.79	8.87	91.82
	龙川江	点源	69.37	16.19	8.45	0.81	13.71
		面源	735.61	423.94	43.15	11.12	101.45
		小计	804.98	440.13	51.60	11.93	115.16
	勐果河	点源	8.65	1.73	0.68	0.09	1.32
		面源	311.17	178.52	18.71	4.79	43.69
		小计	319.82	180.25	19.39	4.88	45.01
	尘河	点源	9.36	3.47	0.02	0.23	0.04
		面源	377.28	220.3	18.34	5.14	46.64
		小计	386.64	223.77	18.36	5.37	46.68
	鲹鱼河	点源	13.56	2.71	0.19	0.14	0.36
		面源	443.53	259.08	24.12	6.31	55.83
		小计	457.09	261.79	24.31	6.45	56.19
	支流合计		2564.11	1363.55	162.46	37.49	354.86
总计		点源	5842.17	1322.79	547.13	67.23	1021.97
		面源	10413.29	5994.36	562.48	151.74	1377.66
		合计	16255.46	7317.15	1109.61	218.97	2399.63

(2) 库区水质预测

乌东德水电站建成后,水库回水长度超过 200km,库区形状狭长,水深接近 200m。同时,乌东德水库库区支流较多,立面二维模型能够将支库与主库进行耦合计算,计入了支库对主库水质计算的影响,并考虑了主库对支库的回水顶托影响,应用立面二维水质数学模型可模拟出水库在纵向和垂向上的水质时空分布,因此本报告采用立面二维水质模型对乌东德库区水质和下泄水质过程进行预测。

1) 水质模型

①水质方程

考虑到库区温度场对水质的影响,建立与水温耦合求解的宽度平均的立面二维水质模型。在水动力学和水温计算基础上,增加水质的计算,水质方程形式如下:

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t} + \frac{\partial uB\Phi}{\partial x} + \frac{\partial wB\Phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(BD_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(BD_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) + q_\Phi B + BS_\Phi \quad (5.2-30)$$

式中: B 为水体宽度, m; u 、 w 分别为纵向和垂向流速, m/s; Φ 为水质要素浓度, mg/L; D_x 、 D_z 分别为纵向和垂向的扩散系数, m^2/s ; q_Φ 为单元控制体侧向水质出入流的速率, mg/L·s; S_Φ 为源汇项, mg/L·s。

②水质方程源项表达式及其参数选取

本文模型中考虑的水质组分主要有 DO、BOD₅、COD、NH₃-N、TP 和 TN 等，其中 DO 方程源项考虑水面复氧和 BOD₅ 降解耗氧两部分，其余水质组分则只考虑在水体自净作用下的衰减过程。方程源项表达式具体形式如下：

a、DO 方程源项

对于表层水体，包括水面复氧和 BOD₅ 降解耗氧两部分：

$$S_{DO} = K_2(\Phi'_{DO} - \Phi_{DO}) - K_1\theta^{T-20}\Phi_{BOD} \quad (5.2-31)$$

而对于下层水体，只有 BOD₅ 降解耗氧：

$$S_{DO} = -K_1\theta^{T-20}\Phi_{BOD} \quad (5.2-32)$$

式中：K₂ 为水面复氧系数，1/s； Φ'_{DO} 为饱和 DO 浓度，为温度的函数； Φ_{DO} 为 DO 浓度，mg/L；K₁ 为 20℃时 BOD₅ 的降解系数， θ 为 BOD₅ 温度修正系数， Φ_{BOD} 为 BOD₅ 浓度，mg/L；

K₂ 在水库中可以用下式（Rrocker 等，1978）表示：

$$k_2 = \frac{0.864W}{H} \quad (5.2-33)$$

式中，W₁₀ 为水面上 10m 处风速，m/s；H 为表层水体厚度，m。

Φ'_{DO} 在淡水中主要与海拔高度 A（km）和水温 T（℃）有关：

$$\Phi'_{DO} = \left(1 - \frac{A}{44.3}\right)^{5.25} \exp[7.7117 - 1.31403 * \ln(T + 45.93)] \quad (5.2-34)$$

b、其他水质标量方程源项

由于只考虑降解或衰减过程，并假定该过程为一阶动力学反应，因此 BOD₅、COD、NH₃-N、TP 和 TN 等水质组分输运方程的源项具有如下相同的形式：

$$S_{DO} = -K_{(20^\circ)}\theta^{T-20}\Phi \quad (5.2-35)$$

式中，K_(20°) 是水温为 20℃时各水质组分的降解系数， θ 为各水质组分的温度修正系数， Φ 为相应水质组分的浓度，mg/L；

③模型验证

a、计算区域及网格划分

采用紫坪铺水库实测资料进行水质模型验证。紫坪铺水利枢纽工程位于岷江上游，总库容 11.12 亿 m³，其中正常蓄水位以下库容 9.98 亿 m³，是四川省以灌溉、供

水为主，结合发电、防洪、旅游等的大型综合利用水利枢纽工程。紫坪铺水库为一河道型深水库，坝前水深超过 100m，库区长度约 24km。库区被划分为 43×71（纵向×垂向）个矩形单元。单元纵向尺寸为 315~600m，垂向尺寸为 2m。紫坪铺水库库区网格划分见下图。

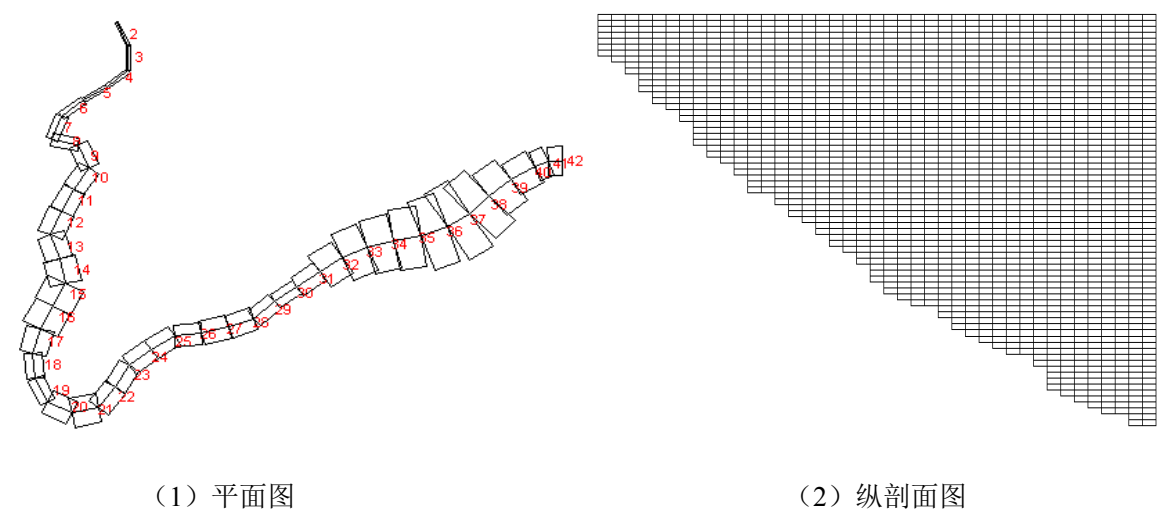


图 5.2-10 紫坪铺水库网格划分图

b、边界条件

采用 2009 年 11 月 6 日~2010 年 7 月 6 日的水库调度过程及入库水温和气象条件，各月水质入流浓度见表 5.2-24，初始值以模型开始运算当天实测值为依据，采用 2010 年 7 月 6 日的结果进行水质模型验证。

表 5.2-24 水质入流浓度表

月份	BOD ₅ (mg/L)	DO (mg/L)
11	0.35	10.00
12	0.35	10.00
1	0.35	10.00
2	0.35	10.00
3	0.35	10.00
4	0.40	10.46
5	0.40	10.46
6	0.38	8.63
7	0.38	8.63

c、模拟值与实测值对比分析

图 5.2-11~图 5.2-13 分别给出了本次计算的 7 月 6 日紫坪铺水库库区水温分布图、BOD₅、DO 浓度分布图。从图中可以看出，库表水体流动缓慢且水温较高，其降解速率大，表层污染物降解较快而浓度较低，而库底为冬季滞留水体，污染物降解充分。库区流动层主要受来流高浓度水流影响水质浓度偏高。虽然表面复氧会使 DO 浓度有

所增加，但由于表层 BOD₅ 浓度高于库底，BOD₅ 降解消耗 DO，再加上没有考虑底泥作用、底层厌氧生物作用等，导致在近坝面底层 DO 明显高于表层的现象。

图 5.2-14~图 5.2-16 比较了库区各实测断面垂向计算值与实测值。从比较可以看出水温模型计算值与实测值拟合较好，能够较好模拟出水库垂向水温分布结构；BOD₅ 各实测断面中，计算值与实测值表层最小相差 0.01mg/L，最大相差 0.15mg/L；下层水体中，最小相差 0.07mg/L，最大相差 0.30mg/L；DO 各实测断面中，计算值与实测值表层最小相差-0.12mg/L，最大相差-0.54mg/L；下层水体中，最小相差-0.02mg/L，最大相差-0.52mg/L；表层 DO 浓度模拟值普遍较实测值偏低，可能是由于没有考虑底泥作用、底层厌氧生物作用导致底层 DO 浓度偏高而表层未考虑浮游植物等的光合作用带来的 DO 增加所致。

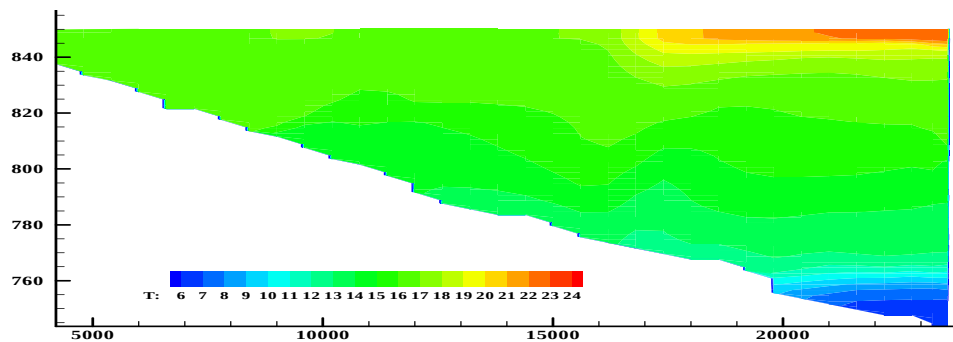


图 5.2-11 紫坪铺水库 2010 年 7 月 6 日库区温度分布示意图
(x—距库尾距离，y—水库水位)

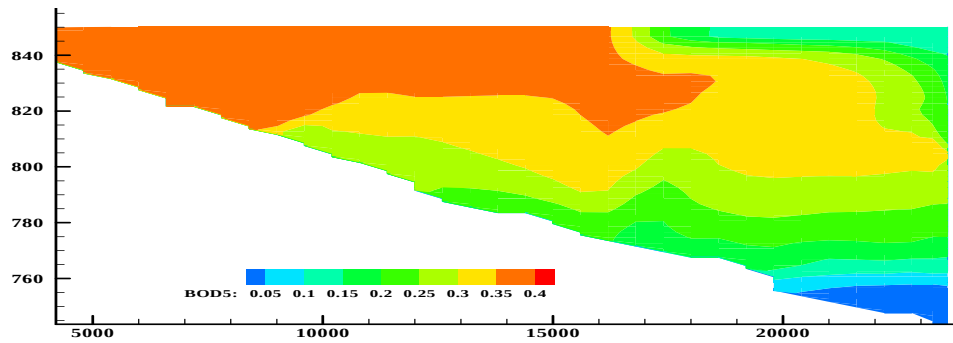


图 5.2-12 紫坪铺水库 2010 年 7 月 6 日库区 BOD5 分布示意图
(x—距库尾距离，y—水库水位)

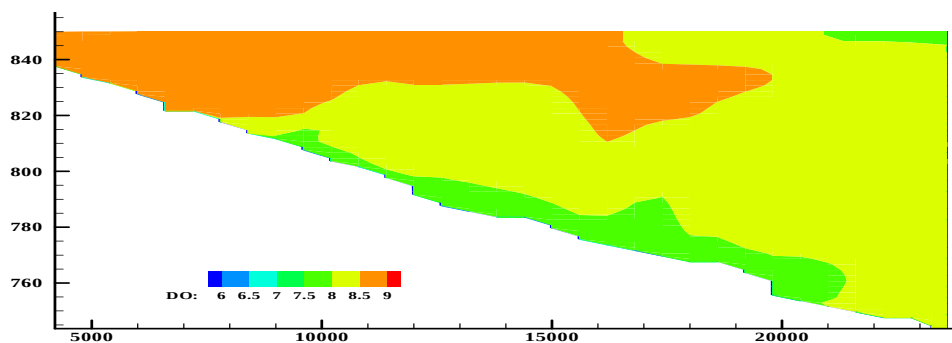


图 5.2-13 紫坪铺水库 2010 年 7 月 6 日库区 DO 分布示意图
(x—距库尾距离, y—水库水位)

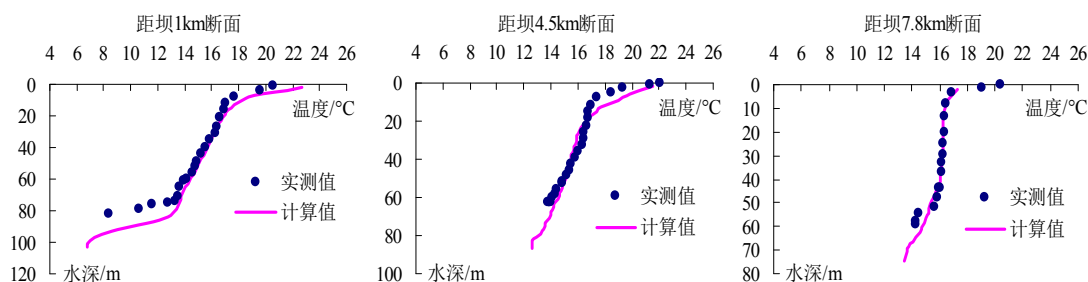


图 5.2-14 2010 年 7 月 6 日垂向水温计算值与实测值比较

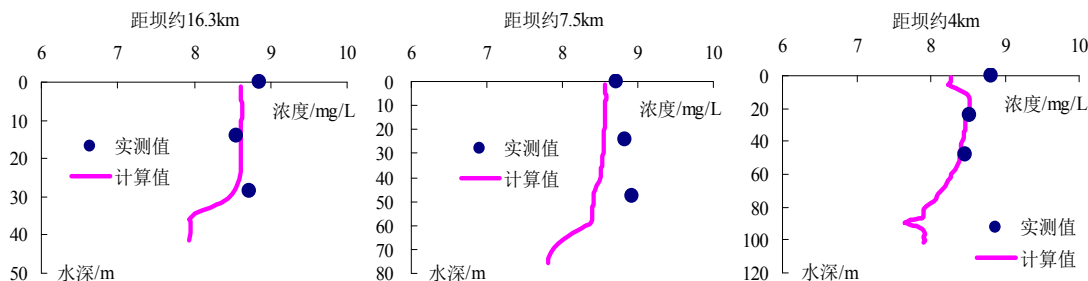


图 5.2-15 2010 年 7 月 6 日垂向 DO 计算值与实测值比较

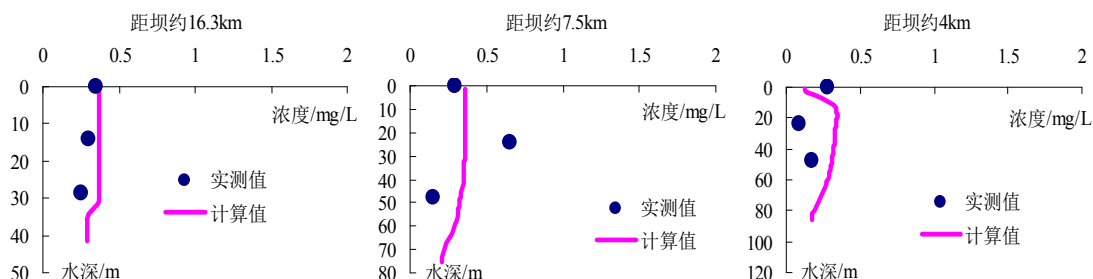


图 5.2-16 2010 年 7 月 6 日垂向 BOD₅ 计算值与实测值比较

d、模型误差分析

总的看来, DO 与 BOD₅ 表层浓度验证结果比下层水体验证结果相对较好。除了

数学模型本身的局限性外，水质监测数据偏少，水质取样中的随机性及测点的代表性也会影响到对模型精度的判断。综合分析认为，对于受温度分层影响显著的大型水库，本文采用的宽度平均的立面二维水质模型可以用于对水库 DO、BOD₅、COD、NH₃-N、TP、TN 等污染物的数值模拟。

2) 预测工况及计算条件设置

①预测因子及工况

根据乌东德水电站工程河段水质与污染源现状分析，水库预测因子选择 BOD₅、COD、NH₃-N、TP、TN、DO。水文条件采用和上游梯级联合运行的工况，即考虑金沙江干流的金安桥、观音岩电站以及雅砻江两河口、锦屏一级、二滩电站的影响，预测乌东德水库平水年与枯水年逐月的水质分布。

②模型参数选取

各水质要素温度修正系数及降解系数（20℃）取值见下表。

表 5.2-25 各水质要素温度修正系数及降解系数（20℃）取值表

水质要素	BOD ₅	COD	NH ₃ -N	TP	TN
θ	1.047	1.047	1.083	1.083	1.083
K(20℃) (1/day)	0.027	0.027	0.027	0.0078	0.0078

③计算边界条件

乌东德主库库区被划分为 245×96（纵向×垂向）个矩形单元网格，单元纵向尺寸为 250~1000m，垂向尺寸为 2m；龙川江支库库区被划分为 34×27（纵向×垂向）个矩形单元网格，单元纵向尺寸为 300m，垂向尺寸为 2m；勐果河支库库区被划分为 19×30（纵向×垂向）个矩形单元网格，单元纵向尺寸为 200m，垂向尺寸为 2m；尘河支库库区被划分为 40×42（纵向×垂向）个矩形单元网格，单元纵向尺寸为 400m，垂向尺寸为 2m；鲹鱼河支库库区被划分为 33×55（纵向×垂向）个矩形单元网格，单元纵向尺寸为 200m，垂向尺寸为 2m；乌东德库区计算区域示意图见下图。

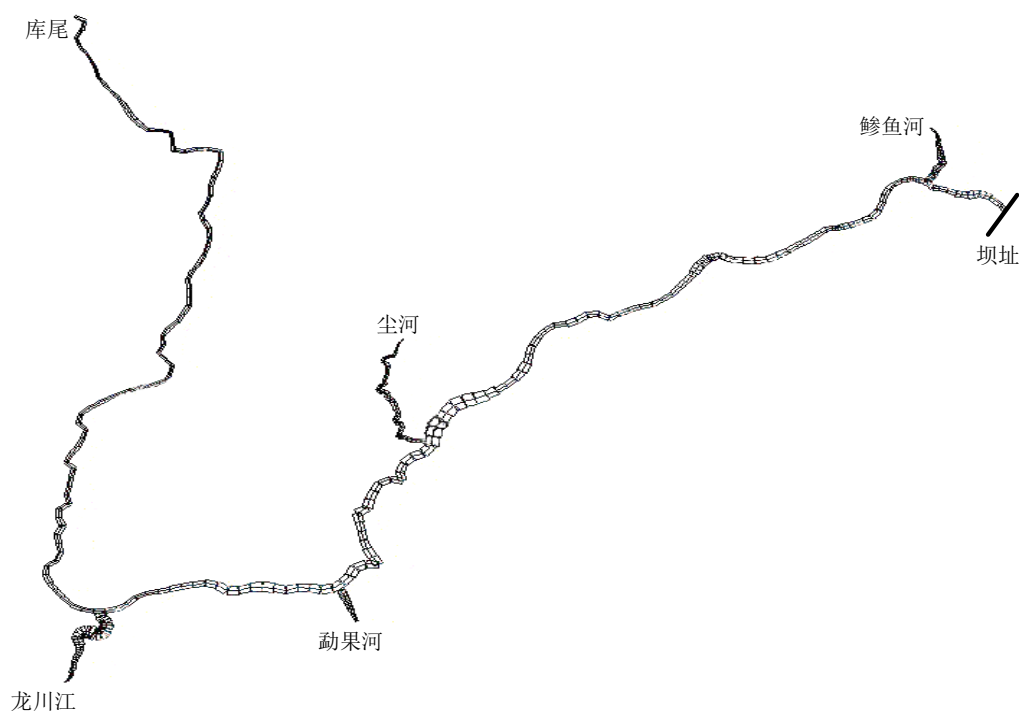


图 5.2-17 乌东德库区计算区域示意图

全库区立面二维水质计算按傈果与雅砻江加权平均后，从雅砻江汇口算起。入流水质因子的浓度采用不同水期代表月在库尾傈果及雅砻江河口断面的水质现状监测成果，其中枯、丰、平水期分别采用 3 月、8 月、11 月的监测值。各支库入流水质浓度采用各水期支流的监测值。

乌东德库区计算区域内的所有点污染源分别在所处位置作为入流边界处理。根据降雨量年内分配过程，对库区面污染源进行逐月分配。

3) 库区水质预测结果

①主库库区水质预测

A、平水年水质预测

库区的水温分层结构对库区垂向水质分布影响较大。库底 COD、NH₃-N、TP、TN、BOD₅、DO 浓度均在 9 月水温分层未破坏前各水质浓度达到最小值，分别为 0.1mg/L、0.01mg/L、0.022mg/L、0.283mg/L、0.02mg/L、6.6mg/L。这是由于水库在 5 月~8 月均存在较明显的水温分层，受浮力影响，入流温水带来的污染物及表层汇入的区间污染负荷主要进入中上层水体，底层水体没有污染物汇入，且流动缓慢而降解更充分。库底 COD、TP、BOD₅ 浓度在 10 月达到最大值，分别为 12.3mg/L、0.067mg/L、2.15mg/L。这是由于丰水期其来流流量、背景浓度均较高，破坏库底低浓度区域，从而浓度达到最大。库底 NH₃-N、TN 浓度在 1 月达到最大值，分别为 0.028mg/L、

0.651mg/L。由于 1 月入库水温达到最低，挟污来流由中下层进入库区，导致底部水质浓度升高。

水面的水质浓度则受水流条件、支流汇入、污染源分布的影响，沿程整体仍然是降低的趋势，尤其是 COD、BOD₅ 沿程下降趋势明显。

总体上看，平水年建库前、后各典型水期 COD、TN、TP（平水期除外）、BOD₅ 断面平均浓度纵向上基本沿程降低，且建库后各水质因子浓度沿程降幅较建库前偏大。如建库后 COD 在丰、平、枯水期的沿程降幅分别为 7.5mg/L、3.4mg/L、6.95mg/L，而建库前在丰、平、枯水期的沿程降幅分别为 3.5mg/L、2.8mg/L、3.4mg/L。

平水年各水期主库水质浓度沿程变化见下表。

表 5.2-26 平水年各水期主库水质浓度沿程变化 单位：mg/L

序号	敏感断面	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
1	四川省川投化学工业集团有限公司取水口	丰水期 8 月	16	0.027	0.072	0.64	2.8	7.9
		平水期 11 月	9.8	0.019	0.022	0.612	2.59	9
		枯水期 3 月	11	0.031	0.053	0.694	2.62	9
2	会理县昆鹏铜业有限责任公司取水口	丰水期 8 月	15.8	0.028	0.072	0.64	2.8	7.9
		平水期 11 月	9.7	0.023	0.022	0.616	2.56	8.9
		枯水期 3 月	10.9	0.034	0.053	0.696	2.59	9
3	马鞍坪矿山废石综合利用有限责任公司取水口	丰水期 8 月	15.6	0.028	0.071	0.636	2.7	7.9
		平水期 11 月	9.4	0.021	0.022	0.609	2.5	8.9
		枯水期 3 月	10.6	0.032	0.053	0.688	2.52	8.9
4	龙川江汇口上游断面	丰水期 8 月	14.6	0.028	0.07	0.623	2.6	7.8
		平水期 11 月	6.9	0.018	0.032	0.528	1.67	8.3
		枯水期 3 月	8.1	0.028	0.048	0.61	1.86	8.6
5	龙川江汇口下游断面	丰水期 8 月	14.5	0.028	0.07	0.623	2.6	7.8
		平水期 11 月	6.8	0.018	0.032	0.524	1.65	8.3
		枯水期 3 月	8.1	0.027	0.048	0.611	1.86	8.6
6	勐果河汇口上游断面	丰水期 8 月	13.3	0.028	0.068	0.602	2.4	7.6
		平水期 11 月	6.6	0.017	0.034	0.521	1.58	8.1
		枯水期 3 月	7.1	0.025	0.046	0.583	1.65	8.5
7	勐果河汇口下游断面	丰水期 8 月	13.3	0.028	0.068	0.602	2.4	7.6
		平水期 11 月	6.7	0.017	0.034	0.524	1.6	8.1
		枯水期 3 月	7.1	0.025	0.046	0.583	1.65	8.5
8	尘河汇口上游断面	丰水期 8 月	11.9	0.026	0.065	0.584	2.1	7.5
		平水期 11 月	6.7	0.017	0.037	0.518	1.54	7.9
		枯水期 3 月	6	0.022	0.043	0.547	1.4	8.4
9	尘河汇口下游断面	丰水期 8 月	11.9	0.026	0.065	0.584	2.1	7.5
		平水期 11 月	6.7	0.017	0.037	0.519	1.55	8
		枯水期 3 月	6	0.022	0.043	0.547	1.39	8.4
10	德顺矿业取水口	丰水期 8 月	12.1	0.034	0.069	0.628	2	7.2
		平水期 11 月	6.4	0.017	0.035	0.51	1.54	8.1
		枯水期 3 月	5.1	0.019	0.044	0.522	1.2	8.2
11	鲹鱼河汇口上游断面	丰水期 8 月	9.5	0.024	0.072	0.62	1.7	7.2

序号	敏感断面	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
12	鲹鱼河汇口下游断面	平水期 11 月	6.4	0.018	0.033	0.513	1.55	8.1
		枯水期 3 月	5	0.02	0.043	0.525	1.18	8.2
		丰水期 8 月	9	0.023	0.079	0.671	1.5	7.1
		平水期 11 月	6.4	0.018	0.033	0.514	1.56	8.1
		枯水期 3 月	4.7	0.022	0.04	0.554	1.1	8.3

平水年各典型水期 COD、NH₃-N、TN、BOD₅ 来流浓度分别小于 20.0mg/L、1.0mg/L、1.0mg/L、4mg/L，且降解速率较大，主库库区自库尾到坝前均不超标。TP 丰水期干流入流浓度超标（大于 0.05mg/L），主库库区均超标；平水期 TP 入流浓度为 0.021 mg/L，部分库区均存在超标现象。DO 主库库区浓度均在 6mg/L 以上，各月均达标。

表 5.2-27 平水年主库库区水质因子超标情况统计

月份	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
枯水期 3 月	□	□	⊙	□	□	□
丰水期 8 月	□	□	⊙	□	□	□
平水期 11 月	□	□	⊙	□	□	□

注：■全库超标 ⊙部分库区超标 □全库均未超标

B、枯水年水质预测

枯水年丰、平、枯水期 COD 断面平均浓度纵向上基本沿程降低，建库后其沿程降幅分别为 11.4mg/L、5.4mg/L、5.8mg/L，建库前其沿程降幅分别为 3.9mg/L、2.6mg/L、3.4mg/L。可见建库后 COD 断面平均浓度沿程降幅较建库前有所提高，尤其是丰水期 8 月。TN、TP（平水期除外）、BOD₅ 断面平均浓度沿程变化规律与 COD 基本相同，建库后其坝前断面平均浓度均较入库断面平均浓度低，且建库后浓度沿程降幅更大。

枯水年各水期主库水质浓度沿程变化见下表。

表 5.2-28 枯水年各水期主库水质浓度沿程变化 单位：mg/L

序号	敏感保护目标	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
1	四川省川投化学工业集团有限公司取水口	丰水期 8 月	16.3	0.028	0.072	0.637	2.8	7.9
		平水期 11 月	9.8	0.019	0.022	0.609	2.6	9
		枯水期 3 月	11.0	0.030	0.053	0.694	2.63	9.0
2	会理县昆鹏铜业有限责任公司取水口	丰水期 8 月	16.2	0.03	0.072	0.637	2.8	7.9
		平水期 11 月	9.7	0.022	0.023	0.611	2.57	9
		枯水期 3 月	10.9	0.034	0.053	0.697	2.61	9
3	马鞍坪矿山废石综合利用有限责任公司取水口	丰水期 8 月	16	0.029	0.072	0.633	2.7	7.9
		平水期 11 月	9.5	0.021	0.022	0.605	2.52	8.9
		枯水期 3 月	10.7	0.034	0.053	0.692	2.56	9

4	龙川江汇口上游断面	丰水期 8 月	15.3	0.029	0.071	0.625	2.61	7.8
		平水期 11 月	7.1	0.018	0.03	0.528	1.75	8.4
		枯水期 3 月	8.4	0.03	0.05	0.65	1.99	8.6
5	龙川江汇口下游断面	丰水期 8 月	15.2	0.029	0.071	0.625	2.6	7.8
		平水期 11 月	7	0.017	0.03	0.524	1.73	8.4
		枯水期 3 月	8.4	0.03	0.05	0.65	1.99	8.6
6	勐果河汇口上游断面	丰水期 8 月	13.2	0.031	0.068	0.593	2.3	7.6
		平水期 11 月	6.7	0.017	0.032	0.516	1.63	8.2
		枯水期 3 月	7.7	0.028	0.048	0.628	1.82	8.6
7	勐果河汇口下游断面	丰水期 8 月	13.1	0.031	0.068	0.592	2.29	7.6
		平水期 11 月	6.7	0.017	0.033	0.517	1.64	8.2
		枯水期 3 月	7.7	0.028	0.048	0.626	1.81	8.6
8	尘河汇口上游断面	丰水期 8 月	12.3	0.029	0.066	0.584	2.15	7.5
		平水期 11 月	6.5	0.016	0.034	0.505	1.55	8.1
		枯水期 3 月	6.9	0.026	0.046	0.601	1.61	8.5
9	尘河汇口下游断面	丰水期 8 月	12.3	0.029	0.066	0.584	2.16	7.5
		平水期 11 月	6.5	0.016	0.034	0.506	1.56	8.1
		枯水期 3 月	6.8	0.026	0.046	0.6	1.61	8.5
10	德顺矿业取水口	丰水期 8 月	8.3	0.023	0.055	0.506	1.48	7.1
		平水期 11 月	6.4	0.017	0.033	0.503	1.56	8.1
		枯水期 3 月	5.7	0.023	0.044	0.575	1.34	8.3
11	鲹鱼河汇口上游断面	丰水期 8 月	6.6	0.018	0.051	0.477	1.17	7
		平水期 11 月	5.2	0.015	0.033	0.454	1.24	7.8
		枯水期 3 月	5.7	0.023	0.045	0.59	1.36	8.1
12	鲹鱼河汇口下游断面	丰水期 8 月	6.3	0.018	0.052	0.474	1.11	6.9
		平水期 11 月	4.9	0.015	0.034	0.443	1.16	7.8
		枯水期 3 月	5.7	0.023	0.045	0.587	1.34	8.2

枯水年各月 COD、NH₃-N、BOD₅、TN 来流浓度均在 III 类水质标准限值内。在降解作用下，全库区均不存在超标现象，且 DO 也满足 III 类水质要求。但 TP 全年入流浓度除平水期 11 月较低为 0.022mg/L 外，均大于 III 类水质标准限值（0.05mg/L），全年库区均存在不同程度的超标现象。

表 5.2-29 枯水年主库库区水质因子超标情况统计

月份	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
枯水期 3 月	□	□	⊙	□	□	□
丰水期 8 月	□	□	⊙	□	□	□
平水期 11 月	□	□	⊙	□	□	□

注：■全库超标 ⊙部分库区超标 □全库均未超标

②支库水质预测

A、龙川江支库水质预测

a、平水年

枯水期支流流量小，水库的运行水位较高，受主库回水顶托作用，支流挟污难以向下游输移，尤其是枯水期龙川江来流 COD 浓度高达 25.9mg/L，使得在库尾近 2km 中上层水体形成一明显的污染带。而支库近汇口的大部分水域水质主要受主库影响，NH₃-N 在底部浓度偏低，库尾入流段偏高。COD、TP、TN、BOD₅ 在底部污染物浓度偏高，而表层偏低。

丰水期支库各水质因子浓度均相对较高，水质相对较差。而受入库水质（TP 入流浓度为 0.110mg/L）和汛期面源汇入的影响，TP 基本全库区超标。

平水期下层流动层水体污染物浓度偏高，而中上层在水体自净作用下水质较好。

b、枯水年

枯水期 3 月，水库的运行水位较高，支库近汇口的大部分水域水质主要受主库影响，挟污来流由于流量小，其影响仅在库尾段约 2km 范围内。来流 COD 浓度高达 25.9mg/L，已超过地表水 III 类水质标准，在库尾段表层形成了明显的污染带。库尾段 NH₃-N 浓度较支库其他水域偏高，而 TP、TN、DO 浓度较支库其他水域偏低。BOD₅ 浓度全库区基本均匀混合。

丰水期 8 月，龙川江入库流量达到 101.9m³/s，挟污能力增强，支库水质受龙川江来流影响增大，且支库流速加大，水体停滞时间减少，污染物的降解量降低，该时期支库各水质因子浓度均相对较高，水质相对较差。受来流水质（TP、TN 入流浓度分别为 0.110mg/L 和 0.970mg/L）和汛期面源汇入的影响，TP 基本全库区超标，TN 大部分区域接近地表水 III 类水质标准。

平水期 11 月，受低温水下潜影响，挟污来流主要沿库底运动，使得下层流动层水体污染物浓度偏高，而中上层在水体自净作用下水质较好。

B、勐果河支库水质预测结果分析

a、平水年

枯水期流动层 COD、NH₃-N、TN、BOD₅ 浓度高于其他区域水体浓度。TP 全库区基本均匀混合。

丰水期受入流流量及浓度影响，表现为中上层水体 TP 浓度超标，其他水质因子 COD、TN、DO、NH₃-N 和 BOD₅ 均达到水质标准。NH₃-N 和 BOD₅ 分布均匀，分别约为 0.050mg/L 和 2.2mg/L。

平水期受主库回水顶托影响，支库水质主要受主库控制，全支库水面至水下约40m 范围内水体浓度基本混合均匀。

b、枯水年

枯水期3月，勐果河流量仅为 $2.0\text{ m}^3/\text{s}$ ，支库水质主要受主库回水控制，表现为流动层COD 浓度高于其他区域水体浓度， $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 在库尾入流段浓度均较其他区域高，且其他区域浓度分布较为均匀。 BOD_5 浓度全库区基本均匀混合。

丰水期8月，受主库回水影响，库区水质均较枯水期有所变差。COD 和 BOD_5 中下层浓度较高，最高分别达到 14.1mg/L 和 2.4mg/L ，表层流动缓慢，降解较充分，浓度仅为 4.6mg/L 和 1.2mg/L 。受支流TP、TN 污染负荷较高的影响，流动层TP、TN 浓度偏高，且TP 全支库超标。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、DO 分布较均匀，分别约为 0.050mg/L 和 7.0mg/L 。

平水期11月，受低温水影响，挟污来流沿库底运动，然而由于来流流量仅为 $5.0\text{ m}^3/\text{s}$ ，支库水质同样主要受主库控制。

C、尘河支库水质预测结果分析

a、平水年

枯水期尘河水质基本受主库水质控制，整体水质较好。其中水体流动层COD、 BOD_5 、TP、TN 浓度较其他区域水体高， $\text{NH}_3\text{-N}$ 在全库区基本均匀混合。由于水体表面复氧作用，使得表层DO 浓度较下层区域高。

丰水期受入流浓度影响，水体流动层水质浓度较其他区域有所差异，其中TP 尘河来流浓度为 0.150mg/L ，较枯水期有明显增加，使得表层下10m 左右的流动层内TP 浓度大幅增加；TN 来流浓度偏高（为 1.220mg/L ），水面10m 下的入流层TN 处于超标状态。COD 和 BOD_5 受主库影响，汇口段库底水体浓度较其他区域高， $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 DO 浓度分布较为均匀，分别约为 0.05 mg/L 和 7.5mg/L 。

平水期尘河支库水质基本受控于主库，整体水质较好，COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、 BOD_5 、DO 全支库均未超标；TP 除点源汇入区域超标外（浓度约为 0.065mg/L ），受主库影响其余范围水体未出现超标现象。

b、枯水年

枯水期3月，尘河流量较小，为 $5.4\text{ m}^3/\text{s}$ ，其支库水质基本受主库水质控制。水体流动层COD、TP、TN、 BOD_5 浓度较其他区域水体高，并且TP 的来流浓度达到 0.06mg/L ，超过地表水III 类水质标准，在库尾段形成了局部污染带，TN 的入流浓度为 0.95 mg/L ，接近地表水III 类水质标准，全库区均未超标。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 在全库区浓度分

布较为均匀。由于水体表面复氧作用，使得表层 DO 浓度较下层区域高。

丰水期 8 月，受主库回水影响，COD 和 BOD₅ 在支库近汇口的底部水域浓度较高，TP 和 TN 的来流浓度分别达到 0.150mg/L 和 1.220mg/L，在流动层形成了较为明显的污染带；而 DO 在流动层的浓度相对较低，约为 6.5mg/L。全支库 NH₃-N 浓度小于 0.100mg/L。

平水期 11 月，尘河支库水质基本受控于主库，整体水质较好，COD、NH₃-N、TN、BOD₅、DO 全支库均未超标；TP 受点源汇入影响，在距汇口 7.2km 的表层局部区域超标。

D、鲮鱼河支库水质预测结果分析

a、平水年

鲮鱼河来流 TP 浓度很高，在枯水期和丰水期分别达到 0.38mg/L 和 0.37mg/L，远超过地表水 III 类水质标准，平水期来流浓度为 0.05mg/L，接近地表水 III 类水质标准；TN 平、枯水期来流浓度为 0.96 和 0.97 mg/L，接近地表水 III 类水质标准。

因此鲮鱼河支库在枯水期（3 月）和汛期（8 月）均在流动层（分别为水面下 20m、5m）区域存在明显的 TP 超标污染区，枯水期 11 月 TP 部分区域超标。平水期 8 月全支库 TN 浓度基本上都超过地表水 III 类水质标准（湖库）1mg/L。其余水质指标 COD、NH₃-N、BOD₅、DO 各典型水期均满足地表水 III 类水质标准。相对而言，丰水期的水质状况最差。

b、枯水年

枯水期 3 月，鲮鱼河支库受其库尾挟污来流及主库回水影响，流动层水质因子浓度较其他水域有所区别，表现为 COD、TN、BOD₅ 浓度偏高。TP 入流浓度为 0.383 mg/L，已超过地表水 III 类水质标准，使得表层下 10m 内形成一条明显的污染带。NH₃-N 在全库区浓度分布较为均匀。

丰水期 8 月，库区水质与枯水期相比，受入流流量及浓度影响，COD、BOD₅ 浓度均整体有所升高。TP 入流浓度达到 0.37mg/L，使得水下流动层形成了近 30m 宽的污染带。TN 入流浓度为 1.260mg/L，已超过地表水 III 类标准，水面 10m 下的流动层 TN 超标。受主库回水影响，DO 在近汇口的水域浓度较高。

平水期 11 月，支库水质主要受主库控制。入流 TP、TN 浓度分别为 0.050mg/L 和 0.96mg/L，已接近地表水 III 类标准，在流动层浓度较高，其余水质指标 COD、NH₃-N、BOD₅、DO 均满足地表水 III 类水质标准。

平水年、枯水年支库库区各水期代表月水质因子 COD、NH₃-N、TP、TN、BOD₅ 的超标情况详见下表。

表 5.2-30 平水年各支库库区水质因子超标情况统计

龙川江							勐果河						
水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
枯	⊙	□	⊙	□	□	□	枯	□	□	■	□	□	□
丰	⊙	□	■	□	□	□	丰	□	□	■	□	□	□
平	□	□	⊙	⊙	□	□	平	□	□	⊙	□	□	□
尘河							鲮鱼河						
水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
枯	□	□	⊙	□	□	□	枯	□	□	■	□	□	□
丰	□	□	■	■	□	□	丰	□	□	■	■	□	□
平	□	□	⊙	□	□	□	平	□	□	■	□	□	□

注：■全库超标 ⊙部分库区超标 □全库均未超标

表 5.2-31 枯水年各支库库区水质因子超标情况统计

龙川江							勐果河						
水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
枯	⊙	□	⊙	□	□	□	枯	□	□	⊙	□	□	□
丰	⊙	□	■	□	□	□	丰	□	□	■	□	□	□
平	□	□	□	⊙	□	□	平	□	□	⊙	□	□	□
尘河							鲮鱼河						
水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO	水期	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅	DO
枯	□	□	⊙	⊙	□	□	枯	□	□	■	□	□	□
丰	□	□	■	⊙	□	□	丰	□	□	■	■	□	□
平	□	□	⊙	□	□	□	平	□	□	⊙	□	□	□

注：■全库超标 ⊙部分库区超标 □全库均未超标

5.2.2.2 水库富营养化趋势分析

乌东德主库及各支库富营养化判别标准参照水利部颁标准进行。由于水利部的标准中不同营养化状况的 TN、TP 浓度临界限值存在交叉，因此结合乌东德水质现状与预测结果，从最不利条件出发，确定乌东德主库及各支库富营养化评价中的浓度临界限值标准，详见下表。

表 5.2-32 乌东德主库及各支库富营养化评价标准

营养化状况	TP(mg/L)	TN(mg/L)
贫~中营养化	0.005~0.01	0.2~0.35
中营养化	0.01~0.03	0.35~0.5
中~富营养化	0.03~0.1	0.5~1.5
富营养化	>0.1	>1.5

水库蓄水后，主库及部分支流回水区受水库回水顶托影响，支流来水量小，回水区水体处于相对静止状态（流速很小），造成进入水体的污染物质不易扩散，大量污染物质进入水体后易形成富集，若氮、磷等大量营养物质富集，可能会出现富营养化现象。依据上表中富营养化评价标准，结合主库和各支库水质、水温预测结果，对丰水期代表月 8 月的营养状况进行评价。

（1）主库富营养化评价

从水质现状监测可以看到，平水年乌东德库区干流的营养盐指标 TN 和 TP 的负荷均已处于较高的水平，库尾汛期入流 TN 和 TP 已达到 0.638mg/L 和 0.072mg/L；各支流来流中 TN 和 TP 浓度更高，龙川江汛期的 TN 和 TP 已达到 1.452mg/L 和 0.086mg/L，尘河和鲹鱼河的 TN 来流浓度已达到 2.035mg/L 和 1.672mg/L，加上农业面源负荷汇入，汛期支库的大部分水域 TN 和 TP 超标。

根据主库水质预测成果可见，平水年和枯水年汛期 8 月主库绝大部分区域的 TP 在 0.05~0.07mg/L 的范围内；主库绝大部分区域的 TN 在 0.5~0.6mg/L 的范围内。平水年和枯水年主库区的 TN 和 TP 处于中~富营养化状态。

（2）支库富营养化评价

根据支库水质预测成果可见，平水年和枯水年丰水期，龙川江全库区 TP、TN 呈中~富营养化状态；平水期 TP 呈中~富营养化状态，TN 呈中营养状态。勐果河、尘河及鲹鱼河丰水期，TP 在表层和底部呈中~富营养化状态，中部水域呈富营养化状态，TN 则呈中~富营养化状态；平水期，TP 呈中~富营养化状态，尘河、鲹鱼河 TN 呈中~富营养化状态，勐果河 TN 呈中营养化。

结合各支库水动力学特征及水质情况预测分析可知，支库水流非常缓慢，各支库平水年和枯水年汛期表层水温在 24℃ 左右，适合藻类大量繁殖，综合分析判断认为，各支库在平水年和枯水年丰水期发生富营养化的风险较高。

5.2.2.3 坝下水质预测

（1）初期蓄水对坝下游水质的影响

乌东德电站初步计划在 2019 年 1 月开始初期蓄水，并且预计 1 个月内可蓄水至 945m。所以选取乌东德坝址 1 月的流量 1280m³/s 与生态基流量 385m³/s 做对比预测分析，采用纵向一维水质模型预测在两个流量下计算区域内的水质沿程变化情况，乌东德计划于 2019 年 1 月开始蓄水，本次计算入流浓度采用未建库枯水年乌东德坝下的各水质因子 1 月的浓度，如下表所示。

表 5.2-33 未建库时乌东德坝址断面枯水年 1 月各水质因子浓度

水质因子	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
浓度 (mg/L)	7.6	1.76	0.03	0.049	0.626

乌东德坝下污染负荷统计见下表。

表 5.2-34 库周点源、面源各污染物的污染负荷

水质因子	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
点源负荷 (t/a)	1122.2	341.5	193.3	15.5	299.8
面源负荷 (t/a)	9764.6	5521.2	566.1	149.0	1331.7

预测结果表明，乌东德初期蓄水期间，由于流量减小（下泄流量 385m³/s，天然情况下 1 月多年平均流量为 1280m³/s），水质也有所变差，但仍能达到地表水 III 类水质标准。坝下水质图 5.2-18~图 5.2-222 分别给出了 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 浓度在从乌东德坝址到白鹤滩坝址之间区域的沿程变化。

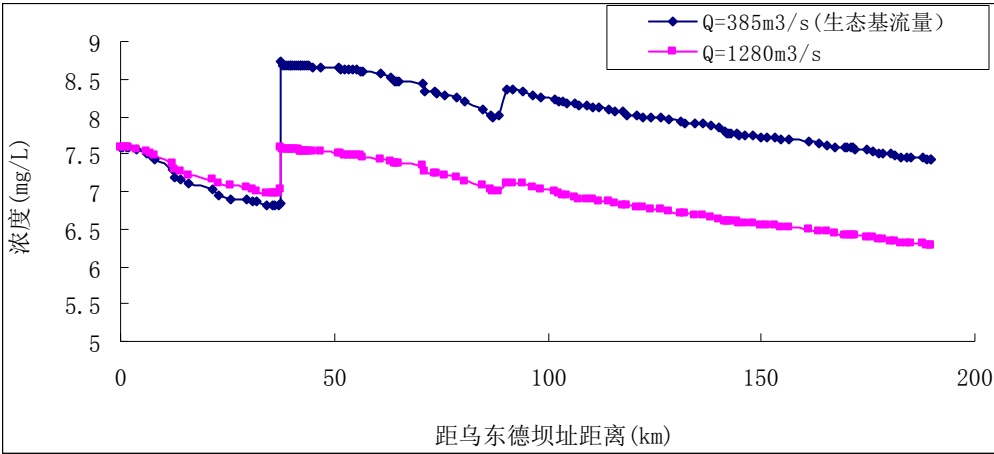


图 5.2-18 COD 浓度从乌东德坝址到白鹤滩坝址沿程变化

(A-乌东德坝址, B-普渡河汇口, C-小江汇口, D-以礼河汇口, E-黑水河汇口, F-白鹤滩坝址)

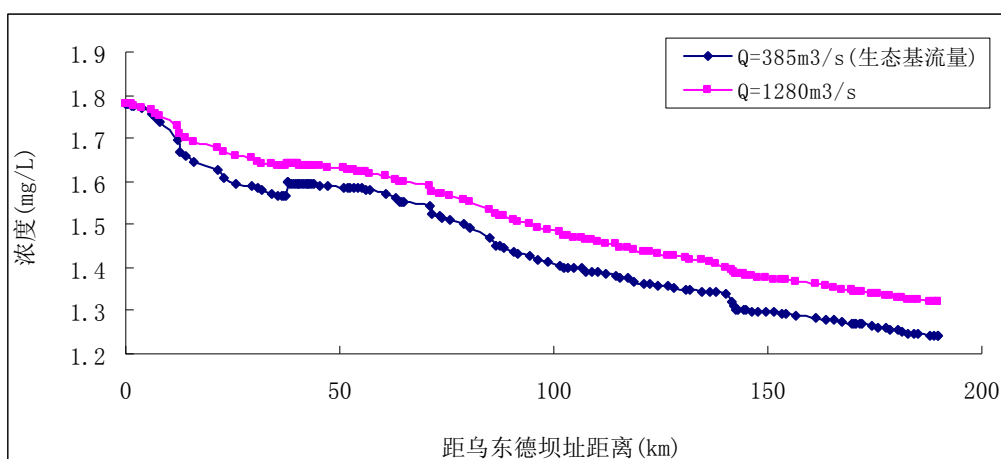


图 5.2-19 BOD₅ 浓度从乌东德坝址到白鹤滩坝址沿程变化

(A-乌东德坝址, B-普渡河汇口, C-小江汇口, D-以礼河汇口, E-黑水河汇口, F-白鹤滩坝址)

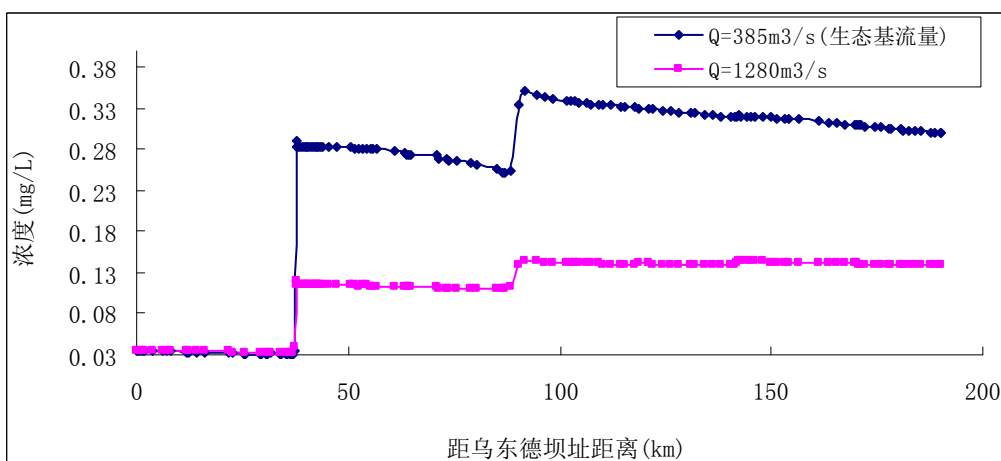


图 5.2-20 NH₃-N 浓度从乌东德坝址到白鹤滩坝址沿程变化

(A-乌东德坝址, B-普渡河汇口, C-小江汇口, D-以礼河汇口, E-黑水河汇口, F-白鹤滩坝址)

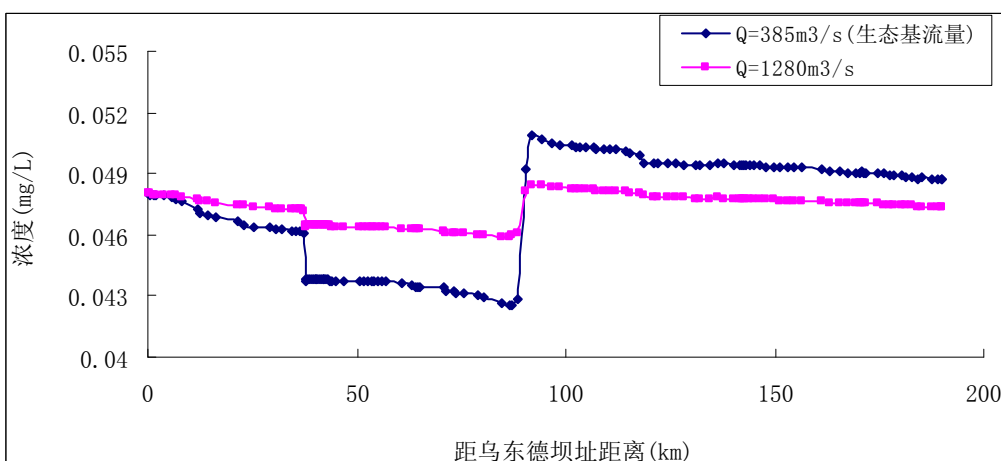


图 5.2-21 TP 浓度从乌东德坝址到白鹤滩坝址沿程变化

(A-乌东德坝址, B-普渡河汇口, C-小江汇口, D-以礼河汇口, E-黑水河汇口, F-白鹤滩坝址)

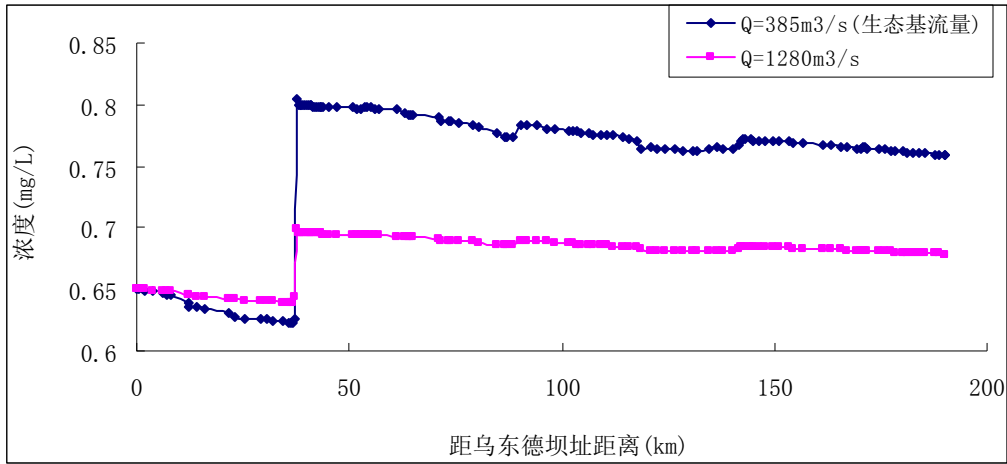


图 5.2-22 TN 浓度从乌东德坝址到白鹤滩坝址沿程变化

(A-乌东德坝址, B-普渡河汇口, C-小江汇口, D-以礼河汇口, E-黑水河汇口, F-白鹤滩坝址)

(2) 运行期对坝下游水质的影响

1) 未建库（零方案）的坝下断面水质预测

为了分析梯级联合运行中乌东德单个电站对坝下水质的影响,对比上游梯级电站运行下,乌东德建库与未建库 2 种工况下坝下水质的差异,本节对预测水平年,上游梯级电站运行情况下,相同的预测污染负荷条件,乌东德未建库时的水质进行了预测。预测模型采用纵向一维水质模型,范围为雅砻江与金沙江的汇口到乌东德坝址 197.8km 长的河段。

①纵向一维水质模型

主要包括一维非恒定流水动力模型和一维非恒定流水质模型两部分。

$$\text{连续方程: } \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{1}{B} L_q \quad (5.2-36)$$

$$\text{动量方程: } \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial Z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (5.2-37)$$

其中: $Z[\text{m}]$ 为水位; $Q[\text{m}^3/\text{s}]$ 为流量; $u[\text{m/s}]$ 为流速; $A[\text{m}^2]$ 为过水断面面积; $B[\text{m}]$ 水面宽; $L_q[\text{m}^2/\text{s}]$ 为单位河长的旁侧入流量,流入为正,流出为负; $g[\text{m/s}^2]$ 为重力加速度; $x[\text{m}]$ 为沿河距离; S_f 为水力比降, $S_f = \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}}$ 或 $S_f = \frac{Q |Q|}{K^2}$; $R[\text{m}]$ 为水力半径; n 为糙率系数; K 为流量模数。

水质模型方程:

$$\frac{\partial}{\partial t} (V \phi) = - \frac{\partial}{\partial x} (Q \phi) \Delta x + \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma A \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \Delta x \pm S + F(\phi) \quad (5.2-38)$$

式中， $V[\text{m}^3]$ 为单元体积； $\phi[\text{mg/L}]$ 为水质浓度； $Q[\text{m}^3/\text{s}]$ 为流量； $I[\text{m}^2/\text{s}]$ 为弥散系数； $A[\text{m}^2]$ 为过流断面面积； $S[\text{mg/s}]$ 为水质源/汇项； $F(\phi)$ 为生化反应项，污染物生化反应项处理只考虑自净衰减过程，可表示为：

$$F(\phi) = -K\phi V \quad (5.2-39)$$

式中， $K[\text{s}^{-1}]$ 为水质因子的降解系数。

根据主体可研设计报告书中，由洪水水面线的水位、流量试算综合糙率结果见下表。

表 5.2-35 乌东德库区干流糙率表

断面名称	攀枝花水文站	雅砻江(下)	龙川江(下)	勐果河(下)	尘河(下)	鲹鱼河(下)	坝址
距坝址里程(km)	213.89	199.97	109.31	86.6	68.73	6.88	0
糙率	0.03784	0.04278	0.05722	0.05327	0.05176	0.06577	

参考相同水域天然河道的水质降解系数，本河道天然河流的降解系数见下表。

表 5.2-36 金沙江干流天然河道各水质因子降解系数统计表

水质因子	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
K[d ⁻¹]	0.2	0.2	0.15	0.04	0.04

2) 乌东德电站对坝下水质的影响分析

A、平水年

表 5.2-37 对比了乌东德建库后与未建库的坝下断面水质。从表中可以看出，建库后的坝下断面水质仍较未建库的坝下断面水质均有较明显的改善，在枯水期由于水库基本处于高水位运行，水体流动缓慢，来流停留时间增长，建库后的出库水质较未建库的坝下断面水质均有较明显的改善，枯水期建库后坝下断面 COD、NH₃-N、TP、TN 和 BOD₅ 浓度较未建库分别降低了 34.7%、37.2%、19.8%、17.2%、32.8%。

丰水期 6 月~10 月，由于库区水位相对较低，而入出库流量大，水体库区停留时间相对枯水期较短，成库后的库区降解量较枯水期有所降低，但 COD、NH₃-N、TP、TN、BOD₅ 的出库浓度仍然较未建库降低了 4.3%、9.1%、3.5%、4.0%、5.1%。

其中汛期 7 月，水库运行水位降低至 952m，而入流流量达年最大值 8353.0m³/s，库区流态近于河道，挟污入流受库区水体的调蓄作用较小，因而建库前、后坝下断面

水质浓度基本相同。

平水期 11 月建库后明显较未建库工况的出流水质差，如 COD、TP 浓度在建库后分别增加了 6.35%、24.67%，这是由于建库后平水期 11 月水库处于高水位，月均径流量较库容比为 1.0，即库尾入流需经过近 1 月的时间方能到达坝前，因此 11 月出流受 10 月入库水体影响很大，而汛期入库水质较差。因此平水期 11 月受水库调蓄作用影响，建库后出流水质受控于汛期水质，水质较未建库前偏差。

表 5.2-37 乌东德主库建库前后平水年坝下断面水质对比结果表

月份	坝下断面水质	单位	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅
1	建库前	mg/L	7.9	0.029	0.050	0.633	1.8
	建库后	mg/L	6.9	0.024	0.048	0.585	1.6
	变化率		-12.85%	-17.98%	-4.20%	-7.56%	-11.81%
2	建库前	mg/L	7.7	0.030	0.050	0.630	1.8
	建库后	mg/L	4.6	0.017	0.041	0.466	1.1
	变化率		-40.72%	-42.72%	-17.88%	-26.04%	-40.48%
3	建库前	mg/L	7.7	0.030	0.050	0.630	1.8
	建库后	mg/L	4.3	0.018	0.037	0.472	1.0
	变化率		-44.66%	-40.07%	-26.06%	-25.08%	-45.31%
4	建库前	mg/L	7.8	0.032	0.051	0.630	1.8
	建库后	mg/L	4.4	0.017	0.041	0.519	1.0
	变化率		-43.68%	-46.93%	-19.11%	-17.60%	-43.21%
5	建库前	mg/L	9.2	0.034	0.058	0.628	1.9
	建库后	mg/L	4.7	0.019	0.042	0.534	1.1
	变化率		-48.73%	-44.02%	-27.59%	-14.99%	-42.87%
6	建库前	mg/L	12.1	0.031	0.072	0.614	2.1
	建库后	mg/L	9.6	0.024	0.060	0.568	1.8
	变化率		-20.59%	-22.34%	-17.13%	-7.46%	-17.37%
7	建库前	mg/L	13.1	0.027	0.072	0.618	2.3
	建库后	mg/L	13.4	0.028	0.070	0.608	2.4
	变化率		2.65%	4.26%	-2.71%	-1.66%	2.99%
8	建库前	mg/L	12.5	0.028	0.073	0.619	2.2
	建库后	mg/L	12.0	0.023	0.069	0.595	2.1
	变化率		-4.20%	-18.00%	-6.04%	-3.94%	-3.98%
9	建库前	mg/L	12.9	0.026	0.072	0.618	2.3
	建库后	mg/L	12.2	0.024	0.069	0.594	2.1
	变化率		-5.61%	-7.19%	-4.21%	-3.91%	-5.65%
10	建库前	mg/L	11.0	0.025	0.060	0.608	2.1
	建库后	mg/L	11.7	0.024	0.067	0.590	2.0
	变化率		6.01%	-2.39%	12.50%	-2.96%	-1.64%
11	建库前	mg/L	7.3	0.021	0.028	0.588	1.8
	建库后	mg/L	7.7	0.018	0.035	0.555	1.8
	变化率		6.35%	-13.68%	24.67%	-5.63%	-2.55%

月份	坝下断面水质	单位	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅
12	建库前	mg/L	7.9	0.029	0.050	0.633	1.8
	建库后	mg/L	6.5	0.020	0.038	0.559	1.6
	变化率		-17.66%	-31.65%	-24.16%	-11.67%	-13.18%

B、枯水年

与平水年工况相似，枯水年工况下，建库后坝址断面处各水质因子浓度较建坝前同样有不同程度的改善。从表 5.2-38 中可以看出，在枯水期由于水库基本处于高水位运行，水体流动缓慢，来流停留时间增长，虽然降解能力降低，但建库后的出库水质仍较未建库的坝下水质均有较明显的改善，枯水期建库后坝下断面 COD、NH₃-N、TP、TN 和 BOD₅ 浓度较未建库分别降低了 24.1%、28.5%、14.0%、11.7%、21.3%。

丰水期 6 月~10 月，由于库区水位相对较低，而入出库流量大，水体库区停留时间相对枯水期较短，成库后的库区降解能力较枯水期有所降低，COD、NH₃-N、TP、TN、BOD₅ 的出库浓度仍然较未建库降低了 5.6%、14.3%、3.7%、3.3%、12.8%。

平水期 11 月，由于其出流受 10 月较差入库水质的影响，TP 浓度在建库后较建库前增加了 4.8%。建库后水体停留时间增大，污染物降解更充分，COD、NH₃-N、TN、BOD₅ 的出库浓度较未建库分别降低了 1.04%、16.29%、7.11%、5.54%。

表 5.2-38 乌东德主库建库前、后枯水年坝下断面水质对比结果表

月份	坝下断面水质	单位	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅
1	建库前	mg/L	7.6	0.030	0.049	0.626	1.8
	建库后	mg/L	6.6	0.024	0.048	0.575	1.6
	变化率		-13.33%	-19.27%	-2.71%	-8.15%	-11.80%
2	建库前	mg/L	7.5	0.030	0.049	0.627	1.8
	建库后	mg/L	3.9	0.016	0.036	0.430	0.9
	变化率		-48.95%	-45.97%	-27.00%	-31.45%	-48.42%
3	建库前	mg/L	7.6	0.030	0.049	0.628	1.8
	建库后	mg/L	6.3	0.025	0.045	0.576	1.5
	变化率		-16.75%	-16.69%	-9.04%	-8.21%	-15.71%
4	建库前	mg/L	7.7	0.032	0.050	0.627	1.8
	建库后	mg/L	5.8	0.023	0.045	0.575	1.4
	变化率		-23.75%	-28.16%	-9.99%	-8.32%	-22.32%
5	建库前	mg/L	8.9	0.035	0.057	0.621	1.9
	建库后	mg/L	5.7	0.023	0.045	0.572	1.4
	变化率		-35.59%	-35.13%	-20.52%	-7.91%	-27.56%
6	建库前	mg/L	12.1	0.033	0.071	0.605	2.1

月份	坝下断面水质	单位	COD	NH ₃ -N	TP	TN	BOD ₅
	建库后	mg/L	9.8	0.025	0.061	0.579	1.1
	变化率		-18.71%	-24.11%	-14.50%	-4.23%	-47.66%
7	建库前	mg/L	11.8	0.032	0.072	0.603	2.0
	建库后	mg/L	11.9	0.029	0.071	0.605	2.1
	变化率		0.99%	-10.64%	-2.06%	0.41%	0.86%
8	建库前	mg/L	12.7	0.029	0.072	0.611	2.2
	建库后	mg/L	11.7	0.024	0.068	0.584	2.0
	变化率		-8.12%	-17.13%	-5.68%	-4.46%	-7.74%
9	建库前	mg/L	12.9	0.027	0.071	0.610	2.2
	建库后	mg/L	12.1	0.024	0.067	0.583	2.1
	变化率		-6.11%	-12.07%	-6.03%	-4.38%	-5.87%
10	建库前	mg/L	11.0	0.026	0.059	0.601	2.0
	建库后	mg/L	11.5	0.024	0.065	0.577	2.0
	变化率		4.03%	-7.76%	9.69%	-3.99%	-3.47%
11	建库前	mg/L	7.6	0.020	0.029	0.590	1.9
	建库后	mg/L	7.5	0.017	0.030	0.548	1.8
	变化率		-1.04%	-16.29%	4.80%	-7.11%	-5.54%
12	建库前	mg/L	7.6	0.030	0.049	0.626	1.8
	建库后	mg/L	7.1	0.022	0.042	0.588	1.7
	变化率		-6.06%	-26.00%	-14.87%	-6.08%	-2.22%

5.2.2.4 库尾攀枝花河段水质影响预测

(1) 对攀枝花河段近岸污染带及取水口水质的影响

1) 预测模型

采用平面二维数学模型预测乌东德蓄水后攀枝花河段水质情况。平面二维数学模型由水动力学方程与水质方程组成。

①水动力学方程组

连续方程：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (5.2-40)$$

动量方程：

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_e \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_e \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (5.2-41)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_e \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_e \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (5.2-42)$$

式中：\$u\$、\$v\$——纵向和横向流速，m/s；

\$p\$——压力，Pa；

\$\rho\$——水体密度，kg/m³；

\$\nu_e\$——综合扩散系数，m²/s，\$\nu_e = \nu + \nu_t\$，其中\$\nu\$是分子粘性系数（m²/s），

\$\nu_t\$为紊动涡粘系数（m²/s）。

采用 \$k \sim \varepsilon\$ 紊流模型模拟紊动涡粘系数，紊流模型方程组为：

\$k\$ 方程：

$$u \frac{\partial k}{\partial x} + v \frac{\partial k}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\nu}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\nu}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right] + 2\nu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \frac{\partial u}{\partial y} - \varepsilon \quad (5.2-43)$$

\$\varepsilon\$ 方程：

$$u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\nu}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\nu}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right] + 2\nu C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \frac{\partial u}{\partial y} - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (5.2-44)$$

$$\nu = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5.2-45)$$

式中：\$k\$——紊动动能，m²/s²；

\$\varepsilon\$——紊动动能的耗散率，m²/s³；

\$\sigma_k\$、\$\sigma_\varepsilon\$——分别为紊动动能和耗散率的普朗特数，一般取 1.0 和 1.3。

\$C_\mu\$、\$C_{1\varepsilon}\$、\$C_{2\varepsilon}\$——模型常数，取值分别为 0.09、1.44、1.92。

②水质方程组

结合二维水动力学紊流模型，建立二维水质紊流模型。各水质要素浓度方程为：

$$u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_x}{\sigma_c} \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_y}{\sigma_c} \frac{\partial C}{\partial y} \right) + S_\phi \quad (5.2-46)$$

其中：\$C\$——各水质要素浓度，mg/L；

\$\sigma_c\$——水质要素的普朗特数，通常取为 1.0；

\$S_\phi\$——各水质要素浓度方程的源汇项，通常是由于水体生化作用导致污染

物的降解量。

③水质标量源项方程

BOD₅ 方程源项:

$$S_{\phi} = -k_{B(T)} C_B \quad (5.2-47)$$

式中: C_B 为BOD₅的浓度 (mg/L), $k_{B(T)}$ 取值为0.2d⁻¹。

COD 方程源项:

$$S_{\phi} = -k_{C(T)} L_C \quad (5.2-48)$$

式中: L_C 为COD的浓度 (mg/L), $k_{C(T)}$ 取值为0.2d⁻¹。

TP 方程源项:

$$S_{\phi} = -k_{TP(T)} C_T \quad (5.2-49)$$

式中: C_T 为TP的浓度 (mg/L), $k_{TP(T)}$ 取值为0.04d⁻¹。

TN 方程源项:

$$S_{\phi} = -k_{TN(T)} C_{TN} \quad (5.2-50)$$

式中: C_{TN} 为TN的浓度 (mg/L), $k_{TN(T)}$ 取值为0.04d⁻¹。

NH₃-N 方程源项:

$$S_{\phi} = -k_{NH(T)} C_{NH} \quad (5.2-51)$$

式中: C_{NH} 为NH₃-N的浓度 (mg/L), $k_{NH(T)}$ 取值为0.15d⁻¹。

2) 预测边界条件及工况设定

根据攀枝花市区点污染源的分布情况及水动力学条件特性,确定平面二维水质模型的预测范围,选取了攀市市区河段下游(102断面)至拉鲊车站上游(84断面)一段,全长约38km的河段作为计算河段。

根据对历年径流过程分析,结合乌东德电站运行情况,选取平水年的丰、平、枯水期的流量过程,从不利的角度考虑,增加了枯水年枯水期的计算工况。

根据平水年(1981年)和枯水年(1973年)的流量资料,计算河段采用二滩与观音岩的下泄流量分别作为金沙江和雅砻江的计算流量条件,平水年丰水期选择8月为代表月,平水年平水期选择11月为代表,平水年枯水期选择3月为代表,枯水年枯水期选择3月,采用对应的流量及坝前库水位。

表 5.2-39 各工况入库流量及库水位

水文年	水期	代表月份	金沙江入库流量 (m ³ /s)	雅砻江入库流量 (m ³ /s)	坝前水位 (m)
平水年	丰水期	8 月	3285	2233	967.3
	平水期	11 月	913	1051	975
	枯水期	3 月	460	1225	973.9
枯水年	枯水期	3 月	448	1175	963.9
最小流量		3 月	439	422	973.9

各水质因子的入库背景浓度根据 2008 年~2010 年的保果逐月监测资料和 2010 年雅砻江口的逐月监测资料确定，从最不利角度考虑，选取监测值中水质条件最差的一年（2010 年）作为计算条件。

3) 污染负荷

乌东德库尾段的库区点污染源主要来源于攀枝花城镇生活污水排放和工业企业废水，根据《四川省攀枝花市城市总体规划（2007~2025）》，攀枝花保果下游将建成保果、安宁、金江、红格镇、立马团、金河、迤资等 7 个污水处理厂，而雅砻江河口上游 1km 处建成 1 座高粱坪污水处理厂来处理生活及工业污水。至 2025 年生活污水处理率达到 90%以上，工业废水处理率为 100%，经过污水处理厂处理后的出水水质达到一级 B 标准。此外，在迤资排污口下游的攀枝花市危险废物处置中心工程仅在事故情况下排放废水，在正常情况下为零排放。因此危废中心仅在事故排放一节中作分析。

乌东德库区攀枝花段污染负荷主要考虑城市生活及工业集中排放的点污染源，本河段集中排放的点污染源主要集中在右岸的攀枝花市区迤资上游，左岸为盐边县的农村，无大的集中点源，只有农村生活及农业面源负荷，因此本次库尾段的平面二维计算中仅考虑上述 8 个污水处理厂处的污水排放。

表 5.2-40 预测年各排污口的排污量

排污口名称	排污口位置		污染来源	污水量	污染负荷 (t/a)				
	与雅砻江河口距离	所在河岸		(万 t/a)	COD	BOD5	NH3-N	TP	TN
保果排污口	上游 0.7km	金沙江左岸	保果污水处理厂出水+银江镇工业废水	767.43	685.52	197.46	43.29	3.84	82.42
高粱坪排污口	上游 0.9km (雅砻江)	雅砻江右岸	高粱坪污水处理厂出水	386.04	285.9	115.81	26.21	1.93	50.26
安宁排污口	下游 11.9km	金沙江左岸	安宁污水处理厂出水+益民镇生活污水、工业废水	703.38	609.97	141.7	60.31	6.86	112.8
金江排污口 (规划)	下游 12km	金沙江右岸	金江污水处理厂出水+金江镇工业废水	1226.96	891.35	178.27	81.48	8.91	153.94
红格镇排污口	下游 13km	金沙江左岸	红格镇污水处理厂出水+红格镇工业废水	533.39	438.44	122.04	32.37	2.67	61.4
立马团排污口	下游 17.4km	金沙江右岸	立马团污水处理厂出水+钒钛工业园区生活污水	1878.64	1368.67	307.52	160.85	15.12	306.8
金河排污口 (规划)	下游 20.9km	金沙江左岸	金河污水处理厂出水	286.23	228.99	52.55	25.01	2.58	47.94
迤资排污口 (规划)	下游 22.9km	金沙江右岸	迤资污水处理厂出水	572.46	457.97	105.11	50.02	5.15	95.87

4) 对排污口排污的影响

库尾攀枝花河段污水排放量最大的排污口为立马团排污口（即马店河排洪沟）。目前，园区各企业废水经各厂自行处理后排入马店河排洪沟，经马店河排洪沟排入金沙江。

马店河排洪沟是攀枝花钒钛工业园重要排水设施，总长 655m，其中前 560m 是混凝土拱涵，断面尺寸 $B \times H = 4.0 \times 5.25\text{m}$ ，拱顶以上覆土 5~15m，后 95m 是矩形混凝土明渠，断面尺寸 $B \times H = 4.0 \times 4.0\text{m}$ 。排洪沟沟底坡度 1%~3%。马店河排洪沟出口高程 976.24m，比金沙江天然状态下多年平均流量水位高 1.64m，比金沙江天然状态下 5 年一遇洪水位低 8.91m，说明马店河排洪沟出口设置高程偏低，即使在天然状态，该排水口被淹没的概率较大。

乌东德建库后，5 年、20 年、50 年一遇回水位（淹没水位）比天然状态下相应频率的洪水位分别高 1.45m、1.3m、1.28m，表明乌东德建库对排水口有影响，但影响不大。

根据马店河排洪沟断面尺寸、沟底坡度及设置高程，经复核，水库回水对排洪沟的排水能力没有实质影响，在淹没出流情况下，过流量满足要求，不会造成污水倒灌的现象，但在水库高水位运行时在马店河河口会产生一定的顶托现象。

5) 攀枝花河段平面二维水质预测结果

①平水年丰水期

a、排污口正常排放的超标范围分析

根据计算，各排口的 5 项指标值，TN 的超标范围最大，TN 的超标污染带最大长度有 1.2km，而 BOD_5 、COD、TP 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 这四个指标的超标污染带最大长度仅有 476m。TN 超标范围较大与各排口的进口浓度和来流的背景浓度有关，相对其它 4 个指标，TN 的背景浓度更接近标准值，且各排口的进口浓度值都在 10~16mg/L，是 III 类水质标准允许值的 10~16 倍。这两个因素共同作用下使得 TN 的超标范围较大。

表 5.2-41 丰水期各排污口引起的污染物超标范围统计 单位：m

排口	超标范围	BOD_5	COD	TP	TN	$\text{NH}_3\text{-N}$
倮果排污口	长度	81	253	7	121	13
	宽度	0.6	1.5	0.2	0.9	0.3
高粱坪排污口	长度	288	74	19	458	63

	宽度	2.1	1.1	0.8	3.0	1.0
安宁排污口	长度	111	120	51	279	65
	宽度	1.4	1.5	0.8	3.5	1.0
金江排污口	长度	152	335	67	465	104
	宽度	2.1	4.4	1.6	5.9	1.9
红格镇排污口	长度	127	156	12	275	31
	宽度	0.8	0.9	0.4	1.3	0.5
立马团排污口	长度	247	476	96	1224	180
	宽度	2.1	3.1	1.5	8.2	1.8
金河排污口	长度	114	170	53	365	77
	宽度	1.5	1.6	1.0	3.8	1.1
迤资排污口	长度	85	129	44	288	61
	宽度	1.4	2.1	1.0	5.2	1.1

b、评价河段各敏感点取水口水质分析

平水年丰水期（8月）各取水口水质计算结果统计见下表。根据《地表水环境质量标准》（GB3838-2002），生活用水需满足Ⅲ类水标准，由于各取水口距离本次分析的排污口均都有一定距离，没有处于污染带范围之内，未直接受排污口的影响，因此各敏感点取水口均未出现水质超标的情况。

表 5.2-42 平水年丰水期沿河段各取水口位置浓度值 单位：mg/L

取水口	BOD ₅	COD	TP	TN	NH ₃ -N
攀钢集团钛业有限责任公司	2.70	18.5	0.072	0.60	0.024
密地大水厂	2.70	18.5	0.072	0.60	0.024
攀枝花市万川工贸有限公司	2.85	15.3	0.073	0.66	0.033
红格提灌站	2.84	15.5	0.073	0.66	0.033
安宁片区水厂	2.84	15.5	0.073	0.66	0.033
攀枝花市水务集团有限公司（金江水厂）	2.75	17.6	0.072	0.62	0.028
金河水厂（规划）	2.84	16.9	0.074	0.67	0.050
迤资水厂（规划）	2.91	17.5	0.080	0.78	0.112

②平水年平水期

a、排污口正常排放的超标范围分析

对比各排口的 5 个指标值，与平水年丰水期（8月）相同，TN 是 5 个指标中超标范围最大的指标。其超标污染带最大长度有 2.5km，最大宽度 31m，而 BOD₅、COD、TP 和 NH₃-N 这四个指标的超标污染带最大长度仅有 395m，最大宽度 4m。

表 5.2-43 建库前、后超标范围对比

排口	距离 (m)	BOD ₅		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
		有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
保果排污口	长度	308	307	145	143	34	27	456	446	77	75
	宽度	2.6	2.8	1.8	1.6	1.0	1.2	3.3	3.6	1.4	1.3
高粱坪排污口	长度	169	160	39	38	20	15	316	293	50	49
	宽度	1.6	1.3	0.6	0.7	0.5	0.5	2.1	2.0	0.8	0.7
安宁排污口	长度	137	121	85	65	64	41	336	330	101	81
	宽度	1.8	1.4	1.3	1.1	1.3	1.0	3.0	2.9	1.6	1.2
金江排污口	长度	222	219	152	143	71	67	857	733	163	158
	宽度	3.3	3.5	3.1	2.8	3.4	2.5	8.7	8.6	3.1	2.9
红格镇排污口	长度	194	101	64	33	8	6	495	240	50	30
	宽度	1.8	1.0	0.9	0.5	0.5	0.4	10.8	1.5	1.1	0.5
立马团排污口	长度	395	235	197	117	107	66	2516	1394	321	194
	宽度	4.0	2.6	3.0	1.8	2.5	1.5	31.0	9.8	3.6	1.9
金河排污口	长度	202	162	122	90	84	63	762	695	151	119
	宽度	3.3	1.7	2.6	1.3	2.5	1.1	11.6	4.2	2.8	1.3
迤资排污口	长度	153	115	95	72	66	56	967	461	120	90
	宽度	3.0	1.3	2.1	1.0	1.9	0.8	20.0	5.1	2.4	1.1

b、评价河段各敏感点取水口水质分析

平水年平水期（代表月 11 月）建库后各取水口水质满足Ⅲ类水标准，由于各敏感点取水口距离本次分析的排污口均都有一定距离，受排污口的影响较轻，因此各敏感点取水口均未出现水质超标的情况。

表 5.2-44 沿河段各取水口位置浓度值 单位：mg/L

取水口	BOD ₅		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
攀钢集团钛业有限责任公司	2.6	2.6	11.4	11.4	0.04	0.04	0.56	0.56	0.013	0.013
密地大水厂	2.6	2.6	11.4	11.4	0.04	0.04	0.56	0.56	0.013	0.013
攀枝花市万川工贸有限公司	2.6	2.6	9.1	9.2	0.012	0.014	0.64	0.63	0.020	0.02
安宁片区水厂	2.6	2.6	9.2	9.3	0.014	0.016	0.63	0.63	0.020	0.020
红格提灌站	2.6	2.6	9.1	9.3	0.013	0.015	0.64	0.63	0.020	0.020
攀枝花市水务集团有限公司（金江水厂）	2.6	2.6	10.2	10.0	0.026	0.024	0.60	0.61	0.0191	0.020
金河水厂（规划）	2.8	2.7	10.4	10.1	0.026	0.023	0.72	0.67	0.079	0.051
迤资水厂（规划）	2.9	2.8	11.25	10.7	0.038	0.032	0.93	0.820	0.190	0.131

③平水年枯水期

a、排污口正常排放的超标范围分析

各污水处理厂排污影响的超标污染带范围，见表 5.2-45。根据统计结果，与丰水期（8 月）和平水期（11 月）与，TN 仍然是 5 个指标中超标范围最大的指标。其超标污染带最大长度有 3.4km。而 BOD₅、COD、TP 和 NH₃-N 这四个指标的超标污染带最大长度仅有 522m。

表 5.2-45 攀枝花河段枯水期污染物超标范围 单位：m

排口	距离 (m)	BOD ₅		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
		有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
倮果排污口	长度	413	344	373	311	47	39	528	528	107	87
	宽度	3.9	3.0	3.5	3.1	1.7	1.3	8.0	8.0	2.8	1.5
高梁坪排污口	长度	144	130	30	28	10	9	259	231	38	34
	宽度	1.1	1.0	0.5	0.5	0.4	0.3	1.6	1.3	0.5	0.5
安宁排污口	长度	144	124	79	64	59	49	410	375	89	78
	宽度	1.8	1.3	1.3	0.9	1.0	0.9	4.4	3.6	1.3	1.0
金江排污口	长度	209	199	143	135	76	71	966	957	142	136
	宽度	3.0	2.7	2.6	2.3	2.1	1.9	8.0	6.4	2.6	2.2
红格镇排污口	长度	277	195	95	75	21	17	901	591	73	54
	宽度	2.1	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	4.1	2.4	1.1	0.8
立马团排污口	长度	522	239	247	127	151	78	3395	1834	369	181
	宽度	5.0	2.2	3.3	1.7	3.2	1.6	19.5	11.8	3.7	1.9
金河排污口	长度	204	166	116	88	83	59	988	981	141	109
	宽度	2.8	1.4	2.0	1.2	1.7	1.1	7.7	4.9	2.1	1.4
迤资排污口	长度	157	109	101	63	77	43	1012	651	125	77
	宽度	3.6	0.6	2.5	1.0	2.3	0.8	25.0	7.2	2.3	1.0

将各排口建库前和建库后两种工况超标污染带长度进行对比，可看出有库情况下的超标污染范围要大于无库情况的规律。

b、对取水口水质影响分析

平水年枯水期建库后各取水口水质计算结果统计见表 5.2-46。由于各敏感点取水口距离本次分析的排污口均都有一定距离，受排污口的影响较轻，因此各敏感点取水口均未出现水质超标的情况。

表 5.2-46 沿河段各取水口位置浓度值（mg/L）

取水口	BOD ₅		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
攀钢集团钛业有限责任公司	2.6	2.6	15.1	15.1	0.08	0.08	0.75	0.75	0.039	0.039
密地大水厂	2.6	2.6	15.1	15.1	0.08	0.08	0.75	0.75	0.039	0.039
攀枝花市万川工贸有限公司	2.7	2.7	10.0	10.1	0.046	0.047	0.68	0.69	0.029	0.029
安宁片区水厂	2.7	2.7	10.2	10.2	0.047	0.047	0.69	0.69	0.029	0.029

红格提灌站	2.7	2.7	10.1	10.2	0.047	0.047	0.69	0.69	0.029	0.029
攀枝花市水务集团有限公司（金江水厂）	2.7	2.7	10.9	11.0	0.052	0.052	0.70	0.70	0.033	0.033
金河水厂（规划）	2.9	2.8	11.3	11.2	0.054	0.055	0.81	0.77	0.101	0.074
迤资水厂（规划）	3.1	2.9	12.2	11.7	0.066	0.062	1.05	0.90	0.233	0.145

总体来说对比各取水口建库前后的数据，各指标的差异都十分微小。由于分析的几个敏感点取水口，都在金江镇以上河道，河道建库前后的水力学指标差异本身较小，因而污染物的掺混与扩散也十分相近。下游的迤资取水口由于受到上游立马团排污口的影响，水质略有升高。

④枯水年枯水期

a、排污口正常排放的超标范围分析

表 5.2-47 统计了枯水年枯水期各排污口的超标污染范围。其中 TN 的超标污染带最大长度有 1.6km，而 BOD₅、COD、TP 和 NH₃-N 这四个指标的超标污染带最大长度仅有 457m。

此外，在 8 个排污口中，由于立马团排口所在的河段为宽直河道，这种河道不利于污染物的混合稀释，再加上立马团排污口的污水量较大（1923 万 t/a），使得立马团排污口的各指标的超标范围都是 8 个排口中最大的一个。

将枯水年枯水期与平水年枯水期的结果值相比较，虽然枯水年枯水期的流量较小，较平水年枯水期小 4%，但超标污染带范围并未随流量减小而变大，特别是下游 4 个排污口平均比平水年枯水期小 161%。产生这一结果的原因是：平水年枯水期虽然流量要稍大，但由于其坝前水位高，水体流动更缓，对污染物扩散更为不利。

表 5.2-47 枯水年枯水期各排污口引起的污染物超标范围统计 单位：m

排口	超标范围	BOD ₅	COD	TP	TN	NH ₃ -N
倮果排污口	长度	457	413	52	528	119
	宽度	4.4	4.3	1.9	8.0	2.2
高粱坪排污口	长度	165	36	11	301	42
	宽度	0.9	0.6	0.4	1.9	0.6
安宁排污口	长度	161	89	67	459	103
	宽度	2.0	1.4	1.3	4.9	1.5
金江排污口	长度	165	162	86	1134	163

	宽度	3.5	3.1	2.6	10.1	3.2
红格镇排污口	长度	130	49	10	382	36
	宽度	0.9	0.6	0.4	2.2	0.6
立马团排污口	长度	232	122	77	1665	178
	宽度	2.5	1.7	1.5	12.3	2.0
金河排污口	长度	106	63	45	479	76
	宽度	1.4	1.1	1.0	4.9	1.1
迤资排污口	长度	86	55	41	472	66
	宽度	1.6	1.2	1.0	10.8	1.3

b、对取水口水质影响

由于各敏感点取水口距离本次分析的排污口均都有一定距离，受排污口的影响较轻，因此各敏感点取水口均未出现水质超标的情况，并且与平水年枯水期的水质基本相同。

表 5.2-48 库区河段枯水年枯水期各取水口水质预测（mg/L）

取水口	BOD ₅	COD	TP	TN	NH ₃ -N
攀钢集团钛业有限责任公司	2.6	15.1	0.08	0.75	0.039
密地大水厂	2.6	15.1	0.08	0.75	0.039
攀枝花市万川工贸有限公司	2.7	10.1	0.05	0.69	0.030
安宁片区水厂	2.7	10.2	0.05	0.69	0.030
红格提灌站	2.7	10.2	0.05	0.69	0.030
攀枝花市水务集团有限公司 (金江水厂)	2.7	11.0	0.05	0.70	0.035
金河水厂(规划)	2.8	11.0	0.05	0.75	0.064
迤资水厂(规划)	2.9	11.6	0.06	0.88	0.132

⑤最不利工况

最不利工况是指乌东德上级电站——银江电站与桐子林电站均以电站最小下泄流量运行，此时两条河道的总来流量仅为 861m³/s，比平水年枯水期和枯水年枯水期的总来流量都小很多。而流量越小越不利于污染物的稀释，从最不利角度出发，对该工况下的污染带进行预测计算。

采用二维水动力学及水质模型进行污染带影响范围预测计算。分别对建库前和建库后两种情况进行计算。

本节分析各排污口在最不利工况时对下游水质影响。金沙江及雅砻江的采用的流量和来流背景值见下表。

表 5.2-49 上游进口断面各指标进口浓度值

河道	流量 (m³/s)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)
金沙江	439	2.6	15.1	0.08	0.75	0.039
雅砻江	422	2.7	9.1	0.04	0.66	0.020

a、排污口正常排放的超标范围分析

根据预测，TN 的超标污染带最大长度有 4345m，直接影响到下游的迤资排污口。而 BOD₅、COD、TP 和 NH₃-N 这四个指标的超标污染带最大长度仅有 915m，宽度 8.5m。

此外，在 8 个排污口中，由于立马团排污口所在的河段为宽直河道，这种河道不利于污染物的混合稀释，再加上立马团排污口的污水量较大，使得立马团排污口的各指标的超标范围都是 8 个排污口中最大的一个。

将最不利工况与平水年枯水期的结果值相比较，最不利工况的流量较小，仅占平水年枯水期流量的 51%，水体流动变缓，不利于污染物扩散，污染带长度明显增大，最不利工况下污染带长度比平水年枯水期平均大 68.7%。

表 5.2-50 最不利工况建库前、后排污口污染物超标范围统计

单位：m

排污口	距离 (m)	BOD ₅		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
		有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
保果排污口	长度	413	369	375	342	48	30	528	528	107	87
	宽度	2.6	2.4	3.7	2.3	1.6	1.0	8.0	8.0	2.0	1.2
高粱坪排污口	长度	314	285	66	60	18	17	569	541	82	73
	宽度	2.3	2.3	1.2	1.1	0.9	0.8	3.2	3.4	1.3	1.2
安宁排污口	长度	237	174	149	114	107	78	667	519	154	113
	宽度	3.0	2.0	2.3	1.5	2.0	1.4	7.7	6.1	2.3	1.6
金江排污口	长度	344	282	270	242	130	115	2004	1672	240	201
	宽度	5.3	4.3	5.1	4.1	4.3	3.2	15.5	8.9	5.0	3.6
红格镇排污口	长度	509	298	198	141	38	27	2479	1116	131	84
	宽度	2.5	1.9	2.0	1.5	1.6	1.0	11.1	5.4	1.8	1.2
立马团排污口	长度	915	371	544	246	296	131	4345	2942	666	288
	宽度	8.5	2.8	6.8	2.7	5.6	2.7	46.6	16.9	7.8	2.8
金河排污口	长度	365	251	223	163	149	96	1528	1426	239	167
	宽度	4.7	2.3	4.4	1.7	4.0	1.7	30.1	14.2	4.1	2.0
迤资排污口	长度	307	157	199	113	134	70	2371	1251	215	116
	宽度	7.1	1.6	5.2	1.6	4.8	1.2	39.5	15.1	5.2	1.3

b、对取水口水质影响

最不利工况建库后各取水口水质计算结果统计见下表，根据《地表水环境质量标准》（GB3838-2002），生活用水需满足Ⅲ类水标准，由于各敏感点取水口距离本次分析的排污口均都有一定距离，受排污口的影响较轻。

表 5.2-51 最不利工况沿河段各取水口位置浓度值（mg/L）

取水口	BOD ₅		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
攀钢集团钛业有限责任公司	2.6	2.6	15.1	15.1	0.08	0.08	0.75	0.75	0.039	0.039
密地大水厂	2.6	2.6	15.1	15.1	0.08	0.08	0.75	0.75	0.039	0.039
攀枝花市万川工贸有限公司	2.7	2.7	11.0	11.4	0.053	0.055	0.71	0.71	0.038	0.038
安宁片区水厂	2.7	2.7	11.2	11.6	0.054	0.056	0.71	0.71	0.039	0.038
红格提灌站	2.7	2.7	11.1	11.5	0.053	0.056	0.71	0.71	0.038	0.038
攀枝花市水务集团有限公司（金江水厂）	2.7	2.7	12.0	12.6	0.060	0.063	0.72	0.73	0.042	0.041
金河水厂（规划）	3.0	2.9	13.0	12.9	0.068	0.066	0.93	0.84	0.157	0.103
迤资水厂（规划）	3.3	3.0	14.4	13.6	0.088	0.076	1.32	1.02	0.370	0.204

（2）对攀枝花河段近岸水域纳污能力的影响分析

在设计水文条件下，满足计算水域的水质目标要求时，该水域所能容纳的某种污染物的最大数量称作水域纳污能力。其大小与水功能区范围的大小、水环境要素的特性和水体净化能力、污染物的理化性质等有关，水域纳污能力的确定是水污染物实施总量控制的依据，是水环境管理的基础。

乌东德水库蓄水后，回水范围内攀枝花江段流速减缓，将对攀枝花江段纳污能力产生一定影响。

为分析乌东德水库的修建对金沙江攀枝花河段近岸水域纳污能力的影响，本报告针对预测水平年未建库和建库后两种情况，分别计算评价河段近岸的纳污能力并分析变化，为水污染控制对策措施提供依据。

1) 计算模型

根据《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010）“污染物在河段横断面上非均匀混合，可采用河流二维模型计算水域纳污能力。主要适用于 $Q \geq 150 \text{m}^3/\text{s}$ 的大型河流”，评价河段的设计流量 $> 150 \text{m}^3/\text{s}$ ，因此采用河流二维模型计算水域纳污能力。

采用深度平均的 $k-\varepsilon$ 湍流二维模型计算污染物在评价河段的分布，水动力学及水质模型见前些章节，近岸纳污能力计算方程见下式：

$$M=(C_s-C_x)(Q+q) \quad (5.2-52)$$

式中： M ——水域纳污能力，g/s；

C_s ——目标浓度值，mg/L；

C_x ——纵向距离为 x 的断面岸边污染物浓度，mg/L；

Q ——来流流量，m³/s；

q ——入河流量，m³/s。

2) 计算单元确定

攀枝花江段近岸水域的纳污能力根据《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010）采用水功能区方法计算。按水功能区划成果，以已划分的攀枝花水功能区为基本单元，计算乌东德水库回水涉及的水功能区的纳污能力的变化情况。金沙江攀枝花开发利用区二级水功能区划见表 4-2。乌东德水库回水涉及金沙江攀枝花过渡区（倮果～三堆子大桥）和金沙江攀枝花金江拉鲊饮用、工业用水区（三堆子大桥～拉鲊）两个二级水功能区。

3) 水文条件

根据《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010）中“有水利工程控制的河段，可采用最小下泄流量或河道内生态基流作为设计流量”的相关规定，采用乌东德电站上游梯级的最小下泄流量作为设计流量。根据《金沙江银江水电站预可行性研究报告》，乌东德电站上一个梯级银江水电站最小下泄流量 439m³/s；根据《桐子林水电站初步设计报告》，桐子林最小下泄流量 422m³/s。因此，本报告纳污能力计算设计流量为 861m³/s。

4) 水功能区边界宽度确定

据现场查勘并参考全国水资源综合规划研究成果，金沙江攀枝花江段天然条件下水功能区边界宽度取 20～30m；建库后水功能区边界宽度结合以往三峡库区纳污能力计算相关研究成果，其控制宽度可增加 10～20%，边界宽度取 25～40m。

5) 计算指标

选取指标 COD、NH₃-N 作为水域纳污能力的控制指标。初始断面污染物浓度采用枯水期保果和雅砻江河口的实测水质监测数据。

6) 计算单元水动力学参数

模型计算的上下边界及初始条件详见下表。

表 5.2-52 计算边界及初始条件

工况	断面	流速 (m/s)		水深 (m)		流量 (m ³ /s)	
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸
建库前	三堆子桥	0.90	0.73	2.86	2.75	64.57	50.33
	攀枝花火车站	1.01	0.70	2.58	2.03	65.01	35.77
建库后	三堆子桥	0.70	0.65	3.06	3.06	53.58	49.68
	攀枝花火车站	0.77	0.59	2.90	2.10	55.53	31.08

由于乌东德库尾攀枝花河段为弯曲河段，其主河槽偏左岸，因此，左岸水深相对较深，右岸相对较浅。乌东德回水涉及攀枝花河段开发利用区的金沙江攀枝花过渡区和金沙江攀枝花金江拉鲊饮用、工业用水区，根据水功能区划中各二级功能区水质代表断面，结合实际情况，选择三堆子桥和攀枝花火车站断面作为模型计算的断面。

6) 计算结果

乌东德库区攀枝花河段近岸水域纳污能力分左右岸进行计算。计算结果见表 5.2-53~表 5.2-55。计算结果表明，乌东德水库蓄水后，回水范围内流速减缓，乌东德库区攀枝花河段近岸水域纳污能力有所减小，其中 COD 减小 1169.07t/a，氨氮减小 184.43 t/a。

表 5.2-53 右岸纳污能力计算

水功能二级区名称	COD			氨氮		
	建库前	建库后	变化量	建库前	建库后	变化量
金沙江攀枝花过渡区	348.25	273.21	-75.04	65.98	50.02	-15.96
金沙江攀枝花金江拉鲊饮用、工业用水区	3566.29	3011.83	-554.46	428.09	333.35	-94.74
合计	3914.55	3285.04	-629.50	494.07	383.37	-110.70

表 5.2-54 左岸纳污能力计算

水功能二级区名称	COD			氨氮		
	建库前	建库后	变化量	建库前	建库后	变化量
金沙江攀枝花过渡区	363.30	302.60	-60.70	75.23	62.37	-12.86

金沙江攀枝花金江拉 鲊饮用、工业用水区	3618.75	3139.88	-478.87	549.91	489.04	-60.87
合计	3982.06	3442.49	-539.57	625.13	551.41	-73.73

表 5.2-55 库尾攀枝花河段纳污能力

水功能二级区名 称	COD			氨氮		
	建库前	建库后	变化量	建库前	建库后	变化量
金沙江攀枝花过渡区	711.55	575.82	-135.74	141.21	112.40	-28.82
金沙江攀枝花金江拉 鲊饮用、工业用水区	7185.05	6151.71	-1033.33	977.99	822.38	-155.61
合计	7896.60	6727.53	-1169.07	1119.20	934.78	-184.43

5.2.3 坝址下游总溶解气体过饱和（TDG）影响预测

5.2.3.1 过饱和 TDG 预测数学模型

（1）过饱和 TDG 生成预测模型

1) 预测方法的建立

对于高坝下泄的高速掺气水流,在温度与含盐量相对稳定的情况下,水深(代表静水压强)和水体动水压强自然成为影响气体溶解度即 TDG 饱和度最直接和重要的因素,因此重点考虑水垫塘内水压及水深变化两个特征物理量的作用,建立过饱和 TDG 预测模型。

关于冲坑(水垫塘)内压强分布规律的研究表明,除局部冲击区域外,动水压强沿水深方向近似呈线性分布。由此可得到:

$$\Delta G_1 = \frac{1}{2} \frac{\Delta \bar{P}_d}{P_0} \phi_1 G_{eq} \quad (5.2-53)$$

式中, $\Delta \bar{P}_d$ 为冲坑(水垫塘)底部平均相对压强 [kPa]。具体可根据相关规范导则及水力模型实验确定; ϕ_1 为修正系数。

美国陆军工程兵团对过饱和 TDG 释放过程的研究认为,过饱和 TDG 的释放过程符合一阶动力学过程,即:

$$\frac{dG}{dt} = -k(G - G_{eq}) \quad (5.2-54)$$

其中释放系数 k 与当地水深的 $3/2$ 成正比，表达式为：

$$k = f(h^{-3/2}) \quad (5.2-55)$$

求解方程(5.2-54)和(5.2-55)可得到：

$$\Delta G_e = \Delta G_0 \exp[-f(h^{-3/2})] \quad (5.2-16)$$

式中， ΔG_0 为初始过饱和度， ΔG_e 为末时刻 TDG 过饱和度。

参照上述研究成果，冲坑（水垫塘）出口过饱和 TDG 的瞬间释放过程可写为：

$$\Delta G_d = \Delta G_1 \exp[-f(h_r)^{-3/2}] \quad (5.2-57)$$

式中， ΔG_d 为冲坑（水垫塘）下游 TDG 过饱和度， ΔG_1 为冲坑（水垫塘）内 TDG 过饱和度。考虑冲坑（水垫塘）深 h_d 的影响，引入无量纲物理量 h_r/h_d 和释放系数 k_d ，方程(5.2-57)改写为：

$$\Delta G_d = \Delta G_1 \exp\left[-k_d \left(\frac{h_d}{h_r}\right)^{3/2}\right] \quad (5.2-58)$$

将公式(5.2-53)代入公式(5.2-58)即可得到冲坑（水垫塘）下游过饱和 TDG 的预测模型：

$$G_d = G_{eq} + \frac{1}{2} \frac{\Delta \bar{P}_d}{P_0} \phi_1 G_{eq} \exp\left[-k_d \left(\frac{h_d}{h_r}\right)^{3/2}\right] \quad (5.2-59)$$

式中： G_d 为冲坑(水垫塘)出口下游 TDG 饱和度(%)；

G_{eq} 为当地大气压强相应的 TDG 平衡饱和度；

P_0 为当地大气压(kPa)；

$\Delta \bar{P}$ 为冲坑内平均相对压强 [kPa]；

ϕ_1 为冲坑(水垫塘)内压力不均匀修正系数，由实测资料率定得到；

k_d 为冲坑(水垫塘)出口 TDG 释放系数，由实测资料率定得到。

2) 模型参数的率定

采用国内已建高坝工程原型观测资料对数学模型进行参数率定和验证。表 5.2-56、表 5.2-57 分别为利用泄洪洞及泄洪孔泄流观测资料得到的模型参数率定结果。

表 5.2-56 泄洪洞泄流的过饱和 TDG 模型参数率定结果表

工况编号	工程与泄洪方式	泄洪洞流量(m ³ /s)	发电流量(m ³ /s)	修正系数 ϕ_1	释放系数 k_d	实测饱和度(%)
1	二滩泄洪洞	3700	1809	0.50	0.20	140.0
2	二滩泄洪洞	1850	1263	0.48	0.15	134.1
3	二滩泄洪洞	2220	1263	0.40	0.20	121.6
4	紫坪铺泄洪洞	170	0	0.46	0.15	107.1
5	紫坪铺泄洪洞	310	0	0.47	0.15	111.0
6	紫坪铺泄洪洞	340	0	0.48	0.15	114.9
7	漫湾泄洪洞	880	2304	0.55	0.10	120.0
8	漫湾泄洪洞	540	1968	0.55	0.10	116.0

表 5.2-57 泄洪孔泄流的过饱和 TDG 模型参数率定结果表

工况编号	工程与泄洪方式	表孔泄流量(m ³ /s)	深孔泄流量(m ³ /s)	发电流量(m ³ /s)	修正系数 ϕ_2	释放系数 k_k	实测饱和度(%)
1	二滩表孔+2#洞	2400	\	1809	0.475	0.08	127.2
2	二滩表孔+2#洞	800	\	1809	0.429	0.08	122.6
3	漫湾表孔	1810	\	1927	0.562	0.08	124.0
4	三峡表孔	20200	\	15600	0.500	0.12	138.0
6	向家坝1~10#深孔+5~12#表孔	2083	4427	3330	0.690	0.04	140
7	向家坝6个表孔(左2+右4)	6110	\	3330	0.700	0.04	139
8	向家坝4个表孔	5790	\	3320	0.700	0.04	136

3) 模型验证

①二滩

根据拟合的公式及率定得到的 ϕ_1 值 0.50, 采用二滩坝下三滩桥测点 2008 年 7 月 12 日至 15 日部分原型观测资料进行公式的验证。验证结果显示, 计算 TDG 饱和度与实测 TDG 饱和度最大差值为 5.3%。

②向家坝

根据拟合的公式及率定得到的 ϕ_1 值 0.69, 采用 2013 年 7 月 19 日向家坝溢流坝段右侧挡墙测点的原型观测资料进行公式的验证。验证结果显示, 计算值

138.6%，与实测值 140.0% 的差值仅为 1.4%。

模型验证结果表明过饱和和预测模型误差在可以接受的范围内，可用于高坝工程泄洪的 TDG 饱和度预测。

(2) 过饱和 TDG 输移释放模型

过饱和 TDG 在河道的释放服从一阶动力学过程，方程表述为：

$$\frac{\partial G}{\partial t} + U \frac{\partial G}{\partial x} = D \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} - k_T (G - G_{eq}) \quad (5.2-60)$$

式中， G 表示 TDG 饱和度，%； G_{eq} 表示 TDG 平衡饱和度，%； U 表示纵向速度，m/s； k_T 表示过饱和 TDG 释放系数， s^{-1} 。公式如下：

$$k_T = 29.2 \sqrt{\frac{\phi_T U}{H^3}} \quad (5.2-61)$$

忽略扩散项 $D \frac{\partial^2 (G - G_{eq})}{\partial x^2}$ ，则式(5.2-60)写为：

$$\frac{dG}{dt} = -k_T (G - G_{eq}) \quad (5.2-62)$$

将上式积分得到纵向一维过饱和 TDG 释放模型的代数表达形式：

$$(G - G_{eq}) = (G_o - G_{eq}) e^{-k_T x / U} \quad (5.2-63)$$

其中 G_o 表示初始 TDG 饱和度； x 表示河段长度， U 为断面纵向流速。

(3) 考虑发电尾水掺混的 TDG 模型

当泄水与厂房发电同时运行时，需要考虑发电尾水汇入对 TDG 饱和度的影响。原型观测结果表明，厂房泄水对 TDG 影响较小，故厂房尾水中的 TDG 含量假定与坝前相等。泄洪主流与尾水混合的 TDG 饱和度计算采用加权混合公式，即：

$$G = \frac{G_x Q_x + \alpha G_{bq} Q_f}{Q_x + \alpha Q_f} \quad (5.2-64)$$

式中， G 为厂房尾水与坝体泄水混合后的 TDG 饱和度(%)；

G_x 为坝体泄洪产生的 TDG 饱和度(%)；

G_{bq} 为坝前 TDG 饱和度(%)；

α 为预测点位置处的发电尾水与泄洪流量的掺混系数,全部与泄洪流量混合时, α 取 1.0, 完全不混合时 α 取 0。

Q_x 、 Q_f 分别为坝体泄洪流量和厂房发电流量(m³/s)。

5.2.3.2 乌东德水电站单独运行过饱和 TDG 影响预测

(1) 预测工况

为提高过饱和 TDG 模型预测精度,原则上应尽可能结合水工模型试验关于水垫塘内压力、流速等水动力学特性的研究成果。为此,乌东德过饱和 TDG 预测工况的确定主要依据长江水利委员会长江科学院《乌东德水电站(可研阶段)泄洪消能 1: 100 水工整体模型试验研究报告》(2011 年 6 月),设计了表孔单泄、中孔单泄、泄洪洞单泄三种工况,用于对比不同孔口泄流对过饱和生成的影响。

表 5.2-58 乌东德水电站过饱和 TDG 预测工况表

工况 编号	泄洪 方式	表孔 单泄流量 (m ³ /s)	中孔 单泄流量 (m ³ /s)	泄洪洞 泄洪流量 (m ³ /s)	发电流量 (m ³ /s)	出库流量 (m ³ /s)
1	表孔单泄	7270	/	/	7464	14734
2	中孔单泄	/	9152	/	7464	16616
3	泄洪洞单泄	/	/	9600	7464	17064

(2) 乌东德单独运行过饱和 TDG 生成预测

1) 参数取值

根据已开展的原型观测成果率定得到的 ϕ_1 取值范围在 0.40~0.56 之间。根据《乌东德水电站(可研阶段)泄洪消能 1: 100 水工整体模型试验研究》,乌东德水电站表孔单泄和中孔单泄情况下,水垫塘内 TDG 修正系数取值 ϕ_1 为 0.56;泄洪洞泄洪情况下,冲坑内 TDG 修正系数 ϕ_1 为 0.55。

根据目前原观成果率定得到的系数取值范围在 0.08~0.2 之间。根据《乌东德水电站(可研阶段)泄洪消能 1: 100 水工整体模型试验研究》,乌东德水电站表孔单泄情况下,二道坝的 TDG 修正系数取值 k_d 取 0.08;中孔单泄情况下,二道坝的 TDG 修正系数 k_d 取 0.12;泄洪洞泄洪情况下,TDG 修正系数 k_d 为 0.20。

掺混系数 α 取值与发电尾水出口和泄流建筑物的相对位置关系、河道特性等相关。忽略发电尾水完全混合前过饱和 TDG 扩散带的影响,乌东德水电站预测中掺混系数 α 取 1.0。

2) 过饱和 TDG 生成预测结果分析

根据乌东德水电站的泄洪运行方式及过饱和 TDG 生成预测数学模型, 预测结果见下表。预测结果表明, 乌东德电站由于泄洪水头高, 流量大, 各泄洪预测工况均出现 TDG 过饱和现象。

不考虑发电尾水掺混作用, 泄洪洞单独敞开泄洪时, 水垫塘出口下游 TDG 饱和度最大, 达到 149.6%; 中孔敞开泄洪时, 水垫塘出口下游 TDG 饱和度为 144.8%; 表孔敞开泄洪时, 水垫塘出口下游 TDG 饱和度为 145.4%; 考虑发电尾水掺混影响, 各工况 TDG 饱和度减小, 分别为 127.9%、124.7%、122.4%。

表 5.2-59 各梯级电站坝下过饱和 TDG 生成预测结果表

工况编号	泄洪方式	表孔泄洪		中孔泄洪		泄洪洞泄洪		泄洪水流 TDG 饱和度(%)	发电尾水掺混后 TDG 饱和度(%)
		流量 (m³/s)	TDG 饱和度(%)	流量 (m³/s)	TDG 饱和度(%)	流量 (m³/s)	TDG 饱和度(%)		
1	表孔单泄	7270	143.0	/	/	/	/	145.4	122.4
2	中孔单泄	/	/	9152	144.8	/	/	144.8	124.7
3	泄洪洞单泄	/	/	/	/	9600	149.6	149.6	127.9

(3) 乌东德单独运行坝下过饱和 TDG 释放过程预测分析

目前库区深水环境中过饱和 TDG 释放模型的研究工作及原型观测资料极少, 过饱和 TDG 释放模型中参数 ϕ_r 涉及库区河段采用已有原型观测率定得到的参数。向家坝坝下天然河段根据金沙江干流河段原型观测得到的结果。

乌东德坝址至白鹤滩坝址区间汇入的支流从上至下依次为普渡河、小江、以礼河、黑水河。由于现阶段缺乏各支流典型洪水过程, 为此本项目在过饱和 TDG 释放过程的预测中, 对各支流的汇入流量采用最大月平均流量, 其中普渡河汛期为 184m³/s, 小江为 94.4m³/s, 以礼河为 107m³/s, 黑水河为 163m³/s。各支流 TDG 饱和度采用平衡饱和度 (100%) 计算。

根据过饱和 TDG 输移释放模型, 对下游各梯级建成后乌东德电站单独泄洪下游过饱和 TDG 释放过程进行预测。不同泄水工况下的 TDG 饱和度沿程变化过程见下图。

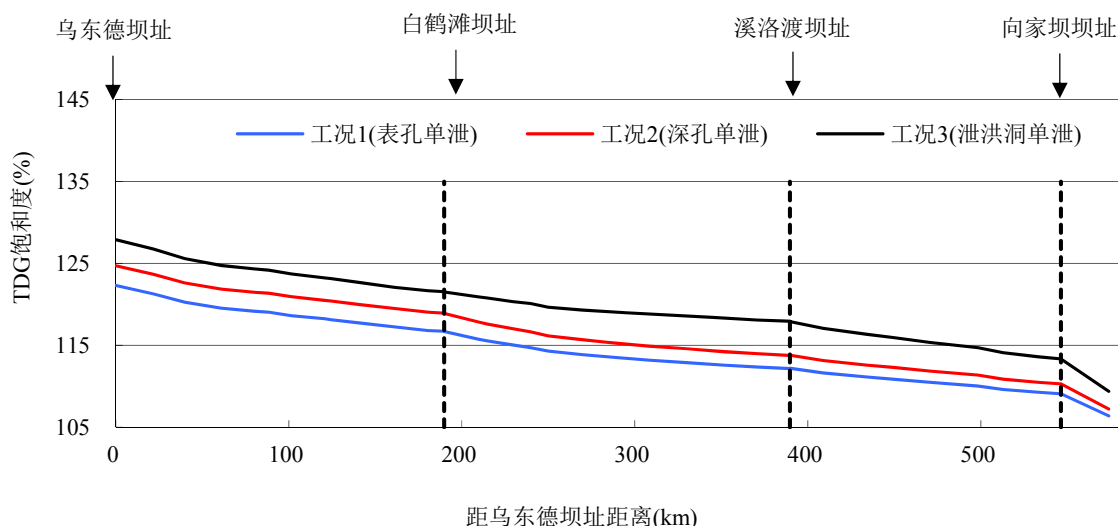


图 5.2-23 乌东德单独泄水条件下过饱和 TDG 沿程变化结果

预测结果表明，工况 1（表孔单泄）条件下，乌东德电站坝下生成的过饱和 TDG 到下游 190 km（白鹤滩坝址断面）释放至 116.7%；至下游 390km（溪洛渡坝址断面）降至 112.2%；至下游 546km（向家坝坝址断面）降至 109.1%；在岷江汇口前 TDG 饱和度为 106.4%。工况 2（中孔单泄）条件下，乌东德电站坝下生成的过饱和 TDG 到下游白鹤滩坝址断面释放至 118.9%；至下游溪洛渡坝址断面降至 113.8%；至下游向家坝坝址断面降至 110.3%；在岷江汇口前 TDG 饱和度为 107.2%。工况 3（洪洞单泄）情况下，乌东德电站坝下生成的过饱和 TDG 到下游白鹤滩坝址断面释放至 121.5%；至下游溪洛渡坝址断面降至 117.9%；至下游向家坝坝址断面降至 113.3%；在岷江汇口前 TDG 饱和度为 109.4%。

由各工况下乌东德坝下过饱和 TDG 释放过程可以看出，白鹤滩库区、溪洛渡库区和向家坝库区的过饱和 TDG 释放过程明显慢于向家坝下的岷江天然河道。由各预测工况结果的对比表明，工况 3（泄洪洞单泄）较工况 1（表孔单泄）和工况 2（中孔单泄）生成的 TDG 饱和度最大，对下游的影响范围也愈大。因此，从过饱和 TDG 的影响角度分析，建议各梯级尽量采用泄洪中孔或表孔泄洪，尽量减少泄洪洞泄洪。

5.2.3.3 金沙江下游四个梯级联合运行过饱和 TDG 影响预测

（1）梯级联合运行各电站坝下过饱和 TDG 生成预测

1) 参数取值

结合金沙江下游各电站泄洪特性，水工模型试验研究以及已有原型观测的验

证资料，参考 5.2.3.1 节的参数率定成果确定各数学模型参数，取值见下表。

表 5.2-60 各梯级电站过饱和 TDG 生成预测模型参数选取结果表

电站名称	泄洪方式	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	不均匀系数 ϕ	释放系数 k_e
乌东德	表孔单泄	7270	7464	0.56	0.08
	中孔单泄	9152	7464	0.56	0.12
	泄洪洞单泄	9600	7464	0.55	0.20
白鹤滩	表孔单泄	12529	8765	0.495	0.08
	深孔单泄	11832	8765	0.473	0.08
	泄洪洞单泄	11715	8765	0.46	0.2
溪洛渡	表孔单泄	8627	7628	0.56	0.08
	深孔单泄	12324	7628	0.43	0.15
	泄洪洞单泄	16648	7628	0.42	0.13
向家坝	表孔单泄	14394	7072	0.70	0.06
	深孔单泄	19870	7072	0.60	0.05
	深孔单泄	19870	7072	0.60	0.05

2) 过饱和 TDG 生成预测

根据现阶段各梯级泄洪设施调度运行和设计资料，采用过饱和 TDG 生成预测模型，计算得到金沙江下游四个梯级联合运行时各电站生成的 TDG 饱和度，具体详见下表。

工况三（泄洪洞或深孔泄洪）中，四个电站泄水生成的 TDG 饱和度分别为 149.6%、144.0%、143.2%、142.1%，其中乌东德泄洪洞生成的过饱和 TDG 水平最高。不同泄水建筑物泄水产生的过饱和 TDG 水平对比表明，泄洪洞饱和度最高，其次为坝身表孔，生成饱和度最低的为深孔泄洪。

梯级联合运行各种泄洪设施运行情况下，考虑发电尾水掺混和沿程释放过程向家坝坝下 TDG 最大值达 139.7%，最小值为 136.8%。

表 5.2-61 各梯级电站坝下过饱和 TDG 生成预测结果表

工况	乌东德						白鹤滩					
	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	泄洪方式	泄洪饱和度(%)	发电尾水饱和度(%)	发电尾水掺混后饱和度(%)	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	泄洪方式	泄洪饱和度(%)	发电尾水饱和度(%)	发电尾水掺混后饱和度(%)
一	7270	7464	表孔	145.3	100	122.3	12529	8765	表孔	140.0	116.7	130.4

			单泄						单泄			
二	9152	7464	中孔单泄	144.8	100	124.7	11832	8765	深孔单泄	135.0	118.9	128.1
三	9600	7464	泄洪洞单泄	149.6	100	127.9	11715	8765	泄洪洞单泄	144.0	121.5	134.4
工况	溪洛渡						向家坝					
	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	泄洪方式	泄洪饱和度 (%)	发电尾水饱和度 (%)	发电尾水掺混后饱和度 (%)	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	泄洪方式	泄洪饱和度 (%)	发电尾水饱和度 (%)	发电尾水掺混后饱和度 (%)
一	8627	7628	表孔单泄	133.2	125.0	129.3	14394	7072	表孔单泄	143.1	124.0	136.8
二	12324	7628	深孔单泄	134.0	123.0	129.8	19870	7072	深孔单泄	142.1	124.9	137.6
三	16648	7628	泄洪洞单泄	143.2	128.7	138.6	19870	7072	深孔单泄	142.1	133.0	139.7

3) 梯级联合运行各电站坝下 TDG 释放过程预测

考虑发电尾水汇入影响和区间支流汇入，采用 TDG 输移释放模型对金沙江下游各梯级电站坝下产生的过饱和 TDG 沿程释放过程进行预测分析，预测结果见下表。经预测，梯级联合运行时向家坝坝下岷江汇入口断面的饱和度为 131.6%~135.0%。

表 5.2-62 金沙江下游梯级联合泄洪条件下 TDG 释放过程预测结果表

工况 编号	电站名称	泄洪 流量 (m³/s)	泄洪TDG 饱和度 (%)	发电 流量 (m³/s)	发电尾水 TDG饱和度 (%)	发电尾水 汇入后TDG 饱和度(%)	沿程TDG饱和度(%)				
							坝下 40km	坝下 80km	坝下 120km	坝下 160km	下级 坝前
一	乌东德	7270	145.3	7464	100.0	122.3	120.3	119.0	118.2	117.3	116.7
	白鹤滩	12529	140.0	8765	116.7	130.4	128.8	127.2	126.4	125.6	125.0
	溪洛渡	8627	133.2	7628	125.0	129.3	127.6	126.5	125.0	/	124.0
	向家坝	14394	143.1	7072	124.0	136.8	131.6（岷江汇口前）				
二	乌东德	9152	144.8	7464	100.0	124.7	122.6	121.3	120.4	119.5	118.9
	白鹤滩	11832	135.0	8765	118.9	128.1	126.6	125.1	124.3	123.5	123.0
	溪洛渡	12324	134.0	7628	123.0	129.8	128.3	127.2	125.8	/	124.9
	向家坝	19870	142.1	7072	124.9	137.6	133.2（岷江汇口前）				
三	乌东德	9600	149.6	7464	100.0	127.9	125.6	124.2	123.2	122.1	121.5
	白鹤滩	11715	144.0	8765	121.5	134.4	132.6	130.9	130.1	129.3	128.7
	溪洛渡	16648	143.2	7628	128.7	138.6	136.9	135.7	134.0	/	133.0
	向家坝	19870	142.1	7072	133.0	139.7	135.0（岷江汇口前）				

金沙江下游梯级联合泄洪与乌东德单独泄洪条件下过饱和 TDG 变化过程对比见下表。联合运行条件下，岷江汇口前断面 TDG 饱和度较乌东德单独泄洪运行时分别提高 25.2%~26.0%。

表 5.2-63 金沙江下游梯级联合泄洪与乌东德单独泄洪条件下过饱和 TDG 变化过程对比表

单位：%

断面 编号	断面名称	乌东德单独泄洪运行			四库联合泄洪条件			联合泄洪-单独泄洪		
		表孔 单泄	深孔 单泄	泄洪洞 单泄(或深 孔单泄)	表孔 单泄	深孔 单泄	泄洪洞 单泄(或深 孔单泄)	表孔 单泄	深孔 单泄	泄洪洞 单泄(或深 孔单泄)
1	乌东德坝下 (尾水掺混 后)	122.3	124.7	127.9	122.3	124.7	127.9			
2	白鹤滩坝前	116.7	118.9	121.5	116.7	118.9	121.5	0	0	0
3	白鹤滩坝下 (尾水掺混 后)	116.7	118.9	121.5	130.4	128.1	134.4	13.7	9.2	12.9
4	溪洛渡坝前	112.2	113.8	117.9	125.0	123.0	128.7	12.8	9.2	10.8
5	溪洛渡坝下 (尾水掺混 后)	112.2	113.8	117.9	129.3	129.8	138.6	17.1	16	20.7
6	向家坝坝前	109.1	110.3	113.3	124.0	124.9	133.0	14.9	14.6	19.7
7	向家坝坝下 (尾水掺混 后)	109.1	110.3	113.3	136.8	137.6	139.7	27.7	27.3	26.4
8	岷江汇口前	106.4	107.2	109.4	131.6	133.2	135.0	25.2	26	25.6

5.3 生态环境影响预测评价

5.3.1 陆生生态环境影响预测评价

5.3.1.1 对生态系统完整性的影响

(1) 对生态系统类型的影响

1) 对森林生态系统的影响

工程实施对于森林生态系统有不利影响和有利影响两个方面，不利影响体现在工程施工占地和水库淹没引起森林植被面积的减少（工程施工占用和蓄水淹没森林生态系统面积减少 349.28hm²，共占评价区森林生态系统面积的 1.10%），造成了植被生物量和生产力的下降。从而也对生活于其中的动物产生不利影响。而由于工程占地和淹没减少林地面积相较于整个森林生态系统而言，所占的比例较

小，因此对于森林生态系统的结构和功能的影响不大。

由于后期恢复措施的实施会减少区域内水资源和土壤资源的流失，会为森林生态系统带来有利影响。

2) 对草地生态系统的影响

工程实施对于草地生态系统同样有不利影响和有利影响两个方面，不利影响体现在工程施工占地和水库淹没引起灌丛及稀树草丛面积的减少，造成了植被生物量和生产力的下降。工程施工及蓄水淹没造成草地生态系统面积减少 5701.97hm²，共占评价区草地生态系统面积的 4.17%，并对其中活动的动物有轻微影响。

由于植被恢复措施的实施会减少区域内水资源和土壤资源的流失，会为草地生态系统带来有利影响。

3) 对湿地生态系统的影响

工程实施对湿地生态系统的影响包括不利影响和有利影响两个方面，水库淹没使自然的河漫滩湿地变为水域，原有的河滩植物被淹没，减少了此类植被的分布面积，原有的浅水区域变为了深水区域，也失去了为涉禽提供栖息环境的功能。因此工程对湿地生态系统最直接的影响在于湿地面积的减少，从而影响了湿地生态系统提供动植物资源栖息地的功能，此外施工过程中产生的废水、废渣等污染可能会影响水环境，间接对湿地生态系统的植物和动物产生影响，但是此种影响可以通过合理有效的保护措施来避免。

工程实施之后，由于库区水域面积增加，库容增大，库区为游禽提供了更广阔的栖息空间。此外，相应的措施在实施之后，可有效降低评价范围内水土流失，减少悬浮物对水质的污染，为水生生物提供了更为洁净的生存空间。此外，借助于水库的拦截以及对水资源的合理调配，湿地生态系统的蓄水补水，调蓄洪水的功能得以加强。

4) 对农业生态系统的影响

电站建设将淹没、占用耕地、园地 1331.92hm²，占评价区耕地、园地总面积的 3.41%。淹没的耕地占评价区农业生态系统的比例较大，将对评价区农业生产和生活产生一定影响。此外，由于河谷地区灌溉条件较好的耕地都是相对高产耕地，在河谷地适宜开垦成相对高产的耕地的区域已经不多，电站建设对耕地的占

用和淹没必然会加剧评价区内耕地的压力，影响耕地总量平衡，加剧人地矛盾，对被征占耕地的农户的生产生活造成一定程度的不利影响。

工程实施期间对于农业生态系统的影响在于占用部分农田，减少农作物分布面积，降低农作物产量。但是工程实施对于农业生态系统也将产生多方面的正面影响，水库的修建起到了拦蓄洪水的作用，降低了洪水、干旱对于农作物生长的威胁，水土保持措施的实施则减少了水资源和土壤资源的浪费，为农业发展保存了重要的资源。

（2）对评价区生产力和生物量的影响

1) 枢纽工程区

枢纽工程区各植被类型损失的生产力和生物量见表 5.3-1 和表 5.3-2。工程施工占地将损毁原有的植被类型，植被生物生产力将发生变化，生产力损失 $896124.88 \times 10^4 \text{gC/a}$ ，平均生产力损失 $4.20 \text{gc/m}^2 \cdot \text{a}$ ，生物量损失 $2.63 \times 10^4 \text{t}$ 。各植被类型损失的生物量以灌丛和灌草丛所占比例最大，占枢纽工程区损失生物量的 63.28%；阔叶林损失的生物量占枢纽工程区损失生物量的 25.62%；农业植被和经济林生物量损失较小，分别占枢纽工程区损失生物量的 4.72%和 3.05%。评价范围内的针叶林由于处于评价区上方海拔较高处，不受施工占用。随工程施工的结束，相应的植被生产力在一定程度上可以恢复，同时也需要采取一定的人工抚育措施。

表 5.3-1 乌东德水电站工程区占地损失的生产力

植被类型	永久		临时		合计	
	面积	生产力	面积	生产力	面积	生产力
	(hm^2)	(10^4gC/a)	(hm^2)	(10^4gC/a)	(hm^2)	(10^4gC/a)
针叶林	0	0	0	0	0	0
阔叶林	38.13	39768.52	12.35	12877.99	50.48	52646.51
竹林	16.34	13331.44	0.00	0.00	16.34	13331.44
灌丛和灌草丛	577.27	428794.61	185.42	137728.37	762.69	566522.97
经济林	55.38	50952.86	6.03	5548.89	61.41	56501.76
农业植被	136.24	109535.92	74.58	59965.29	210.82	169501.21
河流水域	125.40	37620.99	0.00	0.00	125.40	37620.99
合计	948.76	680004.34	278.38	216120.54	1227.14	896124.88
损失生产力 ($\text{gc/m}^2 \cdot \text{a}$)						4.20

表 5.3-2 乌东德水电站工程区占地损失的生物量

植被类型	永久	临时	合计

	面积 (hm ²)	生物量 (t)	面积 (hm ²)	生物量 (t)	面积 (hm ²)	生物量 (t)	占枢纽 工程区 生物量%	占评价 区 生物量%
针叶林	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
阔叶林	38.13	5182.25	12.35	1678.49	50.48	6860.74	25.62	0.10
竹林	16.34	740.37	0.00	0.00	13.54	740.37	2.76	0.01
灌丛和灌草丛	577.27	12826.94	185.42	4120.03	762.69	16946.97	63.28	0.25
经济林	55.38	737.11	6.03	80.26	61.41	817.37	3.05	0.01
农业植被	136.24	817.44	74.58	447.48	210.82	1264.92	4.72	0.02
河流水域	125.40	150.48	0.00	0.00	125.40	150.48	0.56	0.002
合计	948.76	20454.58	278.38	6326.26	1227.14	26780.84	100.00	0.40

2) 水库淹没区

水库淹没区各植被类型损失的生产力及生物量见下表。

表 5.3-3 乌东德水电站淹没区各植被类型生物量变化

植被类型变化		生物量变化 (t)	占评价区 生物量 (%)	生产力变化 (10 ⁴ gC/a)
类型	面积 (hm ²)			
针叶林	0.00	0.00	0.000	0
阔叶林	-293.79	-39929.00	-0.59	-374999
竹林	-9.64	-436.79	-0.006	-7819.18
灌丛和灌草丛	-524.67	-11658.17	-0.17	-4204887
经济林	-463.30	-6166.52	-0.091	-423586
农业植被	-346.11	-2076.66	-0.031	-973552
河流水域	5408.81	6490.57	0.096	2367762
合计		-53776.57	-0.80	-16.96 (gc/m ² .a)

注：合计中未包括建设用地及未利用地 204.18hm²。

水库蓄水使评价区生产力降低了 16.96 (gc/m².a)。水域面积的增加也将使河流水域的生物量增加，水域面积增加了 5408.81hm²，河流水域生物量增加了 0.65 万 t，因此，水库蓄水使评价区植被的生物量净损失量为 5.38 万 t，仅占评价区植被总生物量的 0.80%。其中阔叶林、竹林、灌丛和灌草丛植被淹没的总面损失生物量 5.20 万 t，占评价区总生物量的 0.77%，占水库淹没损失总的生物量 96.65%，其余经济林和农业植被淹损失的生物量为 0.82 万 t，占评价区总生物量的 0.12%。

因此，总体而言，乌东德水电站工程对评价区自然体系的影响程度较小，是完全可以承受的。

(3) 对生态系统稳定性的影响

1) 自然体系的稳定状况

自然系统的稳定和不稳定是对立统一的。由于各种生态因素的变化,自然系统处于一种波动平衡状况。当这种波动平衡被打乱时,自然系统具有不稳定性。自然系统的稳定性包括两种特征,即阻抗和恢复,这是从系统对干扰反应的意义定义的。阻抗是系统在环境变化或潜在干扰时反抗或阻止变化的能力,它是偏离值的倒数,大的偏离意味着阻抗低,而恢复(或回弹)是系统被改变后返回原来状态的能力。因此,对自然系统稳定状况的度量以恢复稳定性和阻抗稳定性两个角度来度量。

①恢复力稳定性

自然系统的恢复力稳定性,是根据植被净生产力的多少度量的。如果植被净生产力高,则其恢复稳定性强,反之则弱。水库蓄水后,各种土地类型发生变化,林地、灌草丛等拼块类型的面积减少,水域面积增加。工程建设造成评价范围生态系统生物量减少,电站建成后林地、灌草丛面积等减少将使评价范围的生物量减少 8.05 万 t, 平均生产力减少 $21.16\text{gC}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$, 自然体系的生产力为 $707.17\text{gC}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$, 仍具有一定的生态承载力。因此,工程引起的干扰是可以承受的,生态系统的稳定性未发生大的改变。

②阻抗力稳定性

自然系统的阻抗力稳定性是由系统中生物组分异质性的决定的。异质性是指一个区域里(景观或生态系统)对一个种或更高级的生物组织的存在起决定作用的资源(或某种性质)在空间或时间上的变异程度(或强度)。由于异质性的组分具有不同的生态位,给动物物种和植物物种的栖息、移动以及抵御内外干扰提供了复杂和微妙的相应利用关系。另一方面,异质化程度高的自然系统,当某一斑块形成干扰源时,相邻的异质性组分就成为了干扰的阻断,从而达到增强生态体系抗御内外干扰的作用,有利于体系生态稳定性的提高。

评价范围内的植被类型主要为灌丛与灌草丛,工程建成和运行后,作为模地的灌丛和灌草丛其面积发生变化不大,由 136665.7hm^2 降低到 131421.03hm^2 , 减少 4.17%, 其比例仍然占到 56.60%。因此,工程实施后对区域自然体系的景观异质化程度和阻抗能力影响不大。

3) 景观生态体系质量综合评价

施工区临时占地可通过生态补偿和生态恢复等措施使其景观面貌得以基本恢复或改善。永久占地区形成以人工建筑为主的异质化景观嵌入现有的自然景观

体系中，对现有的自然景观体系将产生一定的影响。

水库蓄水后各植被类型优势度值计算结果见表 5.3-4。水库蓄水后，淹没陆地区域将改变景观的生态结构，但评价区内绝大部分面积的植被没有发生变化，保证生态系统功能的延续和对外界干扰的抵御。从景观要素的基本构成上看，未出现本质的变化，工程的实施和运行对区域的自然景观体系中基质组分的异质化程度影响不大。

表 5.3-4 水库淹没后评价区内各类缀块优势度值

景观类型	密度 Rd	频率 Rf	景观比例 Lp	优势度 Do
针叶林	11.20%	11.67%	9.65%	10.54%
阔叶林	3.45%	6.41%	3.73%	4.33%
竹林	0.49%	0.64%	0.22%	0.39%
灌丛和灌草丛	39.37%	56.89%	56.60%	52.37%
经济林	19.52%	20.77%	6.64%	13.39%
水田	6.00%	16.12%	2.37%	6.72%
旱地	6.65%	38.87%	7.05%	14.91%
建设用地	6.13%	12.33%	3.09%	6.16%
河流水域	2.66%	41.66%	4.59%	13.38%
未利用地	4.53%	8.75%	6.06%	6.35%

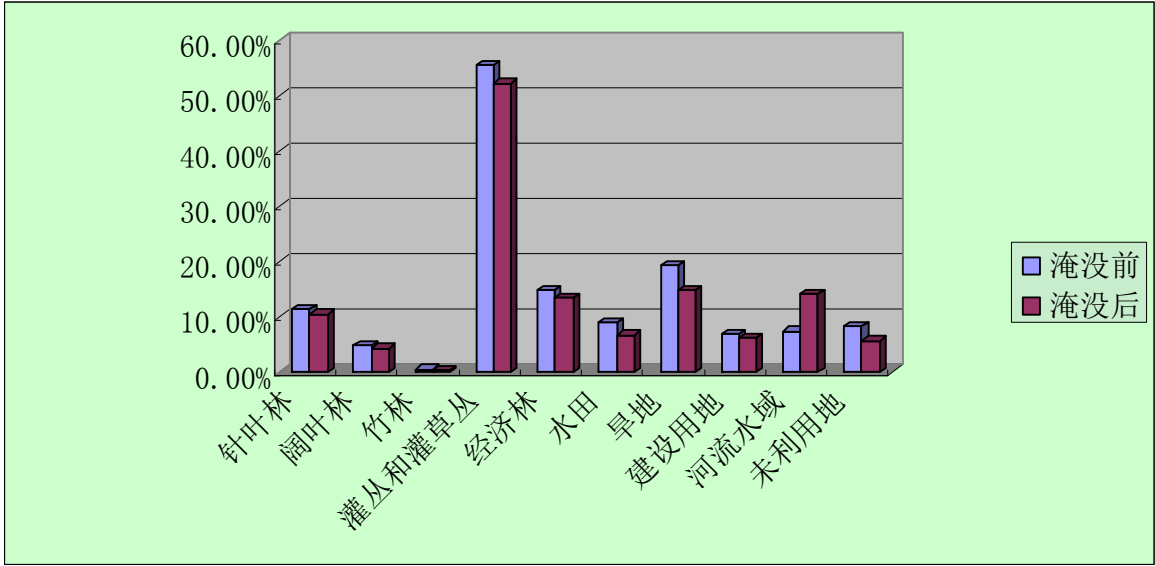


图 5.3-1 水库淹没前后评价区内各类缀块优势度值变化示意图

表 5.3-5 水库淹没前后评价区景观类型优势度值排序

优势度等级	淹没前	淹没后
1	灌丛和灌草丛	灌丛和灌草丛
2	旱地	旱地
3	经济林	河流水域
4	针叶林	经济林

5	水田	针叶林
6	未利用地	水田
7	建设用地	建设用地
8	河流水域	未利用地
9	阔叶林	阔叶林
10	竹林	竹林

比较水库淹没前后各植被类型的优势度值排序（表 5.3-5、图 5.3-1），自然植被的景观优势度没有发生明显变化。河流水域的景观优势度变化明显，水体景观的优势度显著提高，其余类型景观的优势度值均有少许下降，但在景观结构中的地位并未发生本质性的变化，灌丛和灌草丛、旱地仍为评价区优势度较高的景观类型。因此，水库蓄水后，原拼块的优势度变化不显著，表明工程施工和运行对自然体系的景观质量不会产生大的影响。

5.3.1.2 对陆生植物的影响

（1）对植物区系的影响

水库蓄水后，位于淹没线（即 975m）以下的所有植物将被淹没，由于淹没的地类主要是一些河岸、荒坡、山地灌丛等低质地段和农田，被淹没的植物种类较多，但多为广布种、常见种或人工植被中的栽培植物。金沙江乌东德水电站工程区淹没区分布有野生植物 90 科 270 属 355 种，其中蕨类植物 10 科 11 属 14 种，被子植物 80 科 259 属 341 种（双子叶植物 74 科 207 属 278 种，单子叶植物 6 科 52 属 63 种）。淹没不涉及野生的裸子植物。水库蓄水对植物区系的影响具体表现为：

海拔 975m 以下被淹没植物以草本和灌木植物为主，乔木种类很少，由于这些草本和灌木，基本上都是广布种、常见种，在淹没线以上或其它地区都有分布，只要保护好淹没线以上的产地，仍可得以保存和繁衍，不会导致物种的消亡和灭绝。受淹没影响的物种以禾本科、蝶形花科、苏木科、唇形科、大戟科、菊科、莎草科等科中分布于低海拔喜干热的植物种属数量最大。

对植物区系的影响主要表现为：在植物区系组成结构方面，没有明显影响；由于植物区系成分与电站所在地域生态背景密切相关，植物区系成分不会发生变化，也不会导致某种植物区系成分的丧失或者消亡。

（2）对植被的影响

1) 施工期的影响

施工区内的植被构成了自然体系的主体,施工活动将破坏施工区植被,失去原有的自然性和生物生产力,降低了景观的质量与稳定性。施工结束后,临时占地的植被类型可依靠人工恢复还原到现有的质量水平,永久占地将成为人工基底的景观类型。

施工区占地 1227.36hm², 占评价区总面积的 0.53%, 其中永久占地 948.84hm², 临时占地 278.52hm²。施工区占用植被类型情况见下表。

表 5.3-6 乌东德水电站施工区占用植被类型统计表

植被类型	永久		临时		合计	
	面积 (hm ²)	占评价区 (%)	面积 (hm ²)	占评价区 (%)	面积 (hm ²)	占评价区 (%)
针叶林	0	0.00	0	0.00	0	0.00
阔叶林	31.6	0.01	23.89	0.01	55.49	0.02
竹林	13.54	0.01	0	0.00	13.54	0.01
稀树灌木草丛	78.66	0.03	14.13	0.01	92.79	0.04
灌丛和灌草丛	299.18	0.13	65.33	0.03	364.51	0.16
经济林	45.9	0.02	11.67	0.01	57.57	0.02
农业植被	67.85	0.03	45.61	0.02	113.46	0.05
河流水域	412.11	0.18	117.89	0.05	530	0.23
合计	948.84	0.41	278.52	0.12	1227.36	0.53

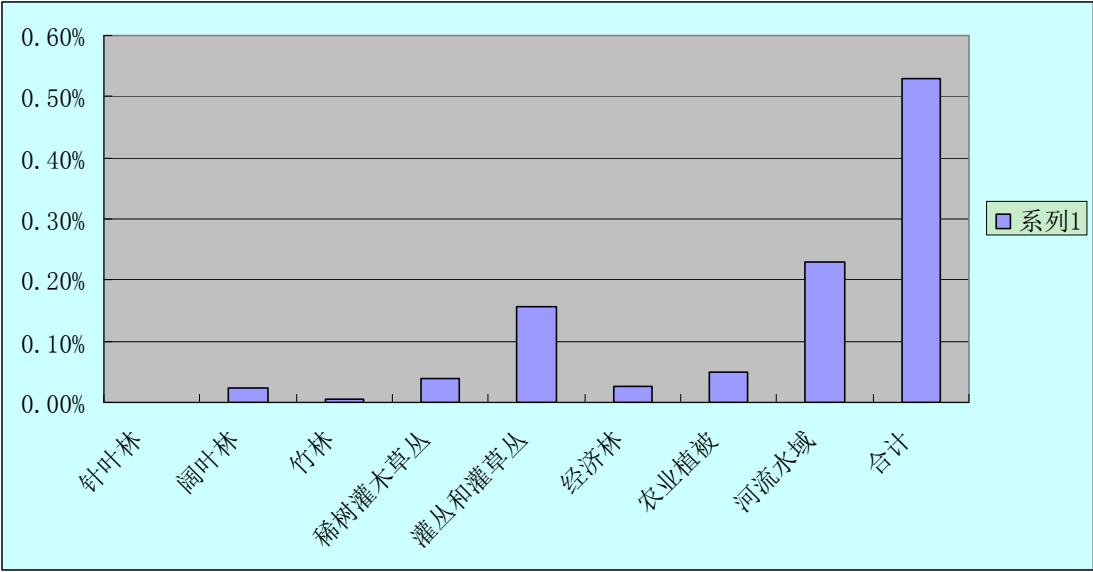


图 5.3-2 施工区占用各植被类型比例示意图

工程施工占用的林地类型主要为滇青冈、尼泊尔桉木等阔叶林,以及大面积

的灌木林地，其次是部分竹林。云南松等类型的针叶林位于评价区上方，未被施工占用。

各施工区对植被的影响如下：

①主体枢纽工程建设对植被的影响

主体枢纽工程建设主要为枢纽工程建筑物永久占地区。根据野外实地调查，枢纽工程区植被类型为稀树灌木草丛，主要受影响的植被类型为车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅等群落组成。工程对植被的永久占用为不可逆影响。

②场内交通建设对植被的影响

枢纽工程区共布置 9 条场内交通道路，其中左岸 4 条，右岸 5 条，有 5 条场内交通作为永久施工道路。场内交通工程影响植被类型主要为干热河谷稀树灌木草丛、亚热带山地灌丛，植被类型主要为车桑子、麻疯树、余甘子、黄荆、黄背草、黄茅群落等。

表 5.3-7 乌东德水电站工程区场内交通工程影响植被类型

项目	性质	长度，路基宽度	影响植被类型
左岸高线过坝道路	永久	8.8km，路基宽度 10.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
右岸高线过坝道路	永久	6.2km，路基宽度 10.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
左岸进水口道路	临时	400m，路基宽 7.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
右岸进水口道路	临时	1.0km，路基宽 7.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
左岸出线场道路	永久	2.6 km，路基宽 10.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
右岸缆机平台道路	永久	1.5km，路基宽 10.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
右岸上坝道路	永久	1.3km，路基宽 10.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落
施期料场道路	永久	3.4km，路基宽 9.5m	余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落

③渣场和料场对植被的影响

枢纽工程区建设并启用的渣场有猪拱地、下白滩、阴地沟、鲹鱼河等 4 个主弃渣场。根据野外实地调查，弃渣场植被类型均为干热河谷稀树灌木草丛，受影响的主要植被类型为余甘子、金合欢、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草群落，以及农田植被。弃渣对植被产生一定影响。

本工程设置下白滩、猪拱地、施期 3 处存料场，存料场附近植被以亚热带山地灌丛为主。存料场施工期间需进行堆存，施工期间将对地表植被产生影响。施工结束后，将对存料场进行复垦，恢复原有植被，因此存料场对植被的影响仅限于施工期。

④施工生产生活设施对植被的影响

施工生产生活设施包括砂石料加工系统、供水和供电系统、施工营地等施工设施。施工设施占地影响主要为农田植被和干热河谷稀树灌木草丛。受影响的干热河谷稀树灌木草丛类型主要为余甘子、车桑子、麻疯树、黄荆、黄背草、黄茅群落。

枢纽工程区所有施工设施的场地平整工作及建设施工供电、供水、通信系统，施工营地，前期砂石料加工、混凝土生产系统，部分施工仓库、工厂等工程过程中，临时设施开挖、回填以及场地平整过程中将对地表植被产生一定影响。

2) 运行期的影响

①水库淹没的影响

水库蓄水前，将对水库淹没区内所有植被进行清理，处于淹没线 975m 以下的工程施工区内的植被将遭到一定程度的破坏，淹没区各植被类型面积详见表 5.3-8。淹没面积最大的陆地植被类型是灌丛和灌草丛，淹没面积 4904.11hm²，主要为车桑子、麻疯树、剑麻、牛角瓜等干热河谷灌丛和灌草丛；其次为旱地、经济林、水田、稀树灌木草丛及阔叶林，评价区中该类型分别被淹 828.1hm²、463.30hm²、346.11 hm²、340.56hm²及 293.79hm²。云南松、滇油杉等暖性针叶林在评价区分布的海拔较高，不处于水库淹没区范围内。

表 5.3-8 乌东德水电站淹没区占用植被面积统计表

植被类型	淹没面积 (hm ²)	占评价区面积比例 (%)	占评价区该类型面积比例 (%)
针叶林	0	0.00	0.00
阔叶林	293.79	0.13	3.27
竹林	9.64	0.004	1.83
稀树灌木草丛	340.56	0.15	0.25
灌丛和灌草丛	4904.11	2.12	3.59
经济林	463.30	0.20	2.92
水田	346.11	0.15	5.91
旱地	872.35	0.38	5.05

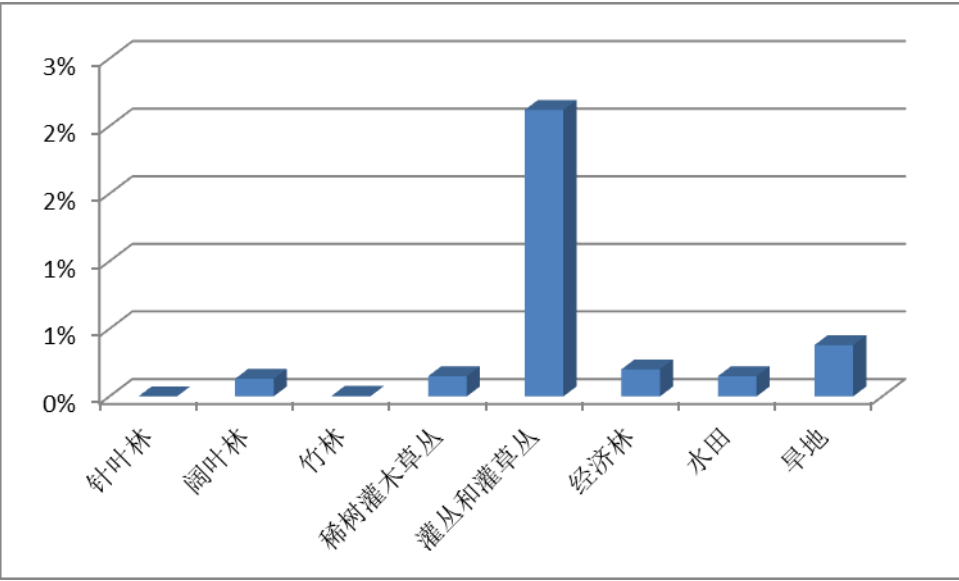


图 5.3-3 淹没区占用各植被类型比例示意图

表 5.3-9 乌东德水电站淹没区主要植被类型统计表

植被类型	淹没前		被淹没			
	缀块	面积 (hm ²)	缀块	占比例 (%)	面积 (hm ²)	占比例 (%)
云南松林	7084	14309	0	0	0	0.00
滇油杉林	4143	8018.8	0	0	0	0.00
滇青冈林	2857	5943.9	313	10.96	204.61	3.44
尼泊尔栲木林	1013	3037	167	16.49	89.18	2.94
慈竹林	507	526.5	13	2.56	9.64	1.83
剑麻灌丛	1012	1586.8	79	7.81	134.38	8.47
车桑子灌丛	5664	14862.8	1084	19.14	1340.65	9.02
麻疯树灌丛	6639	34837.5	2161	32.55	2927.82	8.40
锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛	3301	9529	487	14.75	74.47	0.78
紫茎泽兰灌草丛	4215	17045	707	16.77	180.27	1.06
拟金茅灌草丛	1778	5114.4	372	20.92	85.82	1.68
牛角瓜灌丛	3422	5649.2	343	10.02	501.26	8.87

从影响的范围来看，水库蓄水不会改变整个评价区的生态系统的结构和稳定性。乌东德水电站库区和坝区地处攀枝花至禄劝的金沙江下游两岸，属干热河谷稀树灌草丛生态类型，植被现状较差，受人类活动干扰较为频繁。水库蓄水后影响较大的自然植被为锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛以及车桑子、麻疯树等干热河谷灌丛，这两种植被在金沙江干热河谷中较常见，也是植被恢复的主要对象。水库蓄水后，河谷水面增加，较高河谷气温促使水汽蒸发，在一定程度上可提高沿岸小环境的空气湿度，有利于河谷植被的自然恢复。

②消落带的形成

电站进入运行期后，6月~7月按防洪限制水位运行；8月初水库开始蓄水，8月底水库蓄水至正常蓄水位；9月以后尽量维持高水位运行，次年5月消落至防洪限制水位或死水位。长期经人工周期性调节水位后，乌东德库区将出现约30m的垂直消落深度，长约200km的消落带。在正常情况下，夏季露出水面因受库水反复、周期性的浸泡以及水位涨落所产生的冲刷和淤积作用，消落带的地形、土壤和水分状况将会发生一定变化，其水、土活动特点、景观以及生态功能也会有所改变。

库水位周期性涨落使消落带成为库区生态系统中能量循环、物质转换的活跃地带，其生态系统受到来自水、陆两方面的影响，库水下降时，水中的一些漂浮物、生活垃圾、生物死亡体等大量污染物会沉积在消落带；库水上涨时，消落带土壤中N、P、K及重金属会随水转移到水体中，造成水体污染，同时因利益驱动，人们会自发地利用消落带的土地，特别是无序开垦和不合理利用将会严重地破坏消落区的生态环境，对水库的水质、库岸防护产生较大影响。另一方面，消落带内原有的缓坡贫瘠土地，也会因库后的泥沙淤积而提高其利用价值。

此外，水位下降时将有大片陆地出露，加上金沙江低海拔干热河谷地段光热资源丰富，全年无冬和消落区湿润肥沃的土壤条件，极易为草本植物疯狂“入侵”而疯长，并难免出现恶性杂草，如已在库区蔓延的异域恶性杂草紫茎泽兰等，需予关注的还有飞机草、银胶菊、飞扬草等，这些杂草的生活力特强，繁殖特快，生物量大，对农田、林地等危害较大，污染水体。

水库蓄水运行后，消落带由原来的陆生生态系统演变为季节性湿地生态系统：除上述可能会出现一些新的物种外，另一方面原来适应陆生环境生长的物种可能会有逐渐消亡的现象发生。而适应水生环境生长的物种又因消落带的季节性出露水面而成活率低。因此在消落带及其支流回水影响区浅平地带可能只有少量的湿生和水生植物群落生长。整个消落带的植物种类将较建库前的陆生环境大为减少，生态系统结构和功能简单化，生态系统稳定性降低，脆弱性增强。

③累积性影响

河流是生态系统物质流、能量流和信息流的载体。河流生态系统是一种开放的、流动的生态系统。水电开发对河流生态系统产生双重作用，一方面水库为生

物生长提供了丰富的水源，缓解了大洪水对于生态系统的冲击等；另一方面，大坝对于河流生态系统产生胁迫，造成河流的非连续化特征。河流筑坝形成水库后，大坝拦截水流，改变了河流原有的连续性，导致河流水体的物理、化学和生物因素发生变化。相对于原始的河流生态系统，流域水电梯级开发会产生破坏性干扰。由于开发活动以及生态环境因素的复杂性，这些干扰不可避免地产生累积效应。

累积效应是当一项活动与过去、现在以及可合理预见的将来活动结合在一起时所产生的对生态环境增加的影响，其本身并非一种新型的生态环境影响，而是人们从另一个全新角度来看待生态环境问题的方式。当区域生态环境处于可持续发展的临界水平时，一项自身生态环境影响较小的开发活动，与其他开发活动的生态环境影响累积后可能产生重大的生态环境累积效应。

生态环境累积效应有空间和时间两方面表现特征，形式复杂多样。流域梯级开发既有单个水电站对生态环境的效应特征，又具有多个水电站影响效应的群体性、系统性、累积性、波及性和潜在性。累积效应在两个梯级或多个梯级间对某一生态环境因子可能表现为协同作用或拮抗作用；同时，对某一生态环境因子的某一要素也可能表现为协同作用，而另一要素可能表现为拮抗作用。

金沙江乌东德水电站是金沙江下游河段四大水电站——乌东德水电站、白鹤滩水电站、溪洛渡水电站和向家坝水电站的第一个梯级，上距观音岩水电站 253km，下距白鹤滩水电站 180km。此外，距雅砻江二滩水电站约 233km。

金沙江是一个完整的生态系统，它的平衡与稳定是长期、缓慢形成的，而流域梯级水电开发将改变原有河流的生态系统，阻断原有河道的水流连续性，从而使金沙江下游的河流形态、水文情势发生变化，进而使原本依存于流域的物种构成、生态环境发生变化。给全流域物质、能量、信息交流等带来了变化 and 影响。具体表现为水文径流累积效应、水质累积效应、水温累积效应、泥沙累积效应、局地气候累积效应等，通常对陆生植被和植物影响较明显的为局地气候累积效应。

金沙江下游四个水电站以及乌东德水电站上游的观音岩水电站、雅砻江二滩水电站中，仅二滩水电站已建成，于 1998 年正式蓄水发电，其它水电站均在建设中。当这些电站建成水库蓄水后，形成了比蓄水前大得多的库区水域面积。但根据水库蓄水对局地小气候变化的影响，水库蓄水造成的气候变化局限在各自的

局部地区，几乎没有相互作用。因此，金沙江下游河谷小气候的变化给河谷地带周围的植物生长、动物活动和人类活动等带来影响仅发生在各个水库的气候变化范围内。

这一系列水库蓄水后，淹没的大量地表和土壤中的有机质（包括森林植被）会缓缓地分解，排放出 CO_2 、 CH_4 等温室气体，从而对气候变化产生影响，并且水库的温室气体排放量是随着时间不断变化的。关于水库蓄水后温室气体的排放问题，目前仍存在争论。

④对于热河谷植被的影响

水库蓄水后，原先的陆地变成了水体，使局部地表空气变得较湿润，对局部小气候会产生一定的影响，进而对库区环境产生影响。二滩水电站位于雅砻江下游的四川省攀枝花市境内。库区地处横断山系，库区内植被类型多样，既有残存的典型的亚热带常绿阔叶林，又有发育于干热河谷的稀树灌草丛。二滩水电站已于 1998 年正式蓄水发电。与当前已进入运营期的大型水电站相比，二滩水电站与本工程区域概况较为类似。

参照二滩水电站建成前后对植被的影响，预测水库蓄水后干热河谷植被的变化如下：

a、库区物种盖度变化

库区物种盖度变化是组成库区物种多样性变化的基础，一般情况下，只有物种丰富度增加才会造成物种盖度的增加，因此，盖度指标是体现多样性变化的直接参数指标。不同垂直层次之间的相辅作用还表现在乔木层物种的存在和更新需要一定的生境支持，而灌木和草本层是直接影响林下小生境的主要因子，通过影响地表的温度、光照和水分间接影响乔木层树种的种子萌发和幼苗建立和生长。水库蓄水后，库区植被将按照干旱区植被顺行演替系列进行的，由草本群落起始，到灌木群落，再到乔木群落这样的演替方向进行；其次，植被群落结构趋于复杂化，该库区的立地生态环境在逐步发生改变。

b、库区物种多样性变化

物种多样性是植被群落复杂结构和生态功能的一种度量。物种多样性的增加既是植被生态恢复的目标，也是评判各种工程措施成功与否的重要标准。因此，探讨物种多样性的变化，有利于正确认识各种工程措施所引起的生态学过程与规

律。建库前后库区陆生植物的物种丰富度会发生一定的变化，库区蓄水后，库区气候和立地生境发生了一定程度的改变，其变化趋势是有利于库区植被的进一步恢复和演替发展的。植被丰富度指数在库区建成后会呈现出增加趋势，各种植被类型随着环境的逐步改善结构和数量相应发生变更，趋于缓和自然环境和生境向好的方向发展，乔木层庇护灌木和草本的生长，而灌木和草本也辅佐乔木层的生存，相互相成，因此，当乔木层丰富度指数增加时，灌木和草本相应会增加，而灌木、草本层丰富度提高时，乔木层结构也会表现出复杂化。

c、库区植物群落结构变化

群落结构是群落中相互作用的种群在环境条件下协同进化形成的，包括生态适应和自然选择。植物对外界自然环境的适应的测度标准一般采用著名的丹麦生态学家 C.Raunkiner 的生活型系统，生活型是生物对外界环境适应的外部表现，同一生活型的物种，不但体态相似，而且其适应特点也相似。在不同的气候区域的主要群落类型中生活型组成各有其特点，每一类植物类群都是由几种生活型的植物组成，但其中只有一类生活型占优势，一般高位芽植物占优势的，反映了群落所在地在植物生长季节中温热多湿的特性；地面芽植物占优势的群落，反映了该地具有较长的严冬季节；隐芽植物占优势的群落，环境比较冷；一年生植物最丰富的，气候干旱。建库后，植被群落的生活型将主要由高位芽植物和一年生植物占主导，即这里的环境气候条件热度大、干旱，与当地的气候环境具有高度一致性。建库后还将出现地上芽植物和地面芽植物，即该区的干热、干旱气候环境在逐步得以缓解，这与建库后水位升高，水平面扩大，形成局部的大气环流，库区附近地区地面气温下降（其中丰水年、平水年、枯水年降温幅度分别约为 1.43℃、0.43℃和 1.92℃，三年平均气温下降约 1.26℃），局地空气湿度增加（淹没区湿度增加 1.9g/kg，离岸 500m 处湿度增加 1.1g/kg，离岸 1km 处湿度增加 0.2g/kg），从而造成局部小环境变得更适宜于各种生活型的植被生长、生活、定居。此外，根据水库建成后气候条件可能发生的改变，对植被的影响主要发生在库区 1km 范围内，其温度和湿度的变化，在该地区正常的年际气候波动范围内，可认为水库对沿岸的干热河谷气候特征没有根本性的改变。温度和湿度的变化将有利于干热河谷植被的生长、生活、定居，植被覆盖率较建库前将会增加。

评价区干热河谷植被分布的海拔和水平范围将无明显的变化。

（3）对重点保护植物、古树、特有种的影响

1) 对国家级重点保护植物的影响

经实地走访调查，乌东德水电站评价范围内分布有银杏和红椿 2 种国家重点保护植物，均为人工栽培种，数量较少。评价区内未发现国家重点保护野生植物，水电站施工及蓄水对国家重点保护野生植物基本无影响。

2) 对省级重点保护植物的影响

评价区分布有云南省省级重点保护野生植物 3 种：毛核木、厚果鸡血藤和丁茜。毛核木分布于评价区禄劝、武定海拔约 2200m 的干燥山坡或灌丛中。厚果鸡血藤生于海拔 2000m 以下的山坡常绿阔叶林或杂木林及灌丛中，评价区较常见。丁茜分布于禄劝海拔 900~3300m 处的岩石隙和山地灌丛。其中厚果鸡血藤和丁茜可能受水库蓄水淹没的影响。但其分布海拔较广泛，因此不会因蓄水淹没而消失。

3) 对古树的影响

乌东德水电站评价区古树有 4 种共 141 株：酸角 68 株、木棉 23 株、黄葛树 45 株、红椿 5 株。除去位于评价区的 17 株古树，受水库蓄水、移民安置或枢纽工程施工影响的古树共计 4 种 124 株，其中有 119 株古树位于淹没区，包括 64 株酸角、17 株木棉、36 株黄葛树、2 株红椿，受水库蓄水淹没影响；3 株木棉、1 株红椿位于移民安置区范围，可能受移民安置活动带来的影响；1 株位于枢纽工程区。

位于水库淹没线以下的古树将受水库淹没影响，水库蓄水将对其造成不可逆的破坏，需对其进行迁地保护。位于水库淹没线以下古树中 117 号、129 号、130 号酸角等 3 株古树生长状况不良，树干基部遭虫蛀现象严重，可不进行迁移。

分布于攀枝花市仁和区大龙潭乡的另外 3 株木棉和 1 株红椿古树位于移民安置区范围，可能受移民搬迁、生产安置等活动的影响。需在当地加强宣传，提高村民及施工人员对古树的保护意识，将不利影响降至最低。位于枢纽工程区的 1 株黄葛树可能受到工程施工、车辆运输的影响。

4) 对特有种的影响

淹没区特有植物 57 种，其中中国特有种 32 种，华西南特有种 18 种，干热河谷特有种 2 种。其中干热河谷特有种为金沙尾稗草和元谋尾稗草。金沙尾稗草

产元谋和大关，生于海拔 700~1200m 的金沙江畔的沙滩及石间。元谋尾稃草产巧家、盐津、宾川、元谋、双柏、临沧，生于海拔 500~1600m 的干热河谷、河滩草地、山坡道旁、田野、荒地。其生长范围无论是地区还是海拔均较广泛，不限于淹没区，且耐旱耐瘠薄，生长能力强，因此，上述干热河谷特有种均不会受到毁灭性的影响。

（4）对外来种的影响

评价区分布的外来入侵物种共 6 种，分别为紫茎泽兰、飞机草、马缨丹、银胶菊、土荆芥和刺苋。

上述 6 种入侵物种由于缺少天地而大量繁殖对当地生态环境造成了很大的危害。而且随着工程车辆的进入，人们将会有意无意的将新的外来物种带进该区域，或者将入侵物种带出该区域，从而在新的地点形成新的分布区域。由于外来物种比当地物种能更好的适应和利用被干扰的环境，可能导致当地生存的物种数量的减少、树木逐渐的衰退。

（5）对植物资源的影响

水库蓄水后影响较大的自然植被为锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛以及车桑子、麻疯树等干热河谷灌丛，其中麻疯树为该地区重要资源植物。麻疯树具有药用价值、可作为工业原料，在环保和生态建设应用广泛。乌东德水库淹没麻疯树灌丛约 2927.82hm²，占评价区麻疯树灌丛总面积的 8.40%。在植被恢复中会恢复一定面积的麻疯树灌丛，可保证评价区内该群系面积不发生较大面积的减少。水库蓄水后，温度变化的绝对值均小于 0.4℃，不会改变评价区为麻疯树生长的适宜区的现状。

5.3.1.3 对陆生动物的影响

（1）施工期

工程施工期间对动物的影响主要为施工机械、扬尘对动物生活的威胁以及施工噪声对动物的惊吓和驱赶。具体分述如下：

1) 对两栖类的影响

根据调查结果，枢纽工程区两栖动物主要集中分布于该区域的支流与金沙江汇合的溪流、农田、坑塘等生境，此区域亦为枢纽工程区主要的自然村落。根据工程资料，各支流汇入口为重要的弃渣场或料场（如施期、鲹鱼河等），施工时

将会用弃渣将此部分区域填平并作为工程用地，因此工程施工对两栖动物的影响主要体现在两栖动物的生境被侵占，并且在弃渣和工程场地施工时将直接导致大部分两栖动物个体的伤亡，而工程区上游的两栖动物因受噪声、震动以及人为活动等因素的影响，向工程干扰较小或未受影响的上游区域扩散。

综上，工程施工对两栖动物的影响较大，会直接造成弃渣场等施工区部分个体的直接伤亡，并改变工程区的分布格局。

2) 对爬行类的影响

根据调查结果，枢纽工程区爬行动物分布较广泛，但由于受到捕食对象分布的影响，其主要集中分布于各支流与金沙江回合的溪流、农田等区域及其周边灌丛灌草丛生境，此区域亦为枢纽工程区主要的自然村落。与两栖动物类似，由于工程施工时会将此部分区域作为弃渣场填平并作为工程用地，因此工程施工对爬行动物的影响体现在其生境遭受侵占。但由于爬行动物活动能力较强，在弃渣或其他施工活动中能及时躲避，故不会造成较大程度的个体伤亡，但会因受生境侵占及噪声、震动、人为活动等因素的干扰向其他适宜生境扩散。此外，由于工程施工造成该区域两栖动物数量的下降，在一定程度上会增加蛇类捕食难度，从而造成种内、种间竞争加剧。

此外，由于部分蛇类医药价值、经济价值较高，如孟加拉眼镜蛇，施工人员的入场可能会造成此类蛇类遭受人为捕捉。此种影响通过宣传教育能够得到有效的控制。

综上，爬行动物受工程施工影响相对较小，主要影响结果为在枢纽工程区形成新的分布格局。

3) 对鸟类的影响

根据调查结果，枢纽工程区鸟类相对两栖、爬行动物以及兽类种类和数量较多，由于各类鸟类的主要生境不同，工程施工对其造成的影响各有不同，其主要影响分析如下：

对水鸟的影响（包括普通鸬鹚、苍鹭、白鹭、赤麻鸭、绿翅鸭和棕头鸥）：
此类鸟类主要为迁徙季节迁徙经过枢纽工程区，或偶在工程枢纽区稍作停留（白鹭为留鸟），且种群数量较少。工程施工活动主要会驱离其离开施工区域，但不会对其迁徙行为造成影响，因此工程施工对此类鸟类影响很小。

对猛禽的影响（包括隼形目种类，不包括鸢形目）：此类鸟类主要在枢纽工程区河谷两岸的坡地灌丛或崖壁筑巢、栖息，捕食时常盘旋于枢纽工程区上空。工程临时或永久占地会侵占其部分生境，工程施工活动亦会对其捕食造成一定干扰，但由于工程占地及施工活动范围相对其生境范围较小，此类鸟类受施工影响可扩散至其他适宜生境，故此种工程施工对其造成的影响很小。

对鸡形目种类的影响（包括中华鹧鸪和日本鹌鹑）：此类鸟类主要栖息生境为河谷两岸坡地灌丛、灌草丛，为枢纽工程区的优势种和常见种。与对猛禽的影响类似，工程临时或永久占地会侵占其部分生境，工程施工活动亦会对其正常栖息造成一定干扰，驱使其避开影响区域，但由于其适宜生境广泛，故此种影响很小。但由于此类鸟类食用价值较高，施工人员的入场可能会造成其部分个体遭受捕捉，此种影响可以通过宣传教育有效的降低。

对雨燕目种类的影响（白腰雨燕）：白腰雨燕筑巢与河谷或支流两侧的崖壁上并盘旋于上空捕食。工程临时或永久占地会侵占其部分生境，且施工活动亦会对其造成一定干扰，但由于其适宜生境广泛，故工程施工对其造成的影响很小。

对其他鸟类的影响（包括雀形目、鸢形目、佛法僧目、鸽形目、鸺形目及戴胜目种类）：此类鸟类主要分布于枢纽工程区植被相对较好的林地、灌丛生境，尤以村落及其周边区域最为集中，而该区域为工程主要的弃渣场和施工场地（如施期、鲮鱼河），工程临时或永久占地会导致其部分生境丧失，工程施工活动亦会对其部分个体造成直接伤亡或对其正常生活造成干扰。由于工程枢纽区地处干热河谷、此类生境较少，工程占地或施工活动驱离其向其他适宜生境扩散，从而造成种内、种间竞争加剧；此外，枢纽工程区部分此类生境成孤岛状且适宜生境相隔较远，此处的鸟类受工程影响外迁时由于没有适宜生境，可能会造成部分个体在外迁过程中死亡，故工程施工期对此类鸟类的影响相对其他鸟类较大。但随工程结束后，工程占地区域植被恢复，此种影响的程度可以得到较为有效的缓解。此外，对于喜栖息于河谷两岸坡地灌丛灌草丛生境的鸟类，如白斑黑石鹇、纯色山鹧鸪、树鹨等，此种影响相对较小。

4) 对兽类的影响

根据调查结果，枢纽工程区域各兽类的主要适宜生境存在一定差异，故工程施工对其造成的影响亦有不同，主要影响分析如下：

对树栖型兽类的影响（包括北树鼯、赤腹松鼠和珀氏长吻松鼠）：此类兽类常见于枢纽工程区植被较丰富的村落或其他林地和灌丛生境。由于工程施工时，部分此类生境被作为弃渣场，并用弃渣填平之后作为工程用地，故将导致树栖型部分兽类生境丧失，但由于枢纽工程区此种生境较少，故受影响的此类兽类外迁至其他适宜生境时必将造成种内、种间竞争加剧。故工程对此类兽类的影响较大。

对岩洞栖息型兽类的影响（包括鲁氏菊头蝠和普通伏翼）：此类兽类主要分布于工程影响区村落，常见于各住宅屋檐、檐缝中。工程临时或永久占地将侵占部分村落，造成其部分生境消失，但此类兽类活动能力强，受工程影响可外迁至其他适宜生境。此外，随着施工人员的入场后修建更多的住宅，此类兽类的适宜生境在总体上不会减少，故工程施工对其造成的影响很小。

对食肉目和兔形目兽类的影响：此类兽类活动范围广泛，各生境均可见其活动痕迹，但主要栖息于植被较为丰富的林地和灌丛生境。受工程占地影响，其部分适宜生境被侵占，加上施工活动干扰，将驱离其迁往未受影响的生境。由于此类兽类迁移能力强，受其影响后能迅速迁往枢纽工程区未受影响或枢纽工程区以外适宜生境，故工程施工对此类兽类影响不大。

对鼠类的影响（包括鼠科所有种）：啮齿目鼠科种类在枢纽工程区分布范围广泛，但亦主要集中分布于村落、集镇及其周边区域。由于受工程建设占地影响，其部分生境遭受破坏，迫使其外迁至其他生境。但随着大量施工人员的迁入，亦为鼠类提供了新的栖息环境。因此工程施工对鼠类物种的影响很小，主要驱使其在枢纽工程区形成新的分布格局。

（2）运行期

乌东德水库于8月初水库开始蓄水，8月底水库蓄水至正常蓄水位；9月以后尽量维持高水位运行，次年5月消落至防洪限制水位或死水位。因各类陆生动物的生活习惯、适宜生境各有不同，工程运行期的各种行为对其造成的影响各有不同，其主要影响分析如下。

1) 对两栖类的影响

水库建成蓄水后，将使陆栖型两栖动物，如华西蟾蜍、泽陆蛙和饰纹姬蛙以及树栖型两栖动物华西雨蛙向海拔稍高处迁移，由于水面上升速度不快，最大上升垂直距离为30m，且评价区华西蟾蜍的生境广泛，故适应过程将较顺利。由于

库区蓄水将淹没部分溪流生境，将使溪流型两栖动物棘腹蛙的生境减少，迫使其沿溪流上高处迁移，造成一定程度的种间竞争加剧，其种群数量可能存在一定程度的下降；水库建成后，将给静水型两栖动物，如黑眶蟾蜍、滇侧褶蛙形成更丰富的静水或缓流水环境，对其种群的发展带来有利影响，蓄水后其种群数量可能存在一定的上升。

综上，工程运行后水库蓄水对溪流型两栖动物造成的影响相对较大，但对其他类型的两栖动物的影响很小。

2) 对爬行类的影响

由于爬行动物生存对水的依赖较小，其生境范围广泛，库区蓄水对其造成的影响主要体现在驱使其向高处迁移，并且库区蓄水对其捕食对象(如昆虫、蛙类等)的种群数量不会造成太大影响，因此其种内、种间竞争压力亦不会有显著增加。

此外，对于龟鳖目种类，库区蓄水将增加水域面积，其适宜生境亦会随着增加，对其造成的影响是有利的。

综上，工程运行后水库蓄水对爬行动物的影响很小。

3) 对鸟类的影响

根据调查结果，库区鸟类相对两栖、爬行动物以及兽类种类和数量较多，由于各类鸟类的主要生境不同，工程施工对其造成的影响各有不同，其主要影响分析如下：

对水鸟的影响（包括鹈鹕目、鹈形目、鸬形目、雁形目、鹤形目和鸨形目种类）：此类鸟类主要为迁徙季节迁徙经过淹没区，或偶在淹没区稍作停留（小鹈鹕、白鹭和白胸苦恶鸟为留鸟），且种群数量较少。水库蓄水后，由于水位上升且相对恒定，将造成库区岸滩、农田等生境减少、水域面积增加，对小鹈鹕、普通鸬鹚和鸭类的栖息或迁徙产生一定的有利影响，但对于其他涉禽类的栖息或迁徙造成一定不利影响。

对猛禽的影响（包括隼形目种类，鸢形目除外）：此类鸟类主要在库区河谷两岸的坡地灌丛或崖壁筑巢、栖息，捕食时常盘旋于库区上空。水库蓄水后将淹没其部分生境，但由于其淹没生境比例很小，故对其造成的影响很小。

对鸡形目种类的影响（包括中华鹧鸪和日本鹧鸪）：此类鸟类主要栖息生境

为河谷两岸坡地灌丛灌草丛，为库区的优势种和常见种。与对猛禽的影响类似，水库蓄水后将淹没其部分生境，但由于其适宜生境广泛且被淹没的生境所占比例很小，故此种影响很小。

对其他鸟类的影响（包括雀形目、鸛形目、佛法僧目、鸽形目、鷲形目及戴胜目种类）：此类鸟类主要分布于库区植被相对较好的林地、灌丛生境，尤以村落及其周边区域最为集中，库区蓄水后将导致其部分生境丧失。由于工程枢纽区地处干热河谷、此类生境较少，库区淹没将驱离其向其他适宜生境扩散，从而造成种内、种间竞争加剧；此外，库区部分此类生境成孤岛状且适宜生境相隔较远，此处的鸟类受淹没影响外迁时由于没有适宜生境，可能会造成部分个体在外迁过程中死亡，故工程运行蓄水后对此类鸟类的影响相对其他鸟类较大。此外，对于喜栖息于河谷两岸坡地灌丛灌草丛生境的鸟类，如白斑黑石鹇、纯色山鹧鸪、树鹨等，此种影响相对较小。

4) 对兽类的影响

根据调查结果，库区各兽类的主要适宜生境存在一定差异，故水库蓄水对其造成的影响亦有不同，主要影响分析如下：

对树栖型兽类的影响（包括北树鼯、赤腹松鼠和珀氏长吻松鼠）：此类兽类常见于库区植被较丰富的村落或其他林地和灌丛生境。工程运行蓄水后，将导致树栖型部分兽类生境丧失，但由于库区此种生境较少，故受影响的此类兽类外迁至其他适宜生境时必将造成种内、种间竞争加剧。故工程对此类兽类的影响较大。

对岩洞栖息型兽类的影响（包括翼手目种类）：此类兽类主要分布于库区村落，常见于各住宅屋檐、檐缝中。工程运行蓄水后将淹没部分村落，造成其部分生境消失，但此类兽类活动能力强，受蓄水淹没影响时可外迁至其他未淹没的村落或岩洞。

对食肉目和兔形目兽类的影响：此类兽类活动范围广泛，各生境均可见其活动痕迹，但主要栖息于植被较为丰富的林地和灌丛生境。水库蓄水淹没影响，其部分适宜生境将被淹没消失，迫使其迁往未受影响的生境。由于此类兽类迁移能力强，受其影响后能迅速迁往淹没区外未受影响的适宜生境，故工程运行蓄水对此类兽类影响不大。

对鼠类的影响（包括鼠科所有种）：啮齿目鼠科种类在库区分布范围广泛，

种群数量多，但亦主要集中分布于村落、集镇及其周边区域。由于库区蓄水淹没影响，其部分生境遭受消失，迫使其外迁至未被淹没的高海拔村落、集镇及其周边区域，并且造成该区域鼠类种群数量和密度暂时性陡升，从而造成其种内、种间竞争加剧，但一段时间后方可形成新的平衡。

(3) 对野生重点保护动物的影响

评价区有重点保护动物 44 种，其中国家 I 级重点保护野生动物 1 种，国家 II 级重点保护野生动物 24 种，云南省重点保护野生动物 2 种，四川省重点保护野生动物 17 种。由于枢纽工程施工区范围较小、海拔较低、整体生境较差，淹没区为高程 975m 以下，故乌东德水电站工程对评价区内部分海拔分布较高或对生境要求相对严格的重点保护动物几无影响，如红腹角雉、白腹锦鸡、岩羊、猕猴等。在评价区内，黑颈鹤、蓑羽鹤、斑头雁主要沿金沙江南北走向江段迁徙，因此库区淹没对其有一定影响。根据施工区和淹没区可能分布的重点保护野生动物种类，工程对这些重点保护野生动物的主要影响详见下表。

表 5.3-10 施工区和淹没区对各重点保护野生动物的影响

物种	保护级别	施工区影响方式	淹没区影响方式
黑颈鹤	国 I	——	库区淹没部分迁徙通道生境
蓑羽鹤	国 II	——	
普通鵟	国 II	——	库区淹没部分生境
松雀鹰	国 II	——	
雀鹰	国 II	工程占地侵占其部分生境、施工活动干扰	——
大鵟	国 II		库区淹没部分生境
游隼	国 II		
红隼	国 II		
领角鸮	国 II		
白尾鹞	国 II	——	库区淹没增加适宜生境
斑头鸺鹠	国 II	——	
乌龟	川	——	库区淹没增加适宜生境
鳖	川	——	
孟加拉眼镜蛇	滇 II	工程占地侵占部分生境、施工活动干扰	库区淹没部分生境
小鸺鹠	川	——	库区淹没增加适宜生境
普通鸺鹠	川	施工活动干扰	
斑头雁	滇 II	——	
白鹭	川	施工活动干扰	——
中华鹳鸰	川	工程占地侵占部分生境、施工活动干扰	库区淹没部分生境
棕头鸥	川		
豹猫	川		

5.3.2 水生生态环境影响预测评价

5.3.2.1 对水生生境的影响

(1) 库区生境变化

水库蓄水运行后，库区水域生境将由河流型向湖泊型转变，影响较大的非生物生态因子主要包括：水深、流速、透明度、温度、光照、底质、溶解氧和营养盐类等。其中，水文情势变化是造成这些因子变化的主导因素。

1) 水文情势

①水域面积

乌东德水电站库区河段长 206.7km，天然情况下，河流最大水域面积为 50.5km²。建库后，正常蓄水位对应水域面积 127.1km²，水域面积增大 2.5 倍。河谷水面变宽，水面面积增加，水流变缓，但由于水库水位的消落，不同月份水面面积仍有较大的差别。

②水面宽及水深

乌东德库区段为典型的高山峡谷地貌，地形起伏显著，水位落差大，河谷狭窄。库区江段的主河谷呈 V 型，落差为 178m，河床比降为 0.86‰。

由于干流河道形态特性，乌东德水库建成蓄水后，库区河段总长度 206.7km，平均每公里河道水面宽度增加约 370m，成湖率较低，水库仍呈现出一定的河道性质。

③水位变化分析

库区水位变化呈自上游往下水位增幅逐渐变大的趋势。丰水年丰水期各典型断面天然水位较高，库尾至坝前水位增加 0.01m~162m；平水年平水期库尾至坝前水位增加 0.01m~161.85m；枯水年枯水期库尾至坝前水位增加 0~161.94m。

④流速变化分析

建库后，丰水年丰水期水库低水位运行，此时水库回水迤资车站（下）断面，水库入库流量不变，因此，雅砻江河口下 1km、三堆子、钒钛工业园以及金江镇等断面建库前后流速基本无变化。其余断面流速较建库前均有不同程度的减小。枯水年平水期、枯水期，水库高水位运行，受水库回水顶托影响，各典型断面流速均有所减小，减小范围为平水期 0~3.30 m/s、枯水期 0~3.39m/s。平水年平

水期、枯水期流速变化情况同枯水年。

2) 库区泥沙及透明度

乌东德坝址多年平均控制站入库输沙量 9400 万 t，平均含沙量 1.02kg/m^3 。悬移质颗粒中值粒径 0.015mm ，平均粒径 0.062mm ，最大粒径 0.997mm 。乌东德库区所在江段河道狭窄，水流湍急，水质较混浊，透明度为 $20\text{--}30\text{cm}$ 。由于水库对泥沙的沉降作用，水体透明度会得到一定的改善，特别是平水期明显增大。如我国西南地区已建的数座水库的观测结果表明，可由 10cm 提高到 $3.0\text{--}5.0\text{m}$ 。这种改变对水生生物特别是浮游生物的生长繁殖是有利的。

3) 水温

乌东德水库为巨型水库，正常蓄水位为 975m ，库区水温呈季节性分层状态。根据预测，乌东德水电站单层取水时平水年在 2 月~6 月、9 月~10 月，枯水年在 2 月~10 月、丰水年在 2 月~6 月、8 月存在表层温跃层，分层现象较明显。各典型年垂向最大温差约 15°C ，2 月~7 月库底水温稳定在 11.7°C 附近。

4) 水质

由主库库区水质浓度分布预测结果可知，各典型水期主库各水质因子主要受来水背景浓度、支流汇入水体和库周各污染源的影响。平水年和枯水年主库库区 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、 BOD_5 、DO 均满足地表水 III 类水质标准，主库存在部分库区 TP 超标现象。支流枯水期流量小，受主库回水顶托作用，支流挟污难以向下游输移，在库尾形成较明显的污染带。丰水期支流来流水质普遍较差，受面源负荷汇入，支库均不同程度地存在 TN、TP 超标污染区域。总体而言，水库水质基本满足渔业用水水质要求。

(2) 坝下河段生境变化

1) 水文情势

由于乌东德水库防洪功能作用，在汛期，水库调洪运行时，坝下游流量较建库前流量减少明显，水库调洪削峰作用明显。6 月份水库需腾空库容，水库水位降至汛限水位以下，下泄流量较建库前有所增加。其余月份，受水库调节能力及水电站发电影响，下泄流量较建库前有所增加或者不变。各典型年汛期减水程度相对较大，但年内枯水期下游流量增加明显，年内径流分配过程坦化。就水位变化来看，坝下游水位受水库调蓄影响较大，总体趋于坦化。丰水期，受水库调洪削峰作用，坝下游水位有明显降低，平水期水位较建库前变化不大，枯水期水位

均高于天然条件下的水位。不同典型年水位最大增幅为 1.7m，最大减幅为 1.8m。就流速变化来看，平水年枯水期，建库后流速较建库前有增有降，增减幅度不大，在 0.01~0.04m/s 之间。

2) 下泄水温

乌东德电站运行对下游水温过程有一定程度的春季低温水和冬季高温水影响。单层取水时各典型年在 2 月~8 月的下泄水温低于坝址现状水温，降幅最大月份均在 4 月，降幅在 1.5℃~2.0℃。各典型年下泄水温在 10 月~翌年 1 月高于坝址现状水温，升幅最大月份在 11 月、12 月，比现状提高了 1.0℃~1.8℃。单层取水时下泄水温达到 18℃的时间比现状水温过程有所延迟。坝址现状水温到达 18℃的时段主要集中在 4 月，乌东德梯级各典型水文年下泄水温到达 18℃的时段为 5 月上旬~中旬，存在延迟现象。

3) 气体过饱和

气体过饱和现象发生于大坝泄洪时期，由于使鱼类发生气泡病甚至死亡而受到国外有关方面的重视，许多学者为此开展了一些观测研究。乌东德电站由于泄洪水头高，流量大，泄洪期间将出现总溶解气体过饱和现象，在泄洪洞（出库流量 17893m³/s）单泄下水体 TDG 饱和度最高，达到 149.6%，在考虑发电尾水掺混影响后，TDG 饱和度降至 127.9%。

泄洪洞单泄情况下，乌东德电站坝下生成的过饱和 TDG 到下游白鹤滩坝址断面释放至 121.5%；至下游溪洛渡坝址断面降至 117.9%；至下游向家坝坝址断面降至 113.3%；在岷江汇口前 TDG 饱和度为 109.4%。

5.3.2.2 对水生生物的影响

（1）对浮游植物影响

从浮游植物组成看，调查水域干流浮游植物急流生境特征明显，支流特别是龙川江浮游植物组成更趋多样化，主要表现为河流型特征。

大坝建成后，原有的河流将变成河道型水库，水体环境由河流生态型向水库生态型转化，水面增大，水流速度减缓，水体营养物质滞流时间延长，泥沙沉降，水体透明度增大，被淹没区域土壤内营养物质渗出，水中有机物质及营养盐将增加，这些条件的变化均有利于浮游生物的生长繁殖。预计工程完工后，库尾尚能保持一定流水条件，库尾至坝前流速趋缓，库区浮游植物种类和现存量会发生变

化。硅藻门的种类和细胞密度所占比例可能会下降，而绿藻和蓝藻门的种类和数量则会明显增多。因库区不同区域水文情势和生态环境的不同，浮游植物种类的变化存在一定的差异。

参照二滩水库建成后的情况，库区水环境与自然河段相比发生了很大变化。特别是水流平缓，水体中真性浮游藻类种类增加。如微囊藻属的种类，隐藻门、甲藻门、金藻门的一些种类，以及绿藻门中栅列藻属、实球藻属、空球藻属、多芒藻属、角星鼓藻属、盘星藻属等的一些种类都在库区中出现，有的甚至形成优势种。4月中旬至5月上旬，因库区透明度较高，水流缓慢，直链藻属的种类大量发生。9~10月，微囊藻属的种类和空球藻、实球藻为优势种。这些藻类常生活于有机质丰富的水体中，而成库前则没有这种现象。

贵州境内乌江后评价的结果也佐证了浮游藻类的演变趋势。已建的洪家渡、东风、普定、索风营和乌江渡5座水库库区较电站上游来水浮游藻类种类增加，其中绿藻门、蓝藻门种类增加较多，其它门类种类有增加，但增加幅度不及绿藻门、蓝藻门，硅藻门种类仍然是水库库区的主要种类；库区浮游藻类现存量较上游来水增加明显，平均密度和生物量分别为上游来水的2.06倍和1.77倍。库区浮游藻类变化幅度与水库调节能力呈正相关，水库调节能力强，库区浮游藻类数量增加幅度大，反之增加幅度小。洪家渡水库为多年调节，库区断面浮游藻类密度和生物量分别为上游六冲河来水的10.40倍和8.65倍。

坝下由于是坝前水下泄，浮游藻类种类组成与坝前较接近。坝前江段浮游藻类现存量可能会保持原自然状态或减少。坝下向下游浮游藻类现存量会较坝前有所增加。

顶托作用对支流回水区浮游植物有一定程度的影响，特别是坝前的鲹鱼河，回水区浮游藻类的种类和数量会有明显的增加，且局部出现水华的可能性增加，支流回水区上游仍将保持原状态。库区主要支流，特别是位于库区上游段的龙川江、勐果河、尘河等，水库形成后，回水长度有限，其影响主要在这些支流近汇口的区段，由于流速变缓，有出现局部水华的可能。

（2）对着生藻类影响

大坝蓄水后，着生藻类生境将发生不同程度的变化，同时着生藻类的生物量和群落结构也将发生相应的变化。这些变化将主要表现为库区受电站蓄水的影响，原来的沿岸带被淹没，新的沿岸带形成，着生藻类生境发生巨大的变化；加

之，不同蓄水情况时水文情势变化的影响，着生藻类群落结构将发生变化，库区由于水流变缓、水深加大及泥沙沉积的影响，着生藻类生物量呈一定程度的减小，尤其是在库尾淤积严重和坝前水深较大的区域。但在近岸水域，由于光照、水深、流速及营养条件适宜，着生藻类仍将占有较大优势。库区以下水文状况受水库调节和白鹤滩水库回水的影响，库区清水下泄，水体透明度增大，这些因素无疑会促进着生藻类的生长，群落结构在坝下一段有可能仍维持流水生境的生态类型。

库区支流受干流回水顶托作用，支流河口回水区水文情势发生变化，水流变缓，原有沿岸带被淹没，使得支流回水区着生藻类群落结构和生物量发生变化，其变化与库区着生藻类的变化类似。其它位于各库区上游段的支流，如龙川江、勐果河等，水库形成后，由于回水长度有限，影响程度相对较小。

（3）对浮游动物影响

乌东德电站建成后，库区水流减缓、水深增加、水面扩大、透明度增大，淹没区植被、土壤内营养物质渗出，引起水中有机物质及矿物质增加，加上水体滞流时间延长和泥沙沉降，将导致营养物质滞留和积累，水体初级生产力提高。上述条件的改变不仅会直接影响浮游动物的生长与繁殖，而且通过浮游植物间接影响浮游动物。水库蓄水后，枝角类和桡足类的种群数量都会显著增加，可能形成优势类群。但由于环境异质性的降低，浮游动物物种多样性可能会有所下降。

二滩库区建库前、后浮游动物种类密度及生物量的比较表明，建库后库区浮游动物的密度是建库前的 3.8~4.7 倍，生物量是建库前的 10.0~15.8 倍。乌江流域后评价的结果也表明，已建的洪家渡、普定、东风、索风营、乌江渡 5 座水库库区较上游来水浮游动物的种类增加，原生动物中蚤中缢虫、刺胞虫等，轮虫的多肢轮虫、疣毛轮虫、泡轮虫等增加，枝角类、桡足类也有一定增加，但幅度不大。库区浮游动物现存量有很大提高，密度和生物量是上游来水的 3.06 倍和 2.54 倍。

（4）对底栖动物影响

1) 对库区底栖动物的影响

乌东德电站建成后，江段原有的河道型急流生态变成缓流的水库生境，原有的底栖动物的种类组成、优势种和生物量将会发生相应变化。

再以二滩水库为例，据 2002 年二滩库区水生生物调查结果，二滩库区有底栖动物 29 种，线型动物、环节动物、软体动物、节肢体动物所占比重分别为 3.45%、

3.45%、10.34%和 82.76%。生物密度、生物量分别为 49ind./m²和 3.71g/m²。参照二滩库区调查资料,结合本次调查结果,预计乌东德水库建成后,库区河段底栖动物种类分布较建坝前将有所增加,结构组成中节肢动物、线形动物所占比重将有一定幅度的上升,环节动物、软体动物所占比重将有所下降,生物密度、生物量较建坝前将约提升 1~2 倍,其中线形动物、环节动物密度分布较建坝前将有所增加。从库区空间分布看,在库区中下游等深水区域,底栖动物数量较多,但种类分布会相对较少,原河流性石生种类,如蜉蝣目中的二翼蜉和二尾蜉蝣、毛翅目中的纹石蚕、低头石蚕等将绝迹,适于静水生境的摇蚊科生物等水生昆虫种类分布将有所增加,生物密度、生物量将大幅提升;在库尾水域,因水体保持一定微流,原有种类将得到一定维持,但分布数量、范围将大幅缩减。

2) 对下游江段影响

随着金沙江下游四个梯级电站先后开发建设,江段原有的河道型急流生态变成缓流的水库生境,乌东德水库坝下即为白鹤滩水库,其坝下底栖动物种类与数量变化与乌东德库尾类似,但近坝区域由于泄水的冲刷作用,对底栖动物生存有不利影响。

3) 对支流的影响

乌东德库区内大的支流主要有雅砻江、勐果河、尘河、龙川江、鲹鱼河等。其中雅砻江在库尾,回水对其影响很小,工程的建设和运行对其底栖动物影响很小。

龙川江、尘河、勐果河等支流底栖动物种类以水生昆虫为主。水库高水位期间可能对其形成顶托,部分底栖动物如游泳型蜉蝣目生物因栖息环境变化较为剧烈,会难以适应而随水流迁移,底栖动物种类及数量短期内将发生一定变化,但变化幅度不会太大。

鲹鱼河汇口距离坝前较近,水库蓄水后回水范围内水较深,底栖动物数量会较多,但种类相对较少,原河流性石生种类如蜉蝣目中的二翼蜉和二尾蜉蝣、毛翅目中的纹石蚕和低头石蚕等将绝迹,适于静水生境的摇蚊科生物等水生昆虫种类将有所增加,生物密度、生物量将大幅提升。

(5) 对水生维管束植物影响

目前,库区水生维管束植物很少。电站运行后,库区水流变缓,泥沙逐渐沉积,江水透明度升高,原来的耕地、林地、园地、库湾等可以为河漫滩湿生植被

的滋生提供良好的生存条件,挺水植物、沉水植物分布区域及生物量有可能增加,局部库湾也有可能出现浮叶植物和漂浮植物,但估计增加量有限。

水位的变化对于岸边水生维管束植物的正常生长也会带来一定不利影响。建库运行后水位上升,永久性淹没原消落区水生植被,并形成新的消落区。每年最重要的夏季生长期,库区水位保持在低水位,而且这一期间,上游来水的不稳定使得水位变化较大,从而影响水生维管束植物的生长。10月份以后复又回归高水位,会淹没很多夏季新生的植物。因此,由于水位的不稳定消长,陡削的库岸处很难形成有规模的水生维管束植物群落。邻近的二滩水库环境与乌东德环境条件相近,生态环境类似,水库蓄水运营后,在其库区一直未见有规模性的水生维管束植物群落发育。

5.3.2.3 对鱼类的影响

(1) 电站阻隔效应

电站的建设将使河流的连续性受到影响,不仅阻隔了洄游鱼类的通道,对半洄游性鱼类和非洄游性鱼类也有很强的阻隔效应。已有研究表明,由于大坝的阻隔,完整的河流环境被分割成不同的片段,鱼类生境的片段化和破碎化将导致形成大小不同的异质种群,种群间基因不能交流,将使区域内原自然分布的种群受到不同程度的影响。随着金沙江中下游密集的多级开发的实施,原自然连通的河流将被连续的梯级阻隔,河流生境片段化严重。种群数量较大的种类被大坝阻隔在不同区段的群体间将出现遗传分化;种群数量较少的种类遗传多样性将逐步降低,危及物种生存,甚至导致种群灭绝的概率增加。

金沙江下游溪洛渡、向家坝电站已下闸蓄水,中游观音岩水电站正在开发建设,流雅砻江下游二滩电站已建成运营,桐子林、锦屏一、二级电站也在开发建设,金沙江中下游大大小小的支流,绝大多数已建有数量不等的电站。上述电站的建设已经阻隔了金沙江中下游干流、支流及干、支流间鱼类交流,乌东德大坝的建设将进一步加剧已有的不利影响。

对于坝下白鹤滩库区而言,白鹤滩库区回水与乌东德首尾衔接,乌东德大坝建设,隔断了白鹤滩库区与库尾以上流水江段鱼类迁移洄游,白鹤滩库区流水生境明显萎缩。阻隔于白鹤滩库区在流水生境繁殖适应开阔水域生活的鱼类,产卵生境仅依赖白鹤滩库尾流水河段和黑水河等支流及支流汇口,适宜繁殖生境大幅

度缩小，种群增长受到抑制；对流水生境依赖程度高，需要在流水生境完成整个生活史鱼类，仅存的库尾及支流流水生境，难以维持大的种群，可能在白鹤滩主库区逐渐消失；圆口铜鱼等较大型产漂流性卵的鱼类，白鹤滩库区已不具备产卵孵化的条件，缺少了上游种苗的补充，将在白鹤滩库区逐渐消失，只有中华金沙鳅等小型产漂流性卵的鱼类，可能在黑水河等支流繁殖，维持一定的种群；对适应缓流、静水开阔水域的鱼类，乌东德的阻隔影响相对较小。

阻隔于乌东德坝上的鱼类，适应缓流、静水开阔水域生活，需要在流水环境产粘沉性卵的，乌东德库尾至桐子林坝下保留了一定的流水河段，为其产卵繁殖提供了产卵繁殖条件，能够完成生活史，维持一定的种群；对流水生境依赖程度高，需要在流水生境完成整个生活史鱼类，由于流水生境萎缩，仅保留库尾、龙川江等支流河口少量生境，其种群数量将明显下降。对于圆口铜鱼等较大型产漂流性卵的鱼类，位于库区的皎平渡产卵场将消失，乌东德水库在洪限水位运行，达到 0.2m/s 漂流孵化流速的流程在 140km 左右，圆口铜鱼虽然孵化成活率明显下降，但仍有一定的成活率，为维持其种群保留了一定的条件。但随着观音岩电站的蓄水运行，加上二滩水库的调度，乌东德库尾水文过程会发生相应的变化，气体过饱和等水质变化也会明显影响该江段，该江段作为圆口铜鱼等产漂流性卵鱼类产卵场的功能会受到明显削弱，综合因素考虑，仅仅依靠乌东德库尾是否能够有效保护圆口铜鱼种质资源，仍存在不确定性。而对于金沙鳅等小型产漂流性卵的鱼类，产卵生境虽然明显萎缩，但其对产卵环境要求相对较低，维持一定种群是可能的。对于适应缓流、静水生境的鱼类，水库的形成为其提供了适宜的条件，其种群数量将会明显增长。

（2）生境变化对鱼类的影响

1）水文情势变化影响

乌东德水电站建成运行后，库区水位抬高，水深增加，水面积增加，水流变缓，河流的水动力学过程发生较大的变化。本江段位于高山峡谷地带，库尾河道狭窄，水深较浅，仍然保持流水江段的特征，特别是水库在 6~7 月份按照汛限水位运行时，库尾流水段会比较长，其水文情势的变化主要受观音岩电站泄水的影响。

乌东德水电站建成后，坝前会呈现水深、面阔，水流缓甚至是静水环境，风

生流和密度流的作用明显增强，呈现湖泊水动力学特征，为水库湖泊段，水库中间水域间于河流段和湖泊段，属于过渡段。

随着水文情势变化，库区鱼类种类组成将由“河流相”逐步向“湖泊相”演变。库区江段原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘等底质环境产粘沉性卵的鱼类，将逐渐移向干流库尾及支流雅砻江、勐果河、龙川江、尘河、鲹鱼河等流水江段，在库区的种群数量将急剧减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类，种群数量将上升，如鲤、鲫、鳊、棒花鱼、马口鱼、鲃等，有的可能会成为库区的优势物种。对于犁头鳅、中华金沙鳅、蛇鮈等小型产漂流性卵的鱼类，6~7月份按照汛限水位运行时，库尾江段流速较大，估计还有其繁殖的条件，但由于大坝阻隔了亲鱼上溯，产卵规模会缩小，受精卵过坝死亡率也会升高，产卵效率下降。水文情势的变化使流水生境依赖程度较高的一些长江上游特有鱼类，如鲈鲤、白甲鱼、四川裂腹鱼、岩原鲤、墨头鱼等，它们会由库区干流移向库尾及支流，库区内的种群数量和资源量会显著下降。

乌东德水库蓄水后，随着库区水体体积及水域面积增大，水生生物及鱼类栖息、活动空间也会增大，生物生产力提高，鱼类总资源量和渔获量均会升高。电站运行后，由于电站的调度，特别是调峰运行，库区水位变化会形成生物较贫乏的水库消落带，能够在库区形成较大种群的鱼类以产粘性卵的为主，鱼类繁殖期的水位变化会导致受精卵和仔幼鱼的搁浅死亡，对鱼类繁殖不利。坝下江段由于下级梯级回水直达坝址，泄水水量、流速、水位的变化影响的范围和程度有限。

2) 水质变化影响

乌东德水库蓄水后，将使库区内流速减小，水流挟沙能力降低，预测结果表明，建坝后库区总体水质稍优于建坝前水质。

乌东德库区点污染源中废污水量和污染负荷大都来自于工业污染源，大型工业城市攀枝花市位于乌东德库区库尾，90%以上的点源污染负荷来自干流库尾攀枝花段。乌东德建库后，水体流速减缓，不利于污染物迁移扩散，攀枝花江段近岸水域纳污能力将有所减小，在相同污染负荷条件下，近岸水域的污染可能会有所加重。

未来大量泥沙、悬浮物将在库区沉积，库区水体透明度增加，库区接纳总氮、总磷等营养要素的规模将显著加大，均有利于水体中藻类的生长，库区水生生物

组成及种群结构将发生相应改变，浮游植物、浮游动物现存量会显著增高，着生藻类及近岸区底栖生物现存量受水位涨落影响会相对贫乏，深水区底栖生物则鱼类的可利用率低。因而，库区鱼类的饵料基础将发生变化，有利于仔幼鱼的索饵和生长，会使浮游生物食性的鱼类种群数量增加，一些植食性鱼类如麦穗鱼、棒花鱼、鲤、鲫等可能会大量繁衍，鲢、鳙的苗种如果得到人工补充，也会形成较高产量；而以着生藻类、底栖生物等流水性饵料生物为食的鱼类，如裂腹鱼类、白甲鱼、岩原鲤等，库区的饵料基础条件将变差，种群数量缩小，会向库尾及支流迁移。

3) 水温变化影响

根据水温预测结果，乌东德水电站建成运行后，平水年年均下泄水温较现状水温偏低 0.2°C ，在升温期 3 月~5 月，下泄水温较现状水温平均降低了 1.7°C ，4 月份降低最多达 2.0°C 。下泄水温过程较现状水温过程有较为明显的延迟现象，延迟约 2 旬~3 旬。

下泄低水温可能会对坝下浮游动物群落产生不利影响，浮游动物生物量的变动可能会出现不规律的情况；另外，水温变化也会影响某些底栖动物生长繁殖，低温水会推迟这些动物繁殖。而浮游动物和底栖动物作为鱼类重要饵料，其数量变动也会给鱼类种群造成影响，在幼鱼开口期可能不能提供足够食物。由于有些鱼类是利用水温变化作为性腺发育的某种诱因，因此，当水库下泄冷水释放到下游时，将影响这些鱼类产卵时间及其后续生命过程。

乌东德坝下为白鹤滩库区，在白鹤滩库区的会东县新田等处存在产粘沉性卵鱼类产卵场，主要产卵种类为鲤、鲫、鲇、南方鲇、粗唇鲃、部分鲢科、鳊科、裂腹鱼亚科鱼类，繁殖期在 3~4 月份，水温在 15°C 左右。低温水可能造成其繁殖滞后、生长减缓。

4) 气体过饱和影响

气体过饱和主要是高坝泄洪导致的，采用过饱和 TDG 生成模型对乌东德电站不同泄流工况下的 TDG 饱和度进行预测。结果表明，乌东德电站由于泄洪水头高，流量大，各泄洪预测工况均出现总溶解气体过饱和现象，且过饱和度与泄洪方式和流量相关。其中，在泄洪洞（出库流量 $17893\text{m}^3/\text{s}$ ）单泄下水体 TDG 饱和度最高，达到 149.6%，在考虑发电尾水掺混影响后，TDG 饱和度降至 127.9%；

中孔泄洪时，坝下 TDG 饱和度较泄洪洞泄洪和表孔泄洪低，为 144.8%，尾水掺混后为 124.7%；表孔单泄（ $Q=14734\text{m}^3/\text{s}$ ）和中孔单泄（ $Q=16616\text{m}^3/\text{s}$ ）以及泄洪洞单泄（ $Q=17064\text{m}^3/\text{s}$ ）时，过饱和溶解气体输移释放至岷江汇口前饱和度分别为 106.4%，107.2%，109.4%。

金沙江下游乌东德、白鹤滩、溪洛渡和向家坝四个梯级电站建成后，由于电站泄水持续时间较短，梯级联合调度将进一步降低乌东德电站的泄洪几率和单次泄洪持续时间。因此，从泄洪几率角度分析，梯级建成后发生 TDG 过饱和几率较梯级建成前减小，持续时间缩短。

鱼类对气体过饱和的耐受程度与水深密切相关。研究表明，鱼类具有对气体过饱和的探知和躲避能力。自然条件下，鱼类能够通过探知气体过饱和来选择适宜深度生存，从而减少气泡病的发生。这一深度即为补偿深度。对于 TDG 过饱和水体，在水深大于鱼类补偿深度要求条件下，如果鱼类潜入到补偿深度以下的水域内生活，就可以躲避总溶解气体过饱和影响。例如，对于溶解气体饱和度为 110%的水体，补偿深度为 1.0m，如果水体水深大于 1.0m，则鱼将可以躲避至 1.0m 以下的水中继续生活，而免受过饱和气体的影响。如果水体水深不足 1.0m，则鱼将无法躲避过饱和气体的影响。

根据乌东德电站几种泄洪工况下 TDG 饱和度预测结果推算，鱼类补偿深度要求在 5m 以内。根据坝下游河道大断面测量资料分析，各泄水流量下的下游河道平均水深均能满足鱼类补偿深度要求。因此，乌东德电站下游河道可以为鱼类提供在补偿深度以下的生存空间，只要鱼类在这一区域内生活，即可以避开 TDG 过饱和的影响。但对于仅适宜在表层水中生活的鱼类，不一定能适应深水中流速、水温、底质等其它生境要素，对其生境将产生一定影响。

仔幼鱼由于运动能力较弱，躲避不利环境的能力较差，极易受到环境因子变化的影响。白鹤滩水库下泄的水体气体过饱和，对仔幼鱼易产生气泡病，应采取措施减少水体气体过饱和。

根据乌东德水电站泄洪特性及时间，泄洪可能发生在 7 月、8 月、9 月中下旬和 10 月中上旬的部分时间。结合乌东德水电站水生生态调查成果，乌东德水电站评价范围内重要珍稀保护及特有鱼类产卵主要在 3~7 月期间，乌东德电站

泄洪时期不在这些鱼类的主要产卵期，因此泄洪产生的溶解气体过饱和对仔幼鱼的影响有限。

（3）重要生境变化影响

1）对产卵场的影响

①对产漂流性卵鱼类产卵场的影响

随着金沙江中下游梯级开发，水生生境由急流流态变成静态或缓流态，使现有产卵场生境发生变化，库区现有的较平渡产漂流性卵鱼类产卵场由于生境的改变而消失，在此产卵的鱼类将上溯至库尾及支流，在库尾河流态的生境条件下形成新的产卵场。但由于流水江段萎缩，达到鱼卵漂流孵化流速的流程有限，其孵化成活率会明显降低。

②对产粘沉性卵鱼类产卵场的影响

乌东德水电站建成后，将对库区鲮鱼河、尘河汇口、元谋江边乡等粘沉性产卵场产生淹没影响，库区江段原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘等底质环境产粘沉性卵的鱼类的产卵场，将逐渐移向干流库尾或支流进行繁殖发育。乌东德库尾江段仍保留一定的流速，估计在库尾流速相对较大、水位抬高较少的砾石滩，仍可能会成为产粘沉性卵鱼类的产卵场。但由于这些鱼类的繁殖多在 3~4 月份，此期来水量较小，产卵场规模会较为有限。另一方面，库区的形成，库岸线的增加，喜静水产粘性卵鱼类如鲤、鲫以及喜流水产微粘性卵的如鲃亚科、鲴亚科的鱼类的产卵环境将优化，资源量将急剧增加，成为库区鱼类优势种群。

2）对索饵场和越冬场的影响

水库建成后，库区水流变缓，透明度升高，营养物质滞留，水体营养负荷增加，浮游生物会增加。由于绝大多数鱼类仔幼鱼食物为浮游动物，水库的形成成为仔幼鱼的索饵、肥育创造了良好条件，库区将成为良好的鱼类育幼场所。同时，库区也为缓流或静水性鱼类索饵肥育提供了宽阔的空间。但库区的饵料资源种类组成由河流相向湖泊相演变，流水性鱼类索饵肥育场功能相应萎缩。主河道的深潭是鱼类进行越冬的场所，因此，水库蓄水后，库区水位上升，鱼类的越冬场所将有所增加。

（4）饵料基础变化影响

随着库区水面变宽，水流变缓，营养物质滞留，透明度升高，有利于浮游生

物的繁衍，浮游藻类、浮游动物和生物量均会明显增加，生产力提高；库区虽然岸线增长，但受水位涨落影响，沿岸带着生藻类和底栖动物贫乏，库区深水区的底栖动物种类组成会发生变化，适宜缓流或静水和耐低氧的寡毛类、摇蚊幼虫等虽然生物量会增高，但深水区的底栖动物被鱼类利用率低。综合分析，库区鱼类的饵料生物基础从原江河急流生境的以底栖动物、着生藻类为主，会演变为以浮游动、植物为主，有利于仔幼鱼的生长发育和浮游生物食性的缓流或静水性鱼类的生长、繁衍。特别是蓄水初期，由于这些鱼类性成熟时间短，繁殖快，其种群会急剧增大。随着蓄水时间的延长，一些肉食性为主的鱼类种群会得到成长，将缓慢达到种群控制的相对平衡。对于鲢、鳙等滤食性鱼类，虽然库区提供了丰富的饵料生物资源，但由于库区不具备其繁殖条件，如不采取人工放养的方式，其种群不可能得到发展。而由于库区饵料生物资源种群结构的变化，以流水性饵料生物资源为基础的鱼类，如短须裂腹鱼、鲈鲤、白甲鱼、四川裂腹鱼、墨头鱼、岩原鲤等，其索饵空间将大幅度萎缩，种群数量也会相应缩小。

（5）对鱼类组成及多样性影响

工程建成并运行后，鱼类物种多样性也应会发生比较大的变化。区域内原适于急流生活、产漂流性卵的鱼类，如原来在干流占据主要地位的圆口铜鱼、长鳍吻鲈、长薄鳅、金沙鳅等，在没有人工干预情况下，可能退出本江段；（鱼央）类、鲃类等的种群数量也将明显减少。而适于缓流生活的鱼类会逐渐取代原来自然河流里的鱼类，特别是一些能够在水库开阔水面缓流、静水环境或库尾、支流短距离流水河段产粘沉性卵的鱼类（如鲤、鲫、鳊鲂类，以及一些外来种如鲂、鳊等），可在库区繁衍，并可能逐渐形成优势种群。

水库形成后，水体环境将发生显著改变，人为形成新的环境，为本来难以自然分布于这一地区的外来物种创造可能的成功入侵机会。如罗非鱼、斑点叉尾鲷、云斑鲷、银鱼等在调查中已有发现，新的水库环境形成后，将更有利于这些鱼类的生存，它们可能会通过多种生态机制排挤土著种，对当地原生种多样性和生态环境造成不利影响。根据中科院动物所 2014 年 7~8 月开展的现场调查，在一些已成库的库区（如向家坝、溪洛渡等）银鱼已经成为库区内的主要渔获物，可占到库区渔获物的 80%~90%，适应静水表层生活的餐条鱼的数量也很大，而原有的适应急流环境的鱼类数量急剧下降。

库区形成后新的环境可能导致鱼类物种多样性的降低。以二滩水库为例，二滩水库建成 5 年后的调查表明，库尾河段、库区、库区下游河段及支流鲢鱼河的鱼类物种数均呈下降趋势，分别由 27、38、50 和 39 种下降为 18、14、32 和 15 种。

形成河道型水库后，逐渐繁育兴盛起来的鱼类几乎都是常见的分布较为广泛的种类（还会包括一些外来物种），而一些地区性的特有鱼类有可能会逐渐消失，它们通常分布区相对狭窄，对环境的要求比较苛刻。对二滩水库的调查也表明，水库建成后不同区段鱼类种类结构发生了变化，喜栖静水和缓流环境的种类逐渐在库区占主导地位，适应急流环境的种类主要分布于库尾和支流等局部水域中，一些外来种已经定居并在某些水域形成了优势种群。

在考虑到水产引种的情况下，未来水库生态系统稳定后，鱼类的物种数也许变幅不大，但组成成分较原区系成分可能会有很大不同，特有性可能会大大降低。

（6）对渔业资源的影响

大坝建成后形成河道型水库，原江段水域面积将大幅度提高到 127.16km²，是现有面积的 2.5 倍。更为重要的，是库区水域水流变缓，沉积物增加，透明度升高，营养物质滞留，这些条件有利于浮游生物的繁衍，浮游生物的种类和数量均会有所增加，有利于仔幼鱼和喜缓流或静水生活鱼类的生长繁衍，库区鱼类资源总产量和渔业产量均会升高。通常，水库型水体的生产力要远大于河流型环境，水库形成后，库岸系数增大，周丛生物、底栖生物和水生维管束植物繁衍的空间增大，资源量会有所增加，可以为更高一级营养者提供更丰富的食物，因此渔业产量从总量上讲较之以前应会有较明显的提升。

从渔业对象的直接市场价值来看，目前渔获物以野生鱼类为主，圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅、大口鲶、白缘（鱼央）、鲢等都有很高的商品价值，但是天然产量有限。河道型水库形成后，以鲤、鲫、草鱼、鲢、鳙、红鲂类、鲇类，甚至包括斑点叉尾鮰等外来物种为代表的湖泊型鱼类将有可能逐渐成为渔业生产的主体，虽然这些种类可能产量大，但是商品价格相对较低，因此，渔业对象的品质整体上会有所下降，地方特有高价值鱼类会逐渐减少。以二滩水库为例，原产主要经济鱼类已经减少约 50%，原来产量颇丰的圆口铜鱼、白甲鱼等已不能形成经济产量，目前经济鱼类中占主要地位的是鲤、鲫、鲢、鳙、南方大口鲶等。

（7）对珍稀特有鱼类影响

1) 对国家重点保护鱼类的影响

①流域分布情况

金沙江下游干流河段分布有白鲟、达氏鲟、胭脂鱼等 3 种国家珍稀保护的鱼类，其中白鲟已多年未见，资源濒临枯竭，其产卵场主要位于重庆以上长江上游和屏山以下的金沙江下游；达氏鲟虽然偶有捕获，但资源也较为稀少，其产卵场也主要分布在长江上游和屏山以下的金沙江下游；胭脂鱼产卵场的分布相对较为广泛，屏山以下的金沙江下游也是其产卵场分布的主要河段之一。目前溪洛渡和向家坝均已蓄水发电，2 座电站的建设使其在金沙江下游所处河段形成首尾衔接的库区，原有的产卵河段被淹没。乌东德库区河段没有白鲟、达氏鲟和胭脂鱼分布。

②影响分析

乌东德库区河段没有白鲟、达氏鲟和胭脂鱼分布，工程建设不会对 3 种鱼类产生直接影响，但金沙江下游梯级电站建设对河段水温产生一定的累积效应，可能对鱼类繁殖、索饵产生一定影响，同时，梯级电站联合运行泄洪产生过饱和气体对鱼类也会产生一定的影响，以下根据金沙江下游梯级电站建成运行后，根据向家坝下游河段水温变化、泄洪产生过饱和气体等方面进行分析。

A、水温累积影响

天然情况下，向家坝坝址处水温在 3 月上旬~下旬达到 16°C ，3 月下旬至 4 月中旬达到 18°C 。金沙江下游梯级电站建成后，3~5 月向家坝下泄水温为 15.6°C 、 15.7°C 、 17.2°C ，较天然水温降低 0.3°C 、 3.6°C 、 4.2°C 。向家坝下泄水温在 4 月下旬达到 16°C ，5 月下旬能达 18°C ，较坝址天然过程延迟仍有近 4 旬。乌东德水电站单层取水时下泄水温达到 18°C 的时间比现状水温过程有所延迟，平均延迟约 2 旬~3 旬，但经白鹤滩、溪洛渡、向家坝梯级的调节，乌东德电站的运行对向家坝坝下水温延迟贡献较小。

B、气体过饱和影响

乌东德水电站泄洪洞单独泄洪情况下，乌东德坝下生成的过饱和 TDG 至下游向家坝坝址断面降至 113.3%，至岷江汇口前 TDG 饱和度为 109.4%。但在金沙江下游梯级联合泄洪条件下，向家坝坝下 TDG 最大值达 139.7%，岷江汇入

口断面的饱和度最大 135.0%，可见联合泄洪运行将产生一定的累积影响。

C、保护鱼类生物学特性

白鲟 *Psephurus gladius* 隶属于鲟形目匙吻鲟科，又称作中华匙吻鲟，是中国最大的淡水鱼类。体长梭形，上下颌均具尖细的齿，吻长剑状，其长为眼后头长的 1.5~1.8 倍，吻部由前到后逐渐变宽，前端钝尖，狭而平扁，基部肥厚。体无骨板状大硬鳞，仅在尾鳍上缘有一列棘状鳞，背部浅紫灰色、腹部及各鳍略呈白粉色。成鱼和幼鱼均以鱼类为主食，亦食少量的虾、蟹等动物。白鲟为半溯河洄游性鱼类，栖息于长江干流的中下游，也可在河口咸淡水水域成活，偶亦进入沿江大型湖泊中，大的个体多栖息于干流的深水河槽，幼鱼则常到支流、港口、甚至长江口的半咸水区觅食。初次性成熟年龄为 7~8 龄，生殖季约在 3~4 月，产卵水温一般在 15℃~18℃。产卵场所在长江上游重庆以上，水流较急流速约 0.49m/s、水深 10m 以内、底质多为岩石或鹅卵石的河段，比较集中的产卵场在江安县附近的长江河段和四川宜宾柏树溪附近的金沙江河段。

达氏鲟 *Acipenser dabryanus* 隶属于鲟形目鲟科，达氏鲟是一种淡水定居性鱼类。体长呈梭形，吻较短，口下位，横裂，唇具小乳突，吻腹面具须 2 对，鳃盖膜与鳃峡相连，左右鳃孔分离。体被 5 行骨板状硬鳞，鳞间表皮粗糙，尾歪形。常在江河中下层活动，在长江的湖北长沙市以上至金沙江下游较习见，亦进入大型湖泊，尤喜栖息于流速较缓、富腐植质和底栖生物的沙质底或卵石碛坝的河湾或深沱中。食性以底栖无脊椎动物为主，也食水生植物、藻类和腐植质等。生殖群体雄性 4~7 龄、雌性 5~8 龄达性成熟，产卵季节在 3~4 月，产卵水温一般在 15℃~18℃。性成熟个体在繁殖季节上溯至上游、江河主河道产卵，卵为沉性和粘着性。卵粘着在产卵场的石砾滩底发育。

胭脂鱼 *Myxocyprinus asiaticus* 隶属于鲤形目吸口鲤科，又名黄排、血排、粉排、火烧鳊、红鱼、中国帆鳍吸鱼等。体侧扁，背部在背鳍起点处特别隆起。头短，吻圆钝。腹部平直。鳍条 50 根以上，基部延长至臀鳍基部后上方。鳞大呈圆形，侧线完全。胭脂鱼喜好在水体中部和底部活动，摄食频繁，属杂食动物。一般 6 龄可达性成熟，每年 2 月中旬（雨水节前后），性腺接近成熟的亲鱼均要上溯到上游，于 3~5 月在金沙江、岷江、嘉陵江急流中繁殖，产卵水温一般在 15℃~20℃。

D、影响分析

白鲟、达氏鲟、胭脂鱼等 3 种鱼类的主要产卵场位于向家坝库区河段和长江上游，主要受溪洛渡和向家坝运行影响，乌东德库区河段没有白鲟、达氏鲟和胭脂鱼分布，工程建设不会对 3 种鱼类产生直接影响。

金沙江下游梯级电站建设对河流水温产生一定的累积效应，4 月水温较天然状况偏低，导致幼鱼生长期缩短和饵料生物的生物量减少，可能推迟鱼类的繁殖时间，对白鲟、达氏鲟和胭脂鱼繁殖、索饵产生一定影响，但水温变化仍在白鲟、达氏鲟和胭脂鱼繁殖产卵所需水温范围内。

TDG 过饱和可能导致鱼类患气泡病并引起死亡，不同鱼类甚至同一种鱼类在不同生活史阶段对过饱和气体的耐受性并不相同，对仔幼鱼的影响相对较大。根据乌东德水电站泄洪特性及时间，泄洪可能发生在 7 月~9 月，主要集中在八月。白鲟、达氏鲟繁殖产卵时间一般为 3~4 月，胭脂鱼繁殖产卵时间一般为 3~5 月，乌东德电站泄洪不在这些鱼类的主要产卵期，对其影响有限。目前，金沙江干流中游河段的水电梯级开发工作正在进行中，乌东德坝址上游、金沙江最大的支流雅砻江上，已建成具有不完全年调节性能的二滩水库，正在建具有年调节性能的锦屏一级电站，以及正在开展可研工作的两河口电站，建成后将使得乌东德水电站的泄洪几率和泄洪流量进一步减少。

过饱和气体对鱼类的影响受鱼类生物学特性、河段水文条件等方面综合影响，梯级建成后需加强跟踪监测，并开展梯级电站气体过饱和对鱼类的影响研究，根据后期观测和研究，优化梯级电站运行调度方式。

2) 对列入《红皮书》或《红色名录》鱼类的影响

西昌白鱼指名亚种在《中国物种红色名录》中被列为灭绝，其产地云南富民螳螂川受乌东德水电站影响也十分有限。中臀拟鲢仅分布于普渡河水系禄劝县、富民县到滇池，受乌东德水电站直接影响有限。另外中华鲟主要分布于金沙江上游和嘉陵江上游，调查区域非其主要分布区，因而仅受到乌东德电站建设的一定影响。

鲈鲤、短须裂腹鱼、岩原鲤、白缘（鱼央）在乌东德库区的种群数量会显著减少。

长薄鳅为产漂流性卵的种类，未来库区急流环境的改变，可能会造成长薄鳅退出这一江段。

昆明裂腹鱼分布区较分散，窑滩间吸鳅分布在支流的数量本身已很稀少，这两种鱼类的未来种群发展趋势，还有待观察。

3) 对特有鱼类的影响

金沙江下游共分布有长江上游特有鱼类 56 种，评价区内有长江上游特有鱼类 33 种，占全部土著鱼类的 49%。

除了上述已经分析的种类之外，这些特有鱼类受乌东德水电站的影响大致可分为以下几类。

① 受到有限影响

有些种类，其分布区主要在支流，受到的致危因素主要是环境污染、渔业捕捞等，受到乌东德水电站工程的直接影响有限。这样的种类包括寻甸白鱼、短臀白鱼、原鲮、黑斑云南鳅、四川云南鳅、四川爬岩鳅、西昌华吸鳅、长尾后平鳅等。还有些种类，其分布区不以调查区域为主，乌东德水电站建设对其种群的影响不严重，例如张氏鱼餐、长身鲮、四川华吸鳅、长吻鲮等。

② 种群显著下降

一些适应急流生活的种类，则在乌东德水电站的建设及运行后，在库区江段的种群数量会显著减少，并会逐渐集中至库尾、库区支流和坝下江段，栖息空间显著缩小，种群数量下降，包括四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、裸体异鰮鳅、中华金沙鳅、西昌华吸鳅、宽体中华沙鳅、前臀鲃等。对于圆口铜鱼、长鳍吻鲈、长薄鳅等体型中大的产漂流性卵的鱼类，需要一定的流速、流程以维持受精卵顺水漂流孵化，流速太低则孵化的鱼卵沉入水底，成活率会很低，漂流性卵的顺利孵化，还需要有一定的流程。这些鱼类在金沙江下游河段的分布将急剧减少。

③ 种群可能扩张

有些种类适应缓流生境，水电站建成后，种群规模推测有可能扩张，例如半鱼餐、短须颌须鲈、钝吻棒花鱼。

5.3.2.4 对重要特征鱼类圆口铜鱼的影响

圆口铜鱼 *Coreius guichenoti* 隶属于鲤形目 Cypriniformes 鲤科 Cyprinidae 鲃亚科 Gobioninae，该属为我国所特有，已知包括 3 种。圆口铜鱼俗称胡子鱼、水

密子、方头、肥沱、麻花鱼、水鼻子、圆口等，是一种主要分布在长江上游、金沙江中下游以及支流雅砻江的长江上游特有鱼类，也是评价区重要经济鱼类。



(1) 生物学特性

1) 食性

圆口铜鱼的食物种类包括软体贝类(淡水壳菜和螺类)、甲壳类(虾和蟹类)、鱼类、水生昆虫成虫或幼虫(石蚕、石蝇、春蜓)、寡毛类(水蚯蚓)、植物碎片(如白菜叶、辣椒片、花生壳和谷壳等)。总体而言，圆口铜鱼的食谱较广，其食物中既有动物性成分也有植物性成分，但以动物性成分的比例为高，故此认为圆口铜鱼是以肉食性为主的杂食性鱼类，其食物组成随季节有一定的变化。

2) 年龄与生长

已有研究显示，圆口铜鱼渔获物主要由1~7龄个体组成，其中优势年龄组为1~3龄，4~7龄鱼所占比重不足1/4，反映出目前高龄鱼数量所占比重偏少，达到繁殖年龄段的个体不足，也反映出捕捞压力的持续增加。圆口铜鱼体长生长3龄前为快速期，之后生长减缓。

3) 繁殖与早期发育

圆口铜鱼雌性成熟时体长345~530mm，最小性成熟体长345mm，体重575g；雄性成熟时体长在330~400mm，最小性成熟体长330mm，体重540g。性成熟年龄2~3龄，金沙江朵美地区一般成熟较早，多为2龄，屏山地区则有2龄或3龄成熟的。

雌鱼怀卵量在13000~40300粒，相对怀卵量为12.2~46.0粒，成熟卵径1.8~2.5mm，吸水后卵膜径5.1~7.8mm，卵膜较厚。水温在22~24℃时，受精卵约需50-55小时孵出仔鱼。出膜时胚胎全长为6.2mm，肛门未贯通，肌节50对，卵黄囊很大，呈圆球形，居维氏管和尾下静脉不明显。全长7.0mm时，出现胸

鳍原基。全长 8.7mm，出现鳔雏形。全长 9.0mm 时，鳔 1 室，存在卵黄囊残余。全长 9.8mm 时，鳔前室出现，卵黄吸尽，可开口取食，进入仔鱼期。全长 15.1mm 时，腹鳍形成，颌须出现，进入稚鱼期。全长 47.8mm 时，进入幼鱼期。

4) 繁殖与洄游习性

圆口铜鱼喜流水，游泳能力强，常见渔民用流刺网在江心急流河道捕捞该鱼。也有报道成鱼喜生活在干流急流洄水深沱中，喜集群，平时喜在流水河滩处觅食。产卵期在 4 月下旬至 7 月上旬，产卵场通常水流湍急，流态复杂。产漂流性卵（其性质介于浮性卵和沉性卵之间），受精卵比重略大于水，卵膜吸水后膨胀，在水流的外力作用下，悬浮在水层中顺水漂流，漂流过程中，受精卵逐步发育孵出仔鱼。孵化出的早期仔鱼，仍然要顺水漂流，直至仔鱼具有游泳能力，在浅水或缓流处停留。这种繁殖对策既可以避免被捕食者吞食的危险，也可为即将孵出的仔鱼提供更为广阔的育幼场所，提高其饵料的保障程度。

产卵场与仔稚鱼索饵场间的距离较远，为完成生活史，需要进行较长距离的洄游。产卵场通常位于水流湍急的宽谷河段，繁殖期性成熟的亲鱼沿江上溯，到达产卵场后，遇水文条件合适即开始繁殖。受精卵随水向下漂流，并在漂流过程中逐渐完成胚胎发育过程。孵出的仔鱼往往散布在下游较为广阔、饵料相对较多的河段。仔鱼成长发育成熟后，再上溯完成新一轮繁殖过程。

（2）圆口铜鱼分布

1) 物种分布范围

从干流分布来看，圆口铜鱼主要分布区在宜昌以上，中科院动物所于 2012 年在金沙江云南丽江树底江段（金安桥大坝以上）采集到体长不足 10cm 的幼鱼，这应该是目前圆口铜鱼有确切记录的最上分布记录。宜昌以上江段大小个体均有分布的，宜昌以下分布记录最下可达武昌。根据对各相关单位馆藏标本的检视及历次实地调查显示，宜昌以下分布的基本上为 200~300g 及其以下的幼鱼。

就支流分布来看，雅砻江、沱江、岷江、赤水河、嘉陵江、乌江，甚至汉江等均有其分布报道。对中国科学院水生生物研究所、陕西省动物研究所等单位的馆藏标本检视，未发现汉江采集记录。依资料和实地调查，雅砻江下游向上很长一段江段有圆口铜鱼分布并有自然繁殖种群；赤水河未见有合江先市镇以上分布信息；其它如沱江、岷江、嘉陵江等，分析相关研究报道可间接看出，圆口铜

鱼仅会在短时间内少量出现在这些河流很下游近汇入长江的汇口处。

上述调查分析反映出，圆口铜鱼应为典型的适应长江中上游并以上游为主的干流急流生活的鱼类。



图 5.3-4 圆口铜鱼的分布

（红色示性成熟个体主要分布区，绿色示仔稚鱼的主要分布区）

圆口铜鱼大致分布范围统计见下表。

表 5.3-11 圆口铜鱼主要分布范围

江段或支流	主要分布范围	数据来源
金沙江及长江中上游干流	树底（虎跳峡以下）——沙市（成熟个体主要在屏山以上）	野外实地调查、《云南鱼类志》、《四川鱼类志》、《四川两种铜鱼的调查报告》等
雅砻江	冕宁和爱藏族乡——攀枝花	野外实地调查、文献
岷江	乐山（极少）——宜宾	《四川鱼类志》
嘉陵江	南充（极少）——重庆	《四川鱼类志》、《嘉陵江水系鱼类资源调查报告》
乌江	思南——涪陵	《四川鱼类志》、《中国鲤科鱼类志（下卷）》

2) 产卵场分布

①2000 年以前的历史记录

圆口铜鱼的产卵场分布在金沙江，屏山以上至朵美附近均有记录。主要产卵场如拉鲊附近老鸦滩、屏山沿江的二龙到冒水一带全长约 30km 的江段（干田坝、

甘溪坝、石灰窑、邓鸡塘)。

②近年通过早期鱼类监测显示的产卵场

2006–2007 年，水工程生态研究所、水生生物研究所等在攀枝花、巧家和水富等多处设置了固定采样监测点，进行了鱼类早期资源监测；水工程生态研究所于 2008 年在中江街至攀枝花江段、巧家和水富等进行连续监测，2011 年又在金阳县对坪镇观测点进行鱼类早期资源跟踪监测。根据捕获的受精卵或幼苗发育阶段进行推算，得出圆口铜鱼产卵场的推测结果。

圆口铜鱼产卵场主要有金安桥丽江市涛源乡至金安桥)、观音岩（华坪县江边至观音岩）、皎平渡（四川省会理县通安镇至云南省禄劝县皎西乡）等产卵场，新市镇至向家坝江段只有零星分布；2006 年的监测显示，溪洛渡以上江段产卵比例占 95.33%。

表 5.3-12 金沙江中、下游圆口铜鱼产卵场

序号	名称	范围	江段长度 (km)
1	金安桥	丽江市涛源乡——金江白族乡	30
2	朵美	朵美乡——涛源乡	15
3	观音岩	华坪县江边——观音岩	27
4	皎平渡	会理县通安镇——禄劝县皎西乡	20.5
5	会东*	会东县新田乡——龙树乡	12
6	溪洛渡	雷波县曲依乡——溪洛渡	20
7	新市镇	南岸咀——新市镇	12
8	屏山	屏山——新滩	14
9	向家坝	向家坝——云富镇	5

注：会东产卵场 2007 年监测圆口铜鱼卵粒占白鹤滩采样断面的 2.32%，2008 年监测显示无。

同历史记录相比，圆口铜鱼的产卵场有较大的变化。历史上，圆口铜鱼的产卵场主要分布在金沙江四川省屏山县以上至云南省鹤庆县朵美之间的江段，而在屏山以下的长江江段无圆口铜鱼产卵场分布。监测结果表明，在屏山以下及溪洛渡都有规模不大的产场存在。另外，在溪洛渡截留前后，圆口铜鱼规模最大的产场向上移动了约 200km。2007 至 2010 年间，在鲁地拉大坝（位于皮厂与金安街之间）上游，离鲁地拉大坝坝址较远的金安桥、朵美的圆口铜鱼产卵场位置没有发生变化，是比较稳定的产场。圆口铜鱼在金沙江中游的产卵场在维系种群延续中有重要的意义。

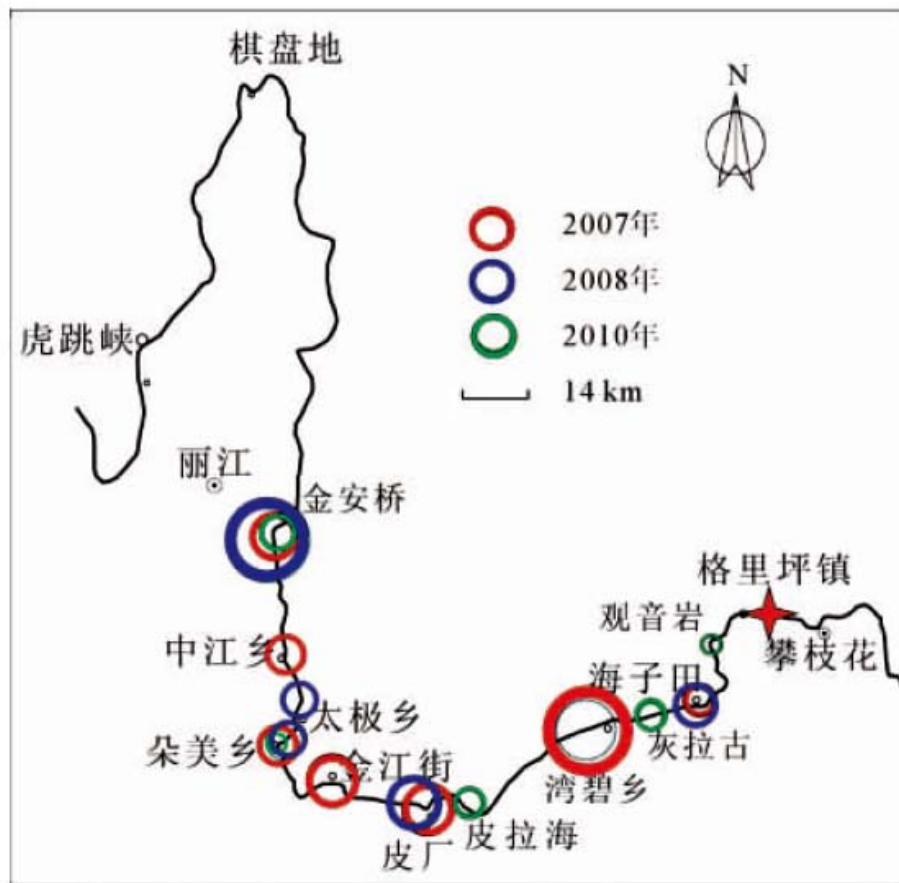


图 5.3-5 金沙江中游圆口铜鱼产卵场示意图

对雅砻江圆口铜鱼早期资源调查研究表明，在二滩水库形成前，雅砻江圆口铜鱼产卵场主要位于红壁滩（二滩大坝以上 15km 处）及其附近江段，二滩水库形成后，原有的产卵场被淹没，2007 年现场监测其产卵场已上移至金河乡至和爱藏族乡之间，规模最大的产卵场位于距二滩大坝以上约 165km 处（官地水电站附近），其它产卵场分别位于二滩大坝以上 197km、221km 和 273km 处。



图 5.3-6 雅砻江下游圆口铜鱼产卵场分布

(3) 资源现状

1) 金沙江圆口铜鱼的资源现状

根据水工程生态所鱼类早期资源现状监测成果，2006 年在水富进行的圆口铜鱼早期资源观察，估算受精卵的规模为 118711.17 万粒。据此推算，当年水富以上参与繁殖的圆口铜鱼亲鱼（雌雄）规模应该在 8 万尾左右。而 2008 年同一地点的数据显示，估算受精卵的规模为 42357.73 万粒，参与繁殖的亲鱼数量已经不到 1.5 万尾，3 年间下降了 80% 以上；日均产卵规模也从估算的约 3000 万粒，下降到 850 万粒。另外，从中科院动物所 2014 年 8 月的调查来看，溪洛渡截流后，向家坝、溪洛渡两个库区内的主要渔获物为银鱼，其次为餐条鱼、大口鲶、鲤、鲫、花鲢、白鲢、黄颡鱼等。在中科院动物所 2008 年前后的调查中，巧家江段还能经常见到圆口铜鱼 500g 及其以上的个体，2014 年的调查已极为少见，多为 100~200g 的个体。

金沙江中游圆口铜鱼资源显示出相似的趋势。例如，2006 年到 2010 年，金

沙江中游圆口铜鱼早期资源量呈明显下降的趋势，2010 年的卵苗总量相比 2006 年下降了 94.1%。

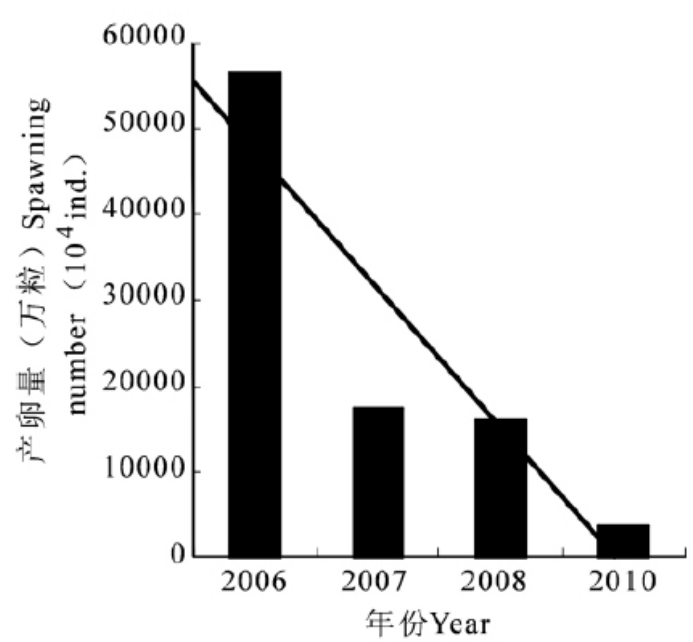


图 5.3-7 2006~2010 年间金沙江中游圆口铜鱼早期资源量对比

2) 乌东德库区圆口铜鱼的资源现状

根据对当地渔民的走访调查，圆口铜鱼种群自 30 年前开始持续快速下降，10 年前仍还有一定数量，也能见到圆口铜鱼在江心摆仔的情况。由于长年对圆口铜鱼越来越大的捕捞压力，评价区内圆口铜鱼的种群数量一直维持在一个较低的水平。中科院动物所多年在圆口铜鱼繁殖期间的 5~7 月，对攀枝花的金江、拉鲊-鱼鲊、元谋的江边、禄劝的皎平渡、巧家及其以上江段等多处进行过调查和性成熟亲鱼样品采集。收集到的全部标本，最大的 325mm 体长，没有发现达到性成熟的个体。另据对地方渔民、沿江多家餐馆等的直接调查询问，目前区域内大个体的圆口铜鱼十分稀少，鲜见怀卵要产仔的成熟个体。这些调查结果显示，评价区内圆口铜鱼资源极为有限，未发现有规模种群特别是性成熟种群。

(4) 致危原因分析

1) 流水环境的改变

圆口铜鱼是适应急流生活的鱼类，这是在长时间演化与适应过程中逐步固定下来的生物学特性，表现在食性、运动、产卵、孵化等各个方面。金沙江中下游连续的水电梯级开发，将在短时间内大规模改变金沙江干流的形态，未来将形成连续的河道型水库，原来的急流水环境将逐步被缓流或静水所替代，适宜圆口铜

鱼生活的生境将会大面积萎缩。这是威胁圆口铜鱼生存的最主要原因。

多年来的调查研究表明，圆口铜鱼在金沙江的产卵场主要以中游为主。随着金安桥、龙开口、鲁地拉、观音岩等水电站的相继建设并投入运营，已知的金沙江中游圆口铜鱼的产卵场已被或正在被淹没。可以预期，未来圆口铜鱼的种群规模将会加速萎缩。

2) 大坝的阻隔作用

大坝产生的阻隔，阻断了圆口铜鱼自然繁殖洄游的路线。一方面，使得在金沙江下游下段或更下育肥成长的个体难以回到金沙江中、下游产卵场；另一方面，电站大坝水轮机和巨大的下泄跌水也成为存留在坝上完成繁殖的亲鱼、受精卵以及孵化后幼鱼下行的巨大屏障。此外，对于梯级水电开发工程，原先生活在连续生态系统中的圆口铜鱼，在生境岛屿化后分离种群间得不到交流，种群的遗传多样性会降低。例如，对宜宾江段分布的圆口铜鱼遗传多样性的研究表明，在 9 个微卫星多态位点中共检测到 48 个等位基因，有 2 个位点属中度多态，其余 7 个位点均属于高度多态，平均观测杂合度为 0.753，平均期望杂合度为 0.728，表明该群体的遗传多样性较为丰富。未来金沙江下游被层层水坝阻隔，坝上和坝下不同种群遗传多样性会由于缺乏有效交流而明显下降。对于圆口铜鱼种群遗传多样性的研究表明，虽然圆口铜鱼表现出较高的遗传多样性水平，但还没有出现种群遗传分化，目前长江圆口铜鱼仍可视为同一种群，但受到已建大坝的影响，已经体现出种群裂化的趋势。

3) 酷渔滥捕

酷渔滥捕是导致圆口铜鱼种群数量急剧下降的主要原因。历史上，圆口铜鱼曾是长江上游包括金沙江中、下游重要的经济鱼类之一，一些地方产量甚至曾占渔获物 30%。然而，随着捕捞工具和技术水平的提高、机动渔船广泛应用，圆口铜鱼资源受到不断提高的捕捞压力的严重威胁，种群数量迅速下降，在金沙江大规模水电开发开始之前的本世纪初，圆口铜鱼种群数量就已经下降到了一个很低水平，圆口铜鱼开发率和捕捞死亡系数均远远大于其最大允许开发率和捕捞标准，圆口铜鱼资源已经处于严重过度捕捞的情况。

表 5.3-13 重庆-合江段 1998-2007 圆口铜鱼死亡率和开发率统计

年度	总死亡率	捕捞死亡系数	捕捞死亡率	自然死亡率	开发率	采集地点

年度	总死亡率	捕捞死亡系数	捕捞死亡率	自然死亡率	开发率	采集地点
1998	0.61	0.67	0.44	0.18	0.71	合江江段
1999	0.83	1.48	0.70	0.13	0.84	
2000	0.75	1.12	0.61	0.15	0.80	
2001	0.76	1.15	0.61	0.15	0.81	
2002	0.77	1.21	0.63	0.14	0.82	
2003	0.78	1.25	0.64	0.14	0.82	
2004	0.85	1.62	0.73	0.12	0.85	
2005	0.54	0.49	0.34	0.19	0.64	
2006	0.82	1.44	0.69	0.13	0.84	重庆江段
2007	0.92	2.28	0.82	0.10	0.89	

(5) 乌东德水电站工程建设的影响

金沙江中下游是圆口铜鱼的主要繁殖场所，目前，金沙江中游金安桥、龙开口、鲁地拉均已蓄水或发电，其原有的产卵环境发生改变。溪洛渡、向家坝水电站的蓄水发电，也阻隔了长江上游与金沙江下游的圆口铜鱼种群联系，圆口铜鱼的繁殖空间进一步缩小，乌东德和白鹤滩电站的建设也将进一步加剧该影响。

从长江上游流域角度看，长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区内的干流河道共 362.76km，其流速条件能够满足圆口铜鱼鱼卵漂流至具有游泳能力所需的时间和河长要求，但目前尚未发现其产卵场。溪洛渡、向家坝水电站建成运行后，滞留坝下的圆口铜鱼是否能在保护区干支流形成新的产卵场，需要进一步调查监测。雅砻江金河乡和爱藏族乡之间在二滩水库建成后也已形成了新的圆口铜鱼产卵场，产卵场分别位于二滩大坝以上 165km、197km、221km 和 273km。此外，为了驯养繁殖圆口铜鱼，建立人工繁殖群体，相关单位开展了大量研究，目前已经取得了人工繁殖的初步突破，已繁殖出鱼苗，并开口摄食。但由于人工繁殖性腺发育成熟的亲鱼数量不多，人工驯养成活率不高，繁殖出的鱼苗成活率受鱼病伤害困扰，成活鱼苗数量有限，这些技术性因素尚需进一步攻克和攻关。

乌东德库区分布有皎平渡产卵场，工程建设后对该产卵场产生淹没影响。乌东德水电站建成后，每年 4~7 月乌东德低水位运行时，乌东德库尾约有 17.2~52.5km 河段不受回水影响（含桐子林坝下雅砻江河段 15km），加上乌东德水库还有一定河段存在满足 0.2m/s 圆口铜鱼卵起漂流速要求的河段。据此分析，乌东德水库形成后，在 4~7 月低水位运行时，库尾江段有满足圆口铜鱼受精卵孵化至具备一定游泳能力仔鱼所需河段长度的可能，为维持其种群保留了一定的条

件。但由于流程较短及上游水电站调度的影响，圆口铜鱼孵化成活率会大幅度降低，存在难以维持相应稳定种群的风险。综合因素考虑，仅仅依靠乌东德库尾是否能够有效保护圆口铜鱼种质资源，仍存在不确定性。

从流域层面考虑，雅砻江大河湾减水河段与官地库区、长江上游鱼类保护区(长江干流及支流赤水河)存在一定维持自然种群的可能性，建立人工繁殖种群也取得了初步成果，但圆口铜鱼种质资源保护仍存在不确定性。因此，鉴于雅砻江大河湾减水河段及长江上游鱼类保护区干流仍具有较长流水河段及其生境的适宜性，通过加强该区域圆口铜鱼资源及其生境的保护，将有可能实现圆口铜鱼的种群延续。

表 5.3-14 乌东德库尾 4~7 月不受回水影响及流速大于 0.2m/s 河段 单位：km

月	不受回水影响河段（含桐子林坝下雅砻江河段）			金沙江干流回水范围内流速大于 0.2m/s 河段		
	枯水年	平水年	丰水年	枯水年	平水年	丰水年
4 月	45.4	20.5	17.2	85.9	69.3	45.6
5 月	42.3	17.2	17.2	99.0	90.1	65.0
6 月	41.3	36	35.6	95.9	107	100.7
7 月	52.5	52.5	52.5	88.8	103.9	95.4

5.3.2.5 对长江上游重要生境的影响

（1）对长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的影响

1) 长江上游珍稀、特有鱼类保护区保护价值保护区主要保护对象为 70 种珍稀、特有鱼类，以及大鲵和水獭及其生存的重要生境。保护区的主要功能是尽最大可能使工程的不利影响得到最大程度减轻，有保护珍稀、特有鱼类及其特有的生存环境，使珍稀、特有鱼类资源衰退趋势得以遏制，种群数量有所增加。

2) 梯级电站对水温的叠加影响

金沙江下游四座梯级的最下游一级向家坝水电站紧邻长江上游保护区干流，已建成的向家坝、溪洛渡水电站，已对保护区干流的水文情势、水温、水动力条件产生一定影响，即将建设乌东德水电站也势必对保护区干流产生累积影响。

根据水温预测，在乌东德采用叠梁门取水方案下，相比于单层取水，叠梁门方案在 3 月~5 月对低温水的改善效果较明显，下泄水温分别时提高了 0.8℃、1.0℃、0.8℃。但经白鹤滩、溪洛渡、向家坝梯级的调节，乌东德采用叠梁门取水对向家坝下泄水温改善效果有限。根据金沙江梯级联合运行对自然保护区的水

温影响估算,受支流汇入水气热交换的影响,朱沱站(距离保护区上边界下游约250km)水温变化幅度较向家坝已明显降低,四级电站联合运行后朱沱站水温较天然水温在4~6月约有1.8℃的温降,而11月~翌年2月平均水温升高2.8℃,最大月均变化从-4.2℃(5月)和5.5℃(1月),降至-1.9℃(5月)和3.8℃(1月)。朱沱站的水温过程已经有明显的恢复,但较天然水温过程仍有较明显的变化。根据温变率粗略估计还需经过约200km~300km(即距离向家坝约500km~600km)的河段方能基本恢复到天然水温过程。

3) 对自然保护区结构和功能区划的影响

长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区划分为三大功能区,即核心区,缓冲区和实验区。其中核心区由4个河段组成,总长349.25km,面积10803.48hm²,占保护区总面积的34.07%;缓冲区由20段河段构成,面积11561.2hm²,占保护区总面积的33.30%;实验区由7段河段构成,面积10349.11hm²,占保护区总面积的32.63%。根据长江上游珍稀、特有鱼类保护区功能区划,乌东德水电站坝址距离长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区上边界535.9km,其间有白鹤滩、溪洛渡、向家坝3座梯级电站,水库淹没及施工占地均不会涉及该自然保护区,工程建设对自然保护区结构和功能区划不会产生影响。

4) 对自然保护区主要保护对象的影响

乌东德水电站对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区的影响主要体现在下泄水温和气体过饱和的累积影响方面。该保护区中主要保护对象中属于珍稀保护动物有3种,分别为国家Ⅰ级保护鱼类白鲟和达氏鲟,国家Ⅱ级保护鱼类胭脂鱼。白鲟和达氏鲟产卵盛期3~4月,产卵的水温一般在15~18℃,乌东德采取单层取水向家坝下泄水温为15.6℃~15.7℃;胭脂鱼繁殖时间3~5月产卵水温一般在15~20℃,乌东德、白鹤滩溪洛渡均采取分层取水措施后向家坝下泄水温为15.6℃~16.0℃,基本处于其产卵季节水温范围内。可见,乌东德水电站运行后,水温累积影响将对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区产生一定影响,但该水温仍在3种珍稀保护鱼类产卵所需水温范围内。

根据坝下过饱和TDG生成预测,乌东德水电站单独泄洪以及金沙江下游4个梯级电站泄洪时向家坝坝下河段均将出现气体过饱和现象,对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区产生累积影响,应开展梯级电站气体过饱和对鱼类的影响研究,调整梯级电站运行调度方式,采取合适的工况减少气体过饱和现象的

发生。

(2) 对葛洲坝以下中华鲟产卵场的影响

1) 葛洲坝以下中华鲟产卵场概况

中华鲟是一种江海洄游的溯河产卵鱼类，葛洲坝水利枢纽截流前，中华鲟产卵场分布在金沙江下游的老君滩以下至长江上游的合江县以上约 600km 江段。1981 年葛洲坝水利枢纽截流后，中华鲟的生殖洄游通道被隔断，生殖群体被大坝阻隔在坝下。1982 年，发现被阻隔在坝下的中华鲟能够进行自然繁殖，在葛洲坝下至古老背约 30km 为其产卵场，后期逐渐在葛洲坝至庙咀 3.85km 的江段形成较稳定的产卵场，产卵场面积仅为葛洲坝截流前的 5%，三峡工程运行后，对该产卵水温、水文情势进一步产生了影响。

2) 中华鲟生物学特性

中华鲟 *Acipenser sinensis* 隶属于鲟形目鲟科，又称作鲟鱼、鳊鲟、大懒子、黄鲟、着甲、腊子等。其体型修长，体纺锤形，头尖，头顶骨片裸露。口下位，呈一横裂。口前吻腹有 2 对须。体被 5 列骨质化硬鳞，背部 1 列，体侧及腹侧各 2 列。尾鳍为歪形尾，上叶长，下叶短。中华鲟是底栖鱼类，早期幼鱼以摇蚊幼虫、蜻蜓幼虫、蜉蝣幼虫及植物碎屑等为食；到了河口咸淡水域中的幼鱼则以虾类、蟹类及小鱼为食，产卵期一般停食。中华鲟为海栖性的洄游鱼类，每年 9~11 月间，由海口溯长江生殖洄游，至金沙江一带产卵、繁殖。仔鱼随波逐流至长江下游和河口滩涂索饵肥育生长，幼鱼移至浅海区生长，直至达性成熟。葛洲坝枢纽建成后，由于大坝阻隔用，不能溯游到上游产卵场的中华鲟在葛洲坝下的宜昌长航船厂至万寿桥附近约 7 公里江段上形成了新的产卵场。中华鲟是一种适应于水温范围相当广的温水性鱼类，生长适宜水温为 13℃~25℃，亲鲟适宜催产水温为 17℃~24.5℃，鱼卵最佳孵化水温为 17~21℃。

3) 三峡工程对中华鲟产卵影响

中华鲟是秋季繁殖类型，在三峡工程蓄水前中华鲟自然繁殖时间集中在 10 月中下旬，其中第一次产卵最早为 10 月 13 日（1985 年和 1988 年），最晚为 10 月 31 日（1987 年）。2003 年蓄水后，中华鲟繁殖时间开始逐年退后，由 2003 年蓄水初期的 11 月 6 日推迟到 2008 年的 11 月 26 日。2010-2012 年期间，中华鲟开始产卵时间均在 11 月下旬，分别为 11 月 24 日、11 月 22 日和 11 月 18 日。

4) 本工程与中华鲟产卵场位置关系

现存中华鲟产卵场主要分布于葛洲坝以下江段，乌东德水电站坝址距离其产

卵场上边界约 1650km，其间已建成溪洛渡、向家坝、三峡和葛洲坝 4 座大型水电、水利枢纽工程，白鹤滩水电站也将开工建设，乌东德水电站的建设不会对该产卵场产生直接影响。

5) 本工程建设对中华鲟产卵场影响

现存中华鲟产卵场主要分布于葛洲坝以下江段，乌东德水电站坝址距离其产卵场上边界约 1650.5km，其间已建成溪洛渡、向家坝、三峡和葛洲坝 4 座大型水电、水利枢纽工程，白鹤滩水电站的建设不会对该产卵场产生直接影响。

本工程可能对中华鲟产卵场的影响主要体现在水温累积影响方面。根据金沙江下游梯级电站水温累积影响，朱沱站（距离向家坝电站下游约 250km）水温变化幅度较向家坝已明显降低，朱沱站的水温已经有明显的恢复。根据温变率粗略估计还需经过约 200km~300km（即距离向家坝约 500km~600km）的河段方能基本恢复到天然水温过程，但向家坝坝址距离三峡库尾约 415km，因此金沙江下游梯级累积下泄水温对三峡入库水温有一定的影响。

金沙江下游梯级电站的累积作用，可能加大三峡水库秋冬季节泄水水温升高的效应，从而对中华鲟繁殖产生不利影响。鉴于葛洲坝以上水电开发程度高，支流较为发育，乌东德水电站秋冬下泄水温升高，对下游水温的升高有一定影响，但由于涉及多个工程的综合作用且距离很长，其对葛洲坝以下水温的准确预测非常困难，下阶段应从流域层面强化水温变化的观测，开展水电梯级开发对葛洲坝下游中华鲟产卵场的累积影响研究，包括梯级电站建设水温降温延迟、冬季水温升高生态学效应研究等，并据此研究相应的缓解措施。

5.3.3 对生态敏感区的影响

5.3.3.1 对元谋省级风景名胜区的的影响分析

根据元谋风景名胜区总体规划图和乌东德水库淹没图的叠图分析，物茂土林片区、班果土林片区、浪巴铺土林片区均位于乌东德水库正常蓄水位 975m 以上，因此乌东德水电站水库蓄水对物茂土林片区、班果土林片区、浪巴铺土林片区无影响，但水库蓄水对元谋风景名胜区金沙江峡谷片区有一定影响。

(1) 对金沙江峡谷片区景观资源的影响

乌东德水电站建成后，江面从 927m 上升至 975m，将对元谋风景名胜区峡谷片区的金沙江、金沙江峡谷片区 2 个二级景点产生淹没影响，这 2 处景源由急流+险滩+峡谷的景观变成平静湖面+峡谷的景观形态。此段金沙江峡谷原江面

至山顶的高差约为 700m，水库淹没高程比原江面高程提高了 48m，仅占原高差的 6.9%，对金沙江峡谷的景观影响不大。

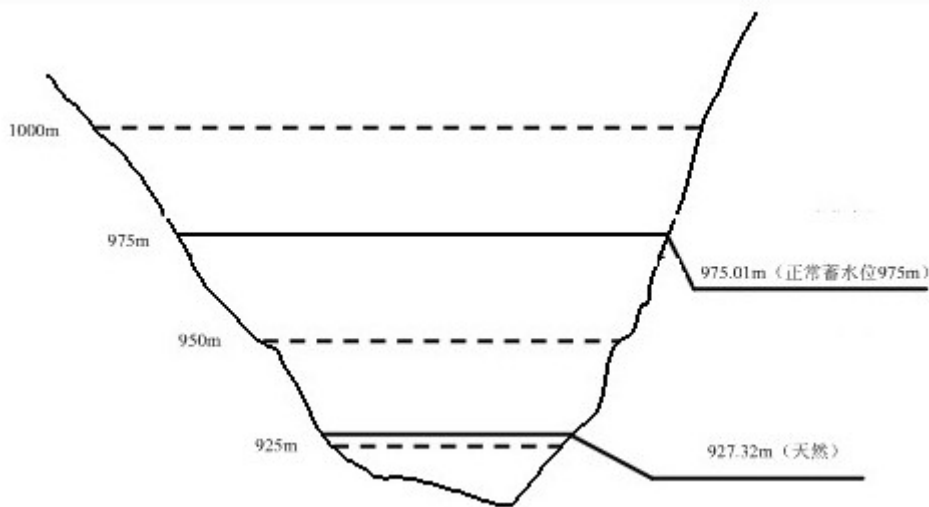


图 5.3-8 金沙江峡谷断面横剖面示意图



图 5.3-9 乌东德水库淹没线

乌东德水电站建成后，对木棉、榕树林、金沙江沙滩、落水洞、金沙江古驿道、丙弄彝寨、骂拉莫彝寨、红军标语、龙街渡等 9 个三级景源有淹没影响。金沙江沙滩、落水洞、金沙江古驿道、丙弄彝寨道、骂拉莫彝寨、龙街渡共 6 个三级景源为淹没景点，但其景观价值不具有唯一性，影响不大；木棉、榕树林、红军标语共 3 个三级景源可以采取移植和文物搬迁等措施加以异地保护。

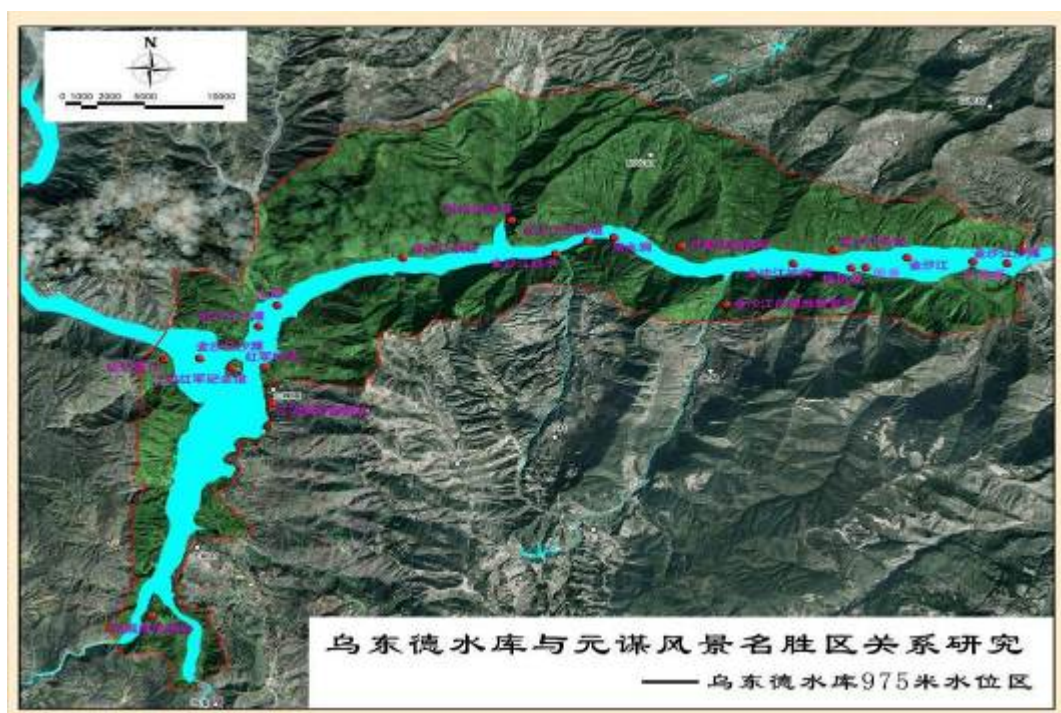


图 5.3-10 乌东德水库与元谋风景区关系图





图 5.3-11 元谋风景名胜区景源

(2) 对风景名胜区河谷景观生态系统的影响

金沙江峡谷片区景区生态系统为干热河谷生态，在海拔 1300m 以下，主要是荒山草坡，种类少，主要生长稀树灌木草丛，草本占大部分，覆盖度大于 90%，灌木少而稀，乔木更少见。河岸两侧局部少量分布有木棉、榕树林等高大乔木。在海拔 1600m 以下的天然种类有 85 科、279 属、450 种，其中主要的有禾本科 71 种、豆科 64 种和菊科 42 种。全部种类中，世界分布的有 33 属，占全部属的 12%；热带分布的 142 属，占 61%；温带分布的 74 属，占 27%。山地生态环境较好，乔灌木逐渐增多，有松林、栎类林等分布。其具体情况是：在海拔 1300m 以下地段有攀枝花、西果树、密油枝、霸王鞭、仙人掌、酸角树、小相子、扭黄茅、金合欢；在 1300-1800m，植被大体与前相同，而攀枝花、酸角树等渐少，有部分云南幼松、疏林出现。

由于降雨集中，植被又分为干、湿季分布。干季（11~5 月），除盆地外，只见荒坡秃岭，少有绿色，局部地面裸露，唯阴坡或低凹处偶得小片青绿；湿季（6~10 月），植被转向绿色，山丘披上绿毯，盆地草层高的可到 40~80cm，灌木高 50~200cm。

乌东德水库正常蓄水位 975m，水库蓄水后沿金沙江河谷形成一条淹没带，在金沙江河谷区，海拔 975m 以下主要分布干暖河谷灌丛、木棉和榕树林只是零星分布，面积较小；龙川江河谷地区将形成湖面景观，植被景观受影响较多的是干暖河谷灌丛、农田、经济林等人工植被景观。

水库蓄水后，景区金沙江河谷较低海拔区域全变成水域景观，由于峡谷高宽比较大，因此淹没面积不大，对峡谷生态系统影响不大；景区龙川江淹没区域主要为农田、经济林等人工生态系统，对自然生态系统的影响也不大。

(3) 对元谋风景名胜区旅游发展的影响

乌东德水库蓄水后，元谋风景名胜区金沙江片区的景观资源将由原来的带状河流景观资源转化为面状湖水景观资源，增加了景观资源在区域内的独特性。水位上升，淹没耕地，将原来的河流+耕地+山林的空间形态，变成湖面与山林生态结合的空间形态，自然的生态环境特色更为突出，将形成新的景观和旅游景点。

在旅游组织方面，区域间可通过水路与四川攀枝花市形成水路联系，区域内原交通条件较差，峡谷内的景点游览长期不能开展，蓄水后，通过水上游线组织，可加快金沙江峡谷内景观资源的开发利用。

综上所述，乌东德水库蓄水运行对元谋风景区的主要标志性景观无影响，对景区的影响总体来说利大于弊。

5.3.3.2 对攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护区的影响分析

攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护区最低海拔在 1000m 以上，比乌东德水电站正常蓄水位 975m 要高出 25m，因此该自然保护区不受水库淹没影响。

根据保护区的现有资料，该保护区内现有猕猴 120 余只，分为两个群体，大群体 80 多只，小群体 40 多只。通过资料以及对保护区工作人员的访问，该保护区猕猴多栖息保护区内密林或疏林岩石上，此种生境食物来源较为丰富，而其主要的饮水区域为保护区金沙江河段。乌东德水电站建成蓄水后，会淹没该保护区猕猴部分活动区域，但淹没的生境主要为灌草丛生境，此种生境中野果、嫩枝以及昆虫相对密林或疏林少，取食效率相对较低，并不是猕猴主要的适宜生境，该保护区猕猴主要活动区域位于海拔 1000m 以上，因此水库蓄水淹没对其造成的影响较小。

5.4 水土流失预测评价

5.4.1 水土流失预测范围及时段划分

(1) 预测范围

工程水土流失预测范围为工程建设过程中扰动原地貌的范围，将防治分区中的扰动原地貌划分为枢纽工程区、存弃渣场区、料场、场内交通工程区、施工生产生活、移民安置区等进行水土流失预测。

对于施工封闭管理区以及库岸区内未扰动区域不作预测；移民生产安置中，对于新开垦耕地区域，由于扰动需作预测；对于以调剂土地为主，未扰动不作预

测。

（2）预测时段

根据《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008），开发建设项目可能产生的水土流失量应按施工准备期、施工期、自然恢复期三个时段进行预测。乌东德水电站工程施工期共计 122 个月，包括施工准备期 31 个月，施工期 91 个月（含工程完建期）。

工程施工结束后，因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失，地表扰动基本停止，水土流失将明显减小，但由于植物措施防护效果的相对滞后性，在自然恢复期项目区仍会有一定量的水土流失，根据水电工程建设特点及本地区地形、土壤气候特征，确定本项目自然恢复期按 2 年计算。

各个预测分区预测时段则根据主体工程施工进度安排和水土流失季节，以最不利的时段进行预测，超过雨季长度的按全年计算，未超过雨季长度按其占雨季时间的比例计算，非雨季则按占全年时间比例计算，本工程雨季取 5~10 月。由于各施工项目跨越雨季不同，故施工期的预测时段有所差异，不同分区预测时段按照施工进度安排确定。

5.4.2 水土流失预测内容和方法

工程水土流失预测内容包括扰动原地貌、损坏土地和植被数量，损坏水土保持设施数量，弃土、弃石、弃渣量，可能造成的新增水土流失量，可能造成的水土流失危害等。

（1）土壤侵蚀背景值

1) 土壤侵蚀模数背景值确定方法

土壤侵蚀背景值拟采用遥感调查法及实地调查法进行确定。

遥感调查法：以工程施工布置图为调查范围，结合地形图资料和现场调查各地块的实际情况，通过对植被覆盖度、坡度、沟谷密度、植被结构、地表组成物质、海拔高度、地貌类型等间接指标的人工综合分析，获取土壤侵蚀信息，确定土壤侵蚀模数。

实地调查：在收集工程所在区域水土流失监测资料的基础上，实地查勘工程现场，通过地形地物、植被覆盖度、土壤类型的判别确定土壤侵蚀模数。

2) 各个预测分区土壤侵蚀模数背景值

根据不同土地利用类型的土壤侵蚀模数调查、测试结果，结合每个预测分区和预测单元的地形、地貌、土地类型、地表覆盖物等因素，采用加权平均法测算各预测单元的土壤侵蚀模数背景值。

表 5.4-1 左岸各预测分区和预测单元土壤侵蚀模数背景值一览表

分区及项目组成			土壤侵蚀模数背景值 (t/km ² ·a)
主体枢纽工程	大坝工程	拱坝	2232
		水垫塘及二道坝	2544
		揽机平台	2748
	引水系统	引水洞	3300
		尾水洞	3300
	发电系统	出线场	3050
	泄洪系统	泄洪洞	2280
		泄洪洞水垫塘	1890
	导流系统	导流洞	4125
		围堰	3610
	近坝区整治工程	泥石流沟治理	3510
		高位自然边坡	3510
存弃渣场	永久弃渣场	下白滩堆料弃渣场	3088
		鲮鱼河弃渣场	3088
		阴地沟弃渣场	3088
		猪拱地堆料弃渣场	3575
	表土堆存场	阴地沟表土堆存场	3300
场内交通	左岸交通		3900
料场	河门口土料场		3088
施工生产生活区	砂石加工系统	下白滩非大坝工程砂石系统	2850
	混凝土生产系统	左岸上游 880 混凝土生产系统	2850
		左岸下游 850 混凝土生产系统	3150
	坪子上工区	左岸筹建期施工场地 1	3050
		下白滩砂石系统营地	3050
	下白滩工区	左岸筹建期施工场地 1	3500
		左岸筹建期施工场地 2	3050
	小花山及其它	左岸上游施工变电所	3700
		左岸下游施工变电所	3700
		下游水厂	3700
		左岸炸药库	3700
		左岸转轮组装厂	3700
移民安置区	生产安置区		2850
	城集镇及农村居民点迁建区		2850
	专项设施复建区		2850
	防护工程区		2850

表 5.4-2 右岸各预测分区和预测单元土壤侵蚀模数背景值一览表

分区及项目组成			土壤侵蚀模数背景值 (t/km ² ·a)
主体枢纽工程	大坝工程	拱坝	2232
		水垫塘及二道坝	2544
		揽机平台	2748
	引水系统	引水洞	3300
		尾水洞	3300
	发电系统	出线场	3050
	导流系统	导流洞	2280
		围堰	2190
	近坝区整治工程	金坪子滑坡	3500
		高位自然边坡	3610
	业主营地		3250
	鱼类增殖站		3500
	存料场	施期存料场	3000
		海子尾巴备料场	3100
	表土堆存场	施期表土堆存场	2500
		新村表土堆存场	2640
场内交通	右岸交通		2500
料场	施期石料场		2500
施工生产生活区	砂石加工系统	施期大坝砂石加工系统	3150
		海子尾巴砂石加工系统	3150
	混凝土生产系统	大坝 970 混凝土	2950
	新村工区	右岸筹建期项目施工营地	2650
		右岸上游 35kv 变电所	2650
		金属结构制造标施工工厂	2650
		金属结构制造标施工营地	2650
		右岸电站土建标施工营地	2650
		880 混凝土系统营地	2650
		综合及永久机电设备库	2650
		油库	2650
		右岸炸药库	2650
		上游水厂	2650
		施工辅助设施	2650
		中心试验室	2650
	海子尾巴工区	导流洞标施工工厂	3100
		导流洞标施工营地	3100
		右岸导流标施工工厂	3100
		右岸导流标施工营地	3100
		右岸电站土建标施工工厂	3100

分区及项目组成			土壤侵蚀模数背景值 (t/km ² ·a)
		机电仓库	3100
		海子尾巴营地	3100
		右岸警消营地	3100
		右厂土建标三期场地	3100
		地下厂房施工工厂	3100
		电站机电安装标施工工厂	3100
		电站机电安装标施工营地	3100
		右岸电站机电安装标施工工厂	3100
		右岸电站机电安装标施工营地	3100
	金坪子工区	右岸 110kV 施工变电所	3500
		右岸转轮组装厂	3500
		坝肩及缆机平台施工工厂	3500
		坝肩及缆机平台施工营地	3500
		大坝标施工工厂	3500
		大坝标施工营地	3500
		电站土建标施工营地	3500
		电站土建标施工工厂	3500
	阿摆工区	转轮加工厂营地	3100
		右岸转轮加工厂营地	3100
		渗控、金坪子防护标施工工厂	3100
		渗控、金坪子防护标施工营地	3100
		施期灰岩砂石系统营地	3100
		施期白云岩砂石系统营地	3100
		小花山 850 混凝土系统营地	3100
移民安置区	生产安置区		3000
	城集镇及农村居民点迁建区		3000
	专项设施复建区		3000
	防护工程区		3000

(2) 扰动后侵蚀模数

本工程各预测分区扰动后土壤侵蚀模数, 类比溪洛渡水电站各小区的侵蚀模数, 并根据水土流失影响因子进行修正, 水土流失影响因子取气候、多年平均降水量、短历时降水量、地形坡度、土壤、植被、水土流失现状等。

(3) 其他预测内容方法

扰动原地貌、损坏土地和植被预测根据乌东德水电站工程建设占地范围进行测算, 根据其占地面积计算扰动原地貌面积。

损坏水土保持设施预测根据扰动原地貌范围内各地块的土地类型, 参考《四

川省水土保持设施补偿费 水土流失防治费征收管理办法（试行）》和《关于印发<云南省水土流失治理费和水土保持设施补偿费的征收标准和使用管理暂行办法>的通知》的规定，计算其损坏的水土保持设施类型，然后根据扰动原地貌面积计算其损坏水土保持设施数量。

弃土、弃石、弃渣量根据主体工程土石方平衡结果进行预测。

5.4.3 水土流失预测结果

5.4.3.1 扰动原地貌、损坏土地和植被面积

工程扰动原地貌面积均位于施工管理区和移民安置区内，主要包括枢纽工程、场内交通工程、存弃渣场、料场、施工生产生活设施、移民安置工程区、水库淹没影响区等区域，其中生产安置点中 825.48hm²属调剂土地，不扰动，因此，共扰动地表面积 16674.35hm²，按省际划分，四川省扰动原地貌面积 7149.10hm²，云南省扰动原地貌面积 9525.25hm²；按工程区域划分，枢纽工程扰动地表面积 1256.36hm²，移民安置区扰动地表面积 2781.09hm²，水库淹没影响区扰动地表面积 12636.90hm²。

5.4.3.2 损坏水土保持设施数量

根据对工程区土地利用现状的调查，根据《四川省水土保持设施补偿费 水土流失防治费征收管理办法（试行）》和《关于印发<云南省水土流失治理费和水土保持设施补偿费的征收标准和使用管理暂行办法>的通知》的有关规定，工程损坏水土保持设施面积 1212.21hm²（不含生产安置中调剂土地及整理的农用地），其中四川省损坏的水土保持设施面积 629.16hm²，土地类型为耕地、园地、林地、草地。云南省损坏的水土保持设施面积 583.05hm²，土地类型为水田、梯平地、园地、林地、草地。

表 5.4-3 枢纽工程损坏水土保持面积统计 单位：hm²

项目组成	耕地	园地	林地	草地	合计
枢纽工程	14.63	124.96	129.80	51.02	320.41
存弃渣场	4.32	68.12	42.14	20.59	135.17
场内交通	4.17	36.35	35.17	11.93	87.62
料场	0.46	2.68	3.61	0.95	7.69
施工生产生活设施	5.66	41.09	46.12	13.95	106.82
移民安置工程	204.55	185.89	111.79	52.28	554.50

合计	233.79	459.08	368.62	150.72	1212.21

5.4.3.3 弃土、弃石、弃渣量

本工程土石方开挖总量 8715.23 万 m³（自然方，余同），其中土方 3172.18 万 m³，石方 5543.05 万 m³。枢纽工程开挖 4977.41 万 m³（含料场开挖量），其中左岸开挖 2455.55 万 m³，右岸开挖 2521.86 万 m³。场内交通工程开挖 212.73 万 m³，其中左岸交通开挖 138.95 万 m³，右岸交通开挖 73.78 万 m³。施工生产生活设施开挖 194.60 万 m³，其中左岸 109.37 万 m³，右岸 85.23 万 m³。移民安置工程开挖 3128.12 万 m³，其中左岸 1195.71 万 m³，右岸 1932.41 万 m³。表土剥离 202.37 万 m³，其中左岸 115.18 万 m³，右岸 87.19 万 m³。

填筑利用总量为 5198.88 万 m³（自然方，余同），其中土方 1769.13 万 m³，石方 3429.75 万 m³。其中枢纽工程填筑利用 600.26 万 m³，场内交通工程填筑利用 101.96 万 m³，施工生产生活设施填筑利用 576.23 万 m³，移民安置工程填筑利用 2624.01 万 m³，混凝土系统填筑利用 1094.05 万 m³，绿化工程填筑利用 202.37 万 m³。

弃渣总量为 3516.35 万 m³（自然方，余同），其中土方 1403.05 万 m³，石方 2113.30 万 m³。按照最终弃渣规模，下白滩堆料弃渣场弃渣 231 万 m³（合松方约 295 万 m³），猪拱地弃渣 115 万 m³（合松方约 145 万 m³），鲮鱼河弃渣 2320.36 万 m³（合松方约 3100 万 m³），阴地沟弃渣 345.88 万 m³（合松方约 440 万 m³），移民安置工程弃渣 504.11 万 m³。

5.4.3.4 可能造成的水土流失量

通过预测，乌东德水电站工程在施工准备期、施工建设期、自然恢复期水土流失总量为 408.34 万 t，项目区水土流失背景流失总量为 129.71 万 t。如不采取有效水土流失防治措施，将造成新增水土流失量 278.63 万 t。

表 5.4-4 各个预测分区水土流失量汇总一览表

预测分区	占地面积 (hm ²)	扰动原 地貌面积 (hm ²)	损坏 水土保持 设施面积 (hm ²)	可能造成 水土流失 量 (万 t)	背景水土 流失量 (万 t)	新增水土 流失量 (万 t)	新增水土 流失所占 比例 (%)	防治 重点
枢纽工程	447.26	447.26	320.41	34.37	16.91	17.46	6.53	▲

存弃渣场	194.83	194.83	135.17	201.97	5.76	196.21	73.37	▲
场内交通	117.57	117.57	87.62	7.24	3.31	3.93	1.47	
料场	9.75	9.75	7.69	14.10	0.28	13.82	5.17	▲
施工生产生活	139.73	486.95	106.82	10.02	4.66	5.36	2.00	
移民安置工程	3606.57	2781.0856	554.50	128.60	97.96	30.64	11.46	▲
合计	4515.71	4037.45	1212.21	396.31	128.88	267.43	100.00	

5.4.3.5 可能造成的水土流失危害

(1) 对主体工程施工的影响

乌东德水电站工程对近坝区高位自然边坡、泥石流沟进行整治，同时对左右岸大坝工程、引水系统、泄洪洞及导流洞进出口进行开挖，开挖边坡高度大、坡度陡，距离坝址较近，施工过程中若不加强施工管理、及时支护，将有可能造成边坡局部破碎地带滑塌，造成重力侵蚀危害，给后续大坝施工带来安全隐患，影响主体工程施工进度和施工安全。

下白滩堆料弃渣场、鲹鱼河弃渣场、阴地沟弃渣场、猪拱地堆料弃渣场位于坝址上游，弃渣量较大，若不对其采取拦挡、排水等防护措施，弃渣受江水和水库蓄水影响，可能产生滑塌、泥石流等水土流失危害，流失的弃渣进入金沙江，造成淤积，对大坝施工产生影响。

(2) 对区域生态环境的影响

工程新增水土流失量 278.63 万 t，工程扰动区平均土壤侵蚀模数约为 20136t/km²·a，侵蚀强度以强烈～剧烈为主，是原土壤侵蚀模数约 6~10 倍。工程施工形成高陡边坡及大量松散堆渣体、裸露迹地，如不采取有效的水土保持措施，在水力侵蚀和重力侵蚀的双重作用下，极易造成严重的水土流失及危害，加之当地生态环境脆弱，遭受损坏的植被短期恢复难度较大，势必对当地生态环境造成不利影响。

(3) 对区域土地资源的影响

工程施工管理区施工活动损坏地表植被，形成大面积裸露地表，改变土壤结构，降低或丧失水土保持功能。同时，工程扰动期间表层土被剥离，侵蚀强度增大，土壤中的氮、磷、钾等有机养分流失量加大，使区域土壤日趋贫瘠。又加之工程区两岸现状土地资源缺乏、地表土层瘠薄，且当地农民以农业生产为主，因此，工程建设中，若不采取水土保持措施，工程区可利用土地资源减少，土地生

产力下降，影响当地农业收入，影响社会经济可持续发展。

（4）对金沙江上下游江段的影响

工程建设过程中产生的弃渣 3516.35 万 m^3 ，且工程区地质条件复杂，滑坡、泥石流等地质灾害皆有发生，弃渣、边坡开挖、施工场地平整等施工扰动活动将进一步加剧其发生的可能性，流失的土石方进入金沙江河道，可能雍高河道水位，增加下游江段的泥沙含量，造成淤积，影响其行洪能力和局部水体水质。

（5）对乌东德水库的影响

工程建设过程中，若不采取有效的防护措施，将产生大量的水土流失，流失的土石进入乌东德库区，将有可能加快水库淤积，并进一步影响电站的使用年限。

（6）对下游梯级电站和桥梁的影响

乌东德电站的水土流失进入金沙江河道，顺流而下易流入下游梯级水库，对下游梯级的正常运行产生影响；同时，亦有可能对坝址下游的交通桥产生不利影响。

另外，水电工程施工准备期及施工期牵涉到较大规模的施工活动，主要包括大坝、引水系统、厂区、渣场、道路、土石料场等工程组成中的土石方工程、地面和道路平整、取土、取沙等，导致地形地貌的改变，在强降雨的情况下，会形成一定的水土流失；在施工过程中，机械碾压、人为践踏、设备的堆放以及施工管理的松懈等原因，将可能造成施工场地的扰动加剧，形成新增水土流失。

5.5 局地气候影响预测评价

5.5.1 评价方法和模式

本报告主要采用中尺度 WRF 模式和微尺度 NJU-PBL 模式。通过设计水库蓄水前后的敏感性算例，并比较算例结果之间的差值来分析水库蓄水对气候的影响。

5.5.1.1 中尺度气象模式 WRF

WRF(Weather Research Forecast)模式系统是由美国研究、业务及大学的科学家共同参与开发研究的新一代中尺度预报模式和同化系统。WRF 模式系统的开发计划是 1997 年由美国国家大气研究中心(NCAR)中小尺度气象处、国家环境预报中心(NCEP)环境模拟中心、预报系统实验室(FSL)的预报研究处和奥克拉荷马

大学的风暴分析预报中心四单位联合发起建立的,由国家自然科学基金和国家海洋大气局(NOAA)共同支持。

WRF 模式采用高度模块化和分层设计,分为驱动层、中间层和模式层,用户只需与模式层打交道。在模式层中,动力框架和物理过程都是可插拔,为用户采用各种不同的选择、比较模式性能和进行集合预报提供了极大的便利。它的软件设计和开发充分考虑适应可见的并行平台在大规模并行计算环境中的有效性,可在分布式内存和共享内存两种计算机上实现加工的并行运算,模式的耦合架构容易整合进入新地球系统模式框架中。WRF 模式重点考虑从云尺度到天气尺度等重要天气的预报,水平分辨率重点考虑 1~10km。因此,模式包含高分辨率非静力应用的优先级设计、大量的物理选择、与模式本身相协调的先进的资料同化系统。WRF 模式本身有两个求解内核,ARW(高级研究用 WRF)和 NMM(非静力中尺度 WRF)。WRF-ARW 包含了众多的物理参数化方案,可以合理的对大气和陆地等各个物理过程提供参数化。被广泛的研究到大气科学的研究领域,本报告采用的也是 WRF-ARW。为方便起见,下文中均简称为 WRF。

5.5.1.2 高分辨率大气边界层模式 NJU-PBL

NJU-PBL(南京大学三维非静力高分辨率的边界层模式)南京大学大气科学系开发建立,采用湍流 $E-\epsilon$ 闭合方案及地形跟随坐标系,模式方程组包括运动方程、连续方程、位温方程、水汽方程、湍能和湍流耗散率方程等。该模式曾应用于多种复杂地形下的边界层模拟,如向家坝水电站和湾塘水电站的泻洪水雾的扩散、海岸地区海陆风的数值模拟、小尺度凹坑地形的风场特征模拟等等,近年来,此边界层模式增加了城市冠层模式,使该模式能适用于城市边界层的模拟。以该模式系统为主体进行的系列复杂地形条件的边界层研究曾获 2002 年教育部科技进步二等奖。

5.5.2 区域气候特征

5.5.2.1 评价区域现状气候特征总体分析

(1) 区域气候总体特征

金沙江流域地理位置介于东经 $90^{\circ}\sim 105^{\circ}$ 、北纬 $24^{\circ}\sim 36^{\circ}$ 之间,地势西北高,东南低,呈西北向东南倾斜的狭长型。金沙江为典型的深谷河段,相对高差可达

2500m 以上，除局部河段为宽谷外，大部分为峡谷。流域纵跨青藏高原、横断山脉和云贵高原，南北纵越 12 个纬度，东西横跨 15 个经度，地形复杂多样，高原、盆地、峡谷、丘陵交错其间，加之南孟加拉高压气流的影响，从河谷到山顶气候差异显著，往往形成“一山分四季，十里不同天”的立体气候特点。

金沙江流域年温差小、日温差大，全年 1 月气温最低，7 月最热，四季中秋季湿度大。区域降水充沛，干湿分明，大部分地区年平均降水量在 1000~1200 mm 之间。降水量在季节上的分配极不均匀，雨水多集中在 6~8 月，约占全年降水量的 60%，11 月至次年 4 月为旱季，降水量只占全年的 10~20%，甚至更少。此外，金沙江流域暴雨的时空分布也极不均匀，流域内暴雨强度和暴雨量基本上从上游向下游逐步增加。上段及雅砻江上游基本属无暴雨区，暴雨主要分布在中下游及雅砻江下游、支流安宁河。流域内暴雨一般出现在 6~11 月，其中以 7~9 月居多，中下游在此期间出现暴雨的频率在 80%以上。金沙江流域从 5 月份开始受西南或东南季风影响，暖湿气流不断输入本流域，降雨逐渐增多，一般雨季开始时间上游早于下游，雨区也自上游向下游移动发展。

(2) 干热河谷气候特征

金沙江沿江地区的气候属于典型的干热河谷气候，所谓干热河谷气候，是指高温、低湿河谷地带，大多分布于热带或亚热带地区。我国干热河谷主要分布于金沙江、元江、怒江、南盘江等沿江的四川攀枝花、云南和贵州等地区。干热河谷气候是特殊的地形地貌形成的一种奇特的气候，它的形成是一种由复杂的地理环境和局部小气候综合作用的结果。

乌东德库区地处金沙江下游，沿岸属干热河谷气候。根据溪洛渡三坪气象站和白鹤滩巧家站多年气象观测值，两站的多年平均气温分别达到 17.2℃和 21.1℃；多年平均相对湿度分别为 67.9%和 58%；多年平均降水分别为 677.8mm 和 823.1mm。

5.5.2.2 评价区域气象站气象要素特征分析

金沙江下游河段区域主要气象站有：攀枝花、元谋、会泽、巧家、金阳、雷波、绥江、宜宾等，其多年气象特征值见表 5.5-1。

表 5.5-1 金沙江流域气象特征值统计

项 目	攀枝花	元谋	会泽	巧家	金阳	雷波	绥江	宜宾

项 目		攀枝花	元谋	会泽	巧家	金阳	雷波	绥江	宜宾
台站高程(m)		1191	1121	2113	841	1453	1254	413	342
气温 (°C)	多年平均	20.8	21.7	12.8	21.0	15.9	12.5	17.9	18.0
	平均最高	27.7	28.7	18.9	27.2	20.9	16.3	22.1	21.8
	平均最低	15.5	16.1	8.2	16.5	12.5	10.0	14.9	15.3
多年平均降水(mm)		858.3	640.1	803.9	798.0	513.6	855.2	934.8	1107.3
多年平均相对湿度(%)		58.5	56.1	71.1	58.8	69.9	82.5	78.7	81.4
多年平均风速(m/s)		1.3	2.1	2.7	1.9	1.0	1.4	0.9	1.0
日照时数(h)		2642	2614	2126	2148	1538	1162	960	1038
雾日数(日)		0.5	0.1	0.7	/	/	2.0	/	1.7

根据现有气象资料条件,选取距乌东德库区最近的攀枝花站来分析工程区域气候特征。

攀枝花地处攀西裂谷中南段,地势由西北向东南倾斜,山脉走向近于南北,一般相对高差 1000~2000m,海拔在 937~4196m 之间,由此带来地表受热严重不均,加上地形对气流的抬升或下沉作用,造成小区域内空气垂直运动剧烈,使降雨的空间分布极不均匀,在雨季中,常有“十里不同天”的气象景观。且由于相对高差较大,导致该市立体气候特征明显,以南亚热带为基带的立体气候。

攀枝花市全年气温较高,多年平均气温为 20.8℃,多年平均最高气温为 27.7℃,多年平均最低气温为 15.5℃,冬无严寒,夏无酷暑,四季如春。日照充足,年日照 2641.8h,年平均降水量 858.3mm,平均相对湿度 58.5%。全年干季、雨季分明,一般 6~9 月为雨季,相对湿度在 70%以上,10 月~次年 5 月为干季,相对湿度一般在 30~50%之间,其中 1~4 月最为干燥,月降水量在 3~15mm 以内。月平均气温 13~26℃,最冷月在 1 月,最高温出现在 6 月。由于在干季降水量相对极少,日照百分率在 70%以上,因而干季该市表现为干暖或干热,往往造成春季干旱等自然灾害,对农牧业生产带来不利影响。

5.5.3 中尺度气候效应预测分析

5.5.3.1 预测工况

利用中尺度气候数值模拟系统 WRF 模拟乌东德电站建成前后的区域气候特征。共考虑 2 种工况组合,即:

工况一：金沙江一期工程建成，即溪洛渡+向家坝

工况二：在工况一基础上建成乌东德电站

针对每种工况选取三种特征年（丰水年、平水年和枯水年）的不同季节（春、夏、秋、冬）进行局地气候影响预测分析。其中，4、7、10、1 月份分别代表春、夏、秋、冬季节。分析每年每季节不同工况下的模拟结果差值以评价不同区域、不同季节、不同年代的气候影响。模拟区域范围为 900km×900km，网格分辨率为 5km，如图 5.5-1 所示。模拟所用初始场和边界条件为美国国家环境预报中心 NCEP 再分析资料，分辨率为 1°×1°；侧边界则采用 NCEP 资料外强迫方法，每六小时更新一次。根据“金沙江乌东德水电站可行性研究报告”中对水库正常蓄水位、防洪限制水位的要求以及水库运行方式，确定 1 月、4 月、7 月、10 月的水位分别为 975m、975m、952m 和 975m。

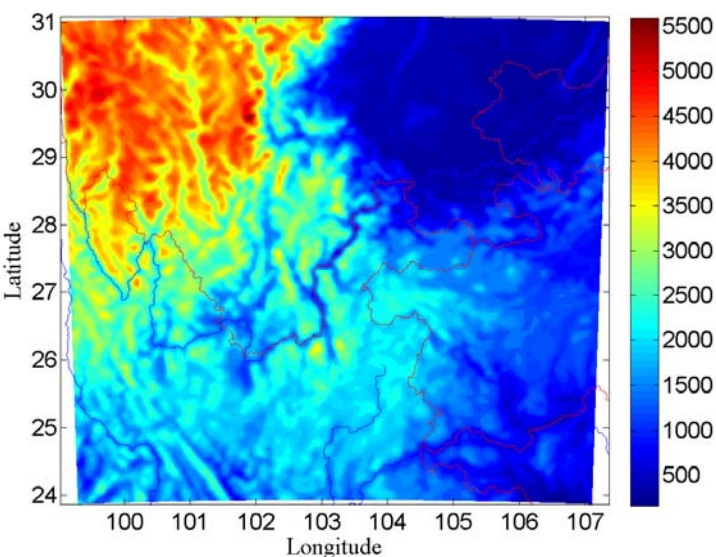


图 5.5-1 模拟范围地形图（单位：m）

5.5.3.2 模型检验

利用遵义、毕节、宜宾等各个气象站对应的气象观测资料检验 WRF 模式的模拟结果，各个月份近地面气温、风速和比湿的模拟偏差见表 5.5-2，模拟值与观测值的相关系数见表 5.5-3。

表 5.5-2 模拟值与观测值之差（模拟值-观测值）

年代	丰水年	平水年	枯水年

月份	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
近地面气温 (°C)	-0.8	0.1	-1.5	0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-1.0	0.5	-1.4	-0.6	0.7
近地面风速 (m/s)	1.2	1.1	1.4	1.6	1.4	1.4	1.1	0.9	0.8	1.3	0.8	1.5
近地面比湿 (g/kg)	-0.8	0.5	-0.2	0.9	-0.5	-0.5	0.5	-0.7	0.7	0.1	-0.1	-0.3

表 5.5-3 模拟值与观测值的相关系数

年代	丰水年				平水年				枯水年			
月份	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
近地面气温	0.75	0.71	0.74	0.74	0.79	0.82	0.89	0.73	0.73	0.88	0.89	0.90
近地面风速	0.58	0.43	0.76	0.79	0.81	0.60	0.58	0.62	0.48	0.40	0.65	0.63
近地面比湿	0.76	0.72	0.96	0.83	0.78	0.81	0.90	0.78	0.76	0.86	0.86	0.83

从表 5.5-2 和表 5.5-3 的比较来看, WRF 模式的模拟结果与实际气象站的观测结果有着较好的一致性。对地面气温的模拟, 除丰水年 7 月份和枯水年 4 月份平均温度模拟偏低约 1.5℃外, 其它月份的月平均气温模拟偏差均小于 1℃。对地面比湿而言, 模拟结果与观测结果的差值在各个月份均小于 1g/kg。对近地面风速而言, WRF 的模拟结果均比实际观测略大, 误差在 1m/s 左右, 这是因为风速观测受局地环境影响较大, 而 WRF 模拟的结果则是代表了一个网格内的平均态(在本报告中为 5km×5km 的范围), 两者的代表性有一定的差异。从各个气象要素之间的相关性看来, 数值模拟和观测值之间的相关性较好, 对近地面温度和比湿来说均在 0.7 以上。对风速来说相关性略低, 但大多数月份的模拟与观测的相关性也在 0.5 以上。以上相关性均通过显著性水平为 0.05 的置信度检验。

5.5.3.3 预测结果分析

在 WRF 模式模拟计算的基础上, 依据工况二与工况一模拟结果的差值来评价乌东德电站建成后对局地气候的影响。

(1) 对近地面温度的影响

模拟结果表明: 在丰水年、平水年和枯水年的各个季节, 水库蓄水对库区附近近地面温度有一定的影响, 但影响的程度较小, 温度变化的绝对值均小于 0.2℃, 而且影响的范围仅均匀于水库库区附近。比较不同水平年和各个季节的变化可以发现, 冬季(一月)水库蓄水会使得近地面气温上升, 而夏季(七月)水库蓄水后会使得近地面气温下降, 这主要是由于冬季平均水温高于气温, 而夏季平均水温要低于气温。春季(四月)和秋季(十月)水库蓄水对温度影响比较复杂, 近

地面温度有上升、有下降，或者影响微弱。不同水平年各月近地面温度变化情况见下表。

表 5.5-4 不同年份乌东德水库蓄水对气温的影响

单位: °C

位置		平水年				枯水年				丰水年			
		7 月	10 月	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月
乌东德坝址	蓄水前	26.2	20.2	12.4	21.6	26.4	19.7	12.6	20.2	25.7	18.8	9.8	21.4
	蓄水后	26	20.35	12.45	21.5	26.25	19.65	12.8	20.4	25.5	18.7	9.9	21.3
	差值	-0.2	0.15	0.05	-0.1	-0.15	-0.05	0.2	0.2	-0.2	-0.1	0.1	-0.1
水库中段	蓄水前	26.3	20.3	12.5	21.7	26.5	19.8	12.7	20.3	25.8	18.9	9.9	21.5
	蓄水后	26.15	20.42	12.53	21.64	26.37	19.76	12.85	20.44	25.63	18.82	9.98	21.42
	差值	-0.15	0.12	0.03	-0.06	-0.13	-0.04	0.15	0.14	-0.17	-0.08	0.08	-0.08
库尾攀枝花	蓄水前	26.1	20.1	12.3	21.5	26.3	19.6	12.5	20.1	25.6	18.7	9.7	21.3
	蓄水后	26.0	20.18	12.32	21.48	26.24	19.57	12.57	20.16	25.47	18.65	9.77	21.24
	差值	-0.1	0.08	0.02	-0.02	-0.06	-0.03	0.07	0.06	-0.13	-0.05	0.07	-0.06

注: 正值表示蓄水造成温度增加, 负值表示蓄水造成温度降低。

表 5.5-5 乌东德水库对近地面月平均温度的影响（单位：℃）

水平年	月	气温变化
丰水年	7 月	-0.2
	10 月	-0.1
	1 月	0.1
	4 月	-0.1
平水年	7 月	-0.2
	10 月	0.15
	1 月	0.05
	4 月	-0.1
枯水年	7 月	-0.15
	10 月	-0.05
	1 月	0.2
	4 月	0.2

（2）对近地面风速的影响

水库蓄水后各个季节库区附近大多数近地面风速会增加，主要原因是库区蓄水后水面面积扩大，使局地地表粗糙度减小。总体上，水库蓄水后引起的风速增量均小于 0.1m/s，基本小于常规风速观测仪器的观测精度。因此，水库蓄水对风速的影响基本可以忽略。

表 5.5-6 不同年份乌东德水库蓄水对近地面风速的影响 单位： m/s

位置		平水年				枯水年				丰水年			
		7 月	10 月	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月
乌东德坝址	蓄水前	5.6	6.4	4.9	5.7	5.2	4.7	6.4	5.2	5.3	5.7	5.6	6.3
	蓄水后	5.64	6.43	4.98	5.75	5.26	4.75	6.45	5.23	5.35	5.74	5.68	6.39
	差值	0.04	0.03	0.08	0.05	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05	0.04	0.08	0.09
水库中段	蓄水前	4.3	4.9	3.8	5.3	4.6	4.2	5.1	4.7	4.1	4.6	4.3	5.5
	蓄水后	4.34	4.95	3.88	5.34	4.65	4.24	5.15	4.75	4.13	4.66	4.35	5.56
	差值	0.04	0.05	0.08	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.05	0.06
库尾攀枝花	蓄水前	2.9	3.4	3.2	2.8	3.5	3.1	2.3	2.8	2.9	3.4	3.2	3.1
	蓄水后	2.92	3.48	3.23	2.83	3.57	3.18	2.34	2.83	2.92	3.48	3.23	3.14
	差值	0.02	0.08	0.03	0.03	0.07	0.08	0.04	0.03	0.02	0.08	0.03	0.04

注：正值表示蓄水造成风速增加，负值表示蓄水造成风速降低。

（3）对近地面比湿的影响

受水面面积扩大导致蒸发量增加的影响,水库蓄水后各个季节库区附近近地面湿度会增加,但湿度增量均小于 0.2g/kg。在所有的模拟算例中,近地面比湿的量值一般在几到十几 g/kg,因此,库区蓄水对湿度的影响无论相对量还是绝对量都很小。

表 5.5-7 不同年份乌东德水库蓄水对近地面比湿的影响 单位: g/kg

位置		平水年				枯水年				丰水年			
		7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月
乌东德坝址	蓄水前	16.02	14.5	7.1	12.3	16.4	14.9	7.2	12.2	16.9	14.4	7.3	12.3
	蓄水后	16.06	14.67	7.3	12.48	16.59	15.08	7.38	12.26	17.04	14.48	7.48	12.49
	差值	0.04	0.17	0.2	0.18	0.19	0.18	0.18	0.06	0.14	0.08	0.18	0.19
水库中段	蓄水前	17.24	15.3	7.6	12.4	17.2	15.7	7.5	12.6	16.6	15.1	7.6	12.6
	蓄水后	17.27	15.45	7.77	12.59	17.38	15.86	7.66	12.65	16.73	15.16	7.79	12.78
	差值	0.03	0.15	0.17	0.19	0.18	0.16	0.16	0.05	0.13	0.06	0.19	0.18
库尾攀枝花	蓄水前	18.1	16.2	7.9	12.3	18.5	16.4	7.8	12.5	18.6	17.9	7.7	12.2
	蓄水后	18.14	16.36	8.08	12.47	18.67	16.55	7.97	12.54	18.71	17.97	7.87	12.35
	差值	0.04	0.16	0.18	0.17	0.17	0.15	0.17	0.04	0.11	0.07	0.17	0.15

注: 正值表示蓄水造成比湿增加, 负值表示蓄水造成比湿降低。

(4) 对蒸发量的影响

水库蓄水后各个季节蒸发量均有所增加, 但影响范围仅限于库区所在网格点, 对蒸发的改变量均不超过 3mm。相对于月蒸发量总量和降水量来说, 这个影响十分微小。

表 5.5-8 不同年份乌东德水库蓄水对近地面蒸发量的影响 单位: mm/月

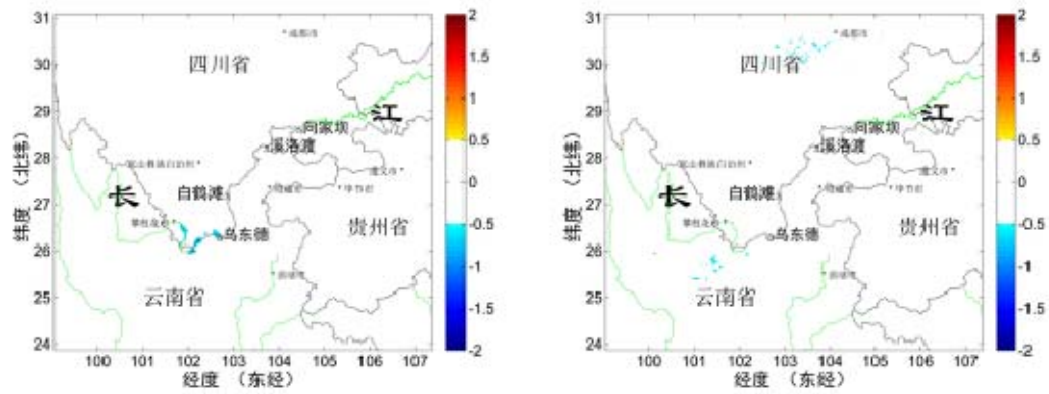
位置	平水年				枯水年				丰水年			
	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月

乌东德坝址	蓄水前	133.5	112.4	35.6	80.4	142.1	118.9	37.3	85.2	139.2	112.4	38.7	83.9
	蓄水后	135.7	115	37	82.7	143.3	121.1	38.6	86	140.7	115.2	40.9	86.5
	差值	2.2	2.6	1.4	2.3	1.2	2.2	1.3	0.8	1.5	2.8	2.2	2.6
水库中段	蓄水前	143.7	115.7	43.4	78.9	148.3	120.3	39.5	75.9	135.2	116.3	37.6	80.1
	蓄水后	145.6	118.4	44.6	80.1	149.4	123	41	76.6	136.8	119	39.4	156.4
	差值	1.9	2.7	1.2	1.2	1.1	2.7	1.5	0.7	1.6	2.7	1.8	76.3
库尾攀枝花	蓄水前	136.9	116.4	34.2	67.3	145.6	102.7	46.2	77.4	138.9	117.4	36.2	74.2
	蓄水后	138.7	118	35.2	68.8	146.5	105	47.4	78	140.3	120	37.7	76.7
	差值	1.8	1.6	1	1.5	0.9	2.3	1.2	0.6	1.4	2.6	1.5	2.5

注：正值表示蓄水造成蒸发量增加，负值表示蓄水造成蒸发量降低。

(5) 对降水量的影响

图 5.5-2 分别为丰水年、平水年和枯水年水库对 7 月份降水量影响的预测结果。模拟结果表明：水库蓄水会使库区附近夏季降水量略有减少，这是因为夏季水库蓄水造成近地面气温下降，使库区上升气流减弱，减小了库区附近局地对流性降水激发的可能性，这种影响在枯水年更为明显。由于局地气温变化程度较小，这种影响的程度也十分小，所有算例中降水量的减小值均不超过 2mm。



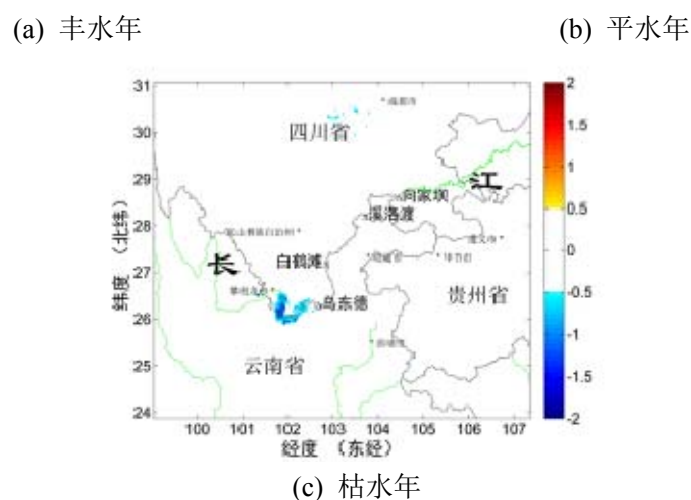


图 5.5-2 不同水平年 7 月份乌东德水库对降水量的影响（单位：mm）

5.5.4 微尺度局地气候效应预测分析

5.5.4.1 预测工况

采用高分辨率边界层模式 NJU-PBL 研究乌东德库区附近几十公里区域内的局地小气候变化。模型模拟丰、平、枯水平年四季气候要素的变化，模拟时间和 WRF 模式的模拟时间完全一致，边界条件也由中尺度气象模式 WRF 提供。

模拟水平范围为 $20\text{km} \times 20\text{km}$ ，采用等距网格，水平分辨率为 500m ，如图 5.5-3 所示。垂直方向上取为由下至上的拉伸网格系统，取 21 层，地面处最小格距为 10m 。每个模拟算例都分为有水库和无水库两种情况，用这两种情况下模拟结果的差值评价水库蓄水对局地气候的影响。

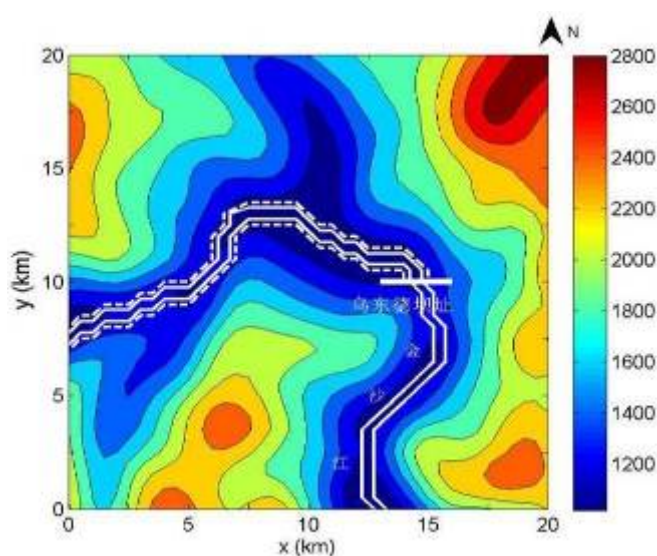


图 5.5-3 乌东德库区地形

(图中白色实线和虚线分别是金沙江河道和水库蓄水后的河道示意图，下同)

5.5.4.2 预测结果分析

在 NJU-PBL 模式模拟计算的基础上，将有水库时的模拟结果减去无水库时的模拟结果（现状），得到乌东德水库蓄水对局地气候特征的影响。

(1) 对局地地面气温的影响

① 水平影响

图 5.5-4 是丰水年、平水年、枯水年水库蓄水后年平均地面气温变化。

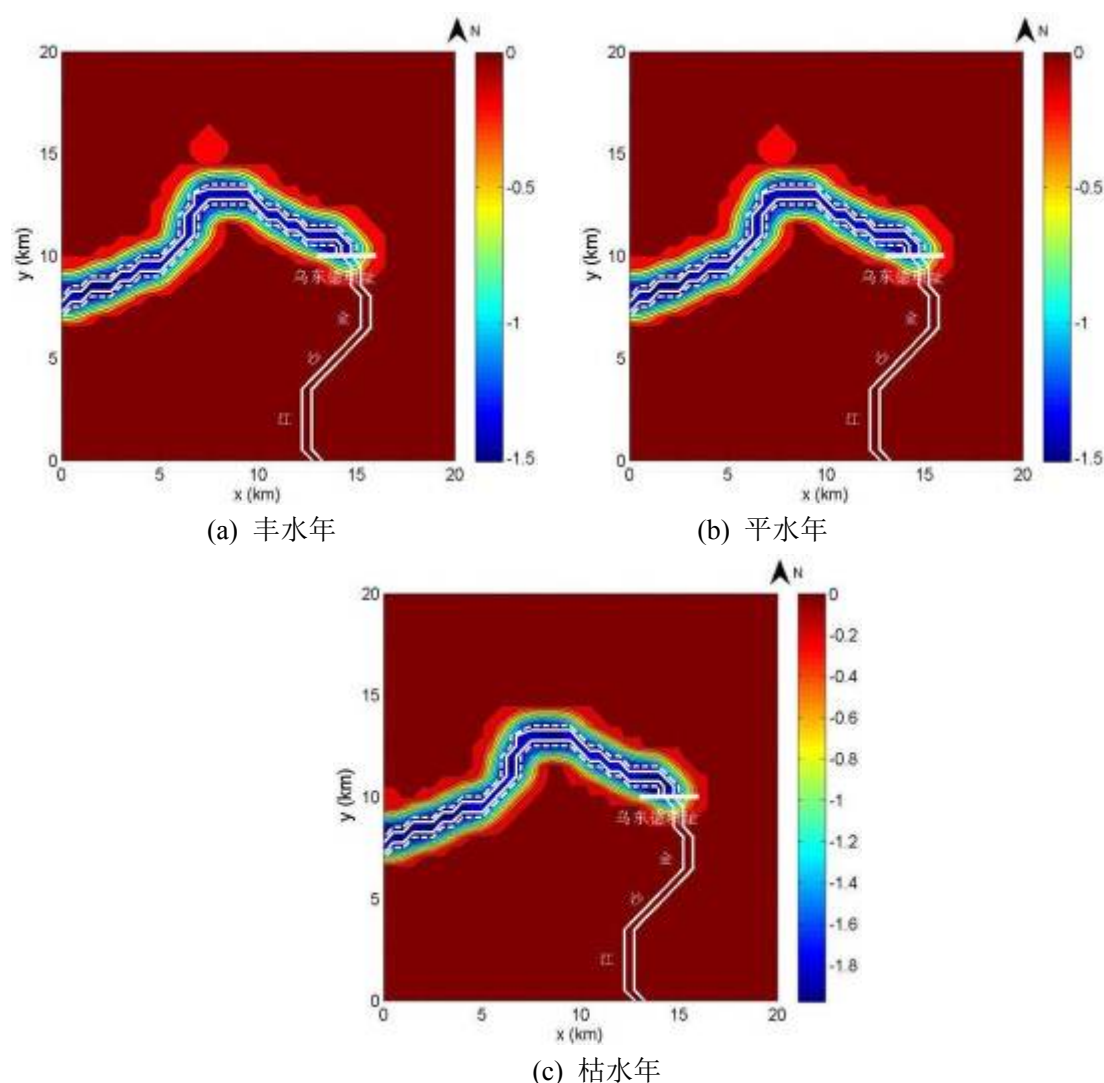


图 5.5-4 不同水平年水库蓄水后年平均地面气温变化（单位：℃）

由图 5.5-4 可见，丰水年、平水年、枯水年水库蓄水后，都使库区附近地区地面气温下降。水体附近气温下降幅度最大，随离岸距离的增加，气温下降幅度减小，在离岸约 1.5km 后，气温下降幅度很小。

表 5.5-9 统计了水库蓄水后不同离岸距离处库区平均月气温变化，气温变化

最大的在淹没区，离岸距离越远，气温变化幅度越小，1.5km 处气温变化幅度一般小于 0.1℃。这一方面是离水库较远，但最重要是金沙江处于深深的峡谷中，水平距离相差，海拔高度即相差很大，离岸 1.5km 处区域与淹没区的高程大约相差 300m，因此水库对气温的水平影响距离有限。

水库蓄水引起淹没区各年度气温的下降各不相同，其中丰水年、平水年、枯水年降温幅度分别约为 1.43℃、0.43℃和 1.92℃，三年平均气温下降约 1.26℃。

表 5.5-9 水库蓄水后不同离岸距离处的月平均气温变化 单位：℃

时间	离岸距离				
	淹没区	500m	1000m	1500m	2000m
丰水年 7 月	-3.57	-2.20	-0.56	-0.19	0
丰水年 10 月	-1.75	-0.97	-0.14	-0.01	0
丰水年 1 月	0.75	0.42	0.06	0.01	0
丰水年 4 月	-3.43	-2.00	-0.39	-0.06	-0.03
平水年 7 月	-2.15	-1.23	-0.21	-0.02	0
平水年 10 月	0.55	0.30	0.04	0.00	0
平水年 1 月	1.37	0.76	0.11	0.01	0
平水年 4 月	-3.2	-1.97	-0.48	-0.07	0
枯水年 7 月	-2.2	-1.21	-0.18	-0.01	0
枯水年 10 月	-3.5	-1.89	-0.27	-0.02	0
枯水年 1 月	1.25	0.64	0.06	0.03	0
枯水年 4 月	0.80	0.45	0.08	0.01	0

7 月份库区附近气温均有所下降，气温下降幅度明显超过年平均值，其中丰水年 7 月降温幅度最大，最大降温约 3.57℃，陆地上气温变化小于淹没区。

10 月份水库蓄水对气温的影响在不同年代差异较大，其中丰水年使库区周围地区气温上升约 0.55℃，枯水年和平水年分别使周围地区气温下降 3.5℃和 1.75℃。

由于冬季水面气温比陆地气温高，水库蓄水使 1 月份库区附近地面气温增加。平水年 1 月份气温上升幅度最大，达 1.37℃，枯水年和丰水年 1 月气温上升幅度分别为 1.25℃和 0.75℃，1 月份三年平均气温上升约 1.12℃。

水库蓄水对不同年代 4 月份地面气温的影响不一致，其中丰水年、枯水年 4 月份气温下降，但平水年 4 月份气温上升，丰水年、平水年和枯水年库区气温变化约-3.43、0.8 和-3.2℃。

②垂直影响

图 5.5-5 和图 5.5-6 为不同水平年和不同季节离岸 500m 处的气温变化垂直分布。越接近地面，水库蓄水引起的气温变化越大，随高度增加，气温的变化迅速

减小。在不同高度，丰水年的气温变化最大，温度变化随高度的衰减也比较缓。同时，水库蓄水将导致 4、7、10 月份不同高度上气温的下降和 1 月份不同高度上气温的上升。10 月份和 4 月份的变化趋势比较接近，7 月份气温下降幅度随高度衰减比较快。

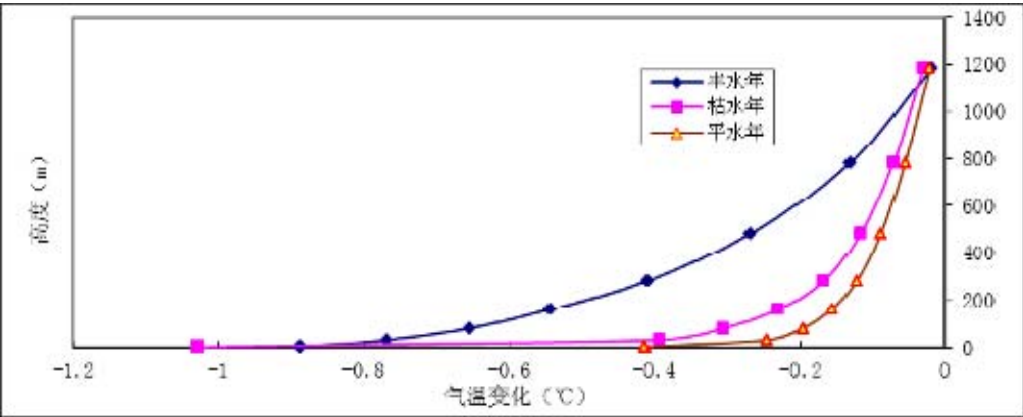


图 5.5-5 离岸 500m 处年平均气温变化的垂直分布

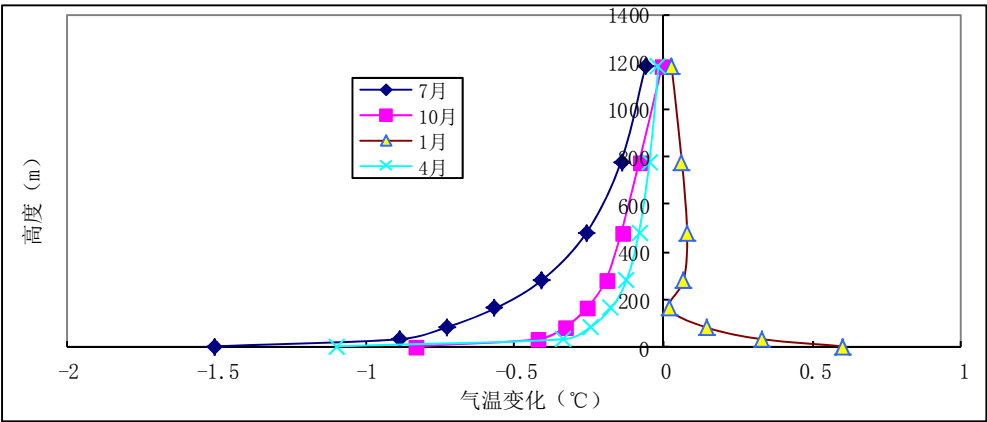


图 5.5-6 三年平均离岸 500m 处不同月份气温变化廓线

③日内变化

除了季节上的变化不同外，水库蓄水对日内气温的影响也不同。图 5.5-7 和图 5.5-8 反映出气温在日内不同时刻的变化有很大差异，且在不同年份、不同季节也不尽相同。总体上，白天呈现降温，在 15 时左右降温达到极大，三个年代白天的降温幅度都超过增温幅度。平水年夜间增温时段长度大于白天降温时段长度，而丰水年和枯水年则相反，白天降温时段较长。

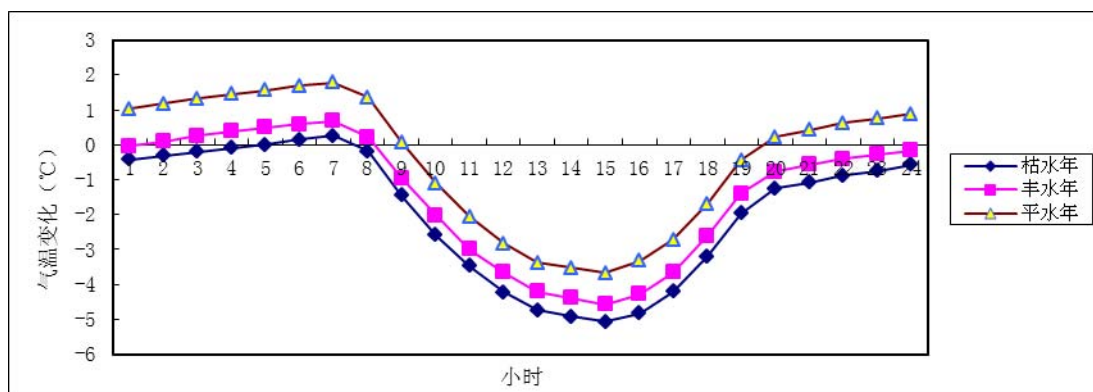


图 5.5-7 水库蓄水引起的离岸 500m 处年平均气温日变化

在不同月份，白天气温变化大，夜间气温变化小于白天。4 月份白天降温幅度最大。1 月份白天降温幅度最小，且白天气温下降的时间也最短。10 月份除 4-8 时增温以外，其余时段都降温。7 月份 24 小时都表现为降温，但夜间降温幅度小于白天。

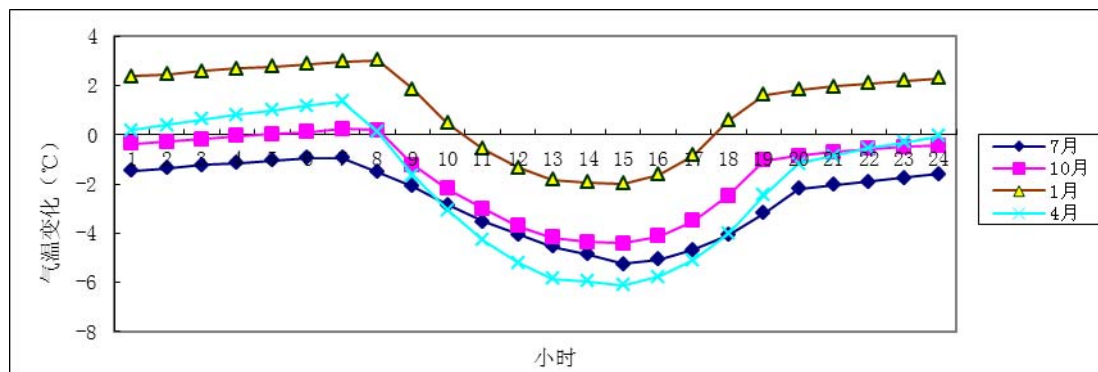


图 5.5-8 水库蓄水引起的离岸 500m 处三年平均不同月份气温日变化

(2) 对局地空气湿度的影响

各年代水库蓄水引起的地面比湿变化类似，都导致库区地面比湿增加，但不同年代增加的幅度不完全相同，随离岸距离增加，比湿增加的幅度逐渐减小。湿度增加的范围和气温变化的范围类似，局限于库区两侧，这主要因为金沙江两岸高达山区的阻挡作用形成的。

不同月份的地面比湿分布和年平均的分布特征基本相同，只是数值略有差异，库区湿度变化大，离岸距离越远，湿度变化越小。

表 5.5-10 是库区平均的不同离岸距离处的湿度变化。三年平均结果显示，淹没区湿度增加 1.9g/kg，离岸 500m 处湿度增加 1.1g/kg，离岸 1km 处湿度增加 0.2g/kg，离岸 1.5km 处的湿度变化很小，只有 0.03g/kg。

表 5.5-10 水库蓄水后不同离岸距离处的年平均湿度变化 (g/kg)

时间	离岸距离				
	淹没区	500m	1000m	1500m	2000m
丰水年	1.65	0.961	0.176	0.029	0.007
平水年	1.97	1.142	0.215	0.031	0.008
枯水年	2	1.162	0.215	0.031	0.015

图 5.5-9 和图 5.5-10 为离岸 500m 处不同水平年与不同月份的湿度变化垂直分布，越接近地面，水库蓄水引起的湿度增加越大，随高度增加，湿度的增加逐渐减小，4 月的湿度增加明显高于其余月份。

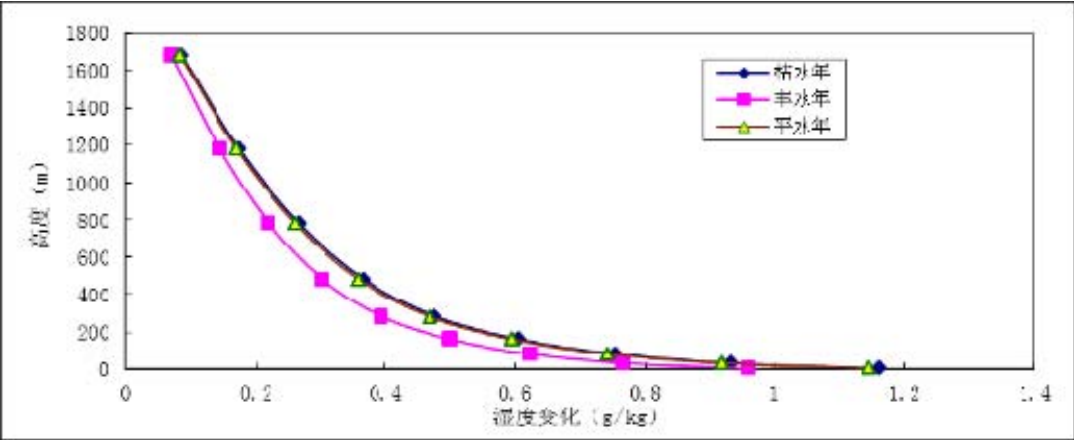


图 5.5-9 离岸 500m 处年平均比湿变化的垂直分布

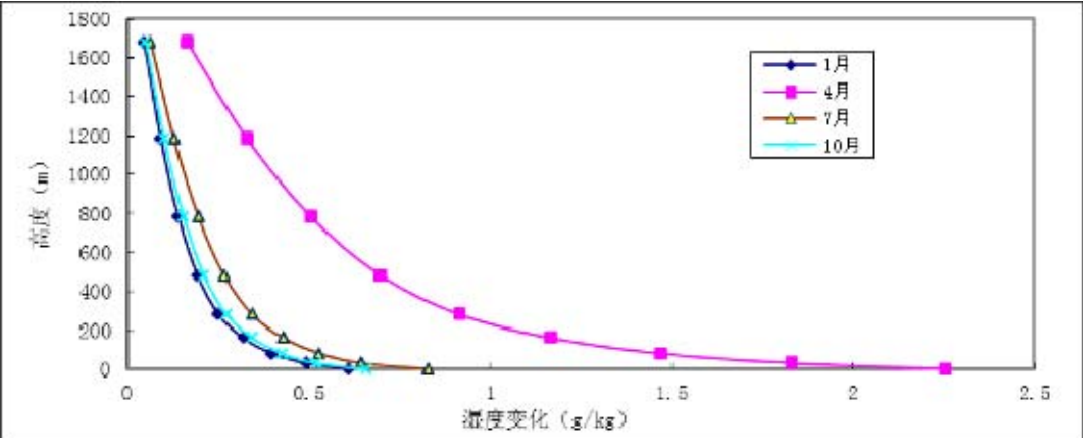


图 5.5-10 三年平均离岸 500m 处不同月份湿度变化廓线

水库蓄水对相对湿度的影响包括两方面，一是水汽增加效应，即下垫面水汽蒸发加强使大气中相对湿度增加；二是温度效应，即水库蓄水导致气温变化，气温的上升或下降，将使大气“容纳水汽”的能力增强或减弱，从而使相对湿度减小或增加。

通过模拟分析发现，水库蓄水引起的相对湿度月变化特征有较大差异，但相

对湿度的变化范围和年平均结果相似，都局限于库区及周边地区（图略）。在气温下降的月份，相对湿度增加较大，在气温上升的月份，相对湿度下降。这是因为气温下降，使饱和比湿下降，相对湿度上升，反之，气温上升则使饱和比湿上升，从而使相对湿度下降。这说明，水库对相对湿度的影响，更多的是通过影响气温从而影响相对湿度，超过了水汽增加造成的相对湿度加大的作用。

表 5.5-11 为库区平均不同离岸距离处的相对湿度变化。三年平均结果显示，在淹没区，相对湿度增加 8.29%，在离岸 500m 处，相对湿度增加 4.97%，离岸 1km 处，相对湿度增加 1.36%，在离岸 1.5km 处的相对湿度变化很小，只有 0.18%。枯水年平均相对湿度变化大于平水年和丰水年。

同样，相对湿度变化的垂直分布趋势也是越接近地面，相对湿度增加越大，随高度增加，湿度的增加迅速减小（图 5.5-11）。在不同高度，枯水年的相对湿度变化最大，平水年相对湿度变化最小。

表 5.5-11 水库蓄水后不同离岸距离处的年平均相对湿度变化（%）

时间	离岸距离				
	淹没区	500m	1000m	1500m	2000m
丰水年	8.93	5.57	1.49	0.13	0.07
平水年	4.42	2.56	0.71	0.09	0.05
枯水年	11.51	6.79	1.89	0.30	0.15

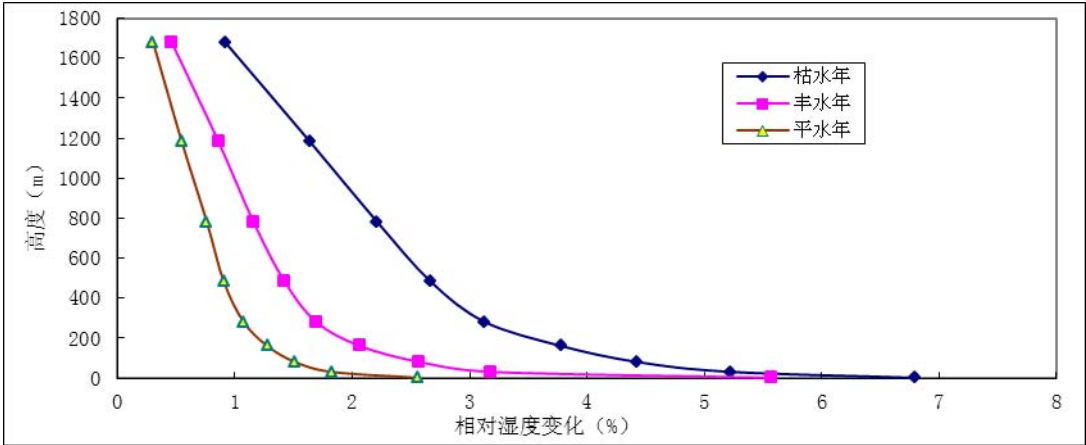


图 5.5-11 离岸 500m 处年平均相对湿度变化的垂直分布

(3) 对局地地面风速的影响

不同水平年水库蓄水引起的地面风速变化特征类似，都使库区地面风速增加，但不同年代增加的幅度不完全相同，随离岸距离增加，风速增加的幅度逐渐减小。风速增加的范围和气温变化的范围类似，局限于库区两侧。

表 5.5-12 为库区平均不同离岸距离处的地面风速变化。淹没区的平均风速变

化几乎是沿岸地区风速变化的 4~5 倍，随离岸距离的增加，风速变化迅速减小，在淹没区、离岸 500m 和离岸 1km 处，三年平均风速变化分别为 1.22、0.26 和 0.10m/s。风速变化随离岸距离的衰减明显比温度、湿度变化快，可见，水库蓄水对风速的影响范围比对温度、湿度的影响范围小。

表 5.5-12 水库蓄水后不同离岸距离处的年平均风速变化（m/s）

时间	离岸距离				
	淹没区	500m	1000m	1500m	2000m
丰水年	1.28	0.29	0.11	0.07	0.05
平水年	1.19	0.25	0.09	0.05	0.04
枯水年	1.20	0.25	0.09	0.05	0.03

图 5.5-12 和图 5.5-13 分别是离岸 500m 处不同年代和不同月份水库蓄水引起的风速变化的垂直分布。水库蓄水都将引起风速增加，但随高度增加，风速变化迅速衰减，在约 200m 高度以上，风速变化很小。

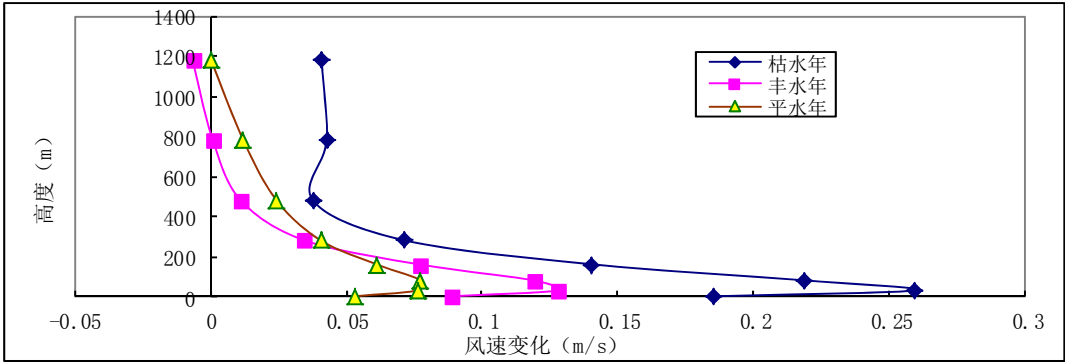


图 5.5-12 离岸 500m 处年平均风速变化的垂直分布

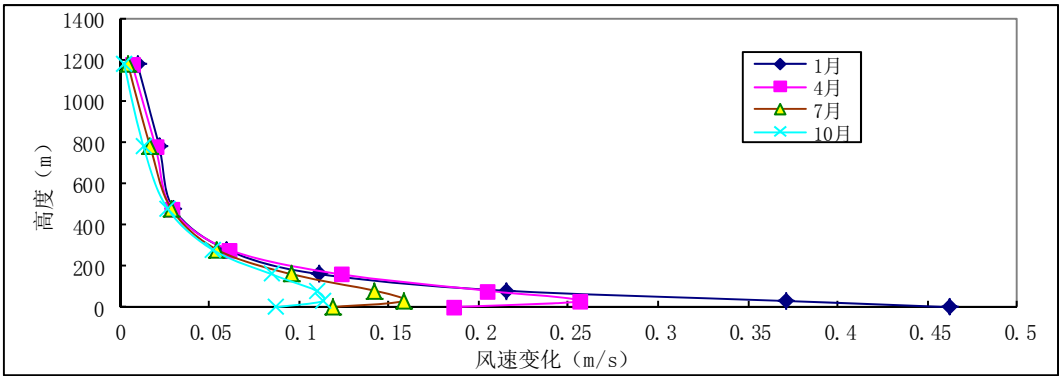


图 5.5-13 三年平均离岸 500m 处不同月份风速变化廓线

（4）对于干热河谷气候的影响

梯级电站所在的金沙江沿岸地区属于干热河谷气候，图 5.5-14 和图 5.5-15 分别是白鹤滩水库巧家气象站多年的气温和相对湿度距平，图 5.5-16 和图 5.5-17

分别是溪洛渡电站三坪气象站多年的气温和相对湿度距平。由图可见，这两个站自然的年际气候变化非常明显，温度距平可达 0.8°C ，相对湿度距平可达 6%，年际温度变化可达 1.2°C ，年际相对湿度变化可达 9%。根据前文分析，水库使近岸区（沿岸 500m）三年平均气温下降 0.75°C 、相对湿度上升 4.97%，该气温和湿度变化在该地区正常的年际气候波动范围内，可以认为水库对沿岸的干热河谷气候特征没有根本性的改变。

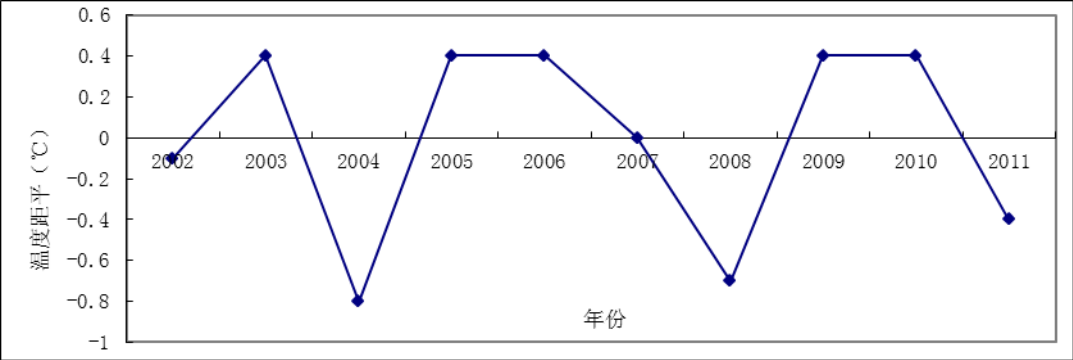


图 5.5-14 巧家站 2002-2011 年温度距平变化

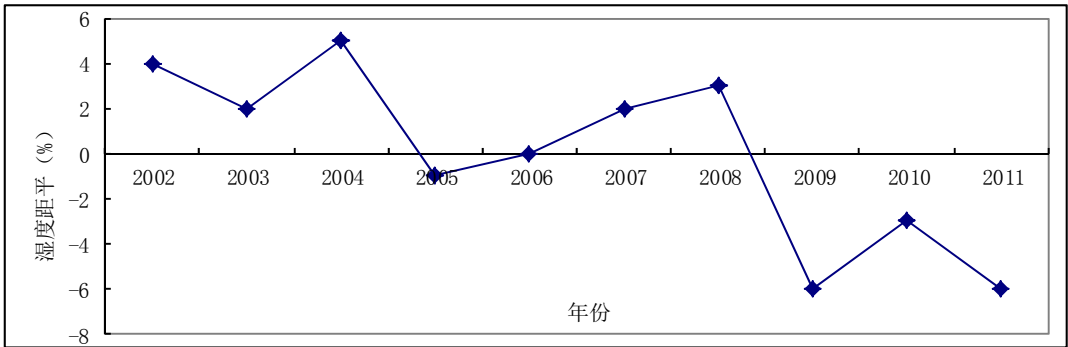


图 5.5-15 巧家站 2002-2011 年相对湿度距平变化

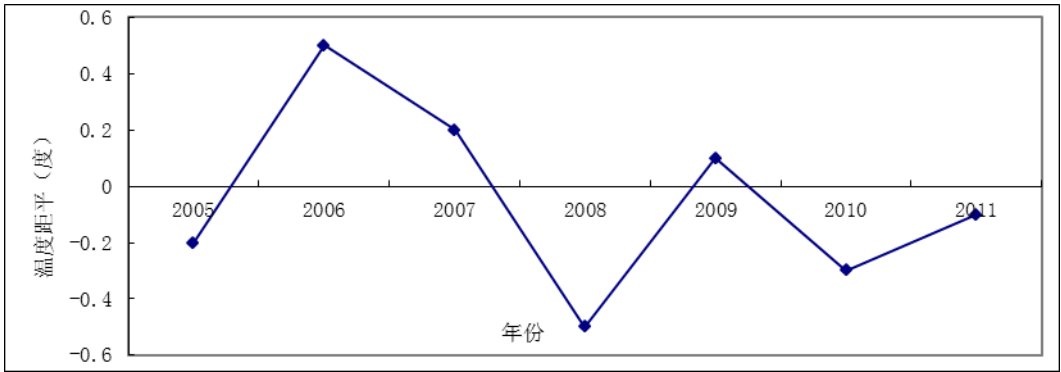


图 5.5-16 溪洛渡电站三坪气象站 2005-2011 年温度距平变化

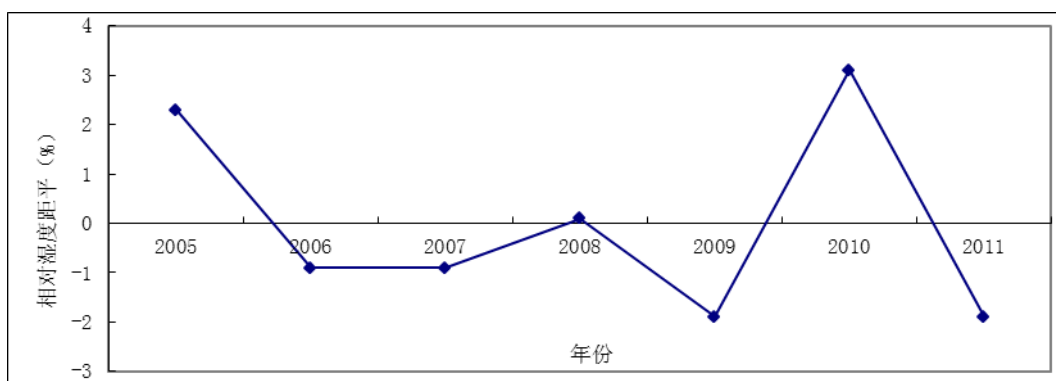


图 5.5-17 溪洛渡电站三坪气象站 2005-2011 年相对湿度距平变化

5.5.5 区域气象环境影响分析

5.5.5.1 对灾害性天气的影响

根据数值模拟的结果,水库蓄水后对区域 900km×900km 范围内的极端高温、低温天气的出现并没有影响。大约使年最高气温下降 0.2~0.4℃,使年最低气温上升 0.4℃。水库对库区内极端高温和极端低温有一定影响,总体上使极端高温下降、极端低温上升。根据上述章节边界层模式计算结果,统计了各月超过 35℃ 的高温天气,发现由于白天水库的降温效应,丰水年 7 月和平水年 7 月,高温天气各减少 6 天和 2 天。

水库对区域月极大风速的影响较小,在所有月份中,极大风速最大增加 0.2m/s。

由于数值模式中无法直接给出雾的模拟,在这里假定近地面相对湿度大于 95%即为雾天,模拟结果表明水库蓄水后会使得库区附近空气湿度有所上升,但模拟范围内雾天出现天数变化很小。水库可能使库区 7 月、10 月雾日增加 1 天左右。水库对库尾攀枝花地区雾日没有影响。

5.5.5.2 对库尾攀枝花地区逆温的影响

逆温主要出现在夜间,日出后,逆温逐渐消失,而水库的影响使夜间气温上升,气温上升幅度随高度增加而减小,地面气温的上升可能会使逆温消失。根据数值模拟的结果,水库可能使库区逆温出现日数减少 0~2 天,对库尾攀枝花地区的逆温没有影响。

5.5.5.3 对河谷生态的可能影响

库区河谷属于干热气候，由于水库蓄水使库区气温上升、湿度加大，因此对沿岸干热河谷气候有一定影响，使之向湿热方向变化。但增温效应体现在夜间，水库影响使白天降温。

气温、湿度的变化对于河谷植被可能有影响，根据温度对植物生理生态特征及植物对温度的要求，可以把植物分为喜温植物和喜凉植物，前者指生长发育的起点温度与全生育期中所要求的温度都比较高，如水稻、玉米、棉花、高粱、烟草、花生、甘蔗等；后者则指生长发育的起点温度与全生育期中所要求的温度相对较低，如麦类、油菜等。也可把植物分成广温植物（植物生长要求的温度范围较宽，分布较广）和窄温植物（植物生长对温度要求严格，分布范围也较窄）。因此气温的变化对植被的影响取决于原来植被类型和气温的变化大小及符号。

气温对植被的影响，就其生理过程来说，都有三个基本点，即三基点温度：最低温度、最适温度和最高温度，或称为下限温度、最适温度和上限温度。下限温度是指一定低温影响的一定时间内，植物不能继续生长，但也不受伤害；最适温度是指生长最适宜的温度；上限温度是指植物处于一定高温的一定时间内，不能继续生长但也不受伤害的温度。不同植物三基点温度不同，并有一定的变化幅度，原产热带的植物，其生长适宜温度比原产温带的植物更高；冬作物（如小麦）的生长适宜温度比夏作物（如玉米）的要低。表 5.5-13 列出几种主要作物生长的三基点温度。

表 5.5-13 几种作物生长的三基点温度（℃）

作物	最低温度	最适温度	最高温度
小麦	3~4.5	20~22	30~32
大麦	3~4.5	20	28~30
玉米	8~10	30~32	40~44
水稻	10~12	30~32	36~38
烟草	13~14	28	35
甜菜	4~5	25	28~30
棉花	13~15	28	35
油菜	4~5	20~25	30~32
牧草	3~4	26	30
紫花苜蓿	1	30	37

由表可见，大部分作物的三基点温度都有 1~2℃的变化范围，第七章得到的水库对局地气温的影响在丰水年、平水年、枯水年都小于 1.0℃，小于三基点

温度的变化范围，因此平均气温变化对河谷植被总体上没有明显影响。

气温日变化和空气湿度对植物生长发育有一定影响，这种影响比较复杂，在空气湿度和光合作用之间，某些情况下呈正相关，而某些情况下又呈负相关，这是因为湿度对光合作用的影响是间接的，也因其他因子所处状态而有各种不同表现。总之，水库对区域植被生态影响极小，水库对河谷的局地生态总体影响不大，具体需根据河谷植被类型作进一步研究。

5.6 工程施工环境影响预测评价

5.6.1 水环境

乌东德水电站工程建设期间将产生一定的污废水，主要包括砂石料冲洗废水、混凝土拌和楼料罐冲洗废水、机械冲洗废水及生活污水等。其中砂石料冲洗废水以及混凝土拌和系统冲洗废水、机械冲洗废水均考虑处理后回用，不外排，在正常工况下不会对附近金沙江水质带来不利影响，但在处理系统事故排放的情况将对金沙江水质造成一定的影响。

5.6.1.1 生活污水

根据工程施工组织设计，枢纽工程施工期间生活营地主要分布在新村、海子尾巴、金坪子以及马头上四个施工区。考虑最不利情况，以主体工程施工期生活污水为代表分析其达标排放对附近水体的影响。

（1）达标排放

1) 生活污水源强分析

乌东德水电站工程施工期间，施工高峰期人数达 12000 人，各施工营地生活污水源强及位置情况如下表所示。

表 5.6-1 各生活区生活污水产生情况统计表

污染源位置	高峰污水量（m³/s）	相对位置
新村	0.0069	坝址右岸上游 4.2km，高程 1140m
海子尾巴	0.0056	坝址右岸上游 1.6km，高程 994m
金坪子	0.025	坝址右岸下游 800m，高程 1081m
马头上	0.0042	坝址左岸上游 2.4km，高程 850m

由表 5.6-1 可知，新村施工区生活污水排放总计 0.0069m³/s，海子尾巴为

0.0056m³/s，金坪子为 0.025m³/s，马头上 0.0042 m³/s。本次水质预测主要预测上述 4 个施工工区生活污水排放对金沙江江段水质影响。达标排放情况下，COD 浓度取 100mg/L，NH₃-N 浓度取 15mg/L。

2) 预测模型及参数拟定

①预测因子

根据生活污水中特征污染物及金沙江水体水质现状情况，选择预测因子为 COD、NH₃-N。

②预测模型

预测模型采用非持久污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式预测。

$$C(x,y) = \exp(-K_1 \frac{x}{86400u}) \left\{ C_h + \frac{C_p Q_p}{H(\pi M_y x)^{1/2}} \left[\exp(-\frac{q^2}{4M_y x}) + \exp(-\frac{(2Q_h - q)^2}{4M_y x}) \right] \right\} \quad (5.6-1)$$

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)(gHI)^{1/2} \quad (5.6-2)$$

式中：

$C(x,y)$ —预测点污染物浓度，mg/L；

x —预测点 x 方向坐标值，m；

y —预测点离排放口的横向距离，m；

K_1 —河流中污染物降解系数，1/d；

C_p —污水中污染物的浓度，mg/L；

Q_p —污水流量，m³/s；

C_h —河流上游污染物的浓度（本底浓度），mg/L；

H —河流平均水深，m；

M_y —河流横向混合（弥散）系数，m²/s；

μ —河流流速，m/s；

B —河流平均宽度，m；

π —圆周率；

g —取 $9.8\text{m}^2/\text{s}$;

I —为河流比降。

③计算条件及参数拟定

——水文条件

考虑最不利情况,设计流量选取排放口所在金沙江江段 90%保证率下的最枯月平均流量。

以天然月径流序列为基础资料,进行最枯月平均流量的频率计算,根据计算,90%保证率下最枯月平均流量为 $920\text{ m}^3/\text{s}$ 。

根据乌东德水电站回水计算结果以及各排污口所在断面河道地形,采用流量—面积法进行估算,90%保证率下,各施工营地排污口所在断面流速见表 5.6-2。

——水质背景浓度

本次评价在坝址处设有一处水质现状监测断面,位于工程影响范围内,因此水质背景浓度采用坝址断面枯水期水质实测数据,COD 初始浓度为 10mg/L 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 初始浓度为 0.041 mg/L 。

—— K_l 值的选取

工程所在金沙江水流湍急,参照金沙江同类工程(观音岩水电站“三通一平”工程)测定情况,COD 降解系数 K_l 值取 0.3d^{-1} , $\text{NH}_3\text{-N}$ 降解系数 K_l 值取 0.25d^{-1} 。

表 5.6-2 水质预测分析计算参数取值表

工况	位置	90%保证率最枯月平均流量 $920\text{ m}^3/\text{s}$			
		μ (m/s)	K_l (d-1)		M_y
			COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	m^2/s
天然	新村	0.92	0.3	0.25	0.68
	海子尾巴	0.92	0.3	0.25	0.58
	金坪子	0.75	0.3	0.25	0.60
	马头上	0.73	0.3	0.25	0.60

根据预测,工程区生活污水经处理排入河道后,横向影响范围主要在排污口处 15m 范围内。各营地排污口所在断面岸边 COD 浓度增加量分别为:新村施工区 0.38mg/L 、海子尾巴施工区 0.26mg/L 、金坪子施工区 1.37mg/L 、马头上施工区 0.115 mg/L ; $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度增加量分别为:新村施工区 0.017mg/L 、海子尾巴施工营地 0.011mg/L 、金坪子施工营地 0.045mg/L 、马头上施工区 0.034 mg/L 。各

施工营地生活污水排放口水质预测结果见表 5.6-3～表 5.6-10。

由于金沙江流量较大，水量充沛，生活污水量较小，且均处理达标后排放，因此，工程施工区生活污水排放对金沙江水质影响甚微，不会改变金沙江水质类别。

表 5.6-3 新村排污口近岸水域 COD 浓度计算表 单位：mg/L

X(m) \ Y(m)	0	5	10
5	10.38	10.01	10.00
10	10.27	10.04	10.00

表 5.6-4 新村排污口近岸水域 NH₃-N 浓度计算表 单位：mg/L

X(m) \ Y(m)	0	5	10	15
5	0.058	0.043	0.041	0.041
30	0.048	0.046	0.043	0.041
55	0.046	0.045	0.043	0.042
80	0.045	0.045	0.043	0.042
105	0.045	0.044	0.043	0.042
130	0.044	0.044	0.043	0.043
155	0.044	0.044	0.043	0.043
180	0.044	0.044	0.043	0.043
205	0.044	0.043	0.043	0.043
230	0.043	0.043	0.043	0.043
255	0.043	0.043	0.043	0.043

表 5.6-5 海子尾巴施工营地排污口近岸水域 COD 浓度计算表 单位：mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10
5	10.255	10.004	10.000
10	10.180	10.024	10.000

表 5.6-6 海子尾巴施工营地排污口近岸水域 NH₃-N 浓度计算表 单位：mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10	15
5	0.052	0.042	0.041	0.041
30	0.046	0.044	0.042	0.041
55	0.044	0.044	0.043	0.042
80	0.044	0.043	0.043	0.042
105	0.043	0.043	0.043	0.042
130	0.043	0.043	0.043	0.042
155	0.043	0.043	0.043	0.042

表 5.6-7 金坪子施工营地排污口近岸水域 COD 浓度计算表 单位: mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10	15
5	11.366	10.052	10.000	10.000
15	10.788	10.265	10.010	10.000
25	10.610	10.317	10.044	10.001
35	10.515	10.323	10.079	10.007
45	10.454	10.315	10.105	10.016
55	10.410	10.304	10.124	10.027

表 5.6-8 金坪子营地排污口近岸水域 NH₃-N 浓度计算表 单位: mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10	15	20
5	0.086	0.051	0.041	0.041	0.041
30	0.059	0.055	0.048	0.043	0.041
55	0.054	0.053	0.049	0.045	0.043
80	0.052	0.051	0.049	0.046	0.043
105	0.051	0.050	0.048	0.046	0.044
130	0.050	0.049	0.048	0.046	0.044
155	0.049	0.049	0.048	0.046	0.045
180	0.048	0.048	0.047	0.046	0.045
205	0.048	0.048	0.047	0.046	0.045
230	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045
255	0.047	0.047	0.047	0.046	0.045
280	0.047	0.047	0.046	0.046	0.045
305	0.047	0.047	0.046	0.046	0.045
330	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045
355	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045
380	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045
405	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045
430	0.046	0.046	0.045	0.045	0.045
455	0.046	0.046	0.045	0.045	0.045

表 5.6-9 马头上营地排污口近岸水域 COD 浓度计算表 单位: mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10
5	10.115	10.002	10.000
10	10.081	10.009	10.000

表 5.6-10 马头上营地排污口近岸水域 NH₃-N 浓度计算表 单位: mg/L

Y (m) X (m)	0	5	10	15
5	0.075	0.061	0.061	0.061
20	0.068	0.064	0.061	0.061
35	0.066	0.064	0.062	0.061
50	0.065	0.064	0.062	0.061
65	0.065	0.064	0.062	0.061
80	0.064	0.064	0.062	0.061
95	0.064	0.064	0.062	0.062
110	0.064	0.063	0.062	0.062

(2) 事故排放

生活污水事故排放预测以排污量较大的金坪子作为典型进行计算分析。预测因子选取 COD, NH₃-N, 事故排放浓度分别取 400mg/L、35mg/L。预测结果见表 5.6-11 和表 5.6-12。

根据预测,事故排放情况下,金坪子施工区排污口排放污水对近岸水域水质影响范围相对正常工况较大。污染带长度约 1705m,相对正常工况下,污染范围较长,但金沙江流量较大,水流湍急,污染带最宽处不超过 25m。

综上所述,生活污水事故排放对金沙江水质影响局限于局部区域,其污染带较正常排放情况下增长,距离排污口 5m 范围内 COD 浓度增量 5.466mg/L, NH₃-N 浓度增量为 0.088mg/L, 增加较为明显。

表 5.6-11 金坪子事故排放近岸水域 COD 浓度计算表 单位: mg/L

Y(m) X(m)	0	5	10	15
5	15.466	10.207	10.000	10.000
15	13.155	11.060	10.040	9.999
25	12.443	11.270	10.177	10.006
35	12.064	11.293	10.317	10.029
45	11.820	11.265	10.424	10.067
55	11.645	11.221	10.499	10.111
65	11.513	11.175	10.551	10.155
165	10.943	10.853	10.632	10.382
265	10.738	10.693	10.574	10.418
365	10.622	10.594	10.517	10.410
465	10.544	10.525	10.470	10.391
565	10.487	10.472	10.431	10.369

表 5.6-12 金坪子事故排放近岸水域 NH₃-N 浓度计算表 单位: mg/L

Y(m) X(m)	0	5	10	15	20	25
5	0.129	0.064	0.041	0.041	0.041	0.041
105	0.060	0.059	0.056	0.052	0.048	0.045
205	0.055	0.054	0.053	0.051	0.049	0.047
305	0.052	0.052	0.051	0.050	0.049	0.047
405	0.051	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047
505	0.050	0.050	0.049	0.049	0.048	0.047
605	0.049	0.049	0.049	0.048	0.048	0.047
705	0.048	0.048	0.048	0.048	0.047	0.047
805	0.048	0.048	0.048	0.047	0.047	0.046
905	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.046
1005	0.047	0.047	0.047	0.047	0.046	0.046
1105	0.047	0.047	0.047	0.046	0.046	0.046
1205	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
1305	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
1405	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.045
1505	0.046	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045
1605	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045	0.045
1705	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045

5.6.1.2 砂石料废水

(1) 源强

下白滩、施期大坝以及海子尾巴三处砂石加工系统均为二班制生产，用水量分别为 870m³/h、700m³/h 和 210m³/h，相应废水产生量分别为 730m³/h、560m³/h 和 202m³/h。悬浮物浓度按 45000mg/L 计算。

(2) 预测模型及参数

1) 预测因子

砂石料冲洗废水中主要污染物为 SS，因此以 SS 为预测因子。

2) 预测模型

混合过程采用导则推荐的非持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式，预测模型详见式 5.6-1，其中 K_1 为沉降系数。

3) 计算条件及参数拟定

① 计算条件

——水文条件

考虑最不利情况，选取工程所在金沙江段 90%保证率最枯月均流量，并计算

该水文条件下的水文要素，作为水质预测的水文条件。

——水质背景浓度

水质背景浓度采用坝址断面枯水期水质实测数据，初始浓度取值 68 mg/L。

③ K_1 值的选取

由于工程区位于金沙江中段，河谷为深切峡谷，根据工程地质资料，工程区河床覆盖层一般厚约 50~70m，组成物质从下往上依次为含卵砾中细砂层、含漂块石卵砾碎石土、粉砂质粘土、漂块石碎石土及夹砂卵砾石。金沙江水流湍急，SS 不易沉降，考虑最不利情况，SS 不沉降，即 SS 沉降系数 K_1 值取零。

表 5.6-13 水质预测分析计算参数取值表

位置	相对河岸位置	μ (m/s)	K_1 (d ⁻¹)	M_y (m ² /s)
下白滩	左岸	0.79	0.00	0.68
施期大坝	右岸	0.76	0.00	0.65
海子尾巴	右岸	0.93	0.00	0.60

(3) 预测结果

根据表 5.6-14~5.6-16 预测结果表明，在 90%保证率最枯月平均流量条件下，下白滩砂石料冲洗废水事故排放在金沙江中形成的污染带长度约 16.0km，施期大坝砂石料冲洗废水事故排放污染带长度约 11.1km，海子尾巴砂石料冲洗废水事故排放污染带长约 6.0km。根据分析，江段水质距离排污口越近，SS 浓度增量越大，三处砂石料加工系统事故排放后，距离排放口 5m 处的 SS 增量最大分别为 640mg/L、593mg/L 及 403mg/L，随着向下游的延伸，增量逐渐减小。由于下游右岸施期砂石料加工厂距离坝址约 6.5km，而左岸上游下白滩砂石料加工系统在坝址上游 2.7km，而其影响范围为长 16.8km，宽约 45m。由于施工江段江面宽度在 120m~150m 范围，因此两个砂石料加工系统在同时发生事故排放时，不会发生叠加影响。

因此在砂石料冲洗废水事故排放的情况下，对金沙江局部水域影响较大，形成较明显的污染带，与金沙江江水完全混合后影响相对较小，但需注意安全生产，避免阿巧沟上下游砂石料加工系统发生事故排放时，产生叠加影响。

表 5.6-14 下白滩砂石系统废水事故排放近岸水域 SS 浓度 单位：mg/L

x(m) \ y(m)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45

y(m) x(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
5	708	86	68	68	68	68	68	68	68	68
25	354	208	84	68	68	68	68	68	68	68
45	281	211	112	74	68	68	68	68	68	68
65	245	203	127	83	70	68	68	68	68	68
85	223	194	135	91	73	69	68	68	68	68
105	208	186	139	98	77	70	68	68	68	68
305	150	145	133	116	100	87	78	73	70	69
505	132	129	123	114	104	94	86	79	75	72
705	122	121	117	111	104	97	90	84	79	75
1005	113	112	110	106	102	97	92	87	82	79
1505	105	104	103	101	99	95	92	89	85	82
2005	100	100	99	97	96	94	91	89	86	84
2505	97	96	96	95	94	92	90	88	86	84
3005	94	94	93	93	92	90	89	88	86	84
3505	92	92	92	91	90	89	88	87	85	84
4005	91	91	90	90	89	88	87	86	85	84
4505	89	89	89	89	88	87	86	86	85	83
5005	88	88	88	88	87	86	86	85	84	83
5505	87	87	87	87	86	86	85	84	84	83
6005	86	86	86	86	86	85	85	84	83	83
6505	86	86	86	85	85	85	84	84	83	82
7005	85	85	85	85	84	84	84	83	83	82
7505	85	84	84	84	84	84	83	83	82	82
8005	84	84	84	84	83	83	83	82	82	81
8505	84	83	83	83	83	83	82	82	82	81
9005	83	83	83	83	83	82	82	82	81	81
9505	83	83	83	82	82	82	82	81	81	81
10005	82	82	82	82	82	82	81	81	81	80
10505	82	82	82	82	82	81	81	81	81	80
11005	82	82	82	81	81	81	81	81	80	80
11505	81	81	81	81	81	81	81	80	80	80
12005	81	81	81	81	81	81	80	80	80	80
12505	81	81	81	81	81	80	80	80	80	80
13005	81	81	81	80	80	80	80	80	80	79
13505	80	80	80	80	80	80	80	80	80	79
14005	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79
14505	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79
15005	80	80	80	80	80	80	79	79	79	79
15505	80	80	80	80	79	79	79	79	79	79
16005	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79

表 5.6-15 施期大坝砂石系统废水事故排放近岸水域 SS 浓度 单位: mg/L

$\begin{matrix} y(m) \\ x(m) \end{matrix}$	0	5	10	15	20	25	30
5	661	69	68	68	68	68	68
25	333	144	70	68	68	68	68
45	266	167	80	68	68	68	68
65	232	170	92	70	68	68	68
85	212	168	101	73	68	68	68
105	197	164	107	77	69	68	68
305	144	136	118	98	83	74	70
505	127	123	114	102	90	81	74
705	118	116	110	101	93	84	78
1005	110	109	105	100	93	87	82
1305	105	104	101	98	93	88	83
1605	101	100	99	96	92	88	84
1905	98	98	96	94	91	88	85
2205	96	96	95	93	90	88	85
2705	93	93	92	91	89	87	85
3205	91	91	91	89	88	86	84
3705	90	90	89	88	87	86	84
4205	88	88	88	87	86	85	84
4705	87	87	87	86	85	84	83
5205	86	86	86	85	85	84	83
5805	85	85	85	85	84	83	82
6405	85	84	84	84	83	83	82
7005	84	84	84	83	83	82	81
7605	83	83	83	83	82	82	81
8205	83	83	82	82	82	81	81
8805	82	82	82	82	81	81	80
9405	82	82	81	81	81	81	80
10205	81	81	81	81	80	80	80
10505	81	81	81	81	80	80	80
10805	80	80	80	80	80	80	79
11105	79	79	79	79	79	79	79

表 5.6-16 海子尾巴砂石废水事故排放近岸 SS 浓度计算表 单位: mg/L

$\begin{matrix} y(m) \\ x(m) \end{matrix}$	0	5	10	15	20	25	30
5	471	74	68	68	68	68	68
25	248	146	74	68	68	68	68
45	202	153	89	70	68	68	68
65	180	149	99	74	69	68	68
85	166	145	105	79	70	68	68
105	156	140	108	83	72	69	68

$\begin{matrix} y(m) \\ x(m) \end{matrix}$	0	5	10	15	20	25	30
125	149	136	109	86	74	69	68
145	143	133	110	89	76	70	68
345	117	114	106	96	86	79	74
645	103	102	99	95	89	84	79
945	97	97	95	92	89	85	81
1245	94	93	92	90	88	85	82
1545	91	91	90	88	86	84	82
1845	89	89	88	87	86	84	82
2345	87	86	86	85	84	83	82
2845	85	85	84	84	83	82	81
3345	84	83	83	83	82	81	80
3845	83	82	82	82	81	81	80
4345	82	82	81	81	81	80	80
4845	81	81	81	80	80	80	79
5445	80	80	80	80	79	79	79
6045	80	80	79	79	79	79	78

5.6.1.3 施工对取水口的影响

据调查,由于当地地形条件限制,当地居民用水主要引自山泉水或者地下水,因此施工对当地居民用水影响很小。根据施工规划,主体工程拟在施工区上游和下游各设一水厂,上游水厂取水口位于新村工区上游,不受施工影响,下游水厂取水口位于坝址下游左岸乌东德大桥附近,正常工况下,施工废水对取水口基本无影响,仅上游下白滩砂石料加工系统,一旦发生事故排放,会对取水口产生一定的影响。根据砂石料加工废水事故排放预测,下白滩砂石料加工系统发生事故排放后,取水口附近 ss 浓度达到 74 mg/L,高于背景值,由于下游水厂主供生产用水,同时供金坪子营地生活用水,因此需加强下白滩砂石加工系统管理。

5.6.2 声环境

根据乌东德施工总布置图 and 实际调查结果,乌东德水电站施工区声环境敏感目标有 3 个,分别是卧嘎村、三台村二组和二坪子村。噪声源分析包括施工机械及辅助企业噪声、交通噪声和爆破噪声分析,其中施工机械及辅助企业噪声源分析包括砂石料加工系统、弃渣场等,交通噪声为场内运输车辆运输噪声,爆破噪声为石料场开采爆破噪声。声环境敏感目标与施工布置的关系见下表。

表 5.6-17 乌东德施工区声环境敏感保护目标与施工布置位置关系表

影响源分类	主要污染源	保护对象	与工程的关系	保护对象概况
固定噪声	砂石料加工系统	三台村二组	金沙江左岸,距离下白滩砂石加工系统 420m, 最小高差约 110m。	本村约 14 户居民, 临路第一排居民有 3 户。
	弃渣场		距离下白滩弃渣场 450m, 最小高差约 155m。	
	砂石料加工系统	二坪子村	金沙江右岸, 坝址下游。距离施期砂石料加工系统约 610m, 最小高差 150m。	本村约 20 户居民, 临路第一排居民约有 5 户。
	施期存料场	二坪子村	金沙江右岸, 坝址下游。距离堆料场约 190m, 最小高差 60m。	
	砂石料加工系统	卧嘎村	金沙江右岸, 距离海子尾巴砂石料加工系统 300m, 高差 80m。	本村约 180 户居民, 临路第一排居民约有 10 户。
爆破噪声	石料场	二坪子村	施期石料场距离 480m, 最小高差 100m。	本村约 20 户居民, 临路第一排居民约有 5 户。
流动噪声	施工道路	卧嘎村	金沙江右岸, 距离右岸高线过坝路约 105m。与道路最小高差约 30m。	本村约 180 户居民, 临路第一排居民约有 10 户。

由于爆破噪声源为不连续噪声源, 不能进行 CadnaA 噪声软件预测, 故爆破噪声的影响预测利用公式预测, 固定和流动噪声源噪声影响预测采用 CadnaA 噪声软件预测。

5.6.2.1 固定噪声源和流动噪声源影响预测评价

(1) 预测公式

1) 施工机械及辅助企业噪声源预测公式

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009), 施工机械及辅助企业噪声源即固定点源噪声预测采用以下公式:

$$L_{A(r)} = L_{Aw} - 20\lg(r/r_0) \quad (\text{式 5.6-3})$$

式中: $L_{A(r)}$ —距声源 r 处的 A 声功率级, dB;

L_{Aw} —测点 r_0 处的 A 声功率级, dB;

r —测点与声源的距离, m。

2) 交通噪声源预测公式

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009) 推荐的公路交通运

输噪声预测基本模式：

$$Leq(h)_i = (\overline{LOE}) + 10\lg\left(\frac{N_i}{TV_i}\right) + 10\lg\left(\frac{7.5}{r}\right) + 10\lg\left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{\pi}\right) + \Delta L - 16 \quad (\text{式 } 5.6-4)$$

式中： $Leq(h)_i$ ——第 i 类车的小时等效声级，dB（A）；
 $(\overline{LOE})$ ——第 i 类车速度为 V_i ，km/h；水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB(A)；

N_i ——昼间，夜间通过某个预测点的第 i 类车平均小时车流量，辆/h；
 r ——从车道中心线到预测点的距离，m；
 V_i ——第 i 类车的平均车速，km/h；
 T ——计算等效声级的时间，1h；
 φ_1 、 φ_2 ——预测点到有限长路段两端的张角，弧度；

3) 噪声综合预测

用声能迭加求出预测点的噪声级：

$$L_{\text{总}} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}\right) \quad (\text{式 } 5.6-5)$$

式中： $L_{\text{总}}$ ——预测声级，dB（A）；
 L_i ——各迭加声级，dB（A）；
 n —— n 个声压级。

(2) 噪声源源强及相关参数的确定

1) 施工机械及辅助企业噪声源源强确定

固定噪声源源强均选择实测值中最大值，进行最不利情况预测。本工程的固定噪声源包括砂石料加工系统、弃渣场和存料场等。三种固定噪声源在测试点 1m 处的源强分别为 110dB（A）、90 dB（A）、90 dB（A）。三种固定噪声源影响范围预测结果见下表。

表 5.6-18 固定噪声源影响预测结果

声源	源强 dB（A）	不同距离的噪声预测值 dB（A）							
		10	20	50	100	150	200	300	400
砂石料加工系统	110	90.0	84.0	76.0	70.0	66.5	64.0	60.5	58.0
弃渣场	90	70	64	56	50	46.5	44.0	40.5	38.0

存料场	90	70	64	56	50	46.5	44.0	40.5	38.0

2) 交通噪声源强及相关参数的确定

①车速 (V_i) 和平均小时车流量 N_i

左岸高线过坝道路、右岸高线过坝道路和施期料场道路的 V_i 、 N_i 等相关参数参见下表。

表 5.6-19 三条施工道路设计参数一览表

道路名称	等级	路面宽 (m)	路基宽 (m)	路面 材料	设计 时速	车流量 (辆/h)	
						昼间	夜间
左岸高线过坝路	二级	9.0	10.5	水泥混凝土	30	168	42
右岸高线过坝路	三级	8.0	9.5	水泥混凝土	20	40	10
施期料场路	三级	6.5	7.5	水泥混凝土	20	50	12

②车辆平均噪声级 ($\overline{L_{OE}}$)

本工程交通运输以大型车辆为主。大型车距行驶路面中心线 7.5m 处的平均辐射噪声级 ($\overline{L_{OE}}$) 可按下式计算:

$$(\overline{L_{OE}})_i = 38.5 + 24.6 \lg V \quad (\text{式 5.6-6})$$

V ——大型车辆平均行驶速度

③其他因素引起的修正量 ΔL

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3 \quad (\text{式 5.6-7})$$

式中: ΔL_1 ——线路因素引起的修正量, dB(A);

ΔL_2 ——声波传播途径中引起的衰减量, dB(A);

ΔL_3 ——由反射等引起的修正量, dB(A)。

(3) 受固定噪声源和流动噪声源影响的噪声敏感点预测

采用德国 DataKustik 公司编制的声场仿真软件 Cadna/A 对各敏感目标进行声环境影响预测, 预测结果表明, 卧嘎村、二坪子村声环境昼间和夜间均达标, 三台村二组昼间声环境超标, 超标户数为 6 户, 夜间达标。三处噪声敏感点噪声预测结果详见下表。

表 5.6-20 噪声敏感点声环境预测结果

敏感点	噪声源	昼间/ 夜间	贡献最 大值 dB(A)	背景值 dB(A)	叠加值 dB(A)	标准值 dB(A)	达标 情况	超标 户数

敏感点	噪声源	昼间/ 夜间	贡献最 大值 dB(A)	背景值 dB(A)	叠加值 dB(A)	标准值 dB(A)	达标 情况	超标 户数
卧嘎村	砂石料加工系统、右岸高线过坝道路	昼间	52.7	52.94	55.9	60	达标	0
	右岸高线过坝道路	夜间	44.4	43.21	46.9	50	达标	0
三台村二组	砂石料加工系统、弃渣场、左岸高线过坝路	昼间	63.5	57.20	64.55	60	超标	6
	左岸高线过坝路	夜间	36.1	46.66	47.6	50	达标	0
二坪子村	砂石加工系统、施期存存场、施期料场路	昼间	37	53.25	53.35	60	达标	0
	施期料场路	夜间	31.1	42.07	42.40	50	达标	0

5.6.2.2 爆破噪声影响预测评价

(1) 爆破噪声预测

乌东德水电站施工期爆破噪声主要来自于石料场开采。

预测公式如下：

$$L_w(r) = L_A(r_0) + \Delta L_r - 20 \lg(r/r_0) - a \times (r - r_0) \quad (\text{式 5.6-8})$$

$L_w(r)$ ——预测点的噪声A声压级 (dB)；

$L_A(r_0)$ ——参照基准点的噪声 A 声压级 (dB)；

ΔL_r ——山谷反射的叠加值 (dB)， ΔL_r 取 3dB；

$20 \lg(r/r_0)$ ——几何发散衰减 (dB)；

r ——预测点到噪声源的距离 (m)；

r_0 ——参照基准点到噪声源的距离 (m)；

a ——空气吸收附加衰减系数 (取 1dB/100m)。

根据相关资料，爆破噪声的声级较高，瞬时源强高达 130dB(A)左右，则石料场开采爆破噪声影响范围详见下表。

表 5.6-21 爆破噪声影响范围预测结果

声源	源强 dB(A)	噪声预测值 dB(A)							
		50m	100	200	300	400	500	1000	1350
爆破噪声	130	101.6	95.0	88.0	83.5	80.0	77.1	66.0	59.9

(2) 敏感点分析

根据噪声敏感点分布情况，二坪子村受施期石料场开采爆破噪声影响，二坪

子村噪声预测值见下表。

表 5.6-22 二坪子村爆破噪声预测结果

敏感点	与噪声源 距离 (m)	贡献值 (dB)	现状 (dB)	叠加值 (dB)	标准 (dB)	达标 情况
二坪子村	480	23	53	76	60	超标

经预测，二坪子村昼间受爆破噪声影响叠加值为 76 dB，二坪子村居民点执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准，昼间噪声限值为 60dB，因此在石料场开采爆破期间，二坪子村昼间噪声超标。爆破噪声影响具有间歇性。

5.6.3 环境空气

乌东德水电站施工区大气环境敏感目标包括 3 个居民点，分别是卧嘎村、三台村二组和二坪子村。大气污染源主要包括施工作业面、施工爆破和场内交通系统。工程区内主要大气污染源与敏感保护目标之间相对位置关系见下表。

表 5.6-23 工程区内大气污染源与敏感保护目标位置关系表

名称	主要污染源	保护对象	与工程的关系	保护对象概况	主要污染因子
施工作业面	下白滩砂石料加工系统	三台村二组	金沙江左岸，距离下白滩砂石加工系统 420m，最小高差约 110m。	本村约 14 户居民，临路第一排居民有 3 户。	TSP
	存弃渣场作业		距离下白滩弃渣场 450m，最小高差约 155m。		
	海子尾巴砂石加工系统	卧嘎村	距离海子尾巴砂石加工系统 300m，高差约 80m。	本村约 180 户居民，临路第一排居民约有 10 户	TSP
	施期存料场	二坪子村	距离施期存料场 270m，高差 100m。	本村约 20 户居民，临路第一排居民约有 5 户。	TSP
施工爆破	石料场	二坪子村	金沙江右岸，坝址下游，距离施期石料场 480m，最小高差 100m。	本村约 20 户居民，临路第一排居民约有 5 户。	TSP、NO ₂
交通运输	场内交通道路	卧嘎村	金沙江右岸，距离右岸高线过坝路约 105m，高差约 30m。	本村约 180 户居民，临路第一排居民约有 10 户	NO ₂ 、TSP

5.6.3.1 机械燃油废气

施工废气主要为各类施工机械燃油产生，主要的污染物为 NO₂、CO 等废气。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。根据《环境保护使

用数据手册》，柴油发动机大气污染物排放系数 NO_x 为 21.9g/L ， CO 为 33.3g/L 。根据美国国家环保局推荐使用的计算道路尾气扩散的模型中提供的 NO_x 和 NO_2 的转换系数， NO_x 和 NO_2 的转换系数取 0.075。乌东德水电站工程施工期油料用量为 24 万 t，产生 NO_2 492.75t，产生 CO 9990t。

5.6.3.2 边坡开挖、爆破

(1) 环境影响预测分析

炸药爆破时会产生粉尘和 NO_2 等污染物，污染源主要集中在导流洞爆破施工和石料场开采爆破施工。爆破属于瞬间源，其粉尘、废气的影响范围主要集中在爆破源附近。

在未采取防尘措施前提下，坝基开挖爆破粉尘的排放系数为 200kg/t 炸药， NO_2 的排放系数为 15.27kg/t 炸药， CO 的排放系数为 41.75kg/t 炸药。

乌东德水电站施工期炸药用量为 1 万 t，施工爆破及开挖产生粉尘总量 2000t， NO_2 总量 122.7t， CO 总量为 417.5t。

(2) 环境敏感点影响分析

施工区常年主导风向为西南风，风向将有助于坝体开挖的粉尘和导流洞爆破粉尘向西南方向扩散。卧嘎村位于坝体的西南方向，但由于距离坝体较远，最近距离约 1400m，因此坝体开挖和导流洞爆破产生的粉尘基本不存在对环境敏感点的影响。

施期石料厂距离 480m 处有二坪子村，二者之间的最小高差约 100m，因此，爆破粉尘、废气对二坪子村会有一定影响，但由于高差较大，距离较远，且影响相对较小。

由于乌东德水电工程处于山谷地形，由于受地形影响，山谷地区热性质不均匀，便形成了山谷风。山谷风大多产生在背景环流较弱、少云、晴朗的天气。尤其在上、下午的山谷风转换期间，风向紊乱，静风多，容易使污染物滞留在大气中，而导致高浓度污染。因此，需注意山谷风转换时段，坝体开挖爆破粉尘废气对施工人员的影响。

5.6.3.3 施工作业面粉尘

施工作业面对大气环境产生影响的主要是砂石加工系统和存弃渣场。边坡开

挖排放的主要污染物为粉尘，砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分的运输过程中均会产生粉尘污染。弃渣场和存料场在堆渣和存料的过程中易产生粉尘。砂石加工系统、弃渣场和存料场为面源污染，大气环境评价为三级评价，采用导则推荐的 SCREEN3 估算模式进行贡献值预测。渣场、料场污染源排放按施工扰动区域占地 20m×20m 计。根据禄劝县气象站、会东气象站多年气象资料统计，施工区多年平均气温 20.9℃，多年月平均风速 1.9m/s，最大风速 19m/s，主导风向为西南风。

经估算模式预测（表 5.6-24），下白滩砂石加工系统的施工粉尘对三台村二组居民影响较小。海子尾巴砂石加工系统的施工粉尘对卧嘎村居民基本无影响。其余施工作业面附近不存在环境空气敏感目标。

表 5.6-24 施工作业面的粉尘预测结果

序号	敏感目标	大气影响源	距离 (m)	高差 (m)	不可控条件 下贡献值	可控条件 下贡献值
1	三台村二组	下白滩砂石加工系统	420	110	3.056	0.1833
		下白滩弃渣场	450	155	1.111	0.0668
2	卧嘎村	海子尾巴砂石加工系统	300	80	1.573	0.0944
3	二坪子村	施期存料场	270	100	0.826	0.0494

5.6.3.4 交通扬尘

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶。施工过程中车辆行驶产生的扬尘约占施工总扬尘的 60%以上。道路施工的主要污染环节为灰土搅拌及混凝土拌和作业，材料的运输和堆放，土石方的开挖和回填等作业过程，上述各环节在受风力的作用下将会对施工现场及周围环境产生 TSP。

（1）施工粉尘

①影响预测评价

根据类似工程实际调查资料，目前公路施工灰土搅拌均采用站拌形式，并配有除尘设施，根据已建类似工程实际调查资料，灰土拌和站下风向 50m 处为 8.90mg/m³；下风向 100m 处为 1.65mg/m³；下风向 150m 处满足《环境空气质量

标准》(GB3095-1996)中二级标准日均值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。其它作业环节产生的 TSP 污染可控制在施工现场 50~200m 范围内,在此范围以外符合《环境空气质量标准》(GB3095-1996)中二级标准要求。

根据其他工程公路施工期不同阶段扬尘监测结果可知(表 5.6-25),除桥梁浇筑、桥台修建、爆破施工外,其余各施工阶段距离公路边界 20m 以外 PM_{10} 日均值均符合《环境空气质量标准》(GB3095-1996)二级标准;TSP 除在路面施工段有超标外,其余施工段均无超标影响。

表 5.6-25 公路施工期扬尘监测结果

施工类型	主要施工机械	监测点与公路边界的距离(m)	PM_{10} 日均值(mg/Nm^3)	TSP 日均值(mg/Nm^3)
路面施工	装载机 3 台、推土机 1 台、大型运输车辆 20 台/d	20	0.12~0.24	0.27~0.53
桥梁浇筑、桥台修建、爆破	发电机 2 台、搅拌机 2 台、拖拉机 2 台、振动器 2 台、起重机 1 台、运土车 30~40 台/d	100	0.14~0.21	0.23~0.27
桥梁浇筑	发电机 1 台、搅拌机 2 台、升降机 1 台	20	0.09~0.11	0.17~0.28
桥台修建	运土车 30~40 台/d	110	0.09~0.11	0.20~0.21
路基平整	发电机 1 台、4 台压路机、运土车 40~50 台/d	30	0.10~0.11	0.20~0.22
平整路面	装载机 1 台、压路机 2 台、推土机 1 台、运土车 40~60 台/d	40	0.11~0.12	0.22~0.23
边坡修整、护栏施工	挖掘机 1 台、装载车 3 台	20	0.05~0.11	0.12~0.13
路面清理、路标施工	高压清洗车 1 台、沥青铺路车 1 台	20	0.10~0.12	0.18~0.19

②环境敏感点影响分析

乌东德水电站施工区场内道路施工产生的 TSP 可能对靠近场内交通道路的卧嘎村、三台村二组、二坪子村带来一定影响。三台村二组和二坪子村距离场内交通道路均在 200m 以外,受影响程度较小,卧嘎村距离场内交通道路相对较近,需要采取洒水等保护措施。

(2) 运输扬尘

①影响预测评价

车辆行驶产生的扬尘,在完全干燥的情况下,可按下列经验公式计算:

$$Q = 0.123(V/5)(W/6.8)^{0.85}(P/0.5)^{0.75} \quad (\text{式 5.6-9})$$

式中：

Q——汽车行驶的扬尘，kg/km.辆；

V——汽车速度，km/h；

W——汽车载重量，t；

P——道路表面粉尘量，kg/m²。

为考虑不利情况，汽车行驶速度取 50km/h，载重取 30t，道路表面粉尘量取 0.3kg/ m²，则汽车行驶产生的扬尘量为 2.96kg/km.辆。扬尘量与汽车行驶速度成正比，与路面清洁程度成反比，在同样路面清洁条件下，车速越快，扬尘量越大。在运行过程中采取洒水车定时洒水降尘、清扫等措施后，颗粒物的去除量可达 94%。

运输车辆扬尘不会在大范围内平均分布，但在小空间内浓度较高。在道路局部地段积尘较多的地方，载重车辆经过时会掀起浓密的扬尘。根据其它工程现场实测情况，类似路面交通运输产生的扬尘影响范围一般在宽 10~50m、高 4~5m 的空间内，3min 后较大颗粒即沉降于地面，微细颗粒（所占比重较小）在空中停留时间较长。

采用 ADMS 模式进行交通运输扬尘的贡献值预测，结果见下表。

表 5.6-26 交通扬尘预测结果

序号	敏感目标	大气影响源	距离 (约 m)	高差 (m)	不可控条件下贡献值 (mg/m ³)	可控条件下 贡献值 (mg/m ³)
1	卧嘎村	右岸高线过坝路	105	30	0.031	0.0072

根据对施工区场内交通与敏感保护目标的位置关系分析，卧嘎村距离交通道路较近，将会受到交通运输扬尘的影响，尤其是在气候干燥条件下，更易引起扬尘，采取洒水等除尘措施后 TSP 含量大大降低。

（3）燃油污染排放

1) 影响预测评价

①预测模式

交通运输气态污染物排放源强采用如下公式（5.6-10）计算：

$$Q_j = \sum_{i=1}^3 3600^{-1} A_i E_{ij} \quad (5.6-10)$$

式中：

Q_j ——j 类气态污染物排放源强度，mg/（s.m）；

A_i ——i 类车预测年的小时交通量，辆/h；

E_{ij} ——汽车专用公路运行工况下 i 类型车 j 类排放物在预测年的单车排放因子，mg/（辆.m）。

根据美国国家环保局的计算道路尾气扩散的法规模型，NO_x 与 NO₂ 换算系数取 0.075。

②参数确定

为考虑不利情况，报告中车辆行驶速度取 50km/h。单车排放因子取值参照《公路建设项目环境影响评价规范》附录 D1。

表 5.6-27 车辆单车排放因子推荐值（g/km·辆）

平均车速（km/h）		50	60	70	80	90	100
小型车	CO	31.34	23.68	17.90	14.76	10.24	7.72
	THC	8.14	6.70	6.06	5.30	4.66	4.02
	NO _x	1.77	2.37	2.96	3.71	3.85	3.99
中型车	CO	30.18	26.19	24.76	25.47	28.55	34.78
	THC	15.21	12.42	11.02	10.10	9.42	9.10
	NO _x	5.40	6.30	7.20	8.30	8.80	9.30
大型车	CO	5.25	4.48	4.10	4.01	4.23	4.77
	THC	2.08	1.79	1.58	1.45	1.38	1.35
	NO _x	10.44	10.48	11.10	14.71	15.64	18.38

根据乌东德水电站施工总布置规划专题报告，场内主要交通道路的高峰小时交通量见下表。

表 5.6-28 场内主要交通道路高峰小时交通量（按 15~32t 汽车计算）

路	昼间（辆/h）	夜间（辆/h）
右岸高线过坝路	40	10
左岸高线过坝路	168	42
施期料场路	50	12

③预测结果

乌东德水电站施工期场内大气环境预测结果见表 5.6-29。乌东德水电站右岸高线过坝路 CO、THC、NO₂ 高峰小时排放源强分别为 0.06、0.02、0.01 mg/s.m；左岸高线过坝路 CO、THC、NO₂ 高峰小时排放源强分别为 0.26、0.10、0.04 mg/s.m。

施期料场路 CO、THC、NO₂ 高峰小时排放源强分别为 0.08、0.03、0.01 mg/s.m。

表 5.6-29 施工区场内交通大气污染物昼间排放源强 (mg/s.m)

污染物	右岸高线过坝路	左岸高线过坝路	施期料场路
CO	0.06	0.26	0.08
THC	0.02	0.10	0.03
NO ₂	0.01	0.04	0.01

2) 环境敏感点影响分析

受道路交通影响的大气环境敏感点为卧嘎村。采用 CALINE4 模式对交通运输影响下环境敏感点 NO₂ 的浓度变化进行预测 (表 5.6-30)。叠加背景值后, 施工区大气污染物日均浓度均低于《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 及修改清单 NO₂ 二级标准浓度限值, 因此工程施工对敏感点环境空气影响较小。

表 5.6-30 施工区环境敏感点昼间 NO₂ 浓度预测值 (mg/m³)

敏感点	贡献值 (mg/m ³)	背景值 (mg/m ³)	预测值 (mg/m ³)	超标值 (mg/m ³)
卧嘎村	0.0051	0.02	0.0251	-

5.6.3.5 地下工程施工粉尘

地下建筑物多而复杂, 洞室群密布且布置紧凑, 洞室开挖断面大。有的相互结合, 有的相互交叉。乌东德水电站地下洞室群 (不包括交通洞) 岩石开挖总量为 1032 万 m³。洞室施工开挖粉尘的排放系数为 0.003kg/m³开挖量, 共产生粉尘约 31t。

三大洞室的施工顺序是: 优先安排地下引水发电系统通风排风洞 (竖井) 的施工, 尽可能的使其在主洞室开挖前贯通, 尽早形成自然通风, 改善厂房系统施工条件; 与主洞室处于相同高程的排水廊道领先主洞室的开挖下降进行开挖, 以减少主厂房、主变洞及尾水调压室开挖的渗水, 增加围岩的自稳。主洞室最后进行施工。

工程根据施工进度和强度对地下洞室进行整个施工期的通风散烟设计, 过程分为初期、中期和后期三个阶段。初期的通风散烟除引水隧洞上平段部分靠进水口侧的施工采用自然通风外, 其余部位根据工期要求及洞室群的布置特点分部位布置机械进行强制式通风散烟; 中期根据工期要求及洞室群的布置特点, 以各个系统单独开挖进度进行通风散烟, 各系统应尽量使用自然通风循环与机械通风辅助进行, 并尽可能提前贯通通风机排烟竖井进行自然通风散烟; 后期的通风散

烟主要以自然通风散烟为主，在不能形成自然通风条件或自然通风条件差的部位使用机械通风散烟。

虽然工程考虑了通风散烟的措施和施工优化顺序，但由于限定条件，洞室开挖的粉尘将对施工人员造成一定影响，需要做好施工人员的防尘措施。

5.6.3.6 叠加影响分析

由于各敏感目标受砂石料加工系统粉尘、弃渣场、存料场和交通扬尘的综合叠加影响，将环境敏感目标的多个影响源以及背景值进行叠加，结果见表 5.6-31。三台村二组由于同时受到下白滩砂石加工系统和渣场的影响，TSP 超标，卧嘎村和二坪子村 TSP 施工期间达标。

表 5.6-31 环境敏感目标可控条件下 TSP 浓度预测结果

敏感目标	评价标准	影响类别	产生区域	距离	贡献值	背景值	叠加值	超标值
				m	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
三台村二组	0.30	施工作业面	下白滩砂石加工系统	420	0.1833	0.12	0.37	0.07
			下白滩渣场	450	0.0668			
卧嘎村	0.30	施工作业面	海子尾巴砂石加工系统	300	0.0944	0.11	0.21	-
		交通道路	右岸高线过坝路	105	0.0072			
二坪子村	0.30	施工作业面	施期存料场	270	0.0494	0.10	0.15	-

5.6.4 固体废物

乌东德水电站施工期固体废弃物主要包括生活垃圾、建筑垃圾和辅助企业生产垃圾等。

(1) 生活垃圾

生活垃圾主要集中产生于施工人员生活区，乌东德水电站施工阶段高峰期施工人数 12000 人，平均人数 8000 人，施工期为 122 个月，按照每人每天产生 1kg 垃圾计算，施工高峰期工每天产生垃圾量 12t，施工期共产生垃圾量 29280t。生活垃圾在处理过程中，主要污染物有大气污染物、污水、固体废物等。

污水包括垃圾渗滤液和其他废水。其中垃圾渗滤液主要来源于两部分，一是

大气降水通过垃圾表面渗透进入垃圾体，二是垃圾本身所含的水分和垃圾中有机物被微生物分解所产生的水分，主要污染物为 BOD₅、COD、氨氮。其他废水主要是管理区产生的生活污水，主要污染物为 BOD₅、COD。污水若不经处理，直接排放，将污染附近水体水质。

大气污染物主要是垃圾填埋后分解的填埋气体和粉尘。垃圾填埋后，其中的有机物降解后会产生一定量的气体，主要成分为 CH₄ 和 CO₂，约占填埋气的 95%~99%，其对人体无害，但 CH₄ 若在空气中的体积占 5%~15%时容易引起爆炸。另外填埋气体中还含有少量的 NH₃、H₂S 等，NH₃ 和 H₂S 气体虽然排放量不大，但其气味较难闻，且 H₂S 对人体有害。粉尘主要产生于车辆扬尘，覆土运输、装卸、压实过程中的扬尘，大风扬起路面及填埋作业面的扬尘等。

生活垃圾处理过程中产生的固体废物主要为垃圾渗滤液处理产生的污泥。这些污泥若不经处理直接外排，将会污染周围环境。

（2）建筑垃圾和辅助企业生产垃圾

建筑垃圾主要是弃渣、临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块等。这些建筑垃圾的来源主要是场平、道路铺设和其它施工现场。建筑垃圾除部分回收利用外，其它如不妥善处置，会对周围环境产生环境污染。

施工辅助企业生产过程中产生一定数量的废弃物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等。这些废弃物若露天堆放锈蚀、腐烂后不仅造成物资财产的损失，也会对周围土壤、水体等造成污染，故应加强管理、及时回收利用。特别是蓄电池禁止露天堆放，避免其腐蚀后造成污染影响。

（3）运输环节

工程施工对外交通主要采用公路运输的方式。在运输建筑材料和渣土过程中，装载建筑材料及渣土的运输车辆在行驶中若无遮盖措施或防护不当，易导致物料沿途散落，不仅造成经济损失还影响道路卫生，因此，在建筑材料运输过程中，应采取遮盖措施，避免砂石、土料等沿途洒落。

固体废物对环境的影响主要在施工期，随着工程的建设完成，水土保持措施的逐步到位，其对环境的不利影响将逐渐消失。

（4）硫磺厂废渣

根据现场查勘，施工区生活水厂上游 50m 处有一个硫铁矿厂，该硫铁矿厂是利用硫铁矿采选制硫精砂，运往富民县的硫酸厂制取硫酸。该厂已于 2009 年停产，硫铁矿厂厂区生产设备和原料早已搬迁完毕，但有硫铁矿厂废渣约 1.55 万 m³堆放在厂址附近，未采取处理措施。

由于硫铁矿废渣浸出液为酸性，具有腐蚀性。长江水保所委托长江流域水环境监测中心对硫铁矿废渣进行了浸出毒性试验。检测结果见下表。

表 5.6-32 硫铁矿废渣浸出毒性试验检测结果

样品	浸出剂	pH (浸出时间 24 小时)	pH (浸出时间 48 小时)	pH (浸出时间 72 小时)
硫铁矿 原矿渣	江水	2.40	2.37	2.37
	去离子水	2.33	2.31	2.29
硫铁矿 尾矿渣	江水	2.06	2.04	2.05
	去离子水	2.04	2.01	2.02

浸出毒性试验检测结果表明，硫铁矿原矿渣和尾矿渣浸出液的 pH 均大于 2，不属于危险废物。硫铁矿废渣为第 II 类一般工业固体废物，如不处理，经氧化和遇雨淋溶，形成的含酸废水将流进金沙江，对施工区生活取水口水质以及周边环境产生污染。

5.7 地下水环境影响预测评价

5.7.1 预测评价方法

(1) 三维渗流数学模型

根据研究区的水文地质概念模型，在不考虑水的密度变化的前提下，建立下列与之相适应的数学模型：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (5.7-1)$$

其中：

K：渗透系数，(LT⁻¹)；

h：水头 (L)；

W：单位体积垂向流量 (T⁻¹)，用以表示源汇项；

S_s：孔隙介质的弹性释（储）水率 (L⁻¹)；

t: 时间 (T)。

本次模拟的定解条件可表示为:

初始条件: $H(x,y,z,0)=H_0(x,y,z)$

第一类边界条件:

$$H(x,y,z,t)|_{\Gamma_1} = H_1(x,y,z,t) \quad (5.7-2)$$

第二类边界条件:

$$K \frac{\partial H(x,y,z,t)}{\partial n} \bigg|_{\Gamma_2} = q(x,y,z,t) \quad (5.7-3)$$

其中 $H_0(x,y,z)$ 为研究区各层初始水头值, $H_1(x,y,z,t)$ 为研究区各层第一类边界上的实测水头值, $q(x,y,z,t)$ 为研究区各层第二类边界上的单位面积流量。

上述数学模型可用各种各样的数值法来求解。MODFLOW 计算模块用的是有限差分法。采用有限差分法(向后差分法)对上述数学模型进行空间离散和时间离散, 则可获得计算单元 (i, j, k) 的地下水渗流计算的有限差分公式。如果所有的流量项均以某一时间步长的结束时间 t_m 为准, 则有:

$$\begin{aligned} & CR_{i,j-\frac{1}{2},k} (h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CR_{i,j+\frac{1}{2},k} (h_{i,j+1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} (h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + \\ & CC_{i+\frac{1}{2},j,k} (h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} (h_{i,j,k-1}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} (h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m) + \\ & P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = SS_{i,j,k} (\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k) \frac{h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}}{t_m - t_{m-1}} \end{aligned} \quad (5.7-4)$$

其中:

$CR_{i,j-\frac{1}{2},k}$: 位于 k 层 i 行中格点 (i, j-1, k) 和 (i, j, k) 之间的传导系数

(L^2T^{-1}), 它等于渗透系数 $KR_{i,j-1,k}$ 和横断面积 $\Delta c_i \Delta v_k$ 的乘积除以格点间距

$\Delta r_{j-i/2}$; $CR_{i,j+\frac{1}{2},k}$, $CC_{i-\frac{1}{2},j,k}$, $CC_{i+\frac{1}{2},j,k}$, $CV_{i,j,k-\frac{1}{2}}$, $CV_{i,j,k+\frac{1}{2}}$ 的含义类似;

$h_{i,j,k}^m$: 时间 t_m 时计算单元 (i, j, k) 之水头 (L);

$P_{i,j,k}$: $P_{i,j,k} = \sum_{n=1}^N P_{i,j,k,n}$, $P_{i,j,k,n}$ 为与外部源汇项有关的常数 (L^2T^{-1}), N 为外部源汇项数;

$Q_{i,j,k}$: $Q_{i,j,k} = \sum_{n=1}^N q_{i,j,k,n}$, $q_{i,j,k,n}$ 为与外部源汇项有关的常数 (L^2T^{-1}), N 为

外部源汇项数;

$SS_{i,j,k}$: 计算单元 (i, j, k) 的弹性释 (储) 水率 (L^{-1});

$\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k$: 计算单元 (i, j, k) 的体积 (L^3);

t_m : 时间段 m 结束时的时间 (T)。

为建立起线性方程组的矩阵形式, 将所有包括未知水头的项移到方程的左侧, 而将所有的已知项移到方程的右侧, 则有:

$$\begin{aligned} & CR_{i,j-\frac{1}{2},k} h_{i,j-\frac{1}{2},k}^m + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} h_{i-\frac{1}{2},j,k}^m + CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} h_{i,j,k-\frac{1}{2}}^m + (-CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} - CC_{i+\frac{1}{2},j,k} - CR_{i,j+\frac{1}{2},k} \\ & - CR_{i,j-\frac{1}{2},k} - CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} - CC_{i+\frac{1}{2},j,k} + HCOF_{i,j,k}) h_{i,j,k}^m + CR_{i,j+\frac{1}{2},k} h_{i,j+\frac{1}{2},k}^m + CC_{i+\frac{1}{2},j,k} h_{i+\frac{1}{2},j,k}^m \\ & + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} h_{i,j,k+\frac{1}{2}}^m = RHS_{i,j,k} \end{aligned} \quad (5.7-5)$$

$$HCOF_{i,j,k} = P_{i,j,k} - SCI_{i,j,k} / (t_m - t_{m-1}) \quad (5.7-6)$$

$$RHS_{i,j,k} = -Q_{i,j,k} - SCI_{i,j,k} h_{i,j,k}^{m-1} / (t_m - t_{m-1}) \quad (5.7-7)$$

$$SCI_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k \quad (5.7-8)$$

对模型所包含的计算单元逐个写出差分公式, 则可得到一个线性方程组。这个方程组可用矩阵的形式表示为:

$$[A]\{h\} = [q] \quad (5.7-9)$$

其中 $[A]$ 为水头的系数矩阵; $\{h\}$ 为所求的水头列向量, 而 $[q]$ 表示各个方程中所包含的所有常数项和已知项, 也称右端项。在 MDOFLOW 中, 系数矩阵和右端项是通过各个软件包来逐步建立起来的, 最后 MODLFOW 根据这两个矩阵, 通过迭代法对 $\{h\}$ 求解。

(2) 三维溶质运移数学模型

MT3DMS 是目前应用最为广泛的三维地下水溶质运移模拟软件。污染物可以在含水层介质中以各种形式存在。从水文地质的角度来说, 地下水中的污染物

运移就是指污染物在各种因素综合影响作用下随着地下水流的运动和迁移归宿，包括对流、弥散和化学反应等过程。

对于三维非稳定地下水流系统，组分 k 的污染物的运移可以用以下偏微分方程来表示：

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n \quad (5.7-10)$$

式中：

C^k —— k 组分的溶解浓度， ML^{-3}

θ —— 地下介质的孔隙度

T —— 时间， T

x_i —— 沿笛卡尔坐标上的距离， L

D_{ij} —— 水动力系数张量， $L^2 T^{-1}$

v_i —— 渗流或线性孔隙水的流速， LT^{-1} ；它和某流出项或达西流相关，

$$v_i = q_i / \theta$$

q_s —— 代表注水（正）或抽水（负）的含水层的单位流量， T^{-1}

C_s^k —— k 组分的注水或抽水水流的浓度， ML^{-3}

$\sum R_n$ —— 化学反应项， $ML^{-3}T^{-1}$

式子左侧可以展开为两项，即：

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \theta \frac{\partial C^k}{\partial t} + C^k \frac{\partial \theta}{\partial t} = \theta \frac{\partial C^k}{\partial t} + q'_s C^k$$

其中 $q'_s = \partial \theta / \partial t$ 是非稳定地下水流的储水度的变化率（ T^{-1} ）

式（4-10）中的化学反应项包括污染物运移中常见的生化和地化反应。由于只有两种基本的化学反应类型，即，固液接触面反应（吸附）和一次率的反应，化学反应项可以表示为：

$$\sum R_n = -\rho_b \frac{\partial \bar{C}^k}{\partial t} - \lambda_1 \theta C^k - \lambda_2 \rho_b \bar{C}^k \quad (5.7-11)$$

式中：

ρ_b 固体骨架的容积密度， ML^{-1}

$\bar{C}^k$ 吸附在介质表面的 k 种溶质的浓度， MM^{-1}

λ_1 溶解相的一次反应率， T^{-1}

λ_2 吸附（固体）相的一次反应率， T^{-1}

经计算，三维非稳定地下水流系统，组分 k 的污染物的运移可以被改写为：

$$\theta \frac{\partial C}{\partial t} + \rho_b \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C) + q_s C_s - q'_s C - \lambda_1 \theta C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \quad (5.7-12)$$

5.7.2 库区蓄水后地下水流场预测

5.7.2.1 模拟范围

为了模拟库区地下水渗流的特征，需要选定水文地质模型的范围，根据拟建坝址和水库库尾位置，初步确定评价区的边界，为了更好的模拟库区及周边地下水的渗流场，将模拟范围扩大。模拟区西起攀枝花市东区，东到坝址区以东 10km 的大坪子乡，南起毗邻金沙江的江边乡，北至花滩。研究区整体上呈矩形，长约 100km，宽约 90.5km，总面积约为 9502km²。

5.7.2.2 模型含水层划分

根据区域地层岩性及其组合，含水岩层渗透性差异，含水介质的性质，可将库区地下水类型分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙孔隙水、基岩裂隙水三类。根据各个岩组的水文地质特性及其富水性和渗透性差异，基于区域地质图概略地把含水介质划分为强～中等透水层、中等～弱透水层和相对隔水层三种类型。强～中等含水层主要为第四系松散沉积物。中等～弱透水层主要为赋存于震旦系碳酸盐岩地层中岩溶裂隙水。相对隔水层主要为晋宁期石英闪长岩（ δo_2 ），中元古界（Pt₂）天宝山组、力马河组、淌塘组、黑山组、因民组浅变质系，下元古界（Pt₁）浅变质系，二叠系梁山组（P₁l）页岩、峨眉山玄武岩（P₃em），三叠系～白垩系及第三系碎屑岩。

5.7.2.3 模拟区域边界条件及概化

(1) 侧向边界

由于库区范围较大，水库天然条件下坝址处水面高程 815m，两岸的分水岭高 1200~1600m 不等。库区两岸的地下水位明显高于水库天然条件下的水位，在模型的边界，由于距离水库较远，没有足够的资料，边界处的地下水会不断的变化，因此为了更好的反应库区及两侧地下水的运动情况，将模型四个边界都概化为变水头边界。模型区域中间的库区金沙江是重点的研究对象，在天然条件下库区两侧的地下水会补给进入金沙江，根据水库坝址处和库尾的水位高程将金沙江概化为河流边界。在水库蓄水后，因为水位抬升约 160m，库区正常蓄水水位达 975m，所以蓄水后水库及其水位抬升淹没的区域可以概化为定水头边界。

(2) 垂向边界

模拟区的上部边界为地面，有大气降水和地表水与地下水发生水力联系；最底层岩溶基本不发育，在此概化为隔水边界

5.7.2.4 模型源汇项

模拟区域地下水的补给来源主要为大气降水入渗补给，大气降水到达地面以后，一部分以地表径流的方式流走，另一部分渗入地下。大气降水为面状补给，近似认为降雨入渗是均匀的。自然条件下，蒸发和蒸腾是地下水的主要排泄方式，概化为面状排泄。因为关于降雨入渗和蒸发的参数不易获取，所以在模拟中通常用多年平均值来描述。而降水和蒸发主要受地区气象因素的影响，所以气象因素对于模拟区域地下水的补给和排泄有着重要的影响。

区内地下水以大气降水补给为主，部分接受地表水补给。地下水径流条件较复杂，受地形、地层岩性及地质构造等影响明显，一般顺坡向流动，常沿相对隔水层顶面以下降泉形式出露，直接排入金沙江或排入溪沟汇流入金沙江。

5.7.2.5 计算模型离散剖分

(1) 空间剖分

模型平面剖分离散为 514.65m×464.75m 大小的单元格，平面共剖分成了 201×201 个，共计 40401 个单元格(见图 5.7-1)，每个单元格水平面积约为 0.24 km²。垂向上根据各个含水层的划分（地层岩性和岩体的风化程度），将模拟区域三维模

型划分为 5 层。这样 5 层共剖分了 202005 个单元格（见图 5.7-2）。

（2）时间离散

为评估模拟库区蓄水后区域地下水流场的变化特征，此次计算首先基于金沙江河流域地表径流的多年年内平均径流量变化、降雨量、蒸发量，计算区域模型的地下水稳定流，模拟库区天然状况下即水库蓄水前库区地下水渗流情况，进行参数校验，检验模型的模拟精度。

进而采用非稳定流模拟计算水库在蓄水达到 975m 后库区地下水渗流场的变化情况。为了研究不同季节、不同降雨量条件下库区地下水流场的变化情况，将一个完整的水文年分为 4 个应力期，每个应力期按月划分 3 个时段，共划分为 12 个时段。各个应力期的降雨/蒸发量按照实际多年年内平均值分配到各个应力时段。

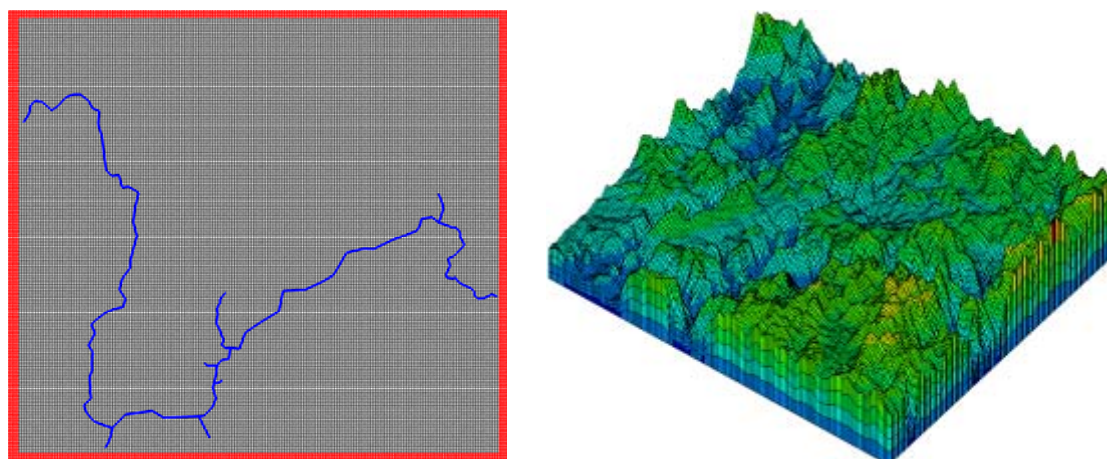


图 5.7-1 区域模型平面网格离散图 图 5.7-2 区域模型三维立体离散示意图

5.7.2.6 计算模型参数确定与选取

库区地下水三维渗流场计算，参数主要涉及有各分层渗透系数、给水度以及降雨量（降雨强度）及降雨入渗补给系数等几个重要指标。在三维模型建立以后，需要对模型进行参数识别和校验。通常可以利用模拟结果和观测水位进行对比，进而反求有关水文地质参数，达到渗流场的拟合。

由于评价区内地下水位监测孔集中分布在坝址区附近，库区内的水位监测资料很少。本次计算中参数的选取首先参考本区域已有的水文地质条件资料和水文地质手册中的经验值来拟合确定。

5.7.2.7 水库蓄水前天然工况下地下水流场

基于前述的概念模型和数值计算求解方法，首先计算了乌东德坝未蓄水前天

然情况下的稳定流流场。天然情况下，地下水的埋深较大，区内渗流场主要是由高地下水位向河谷渗透形成。左岸的地下水水力坡度较右岸更大，右岸地下水水位相对较低。这主要是由于右岸的岩溶更发育，岩体的渗透性更强所致。

从区域地下水流场中截取坝址区附近的稳定流流场。与坝址区地下水监测流场分布图相比较可知，区域流场模拟所得到的坝址区模拟结果相近。模拟精度较粗的主要原因是大区域流场中网格剖分较大所致（一个单元格的面积就有0.24km²），因此未能精细刻画出坝址区的流场分布（图 5.7-7 绘制的坝址区流场图是根据钻孔监测水位绘制的，而钻孔的水位只是固定点某一时刻的水位值）。通过模型的校验，可以看出所建立的区域模型与实际情况比较符合，可以用于地下水流场的模拟。在此基础上得到了反算后的各层的水文地质参数取值范围见表 5.7-1。

表 5.7-1 各剖分层参数取值范围

层号	水平渗透系数	垂向渗透系数	给水度
1	0.0008~0.5	0.0008~0.5	0.00001~0.006
2	0.0006~2.0	0.0006~2.0	0.0002~0.001
3	0.0003~0.3	0.0003~0.3	0.00003~0.001
4	0.0001~0.08	0.0001~0.08	0.00004~0.0004
5	0.00003~0.005	0.00003~0.005	0.00004

5.7.2.8 水库蓄水后地下水流场

比较未蓄水前天然工况下的地下水流场可知，由于大坝蓄水使上游水位抬升至 975m，对周边地下水水位起到一定的抬升作用，特别是紧邻金沙江的地区水位上升较为明显。水库在刚蓄水后地下水水位暂时壅高，随着时间的增长，水位不断的回落，回落速度开始较快，随后逐渐变缓直至稳定。整体而言，水库蓄水后，整个区域的流场分布特征较天然流场未发生明显变化，预计 20 年内地下水位影响范围仅在 3km 以内。

5.7.3 坝址区三维数值模拟预测及评价

5.7.3.1 水文地质模型概念

坝址区地下水系统为非均质各向异性的基底潜水含水层结构。北部以马师傅河沟一线为界，南部以花山断层为界，东西部以地下水分水岭为界，面积约为

8.89km²，全区构成了一个相对独立的地下水系统，如下图所示。

坝区右岸基底地形较为平缓，出露面积较左岸大，所以右岸接受更多的大气降水补给，而岩溶发育程度也高于左岸，地下水径流条件好于左岸，导致了右岸地下水变化较为平缓，左岸水位由岸向里抬升较快，水力梯度明显高于右岸。

本次评价所建立的模型为三维非稳定流模型，在整个区域上垂向分为五层，第一层为近河谷强卸荷带往两岸延伸，第二层为近河谷弱卸荷带往两岸延伸，再将下部用有限差分法剖分为三层便于计算。五层均为中元古界落雪组（Pt2l）灰岩、大理岩含水层。

5.7.3.2 计算模型的离散剖分

（1）空间离散

由于坝址基底走向为 80~100 度，为近东西走向，岩体主结构面为顺层向，渗透参数主方向与岩体主结构面方向平行，即为东西向。研究区的坐标主方向确定后，再根据研究区的实际水文地质结构条件及几何形状，对研究区进行三维剖分。在坝址区对网格进行加密，将研究区在平面上剖分成 169×270 个网格，垂向上从上向下剖分为 5 层，模型顶部高程为地表标高，底部至高程为 635m 的基岩面。每层网格 45630 个，共计 228150 个。期中有效网格为 117075 个，无效网格为 111075 个。平面剖分网格和立体剖分网格如下图所示。

（2）时间离散

以 2009 年 4 月 20 日为模型计算的初始时刻，将模拟时间分为 6 个应力期，36 个时间步长，每个时间步长为 10d，共计 360d（一个水文年）作为模型的识别验证时段。

5.7.3.3 模型的源汇项

评价区源汇项主要分为垂向和侧向。垂向上评价区既接受大气降水补给，又存在蒸发，将两者结合以降水入渗强度的形式赋予模型，区内降雨量基本集中在 5 月到 10 月，11 月到次年 4 月为枯水期，降水量很少，故在模型中按照多年年内平均径流量变化、降雨量、蒸发量，赋值降雨入渗补给量给模型，前 3 个应力期降雨补给量远大于后 3 个应力期。侧向上为二类边界的定流量补给。

5.7.3.4 计算模型参数确定与选取

根据坝址区 84 个钻孔的压水试验成果，结合地层岩性分布特征，对整个计算区进行参数初始分区，并采用巴布什金公式将压水试验所得的透水率 Lu 换算得到的渗透系数 k 作为各含水层参数初始分区的参数初值输入计算机模型。渗透系数 k 表示为：

$$k = 0.525Lu \times 10^{-2} \lg \frac{al}{r} \tag{5.7-13}$$

式中： a 为换算系数，通常取 0.66； l 为压水试验段长度； r 为钻孔半径。

选取区内观测资料能够覆盖模拟计算时间（2009 年 4 月~2010 年 4 月）的左右岸钻孔共 34 个水位监测孔实测水位对模型进行识别、验证。模型拟合时计算出各观测孔在各时段的水头，并将该计算水头与实测水头进行比较，其评价函数的表达式为：

$$E = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N W_j (H_{ij}^c - H_{ij}^o)^2 \tag{5.7-14}$$

式中 M 、 N 分别表示拟合的时段总数和观测孔总数； H_{ij}^c 、 H_{ij}^o 分别表示 i 时段末 j 号观测孔的计算水头和实测水头； W_j 为各观测孔的权函数。

然后不断调整未知参数值（必要时还须调整参数分区），当目标函数 E 达到“最小”，则认为参数达到了“最优”。

通过反演计算最终将整个含水系统分为 216 个参数分区，并求得每一个参数分区的水文地质参数。各个剖分层详细的参数值见表 5.7-2。

水位拟合绝对误差平均值小于 0.5m 的小降深观测孔有 8 个，占降深小的孔总数的 80%；水位拟合相对误差小于 10%的大降深观测孔有 18 个，占降深大的孔总数的 75%。少数观测孔模拟结果不理想（如 ZK151，ZK250，ZK270，ZK301 等），主要是由于这些观测孔的实测水位变幅太大。

表 5.7-2 各分区水文地质参数

层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
第一层	1	0.005	0.005	0.005	0.0006
	2	0.015	0.015	0.015	0.0006
	3	0.02	0.02	0.02	0.0006

层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
	4	0.005	0.005	0.005	0.0006
	5	0.001	0.001	0.001	0.0006
	6	0.005	0.005	0.005	0.0006
	7	0.001	0.001	0.001	0.00001
	8	0.008	0.008	0.008	0.004
	9	0.2	0.07	0.02	0.004
	10	0.001	0.001	0.001	0.004
	11	0.001	0.001	0.001	0.004
	12	0.005	0.005	0.005	0.004
	13	0.001	0.001	0.001	0.004
	14	0.008	0.008	0.008	0.004
	15	0.001	0.001	0.001	0.004
	16	0.008	0.008	0.008	0.004
	17	0.001	0.001	0.001	0.004
	18	0.0005	0.0005	0.0005	0.004
	19	0.0001	0.0001	0.0001	0.004
	20	0.0005	0.0005	0.0005	0.004
	21	0.02	0.02	0.02	0.0006
	22	0.001	0.001	0.001	0.0006
	23	0.2	0.05	0.02	0.0006
	24	1.0	1.0	1.0	0.0006
	25	0.004	0.004	0.004	0.0006
	26	0.03	0.03	0.03	0.0006
	27	0.004	0.004	0.004	0.0006
	28	0.5	0.1	0.05	0.0006
	29	1.0	1.0	1.0	0.0004
	30	0.008	0.008	0.008	0.0004
	31	0.005	0.005	0.005	0.0004
	32	0.001	0.001	0.001	0.004
	33	0.0001	0.0001	0.0001	0.004
	34	0.01	0.01	0.01	0.004
	35	0.0002	0.0002	0.0002	0.001
	36	1.0	1.0	1.0	0.004
	37	0.1	0.04	0.01	0.004
	38	0.0002	0.0002	0.0002	0.004
	39	0.001	0.001	0.001	0.004
	40	0.0002	0.0002	0.0002	0.004
	41	0.001	0.001	0.001	0.004

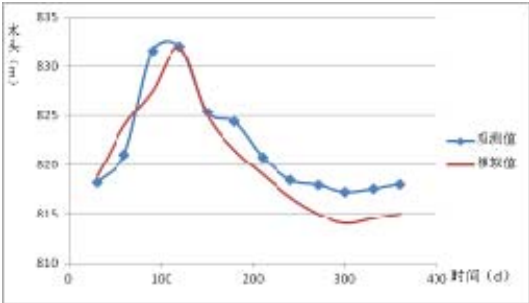
层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
	42	0.001	0.001	0.001	0.004
	43	0.01	0.04	0.001	0.004
第二层	44	0.003	0.003	0.003	0.0001
	45	0.005	0.005	0.005	0.0001
	46	0.002	0.002	0.002	0.0001
	47	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001
	48	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	49	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001
	50	0.001	0.001	0.001	0.00004
	51	0.004	0.004	0.004	0.0008
	52	0.005	0.005	0.005	0.0001
	53	0.003	0.003	0.003	0.0008
	54	0.003	0.003	0.003	0.0008
	55	0.005	0.005	0.005	0.0008
	56	0.003	0.003	0.003	0.0008
	57	0.006	0.003	0.003	0.0008
	58	0.001	0.001	0.001	0.0008
	59	0.006	0.003	0.003	0.00008
	60	0.001	0.001	0.001	0.00008
	61	0.005	0.005	0.005	0.00008
	62	0.0001	0.0001	0.0001	0.00008
	63	0.0005	0.0005	0.0005	0.00008
	64	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001
	65	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001
	66	0.001	0.001	0.001	0.0001
	67	0.02	0.02	0.02	0.0001
	68	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001
	69	0.01	0.01	0.01	0.00076
	70	0.005	0.005	0.005	0.0006
	71	0.01	0.01	0.01	0.0001
	72	0.008	0.008	0.008	0.0001
	73	0.001	0.001	0.0002	0.0002
	74	0.0004	0.0004	0.0004	0.0001
	75	0.0004	0.0004	0.0004	0.0001
	76	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	77	0.01	0.01	0.01	0.0001
	78	0.001	0.001	0.001	0.0001
	79	0.001	0.001	0.001	0.0004

层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
	80	0.001	0.001	0.001	0.0004
	81	2.0	2.0	2.0	0.00004
	82	0.1	0.1	0.01	0.0001
	83	0.005	0.005	0.005	0.0008
	84	0.005	0.005	0.005	0.0008
	85	0.005	0.005	0.005	0.0008
	86	0.005	0.005	0.005	0.0008
	87	0.005	0.005	0.005	0.0001
	88	0.005	0.005	0.005	0.0008
	89	0.005	0.005	0.005	0.0001
	90	0.005	0.005	0.005	0.0001
	91	0.0002	0.0002	0.0002	0.0008
	92	0.001	0.001	0.001	0.0008
	93	0.001	0.001	0.001	0.0008
	94	0.0002	0.0002	0.0002	0.0008
	95	0.005	0.005	0.0005	0.0006
	96	0.05	0.008	0.005	0.00008
第三层	97	0.001	0.001	0.001	0.00004
	98	0.005	0.005	0.005	0.00004
	99	0.003	0.003	0.003	0.00004
	100	0.0005	0.0005	0.0005	0.00004
	101	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	102	0.0005	0.0005	0.0005	0.00004
	103	0.02	0.02	0.02	0.00004
	104	0.002	0.002	0.002	0.00003
	105	0.02	0.006	0.002	0.00003
	106	0.0002	0.0002	0.0002	0.00003
	107	0.0001	0.0001	0.0001	0.00003
	108	0.0003	0.0003	0.0003	0.00003
	109	0.0003	0.0003	0.0003	0.00003
	110	0.003	0.001	0.0003	0.00003
	111	0.0001	0.0001	0.0001	0.00003
	112	0.003	0.001	0.0003	0.00003
	113	0.0001	0.0001	0.0001	0.00003
	114	0.0001	0.0001	0.0001	0.0006
	115	0.00002	0.00002	0.00002	0.00003
	116	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003
	117	0.0003	0.0003	0.0003	0.00004

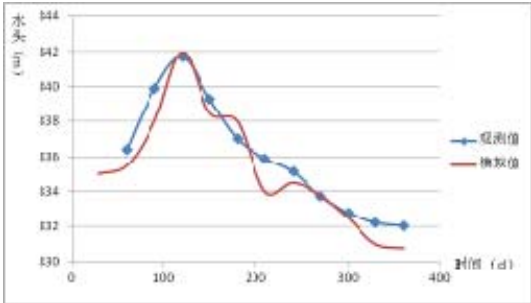
层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
	118	0.08	0.01	0.008	0.00004
	119	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	120	0.0006	0.0006	0.0006	0.00004
	121	0.08	0.01	0.008	0.00004
	122	0.0006	0.0006	0.0006	0.00004
	123	0.08	0.01	0.008	0.00004
	124	0.001	0.001	0.0001	0.00003
	125	0.002	0.002	0.002	0.00004
	126	0.005	0.005	0.005	0.00004
	127	0.0005	0.0005	0.0005	0.00004
	128	0.0008	0.0008	0.00008	0.00004
	129	0.1	0.1	0.1	0.0006
	130	0.0004	0.0004	0.0004	0.00008
	131	0.0003	0.0003	0.0003	0.00003
	132	0.00003	0.00003	0.00003	0.0003
	133	0.0002	0.0002	0.0002	0.0006
	134	0.002	0.002	0.002	0.0006
	135	0.00002	0.00002	0.00002	0.0009
	136	0.00003	0.00003	0.00001	0.0007
	137	0.00003	0.00003	0.00001	0.0007
	138	0.01	0.005	0.001	0.00003
	139	0.001	0.001	0.001	0.001
	140	0.00002	0.00002	0.00002	0.00003
	141	0.00005	0.00005	0.00005	0.00003
	142	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003
	143	0.0001	0.0001	0.00002	0.0008
	144	0.01	0.005	0.001	0.00003
	145	0.001	0.001	0.001	0.0006
第四层	146	0.0008	0.0008	0.0008	0.0004
	147	0.005	0.005	0.005	0.0004
	148	0.005	0.005	0.005	0.00004
	149	0.0005	0.0005	0.0005	0.00004
	150	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	151	0.0005	0.0005	0.0005	0.00004
	152	0.008	0.008	0.008	0.00004
	153	0.001	0.001	0.001	0.00004
	154	0.02	0.005	0.002	0.00004
	155	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004

层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
	156	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	157	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	158	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	159	0.001	0.0006	0.0001	0.00004
	160	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	161	0.001	0.0006	0.0001	0.00004
	162	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	163	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	164	0.00002	0.00002	0.00002	0.00004
	165	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	166	0.08	0.01	0.008	0.0004
	167	0.001	0.001	0.001	0.0004
	168	0.001	0.001	0.001	0.0004
	169	0.08	0.01	0.008	0.0004
	170	0.001	0.001	0.0001	0.0004
	171	0.01	0.01	0.001	0.0004
	172	0.01	0.01	0.01	0.0006
	173	0.001	0.001	0.0001	0.00004
	174	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	175	0.002	0.002	0.002	0.00003
	176	0.0002	0.0002	0.0002	0.00003
	177	0.002	0.002	0.002	0.00003
	178	0.002	0.002	0.002	0.00004
	179	0.01	0.002	0.001	0.00004
	180	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004
	181	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	182	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	183	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004
	184	0.002	0.002	0.0002	0.00003
	185	0.01	0.005	0.001	0.00004
第五层	186	0.0005	0.0005	0.0005	0.00004
	187	0.005	0.005	0.005	0.00004
	188	0.001	0.001	0.001	0.00004
	189	0.001	0.001	0.001	0.00004
	190	0.00005	0.00005	0.00005	0.00004
	191	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	192	0.001	0.001	0.001	0.00004
	193	0.001	0.001	0.001	0.00004

层位	分区	Kxx (m/d)	Kyy (m/d)	Kzz (m/d)	给水度
	194	0.01	0.002	0.001	0.00004
	195	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	196	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	197	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	198	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	199	0.0005	0.0003	0.0001	0.00004
	200	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	201	0.0005	0.0003	0.0001	0.00004
	202	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	203	0.00005	0.00005	0.00005	0.00004
	204	0.00001	0.00001	0.00001	0.00004
	205	0.00005	0.00005	0.00005	0.00004
	206	0.01	0.008	0.001	0.00004
	207	0.01	0.004	0.004	0.00004
	208	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	209	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	210	0.01	0.004	0.004	0.00004
	211	0.0001	0.0001	0.0001	0.0006
	212	0.0001	0.00008	0.00001	0.00004
	213	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	214	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004
	215	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
	216	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004



左岸 ZK140 模拟值与观测值拟合图



左岸 ZK135 模拟值与观测值拟合图

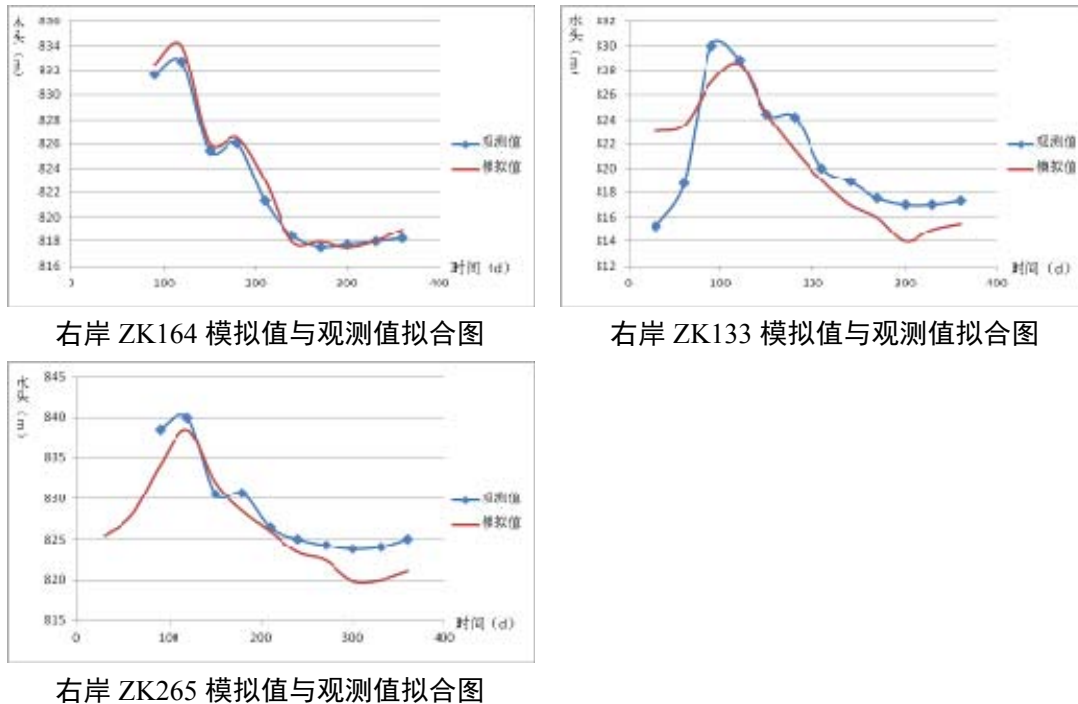


图 5.7-3 代表钻孔模拟值与观测值拟合对比图

5.7.3.5 计算模型可靠性分析

衡量一个模型是否正确可靠、能否用来预测地下水系统动态变化特征，取决于两个方面的因素，一方面模型的识别要符合地下水系统的结构与功能特征，另外一方面模型要收敛，稳定。从模型识别结果来看，地下水系统各参数分区参数值的级别大小及其边界上的水量交换强弱程度和实际系统基本一致，较好地反映了实际地下水系统的结构和功能特征。由模拟计算所得的结果基本上能和区内地下水水位动态宏观变化规律相一致。模型在整个模拟期的水均衡状况如表 5.7-3 所示，单位为 m^3/d 。说明模型的收敛性和稳定性良好，计算结果正确、可信。

表 5.7-3 模拟期内水均衡状况一览 (m^3/d)

降雨入渗补给量	侧向补给量	蒸发量	向金沙江排泄量	总流入量	总流出量	流入流出量误差	误差占流入量之百分比
40191.05	5882.80	5296.62	40784.62	46073.85	46081.24	-7.39	0.016%

5.7.3.6 水库蓄水后防渗帷幕布设对坝址区地下水流场的影响

水库蓄水达到 975m 时，大坝最大挡水水头约为 160m，两岸地下水流场将会发生显著的变化，本次计算主要针对坝址区现状及蓄水后地下水渗流场的特征及变化，并对防渗帷幕方案进行模拟计算，通过渗漏量的计算对帷幕方案进行评

价。

（1）防渗帷幕布置

大坝正常蓄水后，最大挡水水头为 160m，两岸地下厂房洞室顶、底板高程分别为 855m 和 769.2m，大坝下游枯水位 815m；两岸地下厂房底板均低于江水位约 45m。建坝岩体落雪组第 3 段属于弱岩溶化岩组的透水层，因而水库蓄水后可能存在库水向坝下游渗漏的问题，地下厂房围岩也将处于库水之下，因此必须设置防渗帷幕。

坝址可利用的隔水层和相对隔水层有因民组、落雪组第 2 段、第 4 段弱透或相对隔水层，落雪组第 5 段隔水层，将这些隔水层或相对隔水层作为防渗帷幕的端点。防渗帷幕左岸由落雪组第 1，2 段里延伸，右岸向下游接落雪组第 4，5 段。帷幕线长约 1800 m。防渗帷幕下限以进入透水率 $q < 1 \text{ Lu}$ 的微透水层 10 m 为标准确定，在坝址处帷幕的下限高程为 635 m，至导流洞与引水洞间帷幕下限高程抬升至 765 m。

（2）对比工况简介

利用识别验证后的模型，设计对比方案进行地下水模拟渗流计算。两种状况分别为：（方案 1）在有防渗帷幕正常蓄水的条件下，分析地下水渗流场变化与地下水渗流量；（方案 2）在不设防渗帷幕正常蓄水的条件下，亦是帷幕完全失效极端工况下，分析坝区渗流场的变化，与设防渗帷幕的方案作对比。根据水均衡原理，在 GMS 中分别计算出两种方案左右两岸绕坝肩和坝基渗流量。

预测模型以 2009 年 4 月 20 日实测流场为初始流场，以 60d 作为一个应力期进行模拟预测，直至多年地下水流场趋于稳定为止。蓄水状态下，库水水位为 975m，仍作为定水头边界处理。

（3）计算结果

经过模型的计算，得到 10 年后 4 月底（对应枯水期）和 10 年后 8 月底（对应丰水期）的地下水流场分布。统计该两种方案（枯水期和丰水期）下右岸绕坝渗流量、左岸绕坝渗流量和坝基渗流量，计算结果详见表 5.7-4。据表 5.7-4 可以发现：

1) 由于丰水期下游水位有所提升，而库区水位保持在 975m 不变，所以丰水期上下游水力梯度较小于枯水期，故丰水期绕坝渗流量略小于枯水期。

2) 右岸较左岸岩溶发育, 岩体的渗透性强于左岸, 水库正常蓄水时, 右岸绕坝渗流的现象较左岸更为突出。有帷幕正常蓄水工况下, 库水通过坝基岩体和坝肩两岸岩体向下游渗漏, 但渗漏量较无帷幕时大大减少, 分布上仍是右岸渗漏量明显大于左岸。

3) 如果不设防渗帷幕或出现防渗帷幕完全失效的极端工况, 库水通过两岸坝肩和坝基岩体向下游渗漏。等水位线向下游扩展, 产生绕坝渗流, 会对两岸地下厂房产生威胁。在有防渗帷幕的情况下, 坝址渗流场等水位线被封闭在帷幕范围内, 由于帷幕的阻水功能, 两岸坝肩处水头迅速下降, 这样就阻止了库水绕坝肩向下渗漏。经过计算, 有帷幕左右两岸绕坝肩渗漏量为无帷幕渗漏量的 9%~26%, 有帷幕时整个坝址区渗漏总量仅为无帷幕时的 10%左右, 帷幕阻水效果比较明显。

表 5.7-4 各方岸渗漏结果表

预测时间	渗漏部位	有帷幕渗漏量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	无帷幕渗漏量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	有帷幕占无帷幕渗漏 量之百分比
枯水期	右岸	17.5662	165.1078	9.61
	坝基	0.1154	30.4683	0.38
	左岸	8.2971	23.2514	26.30
	总体	25.9787	218.8455	10.61
丰水期	右岸	17.5451	165.0821	9.61
	坝基	0.1154	30.4864	0.38
	左岸	8.1599	23.1829	26.03
	总体	25.8204	218.7514	10.56

5.7.3.7 导流洞施工对地下水环境的影响

根据可研枢纽工程的设计方案, 施工期采用一次断流、围堰全年挡水、左岸 2 条右岸 3 条共布置 5 条导流隧洞的方式进行前期导流, 后期由陆续完成的泄洪建筑物泄水。

导流洞开挖后一定时间, 导流洞的涌水量将达到稳定, 准确预测稳定涌水量的大小, 可以为导流洞防治水方案的设计提供可靠的依据。利用上文已建立的数值模型, 在三维计算模型进一步加入导流洞, 来预测导流洞开挖后的稳定涌水量。导流洞边界条件的处理是将导流洞底板作为第一类边界处理, 顶板及四周按溢出面边界处理。本次计算考虑六个工况条件下导流洞施工引起的涌水量, 分别为:

(1) 导流洞开挖 1/3 时，丰水期涌水量；(2) 导流洞开挖 1/3 时，枯水期涌水量；(3) 导流洞半开挖后，丰水期涌水量；(4) 导流洞半开挖后，枯水期涌水量；(5) 导流洞完全开挖后，丰水期涌水量；(6) 导流洞完全开挖后，枯水期涌水量。

涌水量计算结果如表 5.7-5 所示。由表 5.7-5 可知，由于右岸渗透性强于左岸，渗流能力优于左岸，所以右岸导流洞涌水量高于左岸。丰水期降雨量大增导致丰水期导流洞涌水量大于枯水期。而半开挖工况涌水量略小于开挖完成的工况。故导流洞开挖过程中应给予足够重视。导流洞的开挖对于地下水渗流场有很明显的影响，从平面来看，导流洞附近的等水位线出现了明显的曲折，周围的等水位线由远到近的向导流洞轴线聚集；导流洞四周水头下降变快，这些都说明附近的水流向导流洞涌入。

表 5.7-5 各方案导流洞涌水量

方案	左岸导流洞涌水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	右岸导流洞涌水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
丰水期，开挖 1/3	1385.62	3284.93
枯水期，开挖 1/3	696.50	1702.98
丰水期，半开挖	1870.74	3696.92
枯水期，半开挖	943.78	1920.50
丰水期，开挖完成	2348.28	4020.89
枯水期，开挖完成	1208.66	2096.16

由于地下工程主要位于褶皱基底水文单元，因此本次模拟计算的对象也为褶皱基底水文单元。根据上文的模拟计算结果表明，地下工程施工期隧洞涌渗水会引起局部地下水漏失，但不会造成褶皱基底区域地下水位大幅下降。

5.7.3.8 交通洞和泄洪洞施工对地下水环境的影响

左岸交通洞高程一般为 849.7m~1000.0m，右岸交通洞高程一般为 846.0m~995.8m，交通洞主要位于地下水位以上，少量洞段位于地下水位以下。

交通洞于红沟下游游穿越地层为褶皱基底中元古代落雪组灰岩、大理岩、白云岩、大理岩化白云岩等，陡倾中~强透水层、微~弱透水层和隔水层相间分布，地下水主要赋存形式为裂隙水及岩溶水。于红沟上游穿越地层

为盖层灯影组白云岩，为弱透水层，地下水主要赋存形式为裂隙水。

交通洞施工期对地下水影响主要是对裂隙水和岩溶水的影响，其中以裂隙水为主。由于交通洞主要位于地下水位以上，以渗水、滴水为主，涌水量较小，不会产生突发性涌水。渗水会引起局部地下水漏失，不会造成区域地下水位大幅下降。为防止地下水漏失，应严格贯彻“以堵为主、控制排放”的施工原则。交通洞运行期由于采取防水措施，不会对地下水产生影响。

根据乌东德水电站坝身泄洪方案研究成果，3条泄洪洞总长度为5129.64m，泄洪洞轴线与地层走向夹角大，一般 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，围岩以II类、III类为主，IV类和V类少量，三条泄洪洞均位于地下水位以上，成洞条件总体较好。因此泄洪洞施工期对地下水的影响甚微。

表 5.7-6 场内道路交通隧道统计一览表

项目		隧道	进口高程	出口高程	隧洞长度 (km)	涉及地层 及岩性	地质构造	岩溶 发育 情况
左岸交 通洞	左岸低线过坝道路	5-1 隧道	968.0	936.6	0.8	Z _{2d} 白云岩	无大断层	不发育
		5-2 隧道	920.0	886.0	0.5	Z _{2d} 白云岩	无大断层	不发育
		5-3 隧道	873.0	849.7	1.4	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩 Pt _{2y} 大理岩化白云岩	F3、F14	不发育
	左岸进水口路		885.6	910.0	0.4	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	左岸高线过坝路	1-1 隧道	1000.0	990.0	0.9	J _{2x} 泥岩夹砂岩	无大断层	无岩溶
		1-2 隧道	990.0	992.0	2.2	Z _{2d} 白云岩、P _{3em} 玄武岩	F2	不发育
		1-3 隧道	992.0	953.0	1.2	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩 Pt _{2y} 大理岩化白云岩	F3、F14	不发育
		1-4 隧道	982.0	869.0	1.6	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	F6、F7	不发育
	左岸出线场路		992.0	1150.0	2.5	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	左岸上坝路		983.0	988.0	0.3	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	左岸低线道路复线段				0.3	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	左岸进厂交通洞进口段				2	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	小计				14.1			
左岸导 流施工 支洞	左岸导流洞施工支洞	左上 1 支洞	873.0	827.5	0.7	Pt _{2y} 大理岩化白云岩	无大断层	不发育
		左下 1 支洞	851.0	817.0	0.4	Pt _{2l} 灰岩、大理岩	无大断层	不发育
	小计				1.1			
左岸合计					15.2			

项目		隧道	进口高程	出口高程	隧洞长度 (km)	涉及地层 及岩性	地质构造	岩溶 发育 情况
右岸交通洞	右岸高线过坝道路	2-1 隧道	986.0	995.8	1.0	Z _{2d} 白云岩	无大断层	不发育
		2-2 隧道	995.1	965.8	1.8	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩 Pt _{2y} 大理岩化白云岩	F3、F14	不甚发育
	右岸低线过坝道路	6-1 隧道	928.5	895.0	1.9	Z _{2d} 白云岩	无大断层	不发育
		6-2 隧道	881.6	846.0	2.3	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩 Pt _{2y} 大理岩化白云岩	F3、F14	不甚发育
	右岸进水口道路		881.0	913.0	0.9	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	右岸缆机平台道路		998.0	1055.0	1.2	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	右岸上坝道路		990.2	988.0	1.2	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	施期料场路		1080.0	1020.0	1.1	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
	小计				11.4			
右岸导流 施工支洞	右岸导流洞上层施工支洞	右上 1 支洞	851.9	822.4	0.7	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
		右上 3 支洞	846.3	825.9	0.4	Pt _{2l} 灰岩、大理岩、白云岩	无大断层	不发育
		右下 1 支洞	845.4	815.2	0.5	Pt _{2l} 灰岩、大理岩	无大断层	不发育
		右下 3 支洞	825.7	832.0	0.3	Pt _{2l} 灰岩、大理岩	无大断层	不发育
	小计				1.9			
右岸合计					13.3			

5.7.3.9 对居民生活用水影响分析

(1) 泉水特征

根据实际调查及相关资料搜集,评价区域小型水窖及水池较多,当地农民通过收集雨水,存储于水窖及水池以满足当地农作物灌溉用水需求。坝址区取用泉水的主要分布在右岸,场区地下水的类型主要有孔隙水、裂隙水、岩溶裂隙水。主要泉水点特征见下表。

表 5.7-7 泉水点特征一览表

岸别	位置	泉水编号	出露高程(m)	泉水流量(L/min)	泉水类型	出露点地质特征	与工程关系
右岸	卧嘎村	W ₁₁	1280	0.1	孔隙水	第四系	敏感点
		W ₁₂	1250	2	孔隙水		
	乌东德村	W ₂₄	1550	120	裂隙水	Z _{2g} 泥岩	敏感点
		W ₂₃	1470	100	裂隙水		
	二坪子村	W ₇	1300	240	孔隙水	第四系	敏感点
		W ₄₅	1260	12	岩溶裂隙水	Z _{2d} 白云岩	
	施期村	W ₆	980	240	岩溶裂隙水	Z _{2d} 白云岩	移民搬迁
		W ₄₉	860	6	孔隙水	第四系	
	金坪子村	W ₃₀	1142.8	19	孔隙水	第四系	移民搬迁
		W ₂₉	1142	20	孔隙水	第四系	
左岸	片得箩	W ₄₈	1870	2~3	岩溶裂隙水	P ₂ 灰岩	远离地下工程
		W ₄₇	1850	1	岩溶裂隙水	P ₂ 灰岩	
	韭菜地	W ₁₉	1350	18	岩溶裂隙水	Z _{2d} 白云岩	远离地下工程
		W ₉	890	120	孔隙水	第四系	

(2) 工程施工对居民生活用水影响

从居民泉水取用点分布来看,右岸施工期,金坪子村处于移民搬迁范围内,左岸片得箩、韭菜地距地下工程约 2.2km,地下工程对其不存在影响。敏感目标主要为乌东德村、卧嘎村、二坪子村、三台村二组。下面将重点对敏感区进行分析。

乌东德村泉水点 W₂₃、W₂₄ 出露于盖层 Z_{2g} 泥岩内,高程 1470m~1550m,由于 Z_{2g} 泥岩隔水作用形成,地下工程开挖主要位于下方褶皱基底水文单元高程 1000m 以下,由于 Z_{2g} 泥岩隔水使褶皱基底与盖层为两个独立水文单元,因此地下工程对上部盖层地下水位不产生影响,即对乌东德村泉水点无影响。

卧嘎村泉水点 W₁₁、W₁₂ 分别出露于卧嘎滑坡前缘与后缘,由于滑带隔水作用形成,由于泉水点下方为明路,无地下工程。交通洞进口位于泉水点下游约 800m,且交通洞位于盖层 Z_{2d} 白云岩内,与滑坡体为两个独立水文单

元，交通洞对滑坡体地下水不产生影响，即对卧嘎村泉水点无影响。

二坪子村泉水点 W7、W45 距地下隧洞工程 3.5km，分别位于高程 1300m、1260m。泉水点位于盖层水文单元，底部为震旦系观音崖组(Z2g)泥岩，厚约 20m，为隔水层，使盖层泉水点与下部褶皱基底不发生水力联系，且距离地下工程远，因此，地下工程对其泉水点无影响。

三台村二组经调查未发现泉水点，高程约 1260m，居民生活用水主要来源于雪山水库。三台村二组所处水文地质单元为盖层隔水岩组，地层岩性为三叠系白果湾组（T3bg）泥岩，厚 20m~40m，为隔水层，下部为二叠系峨眉山组（P3em）玄武岩，为隔水层，厚度大；地下工程位于盖层相对透水岩组震旦系灯影组（Z2d）白云岩。因泥岩、玄武岩的隔水作用，使三台村二组盖层隔水岩组与下部盖层相对透水岩组不发生水力联系，因此，地下工程对其地表水流不产生影响。

综上所述，地下工程施工对乌东德村、卧嘎村、二坪子村、三台村二组等泉水无影响，即对居民生活用水水源无影响。

5.7.4 地下水水质预测评价

5.7.4.1 施工期生产生活废水对地下水水质的影响

考虑施工期金沙江河段水域由于砂石料加工、混凝土拌和、机械设备冲洗、施工人员生活污水排放对金沙江施工江段水质可能产生的影响。以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 作为污染因子，将施工期坝址区附近可能的生产生活废水排放概化为点源（4 个点源分别为上游的新村、海子尾巴和下游的金坪子、码头上 4 个营地），源强浓度参考其他水电站工程排放浓度经验，取较大值设为 35 mg/L，排放规律简化为持续恒定排放，即在施工期阶段持续排放。模拟生产生活废水排入至金沙江后进而进入地下水中的运移状况，应用前述建立三维地下水渗流场，利用 MT3DMS 模拟污染物在地下水中的迁移。

假定点源的持续注入时间持续 10 年，弥散度值取经验参考值 60m。然后考察 10 年，20 年和 50 年后污染物在地下水中的运移状况。在停止排放后随着时间的推移，高浓度等值线渐渐消失，证明污染物浓度被稀释，50 年后污染羽的扩散范围大致向两岸运移 700m 左右，影响范围有限，对坝址区附近的地下水水质污染影响较小。

5.7.4.2 油站泄漏和硫磺厂堆渣场渗滤液对地下水水质的影响

如前所述，距坝址上游约 4.5km 处堆放有已废弃停产的硫磺厂堆渣约 1.6 万 m^3 ，其中未经提炼的原生硫铁矿渣约 1.3 万 m^3 ，经过提炼的硫铁矿废渣 0.3 万 m^3 。硫磺厂堆渣如不妥善处理，经氧化和雨水淋溶对周边地表水和地下水环境将产生污染。同时布置在右岸上游新村高线公路旁加油站与油库若发生事故泄漏也将对周边地下水环境产生污染。

对硫磺厂堆渣场渗滤液以 SO_4^{2-} 作为污染因子，源强浓度参考其他工程，取较大值设为 500mg/L，排放规律简化为持续恒定排放。模拟淋滤液渗入地下水中的运移状况，应用前述建立的库区区域三维地下水渗流场，利用 MT3DMS 模拟污染物在地下水中的迁移。

对于油站泄漏，以含油废水作为污染因子，源强浓度取为 500mg/L，排放规律简化为事故条件下的持续恒定排放。应用前述建立库区区域三维地下水渗流场，利用 MT3DMS 模拟污染物在地下水中的迁移。

假定两种泄漏工况条件下弥散度均为 60m，MT3DMS 模拟时间定为 20 年，现分别将 10 年和 20 年后的污染物浓度平面图和剖面图列出。由剖面图可知，由于泥岩隔层的作用，污染物的迁移能力较弱，运移范围十分有限，水平运移约 400m 不会对金沙江造成污染，垂向运移约 200m，对深部地下水影响很小。

5.7.4.3 黄铁矿与地下水水岩作用产生的硫酸盐对地下水水质的影响

如前所述，库区和坝址区在勘探过程中共有 18 个钻孔发现在灰岩及白云岩地层内有黄铁矿晶体分布，出露高程 678.05-947.87m，且大多位于 830m 高程以下。水库蓄水后，地下水位抬升，流经含有黄铁矿的灰岩和白云岩地层，黄铁矿在地下水的运动下被氧化，与灰岩和白云岩产生水岩作用，使得 SO_4^{2-} 离子浓度明显增高，对地下水环境产生影响。

本次计算以 SO_4^{2-} 作为污染因子，源强浓度根据勘测资料设为 2000mg/L，排放规律简化为持续恒定排放。模拟 SO_4^{2-} 离子在地下水中的运移状况，应用前述建立坝址区三维地下水渗流场，针对水库上游蓄水到 975m 的工况条件，利用 MT3DMS 模拟污染物在地下水中的迁移。

由于黄铁矿晶体分布的随机性，本次计算考虑了当黄铁矿晶体靠近和远离坝址区两种工况条件下产生的硫酸盐污染物的扩散运移。

(1) 黄铁矿远离坝区

在坝址区上游河床第四剖分层定义点源的位置，源强浓度设置为 2000mg/L，持续排放。根据已有的地下水研究成果表明，弥散试验的结果受试验场地的尺度效应影响明显，其结果应用受到很大的局限性。在充分考虑其尺度效应条件下，将弥散度设置为 0.2、5.0 和 60.0 三种工况，每种工况取 5 年、10 年和 20 年的第四剖分层浓度场模拟结果，共 9 种情景，编号如表 5.7-8。

表 5.7-8 污染物浓度场对应情景编号表

弥散度 (m)			
时间 (年)	0.2	5.0	60.0
5	情景 1	情景 4	情景 7
10	情景 2	情景 5	情景 8
20	情景 3	情景 6	情景 9

以上 9 种情景，污染源均远离坝体，其渗透规律在 X 和 Y 方向上并无十分显著的差别。9 种情景左岸污染物运移约为 100~200m，右岸污染物运移约为 150~300m，影响范围均十分有限。

(2) 黄铁矿靠近坝区

类似地，将污染源移动至大坝上游，考查帷幕启用后，坝区周边污染运移状况，以及污染物会不会对下游河道和两岸造成影响。此处弥散度设置为 60m，运移时间设置为 20 年，称为情景 10。

比较情景 9 和情景 10 可知，由于防水帷幕的挡水作用，污染物运移受到水流的影响明显，沿河流方向污染物运移变弱，防水帷幕有明显的阻止污染物向下游河道及两岸运移的作用。同时由于右岸地下水流动性强于左岸，故污染物在右岸的运移范围大于左岸。100mg/L 的浓度仅相当于源强浓度的 5%。由图可知，20 年后，100mg/L 污染物的运移范围在右岸约为 400m，左岸约为 150m，说明两岸基本不会受到污染物的影响。

5.8 环境地质影响预测评价

5.8.1 施工期的影响

工程施工期间的地质环境影响主要从岸坡稳定和地下水环境两方面进行分析。

根据工程可行性研究报告，乌东德工程施工期主要涉及金坪子古滑坡体。金

坪子位于大坝右岸下游，其中 I、III 区体积约 6000 万 m^3 和 10000 万 m^3 ，III 区为古滑坡堆积体，其主体为大约 17 万年前形成的堵江事件的古基岩滑坡体，不具备整体失稳条件，仅上下游端金沙江古河道进出口 2 个临空面存在小型滑坡，经工程治理后 2 个临空面的稳定性将得以加强。工程对金坪子滑坡体采取了一系列的防护措施，主要为明挖、护坡和排水洞。根据工程施工布置，右岸导流洞高洞布置于金坪子古滑坡体前缘的硝沟，右侧边坡穿过硝沟堆积体，根据预测，高洞右岸布置降低了硝沟以下金坪子滑坡对岸流速，形成回流并有部分淤积，因此高洞右岸布置对导流隧洞运行期金坪子滑坡体影响不大。另外，由于金坪子地形平缓，面积较大，根据工程施工布置，将在此处布置施工区，工程的施工将使金坪子的水、电、交通等条件得到极大改善，若将其作为临时占地，竣工后交由地方管理，今后金坪子上可能成为当地较密集的生产、生活场地，不利于业主有效的限制危及滑坡稳定的行为。鉴于金坪子古滑坡体积巨大，距离坝址仅 1km，从偏于安全的角度考虑，建议在工程竣工后将金坪子作为坝区永久绿化用地，用地性质为永久占地。

本工程存在大规模的地下洞室群开挖，对地下水环境的影响应引起足够重视。根据水文地质调查成果以及《地下水环境影响评价专题》成果，坝址区水文地质结构总体特征为：褶皱基底与盖层分别为两个相对独立的含水体系，盖层具层状水文地质结构特征，基底则在水平向上呈带状水文地质结构特征。由于分隔盖层 Z_{2d} 含水岩组和褶皱基基底 Pt 含水岩组的隔水层或相对隔水层厚度均不大，澄江组、观音崖组厚 15m~30m，在受断层切错后， Z_{2d} 含水岩组与 Pt 含水岩组在垂向上可能上下沟通，使得 Z_{2d} 含水岩组局部可以对 Pt 含水岩组进行补给。观测结果表明，地下水位随河水面变化，地下水位略高于河水面地下水补给河水。据此可以判断，施工围堰截流、基坑排水和地下洞室群开挖对局部地下水位将产生一定的影响。工程施工期间，整个区域的流场分布特征较天然流场未发生明显变化，地下水位的影响范围不大。

5.8.2 运行期的影响

(1) 崩、滑体对库岸稳定的影响

水库岩质岸坡长约 395.5km，占库岸总长的 80.5%；岩土质库岸长约 28.45km，占库岸总长的 5.8%；土质库岸长约 67.45km，占库岸总长的 13.7%。综合评价，

稳定性好和较好的库岸总长 324.6km，占 66%；稳定性较差和差的库岸长分别为 143.3km 和 23.6km，分别占 29.2%和 4.8%。

库区大于 10 万 m^3 的滑坡体、崩塌堆积体及危岩体共分布 103 处，总体积约 12.15 亿 m^3 ，其中：现状稳定的有 30 处，基本稳定的有 58 处，稳定性较差的有 6 处、体积约 4.5 亿 m^3 ，稳定性差的有 9 处、体积约 0.3 亿 m^3 ；水库蓄水后，稳定的有 11 处，基本稳定的有 53 处，稳定性较差的有 21 处、体积约 5.3 亿 m^3 ，稳定性差的有 18 处、体积约 2.1 亿 m^3 。

坝址 22km 以远，干支流库岸现状稳定性较差或差的特大型或巨型滑坡、崩塌堆积体、危岩体有白泥洞滑坡、早谷田危岩体、小汉头滑坡（均距坝址 42km 以远），因其规模大、可能入江量大，失稳后可能形成堰塞湖；经初步分析，白泥洞滑坡、小汉头滑坡若形成堰塞坝，且即使一次全溃，对工程施工也无影响，但早谷田危岩体若 I 区整体失稳、1/8 入江，堰塞坝若一次溃决高度近 1/4 时，在大坝上游围堰处洪峰流量可能超设计标准而对工程施工安全构成威胁；蓄水后稳定性较差或差的特大型或巨型滑坡、崩塌堆积体、危岩体有花山滑坡、半坡堆积体、中武山堆积体、白泥洞滑坡、早谷田危岩体、必油照滑坡、小汉头滑坡 7 处，经初步分析失稳后不会形成库中坝，产生涌浪对工程运行也无影响。

坝前 22km 以近，蓄水前后，干流水库内均无特大型、巨型稳定性较差或差的滑坡体、崩塌堆积体和危岩体分布，稳定性较差或差的特大型、巨型滑坡体集中在支流鲮鱼河库尾右岸，主要有道坡、大坪地、下新田及大村滑坡，因其地形及滑床坡度总体较平缓，产生高速滑动、堰塞河道的可能性小，对工程施工与运行基本无影响；坝前 10km 以近，蓄水前后，干支流库岸内均无大型及以上稳定性较差或差的滑坡体、崩塌堆积体分布，仅坝前 1.7km 发育有局部稳定性差的三台 1#大型危岩体；经初步分析，滑坡体、崩塌堆积体和危岩体失稳在堰（坝）前产生的涌浪高度均不超过 1m，不影响工程施工与运行安全。

（2）水库渗漏

金沙江为区内地表、地下水最低排泄区，库区内金沙江主要支流均为常年流水的山区性河流，源头高程都大于 2000m；区内金沙江与其它水系的分水岭雄厚高大，分水岭地带地下水位远高于库水位，水库封闭条件好，不存在向外产生渗漏的条件。

（3）水库浸没

水库蓄水后,受库水影响的 5 段土质库岸及其它零星分布的一般土质库岸中地形平缓的位置可能产生浸没现象。

由于浸没预测的设计高水位采用正常蓄水位时的多年平均入库流量回水位,在库尾金江镇一带及支流回水的末端浸没预测的设计高水位略低于河道天然洪水位,因此该水位条件下库尾金江镇一带及支流回水的末端基本不产生浸没现象,其它零星分布的土质库岸一般地形较陡,分布范围较小,一般不会产生浸没现象。

表 5.8-1 5 段土质库岸浸没预测成果统计表

序号	名称	地质剖面坍岸预测分析				
		剖面编号	物质成因	浸没宽度 Rs (m)	浸没库岸 长度(km)	浸没后缘 高程(m)
D1	几依热水塘	RS1	Q^{al}	13.8	0.27	977.6
		RS2	Q^{el+dl} 及 Q^{al}	6.9	1.02	976.9
		RS3	Q^{el+dl}	8.5	0.47	977.2
		RS4	Q_3^l	7.2	0.71	976.9
		RS5	Q^{al+pl}	22.5	0.5	978.7
D2	尘河右岸	CH4	Q^{pl+dl}	17.4	0.38	975.5
D3	勐果河	MG1	Q^{pl+dl}	47.9	0.57	977.6
D4	罗争-丙弄	BL1	Q^{el+dl} 及 Q^{dl+pl}	42.4	0.18	980.1
		BL3	Q^{al+pl} 及 Q^{dl+pl}	73.6	1.01	979.7
		BL4	Q^{dl+col}	76.8	0.24	981.6
D5	龙川江	LC1	Q^{al+pl}	7.5	0.2	976.9
		LC2	Q^{el+dl}	98.7	0.88	980.4
		LC3	Q^{el+dl}	61.6	0.6	979.7
		LC4	Q^{el+dl}	48.8	0.57	979.3
		LC5	Q_3^l	30	0.24	977.4
		LC6	$Q^{al+pl+sef}$	89	0.54	978.3

从表 5.8-1 中可以看出,浸没现象主要分布于热水塘、支流尘河、支流勐果河、丙弄及支流龙川江右岸一带。水库蓄水后库区土质库岸中共有 13 处可能产生浸没影响,浸没宽度一般 10m~90m 不等,浸没总面积为 0.15km²,浸没影响小。

(4) 泥石流

库区共发育泥石流沟 240 条,沟口堆积物总体积约 17 亿 m³,蓄水后大部分将淹没于库水位以下。库区泥石流的活动规模一般为大型与中型,少数为小型,发生频率以中频为主,危险程度以中度危险为主,易发性以轻度易发为主,不会产生堵江现象,蓄水后会增加水库淤积。

坝前 6km 以内,左岸发育马师傅河沟、白滩沟、猪拱地沟、阴地沟等 4 条

泥石流沟，其中马师傅河沟、阴地沟属活动性较强、中度危险、轻度易发泥石流，白滩沟、猪拱地沟属活动性强、中度危险、易发泥石流。经分析，泥石流活动对主体工程施工均不产生直接影响，主要对布置于泥石流流通区、堆积区内工程建筑物与基础设施或场地如营地、交通、弃渣场等安全存在一定威胁，应视施工布置采取妥善措施防治。

（5）水库诱发地震

采用宏观条件的经验对比与统计判别的 GIS 两种方法计算分析，库首马鹿塘断裂和热水塘断层，以及铜沟厂—皎西断裂带所通过的库段，可能发生的极限水库地震强度为 M4.5 级，常遇水库地震强度为 3 级；汤郎—易门断裂带所穿切的库段，可能发生的极限水库地震强度为 5 级，常遇水库地震强度为 4 级；库尾磨盘山—绿汁江断裂带所穿切的盐水井、龙街库段，可能发生的极限水库地震强度为 6 级，常遇水库地震强度为 4.5 级；在假设的极端条件下，各危险区段的诱发地震对坝址区极限影响烈度均不超过Ⅵ度，低于坝区的地震基本烈度Ⅶ度，更低于工程抗震设防标准，不会对水工建筑物产生不良影响；除了在龙街库段发生极限水库地震 6 级，震中小范围库区烈度达到Ⅷ度外，其它绝大多数库区遭遇水库地震的极限影响烈度均不超过当地地震基本烈度Ⅶ度。

5.9 泄洪雾化影响分析

乌东德水电站最大坝高 270m，坝身设有 5 个表孔、6 个中孔，左岸共布置了 3 条泄洪洞。大坝泄洪采用空中碰撞消能，泄洪时具有流量大、水头高、落差大和能量大等特点。

根据天津大学对乌东德水电站大坝泄洪雾化模型的试验研究成果表明：

（1）无风情况下坝身泄洪雾化大暴雨区纵向范围最远距坝轴线 546m，横向左扩散至 994m 高程以下，横向右扩散至 1000m 高程以下；暴雨区纵向范围最远距坝轴线 655m，横向左扩散至 1082m 高程以下，横向右扩散至 1027m 高程以下；毛毛雨区纵向范围最远距坝轴线 740m，横向左扩散至 1152m 高程以下，横向右扩散至 1070m 高程以下。左岸泄洪洞泄洪大暴雨区纵向范围最远距泄洪洞挑坎 450m，横向左扩散至 962m 高程上，横向右扩散至河道内；暴雨区纵向范围最远距泄洪洞挑坎 550m，横向左扩散至 980m 高程上，横向右扩散至河道内；毛毛雨区纵向范围最远距泄洪洞挑坎 670m，横向左扩散最大至 1008m 高程上，横向

右扩散至河道内。

(2) 在最不利风速作用下坝身泄洪雾化大暴雨区纵向范围最远距坝轴线 636m, 横向左扩散至 990m 高程以下, 横向右扩散至 1000m 高程以下; 暴雨区纵向范围最远距坝轴线 703m, 横向左扩散至 1034m 高程以下, 横向右扩散至 1027m 高程以下; 毛毛雨区纵向范围最远距坝轴线 843m, 横向左扩散至 1148m 高程以下, 横向右扩散至 1070m 高程以下。左岸泄洪洞泄洪大暴雨区纵向范围最远距泄洪洞挑坎 507m, 横向左扩散至 954m 高程上, 横向右扩散至河道内; 暴雨区纵向范围最远距泄洪洞挑坎 627m, 横向左扩散至 967m 高程上, 横向右扩散至河道内; 毛毛雨区纵向范围最远距泄洪洞挑坎 735m, 横向左扩散最大至 1014m 高程上, 横向右扩散至河道内。

从计算结果可以看出, 坝身联合泄洪时, 泄洪雾化暴雨区范围对消力池及两岸进厂公路部分段影响很大, 此外, 推荐泄洪组合方案情况下, 部分坝体在雾化暴雨区范围内, 均应注意防护。

坝轴线下游左岸 1082m 高程、右岸 1027m 高程, 左岸泄洪洞下游右岸 980m 高程以下处于雾化暴雨区范围, 岸坡应该重点防护。防护措施可采用混凝土护坡加抽排设施, 如遇古崩塌堆积体, 可用锚索加固或挖除; 对于毛毛雨区内的建筑物和岸坡, 可参照不大于一次自然降雨的危害程度对建筑物和岸坡进行适当的防护。

泄洪雾化毛毛雨区受当地当时的气候条件影响很大, 如果遇到天气阴冷, 气温较低, 空气饱和度较高时, 则该区域可能形成较大的范围和扩散高度, 而且随着环境风的变化, 人们会感到雨滴时有时无, 飘忽不定; 而在天气晴朗干燥, 气温较高, 空气饱和度较低时, 则不能形成降雨, 只是形成或浓或淡的雾气, 在环境风的作用下沿地形向下游和两岸飘散。因此, 现有挑流泄洪雾化数学模型对毛毛雨区边界还无法精确模拟, 但是由于该区域的降雨强度已经等于或小于大多数自然降雨过程, 从实用角度上已经不会对工程造成危害性影响, 因此它对建筑物的影响不会大于一次普通的自然降雨过程。

5.10 移民安置环境影响预测评价

5.10.1 移民安置环境容量分析及适宜性评价

5.10.1.1 移民安置环境容量分析

移民安置区的环境容量取决于移民安置区域自然资源条件,社会经济条件和移民人口 3 个方面。其中移民安置区的自然资源条件又在一定程度上决定了安置区的社会经济条件和人口规模,因此,本报告从移民安置区的自然资源条件分析移民安置区环境容量能否满足移民的要求。

移民安置区自然资源条件分析主要指水资源和土地资源环境容量分析。水资源容量分析主要分析水资源能否满足移民的生产生活用水。土地资源主要分析土地生产力能否满足移民生产生活要求。

(1) 水资源环境容量分析

乌东德库区共规划农村集中安置点 26 个,迁建集镇有 2 个,城区安置 1 个,各个安置点的水源选择详见表 5.10-1。

从表 5.10-1 中可以看出,集中安置点附近均有合适的水源用于生产或生活用水。部分移民安置点水源不足,可通过新建水库、加固水库、扩建水库、整治塘堰、新建或改扩建引水渠道、新建提水泵站等措施进行调节,水量能满足生产用水要求。部分水质经过处理亦能满足生活饮用水要求。

根据移民安置区气象条件分析,安置区内年均降水量在 850mm 左右,大于农作物平均需降水量 800mm 的要求,但降雨量分布不均,存在作物生长期季节性供水差异,仅依靠降雨量还不能完全满足农作物生长的需要,不足的需水量将要依靠地表水进行补给。根据《金沙江乌东德水电站可行性研究阶段建设征地移民安置总体规划报告》,移民安置点的外部供水工程规划内容有:规划新建(重建)水库 4 座,包括武定县仁和水库、元谋县茂芷水库、会理县横山水库、会东县马头山水库;规划改扩建水库 5 座,包括元谋县麻柳水库,会理县樟木树水库、新民水库,会东县龙滩水库、雪山水库;利用在建或已建水库 3 座,包括禄劝县大河边水库,武定县己衣水库,元谋县挨小河水库。规划整治骨干灌溉渠道 11 条,共 131.00km;规划新建引水渠道 13 条,共 74.70km;规划新建提水泵站 8 处,规划新建泵房 10 座,水泵总台数 25 台,总装机 3616kW;规划输水管道总长度 297.20km,规划新修水窖 425 口,新建、整治塘堰 78 口。

外部供水工程实施后，各安置点供水保证率（95%）年份新增生活供水量可满足移民生活用水需求，并可辐射 4.15 万人生活用水需求；灌溉保证率（75%）年份新增灌溉供水量可满足移民灌溉用水需求，并可辐射 0.98 万亩灌溉用水需求。在解决移民生活、生产用水问题的同时，连带改善移民安置点周边居民人畜饮用水及农业耕作条件，具有多重的社会效益。

因此，移民安置点的农田灌溉用水和移民生活用水在附近都有水源。根据《生活饮用水水源水质标准》（CJ3020）的相关要求对各移民安置点生活用水水源进行现场采样和检测，除个别自金沙江引水的安置点水样出现浑浊度等指标超标外，绝大多数安置点水质都能达到要求。对水质指标超标的水源，安置点规划有集中的水处理设施对其进行过滤和消毒，水质达标后供给用户。水质通过处理，水量通过水利工程改造均能满足移民安置区的生产和生活用水要求。

表 5.10-1 各集中安置点生产生活供水水源及供水设施

市县	安置点名称	生产供水	生活供水
禄劝县	新村（一期）	修建 200 口集雨水池、水窖等小型水利设施过渡。	规划在新村上游水厂 E1345 高位水池处修建加压泵站 1 座，水泵安装 2 台，一用一备，泵站采用间歇式运行，单机流量 32m³/h，扬程 114m，单机功率 18.5kw，总装机功率 37kw。
			规划新建引水管道 0.26km，引水规模 126.9m³/d，管道设计流量 32m³/h.
	新村（二期）	规划从大河边水库引水，用管道引水到安置点生产用地，引水管道长度 37.33km，生产引水流量 0.19m³/s，转输生活用水规模 550.7m³/d。	规划在“大河边水库至新村”生产引水工程的末端蓄水池新建引水管道，引至安置点净水站，引水管道长度约 2.00km，引水规模 588.4m³/d。
		引水管道末端设 2 个容量为 1.50 万 m³蓄水池，田间灌溉采用管网输水，直接从蓄水池引水。	
	皎西（集镇）	规划以志超水库为水源，配套完善引水渠道 1.90km，设计流量 0.10m³/s。	规划从志超水库引水，水经管道引水到安置点净水站，引水线路长度约 3.45km，引水规模 65.9m³/d。
武定县	花果山	规划以己衣水库为主要灌溉水源，辅以金沙江提水补充方案。规划续建己衣大沟（渠道），长度 10.7km，设计流量为 1.20m³/s；规划新建引水渠道 6.50km，设计流量 0.51m³/s。	规划从己衣水库引水，水经管道引水到安置点净水站，引水管道长度约 13.40km，引水规模 196.3m³/d；
		规划新建补充灌溉泵站 1 座，加压泵站 1 座，进行二级提水。	
		新建引水管道约 1.8km，管道设计流量 310m³/h。	
	西和	规划新建提水泵站一座从分州水库提水，提水至附近山头蓄水池（容积 500m³，高程 1950m），再通过输水管道至安置点生产用地附近蓄水池，共修建 5 座 500m³蓄水池。新建泵站设计流量 0.07m³/s。	规划从分州水库新建取水口，引水线路长度约 1.44km，引水流量 16.0m³/h。
元谋县	甘塘、瓦渣菁、江边集镇	东山大沟上段（麻柳渡槽以上 28.8km 渠段）渠道过流能力由现状 4.5m³/s 改扩建到 7.5m³/s。	生活用水从挨小河水库引水，管道依次供给瓦渣菁、甘塘、江边三个安置点，新建引水管道共约 48.85km；
		规划对东山大沟尾段进行续建，长度 15.31km，设计流量 1.0m³/s。	
		对麻柳水库进行扩建，新增库容 1147 万 m³。	

		规划在元谋县黄瓜园镇新建茂芷水库，正常库容 43.30 万 m³，兴利库容 38.30 万 m³。 规划以龙川江作为补充水源提水灌溉，提水泵为 1 级泵，补充水源设计流量 0.26m³/s。 规划新建龙川江灌溉泵站提水后渠道工程，渠道长度为 3.63km，设计流量 0.26m³/s。	
攀枝花市	命卡	规划在混撒拉水库坝后修建取水口，引水渠道长度约 4.6km，设计流量 0.05m ³ /s。	规划在胜利水库坝后修建取水口，引水线路长度约 21.5km，引水流量 2.6m ³ /h。
	棉花地	规划在金沙江边修建提水泵站 1 座，为安置点生产与生活供水共用。	规划纳入钒钛产业园区供水管网，引水管道长度 20.5km。
		新建引水管道约 1.1km，生产引水流量 0.04m ³ /s，转输生活引水规模 51.5m ³ /d，管道设计流量 155m ³ /h。	
		规划在引水管道后新建渠道工程至生产用地，渠道长度 0.1km，设计流量 0.1m ³ /s。	
	鲊石	规划在金沙江边修建加压泵站 1 座，为安置点生产与生活供水共用。	规划充分利用现状附近汇水，引水管道长度 2.50km。
		规划新建引水管道约 0.7km，生产引水流量 0.03m ³ /s，转输生活引水规模 18.3m ³ /d，管道设计流量 120m ³ /h。	
		规划引水管道后新建渠道工程至生产用地，渠道长度 0.85km，设计流量为 0.10m ³ /s。	
	金沙阳光		接入钒钛产业园区供水管网
	那拉莫(城区)		接入炳草岗水厂供水管网
会理县	马鞍坪	规划在尘河右岸修建加压泵站 1 座，总装机功率 960kw，为安置点生产与生活供水共用。	规划从保安水库引水，水经管道引水到安置点净水站，引水管道长度约 9.60km，引水规模 323m ³ /d。
		新建引水管道 0.68km。	
		规划新建尘河泵站提水后渠道工程，渠道长度为 4.6km，设计流量为 0.32m ³ /s。	

	半嵛地、富乐九组	规划对樟木树水库进行扩建，加高扩容，大坝加高 5.10m，增加库容 38.75 万 m ³ 。	规划从樟木树水库引水，水经管道依次供给富乐九组、半嵛地两个安置点的生活用水，新建引水管道共约 21.30km。
		规划从樟木树水库引水，用管道依次供给富乐九组、半嵛地两个安置点的生产用水，新建引水管道共约 21.30km。	
		樟木树水库到富乐九组段，管道长度约 15.40km，管道设计流量 432m ³ /h（包括转输至半嵛地的生产用水）；到半嵛地支管段，管道长度约 5.90km，管道设计流量 36m ³ /h。	
	新铺子	规划从新民水库引水，用管道自流供水到箐门口村附近，在箐门口村附近新建 1 座加压泵站（1#加压泵房），提水到哨房梁子，再在哨房梁子建 1 座加压泵站（2#加压泵房），提水到桥顶山顶高位水池后用管道自流到安置点。	规划从新民水库引水，加压泵、泵站、高位水池，引水管道均与生产供水共用，具体方案见生产供水方案。
		在桥顶山附近建一个高位水池，有效容积 200m ³ ，接到安置点的自流管。	
		新建引水管道约 21.0km，管道设计流量 190m ³ /h。	
	云兴、沙园、云田、甸沙关	规划对摩掌大堰进行整修衬砌，衬砌长度为 19.0km。	规划从巴松沟内的陈家河坝沟和卢塘坝沟两处取水，分别修建引水低坝取水，引水管道总长约 19.1km。
		规划新建狮子湾沟引水工程，补充灌溉甸沙关和云田安置点生产用地，新建渠道长度 8.50km，设计流量为 0.3m ³ /s。	引水管道前段（至沙园净水站），管道长度约 10.6km，管道设计流量 6.25m ³ /h（包括转输至云田、甸沙关的生活用水）；后段（至甸沙关），管道长度约 8.5km，引水规模 72.2m ³ /d。
			陈家河坝沟水源处高程 1680m，卢塘坝沟水源处高程 1660m，供水站进水点设计高程为 1503m，每隔 60m 高程差设置一个减压水池，防止 PE 管内压超标。
会东县	官田	规划新建龙滩水库野猪沟补水工程 3.44km，设计流量为 1.0m ³ /s。	规划从龙滩水库引水，水经管道引水到安置点净水站，引水管道总长度约 8.52km，生活用水规模 109.8m ³ /d。
		规划从龙滩水库引水，用管道引水到安置点生产用地，引水管道总长度约 8.52km，生产引水流量 0.08m ³ /s，管道设计流量 288m ³ /h。	
	民权、姜州	规划续建配套田间渠道 2.00km，姜州村、民权两个移民安置点灌溉设计流量分别为 0.09m ³ /s、0.04m ³ /s。	规划从梨园水库引水，水经管道依次供给姜州、民权两个安置点的生活用水，引水管道总长度 8.1km。

			引水管道前段（至姜州净水站），管道长度约 1.9km，管道设计流量 6.56m ³ /h（转输民权生活用水）；后段（至民权净水站），管道长度约 6.2km，管道设计流量 1.87m ³ /h； 在姜州、民权安置点各引水管道末端接各安置点净水站。
	新马	规划新建绿荫塘补水工程，长度约 8.92km，设计流量 1.5m ³ /s。	规划从雪山水库引水，水经管道自流供水，沿雪山水库左干渠走线布置到新马安置点净水站。引水管道长度约 9.60km，引水规模 80.8m ³ /d。
		规划从雪山水库右干渠取水口至移民安置点新建移民支渠，长度约 1.80km，灌溉设计流量 0.2m ³ /s。渠道引水高程 2250m，最高生产用地高程 1860m。	
	金家坪	规划从雪山水库右干渠取水口至移民安置点新建移民支渠，长度约 1.25km，灌溉设计流量 0.1m ³ /s。渠道引水高程 2300m。	规划从雪山水库引水，水经管道自流供水，前段拟沿雪山水库右干渠布置，后段基本沿洛佐乡集镇路布置到移民安置点净水站，引水管道总长度约 13.20km。
			引水管道前段为金家坪与马口安置点生活供水的共用管道，管道长度约 8.40km，引水规模 144.4m ³ /d；后段为金家坪生活供水专用管道，管道长度约 4.80km，引水规模 23.2m ³ /d。
			引水起端高程 2310m，引水末端高程 2050m，每隔 60m 高程差设置一个减压水池，防止 PE 管内压超标。
	马口		规划以雪山水库为生活用水水源，采用 PE 管道输水，输水管线长 16.0km，其中前段 8.4km 与金家坪安置点共用管道；后段为马口安置点生活供水专用管道，管道长度约 7.6km，引水规模 121.2m ³ /d。
	坪山	规划新建三戈支水库到坪山移民安置点生产用地引水渠道，渠道长度约 14.80km，设计流量 0.3m ³ /s。	规划从三戈支水库引水，水经管道引到安置点净水站，引水管道长度约 8.50km，引水规模 135.5m ³ /d。

(2) 土地资源环境容量分析

1) 土地资源环境容量

乌东德水电站库区土地资源和水资源有限，且分布不均，为妥善安置移民，实现移民安置后生产和生活达到或超过原有水平，必须采取适当的生产开发措施，科学合理地利用好现有资源。土地资源容量分析主要针对农村移民安置进行分析，包括就近安置和集中安置环境容量两方面。

①云南省

A、就近安置环境容量分析

乌东德水电站云南省建设征地范围内 9 个乡镇 25 个村 39 个村民小组具有后靠容量，可就近安置部分移民。涉及村组 2010 年底总农业人口 9533 人，年末总耕园地 33099.42 亩，剩余耕园地 27893.51 亩，涉及组人均耕园地在 0.51 亩~12.9 亩之间，平均为 3.47 亩/人。可筹措耕园地 1855.79 亩，可筹措宜农荒山荒坡 762.10 亩。经土地开发整理后，可用于安置移民的耕园地 2452.99 亩。库周剩余土地资源筹措及环境容量分析见下表。

表 5.10-2 乌东德水电站库周剩余资源及环境容量分析汇总表

县	土地资源筹措（亩）						改造后 用于移 民耕园 地（亩）	安置 方式	安置 标准 （亩/ 人）	环境 容量 （人）
	合计	调剂耕园地				宜农荒 山荒坡				
		小计	本组 承包地	集体 土地	相邻村 组调剂					
禄劝县	1705.79	1645.79	486.78	946.36	212.65	60.00	1693.79	农业 安置	1.5	1130
武定县	702.10					702.10	549.20	复合 安置	0.5/1.0	772
元谋县	210.00	210.00	210.00				210.00	复合 安置	1	210
总计	2545.89	1855.79	696.78	946.36	212.65	762.10	2452.99			2112

根据移民安置规划，规划就近有土安置移民共 1471 人，人均配置耕园地面积 1.5 亩、1.0 亩或 0.5 亩，共需配置耕园地共计 1663.0 亩，少于 2452.99 亩。因此，就近分散安置土地资源容量可满足安置需求。就近生产安置移民耕园地配置规划见下表。

表 5.10-3 乌东德水电站云南省就近生产安置移民耕园地配置规划表

县	区域	就近有土安置分散人口			配地标准 (亩/人)	配置耕地数 量 (亩)	备注
		小计	农业	复合			
禄劝县	枢纽工程 区	255	255		1.5	382.5	

	淹没影响区	438	438		1.5	657	
	集镇占地	40	40		1.5	60	
	小计	733	733			1099.5	
武定县	淹没影响区	606		606	0.5/1	431.5	另有234人到花果山安置点配地
元谋县	淹没影响区	128		128	1	128	
	集镇占地	4		4	1	4	
	小计	132		132		132	
合计		1471	733	738		1663	

B、集中安置环境容量分析

乌东德建设征地区云南省共有 7 个生产安置点(白马口和下普利无生产安置任务),可调剂、改造或开发整理土地 29972.76 亩,经土地开发整理后,可用于安置移民的耕园地 22027.41 亩,可安置移民 23891 人,各集中安置点生产安置土地资源环境容量分析汇总详见表 5.10-4。根据移民安置规划,集中安置点有土安置移民 16371 人,移民采取农业安置或复合安置方式,人均配置耕园地 1.5 亩、1.0 亩或 0.5 亩,共需配置耕园地面积 14268.5 亩,详见表 5.10-5。从土地资源环境容量角度分析,云南省土地资源容量满足规划生产安置容量需求。

表 5.10-4 集中安置点农业安置土地资源及环境容量分析汇总表

县区	安置点名称	可调整土地面积（亩）					调整改造后可用于移民安置耕园地（亩）	安置方式	安置标准（亩/人）	环境容量（人）
		合计	耕园地			宜农荒山				
			小计	承包地	集体土地					
禄劝	新村	5138.13	2090.80	0.00	2090.80	3047.33	4528.67	复合	1.0	4529
禄劝	皎西	99.00	99.00	99.00	0.00	0.00	99.00	复合	0.5	198
武定	花果山	3067.89	0.00	0.00	0.00	3067.89	1993	复合	0.5/1.0	2382
武定	西和	1500.00	814.78	363.06	451.72	685.22	1386	复合	0.5	2772
元谋	江边集镇	6066.54	1044.64	253.00	791.64	5021.90	3555.59	复合	1.0	3553
元谋	甘塘	8316.70	1881.40		1881.40	6435.30	5099.05	复合	1.0	5096
元谋	瓦渣箐	5784.50	4947.30		4947.30	837.20	5365.90	复合	1.0	5361
总计	7	29972.76	10877.92	715.06	10162.86	19094.84	22027.41			23891

表 5.10-5 乌东德水电站集中安置移民耕园地配置规划表

县名	安置点名称	水平年安置移民人数		生产安置方式	耕地配置标准(亩/人)	配地数量(亩)	备注
		居民点总人口	有土安置				

县名	安置点名称		水平年安置移民人数		生产安置方式	耕地配置标准 (亩/人)	配地数量 (亩)	备注
			居民点总人口	有土安置				
禄劝	新村*	枢纽工程区	685	683	复合安置	1.0	683.0	
		淹没影响区	2491	2475	复合安置 农业安置	0.5/1 1/1.5	2067.5	
		小计	3176	3158			2750.5	
	皎西Δ		356	122	复合安置	0.5	61.0	
	小计		3532	3280			2811.5	
武定	花果山		1253	1465	复合安置	0.5/1	1401.0	有土安置 含 234 个 就近生产 安置人口
	西和		2450	2436	复合安置	0.5	1218.0	
	小计		3703	3901			2619.0	
元谋	江边集镇Δ		4653	3085	复合安置	1.0	3085.0	
	甘塘		2473	2447	复合安置	0.5/1	2373.0	
	瓦渣箐		3734	3658	复合安置	0.5/1	3380.0	
	小计		10860	9190			8838.0	
合计			18095	16371			14268.5	

注：带*为涉及枢纽工程建设区移民安置，带△为集镇安置点，其它为淹没影响区居民点。

②四川省

A、就近安置环境容量分析

乌东德水电站四川省库周剩余资源涉及四川省 18 个乡镇 31 个村 75 个村民小组具有后靠容量，可就近安置部分移民。建设征地涉及四川省村组就近农业安置主要以调整土地为主，可筹措土地 2040.99 亩。经土地开发整理后，可用于安置移民的耕园地 2020.39 亩。以规划水平年人均耕地为目标进行环境容量分析，剩余土地资源可安置移民 1382 人。建设征地涉及村组就近农业安置土地资源环境容量分析详见下表。

表 5.10-6 建设征地涉及村组剩余土地资源及环境容量分析表

县区	土地资源筹措（亩）						改造后 用于移 民耕园 地（亩）	安置方式	安置 标准 （亩/ 人）	环境容 量（人）
	合计	调剂耕园地				宜农荒 山荒坡				
		小计	本组 承包地	集体土 地	相邻村 组调剂					
会东县	524.12	524.12	466.12		58.00		524.12	农业安置	1.5	349
会理县	763.76	660.76	660.76			103.00	743.16	农业安置	1.5	494
仁和区	480.65	480.65	274.70		205.95		480.65	农业安置	1/1.5	357
盐边县	230.46	230.46	230.46				230.46	农业安置	1.5	154
钒钛区	15.00	15.00	15.00				15.00	农业安置	1.5	10

东 区	27.00	27.00	27.00				27.00	农业安置	1.5	18
合 计	2040.99	1937.99	1674.04		263.95	103.00	2020.39			1382

根据移民安置规划，就近有土安置移民 867 人，采取农业安置方式，人均配置耕园地面积 1.5 亩，需配置耕园地 1300.5 亩（具体见表 5.10-7），远少于 2020.39 亩，因此，从土地资源环境容量角度分析，剩余土地资源满足就近分散生产安置人口容量要求。

表 5.10-7 就近安置移民耕园地配置规划表（四川省）

县区	区域	就近有土安置人口（人）			配地标准 （亩/人）	配置耕地 数量 （亩）	备注
		小计	农业	复合			
会东县	枢纽工程区	281	281		1.5	421.5	
	淹没影响区	27	27		1.5	40.5	
	小计	308	308			462	
会理县	淹没影响区	348	348		1.5	522	
仁和区	淹没影响区	96	96		1.5	144	另有 91 人到集中安置点配地
盐边县	淹没影响区	101	101		1.5	151.5	
东区	淹没影响区	5	5		1.5	7.5	
	小计	5	5			7.5	
钒钛区	淹没影响区	9	9		1.5	13.5	
合计		867	867			1300.5	

B、集中安置环境容量分析

四川省共 19 个农村移民集中安置点，其中会东县官田、金家坪、民权、新马、坪山、姜州村，会理县马鞍坪、半嶺地、富乐九组、新铺子、云兴、沙园、云田、甸沙关，仁和区命卡、棉花地等 16 个安置点采取农业安置或者复合安置；会东县马口安置点为后靠搬迁安置点，无生产安置；盐边县鲜石村安置点采用工程防护；钒钛园区金沙阳光安置点自谋职业安置。因此，针对采用土地资源安置的 16 个安置点筹措的土地资源进行环境容量分析。涉及 11 个乡镇 25 个村 54 个村民小组，可筹措土地资源 18690.73 亩，其中耕园地 7421.25 亩，宜农荒山荒坡 11269.48 亩，各安置点土地资源筹措结果见表 5.10-7。采用土地资源安置的 16 个集中安置点，可调剂、改造或开发整理土地 18690.73 亩，经土地开发整理后，可用于安置移民的耕园地 16016.60 亩。土地资源环境容量分析汇总详见表 5.10-8。

集中安置点中，有土安置移民 8276 人，移民采取农业安置或复合安置方式，人均配置耕园地 1.5 亩、1.0 亩或 0.5 亩，需配置耕园地面积 11649.5 亩，详见表 5.10-9。

由两表数据可以看出，四川省涉及的集中生产安置点所需耕园地面积远小于土地开发整理后面积，所以，开发整理后的耕园地面积可满足安置需要。

表 5.10-8 乌东德水电站四川省集中安置点农业安置土地资源及环境容量分析汇总表

县区	安置点名称	可筹措土地面积（亩）					调整改造后可用于移民安置耕园地（亩）	安置方式	安置标准（亩/人）	环境容量（人）
		合计	耕园地			宜农荒山				
			小计	承包地	集体土地					
会东县	官田	1655.61	1608.61	363.20	1245.41	47.00	1646.21	农业安置	1.5	1097
会东县	金家坪	280.50	280.50	80.50	200.00		280.50	农业安置	1.5	187
会东县	新马	834.30	605.30	453.30	152.00	229.00	788.50	农业安置	1.5	526
会东县	姜州村	1125.40	640.40	376.10	264.30	485.00	1052.67	农业安置	1.5	702
会东县	民权	478.70	360.70	123.70	237.00	118.00	455.10	农业安置	1.5	303
会东县	坪山	1525.20	1143.90	88.50	1055.40	381.30	1448.94	农业安置	1.5	965
小计	6	5899.71	4639.41	1485.30	3154.11	1260.30	5671.92			3780
会理县	马鞍坪	5156.07				5156.07	4124.85	农业安置	1.5	2750
会理县	半嶠地	460.00	390.00	390.00		70.00	446.00	农业安置	1.5	297
会理县	富乐九组	2337.50	230.50	230.50		2107.00	1916.10	农业安置	1.5	1277
会理县	新铺子	771.00	291.00	291.00		480.00	675.00	农业安置	1.5	450
会理县	云兴	723.55	310.25	310.25		413.30	640.89	农业安置	1.5	427
会理县	沙园	346.18	231.18	231.18		115.00	323.18	农业安置	1.5	215
会理县	云田	265.50	186.00	186.00		79.50	249.60	农业安置	1.5	166
会理县	甸沙关	669.50	319.50	319.50		350.00	599.50	农业安置	1.5	400
小计	8	10729.30	1958.43	1958.43		8770.87	8975.12			5982
仁和区	棉花地	1000.08	272.13		272.13	727.95	636.80	农业安置	1.5	424
仁和区	命卡	1061.64	551.28	551.28		510.36	732.76	农业安置	1.5	488
小计	2	2061.72	823.41	551.28	272.13	1238.31	1369.56			912
合计	16	18690.73	7421.25	3995.01	3426.24	11269.48	16016.60			10674

表 5.10-9 集中安置移民耕园地配置规划表（四川省）

县名	安置点名称	水平年安置移民人数（人）		生产安置方式	耕园地配置标准（亩/人）	配置耕园地数量（亩）	备注
		居民点总人口	有土安置				
会东县	官田	701	696	农业安置	1.5	1044	
	金家坪	148	148	农业安置	1.5	222	
	新马	516	496	农业安置	1.5	744	
	姜州村	697	669	农业安置	1.5	1003.5	
会东县	民权	274	265	农业安置	1/1.5	381	
	坪山	865	839	农业安置	1/1.5	1182.5	
	马口	274					后靠搬迁安置点
	小计	3475	3113			4577	
会理县	马鞍坪	2272	1999	复合/农业安置	0.5/1.5	2914.5	
	半峭地	177	143	农业安置	1	143	
	富乐九组	1160	1104	农业安置	1/1.5	1390.5	
	新铺子	369	361	复合/农业安置	0.5/1.5	535.5	
	云兴	345	285	农业安置	1	285	
	沙园	119	92	农业安置	1/1.5	123	
	云田	121	115	农业安置	1.5	172.5	
	甸沙关	333	303	农业安置	1.5	454.5	
	小计	4896	4402			6018.5	
仁和区	棉花地	315	386	复合/农业安置	0.5/1/1.5	529.5	
	命卡	378	375	复合/农业安置	0.5/1.5	524.5	
	小计	693	761			1054	有土安置人口中有 91 人为就近安置人口
钒钛区	金沙阳光	86					农村自谋职业
盐边县	鲊石	113					防护
东区	那拉莫	587					城市人口搬迁
合计		9850	8276			11649.5	

注：带*者涉及枢纽工程建设区移民安置，其它为淹没影响区居民点；马口安置点为搬迁后靠安置点，无生产安置任务。

5.10.1.2 移民安置环境适宜性分析

（1）移民生产安置适宜性分析

乌东德库区移民生产安置区共涉及云南、四川两省，共 10 个区（县）、26 处集中安置点。其中云南省禄劝县 2 处安置点、武定县 2 处安置点、元谋县 3 处安置点；四川省会东县 7 处安置点、会理县 8 处安置点、攀枝花市仁和区 2

处安置点、盐边县 1 处安置点、钒钛产业园区 1 处安置点。其中，钒钛产业园区的金沙阳光安置点采取自谋职业、盐边县的鲊石安置点采取农田防护、东区那拉莫安置点采取城市人口搬迁安置，三处安置点均不需另外配置土地。因此，移民生产安置适宜性分析主要针对其余 23 处集中生产安置点进行分析。

移民安置生产开发环境适宜性评价主要是针对移民安置区所拥有的土地资源，综合考虑开发的土地资源的制约性因素、生产适宜性，评价指标主要包括生态敏感性、地形地貌、气候条件、土地质量等 4 个方面指标。其中生态敏感性指一些限制性因素，主要包括移民安置是否占用和影响风景名胜区、自然保护区、天然林保护区，是否占用坡度大于 25°的土地等。地形地貌一般包括坡度、土地利用类型和植被覆盖度 3 个方面。气候条件包括光照、热量和水量 3 个方面。土地质量包括耕作层厚度和土地肥力 2 个方面。

评价方法采用模糊函数方程进行分析，首先建立指标体系，再建立模糊函数方程进行计算各移民生产安置区的适宜性分析。

1) 评价方法

①建立指标体系

将地形地貌、气候条件、土地质量适宜性指标分为适宜、较适宜、适宜性差和不适宜 4 个级别，对每一级分别给定特定的条件，建立本工程移民生产安置区生态适宜度指标体系。

②单项指标评价

a、环境敏感制约因素的判别

无制约因素为适宜，其分值为 1，有制约因素则为不适宜，分值为 0。

$$K_i = \begin{cases} 1 & \text{无生态环境制约因素} \\ 0 & \text{有生态环境制约因素} \end{cases}$$

通过实地调查，乌东德库区移民生产安置区不涉及自然保护区、风景名胜区、水源保护区、珍稀动植物集中分布区等环境敏感区域，无环境限制性因素，可只考虑地形地貌、气候条件、土地质量等 3 个方面指标的评价。

b、地形地貌

$$K(x_1) = \begin{cases} 1 & X < 6^\circ \\ 0.6 & 6^\circ < X < 15^\circ \\ 0.3 & 15^\circ < X < 25^\circ \\ 0 & X > 25^\circ \end{cases} \quad (\text{坡度})$$

$$K(x_2) = \begin{cases} 1 & \text{未利用地或疏林地} \\ 0.6 & \text{草地或灌木林地} \\ 0.3 & \text{园地或旱地} \\ 0 & \text{其他用地 (除上述用地以外的用地类型)} \end{cases} \quad (\text{土地利用类型})$$

$$K(x_3) = \begin{cases} 1 & \text{植被覆盖度 10\%以下} \\ 0.6 & \text{植被覆盖度 10\%-25\%之间} \\ 0.3 & \text{植被覆盖度 25\%-40\%之间} \\ 0 & \text{植被覆盖度 40\%以上} \end{cases} \quad (\text{植被覆盖度})$$

c、气候条件

$$K(x_1) = \begin{cases} 1 & \text{光照 1100h 以上} \\ 0.6 & \text{光照 1100-1000h} \\ 0.3 & \text{光照 1000-900h} \\ 0 & \text{光照 900h 以下} \end{cases} \quad (\text{光照})$$

$$K(x_2) = \begin{cases} 1 & \text{气温 } 16.5^\circ\text{C 以上} \\ 0.6 & \text{气温 } 16.5-15.5^\circ\text{C} \\ 0.3 & \text{气温 } 15.5-14.5^\circ\text{C} \\ 0 & \text{气温 } 14.5^\circ\text{C 以下} \end{cases} \quad (\text{气温})$$

$$K(x_3) = \begin{cases} 1 & \text{降水量 1200mm 以上} \\ 0.6 & \text{降水量 1200-1000mm} \\ 0.3 & \text{降水量 1000-700mm} \\ 0 & \text{降水量 700mm 以下} \end{cases} \quad (\text{降水量})$$

d、土地质量

$$K(x_1) = \begin{cases} 1 & \text{耕作层厚度 25cm 以上} \\ 0.6 & \text{耕作层厚度 20-25cm} \\ 0.3 & \text{耕作层厚度 15-20cm} \\ 0 & \text{耕作层厚度 15cm 以下} \end{cases} \quad (\text{耕作层厚度})$$

$$K(x_2) = \begin{cases} 1 & \text{较高} \\ 0.6 & \text{中等} \\ 0.3 & \text{较低} \\ 0 & \text{很低} \end{cases} \quad (\text{土地肥力})$$

根据上述分析，移民生产安置区适宜度指标体系详见下表。

表 5.10-10 移民生产安置区适宜度指标体系表

指标		适宜性等级			
		较适宜	中度适宜	一般适宜	不适宜
地形地貌	坡度	0~6°	6°~15°	15~25°	大于 25°
	土地利用类型	未利用地或疏林地	草地或灌木林地	园地或旱地	其它用地
	植被覆盖度	10%以下	10%-25%	25%-40%	40%
气候条件	光照	1100h 以上	1100-1000h	1000-900h	900h 以下
	温度	16.5℃ 以上	16.5-15.5℃	15.5-14.5℃	14.5℃ 以下
	水量	1200mm 以上	1200-1000mm	1000-700mm	700mm 以下
土地质量	耕作层厚度	25cm 以上	20-25cm	15-20cm	15cm 以下
	肥力	较高	中等	较低	很低

③综合评价模型

根据适宜度各指标分析，将各单项指标适宜性分值与相应的权重值相乘后，可以得到移民生产安置区适宜度值。计算公式为：

$$f = \sum K_i W_i F_i$$

其中： f ——适宜度总分值；

F_i ——各指标的给定分值；

K_i ——制约性因素分值；

W_i ——权重。

依据“相似剔除”的原则，由于移民生产安置区的土壤肥力、耕作层厚度等自然条件基本接近，并且移民生产安置区都在金沙江干热河谷区域，光照条件大致相同。因此，在分析移民生产安置区适宜性时，可选择坡度、土地利用类型、植被覆盖度、温度、水量 5 个指标进行分析，每个指标权重值均取 0.2。

④生态适宜性的判断

a、当某地块的计算总分值 f 大于 0.7 时，则认为该地块适宜用作移民生产开发用地；

b、当分值在 0.7-0.40 之间时，则认为该地块适宜性为中度适宜，在经过改造后，适宜作为后备生产开发用地；

c、当分值在 0.40-0.10 之间时，则该地块适宜性差，一般不用做生产开发；

d、当分值在 0.1 以下时，则该地块为不适宜，不能作为生产开发用地。

2) 移民生产安置区适宜性总体评价

各单项指标评价根据移民生产安置区的具体情况来划分适宜性级别，并确定出每一个级别的分值，然后建立各适宜性指标的模糊函数方程。确定适宜的分值为 1，较适宜的分值为 0.6，适宜性差的分值为 0.2。23 个集中生产安置点适宜性评价详见下表。

表 5.10-11 金沙江乌东德水电站库区 23 个移民生产安置区适宜性评价表

县名	序号	生产安置点名称	坡度	土地利用类型	植被覆盖度	温度	降水量	耕层厚度	肥力	适宜度值	评价结果
禄劝县	1	乌东德乡新村	1	0.3	0	0.6	0.3	1	0.3	0.525	中度适宜
	2	皎西	1	1	1	0.6	0.3	1	1	0.84	较适宜
武定县	3	己衣乡花果山	0.3	1	1	0.3	0.3	0.3	0.6	0.52	中度适宜
	4	狮山镇西和村	1	0	0.3	0.3	0.3	1	0.3	0.465	中度适宜
元谋县	5	江边集镇	0.3	1	1	1	0	1	0.6	0.685	中度适宜
	6	元马镇瓦渣箐	1	0.3	0	1	0	1	0.6	0.585	中度适宜
	7	老城乡甘塘	1	1	1	1	0	1	0.6	0.79	较适宜
会东县	8	嘎吉乡官田村	0.3	0.3	0	0.6	0.6	1	1	0.57	中度适宜
	9	洛佐乡金家坪村	1	0.3	0	0.6	0.6	1	1	0.675	中度适宜
	10	姜州乡民权村	1	0.3	0	0.6	0.6	1	1	0.675	中度适宜
	11	新马乡麻栎居民点	0.6	0.3	0	0.6	0.6	1	1	0.615	中度适宜
	12	可河乡坪山	0.6	1	1	0.6	0.6	1	1	0.82	较适宜
	13	姜州乡姜州村	0.6	0.3	0.3	0.6	0.6	1	1	0.645	中度适宜
会理县	14	新安乡马鞍桥村马鞍桥	0.3	0.6	0.6	0.3	0.6	1	0.6	0.51	中度适宜
	15	富乐乡三岔河村半嶺地	1	0.3	0	0.3	0.6	1	1	0.63	中度适宜
	16	富乐乡富乐九组	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	1	1	0.555	中度适宜
	17	新发乡新铺子	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	1	0.6	0.495	中度适宜
	18	云甸乡云兴村	1	0.3	0	0.3	0.6	1	1	0.63	中度适宜
	19	云甸乡沙园村	1	0.3	0	0.3	0.6	1	1	0.63	中度适宜
	20	云甸乡云田村	0.3	0.3	0	0.3	0.6	1	1	0.525	中度适宜
	21	云甸乡甸沙关村	0.3	1	1	0.3	0.6	1	0.6	0.67	中度适宜
仁和区	22	大龙潭乡命卡	1	0.3	0	1	0.3	1	0.3	0.585	中度适宜
	23	大龙潭乡棉花地	0.6	0.3	0.3	1	0.3	1	0.3	0.555	中度适宜

根据表 5.10-11，金沙江乌东德水电站库区 23 个移民生产安置区中，有 3 个是较适宜，其余 20 个为中度适宜，总体安置条件较好。

(2) 典型生产安置点适宜性分析

根据安置点所在区域及规模，分别选择云南省禄劝县新村安置点和四川省会理县马鞍坪安置点作为典型生产安置点进行适宜性分析。

1) 土地利用现状

新村和马鞍坪安置点土地筹措主要以土地流转、土地开发整理两种方式进行生产安置移民。根据 1:2000 实测地形图和当地国土部门以及移民安置区集体调剂出的土地范围统计新村和马鞍坪两处安置点土地利用现状结构如下表。

表 5.10-12 新村、马鞍坪安置点土地利用现状结构面积统计 单位：亩

地类		新村安置点			所占比例(%)	马鞍坪安置点	所占比例(%)
一级地类	二级地类	大坝塘	小坝塘	合计		合计	
耕地	小计	794.06	945.32	1739.38	29.95	979.59	11.26
	水田	159.47	121.11	280.58		0	
	旱地	634.59	824.21	1458.8		979.59	
园地	小计	167.38	184.04	351.42	6.05	927.35	10.66
	果园	37.66	11.84	49.5		362.7	
	其他园地	129.71	172.2	301.91		564.65	
林地	小计	137.46	443.74	581.2	10.01	5549.11	63.77
	有林地	45.37	30.75	76.12		1738.27	
	灌木林	78.71	355.76	434.47		3810.84	
	其他林地	13.38	57.22	70.61		0	
草地	小计	710.85	1755.28	2466.14	42.46	591.26	6.79
	其他草地	710.85	1755.28	2466.14		591.26	
工矿仓储用地	小计	0	16.85	16.85	0.29	0	0.00
	工业用地	0	1.97	1.97		0	
	采矿用地	0	14.88	14.88		0	
住宅用地	小计	40.11	34.08	74.19	1.28	65.81	0.76
	农村宅基地	40.11	34.08	74.19		65.81	
公共管理与公共服务用地	小计	0.29	0	0.29	0.00	0.6	0.01
	公共设施用地	0	0	0		0.6	
	机关团体用地	0.29	0	0.29		0	
特殊用地	小计	4.98	1.94	6.93	0.12	13.73	0.16
	宗教用地	0.84	0	0.84		0	
	殡葬用地	4.14	1.94	6.09		13.73	
交通运输用地	小计	84.41	108.75	193.15	3.33	88.13	1.01
	农村道路	84.41	108.75	193.15		88.13	
水域及水利设施用地	小计	131.86	148.7	280.56	4.83	395.11	4.54
	坑塘水面	105.52	102.16	207.68		5.4	
	内陆滩涂	0	0	0		389.65	

	沟渠	26.34	46.53	72.87		0.06	
其他土地	小计	19.71	78.75	98.45	1.69	90.99	1.05
	设施农用地	18.91	32.44	51.35		1.2	
	沙地	0	37.55	37.55		0	
	裸地	0	0	0		2.61	
	施工用地	0.79	8.76	9.55		0	
	土地平整区	0	0	0		87.18	
合计		2091.1	3717.44	5808.55	100.00	8701.68	100.00

2) 开发利用程度

土地利用程度主要指项目区的土地利用率、耕地复种指数。根据调查，乌东德水电站生产安置区农业土地利用率较高，但是垦殖率偏低，土地大部分为林地和未开发的荒草地，土地开发整理潜力大，耕园地后备资源充足。两处安置点土地利用程度具体见下表。

表 5.10-13 新村、马鞍坪安置点土地利用程度统计表

县名	安置点名称	土地利用程度					
		农业土地利用率	垦殖率	复种指数			
				水田	旱地	水浇地	园地
禄劝	新村	88.46%	29.95%	1.5	1.5		1
会理	马鞍坪	85.69%	11.26%		1.5		1

3) 土地开发整理后安置区环境适宜性分析

①新村安置点

新村安置点经土地开发整理后，土地整理规模 3165.49 亩，整理后耕地面积 2545.08 亩，园地面积 205.42 亩，新增耕地 805.69 亩，新增耕地率 25.45%，土地开发整理后用于安置移民的耕园地面积为 2750.50 亩，另有 1778.17 亩耕园地为筹措熟地，经土地开发整理后，新村安置点生产用地共 4528.67 亩，安置移民 3176 人，安置标准为 1 亩/人，土地资源容量满足生产安置需求。根据本安置点区位优势，土地开发整理后种植作物应以蔬菜、水果种植为主。新村安置点土地开发整理前后土地资源变化统计见下表。

表 5.10-14 新村安置点土地开发整理前后土地资源变化统计表

安置点	地类	耕地	园地	林地	草地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地	总计
新村	整理前	1739.38	1148.19	0.00	0.00	193.15	84.76	0.00	3165.49
		54.95%	36.27%	0.00%	0.00%	6.10%	2.68%	0.00%	100.00%
	整理后	2545.08	205.42	0.00	0.00	254.76	120.23	40.00	3165.49
		80.40%	6.49%	0.00%	0.00%	8.05%	3.80%	1.26%	100.00%

	变化值	805.69	-942.77	0.00	0.00	61.61	35.47	40.00	0.00
		25.45%	-29.78%	0.00%	0.00%	1.95%	1.12%	1.26%	0.00%

②马鞍坪安置点

马鞍坪安置点土地整理规模 2945.05 亩，整理后耕地面积 966.90 亩，园地面积 1947.60 亩，新增耕地 3.37 亩，新增耕地率 0.11%，土地开发整理后用于安置移民的耕园地面积为 4124.85 亩（2914.50 亩为土地开发整理，1210.35 亩为调剂熟地），安置移民 2272 人，安置标准为 1.5 亩/人，土地资源容量满足安置需求。根据马鞍坪安置点区位优势，土地开发整理后以果树种植及普通农业产业为主。马鞍坪安置点土地开发整理前后土地资源变化统计见下表。

表 5.10-15 马鞍坪安置点土地开发整理前后土地资源变化统计表

安置点	地类	耕地	园地	林地	草地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地	总计
马鞍坪	整理前	963.53	863.12	521.68	591.26	0.00	5.46	0.00	2945.05
		32.72%	29.31%	17.71%	20.08%	0.00%	0.19%	0.00%	100.00%
	整理后	966.90	1947.60	0.00	0.00	0.00	10.55	20.00	2945.05
		32.83%	66.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.36%	0.68%	100.00%
	变化值	3.37	1084.48	-521.68	-591.26	0.00	5.09	20.00	0.00
		0.11%	36.82%	-17.71%	-20.08%	0.00%	0.17%	0.68%	0.00%

从上述分析可知，新村和马鞍坪两处安置点土地开发整理实施以后，土地得到平整，田块规整成方，水利设施配套完善，区内耕地将成为旱涝保收的标准农田；实施土壤改良工程，推广和使用有机肥料和生物肥料，耕地质量将得到全面提高；田间道路的合理规划将促进项目区农业机械化水平和单位面积农业产量的提高；农田物资和农产品运输方便，省工、省时，劳动生产率得到明显提高，从环境适宜性角度分析，土地开发整理后，生产安置区环境总体适宜。

（3）移民搬迁安置适宜性分析

乌东德库区移民搬迁安置区分为农村集中安置区和集镇迁建区，其中农村集中安置区有 26 处，迁建集镇有 2 处，城区安置 1 处。

移民搬迁安置区用地一般与地形地貌、环境质量和周边环境状况等因素有关，地形地貌主要有土地坡度，土地利用类型、地质稳定性和高程等。地形地貌主要有土地坡度，土地利用类型、地质稳定性和高程等；环境质量指标主要有废水污染程度、废气污染程度、噪声扰民程度、饮用水源质量等；周边环境质量状况主要有交通状况、建筑密度、方圆 700m 内人口密度等，共 3 类 11 个指标。

评价方法采用模糊函数方程进行分析，首先建立指标体系，再建立模糊函数方程进行计算各移民生产安置区的适宜性分析。

1) 评价方法

①建立指标体系

将地形地貌、环境质量和周边环境状况适宜性指标分为高度适宜、较适宜、中度适宜、一般适宜、适宜性差和不适宜 6 个级别，对每一级分别给定特定的条件，建立本工程移民搬迁安置区生态适宜度指标体系。

②单项指标评价

根据适宜度指标建立模糊函数方程：

a、地形地貌

$$\begin{aligned}
 P(x_1) &= \begin{cases} 1 & x < 2^\circ \\ 0.8 & 2^\circ < x < 6^\circ \\ 0.6 & 6^\circ < x < 15^\circ \\ 0.4 & 15^\circ < x < 25^\circ \\ 0.2 & 25^\circ < x < 35^\circ \\ 0 & x > 35^\circ \end{cases} \quad (\text{土地坡度}) \\
 P(x_2) &= \begin{cases} 1 & \text{很稳定} \\ 0.8 & \text{较稳定} \\ 0.6 & \text{基本稳定} \\ 0.4 & \text{一般稳定} \\ 0.2 & \text{稳定性较差} \\ 0 & \text{不稳定} \end{cases} \quad (\text{地质稳定性}) \\
 P(x_3) &= \begin{cases} 1 & \text{未利用地} \\ 0.8 & \text{草地或疏林地} \\ 0.6 & \text{灌木林地} \\ 0.4 & \text{其它林地或园地} \\ 0.2 & \text{旱地} \\ 0 & \text{其它用地 (包括水田、交通用地、水域等)} \end{cases} \quad (\text{土地利用类型})
 \end{aligned}$$

$$P(x_4) = \begin{cases} 1 & <1000\text{m} \\ 0.8 & 1000-1300\text{m} \\ 0.6 & 1300-1500\text{m} \\ 0.4 & 1500-2000\text{m} \\ 0.2 & 2000-2500\text{m} \\ 0 & >2500\text{m} \end{cases} \quad (\text{高程})$$

b、环境质量

$$P(x_5) = \begin{cases} 1 & <150\text{t/km}^2 \\ 0.8 & 150-250\text{t/km}^2 \\ 0.6 & 250-350\text{t/km}^2 \\ 0.4 & 350-450\text{t/km}^2 \\ 0.2 & 450-550\text{t/km}^2 \\ 0 & >550\text{t/km}^2 \end{cases} \quad (\text{废水})$$

$$P(x_6) = \begin{cases} 1 & <100\text{t/km}^2 \\ 0.8 & 100-150\text{t/km}^2 \\ 0.6 & 150-200\text{t/km}^2 \\ 0.4 & 200-250\text{t/km}^2 \\ 0.2 & 250-300 \text{ t/km}^2 \\ 0 & >300\text{t/km}^2 \end{cases} \quad (\text{废气})$$

$$P(x_7) = \begin{cases} 1 & <45 \text{ dB (A)} \\ 0.8 & 45-50 \text{ dB (A)} \\ 0.6 & 50-55 \text{ dB (A)} \\ 0.4 & 55-60 \text{ dB (A)} \\ 0.2 & 60-65 \text{ dB (A)} \\ 0 & >65 \text{ dB (A)} \end{cases} \quad (\text{噪声})$$

$$P(x_8) = \begin{cases} 1 & \text{优良} \\ 0.8 & \text{良好} \\ 0.6 & \text{较好} \\ 0.4 & \text{一般} \\ 0.2 & \text{较差} \\ 0 & \text{劣质} \end{cases} \quad (\text{饮用水源质量})$$

c、周边环境状况

$$P(x_9) = \begin{cases} 1 & \text{很便利} \\ 0.8 & \text{便利} \\ 0.6 & \text{通畅} \\ 0.4 & \text{一般通畅} \\ 0.2 & \text{较差} \\ 0 & \text{不便利} \end{cases} \quad (\text{交通状况})$$

$$P(x_{10}) = \begin{cases} 1 & <20\% \\ 0.8 & 20\%-25\% \\ 0.6 & 25\%-30\% \\ 0.4 & 30\%-35\% \\ 0.2 & 35\%-40\% \\ 0 & >40\% \end{cases} \quad (\text{建筑密度})$$

$$P(x_{11}) = \begin{cases} 1 & <50 \text{ 人/hm}^2 \\ 0.8 & 50-100 \text{ 人/hm}^2 \\ 0.6 & 100-130 \text{ 人/hm}^2 \\ 0.4 & 130-150 \text{ 人/hm}^2 \\ 0.2 & 150-200 \text{ 人/hm}^2 \\ 0 & >200 \text{ 人/hm}^2 \end{cases} \quad (\text{人口密度})$$

根据上述分析，移民搬迁安置区适宜度指标体系表详见下表。

表 5.10-16 乌东德水电站库区移民搬迁安置区适宜度指标体系表

指标		适宜性等级					
		高度适宜	较适宜	中度适宜	一般适宜	低度适宜	不适宜
地形地貌	坡度	0-2°	2°-6°	6°-15°	15°-25°	25°-35°	大于 35°
	地质稳定性	很稳定	较稳定	基本稳定	一般稳定	稳定性较差	不稳定
	土地利用类型	未利用地	草地或疏林地	灌木林地	其他林地和园地	旱地	其他用地
	高程 (m)	<1000	1000-1300	1300-1500	1500-2000	2000-2500	>2500
环境质量	废水 (t/km ²)	<150	150-250	250-350	350-450	450-550	>550
	废气 (t/km ²)	<100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
	噪声 dB (A)	<45	45-50	50-55	55-60	60-65	>65
	饮用水源质量	优良	良好	较好	一般	较差	劣质
周围	交通	很便利	便利	通畅	一般通畅	较差	不便利

环境 状况	建筑密度%	<20	20-25	25-30	30-35	35-40	>40
	人口密度（人 /hm ² ）	<50	50-100	100-130	130-150	150-200	>200

③综合评价模型

根据适宜度各指标分析，将各单项指标适宜性分值与相应的权重值相乘后，可以得到移民搬迁安置区适宜度值。计算公式为：

$$P = \sum W_i P_i$$

式中： P 为适宜度总分值； W_i 为权重； P_i 为各指标的给定分值。

根据“相似剔除”原则，由于移民搬迁安置区周边无大的噪声源和集中工业区，声环境和大气质量良好；饮用水水质基本上为Ⅲ类，水质较好；安置区现状人口较小，房屋不多，所以建筑密度和人口密度基本接近。因此，在选择评价指标时，选择土地坡度、地质稳定性、土地利用类型、高程、交通等 5 个指标进行评价。根据搬迁安置区对用地的要求，5 个指标权重值均为 0.2。

④生态适宜性的判断

根据评价价值来确定各搬迁安置区土地适宜度，适宜度划分为 5 类：

当总分值 P 介于 0.85-1 之间时，该移民搬迁安置区环境适宜性很高，为高度适宜，很适合用做建筑用地；

当总分值 P 介于 0.65-0.85 之间为，该移民搬迁安置区环境适宜性较好，较适宜用做建筑用地；

当总分值 P 介于 0.45-0.65 之间，该移民搬迁安置区环境适宜性一般，为中度适宜，可作为建筑用地；

当总分值 P 介于 0.1-0.45 之间，说明该移民搬迁安置区环境适宜性较差，一般不用做建筑用地；

当总分值 P 在 0.1 以下，说明该移民搬迁安置区环境适宜性很差，不适宜作为建筑。

2) 移民搬迁安置区适宜性总体评价

各单项指标评价根据移民搬迁安置区的具体情况来划分适宜性级别，并确定出每一个级别的分值，然后建立各适宜性指标的模糊函数方程。确定高度适宜的分值为 1，较适宜的分值为 0.8，中度适宜的分值为 0.6，一般适宜的分值为 0.4，适宜性差的分值为 0.2，不适宜的分值为 0。金沙江乌东德水电站建设征地范围的移民搬迁安置区适宜性评价详见下表。

表 5.10-17 移民搬迁安置区适宜性评价表

县名	搬迁安置点名称	坡度	地质稳定性	土地利用类型	交通状况	高程	适宜度值	评价结果
禄劝县	乌东德乡新村居民点	0.4	0.2	0.4	0.8	0.6	0.48	中度适宜
	皎西乡皎西居民点	0.8	0.8	0.2	0.8	0.6	0.64	较适宜
武定县	己衣乡花果山居民点	0.6	0	0.6	0.6	0.4	0.44	一般适宜
	狮山镇西和村居民点	0.8	1	0.2	0.6	0.4	0.6	中度适宜
	己衣乡下普利居民点	0.6	0.6	0.8	0.6	0.8	0.68	较适宜
	东坡乡白马口	0.8	0.8	0.2	0.6	1	0.68	较适宜
元谋县	江边集镇	0.6	0.8	0.4	0.8	0.8	0.68	较适宜
	元马镇瓦渣箐居民点	0.8	0.8	0.2	0.8	0.8	0.68	较适宜
	老城乡甘塘居民点	0.6	0.8	0.8	0.8	0.6	0.72	较适宜
会东县	嘎吉乡官田居民点	0.4	0.8	0.4	0.6	0.4	0.52	中度适宜
	洛佐乡金家坪居民点	0.6	0.8	0.4	0.8	0.2	0.56	中度适宜
	姜州乡民权居民点	0.8	1	0.2	0.8	0.4	0.64	中度适宜
	新马乡麻栎居民点	0.6	0.6	0.2	0.6	0.4	0.48	中度适宜
	洛佐乡马口居民点	0.4	0.6	0.2	0.6	0.8	0.52	中度适宜
	可河乡坪山居民点	0.6	0.8	0.4	0.4	0.4	0.52	中度适宜
	姜州乡姜州村居民点	0.6	0.8	0.2	0.8	0.4	0.56	中度适宜
会理县	新安乡马鞍桥居民点	0.4	0.6	0.2	0.6	0.6	0.48	中度适宜
	富乐乡三岔河村半峭地	0.6	0.6	0.2	0.6	0.4	0.48	中度适宜
	富乐乡富乐九组居民点	0.6	0.6	0.8	0.6	0.4	0.6	中度适宜
	新发乡新铺子居民点	0.8	0.8	0.2	0.6	0.4	0.56	中度适宜
	云甸乡云兴居民点	0.6	0.8	0	0.8	0.6	0.56	中度适宜
	云甸乡沙园居民点	0.6	1	0.2	0.8	0.6	0.64	中度适宜
	云甸乡云田居民点	0.4	0.8	0.2	0.8	0.6	0.56	中度适宜
仁和	云甸乡甸沙关居民点	0.6	1	0.2	0.8	0.6	0.64	中度适宜
	大龙潭乡命卡居民点	0.6	0.6	0.4	1	0.8	0.68	较适宜
	大龙潭乡棉花地居民点	0.6	0.4	0.2	0.8	0.8	0.56	中度适宜
盐边	益民乡砦石村居民点	0.6	0.8	0.2	1	0.8	0.68	较适宜
钒钛产业园区	金江镇金沙阳光居民点	0.8	0.8	0.2	0.8	1	0.72	较适宜
东区	银江镇那拉莫居民点	0.8	0.6	0.2	0.6	0.8	0.6	中度适宜

从表 5.10-17 可以看出，集中安置区中有 9 个为较适宜，其余为一般适宜或中度适宜。从选择的安置点地质条件来看，由于安置区山高坡陡，泥石流、塌岸和浸没等不良地质发育，其中尤其以花果山安置点地质条件较差，采取大量的基础处理措施后仍存安全风险，应复核调整花果山安置点的规划布置方案，控制人均用地指标不超过规范要求。

4) 典型搬迁安置区环境适宜性分析

典型搬迁安置区根据安置人口规模的大小、省份的差异以及农村集中安置点或迁建集镇的不同等因素，选择了禄劝县乌东德镇新村安置点、江边集镇、会东县嘎吉乡官田安置点和会理县新安乡马鞍坪安置点 4 个搬迁安置点进行典型分析。

①禄劝县乌东德乡新村安置点

乌东德乡新村安置点新址位于乌东德集镇新址西侧，与生产用地一沟之隔，总面积约 45hm²，集镇新址范围位于新村水塘组与林场村之间斜坡地。新村安置点地质稳定性较差，现状用地内冲沟较多，用地破碎。新址高程 1300m-1670m，整体用地坡度在 25%以内的用地较多。新村安置点土地现状用地以林地和耕地为主。规划有进场道路桥梁连，交通便利。

经计算，其综合评价价值 0.48，属中度适宜。

②元谋县江边集镇

元谋县江边集镇新址位于启宪自然村一带，规划区南起渔洗村的渔洗大沟，北至那旧与白泥湾一带，规划总面积约 5.64km²。江边集镇新址地质整体较稳定，东侧侏罗系红层中存在局部崩塌。江边集镇新址高程 976m~1100m，平均坡度 5°~13°。启宪集镇新址土地利用现状为灌木林地、旱地、苗圃、未开发利用地和一些零散的村民住宅用地等。启宪集镇新址中部有一条连接江边乡集镇与元谋县城的公路，在东部山区有一条启卡公路，交通便利。

经计算，其综合评价价值 0.68，属中度适宜。

③会东县嘎吉乡官田安置点

会东县嘎吉乡官田安置点新址位于会东县嘎吉乡西部的官田村北侧，金沙江支流鲹鱼河东侧山体上，总用地面积约 11.58hm²。官田安置点规划建房用地地质处于较适宜建筑区以内，新址高程 1900m~1984m，土地利用现状大部分为耕园地及林地，平均坡度 15°左右，官田安置点新址离县道会淌公路约 2km，交通较为方便。

经计算，其综合评价价值 0.52，属中度适宜。

④会理县新安乡马鞍桥安置点

会理县新安乡马鞍桥安置点新址位于会理县新安傣族乡南部的马鞍村西北，金沙江支流西岸的山坡地上。马鞍坪安置点新址规划区内地质灾害发育，地质整体稳定。马鞍坪安置点新址高程在 955m~1025m 之间，坡度 10°-15°。马鞍坪安

置点新址现状用地以耕地和林地为主。马鞍坪安置点新址对外交通依托新安至马鞍村的乡道，交通条件良好。

经计算，其综合评价值 0.6，属中度适宜。具体如下图。

新村集中居民安置点适宜性评价示意图



图 例

- 不适宜区域
- 适宜性差区域
- 中度适宜区域
- 较适宜区域
- 高度适宜区域
- 安置点用地红线
- 规划范围

0 180 360 720 米

江边乡集中居民安置点适宜性评价示意图



图 例

- 不适宜区域
- 适宜性差区域
- 中度适宜区域
- 较适宜区域
- 高度适宜区域
- 安置点用地红线
- 规划范围

0 300 600 1,200 米

官田集中居民安置点适宜性评价示意图

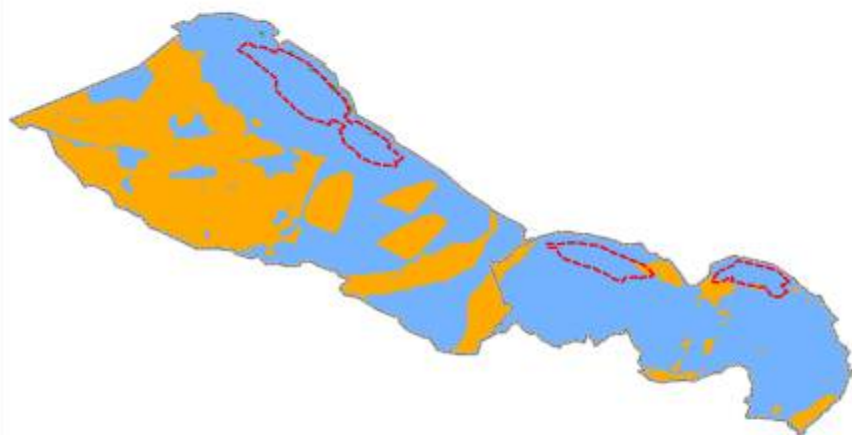


图 例

- 不适宜区域
- 适宜性差区域
- 中度适宜区域
- 较适宜区域
- 高度适宜区域
- 安置点用地红线
- 规划范围

0 250 500 1,000 米

马鞍桥集中居民安置点适宜性评价示意图

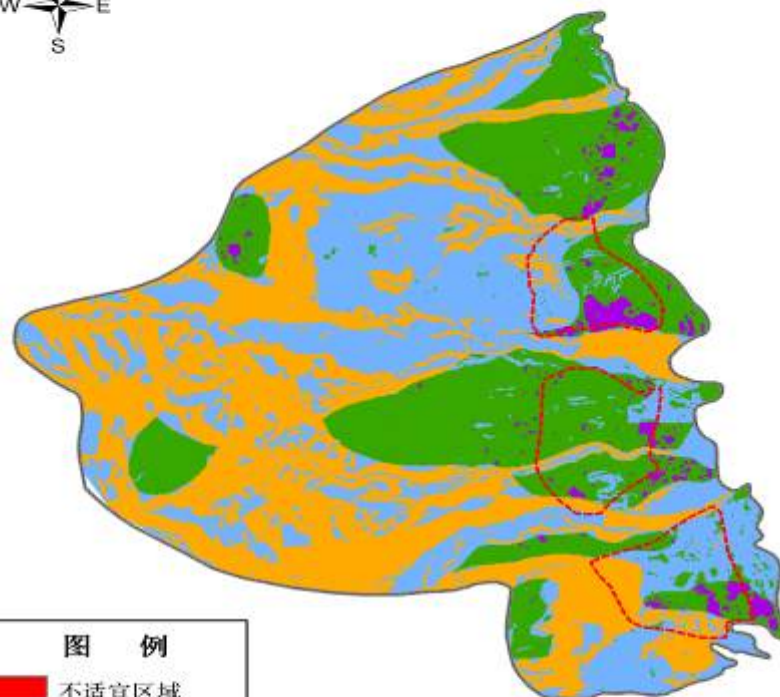


图 例

- 不适宜区域
- 适宜性差区域
- 中度适宜区域
- 较适宜区域
- 高度适宜区域
- 安置点用地红线
- 规划范围

0 300 600 1,200 米

此外，元谋县瓦渣箐安置点选址位于元马镇中部，安置点西部、北部紧靠元谋县城，且紧邻元谋县城垃圾填埋场，该填埋场 2012 年建成运行。由于该垃圾填埋场距离元谋县城约 2km，且位于县城上风向，夏季垃圾填埋场恶臭气体影响元谋县城环境空气质量。瓦渣箐安置点建设前，需将现有垃圾填埋场垃圾清运并作封场处理。

5.10.2 农村移民安置环境影响预测和评价

5.10.2.1 水环境影响

移民安置施工期间施工人员较少，废水规模较小，一般不会对水环境产生较大不利影响，本文主要预测移民安置完成后居民排放污水对水环境的影响。本工程农村移民安置人口 29646 人，生活污水排放量为 3236t/d，生活污水成分比较简单，主要为 COD、BOD₅、氨氮和 SS 等，一般 COD 排放浓度为 300mg/L，氨氮排放浓度为 35mg/L。从各个安置点周边情况来看，安置点排水去向为金沙江、龙川江支沟、尘河、摩挲河、农灌沟渠及冲沟等，水体水质要求为 III 类或以下。根据中各安置点规模及排水去向，选择新村安置点为典型点进行水环境影响预测。

（1）新村安置点基本情况

新村安置点在农村安置点中规模最大，位于金沙江上游右岸距乌东德坝址约 7km 处，距离金沙江 2.1km，污水最终排入金沙江水体。新村安置点基本情况见下表。

表 5.10-18 典型点情况统计表

安置点	属性	规划安置人数（人）	用水水源	排水去向	执行标准
乌东德新村	农村	3176	大河边水库、金沙江	金沙江	执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准

（2）污染源预测

根据调查，安置点附近金沙江水环境均执行 III 类水标准，新村废污水进入污水处理站进行处理，处理后污染物排放浓度按《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准进行排放，即 COD 排放浓度为 50mg/L，氨氮排

放浓度为 8mg/L。污水处理站事故排放情况下，COD 排放浓度为 300mg/L，氨氮排放浓度为 35mg/L。预测结果详见下表。

表 5.10-19 新村安置点运行期生活污水排放量及污染物含量预测结果表

安置点 名称	远期安 置人数 (人)	用水标 准	最高日 用水量	排水 标准	日平均 排水量	污染物含量 (kg/d)			
		L/人·d	m³/d		t/d	正常排放		事故排放	
						COD	氨氮	COD	氨氮
乌东德 镇新村	3176	130	412.9	0.8	330.3	18.9	2.7	113.5	11.5

(3) 水质影响预测分析

1) 运行期水环境影响预测和评价

①预测方法

根据安置点附近河流特性、排放方式及污染物特征，选择二维稳态混合衰减模型对岸边水域进行预测。

$$C(x, y) = c_h + \frac{C_p Q_p}{H(\pi M_y x u)^{1/2}} \left[\exp\left(-\frac{u y^2}{4 M_y x}\right) + \exp\left(\frac{-u(2B - y)^2}{4 M_y x}\right) \right] \quad (5.10-1)$$

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)(gHI)^{1/2} \quad (5.10-2)$$

式中：

$C(x, y)$ —预测点污染物浓度，mg/L；

x —预测点 x 方向坐标值，m；

y —预测点离排放口的横向距离，m；

K_1 —河流中污染物降解系数，1/d；

C_p —污水中污染物的浓度，mg/L；

Q_p —污水流量，m³/s；

C_h —河流上游污染物的浓度（本底浓度），mg/L；

H —河流平均水深，m；

M_y —河流横向混合（弥散）系数，m²/s；

μ —河流流速，m/s；

B —河流平均宽度，m；

π —圆周率；

g —取 9.8m²/s；

I —为河流比降；

②预测因子

选择预测因子为 COD、NH₃-N。

③计算条件及参数拟定

a、水文条件

设计流量选取金沙江乌东德坝址处平水年枯水期流量，为 1685m³/s。

b、k 值的选择

新村安置点排污口所在金沙江河段，为山区性河流，水流湍急，参照同类工程测定情况，COD 降解系数值取 0.2 ~ 0.3d⁻¹，NH₃-N 降解系数值取 0.2 ~ 0.25d⁻¹；运行期，COD 降解系数值取 0.15 ~ 0.2d⁻¹，NH₃-N 降解系数值取 0.1 ~ 0.2d⁻¹。

表 5.10-20 新村安置点运行期计算水文条件

安置点名称	Q		M_y	k (1/d)	
	m ³ /s	m/s	m ² /s	COD	氨氮
乌东德新村安置点	1685	0.08	0.28	0.15	0.1

c、水质背景浓度

根据长江流域水环境监测中心 2013 年 3 月对乌东德水电站坝址处水质监测结果，COD 浓度 10mg/L，氨氮浓度 0.041 mg/L。

d、预测结果

新村安置点安置人数较多，废污水排放量相对较大，废污水入河后，污染带长度约 30m，宽度约 10m。具体结果见下表。

表 5.10-21 新村安置点（远期）排口近岸水域 COD 浓度计算表 单位：mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10
5	11.172	10.886	10.382
10	10.826	10.718	10.471
15	10.671	10.611	10.461
20	10.578	10.539	10.435
25	10.514	10.485	10.409
30	10.466	10.444	10.385

表 5.10-22 新村安置点（远期）排口近岸水域氨氮浓度计算表 单位：mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10
5	0.054	0.041	0.041
10	0.050	0.042	0.041
15	0.049	0.042	0.041
20	0.048	0.043	0.041
25	0.047	0.043	0.041

30	0.046	0.043	0.041

新村安置点上游 100m，下游 1000m 内无取水口，由于金沙江流量较大，新村安置点生活污水即使直接排放对金沙江水质影响较小，由于生活污水中细菌和病原体较多，仍需处理达标后才能排放。

5.10.2.2 生态环境影响

(1) 陆生植物影响

农村移民生产安置使部分林草地和荒地开发为农田；农村搬迁安置使安置点原有的旱地、林草地和荒地转变为建筑用地。农村移民安置使区域的土地利用方式发生改变，移民安置区植物资源的数量减少，从而使移民安置区生物量减少。由于生产安置和搬迁安置占用的植物种类，以农作物为主，少量的灌草种类和人工林种类，这些植物种类均为移民安置区周边很常见的种类，因此移民生产安置和搬迁安置活动不会改变区域植物种类，但植物种类组成和数量将发生变化。

(2) 陆生动物的影响

1) 对两栖和爬行类的影响

主要受影响的种类为两栖类的陆栖型和爬行类的灌丛石隙型，包括泽陆蛙、华西蟾蜍、饰纹姬蛙和爬行类的丽纹攀蜥、草绿攀蜥、蓝尾石龙子、铜蜓蜥和南滑蜥等种类，这些种类喜在人类活动频繁的耕园地活动，移民安置施工占地可能占用这些动物的栖息环境，土石方开挖可能伤害这些部分在灌丛下面，经常活动路边石缝中的爬行类。施工生产废水和生活污水移民安置区附近水域造成污染，从而对两栖和爬行类生活的水质。施工噪声对两栖和爬行类的驱赶作用。施工人员或移民对这些野生动物的捕杀亦会造成这些动物种类数量的减少。

2) 对鸟类的影响

主要受影响的鸟类为陆禽和鸣禽，包括灰胸竹鸡、环颈雉、珠颈斑鸠、山斑鸠和雀形目的小型鸟类。由于鸟类善飞翔，移民安置活动对其影响主要是施工占地对其生境的占用，施工噪声对鸟类的驱赶作用，但不会减少鸟类的数量。施工人员或移民对野生鸟类的捕杀，将造成鸟类资源的减少。

3) 对兽类的影响

主要受影响的兽类为穴居型种类，包括黄鼬、鼬獾、云南兔、豪猪、大足鼠、锡金小家鼠、高山姬鼠、褐家鼠、社鼠、小家鼠、中华竹鼠。这些小型兽类移动

能力较强，移民安置活动主要是对这些小型兽类的栖息地占用和施工噪声的驱赶作用。另外，施工人员或移民对小型兽类的捕杀，将造成这些兽类资源的减少。

移民安置区由于人类活动强，人为干扰大，会吸引一些与人类伴生的鼠类到来，使得该物种种群密度增加，而它们又是某些自然疫源性疾病的传播源，可能引发自然疫源性疫病的传播。

（3）对重点保护动物和珍稀濒危动物的影响

经调查，移民安置区陆生脊椎动物中，国家Ⅱ级重点保护野生动物共5种：黑鸢、鹊鹞、普通鵟、红隼、领角鸮；四川省省级重点保护野生动物共2种，分别是赤狐、豹猫。移民安置施工占地，施工噪声等均对施工区附近重点保护动物产生驱赶作用，施工人员或移民保护动物亦会对其造成捕杀影响。具体见下表。

表 5.10-23 乌东德水电站农村移民安置对重点保护野生动物的影响

中文名	拉丁名	保护级别	影响方式和程度
1. 黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	国家Ⅱ级	移民安置施工占地对栖息地的占用，施工噪声的驱赶作用，捕杀活动。
2. 鹊鹞	<i>Circus melanoleucos</i>	国家Ⅱ级	
3. 普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	国家Ⅱ级	
4. 红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	国家Ⅱ级	
5. 领角鸮	<i>Otus bakkamoena</i>	国家Ⅱ级	
6. 豹猫	<i>Felis bengalensis</i>	四川省级	
7. 赤狐	<i>Vulpes vulpes</i>	四川省级	

（4）外来物种的影响

乌东德水电站建设征地区主要外来种为紫茎泽兰。紫茎泽兰为多年生草本，对环境的适应性极强，具有耐旱、耐瘠、抗逆性和繁殖力强的特点，加之植株体内含有昆虫拒食的活性物质，对昆虫有拒食和驱避作用，该植物基本上不受昆虫危害，牧畜也不食用。一旦大量入侵，将威胁本土植物的生长、造成区域本土植物的消失，进而改变植物区系组成和植物多样性。

5.10.2.3 环境空气影响

移民安置过程中的场地平整、边坡开挖，以及排除不稳定岩体或荷载等均需要采用爆破作业，爆破对空气环境产生的污染物有粉尘、NO₂、CO 等。移民安置建设施工活动中使用的主要机械设备和汽车大多以汽油或柴油为燃料，此类机械设备的运行过程中，将会排放 NO₂、SO₂ 等污染物质。建设过程主要对麻栗村 2 组、茂吉村 4 组、河门村 5 组、麻栎村 4 组、姜州村、马鞍坪村 1 组、6 组、

富乐 9 组、鲇石村 7 组、新民村新民组、西和村小西组等敏感点产生的环境空气影响相对较大，需加强建设阶段居民环境空气保护工作。

安置完成后，农村移民安置点环境空气的影响主要是居民燃烧燃料所产生的烟气，主要污染物为 CO、SO₂ 和烟尘等；即使部分居民聚居点相对集中，空气质量将会有所下降，但影响只限于局部，影响很小。

5.10.2.4 声环境影响

乌东德水电站农村安置点建设对声环境敏感点可能产生影响的噪声源主要是固定噪声源，包括安置点建筑及道路施工噪声。

建筑施工噪声主要来自推土机、挖掘机、自卸汽车、混凝土搅拌机等施工机械。道路施工噪声主要来自推土机、挖掘机、轮式装载机、混凝土搅拌机、压路机等施工机械。主要施工机械的实测噪声值详见下表。

表 5.10-24 几种主要施工机械噪声源实测值

声源	测试点距离 (m)	噪声级 dB (A)
推土机	5	86
挖掘机	5	84
自卸汽车	5	90
混凝土搅拌机	2	90
轮式装载机	5	90
压路机	5	86

(1) 施工噪声预测

根据《环境影响评价技术导则声环境》(HJ/T2.4-2009) 中固定点源噪声预测公式计算不同距离噪声值，并用声能迭加求出预测点的噪声级。根据计算，建筑施工及道路施工前期处理约 200m 处声环境可达《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类 (dB)，具体见下表。

表 5.10-25 主要施工机械施工噪声组合影响预测结果

噪声源	施工机械	源强 dB (A)	距声源不同距离的噪声预测值 dB (A)							
			5	10	20	50	100	150	200	300
建筑施工	推土机	86	92.58	86.55	80.53	72.58	66.55	63.03	60.53	57.01
	挖掘机	84								
	自卸汽车	90								
	混凝土搅拌机	90								
道路施工 前期处理	推土机	86	92.17	86.15	80.13	72.17	66.15	62.63	60.13	56.61
	挖掘机	84								
	轮式装载机	90								

道路施工 后期铺路	混凝土搅拌机	90	87.47	81.45	75.43	67.47	61.45	57.92	55.43	51.90
	压路机	86								

(3) 敏感点噪声影响预测评价

通过对单台机械设备的源强及实际噪声叠加分析, 建筑施工组合机械及道路施工前期处理的 A 声级在施工边界外约 200m 处可达标。根据移民安置规划, 各安置点建设均为昼间施工, 夜间不施工, 夜间不会对安置点附近居民造成声环境影响。表 5.10-26 中声环境敏感目标距离安置点边界均在 200m 以内, 施工阶段昼间噪声超标, 需采取相应保护措施。

表 5.10-26 乌东德水电站农村移民安置点附近声环境敏感目标统计表

序号	环境敏感保护对象	规模及特征	与移民安置 位置关系
1	麻栗村 2 组, 茂吉村 4 组	约 32 户, 临界第一排 10 户	距官田安置点边界距离 15m
2	高科村 3 组	约 20 户, 临界第一排 9 户	距金家坪安置点边界距离约 115m
3	河门村 5 组	约 16 户, 临界第一排 6 户	距马口安置点边界距离 80m
4	麻栎村 4 组	约 8 户, 临界第一排 3 户	距新马安置点边界距离约 20m
5	姜州村	约 11 户, 临界第一排 2 户	距姜州安置点边界距离约 30m
6	马鞍桥村 1、6 组	约 38 户, 临界第一排 16 户	距马鞍坪安置点边界距离约 80m
7	三岔河村 6 组	1 户, 临界第一排 1 户	距半嶺地安置点边界距离约 120m
8	富乐九组	3 户, 临界第一排 2 户	距富乐九组安置点边界距离约 50m
9	新铺子村七组及新发乡政府居民	约 40 户, 临界第一排 15 户	距新铺子安置点边界距离约 110m
10	沙园村一、二组	约 2 户, 临界第一排 2 户	距沙园安置点边界距离约 150m
11	云田村 3 组	约 35 户, 临界第一排 15 户	距新铺子安置点边界距离约 110m
12	甸沙关村 3 组	3 户, 临界第一排 3 户	距甸沙关安置点边界距离约 170m
13	混撒拉村命卡组	10 户, 临界第一排 5 户	距命卡安置点边界距离约 200m
14	鲊石村七组	约 12 户 36 人, 临界第一排 5 户	距鲊石村安置点边界距离约 50m
15	金江村金江组	约 15 户 50 人, 临界第一排 3 户	距金沙阳光安置点边界距离约 150m
16	新民村新民组	约 35 户, 临界第一排 3 户	距花果山安置点边界距离约 30m
17	西和村小西组	约 20 户, 临界第一排 3 户	距西和安置点边界距离约 20m

5.10.2.5 固体废物影响

乌东德水电站规划搬迁安置人口 30878 人, 云南省 18113 人, 四川省 12765 人, 按照每人每天产生垃圾量 1kg 计算, 则安置区生活垃圾产生总量为 30.9t/d, 云南省 18.1 t/d, 四川省 12.8 t/d。

根据调查资料显示，四川和云南两省农村生活垃圾的来源主要包括 2 个方面：①家庭日常生活产生的垃圾；②各种农作物产生的垃圾。由于库区周边农村人口居住分散，且大多数的农村没有固定的垃圾堆放处和专门的垃圾收集、运输、填埋和处理系统，各类垃圾未得到统一集中处理。安置点建成后，居民生活、生产产生的有机垃圾（如厨余、秸秆、果藤和稻草等）随意丢弃，使农村生活垃圾数量明显增加。农药使用量大，大部分残留在土壤、水体、农作物和大气中，并通过食物链对人体健康造成危害。农药的大量使用还会造成生态平衡失调，物种多样性减少，破坏农村的生态系统。所以，农村生活垃圾的如果不进行较好的处理将影响新农村的面貌，对农民的生活环境与健康也将造成直接威胁。

5.10.2.6 地质环境影响

乌东德移民迁建安置点分布在库区两岸，均在水库回水位以上，水库运行期水位消涨不会对安置点的稳定性产生影响，安置点不受浸没影响。

乌东德水电站工程移民安置点选址过程中，考虑了现在及以后可能发生地质灾害的因素。乌东德农村移民集中安置点总体场地稳定性较好，不良地质现象危害性小。根据本阶段地质查勘成果，移民安置点中武定县花果山、禄劝县新村、元谋县江边集镇、会东县官田、新马和攀枝花市棉花地规划安置区有局部不良地带。

新村安置点建设区属山原峡谷地貌类型，区域构造复杂，无大的活动断裂构造，但不良地质现象较发育，主要为滑坡及泥石流。共发育有干坝塘大型滑坡、水塘下、新村、池德中型滑坡及新村西小型滑坡等 5 个滑坡，其中新村及新村西滑坡现状稳定性较差，其他 3 个滑坡现状稳定。新村安置点建设尽可能避开在冲沟高回填区建房；如确需在冲沟回填区建房的，应对回填土石料和分层压实指标提出技术要求。

江边、官田、新马和棉花地四处安置点内虽有部分不良地质现象存在，但通过布置相应的措施可以避免灾害的发生，同时，选择较适宜工程建设区作为安置点新址建设用地也可以避免地质灾害对安置区居民的不良影响。同时，在施工过程中，应密切注意观察，及时处理。

花果山安置点地质条件较差，采取大量的基础处理措施后可能仍存安全风险，因此，应进一步复核调整花果山安置点的规划布置方案，控制人均用地指标

不超过规范要求。

5.10.2.7 社会环境影响

(1) 土地资源

1) 水库淹没前后土地资源变化情况

建设征地涉及土地总面积 20.80 万亩，其中耕地 2.50 万亩、园地 2.22 万亩、林地 3.28 万亩、草地 2.12 万亩、交通运输用地 0.24 万亩、水域及水利设施用地 8.61 万亩、其它用地 1.33 万亩、城镇村及工矿用地 0.50 万亩。其中，水库淹没区土地面积 18.75 万亩，其中耕地 2.41 万亩，园地 1.54 万亩、林地 2.66 万亩、草地 1.90 万亩、交通运输用地 0.22 万亩、水域及水利设施用地 8.38 万亩、其它用地 1.20 万亩、城镇村及工矿用地 0.45 万亩。

建设征地影响耕园地涉及 10 个县（区）的 38 个乡镇 87 个村委会 277 个村民小组。各县（区）耕地影响比重在 0.15%~7.01%，其中最大为元谋县，7.01%；其次为禄劝县，为 2.51%；最小为盐边县，0.15%。永仁县耕园地全部是国有土地，由于不涉及生产安置，在此不列入分析。

各乡镇耕地影响比重在 0.19%~79.44%，其中最大为元谋县江边乡，为 79.44%；其次为会理县江竹乡，为 74.03%；最小为元谋县黄瓜园镇，0.19%。耕园地影响比重在 90%以上的组有 38 个，占 16.24%；影响比重在 10%~90%村组 105 个，占 44.87%；影响较少（比重 10%以下）的村组 91 个，占 38.89%。

建设征地涉及区（县）、乡镇影响比重分析见表 5.10-27，涉及组影响比重分析见表 5.10-28。

表 5.10-27 乌东德水电站建设征地涉及乡镇耕地影响比重分析表

区（县）	乡镇	耕地			人均耕地		
		总耕地 （亩）	征收耕地 （亩）	比重 （%）	征地前 （亩/人）	征地后 （亩/人）	变化值 （亩/人）
禄劝县	禄劝县	364300	9142.7	2.51	0.77	0.75	-0.02
	乌东德镇	23010	723	3.14	1.33	1.29	-0.04
	皎平渡镇	24345	180.7	0.74	1.06	1.05	-0.01
	汤郎乡	20250	1101.89	5.44	1.32	1.25	-0.07
武定	武定县	261786	5489.9	2.1	0.96	0.94	2.10%
	东坡乡	14845	2348.34	15.82	1.02	0.85	15.82%
	万德乡	20657	143.86	0.7	1.28	1.28	0.70%
	己衣乡	20619	2997.7	14.54	1.31	1.12	14.54%

区（县）	乡镇	耕地			人均耕地		
		总耕地 （亩）	征收耕地 （亩）	比重 （%）	征地前 （亩/人）	征地后 （亩/人）	变化值 （亩/人）
元谋	元谋县	198417	13907.2	7.01	0.92	0.86	-0.06
	江边乡	15984	12697.55	79.44	1	0.2	-0.79
	姜驿乡	17714	1060.23	5.99	1.29	1.21	-0.08
	物茂乡	15972	79.29	0.5	1.01	1	0
	黄瓜园镇	36733	70.09	0.19	1.05	1.05	0
永仁							
会东	会东县	477150	6192.5	1.3	1.17	1.16	-0.02
	新马	15150	2698.1	17.81	1.48	1.21	-0.26
	洛佐	10695	1267	11.85	1.21	1.07	-0.14
	洛佐	6705	1738.7	25.93	1.01	0.75	-0.26
	龙树	7260	488.7	6.73	1.42	1.32	-0.1
会理	会理县	499920	9608.3	1.92	1.14	1.12	-0.02
	芭蕉乡	2153	1588	73.77	1.39	0.36	-1.03
	竹箐乡	832	435	52.27	1.12	0.54	-0.59
	通安镇	724	327	45.16	0.94	0.51	-0.42
	新发乡	2030	498	24.54	1.93	1.46	-0.47
	江普乡	2710	1723	63.56	3.65	1.33	-2.32
	新安乡	5625	3424	60.86	2.2	0.86	-1.34
	普隆乡	690	15	2.2	3.65	3.57	-0.08
	江竹乡	947	701	74.03	1.83	0.48	-1.36
	金雨乡	13790	135	0.98	6.9	6.83	-0.07
	绿水乡	1608	357	22.19	2.43	1.89	-0.54
	鱼鲊乡	10354	406	3.92	4.39	4.22	-0.17
仁和区	仁和区	131408	952.26	0.72	0.6	0.6	0
	大龙潭	28398	754.27	2.66	1.84	1.79	-0.05
	平地镇	10544	197.99	1.88	0.75	0.73	-0.01
盐边	盐边县	420341	647.65	0.15	2.17	2.17	0
	红格镇	12522	241.52	1.93	0.98	0.96	-0.02
	桐子林镇	4626	53.62	1.16	1.04	1.02	-0.01
	益民乡	16400	352.51	2.15	1.34	1.31	-0.03
钒钛园 区	金江镇	10206	212.47	2.08	0.57	0.56	-0.01
东区	东区	3353	56.25	1.68	0.34	0.34	-0.01
	银江镇	3134	56.25	1.79	0.33	0.33	-0.01

表 5.10-28 建设征地涉及组影响比重分析表

省	区（县）	涉及耕园地的组（个）				
		基本全淹组	大部分受淹组	小部分受淹组	少量受淹组	小计
		≥90%	90%~50%	50%~10%	≤10%	

云南省	禄劝	2	10	7	10	29
	武定	9	14	4	1	28
	元谋	15	10	7	11	43
	永仁					
	小计	26	34	18	22	100
四川省	会东	1	9	8	7	25
	会理	11	18	8	29	66
	仁和区		1	5	11	17
	盐边			2	12	14
	钒钛园区			1	6	7
	东区			1	4	5
	小计	12	28	25	69	134
合 计		38	62	43	91	234

水库淹没将使库区耕地、林地等陆地资源转化为水域资源，虽增加水域面积，有利于综合利用水面的积极一面，但另一面淹没却减少了宝贵的耕地资源，部分重点淹没乡镇、村组人多耕地少的矛盾会更加突出。

2) 移民安置对土地资源的影响

移民安置对土地资源的影响主要是为安置移民进行耕园地调整和耕园地的开发整理。土地开发整理主要是通过调整现有耕、园地结构，开垦区内 25°以下荒草地、废弃园地及低效林地等，提高土地利用率和农业产出率，满足移民生产安置用地要求；充分挖掘土地利用潜力，增加有效耕、园地面积，实现耕、园地总量动态平衡；提高土地质量，促进土地集约化利用。

乌东德水电站建设征地规划生产安置人口 30104 人，其中有土安置移民 26985 人，共需配置耕园地 28881.5 亩。就近分散耕园地 2963.5 亩，集中安置 25918 亩。生产安置区土地在开发整理前以林草地为主，约占 50%，耕园地约占 32%，其余用地约占 18%。

移民安置过程中通过就近调整耕园地、林地、荒地对集中安置点进行土地资源的开发整理后，可用于移民生产安置的土地有 28881.5 亩，对安置移民提供了较为充足的土地资源。随着移民生产安置的进行，土地资源的保肥能力将加强，随着土地开发的深入，安置区的环境容量也将进一步提高。同时，随着土地开发整理的进行，对 25°以上的耕地要求退耕还林，也有利于安置区的土地资源结构调整，促进安置区土地资源的利用优化，使其生产力逐步达到最佳水平。

(2) 人群健康

在移民搬迁期间，由于人口流动性大，房屋拆迁、新房、道路等设施的修建，生活、卫生设施尚未齐备，环境卫生状况较差，加之鼠类、蚊虫等病媒动物具有随人类搬迁而随迁积聚的特点，较易引起虫媒、肠道等传染性疾病的发生。同时，移民搬迁劳累加上不良卫生习惯及饮用水卫生问题，若不采取措施，将可能导致人群中痢疾、肝炎、感染性腹泻、伤寒等介水传染病流行。为此，可以家庭为单位采取适宜、有效的预防措施，防止移民传染性疾病的流行。

水库蓄水后，鼠类迁徙也会引起库周局部地区鼠密度增加，环境的改变使各区存在鼠疫爆发的潜在危险，所以，农村移民安置点的库周区域应密切监测鼠密度的变化。在移民安置初期，移民集中在安置点后，如果生活污水的无序排放，生活垃圾的乱堆乱放，将会使蚊蝇、老鼠等孳生，有可能会使当地一些传染性疾病（如传染性肝炎、疟疾等）发病率增加。必须采取必要的措施，对生活污水、生活垃圾进行适当处理。

移民安置规划实施后，安置点环境状况将有大的改观，布局合理，对改善环境卫生、预防疾病和保护健康都将具有较大作用。

3) 其他社会环境影响分析

①对社会经济的影响分析

乌东德水电站建设征地农业产业规划通过对各安置点现状分析及土地耕种适应性分析，结合当地的种植习惯和农民意愿，提出了各安置点农业产业规划布局，金沙江两岸移民安置点总体缺水严重，供水及灌溉规划的实施，水源工程的建设提高了移民安置点生活、生产用水保证率，为农业及其他产业经济的发展打下了基础，提供了保障。

另一方面，水库淹没耕园地以及房屋、道路、通信、电路和供水等基础设施，使当地居民多年来积累下来的物质财富受到损失。随着耕地的减少，人多地少的矛盾日益突出，将导致人口就业问题和土地分配的矛盾加剧。

总之，乌东德水电站建设会在一定时期内对区域的经济等方面产生一定的不利影响，但从长远看，对于地方社会经济等各项事业发展的促进作用是显而易见的。随着工程建设的进展，各项资金的投入，水电路等基础设施逐步配套完善，农业生产条件将有所改善，特别是水库建成后，交通运输条件将得到大大改善，农业、旅游等资源将得到进一步开发利用，从而促进相关地方社会经济的发展。

②对基础设施的影响分析

乌东德各安置点的建设不仅考虑了供电、供水、通讯、交通和环保等基础设施的配套建设，其建设水平和规模均较迁建前有所提高，此外，还考虑了新址之间的交通、通讯等方面的联络和沟通，使内部和对外沟通、交流更显合理、便利，促使安置区的结构更趋合理、完善。

③对医疗卫生和文化教育的影响分析

在移民安置实施规划中，选择了符合饮用水标准的水源作为居民用水，可以保证居民饮水水质，不会对人群健康产生危害。

中型及以上的安置点规划配套建设有学校、医院和文化活动中心，可以使居民的文化生活质量得到提高，使居民医疗条件得到改善，保障了适龄儿童能得到更好的教育。

③对少数民族民俗文化的影响分析

乌东德水电站建设征地对部分少数民族生产生活习惯产生一定影响。

搬迁后，随着少数民族群众生活区域城镇化水平的加快，交通、通讯条件的进一步改善，新观念、新知识、新技术和新信息的传入，必将对当地传统民族文化尤其是居民住房、衣着习惯产生冲击；在现在文化的影响下，当地传统的生活、生产方式，思想观念、道德行为、民俗习惯将发生改变，一些民族文化中淳朴的道德规范、行为习惯、宗教礼仪、宗教祭祀活动、民族语言文字等将受到影响，新的生产、生活方式将为当地居民逐步接受。由于环境变化，少数民族搬迁居民的价值观会有一个重新适应的过程，需要引起注意。

④对移民心理的影响分析

移民搬迁不但面临着原来传统的社会关系和经济网络的破坏，而且还面临一个陌生的环境。其语言，文化，风俗习惯，生产方式等都需要有一个适应过程，甚至有的移民会出现长期的不适应。各种因素使部分移民产生较大的心理压力。需要在移民区加强移民迁入后的适应能力干预，重视移民情绪和情感的需求，把移民搬迁与城镇化建设协调发展，提高移民生活水平，从经济和精神两个方面加快落实移民政策计划配套工程，营造和谐气氛，加强文化宣传教育，使移民尽快建立新的社会关系。

5.10.3 城集镇迁建环境影响预测和评价

5.10.3.1 水环境影响

金沙江乌东德水电站建设征地移民安置涉及 2 处集镇安置 1 处城区安置，分别为江边集镇安置点、皎西乡皎西安置点和攀枝花市东区那拉莫安置点，两处集镇安置规模分别为 4653 人和 356 人，城区安置点规模 587 人。江边集镇安置点临近龙川江，建设过程和运行后对龙川江水质可能造成不利影响；皎西安置点距离河流水体 500m 以外，且安置规模较小，对水环境的影响主要体现在运行后，雨季生活污水的排放将对沟渠水环境造成较小的不利影响；那拉莫安置点为城区安置，距离河流较远，不会对水环境产生直接不利影响。本节以江边集镇安置点为典型点分析集镇迁建对水环境产生的影响。

(1) 江边集镇安置点规模

江边集镇迁建新址为龙川江河畔的启宪村，污水最终排放去向为龙川江。典型点具体情况见下表。

表 5.10-29 典型点情况统计表

安置点	属性	规划安置人数(人)	用水水源	排水去向	执行标准
江边集镇安置点	集镇	4653	龙川江	龙川江	执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准

(2) 污染源预测

根据调查，安置点附近受纳水体水环境功能均执行Ⅲ水标准，江边集镇安置点废污水进入污水处理站进行处理，处理后污染物排放浓度按《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准进行排放，即 COD 排放浓度为 60mg/L，氨氮排放浓度为 15mg/L。污水处理站事故排放情况下，COD 排放浓度为 300mg/L，氨氮排放浓度为 35mg/L。预测成果详见下表。

表 5.10-30 各典型安置点运行期生活污水排放量及污染物含量预测成果表

集镇	安置人数（人）	用水标准	最高日用水量	排水标准	日平均排水量	污染物含量（kg/d）			
		L/人·d	m³/d			正常排放		事故排放	
						COD	氨氮	COD	氨氮
江边集镇安置点	4653	130	604.89	0.8	483.91	29.03	7.26	145.17	16.94

(3) 运行期水环境影响预测和评价

1) 预测方法

根据安置点附近河流特性、排放方式及污染物特征,选择二维稳态混合衰减模型对岸边水域进行预测。见式 5.10-1 和式 5.10-2。

2) 预测因子

选择预测因子为 COD、NH₃-N。

3) 计算条件及参数拟定

①水文条件

考虑最不利情况,设计流量选取排放口所在河流 90%保证率下的最枯月平均流量。以天然月径流序列为基础资料,进行最枯月平均流量的频率计算,根据计算,90%保证率下最枯月平均流量龙川江为 10m³/s。

根据乌东德水电站回水计算成果以及排污口所在断面河道地形,采用流量—面积法进行估算。计算水文条件详见表 5.10-31。

②k 值的选择

COD 降解系数值取 0.15~0.2d⁻¹, NH₃-N 降解系数值取 0.1~0.2d⁻¹。

表 5.10-31 运行期计算水文条件

安置点名称	Q	u	M_y	k (1/d)	
	m ³ /s	m/s	m ² /s	COD	氨氮
江边集镇安置点	10	0.05	0.43	0.15	0.1

③水质背景浓度

本次环境影响评价在龙川江设有水质现状补充监测断面,水质背景浓度采用断面枯水期水质实测数据。

表 5.10-32 受纳水体运行期计算初始浓度 (mg/l)

安置点名称	COD	氨氮
江边集镇安置点	19.7	0.42

④预测结果

江边集镇安置点安置人数较多,废污水排放量相对较大,废污水入河后,对河流水质产生一定的影响,但影响不大。具体结果见表 5.10-33~表 5.10-36。

表 5.10-33 江边集镇排污口正常排放近岸水域 COD 浓度计算表 单位:mg/L

Y (m) X (m)	0	5	10	15
5	19.993	19.724	19.700	19.700

10	19.907	19.759	19.701	19.699
15	19.868	19.773	19.705	19.699
20	19.845	19.777	19.710	19.699
25	19.829	19.778	19.716	19.699
30	19.817	19.777	19.720	19.700

表 5.10-34 江边集镇排污口正常排放近岸水域氨氮浓度计算表 单位: mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10	15
5	0.493	0.426	0.420	0.420
10	0.472	0.435	0.420	0.420
15	0.462	0.438	0.422	0.420
20	0.457	0.440	0.423	0.420
25	0.453	0.440	0.424	0.420
30	0.450	0.440	0.426	0.421
35	0.448	0.439	0.427	0.421

表 5.10-35 江边集镇排污口事故排放近岸水域 COD 浓度计算表 单位: mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10	15	20
5	21.167	19.821	19.700	19.700	19.700
10	20.737	19.998	19.706	19.699	19.699
15	20.546	20.068	19.729	19.699	19.699
20	20.432	20.092	19.759	19.701	19.698
25	20.354	20.097	19.787	19.705	19.698
30	20.296	20.093	19.811	19.712	19.698
35	20.252	20.086	19.831	19.720	19.699
40	20.215	20.077	19.846	19.728	19.700
45	20.185	20.067	19.858	19.737	19.702
50	20.160	20.057	19.867	19.745	19.704

表 5.10-36 江边集镇排污口事故排放近岸水域氨氮浓度计算表 单位: mg/L

X (m) \ Y (m)	0	5	10	15	20
5	0.591	0.434	0.420	0.420	0.420
10	0.541	0.455	0.421	0.420	0.420
15	0.519	0.463	0.424	0.420	0.420
30	0.490	0.466	0.433	0.422	0.420
80	0.463	0.457	0.443	0.430	0.423
130	0.453	0.450	0.443	0.434	0.427
180	0.448	0.446	0.441	0.435	0.429
230	0.445	0.444	0.440	0.435	0.430
280	0.443	0.442	0.439	0.435	0.431
300	0.442	0.441	0.438	0.435	0.431
320	0.441	0.440	0.438	0.435	0.431

根据预测，江边集镇安置点受纳水体为龙川江，龙川江枯水期流量较小，仅 $10\text{m}^3/\text{s}$ ，污染物入河后，将产生一定程度的影响，考虑乌东德水库建成后，排污口所在河段受回水影响，河段水域宽度将达到 50m 左右。根据计算，正常排放工况下，江边集镇安置点排污口附近水域将产生长约 35m ，宽 10m 的污染带，事故排放工况下，污染带范围较大，长度为 320m ，宽度约 20m 。

（4）施工期水环境影响预测和评价

江边集镇安置点施工期移民安置对水环境的影响主要来自施工人员产生的生活污水。根据预测，由于启宪安置点施工人员基本不超过 400 人，排放废污水量较小，仅占河道内水量的 0.002% ，因此，废污水入河后，基本不形成污染带，对水体水质影响较小。施工前可先建设化粪池，安置点建设期间施工人员生活污水可利用化粪池进行处理。

5.10.3.2 生态环境影响

（1）陆生植物影响

集镇安置点建筑占地主要占地类型为林草地。另外，江边集镇安置点还承担 3085 亩的生产安置任务，主要占地类型为荒草地。皎西安置点生产安置利用已有熟地，生产安置对陆生植物影响有限。

（2）陆生动物影响

集镇迁建对陆生动物的影响与农村安置点类似，但由于江边集镇安置点为规模最大，建设周期最长，其对陆生动物的影响程度相对最大。安置点建设完成后，随着生境的恢复，部分动物会陆续迁徙至安置点周边活动。

5.10.3.3 环境空气影响

集镇建设对大环境空气的影响主要是开挖、运输等施工活动，其影响受体主要是施工建设人员和新址占地拆迁后靠居民。

（1）场地开挖、平整对环境空气质量的影响分析

城集镇建设中场地平整、边坡开挖和少量爆破对空气环境产生的污染物主要是粉尘。据江边集镇、皎西以及那拉莫三处安置点的迁建规划，皎西安置点由于新址场地平整、基础设施开挖等建设活动规模和强度小，建设时间短，产生的粉尘影响相对较小，影响范围有限。江边乡大树村大树组距离江边集镇新址距离在

50m 以内，施工过程易受施工粉尘影响，需加强该处环境空气保护。那拉莫安置点建设用地选择在坡度较小的区域，场地平整设计主要依据组团路高程采用平坡法处理，由于安置点附近无集中居民点，环境空气质量变化仅对施工人员产生影响。

(2) 运输与机械设备的影响分析

1) 车辆行驶扬尘

在施工过程中，车辆行驶产生的扬尘量占扬尘总量的 60%以上。车辆在行驶过程中产生的扬尘，在完全干燥同样的路面条件下，车速越快，扬尘量越大；在同样的车速情况下，路面越脏，扬尘量越大。

在施工期间对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70%左右，表 5.10-37 为施工场地洒水抑尘的试验结果。可见，每天洒水 4~5 次进行抑尘，可有效地控制施工扬尘，可将 TSP 的污染距离缩小到 20~50m 范围。

表 5.10-37 施工场地洒水抑尘试验结果

距离 (m)		5	20	50	100
TSP 小时平均浓度 (mg/m ³)	不洒水	10.14	2.89	1.15	0.86
	洒水	2.01	1.40	0.67	0.60

2) 车辆尾气

参照《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03-2006)(附录 E.2.7 车辆单车排放因子推荐值)提供的汽车排污参数，选取中型车、平均车速 50km/h 的条件下的排污参数标准，根据新集镇建设中使用的机械设备数量、每日工作量和工作时间等技术指标，两集镇施工机械设备按照每处 10 台，平均 1 台/km，得出每公里污染物排放总量为 35.58g(CO 和 NO_x 总量)。

3) 凿岩机械设备粉尘污染

集镇新址的地形地貌均属于河谷边坡类型，地势相对开阔，风俗较大，利于污染物的扩散，因此，运输与机械设备运行产生的污染物、机械尾气、凿岩机械设备使用产生的粉尘污染等均不会严重影响新址整体空气环境质量，但对局部区域有一定的污染影响，需采取相应措施。

5.10.3.4 声环境影响

集镇迁建对声环境的影响主要是建设期施工活动，如基础开挖、场地平整和交通运输等活动的噪声对周围环境及敏感受体的影响，敏感受体是指施工作业人员和新址周围原有居民。

（1）机械设备影响预测

移民安置活动中机械设备产生的噪音主要是载重汽车、碎石机、压路机、震捣器、混凝土搅拌机等。据实测资料，机械设备噪声一般均在 80~110dB(A)之间。集镇建设投入的施工机械设备需要量较大，将产生一定的噪声影响，局部区域噪声级将在 80dB(A)以上，根据实地调查，江边集镇安置点施工边界 20m 处有大树村大树组居民，临界第一排约 7 户，施工机械对施工人员及大树组居民健康产生不利影响，但受集镇迁建规模限制，其影响时间是短期的。

（2）爆破噪声影响预测

根据新址地形条件，迁建集镇场地平整一般采用人工开挖，需采取爆破方式清除不稳定岩体的情况甚少，且开挖爆破产生的噪声为间歇声源。江边集镇安置点新址工程平整量较大，因此爆破影响的受体主要是施工人员和大多数居民，需要对其采取适当的安全保护和疏散措施。

5.10.3.5 固体废物影响

江边集镇安置点、蛟西安置点和那拉莫安置点规划水平年分别安置人口4653人、356人、587人，按照每人每天产生垃圾1kg计算，三处集中安置点垃圾产生量分别为4.65t/d、0.36t/d、0.59 t/d。蛟西安置点和那拉莫安置点安置人口规模小，垃圾产生量少，对环境影响相对较小。江边集镇由于规模较大，生活垃圾若不处理，随意堆放，将对水环境及土壤环境产生不利影响。

5.10.3.6 地质环境影响

江边集镇安置点根据泥石流发育部位及规模，对规划区影响较大的泥石流沟有扒蒿箐泥石流沟、干河箐泥石流沟。扒蒿箐属大型、高频泥石流沟，单沟活动强度强，因无居民及建筑物等承灾对象，泥石流危害小。干河箐属大型、高频泥石流沟，单沟活动强度强。主要危害对象为黄瓜园至江边公路运行安全，泥石流危险性中等。根据规划，将安置区附近三条泥石流沟进行渠化整治，两侧修建防

护堤，冲沟两侧预留 10 到 50m 的防护绿带，沟边为农田部分预留 10m，沟边为居住区预留 50m，并在居住区的冲沟上游充分绿化。整治后，安置点地质环境明显变好，对安置区人居环境产生明显改善。

皎西安置点场地内地形平缓，未见沟谷切割，岩性、构造简单，场区周边未见有不良地质现象，场地稳定。安置点建设不会对区域地质造成不良影响，适宜工程建设。

那拉莫安置点建设用地范围内高程、坡度较小，地质条件较为适宜。但由于新址用地破碎、沟壑纵横、空间上呈现四周向中部汇聚的“簸箕”状，安置点建设区前缘填方需采用挡土墙支护，后缘挖方采用满砌护坡支护。那拉莫安置点场地开挖过程中边坡容易发生变形失稳形成崩塌滑坡体，需采取支挡工程。

5.10.3.7 社会环境影响

(1) 土地资源

江边集镇、皎西两处集镇和那拉莫城区安置点共需占用建设用地 53.04hm²，生产安置用地 209.73hm²。其中，建设用地多为荒草地，约 41.93hm²。生产安置需将耕园地等进行调整，同时开垦新的耕园地以满足移民生产、生活需要，这将导致安置区土地利用类型的改变。

水库淹没将使江边集镇和皎西集镇耕地、林地等陆地资源转化为水域资源，被淹没乡镇、村组人多耕地少的矛盾会更加突出，且被淹没耕地多为土壤相对肥沃的重要农用地，大量良田沃土被淹，对库区农业粮食生产可能带来较大影响，对土地承载力带来新的压力。随着移民生产安置的进行，土地资源的保肥能力将加强，随着土地开发的深入，安置区的环境容量也将进一步提高。同时，随着土地开发整理的进行，对 25°以上的耕地要求退耕还林，也有利于安置区的土地资源结构调整，促进安置区土地资源的利用优化，使其生产力逐步达到最佳水平。

(2) 人群健康

新集镇总体布局、基础设施，以及文教卫生条件均较迁建前明显改善，这些将有利于传染病发病的控制和减少。如新集镇均将修建配套的供水、排水设施，并考虑对集镇污水进行适当的处理，设置了垃圾回收站（点）等，这将大大减少和降低介水、虫媒等传染病传播机会，以及传播媒介的滋生地。

在新集镇施工建设期间，易在当地建设区发生、流行的传染性疾病主要是介

水传染病类的肝炎、痢疾、腹泻等，以及虫媒传染病类的疟疾，可采取积极的防治措施减免其对施工人员和附近居民的健康威胁，保证新集镇建设和集镇移民的顺利搬迁。

在集镇移民搬迁期间，由于人口流动性大，房屋拆迁、新房、道路等设施的修建，生活、卫生设施尚未齐备，环境卫生状况较差，加之鼠类、蚊虫等病媒动物具有随人类搬迁而随迁积聚的特点，较易引起虫媒、肠道等传染性疾病的发生。同时，移民搬迁劳累加上不良卫生习惯及饮用水卫生问题，若不采取措施，将可能导致人群中痢疾、肝炎、感染性腹泻、伤寒等介水传染病流行。

为此，可以家庭为单位采取适宜、有效的预防措施，防止集镇移民传染性疾病的流行。

（3）社会经济影响分析

集镇安置点的迁建有利于促进区域产业结构的调整、升级，促进人们思想观念的转变。集镇安置点的建设标准要高于农村安置点，对居民居住条件和基础设施的改善更为明显，安置点建成后，移民生活环境大为改观，居民生活、出行、经营等条件更为便利。

另一方面，水库淹没耕园地以及房屋、道路、通信、电路和供水等基础设施，使当地居民多年来积累下来的物质财富受到损失。随着耕地的减少，人多地少的矛盾日益突出。

（4）基础设施

安置点居民用水经过水源地调查及评价分析，保证充足的水源满足居民用水需求。安置点建设完成后，其建设水平和规模均较迁建前有所提高，内部和对外沟通、交流更显合理、便利，促使安置区的结构更趋合理、完善。

（5）医疗卫生和文化教育

在移民安置实施规划中，选择了符合饮用水标准的水源作为居民用水，可以保证居民饮水水质，不会对人群健康产生危害。

根据建设征地移民安置规划大纲，江边集镇将扩建江边小学，扩建 12 个班，复建江边中学、幼儿园，设居委会 3 个，文化室、卫生室、公共厕所与居委会合建；蛟西安置点居民的医疗卫生及文化教育可就近在蛟西集镇就学就医。

江边集镇规划配套建设有学校、医院和文化活动中心，可以使居民的文化生活质量得到提高，使居民医疗条件得到改善，保障了适龄儿童能得到更好的教育。

较西安置点居民的医疗和教育资源较迁建前将更为便利，设施更为齐全。

5.10.4 专业项目复建环境影响分析

乌东德水电站专业项目类型多，影响范围广，电路、通信及广播工程由于工程规模小，周期短，主要的施工活动为架设线路，对环境影响小，不作为环境预测重点。交通工程、水源工程的建设对环境影响相对较大，本节主要针对这两类项目进行预测分析。其中，交通工程选择攀枝花市甸渡路兴旺煤业段和黄江公路为典型进行分析，水源工程选择会理县的横山水库和武定县的仁和水库作为典型项目分析工程建设对环境产生的影响。

5.10.4.1 交通工程

乌东德库区复建等级道路总长度 54.91km，桥梁 16 座，总长 2616.58 延 m，码头 2 座。其中二级公路 15.16km，三级公路 21.01km，四级公路 18.374km。复建道路 20 条，平均每条 2.75km，最长为甸渡路，长约 10.5km，分两段实施，其中兴旺煤业段为最长一段，长 10.17km，其余复建道路均未超过 10km。

(1) 工程路线选择方案合理性分析

道路工程对周围环境的影响为线型影响，路线合理与否将对工程沿线周围敏感区域的影响起到决定性的作用。因此，工程路线的选择和确定，是该类线型工程前期研究中的重要内容。

1) 甸渡路选线方案合理性

①线路路线方案

甸渡路（S214）为连接凉山州会理县甸沙关和攀枝花仁和区平地镇的省道，公路等级为二级公路，路基宽度 8.5m，路面宽 7.5m，受淹没影响的路段共 3 段，分别为：小咪咪渔庄段（K96+260）、小山庄段（K96+220）和兴旺煤业段（K95+500~K84+600）。

小咪咪渔庄段（K96+260）、小山庄段（K96+220）采用原线抬高的方案进行复建，复建规划长度约 0.409km。复建路段路面结构层布置为：28cm 厚水泥混凝土面层+24cm 厚水泥稳定碎石基层+20cm 厚级配碎石垫层。

原甸渡路兴旺煤业段（K95+500~K84+600）位于雅砻江左岸盐边县桐子林镇大坪地至荒田村沿线山坡坡脚，与成昆铁路并行，甸渡路兴旺煤业段复建规划

公路长度约 10.171km，采用部分路段适当后靠、部分路段原线抬高的方案进行复建。路面结构层布置为 28cm 厚水泥混凝土面层+24cm 厚水泥稳定碎石基层+20cm 厚级配碎石垫层，采用原公路等级标准二级，设计路基宽 8.5m，路面宽 7.5m，设计车速 60km/h。甸渡路复建公路施工期间临时场地有张家大湾取土场（K1）、花滩弃渣场（K4+500）2 处，布设了 3 座简易桥梁，未布设隧道。



图 5.10-1 甸渡路（S214）兴旺煤业段（K95+500~K84+600）

②线路方案环境合理性

甸渡路复建路段总体建设规模较小，线路沿线不良地质问题为甸渡路兴旺煤业段的黄泥巴中型土质滑坡，目前滑坡稳定性较好，采取工程防护措施后，可适宜公路建设；公路沿线不涉及自然保护区、风景名胜区等生态敏感区；根据公路沿线弃土弃渣量的分布，结合地形、地质及施工条件，以少占耕地，尽可能利用荒沟、荒滩，同时方便施工、不造成新的水土流失为原则合理选择弃渣场；在设计中考虑了挖填边坡和弃渣场的工程防护和植物防护措施，从而得以有效地减少水土流失；为连接凉山州会理县甸沙关和攀枝花仁和区平地镇的省道，在雅砻江口与 S310 省道交汇，交通便利，利于攀枝花市移民安置点居民出行，安置点建设所需材料运输便捷；工程线路选线充分考虑与地方规划的协调，与地方规划不冲突。

由于复建线路考虑与现有村庄的衔接，线路部分路段距村庄等较近，工程施工期建设与运营期不可避免对居民点产生一定影响。工程线路跨越沿线水体，施工期间可能对沿线水体产生一定影响。通过对不同环境影响采取相应环保措施可将环境影响减轻至最低。

根据以上分析，甸渡路复建公路线路方案环境合理性基本合理。

2) 黄江公路（那旧村～龙街段）选线方案合理性

①线路路线方案

黄江公路连通元谋县黄瓜园镇至江边乡的四级公路，路基宽 6.5m，路面宽 6.0m，水泥混凝土路面。受乌东德水电站正常蓄水位淹没影响的路段为那旧村～龙街码头南岸，淹没影响长度约 5.006km。

黄江公路（那旧村～龙街段）采用后靠抬高的方案进行复建，复建公路起点接复建的龙街码头，终点接现有黄江公路，复建路段长度约 6.9km。按照“三原”原则，确定复建公路等级为四级公路，路面宽度为 6.5m，路面宽度 6.0m，水泥混凝土路面。



图 5.10-2 黄江公路现状

②线路方案环境合理性

黄江公路（那旧村～龙街段）总体规模小，线路不良地质问题为盘山-绿汁江活断裂，有遭受 6～6.5 级构造地震的可能性，采取必要工程防护措施后，基本适合公路工程建设；公路沿线不涉及自然保护区、风景名胜区等生态敏感区；公路路基以半挖半填为主，挖方略大于填方，减少了弃渣量；根据公路沿线弃土弃渣量的分布，结合地形、地质及施工条件，以少占耕地，尽可能利用荒沟、荒滩，同时方便施工、不造成新的水土流失为原则合理选择弃渣场；在设计中考虑了挖填边坡和弃渣场的工程防护和植物防护措施，从而得以有效地减少水土流失；复建公路线路短，公路两侧 200 范围内不涉及居民点，因此无声环境 and 环境空气敏感点，对居民点无影响；公路随龙街大桥的建成，交通更加便利；工程线

路选线充分考虑与地方规划的协调，与地方规划不冲突。

由于复建线路考虑与现有村庄的衔接，线路部分路段距村庄等较近，工程施工期建设与运营期不可避免对居民点产生一定影响。工程线路跨越沿线水体，施工期间可能对沿线水体产生一定影响。通过对不同环境影响采取相应环保措施可将环境影响减轻至最低。

根据以上分析，黄江公路（那旧村～龙街段）线路方案环境合理性基本合理。

（2）典型复建工程环境保护目标

甸渡路、黄江公路（那旧村～龙街段）复建公路环境保护目标见下表。

表 5.10-38 甸渡路、黄江公路环境保护目标

环境要素	保护对象	相对位置	影响因素	保护要求
水环境	磨石菁、深沟菁、摩梭罗冲沟	甸渡路兴旺煤业段 K2+088、K4+398、K8 分别穿越磨石菁、深沟菁及摩梭罗冲沟。	施工期和运行期产生的污废水对冲沟水体水质影响	维护评价河段现有水环境功能，工程施工期和运行期产生的污废水尽可能回用或处理达到污水综合排放一级标准后排放。
声环境 和环境 空气	大坪地村 4 户居民	甸渡路兴旺煤业段 K0+600 右侧	施工期施工噪声、空气污染；运行期车辆运输产生的噪声和粉尘污染	维护工程区及其附近的环境空气质量和声环境质量功能区划要求。
	牛坪子公路养护管理站	甸渡路兴旺煤业段 K3+000 右侧		
生态环境	生态系统、陆生动植物、水生生物	公路沿线 300 范围内	临时或永久占用植被、污染水生生物生境	维护生态系统完整性和稳定性；施工期间严格控制施工占地，尽量减少植被破坏；禁止捕杀陆生动物；防治施工废污水对水生生物生境造成影响
社会环境	公路沿线居民	公路沿线 200m 范围内	临时或永久占用居民耕地或房屋	安置区生产用地或生活用地采取相应补偿措施，促进当地居民农业生产和农村经济发展。

（3）典型复建工程环境影响分析

1) 施工期环境影响分析

①生态环境影响分析

A、生态系统完整性和稳定性

两条公路海拔高程范围在 1200m 以下，公路两侧植被主要为耕地和干热河谷稀树灌木草丛。公路施工期，路面、桥涵等工程建设将永久占用评价区灌草地，对生态系统植被的占用影响为不可逆影响。取土场、弃渣场、施工便道等将临时占用耕地或干热河谷稀树灌木草丛，可通过后期植被恢复得到补偿。两条路永久占用的植被面积约 1.77hm²，临时占用面积 0.2 hm²。公路复建影响范围呈线条状，地表植被的损失将对现有生态系统产生一定的影响，但由于损失的面积相对于沿线地区是少量的，而公路运行期的景观绿化和植被恢复又将弥补部分损失的生物量，因而，公路复建不会影响生态系统的稳定性和完整性。

B、陆生植物

根据调查，复建公路工程影响区内主要植被类型为灌丛及灌草丛和农业植被。路面建设、桥梁、涵洞等工程建设将使植被生境破坏，生物个体失去生长环境，影响的程度是不可逆的。工程临时用地在工程完工后可通过施水土保持措施进行植被恢复。工程结束后，评价区植被总生物量将有所减少。由于受影响的植物种类为区域广泛分布类型，工程建设不会对植物物种产生大的影响。

C、陆生动物

施工期工程永久和临时占地缩小了野生动物的栖息空间，切断了部分陆生动物的活动范围，对陆生动物将产生一定的影响。

施工期间，公路建设对两栖动物和爬行动物的影响较其它种类大，但由于它们可迁移到非施工区，因而不会对种群生存造成影响。施工期间，临时征地区域的鸟类和兽类将被迫离开原来的领域，邻近领域的鸟类和大型兽类由于受到施工噪声的惊吓，也将远离原来的活动区域，当临时征地区域的植被恢复后，部分乃哦类有可能回到原来的活动领域。

D、水生生物的影响

施工营地生活污水和生活垃圾、施工机械维修及工作时油污跑冒滴漏产生的含油污水等的排放，将对水质产生一定程度的污染，造成水生生境的变化。

在水面建设桥梁时会搅动水体和河床底泥，局部范围内破坏了鱼类的栖息地，对鱼类有驱赶作用，也会使鱼类远离施工现场。施工期间人员、机械、车辆产生的大量噪音，爆破的地震波将迫使鱼类往上下江段迁移，生存空间减小。

沿线渔业对象主要为人工养殖鱼类，如鲫鱼、鲤鱼等。野生鱼类少且个体均较小，根据现场调查，局部涉水工程不存在大型鱼类“三场”。因此，对鱼类的

产卵、繁殖等无直接影响。

桥墩的施工时，其钻孔、清孔、灌注混凝土过程排出的泥浆、钻渣若不及时妥善处置，会污染水环境、破坏生态或淤塞河道，对鱼类的生境造成不利影响。施工过程中可能影响水质，浮游生物、底栖动物等饵料生物量的减少，改变了原有鱼类的生存、生长和繁衍条件，鱼类将择水而栖迁到其它地方，施工区域鱼类密度会有所降低。

E、水土流失影响

根据交通工程规划专题报告成果，甸渡路兴旺煤业段，工程挖方 7.71 万 m³、填方 51.55 万 m³、借方 46.25 万 m³，工程无弃方。黄江公路挖方 50.56 万 m³、填方 26.88 万 m³、弃方 19.42 万 m³，工程无借方。

道路施工过程中路基开挖、填筑、取土、弃土等活动会扰动地表植被，影响的植被类型主要为干热河谷稀树灌丛和毛叶柿河滩灌丛等，对地表植被产生一定的影响，并且工程开挖过程中产生一定的水土流失，如不采取水土保持措施，水土流失持续时间将较长，因此应及时做好道路施工迹地的植被恢复措施。

②环境空气

公路施工对环境空气的影响主要是扬尘，即 TSP 污染。公路施工活动中产生的扬尘主要来自于灰土拌和扬尘和施工机械车辆运输、作业扬尘。在路基、路面施工时灰土拌和、摊铺产生的扬尘将影响周围区域环境空气质量；在集中灰土拌和站，灰土的运输、拌和所产生的灰尘会影响拌和站周围的环境空气的质量。筑路机械作业过程中产生的扬尘会影响施工现场及周围的空气环境质量。

就环境空气敏感点来看，甸渡路复建路段沿线 200 范围内敏感点有大坪地村（K0+600，4 户）和牛坪子公路养护管理站（K3+000）。根据 6 处敏感点与公路中心线的位置关系，大坪地村和牛坪子公路养护管理站与公路中心线水平距离为 8-88m，因此公路施工对沿线部分居民将造成施工运输粉尘、现场扬尘、物料拌和扬尘、废气等污染影响。

③声环境

根据调查，兴旺煤业段复建道路两侧 200m 范围内有大坪地村（K0+600，4 户）、牛坪子公路养护管理站（K3+000）2 处声环境敏感点，与公路中心线距离范围为 8-88m，受施工机械噪声影响相对较大。由于复建公路工程量总体较小，且为线性工程，分段施工，各段施工期较短，因此对噪声敏感点影响时间较短。

为保护道路两侧居民及企业施工人员,在声环境敏感点路段施工时需加强其噪声防护,尽量夜间避免施工作业,白天施工,尽量选择低噪声的施工机械,加强机械维护。

④水环境

甸渡路兴旺煤业段和黄江公路(那旧村~龙街段)两条复建公路施工对水环境的影响主要包括跨河桥梁施工、混凝土拌和废水、施工生活污水等。

A、混凝土拌和废水

根据同类公路施工类比分析,混凝土拌和冲洗废水中含有较高的 SS,其浓度可达 5000mg/L 左右,废水 pH 一般大于 10。由于两处公路复建废水排放量较小,且排放分散,经处理达标后排放对附近河流水质影响不大。施工期应严格控制施工废水排放,设置沉淀池处理,处理后的废水回用。

B、施工生活污水

甸渡路施工高峰期人数约 280 人,生活污水量按 200L/人·d 计,日生活污水最大产生量为 56t/d。黄江公路施工高峰期人数为 200 人,日生活污水最大产生量为 40t/d。施工人员生活污水中特征污染物浓度为:COD350mg/L,氨氮 40mg/L。拟建公路沿雅砻江左岸布置,施工人员生活污水如果未经处理直接排放,将对雅砻江水质造成一定影响。

C、施工机械冲洗废水

施工所用机械设备需定期保养冲洗,施工机械停放在施工场地内,冲洗会产生含油废水,主要污染物是石油类,任意排放将会影响周围土壤环境。

2) 运行期环境影响分析

①环境空气

公路建成后运营期产生的污染物主要为汽车尾气中的 NO_x,在这里采用估算模式对运营期环境空气中 NO₂ 的浓度进行预测。

根据《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03-2006),以及当地的气象条件($U_{10} \geq 1\text{m/s}$),大气污染物 NO₂ 估算模式采用 HIWAY-2 模式。兴旺煤业段公路限速 60km/h,根据年预测交通量、车型比、昼夜比、小时高峰比和计算的车速分别计算得到 CO、NO_x 的日均排放源强,并根据相关系数,换算得到 NO₂ 日均排放源强。NO₂ 排放量测算结果见下表。

表 5.10-39 汽车尾气中大气污染物的日均排放源强 单位: mg/(m·s)

年份		营运第 1 年	营运第 2 年	营运第 3 年
CO	日高峰排放源强	0.1153	0.1460	0.2061
	日均排放源强	0.0732	0.1036	0.1997
NO ₂	日高峰排放源强	0.0051	0.0098	0.0217
	日均排放源强	0.0035	0.0065	0.0138

表 5.10-40 甸渡路兴旺煤业段公路运营期 NO₂ 小时平均浓度预测表

运营期	交通状况	公路两侧 NO ₂ 贡献值 (mg/m ³)					
		5m	10m	15m	20m	25m	30m
第 1 年	日均车流量	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004
	日高峰车流量	0.0010	0.0009	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006
第 2 年	日均车流量	0.0014	0.0013	0.0013	0.0012	0.0011	0.0010
	日高峰车流量	0.0023	0.0022	0.0022	0.0020	0.0018	0.0017
第 3 年	日均车流量	0.0055	0.0054	0.0050	0.0025	0.0020	0.0018
	日高峰车流量	0.0085	0.0840	0.082	0.078	0.0070	0.0062

根据预测，受运营期汽车运输尾气排放的影响，公路两侧 5~30m 范围内 NO₂ 的小时平均增量为 0.0004~0.00085mg/m³，可见，公路运营后对环境空气的贡献值较小。公路运营后的前三年，车流量逐年缓慢增多，之后变化不大，机动车尾气产生的 NO₂ 对环境空气的影响与车流量成正比，呈前三年逐年缓慢增大之后平稳的态势。

②声环境

A、预测模式

相对施工期，公路运营期对声环境的影响为持续性的。根据同类工程采用采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ/T2.4—2009）中推荐的公路交通运输噪声预测模式，计算过程考虑车速、车流量、单车辐射声级以及其他因素引起的修正量。

B、敏感点背景值

2 处敏感点的噪声背景值采用 2012 年 12 月对攀枝花市仁和区南山花园小区的监测资料，详见下表。

表 5.10-41 攀枝花仁和区监测资料 单位：dB (A)

监测地点	监测时间	昼间	夜间	昼间平均值	夜间平均值
南山花园小区	2012.11.28	47.1	44.3	46.84	44.54
	2012.11.29	46.5	44.8		

	2012.11.30	46.9	44.5		

C、敏感点预测

采用 CadnaA 软件进行噪声软件预测，对两处敏感点昼间和夜间噪声进行预测。详见下表。

表 5.10-42 敏感点噪声预测结果

序号	敏感点名称	桩号	距路肩距离(m)	高程差(m)	噪声贡献最大值(dB)		背景值(dB)		评价标准(dB)		超标情况(dB)	
					昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜
1	大坪地村	K0+600	8-88	1-18	57.0	46.0	46.84	44.54	60	50	0	0
2	牛坪子公路养护站	K3+000	13-63	10-15	57.1	45.8	46.84	44.54	60	50	0	0

从表 5.10-42 可以看出，甸渡路复建路段涉及的大坪地村和牛坪子公路养护管理站昼间和夜间均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

③水环境

由于路面径流占河流全年径流量比重非常小，而且由于路面径流中 COD、SS 和油类的浓度含量并不高，桥面径流对河流的污染贡献微乎其微。

复建道路处在库周，运输的物资包括水泥、粉煤灰、钢材、木材、火工材料、油料等物资运输其中有部分物资属危险物，一旦出现事故，危险物品进入水体，将可能威胁下游取水口，应通过交通管理措施，避免类似事故发生。

5.10.4.2 水利工程

云南省规划新建（重建）水库 2 座，包括武定县仁和水库、元谋县茂芷水库。规划改扩建水库 1 座，包括元谋县麻柳水库。在建或已建水库 3 座，包括禄劝县大河边水库、武定县己衣水库、元谋县挨小河水库。四川省规划新建（重建）水库 2 座，包括会理县横山水库、会东县马头山水库；规划改扩建水库 4 座，包括会理县樟木树水库、会理县新民水库、会东县龙滩水库、会东县雪山水库。两省规划整治骨干渠道 13 条，共 90.66km，新建提水泵站 9 处，输水管道总长度 345.93km，新修水窖 225 口。

水库工程建成运行后，为灌区农田灌溉及人畜用水带来保证，社会效益显著，但对下游局部河段水生生态环境造成一定的不利影响。工程建设征地、拦河坝建设、水库淹没和施工活动将对当地的森林植被、植物资源和野生动物栖息地及河

流鱼类造成一定的不良影响。

骨干渠道整治、提水泵站建设以及输水管道的布设对环境的影响主要体现在开挖对生态环境及水土流失的影响，但随着工程的完工，不利影响将逐渐减小或消失。

（1）典型水库工程概况

1) 横山水库工程

横山水库位于麻龙河上游，属金沙江支流城河水系，地处会理太平区横山乡，工程区距会理县约 22km。坝址以上集雨面积 94.4km²，总库容 5088 万 m³，灌溉面积 12.32 万亩，是一座以灌溉为主、兼有县城及乡镇供水、农村人蓄饮水等综合利用的中型水利工程。

横山水库工程由水库枢纽和灌区工程两部分组成。水库枢纽布置在会理县横山乡境内麻龙河上，由挡水坝、右岸溢洪道、右岸灌溉取水隧洞、左岸放空洞及红旗取水隧洞组成。大坝采用沥青砼心墙石渣坝，最大坝高 63.5m，水库总库容 5088 万 m³，正常蓄水位为 1971.00m。红旗取水隧洞位于大坝上游右支沟（磨坊沟）岸边，距离坝址约 2.2km 处，全长 4736.5m，设计流量 0.94m³/s，由横山水库向红旗水库补水；渠系工程由 1 条干渠和 4 条支渠组成，其中内东支渠和桥顶山北支渠 2 条支渠灌溉面积在万亩以下，其工程量和投资计入田间工程。

干渠总长 31.89km，设计引水流量 5.81m³/s；在干渠上布置内东支渠（长 4.973km，引水流量 0.16m³/s）、金龙山支渠（长 12.177km，引水流量 2.07m³/s）、桥顶山北支渠（长 6.582km，引水流量 0.28m³/s）、桥顶山南支渠（长 13.327km，引水流量 2.23m³/s），4 条支渠全长 37.06km，向横山水库灌区供水，灌溉面积 8.02 万亩。

水库建成后，灌溉面积 12.32 万亩，其中耕地 8.35 万亩，果园 3.97 万亩，同时可解决会理县城 20 万人生活用水及 10 个乡镇 1.94 万人、农村 5.37 万人、大小牲畜 17.73 万头的用水问题。该工程水库淹没土地总面积 3535.8 亩；枢纽工程永久占地 608.21 亩，施工临时占地 447.24 亩；灌区渠系工程永久占地 1570.09 亩，施工临时占地 1006.02 亩。至规划水平年横山水库工程生产安置人口为 1098 人，搬迁安置人口为 1763 人（其中单位人口 104 人），横山水库总投资 139253.12 万元。

2) 仁和水库工程

仁和水库位于武定县猫街镇仓房村委会仁和村上游 1.6km 处的勐果河支流仓房河支流大厂河上。水库坝址处地理坐标为东经 101°04'25"，北纬 25°29'28"。工程开发主要任务是以农田灌溉和农村人畜饮水供水为主。仁和水库工程由枢纽工程、引水工程和输水工程三大部分组成，水库总库容为 1228.81 万 m³，正常蓄水位为 2180.00m，正常库容 1052.71 万 m³。工程为中型水利工程，工程等别为 III 等，枢纽工程主要建筑物由大坝、导流表孔泄洪隧洞、输水隧洞组成；大坝坝型采用粘土心墙风化料坝，拦河坝坝顶高程 2185.30m，坝顶宽 10m，长 272m，坝顶设置 1.0m 高的防浪墙，坝高 85.3m。导流表孔泄洪隧洞全长 337m，输水隧洞布置于大坝左岸，全长 424.4m。引水工程主要建筑物由取水枢纽（取水坝、沉沙池、明渠）和引水隧洞组成；坝型为埋石混凝土重力坝，坝轴线长 38.8m，坝高 8.1m，总库 1.2 万 m³，坝顶宽 3m，坝顶高程 2213.1m。引水渠系总长 1.553km，其中引水明渠长 0.108km，引水隧洞长 1.445km，最大引水流量 6m³/s。输水渠系总长 24.212km，工程包含管道、隧洞、暗渠。其中管道长 18.145km（其中管道穿过 1#、2#隧洞长度分别为 0.166km、0.196km）、3#隧洞长 5.937km，暗渠长 0.13km。设计过流量 0.834m³/s。仁和水库供水可基本覆盖整个狮山灌区的西村河、菜园河和铺西河三个片区缺灌面积。水库年供水量为 975.1 万 m³，其中农村生活供水量为 60.6 万 m³，解决 1.05 万人、2.28 万头大小牲畜的农村生活缺水问题，工程总投资 48740.40 万元。

（1）对水资源配置的影响

1) 总体影响分析

从引水量来看，本工程涉及新、改扩建水源工程引水量均超过坝址处天然径流量的 50%，麻柳水库、新民水库等部分作为调蓄水库的引水量也超过坝址处天然径流量的 3 倍以上，其中麻柳水库引水量为天然水量的 13 倍，引水后麻柳河、大菁河流域水资源量有明显增加。雪山水库和龙滩水库改扩建后增加一定的引水量，但引水量较小（坝址处天然水量的 34%和 37%）且主要用于供灌溉用水，增加水量以农田退水形式回归河道和下渗，对局部水资源总量影响较小。

总体而言工程运行后局部流域水资源利用率均有明显增加。在建、改、扩建工程水资源平衡表见下表。

表 5.10-43 在建、改、扩建水源水库工程水资源配置平衡表（万 m³）

编号	工程名称	入库径流	引水量	来水合计	生活用水	灌溉用水	工业用水	生态下泄	总用水量	蒸发量	渗漏量	损失量
1	大河边水库	723.08	0	723.08	118.01	376.43	0	103.4	597.84	17.69	43.14	60.83
2	挨小河水库	676	0	676	138.2	456.5	0	87.88	682.58	7.6	17	24.6
3	麻柳水库	420	6133.06	6553.06	532.37	8274.85	204.3	270.46	9281.98	17.41	22.81	40.23
4	樟木树水库	477.2	0	477.2	50.82	138.39	0	53.92	243.13	4.66	3.16	7.82
5	新民水库	265.24	970.19	1235.42	219.67	607.03	0	31.83	858.53	9.31	13.09	22.41
6	雪山水库	1090.42	373.32	1463.74	76.65	1194.33	0	135.21	1406.19	16.8	39.88	56.68
7	龙滩水库	817.52	308.8	1126.31	63.73	909.76	0	99.74	1073.23	17.69	22.74	40.43

2) 典型工程影响分析

横山水库工程坝址以上集水面积 94.4km^2 ，占麻龙河全流域面积的 53%。横山水库工程建成以后，拦截坝址上游水量解决下游乡镇的灌溉、县城、集镇供水及农村人畜饮水问题，减少了下游河道水资源量，改变了下游区域水资源量和年内分配，给下游区域水资源量的时空分布造成了一定的影响。横山水库坝址处水量减少为 74%，由于横山水库下游支沟以及退水的汇入，水文情势影响逐渐减弱，到入城河后影响已减弱至 17%。

根据流域水资源时空分布特征，丰水期降水量大径流较丰沛，集中了流域内全年 90% 左右的水量，主汛期 6~9 月集中了流域内全年 80% 左右的水量。这部分水量常以洪峰径流的形式出现，陡涨陡落，冲刷性大，容易给流域带来洪灾损失。横山水库工程建设以后，通过筑坝取水，拦截上游洪峰径流，改变了汛期径流的时空分布，可在一定程度上减少汛期洪灾损失。枯水期，坝址上游来水量仅占全年来水量的不足 13%，主要以生态基流的形式下泄河道。建设项目在设计中考虑了下泄 $0.214\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，可满足下游生态环境用水需要。

可见，由于麻龙河流域为山溪型河流，坡降大，河水陡涨陡落，不易利用，修建横山水库工程后，通过拦截上游径流，减少汛期下游的水资源量，可在一定程度上减少下游洪灾损失。同时通过横山水库调节以后，流域水资源时空分布格局发生变化，将汛期的富余的水资源量调节至枯水期，以满足当地社会经济发展的需要。

(2) 对水文情势的影响

1) 总体影响分析

水源水库建设对水文情势的影响主要体现在工程建设后库区水面面积增加，河流流速变缓，下游受下泄水量变化的影响河流流速、河宽等均会发生明显改变。

2) 典型工程分析

①横山水库

A、库区水文情势影响

天然情况下，横山水库库区流量小，但是在洪水期河流中水量较大，但消退速度也较快。横山水库建成后，横山水库库区干流回水长约 5.97km ，库区左支沟回水长约 4.94km ，库区右支沟回水长约 5.68km ，库区面积（正常蓄水位 1971m 时） 2.63km^2 。水库最大坝前水深 1971.4m，水体体积和水面面积均将增加，库

区河段由流水生境变为静水或微流水生境，从上游至坝前流速逐渐减小，库区水文情势较原来有较大的变化。

B、下游水文情势

正常情况下，水库按需水过程供水，当来水大于供水，水库蓄水，库水位上升，当水库水位达到正常蓄水位 1971.00m 时，水库开闸按防洪运用方式运行；当来水小于供水，则动用水库库容，库水位下降；当库水位降落至死水位 1942.00m 时，供水开始破坏。水库多年平均最大水位变幅 29.4m，多年平均最大坝前水深 1971.4m。

水库工程建成取水后，使坝址下游形成总长约 22.3km 减水河段，在一定程度上对河道内的生态有所影响。横山水库减水河段内无水资源专项利用设施，无特殊水生鱼类保护动物，少量的农户用水采用地下水和山涧溪沟水解决，坝址下游河道两岸综合用水已纳入水库供水范围，因此河段主要用水为河道内生态环境用水。为维护河流的基本生态需求，须下泄一定的生态流量。横山水库坝址处多年平均来水流量 $2.14\text{m}^3/\text{s}$ ，来水量 6750 万 m^3 ，按多年平均流量 10% 计算，应保证水库多年平均下泄河道生态基流 $0.214\text{m}^3/\text{s}$ ，折合年水量为 675 万 m^3 。工程设计中考虑在放空洞旁设置 DN350 的生态放水钢管，设计下放生态环境流量 $0.45\text{m}^3/\text{s}$ ，保证下游河段内生态环境用水。

此外，由于减水河段沿程有多条支沟汇入，在一定程度上也补充了河道生态用水量。在坝址最小下泄水放水量情况下，麻龙河汇口上年内枯水期平均流量介于 $0.214\sim 0.531\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均流量介于 $0.564\sim 1.694\text{m}^3/\text{s}$ ，河段内多年平均径流总量介于 1778~5342 万 m^3 。枢纽坝址至麻龙河汇口下受水库影响的多年平均减水比例由 73.6% 逐渐减少至 20.1%，枯期减水比例由 59.2% 减少至 16.8%。由此可见，虽然横山水库取水对麻龙河干流水量有一定影响，导致区间水体自净能力有所下降，但通过下泄生态环境等综合用水量，对减轻工程取水影响有一定缓解作用，加上河段区间及支沟径流的汇入，能维持生态平衡水环境基本要求。

②仁和水库

A、库区水文情势影响

仁和水库属多年调节水库，总库容 1228.81 万 m^3 。正常蓄水位 2180m，自河床到正常蓄水位水深 70m，相应的水面面积为 $8.91\sim 44.5$ 万 m^2 ；回水长约 2.5km；库区回水淹没河道的水面将显著变宽形成静水区域，由于坝体的拦蓄作

用水体流速变缓，泥沙沉降在库区内。

B、坝下水文情势影响

仁和水库运行后，由于坝体拦截和水库的调度运行坝址上游来水从输水隧洞口进入灌渠，仁和水库本区大厂河和引水区五柞甸河取水坝以下至仓房河与勐果河交汇口之间约 17.6km 长的仓房河河段水文情势将发生较大改变。如不采取生态放流措施，将造成本区坝址至大厂河与仓房河交汇口约 0.3km 坝后干流河段，引水区坝址至五柞甸河与仓房河交汇口约（脱水河段 0.3km，减水河段 0.9km）1.2km 坝后减脱水河段。坝址下游河道（仁和水库本区大厂河和引水区五柞甸河取水坝以下至仓房河与勐果河交汇口之间的仓房河）约 17.6km 流量将减少，但本工程在水平衡计算的过程中已经考虑了按本区坝址多年平均来水量的 10%（0.0427m³/s）作为下泄流量来满足工程下游河道的生态环境用水。采取生态放流措施后，上述河段最高减水率约为 90%（不考虑区间支流补水情况）。引水区主要在汛期 6 月~10 月引水，枯期不引水，汛期的引水系数为 0.65，该时段来水量较大，有将近 35%的水量下放到引水区下游，该时段已经充分考虑对下游的生态用水的要求，所以不需要额外下放生态用水量。生态流量的下泄将在一定程度上缓解因河道水文情势的变化造成的生态环境影响。

（3）对水环境的影响

1) 水温

采用《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》中的推荐公式判别水库水温结构。

$$\alpha = \frac{\text{年径流总量}}{\text{水库库容}}$$

当 $\alpha < 10$ 时水库为分层型； $\alpha \geq 20$ 时水库为混合型； $10 < \alpha < 20$ 时水库为过渡型。

表 5.10-44 水源水库工程水库水温类型判别表

编号	工程名称	入库径流	引水量	总库容	径流—库容法
1	大河边水库	723.08	0	775.57	0.93
2	挨小河水库	676	0	447.38	1.51
3	麻柳水库	420	6133.06	2908	2.25
4	樟木树水库	477.2	0	66.5	7.18
5	新民水库	265.24	970.19	687	1.80
6	雪山水库	1090.42	373.32	998	1.47
7	龙滩水库	817.52	308.8	952	1.18

8	仁和水库	1586.5		1228.81	1.29
9	横山水库	6750		5088	1.33

根据径流一库容法进行判别，移民安置区供水及水源工程新建水源水库水温属稳定分层型；改扩建工程建设前后水库水温也均为稳定分层型。

A、横山水库

a、库表月平均温度、库底温度

库表月平均水温采用纬度与水温相关法，并结合实测水温及气温确定。

库底水温受纬度、水深、水下建筑物、泥沙淤积、库底温度等影响，而以纬度、水深对其影响最大。横山水库建成后为分层型水库，各月库底水温与其年值差别甚小，根据规范要求，可用年值代替。

库表月平均温度、库底温度的取值见下表。

表 5.10-45 横山水库水温计算参数表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	15.03	3.86	1.92	1.39	1.31	1.45	1.71	2.06	2.50	3.01	3.58	4.22
x	40.38	21.41	16.25	14.82	15.03	16.16	17.88	20.00	22.43	25.10	27.95	30.95
T0	10.1	12.5	16.1	19.6	23.2	23.8	24	23.3	21.5	18.6	14.1	10.4
Tb	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8

b、横山水库垂向水温分布

根据水库垂向水温计算经验公式，计算横山水库建成后坝前水温垂向分布，计算成果见下表。

表 5.10-46 横山水库水温计算成果表

水深	月份												年平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	10.1	12.5	16.1	19.6	23.2	23.8	24.0	23.3	21.5	18.6	14.1	10.4	18.1
1	10.1	12.5	16.1	19.6	23.0	23.7	24.0	23.3	21.5	18.6	14.1	10.4	18.1
2	10.1	12.5	16.1	19.5	22.8	23.5	23.9	23.3	21.5	18.6	14.1	10.4	18.0
3	10.1	12.5	16.2	19.4	22.6	23.3	23.7	23.2	21.5	18.6	14.1	10.4	18.0
4	10.1	12.5	16.2	19.3	22.3	23.1	23.5	23.1	21.5	18.6	14.1	10.4	17.9
5	10.1	12.5	16.3	19.2	22.1	22.8	23.3	23.0	21.4	18.6	14.1	10.4	17.8
6	10.1	12.5	16.3	19.2	21.8	22.5	23.1	22.9	21.4	18.6	14.1	10.4	17.7
7	10.1	12.6	16.4	19.1	21.5	22.3	22.9	22.7	21.3	18.6	14.1	10.4	17.7
8	10.1	12.6	16.5	19.0	21.3	22.0	22.6	22.5	21.2	18.6	14.1	10.4	17.6
9	10.1	12.7	16.6	18.9	21.0	21.7	22.4	22.3	21.1	18.6	14.2	10.4	17.5

10	10.1	12.8	16.7	18.8	20.8	21.4	22.1	22.1	21.0	18.6	14.2	10.5	17.4
11	10.1	12.9	16.7	18.7	20.6	21.2	21.8	21.9	20.9	18.5	14.2	10.5	17.3
12	10.1	13.0	16.8	18.7	20.4	20.9	21.5	21.7	20.8	18.5	14.3	10.5	17.3
13	10.1	13.2	16.9	18.6	20.2	20.7	21.3	21.4	20.7	18.5	14.3	10.6	17.2
14	10.1	13.4	17.0	18.5	20.0	20.2	20.6	21.1	21.8	22.3	22.8	23.0	19.2
15	10.1	13.7	17.1	18.5	19.8	20.0	20.4	20.9	21.5	22.2	22.6	23.0	19.2
16	10.1	14.0	17.2	18.4	19.6	19.8	20.2	20.7	21.3	22.0	22.5	22.9	19.1
17	10.1	14.3	17.2	18.3	19.5	19.6	20.0	20.4	21.1	21.8	22.4	22.8	19.0
18	10.1	14.6	17.3	18.3	19.3	19.5	19.8	20.2	20.8	21.5	22.2	22.7	18.9
19	10.1	15.0	17.4	18.2	19.2	19.3	19.6	20.0	20.6	21.3	22.0	22.6	18.8
20	10.1	15.3	17.4	18.2	19.1	19.2	19.4	19.8	20.3	21.1	21.8	22.4	18.7
21	10.1	15.7	17.5	18.2	18.9	19.1	19.2	19.6	20.1	20.8	21.6	22.2	18.6
22	10.1	16.1	17.5	18.1	18.8	18.9	19.1	19.4	19.9	20.6	21.3	22.1	18.5
23	10.1	16.4	17.6	18.1	18.7	18.8	19.0	19.2	19.7	20.3	21.1	21.9	18.4
24	10.1	16.7	17.6	18.1	18.7	18.7	18.8	19.1	19.5	20.1	20.8	21.6	18.3
25	10.1	16.9	17.6	18.0	18.6	18.6	18.7	18.9	19.3	19.8	20.6	21.4	18.2
26	10.1	17.2	17.7	18.0	18.5	18.5	18.6	18.8	19.1	19.6	20.3	21.1	18.1
27	10.1	17.3	17.7	18.0	18.4	18.5	18.5	18.6	18.9	19.4	20.0	20.9	18.0
28	10.1	17.5	17.7	18.0	18.4	18.4	18.4	18.5	18.7	19.1	19.8	20.6	17.9
29	10.2	17.6	17.7	17.9	18.3	18.3	18.3	18.4	18.6	19.0	19.5	20.3	17.8
30	10.2	17.7	17.7	17.9	18.3	18.3	18.3	18.3	18.5	18.8	19.3	20.0	17.8
31	10.2	17.7	17.7	17.9	18.2	18.2	18.2	18.3	18.4	18.6	19.1	19.8	17.7
32	10.3	17.8	17.8	17.9	18.2	18.2	18.2	18.2	18.3	18.5	18.9	19.5	17.7

预测结果表明，水库表层水温在 1 月、2 月最低，温度为 10.1℃，7 月份达到最高，温度为 24.0℃，年内变化幅度最高达 13.9℃。

根据灌溉设计制度和结合水稻生长期对灌溉水温的要求，结合水库水温计算成果，水稻插秧期 4~5 月取水口（高程 1940.2m 处）平均温度在 18.9℃左右，高于水稻插秧期 12℃要求，水稻生长期 7~8 月取水口水温 21.5℃左右，满足灌溉要求。因此，本水库取水建筑物及输水建筑物满足灌溉水温要求。

B、仁和水库

a、坝前垂向水温

仁和水库坝前垂向水温预测成果见表下表。

表 5.10-47 仁和水库坝前垂向水温预测成果表 单位：水温(℃)、水深（m）

月份 水深	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
0.0	9.4	10.9	13.1	16.1	17.9	20.1	21.6	20.2	18.6	16.5	13.8	10.7	15.7

1.0	9.4	10.9	13.1	16.1	17.7	20.0	21.5	20.2	18.6	16.5	13.8	10.7	15.7
5.0	9.4	10.9	13.0	15.5	16.9	19.1	20.8	19.9	18.5	16.5	13.8	10.7	15.4
10.0	9.4	10.9	12.8	14.6	15.9	17.6	19.2	18.9	17.9	16.2	13.8	10.7	14.8
15.0	9.4	11.1	12.5	13.9	15.0	16.3	17.6	17.5	16.8	15.6	13.7	10.7	14.2
20.0	9.4	11.3	12.3	13.5	14.4	15.4	16.2	16.2	15.5	14.7	13.4	10.8	13.6
25.0	9.4	11.6	12.2	13.1	14.0	14.7	15.2	15.1	14.3	13.7	13.0	11.1	13.1
30.0	9.4	11.7	12.1	12.9	13.8	14.3	14.6	14.4	13.4	12.9	12.6	11.4	12.8
35.0	9.5	11.7	12.1	12.8	13.6	14.0	14.2	14.1	13.0	12.4	12.3	11.7	12.6
40.0	10.4	11.7	12.1	12.8	13.5	13.9	14.0	13.9	12.8	12.2	12.1	11.8	12.6
45.0	11.1	11.7	12.1	12.7	13.5	13.8	14.0	13.8	12.7	12.1	12.1	11.9	12.6
50.0	11.1	11.7	12.1	12.7	13.4	13.7	13.9	13.8	12.7	12.1	12.1	11.9	12.6
55.0	11.1	11.7	12.1	12.7	13.4	13.7	13.9	13.8	12.7	12.1	12.1	11.9	12.6
60.0	11.1	11.7	12.1	12.7	13.4	13.7	13.9	13.8	12.7	12.1	12.1	11.9	12.6
65.0	11.1	11.7	12.1	12.7	13.4	13.7	13.9	13.8	12.7	12.1	12.1	11.9	12.6
70.0	11.1	11.7	12.1	12.7	13.4	13.7	13.9	13.8	12.7	12.1	12.1	11.9	12.6

b、下泄水温

灌溉渠道的水是通过输水隧洞取水，取水口底板高程 2133.7m，位于正常蓄水位（2180.0m）以下 46.3m 处，位于死水位（2137.5m）以下 3.8m 处，下泄水温预测结果见下表。

表 5.10-48 仁和水库下泄水温预测结果表 单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
河道水温	9.4	10.9	13.1	15.9	17.9	20.1	21.6	20.2	18.6	16.5	13.8	10.7	15.7
下泄水温	11.1	11.7	12.1	14.2	15.2	17.2	17.9	16.9	16.1	15.2	12.1	11.9	14.3
下泄-河道	1.7	0.8	-1.0	-1.7	-2.7	-2.9	-3.7	-3.3	-2.5	-1.3	-1.7	1.2	-1.4

由上表可知，水库出水水温在 11.1~17.9℃之间波动，出库水温普遍较低，可能对作物产生一定不利影响。水库正常运行过程中，实际水位一般低于正常蓄水位，出库水温将高于理论预测值。由于水库出水将流经输水渠进入石门坎水库调蓄，且将经过长距离田间灌渠后才进入田间地头，用水高峰为每年的 5、6 月份，正为武定县一年中较热的季节，根据同类水库实际运行生产经验，水库出水经长距离的输水渠，再经水库调蓄后进入田间灌渠，水温将逐渐得到恢复。

2) 水质

根据现场查勘的情况，拟建水源水库工程周边均无工、矿企业分布，库区污染源主要是周边农田灌溉以及农村生活污染源。

A、典型工程库区富营养化预测

横山水库、仁和水库周边主要涉及零星居民，现状水质满足Ⅲ类水管理要求，库周污染源主要是农田面源以及农村生活污染源。

富营养化预测主要采用 Dillon 模型预测工程河段总磷、总氮浓度分布，分析河流发生富营养化条件和可能性。该模型考虑了磷、氮负荷，滞留系数，水力冲刷率及平均水深等因素对水体中总磷和总氮浓度的影响。

采用模型及确定的计算参数，预测得到工程河段总磷、总氮浓度值见下表。

表 5.10-49 工程河段总磷、总氮浓度预测结果 单位：mg/L

项目	水库名称	总磷	总氮
工程运行后	横山水库	0.006	0.492
	仁和水库	0.008	0.091

根据预测，横山水库总磷含量处于贫~中营养；总氮含量处于中营养状态，原因主要是上游来水和周边农业面源负荷；仁和水库总磷、总氮均处于贫~中营养状态。建库后加强库周污染治理和防治，水库发生富营养化的可能性不大。

B、典型工程下游河段水质的影响

麻龙河流域属典型的山区性河流，人类活动不频繁，工程区内无工矿企业，水体污染较小，河道现状开发利用程度不高。根据水质现状监测报告及评价，工程河段的水质状况较好，除部分断面悬浮物以及Ⅵ和Ⅶ断面粪大肠菌群超标外，其余指标均能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类水域标准。规划水平年（2020 年），会理县为满足水库建设，将库区作为水源地保护，并外迁部分水库淹没影响人口，严格控制流域污染企业及生产上马，预计规划水平年麻龙河流域主要污染物将比现状减少。

a、下游污染物入河量调查和估算

横山水库坝址～麻龙河河口减水河段长 22.3km，其主要污染物为区间居民的生活污水。据调查，工程减水河段影响范围内有集镇镇区 3 座（横山、内东、南阁），现状人口约 1200 人，农村人口约 3000 人，大小牲畜 10000 头。以人均废水排放量为 80L/d（牲畜 15 L/d）计，主要污染物以 COD、BOD₅、SS、NH₃-N

为主，浓度分别为 150mg/L、80mg/L、150mg/L、10mg/L；污染物入河系数城镇按 0.7 考虑，农村按 0.2 考虑，综合为 0.36。经估算区间废水排放量为 486m³/d，污染物入河排放量见下表。

表 5.10-50 减水河段现状污染物入河排放量估算表

地区	废水排放量 (m ³ /d)	入河系数	污染物入河量 (t/a)			
			COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N
横山水库坝址~ 麻龙河河口	486	0.36	9.58	5.11	9.58	0.64

b、水域纳污能力计算

针对工程建设前后情况分别计算 COD 和氨氮的纳污能力并与污染物入河量进行对比分析。

根据计算，工程建设前河流设计流量（P=90%典型年最枯月）为 0.20m³/s（小于多年平均流量的 10%），设计流速为 0.045m/s。按照一维水质模型计算，该河段现状水域纳污能力为 COD24.2t/a，氨氮 2.0t/a。工程建设后，P=90%典型年按 0.214 m³/s 下泄生态水量，设计流速为 0.046m/s。采用一维水质模型计算，该河段水域纳污能力为 COD24.8t/a，氨氮 2.1t/a。

表 5.10-51 减水河段纳污能力计算成果表

时段	COD		NH ₃ -N	
	入河量	纳污能力	入河量	纳污能力
	(t/a)	(t/a)	(t/a)	(t/a)
现状情况下	9.58	708.3	0.64	13.6
工程建设后	9.58	727.6	0.64	14.3

由表可以看出，减水河段的纳污能力远大于该河段污染物的入河量，因此本工程建设基本不会对减水河段水质造成影响。此外，横山水库工程取水枢纽处径流年内分配非常不均，枯水期来水量少，按照多年平均天然流量的 10%下泄生态水量后，特枯年份河道水量较天然情况有所增加，纳污能力也相应增加，满足水体目标功能要求。

c、下游水质影响

根据现状调查和社会经济发展规划，目前在减水河段两岸主要是耕地，并且该河段两岸为规划工矿企业和集中场镇，故远期污染源不会明显增加。同时根据现状监测资料，减水河段内水质指标均达《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。虽然横山水库取水对麻龙河干流水量有一定影响，导致区间水体自净

能力有所下降，但通过下泄生态环境等综合用水流量，对减轻工程取水影响有一定缓解作用，加上河段区间及支沟径流的汇入，能维持生态平衡水环境基本要求，减水河段的水质不会因为灌溉取用水受到影响。

（4）对陆生生态环境的影响

1）对陆生植物和植被的影响

①建设期对植物的影响

工程建设影响的植被主要是半湿润常绿阔叶林、暖性针叶林、人工植被、稀树灌丛、灌木草丛。根据工程设计和现场调查，工程永久占地内的植被多为人工以及人为干扰较为严重的暖性针叶林，植物群落结构简单，生物多样性低下，组成植物种类是一些常见种、广布种和入侵种；工程临时占地内的植被在工程施工结束后自动恢复。因此工程建设对评价区内植被的影响较小。

横山水库施工建设主要影响到农作物植被、马桑、火棘灌丛及少量马尾云南松林。主要植物种类有烤烟、玉米、油菜、白菜、青菜、云南松、滇青冈、滇杨、盐肤木、西南悬钩子、云南枫杨、尼泊尔桉木、高山栲、铁仔、马桑、火棘、华西小石积、华西小檗、贯众、千里光、粗齿铁线莲、醉鱼草、芒、白茅、斑茅、凤尾蕨、黄花蒿及其它农田作物等。

建设施工会对这些植被造成一定程度的破坏，造成一部分植株的死亡；同时因施工段沿河两岸土层较薄，施工会导致表层土壤与浅层岩石剥离，最终将对这些地带的植被造成破坏；施工中的道路及渠道建设开挖将使道路以下的植被遭到一定程度破坏。

②运行期对植物的影响

水库建成后，通过迹地恢复，施工占地对陆生植物的影响将会减少，部分地区也将恢复到建设前的水平。主要是库区蓄水对库区的植物造成较大的影响，淹没范围内的植株将被砍伐，一些原生植物将受淹没而死亡。受淹没范围面积较大，但受淹没的植被均为一般常见种，淹没线以上地带可见到相似的群落，在不同海拔地区均有分布，其受淹没影响的物种适应性强，不存在因局部植被淹没而导致种群消失或灭迹。

2）对陆生动物的影响

施工期间，各种临时建筑、永久建筑、运输道路的修建及土料开采、堆放等均需占用一定面积的土地，使荒山灌丛类动物生境缩小。但从整个评价区来看，

施工占地面积较小，因而工程建设对野生动物类群的生境影响程度较小。影响主要表现在以下几方面：

主体工程基础开挖与排水，砂石料冲洗废水，施工人群生活污水以及各类机械的含油污水等，对水质将会产生不利影响，主要影响沿河生活的一些种类，如两栖类和水生型爬行类、水域栖居型鸟类。

施工期间，基础开挖、取土、修路、交通运输、拌和机械的运行等均产生一定的机械和爆破噪声，致使施工区域及周边动物产生趋避反应，逃离施工区周围，从而导致施工区附近的野生动物密度有所下降，但这一影响是暂时的、可逆的，施工结束后，仍可恢复原状。

弃渣与施工开挖造成的水土流失、生产生活的垃圾等，均会对施工区的野生动物生存产生一定程度的影响，但都可以采取措施加以预防和减免。

（5）对水生生物的影响

水库大坝修建后，原生态系统的连续性和完整性被破坏。水库将破坏原有河流的生态连续体系，不仅阻隔鱼类的通道，对短距离洄游或非洄游性鱼类也有很强的阻隔效应。

由于水库大坝下游减水河段的出现，将原有鱼类分割为坝址上下的两个群体，使其基因交流的范围缩小，削弱上、下种群的生存力。同时，将使鱼类和水生生物的栖息地及洄路线受到干扰。水库坝址将阻隔鱼类春季以后到上游索饵的洄游通道，同时，也阻隔了上游个体较大的种类到中下游进行产卵繁殖或越冬活动。大坝的阻隔使河流中鱼类和水生生物改变其生活路线和生活周期，它们的空间分布格局和种群数量将会发生一定变化。

A、横山水库

横山水库修建后在库区形成较原来更大的静水环境，河段分布鱼类经过长期的生活史已经适应静水和微流水生态环境。鲤、鲫等鱼类虽然最适合生态环境为浅滩流水环境，但静水和微流水环境为它提供更多的饵料生物，微流水环境中大量水生维管束植物为其粘性卵提供更好的附着场所，水库建成后对其生长繁殖影响较小。

水库修建后将在大坝下游至城河汇合口之间形成约 22.3km 的减水河段，将会对下游河段鱼类分布以及鱼类栖息所有较大的影响。横山水库修建后对鱼类分布的影响，主要表现在水库大坝下游形成的减水河段水量锐减，原分布的小型鱼

类数量会一定程度地减少，一些鱼类会下游城河干流或支沟生存繁衍。

B、仁和水库

仁和水库坝址上游河段栖息有鰕虎鱼、泥鳅、黄鳝等适应喜静水环境的种类数量增加。水库建设，部分河段急流变为静水，栖息环境的改变、库区水生生物区系的变化造成食源的增加将可能使栖息于其间的喜静水鱼类数量增加；另外拦水坝建成后将原来的河流分割成坝上坝下两部分，阻隔了鱼类种群的交往，对上下游鱼类基因交流产生阻隔作用。受遗传漂变的影响，会降低被分隔种群的活力。

石门坎水库和项目开发河段大厂河、五柞甸河均属山区小河，鱼类资源贫乏，无特有种和野生濒危保护鱼类存在，分布于开发河段的 10 种鱼类均属广布种，仁和水库建设运行对区系鱼类种类及分布数量影响较小。

水库建成后，由于库区蓄水主要供农业灌溉及人畜饮水，若不下放河道生态流量，将会造成坝后减脱水，坝后脱水河段约 0.6km，影响坝后脱水区段的鱼类资源。但由于该区段本身鱼类资源匮乏，且水库主体工程设计下泄满足下游河道需要的生态流量，从整体上看，水库建设虽然会对鱼类资源有一定影响，但影响有限。

(6) 施工期环境影响

施工期环境影响主要包括施工生产活动废水排放、生活污水排放对水环境的影响，施工及运输噪声影响，施工及运输扬尘对大气环境的影响等，这些环境影响仅限于施工期，在落实环境保护措施的前提下可以得到缓解。

5.10.4.3 防护工程

(1) 地表水环境

①城区防护工程

由于混凝土采取外购成品方式，施工期间不存在混凝土拌合，无碱性废水产生。砂石料开采后直接用于回填，不会有冲洗废水产生。施工机械及车辆的检修一般在攀枝花市的已有机械维修站进行维修和清洗，不存在含油废水排放对水体产生污染的可能。

根据施工布置，受防护企业的施工营地除三堆子二滩移民安置点和天安机电施工营地为租用当地民房外，其余需新建 11 个施工营地。施工高峰期施工人数为 400 人，参照《水电水利工程施工压缩空气、供水、供电系统设计导则》

(DL/T5124-2001)中第四类第五区用水标准,施工人员生活用水量取 250L/人·d,废水量按用水量的 80%取,则高峰期生活污水达 80t/d。若不经处理直接排放,将对金沙江水质产生影响。

②农田防护工程

根据施工布置,综合加工厂、机械停放场和临时弃土场初步规划布置在防护区内填筑前和填筑后的平地上,施工营地租用周边村庄内的房屋。工程不设砂石料加工系统和混凝土拌合系统。工程施工对水质影响较小。

A、含泥污水

工程土方施工时,若处置不当,部分松散土料可能随地表径流进入施工河段,将造成岸边水体浑浊度增大,悬浮物浓度增加,对河段局部水体水质产生影响。

由于料场在棵果、三堆子、鲊石村、迤资马头滩组、迤资 1#、2#、新田、长坪子、次格地、上格达砂砾石填筑料场地下水与江水位持平,汛期大部分料场被洪水淹没,枯水季节,江水位较低时,漫滩大部分出露。如在汛期开采,则可能导致局部河段泥沙含量较高,对水环境产生一定影响。

B、含油废水

根据施工组织设计,农田防护工程施工机械车辆较少,施工高峰期共约 40 辆,施工机械每 15 天清洗维护 2 次,运输车辆每周冲洗维护 2 次,机械车辆维修和冲洗养护均在城区的维修养护点,因此基本不存在机械车辆维修养护废水。

C、生活污水

农田防护工程施工营地采用租用民房的形式,施工人员生活污水纳入当地原有生活污水收集和处理系统。

(2) 生态环境

攀枝花防护工程对生态环境的影响主要在施工期,包括施工占地、施工机械破坏以及施工人员扑杀等活动。

1) 施工占地

城区防护工程临时占地主要为施工营地,工程完工后将所占土地予以恢复或作他用,工程临时占地影响为暂时性影响。工程占地损失主要来自永久占地,但由于工程线型分布,占地面积较少,并且有些工程属于加固改造,新增永久占地面积占城区防护区土地面积比例极小,对土地的整体影响甚微。

农田防护工程施工占地将破坏地表植被,对占地范围内的生境带来一定影

响。12 片农田防护工程施工临时占地面积约 338 亩，主要为防护区内填筑前和填筑后的平地上。由于农田防护工程本身需要破坏农田地表植被，因此基本不存在对其它地表植被的破坏。

2) 施工对植被的影响

城区防护和农田防护工程在施工过程中将对植被带来一定影响，主要为料场的开挖和施工人员的破坏。工程砂砾料场多为河滩地，砂砾石开挖基本不存在对植被的破坏，老鹰岩块石料场的开采和临时堆存等可能对植被造成一定破坏。另外，施工人员对植被的影响主要表现在管理不当，可能对林地的乱砍滥伐，对区域植被造成影响。

3) 施工人员活动对陆生动物的影响

施工人员对陆生动物的影响主要是捕杀陆生野生动物。山区蛙类和蛇类较多，容易形成吃蛙风和吃蛇风，造成这些动物物种数量的减少。

4) 对珍稀动植物和古树名木的影响

通过对防护区的野外调查，施工区域未发现珍稀动植物和古树名木。

6) 水生生态

施工期间，施工营地生活污水和生活垃圾、施工生产废水的排放以及挖方被雨水的冲刷均可能会对水质产生一定程度的污染，使施工江段的浮游藻类和动物的种类组成和优势种的数量在一段时间内受到影响，但由于浮游藻类的普生性及种类的相似性，影响不大，并且施工期对浮游生物的不利影响是暂时的。由于施工不直接涉水，所以对本江段鱼类的影响也很小。

(3) 环境空气

攀枝花防护工程施工期废气主要为施工扬尘和燃烧废气。城区防护施工扬尘来自土石方基础开挖、土石方填筑、浆砌石拆除等；农田防护工程施工扬尘主要来自低地回填过程中的剥离现状耕作层、土石方开挖等。

由于工程位于金沙江两岸，所在区域地势较陡，大气扩散条件不好，城区防护工程施工对施工区附近受防护的企事业单位有一定的环境空气影响，但由于工程量小，施工期较短，在采取一定的环境空气保护措施的前提下影响有限。农田防护工程回填料选取河床砂卵砾石料，直接从河床开采，扬尘量较少，不会对环境空气带来影响。若砂卵砾石料不足,采用石渣料作备用料,石渣料取自农田防护区附近料场，仅作为补充用料，用量较少，对环境空气的影响很小。

燃烧废气主要来自运输车辆、施工机械，主要污染物质为 SO₂、CO、NO₂。施工废气对区域环境空气质量影响轻微，散装混凝土装卸及混凝土拌和会使施工人员受到一定影响。

(4) 声环境

根据工程施工特点、规模及场地布置的方式，本工程施工活动产生的噪声主要包括以下类型：①固定噪声源：固定、连续式的施工机械设备运行噪声；②露天爆破噪声源；③流动声源：车辆运输流动噪声。

1) 固定噪声源

攀枝花市城区防护工程施工机械噪声级一般在 85~105dB 之间，声级值较高的设备如反铲、风镐、冲击钻机、液压抓斗、泥浆搅拌机和泥浆泵等。反铲、风镐、冲击钻机等，噪声级不高于 105 dB，其它施工机械多在 90dB 以下。

农田防护工程施工区固定噪声点源主要来自土石方开挖和土石方填筑等。主要施工机械有挖掘机、装载机、推土机等。按最不利情况考虑，即取源强最大值，推土机 86dB，挖掘机 84dB。

城区防护工程区域背景噪声，昼间按照 55dB，夜间按 45 dB 计算；农田防护工程昼间按 50dB，夜间按 43dB 计算。

2) 预测分析

①城区防护工程

由于受防护企业靠近江边一排的房屋距离防护工程一般在 5m 以内，施工期间临近施工区的区域昼夜噪声超过《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准，昼间 50m 远处接近达标，夜间超标严重，建议昼间采取相应噪声防治措施，夜间停止施工。

②农田防护工程

受施工区施工机械噪声影响，昼间施工区 15m 外声环境满足 2 类标准，夜间约 50m 外声环境满足 2 类标准。根据现场查勘情况，农田防护工程周边即为农村居民点，距离农田防护工程约 5m~100m。因此，农田防护工程在施工期对居民点影响较小。

③交通噪声

各填筑料场距填筑区多在 500~2000m 之间，块石料平均运距约 20km，混凝土骨料平均运距 13km，大部分有简易道路或公路相通。由于日用量较少，本

工程高峰期运输车辆较少，噪声级一般在 85~95dB 之间。施工车辆噪声为流动线源噪声，本工程施工车辆噪声贡献值较低，施工车辆噪声贡献值能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4 类标准，且施工时间较短，基本不会对沿线居民点产生噪声影响。

（5）固体废物影响预测分析

攀枝花防护工程固体废物主要包括建筑垃圾、生产废料及施工人员生活垃圾。

根据施工总进度，城区防护工程高峰施工人数 540 人，农田防护工程高峰施工人数约 800 人，施工期均为 4 年，按每人每日产生活垃圾 1kg 计算，城区防护工程施工期共产生生活垃圾 788.4 t，农田防护工程施工期共产生生活垃圾 1152t。工程施工期间将产生建筑垃圾、各种杂物及生产废料，任意堆放将影响区域环境及景观。

（6）社会环境影响预测分析

防护工程实施后可大大减少攀枝花市搬迁复建任务，减少移民搬迁安置难度，对攀枝花市的经济发展以及基础设施建设都具有积极的促进作用，具有明显的社会效益，有利于保护攀枝花市有限的土地资源，有利于攀枝花市经济社会可持续发展。此外，攀枝花城区防护工程的建设可有效避免企事业单位受到淹没影响，对金沙江两岸的景观也起到一定的美化作用。

5.10.5 企业迁建环境影响预测分析

5.10.5.1 水环境影响预测分析

企业迁建对水环境的影响主要体现在运行期，施工期产生的水环境影响短暂，主要包括施工产生的碱性废水、含油废水以及施工人员生活污水，若不处理将对施工区附近水体水质造成不利影响。厂区被淹企业多为交通运输业、建筑业、批发业、汽车修理厂及其他服务行业，其余企业多数为取水口受影响需择址复建。企业复建呈点状分布于金沙江两岸，建设规模小，周期短，对金沙江水质影响有限，但若不经处理，仍对金沙江水质造成不利影响。

采选矿复建企业以铁选矿为主，该类企业在生产过程中采矿、选矿活动产生各类废水，包括井下涌水、设备冷却水、充填站废水、除尘废水以及洗矿废水、选矿废水等，使地表水或地下水含酸性。选矿厂生产用水量较大，铁矿厂每处理

一吨原矿需用水 4~6t，废水随尾矿排入尾矿库内，经过澄清和自然净化后，大部分可供选矿生产重复利用，起到平衡枯水季节水源不足的供水补给作用，一般回水利用率达 70%~90%，在控制好废水回用的情况下，对生产车间附近水体水质影响不甚突出。若处理不好，污水危及矿区周围河道、土壤，甚至破坏水系，影响生活用水、工农业用水。采选矿业生产废水若不达标排放对水环境造成较大影响，需加强迁建企业生产工艺及水处理工艺的重视。

会理县通安镇腾飞铁选厂尾矿库和会理县盛达矿业有限公司尾矿库被淹位于正常蓄水位以下，其规模分别为 2 万 m³和 3 万 m³，尾矿若不妥善处理，水库蓄水后将对金沙江水体易造成污染。

5.10.5.2 环境空气影响预测分析

采选矿业企业迁建对大气环境产生的影响主要包括井下废气、选厂粉尘、充填站粉尘及粉尘无组织排放。

(1) 井下废气

井下生产废气包括井下凿岩、爆破、铲装、破碎等产生的粉尘；爆破产生的炮烟等。柴油铲运车排放的废气中含有少量 CO 和 NO_x；爆破使用岩石炸药，炮烟中含有 CO 和 NO_x。井下粉尘、炮烟、柴油设备产生的废气属于非连续的、非固定的污染源，难以定量，类比同类工程矿山开采，在采取湿式作业的基础上，其风井排放粉尘浓度可达 2.5mg/m³，排放速率 1.08kg/h。

(2) 选厂粉尘

选矿粉尘主要为地面中碎车间、筛分车间、干选、细碎车间和磨矿仓。

(3) 充填站粉尘

在地下采矿时，随着采矿作业的推进而出现采空区，必须对采矿区加以充填，以防止矿体顶板塌陷。充填站粉尘主要来自充填料制备过程，主要存在于在搅拌桶和水泥仓。充填站颗粒物的浓度较高，若不处理，将对环境空气产生明显影响。

(4) 粉尘无组织排放

矿山粉尘无组织排放主要是干选废石临时堆场的装卸、风蚀扬尘和选矿厂区间车间扬尘以及尾矿库扬尘。类比我国其它矿山的经验，废石装卸扬尘源强与松散物料的湿度、粒度等有关。

5.10.5.3 声环境影响预测分析

矿业企业生产过程对声环境影响较大的主要在选矿车间，主要噪声设备有破碎机、球磨机、风机、泵机等，主要噪声值在 75~100dB（A）之间。根据调查，企业迁建处无居民等声环境敏感点，运行期生产噪声对车间生产人员产生较大影响，需采取相应措施降低影响。

5.10.5.4 固体废物影响预测分析

矿业企业排放的固体废物主要包括两部分，一是干选产生的杂石，二是选矿过程产生的尾矿。

（1）干选杂石的环境影响

干选杂石乱堆乱放将占用土地资源，破坏生态环境，影响沿江景观。由于库区受影响迁建企业生产规模基本不超过 5 万 t/a，且呈点状分布于金沙江两岸，对生态环境的影响范围较小。

（2）尾矿的环境影响

矿山开采过程产生的尾矿需要大面积的堆置场地，从而导致对土地的过量占用和对堆置场原有生态系统的破坏；矿山废弃物中的酸性、碱性、毒性或重金属成分，通过径流和大气飘尘会破坏周围的土地、水域和大气，其污染影响超过废弃物堆置场的地域和空间。

5.11 社会环境影响分析

5.11.1 对社会经济的影响

（1）发电

乌东德水电站正常蓄水位为 975m，库容系数 2.50%，具有季调节性能。电站装机容量 10200MW，多年平均发电量 389.3 亿 kW·h，保证出力 3160MW，同时建设条件良好、技术经济指标优越，可为华东、华中电网提供大量质优价廉的电力电量，是我国能源资源优化配置——“西电东送”战略部署中的一个重要工程，能更好地满足我国能源增长的需要。

乌东德水电站发电后，平均每年可节省标煤约 1250 万 t、减少温室气体二氧化碳年排放量 3250 万 t、减少二氧化硫年排放量 11 万 t、减少氮氧化物年排放量

5.5 万 t、减少烟尘年排放量 7.4 万 t 以及大量的粉煤灰的排放，对缓解能源紧缺和环境保护压力，减轻煤炭生产和运输压力，促进国民经济可持续发展将起到重要作用。

（2）防洪

金沙江下游紧邻川江，金沙江干流下游河段梯级水库具有控制洪水比重大，距离防洪对象较近的特点。金沙江是长江中下游洪水的主要来源之一，其洪量约占宜昌水文站的 30%。结合水电开发控制金沙江洪水，在金沙江下游预留防洪库容是较好地解决川江和长江中下游防洪问题的主要工程措施之一，对减轻川、渝沿江地区和长江中下游地区洪水灾害都有一定的作用，是长江总体防洪的战略方针。

乌东德梯级控制流域面积 40.61 万 km²，占金沙江流域面积的 86%，具备控制金沙江洪水的条件。乌东德水库正常蓄水位 975m，总库容 74.08 亿 m³，初拟防洪限制水位 952m，预留防洪库容 24.4 亿 m³，与下游乌东德、溪洛渡、向家坝水库联合运用，可使川江沿岸的宜宾、泸州、重庆等城市的防洪标准显著提高，同时在汛期拦蓄金沙江洪水，可减少进入三峡水库的水量，配合三峡水库运用可有效减少长江中下游的洪灾损失。

乌东德水电站是构建长江流域防洪体系的重要组成部分，经初步估算，乌东德水库多年平均防洪效益 3.01 亿元（2010 年值）。

（3）航运

金沙江下游河段矿产资源丰富，但沿岸经济落后，交通相对困难，结合河段梯级枢纽开发开展水运工程建设，对发展地方经济、促进物资交流和长江水运通道建设具有重要作用。

攀枝花至宜宾河道长 783km，现状仅宜宾至新市镇之间 108km 河道通航，航道等级为五级，占金沙江下游河段长度的 13.8%，其余不通航河段。

金沙江攀枝花至宜宾河段乌东德、乌东德、溪洛渡、向家坝四个梯级枢纽建成后，正常蓄水位是衔接的，乌东德水电站正常蓄水位 975m 时回水长度约 200km，回水可至攀枝花市，建库前的急流险滩将变成深水航道，可在不同时期实现库区全程或局部通航，改善库区通航条件，对促进库区经济社会的发展意义重大。

乌东德水电站建成后，可增加下游河段的枯水期河道流量，改善下游枯水期航道通航条件，在腹地内经济社会发展对水运有效需求分析的基础上，乌东德水电站翻坝转运可根据河段货运量发展情况，考虑在坝上和坝下距坝址 40km 处修建码头，促进库区航运发展。

（4）对地方经济的促进作用

乌东德水电站位于我国西部四川、云南界河金沙江干流上，所在地区 2010 年人均 GDP 仅为全国平均水平的 63% 左右。实施西部大开发战略，加快中西部地区发展，合理调整地区经济布局，促进地区经济协调发展，是党中央、国务院作出的重大战略决策。

乌东德水电站直接用于电站建设的资金预计超过 700 亿元，可拉动区域性的相关投资 1000~1200 亿元，建设期间平均每年可增加就业人数约 10 万人，形成推动当地经济增长的新投资动力。工程将投资约 25 亿元用于对外交通工程，投资约 50 亿元用于库区成昆铁路部分路段的扩能改造，可以改善工程周边地区的交通条件。工程建设期间，每年增加地方财政税收约 1.35 亿元；发电后每年形成的增值税、所得税地方留成近 6 亿元，水资源补偿费近 3.9 亿元，可使地方财政收入增加 9.9 亿元。

工程将坚持开发性移民方针，投资超过 150 亿元用于建设征地和移民安置，可改善当地人民的人居环境和移民生产生活条件；通过建立移民扶持长效机制，引导移民群众脱贫致富。

可见，建设乌东德水电站符合当地社会及其事业发展的要求，工程社会度较高，正面社会效应普遍大于负面社会影响，有助于提升当地新农村和新型工业化的发展，有利于推进地方经济社会的可持续发展和移民群众脱贫致富。

5.11.2 对文物的影响

乌东德水电站建设征地涉及的 40 处文物古迹中，有 4 处文物古迹阿巧遗址、洪门渡遗址、赵母李氏墓、赵家墓群可能受枢纽工程区施工占地影响。其余 36 处受水库淹没影响。

江边遗址总面积 100000m²，主要淹没遗址中东部，淹没面积约 30000m²，对海拔略高于正常蓄水位遗址东南部也会造成一定影响；龙街腊甸小山遗址总面积 36000m²，主要淹没遗址东部区域，淹没面积约 6000m²，对海拔略高于正常

蓄水位遗址东南、东北部也会造成一定影响；李家坪遗址总面积为 4500m²，淹没影响面积 2000m²；大坪子遗址总面积 10000m²，淹没面积为 1000m²；猴子洞遗址总面积 14000m²，淹没影响面积为 4000m²；河漂遗址总面积为 72000m²，滑坡体面积为 30000m²；三台地遗址总面积为 66000m²，影响面积为 4000m²；下坝子遗址总面积为 113400m²，新田滑坡体影响面积为 20000m²，李家背后山石棺葬墓地总面积为 3000 m²，淹没影响面积为 1000m²。除以上 9 处部分受水库淹没影响外，其余 28 处在水库蓄水后，将全部被淹没。

工程建设中应按照《中华人民共和国文物保护法》和当地文物局的有关要求做好文物保护工作。同时，在电站工程建设中若发现文物，应及时报告当地文物主管部门。

5.11.3 对人群健康的影响

5.11.3.1 环境医学背景

(1) 卫生机构及医疗保健状况

目前库区7县（市）均设有县、乡（镇）、村三级医疗卫生机构，区（县）所在地共设有卫生监督所、疾病控制中心、妇幼保健院、中医院、综合医院及各种专科医院等。攀枝花医疗环境最好，设有国家三级甲等综合医院2所，三级甲等中西医结合医院1所，三级甲等专科医院2所，二级医院8所；疾病预防控制机构8所，卫生监督机构5个。县级医院配备了一定的医疗卫生仪器，基本能满足本区（县）医疗卫生工作需要；各乡镇卫生院一般设有防保组，有专职卫生防疫人员，基本无检疫设备和专职检验人员；村卫生室及个体医疗单位设备简陋。目前，库区卫生防疫基础设施和技术力量正在逐步加强。

(2) 传染病和地方病

各县（市）均有传染病，按照统计数据将发病数居前五的传染病统计见下表。

表 5.11-1 乌东德水电站库区各县（市）传染病统计表

省份	县（市）	传染病名称
云南省	禄劝县	肺结核、乙肝、手足口病、流行性腮腺炎、痢疾
	武定县	肺结核、乙肝、痢疾、手足口病、流行性腮腺炎
	元谋县	手足口病、肺结核、肝炎、痢疾、流行性腮腺炎
	永仁县	乙肝、肺结核、风疹、手足口病、艾滋病

省份	县（市）	传染病名称
四川省	会东县	肺结核、痢疾、乙肝、流行性腮腺炎、感染性腹泻
	会理县	丙肝、流行性腮腺炎、肺结核、痢疾、感染性腹泻
	攀枝花市	痢疾、感染性腹泻、病毒性肝炎、流行性腮腺炎和、结核

根据数据分析，库区传染病以肠道传染病和呼吸道传染病为主，全年均有发病，肠道传染病以5月发病最高，5~7月为高峰季节，9月最低。冬春季节是呼吸道传染病的高发季节，应注意防范。手足口病一般为5岁以下儿童易发，在工程建设和运行期间可不作为重要疾病进行预防。

上述传染病中痢疾为虫媒传染病，发病率相对较高，库区发病率较小的虫媒传染病还有疟疾、乙脑和斑疹伤寒，应加强预防工作。此外，据调查，武定县、永仁县和会东县存在克山病、碘缺乏病两种地方性疾病。

（3）环境卫生

库区地处山区，社会经济发展较缓慢。目前，库区除攀枝花市环境卫生条件较好外，库区其他县涉及区域由于地处村镇，环境卫生条件整体较差。淹没区集镇由于发展建设缓慢和缺少规划，各集镇普遍存在乱堆垃圾，路旁、沟边也常有污水横流的现象；农村居民仍存在阴暗、潮湿、狭窄，甚至人居房屋与畜圈无隔离，蚊、蝇孳生，老鼠窝藏场所较多。农村居民的生活饮用水以地面露天水源、井水和泉水为主。

近些年来，库区县级医疗技术力量得到了加强，但淹没区的整体医疗卫生条件仍较差，不能完全满足当地群众防病、治病需要的情况依然存在。肝炎和肺结核等传染病为高发病种，若不采取有效措施，与水利工程相关的一些传染病发病率将可能回升。

5.11.3.2 影响分析

（1）工程涉及区域环境条件变化分析

根据调查数据显示，天然情况下，乌东德库区涉及区域发病较高的传染病主要是肺结核、乙肝、痢疾、流行性腮腺炎、感染性腹泻、丙肝，这些传染病主要是呼吸道和肠道传染病。区域内以疟疾和乙脑为主的虫媒传染病为低发地区。

工程建设及电站运行，将使施工区、水库淹没、移民安置区等局部区域自然、社会环境发生较大改变。其中可能引起上述病种流行趋势变化的外部条件有以下

几个方面。

1) 乌东德水电站施工区施工高峰人数达 1.2 万人，人口高度密集，且外来人员量大，流动性极强；由于施工人员密集，使区内各类食物极大丰富，导致施工区鼠类密度明显增加；施工区厕所、垃圾、污水坑等将增加，扩大了蚊蝇的孳生空间；施工区餐饮、服务业的繁荣，为艾滋病等性病的发生提供了条件。

2) 水库蓄水后，将形成一百多平方公里的水域面积，改变库区河道原来特性，水域静水面积扩大，湖库叉湾等浅水区杂草丛生，有利于蚊虫孳生。水库蓄水，迫使库底鼠类向高处库周迁徙、扩散，导致库周鼠类密度短期内增大。

3) 如果对移民搬迁后留下的厕所、垃圾、肥料堆场、畜厩、污水坑、坟墓等的卫生清理不彻底，将增加库周爆发伤寒、副伤寒、菌痢等介水传染病的机会。

4) 移民安置过程中，有几万移民人口及其牲畜在 7 县（市）范围内流动，传染源、传染媒介也随之转移，增加安置区及周边居民传染病感染几率。

5) 移民安置区生活饮用水源及供水方式的改变，生活废污水、垃圾处理不当等均是引起疾病流行的潜在危险因素。

(2) 工程建设对传染病流行趋势的影响预测

1) 自然疫源性疾病

本工程涉及区域自然状态下无鼠疫疫情报告。工程开工建设后，施工人群的聚集和移民的搬迁，可导致鼠密度增大，水库蓄水后，鼠类迁徙也会引起库周局部地区鼠密度增加。环境的改变使各区存在鼠疫爆发的潜在危险，所以工程施工和运行期间，应密切监测鼠密度的变化。

2) 虫媒传染病

库区现在存有的虫媒传染病主要为乙脑和疟疾。库区传播疾病的按蚊仍存在，但由于数量少，所以发病率较低。施工期，若不加强对外来施工人员的检疫工作，疟疾随施工人员带入，有可能在施工人群中造成疟疾发病及流行。水库蓄水后，水域面积将扩大，潮湿的库岸为蚊媒孳生提供了条件，媒介蚊类的密度有可能增大，若不采取有效防治措施，疟疾、乙脑等虫媒传染病发病率有可能上升。由于库区各级防疫网络基本健全，建库后只要落实预防接种措施，并注意消灭蚊媒，而且疟疾和乙脑在区域内发病率本底值较低，所以，库区不致因建库而出现疟疾、乙脑等传染病的扩大流行。

3) 介水传染病

介水传染病与居民环境卫生、生活习惯，特别是饮用水卫生密切相关。施工期间，大量施工人员聚集，若不对区域污染源进行消毒清理，加强环境卫生、饮用水卫生、食品卫生管理，可能导致介水传染病流行。水库兴建后将改善库周居民环境卫生及饮用水卫生条件，有利于阻止介水传染病的发生。水库蓄水初期淹没厕所、粪坑、畜圈、坟地等易造成水体污染，移民搬迁劳累加上不良卫生习惯及饮用水卫生问题，若不采取措施，将可能导致人群中痢疾、肝炎、感染性腹泻、伤寒等介水传染病流行。

4) 呼吸道传染病

肺结核和流行性腮腺炎是库区涉及县（市）发病率相对较高的两种呼吸道疾病，此类疾病一般是从人体鼻腔、咽喉、气管和支气管等呼吸道感染侵入而引起的有传染性的疾病。冬春是呼吸道传染病的高发季节，天气骤变的情况下也易发病。人在营养不良或患有慢性疾病、过渡劳累或者精神高度紧张等情况均易患上此类呼吸道疾病。工程建设期间，由于人口较为密集，一旦有人患病，若不注意卫生问题，其他施工人员受传染可能性较大。所以，施工期间，应加强施工人员的健康教育工作，让施工人员保持工作和生活区域的环境卫生，养成良好的卫生习惯，注意劳逸结合，提高自身抗病能力。

5) 地方病

克山病和碘缺乏病是库区存在的两种地方病。克山病病因可能与营养不良、硒等微量元素缺乏或病毒感染及真菌毒素中毒有关，6~8 月为云南的相对高发季节。发病人群中以 2~6 岁的儿童为多见，亦有一个家庭中数人相继发病。根据相关单位的流行区调查，农业人口发病数多，而城镇人口则很少发病。碘缺乏病是由于自然环境碘缺乏而造成人体由于摄入碘不足所引起的疾病，成人患有碘缺乏病后容易造成体力和劳动能力下降。由于两种地方病不具有传染性，在注意施工人员生活环境卫生和加强饮食均衡的基础上不会导致两种疾病的流行。

5.11.4 对水资源利用的影响

乌东德水电站采用坝式开发，水库库容系数 2.5%，单独运用具有季调节能力。从对区域水资源时空分布的影响来看，仅改变库区和下游河段水资源水文年度的年内分布，不改变年际分配。

根据水库调度运行方式，乌东德水库 6 月中、下旬加大泄流，库水位从正常蓄水位 975m 降到防洪限制水位 952m，在此期间，下游河道水资源量增加 24.4 亿 m^3 ；8 月初到 8 月末水库蓄水，库水位从防洪限制水位 952m 升到正常蓄水位 975m，在此期间，下游河道水资源量减少 24.4 亿 m^3 ；库水位达到 975m 后，9 月初至次年 6 月上旬，水库一般维持在正常蓄水位或附近运行，电站基本处于径流发电状态，水库视来水情况和电力系统需要间歇蓄泄，对上、下游水资源量改变不大，一般不会改变径流时空分布。

极端枯水年份，乌东德电站 12 月初到次年 4 月末为供水期，库水位从正常蓄水位 975m 降到死水位 945m，在此期间，下游河道水资源量增加 30.2 亿 m^3 ，5 月为蓄水期，库水位从死水位 945m 升到正常蓄水位 975m，在此期间，下游河道水资源量减少 30.2 亿 m^3 。

根据上述分析，乌东德水库的调节可改变入库径流的年内丰枯分布特性，使径流年内分布趋于均匀，将汛期少量水量调配到枯期发电，有利于合理利用金沙江下游水能资源。

根据调查结果，乌东德库区干支流、左右两岸，总计分布有取水设施 61 座，其中攀枝花所辖 33 座，会理所辖 14 座，禄劝所辖 14 座。供水设施权属单位主要是工矿企业，供水用途包括生产和生活两部分，供水规模在 0.1~10.0 万 m^3/d 之间。乌东德水电站坝下到第一大支流普渡河河口河段沿岸除了乌东德鱼类增殖站生产用水外，无其他取水口。

对于库区小型简易取水口和企业整体受淹没的取水口，采取货币补偿政策，对淹没影响较轻的取水口采取改造和复建措施，可以保障当地居民和工矿企业正常生活、生产的供水需求，不会造成库区原有水资源利用方式改变。

初期蓄水期间，乌东德下泄生态基流可以满足乌东德鱼类增殖站取水量（900 m^3/d ），对坝下江段水资源利用不会产生影响。

5.11.5 对土地利用的影响

乌东德水电站建设征地总面积 138.66 km^2 ，枢纽工程建设区 12.27 km^2 ，水库淹没区 125.05 km^2 ，水库影响处理区 1.37 km^2 。其中耕地 1701.21 hm^2 ，园地 1423.02 hm^2 ，林地 2187.38 hm^2 ，草地 1421.48 hm^2 、交通运输用地 158.69 hm^2 、水域及水利设施用地 5744.83 hm^2 、城镇村及工矿用地 335.84 hm^2 、其它用地 920.71 hm^2 。

乌东德水电站建设后，工程占用耕地 1701.21hm²，将对各县土地利用带来一定的影响。工程临时占地在施工结束后可恢复其原有土地利用性质。将造成耕地和林地等面积的减少，而水域面积却会有所增大。由于河段所在地区为峡谷地形，土地资源较为宝贵，尤其是耕地，淹没后在库周复垦的难度较大，将对当地的土地利用造成一定的影响。

从工程占地对项目区耕园地及林地资源整体影响来看，损失耕地占区域耕地数量的 0.05%，园地占 2.01%，林地占 0.12%。可见，因工程建设损失造成的耕地、园地、林地资源损失所占比重较小，对当地土地利用情况及生态环境影响有限。此外，部分库区外临时施工占地范围内园地、林地在施工结束后应通过各种措施恢复迹地和复耕，以减轻工程占地对当地耕地资源的损失。

工程占用基本农田124.92hm²，其中四川110.67hm²，云南14.25hm²。可能会对其土地利用结构产生一定影响。对于占用的基本农田，需要依据《基本农田保护条例》的有关规定，完成基本农田占用审批等相关手续，并进行土地开发整理对其进行相当数量和质量的补偿。

5.11.6 对矿产资源的影响

乌东德水电站建设征地区影响 39 个重要矿产资源的探矿权和采矿权，其中四川省 8 个，云南省 31 个。枢纽部分（四川部分）影响区范围内无已查明重要矿产资源，库区四川部分存在 8 个探矿权。云南省枢纽建设压覆探矿权 4 个，采矿权 1 个，1 个国家出资查明矿产地。云南省库区压覆探矿权 11 个，整装勘察项目 3 个，采矿权 7 个，划定矿区范围 2 个和 2 个国家出资查明矿产地。

5.11.7 对当地交通的影响

工程区域现有公路主要为京昆高速公路（G5）、G108 国道、S213 省道、S214 省道、S310 省道及部分县道和乡道，其中京昆高速公路（G5）、G108 国道、S213 省道、S214 省道和 S310 省道为干线公路，组成该区域的骨干交通网，其余县道和乡道作为支线公路，为骨干交通网的补充和延伸。

乌东德水电站淹没影响攀枝花市、会理县、禄劝县、元谋县等区县等级公路共 29.441km；大中型桥梁 15 座（1652 延 m），淹没影响码头 1 座，汽渡 3 处。在做好复建工作和保通措施后影响不大。

6 环境保护措施

6.1 设计原则

- (1) 严格执行环保法规和标准要求，以恢复原有的环境功能为目标。
- (2) 合理布局、因害设防的原则。
- (3) 从当地实际出发，因地制宜选择最佳的环保措施方案。
- (4) 兼顾流域，尽量与上、下游梯级电站的环保要求和措施相协调。
- (5) 正确处理工程建设与环境保护的关系，有利于工程建设区域经济的可持续发展。

6.2 环境保护设计任务和设计目标

6.2.1 设计任务

针对工程建设带来的不利环境影响，本工程环境保护措施设计的任务包括水环境保护措施、水生生态保护和减缓措施、陆生生态保护措施及水土流失防治措施、噪声控制和大气防护措施、社会环境保护措施、移民安置区环境保护规划以及其它环境保护措施等内容。

6.2.2 设计目标

根据本工程所在区域实现的环境功能，确定环境保护措施的设计目标，同时考虑了在回用设计中主体工程的特点及要求，具体详见下表。

表 6.2-1 乌东德水电站环境保护措施设计目标表

项目	设计目标
生产、生活废水	回用标准：SS≤100mg/L；pH 为 6~9；BOD ₅ ≤20mg/L；COD≤100mg/L
	排放标准：《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准
废气	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准
噪声	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），昼间 70dB，夜间 55dB
水土流失	施工建设期土壤流失控制比 0.7、拦渣率 95%；设计水平年（试运行期）扰动土地整治率 95%、水土流失总治理度 97%、土壤流失控制比 0.8、拦渣率 95%、林草植被恢复率 99%、林草覆盖率 27%
陆生生态	维护工程影响区生态系统完整性和稳定性，保护工程影响范围内的古树名木，减缓工程建设对其产生的不利影响，施工结束后进行陆生生态修复，最大限度地保护原有生态系统生物多样性

项目	设计目标
水生生态	保护水生生物多样性，保护重要水生生境，其中重点为保护重要、珍稀特有物种，保护重要水生生物栖息、繁殖地；保障水生生物资源交流，促进重要鱼类资源的增殖

6.3 运行期水环境保护措施

6.3.1 水库库底卫生清理

根据《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》的规定，为防止淹没于乌东德水电站水库内的树木、杂物及人畜粪便等对水体的污染和对水库安全运行的影响；为保护乌东德水电站库区水质，使其满足Ⅲ类水水质保护目标，在乌东德水电站水库蓄水前必须对库底进行清理。库底清理对象包括：粪坑、畜圈、宅基、坟墓、垃圾、植物等，需达到相应技术要求和处理目标。

为保护乌东德水电站库区水质，使其满足Ⅲ类水水质保护目标，在水库蓄水前必须做好水库库底清理工作，水库运行期间，应加强库周水环境管理力度。

（1）库底清理范围

具体清理范围为：移民迁移线以下的建、构筑物的拆除与清理；正常蓄水位 975m 以下的林木砍伐与迹地清理；居民迁移线以下至死水位 945m 以下 3m 内的大体积建、构筑物残留体等清理；对于各种特殊清理，在实施前由有关部门制定要求，并进行清理。

（2）清理项目与技术要求

清理范围内所有的房屋、各项建筑物和构筑物、森林和污物垃圾及其它均应清理。

清理项目为居民点卫生清理、建筑物拆除清理、林木清理、障航清理、其它项目清理。

1) 居民点卫生清理。乌东德库区以农村人口为主，居民点卫生清理其主要内容包括厕所、粪坑（堆）、畜厩、垃圾等。有用的应尽量运至库外使用，其余的则摊开暴晒消毒、对其坑穴应以每平米 0.5kg 生石灰消毒，污水坑以净土填塞；库区内的坟墓，15 年以内的需迁出库外，每坑穴以 0.5kg 漂白粉或 5kg 生石灰进行消毒，15 年以上的按当地习惯处理；

2) 建筑物拆除清理主要指房屋、附属建筑物和专项设施拆除，根据调查，

建设征地范围内各类房屋面积 216.05 万 m²，其中农村房屋面积 173.78 万 m²，集镇房屋面积 28.21 万 m²，专业项目房屋面积 14.06 万 m²。其有用材料运出库外使用，不能利用又易于漂浮的废旧料应就地烧毁；墙壁、桩、柱等障碍物（土质者除外）应推倒摊平；

3) 建设征地涉及零星树木 203629 株，林木清理需清理森林和零星经济林、果木，应尽可能的平齐地面砍伐，并清理外运,其无用残物(枝丫、枯木、灌木丛等易漂浮物质)应集中就地焚烧；

4) 本工程建设征地涉及大中型桥梁 15 座（1652 延 m）、汽渡 3 处、码头 1 处，小型水电站 2 座（装机 6690kW），上述大体积建筑物残留物属于障航物清理对象，应炸毁推平，其残留高度一般不得超过地面 0.5m。对确难清理的较大障碍物，应设置蓄水后可见的明显标志，并在地形图上注明其位置与标高。

5) 固体废物清理

根据调查，建设项目征地涉及采选矿业企业 19 家，其中，云南 3 家，四川 16 家。上述 19 家企业中，大多数淹没对象为企业取水口，有 6 家企业选矿厂被淹。涉及淹没尾矿有 2 家企业，分别为会理县盛达矿业有限公司和会理县通安镇腾飞铁选厂，其中盛达矿业公司淹没尾矿渣 3 万 m³，腾飞矿业尾矿渣 1.5 万 m³，根据各工业园区及企业环境影响评价文件、部分环境保护验收资料，各相关企业的废石、尾矿、以及原料堆场和生产厂区的土壤普遍为一般工业固体废物（Ⅰ类一般工业固废或Ⅱ类一般工业固废），不涉及危险废物的采选矿及矿产品加工企业。本工程拟新建渣库（Ⅱ类一般工业固废标准），对库区矿产品加工企业的尾矿、尾矿堆放场地底部土壤、废弃的原矿、生产厂区和原料堆放场底部土壤进行处置；同时，对原矿产品加工企业占地区进行处理。本阶段主要制定清理过程中环保要求。

①清理范围

包括各矿产品加工企业的尾矿、废弃的原矿、尾矿堆放场地底部受污染的土壤、生产厂区和原料堆放场底部受污染的土壤等。

②运输要求

固体废物运输过程中严禁遗撒。运输车辆应按规定加盖苫布、蓬盖或其它防止洒落措施，装载不宜过满，运输过程中不得沿途丢弃、遗撒；并规划好运输车

辆的运行路线与时间，尽量避免在交通集中区和村庄等敏感区行驶。

③填埋要求

尾矿渣清理填埋区域形成后，尾矿渣等必须在规范的尾矿渣填埋区域进行填埋处理，不得将尾矿渣堆至弃渣场其他未隔离区域。尾矿渣填埋作业尽可能在非雨天进行，清理完毕后根据要求对尾矿渣填埋区按设计进行封场。

④清理时间

建议库区各矿产品加工企业固废的清理工作在旱季进行，尽可能避免雨季进行清理及填埋任务；最晚须在水库蓄水前三个月完成全部清理任务。

⑤清理环保验收要求

场地内不应遗留尾矿渣及受污染土壤。对清理后遗留的表层土壤进行监测，土壤应满足《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)三级标准。若不满足该标准，应继续清理表层土壤，直至表层土壤达到该标准。

⑥监测和管理要求

为了解渣库的固废堆存后对区域地下水水质的影响，建设单位应设置地下水监测井，在乌东德水电站下闸蓄水至运行后共 5 年，开展渣库的地下水水质监测。建设管理单位应建立检查维护制度。尾矿渣堆存期间定期检查维护堤、坝、挡土墙、等设施，发现有损坏可能或异常，应及时采取必要措施，以保障尾矿渣填埋场正常运行。

6.3.2 水污染治理措施

6.3.2.1 点源污染治理

(1) 生活污染源治理

结合当地乡镇发展规划，在库区周边乡镇建设城镇污水处理厂，加强对生活污水的收集与处理。根据库区污染负荷现状分析结果，金沙江干流乌东德库区相对集中的生活污水排放点主要集中于库尾攀枝花河段，并规划有若干污水处理厂；而库周其它小规模乡镇大多尚无污水处理规划，可考虑国家建设新农村等一系列规划要求，积极推进乡镇生活污水的收集和处理。为防止水库水体的富营养化，污水处理厂应采用具有除磷脱氮功能的二级处理工艺。

攀枝花市金江镇位于乌东德库区，金江镇目前无生活污水集中处理设施，处

于散排状态，根据《攀枝花市城市总体规划（2011～2030）》，由于钒钛产业园区的发展，金江镇到预测水平年2025年将达到5万人。“十二五”期间将新建金江污水处理厂及配套管网，污水处理规模1.5万m³/d。规划还在江北新建马坎污水处理厂，处理规模4.0万m³/d。以上两个污水处理厂均规划采用CASS工艺，处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）中一级A标准。

根据水环境预测结果，乌东德水库蓄水后将使攀枝花河段纳污能力有所减小，COD 减小 1169.07t/a，氨氮减小 184.43 t/a。按照攀枝花生活污水构成及进水水质情况，结合规划水平年污水处理标准，考虑 COD、氨氮满足削减要求，乌东德水库蓄水后，要达到维持攀枝花河段蓄水前水质的目标，约需增加 3 万 t/d 的污水处理能力。

根据乌东德库尾攀枝花河段污染源分两岸布置的实际情况，拟分两岸分别建污水处理厂，其中右岸金江镇污水处理厂处理规模 2 万 t/d（处理金江镇和钒钛园区右岸生活污水），左岸污水处理厂规模 1 万 t/d（处理安宁园区生活污水、钒钛园区左岸生活污水以及益民镇生活污水），污水处理需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）确定的一级 A 标准。污水处理厂投资计入乌东德水电站环保投资。

攀枝花市应落实《攀枝花市城市总体规划（2011～2030）》以及《攀枝花市环境保护“十二五”规划》里规划的污水处理厂建设，马坎污水处理厂应在“十二五”期间建成运行，并落实炳草岗、仁和污水处理厂的升级改造，使其达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准。

（2）工业污染源治理

根据调查，乌东德库区的工业污染源主要集中在攀枝花市、会东县、会理县、禄劝县、武定县，主要排污企业包括采矿、冶炼、白糖、发电、农机、造纸、建材、制药、食品等行业。

对库区工业结构进行合理调整，实施循环经济。工业结构和布局不合理是造成水环境污染的主要原因之一。乌东德库区应结合国民经济发展，制定有利于水污染防治的产业政策，指导和调整乌东德库区的工业结构，推行清洁生产，实施循环经济。贯彻“可持续发展战略”，加快发展资源、能源消耗少、污染物排放量低的产业，严格执行建设项目环境管理，提高工业用水重复利用水平，减少污染物排放量。

加强攀枝花钒钛产业园区污水集中处理能力建设。园区废水预测排放量约32.4万m³/d，园区内在马店河片区规划污水处理厂（规模10万m³/d）一座，在迤资片区、安宁、金河片区各规划污水处理厂一座，规模分别为15.0万m³/d、8.0万m³/d、5.0万m³/d。规划建设园区污水处理厂规模为近期30.5万m³/d，远期38.0万m³/d，污水处理达到《污水综合排放标准》（GB8978—1996）一级标准后排入金沙江。

加快园区污水处理厂建设，在乌东德蓄水前园区污水处理厂需建成运行。由于乌东德水库蓄水后，水库回水涉及的攀枝花江段纳污能力减小，因此要求钒钛园区各企业生产废水特别是攀枝花支柱产业钛白行业的生产废水需要进行深度治理减少其污染物排放总量。对企业废水治理设施进行升级改造，进一步深度处理，实行中水回用，以保护攀枝花水环境以及乌东德水库水环境。

为防止乌东德水电站蓄水后对马店河河口排污造成淹没影响，拟在马店河污水处理厂排污口另行铺设管道将处理后污水直接引至金沙江进行排放，排污口位置设置在马店河排洪沟下游90m处，排污口出口高程按照50年一遇洪水位确定为990.43m。根据马店河污水处理厂所在位置及江边地形，考虑结合马店河排洪沟走向，沿线铺设排污管道，至铁路桥下，顺铁路走向，铺设排污管道至新设排污口。根据估算，由污水处理厂尾水出口至新设排污口位置，铺设管道长度约1.62km，管道型号采用DN800型。考虑远期马店河污水处理厂扩容的问题，管道铺设方式应采用双管，以满足马店河污水处理厂满负荷处理时，尾水排放需求。

对钒钛园区内企业推行清洁生产，采用减污、废物综合利用和污染末端治理三大措施减少企业的污染排放。从生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标、废物回收利用指标和环境管理要求等各个方面提高企业清洁生产水平，积极推行国家推荐的各行业最新清洁生产技术。依靠科技进步，提升产业的节能水平与降低排污水平。

构建生态工业园区，将生态工业作为准入原则之一。严格限制污水排放量大和污染物产生量大的企业进入钒钛产业园区，对产业集聚区内现有同类或相关小型企业，鼓励其相互整合、联手经营，扩大生产规模、延长产业链条，改造现有落后生产工艺，提高装备水平，提高管理水平，减少资源能源浪费。对废弃资源充分回收利用，提高产品质量，实现以清洁生产促进产业集聚区经济发展。对于

不符合国家产业政策和产业集聚区管理要求的企业，坚决予以取缔。

6.3.2.2 面源污染治理

(1) 调整农业结构

调整农业结构，加强农业基础设施建设，改善农业生产条件，因地制宜大力发展生态农业、高效农业和特色农业。推广节水灌溉，有研究成果表明，采用节水灌溉面源污染将减少 70~90%。严格控制库区渔业养殖面积及规模，监督鱼饵和鱼药投放。

对肥料的使用进行一定的限制，目前我国农田的化肥使用量基本超过合理用量的一倍以上，且成份不合理，造成大量化肥白白流入河中，造成水体的有机污染，发展高效、无污染的绿色肥料和有机肥料，推广高效、低毒和低残留化学农药及生物农药；在农业生产中重视推广科学的施肥和使用农药技术，减少农田径流污染。施肥应改目前普遍使用的撒施为深施，旱地施入 10~12cm 的土层，水田施入 5~15cm 的还原层，同时增施少量无毒副作用的硝化抑制剂，以减少氮的硝化流失；鼓励畜禽粪便的无害化处理和资源化利用；发展无公害粮食、蔬菜等农产品生产；对农林病虫害提倡采用生物防治技术，减少农业环境污染。

(2) 大力推进生态示范区建设

以恢复保护发展森林植被、治理水土流失为重点，结合运用生物措施、工程措施，全面改善乌东德库区生态环境。重点建设乌东德库区及上游天然林保护工程、宜林荒山造林和退耕还林（草）工程。

建立水资源保护的生态农业经济区，推广应用沼气灶、发展水果林种植面积、建立绿色食品生产基地。基地的建立布局应考虑灌溉退水对水体水质的影响，配套加工企业的布局应考虑水功能区纳污能力的要求。

(3) 建设库岸生态防护带

建设库岸生态防护带，对不宜造林的地方可以种草。在库区周边开辟植被过滤带，草本灌木和林区交混，也可有效防止面源污染。控制水库网箱养殖污染，建议库区管理机构禁止网箱养殖。

6.3.3 电厂生活污水处理

电厂生活区布置在新村业主营地附近，用地布局尽量利用施工期形成的道路

系统，结合场地情况，与设计、监理及业主施工营地管理区远近期结合布局。

乌东德水电站的定员共计 400 人，综合用水量以 250L/人·d，污水排放量按用水量的 80%计，污水排放量约为 80m³/d。电厂生活区内排水均采用雨污分流制。各单体建筑物室外设化粪池，各单独建筑产生的生活污水经化粪池的沉淀和降解后排入新村业主营地设置的一体化生活污水处理设施。

6.3.4 水环境监督管理

(1) 加强库区水功能区的监督管理，制定库区水质保护规划，确保库区水质达到功能区水质要求。

全面推行排污许可证制度，建立起以环境容量为基础，以排污许可证为主要管理手段的排污总量控制体系，确保污染物达标排放；加强入库主要污染物控制排放总量方案实施，对超标超量排污口，要制定达标计划削减排污量。

(2) 加强污染源管理，库周及上游县城、集镇、工矿企业及其它污染源必须依照国家有关环境保护要求，按照“谁污染谁治理”的原则，对污染物治理达到《污水综合排放标准》（GB8978—1996）后方可排放。

(3) 严禁在库区及上游地区新建或迁建对水库有严重污染的企业。建设项目在设计阶段，必须对规划区环境保护和污染防治进行统筹规划，根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》等法律法规的要求，单独编报环境影响报告书（表）。

(4) 建议对库区和上游地区依照《国务院关于环境保护若干问题的决定》，对不符合国家环境保护政策的“15 小”及“新 5 小”企业予以一次性补偿关闭，或转为轻污染企业。避免工矿企业排污治理不力或排污事故对乌东德水库造成不利影响。

(5) 保护库周植被，涵养水源，不得对库周灌木林地、林地随意砍伐，25°以上土地必须退耕还林。

(6) 限制库区养殖业的发展，控制水库区养殖水面，以免引起营养物质富集，造成局部水域富营养化，影响水质与景观。

(7) 建立水污染事故应急处理程序，增强监督执法快速反应能力。

(8) 建立完善的乌东德库区水环境监测体系，重点监测库区污染源排污情况和水环境质量状况，直接为乌东德电站建设和水库管理服务。

6.4 陆生生态保护措施

6.4.1 陆生植物保护措施

6.4.1.1 生态影响的避让措施

(1) 在施工时，施工活动要保证在征地范围内进行，施工便道及临时用地要采取“永临结合”的方式，尽量缩小范围，减少对林地和农田的占用。

(2) 禁止毁林开荒、烧山开荒和在陡坡地上铲草皮、挖树根，禁止在 25° 以上的陡坡地和水土流失严重、禁止开垦的地区开荒种植农作物，最大限度的减小因开荒对植被的破坏。

(3) 本项目评价区内土壤多比较贫瘠，土地资源十分宝贵。工程设计时尽量避免或减少对农田的占用。

6.4.1.2 生态影响的减缓措施

(1) 施工带来的固体废弃物和液体废弃物要严格排放到指定地点，对于造成的污染及时进行治疗，防止固体废物及污水对评价区的植被造成污染。设置过水涵管，设必要的植物防护，定期整修路面，定时洒水，必要时采取密闭式运输。

(2) 施工过程中，对物料堆放场应采取临时防风、防雨设施；对施工运输车辆应采取遮挡措施，尽量避免对周围农业土壤和灌溉水体的不利影响；临时道路施工应编制雨季施工实施计划，采取临时防护措施，防止水土流失，避免对水体的污染。临时用地在施工活动完成后应尽快进行植被恢复，边使用，边平整，可以开发为新的农业用地。

6.4.1.3 生态影响的恢复和补偿措施

(1) 植被修复原则

1) 保护原有生态系统的原则

评价区属干热河谷地貌，故全区以云南松林、干热河谷稀树灌木草丛、山地灌丛和栽培植被为主。工程区占地属干热河谷区，河谷谷底地带历史人为活动强烈，稍平坦的河谷阶地或台地上多已被开垦，河谷坡地耕种亦较为常见，属于典型的“生态环境脆弱带”，承受外来因子干扰和冲击的能力较差。稀树灌木草丛生态系统具有破坏容易恢复难的特点。因此在植被修复过程中，必须尽量保护施工

占地区域原有干热河谷山地体系的生态环境,尽量发展以稀树灌木草丛植被为主体的陆生生态系统。

2) 保护生物多样性的原则

植被修复措施不仅考虑植被覆盖率,而且需要在利用当地原有物种的情况下,尽量使物种多样化,避免单一。在保证物种多样性的前提下,防止外来入侵种的扩散。

3) 保护耕地资源的原则

本工程评价区内土壤多比较贫瘠,土地资源十分宝贵。因此,在工程建设完工后应尽量恢复原有耕地资源。

(2) 干热河谷植被恢复具体措施

干热河谷具有光热资源丰富、气候干旱燥热、水热矛盾突出、植被覆盖率低、水土流失严重、生态恢复困难的特点。该区干热的恶劣气候使植物产生其适应性,表现出如下形态特征:①灌木和小乔木的枝干多弯曲、丛生;②茎叶多茸毛、叶厚而小、肉质、多刺;③植物根系发达、植株萌发力强;④许多草本种类具有硬叶、卷毛、多毛、臭味等耐寒特性。

海拔 1500m 以下的金沙江干热河谷气候燥热干旱,特别是在春季和初夏的植物生长季节,水热矛盾尤为突出,是我国长江中上游地区植被恢复的重点和难点地区。上世纪 50 年代以来,围绕干热河谷的开发利用问题开展了多次大规模的以云南松、思茅松等树种为主的点播、撒播、飞播、小块状全垦撒播、带状整地撒播的造林工作,但均因树种选择不当和缺乏科学技术的指导,收效甚微。根据中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所和中国林业科学院昆虫资源研究所目前进行的工作,在评价区,尤其在工程施工区对植被的恢复与重建技术与措施非常重要。其主要技术要点主要有:

1) 选择适宜的林草种

适宜于干热河谷的林草种应具备以下特性:耐旱耐热耐瘠薄、抗逆性强、适生性广;速生快长、萌芽力强、覆盖或郁闭性快,能在短期内起到水土保持的作用;自我繁殖和更新能力强;具有结瘤固氮和改土功能;有一定的利用价值和经济效益。植物种类的选择应遵循“以灌草为主、乔灌草结合、宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草”的原则。适宜于干热河谷耐旱、耐贫瘠、萌蘖性强、生长迅速的

优良乡土树种草 12 种，分别为乔木有滇合欢、余甘子和侧柏，灌木有黄荆、马桑、火棘、花椒、多花蔷薇和迎春，草本有黄茅和须芒草，藤蔓植物为绿油麻藤。12 种植物生态习性见表 6.4-1。

表 6.4-1 植物恢复树种形态特征与生物学特征

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
乔木	滇合欢	豆科，合欢属，又名夜合欢，落叶乔木，树高10~16m，胸径30cm。树冠宽展。二回奇数羽状复叶，互生。小叶昼开夜合，故名合欢。	头状花序单生或成对；花萼疏被小柔毛或近无毛，具短齿；花冠被紧贴的细长柔毛。	喜光，耐寒，耐旱，耐土壤瘠薄及耐轻度盐碱，好生湿润之地，耐瘠薄及干燥气候，具有根瘤，可以改良土壤。产云南。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	余甘子	大戟科叶下珠属，落叶小乔木或灌木，高3~8m。树皮灰白色，薄而易脱落，露出大块赤红色内皮。叶互生于细弱的小枝上；近无柄；托叶线状披针形；叶片长方线形或线状长圆形。	花簇生于叶腋，花小，黄色；单性，雌雄同株。果肉实质，初为黄绿色，成熟后呈赤红色。花期4-5月，果期9-11月。	耐旱，耐寒，耐瘠薄，喜酸性红壤土，根群发达，分布广而深，再生力强，易生不定根，在云南、四川均有分布。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	侧柏	柏科，侧柏属，常绿乔木，树高一般达20m，干皮淡灰褐色，条片状纵裂。	小枝排成平面。全部鳞叶，叶二型，中央叶倒卵状菱形，背面有腺槽，两侧叶形，中央与侧叶交互对生。幼树冠卵状尖塔形，老时广圆形，叶、枝扁平。花期3-4月，种熟期9-10月。	喜光，较耐寒，抗风力较差。耐干旱，喜湿润，不耐水淹。耐贫瘠，可在微酸性至微碱性土壤上生长。中国特产种，全国均有分布。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
灌木	黄荆	马鞭草科牡荆属，落叶灌木。小枝具有四稜，枝条密生灰白色的细绒毛；叶子搓揉后会有刺鼻的气味。掌状复叶、对生，前端长尖。	圆锥花序，顶生；萼钟形；花冠淡紫色，唇形；雄蕊4；子房4室，花柱线形。核果，卵状球形，褐色。花期6~8月。果期8~9月。	喜光，耐荫，耐寒，耐瘠薄，对土壤要求适应性强。生于海拔100~2200m的次混交林中或高山灌丛中。我国长江以南各省北达秦岭淮河均产，在云南、四川均有分布

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	马桑	马桑科马桑属，落叶灌木，高4~6m。枝条斜展，幼枝有棱、无毛。单叶对生，纸质至薄革质，椭圆形至宽椭圆形，长达2.5~8cm，顶端急尖，基部近圆形，全缘，两面都无毛或仅下面沿脉有细毛，基出3脉。叶柄粗，长约1~3mm，通常紫色。	总状花序侧生于前年生枝上；花杂性，雄花序先叶开放；萼片及花瓣各5；雄蕊10，心皮5，分离；浆果状瘦果5，成熟时由红色变紫黑色，直径约6mm，外面被肉质花瓣所包。	喜温暖，耐旱，耐瘠薄，多生于海拔1000~2400m的灌木草丛类草地，山谷，崖壁和杂木林中，具有地带景观。在云南、四川均有分布。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	火棘	蔷薇科火棘属，常绿灌木，高达3m，侧枝短刺状；叶倒卵形。	复伞房花序，有花10~22朵，花直径1cm，白色；花期3~4月；果近球形，成穗状，桔红色至深红色。	性喜阳光，能耐荫、耐寒、耐旱，对土壤要求不严，耐瘠薄，广泛分布于中国黄河以南及广大西南地区，是水土保持常用的观花观果植物，春季看花、冬季观果。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	花椒	芸香科花椒属，灌木或小乔木，高3-7m；老茎干上通常有粗壮的皮刺，茎干木质坚硬而细致，灰色或褐灰色，嫩枝上有细小的皮孔及皮刺，基部扁平。	奇数羽状复叶，叶轴腹面具有不明显的叶翼，无毛或有时被微柔毛，背面常着生小皮刺，果红色至紫红色，密生粗大而凸出的腺点，成熟心皮2-3，果梗长5mm；种子圆珠形，黑色光亮。花期4月，果期7-10月。	喜光，适宜温暖湿润及土层深厚肥沃壤土、沙壤土，耐寒，耐旱，对土壤适应性较强，在中性至酸性土上均能生长，产滇西北、滇西、滇中、滇东北、滇东南及临沧等地

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	多花蔷薇	蔷薇科蔷薇属，落叶蔓性灌木，高达2-3m，茎枝具扁平皮刺。	奇数羽状复叶互生，有小叶5-9枚，卵形或椭圆形，缘具锐齿，先端钝圆具小尖，基部宽楔形或圆形，叶表绿色有疏毛，叶背密被灰白绒毛，托叶下常有刺花期4-5月，果熟9-10月。	喜阳光充足环境，耐寒，耐干旱，不耐积水，怕干风，略耐阴，对土壤要求不严，以肥沃、疏松的微酸性土壤最好。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	迎春	木犀科落叶灌木，落叶灌木，枝条细长，呈拱形下垂生长，长可达2m以上。	侧枝健壮，四棱形，绿色。三出复叶对生，长2~3cm，小叶卵状椭圆形，表面光滑，全缘。花单生于叶腋间，花冠高脚杯状，鲜黄色，顶端6裂，或成复瓣。花期3-5月，可持续50天之久。	性喜光，稍耐荫；较耐寒，喜湿润，也耐干旱，怕涝；要求温暖而湿润的气候，疏松肥沃和排水良好的沙质土，在酸性土中生长旺盛，碱性土中生长不良。根部萌发力很强，枝端着地部分也极易生根。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
草种	黄茅	早熟禾科须芒草属植物，多年丛生草本。秆高20~100cm，基部常膝曲，上部直立，光滑无毛。叶鞘压扁而具脊，光滑无毛，鞘口常具柔毛；叶舌短，膜质，http://tupian.hudong.com/a3_58_85_01300001207858132005852213005.jpg.html?prd=zhengwenye_left_neirong_tupian顶端具纤毛；叶片线形，扁平或对折，长10-20cm，宽3-6mm，顶端渐尖或急尖，基部稍收窄，两面粗糙或表面基部疏生柔毛。	总状花序生于枝分顶，芒于序扭成束；花基部3~10小穗对，为同性，无芒，宿存；内稃常缺；雄蕊3；子房线形，花柱2花。果期4-12月。	适应性强，耐酸。喜热、抗旱，耐贫瘠土壤均生长良好。生于海拔400~2300m的山坡草地，尤以干热草坡特甚。产于河南、陕西、甘肃、浙江、江西、福建、台湾、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州、云南、西藏等省区产种量大，萌发力强，是干热河谷的优势草种。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
	须芒草	早熟禾科须芒草属，多年生草本，具支持根。秆密、丛生，圆柱形，粗壮，高1~3m。叶长披针形两面被毛，灰白色，叶缘粗糙。	花序为鞘总假圆锥序，由成（稀单生）的总花序组成。穗节和穗小柄向上变厚状，一边或两边具毛。无柄穗部小花两性，下部小花不育，退	适应性强，耐酸，在pH为4.6的土壤上能繁茂生长，耐瘠，喜热、耐旱力强，最高可耐9个月的旱季，是干热河谷的优势草种。原产非洲西部热带地区，原产非洲西部热带地区，现在中国云南推广种植，生长良好。

类型	名称	主要形态特征	主要生物学特征	生长状况及用途
藤蔓植物	常绿油麻藤	常绿木质藤本；粗达30cm。藤茎旋转生长，茎棕色或黄棕色，粗糙；小枝纤细，淡绿色，光滑无毛，复叶互生。.	总状花序，花大，下垂；花萼外被浓密绒毛；雄蕊10枚，二体；子房有锈色长硬毛。荚果扁平，木质，密被金黄色粗毛。种子扁，近圆形，棕色。花期4-5月，10月果熟。	喜温暖湿润的气候，耐荫，耐旱，畏严寒，对土壤要求不严，适应性强，以排水良好的石灰岩质土壤适宜。常生石灰岩上。暖地树种，产于西南至华南、华东地区，福建、云南、浙江有分布。生长迅速，蔓茎粗壮，叶繁荫浓，花序悬垂于盘曲老茎，是南方地区优良的观花藤本植物。

2) 根据岩土组成, 正确划分坡地类型

干热河谷的植被恢复应针对不同岩土组成生境的水分条件, 主要依靠优势生活型植物种类, 进行乔灌木不同生活型植物类型的合理配置, 建立起植被与生境水分条件的群落生态关系, 方能达到成功的目的。另外, 在侵蚀冲沟两侧等坡度较大的坡地, 土壤极干旱, 基本无法进行人工植被恢复, 应进行封育管理, 使植被自然恢复。

3) 选择群落结构

干热河谷植被覆盖度 20%左右, 近地面小气候条件恶劣, 对幼树生长极端不利, 种植后成活率低, 成活后保存率低, 严重制约着人工植被恢复的进程, 所以选择覆盖性能强的速生草本植物, 迅速覆盖地表, 发展多层次多种结构的人工混交植被类型尤为重要。混交模式必须遵循: 混交类型以灌木为主, 在砾石层坡地及其它水份条件较好的地段, 可建立乔灌木人工混交植被, 但必须控制乔木的比例; 进行多林草种的搭配, 建立稳定的多样性人工植被, 多林草搭配应注意豆科和非豆科、阴性和阳性植物的搭配, 混交方式以行间混交为主。

4) 栽植技术

①容器育苗, 掌握苗龄

提前适时容器育苗是植被恢复成功与否的关键技术环节, 许多树种出苗后均有一个缓慢生长阶段, 提前容器育苗可避开这一缓慢生长期, 定植后即能充分利用降水迅速生长, 安全度过来年的干旱季节, 提高成活率, 草本植物还可在当年迅速覆盖地表。桉树、相思树、新银合欢、金合欢、余甘子等乔灌木, 应进行容器育苗, 营养袋以 8cm×12cm 规格为宜。营养土以腐殖质土、农家肥、锯末、复合肥按 30:30:40:1 的比例配制。木豆、短萼灰叶、车桑子等灌木和大翼豆等草本植物, 一般可行直播, 部分困难地段可行容器育苗。播种时间应掌握在乔木苗龄 60d~80d、灌木和草本苗龄 40d~60d 为宜。

②适时定植苗木

选择定植时间的原则一般是以降雨持续>6h, 雨量达 20mm~30mm, 浸润定植沟内土层深度为 20cm~40cm 时定植, 一般在 6 月下旬到 7 月中上旬, 木豆、短萼灰叶、车桑子等灌木直播时期以雨季刚来时为宜。如有条件, 可在定植前每株施 100g~200g 钙镁磷肥作底。苗木定植或种子直播后应在附近割草覆盖种植

沟，以减少水份蒸发。

③封禁管理，加强抚育

人工植被应进行封禁管理，加强抚育，其工作内容包括以下几个方面：严禁放牧和樵采刈割；专人看管，防止火灾；人工植被营造初期，水平种植沟易被冲毁而形成新的侵蚀沟，在雨季经常观察、及时修补水平沟的冲毁缺口；抚育管理，当人工植被下层完全覆盖地表，中上层郁闭，植被群落稳定后，可根据疏密状况对上层乔木进行适当的间伐，对灌木树种进行樵采和平茬复状。平茬以隔行平茬为好，平茬时间应在冬季来临，树木停止生长时进行。同时也可进行有计划的放牧、采叶做饲料和肥料。种子成熟后应及时采种，以提高人工植被的经济效益。

4) 草籽和苗木来源

①市场购买

对于上述选定的植物种类，经过实际调查，其中部分植物种类苗木可直接通过市场购买获得，可从市场购买苗木的植物种类为：香根草、余甘子、新银合欢、麻疯树、黄茅、孔颖草、滇榄仁、常春藤等。

草本植物草籽均可通过市场收购的方式获得。

②苗圃育苗

对于少量种苗无法从市场购买获得，可通过设置临时苗圃方式进行，育苗种子可在该区域收集获得。由于该区域耕地资源非常有限，且培育苗木种类较少。经过后期充分论证后，可考虑将新村表土堆存场作为电站绿化苗木的来源之一，实施立地改良措施和配套建设蓄水灌溉工程，改善植被生长的条件。

(3) 修复分区

评价区生态修复分区总体思路为：首先对工程区域的植被现状进行调查和分析，确定工程区域主要的植物群落类型以及主要特征；其次对工程区域扰动后立地条件进行分析，对工程区域立地条件（海拔高度、地形、坡度、坡向与部位、土壤条件、水文）分类；再次根据工程枢纽总布置和施工总布置确定工程建成运行后的功能要求；最后根据工程区域现状植被特征、各工程区域立地条件以及各工程区域功能要求确定生态修复分区。

根据以上分区思路，结合水保植物措施，金沙江乌东德水电站生态修复区分为主体枢纽工程区、电站设施周围景观区、临时恢复区、消落带修复区、河谷经

济林区。

表 6.4-2 金沙江乌东德水电站生态修复分区一览表

序号	修复分区	工程区域	修复面积 (hm ²)
1	主体枢纽工程区	金坪子滑坡体治理区	320
		开挖边坡	
		高位自然边坡	
2	电站设施周围景观区	永久道路	237.1
		业主营地	
		枢纽工程管理区	
		临时占地区	
3	临时恢复区	弃渣场	200
		存料场	
		表土堆存场	
		临时道路	
		施期石料场	
4	消落带修复区	消落带区域	99
5	河谷经济林区	库区较平缓坡地	0.32

主体枢纽工程区、电站设施周围景观区、临时恢复区和河谷经济林区四个区域采取的植物恢复措施与水土保持报告里的植物措施相同，本报告不再赘述，重点是后期加强管护，使每个施工迹地形成稳定的群落。以下主要针对消落带修复区进行植物恢复。

(4) 消落带修复

水库蓄水运行后，由于人工调节库容，将产生长约 200km、垂直高约 30m 的消落带区域。消落带的存在影响景观，如果没有植物生长的话，一定程度上会阻断陆上生物与水中生物能量、物质和信息的交流和沟通。由于消落带具有生态脆弱性、变化周期性、人类活动频繁性、多功能资源性等特点，决定了其生物修复困难较大的特性。由于露出水面的时间差异，消落带的不同高度适宜的物种也有所不同。从目前的研究来看，在干热河谷区耐水淹的植物研究较少，现有研究成果大都集中在三峡库区，而且在三峡库区气候条件下，目前研究的在 15m 以下耐水淹实验的效果也不是很好。

目前关于消落带的修复，尚未有较好的解决方案。根据目前在三峡库区消落带以及其它一些河流库区进行的实验研究，结合本区域特有的干热河谷植被生境，提出乌东德水电站消落带修复区试点方案。参考三峡库区消落带植物修复的

分区原则，乌东德水电站消落带修复区可分为 975m-978m 正常蓄水位以上 3m 区域、945m~960m 消落带下段、960m~970m 消落带中段、970m~975m 消落带上段。945m~960m 消落带下段、960 m~970m 消落带中段、970m~975m 消落带上段。根据乌东德库区两岸的地势，选择两侧缓坡地带进行消落带修复。消落带植物物种选择应采取乡土植物与外来植物相结合的方式，以植被恢复为优先原则。

1) 消落带治理主要需要解决的问题

重建水库消涨带植被，改善乌东德库岸景观。乌东德水电站建设完毕后会破坏一部分的植被，为减少工程建设对自然环境的破坏，进行消落带植被重建较有意义。

2) 地点的选择

由于乌东德库区消落带范围较长，目前对于消落带的研究还处于探索阶段，没有较好的实验效果，因此本工程消落带修复采取选择典型区域进行消落带修复示范研究。根据库区两岸对消落带景观美化的要求，选择攀枝花金江镇、元谋县江边乡和禄劝县新村 3 个区域作为消落带研究示范区。

①攀枝花市金江镇

攀枝花市金江镇消落带实验区总长度约 9.1 km，起点金江镇坐标为 $26^{\circ} 32' 21.00''$ N， $101^{\circ} 48' 16.48''$ E，终点雅砻江河口坐标为 $26^{\circ} 32' 49.50''$ N， $101^{\circ} 51' 4.74''$ E，坡度基本上在 30° 以下。现状土地利用类型为建设用地和草地，植被类型主要为干热灌丛。

②元谋县江边乡

元谋县江边乡消落带实验区总长度约 5.5km，起点坐标 $25^{\circ}56'10.22''$ N， $101^{\circ}52'49.67''$ E，终点坐标 $25^{\circ}56'47.61''$ N， $101^{\circ}53'14.09''$ E，坡度约 15° 。现状土地利用类型为草地，植被类型主要为稀树灌木草丛。

③禄劝县新村

禄劝县新村起点坐标 $26^{\circ}21'54.20''$ N， $102^{\circ}34'44.01''$ E，终点坐标 $26^{\circ}20'12.29''$ N， $102^{\circ}36'10.09''$ E。消落带长度约 6.5km。现状土地利用类型为稀树灌木草丛。

这 3 个区域地势较为平缓，在进行消落带植被恢复研究操作性更强，且这些区域为居民聚集区，消落带恢复较易见成果。

3) 消落带的修复采用以下方式

①975m~978m 正常蓄水位以上 3m 区域。该区域水流冲刷强度不大，土壤侵蚀程度不高，在不影响行洪的情况下，可以种植适生于热河谷乔木或灌木，如木棉、黄葛树、黄荆，或者经济作物酸角、酸枣等。

②970m~975m 消落带上段（上界至正常水位以下 5m）。种植干热河谷耐淹植物，如耐水淹、耐贫瘠环境的麻疯树。有关实验结果表明，土壤水分含量过高（ $\geq 80\%FC$ ）会导致麻疯树遭受轻度的淹水，麻疯树在土壤含水量达 50%以上各项生长及生理指标皆稳定，土壤含水量达 80%，生长受轻微抑制。

③960 m~970m 消落带中段（正常水位以下 5m 至正常水位以下 15m）。以灌木、草本为主，可种些一年生的草本植物，如狗牙根、黄茅、狗尾草、香根草。其中香根草具有生长快，适应性广，根系发达等特点，适宜栽种在消落带中部。其须根呈网状、海绵状，被认为是“世界上具有最长根系的草本植物”。香根草是一种两栖植物，耐水淹，在潮湿土壤生长最好，也耐旱，连续干旱几个月的情况下仍能生长，可再河岸、库岸等水位波动地区种植。且对土壤要求不严，在强酸性土壤和强碱性土壤及盐碱土条件下，在有机质 N、P、K 贫瘠的条件下一级在强烈侵蚀的土壤中均能生长。香根草适应性强，生物量大，易种好管，在水土保持、土壤改良、河岸防风固沙中具有积极的作用，且可用于工艺品编织、香料提取、造纸利用和土工工程等方面，具有一定的经济价值及应用潜力。此外，香根草很难结实，一般通过分蘖繁殖，无匍匐茎或根状茎，因此不会成为农田杂草。由于香根草具有强大的根系，一方面拦截了降雨冲刷泥土，另一方面可形成等高植物篱笆，其根系能轻易穿透各种类型的土壤，增加土壤渗透性，使大部分降雨能够更好地渗透到地下，减少土壤径流和土壤养分的流失，提高土壤的含水量，有利于植被的恢复和农作物的生长。另外，有试验表明香根草周围含有 15 种固氮菌，具有优良的改土性能。同时，香根草不传播病虫害，也不会成为农田杂草。

④在 945m~960m 消落带下段（正常水位以下 15m 至正常水位以下 30m）的消落带下部，在这样深的水面下，就目前研究现状来看，还没有比较好的耐水淹物种，根据现有研究，可以在这样低的水位种植稗草等饲草。

表 6.4-3 金沙江乌东德水电站消落带修复实验区植被恢复一览表

修复地点	植物材料	种植方法	材料来源

攀枝花市 金江镇	木棉树、麻疯树、 香根草、狗牙根、 黄茅、狗尾草	消落带上部种植木棉树、麻疯树，行距为 5m，林下地被种植狗牙根、香根草等，采用直接播草籽，消落带中下部种植香根草、狗牙根等，香根草采用穴植，行距 0.5m，株距 0.5m；草籽采用撒播，播种量为 90kg/hm ² 。	市场 购买
元谋县江 边乡	酸角、黄荆、狗牙 根、黄茅、香根草、 狗尾草等。	消落带上部种植酸角、黄荆，行距为 5m，林下地被种植狗牙根、香根草等，采用直接播草籽，消落带中下部种植香根草、狗牙根等，香根草采用穴植，行距 0.5m，株距 0.5m；草籽采用撒播，播种量为 90kg/hm ² 。	市场 购买
禄劝县新 村	黄葛树、酸枣、麻 疯树、黄荆、狗牙 根、香根草等。	消落带上部种植黄葛树、酸角、麻疯树、黄荆，行距为 5m，林下地被种植狗牙根、香根草等，采用直接播草籽，消落带中下部种植香根草、狗牙根等，香根草采用穴植，行距 0.5m，株距 0.5m；草籽采用撒播，播种量为 90kg/hm ² 。	市场 购买

(4) 其它恢复和补偿措施

1) 在施工过程中保存永久占地和临时占地的熟化土，为植被恢复提供良好的土壤。对于工程占用耕地的施工营地区等区域，应首先将表层 1.0m~1.5m 厚的土壤推至场地周边进行保存，以备恢复植被，然后对其余的无用层弃土进行削坡。施工结束，将无用层弃土回填至采料场区，上覆腐殖土，尽量恢复为耕地或原有功能。

2) 根据工程造成的林地损失量，尤其是生态公益林的占用及淹没，应在异地栽培不少于原面积的林地。工程占用及淹没林地较多，主要为尼泊尔桉木等林地及灌木林地。由于林地的高生产力与生物量，应在异地补栽不少于原面积的林地。

6.4.1.4 生态影响的管理措施

(1) 宣传教育，遵纪守法

对施工人员进行环境教育、生物多样性保护教育及有关法律、法规如森林法、土地管理法的宣传教育。

(2) 挂牌标记，明确告示

在人员活动较多和较集中的施工营地，设置自然保护、环境保护的警示牌，提醒人们依法保护自然环境和生物多样性。

(3) 强化水土流失的综合治理

结合工程及当地环境合理的水土保持规划，增加资金和劳力投入，与植树造林相结合，减少水土流失损失。

（4）采取有效措施预防森林火灾

在工程建设期，更应加强防护，如在施工区、临时居住区及周围山上竖立防火警示牌，划出可生火范围、巡回检查、做好消防队伍及设施的建设工作等，以预防和杜绝森林火灾发生。

在施工期严格管理，避免可能引起林火的施工作业，对施工人员加强管理，严禁一切野外用火。

（5）防止外来入侵种的扩散

评价区主要的外来种主要为紫茎泽兰、飞机草、银胶菊等。目前防止外来物种入侵的方法主要有植物检疫、人工方法防治、化学方法防治、生物防治等。结合工程特点，建议采取以下措施防止外来物种的入侵：加大宣传力度，对外来物种的危害以及传播途径向施工人员进行宣传；对现有的外来种，利用工程施工的机会，对有种子的植物要现场烧毁，以防种子扩散，在临时占地的地方要及时绿化等。

此外，针对不同的外来入侵物种可选择不同的治理方法。

1) 紫茎泽兰：①生物防治：泽兰实蝇对植株高生长有明显的抑制作用，野外寄生率可达 50%以上；②替代控制：用臂形草、红三叶草、狗牙根等植物进行替代控制有一定成效。③化学防治：2, 4-D、草甘膦、敌草快、麦草畏等 10 多种除草剂对紫茎泽兰地上部分有一定的控制作用，但对于根部效果较差。

2) 飞机草：先用机械或人工拔除，紧接着用除草剂处理或种植生命力强、覆盖好的作物进行替代，此外，用天敌昆虫 *Pareuchaetes pseudoinsulata* 控制有一定效果。

3) 马缨丹：宜选用除草剂草甘膦（农达）进行化学防治。机械方法宜雨后人工根除，推荐结合机械、化学和生物替代等技术措施进行综合防治。

4) 银胶菊：开花前人工拔除，生长旺季在其叶上喷施克无踪、草甘膦等除草剂。

5) 土荆芥：苗期及时人工锄草，花期前喷施百草枯等除草剂。

6) 刺苋：苗期及时人工锄草，花期前喷施除草剂百草枯。

6.4.1.5 重点保护植物及古树的保护措施

乌东德水电站评价区内未发现国家重点保护野生植物，在评价区内有银杏、红椿 2 种栽培的保护植物。其中银杏为零星分布，树龄均在 5 年以内。红椿有 1 株位于移民安置区，2 株位于水库淹没区，经考察鉴定均为古树，位于移民安置区的 1 株红椿采取就地保护措施，位于淹没区的 2 株红椿采取迁地保护措施。3 株红椿的保护措施详见古树移栽方案。对于其它栽培的保护植物不需采取保护措施。

由于古树资源的稀缺性，需要对受影响的古树采取一定的保护措施。位于枢纽工程区或移民安置区的 5 株古树可进行就地保护，包括在古树周围修建石砌护墙，编号、挂牌管理，建立树木档案；安排专人看护，立起告示牌，提醒过往行人和车辆注意爱护古树等。位于水库淹没区的 119 株古树原则上应当移栽，由于 117 号、129 号、130 号酸角生长状况不良，树干基部遭虫蛀现象严重，移栽后成活的可能性很小，选择伐薪等方式直接利用，其它 116 株古树采取迁地保护措施。影响区域古树保护措施如下：

（1）就地保护措施

1 株黄葛树位于枢纽工程区施期存料场附近，3 株木棉、1 株红椿位于移民安置区，可能受施工活动或移民安置活动影响，拟采取就地保护措施。

1) 对每棵古树进行编号、挂牌管理，标明树的名称、直径、树龄、特点、习性、保护注意事项等，安排专人看护，负责浇灌、施肥、定期上药，并配备专用工具。在当地林业局未建立档案的古树及时建立档案，除了文字资料，还配有每棵树的照片，实行施工全过程跟踪管理。

2) 施期场地平整前对古树进行圈禁，以古树为中心，设立半径 20m 的保护区，采用浆砌石加钢丝围栏进行圈禁，浆砌石墙顶标高 902.4m，顶宽 0.6m，其上钢丝围栏设置高度 1m，并挂宣传牌和警示标志，禁止在该区域进行场地平整、存料等施工活动。自古树至东北侧出口必须保障排水顺畅，保障古树及周边不出现渍水现象。

3) 对于古树圈禁区外的场地平整和存料等施工活动，采取截排水措施，避免存料场雨水向古树圈禁区汇集。

4) 在涉及古树的施工合同中，明确施工单位对古树的保护责任及保护重要

性；古树周边场平期间，施工单位要定期向建设单位环保部门汇报古树保护及周边施工情况，一旦发现问题，及时进行处置。

5) 防火、防烟气，禁止在古树周围带火、带气作业，树周围清理干净，不堆杂物。

(2) 迁地保护措施

古树移栽应选择与古大树原生长环境一致的区域。应根据当地的交通条件、古树的分布及数量、古树的生长现状、移栽地的环境状况确定古树的移栽地点。水库淹没区需移栽的 116 株古树，有 84 株位于四川省，32 株位于云南省。根据古树不跨省移栽的要求，在四川省马头上营地和云南省业主营地各预留一定面积的土地作为古树规划用地。古树移栽原则上均应移栽到左右岸的规划用地范围内，便于管理。鉴于古树移栽和后期养护的难易程度，胸径 1.5m 以上的古树均要求移栽到左右岸的规划用地范围内便于养护管理，胸径小于 1.5m 的古树可选择就近移栽到移民安置点。马头上营地规划作为古树移栽地的面积约 1.5hm²，业主营地规划作为古树移栽地的面积约 2.0hm²。

1) 四川省

会东县境内受水库淹没影响的 14 株黄葛树、4 株木棉、9 株酸角均位于洛左乡河门口村，距离马头上营地在 10km 之内，距离最近的河门马口安置点约 1km，由于距离码头上营地较近，可选择全部移栽到马头上营地。会理县境内有 12 株黄葛树、5 株木棉和 35 株酸角，距离马头上营地在 180km 范围内，距离最近的马鞍坪或新田安置点在 12km 范围内，其中胸径 1.5m 以上的古树 4 株，应移栽到马头上营地，其余 48 株可移栽到附近移民安置点。攀枝花市内有 5 株木棉，距离马头上营地为 214km，距离最近的棉花地安置点 15.5km，其中胸径 1.5m 以上的古树 1 株，应移栽到马头上营地，其余 4 株可移栽到最近的棉花地安置点。因此，四川省的 32 株古树移栽到马头上营地，其余 52 株古树移栽到就近的移民安置点。

表 6.4-4 四川省古树移栽方案

县名	乡镇名、村名	胸径 1.5m 以上古树数量（株）	胸径小于 1.5m 古树数量（株）	距马头上营地（km）	距最近移民安置点（km）	移栽地点
会东	洛佐乡河门村	8	19	8.7	1.0	马头上营地
会理	江竹乡竹乍村	0	4	177.6	4.3	马鞍坪安置点

	绿水乡糯乍村	0	1	169.3	11.5	马鞍坪安置点
	新安乡旧笼村	1	1	174.7	1.5	胸径 1.5m 以上古树 1 株，移栽到马头上营地；1 株移栽到马鞍坪安置点
	新安乡马鞍桥	3	31	176.2	1.5	胸径 1.5m 以上古树 3 株，移栽到马头上营地；其余 31 株移栽到马鞍坪安置点
	新安乡平地村	0	1	175.3	1.5	马鞍坪安置点
	新安乡新田村	0	10	175.3	1.5	新田安置点
攀枝花	攀枝花市仁和区	1	4	214	15.5	胸径 1.5m 以上古树 1 株，移栽到马头上营地；其余移栽到棉花地安置点
小计		13	71	-	-	-

2) 云南省

禄劝县境内受水库淹没影响的 1 株木棉位于皎平渡口，距离业主营地在 47.5km 之内，距离最近的移民安置点皎平渡集镇约 18.4km，由于距离业主营地较近，可选择均移栽到业主营地。武定县境内有 7 株黄葛树、2 株木棉位于东坡乡白马口村，距离业主营地距离 206.3km，距离最近的东坡乡东甸白马口安置点 1.0km，其中胸径在 1.5m 以上古树 5 株应移栽到业主营地，其余 4 株古树可选择移栽到就近的白马口安置点。元谋县境内有 2 株红椿、3 株黄葛树、17 株酸角位于江边乡，距离业主营地 230km，距离最近的江边集镇新址约 4.5km，其中胸径在 1.5m 以上古树 8 株应移栽到业主营地，其余 13 株可选择就近移栽到江边集镇新址。因此，云南省的 14 株古树移栽到业主营地，其余 18 株古树移栽到就近的移民安置点。

表 6.4-5 云南省古树移栽方案

县名	乡镇名、村名	胸径 1.5m 以上古树数量 (株)	胸径小于 1.5m 古树数量 (株)	距离业主营地 (km)	距离最近移民安置点 (km)	移栽地点
禄劝	皎平渡口	1	0	47.5	18.4	业主营地
武定	东坡乡白马口村	5	4	206.3	1.0	胸径 1.5m 以上古树 5 株，移栽到业主营地；其余移栽

						到白马口安置点
元谋	江边乡江边村	8	13	227.2	4.5	胸径 1.5m 以上古树 8 株，移栽到业主营地；其余移栽到江边集镇新址
	江边乡大树村		1	229.4	1.5	江边集镇
小计		14	18	-	-	-

(3) 迁地保护技术要求

为了保证古树移栽后能成活，移栽时由技术人员监督执行，并制定淹没区古树抢救移栽技术要求。

1) 移植的前期准备

①办理手续

对需移植的古树，根据有关规定办好必要的手续。

②建立档案

对古树的品种、规格、生长特性、历年养护管理情况、目前生长情况、发枝能力、病虫害情况、根部生长情况（对不易掌握的要作探根处理）等基本情况进行调查，建立每株古树的档案，记录每株古树的移栽方案和生长状况。

③切根

4 种古树中，木棉、红椿需提前 1~2 年断根，保留 2m 以上的根系，在移栽前还应保留原有的枝干树冠，只将徒长枝、交叉枝、病虫枝及过密枝减去。酸角和黄葛树无需提前断根。

④浇水

对于确定移植的大树在挖掘前 4、5 天充分灌水。

2) 移植时间与方法

①移植时间

根据保护植物的生物生态学特性，一般在秋冬季节古树处于休眠和半休眠状态，植株的各类代谢活动和各项生理指标处于全年的最低时期。选择在树液萌动前 1~2 月的休眠季节无风阴雨天开展移栽作业，可充分利用林木的生理特性；通过精心管护，可为林木下一个生长季节在移栽区正常生长创造有利的水、肥等外部环境，有利于移植成活。

②移植方法

古树移植一般带土球移植，一般古树为力保其成活，胸径 1m 以上大树，土球直径应在 6m 以上。

3) 主要移植技术要求

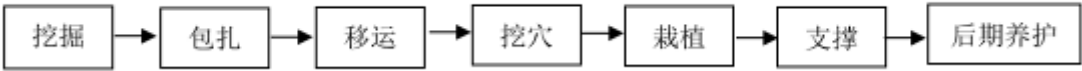


图 6.4-1 古树移栽流程图



移植古树地上、地下部分的生理平衡，特别是树体吸收与蒸腾水分的平衡，是确保古树移植成活的关键技术。

①挖掘

对需移植的树种进行截干断根，截干高度为 5m，被截断的主干、侧枝截口处均用双层塑料薄膜扎紧包严，在主干相对的两侧，距树干直径 2~3 倍处开槽挖土，截断粗大的侧根。挖掘土球规格根据古树的胸径等条件确定。

挖掘完成后对土球进一步修整，使土球光滑便于包扎。对土球进行消毒处理，可用多菌灵、恶霉灵、福美双混合溶液喷洒，尤其对于大的根系伤口，可在伤口上涂抹生长素。

②包扎

酸角采用硬包装木箱移植，原则上黄葛树和木棉采取裸根少量带护心土移栽的方法，但由于部分黄葛树树龄较大，故采取软包装土球移植法。对于裸根移栽的古树，用草绳环绕打包，保护根际宿土，避免运输途中震碎或剥落。

③移运

根据现状调查，古树胸径在 90~230cm 之间，其大树移植不能人工搬运，可使用大吨位起重机吊运。按照土球大小选用不同吨位的汽车式起重机进行古树的吊装。使用起重机械将古树吊装到载重平板车上固定好，移运到移植点。在运输途中注意喷水保湿，并遮荫防止水分损失过多。

④挖穴

一般情况下,根据树木土球的大小来决定挖掘栽植坑的大小。把树木土球的直径增大 15-25 cm,就是挖掘栽植坑的大小,例如:树木土球直径 60 cm,挖掘栽植坑的直径应是 75 -85 cm。以移植树木的土球厚度来确定栽植坑的深度,把土球厚度增大 20-40 cm 为栽植坑的深度,例如:土球厚度为 50 cm,栽植坑深度应是 70-90 cm;栽植坑深度可适当深一点,以便在栽植坑中间做回填土土坎。

⑤栽植

由于栽植的表层土均来自开挖收集的表层土,土壤条件相对较好。带土古树剪断草绳,包裹包装材料的拆除包装材料,并在树根上敷上生根粉或生根剂,同时喷施生长调节剂。古树方位尽量与原生长地保持一致,然后边埋土边夯实。填土至 2/3 浇水,务必使填土紧贴土球。如发现空洞,及时回填种植土并捣实,直至土不再下沉,浇水不冒气泡为止。待水渗入后,加土至高出根部即可做围堰,及时浇透水,待水渗入后覆土,第二天再做堰浇水,封土,以后视天气和古树生长情况进行浇水。

⑥支撑

为防止古树风吹摇动,确保树体稳定。古树栽好后,必须用竹木支撑加固古树,常用的方法为三角支撑法。

⑦后期养护

a、浇水

栽后要立即浇1次透水,以保证树根与土壤密接,促进根系发育,隔2~ 3d 后浇第2次水,隔1周后浇第3次水,以后浇水间隔期可适当拉长;生长季节移栽的大树则应缩短间隔时间、增加浇水次数。为了有效促发新根,可结合浇水加 200×10^{-6} 浓度的911生根粉。

b、遮荫及树体保湿

在生长季节移栽和重要景点的大树,为了保证成活以便尽早形成园林景观,可采取遮荫及树体保湿等方法,确保成活率。

● 遮荫

在生长季节随着天气变暖、气温回升,树体的蒸发量逐渐增加,此时,应对树体的3个方向和顶部架设荫棚,留出西北方向,便于进行光合作用,荫棚的上方及四周与树冠保持60cm左右的距离,既避免了阳光直射和树皮灼伤,又保持

了棚内的空气流动以及水分、养分的供需平衡。为不影响树木的光合作用，荫棚可采用70%的遮荫网，秋季以后，天气逐渐转凉，可适时拆除荫棚。

● 树体保湿

树体保湿通常采用卷干、叶面喷水等方法。卷干就是为了保持树干湿度，减少树皮水分蒸发，可用浸湿的草绳从树干基部缠绕至顶部，再用调制好的泥浆涂糊草绳，以后时常向树干喷水，使草绳始终处于湿润状态。在生长季节及遇到干旱天气，可采用树冠喷水的方法保湿。用高压喷雾器对树体实施喷水，每天早晚各喷1次，以增湿降温。另外，结合喷水还可以加蒸腾抑制剂，以达到抑制树体蒸腾作用，减少水分流失的作用。

c、立支柱

栽植后应立即立支柱支撑树木，以防止地面土层湿软大树遭风袭导致歪斜、倾倒，同时有利于根系生长。一般立3根，并绑紧。树体不甚高大，可于下风方向立一根支柱。支柱基部应埋入土中30~50cm，使之牢固。支架与树皮交接处可用胶皮或草包等作为隔垫，以免磨伤树皮。通常在栽植1年后大树根系恢复良好时撤除支架。

d、水肥管理

本项目中马尾松树体较大，移植季节不符合植物的生理习性，移植后树体常会受到较大程度影响为保证大树的成活率和保证大树移植后的地下部分与地上部分水分和养分的供需矛盾，维持正常的新陈代谢，常采用树体输液的方法来补充营养输入的液体可为移栽树体供水分、养分及外源激素，使植株恢复活力，还可激发树体内原生质的活力，从而促进生根萌芽，提高移栽成活率。

具体方法在距地面1.3m的树干处打1个深约5cm-7cm深的输液孔，打孔时孔向朝下、转头与树干呈30°夹角。然后用专门的输液器将配好的营养液输入大树，营养液流速按照1L/10L的速度进行。输入后观察输液孔3-5分钟，无积液现象方可离开，在输液完毕后关闭输液器开关，拔出针头，用胶布封住孔口。营养液要以水分为主，配入一些微量元素和K、P等大量元素。

e、病虫害防治

移植树木的病虫害一般由原生境附带而来的居多，所以在移植前须对树木进行病虫害的治理和健康植株树木的挑选，在移植地应特别注意对土壤和移植树木

损伤截的处理，尽量减少病菌的滋生和感染。移植后的树木一旦发现虫害可采用捕杀、诱杀、化学施药法等进行处理，发现病害一般采用人工清除、化学施药进行防治。移植树木的病虫防治工作具体需根据树木病理情况确定。

移栽定植后的大树因起苗、修剪、吊装、运输等各种伤口，加之新生萌发的树叶幼嫩，大树在移植初期苗木树体对病虫的抵抗能力相对较弱，容易感染病虫害。在晴朗天气里，可用多菌灵、托布津或敌杀死等农药混和喷施，在移植初期应每周定时喷药1次，在苗木基本生长正常后可延长喷药间隔，确保大树不受严重的病虫危害。坚持以防为主，根据树种特性和病虫害发生发展规律，勤检查，做好防范工作。一旦发现病虫害病情，要对症下药，及时防治。

6.4.2 陆生动物保护措施

6.4.2.1 生态影响的避让措施

(1) 生物群落的完整性是维持生态系统和食物网稳定性的重要因素。尽量减少对陆生脊椎动物、植物群落的破坏，对在水电工程建设区域内的各类生物群落予以保护。生活营地、施工场地、临时便道等临时占地应绕避评价区植被较好的区域，避免占用动物生境。施工中避免破坏动物栖息的洞穴、窝巢等。施工活动不得超越征地范围。

(2) 防止爆破噪声对野生动物的惊扰，对相关装备安装消声器。根据动物的生物节律安排施工时间和施工方式。野生鸟类和兽类大多是晨、昏（早晨、黄昏）或夜间外出觅食，正午是鸟类休息时间。如果可以，施工爆破期尽量避免动物繁殖的春季。为了减少工程施工爆破噪声对野生动物的惊扰，应做好爆破方式、数量、时间的计划，并力求避免在晨昏和正午开山施炮。最好安排在晚间作业和运转弃渣，并尽可能不鸣笛。

(3) 鉴于动物对光的敏感性，应尽量做到晚上不施工，如施工则避免灯光直射动物生境。

6.4.2.2 生态影响的减缓措施

(1) 工程修建和水库蓄水都将使评价区原有林地和农用地减少，野生动物的生境和觅食范围有所缩小，因此应保护好它们的栖息地，减少人为的干扰。

(2) 农村生产安置点、农村集中居民点、新建集镇、交通运输工程复建的

选点通过多次比选，要合理用地和节约用地，最大限度的减少对耕园地和林草地的占用，减少对喜在这些区域中生活的动物生境的占用。

(3) 根据施工废污水的处置措施，达到一级标准外排或回用。施工期间加强取土场、弃土场、弃渣场防护，避免流失而影响土质与水质。加强施工人员的各类卫生管理（如个人卫生、粪便和生活污水），避免生活污水的直接排放。避免生产废水和生活污水对周围水域环境的污染，从而避免因水体污染等对动物生境造成破坏，影响动物的栖息繁衍。

6.4.2.3 生态影响的恢复和补偿措施

(1) 工程完工后，结合动物栖息地保护进行植被恢复工作。

(2) 在植被覆盖率高的路段采用加密绿化带，防止噪声对动物的不利影响，有利于动物适应新的生境。

6.4.2.4 生态影响的管理措施

(1) 有关部门应加大宣传力度，通过各种途径，如科技下乡活动和新闻媒介，广泛宣传《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国水生野生动物保护条例》等政策法规，提高公民的素质，树立自觉保护野生动物的意识和责任感。在施工的过程中，施工人员必须遵守相关的法律法规，严禁在施工区及其周围捕猎野生动物，特别是重点保护野生动物。在进场施工前，组织施工人员学习有关国家法律和法规，学习识别国家保护动物。

(2) 工程的实施会使动物的分布格局发生一些改变，如一些与人类伴生的种类数量的改变。对于部分啮齿目鼠类等自然疫源性疾病的传播者，在水电站建成后，将向非工程区转移，其密度将有所增加。在这种情况下，既要维护自然生态系统的食物链关系，又要重视对非工程区的人、畜和工程施工人员的防疫工作。同时需要野生动物保护部门在这些区域加强监测与保护。

(3) 随着水库的蓄水，库区的水禽将增多，必须对水库加强管理，减少污染，保护水禽，以形成新的景观。

6.4.2.5 野生重点保护动物的保护措施

通过对评价区的实地调查，结合访问调查和资料查询，得出评价区陆生脊椎动物中，共有国家级重点保护野生动物 25 种，省级保护动物 19 种。其中属国家

I 级重点保护野生动物 1 种：黑颈长尾雉；国家 II 级重点保护野生动物共 24 种：黑鸢、雀鹰、松雀鹰、大鵟、普通鵟、鹊鹞、白尾鹞、燕隼、游隼、红隼、雕鸮、领角鸮、灰林鸮、领鸺鹠、斑头鸺鹠、红腹角雉、白腹锦鸡、蓑羽鹤、猕猴、穿山甲、黑熊、水獭、大灵猫、岩羊。云南省省级重点保护动物有 2 种：孟加拉眼镜蛇、斑头雁；四川省省级重点保护动物有 17 种：乌龟、鳖、小鸕鹚、普通鸕鹚、绿鹭、白鹭、栗苇鸭、中华鹳、董鸡、黑水鸡、棕头鸥、鹰鹃、普通夜鹰、小白腰雨燕、大拟啄木鸟、赤狐、豹猫。

表 6.4-6 评价区重点保护野生动物保护措施一览表

类别	名称	保护措施
爬行动物	乌龟	加强施工管理，严禁施工人员捕杀野生爬行动物。施工车辆行驶过程中，若发现野生爬行动物应减速慢行。遇到受伤的爬行动物，应及时采取救护措施，并通知相关保护机构进行妥善处理。在水库蓄水前后及时开展重点保护爬行动物种类和数量的监测。
	鳖	
	孟加拉眼镜蛇	
鸟类	黑颈鹤	加强施工管理，严禁施工人员捕杀野生鸟类；合理安排爆破时间，避免在鸟兽活动频繁的晨昏和正午开山爆破，尽量采用无声爆破方式；及时恢复工程临时占地生境；在水库蓄水前和蓄水后开展黑颈鹤、蓑羽鹤、斑头雁等重点保护水鸟的迁徙规模及行为的调查；开展其他重点保护鸟类种群数量及其分布调查；在水库蓄水前及时采取救护措施。
	蓑羽鹤	
	普通鵟	
	大鵟	
	雀鹰	
	松雀鹰	
	游隼	
	红隼	
	领角鸮	
	白尾鹞	
	斑头鸺鹠	
	小鸕鹚	
	普通鸕鹚	
	斑头雁	
	白鹭	
	棕头鸥	
	中华鹳	
兽类	豹猫（指名亚种）	加强施工管理，严禁施工人员捕杀野生豹猫。

(1) 加强有关野生动物及国家、省级重点保护野生动物法律法规宣传，提

高施工人员对野生动物的保护意识，严禁施工人员捕猎野生动物。

(2) 加大栖息地保护，施工过程应合理安排，避开敏感期，特别是鸟类的繁殖期。做好时间、空间上的衔接，减少影响范围与时间。必须将各施工期的时间、施工范围安排协调好，统筹合理安排好施工进度，做到建成一片，完善一片。

(3) 减少人为干扰、污染与破坏环境，取缔对野生动物产生危害的施工作业方式；合理安排设施的使用，减少噪声设备的使用时间。工程爆破施工的影响一方面是噪声，一方面是振动，应尽量减少使用。合理安排好设备的使用，减少噪声设备的使用数量，缩短其使用时间。为减少工程施工爆破噪声对野生动物的惊扰，应做好爆破方式、数量、时间的计划，并力求避免在晨昏和正午开山施爆。

(4) 恢复和改善鸟类、爬行类、兽类等栖息地环境，特别是堤岸附近以及取土场的植被，并开展定期的国家重点保护野生动物及生境调查监测与研究。保护现有自然植被，防止因工程施工对现有植被可能出现的大规模破坏，并通过加快库周地区的植树造林，同时尽快恢复工程临时占用的林地，只有这样，才能从根本上有效的保护库区鸟类及其它动物。

(5) 加强环境宣传教育，提高当地居民素质和野生动物保护意识，为保护区的长期稳定发展奠定坚实的社会基础。加强法律法规建设，完善执法队伍，以法律的严肃性去维护自然保护事业。采取有效保护措施，保护野生动植物及其栖息环境，严厉打击捕捉、贩卖、经营、走私野生动物活动，切实发挥法律法规的保护作用。

6.4.3 元谋省级风景名胜区的保护措施

乌东德水电站建设蓄水后，大坝以上将形成较大面积的湖面，改变了区域空间形态，自然的生态环境特色更为突出，会形成新的景观和旅游景点。金沙江水上交通线得以开展，对元谋金沙江峡谷景区发展有较大的推动作用。总之，乌东德水电站的建设仅回水淹没区涉及元谋风景名胜区的金沙江景区，对元谋风景区的主要标志性景观无影响，对景区的影响总体来说利大于弊。今后，对库区周边涉及风景区的区域，库区管理部门应配合景区管理部门加强环境保护，增加区域内的绿化覆盖率，美化环境，减少泥沙、农业面源污染、生活垃圾、泥沙等对库区水质的影响。利用水库调度，在低水位运行时，再现金沙江峡谷景观。

6.5 水生生态保护措施

6.5.1 水生生态保护总体思路

金沙江下游水电梯级建成后将形成四座首尾相连的水库，原有河流生态系统的结构和功能将发生巨大变化。乌东德水电站水库淹没河段长度约 207km，工程下游为白鹤滩、溪洛渡和向家坝水电站。在流域规划环评阶段，已对流域梯级开发水生态保护提出了总体布局，金沙江下游一期工程（溪洛渡、向家坝水电站）已经就鱼类保护措施进行了专项安排。

因此，本工程水生生态保护应在流域总体保护布局基础上，根据流域规划环评对本工程对水生生态保护要求、本工程实际影响以及水电开发最新环境保护政策要求，结合下游一期工程已实施鱼类保护措施情况，提出本项目水生生态保护措施，包括鱼类栖息地保护措施、鱼类增殖放流、过鱼措施、优化水库生态调度、水生生态跟踪监测及科研等。

6.5.2 金沙江下游水电规划环评保护要求

6.5.2.1 水生生态保护总体规划布局

金沙江下游属于高原鱼类和江河平原鱼类过渡分布水域，其鱼类种类组成与长江上游干流、金沙江中游具有很大的相似性。因此，金沙江下游鱼类资源的保护需要和金沙江流域及长江上游鱼类资源保护统筹兼顾，合理规划和布局。金沙江下游一期工程（溪洛渡、向家坝水电站）已经就鱼类保护措施进行了专项安排，包括栖息地保护、增殖放流、监测和科研等，并正在按计划实施。而对于圆口铜鱼而言，目前在长江上游珍稀特有鱼类保护区没有发现其产卵场，金沙江中下游以及雅砻江下游梯级开发后，对其种群维持影响较大，因此，需要进一步强化其种质资源保护技术研究。

6.5.2.2 保护对象

根据历史资料，金沙江下游调查采集到的鱼类 72 种及其分布特点，基于梯级规划后环境变化的影响，将白鲟、达氏鲟、胭脂鱼、齐口裂腹鱼、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、前臀鲃、四川白甲鱼、长薄鳅、圆口铜鱼、长鳍吻鮡、裸体异鰕鳅、鲈鲤、岩原鲤等 16 种作为重要保护对象。

6.5.2.3 栖息地保护规划

金沙江下游栖息地保护按照以长江上游珍稀特有鱼类保护区为主体，各库区库尾、支流等流水生境系统保护的总体格局进行规划。

(1) 加强鱼类保护区保护与管理

强化保护区管理措施，主要包括在保护区严格禁止渔业捕捞作业，划定各主要鱼类的产卵场、索饵场和洄游通道，并设立醒目的标示牌或浮标，利用广播、电视、报刊等传播媒体加强宣传等。

在一期工程溪洛渡水电站采取叠梁门分层取水措施以减缓低温水对鱼类的影响的基础上，拟建的白鹤滩水电站规划采取分层取水设施以进一步减缓低温水影响。

此外，控制保护区及周边区域不合理的开发，严格限制可能影响保护区结构和功能的各类开发建设活动，如河道采砂、航道整治、桥梁码头建设等涉水过程，结合原国家环保总局对金沙江一期工程环境影响报告书的批复要求，保护区内不得再进行水利水电工程开发建设。

(2) 支流保护规划

在金沙江一期工程前期工作阶段，结合鱼类自然保护区的调整工作，已考虑到支流保护工作，将向家坝坝址下游的一级支流赤水河和其它支流河口段作为鱼类替代生境纳入了自然保护区范围，并加以重点保护。在此基础上，规划选取 1~2 条支流，开展替代生境保护的可行性研究及试验示范工作。

根据对金沙江下游区域支流的踏勘，以水量、水质、地形地貌、河床河势、水文情势、鱼类资源、河流的开发状况等为指标进行比选，初步认为可选择龙川江（从尹地到河口 44km）、黑水河（从普格县到河口 65km）和雅砻江官地河段等支流开展支流保护可行性研究和试验示范工作。采取渔政管理、严格限制影响重点保护河段生态环境的开发活动、实施生态修复工程等保护措施对支流栖息地进行保护。

(3) 库区干流流水生境保护

乌东德库尾河段，包括桐子林坝址以下雅砻江干流；白鹤滩、溪洛渡、向家坝库尾河段。

加强管理：保护河段制定严格的禁渔制度，严格限制河道整治、采砂等开发

活动和建设可能产生污染水域生态环境的工矿企业。

泄放生态流量：当上下水库水位不能衔接时，乌东德、白鹤滩、溪洛渡电站均应下泄生态流量，各电站最小下泄流量不低于坝址处多年平均流量的 5~10%。

6.5.2.4 增殖放流规划

由于金沙江下游水电梯级均由三峡集团公司统一开发，为便于统一管理，提高鱼类增殖放流站的整体效果，从结合流域水电梯级开发时序及河流鱼类生态习性和保护要求，已经完成《金沙江干流下游河段梯级开发鱼类增殖放流设施建设总体规划》的编制工作，规划以已建的向家坝增殖站扩建为基础建设鱼类增殖总站，同时在乌东德梯级枢纽建设区建设鱼类增殖放流分站。

增殖放流站进行胭脂鱼、达氏鲟、长薄鳅、岩原鲤、中华倒刺鲃、黑尾近红鮠、细鳞裂腹鱼、齐口裂腹鱼、四川白甲鱼、短须裂腹鱼、鲈鲤、白鲟、圆口铜鱼、长鳍吻鮡、裸体鳅鲶、前臀鲃等鱼类的驯养繁殖技术研究和增殖放流。

6.5.2.5 科研规划

为保护金沙江下游河段鱼类资源，需开展珍稀特有鱼类物种保护技术研究、梯级电站运行对珍稀特有鱼类需要的环境因子的变动及其影响研究、鱼类资源动态与保护效果研究、强化圆口铜鱼资源动态和保护技术研究、圆口铜鱼人工驯养繁殖技术研究等方面的研究。

6.5.2.6 鱼类保护基金

溪洛渡水电站和向家坝水电站的环评批复均提出安排一定费用或建立鱼类保护基金，用于受梯级开发影响的长江上游珍稀特有鱼类保护，两电站已分别于 2013 年和 2012 年下闸蓄水发电。在此基础上，将白鹤滩、乌东德水电站的因素统筹考虑，建立金沙江下游水电梯级开发鱼类保护基金，用于受影响的鱼类保护。

近期，应尽快开展专题工作，研究如何在电站发电收益中落实部分费用建立鱼类保护基金，以及该鱼类保护基金的使用范围、使用原则及其监管要求等。

6.5.2.7 优化水库调度方案

向家坝坝下为长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区。因此，需要在研究下游鱼类繁殖生物学的基础上，结合水库发电、防洪调度，合理利用水库的调

蓄库容，尽量考虑水生生物产卵、繁殖、生长需求，科学制定分层取水、泄放生态基流、人造洪峰等水电梯级调度方案。鉴于下游 4 个梯级电站均为中国长江三峡集团公司开发与运行，应及早开展下游梯级电站联合生态调度的研究工作。

6.5.2.8 渔政管理规划

渔政管理内容包括建立良好的渔业捕捞制度、限制渔具渔法、规定捕捞对象的可捕标准及渔获量、制定禁渔区和禁渔期、加强水环境保护等，维护良好的渔业环境，保证鱼类能够顺利延续种群。为保障渔政管理工作顺利进行，还应加强渔政部门的能力建设，提高渔政部门的执法力度。

6.5.3 乌东德水生生态保护措施规划布局

根据金沙江下游河段水电开发的水生生态保护要求，乌东德水电站拟采取栖息地保护、增殖放流、过鱼设施、水库生态调度、监测与保护效果评价、渔政管理、鱼类保护技术研究等水生生态保护措施。其中栖息地保护、增殖放流、过鱼设施、水库生态调度等主要保护措施布局的规划总体思路如下：

栖息地保护：根据金沙江下游河段水生生态保护总体规划布局的安排，长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区是金沙江下游河段水生生态保护的重要栖息地进行保护，乌东德水电站建设需要承担下游河段保护基金筹措的责任，重点用于保护区；库尾流水河段、库区及坝下支流作为乌东德鱼类栖息地保护的补充，统筹考虑。

增殖放流：根据金沙江下游河段水生生态保护总体规划布局的安排，考虑保护区已建成赤水增殖放流站、重庆增殖放流站和金沙江溪洛渡向家坝水电站珍稀特有鱼类增殖放流站等的放流情况，综合分析乌东德、白鹤滩两个电站建设对鱼类放流的需求，拟建设乌东德白鹤滩鱼类增殖放流站，形成金沙江下游鱼类增殖放流体系。

过鱼设施：根据金沙江下游河段水生生态保护总体规划布局的安排，综合考虑金沙江下游河段水电站形成后的水库特点，从水生生物多样性保护和鱼类种群有效交流的需求出发，统筹考虑鱼类资源的交流。

水库生态调度：乌东德水电站的生态调度主要考虑坝下游水生态保护需求和

库尾流水生境的水生态保护需求，通过下泄生态流量、分层取水。

6.5.4 栖息地保护

乌东德水电站作为金沙江下游梯级电站之一，其鱼类栖息地保护不仅局限于乌东德电站库区或坝下，而应从整个金沙江下游流域统筹考虑。金沙江下游栖息地保护总体格局按照以长江上游珍稀特有鱼类保护区为主体，各库区库尾、支流等流水生境系统保护。

受三峡集团委托，2012年7月至2014年7月，华东勘测设计研究院联合长江水资源保护科学研究所、水利部中科院水工程生态研究所、中国科学院水生生物研究所、中国水利水电科学研究院等单位，开展了金沙江下游水电开发鱼类保护替代生境的研究，研究范围包括乌东德库尾江段、白鹤滩库区和乌东德库区的主要支流，以及金沙江下游向家坝水电站坝中轴线下1.8km至地维大桥长度362.76km的干流江段、赤水河河段总长度628.23km。

对乌东德库尾江段、白鹤滩库区和乌东德库区的主要支流进行了环境现状资料调查、地形和大断面测量、水生生境调查和水生生态补充调查，对黑水河研究河段进行了生境模拟计算，对雅砻江锦屏二级大河湾进行了流速模拟，并在雅砻江锦屏二级大河湾进行了圆口铜鱼人工鱼卵漂流示踪试验，在此基础上提出了金沙江下游水电开发鱼类保护支流替代生境保护方案。

通过乌东德和白鹤滩江段、保护区干流江段和赤水河的水生生境特征和鱼类区系组成特征的调查、分析，对3个江段开展了生境相似性分析和物种相似性分析，对保护区干流和赤水河开展了是否满足圆口铜鱼鱼卵漂流、孵化所需水力条件的评价。结合乌东德和白鹤滩栖息地保护要求、圆口铜鱼生境保护要求以及保护区已开展工作情况，提出了长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区后续工作强化措施体系。

6.5.4.1 长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区

（1）保护区概况

长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区位于金沙江下游向家坝水电站坝中轴线下1.8km至地维大桥，长度362.76km，面积23647.59 hm²；保护区岷江河段总长90.1km，总面积3361.68hm²；保护区赤水河河段总长度628.23km，总

面积 4057.10hm²；保护区南广河、永宁河、沱江和长宁河的河口区总长度 57.22km，总面积 647.47hm²。

保护区主要保护对象为 70 种珍稀、特有鱼类，以及大鲵和水獭及其生存的重要生境。鱼类有 21 种，其中属于国家重点保护野生动物名录一级种类 2 种、二级保护种类 1 种，列入 IUCN 红色目录 3 种，列入 CITES 附录二(II)2 种，列入中国濒危动物红皮书 9 种，列入保护区相关省市保护鱼类名录 15 种。

保护区在“长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区管理局”领导下开展保护工作，四省市各设管理分局，管理分局下根据各地实际情况设立管理处、站，行使具体的管理职能，以及协调处理保护区与周围地区、有关部门之间的关系。

（2）保护区原规划措施要求及落实情况

1) 保护区原规划措施要求

2008 年 2 月，农业部渔业局与三峡集团公司签署了《长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》，补偿项目是指金沙江溪洛渡水电站和向家坝水电站对保护区的基础设施补偿、保护区调整建设、人工增殖放流、物种保护技术研究、渔业生态环境监测、影响评价及对策研究项目、电子遥感网络建设等其他项目，补偿项目概算经费总额为 38200 万元，总体实施时间为 2005 年至 2028 年，具体见表 6.5-1。

①保护区基础设施补偿，由农业部渔业局负责组织实施，由三峡集团公司向农业部渔业局支付相关经费，补偿费为 1000 万元。

②保护区调整建设，主要包括可行性研究和总体建设规划等论证、保护区管理建设、保护区渔民转产补贴、保护区管理运行等；由农业部渔业局负责组织实施，由三峡集团公司向农业部渔业局支付相关经费，经费为 13500 万元。

③人工增殖放流，主要包括基地建设、放流亲鱼、放流苗种培育、放流标记标示等；除宜宾增殖放流站由三峡集团公司实施外，其他增殖站由农业部渔业局负责组织实施，由三峡集团公司向农业部渔业局支付相关经费；经费为 8500 万元。

④物种保护技术研究，主要包括栖息地研究专题、遗传研究专题、白鲟等人工繁殖专题、育苗技术研究专题、克隆和冷冻专题，由三峡集团公司负责实施，经费为 4500 万元。

⑤渔业生态环境监测，中国水产科学研究院长江水产研究所负责技术方案编制和技术管理，农业部渔业局负责技术方案的审批、经费分配和拨付、项目实施过程中的组织协调和年度验收，三峡集团公司负责合同执行的技术监督管理并按年度向农业部渔业局拨经费，经费为 2800 万元。

⑥影响评价及保护对策研究，主要包括生物资源本底调查专题、水文专题、水质专题、水库调度专题、放流效果专题、种群数量变动专题、保护对策研究专题；其中，生物资源本底调查专题由农业部渔业局负责组织实施，由三峡集团公司向农业部渔业局支付相关经费，其余专题由三峡集团公司负责实施；经费为 4000 万元。

⑦电子遥测网络建设等其他项目，由农业部渔业局负责组织实施，由三峡集团公司向农业部渔业局支付相关经费，经费为 3900 万元。

2) 原规划措施落实情况

《长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》中，各补偿项目的实施情况见表 6.5-1。其中，保护区基础设施建设已完成。保护区调整建设已完成可行性研究和总体建设规划等论证、保护区管理建设，但保护区渔民转产补贴暂未开始实施。人工增殖放流的基地建设已完成，放流亲鱼、放流苗种培育、放流标记标示等目前正按计划开展实施。物种保护技术研究、渔业生态环境监测、影响评价及保护对策研究等项目目前正按计划开展实施。电子遥测网络建设和其他能力建设中部分项目有待实施。同时，为便于长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区水生生态监测工作的实施，三峡集团公司于 2013 年建成了重庆水生生态实验站。

表 6.5-1 保护区生态补偿项目措施落实情况一览表

序号	项目	规划经费（万元）	项目实施情况
一	保护区基础设施补偿费	1000	已实施完成
二	保护区调整建设费	13500	
2.1	可行性研究、总体建设规划等论证费	500	已实施完成
①	前期考察调研	100	
②	保护区调整规划报告	250	
③	保护区申报	150	
2.2	保护区管理建设费	6000	
①	土建工程	2009	
②	“三通”建设(沥青、通电、通水)	1258	
③	交通设备	1388	

④	试验仪器及设备	166	
⑤	通讯工具	179.7	
⑥	宣传科普设备	166	
⑦	辅助设备	142	
⑧	其他费用(前期工作及预备费)	433.3	
2.3	保护区渔民转产补贴费	4000	暂未实施
①	渔船报废补助费	1883	
②	渔民转产费	1745	
③	核心区渔民安置费	372	
2.4	保护区管理运行经费补贴	3000	按计划实施中
三	人工增殖放流	8500	
3.1	基地建设费	3500	已实施完成
①	宜宾站建设费	1000	
②	赤水站建设费	800	
③	具备良好放流和监测基础单位的能力建设	1700	
3.2	放流亲鱼费用	1441	按计划实施中
3.3	放流苗种培育费用	2752	
3.4	放流标记标示费	807	
四	物种保护技术研究	4500	
4.1	栖息地研究专题	1500	暂未全面实施
4.2	遗传研究专题	500	按计划实施中
4.3	白鲟等人工繁殖专题	1500	
4.4	鱼苗技术研究专题	500	
4.5	克隆、冷冻专题	500	
五	影响评价与保护对策研究	4000	
5.1	生物资源本底调查专题	500	按计划实施中
5.2	水文专题	500	
5.3	水质专题	500	
5.4	水库调度专题	500	
5.5	放流效果专题	500	
5.6	种群数量变动专题	1000	
5.7	保护对策研究专题	500	
六	渔业生态环境监测	2800	按计划实施中
七	其他	3900	
7.1	电子遥感网络建设	2000	暂未实施
①	Loteck 超声波-无线电无人值守监测站	600	
②	地面差转台和中心站设备	500	
③	水下和地面设备安防基本建设	300	
④	水上移动站(快艇、接收设备)	180	
⑤	超声波信标	200	
⑥	BioSonics 数字式鱼探仪	90	
⑦	备用件, 安装调试和维护等	130	
7.2	其他能力建设	1000	暂未全面实施

①	科研综合考察船	500	
②	Scan Sonar	100	
③	综合激光流速仪	200	
④	其他相关设备	200	
7.3	不可预见费	900	部分项目已列支
合计		38200	

(3) 保护区作为替代生境的可行性分析

1) 保护区干流作为乌东德、白鹤滩江段（以下简称“乌白江段”）替代生境可行性

乌白江段与金沙江梯级运行调度后的保护区干流江段在水文过程方面仍具有较好的相似程度；河流地形地貌整体上相似程度较好；在水动力方面，由于上下游流域规模差别明显，水动力指标的相似性存在一定差异，但调度后的保护区干流可以满足乌白江段大多数鱼类的生物需求。保护区干流与乌白江段的物种相似度为 84.12%，两江段特有鱼类相似度指数为 61.90%，乌白江段的所有科在保护区干流都有分布，且两江段均以鲤科为主要类群；保护区干流与乌白江段的重点保护对象分布相似指数为 62.5%。因此，保护区干流河段适宜作为乌白江段的替代生境对乌白江段的鱼类（尤其是长江上游特有鱼类）进行保护。

2) 赤水河作为乌白江段替代生境可行性

乌白江段与赤水河在水文过程与河流地形地貌方面整体上相似程度较好；河流地形地貌整体上相似程度较好；在水动力方面，由于干支流流域规模的差别，水动力指标存在一定差别，但赤水河可以满足金沙江下游大多数鱼类的生物需求。赤水河与乌白江段的物种相似度为 74.15%，两江段特有鱼类相似度指数为 59.52%，乌白江段的所有科在赤水河都有分布，且两江段均以鲤科为主要类群；赤水河与乌白江段的重点保护对象分布相似指数为 62.5%。因此，赤水河适宜作为乌白江段的替代生境对乌白江段的鱼类（尤其是长江上游特有鱼类）进行保护。

3) 赤水河发挥保护区干流鱼类避难所功能的可行性

保护区干流与赤水河在水文过程与河流地形地貌方面相似程度较好；在水动力方面，由于干支流流域规模差别明显，水动力指标存在一定差异，但是赤水河可以满足保护区干流大多数鱼类的生物需求。保护区干流与赤水河的物种相似度较好，保护区干流的所有科在赤水河都有分布，且两江段均以鲤科为主要类群；

两江段特有鱼类相似度指数为 84.62%；保护区干流与赤水河重点保护对象分布相似度为 92.31%。因此，在保护区干流水生生态受金沙江梯级水库运行调度、长江上游经济区发展、鱼类过度捕捞等影响较大时，赤水河可发挥保护区干流长江上游特有鱼类避难所的功能。

4) 保护区干流和赤水河作为圆口铜鱼生境保护的可行性

保护区干流和赤水河水文过程、河道地形地貌情况，与乌白江段较为相似；流速等水动力指标的相似性存在一定差异，但可以满足乌白江段大多数鱼类的生物需求；保护区干流和赤水河内鱼类区系组成与乌白江段较为相似，2007~2013 年连续 7 年在长江干流宜宾至泸州段、江津至巴南段均发现有一定规模圆口铜鱼种群的分布(出现频率为 22.7%~57.6%，为该江段特有鱼类的优势种之一)，2007 年、2009 年和 2010 年在赤水河也发现有圆口铜鱼种群的分布(出现频率分别为 5.26%、7.14%和 10.81%，但 2011~2013 年在赤水河未调查到，可能与其为赤水河的偶见种或溪洛渡和向家坝蓄水等因素有关)，保护区的调查范围和调查断面示意图 6.5-1；保护区干流分布有产漂流性卵鱼类产卵场分布，且保护区干流观察到有铜鱼产卵过程，赤水河调查到长薄鳅和长鳍吻鮡等产漂流性卵鱼类在赤水河产卵现象；且保护区干流和赤水河具备圆口铜鱼鱼卵漂流所需的水动力条件以及漂流至仔鱼具备溯游能力所需的河长；保护区干流和赤水河暂未发现圆口铜鱼产卵等繁殖活动，是否可以为圆口铜鱼鱼类产卵提供适宜的生境尚不能确定，但类比雅砻江二滩库区圆口铜鱼产卵场变化情况和葛洲坝水利枢纽工程坝下中华鲟产卵场变化情况及长薄鳅和长鳍吻鮡在赤水河形成产卵场的情况，在向家坝水电站蓄水运行后，在保护区干流和赤水河可能会形成新的圆口铜鱼产卵场。因此，将保护区干流和赤水河作为圆口铜鱼资源生境进行保护，将有可能实现圆口铜鱼的种群延续，但后期应对保护区干流早期资源和圆口铜鱼资源情况进行跟踪监测，并结合圆口铜鱼人工繁殖研究的进展适时开展增殖放流工作。



图 6.5-1 保护区的调查范围和调查断面

(4) 替代生境保护措施

根据保护区鱼类保护工作需要，在保护区已采取的措施的基础上，分别开展延续保护措施，落实原计划开展但尚未落实的保护措施，加强需要强化开展的措施，补充受乌东德、白鹤滩电站影响后的相关措施。

1) 延续保护措施

原农业部渔业局与三峡集团公司签署的《长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》，时限为 2 个梯级截流后 20 年（即 2028 年）。

本次对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区措施的延续，主要考虑乌东德和白鹤滩水电站建设对水生生态的影响，时限考虑为 2015 年至 2034 年。

根据《长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》中的补偿项目计划和实施情况，需要延续的措施见下表。

表 6.5-2 保护区生态补偿项目需延续的措施一览表

序号	需延续项目	延续原因	年限
一	保护区调整建设费		
1.1	保护区管理运行经费补贴	为保护区长期的日常管理，提供管理经费	2028-2034 年

二	人工增殖放流		
2.1	放流亲鱼	为增殖放流站后期运行，提供足够的亲鱼	2028-2034 年
2.2	放流鱼苗培育	为增殖放流站长期的正常运行，提供运行经费	2028-2034 年
2.3	放流标记标示	为增殖放流效果评估，提供运行费用	2028-2034 年
三	影响评价与保护对策研究		
3.1	珍稀、特有鱼类增殖放流效果评价	为掌握增殖放流效果，及时指导和调整保护区增殖放流工作，延续该项工作	2015-2034 年
3.2	珍稀、特有鱼类种群数量变动评估	为获取种群生态学参数，分析种群动态趋势，评估工程影响及其生态进程，检验替代生境保护、人工放流等保护增殖措施的效果，并为乌白工程完工后回顾性评价奠定基础，延续该项工作	2015-2034 年
3.3	保护对策研究专题	根据放流效果评价、鱼类种群数量变动评估结果，及时调整保护对策	2015-2034 年
四	渔业生态环境监测	为及时掌握渔业生态环境的动态变化，进行栖息地保护效果评估，延续该项工作	2020-2034 年

2) 暂未开展需尽快按计划实施的保护措施

①保护区渔民转产补贴

根据《长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》，已列计 4000 万元用于保护区渔民转产补贴，其中 1883 万元用于渔船报废补助费、1745 万元用于渔民转产费、372 万元用于核心区渔民安置费，但保护区内转产转业工作暂未实施。

目前，保护区内尚未进行全年禁渔，3~5 月是禁渔期，从事渔业捕捞的人员还有相当数量。根据 2006~2013 年保护区内水生生态监测结果，保护区内存在过度捕捞的情况，致使出现了渔获物中高龄个体变少，低龄个体也难以发现（繁殖群体的大量捕捞和消失导致）的问题，因此逐步实施保护区核心区和缓冲区内渔业转产、加强渔业执法和河道管理等是鱼类资源保护的重要措施。

由于保护区内的渔业过度捕捞，不利于鱼类资源的保护，由于渔业转产转业暂无相关政策和规范，同时保护区涉及的行政区较多，转产补贴工作开展难度大，建议尽快开展并完成渔业转产转业相关政策研究工作，并在研究基础上对保护区逐步实施渔业转产转业，实行核心区和缓冲区河段全年禁渔。

②电子遥测网络建设

根据《长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》，已列计 2000 万元用于保护区电子遥测网络的建设，包括超声波-无线电无人值守监测站建设 600 万元、地面差转台和中心站设备 500 万元、水下和地面设备安装基建费 300 万元、水上移动站 180 万元、超声波信标 200 万元、鱼探仪 90 万元及其他费用 130 万元，但保护区内电子遥测网络暂未实施。

电子遥测网络是对珍稀特有鱼类(主要对象为白鲟)跟踪监测的重要手段，建议按照《长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区生态补偿项目总体协议》尽快实施保护区内电子遥测网络。

3) 已开展但需强化的保护措施

①全面提升保护区管理机构的管理能力

A、目前保护管理存在的不足

目前保护区管理存在不足，主要有：保护区管理条例不适应、保护区管理机构设置欠合理、各级管理机构事权划分不清、管理辖区划分不够清晰、保护区人员能力缺乏、保护日常管理经费不足等。

B、强化措施

a、编制并发布保护区管理办法

针对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区的特殊性，建议尽快开展长江上游珍稀特有国家级自然保护区管理机制的研究工作，在此基础上农业部组织编制并颁布含水生生态专题评价、生态补偿、生态水文调度等相关内容的《长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区管理办法》，作为保护区的管理依据。

b、建立独立的管理机构

由于自然保护区管理和渔政管理的差异较大，建议下阶段开展保护区独立管理的可行性研究，逐步推行建立由农业部直接管理的保护区独立的管理机构。

c、完善的保护区管理制度

针对保护区管理存在的各级管理机构事权划分不清、管辖区域划分不够清晰等问题，建议建立完善保护区管理制度，实现分江段管理，替代按行政区域管理。在重要经济鱼类种群健康研究的基础上，制定保护区捕捞渔船网具控制指标制度，制定保护区主要捕捞对象可捕规格制度。在赤水河水生生态功能区划分和水生态功能价值研究的基础上，制定保护区规范化采砂管理制度。

d、加强人员培训、加大人员和经费投入

针对保护区管理存在的人员能力缺乏的问题,建议建立并开展制度化的人员培训制度,提升保护区相关专业背景的人员比例。由于保护区各管理处(站)实际负责保护区管理的几乎都是渔政执法人员兼任,保护区内日常巡视和管理人员缺乏,建议可以雇用原保护区江段渔民开展河段的日常巡护,尤其是禁渔期的巡护,按3~5月禁渔期聘用临时巡护人员60人(平均每个管理站2人考虑),其余聘用临时巡护人员30人。同时,为了解决各管理江段管理经费不足的问题,本次考虑设置单列部分经费,用于保护区巡护和管理经费。

②强化保护区的宣传工作

A、目前存在的不足

根据大自然保护区协会(TNC)和西南大学渔业资源环境研究中心的走访和调查,当前保护区虽然已基本完成了界碑、界桩的设置,但是周边居民,甚至当地政府对于保护区的了解仍然十分有限。一些地方上的有关部门和涉水工程建设单位,对涉及保护区所需履行的环评手续和生态保护区责任缺乏认识 and 了解。保护区总体规划虽提出社区共管和宣传教育等活动的目标,但是缺乏具体的步骤、策略和手段。当地保护区各管理处(站)的宣传教育工作基本上靠自己摸索,存在内容缺乏、宣教模式单一及相应的硬件设施缺乏等问题。对宣传教育的受众缺乏科学定位和划分,宣教质量和深度有待进一步的提高和深化。

B、强化措施

由于目前保护区在周边的影响力有限,建议强化保护区的宣传工作,具体措施为:

开展广播、音像、画册、展板等丰富多彩的活动,宣传保护区的重要性,提升保护区在社会公众中的影响,每半年在保护区涉及的4省市各开展1次。逐步开展以中小学生为主体的宣传教育活动,编制针对性的宣传教材,结合学校环境教育,促进中小学生对保护区的认识和了解,每年各管理处(站)各组织开展1次。构建宣教、教学实习以及志愿者服务平台,为大中小学生的社会实践和环境教育提供良好的基础设施和资源,面向社会开展鱼类和河流生境保护知识的培训、普及、宣传和教育,充分发挥保护区的社会效益,每年依托保护区鱼类增殖放流站各开展1次。

③强化保护区增殖放流工作

根据《金沙江溪洛渡水电站蓄水阶段环境保护验收调查报告》和《金沙江向家坝水电站蓄水阶段环境保护验收调查报告》，目前增殖放流站放流数量未达到环评报告的要求，报告提出了“加大放流力度，放流数量应满足环评报告及批复的要求”的要求。根据原国家环境保护总局关于金沙江向家坝水电站环境影响报告书的批复(环审[2005]994号文)、关于金沙江溪洛渡水电站环境影响报告书的批复(环审[2005]315号)，提出“提高放流规模和规格”的要求。同时，长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区也将成为乌东德和白鹤滩水电站江段的栖息地保护的主体。因此，应强化保护区增殖放流工作，按照批复要求和乌白江段栖息地保护的需求，逐步提高放流规模和规格，放流规模提高程度拟按20%考虑。

4) 需补充开展措施

①赤水河圆口铜鱼资源量补充措施

根据保护区内水生生态监测结果，目前赤水河内分布有一定规模的圆口铜鱼种群，但主要分布在赤水河下游江段。为进一步发挥赤水河对圆口铜鱼资源的保护区，尽发挥利用赤水河628.23km河长的作用，建议在开展圆口铜鱼迁地保护对赤水河鱼类群落结构和稳定性影响研究的基础上，增加赤水河上游和中游圆口铜鱼资源量补充措施。

在圆口铜鱼人工增殖技术成熟后，可以利用赤水河增殖站对圆口铜鱼进行增殖，并在赤水河中游和上游河段进行人工放流，对赤水河圆口铜鱼资源量进行补充。

②完善赤水河水生生态监测工作

长江珍稀特有鱼类国家级自然保护区共对攀枝花-巧家、永善-水富、宜宾-泸州、江津-巴南、赤水-仁怀等5个江段开展了水生生态监测，监测内容包括：珍稀特有鱼类监测、重要鱼类资源监测、鱼类产卵场与繁殖生态监测、水域鱼类环境监测(水质、污染物、生源要素)、水生生物资源监测、污染带水生生物毒性测试和污染死鱼事故监测等。

保护区赤水河鱼类资源监测范围为仁怀至赤水市河段，未包括赤水河整个河段范围，为全面了解赤水河对长江上游珍稀特有鱼类的保护作用，本次拟将鱼类资源调查范围扩大为赤水河源头至赤水河汇口，调查内容包括珍稀和特有鱼类、

重要经济鱼类、鱼类早期资源量。

③设置向家坝水生生态实验站、赤水河水生生态实验站

目前，保护区干流和赤水河的保护工作已经进入实施阶段，增殖放流站已经建成投入使用，特有鱼类监测也从 2006 年开始执行。但是，由于没有野外生态实验站，因此还没有形成对保护区干流和赤水河珍稀、特有鱼类进行长期、系统、全面研究的机制，对保护区干流和赤水河在珍稀特有鱼类保护中的作用也没有准确的定位和评估，给保护区干流和赤水河生态保护工作造成了困难。本项目通过在保护区干流和赤水河建立生态实验站，深入开展珍稀、特有鱼类的生物学、生态学、遗传学等种群基础研究，提供赤水河鱼类和环境的基础数据资料，分析珍稀特有物种的生境需求和赤水河的环境容纳量，评价保护区干流和赤水河对珍稀特有鱼类物种生存和资源保护的重要作用，为保护区干流、赤水河流域管理和珍稀特有鱼类保护提供有力的科学依据。

因此，建议保护区干流依托向家坝增殖放流站、赤水河依托赤水增殖放流站各设 1 处水生生态实验站，分别服务于保护区干流和赤水河的水生生态监测和研究工作；与建成的重庆水生生态实验站形成区位合理、覆盖全面的长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区水生生态监测网络。水生生态实验站的办公室、实验池塘、暂养救护池等基础设施依托增殖放流站，主要增加办公和实验设备、通讯设施、科考船等。

④补充开展相关科研工作

下阶段根据圆口铜鱼自然繁殖所需水文水动力条件、长江珍稀和特有鱼类繁殖行为生态学特性、保护区鱼类群落动态和稳定性等方面开展相关科研工作，在实施过程中，与农业部、环保部协商，委托相关专业机构编制科研规划；开展保护区管理机制、赤水河综合管理机制等管理机制方面的科研工作，为保护区管理制度的完善提供科学依据和技术支撑；同时，为更好的发挥赤水河对长江上游珍稀特有鱼类(尤其是圆口铜鱼)的保护，补充开展赤水河圆口铜鱼迁地保护的研究和生态文明建设形势下赤水河流域生态环境保护关键技术等方面的科研工作。

⑤补充开展保护区监测评估方案

监测评估方案主要包括 2 方面的内容。一是对保护对策有效性的评估，即是对保护的制约因素是否得到克服，保护对象的生存力或健康状况是否有所改

善；二是状况评估，根据保护区近期的监测评估对保护成效进行评估。

评估方案主要针对重点保护对象的关键生态属性、影响保护对象生存力下降的原因和保护区管理能力等 3 个方面的监测评估指标体系。

A 重点保护对象关键生态属性变化的评估

监测评估内容包括：卵苗发生量、种类数量、健康鱼苗的百分比、家鱼卵苗数量的百分比、单位捕捞努力量的渔获物量、渔获物平均长度、渔获物幼鱼比例检查达标率、（达氏鲃）误捕个体的尾数、（达氏鲃）误捕个体的平均体长、生物完整性指数（IBI）、岩原鲤单位捕捞努力量的渔获物量、岩原鲤渔获物的平均体长等。

B 影响保护区对象生存力原因变化的评估

监测评估内容包括：地表水水质等级、传统产卵场流速、传统产卵场水深、传统产卵场卵石滩坑面积与总面积的比例、繁殖季节最低流量、洪水期时段、年水位波动幅度、4 月朱沱水文站平均水温、繁殖季节朱沱水文站平均水位、河口年径流总量、卵石滩坑面积与总面积的比例、人工坑面积的比例、湿生植物平均最高生物量、植被覆盖度、排污口总量、城镇生活污水集中处理率、工业废水达标排放率、年采砂量、登记渔船数量。

C 保护区管理能力的评估

监测评估内容包括：长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区管理办法、采砂管理三项制度、赤水河功能区管理细则、船网工具指标实施率、保护区管理信息系统、保护区运行经费纳入地方财政预算的数量、生态补偿经费到位率、增殖放流经费、支撑科研项目数、具备专业背景人员比例、实验室设备使用频次、宣传教育受众人次、宣传材料发放数量、专业培训人次。

5) 其他

向家坝水电站坝下至三峡库尾形成了新的河湖（库）生态系统，对于长江上游珍稀特有鱼类的保护具有极其重要的价值，应继续加强保护区管理，限制周边区域不合理开发，严格控制可能影响保护区结构和功能的各类开发建设活动，如拦河坝（闸）、河道采砂、航道整治、桥梁码头等涉水建设工程。

6.5.4.2 乌白江段支流/河段栖息地保护

（1）栖息地保护支流/河段选择及可行性分析

1) 栖息地保护支流/河段的初步比选

乌东德和白鹤滩所在金沙江江段的主要支流有雅砻江、龙川江、勐果河、尘河、鲹鱼河、普渡河、小江、以礼河和黑水河等。

雅砻江是金沙江的最大支流，发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓，在攀枝花市下游的保果汇入金沙江。干流全长约 1570km，流域面积约 13.6 万 km²，占金沙江（宜宾以上）集水面积的 27.5%。河源至江口海拔自 5400m 降至 980m，落差 4420m。根据雅砻江下游河段规划报告，推荐锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩、桐子林 5 级开发，其中二滩水电站已建成发电，锦屏一级、锦屏二级、官地等 3 个梯级目前首台机组已发电。

龙川江为金沙江右岸的一级支流，发源于云南省南华县五街乡米黑们村附近，沿途流经南华县、楚雄市、禄丰县、牟定县、元谋县等 5 县市。源头一段称老厂河，在南华县沙桥镇梁家附近与西北来的一小河汇合后称龙川江，在元谋县江边乡注入金沙江。龙川江全长约 244.9km，落差 1737m，平均比降 7.09%，集水面积 9225km²。黄瓜园镇朱布村以下约 19km 河段，共规划朱布一级、朱布二级和朱布三级 3 个水电站，其中朱布一级、朱布二级已建成发电，朱布三级处于规划阶段。

勐果河发源于云南省武定县猫街关天山南麓，涉及武定县的猫街镇、高桥镇、插甸乡、田心乡、发窝乡、环州乡、东坡乡和万德乡等八个乡镇，在白马口汇入金沙江。河道全长 103km，集水面积 1737km²，平均比降 17.7%，多年平均流量为 12m³/s。中下游规划勐果河一级、大窝塘、己衣、勐果河二级、勐果河三级、四级、五级、六级 8 个水电站，目前勐果河一级、大窝塘、己衣、勐果河二级、五级和六级已建成投运。

尘河源于会理县外北乡龙肘山麓石棚子，自北向南流经县城果园、南阁、彰冠、爱民等乡，于会理县南部新安乡回龙村河口注入金沙江。尘河全长 141km，流域面积 2288km²，河口多年平均流量为 31.9m³/s，天然落差 1460m，平均比降 10.35%。尘河已规划了一库四级开发方案，会理城河电站已经开工建设。

鲹鱼河源于会理东北部马宗乡的马店梁子，流经会东县并于该县南部洛左乡小河口注入金沙江，全长 93.8km，流域面积 1363km²，落差 2050m，平均比降为 21.85%，径流量 8.48 亿 m³。鲹鱼河规划龙头、弯腰树、河门口、可河“一

库四站”开发，其中可河电站已建成、弯腰树电站在建，其余梯级处于规划阶段。

普渡河是金沙江右岸的一条主要支流，发源于嵩明县梁王山北麓上喳拉箐，流经嵩明县、昆明市官渡区、盘龙区、五华区、西山区和呈贡县、晋宁县、安宁县、富民县、禄劝县等 10 个县市区，汇入金沙江。普渡河干流全长 379.6km，落差约 1830m，平均坡降约 4.46‰，河口以上集水面积约 11089km²，多年平均流量 74.7m³/s。普渡河自上而下划分为 4 段，即盘龙江、滇池、螳螂川和普渡河下段。普渡河下游河段的开发任务为单一的水能开发，规划小蓬租（已建）、铁索桥（已建）、克田、江边（已建）、铅厂（已建）、鲁基厂（已建）、甲岩（已建）七级开发。

小江是金沙江下游江段右岸一级支流，发源于云贵高原北部的鱼味后山，流经寻甸、东川和会泽后注入金沙江，小江河长 134.4km，流域面积约 3122km²，天然落差约 1479m，多年平均流量约 49.1m³/s。流域内有 50 多条泥石流冲沟，是著名的泥石流频繁暴发地区。

以礼河为金沙江右岸支流，源出云南省东川市东南野马山，北流过毛家村水库、经会泽县城西，至巧家县境注入金沙江，河长 120.8km，流域面积 2558km²，天然落差约 2110m，多年平均流量约 43.2m³/s。目前已建成毛家村、水槽子、盐水沟、小江等 4 座梯级电站，并兼有灌溉农田 16 万亩的综合效益。

黑水河为金沙江左岸支流，位于四川省凉山彝族自治州境内，发源于昭觉县西部三岗乡马石梁子，自北向南流经昭觉、普格、宁南 3 县，于宁南县东南部葫芦口注入金沙江，全长 173.0km，流域面积 3653km²。河口多年平均流量 80m³/s，天然落差 1931m，平均比降 11.05‰。干流规划苏家湾、公德房、松新、坤顺 4 级开发，已建成苏家湾、公德房、松新和老木河 4 级电站，其中老木河位于坤顺梯级减水河段，规划报废。

乌白江段内各支流河流规模、水电规划和开发情况、环境简况、河道水质和底质情况、饵料生物、鱼类资源和保护对象鱼类分布情况综合比选见表 6.5-3。针对雅砻江锦屏二级大河湾，重点分析其作为圆口铜鱼生境保护的可行性，同时兼顾金沙江下游其他的保护鱼类。

表 6.5-3 各支流替代生境适合性初步比选一览表

	雅砻江	龙川江	勐果河	尘河	鲹鱼河	普渡河	小江	以礼河	黑水河
位置	乌东德库尾，左岸支流	乌东德库中，右岸支流	乌东德库中，右岸支流	乌东德库中，左岸支流	乌东德坝前，左岸支流	白鹤滩库尾，右岸支流	白鹤滩库中，右岸支流	白鹤滩库中，右岸支流	白鹤滩库中，左岸支流
河长 km	1570	261	103	141	93.8	379.6	134.4	120.8	173
流量 m³/s	191	52.2	12.0	31.9	33.5	74.7	49.1	43.2	80
流速 m/s	1.3	0.5	1.0	0.8	1.2	1.8	/	/	1.5
河宽 m	120	5	25	10	40	40	20	10	45
水电规划、开发情况	下游规划 5 级；1 级竣工、3 级首台发电、1 级在建	规划 13 级；6 级已建，7 级待建	中下游规划 8 级，6 级已建，2 级待建	规划 4 级；1 级在建，3 级待建	规划 4 级；1 级已建、1 级在建、2 级待建	下游规划 7 级；6 级已建、1 级待建	下游河段无规划或已建梯级	有已建 4 座梯级电站	规划 4 级；4 级已建(其中 1 级规划拆除)、1 级待建
环境简况	V 型河谷、河谷深切，两岸植被较好	河床宽、水面窄、地势平，两岸农田多	山谷型河流，山体植被覆盖好	平原河谷下切河道，两岸植被较好	河道下切数米，山体植被覆盖好	V 型河谷、河谷深切，山体植被覆盖好	河谷深切，植被稀疏，泥石流频发	V 型河谷、河谷深切，植被覆盖较好	高山~高中山地形、河谷深切，植被较好
水质情况	较好	较差。丰水期 V 类、劣 V 类河段比例大。	较好	较好	较好	较差，劣 V 类。受昆明城市污水、滇池影响	水质较差，TP 指标为 IV 类水体。	较好	较好
底质情况	大石块、砾石、细沙	砾石、细沙、淤泥	卵石、细沙、淤泥	砾石、淤泥	卵石、淤泥	砾石、细沙	大石块、砾石、细沙、淤泥	砾石、细沙	大石块、砾石、细沙
饵料生物情况	浮游藻类：支流枯水期生物量 0.032~0.4986mg/L(除尘河未检出)，黑水河最多、勐果河最低；丰水期生物量 0.2514~0.0497mg/L(除尘河未检出)，龙川江最低。着生藻类：现存量 $1.49 \times 10^{10} \sim 4.72 \times 10^{10}$ ind./L，龙川江最多、雅砻江最低。维管束植物：干支流均未采集到。浮游动物：雅砻江生物量最大，其余支流略小。底栖动物：支流生物量较干流多，雅砻江未采集到，其余断面平均为 2.03g/m²。								
鱼类资源情况	39 种(占干流 54.2%)	15 种(占干流 20.8%)	4 种(占干流 5.6%)	8 种(占干流 11.1%)	12 种(占干流 16.7%)	21 种(占干流 29.2%)	8 种(占干流 11.1%)	2 种(占干流 2.8%)	23 种(占干流 31.9%)

保护鱼类 分布情况	14 种(占干流 82.3%)	5 种(占干流 29.4%)	0 种	0 种	1 种(占干流 5.9%)	2 种(占干流 11.8%)	1 种(占干流 5.9%)	1 种(占干流 5.9%)	4 种(占干流 23.5%)
存在生态 环境问题	生境破碎化严重，有采砂等破坏生境现象	存在水资源分配冲突；生境破碎化严重	规模小、生境破碎化严重、鱼类资源缺乏	规模小、存在生境破碎化、鱼类资源缺乏	规模小、河口已建梯级与库区形成阻隔	水质较差、生境破碎化严重	地质条件差，为著名的泥石流频发地区	规模小、生境破碎化严重、鱼类资源缺乏	规模较大、存在生境破碎化

注：表格中鱼类资源来源于本工程专项调查前的历史调查资料。

综合分析，雅砻江选择一定长度的河段进行保护比较适宜，龙川江（及其左支蜻蛉河）、黑水河可以作为支流栖息地生境进行重点研究；乌东德库尾为长江上游特有鱼类等流水性鱼类提供重要的繁殖栖息空间；雅砻江 119km 锦屏二级大河湾可能满足圆口铜鱼完成生活史的要求，应重点研究其可行性并提出局部改造措施。

2) 龙川江栖息地保护可行性分析

根据《金沙江下游水电梯级开发环境影响及对策研究报告》和《金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书》及批复要求，结合龙川江及左支蜻蛉河的流域概况、水利水电规划及开发现状等，本次重点对尹地至龙川江汇口的约 40km 河段、左支蜻蛉河物茂乡及以下的约 14.5km 河段进行分析。

①龙川江

龙川江为金沙江右岸的一级支流，发源于云南省南华县五街乡米黑们村附近，源地高程 2665m，沿途流经南华县、楚雄市、禄丰县、牟定县、元谋县等 5 县市。源头一段称老厂河，自西南流向东北，在南华县沙桥镇梁家附近与西北来的一小河汇合后称龙川江，折转东南流，经南华县城龙川镇于楚雄市转为北流，向北经禄丰县黑井镇，进入元谋县，在元谋县江边乡注入金沙江，汇口处高程 928m。龙川江全长约 244.9km，落差 1737m，平均比降 7.09‰，集水面积 9225km²。

龙川江径流补给主要来源于降水，径流年内分配不均匀；小黄瓜园站 5~10 月多年径流量约占全年的 87.1%，多年平均最枯月径流出现在 3 月份。龙川江径流年际变化较大，小黄瓜园站最丰年平均流量为 69.7m³/s，最枯年平均流量为 9.59m³/s。尹地至龙川江汇口的约 40km 河段的多年平均流量情况见下表。

表 6.5-4 尹地至龙川江汇口的约 40km 河段的多年平均流量情况 单位：m³/s

断面	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年均
朱布三级	6.19	4.89	3.15	4.31	13.4	30.3	59.1	89.6	71.5	43.7	19	8.05	29.4

根据《龙川江青山嘴以下河段水电规划报告》，尹地至龙川江汇口约 40km 河段集中落差约 147m，河道平均比降约 3.68‰。其中，尹地～黄瓜园镇朱布河

段长约 21km，集中落差约 35m，河道平均比降约 1.67‰，该河段考虑县城、建制镇等城镇建筑及农田分布较多，未规划水电站；黄瓜园镇朱布村以下约 19km 河段，共规划朱布一级（1MW，已建）、朱布二级（1.89MW，已建）和朱布三级（5MW，规划）3 个水电站。

表 6.5-5 龙川江梯级开发规划各电站主要工程特性表

梯级名称	开发方式	坝高(m)	总库容(万 m³)	装机(MW)	年发电量(亿 kW·h)	设计阶段
朱布一级	引水式	2.6	0	1	0.06	已建
朱布二级	引水式	2.7	0	1.89	0.095	已建
朱布三级	引水式	/	/	5	0.177	规划



朱布一级坝址



朱布一级发电尾水(直接引作农灌)



朱布二级库区（闸坝敞开，未蓄水）



朱布二级大坝及下游河道

图 6.5-2 龙川江已建梯级现状（拍摄时间 2013 年 1 月）

根据现场调查，龙川江枯期水量较小、水面较宽、流速较低、水深较浅，两侧有元谋大型灌区分布，农灌需水量大，枯期多处河道有断流、脱水现象，即使在丰水期其流水生境仍不明显；拟保护河段目前分布有 2 个梯级电站（坝高分别为 2.6m 和 2.7m）、1 处橡皮坝（坝高约 3m）、2 处混凝土坝（坝高约 1.5~2m）和 6 处简易坝（低于 1m），河道阻隔、水生生境破碎化严重。龙川江为云南省旱

情较为严重的区域，河道内水利水电工程均以农田灌溉为目的，部分河道内水量目前基本全部用于农灌，在采取农田用水节水措施前，减少引水量以下泄生态流量较难，因此对各水利水电工程采取拆除或改造措施难度较大。龙川江枯期河道多处断流，鱼类资源贫乏；汛期河道内共采集到 11 种鱼类，渔获物中大部分鱼类个体较小，2012 年的 2 次调查未采集到长江上游特有鱼类。

表 6.5-6 元谋灌区水资源供需平衡分析表(75%保证率) 单位：万 m³

月份	水资源总量		现状年		近期规划年		远期规划年	
	过境水量	本区域地表水量	可供水量	总需水量	可供水量	总需水量	可供水量	总需水量
1	1096.27	1345.82	1963.43	3438.57	2706.62	3404.87	2875.3	2875.3
2	1052.64	1121.52	3125.98	5493.91	3531.82	4448.6	3702.85	3702.85
3	556.32	1084.14	2868.81	5039.24	3113.95	3920.07	3186.41	3186.41
4	419.97	1233.67	7424.71	13093.91	7308.69	9225.67	6659.74	6659.74
5	305.42	672.91	4124.5	7259.24	3848.31	4849.67	3915.97	3643.3
6	4074.21	1719.66	2910.67	5113.24	3061.94	3632.6	3396	2727.74
7	8306.59	3925.32	2678.57	1383.24	3024.94	912.6	3396	727.3
8	12931.67	7775.87	2678.57	266.57	3024.94	269.4	3396	309.08
9	8661.11	8710.47	2678.57	1151.24	3024.94	690.74	3396	642.41
10	13613.43	5532.83	2678.57	2076.57	3024.94	1311.54	3396	1138.85
11	1854.39	2579.5	2715.57	3454.91	3024.94	2538.2	3093.58	2138.85
12	1668.95	1682.28	2571.2	4016.57	2719.44	3163.27	2805.96	2805.96

注：相关成果摘自《云南省楚雄州元谋大型灌区续建配套与节水改造规划》。

龙川江干流历史鱼类资源恢复原有鱼类种群和资源量。但是，龙川江干流的水资源分配冲突加大，区域已难以找到替代水源，河道内生态流量难以保障；干流已建水利水电工程的任务基本为满足区域农田灌溉需求，无法通过拆除现有梯级恢复上溯下行通道，修建过鱼措施方式也无法保证其运行水量。因此，龙川江干流作为栖息地进行保护不可行。

②蜻蛉河（龙川江左支）

蜻蛉河属金沙江流域，是金沙江二级支流、龙川江一级支流，发源于云南省姚安县太平乡各苴坪，乌东德蓄水后与库区回水衔接，流经姚安、大姚、永仁、元谋，在元谋县新江村汇入龙川江，流域面积 3583km²，干流总长 160.6km，河床平均坡降 8.25%。蜻蛉河从发源地至大姚县赵家店为上段，河长 90.0km，流

域面积 1157km² (在姚安、大姚两县境内); 从赵家店至新江村为下段, 河长 70.6km, 流域面积 2426km², 从赵家店流至大龙塘下跌约 300m, 往东至元谋县新江村汇入龙川江。

蜻蛉河径流补给主要来源于降水, 径流年内分配不均匀; 多克水文站以上河流长 140km, 径流面积 2855km², 平均流量 16.95m³/s, 枯水期(12 月~次年 5 月)平均流量约 2.67m³/s、汛期平均流量约 31.25m³/s。多克水文站下游 3.9km 处有永定河汇入, 永定河径流面积 619km², 多年平均流量 4.25m³/s。

根据《元谋县水资源开发规划情况报告》, 蜻蛉河在元谋县境内规划新增梯级电站 6 级, 装机容量 29.71MW。待规划梯级电站全部建成后, 物茂乡以下河段将形成多克(水利枢纽, 已建)一那化(0.9MW, 已建)一虎跳滩二级(1.89MW, 已建)一虎跳滩三级(3.2MW, 规划)共 4 个筑坝工程, 上游为虎跳滩电站(1.32MW, 已建), 各电站、水利枢纽主要工程特性见下表。

表 6.5-7 物茂乡以下河段规划电站和水利枢纽、虎跳滩电站主要工程特性表

梯级名称	开发方式	坝高(m)	总库容(万 m ³)	装机(MW)	年发电量(亿 kW·h)	设计阶段
多克枢纽	水利枢纽	2.5	/	无	无	已建
那化	引水式	7.5	/	0.9	0.038	已建
虎跳滩二级	引水式	5	/	1.89	0.1151	已建
虎跳滩三级	/	/	/	3.2	0.1312	规划

综合现场生境调查和相关资料, 龙川江左支蜻蛉河枯期水量较小、流速较低、水深较浅, 保护河段内目前分布有 2 个梯级电站(坝高分别为 4m+7.5m、4.5m)、水利枢纽 1 个(多克, 坝高 2.5m)、简易土坝 1 处(坝高约 3m)、混凝土简易坝 3 处(坝高均不大于 1m), 河道阻隔、水生生境破碎化严重。物茂乡以下河段两岸分布有一定数量从蜻蛉河农灌取水的农田, 农灌需引流量最大约 0.72m³/s, 12 月至次年 5 月河道内剩余水量约占多年平均流量的 5.8%~29.4%; 在 3 月至 7 月鱼类集中繁殖期, 3 月、4 月和 5 月水量较小, 难以保证鱼类产卵期河道内的生态流量; 各水利水电工程坝址处均未下泄生态流量, 部分河段有脱水现象; 部分河段坡降较大, 存在大跌水现象。龙川江枯期河道多处断流, 鱼类资源贫乏; 汛期河道内共采集到 9 种鱼类, 渔获物中大部分鱼类个体较小, 2012 年的 2 次调查未采集到长江上游特有鱼类。

蜻蛉河干流历史鱼类资源较为丰富，丰水期目前河段内有一定数量产卵场分布，若其能够进行水生生境修复，应该可以恢复原有鱼类种群和资源量。但是，蜻蛉河虽不是元谋大灌区主要农灌水源，但利用其径流农灌的引流量相对较大，难以找到替代水源，同时农灌期与鱼类产卵期基本一致，无法保证鱼类产卵期河道内的生态流量；干流已建水利水电工程承担了沿岸地势较低处农田的农灌用水任务，无法通过拆除现有梯级恢复上溯下行通道，修建过鱼措施方式在鱼类产卵期也无法保证其正常运行的水量，其作为栖息地保护的作用很难充分发挥。因此，蜻蛉河干流作为栖息地进行保护不可行。

3) 黑水河栖息地保护可行性分析

黑水河为金沙江左岸支流，位于四川省凉山州境内，发源于昭觉县西部三岗乡马石梁子，自北向南流经昭觉、普格、宁南 3 县，于宁南县东南部葫芦口注入金沙江，全长 173.3km，水面平均宽 45m，流域面积 3591km²。河口多年平均流量 70m³/s，径流量 25.25 亿 m³。天然落差 1931m，平均比降 11.90‰。

黑水河流域径流主要由降雨形成，其次少量融雪、化冰补给。宁南水文站多年平均流量为 70.0 m³/s；径流年际变化小，最大年平均流量 104.5m³/s，最小年平均流量 46.4m³/s；流域径流年内分配不均，主要集中在汛期的 6~10 月，多年平均流量 118m³/s，而枯期（12~翌年 5 月）多年平均流量 31.6 m³/s。黑水河宁南水文站典型年流量分配见下表。

表 6.5-8 宁南水文站典型年流量分配表

代表年	6 月	7 月	8 月	9 月	10	11	12	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	年均
丰水年	82.4	100	141	158	104	55.1	39.4	33.7	29.4	26.2	25	34.3	69.1
平水年	27.8	68.1	68.1	159	121	46.6	37.6	31.3	26	20.8	17.9	17	53.4
枯水年	85.2	100	106	181	118	60.7	42.9	34.5	28.8	25	24.6	33.9	70.1
说明：丰水年为 P=10%、平水年为 50%、枯水年为 P=90%。													

黑水河干流已建成发电的电站至上而下有：苏家湾(5.0MW)、公德房(15MW)、松新(20MW)和老木河(5.2MW)；黑水河干流规划为 4 级开发，即苏家湾(15MW，增加 10MW)、公德房(15MW，已建)、松新(40MW，扩建 20MW)和坤顺(80MW，规划)，均为引水式开发，原有老木河电站报废。



苏家湾电站闸坝



公德房电站闸坝



松新电站闸坝



老木河电站闸坝

图 6.5-4 黑水河已建梯级现状照片(拍摄时间 2013 年 1 月)

表 6.5-9 黑水河梯级开发规划各电站主要工程特性表

规划梯级	苏家湾	公德房	松新	坤顺	老木河
开发方式	引水式	引水式	引水式	引水式	引水式
坝高(m)	5.1/14.45	18	5.3/16.4	12	5
正常蓄水位 库容	25.2 万 m ³	31.6 万 m ³	28.4 万 m ³	12.6 万 m ³	1.86 万 m ³
调节性能	日调节	日调节	日调节	无	无
距河口(km)	63.7	60.6	53.3	44.5	38.1
装机(MW)	5/15	15	20/40	80	5.2
备注	已建	已建	已建	规划	已建, 拟拆除
权属	四川省水电集团普格县电力有限公司	普格县公德房电站投资开发有限公司	宁南县红岩电力有限责任公司	宁南县坤顺水电开发有限责任公司	宁南县坤顺水电开发有限责任公司
说明: 老木河现位于坤顺梯级的减水河段, 远期规划拆除。					

根据 2008 年、2011 年和 2012 年现状调查, 共调查到鱼类 37 种; 其中有短体副鳅、前鳍高原鳅、长薄鳅、张氏𩚰、长鳍吻鮡、钝吻棒花鱼、短须裂腹鱼、

昆明裂腹鱼、短身金沙鳅、中华金沙鳅和黄石爬鮡等 11 种特有鱼类分布；没有列入四川省重点保护野生动物名录。调查到的 37 种鱼类在金沙江干流均有分布，占调查到的金沙江干流鱼类种数的 50.0%，同时长薄鳅和长鳍吻鮡是本工程鱼类增殖站的增殖放流鱼种。

根据调查结果，老木河坝址(距河口 38.1km)以下河段种类明显多于其上游种类，苏家湾坝址(距河口 63.7km)以上河段仅分布有前鳍高原鳅、泥鳅、麦穗鱼和鰕虎鱼等 4 种；苏家湾坝址至老木河坝址河段分布有红尾副鳅、短体副鳅、前鳍高原鳅、泥鳅、麦穗鱼、裂腹鱼、鲫和鰕虎鱼等 8 种，老木河坝址以下河段种类丰富，均有分布。白鹤滩电站蓄水后，正常蓄水位回水长度 30.2km、死水位回水长度 20.5km，老木河坝址以下河段仍可保留流水河段长度 7.9km~17.6km(其中回水变动河段长 9.7km)。

根据栖息地适宜性模拟(RIVER2D 模型)结果，黑水河适宜的栖息地面积较大、河段较长，整体生境适宜性较好。目前存在问题主要有：①已建梯级均有生态流量的下泄，但均存在下泄流量未满足坝址处多年平均流量 10%的要求；②闸厂间河道保持原天然形态，河床较宽，在河道流量大大减小情况下，存在河面宽、流速缓、水深小的现象；③各梯级均未建过鱼措施，各梯级大坝阻隔了鱼类上溯通道，下游种类明显多于中上游。黑水河流量较大，各梯级来水仅用作发电，基本没有其他水资源需求，通过工程和管理措施可以保证生态流量下泄；河道内可以通过河床进行整治、梳理，重塑河道、恢复流水生境；可以通过增设过鱼措施最大可能的减缓各梯级的阻隔影响。

综合以上分析，黑水河河流规模相对较大，汛期和枯期流水状态河段较长，枯期未发现脱水现象，河道生境较好；河道内鱼类资源丰富，调查有 11 种长江上游特有鱼类分布。同时水生生态补充调查和栖息地适宜性模拟等发现的问题，可以采取相关措施恢复适宜水生生境；虽然目前黑水河下游种类明显多于中上游种类，采取增设过鱼设施、生境修复及保证生态流量等措施，同时白鹤滩蓄水运行库区流水生境减少后，中上游鱼类种类可能将有所增加。因此，将黑水河作为白鹤滩江段支流进行栖息地保护是可行的。

4) 锦屏二级大河湾圆口铜鱼保护的可行性分析

雅砻江是金沙江的最大支流，发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓，

于攀枝花市下游的倮果汇入金沙江，干流全长约 1570km，流域面积约 13.6 万 km²，占金沙江(宜宾以上)集水面积的 27.5%。河源至江口海拔自 5400m 降至 980m，落差 4420m。雅砻江干流分上游(两河口以上)、中游(两河口至卡拉乡)、下游(卡拉乡至江口)，与本工程栖息地保护关系紧密的卡拉~江口长约 412km，推荐锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩、桐子林 5 级开发。其中二滩于 1998 年建成发电，锦屏一级、锦屏二级、官地等 3 个梯级目前首台机组已发电，桐子林正在施工（2011 年 11 月截流，预计 2015 年首台机组发电）。

锦屏二级大河湾水文情势主要受锦屏二级水库运行调度控制，根据《雅砻江锦屏二级水电站环境影响报告书》及其批复要求，锦屏二级闸址最小下泄流量为 45m³/s；考虑每年 4~6 月是雅砻江鱼类的集中产卵季节，考虑人造洪峰，下泄流量可以增大到该月多年平均流量的 40%，即 3 月达 120m³/s、4 月达 180m³/s、5 月和 6 月达到 280 m³/s。

表 6.5-10 锦屏二级水电站闸址生态流量下泄要求一览表

	6 月(汛期)	7~10 月 (汛期)	11~2 月 (枯期)	3 月(枯期)	4 月(枯期)	5 月(枯期)
下泄 流量	10d 平均下泄 140 m ³ /s，最 大 280 m ³ /s， 其余不小于 45 m ³ /s	不小于 45m ³ /s	不小于 45m ³ /s	10d 平均下泄 60m ³ /s，最大 120m ³ /s，其 余不小于 45 m ³ /s	10d 平均下泄 90m ³ /s，最大 180m ³ /s，其 余不小于 45 m ³ /s	10d 平均下泄 140m ³ /s，最大 280m ³ /s，其余 不小于 45 m ³ /s

根据锦屏二级减水河段和官地库区 2012 年 11~12 月调查的渔获物情况，调查河段内采集到的 15 种鱼类中，有长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、长薄鳅、鲈鲤、细鳞裂腹鱼、圆口铜鱼、长鳍吻鲈、短须裂腹鱼和中华金沙鳅等 9 种长江上游特有鱼类。其中，圆口铜鱼在锦屏二级减水河段共采集到 2 尾，官地库区共采集到 13 尾。根据早期资源调查结果，官地库尾以上存在多个犁头鳅、中华金沙鳅等产漂流性卵鱼类产卵场，但较为分散，没有规模特别集中的产卵场。与 2007 年该江段圆口铜鱼产卵场监测的结果比较，原官地坝址附近的圆口铜鱼产卵场，由于水库蓄水，已不存在，库尾以上的产卵场本次未调查到有圆口铜鱼产卵，但原产卵场仍有犁头鳅、中华金沙鳅等产漂流性卵鱼类繁殖。

本次利用大河湾原有和新增的 139 个实测河床断面，通过 RIVER2D 二维模型对锦屏二级大河湾的流速进行模拟，判断其是否满足圆口铜鱼鱼卵 0.2m/s 的

起漂流速要求。模拟结果显示：锦屏二级 119km 大河湾总体上维持流水状态，绝大部分河段不存在全断面流速小于 0.2m/s 的现象，小于 0.2m/s 流速的水域主要分布于沿河岸边；但有 8 处局部河段存在全断面流速小于 0.2m/s 的现象(共 8.35km，占整个大河湾的 7.0%)，不满足圆口铜鱼鱼卵起漂流速要求，需要进行生境修复。

为了解圆口铜鱼鱼卵在锦屏二级大河湾实际的漂流和滞留情况，判断其漂流时间是否满足圆口铜鱼鱼卵孵化至具游泳能力的要求，本次开展了 2 次人工鱼卵漂流示踪试验，试验范围均为锦屏二级 119km 的大河湾。试验结果表明，在急流和较急流的典型顺直河道，不考虑风等因素影响的情况下，圆口铜鱼鱼卵单位河长平均漂流时间约 0.68h/km，119km 大河湾内圆口铜鱼鱼卵漂流时间可达 80.9h，可以满足圆口铜鱼鱼卵漂流至具游泳能力的时间要求；根据典型急流顺直河道和典型急流回流河道的试验对比，在平均流速 1.5m/s 的顺直河道内单位河长平均漂流时间为 0.34h/km，回旋河道单位河长圆口铜鱼鱼卵的滞留时间约 0.4h/km，同时大河湾生态修复后河道内平均流速将小于 1.5m/s，119km 大河湾可以满足圆口铜鱼鱼卵漂流至具游泳能力的时间要求。

综合以上分析，锦屏二级大河湾河道规模大、水生生境多样性丰富，大多数河道仍保持流水生境，鱼类资源较为丰富，且目前仍有一定数量圆口铜鱼分布；根据圆口铜鱼人工鱼卵漂流示踪试验结果，119km 大河湾可以满足圆口铜鱼鱼卵漂流至具游泳能力的时间要求；根据二维流速模拟结果，大河湾总体上维持流水状态，仅 8 处局部河段存在全断面流速小于 0.2m/s 现象，河段总长 8.35km，需要进行生境修复，因此将雅砻江锦屏二级大河湾作为圆口铜鱼栖息地保护是可行的。

5) 乌东德库尾（含桐子林以下雅砻江江段）生境保护的可行性分析

乌东德建成投运后，库尾（雅砻江桐子林电站以下）将保持 17.2~52.5km 的河段不受乌东德水电站回水影响，仍具有较复杂的流水生境、急缓流、滩涂潭交错分布，将为长江上游特有鱼类等流水性鱼类提供重要的繁殖栖息空间。因此，乌东德库尾作为长江上游特有鱼类的栖息地进行保护是可行的。

（2）栖息地保护总体框架

由于乌东德和白鹤滩水电站上下游相衔接、开发时序接近，栖息地保护将乌东德和白鹤滩水电站所在江段作为整体统筹考虑。乌东德和白鹤滩水电站所在江

段的栖息地保护，为依托“长江上游珍稀特有鱼类保护区”为主体，开展的金沙江下游乌东德和白鹤滩江段库尾和库区支流的替代生境保护。

通过对乌东德库尾江段和乌白江段内各条可能作为替代生境保护的支流的生境状况、水生生态现状、水电开发与开发现状情况进行调查和资料收集的基础上，分析出比较适合河段或支流。重点对比较适合河段，开展详细的生境调查和水生生态补充调查，采用水动力和水生态耦合模型进行生境模拟，进一步分析拟保护河段作为替代生境的可行性，确定后的替代生境保护的河段或支流。针对确定后的保护河段或支流，根据其生境模拟结果和替代生境保护改造要求，制定相应的替代生境保护比选方案，进行技术、经济、保护效果等综合比选后确认最终保护方案。确定的保护总体框架如下：

①将乌东德库尾(含桐子林以下的雅砻江)、黑水河作为金沙江下游乌东德水电站和白鹤滩水电站所在江段的栖息地保护支流/河段。乌东德库尾江段、黑水河将提供流水生境，可充分发挥其流水生境对长江上游特有鱼类的保护作用；同时该 2 处支流/河段分别与乌东德库区和白鹤滩库区相连，也可为喜缓流和静水生境但需流水刺激产卵的鱼类提供适宜的水生生境。

②乌东德库尾有可能发挥保护圆口铜鱼资源的作用，下阶段将乌东德库尾作为圆口铜鱼资源保护河段进行监测和研究，充分利用乌东德库尾 4~7 月低水位运时不受回水影响河段，尽可能达到对圆口铜鱼资源保护。

③雅砻江锦屏二级 119km 大河湾河段作为圆口铜鱼资源保护河段，充分发挥雅砻江锦屏二级 119km 大河湾对圆口铜鱼资源保护的作用。由于锦屏二级大河湾的生境保护在雅砻江流域水电开发中予以考虑，由雅砻江流域水电开发有限公司承担相关保护责任，相关生境保护措施在乌东德工程中不再考虑。

(3) 保护范围

乌东德和白鹤滩水电站所在江段栖息地保护河段的保护范围为：

①乌东德库尾（含桐子林以下的雅砻江）河段的保护范围为：银江坝下至乌东德汛限水位回水尖灭点干流河段，及桐子林坝下至河口约 15km 雅砻江江段。其中，桐子林坝下 15km 雅砻江江段的生境保护在雅砻江流域水电开发中予以考虑，相关生境保护措施在乌东德、白鹤滩工程中不再考虑。

②黑水河的保护范围为：普格县至黑水河汇口 65km 河段（即已建的河口水电站发电尾水以下河段）。

③雅砻江锦屏二级大河湾河段的保护范围为：锦屏二级坝址至发电厂房的119km雅砻江干流江段。雅砻江江段的生境保护在雅砻江流域水电开发中予以考虑，相关生境保护措施在乌东德、白鹤滩工程中不再考虑。

(4) 乌东德库尾河段保护方案

①保护目标及对象

保护目标：充分发挥乌东德库尾的流水生境对长江上游特有鱼类的保护作用，并为库区喜缓流和静水生境但需流水刺激产卵的鱼类提供适宜的水生生境。

保护对象：金沙江干流分布的长江上游特有鱼类。

②保护方案内容框架

乌东德库尾栖息地保护方案框架如下：

A、生态流量保证措施。依托三堆子水文站，结合金沙江下游生态环境监测系统信息平台的建设，实现乌东德库尾河段生态流量、各梯级流量下泄过程的在线监控和发布，以及时调整下泄设备确保河道生态流量。

B、人工产卵场的塑造。在雅砻江河口的金沙江江段塑造1处人工产卵场，在乌东德蓄水后为喜流水性鱼类提供产卵和栖息等适宜的水生生境。

C、后期监测、管理措施。建议将乌东德汛限水位尖灭点至银江坝址金沙江干流河段申报为鱼类种质资源保护区，严禁生产型的渔业作业及淘金、挖沙等对河道生境造成干扰和破坏的行为。

③生态流量保证措施

乌东德库尾河段的生态流量主要受雅砻江桐子林水电站和金沙江中游的银江水电站的控制，目前金沙江干流在雅砻江汇口下游有三堆子水文站，因此通过三堆子水文站的观测，可以满足乌东德库尾河段生态流量的观测要求。

根据《金沙江下游流域生态环境监测实施方案》，三峡集团公司拟建设金沙江下游流域生态环境信息管理系统，提供信息服务、信息共享、信息发布、信息综合分析和动态信息集中管理服务的综合信息平台，实现监测数据和信息的统一收集、存储、管理，及时跟踪监测、分析梯级电站开发对生态环境的影响，为环境影响回顾评价积累基础数据，并有助于金沙江下游流域生态环境信息资源管理和监测方案优化。

可依托三堆子水文站，结合金沙江下游流域生态环境信息管理系统的建设，

实现对乌东德库尾河段流量的实时在线监控,并根据监控情况及时调控梯级生态流量下泄措施,达到保证河道内生态流量和流量过程的要求。

④人工产卵场的塑造

A、人工产卵场位置选择

在金沙江中游银江水电站、金沙江下游乌东德水电站建成后,乌东德正常蓄水位将与银江坝址基本衔接,在4~7月乌东德低水位运行时,乌东德汛限水位尖灭点与雅砻江桐子林坝址约有17.2~52.5km的江段不受回水影响。为充分发挥流水江段作用,考虑河口区生境多样性,一般较适宜鱼类产卵,拟在雅砻江河口的金沙江干流河段开展人工产卵场的塑造和研究。

B、产卵场修复和人工塑造

为了满足乌东德库尾江段鱼类产卵所需的底质条件,拟在雅砻江河口区域按照蛮石、砾石和沙滩为主要底质,塑造1处鱼类人工产卵场。

⑤后期监测、管理措施

A、管理措施

根据《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》(第一阶段成果),桐子林坝下保留15km流水江段,与金沙江的乌东德库区连通,河流汇口生境多样性较高,对上述水域保护,能够为雅砻江中下游大多数鱼类提供繁殖、栖息等的多种水生态环境需求,建议相关部门申报为鱼类种质资源保护区,保护范围为桐子林坝下15km流水江段及雅砻江汇口附近乌东德库尾金沙江流水江段,保护对象为雅砻江下游除产长距离漂流性卵的大多数喜流水生境鱼类。为了给长江上游特有鱼类提供适宜的栖息环境,需要充分利用乌东德汛限水位尖灭点至金沙江干流河段,因此,建议将乌东德汛限水位尖灭点至银江坝址金沙江干流河段也划入鱼类种质资源保护区,实施统一管理。严禁生产型渔业作业,禁止围河造地、采砂淘金、人工捕捞、修建水利水电工程等破坏水生生境的工程建设活动。

B、后期监测

为及时了解乌东德库尾江段对长江上游特有鱼类的保护效果,后期需要对该江段的鱼类资源和繁殖情况进行紧密跟踪观测,尤其是长江上游特有鱼类的资源量和繁殖情况,根据鱼类种群动态变化观测结果和科研阶段成果,及时调整保护、修复方案。

调查范围：铜子林坝下至乌东德坝址。

调查内容：流量、水质、鱼类资源、鱼类早期资源量、浮游、周丛、漂浮生物。

调查时间：乌东德蓄水后，每 2 年开展 1 次，每次春、秋 2 季调查。

流量观测：三堆子水文站。

水质断面：铜子林坝下雅砻江、三堆子水文站、钒钛工业园区、师庄各设 1 处断面。

鱼类、饵料生物调查断面：铜子林坝下雅砻江、乌东德库中、乌东德坝前各设 1 断面，具体可由调查单位根据实际情况进行调整。

⑥预计效果

根据乌东德库尾江段水生生境条件及鱼类资源分布情况，预计乌东德库尾栖息地保护效果为：

A、乌东德建成投运后，在 4~7 月乌东德低水位运行时，库尾（雅砻江桐子林电站以下）将存在 17.2~52.5km 的河段不受乌东德回水影响，急缓流、滩涂潭交错分布，可为鱼类栖息提供多样的生境条件。

B、库区流水生境大大减少，喜流水性鱼类可能迁移至库尾江段栖息、繁殖，并为库区喜缓流和静水生境但需流水刺激产卵的鱼类提供适宜的水生生境；但受乌东德水库调度和桐子林电站运行等的影响，鱼类资源量和种类仍将较现状有所减少。

（5）黑水河栖息地保护方案

1) 保护目标及对象

保护目标：充分发挥黑水河流水生境对长江上游特有鱼类的保护作用，并为乌东德、白鹤滩库区喜缓流和静水生境但需流水刺激产卵的鱼类提供适宜的水生生境。

保护对象：重点为黑水河分布的短体副鳅、前鳍高原鳅、长薄鳅、张氏鱼餐、长鳍吻鮡、钝吻棒花鱼、短须裂腹鱼、昆明裂腹鱼、短身金沙鳅、中华金沙鳅和黄石爬鮡等 11 种特有鱼类，并兼顾金沙江干流分布的其他长江上游特有鱼类和黑水河其他土著鱼类。

2) 保护方案比选

为改善黑水河现状水生生境，更好的发挥其栖息地保护的作用，本次拟定了 2 个保护比选方案，具体如下：

方案一：拆除黑水河现有已建的苏家湾、公德房、松新和老木河等 4 个梯级，局部河段开展微生境修复，恢复黑水河天然河道生境。

方案二：不调整黑水河梯级布局规划，采取增设过鱼设施、保证生态流量下泄、减水河段生境修复等措施。

两个方案的实施内容及比选情况详见下表。

两个方案的实施内容见表 6.5-11。方案综合比选情况见表 6.5-12。

表 6.5-11 保护比选方案设计内容框架一览表

方案	过鱼措施	生态流量下泄措施	局部河道重塑措施	现有梯级拆除措施
方案一	/	/	对局部河道进行整理、生境修复	苏家湾、公德房、松新、老木河 4 级拆除，坤顺不再建设
方案二	苏家湾、公德房、松新采用技术型鱼道；老木河、坤顺采用仿自然旁通道	利用鱼道和放水闸相结合下泄，最小下泄流量不低于坝址处多年平均流量 10%	各梯级电站闸厂间局部河段改造	/

表 6.5-12 保护方案综合比选一览表

项目	方案一	方案二
方案主要内容	拆除苏家湾、公德房、松新和老木河等已建梯级；后期黑水河不再进行水利水电工程的建设。对黑水河局部进行微生境改造。	各梯级增设过鱼设施、布置生态流量保证和监控措施、减水河段进行生境修复。
栖息地适宜性	完全恢复天然河道生境，保护效果最佳。	可保证河道连通性，保证全河段适宜鱼类栖息。但受各电站的运行、调度影响，保护效果较天然情况有一定差距。
阻隔、过鱼难度	无阻隔影响	共 4 个梯级。坝高、过鱼措施设计水头相对较小。
投资	可采用 2 种方式。①一次收购方式；②采用逐年发电效益补偿方式，根据各梯级多年平均发电量予以补偿。	一次性投资约 1.4 亿元。
协商难度	各电站发电效益是地方主要财政收入来源之一，全部拆除对地方社会经济影响较大。黑水河各电站分属 4 个不同的业主，沟通难度大。根据已沟通情况，近期该方案难以与各方达成一致意见，难以落实。	过鱼设施、生态流量措施为黑水河流域原环保要求，措施的实施不会对各电站效益产生新的影响，实施难度相对较小；减水河段的修复，对各电站效益不会产生影响，实施难度小。

施工难度	均可实施，无明显差异。

根据对比结果，方案一的鱼类保护效果最好，但工程投资大，对地方经济效益影响较大，协商难度极大，近期难以实施；方案二在保护效果方面虽较方案一存在一定的差距，但也可提供鱼类适宜的栖息环境，可以发挥栖息地保护的作用。

根据《四川省凉山州黑水河干流水电规划环境影响报告书》及审查意见，黑水河干流主要的水生生态保护要求是生态流量下泄及其保障措施、过鱼措施的设计和建设要求等。方案二中关于黑水河替代生境保护需求与黑水河干流水电开发的生境保护需求是一致的。

综合考虑，推荐近期采用方案二，后期进行跟踪监测和效果评估，根据保护方案实施效果，优化调整黑水河鱼类栖息地保护方案。

3) 保护框架及实施进度要求

①保护框架

为满足拟保护河段鱼类上溯下行通道的恢复要求，增加并保证闸坝处下泄流量，对局部栖息地适宜性较差的河段重塑河道以恢复流水生境等的要求，黑水河需建设过鱼设施，采取生态流量泄放和监督措施，实施河道修复和生境保护，采取土著鱼类生态放流，加强渔政管理等五个方面的工作。为推进黑水河栖息地保护工作，2014 年 5 月，在凉山彝族自治州人民政府监督下，普格县人民政府、宁南县人民政府，苏家湾、公德房、松新和老木河梯级电站建设单位与中国长江三峡集团就上述工作，达成了《黑水河鱼类栖息地保护责任框架协议》，确定了黑水河鱼类栖息地保护实施进度要求和各方责任及义务。

A、鱼类上溯、下行通道恢复：苏家湾、公德房、松新、老木河、坤顺建设过鱼设施。

B、闸坝处下泄流量的增加和保证：苏家湾、松新、老木河、公德房放水闸与鱼道相结合下泄，坤顺设专门设施下泄。

C、重塑河道、恢复流水生境：对减水河段进行河道整治和梳理。

D、实施鱼类增殖放流：结合乌东德水电站鱼类增殖放流站、乌东德和白鹤滩过鱼措施的建设，开展黑水河土著鱼类增殖放流。

E、加强渔政管理，强化宣传，严禁违法捕捞、采砂等破坏环境行为。

②实施进度要求

A、在乌东德、白鹤滩水电站下闸蓄水之前，完成苏家湾、松新、老木河、公德房梯级过鱼设施、生态流量下泄保障及监控措施建设，同步开展梯级减水河段生态修复工作；

B、在坤顺梯级开发同时，落实过鱼措施、生态流量下泄保障及监控措施；

C、在乌东德、白鹤滩水电站截流后，即开展黑水河流域鱼类增殖放流工作；

D、逐步禁止违法捕捞、采砂等破坏环境行为。

4) 保护措施

①过鱼措施

各梯级过鱼种类主要考虑长薄鳅、长鳍吻鮡和中华金沙鳅等 11 种黑水河分布的长江上游特有鱼类，并兼顾其他土著鱼类的坝上、下交流问题。

根据黑水河的鱼类特征，各梯级过鱼时间主要考虑为鱼类产卵期 3~7 月，同时兼顾其余时间坝上、下游鱼类的交流。

根据各种过鱼措施工作原理、应用范围、优缺点和过鱼效果，结合各梯级工程区地形条件、工程特性（枢纽布置、坝型、坝高）、鱼类生物学特性等方案，各梯级过鱼方式比选详见下表。

根据比选结果，苏家湾、公德房、松新等 3 个梯级确定采用技术型鱼道的过鱼方式，老木河采用仿自然旁通道的过鱼方式。坤顺梯级过鱼措施，本次仅为建议方案，具体措施和措施经费在坤顺水电站工程内容考虑。

表 6.5-13 各梯级过鱼方式综合比选一览表

梯级名称	枢纽工程区地形条件	工程特性	过鱼对象特征	过鱼方式比选	推荐方式
苏家湾	右岸为山体；左岸较为开阔，但布置有引水渠、引水闸、放水闸等设施；左岸分布有大量农田，人为干扰严重。	坝高：5.1m 坝前、坝下最大水头差：4.1m 坝型：闸坝	齐口裂腹鱼、短须裂腹鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、短体副鳅、钝吻棒花鱼、中华金沙鳅等课题保护鱼类为主，兼顾其他鱼类。	苏家湾和公德房条件较为类似，均为低水头坝，可用技术性鱼道或仿自然旁通道。	技术型鱼道
公德房	右岸为山体；左岸地势也有一定坡度，但相对较为平坦；布置有引水管、引水闸等设施。	坝高：18m 坝前、坝下最大水头差：11m 坝型：闸坝		右岸为山体，不具备仿自然旁通道布置所需地形条件；左岸已有设施较多，不适合布置仿自然旁通道。	技术型鱼道
松新	右岸相对较为平坦，但布置有引水渠、引水管和 212 省道；左	坝高：5.3m 坝前、坝下最大水头差：		低水头坝，可用技术性鱼道或仿自然旁通道。左岸为	技术型鱼道

	岸为山体。	4.3m 坝型：闸坝		山体，没有仿自然旁通道布置所需地形条件；右岸已有设施较多，不适合布置仿自然旁通道。	
老木河	右岸为山体，且有引水渠、引水闸等分布； 左岸较为平坦。	坝高：5m 坝前、坝下最大水头差：4m 坝型：闸坝		低水头坝，可采用技术性鱼道或仿自然旁通道。右岸较为平坦且无设施布置，有仿自然旁通道布置条件；同时老木河闸坝运行年代久，坝体破损严重，不宜改造增设技术型鱼道。	仿自然旁通道
坤顺	右岸为山体，且有引水管、引水闸等分布； 左岸较为平坦，分布为农田。	坝高：9.9m 坝前、坝下最大水头差：6.9m 坝型：闸坝		低水头坝，可采用技术性鱼道或仿自然旁通道。左岸为平坦地，具有仿自然旁通道布置条件。	仿自然旁通道

②生态流量保证措施设计

根据《四川省凉山州黑水河干流水电规划环境影响报告书》及其审查意见，各规划梯级电站闸坝址处按断面多年平均流量的 10%下泄最小生态流量。为对比分析增加下泄生态流量时减水河段的生境适宜性改善效果和最小下泄 10%生态流量时进行河道修复效果，本次采用一维水动力模型对坝址处下泄多年平均流量的 10%、12.5%、15%流量情况下，天然河道以及下泄 10%流量但进行河道修复情况下各梯级减水河段典型断面的水力参数。

根据各条件下的水力参数对比分析结果，坝址处下泄生态流量从多年平均流量的 10%提高至 15%后，各梯级减水河段由于河床较宽，最大水深和平均水深等水力参数改善有限；在坝址处下泄多年平均流量 10%的情况下，采取河道修复、主河槽重塑等措施后，减水河段最大水深、平均水深水力参数均优于 15%流量情况，改善效果相对更为明显，同时河道束窄后水面宽仍在 9.01m~33.78m 之间，具有一定规模，适宜鱼类栖息。

从措施的落实和运行管理难易程度看，坝址处生态流量从多年平均流量的 10%提高至 15%，将对各梯级的发电效益产生较大影响，而黑水河各梯级涉及 4 个电站业主，与各方的沟通难度较大；此外，按断面多年平均流量的 10%下泄最小生态流量为已批复的黑水河流域规划环评的要求，是地方政府日常监督和管理依据，若提升至 15%，运行过程中可能存在较多的利益纠纷，栖息地的日常监督和管理难度较大。

综合增加下泄生态流量的实施效果、措施的落实和运行管理难易程度等因素，黑水河各梯级生态流量按照四川省凉山州黑水河干流水电规划环境影响报告书》及其审查意见提出的坝址处多年平均流量的 10%进行泄放。

各梯级流量下泄情况见下表。

表 6.5-14 各梯级生态流量下泄一览表

梯级	坝址处下泄流量 (m³/s)	设计工况(m³/s)		不利工况(m³/s)
		过鱼措施下泄	放水闸下泄	放水闸下泄
苏家湾	4.8	0.44	4.36	4.8
松新	5.2	0.81	4.39	5.2
老木河	6.4	0.5	5.9	6.4

A、苏家湾、老木河和松新

苏家湾、老木河和松新等 3 个梯级，将放水闸下泄和过鱼措施下泄相结合的方式，不利情况（库区水位低于过鱼措施底板高程）全部由放水闸下泄。

B、公德房

公德房选择过鱼措施下泄和进水池增设生态流量泄放管结合的方式满足生态流量的下泄，其中鱼道下泄 0.8m³/s、生态流量泄放管下泄 4.1m³/s；不利情况（库区水位低于过鱼措施底板高程）全部由生态流量泄放管下泄，即 4.9m³/s。

C、流量监测和视频设备

根据所需监测流量大小及液体性质，选用明渠超声波流量计，该流量计分体设置，箱体置于发电厂房监控室内，可以在现场屏幕上看到流量信息，另从箱体处引 4-20mA 电流信号上放水闸和鱼道进口处的 LCU 柜内模拟量输入模块，并对监控系统做相应设置，便于运行人员实施监测流量，并可实施上网发布

为了更好的满足生态流量泄放监测的需要，考虑各梯级在放水闸、鱼道和溢流堰处各设置 1 摄像头。考虑到使用在室外，且需夜间监视，故摄像头选用红外夜视放水一体机，安装在放水闸导流墙、放水闸闸墩和鱼道进口处。该视频信号接入发电厂房监控室现场屏幕上，并可以实施上网发布，以便于运行人员、相关单位实时观察画面。

③局部河段河道重塑措施设计

黑水河栖息地保护河段平均比降 11.90%，目前已建 4 级电站，尽管各梯级均有生态流量的下泄，但径流条件显著改变，河道流量较天然条件大大减小，保持天然地貌特征的现状河流河床相对过宽，尽管河面水域面积较大，但水流流速过缓、水深偏小、局部河床在枯水期连续性差等条件均不能满足水生生物栖息生长要求。需要进行梳理和河床治理，束窄主河床，提高河道水生生境适宜性；同时考虑为减水河段营造多样的水生生境，梳理和河床治理的同时塑造一些深潭缓流区。根据黑水河地貌特征及工程条件，河道重塑范围选择在各梯级闸厂间减水河段。

河床纵向剖面设计以现有自然河道的蜿蜒形态为基础，根据实际测量结果，在河道蜿蜒段、高跌水区等关键位置设置底斜坡、浅滩、深潭微地形。

横向剖面形态主要结合黑水河天然河床宽窄不一的特点进行设计，此外需要考虑常枯水流量条件下的断面水深要求。在尽可能保留河床横断面原始形态的前提下，对于跌水较大或过水面积过大而造成断面水深过小的区域，根据情况进行河床整理，既确保水流的连通性，也保障具有一定的水深条件；对于非稳定河床结构进行局部加固。

④保护河段泥沙淤积管理要求

A、白鹤滩回水影响河段

根据白鹤滩水库黑水河泥沙淤积预测结果，水库运行 100 年，黑水河汇合口存在一定泥沙淤积现象，基本上不会形成较大的淤积沙坎，汇合口处河道坡降对鱼类洄游不会产生影响，但为保证黑水河栖息地保护效果，白鹤滩水电站运行后应跟踪观测河口泥沙淤积情况。

B、白鹤滩回水以上河段

黑水河宁南站多年平均输沙量 467 万 t，多年平均含沙量约 $1.85\text{kg}/\text{m}^3$ ，5~

10 月输沙量约占年输沙量的 99.5%，11 月至翌年 4 月河流含沙量很小，呈大水大沙的特点。

黑水河泥沙含量较高，日常维护过程中，应定期对坝前淤积情况进行巡视，加强过鱼措施和生态流量下泄措施的维护，确保各项措施正常运行。

汛期各梯级泄洪排沙时，库区沉积的泥沙可能将被输送入减水河段，减水河段已塑造的河段将可能出现局部冲刷和泥沙淤积现象。因此，应在汛后对黑水河各梯级减水河段河床形态、泥沙淤积等情况进行巡视和维护。

⑤ 栖息地保护管理要求

目前，凉山彝族自治州人民政府、普格县人民政府、宁南县人民政府、各梯级电站业主、三峡集团公司，已签订栖息地保护责任框架协议，确定了黑水河栖息地保护的管理构架、协调机制和各方责任等。

协议确定由凉山彝族自治州人民政府牵头，普格县人民政府、宁南县人民政府及渔业主管部门，各梯级电站业主，三峡集团公司共同成立黑水河鱼类栖息地保护工作组，作为栖息地保护措施实施和后期管理的协调机构。

框架协议明确了凉山州人民政府，普格、宁南两县人民政府，各梯级电站业主和三峡集团公司的职责，是 4 方共同的承诺，是具有可信性与可操作性的。具体各方职责如下：

A、管理构架与协调机制

由凉山彝族自治州人民政府牵头，普格县人民政府、宁南县人民政府及渔业主管部门，各梯级电站业主，三峡集团公司共同成立黑水河鱼类栖息地保护工作组，作为栖息地保护措施实施和后期管理的协调机构。

a、普格县人民政府、宁南县人民政府及渔业主管部门职责

按照属地管理原则，强化渔业执法，加大鱼类栖息地保护，加大对破坏生境和鱼类资源行为的打击力度，做好黑水河干流河段的水政、渔政和环境保护宣传及管理工作。

b、各梯级电站业主职责

按照《四川省环境保护厅关于〈四川省凉山州黑水河干流水电规划环境影响报告书〉的审查意见》，配合三峡集团公司开展黑水河干流苏家湾、公德房、松新和老木河梯级过鱼设施、生态流量泄放及监控措施等的规划、设计和建设；若需

扩容，乙方应按照黑水河干流规划环评审查意见要求，自行负责梯级过鱼设施、生态流量泄放及监控措施等的设计和建设。

坤顺电站在建设过程中，应按照黑水河干流规划环评审查意见要求，落实梯级过鱼设施、生态流量泄放及监控措施等的规划、设计和建设。

各电站在运行期，应保证过鱼设施、生态流量泄放及监控措施等的正常运行。

服从黑水河鱼类栖息地合作保护工作组的协调。

c、三峡集团公司职责

按照黑水河鱼类栖息地保护实施进度要求，负责落实黑水河干流各梯级减水河段河道必要的生境修复工作；负责委托有资质的中介机构编制开展黑水河鱼类栖息地保护总体工作规划、计划；负责黑水河干流苏家湾、公德房、松新和老木河梯级过鱼设施的设计、建设和维护。

结合金沙江乌东德和白鹤滩水电站过鱼措施、鱼类增殖站的建设，在具有管辖权的渔业行政主管部门的监督下，负责开展黑水河鱼类增殖放流。

负责聘请有相应资质的科研单位开展黑水河鱼类栖息地保护前后的监测和科研工作。包括：地表水水质监测、水生生态监测、过鱼措施效果监测和研究、增殖放流效果监测和评估等。

服从黑水河鱼类栖息地合作保护工作组的协调。

d、凉山州人民政府职责

统筹组织、协调黑水河干流水生生境和栖息地保护工作，督促保护工作与黑水河干流开发进度相协调；督促各方落实黑水河鱼类栖息地保护各项措施以及后期正常运行的监督管理；由凉山州水务局督促各方做好河道管理工作；由凉山州环境保护局督促各电站按要求下泄生态流量；由凉山州水产渔政局负责督促各方按规划和环评做好水生态修复及渔业资源保护工作；督促指导普格、宁南等相关县人民政府加强黑水河干流河段的水政、渔政和环境保护宣传和管理工作的。

B、管理制度

a、巡视及例会制度

栖息地合作保护工作组，应定期对黑水河鱼类栖息地保护工作进行巡视检查，召开栖息地保护工作例会，协调、督促各方按要求落实各项保护措施，保证各项措施的正常运行。

各梯级电站负责对过鱼设施、生态流量泄放及监控措施等进行巡视、管护，保证其正常运行。

三峡集团公司负责对黑水河栖息地保护各项环保措施进行定期巡视，负责落实苏家湾、公德房、松新和老木河梯级过鱼设施的维护，落实减水河段河道必要的生境修复和维护，协调、落实黑水河鱼类增殖放流工作。

b、报告制度

黑水河鱼类栖息地保护管理中所有要求、通报、评议等，均采用书面文件或函件形式来往。各梯级电站业主应向栖息地合作保护工作组上报梯级措施运行记录报表；三峡集团公司应向栖息地合作保护工作组上报黑水河鱼类栖息地保护工作季报和年报；栖息地保护工作组根据年度保护工作成果和效果，形成黑水河鱼类栖息地保护年度总结报告。

c、宣传和培训制度

为增强黑水河沿岸居民和当地政府对栖息地保护的了解，提高沿岸居民的环境保护意识，普格县人民政府和宁南县人民政府应经常采用广播、音像、宣传栏、专题讲座等方法进行黑水河鱼类栖息地保护的宣传。

对栖息地合作保护工作组成员、各梯级电站专职或兼职人员、三峡集团公司专职人员，定期进行业务培训，同时组织考察学习，以提高业务水平。

D、管护基础设施与能力建设

普格县人民政府和宁南县人民政府，依托各部门现有能力，开展水政、渔政和环境保护宣传及管理工作。

三峡集团公司设专职人员 1~2 人、各梯级电站设专职或兼职人员 1~2 人，负责相应措施的落实和运行维护。

同时，为了满足对黑水河栖息地的日常巡视和管护，三峡集团公司应配备管护车辆、影像采集设备、通讯设备、宣传设备等相关设备。

为加强黑水河栖息地保护工作，近期按照框架协议确定方案开展黑水河栖息地保护措施，建设单位正在研究对黑水河梯级电站采取电量补偿或者赎买等方式，后期进行跟踪监测和效果评估，进一步制定切实有效的生境保护方案。

5) 预计效果

根据黑水河水生生境及鱼类分布等现状情况，结合本次提出的相关措施，预

计黑水河栖息地保护效果为：

A、生态流量泄放、过鱼设施、减水河段河道修复等措施实施后，黑水河拟保护河段的连通性将得到保证，减水河段的生境适宜性得到改善，并可为鱼类栖息提供多样的生境条件。

B、由于乌东德、白鹤滩库区流水生境大大减少，喜流水性鱼类可能迁移至黑水河栖息、繁殖，并为乌东德、白鹤滩库区喜缓流和静水生境但需流水刺激产卵的鱼类提供适宜的水生生境，黑水河鱼类种类将可能增加；黑水河鱼类资源由于受到底质和梯级电站的影响，鱼类种类和资源量仍为下游多于中上游，但由于连通性和河道生境适宜性等的改善，中上游鱼类种类和资源量将较现状有所改善。

（6）雅砻江锦屏二级大河湾江段保护方案

锦屏二级大河湾的生境保护在雅砻江流域水电开发中予以考虑，由雅砻江流域水电开发有限公司承担相关保护责任，本报告给出建议保护方案框架，相关生境保护措施及保护经费在乌东德、白鹤滩工程中不再考虑。

1）圆口铜鱼鱼卵漂流所需水力条件保障措施

通过改造河道形态、局部束窄河床，或者调整锦屏二级生态流量下泄过程、在产卵期增大下泄流量，保证河道内流速满足圆口铜鱼鱼卵起漂流速 0.2m/s 的要求。

2）锦屏二级大河湾圆口铜鱼鱼类资源恢复措施

通过在官地下游雅砻江河段、乌东德所在金沙江干流对圆口铜鱼捕捞，通过运鱼车运至锦屏二级大河湾上游侧、人工产卵场处进行人工放流，对大河湾的圆口铜鱼资源量进行补充。

3）生态流量保障措施

依托锦屏二级生态流量在线监控系统、大沱水文站和泸宁水文站，结合金沙江下游生态环境监测系统信息平台的建设，实现锦屏二级大河湾生态流量、各河段河道流量的在线监控和发布，以及时调整下泄设备确保大河湾生态流量。

4）大河湾河道生境修复措施

对目前局部流速较大并存在大跌水的河段进行改造、河床重塑，减缓局部河段的坡降和流速，满足圆口铜鱼上溯产卵条件；对受淘金和挖沙已造成干扰、生

境条件较差的河段进行河床和岸坡进行整理，改善生境条件。淘金挖沙区形成死水区和深潭的河段，建议将死水区和深潭区与河道水体导通，并对河道内的河床进行重塑；围河造地束窄的河段，建议根据该河段上下游未受干扰河段的河宽对其河床进行重塑，并塑造生态型护坡。

5) 产卵场的修复和人工塑造

对于受淘金和挖沙已造成干扰的原具规模的圆口铜鱼产卵场进行修复，尽可能的利用原适宜其产卵的河段；同时，在大河湾上游河段塑造几处人工产卵场，充分发挥大河湾 119km 河长以满足圆口铜鱼鱼卵孵化至仔鱼具游泳能力的漂流时间。为了满足圆口铜鱼产卵所需的底质条件，并兼顾雅砻江保护的其他鱼类的产卵要求，拟在 XF05 河段、和爱乡产卵场和健美乡产卵场按照蛮石、砾石和沙滩为主要底质，各河段从上游至下游依次塑造 3 处 100m 长的鱼类人工产卵场。

6) 后期监测、管理措施

建议将整个锦屏二级 119km 大河湾全部纳入水产种质资源保护区，严禁淘金、挖沙等对河道生境造成干扰和破坏的行为；目前圆口铜鱼产卵条件、鱼卵孵化的最小漂流时间和漂流距离等课题暂未攻克、基础科研成果较为缺乏，锦屏二级大河湾在改造后是否能达到保护圆口铜鱼的目的暂不能确定，后期需要进一步的跟踪观测、研究并配套相应措施。

7)开展雅砻江锦屏二级大河湾圆口铜鱼产卵场跟踪观测及保护等相关研究。

6.5.5 增殖放流

6.5.5.1 乌东德白鹤滩分站增殖放流对象和数量

根据《金沙江下游水电梯级开发环境影响及对策措施研究》确定的乌东德白鹤滩增殖放流站的主要放流对象和规模，乌东德白鹤滩分站承担的放流种类合计为 8 种，每年放流苗种总数量为 105 万尾。近期主要进行长薄鳅、齐口裂腹鱼、圆口铜鱼、鲈鲤放流，长鳍吻鲈、四川白甲鱼、裸体鳅鲇、前臀鲃则作为中长期增殖放流对象，在驯养繁育和苗种批量生产技术突破后进行增殖放流，规划见下表。

表 6.5-15 乌东德白鹤滩水电站鱼类增殖放流规划表

放流种类		放流规格	放流数量(万尾)
近期	长薄鳅	4~6cm	10

	鲈鲤	4~6cm	5
	齐口裂腹鱼	4~6cm	10
	圆口铜鱼	4~6cm	20
远期	长鳍吻鮡	4~6cm	20
	四川白甲鱼	4~6cm	10
	裸体鳅鮡	4~6cm	20
	前臀鮡	4~6cm	10
合 计			105

6.5.5.2 乌东德白鹤滩鱼类增殖站建设方案

根据《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》（环办[2012]4号）要求，水电建设项目在“三通一平”阶段，水生生态保护的相关措施应列为水电项目筹建及准备期工作内容。因此，在乌东德水电站“三通一平”环评工作阶段，就已经针对乌东德、白鹤滩水电站需求开展了鱼类增殖站前期设计工作，经方案比选后规划将阿巧沟上游缓坡地作为鱼类增殖站站址，规划占地面积 7.7hm²，建设鱼池、苗种生产车间以及附属房屋等。

（1）工艺选择

根据水资源状况，遵循节约人力、能源和水资源的原则，同时兼顾部分野生鱼类的生活习性，采用以循环水养殖模式为主，流水养殖模式为辅的混合养殖模式，以满足乌东德白鹤滩鱼类增殖站放流鱼类苗种培养和野生亲鱼驯养规划。

循环水养殖模式中，养殖用水经过初滤、沉淀、臭氧消毒和微滤等处理程序后再供养殖系统使用。养殖系统将采用半封闭式低耗高效的水处理技术，养殖废水经地埋式水处理设备进行处理后排放（图 6.5-5）。粪便和残饵等固体肥料集中干燥后，供站内果树绿化作为肥料利用，或提供给增殖站附近的果农和菜农使用。另外，考虑到部分野生鱼类适应稀养的生活习性，设计部分室内、室外流水鱼池和室外大型微流水鱼池，外排水经地埋式水处理设备进行处理后，达标排放（图 6.5-6）。

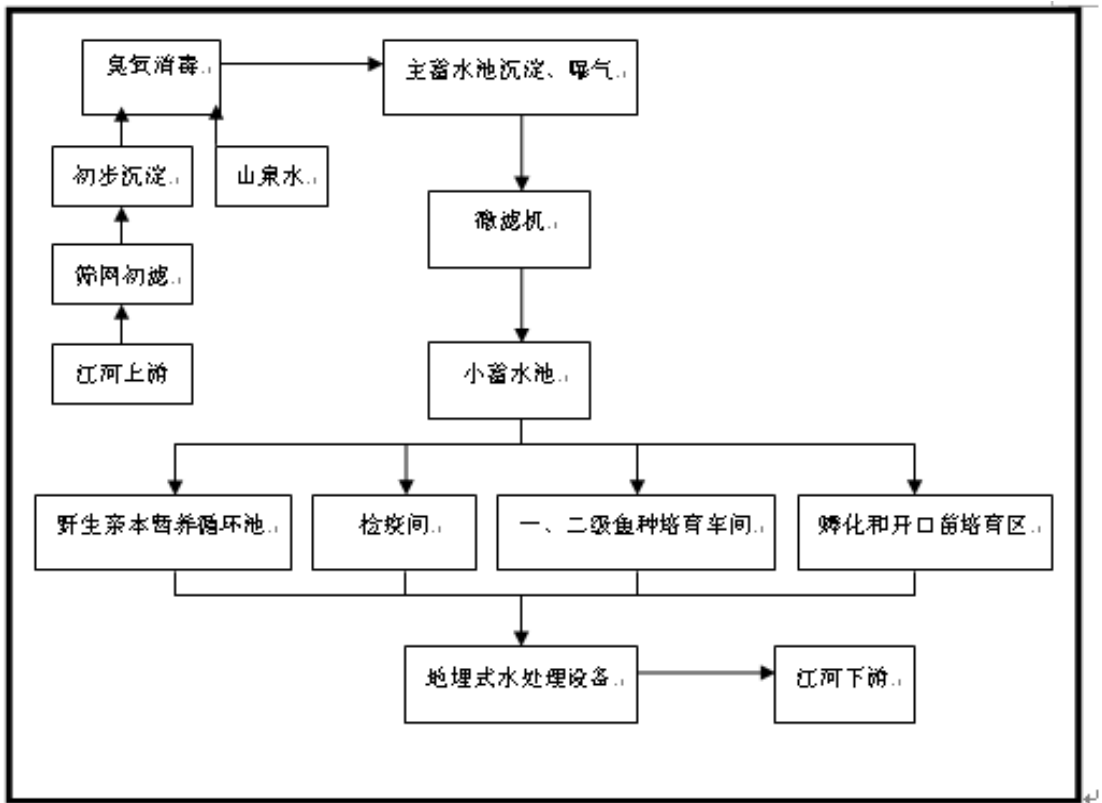


图 6.5-5 乌东德白鹤滩增殖站循环水养殖系统水流向图

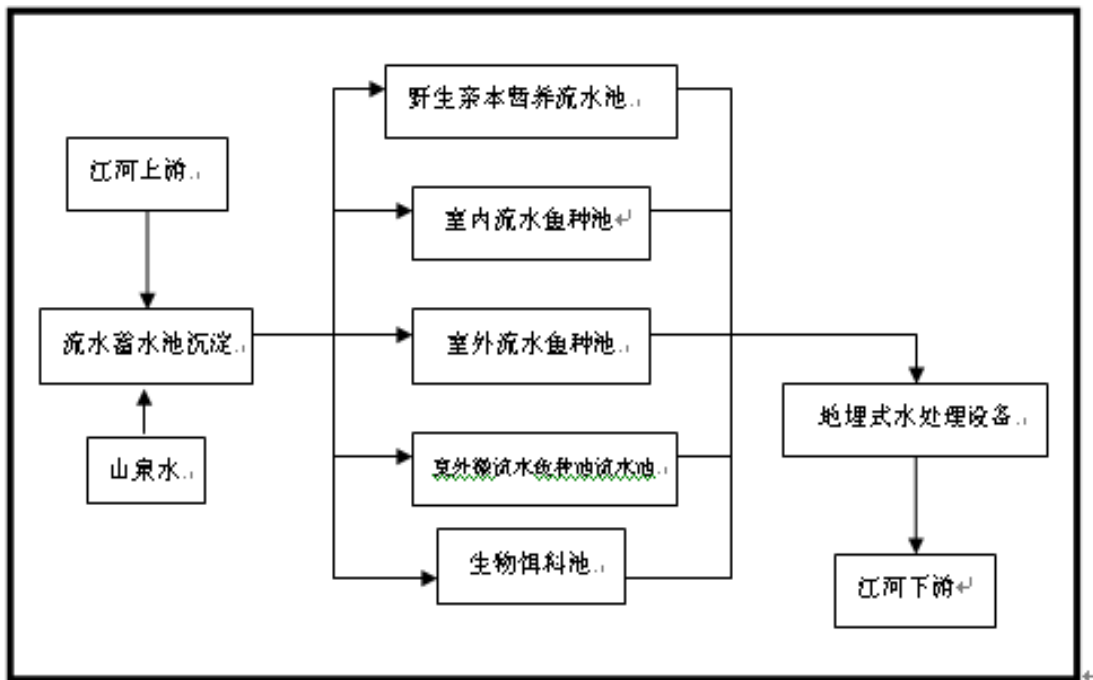


图 6.5-6 乌东德白鹤滩增殖放流站流水养殖系统水流向图

(2) 工程设计

①总平面布置

拟建乌东德白鹤滩鱼类增殖放流站位于金沙江右岸下游施期缓坡上,距乌东

德坝址约 4.6km，下游以阿巧大沟为界，上游与乌东德水文站相邻，西侧与施工道路相邻，总用地面积约 7.7hm²。

场地高程分布 855m~940m 之间，地形总体平缓，北西高、南东低，坡度约 12°，靠山内侧 930m 高程以上较陡，坡度约 37°。场地内无明显滑坡、泥石流等地质灾害影响，场地整体稳定性好，适宜建设。

依据地形条件和工艺设计要求，将场地由北到南、由高至低划分为五个主要台地，依次布置办公生活区、生产区以及养殖废水处理区，三个区之间相对分隔，互不干扰。办公、生活区与生产区之间保留约现状芭蕉林、花椒林绿化带，美化基地环境的同时也成为生态化养殖的重要一环。

办公生活区由综合楼和户外休闲绿地组成，综合楼的主要功能为办公、监控、展示、食堂及住宿；生产区由流水养殖蓄水池、循环水养殖主蓄水池、鱼卵孵化及开口苗培育车间、一级鱼种培育车间、二级鱼种培育车间、野生亲本循环水养殖池、野生亲本流水养殖池、室外流水鱼种池、室外微流水鱼种培育池、仓库、检疫间和生物饵料池组成；养殖废水处理区主要为 40m³/h 地下污水处理站组成。

增殖站循环主蓄水池、流水养殖蓄水池、小蓄水池布置在场地西侧高处缓坡上，便于养殖用水自流；生活及消防用水由北侧 100m³ 高位水池提供；室外箱变布置在综合楼的西南端，减少对养殖区干扰。增殖放流站主要建、构筑物详见下表。

表 6.5-16 增殖放流站主要建、构筑物一览表

项目		单位	数量	备注
一、工程规模				
养殖规模		万尾/年	97	
放流规模		万尾/年	97	
供水规模		t/d	900	日最高养殖用水量
工程用地面积		hm ²	7.7	
二、主要建、构筑物				
1	综合楼	幢	1	
2	一级鱼种培育车间	幢	1	
3	二级鱼种培育车间	幢	2	
4	鱼卵孵化和开口苗培育车间	幢	1	
5	仓库	幢	1	
6	检疫间	幢	1	
7	野生亲本循环水养殖池	幢	1	

8	野生亲本流水养殖池	幢	1	
9	室外流水鱼种池	座	1	
10	流水养殖蓄水池	座	1	
11	循环水养殖主蓄水池	座	1	
12	消毒池	座	1	
13	小蓄水池	座	1	
14	沉淀池	座	1	
15	室外微流水鱼种培育池	座	1	
16	生物饵料池	座	3	总容积 $V_m=1094\text{ m}^3$
17	高位水池	座	1	100t
18	取水泵站	座	1	
19	地埋式污水处理站	座	1	40m ³ /h
20	野生亲本培育池	幢	1	

②主要建（构）筑物设计

具体设计参照长江勘测规划设计研究有限责任公司和水利部中国科学院水工程生态研究所于 2013 年 8 月编制的《金沙江乌东德白鹤滩水电站鱼类增殖放流站工程初步设计报告》，简述如下。

建筑物

综合楼平面采用一字型布局，3.9m×7.2m 的标准开间尺寸。一层设门厅、鱼类展示室、视频监控室、接待室、厨房、餐厅、办公室及宿舍，二层会议室、实验室、办公室及宿舍。

办公楼为二层框架结构，建筑层数 2 层。

养殖车间共有四幢，分别为一级鱼种培育车间（一幢）、二级鱼种培育车间（两幢）、鱼卵孵化和开口苗培育车间（一幢）。车间均采用 21m 跨度的标准厂房。建筑层数：1 层；建筑层高：7.2m。

检疫隔离用房均为一层坡屋面式建筑，建筑风格与环境协调。检疫隔离间内布置两个检疫水池，可交替使用。检疫隔离间层高 3.6m。

仓库布置在生产区的中心位置，方便又养殖车间使用。仓库层高 3.6m。

构筑物

野生亲本循环水养殖池由 2 个钢筋混凝土养殖池组成，池体尺寸长度 40m，养殖区池面宽 4m，总宽度 13m，养殖区平均水深 1.5m，超高 30cm。养殖池顶由门式钢架覆盖，防止阳光直射。

野生亲本流水养殖池池体总长度 30m，养殖区池面宽 4m，总宽度 13m，养殖区平均水深 1.5m，超高 30cm。养殖池为钢筋混凝土结构，池顶由门式钢架覆盖，防止阳光直射。

室外共建直径 4m 的流水鱼种池 28 个，每个池养殖水体容积 15 m³。采用流水养殖方式，流量维持每 24 小时更换一次。养殖池为钢筋混凝土结构，池顶由门式钢架覆盖，四周采用钢线网维护。

室外微流水鱼种培育池 1 个（80×18×1.5m），钢筋混凝土结构。出水口建 1 个集鱼坑，水位控制和排放采用 30cm 直径的 PVC 管。微流水鱼种池放养密度较低，水面种植水生植物。

在综合楼规划建设 6 个 8m×8m 的方形野生亲鱼培育池、1 个 8m×20m 的长方形野生亲本培育池和 1 个 8m×20m 的环道野生亲本培育池。

钢筋混凝土蓄水池 2 个。总长 40m、总宽 30m、水深 2.5m、超高 0.5m，沿纵轴隔成 2 个池，结构同循环水养殖主蓄水池。

循环水养殖蓄水池总容积设计为 1200m³，长 30m，宽 20m，蓄水深 2m，超高 0.5m，沿纵轴中线隔离成 2 个池。主蓄水池在最低处设积污沟和排污管，定期清洗沉淀的淤泥。

③生产能力建设

孵化

鱼卵孵化、开口鱼苗及流水鱼种培育车间 1 栋，长 50 m，宽 20m，面积 1000m²。

乌东德白鹤滩鱼类增殖放流站放流任务中鲈鲤、齐口裂腹鱼、四川白甲鱼和前臀鲃等 4 种鱼产粘沉性卵，4 种鱼的年放流数量达 35 万尾。考虑到受精率、孵化率和苗种成活率等方面的因素，每年需要孵化的鱼卵数量最低在放流量的 2 倍以上；另外，每批次的产卵量不可能刚好满足单个孵化器的最大孵化密度；再者，考虑到孵化设施在使用过程中的损坏和故障，在假设所有鱼卵均运到鱼类增殖站孵化的条件下，配置孵化槽 2 个，单次单个孵化槽可孵化数十万尾粘性鱼卵，2 个孵化槽可交替使用，在放流季节还可以用来作为待放流鱼种短时间存放用。

圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅和裸体鳅鲶等 4 种鱼产漂浮性卵，4 种鱼年放流量达 70 万尾。配置 1 组共 6 个孵化桶，每个孵化桶每次孵化 8-10 万粒漂浮性鱼卵。孵化桶宜采用玻璃钢或不锈钢等材料制作，桶内壁必须光滑，进水口阀门

连接用活结，并在靠近上部孵化桶一侧的活结处安装一片 40-50 目（根据鱼苗大小确定网目）的网片，以防停电时水回流，鱼卵和鱼苗流入进水管和过滤器。

苗种培育

开口鱼苗培育缸直径 1m，养殖水体体积约为 200L，2 组共 20 个，每个鱼缸可养殖开口鱼苗 8000-10000 尾。水深可调节，开口鱼苗培育缸除用于养殖开口鱼苗外，还可通过在水位控制管上沿加 PVC 直通的办法提高水位，用于养殖小规格鱼种。以利于分筛鱼种时，满足养殖多规格和多品种的需要。

孵化设施和鱼苗培养缸均采用分组循环水处理系统供水，水体加热按每升水 1 瓦配置电加热棒，各组配置独立的紫外线杀菌灯。

室内流水鱼种培育池共 32 个，每个水体容量为 5m³，水流量保持每 24 小时更换 1 次。每池可养 4-6cm 的鱼种 2500 尾。

循环水鱼种培育车间共 3 栋，均为 50m×20m，单间面积 1000m²。

一级循环水鱼种培育车间 1 间，内设置直径 2m、水深 0.63m 的水泥鱼池 40 个，单个鱼池养殖水体为 2m³，二级 2 间，每间各设直径 4m、水深 1 m 的水泥鱼池 10 个，单个鱼池养殖水体体积为 13m³。养殖水体设计成整数，有利于将来养殖过程中鱼种疾病的预防和治疗。

室外共建直径 4m 的流水鱼种池 28 个，每个池养殖水体容积 15m³。采用流水养殖方式，流量维持每 24 小时更换一次。

为满足部分野生鱼类的生活习性，建室外微流水鱼种培育池 1 个（80×18×1.5m）。出水口建 1 个集鱼坑，水位控制和排放采用 30cm 直径的 PVC 管。微流水鱼种池放养密度较低，水面种植水生植物，以保持较低的水温和吸收营养物质。

生物活饵培育池 3 个，总长 178m，宽 5m，面积 890m²，池水深 1.2m，总水体积 1068m³，超高 0.3m。饵料池底由两端向中部倾斜，坡度 3‰，排水口设在各饵料池中部，采用插管控制水位和排放。

采用堆肥办法消毒固体鱼类粪便，用于培育生物饵料。也可采用豆浆和破碎粉状饵料培育生物饵料。要对生物饵料进行充分漂洗和消毒处理后才能用于投喂鱼苗。

（3）建设条件

1) 供水

养殖用水水源来自金沙江抽水和施期山泉水，在山泉水供应充足的情况下优先使用山泉水；生活用水引自阿摆营地。根据有关检测结果，山泉水可直接用于流水养殖，供循环水养殖部分需经臭氧消毒、沉淀和曝气处理后自流到各个用水点。从金沙江提水分两级提水，第一级从江水抽入沉淀池，经过初步沉淀后，供流水养殖的部分直接泵入（第二级）流水蓄水池进一步沉淀后直接使用；而供循环水养殖的部分再泵入主蓄水池进一步臭氧消毒、沉淀和曝气处理。

生活用水引自阿摆营地，引水距离约 2.0km，在增殖站用地范围内北侧设置 100m³高位水池，高程约 938m。高位水池已为乌东德水文站预留 20m³生活用水量。

养殖用水由施期山泉水和金沙江提水两部分组成，在山泉水供应充足的情况下优先使用山泉水。施期山泉水引水距离约 1.5km；金沙江取水分两级提水，总扬程约 90m，取水水位约 817m。

经计算，增殖站高峰期日用水量约 900 t/d。

2) 供电

增殖站供电电源引自施期道路 10kV 架空线（T 接，距离约 500m），并附带一台容量为 250kW 的柴油发电机组作为备用电源。

3) 交通

乌东德水电站对外交通公路以右岸进场路为主，以左岸进场路为辅，由跨金沙江大桥沟通左右两岸。本工程施工期间，左右岸专用进场公路均未建成通车，主要由右岸撒营盘至新村公路进场，辅以左岸新马乡至坝址的简易道路进场。本项目距坝址约 4.6km，由右岸施期道路接入。

（4）建设进度

按“三同时”的原则，鱼类增殖站在“三通一平”阶段建成，大江截流前运行。施工总工期拟定为 7 个月。计划 2013 年 4 月鱼类增殖放流站开始建设，2013 年 11 月建成。具体设计、建设和试生产调试工期安排如下：

2013 年 3 月完成该工程项目招标规划设计报告、土建及设备安装招标文件（施工图深度）、设备采购招标文件的审查；

2013 年 4 月～2013 年 8 月进行构筑物的建设；

2013 年 8 月~11 月完成设备安装；
2013 年 11 月~2014 年 3 月进行调试运行。

(5) 管理要求

鱼类增殖站建成后应纳入电站枢纽工程管理范围内，作为电站永久建筑物，由电站业主负责统一管理和运行。

可将增殖放流工作划分为两个部分，分别为技术攻关与生产操作。技术攻关项目可以采用项目招标方式，发包给有相当能力的单位执行。生产操作则由放流站内固定员工完成。

放流站设管理人员 1 名，负责放流站科技攻关项目招标管理以及监督各项生产任务的执行，完成相关营运手续，并负责定期向地方环保部门报告放流站执行情况等工作。专业技术人员 1-2 名，负责鱼种放流及苗种生产等生产操作的技术指导。生产工人则视实际需要聘请临时工人，在苗种生产的不同阶段，工人数量可以根据生产需要确定，通常在鱼类繁殖季节工作量较大，而在非繁殖季节较少，放流后更少，可以酌情减少临时聘用工人的数量。

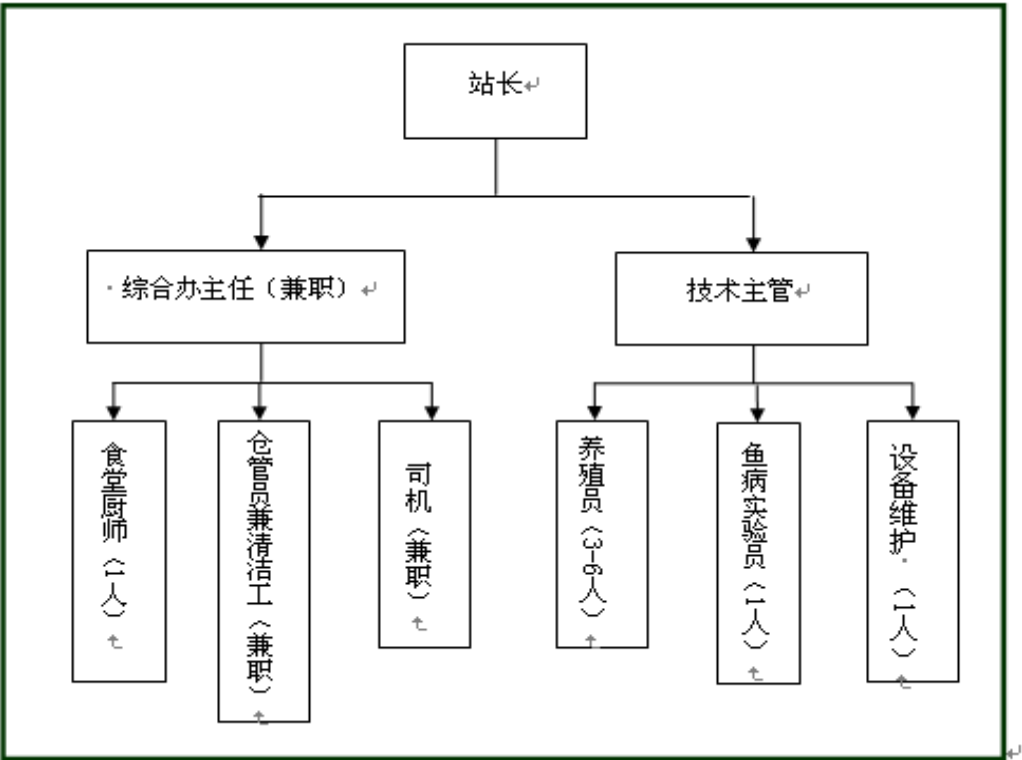


图 6.5-7 乌东德白鹤滩鱼类增殖放流站组织管理结构图

6.5.5.3 放流方案

(1) 放流目标

通过实施珍稀特有鱼类的人工增殖放流实践工作，逐步恢复珍稀特有鱼类种群和资源量，促进其自然繁殖；增加鱼类资源量，以达到保护水域生物多样性和品种遗传多样性的目的；同时，可出产优质安全的水产品，提升渔民收入水平，最终取得巨大的经济效益、社会效益和生态效益。

(2) 放流技术路线

实施人工放流的主要内容分为三个部分，即放流前准备工作、实施人工放流工作，以及进行效果评价，并进行反馈，以对今后的人工增殖放流工作进行改进。其中放流前准备工作主要由种质鉴定、苗种检疫、苗种标记、苗种暂养和苗种运输等 5 个主要节点组成，实施放流工作主要由野外驯化、现场公证、仪式宣传、人工放流以及渔政监管等 5 个主要节点组成。效果分析主要由资源量监测、渔获物分析、标记-重捕分析，以及室内实验分析等 4 项主要内容组成，其技术路线见下图。

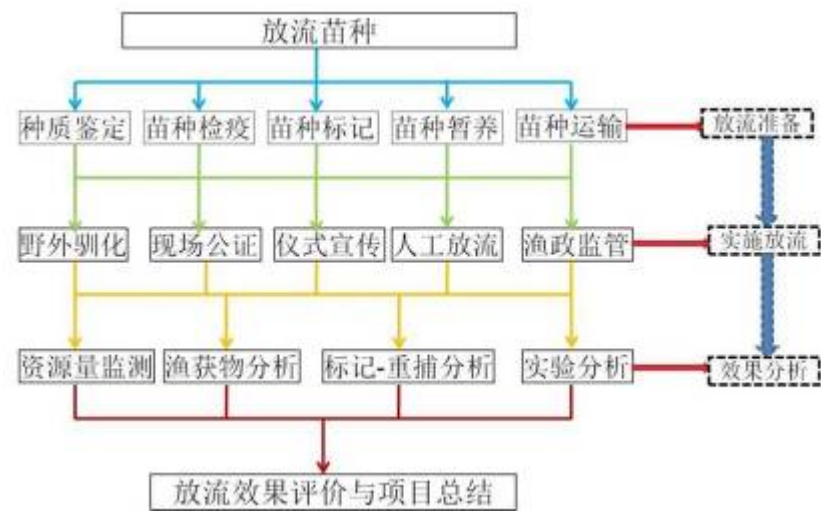


图 6.5-8 人工增殖放流主要节点及其技术路线示意图

(3) 主要实施内容

1) 放流鱼种来源

根据国家的要求，实施主要鱼类增殖放流的亲本及苗种来源必须符合《水生生物增殖放流管理规定》，因此，增殖放流站的放流鱼种将主要来源于本水域野生亲本繁殖的子一代鱼种。为满足放流任务的要求，苗种将通过捞取野生幼苗、繁殖季节捕捞的成熟野生亲本催产和驯养成功的野生亲本催产 3 种方式获得。

2) 放流时间和地点

每年 3-6 月禁渔期和 9-11 月蓄水至高位时可开始人工放流。具体时间根据

放流品种生长速度、培育状况及相关准备工作和放流条件而定，一般为每年 9 月份。

根据《金沙江干流下游河段梯级开发鱼类增殖放流设施建设总体规划》，从增殖库区鱼类资源的角度，对其中部分种类尤其对流水环境要求不高的种类，齐口裂腹鱼、鲈鲤、四川白甲鱼、前臀鲃等，在库区、库尾及支流放流。圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅、裸体鳅鲶等喜流水，其性腺发育及产卵繁殖活动对流水环境有特殊需求，在乌东德库尾及一些具有较长流水河段的支流放流。

在放流实施过程中，应加强对各放流水域鱼类资源及种群结构变化、放流对象不同放流地点放流效果的监测，并根据监测结果、金沙江中游水电开发及鱼类增殖放流实施情况，及时调整放流地点与数量。

放流具体地点应由放流实施单位现场勘测后确定，宜选择在饵料资源比较丰富，敌害生物少，水底倾斜度小，水位落差较小，底质较硬，无淤泥和水草丛生以及水交换能力较强的库湾投种。放流时一定要多点分散投放以确保放流效果，至少选择 3 个放流点进行分散投放。特别选择在其长期生长、繁殖的水域或相适应的水域进行放流。

（4）增殖放流管理与实施

1) 放流技术监督

放流技术监督旨在实施人工增殖放流实践中，对放流全程的亲鱼、苗种及放流过程的质量进行监督，对放流总结报告进行审查，搜集并整理增殖放流的鱼类数据库，为不断完善放流工作，建立合理的放流规范服务。主要内容如下：

①增殖放流全程质量监督

根据资源稀缺程度，对稀有珍稀鱼类（例如：长薄鳅、裸体鳅鲶、前臀鲃等）的增殖放流进行全程监督，使之始终处于受控状态。对地方性保护鱼类增殖放流主要在质量控制节点（亲鱼采捕、人工繁殖、苗种培育、病害防治、苗种投放）进行重点监控。

②增殖放流报告审查

每年及时编写增殖放流报表和年度报告等送上级相关主管部门审查，包括放流种类、放流规模及规格确定，放流江段及放流时间选择，放流鱼类的标记方法及经费使用等方面的改进意见。

③建立增殖放流鱼类资料数据库

在收集相关资料的基础上，分类整理增殖放流鱼类的技术资料，主要包括放流种类、规模、地点、承担单位，鱼种来源、规格、质量，标志方式、数量，鱼类监测评价、标志鱼类回捕情况等，并建立增殖放流鱼类资料数据库。

2) 种质检测与鉴定

根据《水生生物增殖放流管理规定》，放流苗种必须是本地种的原（良）种或者子一代，无病无伤，禁止放流杂交种和外来物种。放流苗种应符合 GB/T9956-1988、GB/T11776-1989、GB/T 11777-1989、GB/T 11778-1998、SC/T 1040-2000 等规定的质量要求。亲本选择、种质鉴别要通过具有资质的鱼类分类专家的技术把关，严格按照相应技术规范进行操作。并由有资质的养殖非运行单位对苗种进行种质鉴定，出具《苗种质量鉴定报告》，确认苗种质量。

3) 放流组织管理

增殖放流由增殖放流站运行单位提供项目实施技术支撑和具体操作，库区周边及沿江有关市县渔政机构和环保管理机构协助配合。放流活动中关于苗种种质鉴定、放流公证、放流鱼种检验检疫由各放流点的渔业行政主管部门聘请市级以上的种质鉴定机构、公证机构、鱼种检疫机构实施。放流现场的组织运行（放流仪式、新闻报道、市民参与等）由各放流点的渔业行政主管部门组织实施。放流实施前后，与当地渔政执法部门协商，对放流江段实施不少于一星期的临时禁渔管理和其他保护措施。

4) 苗种标记

放流效果评估是增殖放流实施中必不可少的一个环节，有效评估增殖放流效果，可及时反馈放流鱼类的存活、生长等情况，可为调整放流的规模、规格及其种类提供有力支撑。

放流效果评价主要通过标志放流、野外重捕及野外监测等方法分析放流种类在放流前后的资源量变化，主要聚集区域、在渔获物中的比例等获得放流鱼类的直接或间接数据，从而评估增殖放流效果。为了保证苗种标记和放流效果评估的客观、科学性，该部分内容由相关专业科研完成，并根据结果撰写科研报告，对放流结果进行科学评估。

人工增殖放流中，繁殖亲鱼经常被反复使用，导致亲鱼间个体频繁近亲繁殖，

进而使种群遗传特征逐步丧失，导致鱼类种质退化，对珍稀及特有鱼类而言，将可能使物种适应环境的能力下降，健康度下降，最终威胁物种生存。

①繁殖亲鱼的标记与管理

为了尽可能避免珍稀特有鱼类的近亲繁殖，保持苗种进化潜力和健康度，对亲鱼群体逐一安装体内微型线码标志（DCWT 标记），并建立基于遗传标记的鱼类遗传信息数据库，为避免近亲繁殖的配对策略提供数据支撑。本方案对放流的珍稀特有鱼类安装体内 DCWT 标记，亲鱼标记的数量按照 100 尾/种来计算。所有珍稀特有种类均建立基于微卫星的遗传标记体系，并通过遗传标记体系监测亲鱼和子代的遗传结构变动趋势，监测和分析放流苗种对野生群体的长期遗传学影响。

②放流苗种的标记

为了评估和监测放流苗种的运动轨迹、成活率，为后期评估和反馈放流效果，改善放流方案，来提供数据支撑。

针对放流物种的特点，拟采用遗传分子标记，对于所有放流的珍稀特有水生动物进行遗传分子标记跟踪，对参与亲鱼群体进行遗传标记的检测，对将放流的子一代群体进行放流前的遗传标记备份、跟踪和反馈。

6.5.6 过鱼设施

6.5.6.1 过鱼对象及时间

过鱼种类重点考虑产漂流性卵洄游的圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅和中华金沙鳅等长江上游特有鱼类和重要经济鱼类，除此之外兼顾影响区域分布的裂腹鱼科、鲃科、鮡科、鲿科等其它省级保护、红皮书和特有鱼类的坝上、下交流问题。

本工程过鱼时间主要考虑为鱼类产卵季节，即每年的 3~7 月。

6.5.6.2 过鱼设施类型

目前，主要的过鱼设施类型包括鱼道、仿自然通道、升鱼机、鱼闸、集运鱼系统等。其主要特点和试用条件如下：

（1）鱼道

鱼道为呈连续阶梯状的水槽式过鱼构筑物，由进口、槽身、出口和诱鱼补水系统等组成，鱼道示意图如下。进口多布置在水流平稳，且有一定水深的岸边或

溢流坝出口附近。可适用于大部分鱼类，对鱼类洄游能力要求不高，鱼类通过鱼道上溯时，不会受到伤害。

主要缺点为高水头大坝适用性较差，一般不适用于上下游水头差超过 40m 的工程，且需结合电站枢纽布置，对主体工程和调度运行有一定的影响。



垂直竖缝式鱼道 阶梯型鱼道

图 6.5-9 鱼道示意图

(2) 仿自然通道

仿自然通道是在岸上人工开凿的类似自然河流的小型溪流，通过溪流底部、沿岸由石块堆积成的障碍物的摩阻起到消能减缓流速的目的。仿自然旁通道系统要求有足够的空间，一般应用于缓丘低山地形，不适宜水头过高的大坝，也不适宜高山峡谷区，还应避开人口稠密区域、减少对鱼类的干扰。由于坡度相对较小，所需空间大，一般运用在较小的河流及上下游水位差不大的工程上。



图 6.5-10 仿自然通道示意图

(3) 鱼闸

鱼闸的操作原理与船闸极其相似，鱼类在闸室中凭借水位的上升，不必溯游便可过坝。鱼闸运行分四个阶段：先开启下游门，通过上游门或旁通管向下游泄

水，鱼被吸引入闸室；关闭下游门，充水至闸室水位与上游水位齐平；开启上游门，通过旁通管产生的水流让鱼游入或用驱鱼栅驱入上游；关闭上游门，开启下游门，重复以上步骤。

(4) 升鱼机

升鱼机是利用机械升鱼和转运设施过坝，操作原理是用一个捕集器直接截获鱼。升高捕集器时，鱼及捕集器下部中少量的水被升起直到捕集器到达坝顶。此时，捕集器下部向前翻转，将其内含物倒入前池。

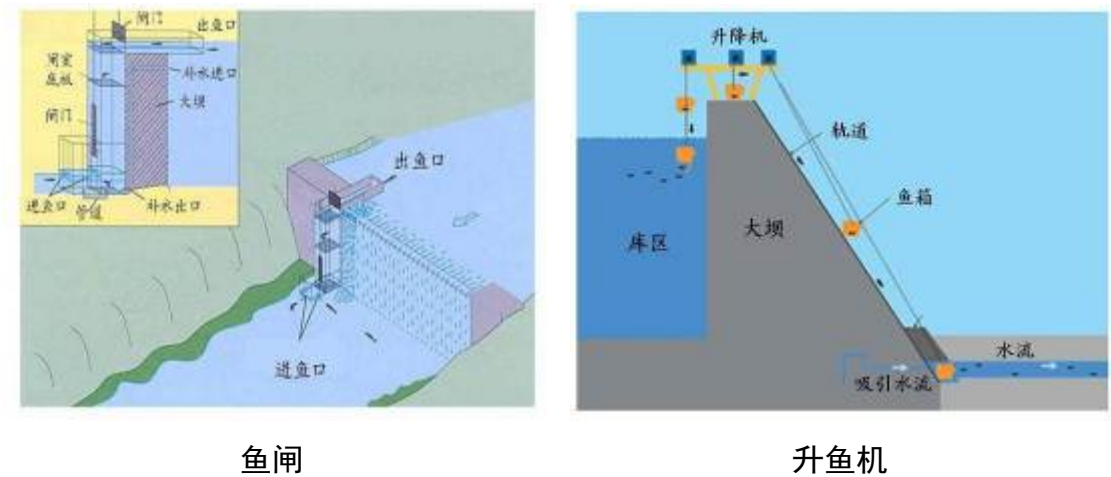


图 6.5-11 鱼闸、升鱼机示意图

(5) 集运鱼船

集运鱼船即“浮式鱼道”，可移动位置，适应下游流态变化，移至鱼类高度集中的地方诱鱼、集鱼。由集鱼船和运鱼船两部分组成，即由两艘平底船组成一个“鱼道”。集鱼船驶至鱼群集区，打开两端，水流通过船身，并用补水机组使其进口流速比河床中大 $0.2\sim0.3\text{m/s}$ ，以诱鱼进入船内，通过驱鱼装置将鱼驱入紧接其后的运鱼船，然后通过船闸过坝后将鱼放入上游。

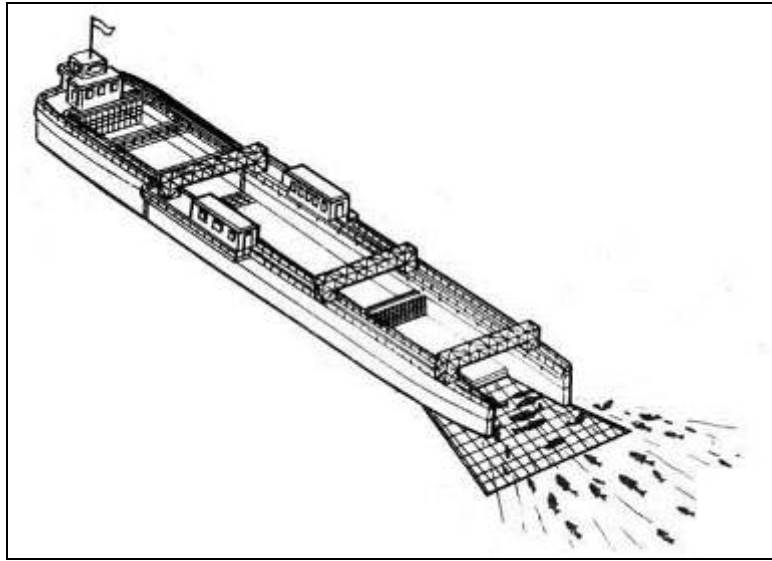


图 6.5-12 集运鱼船示意图

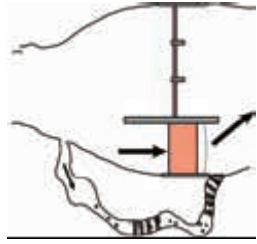
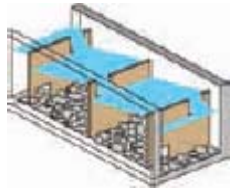
(6) 组合方案

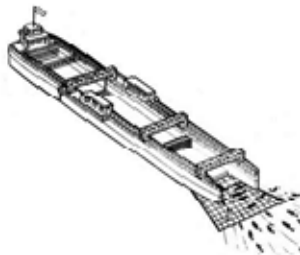
此外，在国外还有另外型式的集运鱼系统，为组合方案。如有的工程并未在大坝上布置过鱼设施，而是在大坝下游集鱼后，运鱼采用运鱼车。有的工程采用坝下集鱼后通过索道进行过坝运鱼。组合方案根据各自工程的特点，分别采用不同的集鱼和运鱼方式，其过鱼设施并非完全布设于大坝上。

集运鱼系统一般采用集鱼船集鱼，集鱼地点并不固定，集鱼设施具有移动性，运鱼设施也是如此。相比较而言，组合方案也可分为集鱼和运鱼两套系统，所不同的是其集鱼设施和运鱼设施中有固定的形式，具有不可移动性。

各种过鱼设施应用范围与效果见下表。

表 6.5-17 各种过鱼措施应用范围、效果以及本工程适应性

类型	示意图	原理	应用范围	优缺点	效果
仿自然旁通式鱼道		绕过大坝并呈模仿自然外观，呈现自然形式的鱼道。	适合于所有具有足够空间的障碍，对于现存的坝堰改善特别有用，在上游设计蓄水水位变化较大时不适用。	占地面积大，枢纽区两侧以及上游具备布置空间，在地面设置深沟，需结合技术型鱼道构造。	可使所有水生动物种类通过（鱼类、饵料生物等），为流水性水生生物提供栖息空间，是唯一能够绕过大坝且能很好与当地环境结合的鱼道。
技术型鱼道		采用混凝土式通道，内部设有各式隔板、狭槽等，将水槽分隔成一系列互相沟通的水池，有时成阶梯式	采用型式较多，适合于中、低水头大坝，或用于大坝改造增设过鱼设施	不适用于高坝（坝高不宜超过70m）水利水电工程	鱼道型式多样，狭槽型鱼道可通过较大水流，便于形成较好的吸引水流，一般不易堵塞；水池型鱼道所需流量较低，较易堵塞；丹尼尔鱼道需较大的流量，不适宜上游水位变化频繁的区域。
鱼闸		为凹形通道，上下游两端都有可控制的闸门，通过控制闸门的开关或往通道注水来形成吸引流。	适用于高水头，或空间以及水流量有限区域。	较高的设计和建造技术要求，需要频繁地维护和运行，建造和维修费用高，但对水消耗较低，适用于需要考虑大型鱼类（如鲟鱼类）的地方	主要适用于鲑鳟鱼类以及游泳能力弱的鱼类，对中、底层以及小型鱼类不适用。

类型	示意图	原理	应用范围	优缺点	效果
升鱼机		为配置有运送水槽和机械装置的升降机，通过把鱼从下游吊起送到上游，通过渠道连通上游。	适用于高水头，或空间以及水流量有限区域，通常是上下游落差在10m 以上高度的情况下唯一可能建造的鱼道类型，如高坝。	需要空间不大，在设计和建造上对技术要求较高，需频繁地维护和运行，建造和维修费用高。	对鲑鳟鱼类以及游泳能力弱的鱼类效果较好
集运鱼系统		与升鱼机作用原理基本相同，通过坝下集鱼设施把鱼收集后，利用陆域运鱼系统将坝下鱼类运至库区放流，达到坝下、坝上鱼类繁殖交流。	适用于高水头，或空间以及水流量有限区域，如高坝，通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联。	需要空间不大，设施布置灵活，但所需集鱼、运鱼设施要求相对较高，投资相对较高其缺点是运行费用大，受诱鱼效果的制约较大，特别是诱集底层鱼类较困难，噪音、振动及油污也影响集鱼效果。	该类型过鱼设施应用范围较广，针对鱼类生物学特征设计集鱼、运鱼系统，过鱼效果较好。

6.5.6.3 过鱼设施方案比选

过鱼设施中，鱼道和仿自然旁通道需要开阔的地形以满足长度的需要，但乌东德水电站所在地两岸地形陡峻，两岸山体高度均在 3000m 以上，且存在泥石流沟、滑坡体等不良地质灾害区，也不具备绕坝布置的地形条件。因此，在枢纽建设区没有合适的地形条件修建鱼道和仿自然旁通道。同时，鱼类自行上溯所需时间较长，过鱼过程体力消耗大不利于其继续上溯产卵，在过程中也可能出现鱼类疲劳无法完成过鱼过程。同时，鱼道和仿自然旁通道的进、出口也与工程较为理想的集、放鱼位置不符合。

鱼闸和升鱼机均为诱鱼后通过人工辅助措施进行过鱼，在大坝建筑物需建设构筑物，在下游需设置诱鱼收集装置，过坝后在大坝上游设置放鱼设施。两者的过鱼原理类似，过鱼效果相似。从乌东德水电站的枢纽型式看，采用混凝土双曲拱坝，设置鱼闸和升鱼机的难度大。大坝泄洪流量较大、流速快，对坝下诱鱼设施的运行将有严重影响。此外，鱼闸和升鱼机的进、出口也与理想的集、放鱼位置不符合。因此，不适宜采用鱼闸和升鱼机。

集运鱼系统为集鱼船集鱼后通过车船进行转运至大坝上游进行放鱼，与枢纽布置干扰较小，可单独运行。由于坝下附近没有过鱼建筑物，工程泄洪和水位消落对集运鱼系统基本上不会构成影响，可实现在工程较为理想的集、放鱼地点进行过鱼。同时，考虑乌东德库区鱼类与向家坝下游的鱼类资源的交流需求出发，集运鱼系统的布设具有更大的灵活性。

电站运行时下游鱼类聚集位置随发电流量和坝下水位变化而呈现不同区域的变动，组合方案为固定式集鱼设施，需针对性设计以适应大水头的水位变动和泄洪冲击，以及不同工况下鱼类集群位置的变动，如针对性设计可实现在较为理想的放鱼地点进行过鱼。

经方案初步比较，乌东德水电站可考虑集运鱼系统，采用集鱼船集鱼，运鱼车+运鱼船进行运鱼，主要设施包括集鱼船、运鱼船、运鱼车和码头等。

乌东德水电站各过鱼设施对比见下表。

表 6.5-18 乌东德水电站过鱼设施类型比选表

设施类型	鱼道	仿自然旁通道	鱼闸	升鱼机	集运鱼系统	组合方案

地形、地质	不利于布置鱼道、仿自然旁通道等长度较长的过鱼设施		两岸的不良地质可能会影响其运行		受地形、地质干扰小	受地形、地质干扰小
工程条件	大坝内难以布置鱼道,受电站泄洪影响	两岸山体不宜开挖,受电站泄洪影响	受坝型制约布置建设难度大,受电站泄洪影响,应用可行性差		受泄洪影响小	需针对性设计,适应大水头的水位变动和泄洪冲击
鱼类上溯体力	过鱼过程体力消耗大,过鱼后不利于其继续上溯产卵,不适合体形较大鱼类的通过		节省鱼类的体力,有利于上溯产卵			
集、放鱼位置符合性	难以实现较为理想的集放鱼位置,不符合				如针对性设计,可符合	符合
比选结果	适宜性差	适宜性差	适宜性差	适宜性差	适宜性较好	适宜性较好

6.5.6.4 过鱼方案

由于乌东德坝址下游发电尾水洞附近河段水位消落大,集鱼和运鱼的难度均较大,拟分为集鱼系统和运鱼系统,分别进行集鱼和运鱼的方案比较和规划,通过研究寻找合适的集鱼和运鱼方式,再通过组合形成完善的过鱼方案。

其中集鱼部分可供比较的有集鱼船系统或者集鱼机,分别为活动式和固定式集鱼设施。运鱼部分可供比较的有运鱼车和运鱼船、运鱼轨道、升鱼索道等,也分别属于活动式和固定式不同类型。

(1) 主要过鱼种类的选择

- ①资源量较高的洄游性鱼类;
- ②受到保护的洄游性鱼类;
- ③经济价值较高的半洄游性鱼类;
- ④珍稀、特有及土著并易危鱼类;
- ⑤坝址区域有自然分布的鱼类。

本工程过鱼设施以恢复乌东德大坝上下游洄游通道、沟通上下游鱼类交流为目标,同时考虑与向家坝下游鱼类资源交流的需求。人工过鱼种类重点考虑圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅、中华金沙鳅等长江上游特有鱼类和重要经济鱼类,兼顾影响区域内分布的其它鱼类坝上下的交流。

(2) 过鱼时间

由于不同鱼类繁殖时间不同、繁殖期持续时间不同,考虑到这些鱼类上溯到

适宜的上游产卵场需要一定时间，初步拟定每年进行人工过鱼的时间为3—7月。每天运行10小时，为8:00~18:00，其中主要为上午9:00~下午13:00。之后，可根据实际情况再加以调整，其它时间鱼类也可以根据生活习性需要通过过鱼设施过坝。

（3）集鱼位置选择

一般情况下，电站发电尾水下游附近为鱼类聚集区域，鱼类感受到水流将尽其所能游至可游到的最上游区域。对于乌东德水电站这种类型的双曲拱坝地下厂房短引水发电型式，发电尾水洞在左、右岸均有分布，坝下附近河段内为发电尾水冲击区，而岸坡较陡且光滑，水深较大，流速也较快。电站发电时，河床底部受发电水流的影响较小，尤其是河底中心区域，在发电流量较小时水流相对较缓，可能与天然状况下相接近，而水深条件也差别不大。金沙江下游河段部分鱼类的胸鳍、腹鳍已演化呈吸盘状，可将鱼体吸附在砂、石上，以适应急流环境。因此，在电站发电时，可能有部分急流性鱼类在河底区域聚集。

乌东德水电站发电尾水出水对下游鱼类具有强烈的吸引效应，从水电站坝下可能的鱼类聚集区域初步分析，工程较为理想的集鱼地点可能是位于水电站发电尾水洞和泄洪洞之间，如能尽可能靠近发电尾水则收集可能更加有效。因此本工程集鱼设施拟布置于尾水洞下游附近，在下游乌东德大桥的下游侧左、右岸，以及河底中心区域。由于乌东德水电站的发电流量大，流速较快，水位变幅大，加之坝下河谷狭窄，地形较陡峻，因此坝址下游附近布置永久式集鱼设施需考虑电站发电和泄洪影响。

（4）放鱼位置选择

乌东德过鱼对象主要为中、底层喜急流性鱼类，从鱼类的习性和生境条件分析，乌东德水库的坝前区域水深较深，平均流速较缓，其生境较利于喜缓流的鱼类，而喜急流的鱼类主要分布在库尾河段及支流。根据预测，电站建成后，产漂流性卵鱼类现有产卵场可能主要位于乌东德水库库尾附近。水库建设后，坝前水深显著增加，距离主要过鱼对象放鱼的产卵场较远，因此不适合作为放鱼位置。

乌东德水电站的库区有雅砻江、龙川江、鲹鱼河和尘河等支流，规模相对较大且有一定的回水长度，支流汇入口河段有一定的流速，可能成为鱼类产卵和放鱼的区域。根据《金沙江下游水电开发鱼类保护替代生境研究报告》，金沙江下

游流域替代生境保护方案为：银江坝下金沙江干流河段、桐子林坝下至河口约 15km 雅砻江江段、黑水河汇口以上 65km 河段。圆口铜鱼的资源保护河段为：桐子林以下的雅砻江及乌东德库尾江段、雅砻江锦屏二级大河湾(坝址至发电厂房的 119km 雅砻江干流)。因此，乌东德水电站较优的放鱼位置为银江坝下金沙江干流河段和雅砻江、龙川江、勐果河、尘河和鲹鱼河等支流汇入口河段，尤其是乌东德库尾、雅砻江下游和龙川江等。

(5) 过鱼方案

由于乌东德坝址下游发电尾水洞附近河段水位消落大，集鱼和运鱼的难度均较大，拟分为集鱼系统和运鱼系统，分别进行集鱼和运鱼的方案比较和规划，通过研究寻找合适的集鱼和运鱼方式，再通过组合形成完善的过鱼方案。其中集鱼部分可供比较的有集鱼船或者集鱼机，分别为活动式和固定式集鱼设施。运鱼部分可供比较的有运鱼车和运鱼船、运鱼轨道、升鱼索道等，也分别属于活动式和固定式不同类型。

1) 集鱼方案

①集鱼船

集鱼设施主要为集鱼船，为单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构，船体材料采用 A 级镇静钢。集鱼船采用柴油动力，具有自航能力，能根据电站的运行情况调整集鱼位置，并为船内的集鱼设备提供动力。其主尺寸见下表。

表 6.5-19 集鱼船主尺寸表 单位：m

项目	总长	设计水线长	型宽	型深	吃水	肋骨间距	梁拱	过鱼通道宽
参数	LOA=28.50	LWL=28.50	B=10.40	D=2.20	D=1.90	S=0.50	F=0.20	b=2.40

底舱部分：设左右压载水舱、空舱、水泵舱、淡水舱、过鱼通道等等。集鱼船底舱示意见下图。

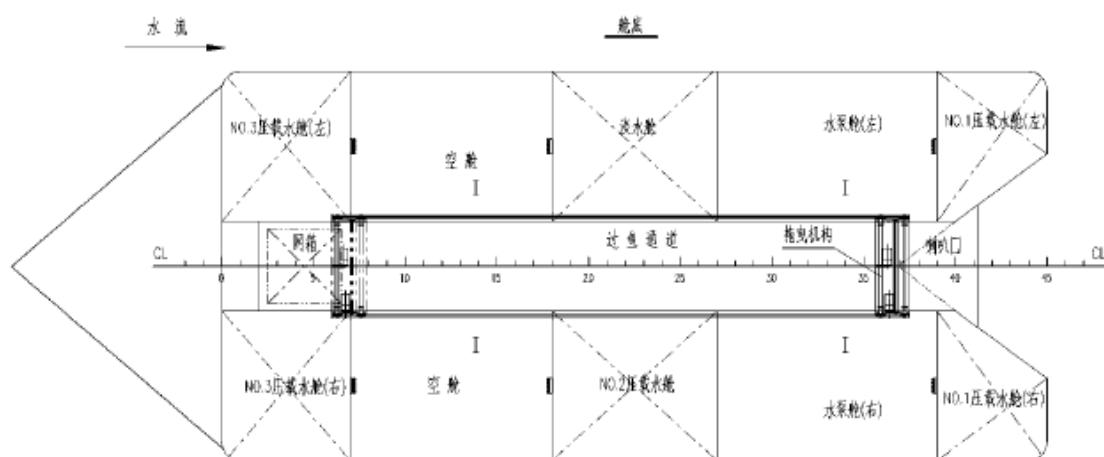


图 6.5-13 集鱼船底舱示意图

集鱼船的船头宜采用垂直舰首等型式，以减少抗流能力和行船阻力，提高船只的机动性和稳定性。同时，船舱内应配备足够的压水舱，以保证较大的吃水深度，尽量接近集鱼坡道的上方，集鱼船的进鱼口应保持较宽大的尺寸，以增强对中、底层鱼类的集鱼效果。集鱼船的水泵应采用电动静音型，以减少抽水噪声和振动对中、底层鱼类产生的干扰。

A、主要性能

集鱼船设计航速约 10km/h，其拖力满足使用要求。在设计吃水时，本船续航力 ≥ 120 h。本船稳性及干舷满足《内河船舶法定检验技术规则》及其修改通报的要求。

B、总布置

主甲板为连续甲板，在主甲板上设有一层甲板室。主体舱室设左右压载水舱、空舱、水泵舱、淡水舱、储鱼舱等。主甲板设驾驶室、集鱼设施控制室、实验室、设备室、洗手间各一间。顶蓬甲板设桅杆、天线、探照灯、航行灯及信号灯等。

C、集诱鱼设施

集诱鱼系统是整个集鱼船的核心，主要由诱鱼设施、防逃设施、过鱼通道以及相应探测，观测设备组成。诱鱼设施主要利用电站发电尾水形成吸引水流，并采用喇叭式进口同诱鱼孔相结合制造吸引水流，诱鱼孔流速拟设计为比主流流速高 0.2~0.3m/s。集鱼船进口后设置反喇叭口的防逃装置，以保证进入进鱼口的鱼不易从进鱼口倒退出去。过鱼通道位于集鱼船的中后段，长约 18m，宽 2.4m，高 1.75m。过鱼通道尾部设有透水格栅，保证槽内与江水相通且保证 0.2m/s~

0.4m/s 的流速。储鱼舱位于集鱼船的中后段，长约 10m，宽 3m，高 2m。舱壁和底部用钢板建造，表面刷成与河底颜色相近的深色，以减少鱼类的应激反应。储鱼舱尾部设有透水格栅，保证槽内与江水相通且保证 0.2m/s~0.4m/s 的流速。储鱼舱内设有鱼类体征状况的监测设备。在集鱼船的防逃设施后设有驱鱼设备，为一垂直的拖曳格栅。将鱼驱赶进入转运舱。转运舱设置在过鱼通道尾部，转运舱尺寸为长 2m，宽 2m，高 2m。

进鱼口装备有 EY60 鱼探仪 DIDSON 双频识别声纳探测系统。主要作用是探测鱼群的密集程度，为集鱼船的定位提供依据。为选择适宜的诱鱼工作地点以及精确控制诱鱼水流流速，进鱼口处设置一台走航式多普勒流速仪，用以测量进鱼口附近流速及流态。在进鱼口单侧设置玻璃窗，以便观察进鱼口进鱼情况，同时安装水下摄像机及电子光学计数器，用以记录和统计进口进鱼效率，以便后期进行改进和完善。

D、其它

船上的生活垃圾和污水进行集中收集和处理，不能随意排放。生活污水可存入生活污水舱，由生活污水排放泵通过标准排放接头排至岸上接收设备。

2) 集鱼坡道

鱼类的主要过鱼时间为上午 9:00~下午 13:00，此时乌东德水电站 2 台机~12 台机发电的情况均有可能存在。乌东德水电站坝下尾水位为 816.00m（2 台机满发）~834.64m（12 台机满发），可在尾水洞下游附近的岸边各设置 2 个不同高程的集鱼坡道，分别为 822~812m 和 831~821m，坡度约为 5%，长度约为 140m，宽度约为 5m。

集鱼时，集鱼船根据电站运行不同工况时坝下水位，行驶至相应高程坡道上方进行集鱼。同时对集鱼坡道进行地形塑造，顶面设置为卵石，使坝下鱼类能在相应的坡道上聚集休息。

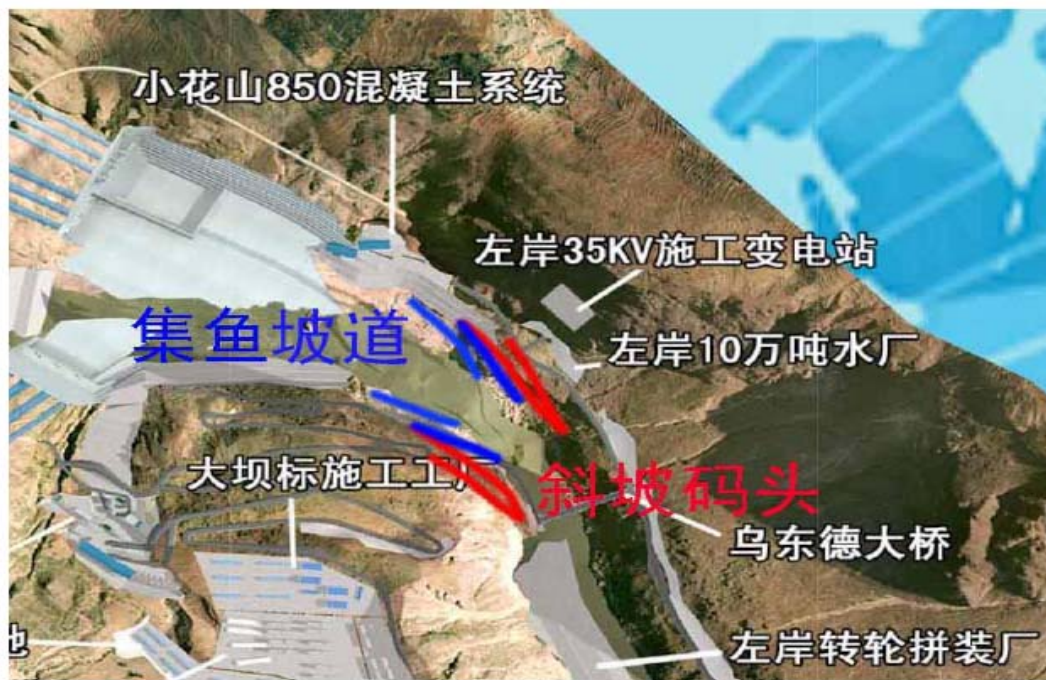


图 6.5-14 乌东德水电站集鱼坡道位置图

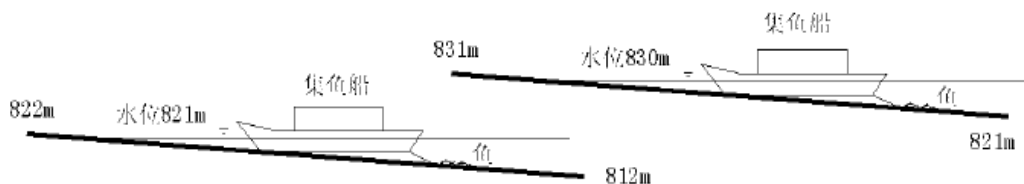


图 6.5-15 乌东德水电站集鱼坡道纵面示意图

3) 集鱼码头

出于集运鱼的需要，在乌东德水电站坝下和库尾各布置 1 个斜坡码头，在每个斜坡码头附近各设置 1 个浮动停靠平台，设置趸船或浮筒，供集鱼船和运鱼船停靠。

乌东德坝下码头：乌东德坝下斜坡码头位于尾水洞附近下游乌东德大桥旁，有沿江道路可通达，交通条件好。集鱼码头采用斜坡型式，最大纵坡不大于 8.0%，路宽 5m，以满足车辆运输要求。公路采用水泥路面，内侧设截排水沟，外侧设防撞护栏板，下设的回车装卸场地和减速带，下游侧设置浮动式停靠平台，码头两侧设置轮胎缓冲带。

乌东德库中码头：乌东德库中码头可选择在龙川江汇入口附近的云南省元谋县江边乡，有一定的水、电等基础配套设施。该处河流相对宽阔，水流条件较好，有龙街渡口，两岸均有公路通达。

4) 运鱼方案

①运鱼车

运鱼车主要由活鱼箱、增氧系统、水泵和动力系统三部分组成。运鱼车在运输途中可不用换水加水，利用淋水增氧系统，使活鱼箱内原水循环使用。罐体采用碳素钢板焊接而成，截面形式为准矩形，以增加容积，扩大鱼的活动范围。罐体上部设有加鱼口，前部有观察窗以观测水位及鱼的情况，中部设有防波板，后部设有带导鱼罩的卸鱼闸门，内壁喷塑处理以防锈。运鱼车的主要参数为：贮鱼罐容积 $\geq 7\text{m}^3$ ，载鱼量 $\geq 3\text{t}$ ，最大增氧能力 $\geq 500\text{g/h}$ ，最大水流量 $\geq 30\text{m}^3/\text{h}$ ，死亡率 $\leq 1\%$ （8h 以内）。

②运鱼船

运鱼船为双机、双导管桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构，船体材料采用 A 级镇静钢。采用柴油动力，具有自航能力，能根据电站的运行情况调整运鱼位置，并为船内的运鱼设备提供动力。主甲板为连续甲板，在主甲板上设有两层甲板室。设计航速约 20km/h ，其拖力满足使用要求。在设计吃水时，续航力 $\geq 120\text{h}$ 。为保证鱼类在长途运输中的健康，运鱼舱内设鱼类维生系统。维生系统由进出水控制系统、供氧和控温系统、水质监测系统和监视与照明系统构成。

乌东德水电站运鱼系统需配备载重量为 3t 运鱼船 4 艘、载重量为 3t 的活鱼运输车 4 辆。另外，配备吊车 4 辆用于运鱼车和运鱼船之间的转运。

（6）运行管理机制

1) 运行时间

集运鱼系统需在电站蓄水前建成投运，集鱼时间与金沙江工程河段的鱼类产卵季节相对应，主要集鱼时间为 3 月~7 月，其余时间根据鱼类洄游情况适当调整。每天运行 10h，为 8:00~18:00，其中主要为 9:00~13:00。

2) 操作流程

①集鱼船定位

集鱼船定位根据电站发电流量、坝下流场、流速、地形、河道等特点分析，通过船上的声纳等探测设备，探测鱼类的分布区域和密度，选定在集鱼坡道上的最佳集鱼地点。在选定了合适的集鱼地点后，集鱼船行驶至集鱼坡道相应位置上

方，准备集鱼工作。可根据鱼群密度探测结果及时调整集鱼地点，提高集鱼效果。

②鱼类诱集

集鱼船在集鱼坡道上方停靠后，开启诱鱼及集鱼设施。集鱼船主要诱鱼方式设计为水流集诱鱼，装载于集鱼船的水泵为进鱼口提供强化水流，以达到诱鱼要求，进鱼口的诱鱼水流要求为：

- A、诱鱼水流流速大于进鱼口附近的江水流速约 $0.2\text{m/s}\sim 0.3\text{m/s}$ ；
- B、诱鱼水流须对主要过鱼种类进行趋流特性及游泳能力测试后方可确定；
- C、诱鱼水流需保持一定深度，以诱集栖息于不同水层的鱼类；
- D、诱鱼水流方向与河流主流方向保持一致，便于鱼类上溯感应。

集鱼船的主要集鱼手段包括物理拦栅和电赶拦鱼，试验性结合气帘等形式，利用物理及电场形成的屏障起到引导作用，将鱼类引导至进鱼口附近。通过以上水流、声、光、电等多种诱集方式，在各种拦栅的引导下，将坝下鱼类诱集到与集鱼平台内的鱼类储鱼舱内。储鱼舱为贯穿进鱼口至船尾的一段通道，尾部设有格栅，接近进鱼口处设有鱼类防逃装置，使进入储鱼舱内的鱼不会从进鱼口逃逸出去。集鱼船入口区域、网箱内部等关键区域设置视频监视系统，以监视鱼类的响应行为，以便对各种诱集设施进行调整，达到最佳诱集效果。

③深水网箔集鱼

深水网箔须设在鱼类活动频繁的通道上，布置时需考虑水深适宜、底面平缓处。尽量避开深沟、陡崖、石堆、树桩等复杂地形。根据白鹤滩和乌东德库区的情况，宜设置在水库库尾附近鱼类聚集且水流相对稳定的区域，并可根据过鱼季节不同时段的水库运行水位和鱼类集群位置相应进行调整。收鱼时先将一艘活鱼船横系在集鱼网箱上，准备收鱼。另一艘活鱼船横在八字网口处，先封住网口，将八字网和阵网提到船上，小木船靠在取鱼部的两个前网角处。提起网角倒出取鱼部的底网，然后把鱼逐渐送到集鱼网箱里，最后将鱼提起并倒入活鱼船上。

④鱼类转运过坝

在集鱼船集鱼达到一定数量之后，储鱼舱中的鱼类需进行转运。储鱼舱内设有拖曳格栅，储鱼舱前端的拖曳格栅逐渐向后移动，储鱼舱内的鱼类被慢慢驱赶至集鱼船的转运舱当中。

集鱼船靠岸后，用吊车将转运舱起吊，出鱼口与运鱼车的进鱼口对接，鱼类

进入运鱼车。待全部转运完成后，运鱼车向上游驶离过坝，集鱼船继续进行集鱼工作。深水网箔转运采用人工方式，活鱼船靠岸后将其内的鱼吊运至运鱼车上。

⑤运鱼车放流

运鱼车开启喷水增氧系统，保证车内水质指标符合鱼类生存需求。运鱼过程中注意车速和减少急刹。运鱼车行驶至合适的放流地点后，开启卸鱼槽，将鱼类全部放出。

⑥运鱼船放流

当放鱼地点运鱼车无法到达时，需使用运鱼船放流。运鱼车过坝后在码头通过卸鱼槽将鱼再次转运至运鱼船内，同时开启运鱼船内的生命维持系统，保证舱内水质指标符合鱼类生存需求。运鱼船行驶过程中注意降低运鱼船航行时的噪声，同时通过控制进出水闸门的启闭以及水体交换率调节运鱼舱内的压力。当运鱼船航行到适合的放流地点后，打开出鱼口，通过运鱼舱内的驱赶设施，将鱼全部放出。

3) 管理机构

集运鱼系统由建设单位负责管理和运行，加强业务建设和管理培训等，电站完工后的相关费用由建设单位负责。日常监督工作可由环境保护主管部门和渔业行政主管部门负责，同时为了保障集运鱼系统的效果，建议应由相关行政主管部门对集运鱼系统的实施进行全程监督。电站日常运行需制定过鱼设施的操作规程，包括《日常运行方案》、《工作人员岗位职责》、《生产管理操作规程》、《观测统计规程》，建立日常操作和值班制度，确保过鱼季节人员、设备的到位，保障过鱼设施有效运行和相关观测记录到位。

6.5.7 人工鱼巢

(1) 位置选择

乌东德水电站人工鱼巢布设位置，主要考虑坝下消落河段、库区江段，及支库汇口。坝下消落河段：为避免受乌东德水电站发电和泄洪影响，在坝址下游4km以下的消落河段进行布置；同时考虑到受乌东德调度日内水位影响，拟在坝下4km、8km、12km附近河段，两岸各设1处人工鱼巢。

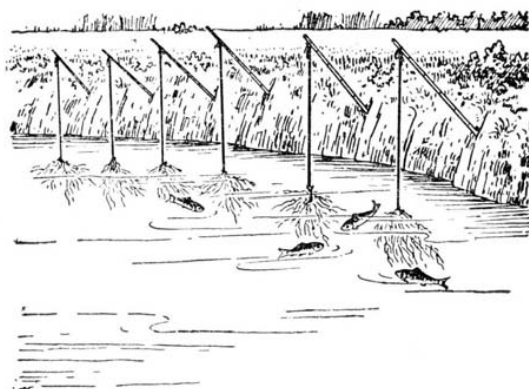
库区江段：在乌东德库区元谋县江边乡江段合适位置，两岸各设1处人工鱼巢。

支库汇口：雅砻江汇口、龙川江支库汇口、鲹鱼河支库汇口，各设 1 处人工鱼巢。

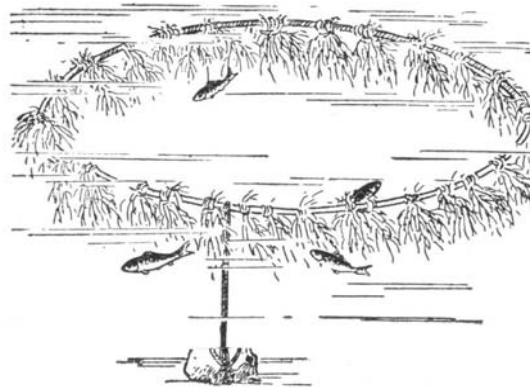
(2) 布置方式

1) 人工鱼巢的方式选择

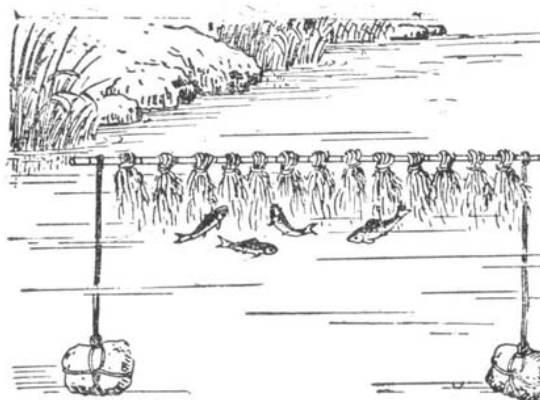
人工鱼巢采用浮性鱼巢与沉性鱼巢相结合，主要方式有三种：一是沿着岸边插一至二圈长短不同、一端悬吊有单个鱼巢的竹竿，令鱼巢浸入水面下；二是将鱼巢按一定距离扎在绳上，按一定宽度扎成适当长度的许多条鱼巢，平行布置于岸边；三是将若干小束鱼巢扎在一根绳子上，再将其连成环状，投放在岸边。三种方式的人工鱼巢见下图。



悬吊式人工鱼巢示意图



圆形式人工鱼巢示意图



平列式人工鱼巢示意图



平列式人工鱼巢现场照片

由于乌东德水电站库区和坝下江段水位变幅相对较大，平列式人工鱼巢和圆形式人工鱼巢更能适应本工程，同时平列式人工鱼巢和圆形式人工鱼巢的原理基本相同，仅为形式上的差异，从工程实施和维护的难易程度考虑，本工程推荐采用平列式人工鱼巢，局部江段可尝试圆形式人工鱼巢。

2) 人工鱼巢的制作

本工程拟采用棕榈皮等天然材料制作人工鱼巢。首先把棕榈皮等原料进行分捡，除去其边沿坚硬的部分，把分剪好的棕榈皮在烫水中煮，煮好后在清水中浸泡至无黄色汁水后，用高锰酸钾溶液消毒(10ppm 的高锰酸钾液浸泡 30min)，再用绳子扎紧棕榈皮、芦苇等的上部呈扇状，捆成一大束，作为单个鱼巢；然后把单个鱼巢用绳子联成一串(每串鱼巢长 2m，上端用浮球固定，下端用砖块沉子定型，在绳子上扎 5 个单个鱼巢。

在岸边或水中进行鱼巢框的制作，用镀锌铁丝把龙竹双股捆扎起来，形成若干个小长方形，长方形中的直角处用龙竹捆扎成三角形，以保证鱼巢框不变形，鱼巢框上安装若干浮筒，并在水中用不锈钢绳、大石块抛锚的方法固定鱼巢框。

在制作好的鱼巢框上进行鱼巢的安装，确保 $3.1\text{m}^2\sim 3.5\text{m}^2$ 内有一串鱼巢，鱼巢主要分布在离水面 $0.2\text{m}\sim 2.5\text{m}$ 的区域内，以确保不同产粘性卵的鱼类所需。

3) 人工鱼巢的应用和效果

目前，人工鱼巢已在水电站工程水生生态保护中得到了广泛应用，根据功果桥水电站库区清水江 1 处人工鱼巢 2013 年 2 月 23 日、25 日和 4 月 21 日的效果观测，人工鱼巢上鱼卵附着量分别为 6084 粒、9459 粒和 1960000 粒。因此，人工鱼巢的设置将产粘沉性卵鱼类的保护起到了较好的效果。

6.5.8 优化水库调度

根据流域规划环评要求，目前，建设单位已委托中国水电工程顾问集团公司开展金沙江下游梯级电站生态调查方案研究，该成果提出了金沙江下游四个梯级生态调度运行要求，而生态调度方案仅考虑向家坝水电站水量调度（综合考虑生态需水量、生态水文情势和航运需求），以及溪洛渡水电站水温调度。因此，下一阶段需根据向家坝和溪洛渡运行、监测情况，开展四个梯级电站生态调度运行研究，优化梯级电站运行调方案。

6.5.8.1 生态调度目标

通过调整和改变水库的调度方式修复和补偿水库运行对河流生态系统产生的负面影响，在实现水库防洪、发电、供水、灌溉等多种经济社会目标的前提下，兼顾河流生态系统的需求，通过实施梯级电站联合生态调度，尽可能满足金沙江

下游的生态需水过程要求，以改善金沙江下游河流生态系统。

6.5.8.2 生态调度运行要求

(1) 生态需水量调度

乌东德、白鹤滩、溪洛渡和向家坝水电站联合生态调度，除应保证向家坝水电站下泄流量不低于其下游河道生态需水过程外，还应兼顾乌东德水电站及白鹤滩水电站坝下河段的实际用水需要。

(2) 生态水文情势调度

上下游梯级联合生态调度，应根据各梯级下游河段主要鱼类的繁殖生物学特性，结合相应河段的天然水文情势，在鱼类繁殖期通过水库调度，制造若干次适宜鱼类产卵的洪水过程，恢复鱼类产卵水文条件。

(3) 水温调度

为满足鱼类产卵行为对河流水温的要求，应采用叠梁门进行水库水温调度。在鱼类集中产卵期内（3~6 月），乌东德水电站、白鹤滩水电站及溪洛渡水电站均宜采用叠梁门进行分层取水，尽可能保证向家坝水电站下泄水温满足白鲟和岩原鲤（3~4 月对水温要求较高）及圆口铜鱼和长薄鳅（5~6 月对水温要求较高）产卵期对河流水温要求。具体取水方案应结合各电站分层取水设计成果和叠梁门操作规程合理确定。

(4) 下泄水流 TDG 过饱和调度控制对策

电站下泄水流中的 TDG 过饱和会对鱼类产生一定的影响，结合四个梯级联合运行对下游过饱和 TDG 的影响预测分析，建议各梯级尽量采用泄洪深孔或表孔泄洪，减少泄洪洞泄洪。同时，应在乌东德水电站和白鹤滩水电站的项目可研阶段进一步优化泄洪建筑物设计，以期最大程度降低金沙江下游梯级电站下泄水流 TDG 饱和度。

此外，需结合泄洪建筑物优化设计成果，在下一阶段深入开展减缓下泄水流气体过饱和对金沙江下游水生生物（尤其是鱼类）影响的生态调度方案研究。

(5) 库区水环境、水体富营养化调度控制对策与建议

与两个梯级联合调度类似，即加强乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝库区污染控制，对各梯级库区实施水环境监测（监测项目包括水温、流量、水位、流速、DO、COD、NH₃-N、TN、TP 等），在乌东德库尾攀枝花河段特别注意铬、铅等

重金属元素监测,根据监测资料分析库区水环境特征及其变化,制定上游梯级(金沙江、雅砻江)梯级水环境、水文情势联合调度方案。

参考三峡水库水体富营养化相关研究成果,综合考虑库区水环境因子、气候条件和水流条件等因素,研究分析金沙江下游各梯级库区水体富营养化特征和机理。在此基础上,进一步加强金沙江下游梯级电站调度与支流库湾富营养化响应关系的研究,合理拟定兼顾乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝库区及金沙江下游河段的生态调度方案,并据此指导实施金沙江下游四个梯级电站联合生态调度。

6.5.8.3 下泄流量保障措施

(1) 下泄生态流量的条件和时段

本工程施工导流期最小下泄流量不小于 $385 \text{ m}^3/\text{s}$, 初期蓄水期最小下泄流量不小于 $770 \text{ m}^3/\text{s}$, 电站首批机组投产后, 电站最小下泄流量 $900 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2) 施工导流期及初期蓄水期间保障措施

初期导流由 5 条导流隧洞泄流, 中期导流末期导流隧洞采取分批下闸、高洞敞泄供水的封堵方案, 按照库水位 851m 相应泄流能力不小于 $385 \text{ m}^3/\text{s}$ 的前提, 对 5#洞进行改造, 使 5 号导流隧洞与大坝泄洪中孔顺利衔接向下游供水。

导流洞全部下闸后, 水库蓄水通过 6 孔中孔按“控泄”方式向下游供水, 供水流量不小于 $900 \text{ m}^3/\text{s}$, 水库同时蓄水。

针对乌东德水电站特高拱坝坝身设导流底孔难以解决导流隧洞封堵期短时断流的技术难题, 利用乌东德水电站深厚覆盖层(河床覆盖层厚 65m~72m) 的特点, 研究提出并实施了大高差导流隧洞布置方案, 导流隧洞布置上采用“左 2 右 3、4 大 1 小、4 低 1 高”的新形式, 即左岸 1 号、2 号导流隧洞底板高程 814m, 右岸 3 号、4 号导流隧洞底板高程 812m, 4 条导流隧洞过流断面 $16.5\text{m} \times 24\text{m}$; 右岸 5 号导流隧洞, 底板高程 830m, 隧洞过流断面 $12\text{m} \times 16\text{m}$ 。导流隧洞竖向过流断面高程为 812m~846m。采取上述措施后, 高程 812m 至 846m 竖向范围被 5 条导流隧洞过流断面覆盖, 可达到导流隧洞封堵期不断流, 如下图所示。

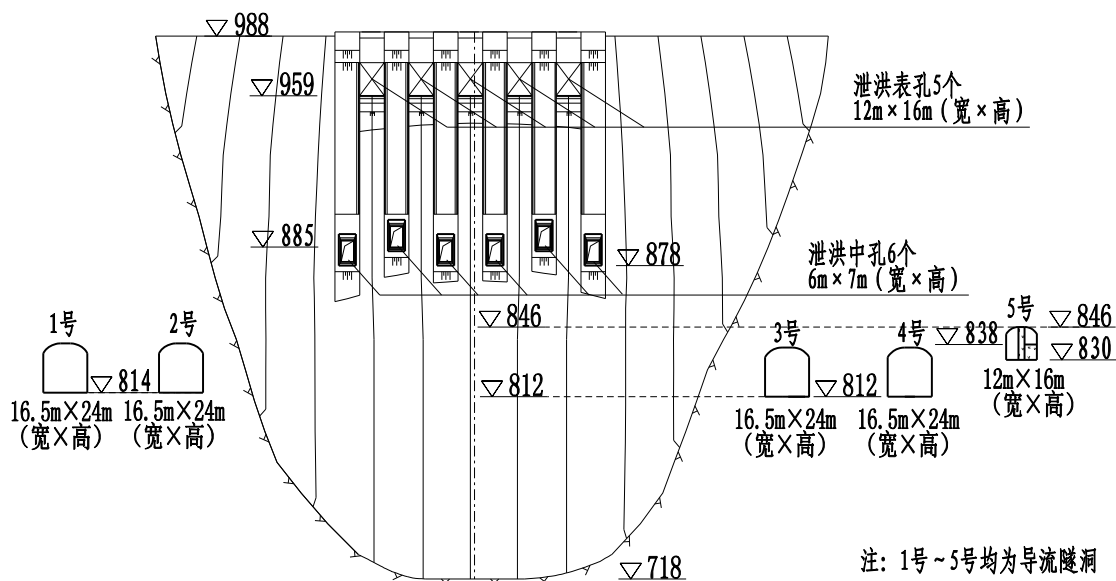


图 6.5-16 乌东德水电站导、泄水建筑物布置示意图

4 条低高程大导流隧洞下闸封堵后，为有效解决坝身泄洪中孔过流前不断流和下泄生态流量要求，对尺寸相对较小的 5 号高导流隧洞，研究提出了“分期封堵、分序下闸”的新方式，即在第 7 年汛后，对 5 号导流隧洞进口右半孔进行改建，将右侧半孔下部用混凝土封堵，底板高程抬高至 838m，形成 3/4 导流隧洞进口过流条件，以保证 5 号导流隧洞在高水头下安全下闸和泄洪中孔过流前生态流量要求。

乌东德大坝坝身布置有 5 个表孔和 6 个泄洪中孔，高程 878m 和 885m 分别布置有 4 个和 2 个泄洪中孔，为解决导流隧洞下闸后水位由 846m 至 890m 期间生态供水问题。为此，当水位上升至 851m 时，下闸 5 号导流隧洞左侧半孔，此时右侧 1/4 孔下泄能力为 493m³/s，当水位上升至 890m 时，此时中孔下泄能力达到 770 m³/s，泄洪中孔可正常泄流，再下闸 5 号导流隧洞右侧 1/4 孔（孔口尺寸 6m×8m），至此导流隧洞下闸完毕。下闸蓄水期间生态流量泄放措施见下表。待 5 条导流隧洞混凝土堵头满足挡水要求后，通过调度中孔弧形门，水库开始蓄水。

表 6.5-20 乌东德导流隧洞下闸封堵及蓄水期生态流量泄放措施

导流建筑物下闸封堵				生态流量泄放			
导流建筑物	施工活动	时间	设计 (控制) 水位 (m)	泄放建筑物	底板高程 (m)	泄放能力 (m ³ /s)	下泄流量 (m ³ /s)
1#~4#导流隧洞	下闸	第 8 年 12 月中旬	821.6~835.3	1#~5#导流隧洞	812~830	2050~14400	385 (110) ~

							2020
5#导流隧洞 左半孔	下闸	第 8 年 12 月 下旬	851	5#导流隧洞 右半孔	838	884	493~1260
5#导流隧洞 右侧 1/4 孔	下闸	第 8 年 12 月 下旬	890	6 个中孔	878、885	9745	770~2020
1#-5#导流 隧洞	封堵	第 8 年 12 月~第 9 年 5 月	920.88	6 个中孔	878、885	9745	来水全下 泄 900~ 2170
6 个中孔	控泄	第 9 年 6 月初	945	6 个中孔	878、885	9745	>900

（3）初期蓄水保障措施

第 9 年 6 月初到 6 月底，6 孔中孔按“控泄”方式泄流，进行初期蓄水，库水位从 900m 蓄到 945m。在此期间，随着库水位的逐渐上升，6 孔中孔的泄流能力逐渐增大，蓄水到 910m 后，左岸 3 条泄洪洞还可参与泄流，枢纽下泄最小流量 770m³/s 也有可靠保障措施。

（4）运行期保障措施

第 9 年 7 月初，水库蓄水至水位 945m 后，首批 2 台机组投产，电站开始初期运行（单机过流能力 450 m³/s）。从此之后，枢纽泄水建筑物将从 6 孔中孔+3 条岸边泄洪洞逐渐增加到 6 孔中孔+3 条岸边泄洪洞+12 台机组+5 孔表孔。

初期发电期和运行期，为提高水资源利用效率，电站的最小下泄流量 900m³/s，优先通过 2 台机组发电予以保证。万一电网不需要电站发电，或电站 12 台机组均出故障，可视库水位情况，利用表孔泄流（库水位 964m，表孔泄流能力达到 900 m³/s）或利用中孔向下游泄流，满足下游综合用水需求。

（5）生态流量调度过程要求

根据乌东德坝下河段鱼类产卵习性，3~7 月为鱼类产卵繁殖期，其中 3~4 月份主要为粘沉性卵鱼类产卵季节，为满足粘沉性卵鱼类产卵要求，该时段日均和日内流量应基本稳定，避免水位变化过大对粘沉性卵鱼类产卵造成影响；而 5~6 月份主要为漂流性卵鱼类产卵季节，为满足产漂流性卵鱼类产卵要求，需一定的涨水过程；7 月为鱼类非集中产卵期。根据乌东德水文站长系列逐日流量统计成果，产粘沉性卵鱼类集中产卵时间(3~4 月)天然流量较为均匀，没有明显的涨水过程；5 月后流量开始逐步增加，并出现流量波动。

根据以上生态用水需求特征和天然径流特性,提出产卵期生态流量过程调度原则。

1) 日内水位变幅控制要求

根据乌东德坝址附近 2011~2013 年日内水位观测成果统计分析,日内水位最大变幅达 3.92m,其中 3~4 月日内水位最大变幅为 1.42m。根据枯水年 3 月典型日坝下河段日内水位预测,按日内水位最大变幅 1.42m 控制,电站调峰运行时乌东德水电站影响河段长约 12.6km。坝下河段,距离乌东德坝址最近距离分布有新田产粘沉性卵鱼类产卵场,距离乌东德坝址约 50km 左右,产卵场长约 3km,底质为砾石、卵石,具卵石滩,河床宽 100~150m,3 月~4 月份流速 0.5~2m/s,水温在 15℃左右。主要产卵种类为鲇、南方鲇、粗唇鲃、部分鲢科、鳊科、裂腹鱼亚科鱼类等。因此,乌东德电站调峰运行日内水位变幅对坝下鱼类产卵场影响有限。

为减缓日内水位变幅较大对产粘沉性卵鱼类产卵的影响,在坝下长约 12.6km 河段布置人工鱼巢等措施。此外,乌东德水电站投产运行后,开展坝下消落河段水位变幅及其对鱼类产卵影响的观测研究,从而进一步研究水位变幅控制措施。

2) 5~6 月涨水过程控制要求

为满足 5~6 月集中产卵的鱼类产卵刺激要求,在该时段电站下泄流量过程模拟 1 次洪峰过程,并考虑日内流量在合理的范围内波动。洪峰过程参照常遇洪水($P=50\%$)下同期流量涨落情况进行控制,即洪峰过程持续约 10~15 天,其中涨水过程持续约 4~6 天,日均流量平均每日增加约 $227.5\text{m}^3/\text{s}$,退水过程持续约 6~9 天,日均流量平均每日减少约 $245\text{m}^3/\text{s}$,峰值流量不小于洪水过程平均流量的 1.4 倍,起涨时间结合水温观测和水生生态监测成果进行确定。乌东德水电站 5~6 月人工人造洪峰过程示意图见图 6.5-18。

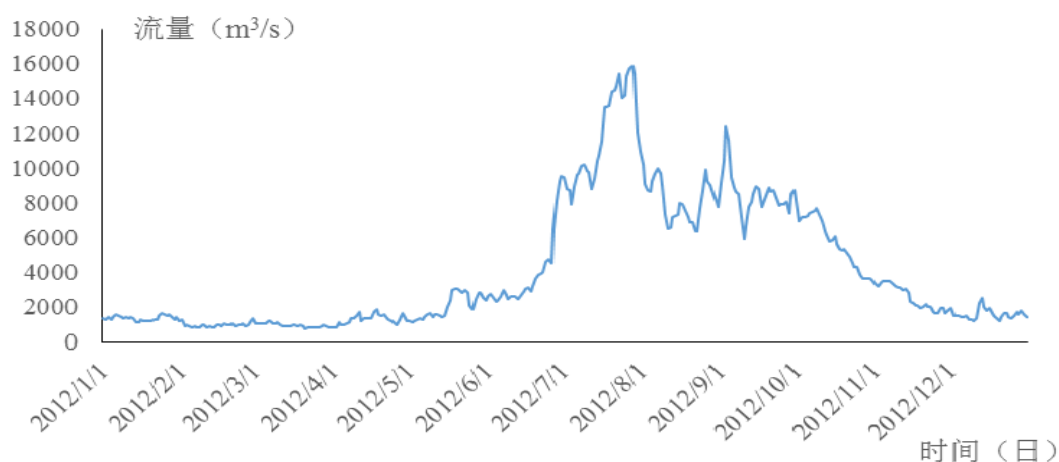


图 6.5-17 乌东德水文站年天然逐日流量分布情况

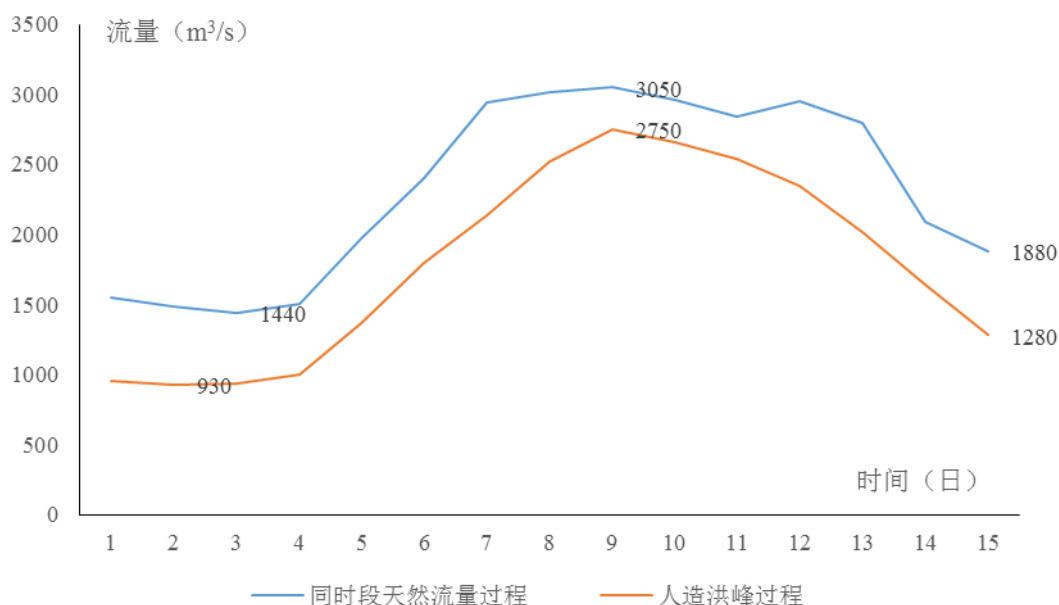


图 6.5-18 乌东德水电站 5~6 月人造洪峰过程示意图

(6) 最小下泄流量监测措施

为监测乌东德电站的入库水量和坝前来水流量,在合理利用雅砻江河口以上干支流现有测站并考虑乌东德和白鹤滩两级电站成库影响的基础上,三峡公司还将在两级电站建设的过程中,进一步完善乌东德电站水情自动测报系统。水情系统监测成果连同中控室采集的坝上游水位、发电取水流量和泄水建筑物下泄流量等信息均传输到乌东德水文中心,乌东德水文中心计算机按照水量平衡原理模拟计算各时段入库流量并反馈到中控室和三峡梯级调度中心。

为监测电站发电出力以及表孔、中孔和泄洪洞等泄水建筑物的下泄流量,在坝前、发电尾水断面和泄洪洞出口断面布置水尺,并在上下游水尺和各泄水建筑

物闸门安装水位遥计仪，将有关水尺水位和闸门开度信号传输到中控室，计算并输出电站发电出力、各泄水建筑物的下泄流量和枢纽总下泄流量。

6.5.8.4 低温水影响减缓措施及水库水温监测系统

由于叠梁门具有运行灵活的特点，可保证在不同运行水位下取得表层温水，因此为了减缓乌东德水电站运行对下泄水温过程的影响，考虑采用叠梁门分层取水方案，达到取用上层温水减缓下泄低温水的目的。

(1) 分层取水方案比选

1) 叠梁门方案设置

根据主体工程的初步设计，通过在发电进水口前放置不同数目的叠梁门在门槽中，在满足最小淹没深度的情况下尽量采用最多的叠梁门层数以取得表层温水。本阶段初步设置了三种不同层高组合的叠梁门分层取水方案，分别为方案一（4m×8层）、方案二（8m×4层）、方案三（4m×4层+8m×2层，其中2层8m门叶位于下层），叠梁门的最小淹没深度为30m。

基于未采用叠梁门方案的水温预测成果，对低温水较为敏感鱼类产卵期3月~6月采用叠梁门取水进行了水温预测，用以分析不同叠梁门方案对下泄低温水的改善效果，其它月份发电引水孔口仍采用原单层取水的进水高程。

以平水年、多年平均气象和多年平均入库水温作为计算条件，采用宽度平均的立面二维水温数学模型预测不同叠梁门方案对下泄水温改善效果。

平水年3月~6月的水库运行水位与叠梁门的运用情况列于下表。

表 6.5-21 乌东德平水年叠梁门运用情况一览表

日期	坝前水位 (m)	方案一（4m×8层）			方案二（8m×4层）			方案三（4m×4层+8m×2层）		
		启用层 数	门顶高 程 (m)	淹没深 度 (m)	启用层 数	门顶高 程 (m)	淹没深 度 (m)	启用层 数	门顶高 程 (m)	淹没深 度 (m)
3月1日	974.3	7	941	33.3	3	937	37.3	5	941	33.3
3月2日	974.3	7	941	33.3	3	937	37.3	5	941	33.3
3月3日	974.3	7	941	33.3	3	937	37.3	5	941	33.3
3月4日	974.3	7	941	33.3	3	937	37.3	5	941	33.3
3月5日	974.3	7	941	33.3	3	937	37.2	5	941	33.3
3月6日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
3月7日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
3月8日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
3月9日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
3月10日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
3月11日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
3月12日	974.1	7	941	33.1	3	937	37.1	5	941	33.1
3月13日	974.1	7	941	33.1	3	937	37.1	5	941	33.1

3月14日	974.1	7	941	33.1	3	937	37.1	5	941	33.1
3月15日	974.1	7	941	33.1	3	937	37.1	5	941	33.1
3月16日	974.1	7	941	33.1	3	937	37.1	5	941	33.1
3月17日	974	7	941	33	3	937	37.0	5	941	33
3月18日	974	7	941	33	3	937	37.0	5	941	33
3月19日	974	7	941	33	3	937	37.0	5	941	33
3月20日	974	7	941	33	3	937	37.0	5	941	33
3月21日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
3月22日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
3月23日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
3月24日	973.8	7	941	32.8	3	937	36.8	5	941	32.8
3月25日	973.8	7	941	32.8	3	937	36.8	5	941	32.8
3月26日	973.8	7	941	32.8	3	937	36.8	5	941	32.8
3月27日	973.8	7	941	32.8	3	937	36.7	5	941	32.8
3月28日	973.7	7	941	32.7	3	937	36.7	5	941	32.7
3月29日	973.7	7	941	32.7	3	937	36.7	5	941	32.7
3月30日	973.7	7	941	32.7	3	937	36.7	5	941	32.7
3月31日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月1日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月2日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月3日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月4日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月5日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月6日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月7日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月8日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月9日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月10日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月11日	973.6	7	941	32.6	3	937	36.6	5	941	32.6
4月12日	973.7	7	941	32.7	3	937	36.7	5	941	32.7
4月13日	973.7	7	941	32.7	3	937	36.7	5	941	32.7
4月14日	973.7	7	941	32.7	3	937	36.7	5	941	32.7
4月15日	973.8	7	941	32.8	3	937	36.8	5	941	32.8
4月16日	973.8	7	941	32.8	3	937	36.8	5	941	32.8
4月17日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
4月18日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
4月19日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
4月20日	974	7	941	33	3	937	37.0	5	941	33
4月21日	974.1	7	941	33.1	3	937	37.1	5	941	33.1
4月22日	974.2	7	941	33.2	3	937	37.2	5	941	33.2
4月23日	974.3	7	941	33.3	3	937	37.3	5	941	33.3
4月24日	974.4	7	941	33.4	3	937	37.4	5	941	33.4
4月25日	974.5	7	941	33.5	3	937	37.5	5	941	33.5
4月26日	974.6	7	941	33.6	3	937	37.6	5	941	33.6
4月27日	974.7	7	941	33.7	3	937	37.7	5	941	33.7
4月28日	974.8	7	941	33.8	3	937	37.8	5	941	33.8
4月29日	974.9	7	941	33.9	3	937	37.9	5	941	33.9
4月30日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月1日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月2日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月3日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月4日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月5日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月6日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月7日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30

5月8日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月9日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月10日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月11日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月12日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月13日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月14日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月15日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月16日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月17日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月18日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月19日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月20日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月21日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月22日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月23日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月24日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月25日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月26日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月27日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月28日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月29日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月30日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
5月31日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月1日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月2日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月3日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月4日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月5日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月6日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月7日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月8日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月9日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月10日	975	8	945	30	4	945	30.0	6	945	30
6月11日	973.9	7	941	32.9	3	937	36.9	5	941	32.9
6月12日	972.8	7	941	31.8	3	937	35.8	5	941	31.8
6月13日	971.7	7	941	30.7	3	937	34.7	5	941	30.7
6月14日	970.6	6	937	33.6	3	937	33.6	4	937	33.6
6月15日	969.5	6	937	32.5	3	937	32.5	4	937	32.5
6月16日	968.4	6	937	31.4	3	937	31.4	4	937	31.4
6月17日	967.3	6	937	30.3	3	937	30.3	4	937	30.3
6月18日	966.2	5	933	33.2	2	929	37.2	3	933	33.2
6月19日	965.1	5	933	32.1	2	929	36.1	3	933	32.1
6月20日	964	5	933	31	2	929	35.0	3	933	31
6月21日	962.8	4	929	33.8	2	929	33.8	2	929	33.8
6月22日	961.6	4	929	32.6	2	929	32.6	2	929	32.6
6月23日	960.4	4	929	31.4	2	929	31.4	2	929	31.4
6月24日	959.2	4	929	30.2	2	929	30.2	2	929	30.2
6月25日	958	3	925	33	1	921	37.0	1	921	37
6月26日	956.8	3	925	31.8	1	921	35.8	1	921	35.8
6月27日	955.6	3	925	30.6	1	921	34.6	1	921	34.6
6月28日	954.4	2	921	33.4	1	921	33.4	1	921	33.4
6月29日	953.2	2	921	32.2	1	921	32.2	1	921	32.2
6月30日	952	2	921	31	1	921	31.0	1	921	31

2) 不同叠梁门方案预测成果对比

由于叠梁门取水期间水库运行水位较高,除6月中下旬外库水位均在正常运行水位975m附近,因而使用的叠梁门层数较多,下泄孔口更易取得表层温水。

叠梁门方案一(4m×8层)的取水门顶高程较单层取水口底板高程提高了8m~32m。由于表层温水的取用,加大了表层流动,叠梁门方案下的坝前表层热量相比单层取水蓄积作用小,同高程水温较单层取水有所降低,3月~6月表层水温同比分别低0.2℃、1.4℃、1.5℃、3.6℃,单层取水的取水中心高程为920.5m,该高程下3月~6月叠梁门方案一分别较单层取水低约0.4℃、2.2℃、4.3℃、6.6℃。

叠梁门取水期间库底水温稳定在11.7℃,与单层取水方案相同。叠梁门表层温水的取用使库区垂向温差减小和流动层的上移,使热量更不易向下层水体传递,底部低温同温区厚度加大,斜温层上移,库区平均水温更低。

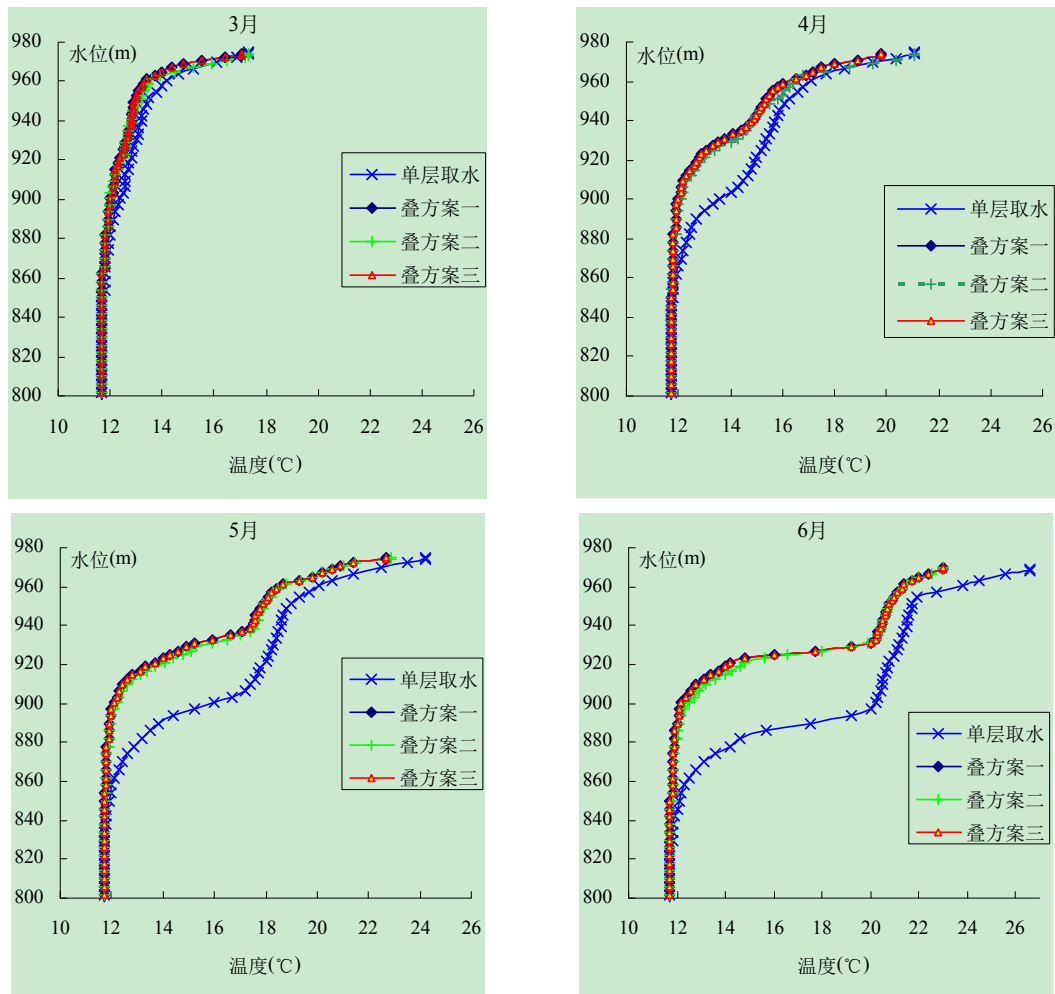


图 6.5-19 平水年不同叠梁门方案与单层取水3月~6月中坝前水温分布

乌东德单层取水时,升温期3月~6月不同程度地表现出低温水现象,平均

降幅为 1.5℃，4 月最大为 2.0℃。采用叠梁门情况分层取水后，电站下泄低温水得到较明显的改善，叠梁门方案一（8 层×4m）与方案三（4 层×4m+2 层×8m）的下泄水温基本一致，3 月~5 月较单层取水分别提高了 0.8℃、1.0℃、0.8℃；而方案二（8m×4 层）3 月~5 月较单层取水分别提高了 0.6℃、0.7℃、0.8℃。

6 月各叠梁门方案均较单层取水方案的水温反而偏低 0.1℃，其一方面是由于 3 月~5 月叠梁门方案持续取用表层温水后，库区水温较单层取水方案明显偏低，在 6 月降水位过程中叠梁门逐层被提起，被叠梁门阻挡的库区冷水被逐步引用，造成下泄水温的降低，另一方面叠梁门层数的减少和汛期流量加大均会使叠梁门的改善效果减弱。若 6 月不采用叠梁门，则可能导致库区低温水的瞬时大量泄放，低温水现象将更为显著。

采用叠梁门之后，电站 3 月、4 月、5 月和 6 月仍存在一定的低温水现象，方案一、三各月下泄水温较现状水温分别偏低 0.6、1.0、0.9 和 0.8℃；方案二各月分别偏低 0.8、1.3、0.9 和 0.8℃。

表 6.5-22 乌东德平水年不同叠梁门取水方案的下泄水温比较

月份	坝址现状水温(℃)	电站下泄水温(℃)				叠梁门改善效果(℃)		
		单层取水	叠方案一	叠方案二	叠方案三	叠方案一	叠方案二	叠方案三
	a	b	c	d	e	c-b	d-b	e-b
3 月	14.3	12.9	13.7	13.5	13.7	0.8	0.6	0.8
4 月	17.2	15.2	16.2	15.9	16.2	1.0	0.7	1.0
5 月	19.9	18.2	19.0	19.0	19.0	0.8	0.8	0.8
6 月	21.5	20.8	20.7	20.7	20.7	-0.1	-0.1	-0.1

注：叠方案一，4m×8 层；叠方案二，8m×4 层；叠方案三，4m×4 层+8m×2 层。

从逐日水温过程来看，单层取水方案在 3 月~5 月期间下泄水温全面低于现状坝址水温下限值，而叠梁门方案基本达到或接近现状水温下限。相对于现状水温，单层取水方案下泄水温日均最大温降为 2.6℃（出现在 4 月 22 日），而叠梁门方案一为 1.5℃（出现在 4 月 30 日、5 月 10 日）。叠梁门方案一较单层取水方案的日均最大温升为 1.5℃（出现在 4 月 30 日）。

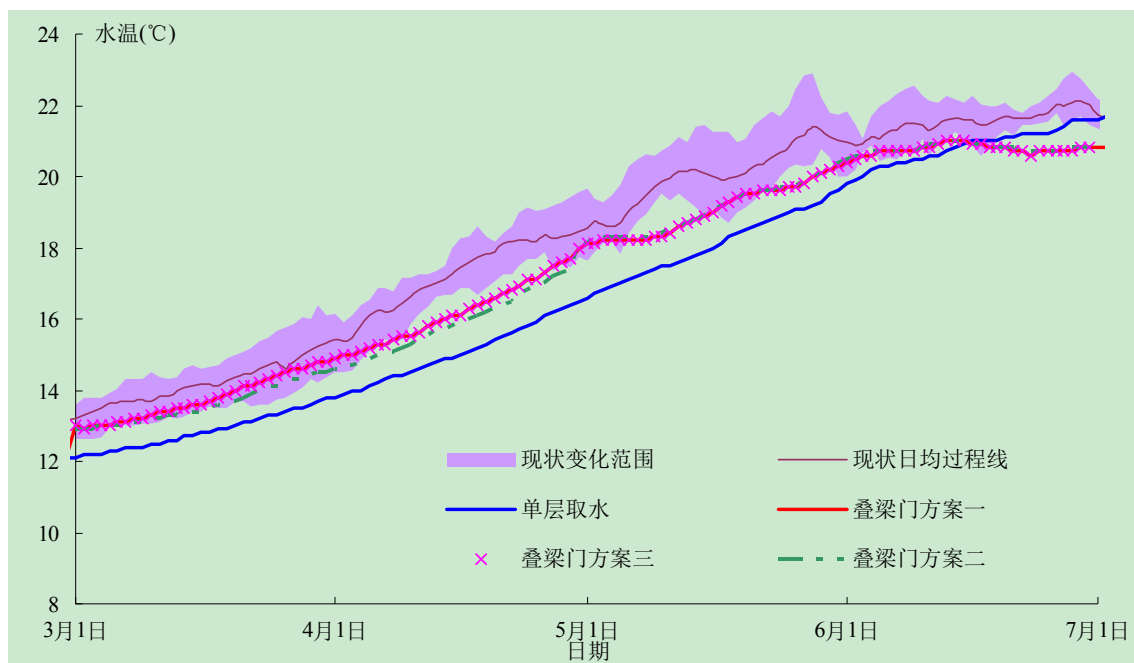


图 6.5-20 平水年 3 月~6 月不同取水方案的逐日下泄水温与现状水温的对比

乌东德坝址现状水温达到 14℃、16℃、18℃的时间段分别为 2 月下旬~3 月下旬、3 月下旬~4 月中旬、4 月中旬~5 月上旬。平水年单层取水方案的下泄水温分别在 4 月 3 日、4 月 26 日、5 月 16 日达到 14℃、16℃、18℃，较坝址现状水温延迟约 2 旬~3 旬。叠梁门方案一与方案三下泄水温分别在 3 月 20 日、4 月 14 日、4 月 30 日达到 14℃、16℃、18℃，较单层取水提前约 1~2 旬；叠梁门方案二较叠梁门方案一达到 14℃、16℃时间延迟 3 天。采用叠梁门之后，升温期的延迟现象得到缓解。

表 6.5-23 平水年不同取水方案下泄水温到达 14.0、16.0、18.0℃的比较

项目	坝址现状统计		单层取水	叠梁门		
	时段	比例		方案一 4m×8 层	方案二 8m×4 层	方案三 4m×4 层 +8m×2 层
到达 14.0℃	2 月下旬	7.7%	4 月 3 日	3 月 20 日	3 月 23 日	3 月 20 日
	3 月上旬	53.8%				
	3 月中旬	23.1%				
	3 月下旬	15.4%				
到达 16.0℃	3 月下旬	61.5%	4 月 26 日	4 月 14 日	4 月 17 日	4 月 14 日
	4 月上旬	30.8%				
	4 月中旬	7.7%				

到达 18.0℃	4月中旬	61.5%	5月16日	4月30日	4月30日	4月30日
	4月下旬	30.8%				
	5月上旬	7.7%				

从低温水改善效果、叠梁门建设条件、经济指标和运行管理等多角度综合考虑，推荐叠梁门方案三（4m×4层+8m×2层）作为乌东德电站低温水减缓工程措施。

同时，在实际运行中应实时监测坝前、坝下水温过程，并结合水温监测成果及坝下河道水温需求，制定合理的叠梁门运行方案尽可能减缓电站下泄低温水对下游保护目标的影响。

（2）乌东德水库叠梁门分层取水对下游水温累积影响分析

1）对向家坝下泄水温的累积影响

为了对比分析在乌东德电站采用叠梁门方案对下游梯级水温累积影响的改善效果，计算乌东德叠梁门取水方案下向家坝下泄水温过程，与其单层取水方案时的向家坝下泄水温过程进行对比分析。

下表为乌东德不同取水方式下金沙江下游四级电站联合运行的向家坝下泄水温过程。乌东德采用叠梁门取水方案后，向家坝下泄水温在3~8月相对于天然状况仍均有所降低，其中4~6月平均降低3.3℃，5月降幅最大，为3.7℃；9月~翌年2月平均上升2.8℃，1月升幅最大，为5.5℃。但较单层取水方案对向家坝春季的低温水有一定的改善，其中4~6月温降影响程度分别减缓了0.3℃、0.5℃、0.5℃。

表 6.5-24 乌东德不同取水方式金沙江下游四级电站联合运行对向家坝坝下水温的影响

单位：℃

月份	向家坝坝址 天然水温	四级联合运行向家坝下泄水温		累积影响		
		乌东德 单层取水	乌东德 叠梁门取水	单层取水	叠梁门取水	叠梁门 改善效果
	(a)	(b)	(c)	(b)-(a)	(c)-(a)	(c)-(b)
1	12.4	17.9	17.9	5.5	5.5	0
2	13.5	16.4	16.4	2.9	2.9	0
3	15.8	15.6	15.6	-0.2	-0.2	0
4	19.3	15.7	16.0	-3.6	-3.3	0.3
5	21.4	17.2	17.7	-4.2	-3.7	0.5

6	22.7	19.3	19.8	-3.4	-2.9	0.5
7	22.8	21.6	21.4	-1.2	-1.4	-0.2
8	22.9	21.9	21.9	-1.0	-1.0	0
9	21.4	22.0	22.0	0.6	0.6	0
10	19.9	21.2	21.2	1.3	1.3	0
11	17.1	20.6	20.6	3.5	3.5	0
12	14.1	19.4	19.4	5.3	5.3	0
年均	18.6	19.1	19.1	/	/	/

下表为向家坝电站平水年不同方案升温期的下泄水温到达 16℃、18℃的时段。天然情况下，向家坝坝下水温在 3 月上旬～3 月下旬到达 16℃，3 月下旬至 4 月中旬达到 18℃；四级电站联合运行时，在乌东德采用单层取水方案下，向家坝坝下水温在 4 月下旬方能达 16℃，5 月下旬方能达 18℃，较坝址天然水温分别延迟近 4 旬和 5 旬；乌东德采取叠梁门分层取水后，向家坝下泄水温在 4 月中旬达到 16℃，较坝址天然过程延迟近 3 旬，5 月下旬方能达 18℃，较坝址天然过程延迟仍有近 4 旬，相较单层取水方案没有明显变化。结果显示，乌东德水电站叠梁门取水对改善升温期向家坝下游水温的延迟现象具有一定的效果，但效果不明显。

表 6.5-25 平水年乌东德不同取水方案向家坝升温期下泄水温到达 16℃、18℃的时段统计

工况	坝址天然	四级联合运行	
		乌东德分层取水	乌东德单层取水
到达16℃的时段	3月上旬～3月下旬	4月中旬	4月下旬
到达18℃的时段	3月下旬～4月中旬	5月下旬	5月下旬

2) 金沙江下游梯级联合运行对向家坝下游江段水温累积影响初步分析

由于金沙江下游乌东德、白鹤滩、溪洛渡和向家坝四个梯级电站联合运行下向家坝坝下水温年内过程发生了很大的变化，白鹤滩及溪洛渡采用叠梁门取水方案后向家坝月均下泄水温较天然水温仍变化了-4.2℃～5.5℃。而向家坝坝下 1.8km 处即为“长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区”，保护区金沙江下游向家坝水电站坝中轴线下 1.8km 至地维大桥，长度 362.76km。为了评价金沙江梯级联合运行对该自然保护区的影响，对该河段的水温影响进行了初步估算分析，其中乌东德分别考虑采用单层取水和叠梁门取水方案，白鹤滩、溪洛渡采用叠梁门取水，向家坝采用单层取水。

向家坝下游保护区河段相关的水文站点水温资料见下表，屏山站年均水温 18.6℃，其下游 292km 的朱沱站水温年均 18.0℃，水温沿程降低，年均沿程温变率为-0.20℃/100km，远低于上游巧家至屏山的温变率 0.33℃/100km，初步分析应是本河段区间汇流径流量大且温度低造成的。金沙江向家坝坝址至朱沱江段的左岸有岷江、沱江，右岸有横江和赤水河汇入，区间总径流量约占朱沱站流量的 41%，而岷江上高场站的年均水温仅 16.6℃，较屏山站的 18.6℃低了近 2℃，支流水温明显较干流水温偏低导致了朱沱站的年均水温低于向家坝水温。本河段较大的区间汇流对水温过程的恢复能起到有效的作用。

表 6.5-26 向家坝坝下江段相关水文站点的天然逐月水温过程

单位：℃

站点	年限	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年均
屏山	1999-2006	12.5	13.6	15.9	19.3	21.4	22.5	22.7	22.9	21.3	19.8	16.9	14	18.6
朱沱	1999-2006	10.3	11.2	14.4	18.5	21.4	22.4	23.6	24.0	21.8	19.6	16.6	12.2	18.0
高场 (岷江)	1999-2006	9.0	10.7	14.1	18.1	19.9	20.2	22.4	22.5	20.3	17.5	14.3	10.3	16.6

电站影响下的水温过程恢复一方面受区间支流汇入的影响，另一方面由于水温变化导致水气热交换量的变化也有利于水温过程的恢复。由于缺乏下游河道的准确地形，借鉴向家坝坝址地形及平均河道比降，对下游河段的水力学条件进行了粗略的恒定流水力计算，采用泸州的气象资料（表 6.5-26）对热通量进行了初步估算。因此在考虑支流汇入的混合效应以及粗略估算的热通量的情况下，初步估算得到乌东德分别采用不同取水方案下金沙江梯级电站联合运行后朱沱站的逐月水温，见下表。

表 6.5-27 泸州站的多年平均逐月气温与太阳辐射

月序	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
气温 (℃)	7.8	9.6	13.5	18.3	22.1	24.3	26.8	26.8	22.8	18.1	14.0	9.0
太阳辐射 (W/m ²)	60.2	75.0	112.1	144.6	164.1	152.1	187.4	189.5	127.9	88.8	72.3	57.9

表 6.5-28 乌东德不同取水方案下金沙江下游 4 级梯级联合运行时朱沱站估算水温的对比

单位: °C

时间		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年均
朱沱(天然)	(a)	10.3	11.2	14.4	18.5	21.4	22.4	23.6	24	21.8	19.6	16.6	12.2	18
朱沱 (乌东德单 层取水)	(b)	14.1	14.8	15.2	17.2	19.5	20.5	22.6	22.8	21.7	19.8	17.7	14.8	18.4
朱沱 (乌东德叠 梁门取水)	(c)	14.1	14.8	15.2	17.3	19.6	20.7	22.5	22.8	21.7	19.8	17.7	14.8	18.4
温差	(c)-(b)	0	0	0	0.1	0.1	0.2	-0.1	0	0	0	0	0	0
	(c)-(a)	3.8	3.6	0.8	-1.2	-1.8	-1.7	-1.1	-1.2	-0.1	0.2	1.1	2.6	0.4
向家坝-朱 沱的温变 率(°C /100km)	(d)	-1.44	-0.61	-0.11	0.49	0.72	0.34	0.42	0.34	-0.11	-0.53	-1.10	-1.74	-0.28

估算结果显示,受支流汇入及水气热交换的影响,朱沱站水温变化幅度较向家坝已明显降低,从向家坝坝下最大月均变化从-4.2°C(5月)和5.5°C(1月),降至朱沱站的-1.9°C(5月)和3.8°C(1月)。四级电站联合运行(乌东德叠梁门取水)后朱沱站水温较天然水温在4~6月约有1.6°C的温降,而11月~次年2月平均水温升高2.8°C,朱沱站的水温过程较向家坝下泄水温已经有明显的恢复,但较天然水温过程仍有较明显的变化。乌东德采用叠梁门方案较单层取水方案,向家坝仅在4月~6月有0.3~0.5°C的温升,受支流汇入与水气热交换影响,朱沱站叠梁门方案仅在4月~6月有0.1°C~0.2°C的温升,可以认为乌东德叠梁门对朱沱的水温影响微弱。

根据乌东德叠梁门方案下向家坝和朱沱站点之间温变率看,4~6月沿程温变率平均为0.52°C/100km,而11月~次年2月沿程温变率为-1.22°C/100km,粗略估计还需经过约200km~300km(即距离向家坝约500km~600km)的河段方能基本恢复到天然水温过程。金沙江下游梯级联合运行可能对三峡水库的入库水温过程产生一定的影响,并可能与三峡水库叠加累积影响到下游江段的水温过程。

(3) 水库水温在线监测系统

为准确掌握乌东德水库运行后水库水温垂向分布情况,并为优化叠梁门调度提供实时数据,拟在坝前合适位置设置水库水温在线监测系统,下阶段开展该系统专项设计工作。

1) 水温在线监测系统位置选择

为避免受电站发电、泄洪等扰动影响,并尽可能反映坝前水温和下泄水温情况,结合坝前库区地形,本工程水温在线监测系统可布置于坝前约 1.5km~3.0km,设置斜坡式观测点,在线监测不同水位高程水温,并设置水温在线监测控制系统,收集和处理水温在线监测数据。

2) 系统水温测点及技术要求

为尽可能识别和掌握水库水温分层变化现象及下泄水温过程,应考虑垂向等距布置水温测点,各测点垂向高程差 3~6m。水温读数精确到 0.1℃,系统水温测量数据可实时传输至电站运行调度中心,并可自动保存数据。系统结构稳定,确保各种频率洪水入流期间安全运行,此外,系统测量探头应可抬出水面,方便检修。

3) 管理要求

为避免两岸村镇居民人为破坏监测系统,应在本工程水温在线监测系统岸边设置管理用房,并安排专人巡视,系统周边设置禁止接触和防撞等醒目标示,确保系统不受人破坏。此外,本工程水温在线监测系统应在水库蓄水前完成施工,具备运行条件。

(4) 水温影响科研建议

1) 叠梁门优化专题研究

表 6.5-29 比较了推荐叠梁门(方案三)丰水年、平水年和枯水年 3 个典型水文年的下泄水温。三个典型年均 3 月~5 月对低温水的改善效果较明显,但在 6 月由于运行水位降低、流量加大,叠梁门的效果并不明显。建议设置本工程叠梁门分层取水研究专题,优化叠梁门设计,以进一步改善水库发电下泄水温。

表 6.5-29 平、丰、枯水文年推荐叠梁门方案(方案三)取水效果对比(℃)

月份	平水年		丰水年		枯水年	
	下泄水温	与单层取水差值	下泄水温	与单层取水差值	下泄水温	与单层取水差值
3 月	13.7	0.8	13.6	0.7	13.7	0.7
4 月	16.2	1	16.2	0.9	16.3	0.6
5 月	19	0.8	19	0.9	19.2	0.5
6 月	20.7	-0.1	20.6	-0.3	21.1	0.2

2) 梯级水库联合运行水温影响研究

考虑到金沙江下游四级联合运行的影响程度较高，影响范围大，建议从全流域水电开发的水温情势变化的角度出发，开展长江流域梯级电站的水温累积影响研究。并建议开展溪洛渡和向家坝水库坝前适当位置增设水库水温在线监测系统的可行性研究，并加强金沙江下游梯级水库至宜昌河段的水温观测与水温变化研究，以全面了解金沙江下游梯级开发水温累积影响变化规律。

6.5.8.5 气体过饱和和减缓措施

（1）实施梯级联合调度

金沙江下游及其上游的金沙江中游、雅砻江均是我国重要的水电能源基地，雅砻江中下游的两河口、锦屏一级和二滩水电站均有较大的调节库容，金沙江中游也将兴建多级水电站并包括具有较强防洪调节能力的龙头水库，随着金沙江下游各个梯级的陆续建成并投入运行，整个流域将形成水库群，将能对洪水起到较强的调控作用。因此，从减缓 TDG 过饱和影响，保护水生生物角度，应统筹研究流域各水电站的联合调度运行，在提高水量利用率的同时达到减小各梯级泄洪频率的目的。由于过饱 TDG 对鱼类的影响与鱼类在过饱和环境中的滞留时间有关，因此减小泄洪频率及泄洪持续时间能消除或减轻过饱和 TDG 对鱼类的影响。

（2）结合鱼类生境需求，实施“生态调度”

在深入研究金沙江下游鱼类产卵繁殖的生境需求基础上，对水库运行调度方案提出建议，使梯级泄洪时间尽可能避开鱼类对过饱和和总溶解气体的敏感期，从而协调好泄洪、发电和生态需求三者之间的关系。

（3）合理分配各泄洪建筑物流量，减小泄洪单宽流量

根据预测结果分析，乌东德电站各泄洪建筑物单泄产生的 TDG 饱和度大小顺序依次为泄洪洞、泄洪中孔、泄洪表孔。从减小 TDG 过饱和影响角度考虑，如果采用泄洪建筑物单泄方案，建议泄洪建筑物首选泄洪表孔，其次为泄洪中孔，最后为泄洪洞。在泄洪调度中，尽可能使更多的泄洪建筑物参与泄洪，减小泄洪单宽流量，从而减小坝下 TDG 饱和度。

（4）优选泄洪通道

根据原型观测结果以及《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》对各梯级电站坝下过饱和 TDG 的预测，在流量相当的情况下，坝身孔泄流产生的过饱和 TDG 小于溢洪道泄流产生的值，溢洪道泄流产生的过饱和 TDG

小于泄洪洞。因此，在工程实际运行中，优选坝身孔泄洪，其次为溢洪道，尽量减小泄洪洞泄洪频率。

(5) 增加发电流量，减小泄洪流量

预测结果表明，发电尾水对总溶解气体过饱和没有显著影响，因此，泄洪期间尽可能地保证机组满发，减小泄洪建筑物的泄洪流量，从而降低生成的 TDG 饱和度。

(6) 开展金沙江下游各梯级电站建成后的总溶解气体过饱和原型观测工作

鉴于国内外对高坝泄流下游 TDG 过饱和问题缺乏深入系统的认识和研究，因此为及时了解金沙江下游各梯级电站建成后高坝泄流下游 TDG 过饱和状况及其对水生生物的影响，验证数学模型预测结果，为工程环境保护及提高我国在高坝泄流 TDG 过饱和领域的研究水平提供可靠数据和基础资料，有必要在电站泄洪期间，特别是四个梯级建成后过饱和 TDG 在各梯级库区河段的释放过程开展原型观测研究。

6.5.9 科学研究

金沙江下游属于高原鱼类和江河平原鱼类过渡分布水域，其鱼类种类组成与长江上游干流、金沙江中游具有很大的相似性。因此，金沙江鱼类资源的保护需要和金沙江流域及长江上游鱼类资源保护统筹兼顾，合理规划和布局。

乌东德江段生态环境条件特殊，生态脆弱，该江段分布的有国家和省级重点保护的珍稀鱼类、被列入《中国濒危动物红皮书-鱼类》和《中国物种红色名录》的鱼类，其资源每年都在不断的减少，个体明显偏小，有些珍稀鱼类在本河段已经多年未被发现。

乌东德电站的建设将会对这些特有、珍稀鱼类产生不利影响，加之其中大多鱼类基础生物学的研究非常薄弱，预测工程对资源的影响非常困难。因此，在长江上游珍稀特有鱼类保护区已开展研究的基础上，有必要针对乌东德水电站自身情况开展相关研究，以有效保护和利用其鱼类资源。建议开展科学研究按近期和远期目标来进行。近期先对乌东德电站建设进行相关的研究，为后续金沙江中、下游电站建设对水生态影响的预测、科学管理、保护措施的实施提供技术支撑。远期进行梯级电站累积效应的相关研究。

(1) 乌东德水电站建设和运行对圆口铜鱼胁迫效应的研究；

- (2) 乌东德库区鱼类群落及变化研究；
- (3) 白鹤滩乌东德鱼类增殖放流站鱼类增殖放流效果评价技术研究；
- (4) 乌东德水电站过鱼设施过鱼效果评价及优化研究；
- (5) 金沙江下游水电开发鱼类替代生境保护效果研究；
- (6) 金沙江下游水电梯级电站开发水生生态累积效用及对策措施研究；
- (7) 长江上游珍稀特有鱼类自然保护区江段圆口铜鱼产卵场调查研究；
- (8) 圆口铜鱼人工繁殖和批量苗种生产研究。

6.5.10 鱼类保护基金

(1) 设立依据与目的

根据国家环境保护部“关于金沙江下游河段水电梯级开发环境影响有关问题意见的函”(环函[2012]69号),应结合向家坝、溪洛渡水电站蓄水阶段工作,乌东德、白鹤滩水电站环评审批工作,建立并落实河段鱼类保护基金。

原国家环境保护总局在溪洛渡、向家坝水电站环境影响报告书批复中均明确要求:三峡集团作为金沙江下游四个梯级电站的业主,应统筹考虑上述工程建设对长江上游的长期影响,在电站发电收益或成本中安排一定的费用,建立鱼类保护基金,鱼类保护责任、相关费用和实施工作由业主单位承担。

为落实规划环评及金沙江一期建设工程环评批复要求,在金沙江下游梯级电站运行期,建立长效机制,保护受金沙江下游河段梯级开发影响的长江上游珍稀特有鱼类,三峡集团组织开展了金沙江下游水电开发鱼类保护基金设立的研究和相关准备工作。

(2) 设立方式

在集团公司设立金沙江水电基金会之前,鱼类保护基金设立方式为,在三峡集团公司设立专项支出资金,按“预算单列、归口管理、费用分摊、台账统计”的原则和方式管理。

专项支出资金由拥有金沙江发电资产和收益的主体据实列支或按标准计提,计入相应工程投资或电力生产成本。专项支出资金主要用于金沙江下游河段鱼类保护相关工作,根据费用渠道可分别由不同部门执行,纳入金沙江鱼类保护专门预算项目进行管理。

在集团公司成立金沙江水电基金会后,长江上游珍稀特有鱼类保护工作是基

金会关注的生态环境保护的主要组成部分，其管理按照基金会的管理及运作方式进行。

（3）使用用途及对象

1) 目标对象

金沙江下游河段鱼类保护基金主要是用来开展受金沙江下游梯级开发影响的长江上游珍稀特有鱼类保护工作，即一是受金沙江下游梯级水电开发影响的，而不是其他原因影响的；二是长江上游的珍稀特有鱼类，而不是所有鱼类；三是以生物多样性和物种保护为主，兼顾渔业资源。

2) 用途范围

按业务板块划分，主要用于水生生态监测、鱼类保护工程措施、相关科研、宣传培训、相关业务合作等 5 个方面。

①水生生态监测

建立金沙江下游及长江上游珍稀特有鱼类及其栖息环境监测系统，持续开展珍稀特有鱼类和保护区生态环境的动态监测工作。

②鱼类保护工程措施

长江上游珍稀特有鱼类栖息地保护的工程措施和管理措施（含自然保护区、替代生境、生态补偿）、鱼类增殖放流站运行及鱼类放流、分层取水和过鱼设施的运行维护、生态流调度的费用或损失补偿等。

③相关科研

珍稀特有鱼类保护相关基础研究、应用研究等，可以从珍稀特有鱼类生活史和人工繁殖技术、栖息地环境因子变动特征及鱼类响应、保护生物学与保护效果评估、水电站运行与珍稀特有鱼类保护协调技术措施与对策研究等方面开展研究。

④宣传培训

鱼类保护宣传培训和技术交流。

⑤相关业务合作

支持有关单位开展与长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区、库区生态环境保护等相关的业务合作等。

（4）费用估算

1) 向家坝、溪洛渡鱼类保护费用

溪洛渡、向家坝水电站鱼类保护费用主要包括各种鱼类保护设施的建设费用、鱼类保护运行管理费用（含鱼类保护设施的运行费用、长江上游鱼类自然保护区运行费用、科研费用、监测费用和宣传教育费用等）两个部分。

鱼类保护设施的建设主要包含溪洛渡分层取水措施、向家坝增殖放流站、圆口铜鱼养殖基地网箱船以及长江上游保护区基本能力建设等内容，费用合计约 5 亿元。鱼类保护运行管理按延续到 2021 年（长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区补偿费用计划截止年份）计，总费用约为 2.1 亿元。截止到 2013 年 5 月，溪洛渡、向家坝水电站鱼类保护费用累计完成投资 5.38 亿。上述费用均取自溪洛渡、向家坝水电站工程概算。

2) 乌东德、白鹤滩鱼类保护费用

基于溪洛渡、向家坝保护费用测算数据，外推乌东德、白鹤滩水电站的鱼类保护费用，以及四个电站全部运行后的鱼类保护费用。具体保护费用以后期概算为准。

目前，乌东德、白鹤滩水电站鱼类保护措施尚处于设计阶段，规划各鱼类保护措施：过鱼措施、分层取水措施、鱼类增殖放流站、栖息地保护、监测系统、上游鱼类保护区生态补偿等的一次建设投资预计约 13.8 亿元，鱼类保护运行管理按延续到 2022 年（电站投运前）计，总费用约为 2.62 亿元。

3) 金沙江下游河段四个水电站运行后鱼类保护费用

金沙江下游河段四个水电站运行后鱼类保护费用主要包含鱼类保护措施运行费用、长江上游鱼类自然保护区运行费用、科研费用、监测费用、宣传培训与技术交流费用及其它不可预见费，共计 6850 元/年（静态投资，未包含物价上涨等方面因素）。

在电站投产运营前，运行费用在工程概算中列支。在 2023 年金沙江下游四个电站投产运营后，预估运行费用在 6850 万元/年，其费用需在发电收益中列支。按向家坝、溪洛渡、乌东德、白鹤滩四个电站年发电量 1871.6 亿千瓦时预计，单位发电量承担水平为 0.35 厘。

（5）费用筹措

鱼类保护基金费用，在金沙江各电站建设阶段，取自各电站鱼类保护概算；

在各电站机组投产后，从发电收益或成本中列支。因而，鱼类保护基金费用会因金沙江电站开发阶段存在 3 种形式：

1) 电站建设期间，取自溪洛渡、向家坝、乌东德、白鹤滩四个水电站工程概算

2) 电站建设、运行结合期间，为乌东德、白鹤滩水电站工程概算和向家坝、溪洛渡水电站发电收益

3) 电站投产营运期间，全部来自四个电站发电收益

2022 后，白鹤滩、乌东德水电站预计建成并全部机组投产发电，基金费用取自溪洛渡、向家坝、白鹤滩、乌东德发电收益或成本。

拥有四个电站发电资产和收益的主体，在取得财政和税务等相关部门的认可后，按规定标准计提金沙江下游河段鱼类保护专项支出资金，直接列入电力生产成本，符合鱼类保护范围内的支出直接从该专项资金中列支。

4) 费用分摊

全部电站投产营运前，鱼类保护基金使用超出工程概算范围部分，由向家坝、溪洛渡水电站按照发电量进行分摊。全部电站投产营运后，鱼类保护专项支出由四个电站按照发电量进行分摊，取自各电站发电收益或成本。

6.5.11 渔政管理措施

加强渔政管理是保护鱼类资源的有效手段之一，乌东德水电站需进一步强化库区及坝下江段渔政管理措施，并计列相关投资。具体管理内容如下：

(1) 加强渔政队伍建设

建议当地渔政部门建立健全渔政管理机构，加强渔政队伍及其能力建设，提高渔政部门的执法能力和力度。加强鱼类资源保护宣传，严格执法，禁止禁渔区内任何渔业生产活动，特别是要禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为。

(2) 严格执行禁渔期和禁渔区制度

结合四川、云南两省的禁渔要求，制定禁渔期和禁渔区，在鱼类集群产卵容易捕捞的时段和河段禁止捕鱼，以保护鱼类能够顺利完成生命过程。将鱼类重要栖息地划定为禁渔区，禁渔区内禁止任何形式的渔业活动；将鱼类易捕和重要时段设为禁渔期，禁渔期间整个水域均为禁渔区，特别是鱼类比较集中的河段。

(3) 加强渔业管理

限制渔具、渔法、渔具类型及其规格，保证幼鱼不被捕起。某些渔法，如电鱼、炸鱼、毒鱼等，对鱼类资源的破坏是毁灭性的，必须严格禁止，以保护渔业资源的持续利用。

（4）控制生物入侵

根据调查，乌东德库区发现有陈氏新银鱼，乌东德电站形成库区后，陈氏新银鱼将在库区滞留。陈氏新银鱼属于纯淡水种类，对水域条件要求不苛刻，喜生活在水面开阔，透明度大，溶氧充足的水体上层，以浮游动物中的轮虫、枝角类、桡足类为食，繁殖期3~7月，在湖边水草丛生地区产卵。个体小，生长迅速，繁殖力强，从孵出到长成成体只需6个月左右的时间。自然状态下分布于长江中、下游及附属湖泊。因群体产量高，价值大，不少地方进行了养殖。养殖到新水域后，只要水域条件适合，往往一两年内即可爆发性地形成种群产量，迅速占领水域空间。除新银鱼外，周边群众在开展外来物种养殖并逃逸进入库区也有可能。

乌东德水库形成后，水体规模明显增加，部分适应流水环境的本土著种退出库区河段，生态位出现较大空缺，此时如果适应静水环境的入侵鱼类进入库区，即存在生物入侵风险。入侵物种大量繁殖，将进一步占用土著物种的生态空间，导致本土著种种群规模进一步减小，对本地生物多样性产生危害。应严格管理，宣传普及防范外来物种知识，提高防范意识。

6.5.12 对重要特征鱼类圆口铜鱼保护有效性分析

圆口铜鱼是长江特有种，也是长江上游特别是评价区的重要经济鱼类之一。圆口铜鱼喜流水，成鱼喜生活在干流急流洄水深沱中，就目前的调查采集情况看，极少真正进入支流（雅砻江除外）。乌东德水库蓄水后，库区江段较平渡圆口铜鱼产卵场将被淹没。金沙江下游4个梯级建成蓄水后，若金沙江下游各库区没有苗种的补充，将难以在此江段形成自然种群。针对本工程对圆口铜鱼影响，站在全流域角度制定了一系列的保护措施，现就各项措施有效性分析如下：

（1）替代生境保护

本次通过长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流、支流赤水河和雅砻江锦屏二级大河湾开展圆口铜鱼的保护。

1) 保护区干流

长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区目前仍有一定规模圆口铜鱼的分

布，分布有产漂流性卵鱼类产卵场，且有铜鱼的产卵现象，保护区干流具备圆口铜鱼鱼卵漂流所需的水动力条件以及漂流至仔鱼具备溯游能力所需的河长，经分析，保护区干流在向家坝水电站蓄水运行后可能会形成新的圆口铜鱼产卵场。

本次通过保护区干流的水生生态监测及时了解保护区圆口铜鱼种群动态变化情况，通过加强保护区干流的管理以保护干流重要生境和圆口铜鱼资源量，有可能实现圆口铜鱼的种群延续，从而达到保护圆口铜鱼目的。

2) 赤水河

根据 2007 年、2009 年和 2010 年调查结果，赤水河分布有一定规模圆口铜鱼；目前也有产漂流性产卵场，且发现长薄鳅和长鳍吻鮡在赤水河有产卵现象，赤水河也具备圆口铜鱼鱼卵漂流所需的水动力条件以及漂流至仔鱼具备溯游能力所需的河长，根据分析赤水河在向家坝水电站蓄水运行后可能会形成新的圆口铜鱼产卵场。

本次赤水河通过水生生态监测及时了解保护区圆口铜鱼种群动态变化情况，通过补充圆口铜鱼资源量提高圆口铜鱼在赤水河繁殖的可能性，通过加强保护区赤水河的管理以保护赤水河重要生境和圆口铜鱼资源量，有可能在赤水河实现圆口铜鱼的种群延续，从而达到保护圆口铜鱼目的。

3) 雅砻江锦屏二级大河湾

锦屏二级大河湾河道规模大、水生生境多样性丰富，大多数河道仍保持流水生境，目前大河湾及官地库区仍有一定规模圆口铜鱼分布，也有产漂流性产卵场；除局部河段存在流速小于 0.2m/s 现象需要修复外，其余河段具备圆口铜鱼鱼卵漂流所需的水动力条件；满足圆口铜鱼鱼卵漂流至仔鱼具备溯游能力所需的河长要求，根据分析锦屏二级大河湾可能会形成新的圆口铜鱼产卵场。

本次建议通过锦屏二级大河湾河道修复以满足圆口铜鱼鱼卵漂流所需的水动力条件、改善鱼类栖息生境、保证河道连通性，通过补充圆口铜鱼资源量提高圆口铜鱼在赤水河繁殖的可能性，进行生态流量监测保护河道水生生境，通过水生生态监测及时了解该河段圆口铜鱼种群动态变化情况并优化保护措施，通过加强该河段的管理以保护其重要生境和圆口铜鱼资源量，有可能实现圆口铜鱼的种群延续。

(2) 人工增殖放流

在圆口铜鱼人工繁殖方面，2008 年初步建立两种方便有效的圆口铜鱼野生

个体批量收集暂养模式，建立了圆口铜鱼麻醉和长途运输技术，获得了驯养成活时间超过 4 个月的养殖个体。同年，开展了圆口铜鱼的野外采集、暂养、运输与室内驯养工作，对圆口铜鱼驯养方式和驯养条件进行了有益的探索。

2012 年，依托船体网箱，开展了成鱼饲养、人工饵料研制、疾病综合防治措施等方面的研究，储备了一批圆口铜鱼后备野生亲鱼，初步形成了人工繁殖材料野生亲鱼基地。

2014 年 5 月 14 日，中华鲟研究所对成熟和近成熟的 30 余尾亲鱼进行筛选出三尾雌鱼开展试验性催产，获得受精卵 1000 余粒，出苗 200 余尾。5 月 26 日，在总结第一次经验的基础上，再次成功催产三尾雌鱼，获得受精卵 4500 粒，出苗 4000 余尾，产后亲鱼经过康复处理，全部存活。连续两次成功实现圆口铜鱼的人工繁殖，标志着圆口铜鱼人工驯养繁殖取得了重大技术突破。

现阶段，国内各相关科研单位正在积极探索，争取早日实现圆口铜鱼大规模人工繁殖。因此，圆口铜鱼人工增殖技术成熟后，在乌东德白鹤滩鱼类增殖站中长期放流规划中考虑了圆口铜鱼每年 20 万尾的放流量，下游保护区和赤水河流域可以利用向家坝增殖站、赤水河增殖站对圆口铜鱼进行增殖，并在赤水河中游和上游河段进行人工放流，对圆口铜鱼资源量进行补充，有可能实现圆口铜鱼的种群延续。

6.6 水土保持措施

6.6.1 水土流失防治责任范围

根据《中华人民共和国水土保持法》中“谁开发谁保护，谁造成水土流失谁负责治理”的规定以及《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008）的规定，工程的水土流失防治责任范围包括项目建设区和直接影响区，乌东德水电站工程防治责任范围区共计 17965.50hm²。

（1）项目建设区

本工程项目建设区总面积为 17499.83hm²，按行政区划分，左岸四川省建设区面积 7974.58hm²，右岸云南省建设区总面积 9525.25hm²；按工程区域划分枢纽工程区征占地 447.26hm²（包括泥石流沟治理征地面积），场内交通工程区占地 117.57hm²，弃渣场区占地 194.83hm²，施工生产生活区占地 139.73hm²，料场区占地 9.75hm²，移民安置工程区占地 3606.57hm²，库岸区占地 12636.90hm²，其

它暂未扰动区域占地 347.22hm²。

(2) 直接影响区

本工程项目建设直接影响区总面积为 465.67hm²，其中鲮鱼河渣场周边影响区域 6.23hm²，施期料场为 1.50hm²，场内连接道路周边影响区为 3.25hm²，移民安置工程周边影响范围为 142.69hm²，淹没影响待观区为 295.00hm²，封闭管理区影响区为 15.00hm²。

6.6.2 水土流失防治分区及防治措施

6.6.2.1 防治目标

本工程水土流失防治标准执行建设类一级标准，依据工程所在地区的多年平均年降水量、土壤侵蚀强度和地形等影响条件进行修正。经修正后防治目标如下：施工建设期土壤流失控制比 0.7、拦渣率 95%；设计水平年（试运行期）扰动土地整治率 95%、水土流失总治理度 97%、土壤流失控制比 1.0、拦渣率 95%、林草植被恢复率 99%、林草覆盖率 27%。

6.6.2.2 水土流失防治分区及措施体系总体布局

在对主体工程设计进行分析评价的基础上，提出本工程防治水土流失需要补充、完善的防治措施和内容，结合界定的水土保持工程，提出水土流失防治措施体系和总体布局。

(1) 枢纽工程防治区

主体工程设计对枢纽工程区主要采取边坡防护的工程措施，对猪拱地沟、下白滩沟、阴地沟、花山沟等泥石流沟治理的植物措施、各开挖边坡的截排水设施及植物措施未作设计，本方案在主体工程边坡支护设计的基础上补充截排水设施及植物措施，同时补充施工期间的施工管理措施。

(2) 存弃渣场防治区

主体工程对猪拱地、下白滩、阴地沟泥石流采取了拦导、排导措施，处理了沟道洪水，进行了表土剥离。本方案以工程措施为主，以保证渣场的稳定，渣场坡脚设挡土墙拦挡，场边设截水沟，坡面增设马道及排水沟，同时对坡面增加护坡及必要的植物措施。

(3) 场内交通工程防治区

主体工程设计中场内交通工程采取了挡土墙、护坡、临坡侧开挖边坡坡脚的排水等工程防护措施，对部分区域实施了表土剥离，但对植物措施、临时措施以及散落浮渣清除等未作设计，本方案在此基础上予以补充和细化，同时补充施工期间的施工管理措施。

（4）料场防治区

主体工程设计考虑料场表土剥离、开挖边坡防护和马道设置外，未对料场开挖边坡及马道平台绿化、爆破抛洒浮渣防护、开挖料临时拦挡、排水、沉沙措施、料场截排水措施以及后期迹地恢复等措施未作设计，方案需予以补充完善，同时补充施工管理要求。

（5）施工生产生活防治区

主体工程对部分施工布置区边坡挡墙、部分生活营区的绿化进行设计和表土剥离措施，但对边坡防护、场地防护、排水、沉沙以及临时措施、绿化等未作设计，需予以补充和细化，同时施工期间的施工管理措施。

（6）移民安置与专项设施复建防治区

对于生产安置区，移民安置规划考虑了坡改梯、排水沟、道路防护林等措施，本方案主要补充部分田埂沉沙沟、排水沟等；对于城集镇及农村居民点迁建区，移民安置规划考虑了集中安置点周边截排水设施、开挖填筑边坡防护、表土剥离及场内绿化等措施，但对安置点周边绿化、表土堆置防护、临时排水、沉沙、弃渣防护等措施未作设计，对拦挡、排水、边坡防护等措施本方案予以补充，同时补充施工期间的施工管理措施；对于专项设施复建区，本方案主要考虑道路下边坡拦挡、迹地恢复、表土剥离等措施；对于防护工程区，本方案主要考虑农田田埂绿化、施工场地迹地恢复以及料场防护等。

（7）库岸区

主要补充库周各类地质灾害影响区以及水库浸没影响区的治理措施，包括营造库岸防护林以及封禁治理等，同时补充施工期间的施工管理措施。

（8）其它封闭管理区

主要补充施工管理区内未扰动的原有耕地、园地的退耕还林，移民搬迁之后的建设用地以及原有未利用地和疏林地进行生态修复，原有林地的封禁治理，同时补充施工期间的施工管理措施。

工程水土流失防治措施体系详见下表。

表 6.6-1 工程水土流失防治措施体系一览表

序号	防治分区	措施名称		防治措施体系		
				主体工程设计	新增水保措施体系	
					“三通一平”阶段实施	本阶段实施
1	枢纽工程防治区	开挖边坡	工程措施	表土剥离	导流洞、施工支洞等洞口截水沟、排水沟	泄洪洞、引水洞等洞口以及水垫塘、二道坝等截水沟、排水沟、沉沙池
			植物措施	雷诺护坡	开挖边坡绿化、种植槽、厚层基材质	开挖边坡绿化、种植槽、厚层基材质
			临时措施		导流洞、施工支洞下边坡钢筋石笼拦挡	泄洪洞、引水洞等洞口以及水垫塘、二道坝下边坡钢筋石笼临时拦挡
		高位自然边坡	工程措施	边坡防护、拦挡、截排水沟、表土剥离		
			植物措施		种植槽、厚层基材质	厚层基质护坡、种植槽
		金坪子滑坡防护	工程措施	部分截排水沟、地下排水措施、冲沟防护、表土剥离		蓄水灌溉工程
			植物措施	植草护坡		种植乔木、灌木、播撒草籽
		泥石流沟治理	工程措施	拦导坝、排导槽、截水沟、表土剥离		蓄水灌溉工程
			植物措施		猪拱地沟、下白滩沟营造水保林	阴地沟、花山沟营造水保林
			临时措施		猪拱地、下白滩排导槽下边坡采用钢筋石笼临时拦挡	花山沟、阴地沟排导槽下边坡采用钢筋石笼临时拦挡

序号	防治分区	措施名称		防治措施体系		
				主体工程设计	新增水保措施体系	
					“三通一平”阶段实施	本阶段实施
		业主基地	工程措施		挡墙、截排水沟、表土剥离	
植物措施	植草护坡、场地绿化美化					
		鱼类增殖站	植物措施			厚层基材植被护坡、场内绿化
2	场内交通工程防治区		工程措施	部分道路截排水沟、下边坡挡墙、表土剥离	护坡、浮渣清除、下边坡拦挡、桥梁钻渣沉淀池防护	
			植物措施		永久道路绿化、压埋下边坡绿化	
			临时措施		临时道路临时排水、绿化	
3	存弃渣场防治区	永久弃渣场	工程措施	表土剥离	下白滩、猪拱地堆料弃渣场排水工程：坡面截水沟，渣底盲沟、沉沙池等； 下白滩、猪拱地堆料弃渣场拦挡防护：挡渣墙、护脚、场地平整；	下白滩、猪拱地堆料弃渣场护坡、渣面排水沟；阴地沟、鲮鱼河渣场排水工程、拦挡防护工程、护坡、渣面排水沟等
			植物措施			
			临时措施		临时绿化措施	
		存料场	工程措施	表土剥离	排水工程：坡面截水沟，渣底盲沟、沉沙池等； 拦挡防护：护脚、挡渣墙；	
			植物措施			

序号	防治分区	措施名称		防治措施体系		
				主体工程设计	新增水保措施体系	
					“三通一平”阶段实施	本阶段实施
		表土堆存场	工程措施	表土剥离	挡墙、截水沟、沉沙池	
			植物措施			施工迹地恢复、营造水保林、苗木基地
			临时措施		临时绿化	
4	料场防治区	施期石料场、河门口土料场	工程措施	锚杆支护、坡面排水孔、表土剥离		抛洒浮渣拦挡、截排水、土地整治、蓄水灌溉工程
			植物措施			边坡绿化、植被恢复
			临时措施			开挖料临时拦挡、排水、沉沙
5	施工生产生活防治区	施工营地、场地	工程措施	部分场地挡土墙、截排水沟、表土剥离	截水沟、排水沟、沉沙池、护坡	部分临库营地下边坡采用干砌石、钢筋石笼护坡、土地整治
			植物措施	坡面植草	液力喷播植草、框格植草等边坡绿化措施	施工迹地恢复、营造水保林、园林式绿化
			临时措施		临时拦挡	
6	移民安置与专项设施复建防治区	生产安置区	工程措施	坡改梯、蓄水池、截排水沟		排水沟、沉沙凼
			植物措施	道路防护林		道路边坡绿化、田埂绿化
		城集镇及农村居民点迁	工程措施	台地护坡、截排水、表土剥离		土地整治、拦挡

序号	防治分区	措施名称		防治措施体系		
				主体工程设计	新增水保措施体系	
					“三通一平”阶段实施	本阶段实施
		建区	植物措施	场内绿化		四旁绿化、对外连接道路绿化、营造水保林、坡面绿化
			临时措施			表土临时防护、施工场地截排水沟临时防护拦挡、沉沙池
		专项复建设施区	工程措施	边坡拦挡、道路两侧截排水措施、表土剥离		道路下边坡拦挡、沉沙池、土地整治
			植物措施	道旁树绿化		迹地恢复
		防护工程区	工程措施	防洪墙、截洪沟、表土剥离		石料场下边坡拦挡、截排水、表土临时防护
			植物措施			田埂绿化、迹地恢复、料场绿化
		库岸防治区	植物措施			防护林、封禁治理
			工程措施			
7	库岸防治区	库岸区	植物措施			防护林、封禁治理
8	其它封闭管理区	施工未扰动区域	工程措施		封禁治理	封禁治理
			植物措施		退耕还林、生态修复	退耕还林、生态修复

6.6.2.3 水土流失防治措施

(1) 枢纽工程防治区

1) 工程措施

在导流洞进出口、导流洞施工支洞口、左右岸引水系统进水口、左右岸尾水出口、出线场、泄洪洞进出口、缆机平台及坝肩开挖边坡以及各类施工支洞进出口处采取截排水措施。此外，近坝区开展整治的有 4 条泥石流沟，分别为白滩沟、猪拱地沟、阴地沟和花山沟。泥石流治理区位于干热河谷，植被生长条件较差，考虑对营造的防护林配套建设蓄水灌溉设施，以提高防护林综合防治的效果。

截流沟设计：开挖边坡上边坡设置截流沟，采用梯形断面，边坡 1:0.5，具体尺寸根据洪峰流量确定。截流沟采用厚 30cm 的 M7.5 浆砌石衬砌，迎水面 2cm 厚砂浆抹面，沟身每隔 20m 设一道横缝，缝宽 2cm，缝间填塞沥青油毡。截流沟末端设沉砂池，当边坡较陡时设置跌水坎消能，跌水坎的水平宽度取 40cm，高度根据实际地形坡度定。截流沟安全超高取 20cm。

马道排水沟设计：排水沟设于开挖边坡马道，由于马道宽度较窄（2m 宽），排水沟采用矩形断面，宽 0.5m，深 0.5m，内侧借用开挖边坡，外侧用 M7.5 浆砌石砌 0.5m 高、0.4m 宽挡水墙。

沉砂池设计：采用 M7.5 浆砌片石砌筑，衬砌厚 30cm，表面要求砂浆抹面 2cm，池身每隔 15m 设一道结构缝，缝宽 2~4cm，缝间填塞沥青杉板。

蓄水灌溉工程：在上游沟谷坡度较陡处新建水窖或蓄水池，水窖容量为 15m³，共设置 120 个，为钢筋混凝土结构。在下游沟谷坡度较缓的修建简易拦水堰，新建拦水堰 8 座。新建引水渠道总长 9600m，采用 M7.5 浆砌石衬砌矩形渠道，净宽 35cm，净深 45cm，衬砌厚度 25cm，内壁采用砂浆抹面防渗。

2) 植物措施

泥石流沟治理区绿化：泥石流沟治理区属于半阳坡薄土层燥红壤区域，因此应选择适应干热河谷耐干旱、耐瘠薄土壤的先锋树种，乔木选择滇合欢和余甘子，灌木选择山马桑和火棘，草本选择黄茅。乔木和灌木选择容器小苗栽种，苗龄选择一年左右；乔灌均采用 1:1 的混交种植方式，每种乔木种植密度为 1250 株/hm²，行距 2m，株距 2m，每种灌木种植密度为 3750 株/hm²，行距 1m，株距 1m。草本播种量为 60kg/hm²，播种比例为 1:1:1。

表 6.6-2 泥石流沟治理区域水土保持林配置一览表

乔灌木	种植方式	株行距 (m)	栽植密度 (株 kg/hm ²)	苗木规格	整地方式	种植季节
滇合欢	株间混交， 比例 1：1	2×2	1250	一年生 容器苗	挖大塘整地， 土壤保水保肥 和覆盖处理	6～7 月，阴 天或小雨天
余甘子						
马桑	株间混交， 比例 1：1	1×1	3750			
火棘						
黄茅		撒播草 籽	60	优良草籽		

金坪子滑坡治理区：金坪子滑坡治理区属于半阳坡、阳坡薄土层燥红壤立地类型立地类型，因此应选择适应干热河谷耐干旱、耐瘠薄土壤的先锋树种，乔木选择滇合欢和余甘子，灌木选择马桑和火棘，草本选择黄茅，乔木和灌木选择容器小苗栽种，苗龄选择 100 天左右为宜；乔灌木均采用 1: 1 的混交种植方式，每种乔木种植密度为 1250 株/hm²，行距 2m，株距 2m，每种灌木种植密度为 3750 株/hm²，行距 1m，株距 1m。草本播种量为 60kg/hm²，播种比例为 1:1:1。

表 6.6-3 金坪子滑坡治理区域水土保持林配置一览表

乔灌木	种植方式	株行距 (m)	栽植密度 (株 kg/hm ²)	苗木规格	整地方式	种植季节
滇合欢	株间混交， 比例 1：1	2×2	1250	百日容器苗	挖大塘整地， 土壤保水保肥 和覆盖处理	6～7 月，阴天 或小雨天
余甘子						
马桑	株间混交， 比例 1：1	1×1	3750			
火棘						
黄茅		撒播草籽	60	优良草籽		

各类开挖边坡：开挖边坡在主体工程设计采取工程措施的前提下，采用种植槽、厚层基材植被护坡、植被混凝土护坡绿化等方式进行绿化。植被混凝土护坡绿化播撒的草籽选择黄茅；厚层基材植被护坡，灌木选择黄荆、马桑、火棘，草本选择黄茅、须芒草；种植槽藤本植物绿化，选择常绿油麻藤和迎春。

表 6.6-4 开挖边坡区域绿化配置一览表

工程区域	植被恢复方案	种类	种植 方式	株行距 (m)	栽植 密度
水垫塘及二道坝	种植槽	常绿油麻藤、迎春	植苗	1×0.5	2 株/m
揽机平台和坝肩	种植槽、植被混凝土护坡	常绿油麻藤、迎春、黄茅	喷播	/	8~10cm
引水洞和尾水洞	种植槽	常绿油麻藤、迎春	植苗	1×0.5	2 株/m

工程区域	植被恢复方案	种类	种植方式	株行距(m)	栽植密度
泄洪洞	种植槽、厚层基材植被护坡	常绿油麻藤、迎春，灌木选择黄荆、马桑、火棘，草本选择黄茅、须芒草	植苗	/	8~10cm
泄洪洞水垫塘	种植槽、厚层基材植被护坡	常绿油麻藤、迎春，灌木选择黄荆、马桑、火棘，草本选择黄茅、须芒草	植苗	/	8~10cm
导流洞及施工支洞	种植槽、厚层基材植被护坡	常绿油麻藤、迎春，灌木选择黄荆、马桑、火棘，草本选择黄茅、须芒草	喷播	/	8~10cm
高位自然边坡	种植槽、厚层基材植被护坡	常绿油麻藤、迎春，灌木选择黄荆、马桑、火棘，草本选择黄茅、须芒草	喷播	/	8~10cm

3) 临时措施

导流洞、泄洪洞、水垫塘等洞口及开挖边坡在施工过程中可能由于施工管理不到位，导致弃渣散落；本工程泥石流沟排导槽开挖工程量较大，且施工地点地形较陡，施工过程中容易导致弃渣滚落。因此，拟在上述工程开挖下边坡设置钢筋石笼临时拦挡，钢筋石笼挡墙高 2.0m，顶宽 1.0m，设计埋深 0.5m。

4) 施工管理措施

施工过程中，严格按照水电工程相关施工技术规范进行施工作业，挖方边坡开挖自上而下进行，土石方施工活动尽量避免雨日施工，以减少水土流失。边坡开挖前，清除不稳定岩体或危石，坡顶拦石设施先期修建，对开挖面采取的喷砼、锚杆、锚索等边坡防护措施，及时加以实施落实，保证防治措施的时效性，做到边挖边防护，避免裸露边坡处于无防护状态，避免因防治措施施工进度滞后而增加水土流失；土石方施工过程中，开挖严格控制炸药量，避免岩体过度爆破造成土石方“滚坡”现象。对开挖下坡面影响区范围内抛洒的土石方，应及时清除，保护周边林草植被，并及时清理坡面松动岩土体，保持坡面稳定。

(2) 存弃渣场防治区

弃渣场防治区包括永久弃渣场、存料场、表土堆存场等防治亚区。其中，永久弃渣场有下白滩堆料弃渣场、鲮鱼河弃渣场、阴地沟弃渣场、猪拱地堆料弃渣场；存料场有施期存料场、海子尾巴存料场；表土堆存场有阴地沟表土堆存场、施期表土堆存场、新村表土堆存场，弃渣场防治区防治面积为 194.83hm²。防护措施主要包括拦挡工程、排洪工程、截排水工程、渣场防护工程、沉沙工程和植被恢复工程。渣场防护工程标准详见下表。

表 6.6-5 弃渣场防护标准一览表

序号	弃渣场名称	渣场性质	建筑物级别	防洪工程	截排水工程	沉沙工程	植被恢复工程
				（年一遇）			
1	下白滩堆料弃渣场	永久	3	50	20	沉沙最小粒径 0.70mm	临时绿化
2	鲇鱼河弃渣场	永久	3	50	20	沉沙最小粒径 0.70mm	临时绿化
3	猪拱地堆料弃渣场	永久	3	50	20	沉沙最小粒径 0.70mm	临时绿化
4	阴地沟弃渣场	永久	3	100	20	沉沙最小粒径 0.70mm	临时+永久绿化
5	施期存料场	临时	4		20	沉沙最小粒径 0.70mm	永久绿化
6	海子尾巴备料场	临时	4		20	沉沙最小粒径 0.70mm	永久绿化
7	阴地沟表土堆存场	临时	4		20	沉沙最小粒径 0.70mm	临时绿化
8	施期表土堆存场	临时	4		20	沉沙最小粒径 0.70mm	永久绿化
9	新村表土堆存场	临时	4		20	沉沙最小粒径 0.70mm	临时绿化

1) 拦挡工程

弃渣场的拦挡工程型式主要有拦渣坝和拦渣墙，考虑本工程地质条件，弃渣场的拦挡工程选择挡渣墙。

根据各渣场布置，结合地质、地形和水流条件，下白滩渣场、猪拱地渣场、阴地沟渣场坡脚采用 5.0m 高 M7.5 浆砌石重力式挡墙，临江侧易受冲刷部分可采用 2.5m 高的砌石加钢筋石笼拦挡；鲇鱼河渣场临鲇鱼河侧坡脚采用采用 5.0m 高 M7.5 浆砌石重力式挡墙，临金沙江侧采用 2.5m 高的砌石加钢筋石笼拦挡。表土堆存场拦挡措施也采用 M7.5 浆砌石挡墙，沿堆土体坡脚设置，挡墙采用重力式结构，梯形断面，M7.5 浆砌石砌筑，墙高 2.7m。由于弃渣场两侧山坡较陡，为防止石渣掉落，本工程在弃渣场两侧与山坡交汇处也设有挡墙，挡墙采用 2.7m 高 M7.5 浆砌块石重力式挡墙拦挡。

2) 排洪工程

下白滩堆料弃渣场、猪拱地堆料弃渣场、阴地沟弃渣场所在冲沟具有泥石流沟性质，主体工程出于工程安全考虑，进行了专门的泥石流处理，在泥石流工程中的排导工程已满足排除洪水要求，因此对于下白滩、猪拱地堆料弃渣场、阴地

沟弃渣场将不再另设排洪工程。鲹鱼河弃渣场所在冲沟为清水沟，拟设置排洪工程。

根据地形条件、渣场规划及计算设计流量，鲹鱼河渣场确定在大冲沟内修建钢筋混凝土排水箱涵，箱涵沿冲沟走向布置，冲沟水流由箱涵导引排入鲹鱼河。钢筋混凝土箱涵布置在大冲沟沟底，沿冲沟走向布置箱涵，箱涵内径净空为3.0m×3.0m。

表 6.6-6 弃渣场冲沟排洪工程工程量一览表

序号	弃渣场名称	洪峰流量 (m³/s)	长度 (m)	排水箱涵						
				土方开挖	石方开挖	土方回填	混凝土箱涵	C10垫层	钢筋	止水带
				(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	t	m
1	鲹鱼河弃渣场	21.27	1825	38509.9	9627.5	24428.5	16096.5	766.5	1587.8	1884.0
小计			1825	38509.9	9627.5	24428.5	16096.5	766.5	1587.8	1884.0

3) 截排水工程

渣场截排水工程包括场周设置截流沟、弃渣场坡面设置排水沟、渣底原冲沟处设置盲沟。

表 6.6-7 弃渣场截留沟设计情况一览表

序号	弃渣场名称	工程区域	截排水工程流量		截水沟尺寸				工程量(m³)	
			集水面积 (km²)	设计洪峰流量 (m³/s)	长度 (m)	底宽 (m)	水深 (m)	超高 (m)	土方开挖	浆砌石
1	下白滩弃渣场	截流沟	0.40	5.84	2831	1.20	1.00	0.20	11467.17	3298.54
2	鲮鱼河弃渣场	截流沟	0.50	7.53	2939	1.00	1.30	0.20	14811.55	3838.75
3	猪拱地弃渣场	截流沟	0.75	10.95	1846	1.00	1.50	0.20	11073.60	2658.39
4	阴地沟弃渣场	截流沟	0.46	6.84	2187	1.00	1.50	0.20	13123.44	3150.49
5	阴地沟表土堆存场	截流沟	0.14	2.43	590	1.00	0.60	0.20	1362.16	493.36
左岸小计					10393				51837.92	13439.53
6	海子尾巴存料场		0.02	0.29	1076	0.60	0.50	0.20	1722.24	699.20
7	施期表土堆存场	截流沟	0.43	6.28	256	1.00	0.50	0.20	511.68	196.89
8	新村表土堆存场	截流沟	0.45	6.57	1234	1.00	1.20	0.20	5663.88	1529.06
9	施期存料场	截流沟	0.50	7.23	1753	1.00	1.20	0.20	8047.19	2172.48
右岸小计					4319				15944.98	4597.62
合计					14712				67782.91	18037.15

表 6.6-8 弃渣场盲沟设计情况一览表

序号	弃渣场名称	盲沟沟尺寸			工程量(m³)					
		长度(m)	底宽(m)	沟深(m)	土方开挖	回填	干砌块石	碎石	土工布	卵石
1	下白滩渣场	1399	3.00	1.50	7875.24	551.27	4895.80	2979.44	6994.00	2098.20
2	鲮鱼河弃渣场	2386	3.00	1.50	13433.18	940.32	8351.00	5082.18	11930.00	3579.00
3	阴地沟弃渣场	2476	3.00	1.50	13939.88	975.79	8666.00	5273.88	12380.00	3714.00
4	猪拱地弃渣场	719	3.00	1.50	4047.97	283.36	2516.50	1531.47	3595.00	1078.50
5	阴地沟表土堆存场									
左岸小计		6980			39296.27	2750.74	24429.30	14866.97	34899.00	10469.70
6	海子尾巴存料场	0								
7	施期表土堆存场	0								
8	新村表土堆存场	0								
9	施期存料场	0								
右岸小计		0								
合计		6980			39296.27	2750.74	24429.30	14866.97	34899.00	10469.70

表 6.6-9 弃渣场排水沟设计情况一览表

序号	弃渣场名称	排水沟尺寸				工程量(m³)		
		长度 (m)	底宽 (m)	水深 (m)	超高 (m)	土方 开挖	回填	浆砌石
1	下白滩渣场	10996				12167.86	851.75	8265.38
	渣顶沟	2472	0.5	0.4	0.2	3461.30	242.29	2256.03
	渣底沟	550	0.5	0.4	0.2	879.36	61.56	549.60
	坡面沟	1558	0.5	0.3	0.2	2181.82	152.73	1418.18
	马道沟	6415	0.5	0.3	0.2	5645.38	395.18	4041.58
2	鲮鱼河弃渣场	49165				49746.13	3482.23	34409.63
	渣顶沟	4642	0.5	0.4	0.2	6499.42	454.96	4236.23
	渣底沟	3712	0.5	0.4	0.2	5938.94	415.73	3711.84
	坡面沟	2681	0.5	0.3	0.2	3753.79	262.77	2439.96
	马道沟	38130	0.5	0.3	0.2	33553.98	2348.78	24021.60
3	阴地沟弃渣场	4478				5251.82	367.63	3530.13
	渣顶沟	1947	0.5	0.4	0.2	2725.43	190.78	1776.40
	渣底沟	105	0.5	0.4	0.2	167.27	11.71	104.54
	坡面沟	431	0.5	0.3	0.2	602.78	42.19	391.81
	马道沟	1996	0.5	0.3	0.2	1756.34	122.94	1257.38
4	猪拱地弃渣场	3731				4376.52	306.36	2941.77
	渣顶沟	1622	0.5	0.4	0.2	2271.19	158.98	1480.33
	渣底沟	87	0.5	0.4	0.2	139.39	9.76	87.12
	坡面沟	359	0.5	0.3	0.2	502.32	35.16	326.51
	马道沟	1663	0.5	0.3	0.2	1463.62	102.45	1047.82
5	阴地沟表土堆存场	1007				1172.59	82.08	789.28
	渣顶沟	117	0.5	0.4	0.2	163.18	11.42	106.36
	渣底沟	157	0.5	0.4	0.2	219.91	15.39	143.34
	坡面沟	278	0.5	0.4	0.2	388.75	27.21	252.69
	马道沟	455	0.5	0.3	0.2	400.75	28.05	286.90
左岸小计		69376				72715	5090	49936
6	海子尾巴存料场	2668				3143.09	220.02	2110.55
	渣顶沟	547	0.5	0.4	0.2	766.08	53.63	499.32
	渣底沟	78	0.5	0.4	0.2	109.20	7.64	71.18
	坡面沟	905	0.5	0.4	0.2	1266.72	88.67	823.37
	马道沟	1138	0.5	0.3	0.2	1001.09	70.08	716.69
7	施期表土堆存场	1177				1648.25	115.38	1074.16
	渣顶沟	440	0.5	0.4	0.2	615.38	43.08	401.10

序号	弃渣场名称	排水沟尺寸				工程量(m³)		
		长度(m)	底宽(m)	水深(m)	超高(m)	土方开挖	回填	浆砌石
	渣底沟	678	0.5	0.4	0.2	949.87	66.49	619.11
	坡面沟	59	0.5	0.4	0.2	82.99	5.81	53.94
	马道沟	0	0.5	0.3	0.2	0.00	0.00	0.00
8	新村表土堆存场	4839				5263.65	368.46	3593.71
	渣顶沟	950	0.5	0.4	0.2	1330.56	93.14	867.24
	渣底沟	552	0.5	0.4	0.2	772.46	54.07	503.48
	坡面沟	431	0.5	0.4	0.2	602.78	42.19	391.81
	马道沟	2907	0.5	0.3	0.2	2557.84	179.05	1831.18
9	施期存料场	2078				2909.76	203.68	1896.54
	渣顶沟	0	0.5	0.4	0.2	0.00	0.00	0.00
	渣底沟	2078	0.5	0.4	0.2	2909.76	203.68	1896.54
	坡面沟	0	0.5	0.4	0.2	0.00	0.00	0.00
	马道沟	0	0.5	0.3	0.2	0.00	0.00	0.00
右岸小计		10763				12965	908	8675
合计		80139				85680	5998	58611

4) 沉沙工程

沉砂池采用 M7.5 浆砌片石砌筑，衬砌厚 30cm，表面要求砂浆抹面 2cm，池身每隔 15m 设一道结构缝，缝宽 2~4cm，缝间填塞沥青杉板。

沉砂池需定期清理，根据泥沙沉淀的实际情况在沉砂池淤满时进行清理。

经计算，弃渣场沉砂池设计情况详见下表。

表 6.6-10 沉砂池设计情况一览表

序号	弃渣场名称	沉砂池	设计洪峰流量(m³/s)	沉沙池设计					
				池深(m)	池宽(m)	池长(m)	个数(个)	土方开挖(m³)	M7.5 浆砌片石(m³)
1	下白滩渣场	沉砂池 1	15.00	3	8	25	5	3576.38	576.38
		沉砂池 2	5.00	2	4	16	2	341.55	85.55
2	鲮鱼河弃渣场	沉砂池	5.00	2	4	16	6	1024.65	256.65
3	阴地沟弃渣场	沉砂池	5.00	2	4	16	4	683.10	171.10
4	猪拱地弃渣场	沉砂池	5.00	2	4	16	3	512.33	128.33
5	阴地沟表土堆存场	沉砂池		2	4	8	2	175.95	47.95
左岸小计							22	6313.95	1265.95
6	海子尾巴存料场	沉砂池	1.00	2	4	8	2	175.95	47.95

序号	弃渣场名称	沉砂池	设计 洪峰 流量 (m³/s)	沉沙池设计					
				池深 (m)	池宽 (m)	池长 (m)	个数 (个)	土方 开挖 (m³)	M7.5 浆 砌片石 (m³)
7	施期表土堆存场	沉砂池	1.00	2	4	8	3	263.93	71.92
8	新村表土堆存场	沉砂池		2	4	12	2	258.75	66.75
9	施期存料场	沉砂池	1.00	2	4	8	2	175.95	47.95
右岸小计							9	874.58	234.58
合计							31	7188.53	1500.53

5) 坡面防护工程

渣体防护工程主要包括渣体坡面防护、堆渣要求等，本方案渣场设计按最终弃渣量设计。由于大部分弃渣场底部低于施工期洪水位，充渣场底部坡面会受到旗工期洪水的影响，另外对于洪水位以上的坡面，也要防止石渣的滚落，因此需要对渣体坡面进行防护。

下白滩堆料弃渣场、鲮鱼河弃渣场、阴地沟弃渣场、猪拱地堆料弃渣场在坡脚设置 5.0m 高 M7.5 浆砌石重力式挡渣墙或 2.5m 高块石加钢筋石笼拦挡，墙底低于冲刷深度，临水侧设块石固脚，拦挡设施后预留 4m 宽碎落台，堆渣坡度为 1:2~1:3，渣体每隔 20m 设一道宽 2~4m 的马道。

弃渣分区堆放，有回采料堆放的渣场回采料需堆在弃渣道路到达的区域，以便于回采。弃渣过程中需摊铺、推平、压实，以提高渣体的密实性和稳定性，且坝后 100m 范围内禁止堆放土方。

下白滩堆料弃渣场、鲮鱼河弃渣场、猪拱地堆料弃渣场渣顶高程位于水库死水位，因此运用期整个渣场淹没于库水中，因此对上述三个渣场考虑施工期洪水的影响，拟对施工期洪水位 875m 以下高程的坡面采用干砌石护坡进行防护，干砌块石护坡厚 0.5m，下设 0.15m 厚粗砂垫层，渣场 875m 以上坡面及渣顶仅采用播撒籽子等临时植物措施。

阴地沟弃渣场渣顶高程位于水库正常水位或以上，因此拟对正常蓄水位 975m 高程以下坡面均采用干砌石护坡进行防护，干砌块石护坡厚 0.5m，下设 0.15m 厚粗砂垫层。正常蓄水位 975m 高程以上坡面采用乔灌木结合的植物措施。

表土堆存场边坡防护工程主要包括堆土体坡面防护、堆土要求等，在堆土体坡脚设置挡墙拦挡，挡墙后预留 3m 宽碎落台，堆土坡度为 1:2.0，土体每隔 10m 设一道宽 3m 的马道。堆土过程中每隔 2m 分层推平、压实，以提高渣体的密实

性和稳定性。

各弃渣场渣体防护措施详见下表。

表 6.6-11 各弃渣场渣体防护措施一览表

序号	弃渣场名称	渣体防护设计			护坡工程			场地平整 (hm ²)
		渣底 高程 (m)	渣顶 高程 (m)	堆渣 坡度	护坡 面积 (hm ²)	干砌石 (万 m ³)	碎石 垫层 (万 m ³)	
1	下白滩渣场	840	945	1:3.0	14.67	73350	22005	22.00
2	鲇鱼河弃渣场	845	945	1:2.0	60.00	300000	90000	90.00
3	猪拱地弃渣场	850	945	1:2.5	4.67	23350	7005	7.00
4	阴地沟弃渣场	845	980	1:2.5	21.67	108350	32505	32.50
5	阴地沟表土堆存场	875	900	1:2.0	0.00			2.35
左岸小计					101.01	505050	151515	153.85
6	海子尾巴存料场	980	1000	1: 2.5	0.00			1.20
7	施期表土堆存场	900	910	1: 1.0	0.00			2.55
8	新村表土堆存场	970	1000	1: 2.0	0.00			4.65
9	施期存料场	920	950	1: 2.0	0.00			16.00
右岸小计					0.00	0.00	0.00	24.40
合计					101.01	505050	151515	178.25

6) 植物措施

根据弃渣场迹地恢复原则，下白滩、鲇鱼河、猪拱地 3 处永久弃渣场及红崖湾临时弃渣场均位于库内，水库蓄水后将被淹没，因此采取播撒草籽的方式进行临时绿化；阴地沟弃渣场位于正常蓄水位以上部分营造水保林，正常蓄水位以下部分工程护坡进行防护。

7) 临时措施

库区弃渣场临时绿化：库区弃渣场淹没在水下的堆渣区域根据堆渣进度，实时考虑采取临时绿化措施，采用撒播草籽的方式，草籽选黄茅，撒播密度 80kg/hm²。库区需采取临时绿化的渣场有下白滩、猪拱地、阴地沟、鲇鱼河弃渣场。

库外存弃渣场临时绿化：库外存弃渣场采用撒播草籽的方式进行临时绿化，草籽选用黄茅，撒播密度 80kg/hm²。

表土堆置区临时绿化：表土堆置区采用撒播草籽的方式进行临时绿化，草籽选用黄茅，撒播密度 80kg/hm²。

经统计，弃渣场和表土堆存场共需临时绿化撒播草籽 175.85hm²。

8) 管理措施

弃渣场严格按照“先挡后弃”的原则进行，弃渣前保证沟水处理工程、拦挡、截排水工程等设施建设完备。前期沟道防洪工程、拦挡、截排水工程等建设产生的弃渣不得随意倾倒，均堆于相应的弃渣场内，并在渣场防护措施保护范围内堆置。工程各部位产生的弃渣按照弃渣规划运至弃渣场内堆置，严禁任意堆置或倾倒到河道、沟道范围内。弃渣分区堆放，有回采料堆放的渣场回采料需堆在弃渣道路到达的区域，以便于回采。表土堆放严格按照“先挡后弃”的原则进行，堆土前保证拦挡、截排水工程等设施建设完备。剥离的表土不得随意倾倒，严禁任意堆置或倾倒到河道、沟道范围内，均堆于相应的堆存场内，并在防护措施保护范围内堆置。加强管理，坚持文明施工，减少或避免对周边区域的扰动，施工活动尽量控制在征地范围内。

表 6.6-12 存弃渣场区域植被恢复方案

序号	工程区域		植被恢复方案	种类	种植方式	株行距(m)	栽植密度	苗木规格
1	弃渣场	下白滩堆料弃渣场	播撒草籽	黄茅、须芒草	播撒	/	草籽 80kg/hm ²	优良草籽
2		阴地沟弃渣场	正常蓄水位以上营造水土保持林	乔木选择滇合欢和余甘子，灌木选择马桑和火棘，草本选择黄茅	穴植、撒播	乔木 2×2，灌木 1×1	草籽 80kg/hm ²	一年生壮苗、优良草籽
3		鲮鱼河弃渣场	播撒草籽	黄茅、须芒草	播撒	/	草籽 80kg/hm ²	优良草籽
4		猪拱地堆料弃渣场						
5	存料场	施期存料场	营造经果林	乔木选择花椒，前期植被恢复灌木选择马桑和火棘，草本选择黄茅	植苗或播撒	乔木 2×2，灌木 1×1	草籽 80kg/hm ²	一年生壮苗、优良草籽
6		海子尾巴存料场	园林景观绿化、美化	乔木选择侧柏、余甘子，灌木选择火棘、多花蔷薇	穴植或片植	/	/	优质草皮
7	表土堆场	阴地沟表土堆存场	播撒草籽	黄茅、须芒草	播撒	/	草籽 80kg/hm ²	优良草籽
8		施期表土堆存场	营造水保林	乔木选择滇合欢和余甘子，灌木选择马桑和火棘，草本选择黄茅	穴植、撒播	乔木 2×2，灌木 1×1	草籽 80kg/hm ²	一年生壮苗、优良草籽
9		新村表土堆存场	构建苗木移栽基地	黄茅、须芒草	播撒	/	草籽 80kg/hm ²	优良草籽

(3) 场内交通工程防治区

1) 工程措施

路基下边坡拦挡措施：场内道路主要沿金沙江岸坡布展，为防止坡面土石渣散落流失，在施工前，对局部高陡下坡面坡脚或下游沟道内设置干砌石挡墙进行临时拦挡。挡墙顶宽 0.5m，高 1.5m，面坡 1:0.3，背坡坡度 1:0.5。同时施工过程中，及时清除坡面浮渣，并结合使用防护网或围网等拦挡措施。场内道路下边坡拦挡共砌筑挡墙长度约 6150m，设置滚石拦网 3375m，浮渣清除量约 3.69 万 m³。

桥梁钻渣防护措施：工程的桥梁均跨越金沙江，根据灌注桩施工特点，沉淀池就近布设在桥梁两侧桥头，且不得占用行洪断面，同时为了减少征地和扰动范围，要求在桥梁征地范围内修建，具体布设位置可根据桥梁工程实际情况选择。

沉淀池主要存放桥梁钻孔排出的钻渣、泥浆等，钻渣、泥浆注入沉淀池沉淀一段时间后，表面部分泥浆可再重复利用，以达到综合利用的目的。为了节约用地，沉淀池采用半填半挖式。

沉淀池开挖边坡为 1:0.3，地面以上堆高 0.5m。池身开挖的表层土用于草包填土，开挖的深层土堆置在池体四周，并拍实，以形成沉淀池地上部分。沉淀池地上部分深层土外侧坡脚采用填土草包围护，填土草包底宽 1.5m，顶宽 0.5m，高 1.0m，填土草包围护长度根据具体沉淀池尺寸确定，本方案共设置沉淀池 14 个，总容量 2304m³，满足钻渣堆放要求。

2) 植物措施

永久道路绿化：根据永久道路区立地条件，对道路路旁采用种植行道树方式绿化；对开挖边坡采用在坡脚设置种植槽，槽内回填耕植土，种植攀缘植物和灌木的方式绿化；对填筑边坡根据条件采取种植乔木，并撒播灌草方式绿化，若边坡以土为主可适当种植乔木，若以石为主以撒播灌草为主。行道树沿填筑路基路肩种植一行，株距 2~4m，挖穴栽植，规格 30×30×30cm，采用一年生袋苗，栽植季节为道路填筑完成后的春季或秋季。

挖方边坡种植槽采用 M7.5 浆砌石砌筑，槽净断面采用梯形，深 70cm，底宽 80cm，两侧边坡 1:0.5，边墙顶宽 50cm，外侧借用路边排水沟边墙，内侧贴开挖边坡，槽底部衬砌 30cm，槽内回填耕植土 60cm，栽植油麻藤，株距 0.5m，沿开挖坡脚栽一行，并在槽内种植火棘或余甘子，株距 1.5m，栽植一排。

填筑边坡滇合欢和余甘子采用株间混交的方式种植，混交比例为 1:1，品字形排列，滇合欢和余甘子栽植密度为 2500 株/hm²，行距 2m，株距 1m。灌木和草籽采用撒播方式种植，灌木选择马桑和火棘，草种选择黄茅、须芒草，播种量为 60kg/hm²，混播灌草比例为 1:2。

压埋下边坡绿化：公路沿线下坡面植被以林地和未利用地为主，乔灌木稀疏分布，因此，考虑到当地自然条件和植物措施水土保持功能尽早发挥，压埋下坡面绿化以撒播灌草的方式为主，局部立地条件较好的坡面，适当栽植部分乔木。在清除坡面浮渣的基础上，压埋下坡面植被恢复以撒播灌草为主。局部土层较厚、立地条件较好的坡面，栽植滇合欢、余甘子乔木。植物措施配置方式与填筑边坡绿化相同。

临时道路绿化与迹地恢复：施工完毕后的迹地恢复主要针对道路路面、填筑边坡和开挖边坡等，临时道路经场地平整后主要为密实的土石混合料，立地条件差。考虑到临时道路现状主要为疏林地，在道路使用完毕，路面直接覆土后采用播撒草籽方式进行植被恢复。

3) 临时措施

对于临时道路，施工期间补充其排水措施和道路填筑边坡绿化措施。由于立地条件较差，且施工后期部分道路被库区淹没或恢复迹地功能，因此绿化时以撒播草籽为主，不考虑栽植乔木和灌木。临时排水措施为在填方边坡坡脚设置排水沟，在挖方边坡坡顶外侧设置截流沟；填筑边坡绿化为撒播草籽。

根据《公路排水设计规范》(JTJ018-97)，截排水沟设计标准采用 3 年一遇设计标准，采用梯形断面，边坡 1:0.5，M7.5 浆砌石衬砌厚 30cm，底宽 60cm，深 60cm，具体尺寸根据道路汇水面积确定，安全超高为 20cm，共设置截排水沟 7400m。

填筑边坡撒播草籽选择黄茅、须芒草，播种量为 60kg/hm²，混播灌草比例为 1:2。

4) 管理措施

施工过程中，严格按照公路相关施工技术规范进行施工作业，挖方边坡开挖自上而下进行，填方路段水平分层填筑，挖填土石方尽量避免雨日施工，以减少水土流失。挖填土石方施工过程中，开挖严格控制炸药量，避免岩体过度爆破造成土石方“滚坡”现象。对路基下坡面影响区范围内抛洒土石方，应及时清除，保

护周边耕地和林草植被，并及时清理坡面松动岩土体，保持坡面稳定。公路沿线涉及金沙江河道及其流域沟道，施工中严禁向金沙江河道内倾倒废弃土石方，开挖产生的废渣及时运至规划的弃渣场。

（4）料场防治区

1) 工程措施

爆破抛洒浮渣拦挡：为防止石料场开挖、爆破碎土、石滚落到料场下游侧，影响施工道路运行及人员安全，则沿石料场开挖宕口外侧及施工道路路堑边坡上游侧设置 M7.5 浆砌石挡墙，挡墙顶宽 0.5m，高 1.5m，面坡 1:0.3，背坡坡度 1:0.5。石料场浆砌石挡墙设置长度为 245m。

截排水工程：石料场开采前先沿料场上坡面预计开采边界外侧设置截水沟，拦截、排导上游坡面来水。开采结束后，对坡面进行清理，在形成的马道内侧布设马道排水沟，用于拦截、排导开采边坡坡面汇水。同时考虑到料场终采平台高程低于周边地面，设置排水洞引排料场范围内的积水。施期料场截水沟长度 1037m，采用浆砌片石结构，梯形断面，底宽 100cm，深 170cm，沟壁坡比 1:0.5，衬砌厚 30cm。河门口土料场排水沟采用梯形断面，底宽 50cm，深 50cm，沟壁夯实，沿料场周边布置。

2) 植物措施

施期石料场开采边坡采取厚层基材植被护坡，终采平台迹地营造水保林。河门口土料场在鲮鱼河弃渣场范围内，其防护统一纳入鲮鱼河弃渣场中。

石料场开采平台水保林营造乔木选择滇合欢、余甘子，灌木选择马桑和火棘，草本植物选择黄茅。滇合欢和余甘子株间混交，行距 2m，株距 2m，每种栽植密度各为 1250 株/hm²，马桑和火棘采用株间混交，行距 1m，株距 1m，每种栽植密度 3750 株/hm²。草籽采用撒播，播种量为 60kg/hm²。

种植槽设于料场开采边坡马道，采用 M7.5 浆砌石砌筑，由于马道较窄，槽内侧借用排水沟挡墙，外侧用 M7.5 浆砌石砌 0.5m 高、0.4m 宽挡墙，槽净断面采为矩形，深 50cm，底宽 70cm，槽内回填耕植土 50cm，栽植常绿油麻藤和迎春各一行。常绿油麻藤位于内侧，株距 0.5m，迎春位于外侧，株距 1.5m。

此外，部分边坡考虑厚层基材植被护坡，选择根系发达、生根性强、适应干热河谷气候的灌木和草本，灌木选择黄荆、马桑、火棘，草本选择黄茅、须芒草等，喷播厚度为 8~10cm。

3) 临时措施

料场临时措施主要针对开采的有用料在临时堆置过程的防护措施，主要为临时拦挡、排水和沉沙措施。

临时堆置的有用料主要为各种块石、片石和碎石等，方案拟采用浆砌石挡墙进行临时围护。挡墙顶宽 0.5m，高 1.5m，面坡 1:0.3，背坡坡度 1:0.5。工程共需长度为 400m，共需开挖土方 1200m³，C20 混凝土 3071m³，M7.5 浆砌石 244m³。

有用料堆存过程中，沿挡墙外侧布置临时排水沟，防止地表径流对临时堆料冲刷。排水沟采用梯形断面，底宽 0.4m，深 0.6m，沟壁 1:1，只开挖，不衬砌，沟壁和沟底夯实。临时排水沟末端设置沉砂池，根据 GB/T 16453.4-2008，沉砂池断面尺寸采用 4m×2m×1m(底长×底宽×深)，只开挖，不衬砌，池壁和池底夯实，共布置 3 个。料场使用结束后，回填临时排水沟和沉砂池。

4) 管理措施

料场开采前需提前剥离表土，表土和覆盖层全部清运至集中表土堆存场堆置，严禁随意堆弃。料场开采需严格遵循自上而下分级开采，开采边坡坡比及马道设置需按照设计进行，边开采边防护，确保开挖边坡稳定。开采结束后，应对料场坡面浮土、石和松散体等进行清理。料场植被恢复需加强后期管护，确保植物成活率和保存率，提高绿化效果。

(5) 施工生产生活设施防治区

施工生产生活区防护措施包括拦挡工程、截排水工程、沉沙工程、护坡工程和植被恢复工程。其中，拦挡工程建筑物级别按 4 级设计，周边截流沟采用 20 年一遇设计标准，场地排水沟采用 10 年一遇设计标准，护坡工程在保证边坡稳定安全要求的基础上，尽可能采取生态护坡。植被恢复工程结合乌东德水电站建设整体考虑，正常蓄水位以上部分采取永久恢复植被，水库正常蓄水位以下不采取植被恢复措施，施工期间对裸露地表采取临时绿化措施。

1) 工程措施

拦挡措施：主要为挡墙，根据《水工挡土墙设计规范》(SL379-2007) 设计，沿堆土体坡脚设置，挡墙采用重力式结构，梯形断面，M7.5 浆砌石砌筑。

截排水措施：根据各施工生产生活设施区集水面积，利用《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》推求暴雨流量，采用推理公式进行洪峰流量计算，根据洪峰流量进行截排水设计，截排水工程包括截流沟、场地排水沟。

截流沟沿场地周边设置截流沟，采用梯形断面，尺寸根据洪峰流量确定，安全超高取 20cm，边坡 1:0.5，排水比降 $i=0.01$ ，30cm 厚 M7.5 浆砌石衬砌排水沟表面要求砂浆抹面 2cm，沟身每隔 20m 设一道结构缝，缝宽 2cm，缝间填塞沥青油毡。截流沟末端当边坡较陡时设置跌水坎消能，跌水坎的水平宽度取 40cm，高度根据实际地形坡度定。在施工生产生活设施区内设置排水沟，采用梯形断面，尺寸根据场地汇水面积确定，安全超高取 20cm，边坡 1:0.5，排水比降 $i=0.01$ ，M7.5 浆砌石衬砌厚 30cm。

沉沙工程：施工生产生活设施区沉沙工程主要设置在砂石料、混凝土系统以及堆料场、施工营地位置，设计方法与弃渣场相同。

护坡工程：对水库淹没区内、地质条件较差、裂隙发育、岩石破碎的开挖边坡采取喷锚支护措施，并在坡脚和马道设置种植槽防护。对开挖高度较低、坡度较缓、地质条件较好的边坡采取液力喷播、种植槽等护坡防护。对开挖高度较高、坡度较陡的岩质边坡采取厚层基材植被护坡技术。对水库淹没区内填筑边坡采取撒播草籽护坡方式，对水库淹没区外填筑边坡采取框格植草护坡等生态护坡防护。

土地整治工程：对于水库淹没区外施工区（新村、海子尾巴、金坪子、施期等），需进行场地平整、覆土，改善场地的立地条件，之后进行迹地恢复。施工生产生活设施区共平整场地 94.91hm²。

2) 植物措施

施工期间：对开挖填筑边坡采取液力喷播植草护坡和框格植草护坡。空余场地立地条件相对较差，考虑覆土后进行绿化，覆土厚度 50cm。绿化以撒播灌草的方式为主，其中灌木选择马桑和火棘，草种选择黄茅和须芒草，灌木株行距控制在 1m×1m，草籽播种量为 60kg/hm²。

施工结束后绿化：工程结束后，对布置在新村、海子尾巴、施期、金坪子、阿摆等库外施工区的临时生产生活区拆除临建设施进行植被恢复，根据其是否有景观效应及立体条件，在新村、金坪子、海子尾巴工区进行园林景观绿化，在施期、阿摆营造水保林。园林景观绿化用乔木选择侧柏、滇合欢，灌木选择火棘、多花蔷薇；草皮选用马尼拉草。乔木要求苗高 $\geq 1.5\text{m}$ ，灌木要求苗高 $> 1\text{m}$ 。乔灌木均采用穴植，其中多花蔷薇采用片植，草皮采用满铺形式。水土保持林绿化用乔木选择滇合欢、余甘子，灌木选择马桑和火棘，草本植物选择黄茅。滇合欢和余甘子株间混交，行距 2m，株距 2m，每种栽植密度各为 1250 株/hm²。马桑和

火棘采用株间混交，行距 1m，株距 1m，每种栽植密度 3750 株/hm²。草籽采用撒播，播种量为 60kg/hm²。

3) 临时措施

施工期间建筑材料临时防护主要指砂石料的防护，场地临时绿化主要指施工营地裸露空地的绿化。

砂石料堆料坡脚采用填料草包进行围护，堆放坡度控制在 1:1.5~1:2，堆土高度不高于 5m。填料草包高 1.0m，顶宽 0.5m，两侧坡比约 1:0.5，料源为堆置的砂石料，堆场排水借助施工生产生活设施区排水，无需设排水设施。

4) 管理措施

施工场地大部分布置在山坡上，台阶式布置高差较大时，设置拦挡和排水设施。半填半挖式场地平整应尽量做到挖填平衡，产生的弃渣应运至指定的弃渣场。全填式场地平整，填筑时应先设置拦挡措施。场地平整前应先修建上游边坡的排水沟和拦挡措施，对开挖较高的边坡，应及时进行支护处理。场地平整施工期间，对于由爆破或不良地质地段产生的崩塌体，及时进行清理，并运至规划的弃渣场。对于需临时堆放的土石料和其它建筑材料，应对其采取拦挡和覆盖。施工设施场平避免雨日施工，施工活动控制在征占范围内，保护施工场地周边的耕地和地表植被。雨季前，完成施工生产生活设施区内临时排水系统的建设，保证坡面和地表径流有效地进行排导，减少水土流失。施工结束后，拆除临时建筑物，清除硬化地表，对施工迹地进行全面整治，及时恢复原有土地功能。加强施工管理，增强施工人员的水土保持观念，施工全过程中，将各项水土保持措施及时有效落实。

(6) 移民安置防治区

1) 生产安置区

工程措施：由于库区各区（县）内部分片区地势较高、坡度较陡，因此进行坡改梯工程，保证安全稳定和耕作灌溉方便；部分片区地势相对较低、坡度较缓，只进行分片块平整，避免不必要的土方开挖。田坎修筑工程根据规划要求划分为全部修筑石坎、石坎和土坎交错修筑及全部修筑土坎三种布局类型。农田防护工程以新建沉沙凼为主，通过在地形较陡、坡度较大的排水沟中布置沉沙凼，减小水流流速和减少排水沟中的沙土淤积。

植物措施：生产安置规划的库区防护林的主要为护路林，护路林沿田间道两边布设，株间距 3m，树种为油桐。充分利用渠网、路网，在不占用耕地前提下，

建造防护林网，调节农业生态，达到林网化标准。除护路林外，水土保持补充绿化主要为田埂、田间绿化。从水保的角度考虑，选择栽植滇合欢种植一行，株间混种火棘，株距 2m。苗木采用 1 年生壮苗，穴状整地，整地规格 30cm（穴径）×30cm（穴深）。

2) 城集镇及农村居民点迁建区

工程措施：对移民安置点原有耕地表层耕植土资源进行剥离，剥离表土量较大，需集中堆放，表层加覆盖，坡脚用草袋土临时挡护。城集镇及农村居民点建设产生弃渣 400 万 m³，根据需要，共计规划了 24 个弃渣场，每个渣场弃渣量在 15~20 万 m³左右，多为附近居民点填低洼地、取土坑等。按照各个渣场地形、原有土地利用方式采取拦挡、截排水、土地整治的措施。

植物措施：移民安置规划中考虑了各集镇及居民点内绿化，主要为设置于点内各区的绿地和游园。包括居住区内的各组团绿地、公共设施用地内的游园以及街旁绿地。防护绿地为分布于规划用地内，起防护功能的绿化带。包括医疗所、学校、仓储建筑、集贸设施等周边的绿化隔离带。上述措施除营造良好的生活环境中，也能起到较好的水土保持作用。除上述措施之外，水土保持措施主要采取环村、环集镇绿化、对外连接道路绿化及开挖边坡绿化。

3) 专业项目复建区

工程措施：对复建道路的边坡采取拦挡措施，在施工前，对局部高陡下坡面坡脚或下游沟道内设置干砌石挡墙进行临时拦挡。挡墙顶宽 0.5m，高 1.5m，面坡 1:0.3，背坡坡度 1:0.5。同时施工过程中，及时清除坡面浮渣，并结合使用防护网或围网等拦挡措施。弃渣场采取的水土保持措施主要包括拦挡措施、坡面防护措施、截排水沟措施、土地整治措施及坡面绿化措施。各项措施规格与城集镇及农村居民点迁建区弃渣场相同。公路工程需要部分借方，因此设置了少数取土场。取土场尽量利用荒地和河滩地，不得乱采乱挖，开挖前应先对地表土进行清理并妥善保存，取土过程应及时对边坡进行防护，取土完成后根据需要可将取土坑改造成鱼塘或进行复垦等处理。料场开采期间，在土料场周边布置临时排水沟，临时排水沟设计为矩形断面，断面尺寸为 0.5m×0.5m，纵坡一般为自然坡，取土完成后及时平整土地。

植物措施：施工结束后，对于具备复耕条件的场地进行复耕，难以复耕的进行绿化美化，防止水土流失，拟采取乔灌草混交模式进行植被恢复，其中乔木

选用滇合欢，灌木选用黄荆，林下草籽选用须芒草。乔灌均采用 1:1 的混交种植方式，乔木行距 2m，株距 2m，灌木行距 1m，株距 1m，草本播种量为 60kg/hm²。

（7）库岸防护区

1) 水库浸没影响区防护林

沿水库浸没影响区外边界营造防护林，以固结库岸，减少水库浸没影响区的水土流失。水库浸没影响区防护林采用栽植乔木并结合撒播灌草的方式进行营造，乔木选用滇合欢、余甘子、云南松等，灌木选用马桑、黄荆等，草本选用黄茅、须芒草等。乔木采用穴植，根据高程带状配置，即防护林营造范围内侧以较耐旱的余甘子、滇银合欢为主，位于正常蓄水位以下的地块可栽植白桦和水杉等。灌草采用混播种子的方式，灌木与草本比例按 1:1 配置，在乔木林下撒播，撒播密度 80kg/hm²。

2) 封禁治理

对水库滑坡、坍岸影响区采取封禁治理的方式，促使其植被尽快得到恢复，提高植被覆盖度，以减少水土流失程度。

3) 管理措施

在后续设计阶段细化各滑坡、坍岸以及浸没影响区的治理方案，在水库蓄水期间，需加强对各水库影响区的监测和巡视，针对各种可能发生的地质灾害及时制定各种预案；植物措施在选种时应充分考虑库周水位变化等具体情况，选择适合立地条件的物种，尽可能选择乡土树草种，也可适当引进效果较好的外来物种，严禁使用入侵种。

（8）其它封闭管理区

1) 工程措施

对施工管理区内未扰动的林地、草地进行封禁治理。明确封禁治理区域，防止人畜进入；成立封禁管理组织，指定专人负责、专人看管，并制定管理规定及标准；本工程封禁治理采取全年封禁的方式，以利植被恢复；定期检查树木生长情况，加强病虫害防治工作；

建立封山育林技术档案，除记载有关基本情况外，重点记录封育效果、植被演替、林木生长、野生生物繁衍变化等情况，为干热河谷地区的生态修复提供技术参考；封山育林结合当地水土保持生态修复、水土流失治理、水土保持造林等，符合当地的水土保持规划。

2) 植物措施

对施工管理区内未扰动的、原有耕地、园地的退耕还林，移民搬迁之后的建设用地以及原有未利用地进行自然生态修复。

3) 管理措施

工程建设过程中，尽量少占用土地，减少对周边植被的破坏，施工过程中产生的弃渣，应堆于规划的弃渣场，严禁随意倾倒，避免流入金沙江河道；严格控制在封闭区范围内进行施工，确保施工期间地方交通顺畅，避免工程建设影响地方的生产、生活。施工过程中，应加强监督管理，进行水土保持宣传，切实做到文明施工，杜绝一切水土流失危害事件。

6.7 施工区环境保护措施

6.7.1 水环境保护措施

6.7.1.1 基坑排水

基坑废水悬浮物浓度一般在 2000mg/L 左右，但基坑水静置 2h 左右，其悬浮物浓度可降至 200mg/L 以下。根据三峡、隔河岩等水电项目对基坑废水的处理经验，基坑初期排水不需要采取另外的处理设施，主要对基坑水加酸中和并进行静置处理，并用泵抽排清水，排放口位置应尽可能设置在靠近金沙江中泓流速较大处，以满足水质保护要求。污泥则定期人工清除。

6.7.1.2 砂石料冲洗废水

(1) 废水来源、特性及设计目标

左岸大坝上游下白滩砂石料加工系统、右岸海子尾巴砂石料加工系统和右岸施期砂石料加工系统废水产生量分别为 730m³/h、202m³/h 和 560m³/h。

同时海子尾巴施工地还有混凝土搅拌站，混凝土拌合系统在交接班时需要对拌和系统进行清洗。由于该冲洗废水为间歇排放，产生冲洗废水，在几分钟内排放完，且排放量较小，主要污染为高悬浮物浓度和高 pH 值。最大废水产生强度为 4m³/次。每天产生约 12m³/d 冲洗废水。该废水规模小，考虑与海子尾巴砂石料废水一并处理。

工程涉及金沙江河段水环境功能区划水质目标为Ⅲ类，施工废水可经过处理达到一级排放标准后排放。由于砂石料冲洗废水水量较大、SS 浓度较高，同时

考虑到清洁生产和环境保护，及提高水资源利用率，本设计中砂石料冲洗废水经处理后回用，不排放。此外，砂石料冲洗废水回用水质要求一般低于《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级排放标准，从而可降低废水中污染物的排放要求。

由于砂石料冲洗废水用水本身并无特殊要求，而废水最终将回用于系统本身，根据砂石料系统工艺分析，砂石洗选机的冲洗废水中除 SS 外基本不产生其他污染物，因此只考虑 SS 一项指标，根据《水电工程施工组织设计规范》（DL/T5397-2007）规定，确定本设计的处理目标为出水 SS 浓度 $\leq 100\text{mg/L}$ 。

（2）废水处理工艺及设计参数

左岸大坝上游下白滩砂石料加工系统、右岸下游施期砂石料加工系统和海子尾巴砂石加工系统设计进水水量分别为 $730\text{m}^3/\text{h}$ 、 $560\text{m}^3/\text{h}$ 和 $202\text{m}^3/\text{h}$ ，设计进水水质 SS 浓度为 50000mg/L ，出水水质浓度 $\leq 100\text{mg/L}$ （同时满足回用和排放标准）。

1) 废水处理工艺比选

根据砂石料系统加工工艺的特点，本次针对砂石料废水设计时，重点考虑如何经济、高效地处置一次筛分过程中产生的大量含泥废水。从节约占地、投资费用、运行费用和出水稳定等角度考虑，本次设计拟定了 4 个方案进行工艺及其技术经济比较。

方案一：自然沉淀法

砂石料冲洗废水主要污染物为悬浮物，颗粒较大，易于沉淀，因此结合几种类型沉淀池的特点，本工程砂石料冲洗废水采用平流式沉淀池进行处理。砂石料废水集中收集后，经预沉池，除去大颗粒悬浮物，然后在沉淀池中进行自然沉淀，上清液回用。该处理方案的特点是工艺流程简单，基建技术要求不高，造价较低，处理效果好。但为达到更高的处理效果，沉淀池的占地较大。此外系统的沉砂量较大，泥渣处理的压力较大，而且泥砂容易造成堵塞等，将给生产带来一定风险。自然沉淀法处理工艺流程见下图。

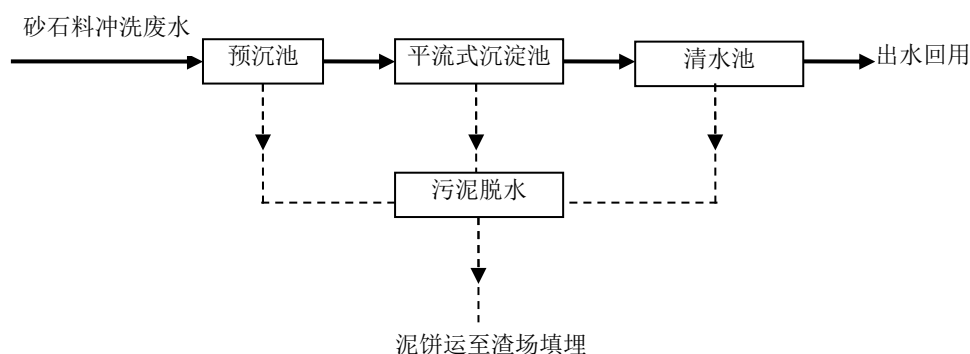


图 6.7-1 砂石料冲洗废水自然沉淀法处理流程图

方案二：网格絮凝沉淀+二沉池

采用絮凝沉淀+二沉池进行处理，能够最大限度实现悬浮物与水的分离，该系统具有如下优点：

- ①采用高效絮凝剂，絮凝效果好，速度快。
- ②絮凝沉淀池具有絮凝时间短、效果稳定，后期维护工程量也不大等特点。
- ③本方案絮凝沉淀池是网格絮凝池和斜管沉淀池一体化的结构，具有结构紧凑、占地面积小、沉淀效率高、处理效果稳定、停留时间短、运行可靠等特点。
- ④絮凝沉淀池与二沉池结合，能使悬浮物含量降低到 70mg/L 的标准下，达到出水水质要求和回用水标准。

但该系统二沉池仍然采用传统的平流式沉淀池，占地面积较大，设备费用高，投资较大。

方案三：机械絮凝+辐流沉淀池

通过机械絮凝池的絮凝反应后，含有大量悬浮物的废水自辐流式沉淀池四周进水管进入池内，沿半径方向向池中缓缓流动。悬浮物在流动中沉降，并沿池底坡度进入污泥斗，澄清水从池周溢流水渠。辐流式沉淀池多采用回转式刮泥机收集污泥，刮泥机刮板将沉至池底的污泥刮至池中心的污泥斗，再借重力或污泥泵排走。

周边进水的辐流沉淀池是一种沉淀效率极高的池型，其表面负荷相对其他沉淀系统可提高 1 倍，占地面积相应减少。

辐流式沉淀池是一种成熟的污水处理设备，工艺技术成熟，沉淀效果好，但占地面积较大。排泥多为间歇排泥，运行管理较简单，但是机械排泥设备复杂，对施工质量要求较高。在占地不太紧张的情况下，可以作为备选方案考虑。

方案四：DH 高效旋流污水净化器

相对以往砂石料冲洗废水处理系统，DH 高效（旋流）污水净化器处理设备具有如下优点：

①处理能力强，效率高，工艺流程短，运行稳定可靠。在废水处理中该净化器处理负荷 $SS \leq 60000\text{mg/L}$ ，最高可达 $\leq 90000\text{mg/L}$ ，而且前段不需设置预处理工艺以减轻处理负荷，减少了设备投资和占地面积，简化了工艺流程，操作维护更加简单可靠。

②占地面积小。处理量为 $200\text{m}^3/\text{h}$ 的单台净化器，直径仅为 3.8m ； $200\text{m}^3/\text{h}$ 废水处理系统整体布置不超过 400m^2 ，紧凑布置可安排在 300m^2 以内，占地面积只有传统工艺的 $1/6-1/8$ 。

③处理后的出水水质好，SS 浓度为 $20\sim 70\text{mg/L}$ ，达到了国家一级排放标准，并可回用。

另外，该系统还具有废水处理系统自动化程度高、维护简单、定时排污并且排污少等优点。但由于 DH 高效旋流的特点，废水需要提升，有一定的能耗，投资较高。

DH 高效旋流污水净化器处理工艺流程见下图。

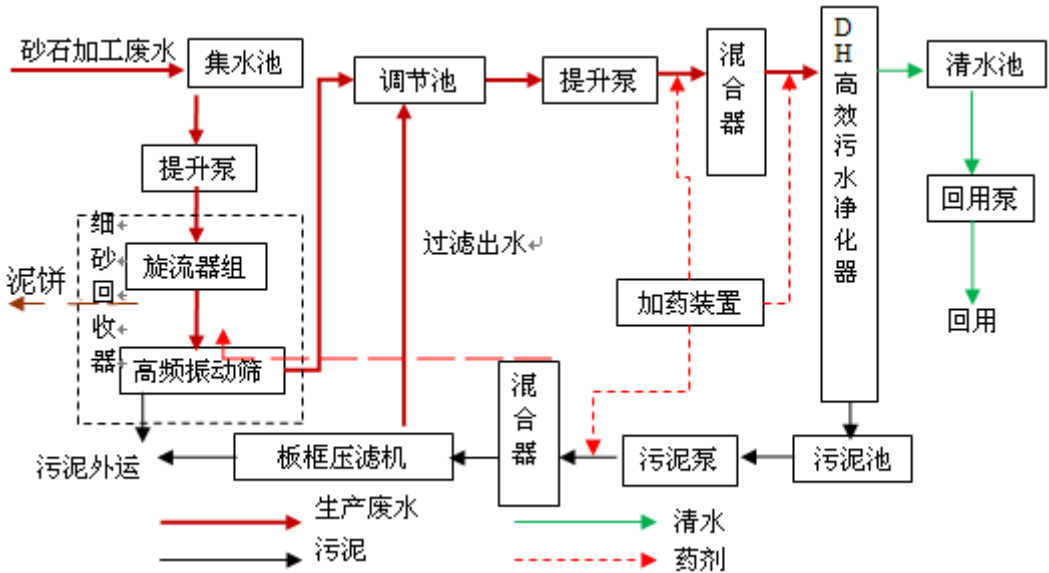


图 6.7-2 砂石料冲洗废水处理流程图

四种工艺的特点见下表。

表 6.7-1 各工艺优缺点比较

序号	方案	优缺点
1	方案一：自然沉淀法	传统工艺，效果欠佳，不易清洗

2	方案二：网格絮凝+沉淀池	工艺成熟简洁、效果较好，投资较低，但占地较大，后续维修成本较大
3	方案三：机械絮凝+辐流沉淀池	工艺成熟简洁、效果较好，投资较高，占地较大，操作管理相对较复杂
4	方案四：DH 高效旋流污水净化器	占地面积小，净化时间短，效率高，排放污泥含水率低，耐负荷冲击力强,可重复使用；投资较高

2) 工艺选择

废水处理工艺技术必须按照经济、高效、简便、易行的原则进行选择。具体地说，适宜的废水处理工艺应具有如下特点：

- ①基建投资省、运行费用低、节能降耗明显；
- ②具有较强的耐冲击负荷能力，去除效率高；
- ③简便易行、运行稳定、维护管理方便；
- ④具有一定的灵活性，能较好地满足达标处理排放的要求与重复利用的需要等特点。

结合下白滩砂石料加工系统、海子尾巴砂石料加工系统和右岸施期砂石料加工系统的具体情况：①由于海子尾巴砂石料加工系统采用“粗碎+一筛+二筛+中碎+三筛”工艺，没有耗水量和污染物浓度大的细磨系统，产生的冲洗废水 SS 浓度较有“棒磨”工艺的低，而且废水量较少，废水量为 202m³/h，海子尾巴砂石料加工系统留有一定的配套工程占地，基于此，海子尾巴砂石料加工系统采用方案二“网格絮凝+平流沉淀”工艺；②下白滩砂石料加工系统采用“粗碎+一筛+二筛+中碎+三筛+棒磨”，产生废水量较大，而且“棒磨”产生的废水多为泥浆，不易沉降，需要絮凝剂进行絮凝后才能较好的沉降，且预留的占地为系统最低处（西南方），预留占地约 3.0 亩。为此下白滩砂石料废水采用方案三“机械絮凝+辐流沉淀池”工艺；③右岸施期阿巧沟下游砂石料加工生产系统同下白滩，但是离金沙江直线距离约 250m，且预留的占地面积不足 2 亩，占地非常紧张，考虑上述因素，右岸施期砂石料加工废水采用方案四“DH 高效旋流污水净化器”处理工艺。

各砂石料加工系统冲洗废水采用具体工艺如下表。

表 6.7-2 各砂石料废水工艺选择

序号	名称	方案
1	下白滩砂石料废水处理	方案二：机械絮凝+辐流沉淀池
2	海子尾巴砂石料废水处理	方案三：网格絮凝+沉淀池
3	右岸施期阿巧沟下游砂石料加工生产废	方案四：DH 高效旋流净化器

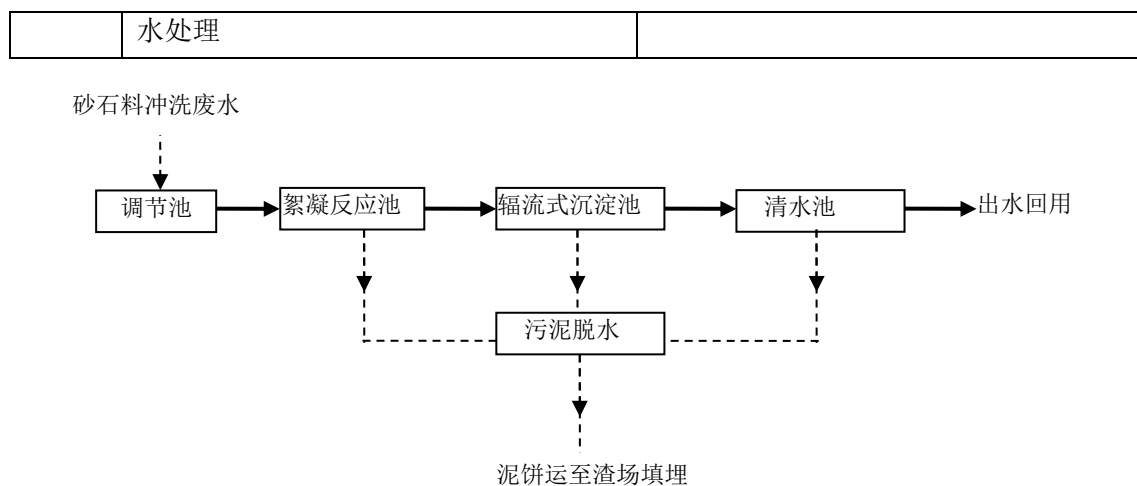


图 6.7-3 下白滩砂石料冲洗废水处理流程图

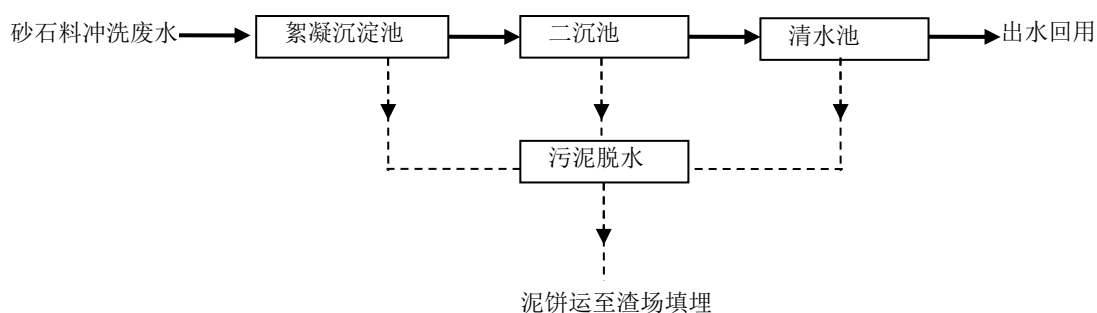


图 6.7-4 海子尾巴砂石料冲洗废水处理流程图

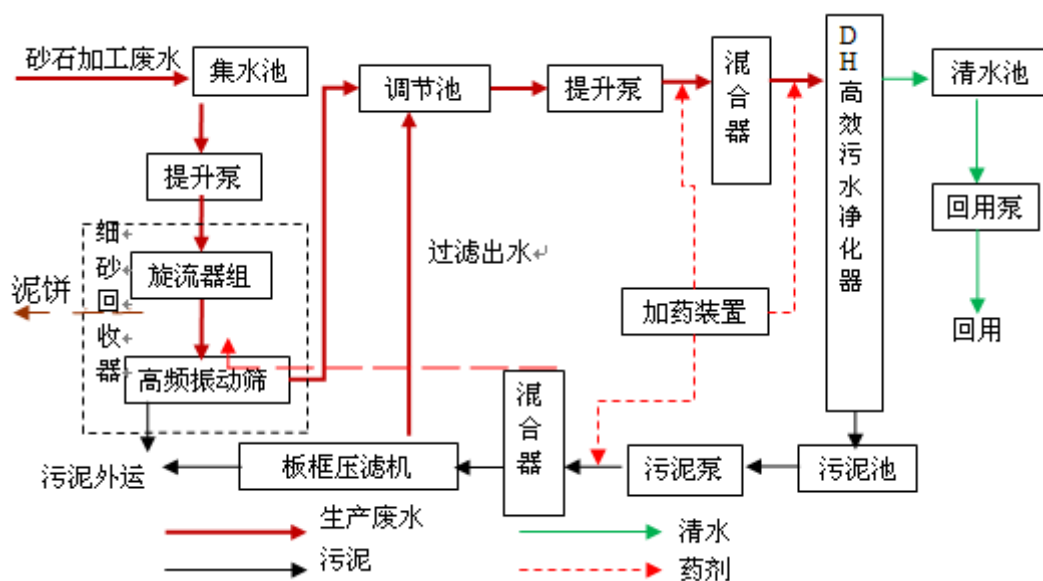


图 6.7-5 施期砂石料冲洗废水处理流程图

3) 污泥处理方案比选

由于砂石系统废水量大、SS 浓度高，废水处理后污泥处理是系统正常运行的关键。水电站砂石加工废水污泥的处理通常采用自然干化和机械干化两种形式。自然干化一般采用污泥干化池；机械干化多采用压滤脱水或离心脱水。压滤脱水机械主要有板框式压滤机、带式压滤机、真空压滤机、陶瓷过滤机等；离心脱水机械主要为转筒式离心机。本阶段拟定了自然干化、机械脱水、重力浓缩+重力过滤脱水等三种方案进行技术经济比较。

① 方案一：自然干化

自然干化主要采用的设施是污泥干化池或干化场，其原理为自然蒸发与渗透。一般经过自然干化处理后的污泥含水率可接近 65%。污泥干化池或干化场具有投资小、干化过程运行操作简单等优点，但占地面积较大、处理周期长、处理规模小，受气候和季节因素影响较大，一般只适用于中小规模且废水处理量不大的砂石冲洗废水处理系统。

② 方案二：重力浓缩+重力过滤

重力浓缩后可使污泥体积有效减小，再经滤池进一步脱水、干化处理后，可直接外运至弃渣场。该处理方案处理效率较高，处理费用低，占用场地相对较低，缺点是劳动强度较大，且容易受天气的影响。

③ 方案三：机械脱水

该方法为将沉淀池内的污泥用泵直接抽至机械设备进行机械脱水，压滤后的干污泥运至弃渣场，滤液抽回沉淀池处理。机械脱水设施占地小，污泥脱水后含水率较低，处理效果可以保证，但投资及运行费用较大。

方案一采用直接干化脱水处理效率相对较低，较方案二、方案三占地大，且受天气因素影响较大；方案二采用先重力浓缩、后重力过滤脱水相结合的方法，重力浓缩后污泥含水率较低，可提高污泥的脱水效率，节约一部分占地，但脱水率不高，经此处理的污泥仍含有 40%~60% 的水分。方案三采用机械脱水方法，占地小，处理效果好，但投资费用和运行费用较高。

由于本工程砂石料加工系统占地有限，单一采用方案一、方案二占地相对较大，不能满足其要求，且容易受天气等条件限制。方案三处理效率高，管理方便，可节省土建费用和占地面积，且脱水后的污泥含水率较低，可直接运至渣场填埋。因此，本工程各砂石冲洗废水处理系统的污泥处理均推荐采用重力浓缩+机械脱水方案。

4) 污泥处理工艺

① 下白滩砂石冲洗废水污泥处理

下白滩砂石料加工系统是工程左岸布置的主要砂石料加工系统，设计毛料处理能力 1250t/h，加工系统废水采用幅流沉淀池处理，幅流沉淀池污泥定期由污泥泵抽至污泥浓缩池。污泥浓缩池浓缩设计时间为 18h，后由污泥泵将浓缩后的泥浆抽至机械脱水装置。

机械脱水常用的设备有真空过滤机、板框压滤机和带式过滤机。真空过滤机连续进泥，连续出泥运行平稳，但附属设施较多。板框压滤机为化工常用设备，过滤推动力大，泥饼含水率较低，进泥、出泥是间歇的，生产率较低。人工操作的板框压滤机，劳动强度甚大，大多改用机械自动操作。带式过滤机是新型的过滤机，有多种设计，依据的脱水原理也有不同（重力过滤、压力过滤、毛细管吸水、造粒），但都有回转带，一边运泥，一边脱水，或只有运泥作用。

下白滩砂石料加工系统处理能力较大，是乌东德主体工程砂石料主要加工企业，其对连续性污泥处理要求较高，因此拟采用真空带式过滤机对污泥进行进一步浓缩处理。处理后的脱水污泥运至渣场填埋，滤液回流至砂石料加工废水处理调节池进行循环处理。

② 海子尾巴砂石冲洗废水污泥处理

海子尾巴砂石料加工系统主要承担乌东德水电站建设初期的骨料生产，其生产能力较小（230t/h），产生的砂石料处理污泥量也较少。目前海子尾巴砂石料系统废水处理单元占地比较紧张，已没有空间布设污泥处理设施。现状处理方式为人工清淤后，运送至空地翻晒、干化。拟待下白滩砂石料加工系统废水处理系统建设完成后，将海子尾巴砂石料加工系统污泥清掏后运至下白滩污泥浓缩设备进行处理。

③ 施期砂石冲洗废水污泥处理

右岸施期阿巧沟下游砂石料加工系统作为右岸工程主要的砂石料生产来源设计毛料处理能力 1100t/h，废水排放量较大，污泥产生量也较大，拟采用和下白滩相同的污泥处理工艺：污泥浓缩池+真空带式过滤机，对污泥进行浓缩处理。处理后的脱水污泥运至渣场填埋，滤液回流至砂石料加工废水处理调节池进行循环处理。

表 6.7-3 各砂石料废水污泥处理方案

序号	名称	方案
1	下白滩砂石料废水处理	污泥浓缩池+真空带式过滤机

2	海子尾巴砂石料废水处理	运至下白滩污泥浓缩设施处理
3	右岸施期阿巧沟下游砂石料加工生产废水处理	污泥浓缩池+真空带式过滤机

5) 工艺设计参数

①下白滩砂石料废水处理系统

表 6.7-4 下白滩砂石料废水处理工艺设计参数

构筑物名称	主要工艺参数
调节池	停留时间：30min
絮凝反应池	反应时间：10min
辐流式沉淀池	停留时间：1.5h

②海子尾巴砂石料废水处理

表 6.7-5 海子尾巴砂石料废水处理工艺设计参数

构筑物名称	主要工艺参数
网格絮凝反应池	反应时间：20min
平流式沉淀池	停留时间：2h
清水池	停留时间：1h

③右岸施期阿巧沟下游砂石料加工生产废水处理

表 6.7-6 施期砂石料场废水处理工艺设计参数

主要处理环节	主要工艺参数
调节池	停留时间：30min
DH 高效旋流净化器	停留时间：25~30min

6) 主要构筑物及设备

下白滩、海子尾巴、施期三个砂石料废水处理系统主要构筑物见表 6.7-7~表 6.7-12。

表 6.7-7 下白滩砂石料废水处理系统主要构筑（建）物表

序号	名称	规格、规模	单位	数量	备注
1	粗砂回收车间	220m³/h	座	1	框架
2	细砂回收车间	510m³/h	座	1	框架
3	高水位池	20.0×20.0×3.5m	座	2	钢砼
4	调节池	12.0×8.0×3.5m	座	1	钢砼
5	絮凝反应池	12.0×3.0×3.7m	座	2	钢砼
6	配水井	Φ4.0×4.5m	座	1	钢砼
7	辐流式沉淀池	Φ20×4.6m	座	3	钢砼
8	泥浆池	5.0×4.0×2.0m	座	1	钢砼
9	渣浆泵房	12.0×10.0m, H=6.5m	座	1	框架
10	污泥脱水车间	47.9×21.6m, H=12.5m	座	1	框架，二层
11	清水池	20.0×10.0×4.0m	座	1	钢砼

序号	名称	规格、规模	单位	数量	备注
12	增压泵房	10.0×8.1m,H=6.5m	座	1	框架
13	加药间及药库	11.6×10.0m,H=4.5m	座	1	框架
14	配电间	9.4×8.0m,H=4.5m	座	1	框架

表 6.7-8 下白滩砂石料废水处理系统主要设备表

序号	名称	规格	设备名称	规格	数量	备注
1	粗砂回收车间	220m³/h	粗砂回收装置	ZX-250B, N=55kW 外形尺寸: 3.54×2.25×4.6m	1 套	
			泥浆泵	150ZJL-B55B: Q=350 m³/h, H=49m, N=110kW	2 台	一用一备
2	细砂回收车间	510m³/h	细砂回收装置	VDS512-4L, N=45kW	2 套	
			泥浆泵	200ZJ-I-A70 Q=550m³/h, H=47m, N=132kW	4 台	两用两备
3	絮凝反应池	12.0×3.0×3.7m	絮凝搅拌机	D=1250mm, N=1.5kW	6 台	
4	配水井	Φ4.0×4.5m	不锈钢闸门	B×H=500×500mm, N=1.1kW	3 套	
			叶轮搅拌机	D=1.0m, N=1.5kW	1 台	
5	辐流式沉淀池	Φ20×4.6m	周边传动刮泥机	D=20m, N=0.37kW	3 套	
			浓缩机	N=2.2kW	3 套	
6	污泥池	5.0×4.0×2.0m	搅拌机	D=1.0m, N=1.5kW	1 台	
7	渣浆泵房	12.0×10.0m, H=6.5m	渣浆泵	GMZ100-35-250, N=55kW	8 台	六用两备
			电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 2t	1 套	
8	污泥脱水车间	47.9×21.6m, H=12.5m	箱式压滤机	XMK600/2000-U, N=7.5kW	6 台	
			电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 5t	1 套	
9	增压泵房	10.0×8.1m, H=6.5m	反冲洗泵	300S-90, Q=790m³/h, H=90m, N=315kW	3 台	两用一备
			增压泵	XS100-310, Q=240m³/h, H=74m, N=110kW	3 台	两用一备
			电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 2t	1 套	
10	加药间及药库	11.6×10.0m, H=4.5m	PAC 加药装置	JY-16, N=1.1kW	2 套	
			管道混合器	GW350	2 套	
			螺杆加料泵	G35, N=1.5kW	2 套	
			PAM 加药装置	JY-20, N=1.5kW	2 套	
			管道混合器	GW350	2 套	

序号	名称	规格	设备名称	规格	数量	备注
			螺杆加料泵	G40-1, N=2.2kW	2 套	

表 6.7-9 海子尾巴砂石料废水处理系统主要构筑（建）物表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	砂水分离间	202m³/h	框架	1 座
2	网格絮凝反应池	12.45×5.8×4.5m	钢砼	1 座
3	平流式沉淀池	26.0×8.0×3.0m	钢砼	2 座
4	清水池	13.0×5.0×4.0m	钢砼	1 座
5	泥浆池	5.0×4.0×2.0m	钢砼	1 座
6	渣浆泵房	12.0×10.0m, H=6.5m	框架	1 座
7	污泥脱水间	24×21.6m, H=12.5m	框架, 二层	1 座
8	增压泵房	10.0×8.1m, H=6.5m	框架	1 座
9	加药间及药库房	11.6×10.0m, H=4.5m	框架	1 座
10	配电间	9.4×8.0m, H=4.5m	框架	1 座

表 6.7-10 海子尾巴砂石料废水处理系统主要设备表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
1	砂水分离器间	砂水分离器	Q=15m³/h, φ=360mm, N=3.0kW	2 套	
2	网格絮凝反应池	网格	800×800mm, 孔径 10mm	60 块	
		斜管	φ80, δ=5mm, α=60°	36m²	
3	平流式沉淀池	刮砂机	QC2.0, N=11.0kW	1 套	
4	泥浆池	涡轮搅拌机	D=1.0m, N=1.5kW	1 台	
5	渣浆泵房	渣浆泵	GMZ80-30-70, N=18.5kW	3 台	二用一备
		电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 2t	1 套	
6	污泥脱水间	箱式压滤机	XMK600/2000-U, N=7.5kW	3 台	
		电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 4t	1 套	
7	增压泵房	反冲洗泵	300S-90, Q=790m³/h, H=90m, N=315kW	2 台	一用一备
		增压泵	XS100-310, Q=240m³/h, H=74m, N=110kW	2 台	一用一备
		电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 2t	1 套	
8	加药间及药库房	PAC 加药装置	JY-16, N=1.1kW	1 套	
		管道混合器	GW350	1 套	
		螺杆加料泵	G35, N=1.5kW	1 套	
		PAC 加药装置	JY-20, N=1.1kW	1 套	
		管道混合器	GW350	1 套	

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
		螺杆加料泵	G40-1, N=2.2kW	1 套	

表 6.7-11 施期砂石料加工生产废水处理主要构筑（建）物表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	粗砂回收车间	170 m³/h	框架	1 座
2	细砂回收车间	390 m³/h	框架	1 座
3	高水位池	20.0×20.0×3.5m	钢砼	2 座
4	调节池	12.0×8.0×3.5m	钢砼	1 座
8	泥浆池	5.0×4.0×2.0m	钢砼	1 座
9	渣浆泵房	10.0×10.0m, H=6.5m	框架	2 座
10	污泥脱水间	47.9×21.6m, H=12.5m	框架, 二层	1 座
11	清水池	20.0×10.0×4.0m	钢砼	1 座
12	增压泵房	10.0×10m, H=6.5m	框架	1 座
13	加药间及药库房	10.0×6.1m, H=4.5m	框架	1 座
14	配电间	9.4×8.0m, H=4.5m	框架	1 座

表 6.7-12 施期砂石料加工生产废水处理系统主要设备表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
1	粗砂回收车间	粗砂回收装置	ZX-250B, N=55kW 外形尺寸: 3.54×2.25×4.6m	1 套	
		泥浆泵	150ZJL-B55B: Q=350m³/h, H=49m, N=110kW	2 套	一用一备
2	细砂回收车间	细砂回收装置	VDS512-4L, N=45kW	2 套	
		泥浆泵	150ZJG-I-B, Q=400m³/h, H=45m, N=110kW	4 套	两用两备
3	调节池	调节池搅拌装置	QJB2.2/8, 叶片 Φ320mm, N=2.2kW	2 台	
4	DH 高效旋流净化器	DH 高效旋流净化器	DH-SSQ-200	3 套	
5	高效混凝混合器	高效混凝混合器	DH-HNQ-200	3 套	
6	渣浆泵房	渣浆泵	GMZ100-35-250, N=55kW	8 台	六用两备
		电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 2t	1 套	
7	污泥脱水间	真空带式过滤机	DU10m²/1000, N=11kW	3 台	
		电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 5t	1 套	
8	增压泵房	反冲洗泵	300S-90, Q=790m³/h, H=90m, N=315kW	3 台	两用一备
		增压泵	XS100-310 , Q=240m³/h, H=74m, N=110kW	3 台	两用一备

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
		电功单梁悬挂式起重机	启闭重量 2t	1 套	
9	加药间及药库	一体化加药装置	DHJ-200	2 套	
		螺杆加料泵	G35, N=1.5kW	2 套	

6.7.1.3 混凝土系统废水处理

(1) 废水来源、特性及处理目标

混凝土系统冲洗废水主要在对拌和系统进行清洗以及二次筛分过程中产生的，废水 SS 浓度在 5000mg/L 左右，pH 值 ≥ 10 ，其中 850 混凝土生产系统、大坝 970 混凝土生产系统存在二次筛分。左岸下游 850、左岸上游 880、大坝 970 混凝土生产系统的废水量依次分别为 96m³/h、24m³/h 和 96m³/h（海子尾巴混凝土生产废水量约 12m³/d，与海子尾巴临时砂石料废水一并处理）。本系统废水排放需达到一级排放标准后用于场内洒水或其它较低的用水要求。

(2) 处理方案比选

目前国内大型电站针对混凝土拌和系统间歇排放且废水排放量较小、废水污染物主要为高 SS 浓度和高 pH 值等特点，主要采用两种方案进行比选：

1) 中和沉淀法：采用简易的沉淀池对每台班末的冲洗废水排入池内，采用中和工艺，对废水静置至 6h~8h 后，清水外排。如三峡 EL98.7 混凝土拌和系统废水处理采用两个 1.5m×2m 的沉淀池组成，沉淀后清水接入回用系统。适用于废水量较小的处理系统。

2) 成套设备法：采用高效旋流净化器等成套设备，工艺一般为混凝沉淀等进行处理，处理水质能够保证一级排放要求。适用于废水排放量较大且占地面积紧张的处理系统。

枢纽工程混凝土拌和系统废水产生量不大，参照三峡混凝土废水处理的成功经验，采用中和沉淀法处理既经济又合理。废水经沉淀、中和处理后达标排放或循环使用，两个简易沉沙池一备一用，在沉淀池污泥沉淀到一定程度则换备用沉淀池。原沉淀池的污泥进行自然干化，干化后可用抓斗机抓取装运斗车运输至渣场。

本工程混凝土系统废水处理主要采用平流式沉淀池+中和加药池处理系统。该方案是在沉淀的基础上进一步采取了中和沉淀方案，以保证出水 pH 值的达标，

并且废水经过简易沉沙池初沉后再经中和沉淀池的沉淀静置,基本能够保证水质一级达标排放。若由于水质波动不能完全达到一级排放标准时,可将废水循环作为拌和楼冲洗水、施工场地洒水降尘等回用水利用。

(3) 工艺参数及主要构筑物尺寸

工艺设计参数详下表。

表 6.7-13 主要构筑物工艺参数表

构筑物名称	主要工艺参数
平流沉淀池	表面水力负荷: $q=1.0\sim1.5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 停留时间: 2h。 最大水平流速: $\leq 5\text{mm/s}$, 除砂周期: 2d。
中和加药池	停留时间: 45min
清水池	停留时间: 2h

表 6.7-14 850 混凝土生产废水处理主要构(建)筑物表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	平流沉淀池	21.0×2.5×4.7m	钢砼	2 座
2	中和加药池	Φ6.0×3.0m	钢砼	1 座
3	清水池	12.0×6.0×3.0m	钢砼	1 座
4	加药管理综合房	11.6×10.0m,H=4.5m	框架、一层	1 座

表 6.7-15 850 混凝土生产废水处理主要设备表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量
1	平流沉淀池	刮砂机	QC3-2000, N=11.0kW	1 套
		排砂装置	QT-3000, N=0.55	2 套
2	中和加药池	立式搅拌机	ZJ-1000, N=1.5kW	1 套
3	加药管理综合房	中和加药装置	JY-12, N=0.37kW	1 套
		管道混合器	GW300	1 套
		螺杆加料泵	G30, N=1.1kW	1 套

表 6.7-16 880 混凝土生产废水处理主要构(建)筑物表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	平流沉淀池	12.5×2.0×4.1m	钢砼	2 座
2	中和加药池	Φ4.0×2.0m	钢砼	1 座
3	清水池	10.0×5.0×2.0m	钢砼	1 座
4	加药管理综合房	11.6×10.0m,H=4.5m	框架、一层	1 座

表 6.7-17 880 混凝土生产废水处理主要设备表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
1	平流沉淀池	刮砂机	QC3-1500, N=7.5kW	1 套	
		排砂装置	QT-2000, N=0.37kW	2 套	

2	中和加药池	立式搅拌机	ZJ-800, N=1.1kW	1 套	
3	加药管理综合房	中和加药装置	JY-6, N=0.37kW	1 套	
		管道混合器	GW150	1 套	
		螺杆加料泵	G25, N=0.55kW	1 套	

表 6.7-18 970 混凝土生产废水处理主要构（建）筑物表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	平流沉淀池	21.0×2.0×4.5m	钢砼	2 座
2	中和加药池	Φ6.0×3.0m	钢砼	1 座
3	清水池	12.0×6.0×3.0m	钢砼	1 座
4	加药管理综合房	11.6×10.0m,H=4.5m	框架	1 座

表 6.7-19 970 混凝土生产废水处理主要设备表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
1	平流沉淀池	刮砂机	QC3-1500, N=7.5kW	1 套	
		排砂装置	QT-2000, N=0.37kW	2 套	
2	中和加药池	立式搅拌机	ZJ-1000, N=1.5kW	1 套	
3	加药管理综合房	加酸装置	JY-12, N=0.37kW	1 套	
		管道混合器	GW300	1 套	
		螺杆加料泵	G30, N=1.1kW	1 套	

6.7.1.4 机械停放场冲洗废水处理

(1) 废水特性及处理目标

施工期在枢纽工程区共设置机械修配厂（含机械设备停放场）3 个、汽车修理及保养厂 3 个，由于机械修理厂与汽车修理及保养厂相邻布置且产生的污染物均主要为石油类、COD 及悬浮物，因此考虑将废水合并处理后达标排放，金坪子施工机械 470 辆，阴地沟 168 辆，下白滩 233 辆，废水排放强度分别为 56.4m³/d，20.2m³/d 和 27.9m³/d。含油废水经处理达到一级排放标准后回用于洗车或排放。

(2) 处理工艺

根据机修、汽修及汽车保养系统、机械停放场等产生废水的水量、产生时段特点，对废水处理工艺拟为 3 种方案进行比选，各方案特点详见下表。

表 6.7-20 乌东德水电站机修废水处理方案比选表

处理方案	方案比较
方案 1 隔油沉淀	适用于场地狭窄、处理规模小的机修及保养系统。设置集水池及隔油池处理后，上层浮油由浮油回收机回收，下层乳化液先后投加破乳剂后再加入絮凝剂至絮凝沉淀池沉淀处理后排放。在施工区车辆停放场，可在洗车检修台下布置排水沟，车辆停放场周边布置集水池，收集排水沟内的机械清

处理方案	方案比较
	洗废水，在集水池末端设隔油板，集水池出口处设薄壁堰溢流水。定时清除隔油板壁聚积的废油，并清理沟底淤泥。
方案2 隔油过滤法	污水在小型隔油池内由浮子撇油器排除废油，废水经焦炭过滤器进一步除油。该方案处理效果好，构造简单，造价低，比较实用，焦炭过滤器需定期更换滤料。
方案3 成套油水分离器	油水分离效果好，油份回收和去除率高，适用于含油量高的废水，能满足大修时石油类高峰浓度达标排放的要求。缺点是设备投资高，维修保养要求高。

结合该项目机修、机械冲洗废水排放特征，考虑运行维护的便捷性、稳定性，同时本机械停放及维护属于临时工程，施工结束后不再使用的特点，拟采用方案1作为该废水处理工艺。

(3) 主要构筑物及设备

表 6.7-21 施工区含油废水处理系统主要构筑物尺寸

施工区	构筑物名称	数量	单池尺寸 (m)			结构	处理能力
		(座)	长	宽	高		
金坪子	GC-2隔油池	2	4.6	1.8	3.6	钢砼	48辆/h
	浮油回收机	2				半漂型浮油收集机	
	加药设备	4				成套设施	
	絮凝沉淀池	2	5	5	2.8	钢砼	30m³/d
	清水池	2	4	4	2	钢砼	30m³/d
	弃渣池	1	3	1.5	3	钢砼	
阴地沟	GC-1隔油池	1	3.6	1.8	3	钢砼	24辆/h
	浮油回收机	1				半漂型浮油收集机	
	加药设备	2				成套设施	
	絮凝沉淀池	1	4.2	3.6	2.8	钢砼	25m³/d
	清水池	1	5	2.5	2	钢砼	25m³/d
	弃渣池	1	1.5	1	2.5	钢砼	
下白滩	GC-1隔油池	1	3.6	1.8	3	钢砼	24辆/h
	浮油回收机	1				半漂型浮油收集机	
	加药设备	2				成套设施	
	絮凝沉淀池	1	5	5	2.8	钢砼	30m³/d
	清水池	1	4	4	2	钢砼	30m³/d
	弃渣池	1	1.5	1	2.5	钢砼	

主要设备表见下表。

表 6.7-22 施工区含油废水处理系统主要设备表

机械停放场	设备名称	型号	数量 (台)	备注
金坪子	提升水泵	Q=10m³/h,H=8m,N=1.1kw	4	一用一备
	絮凝剂加药装置	JY-6, N=0.37 kw	2	

机械停放场	设备名称	型号	数量 (台)	备注
	浮油回收机	最大浮油收集速度: 100Kg/h, 适用 水域面积: 3-50m ² , 允许浮油最大粘 度: 约运动粘度3000mm ² /s, 220V, 2KW/h	2	
阴地沟	提升水泵	Q=8m ³ /h,H=8m,N=0.75kw	2	一用一备
	絮凝剂加药 装置	JY-6, N=0.37 kw	1	
	浮油回收机	最大浮油收集速度: 100Kg/h, 适用 水域面积: 3-50m ² , 允许浮油最大粘 度: 约运动粘度3000mm ² /s, 220V, 2KW/h	1	
下白滩	提升水泵	Q=8m ³ /h,H=8m,N=0.75kw	2	一用一备
	絮凝剂加药 装置	JY-6, N=0.75 kw	1	
	浮油回收机	最大浮油收集速度: 100Kg/h, 适用 水域面积: 3-50m ² , 允许浮油最大粘 度: 约运动粘度3000mm ² /s, 220V, 2KW/h	1	

6.7.1.5 生活污水处理

(1) 污水特性及处理目标

施工区生活污水主要来源于 4 个营地（左岸马头上营地，右岸新村、海子尾巴、金坪子营地）。4 个营地常驻人口分别 1000 人，2000 人，1500 人、7250 人。职工用餐以大食堂为主，生活污水中主要污染物来源于排泄物、食物残渣、洗涤剂、洗浴水等，根据其它工程经验，生活污水污染物指标：COD、NH₃-N 浓度一般分别为 400mg/L、35mg/L。

表 6.7-23 各施工营地生活污水水量表

序号	名称	高峰人数 (人)	用水量 (m ³ /d)	污水量 (m ³ /d)	设计规模 (m ³ /h)	污水特性	处理目标
1	新村	2000	500	400	25	COD、 NH ₃ -N 浓 度一般分 别为 400mg/L、 35mg/L	达到《污水 综合排放 标准》一级 标准后排 放或回用
2	海子尾巴	1500	375	300	20		
3	金坪子	7250	1812	1450	90		
4	马头上 (左岸)	1000	250	200	15		

表 6.7-24 设计进水指标

序号	控制项目	进水指标 (mg/L)
1	pH	6~9
2	COD	350

3	BOD ₅	170
4	SS	200
5	NH ₃ -N	30
6	TP	3

表 6.7-25 设计出水指标（GB8978-1996 一级标准）

序号	控制项目	排放标准（mg/L）
1	pH	6~9
2	COD	≤100
3	BOD ₅	≤20
4	SS	≤70
5	NH ₃ -N	≤15
6	TP	≤0.5

(2) 处理工艺及设计参数

1) 处理工艺

根据施工组织设计，工程建设过程中，各个承包商进场时间不同，如集中设置一个污水处理站，施工人员的增减、水量的不同将影响处理系统的运行，出现处理系统出水水质不稳定的情况。地埋式生活污水成套处理设备可根据施工人员数量及排水规模变化，设置单台设备运行或多台设备同时运行，不会因人员的增减造成对系统的影响，且出水水质满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

目前，国内市场上常用的生活污水处理成套设备的工艺主要采用一般性接触氧化法和 A/O 工艺。

①一般性接触氧化法

接触氧化法工艺流程图详见下图。

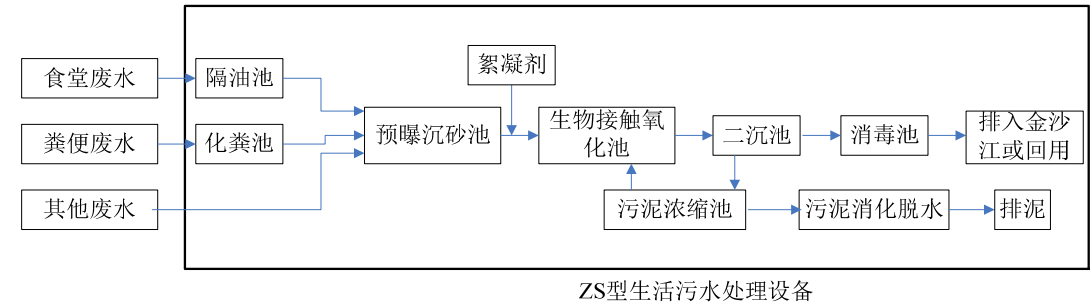


图 6.7-6 一般性接触氧化法工艺流程图

②A/O 工艺

A/O 工艺流程详见下图。

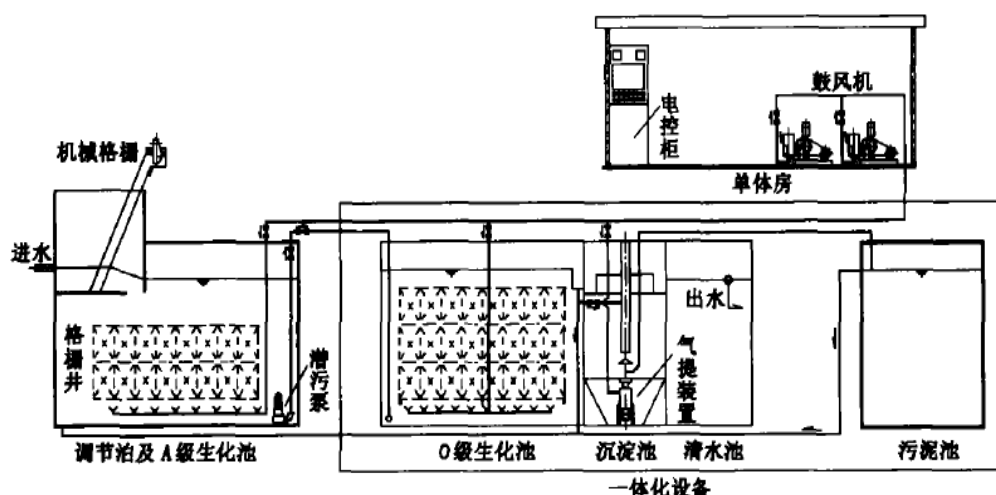


图 6.7-7 A/O 工艺流程图

采用 A/O 工艺的一体化生活污水处理设备主要有 WSZ-F 型设备，其设计主要是针对生活污水和与之类似的工业有机污水的处理。其主要处理手段是采用目前较为成熟的生化处理技术——接触氧化法，水质参数按一般生活水水质，总共有六部份组成：（1）初沉池；（2）接触氧化池；（3）二沉池；（4）消毒池、消毒装置；（5）污泥池；（6）风机房、风机。

③方案比选

根据国内工程经验，同时考虑工程所在金沙江江段水功能区水质目标为Ⅲ类水，经一般性接触氧化法工艺处理后，出水水质仅满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级排放标准，而 A/O 工艺处理后的出水水质达一级排放标准。因此，本报告推荐采用 A/O 处理工艺的成套生活污水处理设备，并根据本工程实际情况，对 A/O 处理工艺进行改进，在生活污水进入调节池前，生活污水分类进入化粪池和隔油池预处理。

2) 设计参数

施工区生活污水处理工艺设计参数见下表。

表 6.7-26 生活污水处理工艺设计参数

构筑物名称	主要工艺参数
隔油池	设计停留时间 10min，清除周期 7d
化粪池	20L/人·d，停留时间 24h，清掏周期 180d
调节池	停留时间 4h，进口处设置格栅，清泥周期 30d
地埋式污水处理设备	停留时间 1h，清泥周期 1 年

（3）主要构筑物及设备

各营地生活污水处理主要构筑物及设备见下表。

表 6.7-27 各营地生活污水处理设施主要构筑物尺寸

施工生活区	构筑物名称	数量	单池尺寸 (m)			结构	处理能力
		(座)	长	宽	高		(m³/h)
马上头 (左岸) 营地	Z6-16SF 化粪池	5	6.0	2.88	4.5	砖砌	
	GG-3S 隔油池	1	2.5	2.4	2.0	钢砼	3.2L/s
	调节池	1	9.0	2.0	4.0	钢砼	
	地埋式污水处理设备	1	20.0	12.0	2.4	地埋式, 上可停车	15m³/h
新村	Z6-12SF 化粪池	20	6.0	2.88	4.5	砖砌	
	GG-3S 隔油池	8	2.5	2.4	2.0	钢砼	3.2L/s
	调节池	2	10.0	3.0	4.0	钢砼	
	地埋式污水处理设备	1	12.0	19.0	3.0	地埋式, 上可停车	25m³/h
海子尾巴	Z6-12SF 化粪池	8	6.0	2.88	4.5	砖砌	
	GG-3S 隔油池	3	2.5	2.5	2.0	钢砼	3.2L/s
	调节池	1	12.0	4.0	4.0	钢砼	
	地埋式污水处理设备	1	12.0	10.5	3.0	地埋式, 上可停车	20m³/h
金坪子	Z11-12SF 化粪池	19	9.0	3.1	4.5	砖砌	
	GG-6S 隔油池	6	4.5	3.0	2.5	钢砼	5.6L/s
	调节池	2	12.0	4.0	4.0	钢砼	
	地埋式污水处理设备	1	45.0	19.0	3.0	地埋式, 上可停车	45m³/h
		1	45.0	19.0	3.0	地埋式, 上可停车	45 m³/h

表 6.7-28 各营地成套污水处理系统主要设备表

施工生活区	设备名称	型号	数量 (台)	处理能力 (m³/h)	备注
马头上 (左岸) 营地	污水处理装置	WSZ-F-15	1	15	
	风机	HZ-80S	4		二用二备
	水泵	50WQ15-10-1.5	2		一用一备
新村	污水处理装置	WSZ-F-25	1	25	
	风机	BR125	4		二用二备
	水泵	80WQ30-10-2.2	2		一用一备
海子尾巴	污水处理装置	WSZ-F-20	1	20	
	风机	BR125	4		二用二备
	水泵	50WQ30-10-2.2	2		一用一备
金坪子	污水处理装置	WSZ-F-45	2	45	
	风机	BR150A	8		二用二备
	水泵	80WQ30-15-3.0	6		一用一备

6.7.1.6 粪便污水处理

(1) 处理工艺

目前乌东德各施工作业区较为分散, 大部分施工场地能够供水供电, 而部分施工场地如渣场、料场等不具备供水供电的条件以及必要性。施工人员的粪便污

水如随意排放将会对水体造成污染。为解决施工作业区粪便污水，需要设置移动生态厕所，每个厕所配置 2 个蹲位。本工程考虑采用两种类型的移动生态厕所，分别为泡沫封堵型生态厕所和免水打包型生态厕所。

①泡沫封堵型生态厕所

泡沫封堵型生态厕所的工作原理是利用发泡液混合液产生的泡沫代替厕所冲水，在全自动感应控制系统的作用下，泡沫装置产生的压缩空气经输送管传至泡沫激发器，发出的泡沫经厕具侧壁上的泡沫通道充满、覆盖并洗涤厕盆；同时使用泡沫封堵便器的排污口，封堵气味。施工人员的粪便污水进入储粪箱内，由当地市政部门的吸粪车定期清运，用于制作农家肥。

泡沫封堵型生态厕所的特点是用泡沫代替水来进行洗涤，泡沫混合液膨胀后体积扩大近 1000 倍，非常节约用水；泡沫充满厕盆，不仅无臭味，而且看不到污物，视觉效果好；使用时全自动洗涤，没有声音和振动，使用安全便利；洗涤液的成分是可以完全融化于水的无公害洗涤剂，可被微生物降解；厕所内的储粪池定期清运，不会污染环境。泡沫封堵型生态厕所内部见下图 6.7-8。



图 6.7-8 泡沫封堵型 (a) 和免水打包型 (b) 生态厕所

②免水打包型生态厕所

免水打包型生态厕所原理：由可降解薄膜制成的包装袋，走动系统、机械装置（机芯）、外壳、储便桶组成，包装袋包装粪便，如厕者踩动传动杆，机械装置向下自动牵引包装袋，将粪便移入储便桶内，蹲面上的包装袋更新，封闭装置，再次封闭臭味不外泄，粪便统一处理，降解袋使用完毕后自动报警，不污染环境。

免水打包型生态厕所的特点是不耗水，不耗电，适用于不具备通水通电条件的施工场地；粪便自动打包后移入储便箱内，无臭味；包装袋为可降解薄膜，环

境友好；厕所内的储粪池定期清运，不会污染环境；移动方便，不需接上下水和化粪池。

（2）布置方案

根据《施工现场临时建筑物技术规范》（JGJ/T188-200），厕所的蹲位设置应满足男厕每 50 人一个蹲位，女厕每 25 人一个蹲位，考虑到施工场地以男工人为主，本项目按照 50 人一个蹲位进行设置，同时考虑到施工区分布，保证临时厕所覆盖到每个施工作业面，施工营地已设置厕所，将不再考虑。对于交通及水电方便的施工场地，布置泡沫封堵型生态厕所，对于部分施工场地角落，布置免水打包型生态厕所。综上，本工程共需布置约 18 个生态厕所。

表 6.7-29 施工区生态厕所布设表

序号	分区名称	位 置	厕所数量（座）
1	鲮鱼河及坪子上	左岸上游约 7.0~10.0km	1
2	上白滩、猪拱地及马头上	左岸上游约 4.0~4.3km	2
3	下白滩	左岸上游约 2.3~3.1km	3
4	小花山及其它	左岸	2
5	新村	右岸上游约 4.0~5.5km	2
6	海子尾巴	右岸上游约 2.5~3.6km	2
7	金坪子	右岸下游约 0.9~2.4km	3
8	阿摆	右岸下游约 3.0~3.7km	1
9	施期	右岸下游约 51.0~7.0km	2
合计			18

6.7.2 声环境保护措施

（1）防治目标

维护施工区及其周边区域的声环境质量，施工区附近卧嘎村、三台村二组和二坪子村 3 处居民点声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

（2）防治措施

1) 噪声源控制

①利用地形降低噪声源噪声

在施工平面布置中应充分利用施工区的地形、地势等自然隔声屏障，进行

合理布置。噪声源具有方向性，布置时不应使传播噪声高的一面朝向安静的场所，如海子尾巴砂石料加工系统由多种设备组成，噪声源系多声源，布置时可利用山体对噪声的阻隔，或利用地形将高噪声设备布置在地势较低的地段，降低噪声对外传播。混凝土拌和系统尽量布置在低凹地形，充分利用地形阻隔噪声。为减免噪声对施工生活办公区的影响，施工作业区与施工生活办公区之间应有一定距离，降低噪声的影响。

②大坝基坑开挖噪声控制

大坝基坑开挖的主要设备是挖掘机、推土机、装载机以及各种运输车辆，这些移动性机械设备为大坝基坑开挖的主要噪声源。

为减少大坝施工噪声的影响，应严格控制施工时间。爆破作业时间应避开夜间施工，以减少对大坝施工人员的噪声污染影响。

加强车辆及各种设备的维修保养，降低设备运行时的噪声。

③混凝土拌合噪声控制

混凝土拌合系统由混凝土拌合楼、筛分系统、空压站、制冷系统组成。购买混凝土拌合系统设备时，应采购具有降噪功能的设备，混凝土拌合楼和骨料制冷系统采用全封闭进行。

现场施工人员，应按照劳动保护相关要求采取可靠的防护措施，如配带耳塞或耳罩、耳棉等。加强对施工人员的操作培训，减少突发事件和突发噪声的发生。

④砂石料加工系统噪声控制

砂石料生产系统噪声主要来自骨料筛分与立轴破碎。骨料筛分系统噪声采用聚氨脂振动筛降低骨料筛分过程中的摩擦噪声；立轴破碎机在采购时考虑相应的减震设备以降低骨料破碎产生的噪声。设备运行期，根据噪声监测数据，对影响较大的噪声源采用隔声屏障降噪措施，使噪声以有效控制在《建筑施工场界环境噪声排放标准》(昼间 70dB，夜间 55dB)标准范围内，根据乌东德水电站“三通一平”工程施工后对三台村二组昼夜声环境监测的结果表明，昼间居民点环境噪声为 66.8 dB，超过声环境限值 60 dB，主要噪声贡献源为下白滩砂石加工系统噪声，经预测贡献值为 63.5 dB。

下白滩砂石系统位于左岸坝上游约 3km 的磨槽沟下游侧，主要车间布置在 950m~994m。场区噪声主要来源于本系统运行生产机械、高低线路过往施工车辆及附近其他承包商标段内施工机械。系统场区内主要噪声主要有：粗碎车间（3

台颚式破碎机)、第一筛分车间(3台筛分机)、中细碎车间(2台圆锥式破碎机和2台反击式破碎机)、第二筛分车间(6台筛分机)、第三筛分车间(4台高频筛)、棒磨机车间(3台棒磨机,目前2台)、部分胶带机噪声及场内施工车辆交通噪声等。

系统于2012年7月18日开工建设,现已进入运行生产,运行模式采用双班制,工作时间为16:00~次日6:00。筹备组委托凉山州环境监测站对三台子村二组的声环境进行了连续24h监测,监测结果表明,工作时段,昼间超标5~8dBA,夜间超标12~18dBA。

下白滩砂石系统与三台子村二组之间有高差近百米的高陡山坡,无地物阻挡下系统噪声向三台子村二组传播,在左岸高线路外侧山坡设置隔声屏,既不具备条件,也起不到阻隔噪声的作用。因此,在现场调查和与施工单位协调的基础上,对下白滩砂石系统采取调整生产班次、降低主要声源噪声和就近隔挡噪声传播等替代措施,促使下白滩施工区场界噪声和三台子村二组声环境质量达标。主要包括以下方面:

a 调整运行生产时段,合理组织安排生产计划。

为减轻对附近居民的噪声影响,调整系统昼夜运行生产时段,根据生产任务情况,尽量将高峰联动运行生产时段安排在白天,夜班主要组织低噪声辐射的系统检修作业。

b 设置隔声防护棚及挡墙,阻断及引导噪声传播方向。

根据车间布置现场实际情况,在满足运行安全及正常生产的前提下,粗碎车间、中细碎车间钢结构加夹心板隔声防护棚进行围护,且在粗碎车间、冲洗筛分车间、棒磨机车间靠磨槽沟侧各施工一道隔声墙,降低及切断噪声向靠山侧传播。

隔声防护棚采用钢结构框架,三面满铺彩钢板(EPS夹心板)结构。彩钢板EPS夹心泡沫厚度5cm。J1、J2胶带机驱动平台采取钢结构加彩钢板(EPS夹心板)对平台四周进行围护,有效降低及切断电机及减速机噪声向靠山侧传播。第三筛分车间有4台高频筛,为有效降噪,进行彩钢板封闭。

c 加强场内施工车辆管理,降低过往车辆噪声量。

加强场内施工车辆管理,制定相应规章,设置车辆限速及警示牌,夜间禁止鸣笛,车辆高峰期间安排交通疏导员对车辆进行疏导,保证场内车辆有序通行,降低车辆噪声。

d 后续声环境监测。

对下白滩砂石加工系统按上述措施进行声环境整治后，继续对三台子村二组、系统场界及系统主要声源进行噪声监测。根据动态的声环境监测结果，按照持续改进的理念，视需要落实后续噪声防治措施。



图 6.7-9 粗碎车间隔声防护棚示意图



图 6.7-10 中细碎车间隔声防护棚示意图



图 6.7-11 棒磨机车间隔声屏示意图



图 6.7-12 J2 胶带机隔声措施示意图



图 6.7-13 一筛车间隔声屏示意图



图 6.7-14 二筛车间隔声措施示意图



图 6.7-15 三筛车间隔声措施示意图



图 6.7-16 第三筛分车间彩钢板围护示意图

⑤交通噪声源强控制

在右岸高线过坝路、左岸高线过坝路和右岸施期料场路等附近路段设置一定的限速、禁鸣标志，以减轻场界外的噪声值。在二坪子村、卧嘎村、三台村二组所在路段两端各设置限速标志 1 个，禁鸣标志 1 个，共设限速标志 6 个，禁鸣标志 6 个。同时做好汽车的保养工作，确保汽车的正常运行，限制车辆超载。保证交通运行的通畅，合理控制交通流量。

施工单位必须选用符合国家有关环保标准的施工车辆，如运输车辆噪声符合《汽车定置噪声限值》（GB16170-1996）等。

合理安排施工时间，禁止邻近三台村二组、卧嘎村、二坪子村等工区夜间施工，需特殊情况进行施工时，施工车辆在经过二坪子村、卧嘎村要尽量降低车速，夜间通行时禁鸣喇叭，以减少对附近居民的影响。

⑥爆破噪声源强控制

导流明渠开挖和施工交通洞开挖都需进行爆破作业，为了减少爆破噪声的影

响，采取如下控制措施：

爆破作业时间应避开深夜爆破，以保障施工区及其周围人员有良好的生活和工作环境。尽量缩短爆破时间。爆破前应鸣警示。

为了控制爆破飞石，交通洞及导流洞爆破时应对表面进行覆盖。

严控爆破单响药量，采取孔间微差顺序爆破技术。

2) 传播途径控制

结合施工区环境状况制定道路交通管理法规。在车辆在通过敏感区时应适当减速行驶，并禁鸣高音喇叭。

加强道路养护和车辆的维修保养，降低机动车辆行使的振动速度。

3) 敏感受体保护

对于强噪声源，如混凝土拌合、骨料破碎、砂石料筛分等作业区，尽量提高作业的自动化，实现远距离监视操作，即可减少工作人员，也可使作业人员远离强噪声源。

必须处在高噪声环境中作业的施工人员应加强个人防护，采取佩戴个人防护用品的方式降低作业噪声，如佩戴不同类型的耳塞可使噪声衰减 15dB~30dB。

表 6.7-30 常用防护用品表

种类	重量 (g)	衰减 (dB)	说明
棉花	1-5	5-10	塞在耳内
棉花涂蜡	1-5	10-20	塞在耳内
伞形耳塞	1-5	15-30	塑料或人造棉胶

(3) 措施效果分析

措施效果分析主要表现在降噪措施的落实上。施工噪声源强的降低是减小施工区噪声影响的关键，因此，需重点加强对施工噪声源的减噪措施，如在空压机管道安装消声器使能消声量达 20dB 左右。采用隔声棚等措施，能使噪声降低 5dB~15dB。限速、禁鸣等措施可降低噪声 3dB。采取噪声防护措施后，可有效降低噪声影响。

6.7.3 环境空气保护措施

(1) 防治目标

削减施工环境空气污染物排放量，阻碍污染物扩散，改善施工现场工作条件，

保护施工生活区及外环境敏感区环境空气质量。大气环境敏感目标环境空气质量依照《环境空气质量标准》(GB3095-96) 二级标准要求, TSP 控制目标为日均浓度小于 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 防治措施

根据工程分析及影响预测结果, 拟定本阶段的主要大气环境保护措施燃油及爆破废气削减、交通扬尘降尘治理、其它场地降尘处理、地下洞室开挖降尘等方面。其污染控制及环境保护措施如下:

1) 燃油废气削减

加强大型施工机械和车辆的管理。要求施工单位选用符合国家有关卫生标准的施工机械和运输工具。定期维修、保养机械设备, 排污量大的车辆及燃油设备需配置尾气净化装置。承包商所有燃油机械和车辆尾气排放应执行《汽车大气污染物排放标准》(GB14761.1-14761.7-93), 若其尾气不能达标排放, 必须配置消烟除尘设备; 同时施工机械使用优质燃料。严格执行《在用汽车报废标准》, 推行强制更新报废制度, 对于发动机耗油多、效率低、尾气排放严重超标的老、旧车辆, 及时更新。

2) 交通扬尘降尘处理

对于交通粉尘而言, 最有效的方法是提高公路路面等级、及时清扫路面粉尘, 定时进行洒水降尘工作。特别是在右岸高线过坝公路和左岸高线过坝道路段因道路两侧有居民点, 对其洒水降尘及清扫路面的力度应加大。对左岸和右岸施工区域各配备机动洒水车 4 辆, 在无雨天进行洒水降尘。洒水次数及用水量根据天气情况和道路扬尘产生情况确定, 施工阶段在无雨日对汽车行驶路面勤洒水, 每天 3~4 次, 重要干道非雨日洒水不少于 4~6 次。各承包商营地内应结合水土保持和生态修复措施进行一定的景观绿化, 同时起到吸尘、滞尘的作用。

降低车速是降尘的有效措施, 因此, 在右岸高线过坝路、左岸高线过坝路和右岸施期料场路等附近路段设置一定的限速标志, 以减轻交通扬尘对附近居民点的影响, 在卧嘎村、三台村二组和二坪子村涉及的两端各设置限速标志 1 个。

做好运输车辆的密封和车辆保洁, 减少因弃渣、砂、土的外泄造成的扬尘污染。要求运输弃渣车辆一律用帆布进行遮盖, 减少运输过程中的跑漏现象。石灰、粉煤灰等易起尘性物质应采用封闭运输, 经常清洗运输车辆。

各承包商对责任范围内施工道路要加强养护、维修, 确定专人负责及时清扫

洒落路面的渣土，保持道路清洁，运行状态良好。

同时，结合水土保持和生态修复措施，做好公路的绿化，使栽植的行道树等不但起到美化景观、生态修复的效果，也达到降噪防尘隔离等效果。

3) 其它作业面降尘措施

选用低尘工艺。爆破工艺优先选择粉尘产生量较少的工艺进行，如：凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破等爆破工艺，凿裂、钻孔、爆破提倡湿法作业，降低粉尘产生量。钻孔要安装除尘装置或采用无尘钻机。砂石骨料系统在半干法生产的过程中应注意喷雾器的正常运行，保证骨料得到有效的润湿；混凝土系统工程水泥及掺合料经压缩空气气化后送进料罐，并配置袋式除尘器（如DMC-24）进行有效除尘。边坡开挖爆破采取压水袋、高压喷枪喷水试验，湿法钻孔。

做好洒水降尘工作。在各开挖面、平整作业面、弃渣场等各易起尘面、点及时采取洒水降尘措施，特别是在非雨日应加强洒水降尘次数，以场地不起尘为标准。

加强一线施工人员防尘劳动保护措施的实施，对处于产尘量较大的水泥拌和楼、砂石加工系统等施工区域现场作业人员，按照国家有关劳动保护的规定，发放防尘用品（如防尘口罩）。定期对施工人员进行身体检查，提高他们的健康意识，积极有效地强调施工人员的个人自我保护效用。按照国家有关劳动保护的规定，加强劳动保护。

施工区绿化。加强办公生活区和交通道路两侧的场地绿化，在满足其绿化功能的同时，应尽量选择吸尘作用较强的树种。

办公区和道路绿化投资在水土保持报告中计列。

4) 地下洞室开挖

地下开挖作业必须保证通风、防尘和防有害气体的要求，设置足够的通风、排烟装置和水喷淋装置。洞室钻孔时，采用湿式作业，减少粉尘危害。配备通风机，采用压入式通风，向洞内输入新鲜风流，风袋随着开挖的推进而延伸，风筒均挂在离地面较高的侧墙或顶拱上，排除洞内烟尘。配置监测气体浓度所必须的仪器仪表以及报警信号系统，设备及仪表应由具备鉴定资质的单位进行鉴定和矫正。按国家对劳动保护的有关要求，做好现场施工作业人员的劳动保护工作，配备足够的防护用品。严禁地下开挖中使用烧汽油或液化石油气的内燃机。工程各

主要洞线洒水除尘，可大幅度降低洞内爆破粉尘的浓度。

此部分投资在主体工程中计列。

(3) 措施效果分析

工程枢纽施工区全年静风频率高达50%，主导风向为SW，大气环境敏感目标位于污染源东南向，车辆排放的NO₂对敏感点影响时段有限。但仍需在此段期间，通过重点控制燃油量、对排污量大的机械及车辆配置尾气净化器，有效降低污染物排放量。同时，污染物在空气中会发生干沉降及湿沉降，从而使空气中的污染物浓度大大降低。

通过采取湿式爆破或新低尘爆破技术，采用无尘钻孔等工艺，爆破过程粉尘去除率可达92%左右，对开挖、场地平整、弃渣场等作业面及作业点及时进行洒水降尘。对路面进行清扫并洒水是减小施工作业粉尘及交通运输扬尘的最有效的措施之一，根据三峡交通运输的监测资料，仅在采取路面洒水降尘、保证路面清扫干净等措施后，运输扬尘的去除率可达90%，运输短时排放浓度小于《大气污染物综合排放标准》无组织排放浓度限值。

乌东德水电站施工期，在主要交通道路卧嘎村、三台村二组、二坪子村等路段，设置减速牌限制车速，可有效减少交通扬尘量，同时，施工阶段在无雨日对汽车行驶路面勤洒水，每天3~4次，可以收到很好的降尘效果。

6.7.4 固体废物处理措施

6.7.4.1 生活垃圾处置措施

(1) 生活垃圾产生量及特性

工程施工期122个月共需处理生活垃圾量约29280t。生活垃圾成份可分为有机物和无机物，有机物主要有竹木、厨余、纸类、塑料、皮革、鞋类、织物等；无机物主要有废玻璃、废易拉罐、砖石、灰土等。

(2) 方案比选

我国城市生活垃圾无害化处理法主要有卫生填埋法、焚烧法、堆肥法等，其中填埋法占95%以上。由于市场有限，堆肥法一直未能成为垃圾的主要方法，采用堆肥法处理的垃圾不到1%，此法显然不符合本工程生活垃圾处置要求。

根据本工程生活垃圾的特性，同时工程区及周边地区垃圾处置现状，对卫生填埋、垃圾外运和焚烧法三种方案进行技术经济比较，推荐适合本工程的生活垃

圾处置方法。

1) 卫生填埋方案

卫生填埋法是一种采取防渗、铺平、压实、覆盖等措施对生活垃圾进行处理和对填埋气体、渗滤液、蝇虫等进行治理的处理方法。

垃圾卫生填埋法是最普遍的垃圾处置方法，具有技术可靠、工艺简单、操作性强等优点，但同时也存在一定的局限性，其选址困难，施工作业要求复杂。

根据《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB16889-2008)，并参考《城市生活垃圾卫生填埋技术标准》(CJJ17-2004)，本工程垃圾卫生填埋场的选址原则如下：符合施工布置总体规划；考虑水库淹没因素，填埋场宜选在坝址下游；在人畜居栖点 500m 以外并避开环境敏感区域；尽量利用天然的洼地、沟壑、峡谷、废坑等，此外考虑交通、征地、施工、地下水情况，避开环境敏感区域等因素。

本着上述选址原则，根据现场查勘分析，在坝址下游有两处可作为生活垃圾填埋场。一处为在右岸大坝砂石料加工系统下游的阿巧沟，一处为施期存料场下方缓坡地。

①阿巧沟生活垃圾填埋场

阿巧沟位于大坝砂石料加工系统(第一生产单元)和其它混凝土工程砂石料加工系统(第二生产单元)之间，施期存料场施工道路下方，高程约 910m~950m，坡度约 25°，可供垃圾填埋垃圾约 5.1 万 m³，现状为荒沟，但该沟附近泥石流灾害频繁，且汇水面积大，沟水处理难度较大。

②施期村生活垃圾填埋场

施期村存料场下方缓坡地，位于施期村附近，在施期存料场正下方，高程约 1100~1120m，坡度约 5°，现为荒地，施期存料场下方缓坡地可作为垃圾填埋场，占地面积 8400m²。

③比选结果

通过两处垃圾填埋场的比选，阿巧沟生活垃圾填埋场虽然处理垃圾总量较大，但由于地处泥石流高发地段，地质条件不稳定，且汇水面积较大，不宜选作垃圾填埋场。施期村生活垃圾填埋场位于缓坡地，坡度约 5°，开挖量大，且位于金沙江边，不适宜作为垃圾填埋场。

2) 焚烧方案

焚烧是一种在有控制条件下，通过高温将垃圾中的有机成分和可燃成分燃烧

完全，使生活垃圾变成惰性残余物，并对燃烧余热加以利用的处理方法。与其它处理方式相比，具有占地小、处理时间短、减量化显著（减重一般达 70%~90%）、无害化彻底，以及可回收余热等优点，但设备费用和运行费用较高，场地选择困难，且垃圾焚烧过程中产生二噁英等二次污染，燃烧飞灰属危险固废。

3) 垃圾外运方案

①会东县垃圾处理场

根据调查，会东县垃圾处理场建于 2005 年，2007 年投入使用，位于会东县东北方向省道 310 东侧小山尖上，距离会东县城 2.5km，距离乌东德坝址约 54km。会东县垃圾处理场造价 1200 万，设计使用年限为 16 年，设计容量 47 万 m³，日处理垃圾 80t。

②禄劝县垃圾处理场

根据调查，禄劝县现有垃圾处理场已到设计使用年限，新建垃圾处理场为世界银行贷款项目，目前已开工建设。禄劝县新建的垃圾处理场位于禄劝县东北角屏山镇砚瓦冲村委会上石灰窑，设计日处理生活垃圾 90t，填埋场总占地面积 121 亩，库容 66.8 万 m³，使用年限为 14 年，项目总投资 3676 万元。

③乌东德镇垃圾填埋场

乌东德镇现有小型垃圾填埋场，占地面积 2 亩左右，容量 6000m³，剩余约 5000m³，使用年限 15 年，能够容纳乌东德工程施工期生活垃圾。施工区距离乌东德镇约 28km，有公路直达，交通便利。根据乌东德水电站移民安置规划，拟在乌东德镇水塘村选址建设乌东德新集镇，现有乌东德镇将搬迁至新集镇。

乌东德镇垃圾填埋场为一简易垃圾填埋场，地形为沟道，在沟口处建有挡渣墙，填埋方式为简易填埋，没有设置防渗处理以及垃圾渗滤液的污水处理设施。

④比选结果

乌东德坝址距离禄劝县垃圾处理场约 170km，运距较长，交通不便，且该填埋场已达使用年限，将本工程生活垃圾外运至禄劝县垃圾处理场处置的方案不可行。

乌东德镇垃圾填埋场虽然距离施工区较近，但由于该填埋场没有防渗和垃圾渗滤液收集处理设施，不符合垃圾填埋场的要求。

乌东德坝址距离会东县垃圾处理场约 54km。乌东德工程施工期高峰期每天产生生活垃圾量约 12t，周边地区每天共产生垃圾量约 21t，会东县垃圾填埋场的

日处理能力可以满足施工营地和周边居民的生活垃圾处理要求。乌东德工程施工期需处理生活垃圾 29280t。会东县垃圾处理场设计使用年限为 16 年，设计容量 47 万 m³，有富余容量容纳乌东德电站施工区生活垃圾。会东县垃圾处理场项目经过环评程序，有防渗和垃圾渗滤液收集处理措施，容量能够满足要求，运距相对适中，较适宜作为施工期的垃圾填埋场。

（3）技术经济比较

根据施工区垃圾特点及工区现状条件，对填埋、外运、焚烧三种处置方式从技术可靠性、适用条件、占地面积、选址难度、建设工期、环境污染、投资、技术政策等方面进行综合分析比较，提出最佳处置方案，具体比较见表 6.7-32。

综合比较推荐乌东德水电站施工期生活垃圾运至会东县垃圾处理场进行处理。目前三峡集团公司已就乌东德水电站工程生活垃圾运至会东县垃圾处理场进行处置的有关事宜与会东县城管局鉴定了协议。

表 6.7-31 技术经济比较表

处置方案	外运	焚烧	卫生填埋
技术特点	将本工程垃圾外运至其他垃圾处理场处置	占地面积相对小，运行稳定可靠，减量化效果好	操作简单，技术成熟，运行稳定可靠
技术可靠性	可靠，国内已普遍使用	可靠	可靠，常用处理方法
适用条件	1.存在有条件的垃圾处理场接收工程区生活垃圾；2.交通便利	要求垃圾的低位热值大于 5000kJ/kg	对垃圾成分无严格要求，但含水率不宜过高
管理水平	简单	较高	一般
选址难度	不需另外选址	选址难度较大，需考虑场址大气扩散能力，远离村民集中居住区及位于居住区下风向。对地下水及地表水有一定的污染，燃烧飞灰为危险固废。占地约 500m ² ，坝区施工期选址仍然困难（环境保护距离 300m）。	选址难度较大，需考虑地形、地质条件，防止地表水、地下水污染，需远离村民集中居住区。新建垃圾填埋场库容需 5.6+1.4=7 万方；坝区征地范围难以选址（环境保护距离 500m）；初选新村集镇规划范围内的老深沟；选址与新村移民集镇规划矛盾，且要办理审批手续。
占地面积	不新增占地	占地较小，约需 400~500m ²	占地较大，约需 33973m ²
地表水污染	/	需要配备渗沥液处理设施	需要配备渗沥液处理设施
地下水污染	/	灰渣中没有有机质等污染物，仅需填埋时采取固化等措施可防止污染。	有可能，虽可采取防渗措施，但仍然可能发生渗漏

处置方案	外运	焚烧	卫生填埋
大气污染	/	污染较难控制、应加强对酸性气体、重金属和二噁英的控制和治理	有轻微污染，可采用导气、覆盖、隔离带等措施控制
土壤污染	/	可能性较小	对填埋场区域有影响
主要配套环保措施	/	烟气治理、噪声控制、炉渣与灰渣处理、恶臭防治	场底防渗、覆盖、沼气导排和渗滤液处理
最终处置	工程施工期的生活垃圾运至会东县垃圾处理场处置	焚烧残渣须作处置，约占进炉垃圾量的 10~30%	填埋本身是一种最终处置方法
运距	54km	短	短
对运输公路的影响	运输过程垃圾泄漏、恶臭、渗滤液等对公路沿线有影响	无	无
主要风险	交通风险、占用地方垃圾填埋场容量	二噁英等有毒有害气体对周围大气的污染	垃圾渗滤液的渗漏及甲烷气体的安全排放
技术政策	符合现行国家法律法规，垃圾最终由会东县垃圾填埋场处置。	焚烧是处理可燃城市垃圾的有效方式。城市垃圾中可燃物较多、填埋场地缺乏和经济发达的地区可积极采用焚烧技术	卫生填埋是城市垃圾处理必不可少的最终处理手段，也是现阶段我国城市垃圾处理的主要方式。
投资	投资较为经济合理： 垃圾桶：14 万元； 微型密闭垃圾车：100 万元； 垃圾清运处理费：1166 万元； 静态总投资：约 1280 万元。	投资较高： 焚烧设备：投资 200~40 万元+维护费； 清运车：投资 33 万元+检修 36 万元=69 万元； 垃圾和废渣运输费：工资 11 万元+燃油 4 万元=45 万元； 处理费：500 元/t，合计 2240 万元； 静态总费用 2554~2754 万元。	投资最高： 清运车：投资 33 万元+检修 45 万元=78 万元； 垃圾运输费：工资 33 万元+燃油 13 万元=46 万元； 处理费保守估计 110 元/t，合计 493 万元； 静态总费用 3507 万元。
综合比选结论	推荐	不推荐	不推荐

(4) 施工区垃圾收集

在施工区设置垃圾桶、配备垃圾车，对垃圾进行收集和清运。按 50 人设置一个垃圾桶，共需设置垃圾桶 240 个，配备垃圾车 6 辆。

6.7.4.2 施工区生产垃圾处置措施

实现废物减量化，不仅可以减少运输费用，简化处理工艺，而且可以降低处理成本。对于工程废弃物中有用的下脚料，若金属、塑料等可回收物，由指定的物资回收部门定期回收利用。可回收废物包括报废的施工机械和车辆、废旧钢材、

钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等。剩余一些无回收价值的一般固体废弃物，统一运送至弃渣场。

6.7.4.3 硫磺厂废渣处置措施

(1) 基本情况

乌东德施工区硫铁矿厂位于施工区生活水厂上游 50m 处，该硫铁矿厂是利用硫铁矿采选制硫精砂，运往富民县的硫酸厂制取硫酸。该厂已于 2009 年停产，硫铁矿厂区生产设备和原料早已搬迁完毕，但有硫铁矿厂废渣堆放在厂址附近，矿渣厂西北侧，现状分布为三堆，原选厂厂址堆放的 3135 m³的硫铁矿尾矿，该尾矿为硫铁矿原矿经过选矿后的尾矿，原选厂厂址西面 150m 堆放的 13065m³的硫铁矿原矿，该原矿为物料进选矿机前分选出的低品位原矿，硫铁矿尾矿和硫铁矿原矿堆放场以下 30cm 的废土约 2328m³，需要处理矿渣总量约为 1.85 万 m³。

长江流域水环境监测中心和云南森雅环保科技有限公司均对硫铁矿废渣进行了浸出毒性试验，试验检测结果表明，项目硫铁矿尾矿和低品位原矿混合样不属于危险废物，属第 II 类一般工业固体废物。

(2) 填埋场选址

根据《金沙江乌东德水电站“三通一平”等工程环境影响报告书》及批复，对施工占地涉及的废渣，应统一清理至乌东德水电站新村业主营地足球场区进行填埋处理。但在项目实施过程中，原选厂业主以其为固定资产为由阻工，延误了原填埋方案的最佳实施时机。目前，矿渣产权问题已解决，拟运至施期施工区进行填埋。

经方案比选，填埋场址位于金沙江右岸的施期施工区，乌东德水电站坝址下游 6 km。占地面积约 9264m²，占地类型为灌草地，地面高程 897~920m，库底高程为 894-896m，填埋场总库容 2.6 万 m³。填埋场东西长 80m，南北宽 55m，封场后，填埋场顶东西长 110m，南北宽 83m。硫铁矿渣分布区至该填埋区的运距约 13.2km。

就周边环境来看，该填埋场位于鱼类增殖放流站取水口下游 1km 以外，对其没有影响。与黄葛树最近水平距离 75m，填埋区地面高程比黄葛树底部高程低 5~7m，黄葛古树位于填埋场的上风向，施工扬尘对其影响很小，且对古树的影响随施工期的结束而结束。矿渣填埋区地形起伏不大，场地稳定性好。距离项目

最近的居民点为项目西南面 576m 的二坪子村，位于项目区上风向，填埋作业对其基本没有不利影响。填埋场区域地下水埋深大于 70m，项目填埋场库底开挖深度为 2.5m，填埋场位于地下水位以上，填埋场破坏地层为第四系覆盖层（Q），为第四系透水岩组，地下水赋存形式为孔隙水，填埋场施工期对地下水影响主要是对孔隙水，由于填埋场位于地下水位以上，以渗水、滴水为主，涌水量较小，经过采取防渗透措施后，填埋场作业对地下水水位影响较小。渗滤液经过处理达标后回用，不会对地下水水质产生影响。二坪子村的生活用水水源与施期村生活用水水源泉水点均位于填埋场上游，对泉水点水质影响很小。填埋场选址无环境限制性因素。

（3）处置方案

1) 总体布置

填埋场占地面积 9264m³，填埋库底东西长 80m，南北宽 55m。填埋场地势为北高南低，西高东低，填埋场西地面线高程为 920.0m，东地面线高程为 897.0m，北地面线高程为 906.0m，南地面线高程为 897.0m。北边坡为 1:2，西边坡为 1:2。底部纵坡为 1.2%，底部横坡为 2%，底部高程为 894.5-896.0m，

封场后，填埋场顶东西长 110m，南北宽 83m。施工期完成后，填埋场周围设置截排水沟。填埋场底部和边坡均设置防渗。库底设置渗滤液导排系统。

填埋场周围设置2m宽锚固平台，锚固平台高程分别为902 m、897m。

填埋场东面和南面设置混凝土混凝土脚槽。

2) 渗滤液调节池

渗滤液调节池设置防渗，池顶高程894m，池底高程为892m。

池顶至原始地面线边坡为 1:1.75，采用预制块护坡，渗滤液调节池原始地面线开口周围设置防护墩。

3) 封场期库区平面布置

封场后，场顶和边坡均设置防渗。场顶进行绿化，填埋场周围设置警示牌。

填埋处置主要工程量详见下表。

表 6.7-32 技术经济比较表

序号	名称			单位	数量	规格
1	混凝土	库底	混凝土脚槽	m ³	384.27	C25
		渗滤液调节池	混凝土防护墩	m ³	92.40	
			预制块	m ³	26.95	

		封场	截排水沟	m ³	219.0	
	合计				722.62	
2	粘土	库区防渗		m ³	4943.23	渗透系数不 小于 1×10 ⁻⁷ cm/s
		封场		m ³	2397.39	
		渗滤液调节池		m ³	31.30	
		日覆盖土料		m ³	1500	
	合计				8871.92	
3	石渣	库区		m ³	3192.0	粒径 25-30mm
		封场		m ³	31965.25	
	合计			m ³	35157.25	
4	HDPE	库区防渗		m ²	8238.72	1.5mm, 渗 透系数小于 1.0×10 ⁻¹³ cm/ s
		封场		m ²	7991.31	
		渗滤液调节池		m ²	104.33	
	合计			m ²	16334.36	
5	土工布	库区防渗		m ²	16477.44	300g/ m ²
		封场		m ²	7991.31	
		渗滤液调节池		m ²	104.33	
	合计			m ²	24573.08	
6	渗滤液 导排	导渗花管		m	239.12	DN300
7	砂石	渗滤液调节池		m ³	44.91	
8	警示牌	项目		个	6	

6.8 地下水环境保护措施

6.8.1 地下水污染防治措施

(1) 施工生产和生活污水排放对地下水的影响防治措施

工程基坑排水包括初期排水和经常性排水。根据施工组织设计，初期排水基坑水量约为 336 万 m³，初期排水控制抽水速度按基坑水位下降每天不大于 1.5m 考虑，拟 10 天抽干至原河床，每天排水量为 18 万 m³/d 或 0.75 万 m³/h。经常性排水由基坑渗水、降雨汇水、施工弃水等组成。以大坝坝基为界，分为上、下游两个基坑。由于基坑开挖和混凝土浇筑养护，基坑水的悬浮物含量和 pH 值较高。根据已建水利水电工程的监测资料，经常性基坑排水的 pH 值达 11~12，悬浮物浓度一般在 2000mg/L 左右。基坑废水若不经处理直接排放，将对施工江段水质产生不利影响。根据三峡、隔河岩等水电项目对基坑废水的处理经验，基坑初期排水不采取另外的处理设施，仅对基坑水加酸中和并进行静置处理，并用泵抽排清水，排放口位置应尽可能设置在靠近金沙江中泓流速较大处，以满足水质保护要求。污泥则定期人工清除。

根据施工布置，乌东德工程施工共布设 3 个砂石料加工系统，分别为阿巧沟下游砂石料加工系统（施工期大坝砂石加工系统）、下白滩砂石料加工系统以及海子尾巴砂石料加工系统。施工生产废水中，砂石料加工系统冲洗废水是最大的污染源。砂石骨料经过筛分后进行冲洗，废水中主要含颗粒细小的石粉，悬浮物浓度较高。砂石料加工废水如不经处理，直接排入金沙江，将造成岸边局部水域悬浮物浓度增大，对施工江段水质产生一定影响。因此，本工程将废水处理后回用于生产，不外排。

混凝土拌和系统废水主要来源于混凝土转筒、料罐、搅拌机等冲洗废水，废水 pH 一般大于 10，并含有较高悬浮物，其浓度可达 5000mg/L 左右。本工程混凝土生产系统主要为大坝 970 混凝土生产系统、左岸上游 880 混凝土生产系统及左岸下游 850 混凝土生产系统。三处混凝土拌合系统产生废水总量为 120m³/d，排放方式为间歇排放，其中 970 混凝土生产系统生产废水量为 96m³/d，880 混凝土生产系统生产废水量为 24m³/d，850 混凝土生产系统生产废水量为 96m³/d。每台班的冲洗废水排入中和池中和沉淀达到污水综合排放一级标准后用于道路洒水。

施工机械及施工车辆冲洗的含油废水主要来源于施工机械停放场。停车场采用高压水枪冲洗施工机械及车辆，施工机械检修、保养将产生一定的含油废水，主要污染物成分为石油类和悬浮物。施工期施工机械设备清洗一次产生含油废水 110m³。由于工程涉及金沙江河段水环境功能区域水质目标为Ⅲ类，因此，施工废水经处理后需达到一级标准后方可排放。选用二级隔油池沉淀工艺处理，废水先进入一级隔油沉淀池，再进入二级隔油沉淀池处理，隔除含油废水中的浮油和悬浮物后排放。隔油沉淀池产生的污泥运往弃渣场。

生活污水主要来源于业主营地以及 4 个承包商营地。其中业主营地与新村承包商营地距离很近（约 200m），因此统称为新村业主营地及承包商营地，高峰人数合计 12000 人。生活污水中主要污染物来源于排泄物、食物残渣、洗涤剂等，根据其它工程经验，生活污水污染物指标：COD 浓度一般为 400mg/L，NH₃-N 浓度一般为 35mg/L。根据施工规划，参照《水电水利工程施工压缩空气、供水、供电系统设计导则》（DL/T5124-2001）中第四类第五区用水标准，施工人员生活用水量取 250L/人·d，废水量按用水量的 80%取，时变系数取 2.0。累计高峰日生活污水量为 2400m³/d。

目前国家环境保护部对大中型水电站推荐采用地埋式生活污水成套处理设

备处理生活污水，地埋式生活污水成套处理设备可根据施工人员数量及排水规模变化，设置单台设备运行或多台设备同时运行，不会因人员的增减造成对系统的影响，且出水水质满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）以及标准。由于主体施工高峰期人数比“三通一平”等工程施工期多，因此本次设计的地埋式生活污水成套处理设备规模及数量拟按各生活区的最高使用人数来确定。

（2）油库和加油站区事故泄漏对地下水的影响防治措施

油库采用储油罐储油，设置事故集油池，并配备一定的溢油控制应急设备和器材，应急修补的专用工具和器材，防爆的抽油泵和贮油容器，溢油检漏专用仪器和设备等。油库区和加油站铺设防渗材料，挖沟阻隔，确保事故泄漏后污染物不通过土壤进入地下水。

（3）硫磺厂废渣的淋滤对地下水的影响防治措施

硫磺厂废渣是 2009 年停产搬迁后遗留的污染源。硫磺厂废渣就地堆置，没有采取拦挡、防渗等措施，对下游施工区取水口水质和周边地下水均会产生不利影响。硫铁矿废渣为第 II 类一般工业固体废物，应根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》规定进行防渗和封场。拟将硫磺厂废渣运至施期施工区进行填埋，地面高程 897~920m，库底高程为 894-896m。封场后，填埋场周围设置截排水沟。填埋场底部和边坡均设置防渗。库底设置渗滤液导排系统。填埋场周围设置 2m 宽锚固平台，填埋场东面和南面设置混凝土混凝土脚槽。废渣清理完毕后，对硫磺厂堆渣场原址进行土地整治，恢复植被。场地平整后，表层覆土，土层约 50cm，种植狗尾草、黄茅、须芒草等草本。

（4）黄铁矿晶体与地下水水岩作用产生的高矿化和高酸度的水体对地下水的影响防治措施

区内在二叠系 P1 地层下部不同程度的埋藏有硫铁矿晶体，当各类水体切割径流过该层时，硫铁矿(FeS)氧化形成硫酸盐进入流水，使 SO_4^{2-} 含量增高，并使 pH 值降低，形成偏酸性溶液水体。这种高 SO_4^{2-} 浓度的水体由于区内地下水水量的丰富会有一定的稀释，但距坝址较近混合稀释程度较小，对坝基建筑有一定腐蚀作用，因此在建设项目施工和运行服务期内要加强对 SO_4^{2-} 污染因子的监测以及坝基的防护。

（5）重视地下水水质动态监测。水质监测和评价工作是一项长期系统的工作任务，更是掌握第一手地下水水质资料的基础。因此，管理部门要根据地下水

环境监测方案，定期完成水质监测，加强水质变化情况的监测工作。

6.8.2 地下水位下降防治措施

建设项目施工隧洞凿进过程中势必会在构造破碎带、节理裂隙发育部位和隧洞埋深较浅部位有涌水、突水现象，使洞顶地下水或地表水向隧洞内渗漏，对地下水或地表水造成一定的影响，甚至可能会造成一些较小的泉和沟流断流等环境问题，从而影响少数村民的生活用水或生产用水。凿进如遇涌水或突水现象，应及时采取积极的防渗固结灌浆等防堵漏工程措施，以免造成洞室淹水或地表水位下降，使地下水位得以恢复，生态环境得到保护。在隧洞内根据各水工建筑物的工程特性和所处的不同地质条件，采用不同的工程措施，以达到防渗堵漏，封闭地下水下泄通道的目的。具体措施如下：

（1）防水施工，超前预报，尽量减少对泉水的影响。

（2）在穿越断层、断裂带以及节理裂隙发育的地下水发育地段，采用超前注浆或结合地形及富水情况采用径向注浆堵水；对地下水较丰富地段，采用混凝土或钢筋混凝土防渗衬砌，加密环向盲沟间距，限量排放。

（3）制定完善的施工方案，对围岩进行超前预注浆处理，加固围岩，形成止水帷幕，注浆效果达到预定要求后方可继续开挖。加强对软弱围岩和断层破碎带的支护，严密监测隧洞涌水量与位移量。

（4）洞内局部存在的小断层、裂隙，只有点状或线状渗水、滴水 and 流水，但对洞壁稳定性不构成影响的地段，采用砼塞和防渗固结灌浆。

（5）经灌浆处理后的围岩、衬砌体及其与围岩接触处应达到防渗标准：未见线状流水，少见点状渗水、滴水；经钻孔压水试验检验，其透水率 $<3\text{Lu}$ 。

（6）施工期在隧洞周围、断裂带、地表出露泉点、沟流等处设监测点，对排水变化情况和顶部地表水体和植被进行监督性监测。

根据施工组织设计，建设工程项目初期排水基坑水量约为 336 万 m^3 ，初期排水控制抽水速度按基坑水位下降每天不大于 1.5m 考虑，拟 10 天抽干至原河床，每天排水量为 18 万 m^3/d 或 0.75 万 m^3/h 。经常性排水由基坑渗水、降雨汇水、施工弃水等组成。以大坝坝基为界，分为上、下游两个基坑。按降水与施工弃水不重叠计算，经常性排水强度按降水与围堰渗水组合考虑，上游基坑经常性排水强度为 $900\text{m}^3/\text{h}$ ，下游基坑经常性排水强度为 $1100\text{m}^3/\text{h}$ 。为了将降水对周边环境

的影响减到最小程度，在基坑边坡稳定的前提下，建议采取如下措施：

（1）提高降水井成井工艺，滤水管外包两层 60 目井底布，使降水井抽水含砂量符合国家有关规范要求。成井时，滤水管长度 12m，减少进水流速，滤水管外填砾料保持砂层不与滤水管直接接触，滤水管上部用粘土封死，防止细砂土层结构受到破坏。

（2）设置止水帷幕保护建筑工程，降水井尽量布置在止水帷幕内。止水帷幕做为隔水边界，使止水帷幕外侧水位不受降水影响或影响很小。

（3）限定单泵出水量，防止因出水量过大，地下水流速过急，带动细砂涌入井内，造成原始地层结构破坏。

（4）在保证地下水位降达到要求时，减少抽水量。即用最小的抽水量达到降水要求。

（5）施工期聘有资质的测量单位，对周边建筑物和支护桩等处设监测点进行排水和沉降位移观测，一旦发现问题，找出问题原因并加以解决。

6.8.3 管理措施

（1）根据本工程特点、工程所在地区环境状况，通过调查研究，组织制定适合本工程建设和区域生态与环境可持续发展的环境保护方针、政策或专项条例，制定相关的经济技术政策。

（2）配合财务部门对环境保护资金进行计划管理，做好环保资金的年度预、结算；对工程施工过程中各项环保措施的执行情况和环保设施运行情况进行监督检查。

（3）组织实施环境监理与环境监测工作，定期编制施工区环境质量报告并上报。确定环境保护措施的执行情况，并作为检查、验收工程质量的一项重要内容。

（4）根据环境影响报告书和环境保护设计要求，落实制订工程招、投标文件及合同文件中相关环境保护条款，保证环境影响报告书和环境保护设计中环境保护措施纳入工程施工文件。

（5）贯彻执行国家有关环境保护方针、政策及法规条例，制订工程施工期环境保护管理规定与管理办法。按照国家有关环保法规和工程环保规定，对施工区环境保护工作实施统一管理。

(6) 加强施工期生态保护和污染防治管理工作。制订施工期生态保护和污染防治管理规定,提出控制施工污染源排放的具体措施和要求,提出施工期水质保护和生态景观保护的具体要求,根据工程施工进度,提出施工期生态环境保护措施和环保设施建设的实施进度和要求。

(7) 根据环境保护管理规定和要求,协同地方环保部门开展环境保护工作。

6.9 环境地质保护措施

(1) 监控措施

库区目前存在有 3 处巨型滑坡体(大树村、龙潭、白泥洞等三处滑坡体), 1 处巨型危岩体(旱谷田危岩体)。

大树村滑坡体位于鲹鱼河,滑坡滑面较平缓,滑坡体不会大范围高速失稳,滑坡变形失稳不形成较高的堰塞坝,堰塞水量较小,且滑坡体离坝址较远,河道堰塞对大坝施工期及运行期影响较小,但一旦堰塞宜立即疏通。

龙潭滑坡位于金沙江左岸,下距皎平渡镇约 2.1km,滑坡若发生大规模的破坏,一方面滑坡前缘的物质可能直接加载中武山崩塌堆积体后缘,从而影响中武山崩塌堆积体的稳定性,进而影响水库的安全运行;另一方面滑坡前缘的松散物质增加中武山泥石流冲沟的物源,从而引起较大规模的泥石流活动,增加水库的淤积。因此建议对滑坡体进行监测,并在下一阶段工作中进行详细的勘察。

水库蓄水后,两个崩塌体若发生同时破坏,其碎屑流可能运移至水库,一方面增加水库淤积,另一方面引起涌浪对水库及两岸居民产生一定的危害。因此建议对 I 区陡崖一带进行监测。

旱谷田危岩体,位于金沙江左岸,会理县新发乡鲁车村旱谷田一带,距离坝址 46.1km。根据预测,该巨型危岩体在极端条件下可能以整体失稳的变形方式破坏,形成堰塞,施工期堰塞体溃决,当堰塞体溃决高度近 1/4 时,溃决后到达上游围堰的最大流量接近于上游围堰导流设计洪水标准 $26600\text{m}^3/\text{s}$,堰塞体溃决开始对工程产生影响。同时,还可能引起较大范围的涌浪,从而影响河道及两岸的民众安全。建议对危岩体进行监测,并建立监测预警机制。

(2) 工程措施

坝址区存在的主要工程地质问题有高边坡稳定、拱座岩体抗滑稳定、地下洞室围岩稳定、河床深厚覆盖层与堰基稳定、地下水腐蚀性等问题。对不稳定的高

边坡采取相应的整治措施，对工程施工设计的金坪子滑坡体采取相应的工程措施进行整治，该部分措施均在主体工程中予以考虑。另外，工程的施工将使金坪子的水、电、交通等条件得到极大改善，若将其作为临时占地，竣工后交由地方管理，今后金坪子上可能成为当地较密集的生产、生活场地，不利于业主有效的限制危及滑坡稳定的行为。鉴于金坪子古滑坡体积巨大，距离坝址仅 1km，从偏于安全的角度考虑，建议在工程竣工后将金坪子作为坝区永久绿化用地，用地性质为永久占地。

（3）植物措施

植物措施主要是结合坝址区水土保持方案、工程泥石流沟治理专题、高边坡整治专题等进行设计，对坝址区的泥石流沟、滑坡体等进行措施设计，具体措施是对滑坡体区及泥石流沟上游区进行封山育林，并在滑坡体库岸区域种植库岸防护林等。

6.10 泄洪雾化防护措施

（1）工程措施

乌东德水电站推荐泄洪方案为：坝身布置 5 个表孔、6 个中孔加岸边 3 条泄洪洞的联合泄洪方案，坝身及泄洪洞均采用水垫塘消能方式。根据泄洪雾化预测结果，坝身联合泄洪时，泄洪雾化暴雨区范围对消力池及两岸进厂公路部分段影响很大。

结合泄洪雾化的影响分析和工程经验，乌东德水电站建筑物尤其是电站建筑物采用了以下的布置方案：左、右岸出线场均布置于坝轴线上游，左、右岸出线场高程分别为 1100m、1060m，左、右岸进场交通洞口均布置于泄洪雾化的毛毛雨区之外，泄洪雾化对以上建筑物均不会造成影响。

天然状态下，泄洪雾化影响区边坡均处于稳定状态，且枢纽区岩石条件较好，卸荷风化深度较浅。各泄洪工况下大坝泄洪雾化暴雨区范围均在高程 1000m 以下，暴雨区长度约 700m，泄洪洞雾化暴雨区范围在高程 960m 以下，暴雨区长度约 570m。

泄洪雾化防护设计结合水垫塘边坡开挖和边坡防护设计进行，大坝泄洪雾雨区共分四级区域进行防护：

1) 水垫塘边墙混凝土防护区：高程 860m 以下边坡采用 3m 厚混凝土防护，

混凝土护坡后采用 4φ36、L=12m 锚桩锚固。

2) 强溅水雾化区: 根据模型试验结果, 坝后 140m 范围内, 高程 860m 以上、边坡开口线以下的范围, 采用 1m 厚混凝土防护, 采用 φ32、L=9m 锚筋和 3φ32、L=12m 锁口锚桩锚固。

3) 溅水区边缘至暴雨区 (计算分析边缘, 按 $P=1\%$ 计算成果 10mm/h 等雨强线控制): 包含开口线以内, 未设边墙混凝土防护区域以及开口线上方部分自然边坡区域采用挂网喷砼保护。

4) 暴雨区以上区域: 结合高位自然坡保护, 主要采取防落石措施。

泄洪洞泄洪雾化区范围比大坝泄洪雾化区小, 其防护原则与大坝泄洪雾化区基本相同, 高程 860m 以下采用混凝土护坡防护, 高程 860m 以上至暴雨区边缘采用挂网喷混凝土防护, 暴雨区以上区域结合高位自然边坡保护, 采取防落石措施。

金坪子滑坡处于毛毛雨区及以外范围, 泄洪雾化一般情况下对金坪子滑坡没有影响, 考虑到泄洪雾化的复杂性和滑坡的稳定对工程的重要性, 结合金坪子滑坡前缘的防治, 对金坪子滑坡前缘硝沟沟口段和古河槽进口段高程 860m 以下采用混凝土面板保护; 对基岩离堆山段采用挂网喷锚支护, 对古河槽出口段局部回流地段采用抛石护脚。

(2) 管理措施

1) 建立有利于见面雾化的泄洪调度原则

根据乌东德水电站泄洪消能的规模和特点, 并结合工程开发任务与水库调度运行, 确定泄洪调度原则如下:

①水库预留防洪库容按照下游防洪调度总体安排进行使用, 若下游不需要乌东德水库拦蓄洪水时, 控制水库水位不超过防洪限制水位 952m; 若下游需要乌东德水库拦蓄洪水时, 按照下游防洪调度总体安排控制下泄流量, 水库水位上升, 直至 975m。

②若坝前水位达到 975m 时, 水库按“敞泄方式”调度, 即: 当入库流量小于或等于库水位相应的泄流能力, 按入库流量下泄; 当入库流量大于库水位相应的泄流能力, 按泄流能力下泄。

③当库水位低于或等于 200 年一遇洪水 (电站厂房设计标准) 相应的最高坝前水位时, 泄量计入全部机组过流能力的 80%泄洪; 当库水位大于 200 年一遇洪

水相应的最高坝前水位低于或等于 1000 年一遇洪水（电站厂房校核标准）相应的最高坝前水位时，泄量计入全部机组过流能力的 50%泄洪；当库水位高于 1000 年一遇洪水相应的最高坝前水位时，不再考虑机组参与泄洪。

④通过完善上游水文测报系统，准确的预报洪水发生的时间和水量的大小，做到洪水到来前及时腾出库容，减少集中泄洪水量，消除雾化现象。

（3）建立应急和补救预案

由于泄洪雾化及其影响过程与机理的复杂性，影响的不确定性，电站运行期间除了采取上述运行管理措施外，还应建立应急和补救方案，若由于电站泄洪而影响周边环境，可采取增大空气冷冻系统容量，或停止、减少泄洪等应急方案，费用纳入电站运行成本中。

6.11 移民安置环境保护措施

6.11.1 农村移民环境保护措施

6.11.1.1 水环境保护措施

（1）污水排放特点

①大部分安置点污水与常规农村污水的性质相差不大，一般均值 $BOD_5 \leq 150\text{mg/L}$ ， $COD \leq 350\text{mg/L}$ ，pH 值 6~9， $SS \leq 170\text{mg/L}$ ，色度（稀释倍数） ≤ 100 ，含一定量的氮和磷，水质波动大，可生化性好。

②生活污水水量特点：变化系数大，居民生活规律相近，导致农村污水排放量白天大，夜间排水量小，甚至可能断流，加之农村人口外出务工人员较多，水量季节性变化明显，春节及重大节日期间排水量大，春、秋季排水量少，即污水排放呈不连续状态，具有变化幅度大的特点。

③排水体制特点：集中安置点通过埋设排水管网，设置雨水沟渠，使雨水和生活污水分流排放。雨水就近收集后直接排入现状冲沟或灌溉渠系；生活废水进入居民点生活污水处理系统。

（2）处理目标

根据《金沙江乌东德水电站可行性研究报告》，结合当地类似水电工程实际情况，移民安置区居民生活用水量取 $130\text{L}/(\text{p}\cdot\text{d})$ ，排水系数为 0.8，则设计污水量为 $104\text{L}/(\text{p}\cdot\text{d})$ ，实际设计水量考虑到变化系数和施工方便等因素做了相应

的调整。

根据各集中安置点所在区域环境现状，考虑安置点规模，各安置点污水排放执行标准如下：直接排入《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类功能水域和湖、库等封闭或半封闭水域的，出水水质应达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准；污水经处理后排放至农灌沟渠或附近冲沟，并主要用于灌溉农业用水的执行《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）。新村安置点临近金沙江边，根据“三通一平”工程标准确认函，新村安置点生活废水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。

根据上述排放标准选取原则，根据各移民安置点实地情况，生活污水排放去向及排放标准见表 6.11-1。

表 6.11-1 各移民安置区废、污水排放量及排放去向

行政区属		编号	安置点	安置人数 规划水平年（人）	运行期污水 排放量(t/d)	排放去向	执行排放标准
云南省	禄劝县	1	新村	3176	330.3	金沙江	《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A（GB18918-2002）
	武定县	2	花果山	1124	116.9	金沙江支沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		3	西和	2292	238.4	菜园河支流分洲河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		4	白马口	149	15.5	勐果河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		5	下普利	138	14.4	金沙江支沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
	元谋县	6	瓦渣箐	3734	388.34	龙川江支沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		7	甘塘	2473	257.19	龙川江支沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
四川省	会东县	8	官田	701	72.9	农灌沟渠或冲沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		9	金家坪	148	15.39	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
		10	马口	274	28.55	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
		11	新马	516	53.72	农灌沟渠或冲沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		12	民权	274	28.49	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
		13	姜州	697	72.5	农灌沟渠或冲沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		14	坪山	865	89.97	农灌沟渠或冲沟	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
	会理	15	马鞍坪	2272	236.31	尘河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		16	半嶺地	177	18.41	尘河一级支流姜州河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		17	富乐九组	1160	120.65	尘河一级支流姜州河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）

		18	新铺子	369	38.38	农灌沟渠	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
		19	云兴	345	35.88	摩挲河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		20	沙园	119	12.38	摩挲河	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
		21	云田	121	12.59	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
		22	甸沙关	333	34.64	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
	仁和	23	命卡	378	39.32	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
		24	棉花地	315	32.76	农灌沟渠或冲沟	《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）
	盐边	25	鲊石	113	11.75	金沙江	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）
	钒钛产业园	26	金沙阳光	86	8.94	金沙江	《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996）

(3) 生活污水设计处理浓度

根据正在及已经实施的水利水电工程库区移民安置区污水收集管网出水浓度监测，移民安置区生活污水各污染物浓度见下表。

表 6.11-2 库区移民安置区生活污水初始浓度表

指标	污水浓度范围 (mg/L)
pH	6~9
SS (mg/L)	100~200
BOD ₅ (mg/L)	60~150
COD (mg/L)	150~350
NH ₃ -N (mg/L)	20~80
TN (mg/L)	40~100
TP (mg/L)	2~7

注：本次设计参考该浓度指标，取上限作为生活污水设计初始浓度。

结合受纳水体的类别，以及当地环保部门的要求，不同农村移民安置点考虑污水规模大小、安置属性和污水排放去向，采取不同的出水水质标准，出水主要指标相应要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 排放标准、《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准和《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005），具体指标见表 6.11-3~表 6.11-5。

表 6.11-3 新村安置点生活污水设计出水浓度（GB18918-2002 一级 A）

指标	污水浓度范围 (mg/L)
pH	6~9
SS (mg/L)	10
BOD ₅ (mg/L)	10
COD (mg/L)	50
NH ₃ -N (mg/L)	5 (8)
TN (mg/L)	15
TP (mg/L)	0.5

表 6.11-4 部分移民安置区生活污水设计出水浓度（GB8978-1996 一级）

指标	污水浓度范围 (mg/L)
pH	6~9
SS (mg/L)	70
BOD ₅ (mg/L)	20
COD (mg/L)	100
NH ₃ -N (mg/L)	15
元素磷 (mg/L)	0.1

表 6.11-5 部分移民安置点生活污水设计出水浓度（GB5084-2005）

指标	污水浓度范围 (mg/L)	
	水作	旱作
pH	5.5~8.5	5.5~8.5
SS (mg/L)	150	200
BOD ₅ (mg/L)	80	150
COD (mg/L)	200	300
TP (mg/L)	5.0	10

（4）生活污水处理技术方案选择

根据《西南地区农村生活污水处理技术指南》（中华人民共和国住房和城乡建设部，2010 年 9 月）的有关要求，农村生活污水处理主要推荐下列工艺：

①三格式化粪池

本技术适用农村移民安置点生活污水的初级处理，特别适用于厕所的粪便与尿液的预处理。若以农田灌溉为目标，也适用该处理技术。

②沼气池

适用于西南地区一家一户或联户农村污水的初级处理。

沼气池是采用厌氧发酵技术和兼性生物过滤技术相结合的方法，在厌氧和兼性厌氧的条件下将生活污水中的有机物分解转化成甲烷、二氧化碳和水，达到净化处理生活污水的目的，并实现资源化利用。

本技术为无动力处理系统，没有电耗，需要对沼气池进投料进行管理，运行费用较低。

③人工湿地

本技术适用于服务人口 200 人~1500 人的农村移民安置点的生活污水处理。对于服务人口低于 200 人的小型农村移民安置点，可省略厌氧池，在化粪池后采用人工湿地进行处理。

人工湿地选址简单、施工方便，易于维护管理，运行费用低，但占地面积大，可将景观设计与人工湿地污水处理工程建设结合起来，进一步改善移民安置点的生活环境。

人工湿地平时无需人员管理，仅在排放剩余污泥和植物收割时需要人员管理。厌氧池每年清掏 1 次，每季度应清理人工湿地进水口的杂物，冬季应及时清理湿地内枯萎植物。

若有一定的地势差，能靠重力流动，可采用无动力设计；若地势差不足，则需要使用潜水泵将污水提升，运行成本约为每天 0.02~0.08 元/m³。

④生物接触氧化

本技术适用范围较广，适用于近百人至几千人的农村安置点的生活污水处理。

本工艺占地面积小、选址简单、施工方便，对水量、水质变化的适应性强，抗冲击负荷能力强，处理效率高，维护管理较简便。

系统启动时，接触氧化池需投加就近污水处理厂的好氧污泥，或加入粪水，闷曝 3~7d 后开始少量进水，并观察检测出水水质，逐渐增大进水流量至设计值，同时调整曝气量，如果有条件应测定反应池内溶解氧浓度，最好维持在 2.0~3.5mg/L 之间。正常运行时，需观察填料载体上生物膜生长与脱落情况，并通过调节气量防止生物膜的整体大规模脱落。确定有无曝气死角，调整曝气头位置，保证均匀曝气。装置还需定期排放剩余污泥。

本技术工艺运行维护费用主要包括动力费和检修维护费，运行维护费用约为每天 0.3~0.8 元/m³。

⑤组合型强化生物池

组合型强化生物池是采用迷宫式水流卷入微生物所需氧气、生物接触氧化和生物过滤相结合的污水处理技术，针对农村生活污水来源的单一性和污水水量间歇性波动等特点。

组合型强化生物池污水处理系统，生物氧化降解能力强，吸附过滤作用明显，脱氮除磷效果显著，抗污染冲击负荷能力强，出水水质优良。

组合强化生物池工艺无需专门电耗和能耗，运行费用极低，特别适合当前经济条件比较薄弱的农村和移民点等地区。

⑥高效生态塘

稳定塘是以太阳能为初始能量，通过在塘中种植水生植物，进行水产和水禽养殖，形成人工生态系统，在太阳能（日光辐射提供能量）作为初始能量的推动下，通过稳定塘中多条食物链的物质迁移、转化和能量的逐级传递、转化，将进入塘中污水的有机污染物进行降解和转化，最后不仅去除了污染物，而且以水生植物和水产、水禽的形式作为资源回收，净化的污水也可作为再生资源予以回收再用，使污水处理与利用结合起来，实现污水处理资源化。

根据上述工艺特点、运行管理要求及建设运行成本，移民安置点生活污水处理根据不同的排放标准，同时考虑该地区降雨量少，蒸发量大，节水节能和提高水资源利用率的要求，在出水设置集水池，用于安置点内绿化和洒水等。

结合各移民安置点具体位置及周边环境和受纳水体等因素，拟选用沼气池+化粪池、组合型强化生物池、接触氧化工艺等工艺作为运行期生活污水处理推荐工艺。农村集中居民点对于排水要求较高的，推荐采用组合型强化生物池作为运行期生活污水处理的推荐工艺；安置人口规模小于 600 人，考虑到实际情况，采用分户沼气池，充分利用资源能源，变废为宝，沼气作为清洁能源利用，沼渣作为农用肥，然后收集至化粪池中集中处理后，达标排放。各农村移民安置点生活污水处理工艺详见表 6.11-6。会东县新马安置点由于临近新马集镇，且规模超 500 人，综合考虑其环境现状，生活污水排放执行《污水综合排放标准》一级（GB8978-1996），采用接触氧化工艺处理。

表 6.11-6 各移民安置点生活污水处理工艺表

行政区属	序号	安置点	安置人数规划水平年（人）	运行期污水排放量（t/d）	排放去向	拟采用处理工艺
禄劝县	1	新村	3176	330.3	金沙江	接触氧化（污水处理站）
武定县	2	花果山	1124	116.9	金沙江支沟	成套污水处理设施
	3	西和	2292	238.4	菜园河支流分洲河	成套污水处理设施
	4	白马口	149	15.5	勐果河	成套污水处理设施
	5	下普利	138	14.4	金沙江支沟	成套污水处理设施
元谋县	6	瓦渣箐	3734	388.34	龙川江支沟	组合型生物强化处理池
	7	甘塘	2473	257.19	龙川江支沟	成套污水处理设施
会东县	8	官田	701	72.9	农灌沟渠或冲沟	成套污水处理设施
	9	金家坪	148	15.39	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
	10	马口	274	28.55	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
	11	新马	516	53.72	农灌沟渠或冲沟	成套污水处理设施
	12	民权	274	28.49	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
	13	姜州	697	72.5	农灌沟渠或冲沟	成套污水处理设施
	14	坪山	865	89.97	农灌沟渠或冲沟	成套污水处理设施
会理县	15	马鞍坪	2272	236.31	尘河	组合型生物强化处理池
	16	半嶺地	177	18.41	尘河一级支流姜州河	成套污水处理设施
	17	富乐九组	1160	120.65	尘河一级支流姜州河	成套污水处理设施
	18	新铺子	369	38.38	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池

	19	云兴	345	35.88	摩挲河	成套污水处理设施
	20	沙园	119	12.38	摩挲河	成套污水处理设施
	21	云田	121	12.59	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
	22	甸沙关	333	34.64	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
仁和	23	命卡	378	39.32	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
	24	棉花地	315	32.76	农灌沟渠或冲沟	分户沼气池+集中化粪池
盐边	25	鲊石	113	11.75	金沙江	成套污水处理设施
钒钛产业园	26	金沙阳光	86	8.94	金沙江	成套污水处理设施

(5) 运行期生活污水处理设计

乌东德水电站移民安置区农村集中安置点共选择 4 种工艺进行生活污水处理，现针对不同工艺选取 7 个安置点（云南 3 个，四川 4 个）进行生活污水处理典型设计。分散安置点由于移民安置人数少，且分散，拟采用户用沼气池的方式进行生活污水处理。

1) 禄劝县乌东德新村安置点生活污水处理

新村安置点临近金沙江干流，新村安置点生活污水经处理后需满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。根据本次污水处理排放要求及各工艺特点，经比选，新村安置点生活污水处理采用接触氧化工艺，通过建设污水处理站进行污水处理。

乌东德镇新村安置点一期（2013 年）规划安置 682 人，二期（2015 年前）规划安置人口 3176 人，因此在对该安置点进行生活污水处理设计时考虑到与远期规划相衔接，拟采用接触氧化工艺，并且主体工艺采用 2 组，以适应人口增长及运行经济的要求。出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，处理流程见下图。

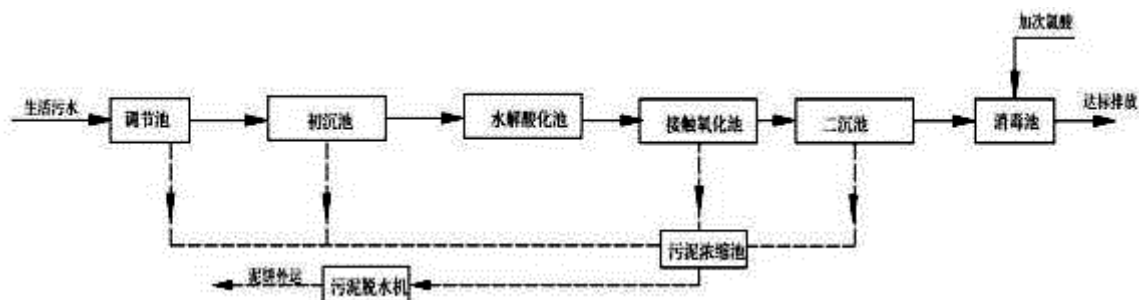


图 6.11-1 禄劝县新村安置点运行期生活污水处理流程图

主要处理单元：

①酸化调节池（与初沉池、格栅井合建）

设计规模 400m³/d，池长 8.6m，池宽 7.0m，有效池深 3.0m，停留时间 8.0h。
其中格栅井规格：L×B×H=8.6m×1.5m×1.0m。

②初沉池

初沉池采用平流沉淀池，设计规模 400m³/d，表面负荷 2.0m³/(m²·h)，方形结构，池长 8.6m，池宽 1.5m，有效水深 3.0m（超高 0.5m），沉淀时间 1.5h。

③接触氧化池

生物接触氧化法也称淹没式生物滤池，其在反应器内设置填料，经过充氧的

废水与长满生物膜的填料相接处，在生物膜的作用下，废水得到净化。

设计规模 $400\text{m}^3/\text{d}$ ，容积负荷： $1.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，填料体积 125m^3 ，池长 8.6m ，池宽 3.5m ，有效水深 4.0m ，有效容积 166.7m^3 ，停留时间 10h ，2 座。

④二沉池

二沉池采用辐流式设计，设计规模 $400\text{m}^3/\text{d}$ ，表面负荷 $0.8\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，池表面积 20.8m^2 ，直径 5.2m ，池深 4.5m ，沉淀时间 3.8h 。

⑤消毒池

采用二氧化氯消毒，消毒时间： 40min ，尺寸： $L\times B\times H=4.0\text{m}\times 1.0\text{m}\times 3.5\text{m}$ 。

⑥清水池

清水池设置一座，停留时间为 2.5h ，有效水深 2.8m ，尺寸： $L\times B\times H=4.0\text{m}\times 4.3\text{m}\times 3.5\text{m}$ 。清水池收集的处理后排放水可用于移民安置点道路浇洒、绿化以及农果园灌溉等。

⑦污泥池

污泥产量： $32.89\text{m}^3/\text{d}$ ，含水率 99.7% ，停留时间 24h 。

尺寸： $L\times B\times H=3.0\text{m}\times 3.0\text{m}\times 3.5\text{m}$ ，有效水深 3.0m 。

⑧综合管理间

尺寸： $L\times B=8.24\text{m}\times 4.14\text{m}$

2) 元谋县瓦渣箐安置点生活污水处理

瓦渣箐安置点规划安置人口 3734 人，运行期生活污水排放量 $388.34\text{m}^3/\text{d}$ ，设计时考虑一定的冲击负荷，并优化工艺参数，按 $400\text{m}^3/\text{d}$ 进行设计。瓦渣箐安置点为农村集中安置居民点，从运行管理及运行费用考虑，主要选用管理便捷，运行费用较低的组合强化生物池处理工艺。



图 6.11-2 元谋县瓦渣箐安置点运行期生活污水处理流程图

主要处理单元

①迷宫式调节池

为保证后续组合式强化生物池的正常、高效运行，同时降低后续处理工艺负荷，并实现水质水量的调节，本次设计设置了迷宫式调节池。该调节池的特点是

通过水流的上下翻腾，利用水跃将空气卷入并与污水充分接触，起到预曝气的作用，减轻后续工艺的处理负荷。

调节池尺寸： $L \times B \times H = 14.72\text{m} \times 3.50\text{m} \times 3.2\text{m}$ ，砖砌结构，内部用隔墙分成 4 格。

②组合强化生物池

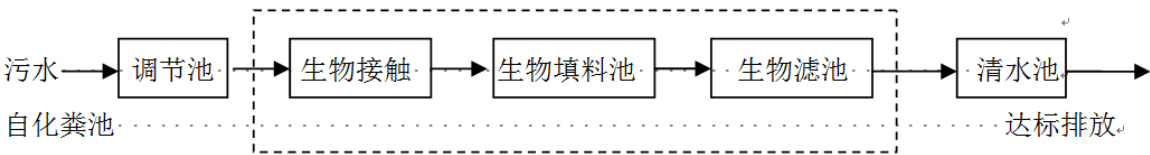
组合式强化生物池按 2 组设置，砖砌结构，设置盖板，单组尺寸： $L \times B \times H = 14.72\text{m} \times 3.5\text{m} \times 3.2\text{m}$ （分四格），砖砌结构；第二格内挂装复合填料，复合填料采用半软性填料，填料共 26m^3 ；第三格内装填石英砂滤料和配水堰槽，石英砂 13m^3 ，配水堰槽规格 $300 \times 300\text{mm}$ ，厚度 $\delta = 3\text{mm}$ ，不锈钢， 14.4m ；第四格为污泥池，收集各格剩余污泥，并定期清掏后作农肥用。

③清水池

清水池设置一座，停留时间为 2.5h ，尺寸： $L \times B \times H = 3.0\text{m} \times 6.0\text{m} \times 3.2\text{m}$ ，砖砌结构。

3) 会理县马鞍坪安置点生活污水处理

马鞍坪居民点用地位于尘河右岸马鞍桥～新安一带，安置点人口为 2272 人。运行期生活污水排放量 $236.31\text{m}^3/\text{d}$ ，设计时考虑一定的冲击负荷，并优化工艺参数，按 $250\text{m}^3/\text{d}$ 进行设计。马鞍坪安置点为农村集中安置居民点，从运行管理及运行费用考虑，主要选用管理便捷，运行费用较低的组合强化生物池处理工艺。



注：虚线内表示组合强化生物池

图 6.11-3 会理县马鞍坪安置点运行期生活污水处理流程图

主要处理单元

①迷宫式调节池

调节池尺寸： $L \times B \times H = 11.52\text{m} \times 2.70\text{m} \times 3.2\text{m}$ ，砖砌结构，内部用隔墙分成 4 格。

②组合强化生物池

组合式强化生物池按 2 组设置，砖砌结构，设置盖板，单组尺寸： $L \times B \times H$

=11.92m×2.8m×3.2m（分四格），砖砌结构。；第二格内挂装复合填料，复合填料采用半软性填料，填料共 16m³；第三格内装填石英砂滤料和配水堰槽，石英砂 8.0m³，配水堰槽规格 300×300mm，厚度 δ=3mm，不锈钢，11.2m；第四格为污泥池，收集各格剩余污泥，并定期清掏后作农肥用。

③清水池

清水池设置一座，停留时间为 2.5h，尺寸：L×B×H=2.5m×4.2m×3.2m，砖砌结构。

4) 会东县嘎吉乡官田安置点生活污水处理

官田居民集中安置点位于四川省凉山州会东县嘎吉乡西部的官田村北侧，金沙江支流鲹鱼河东侧山体上。安置点北距会东县县城约 25km，东距嘎吉乡约 1~3km。嘎吉乡官田集中居民安置点安置人口为 185 户 701 人。运行期生活污水排放量 72.9m³/d，设计时考虑一定的冲击负荷，并优化工艺参数，按 100m³/d 进行设计。

官田居民安置点为农村集中安置居民点，由于移民安置人数较多，且安置区土地比较紧张，宜采用占地小，处理效率高的污水处理设施，因此拟采用接触氧化工艺的污水处理一体化设施对安置点生活污水进行处理，处理后出水主要指标达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

主要设计内容：

①格栅井

采用地下式砖混结构，设计尺寸为 2.4m×4.0m×2.3m；采用 φ10mm 的不锈钢格栅，安装倾角为 60°，人工定期清渣。

②调节池

功能：汇集排放的污水，提升进入污水处理装置，并一定程度调节水质及水量。

设计参数：HRT=1h

结构：砖混结构

配套设备：采用自耦潜水排污泵两台，一用一备，型号 50WQ5-7-0.45，流量 6m³/h，扬程 7m，功率 0.45KW，配自耦；液位控制器 1 套。

设备运行方式：提升泵根据池内水位由液位控制器控制提升泵的开停，并采用先开先停、先停先开的方式轮换运行，延长水泵的使用寿命。

③一体化污水处理设备

型号：WSZ-F-5

装方式：地埋式，可行人

5) 会东县姜州乡民权安置点生活污水处理

民权安置点位于会东县姜州乡东部的民权村东侧，民权水库东侧山坡体上。居民点东距会东县县城 13km，西距姜州乡政府约 2km，距 310 省道约 0.4km，交通方便。该安置点规划安置人口 274 人，生活污水日排放量为 28.49m³/d，污水设计规模 30 m³/d，废污水处理主要采用分户沼气池+化粪池集中处理工艺，处理后用于农业生产回用。

沼气池选用 8m³容积规格 B 型，主池为圆筒型，配有进料口（管）、出料口（水压间）。本移民安置点规划布设 76 座 8m³规格的沼气池用于生活污水的处理。

化粪池根据计算选用化粪池标准图集 02S701 中 Z6-16SQF 规格，砖砌结构，有效容积 16m³，外形尺寸 L×B×H=7.12×3.38×3.40m，数量 1 座。

6) 武定县狮山镇西河安置点生活污水处理

武定县狮山镇西和安置点安置人口 2292 人。运行期生活污水排放量 238.4m³/d，设计时考虑一定的冲击负荷，并优化工艺参数，按 300m³/d 进行设计。狮山镇西和安置点为农村集中安置居民点，本次设计推荐采用接触氧化工艺的成套污水处理设备进行处理，处理后出水主要指标达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

采用接触氧化工艺的成套污水处理设备，主要是针对生活污水和与之类似的工业有机污水的处理。采用目前较为成熟的生化处理技术接触氧化法。主要的组成部分包括兼性调节池池、接触氧化池、沉淀池、污泥池等。

主要技术参数

兼性调节池：停留时间为 8h；

接触生物氧化池：停留时间为 8h；

反应沉淀池：分离时间为 3h。

一体化处理设备

型号：WSZ-F-20

安装方式：地埋式，可行人

7) 攀枝花仁和区大龙潭乡命卡安置点生活污水处理

攀枝花市仁和区大龙潭乡命卡安置点共安置 105 户 378 人，测算运行期生活

污水排放量 39.32m³/d，设计时考虑一定的冲击负荷，并优化工艺参数，按 45m³/d 进行设计。排放去向为附近灌溉沟渠。该安置点为农村集中安置居民点，从运行管理及运行费用考虑，主要选用管理便捷，运行费用较低的处理工艺。废污水处理主要采用沼气池、化粪池处理单元对生活污水进行处理，处理后用于农业生产。

沼气池选用 8m³容积规格 B 型。本移民安置点规划布设 105 座 8m³规格的沼气池用于生活污水的处理。

化粪池根据计算选用化粪池标准图集 02S701 中 Z6-16SQF 规格，砖砌结构，有效容积 16m³，外形尺寸 L×B×H=7.12×3.38×3.40m，数量 1 座。

8) 分散安置点水环境保护措施

各分散安置点移民采用户用沼气池的方式进行生活污水处理。沼气池选用 8m³容积规格，配有进料口（管）、出料口（水压间）。分散安置点居民共 973 人，256 户，共需 256 个户用沼气池，每个沼气池占地面积约 20m²。

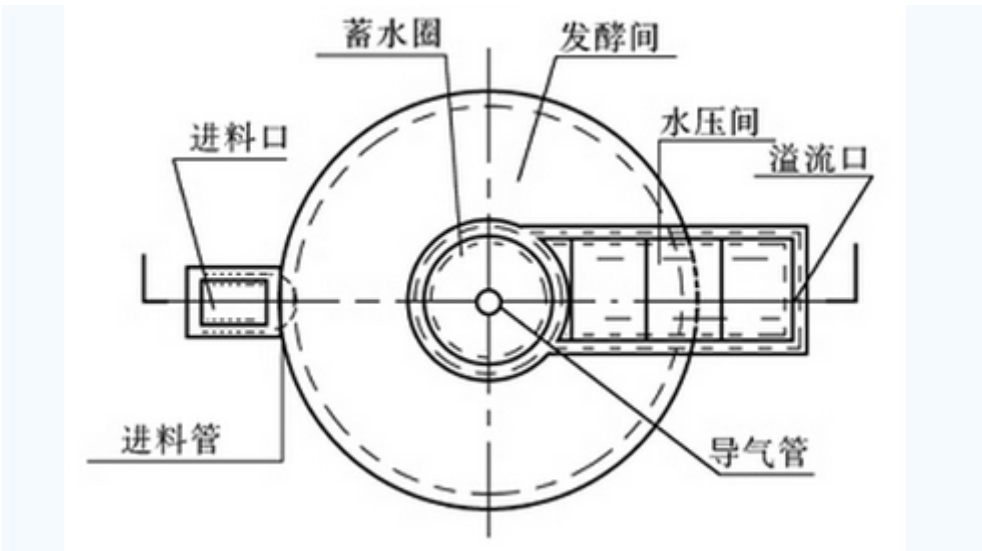


图 6.11-4 沼气池平面图

建一个 8m³ 的沼气池需要水泥 1t、砂子 2m³、碎石(规格 1~3cm)0.6m³、红砖 600 块、陶瓷管(直径 20~30cm)1~2 根、钢筋(直径 14mm)1.2m。

(6) 工程量表

典型设计点工程量详见下表。

表 6.11-7 禄劝县新村生活污水处理主要构（建）筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	化粪池	5.62×2.88×4.50m	砖砌	5 座
2	隔油池	2.50×2.40×2.00m	砖砌	1 座
3	初沉池、酸化调节池	8.60×7.00×3.50m	钢砼	1 座

4	二级接触氧化池	8.60×3.50×4.00m	钢砼	2 座
5	二沉池	φ5.2×4.5m	钢砼	1 座
6	消毒、清水池	4.0×4.3×3.50m	钢砼	1 座
7	污泥池	3.0×3.0×3.50m	钢砼	1 座
8	综合管理间	8.24×4.14m,H=4.2m	框架	1 座

表 6.11-8 禄劝县新村生活污水处理主要设备工程量表

序号	项目名称	数量	主要设备名称	规格	数量	备注
1	酸化调节池	1 座	自动格栅机	GSHP-500, b=8mm,H=1.4M,N=0.75kW	1 套	
			提升泵	80QW40-7-2.2 Q=40m³/h,H=7m,N=2.2kW	4 套	二用二备
			液位控制器		1 套	
			铸铁闸门	B×H=500×500mm	2 套	
2	二级接触氧化池	2 座	水下搅拌机	QXB3.0	4 套	
			半软性填料	B=200mm	125m²	
			污泥回流泵	50QW25-8-1.5 Q=25m³/h,H=8m,N=1.5kW	2 套	一用一备
3	清水池	1 座	清水泵	IS65-50-125 Q=30m³/h,H=18.5m,N=3.0kW	2 套	一用一备
4	综合管理间	1 座	加药装置	JY-12, N=0.37kW	1 套	
			管道混合器	GW300	1 套	
			螺杆加料泵	G30, N=1.1kW	1 套	
			鼓风机	SR65, Q=2.6m³/min, H=0.55Mpa,N=5.5kW	3 套	二用一备

表 6.11-9 元谋县瓦渣箐生活污水处理主要构（建）筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	化粪池	5.62×2.88×4.50m	砖砌	5 座
2	隔油池	2.50×2.40×2.00m	砖砌	1 座
3	调节池	14.72×3.5×3.2m	混合	1 座
4	组合式强化生物池	14.72×3.5×3.2m	混合	2 座
5	清水池	6.0×2.5×3.2m	混合	1 座
6	综合管理间	8.24×4.14m, H=4.2m	框架	1 座

表 6.11-10 元谋县瓦渣箐生活污水处理主要设备工程量表

序号	项目名称	设备名称	规格	数量	备注
1	调节池	提升泵	Q=30m³/h, H=10m, N=3.0kW	2 台	一用一备
2	组合式强	半软性填料	B=200mm	75m³	

序号	项目名称	设备名称	规格	数量	备注
	化生物池	石英砂	d2-20	25m ³	
		滤板	B×H=800×800mm, 厚 10cm	10 块	
3	清水池	反冲洗泵	Q=600m ³ /h, H=20m, N=75kW	2 台	一用一备
4	综合管理间	加酸装置	JY-12, N=0.37kW	1 套	
		管道混合器	GW300	1 套	
		螺杆加料泵	G30, N=1.1kW	1 套	
		鼓风机	SR65 Q=2.6m ³ /min, H=0.55Mpa, N=5.5kW	3 套	二用一备

表 6.11-11 会理县马鞍坪生活污水处理主要构（建）筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	化粪池	5.62×2.88×4.50m	砖砌	5 座
2	隔油池	2.50×2.40×2.00m	砖砌	1 座
3	调节池	11.52×2.7×3.2m	混合	1 座
4	组合式强化生物池	11.52×2.7×3.2m	混合	2 座
5	清水池	4.2×2.5×3.2m	混合	1 座
6	综合管理间	8.24×4.14m, H=4.2m	框架	1 座

表 6.11-12 会理县马鞍坪生活污水处理主要设备工程量表

序号	名称	设备名称	规格	数量	备注
1	调节池	提升泵	Q=15m ³ /h, H=10m, N=1.5kW	2 台	一用一备
2	组合式强化生物池	半软性填料	B=200mm	60m ³	
		石英砂	d2-20	15m ³	
		滤板	B×H=800×800mm, 厚 10cm	23 块	
3	清水池	反冲洗泵	Q=350m ³ /h, H=24m, N=30kW	2 台	一用一备
4	综合管理间	加药装置	JY-12, N=0.37kW	1 套	
		管道混合器	GW300	1 套	
		螺杆加料泵	G30, N=1.1kW	1 套	
		鼓风机	SR65; Q=1.51m ³ /min, H=0.55Mpa, N=3.0kW	3 套	二用一备

表 6.11-13 会东县嘎吉乡官田生活污水处理主要设备工程量表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
1	调节池	人工格栅	B=500mm, H=2.1m	2 台	
2	成套污水处理设备	污水处理装置	成套设备	1 套	WSZ-F-5
		风机	BR125	4 套	二用二备

		水泵	80WQ30-10-2.2	2 套	一用一备

表 6.11-14 会东县姜州乡民权生活污水处理主要构筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	沼气池	池容 8m³, D=2700mm	混凝土	76 座
2	化粪池	池容 16m³, Z6-16SQF	砖砌	1 座

表 6.11-15 会东县姜州乡民权生活污水处理主要设备工程量表

序号	名称	规格	材料	数量
1	进水管	DN300	UPVC	50m
2	出水管	DN300	UPVC	50m
3	通气管	DN100	UPVC	50m

表 6.11-16 武定县狮山镇西和生活污水处理主要构筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	化粪池	5.62×2.88×4.50m	砖砌	5 座
2	隔油池	2.50×2.40×2.00m	砖砌	1 座
3	调节池	12.00×3.00×4.00m	钢砼	2 座
4	成套污水处理设备	12.0×2.5×3.00m	钢制	1 座

表 6.11-17 武定县狮山镇西和生活污水处理主要设备工程量表

序号	项目名称	主要设备名称	规格	数量	备注
1	调节池	人工格栅	B=500mm, H=2.1m	2 台	
2	成套污水处理设备	污水处理装置	成套设备	1 套	WSZ-F-20
		风机	BR125	4 套	二用二备
		水泵	80WQ30-10-2.2	2 套	一用一备

表 6.11-18 攀枝花仁和区大龙潭乡命卡生活污水处理主要构筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	沼气池	池容 8m³, D=2700mm	混凝土	105 座
2	化粪池	池容 16m³, Z6-16SQF	砖砌	1 座

表 6.11-19 攀枝花仁和区大龙潭乡命卡生活污水处理主要设备

序号	名称	规格	材料	数量
1	进水管	DN300	UPVC	70m
2	出水管	DN300	UPVC	70m
3	通气管	DN100	UPVC	70m

6.11.1.2 生态环境保护措施

(1) 陆生植物保护措施

1) 生态影响避免措施

①在移民安置方案规划设计时，对农业移民生产开发的土地，区分是宜农荒地还是宜林、宜牧荒地，合理开发利用；禁止毁林开荒、烧山开荒和在陡坡地上铲草皮、挖树根，禁止在 25°以上陡坡地和水土流失严重、政府规定禁止开垦的地区开荒种植农作物，最大限度的减小因开荒对植被的破坏。

②移民安置区 3 株木棉、1 株红椿，采取避让或就地保护措施。可在其周围设置围栏进行防护，并对其进行挂牌保护，落实专人管护。施工活动和运输车辆采取避让措施，避免对古树的破坏。防火、防烟气，禁止在古树周围带火、带气作业，树周围清理干净，不堆杂物。根据需要对 4 株古树及时覆土、追肥及防治病虫害；加强对古树保护的宣传教育工作，定期检查保护树木的生长情况和管护人员的工作情况，发现问题及时查处。

2) 生态影响消减措施

①在农村移民安置区改变原来以林草植被为主的能源结构，推广沼气池和薪炭林等生态能源，解决农村生活能源问题。在移民安置点推行沼气池建设，同时配置适量的薪炭林，对减少对当地植被的破坏，沼气池生态能源的实施还有利于移民安置区的人群健康和农村面源污染控制、生活污水控制等效益。

②农村集中居民点选点布置要合理用地和节约用地，通过多方比选，最大限度的减少对耕园地和林地的占用。

3) 生态影响恢复和补偿措施

①在乌东德水电站移民安置规划中，根据国家、云南省和四川省有关土地管理、林地管理法规，对移民生产安置和搬迁安置以及专业项目复建占用的林地，计算征地补偿费，并按同样面积的异地造林费用计算森林植被恢复费。

②生产安置中的农业开发，充分利用当地特有的干热河谷气候条件、土壤和生物资源，将移民生产开发和当地可持续发展、绿色产业规划结合协调实施。根

据安置点不同的土地开发模式积极发展，重视发展林果业这一绿色产业。经济林和果木林不仅可以促进当地社会经济的发展，增加移民经济收入，而且可以增加库周森林植被，有效地改善区域生态环境。

③集中居民点建设要规划足够的绿化面积，生产安置区不能大面积、长距离连接，有条件的可布置农田防护林。

④外来物种的防治

移民安置区主要的外来种为紫茎泽兰。对紫茎泽兰的防治，首先应加大宣传力度，对外来物种的危害以及传播途径向施工人员进行宣传；其次，对移民安置区已经发现的紫茎泽兰群落，利用工程施工的机会，连根拔除后进行现场烧毁，以防种子扩散。

（2）陆生动物保护措施

1）生态影响避免措施

①移民安置区的生产废水和生活污水经处理达标后方可排放，避免因水体污染等对动物生境造成破坏，影响动物的栖息繁衍。

②生活营地、施工场地、临时便道等临时占地应绕避评价区植被较好的区域，避免占用动物生境。施工中避免破坏动物栖息的洞穴、窝巢等。施工活动不得超过征地范围。

③野生鸟类和兽类大多是晨、昏（早晨、黄昏）或夜间外出觅食，正午是鸟类休息时间。公路复建过程中合理安排爆破时间、数量和爆破方式，力求避免在晨昏和正午开山施炮，避免爆破噪声对野生动物的惊扰。

④集中安置点施工营地附近设立标示牌，保护移民安置区及其周围的野生动植物资源。

2）生态影响消减措施

农村生产安置点、农村集中居民点、交通运输工程复建的选点通过多次比选，要合理用地和节约用地，最大限度的减少对耕园地和林草地的占用，减少对喜在这些区域中生活的动物生境的占用。

3）生态影响恢复和补偿措施

①在移民安置区对移民和施工人员积极开展野生动物，特别是重点保护动物和珍稀濒危动物保护相关法律、法规的宣传和教育，提高移民对野生动物的保护意识。为保护安置点及附近生态环境，各安置点周边根据影响范围大小，分别设

置宣传标识牌及野生动植物保护警示牌，各安置点按照安置点施工人员入场前宣传培训一次，千人以上安置点，施工中期增加一次培训。具体数量见表 6.11-20。

②在移民安置区所在的当地政府部门制定禁止捕猎野生动物的管理制度，对捕杀野生动物的个人进行严惩。

③生产安置或集中居民点安置区的空隙种植一定量的林木（灌丛），施工营地、弃渣场、料场等临时占地通过水土保持植物措施及时进行绿化，为鸟类和其他野生动物提供栖息环境或通道。

表 6.11-20 农村安置点生态环境保护措施工程量统计表

行政区属		安置点	安置人数 规划水平年 (人)	宣传标识牌 (个)	警示牌 (个)	宣传培训 (次)
云南省	禄劝县	新村	3176	7	6	2
	武定县	花果山	1124	6	5	2
		西和	2292	6	6	2
		白马口	149	2	2	1
		下普利	138	2	2	1
	元谋县	瓦渣箐	3734	7	6	2
		甘塘	2473	6	5	2
四川省	会东县	官田	701	5	5	1
		金家坪	148	2	2	1
		马口	274	3	3	1
		新马	516	5	5	1
		民权	274	3	3	1
		姜州	697	5	5	1
		坪山	865	5	5	1
	会理	马鞍坪	2272	6	6	2
		富乐九组	1160	6	5	2
		半嶠地	177	2	2	1
		新铺子	369	3	3	1
		云兴	345	3	3	1
		沙园	119	2	2	1
		云田	121	2	2	1
		甸沙关	333	3	3	1
	仁和	命卡	378	3	3	1
		棉花地	315	3	3	1
	盐边	鲊石	113	2	2	1
	钒钛产业园	金沙阳光	86	2	2	1
合计			22349	101	96	33

6.11.1.3 环境空气保护措施

农村移民安置对环境空气产生的不利影响主要在移民安置建设期，根据农村

安置点建设对环境空气的影响预测，移民安置过程中的场地平整、边坡开挖，以及爆破作业以及交通运输产生的粉尘、扬尘及废气为主要空气污染物。建设过程对安置点附近 17 处居民环境空气影响相对较大，需加强建设阶段居民环境空气保护工作。环境空气保护措施主要如下：

（1）改进施工工艺

结合优化施工方法、施工技术采取减粉降尘措施；优化开挖爆破方法，采取产尘率低的开挖爆破方法。工程爆破方式应优先选择凿裂爆破、预裂爆破、缓冲爆破、深孔微差挤压爆破技术等，以减少粉尘产生量，尽量采用环保型炸药；采用湿式作业，最大限度地减少粉尘的产生量。

（2）配置必要的除尘设备

爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，减少粉尘的排放量；施工运输车辆应选用符合国家有关标准的车辆，保证尾气达标排放，使用高品质的燃油、燃气，从源头解决车辆尾气排放问题。

（3）除尘降尘防护措施

在开挖、混凝土拌合楼等施工区进行洒水，以加速粉尘沉降，缩小粉尘影响时间与范围，非雨日每天洒水 3~5 次；施工作业人员应加强劳动安全和卫生保护，必须配戴防尘口罩等个人防护用品；对道路进行洒水降尘，以道路无明显扬尘为准，非雨日每天洒水不少于 5 次，确保扬尘削减到最低。17 处环境空气敏感点应提高该洒水频次，保证居民生活生产质量。根据安置点规模，千人以上规模安置点配置一台机动洒水车，一台手推洒水车；千人以下规模的安置点配置一台手推洒水车，考虑到安置点之间距离，综合考虑机动洒水车台数。具体洒水车配置量见表 6.11-21。

（4）运输防尘措施

在物资运输过程中注意防止空气污染；装载多尘物料时，应对物料适当加湿或用帆布覆盖，运送散装水泥车辆的储罐应保持良好密封状态，运送袋装水泥必须覆盖封闭，经常清洗运输车辆；在两侧分布有居民点的公路上行驶的车辆，车速不得超过 20km/h。

表 6.11-21 农村安置点洒水车配置数量统计表

行政区属		安置点	安置人数规划水平年（人）	机动洒水车（台）	手推洒水车（台）
云	禄劝县	新村	3176	1	1

南省	武定县	花果山	1124	1	1
		西和	2292	1	1
		白马口	149		1
		下普利	138		1
	元谋县	瓦渣箐	3734	1	1
		甘塘	2473	1	1
四川省	会东县	官田	701	2	1
		金家坪	148		1
		马口	274		1
		新马	516		1
		民权	274		1
		姜州	697		1
		坪山	865		1
	会理	马鞍坪	2272	1	1
		富乐九组	1160	1	1
		半嶺地	177		1
		新铺子	369		1
		云兴	345		1
		沙园	119		1
		云田	121		1
		甸沙关	333		1
	仁和	命卡	378		1
		棉花地	315		1
	盐边	鲊石	113		1
	钒钛产业园	金沙阳光	86		1
合计			22349	12	26

6.11.1.4 声环境保护措施

(1) 噪声源控制

施工单位必须选用符合国家有关标准的施工机具，尽量选用低噪声设备和工艺，并加强设备的维护和保养。

做好施工区合理规划布置，移民迁建施工人员生活区要布置在远离高噪声施工作业区，控制施工场界噪声达标，使施工人员生活区噪声区域声环境功能标准。

为了从根本上降低爆破噪声源强，应尽量控制爆破的单响用量，做好爆破参数的优化和炮孔的堵塞，用草袋覆盖爆破面。

为减少施工运输车辆对运输道路两侧居民，夜间应尽量减少车流量，夜间 22:00 至次日 7:00 严格控制噪声较大机械的施工。控制车流量，禁止夜间鸣放高音喇叭。在居民密集路段设置限速、限鸣笛的标志牌。按照每个安置点配置 4 个限速标志牌和禁鸣标志牌计列，农村安置点共需配置 104 个限速标志和 104 个禁

鸣标志，其中云南 28 个，四川 76 个。在每处安置点对外连接路设 2 处减速带，四川共设 38 个，云南设 14 个。

（2）施工人员及原住民的保护

混凝土搅拌机操作人员、推土机驾驶人员等实行轮班制，并配发噪声防护用具，尽量采用低噪声设备，加强机械设备的维修和保养。在招标合同中明确施工人员有关噪声防护的劳动保护条款，承包商需给受爆破施工点附近、高噪机械操作工等噪声影响大的施工作业人员配发防噪声耳塞、耳罩或防噪声头盔等噪声防护用具。

安置点附近 17 处居民受施工噪声影响，需在其临街第一排附近设置隔声屏进行噪声防护。根据每户 20m 的标准计列，临界第一排共 103 户，需 2060m 长隔声屏。

6.11.1.5 固体废物处理与处置

（1）农村垃圾收集及处理措施

农村安置点固体废物主要来源于运行期居民生活垃圾。乌东德水电站建设征地区农村集中居民点建成后生活垃圾收集、清运、处理将纳入当地垃圾处理系统，居民点内生活垃圾收集系统包括垃圾桶和垃圾收集点。在交通方便、人口相对集中的地方建造垃圾屋（台）作为垃圾收集点，布局数量原则上按 30~50 个农户建造一个，容积 4~5m³。同时每 10~15 户再配置一个垃圾桶，各安置点分别配备一台垃圾车。根据各移民安置点的规模，安置点所需建设的垃圾屋（台）、垃圾桶、垃圾车数量见表 6.11-22。

农村安置点可根据村、组特点分别配备专职环卫人员，环卫人员负责村、组公共区域内的卫生清洁管理，每天打扫一次，并在垃圾桶周围经常喷洒灭害灵等药物，防止蚊蝇等传染媒介滋生。垃圾收集方式灵活多样，一是直接送，距离垃圾台不远的住户，将垃圾装袋后直接送到垃圾台；二是轮流收集，距离垃圾台较远的住户，相邻几户自由组合，轮流收集运送；三是环卫人员收集，公共生活区域内或距离垃圾台偏远的住户由环卫人员负责收集。此外，农村安置点可鼓励并倡导村民将生活垃圾分类处理，可回收的垃圾，如废铁、饮料瓶等可送到废品收购站；有机垃圾，如秸秆、玉米杆等，可还田沤肥，也可通过沼气发酵的生物处理方式进行综合利用。分类处理后，垃圾处理量可大大减少，从而减少生活垃圾的处理成本。

《国务院办公厅关于改善农村人居环境的指导意见》（国办发〔2014〕25号）要求，“我国交通便利且转运距离较近的村庄，生活垃圾可按照‘户分类、村收集、镇转运、县处理’的方式处理；其他村庄的生活垃圾可通过适当方式就近处理。”根据上述要求，乌东德水电站建设征地范围内，农村安置点结合地方环境保护规划处理农村生活垃圾。农村安置点规模超 1000 人的建垃圾中转站。各安置点生活垃圾处理方式见表 6.11-23，垃圾中转站规模见表 6.11-24。

表 6.11-22 农村安置点固体废物收集设施一览表

行政区属		安置点	安置人口 (人)	户数 (户)	垃圾屋 (个)	垃圾桶 (个)	垃圾中转站 (个)
云南省	禄劝县	新村安置点	3176	836	21	70	1
	武定县	花果山安置点	1124	330	7	23	1
		西和安置点	2292	645	15	50	1
		白马口	149	39	1	4	
		下普利	138	36	1	4	
	元谋县	瓦渣箐安置点	3734	983	25	82	1
		甘塘安置点	2473	651	16	54	1
四川省	会东县	嘎吉乡官田安置点	701	184	5	15	
		洛佐乡金家坪安置点	148	39	1	3	
		可河乡坪山安置点	865	228	6	19	
		新马乡新马安置点	516	136	3	11	
		洛佐乡马口安置点	274	72	2	6	
		姜州乡民权安置点	274	72	2	6	
		姜州乡姜州安置点	697	183	5	15	
	会理县	新安乡马鞍坪安置点	2272	598	15	50	1
		富乐乡三岔河村半嶺地	177	47	1	4	
		富乐乡富乐九组安置点	1160	305	8	25	1
		新发乡新铺子安置点	369	97	2	8	
		云甸乡云兴安置点	345	91	2	8	
		云甸乡沙园安置点	119	31	1	3	
		云甸乡云田安置点	121	32	1	3	
		云甸乡甸沙关安置点	333	88	2	7	
	仁和区	大龙潭乡命卡安置点	378	99	2	8	
		大龙潭乡棉花地安置点	315	83	2	7	
	盐边县	益民乡砮石村安置点	113	30	1	2	
	钒钛产业园区	金江镇金沙阳光安置点	86	23	1	2	
合计			22349	5881	147	490	7

表 6.11-23 各安置点生活垃圾处理方式

行政区属		安置点	安置点属性	安置人口（人）	垃圾产生量（t/d）	垃圾去向	填埋场（处理场）性质	运距
云南省	禄劝县	新村安置点	农村	3176	3.18	大松树村老营盘凹子垃圾填埋场	新建	约 20km
	武定县	花果山安置点	农村	1124	1.12	己衣乡垃圾处理场	已建	20km 以内
		西和安置点	农村	2292	2.29	武定县垃圾填埋场	已建	20km 以内
		白马口	农村	149	0.15	东坡乡垃圾填埋场	已建	20km 以内
		下普利	农村	138	0.14	己衣乡垃圾填埋场	已建	20km 以内
	元谋县	瓦渣箐安置点	农村	3734	3.73	元谋县垃圾填埋场	新建	约 10km
		甘塘安置点	农村	2473	2.47	元谋县垃圾填埋场	新建	约 15km
四川省	会东县	嘎吉乡官田安置点	农村	701	0.7	嘎吉乡垃圾处理场	已建	20km 以内
		洛佐乡金家坪安置点	农村	148	0.15	嘎吉乡垃圾处理场		
		可河乡坪山安置点	农村	865	0.87	姜州乡垃圾填埋场		
		新马乡新马安置点	农村	516	0.52	嘎吉乡垃圾处理场		
		洛佐乡马口安置点	农村	274	0.27	嘎吉乡垃圾处理场		
		姜州乡民权安置点	农村	274	0.27	姜州乡垃圾填埋场	已建	15km 以内
		姜州乡姜州安置点	农村	697	0.7	姜州乡垃圾填埋场	已建	15km 以内
	会理县	新安乡马鞍坪安置点	农村	2272	2.27	黎溪垃圾填埋场	已建	10km 以内
		富乐乡三岔河村半嶺地	农村	177	0.18	通安镇垃圾填埋场	已建	10km 以内
		富乐乡富乐九组安置点	农村	1160	1.16			10km 以内
		新发乡新铺子安置点	农村	369	0.37			10km 以内
		云甸乡云兴安置点	农村	345	0.35	益门垃圾填埋场	已建	10km 以内
		云甸乡沙园安置点	农村	119	0.12			10km 以内
		云甸乡云田安置点	农村	121	0.12			10km 以内
		云甸乡甸沙关安置点	农村	333	0.33			10km 以内
	仁和区	大龙潭乡命卡安置点	农村	378	0.38	攀枝花市垃圾填埋场	已建	20km 左右
		大龙潭乡棉花地安置点	农村	315	0.32			
	盐边县	益民乡砮石村安置点	农村	113	0.11	攀枝花市垃圾填埋场	已建	20km 以内
	钒钛产业园区	金江镇金沙阳光安置点	农村	86	0.09	攀枝花市垃圾填埋场	已建	20km 以内

表 6.11-24 垃圾中转站规模

安置点名称	中转站容积 (m ³)	占地面积 (m ²)
禄劝县新村	10	100
武定花果山	8	85
武定县西和	8	85
元谋县瓦渣箐	10	100
元谋县甘塘	8	85
会理县马鞍坪	8	85
会理富乐九组	8	85

(2) 规划垃圾填埋场概况

1) 大松树村老营盘凹子垃圾填埋场

新村安置点规划安置移民 3176 人，根据乌东德镇发展规划，远期，新村安置点将建成 12000 人规模的乌东德镇。结合地方规划，至 2015 年，乌东德镇将在大松树村老营盘凹子建设垃圾填埋场，新村安置点生活垃圾可运至该填埋场处理，运距约 20km。

新村垃圾填埋场位于乌东德镇汤德村委会坪子西侧，距离村庄 1km，凹子底部平均宽 50m，上口宽 80m，长度约 100m，容量为 10 万 m³；垃圾填埋场新址距乌东德镇新村安置点 20km，距镇人民政府所在地 3km，距主路 1.8km。简易道路已通，填埋场占用荒山 25 亩，无耕地。垃圾填埋场附近 500m 范围内无集中式饮用水源地保护、自然保护区、风景名胜区、文物古迹等环境限制因素，从环境角度分析，选址合理。



垃圾处理场的规模按安置区垃圾产生量计算，容量按安置后 15 年产生量计算，生活垃圾容重 $0.8\text{t}/\text{m}^3$ 计算，考虑到一定的安全系数（1.2），覆土体积按 25% 计算，新村安置点垃圾填埋场的规模见下表。

表 6.11-25 新村安置点垃圾填埋场规模

安置点名称	规划水平年人口（人）	15 年垃圾产量（万 t）	处理规模（万 m^3 ）	所需库容（万 m^3 ）	场址库容（万 m^3 ）
新村	12000	7.1	8.88	10.65	13.31

2) 元谋县垃圾填埋场

元谋县垃圾填埋场位于元谋县城（元马镇）东南 3km 的红卫村东侧谷箐，2012 年正式投入运行，规划使用年限 12 年，填埋容积约 31 万 m^3 ，负责元谋县城市垃圾处理。元谋县瓦渣箐安置点建设将部分占用该垃圾填埋场，影响元谋县城区居民生活垃圾处理。考虑元谋县城区居民及瓦渣箐、甘塘两处安置点居民生活垃圾，经方案比选，选定元谋县平田乡大已保村小组东南约 1.4km 处复建元谋县垃圾填埋场。该处现为林地，距离县城 9.98km，距离元双公路直线距离 1km。瓦渣箐和甘塘两处安置点运距均在 15km 以内。该垃圾填埋场迁建后需对现用垃圾填埋场进行清理和封场处理。

根据调查，元谋县城现有城市人口 7.9 万人，考虑到人口增长，至 2020 年，县城人口约 8.5 万人，考虑到瓦渣箐和甘塘两处安置点居民生活垃圾，垃圾填埋场基准年设计人口约 9 万人，设计年限按 12 年。元谋县垃圾填埋场规模见下表。

表 6.11-26 元谋县城垃圾填埋场规模

填埋场名称	规划水平年人口（人）	12 年垃圾产量（万 t）	处理规模（万 m^3 ）	所需库容（万 m^3 ）	场址库容（万 m^3 ）
元谋县垃圾填埋场	90000	41.2	51.5	61.8	77.25

6.11.1.6 人群健康保护措施

（1）饮用水源的保护

1) 地表水饮用水源保护

对将从建成后水库库内提水饮用的集中居民点以及分散建房安置的移民，应做好水源保护。水源地或取水池处应设置明显的警示牌，每处 4 个。水源周围 1km 水域内严禁捕捞、停靠船只、游泳和从事可能污染水源的任何活动；对引用

山塘水和溪沟水的集中居民点，应修建蓄水池，采取适当的消毒措施；做好水源涵养林等与水源保护相关的植被保护措施，严禁使用剧毒和高残留农药，禁止乱排污水，乱倒垃圾等。

2) 地下水饮用水源保护

对建库后以泉水、井水为饮用水源的居民点和散居移民，应做好水源保护工作，要划定保护范围，同时要对饮用水进行定期消毒。

(2) 卫生防疫措施

1) 要做好移民安置区环境卫生清理和管理工作的，加强饮用水的管理，严格执行饮用水卫生标准。

对安置区内建房及原有的厕所、粪坑、畜圈、垃圾堆放点、建筑用地和新埋坟地一次性清理和消毒，预防和控制传染性疾病的流行，确保安置区的卫生环境。并做好移民迁建集镇的公共卫生设施规划，修建公共厕所。

在移民安置前对有关动物性传染源和传播媒介应进行杀灭，降低虫媒传染病、肠道传染病传播媒介的密度，主要灭害对象是灭鼠、灭蚊和灭蝇。居住区灭鼠、灭蚊和灭蝇的面积按每个移民建房面积 30m²确定，适当考虑淹没线上原有居民，居住区灭鼠、灭蚊和灭蝇面积约 1.20km²。安置前共灭鼠、灭蝇、灭蚊 3 次。

为取得预期的灭鼠效果，可配合鼠种及鼠密度监测结果，必要时进行鼠害、鼠情走访调查，针对重点地区和重点时段，确定灭鼠的确切地点和时间。

2) 加强移民安置区疫情监测，主要针对新村、花果山、西和、瓦渣箐、甘塘、马鞍坪 6 处安置点进行疫情监测。对发现的病人应尽早隔离、及时治疗，阻止疫情蔓延。

3) 移民建房时，应注意通风性、透光性，避免房屋内常年处于潮湿黑暗的状况，减少蚊虫的滋生场所。

4) 移民迁建中，应重视医疗、卫生防疫体系和机构的完善和重建，于安置前对各乡镇卫生防疫人员进行卫生技术培训一次。在移民安置过程中，安置区各专镇的专职卫生防疫员，应加强指导和监督移民安置区的卫生防疫工作。

5) 建立卫生检疫和人群健康观察制度，进行跟踪调查，做到及时发现及时治疗。

6) 利用发放宣传资料、广播和各种会议向群众宣传讲解卫生防疫知识, 包括肺结核、病毒性肝炎、痢疾、疟疾等常见传染病的防病知识和计划免疫预防接种知识; 加强移民的健康教育, 提高移民安置区群众的卫生素质, 增强疾病防疫知识, 移民安置期间每年安排 1 次, 农村移民安置点建设周期为 1~2 年。

6.11.2 城集镇迁建环境保护措施

6.11.2.1 水环境保护措施

金沙江乌东德水电站移民安置涉及 2 处集镇安置点和 1 处城区安置点, 分别为元谋县江边集镇、禄劝县皎平渡集镇(皎西安置点)和攀枝花市东区那拉莫安置点, 安置规模分别为 4653 人、356 人、587 人。

(1) 污水排放特点

生活污水水量特点: 水量较大, 居住人口相对集中, 生活污水排放量相对较大; 变化系数大, 城(集)镇污水排放量早晚比白天大, 夜间排水量小, 甚至可能断流。城(集)镇人口相对稳定, 生活污水水量季节性变化不明显。

排水体制特点: 城(集)镇建设较为完备的排水系统, 排水管网采用了雨污分流。

(2) 处理目标

城(集)镇设计污水量同农村安置点, 为 104L/(p·d), 实际设计水量考虑到变化系数和施工方便等因素做了相应的调整, 三处城(集)镇移民安置点污水量见表 6.11-27。

集镇周边没有规划的污水处理厂, 需建设污水处理设施, 污水经处理后满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)确定的一级 B 标准。

城区那拉莫安置点因周边无城市污水管网, 安置点需建设独立的污水处理设施进行处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标准后废水排入附近沟渠。

城(集)镇生活污水排放去向及排放标准见下表。

表 6.11-27 各移民安置区废、污水排放量及排放去向

行政区属	安置点	安置人数 规划水平 年(人)	运行期污水 排放量(t/d)	排放去向	执行排放标准

元谋县	江边集镇安置点	4653	483.91	龙川江	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B
禄劝县	皎西乡皎西安置点	356	37.02	大桥河	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B
攀枝花市东区	那拉莫	587	22.89	沟渠	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B

（3）生活污水设计处理浓度

集镇和城区安置点采取不同的出水水质标准，出水主要指标相应要求应分别达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 B 排放标准。具体指标见下表。

表 6.11-28 集镇生活污水设计出水浓度（GB18918-2002 一级 B）

指标	污水浓度范围 (mg/L)
SS (mg/L)	20
BOD ₅ (mg/L)	20
COD (mg/L)	60
NH ₃ -N (mg/L)	8 (15)
TN (mg/L)	20
TP (mg/L)	1

（4）生活污水处理技术方案选择

集镇各项配套设施较为完善，且经济条件高于农村集中居民点，因此以接触氧化工艺作为运行期生活污水处理的推荐工艺；那拉莫属于城区安置，居民点生活污水汇集经化粪池预处理后进入城市污水管网，最终经城市污水处理厂处理后达标排放。城集镇移民安置点生活污水处理工艺详见下表。

表 6.11-29 各移民安置点生活污水处理工艺表

行政区属	安置点	安置人数规划水平年 (人)	运行期污水排放量 (t/d)	排放去向	拟采用处理工艺
元谋县	江边集镇安置点	4653	483.91	龙川江	接触氧化
禄劝县	皎西乡皎西安置点	356	37.02	大桥河	接触氧化

攀枝花市东区	那拉莫	587	22.89	沟渠	A/O 工艺

(5) 运行期生活污水处理设计

1) 元谋县江边集镇安置点生活污水处理

江边集镇规划安置人口 4653 人，运行期生活污水排放量 483.91m³/d，设计规模为 500m³/d。排放量较大，如果仅采用接触氧化单元进行处理，则接触氧化池占地较大且曝气时间长，运行费用较高，因此在接触氧化单元后增加生物化学强化絮凝处理，以加强处理效果，降低曝气环节负荷。处理流程见下图。

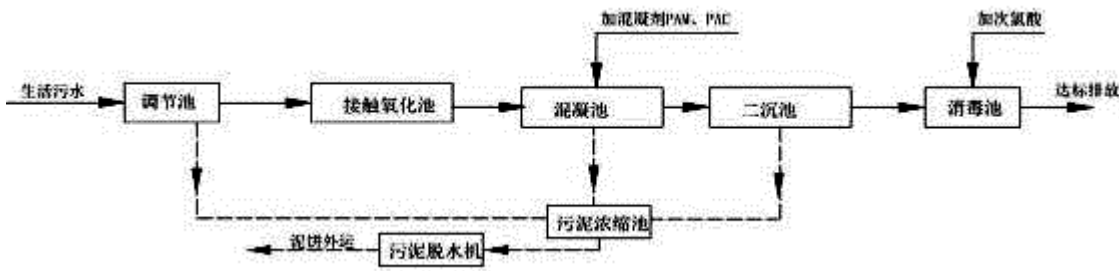


图 6.11-5 元谋县江边集镇安置点运行期生活污水处理流程图

主要处理单元:

①接触氧化池

接触氧化池最大设计流量 0.012m³/s，填料体积 82m³，池长 7.0m，池宽 6.0m，有效容积 294m³，曝气时间 6h。

②絮凝剂加药装置

投加药剂主要为 PAC（聚合氯化铝）和 PAM（聚丙烯酰胺），根据污水处理干管流量自动调整计量泵加药。

③絮凝沉淀池

沉淀池采用竖流式设计，最大设计流量 0.012m³/s，表面负荷 2m³/(m²·h)，带斜管，斜管层高 1m，池表面积 54m²，池长 4.5m，池宽 6.0m，有效水深 3.5m（超高 0.5m），沉淀时间 2h。江边集镇污水处理站构（建）筑物工程量见下表。

表 6.11-30 元谋县江边集镇污水处理站主要构（建）筑物工程量表

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
1	化粪池	5.62×2.88×4.50m	砖砌	8 座
2	隔油池	2.50×2.40×2.00m	砖砌	1 座
3	调节池	6.00×2.4×4.00m	钢砼	2 座
4	接触氧化池	7.00×6.0×4.00m	钢砼	2 座
5	絮凝池	6.00×4.50×4.00m	钢砼	2 座

序号	项目名称	规格	结构形式	数量
6	斜管沉淀池	6.00×4.50×4.00m	钢砼	2 座
7	消毒池	6.00×3.00×4.00m	钢砼	2 座
8	污泥池	Φ4.8×3.50m	钢砼	2 座
9	综合管理间	8.24×4.14m, H=4.2m	框架	1 座

2) 皎平渡集镇皎西安置点生活污水处理

皎西安置点规划安置人口 356 人, 运行期生活污水排放量 37.02m³/d, 设计规模为 50m³/d。排放量较小, 采用接触氧化工艺处理。

接触氧化池最大设计流量 0.002m³/s, 填料体积 10m³, 池长 2m, 池宽 1.5m, 有效容积 30m³, 曝气时间 6h。

3) 那拉莫安置点生活污水处理

那拉莫安置点污水处理采取建设污水处理站的形式, 污水处理站布置于安置点南部空地, 处理后尾水排入下游沟渠, 距离污水处理站约 40m。处理工艺拟选用 A/O 工艺。

主要构筑物设计: 污水处理站单元主要包括, 格栅池、集水沉砂池、A/O 生物池、斜板沉淀池、出水池、贮泥池等, 那拉莫安置点污水处理站构(建)筑物工程量见下表。

表 6.11-31 那拉莫安置点生活污水处理设施尺寸表

序号	名称	规格	单位	数量	结构	备注
1	格栅池	5m×1m×1.66m	座	1	砖混	人工格栅
2	集水沉砂池	5m×2.5m×3.31m	座	1	钢混	潜污泵
3	A/O 生物池	3.5m×2m×2.8m	座	1	钢混	曝气机
4	斜板沉淀池	3.9m×1.4m×4.4m	座	1	钢混	
5	出水池	2m×1m×1.5m	座	1	钢混	
6	贮泥池	1.25m×1m×3.28m	座	2	钢混	污泥泵
7	出水槽	0.7m×0.7m×0.9m	座	1	钢混	
8	阀门井	1.25m×1m×2.5m	座	1	钢混	
9	铁质大门	高 1.2m, 宽 1m	座	1		
11	围墙	高 1.2m	m	55		
12	厂区道路		m ²	42		水泥道路
13	厂区进厂道路		m ²	7		水泥道路
14	厂区绿化		m ²	90		

6.11.2.2 生态环境保护措施

为保护城镇迁建区的生态环境，采取的环保措施与农村安置点类似。生态补偿措施方面，为保护安置点及附近生态环境，城镇各安置点周边根据影响范围大小，分别设置宣传标识牌及野生动植物保护警示牌，皎西安置点和那拉莫安置点施工人员入场前各进行一次宣传培训，江边集镇由于规模相对较大，建设周期较长，建设前和建设中期各进行一次宣传培训。同时，为保护安置点及其附近动植物，安置点周边设置宣传标识牌及野生动植物保护警示牌。具体数量见下表。

表 6.11-32 城（集）镇安置点生态环境保护措施工程量统计表

行政区属		安置点	安置人数规划水平年（人）	宣传标识牌（个）	警示牌（个）	宣传培训（次）
云南省	元谋县	江边集镇	4653	8	7	2
	禄劝县	皎西	356	3	3	1
四川省	攀枝花市东区	那拉莫	587	5	5	1

6.11.2.3 环境空气保护措施

城（集）镇安置点环境空气保护措施同农村安置点，主要包括改进施工工艺、配置必要的除尘设备、除尘降尘防护措施以及运输防尘措施。措施原则及要求同农村安置点。

除尘降尘防护措施中，三处城（集）镇根据规模及周边环境特点采取除尘降尘措施。江边集镇安置规模超 4000 人，配置一台机动洒水车，2 台手推洒水车，皎西安置点虽然人口规模小，但临近皎西集镇，拟配置 2 台手推洒水车，那拉莫安置点属于城区安置，拟配置 1 台机动洒水车，1 台手推洒水车，那拉莫安置点完工后，机动洒水车可调配至攀枝花市其他区域配合安置点建设。具体洒水车配置量见下表。

表 6.11-33 城（集）镇安置点洒水车配置数量统计表

行政区属		安置点	安置人数规划水平年（人）	机动洒水车（台）	手推洒水车（台）
云南省	元谋县	江边集镇	4653	1	2
	禄劝县	皎西	356		2
四川省	攀枝花市东区	那拉莫	587	1	1
合计			5596	2	5

6.11.2.4 声环境保护措施

城（集）镇施工过程对声环境的保护措施与农村安置点类似，主要从噪声源控制及敏感受体防护两个方面提出要求并采取相应措施。

为保护安置点周边及车辆所经路段居民声环境，在居民密集路段设置限速、限鸣笛的标志牌。按照每个安置点配置 6 个限速标志牌和禁鸣标志牌计列，城（集）镇安置点共需配置 18 个限速标志和 18 个禁鸣标志，云南省 2 处集镇安置点共布置 12 个限速标志和 12 个禁鸣标志牌，四川省那拉莫安置点布置 6 个限速标志牌和 6 个禁鸣标志牌。在每处安置点对外连接路设 2 处减速带，四川共设 2 个，云南设 4 个。

江边集镇安置点临近江边乡大树村大树组，且临界第一排 7 户，需在其临界第一排附近设置隔声屏进行噪声防护。根据每户 20m 的标准计列，需 140m 长隔声屏。

6.11.2.5 固体废物处理与处置

（1）城（集）镇生活垃圾来源及组成

集镇生活垃圾主要由居民的生活垃圾、商业、服务业和少量建筑垃圾等废弃物所构成的混合物，成分比较复杂，其构成主要受居民生活水平、能源结构、城市建设、绿化面积以及季节变化的影响。

经调查和查阅相关资料，移民迁建集镇生活垃圾组成见下表。

表 6.11-34 移民迁建集镇生活垃圾成分表

地 方		厨余/ 果皮	植物垃 圾	无机垃 圾	废品类		有害垃 圾
					可回收	不可回收	
重庆（长寿、 巴南、江津）	低收入	51.0		30.0	19.0		——
	中收入	59.2		24.0	16.8		——
	高收入	63.2		19.1	17.7		——
浙江临安太湖源镇		53.1	0.3	19.1	3.2	24.1	0.2

由表 6.11-34 分析可知，垃圾成分以有机成分占主导，热值较高，主要有厨余、果皮及木草等，废品类含量总体较低。随着集镇居民生活水平的提高，垃圾的组分也在发生相应的变化。

（2）垃圾收集及运输设施

迁建后，江边集镇居民 4653 人，按每人每天产生垃圾 1kg 计算，江边集镇

第一年垃圾产生量约 0.17 万 t。皎西安置点以安置 356 人计，第一年垃圾产生量 0.013 万 t。人口增长率和移民安置规划保持一致，取值 8‰，生活垃圾量按 15 年期限预测，两处处生活垃圾产量将达 2.9 万 t，具体结果见下表。

表 6.11-35 江边乡、新村安置点生活垃圾产生量统计表

安置点名称	安置人数	人口增长率	15 年垃圾产量 (万 t)
江边集镇安置点	4653	8‰	2.7
皎西安置点	356	8‰	0.2
合计			2.9

为了尽量避免生活垃圾乱堆乱放，在各迁建集镇设置垃圾桶，原则按照每 10~15 户配置一个；为消除垃圾收运过程中的二次污染，完全实现封闭清运和机械化作业，应在江边集镇安置点、皎西安置点各设 1 处中转站，垃圾通过清扫、清运集中到中转站，再用垃圾清运车运至垃圾处理场所进行处理。

乌东德水电站建设征地涉及攀枝花市东区那拉莫一处城区安置点，规划搬迁安置人口 587 人。那拉莫安置点居民产生的垃圾收集至配备的垃圾桶中，最后汇集进垃圾中转站，由环卫人员收集后运送至市垃圾填埋场一并处理。根据规模，那拉莫安置点可配置 49 个垃圾桶。

各安置点垃圾桶、垃圾车、垃圾中转站数量见表 6.11-36，垃圾中转站规模见表 6.11-37。

表 6.11-36 城集镇安置点垃圾桶、垃圾车数量统计表

行政区属		安置点	安置人数规 划水平年 (人)	户数 (户)	垃圾桶 (个)	垃圾中转站 (个)
云南省	元谋县	江边集镇	4653	1224	102	1
	禄劝县	皎西	356	94	8	1
四川省	攀枝花市东 区	那拉莫	587	154	13	1
合计			5596	1473	123	2

表 6.11-37 江边及皎西安置点垃圾中转站规模

安置点名称	安置人数规划水平年 (人)	中转站容积 (m³)	占地面积 (m²)
江边	4653	15	200
皎西	356	6	70

(3) 处理工艺比选

我国现较常用的生活垃圾处理方法主要由卫生填埋法、堆肥法以及焚烧法。

3 种垃圾处理技术方案的优缺点见下表。

表 6.11-38 生活垃圾处理工艺对比表

比较项目	卫生填埋法	焚烧法	堆肥法
技术可靠性	可靠，属常用处理方法	较可靠，国外属成熟技术	较可靠，我国有实践经验
工程规模	主要取决于作业场地、填埋容量、设备配置和使用年限，一般均较大	单台焚烧炉规模常用 100~500t/d，垃圾焚烧厂一般安装 2~4 台焚烧炉	表态或动态间歇式堆肥厂常用 100~200t/d，动态连续式堆肥厂可达 200~400 t/d
选址难度	较困难	有一定难度	有一定难度
占地面积	大，500~900m ² /t	较小，60~100 m ² /t	中等，110~150 m ² /t
建设工期	9~12 个月	30~36 个月	12~18 个月
适用条件	进场垃圾的含水率小于 30%，无机成分大于 60%	进炉垃圾的低位热值高于 5000kg/kg、含水率小于 50%，灰分低于 30%	垃圾中可生物降解有机物含量大于 20%
操作安全性	较好，沼气导排要畅通	较好，严格按照规范操作	较好
管理水平	一般	很高	较高
产品市场	有沼气回收的卫生填埋场，沼气可用作发电等	热能或电能可为社会使用，需要政策支持	落实堆肥产品市场有一定困难，需要多种措施
能源化	沼气收集后可用以发电	垃圾焚烧余热可发电或综合利用	采用厌氧消化工艺，沼气收集后可发电或综合利用
资源利用	填埋场封场并稳定后，可恢复土地利用或再生土地资源，陈垃圾可开采利用	垃圾分选可回收部分物质，焚烧炉渣可综合利用	垃圾堆肥产品可用于农业种植和园林绿化等，并可回收部分物资
稳定时间	10~15 年	2 小时左右	20~30 天
最终处置	填埋本身是一种最终处置方式	焚烧炉渣需作处置，约占进炉垃圾量的 10%~15%	不可堆肥物需作处置，约占进厂垃圾量的 30%~40%
地表水污染	应有完善的渗滤水处理设施，但不易达标	炉渣填埋时与垃圾填埋方法相仿，但水量小	可能性较小，污水应经处理后排入城市管网
地下水污染	场底需有防渗措施，但仍可能渗漏，人工衬底投资大	可能性较小	可能性较小
大气污染	有轻微污染，可用导气、覆盖、隔离带等措施控制	应加强对酸性气体、重金属和二噁英的控制和治理	有轻微气味，应设除臭装置和隔离带
土壤污染	限于填埋场区域	灰渣不能随意堆放	需控制堆肥中重金属含量和 pH 值
主要环保措施	场地防渗、每天覆盖、沼气导排、渗滤水处理等	烟气治理、噪声控制、灰渣处理、恶臭防治等	恶臭防治、飞尘控制、污水处理、残渣处置等
投资（不计征地费）	18 万元~27 万元/t（单层合成衬底，压实机引进）	50 万元~70 万元/t（余热发电上网，国产化率 50%）	25 万元~36 万元/t（制有机复合肥，国产化率 60%）
处理成本（不计折旧费及运费）	35~55 元/t	50~80 元/t	35~55 元/t
处理成本（计折旧费不计运费）	35~55 元/t	90~200 元/t	50~80 元/t

(4) 方案的确定

卫生填埋法是目前国内大多数城镇垃圾处理采用的方法，是一种最经济、技术相对简单、可靠，易运行管理的处理工艺。迁建集镇的经济发展相对落后，财力和行业管理水平有限；集镇附近山谷较多，能找到适宜的山谷作为垃圾卫生填埋场地。因此，选择卫生填埋工艺作为迁建集镇生活垃圾处理工艺。

江边集镇为迁建集镇，需选址新建垃圾填埋场。蛟西安置点为临近蛟平渡集镇迁建，安置规模小，且安置点距马鹿塘垃圾填埋场约 20km，可满足蛟西安置点的垃圾填埋要求，不需新建垃圾填埋场。

(5) 垃圾填埋规模

垃圾处理场的规模按安置区垃圾产生量计算，容量按安置后 15 年产生量计算，生活垃圾容重 $0.8\text{t}/\text{m}^3$ 计算，考虑到一定的安全系数 (1.2)，覆土体积按 25% 计算，江边集镇垃圾填埋场的规模见下表。

表 6.11-39 江边集镇安置点垃圾填埋场规模

安置点名称	规划水平年安置人数 (个)	15 年垃圾产生量 (万 t)	处理规模 (万 m^3)	所需库容 (万 m^3)	场址库容 (万 m^3)
江边	4563	2.7	3.38	4.05	5.06

(6) 填埋场选址

江边集镇垃圾填埋场位置初选于蓆草箐西南侧约 200m 处黄江公路东侧，距离江边集镇安置点东南侧约 1.6km。该区位于黄江公路以东，距黄江公路约 100m，箐长约 700m，箐宽约 100m，箐深约 10m，属天然山谷，容量满足要求。

从地形地貌特征看，工程区位于元谋盆地东部，龙川江右岸，属于低山丘陵地貌，工程区北为蓆草箐沟，南为老河底箐，区内地形起伏大，沟谷发育。填埋场新址 500m 内无环境敏感点，无集中式饮用水源地保护、自然保护区、风景名胜区、文物古迹等环境限制因素，交通便利，供水供电方便，地质条件良好，适宜建场。

(7) 处理工艺及其参数设计

1) 工艺流程

垃圾填埋场处理流程见下图。

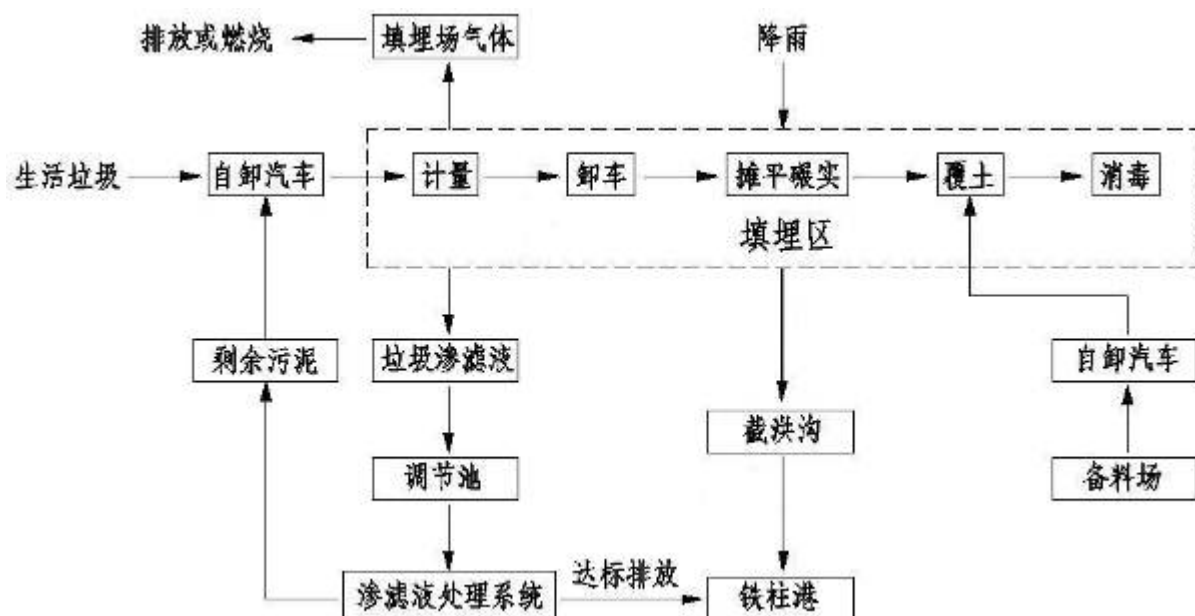


图 6.11-6 垃圾填埋场处理流程图

2) 填埋场设计

①填埋作业方式

垃圾运至填埋库区，采用“分区—单元式”填埋法，用覆盖土重复利用的方法，即在完成 2.5m 填埋单元高程后进行覆盖时，将下层覆土用推土机按单元向后推移，以便覆盖新填埋的垃圾。依次而作，既保证了覆盖要求、减少了覆盖土所占库容，又降低了运行成本。填埋作业按分区单元式填埋，从垃圾坝处向上，采用分层压实方法进行操作，即平铺垃圾厚度 0.4~0.5m，经压实后再平铺垃圾，由此重复进行达到每日填埋高度。

填埋单元根据日产垃圾实际入库量确定，每天作业一单元，每个单元填成斜四棱体，高度 2.5m(其中压实垃圾厚度 2.3m)，每天作业的平台面积为 70~100m²，作业平台宽度 8m，推进距离 10m，其斜坡面坡度不大于 1:3 (高:水平)。

②填埋中间层

每两层填埋单元有填埋中间层。填埋单元的高度为 5m，填埋中间层覆土压实厚度为 0.3m，因此每层填埋单元实际填埋垃圾压实厚度为 4.7m。中间覆土层不作重复利用。在中间层的下部铺设 DN200 HDPE 穿孔导气管与竖向石笼连接，穿孔导气管的间距控制在 40m 左右。石笼中的排气管同大气相连，并高出封顶层 2.0 米。这样便于垃圾堆体内沼气的排出和渗滤液的收集。

③每日覆盖

垃圾卫生填埋场的一个显著特征就是每日覆盖。在每天完成一个填埋单元后，应该及时覆盖单元暴露的垃圾面。每日覆盖厚度为 15~20cm，覆盖材料为自然土或建筑弃土。这样可以避免粉尘和轻薄碎片的飞扬，以及控制疾病的传播，抑制蚊蝇孳生。

④场底处理

江边集镇垃圾甜蜜场为利用天然地势处理垃圾的填埋场，垃圾进场前要对场地进行必要的清理、平整和夯实；场地放坡>2%；便于排导反渗水及可能出现的地下水。

⑤终期封场

按“分区一单元式”填埋作业方式依次重复操作至设计填埋高程时，需进行终期覆盖封场，其目的在于土地的综合利用、减少雨水的渗入、防止污染物泄漏。终期覆土由下至上由以下几部分组成：

排气层：采用粗粒石料，粒径 d10~d20mm，厚度 30cm。

膜下粘土保护层：厚度 30cm，压实度≥90%。

HDPE 膜：1.5mm。

土工布：500g/m²。

导水层：碎石 d20~50mm，厚度 30cm。

自然土：厚度 30cm。

营养土：厚度 30cm，封场后进行绿化。

封场顶面坡度≥5%，台阶坡度 1:3，高差每隔 5m 设一个 2m 宽的平台。防渗系统采用 1.5mm 高密度聚乙烯 HDPE 土工膜和 GCL 钠基膨润土垫组成防渗衬层的单层复合水平防渗工艺。填埋气体采用导气石笼收集后高空排放。

⑥垃圾坝

垃圾坝的主要作用是取得初始库容、阻拦垃圾外溢、稳固垃圾堆体、有序引排渗滤液和联系渗滤液调节池的作用，拟建垃圾主坝均位于垃圾填埋场与渗滤液处理区之间。

A、坝体设计高度和长度

坝顶设计高程为 1200m，坝顶设计长度约为 18.5m，坝底设计高程为 26m，

坝体最大设计挡垃圾高度为 19m。

B、坝体设计选型

参照《碾压式土石坝设计规范》，由于垃圾主坝设计最大高度为 19m，未超过 30m 高度，属于低坝，垃圾填埋场垃圾主坝坝型拟采用浆砌块石坝的形式。

C、坝体结构设计

坝体基础：C15 混凝土，在坝基础上面配少量构造钢筋；坝体用 C15 细石混凝土砌 Mu60 毛石；坝体基础、坝体沿坝长每 15 米设伸缩缝一道。永久坝底两侧均铺 HDPE 防渗膜，防渗膜外设砖砌体保护层；临时坝坝底在库区一侧铺 HDPE 防渗膜，防渗膜外设砖砌体保护。坝体与岸坡连接设计时，在坝体与岸坡形成自然沟渠处，设计排水沟。基础采用天然地基，大开挖施工。

D、地下水、渗滤液引出主坝导管设计

为了收集垃圾渗滤液和引出库区地下水，在库区设计渗滤液和地下水收集管道，管道穿过垃圾主坝进入调节池。为了保证管道安全穿过主坝，筑坝时，在管道穿过处设计钢筋混凝土拱型结构保护管道。

⑦防渗系统

A、防渗标准

根据现行国家标准《生活垃圾填埋污染控制标准》（GB16889-2008）和《城镇生活垃圾卫生填埋技术规范》（GJJ17-2004）的规定，防渗层的渗透系数 $\leq 10^{-7} \text{cm/s}$ 。

B、防渗方案比较及选择

根据场址工程地质及水文地质初步勘察结果，填埋场场址不具备天然防渗条件，不可采用天然防渗方案。

本场拟推荐采用高密度聚乙烯（HDPE）土工膜水平防渗工艺。

高密度聚乙烯（HDPE）膜的物理力学性能指标应符合下列要求：

密度（ ρ ） $\geq 970 \text{kg/m}^3$ ；

破坏拉应力（ σ ） $\geq 12 \text{Mpa}$

断裂伸长率（ ε ） $\geq 500\%$

弹性模量（E） $\geq 70 \text{Mpa}$ （在 5°C 时）；

抗冻性（脆性温度）低于 -60°C ；

联接强度应大于母材强度；

撕裂强度 $\geq 40\text{N/mm}$ ；

抗渗强度在 1.05Mpa 水压下 48hr 不渗水；

渗透系数 $K < 10^{-13}\text{cm/s}$ 。

C、防渗设计

a、场底防渗

场底防渗层由下至上分别为：

地下水导流层：厚度 30cm，采用碎石， $d_{20}\sim 50\text{mm}$ ；

土工布： 500g/m^2 ；

膜下保护层：粘土厚度 40cm。粘土保护层的密实度为 95%，渗透系数不大于 $1\times 10^{-5}\text{cm/s}$ 。

HDPE 土工膜：厚度 2mm。

土工布： 400g/m^2 ；

膜上保护层：粘土厚度 30cm。粘土保护层的密实度为 95%，渗透系数不大于 $1\times 10^{-5}\text{cm/s}$ ；

渗滤液导流层：厚度 30cm， $d_{20}\sim 50\text{mm}$ ；

土工布： 300g/m^2 ；

垃圾填埋层：粘土层的压实度应大于 95%，不能出现龟裂、脱水，应避免雨季施工。为防止在填埋场运行初期由于垃圾压实机械的车轮或履带以及车辆的制动力对 HDPE 膜造成破坏，在填埋底部的 3~5m 厚的垃圾不予压实。

b、边坡防渗

边坡防渗层由下至上分别为：

基础平整；

单糙面 HDPE 膜：厚度 1.5mm；

土工布： 300g/m^2 ；

渗滤液导流与缓冲层：砾石袋(或砂袋)，厚度 30~50cm；

垃圾填埋层。

⑧渗沥液处理工艺

渗沥液设计日处理规模 $8\text{m}^3/\text{d}$ ，渗滤液现有处理方法包括物理化学法、生物

处理法、土地处理法等。土地处理法包括渗滤液回灌、塘和人工湿地等。其中，回灌法是目前使用较多、比较成熟的一种方法。渗滤液回灌，就是用适当的方法将在填埋场底部收集到的渗滤液从其覆盖层表面或覆盖层下部重新灌入填埋场，利用填埋场这个“生物滤床”净化渗滤液。回灌方法具有适应性好、稳定化进程快、投资省、运行和维护费用低等优点，但回灌法不能完全消除渗滤液，受填埋场物理和气象条件的限制，仍有部分渗滤液须外排处理。

江边集镇垃圾填埋场规模较小，产生的渗滤液较少，采用物理、化学法对渗滤液处理成本较高。由于垃圾填埋场位于干热河谷地区，降雨少，蒸发量大，可考虑采用真空吸污车收集后采取回喷的方式进行处理，同时设调节池，对暴雨期渗滤液进行收集，由真空吸污车收集后运至集镇污水处理厂处理。处理后水质达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）中的表 2 一般地区标准后排放。

⑨项目建设期及人员编制

项目建设期 1 年，计划于 2016 年 1 月正式投入运行，垃圾填埋场人员编制为 5 人。江边集镇生活垃圾处理场主要工程量下表。

表 6.11-40 江边集镇垃圾填埋场工程量估算表

序号	安置点名称	场址库容 (万 m ³)	土石方开挖 (m ³)	土石回填 (m ³)	浆砌石 (m ³)	混凝土 (m ³)	钢筋(t)
1	江边集镇	5.06	4000	1500	550	1200	120

6.11.2.6 人群健康保护措施

(1) 饮用水源的保护

1) 地表水饮用水源保护

攀枝花市的金沙阳光及那拉莫两处安置点用水为城市供水管网，不需设置警示牌外，其余水源地或取水池处应设置明显的警示牌，每处 4 个。水源周围 1km 水域内严禁捕捞、停靠船只、游泳和从事可能污染水源的任何活动；对引用山塘水和溪沟水的集中居民点，应修建蓄水池，采取适当的消毒措施；做好水源涵养林等与水源保护相关的植被保护措施，严禁使用剧毒和高残留农药，禁止乱排污水，乱倒垃圾等。

2) 地下水饮用水源保护

对建库后以泉水、井水为饮用水源的居民点和散居移民，应做好水源保护工作，要划定保护范围，同时要对饮用水进行定期消毒。

(2) 卫生防疫措施

1) 要做好移民安置区环境卫生清理和管理工作，加强饮用水的管理，严格执行饮用水卫生标准。

对安置区内建房及原有的厕所、粪坑、畜圈、垃圾堆放点、建筑用地和新埋坟地进行一次清理和消毒，预防和控制传染性疾病的流行，确保安置区的卫生环境。并做好移民迁建集镇的公共卫生设施规划，修建公共厕所。

在移民安置前对有关动物性传染源和传播媒介应进行杀灭，降低虫媒传染病、肠道传染病传播媒介的密度，主要灭害对象是灭鼠、灭蚊和灭蝇。居住区灭鼠、灭蚊和灭蝇的面积按集镇移民每人建房面积 20m^2 ，城区每人 30m^2 确定，适当考虑淹没线上老居民住宅，两集镇每次处理面积约 0.12km^2 ，城区处理面积约 0.02km^2 。安置前共灭鼠、灭蝇、灭蚊 3 次。

2) 利用发放宣传资料、广播和各种会议向群众宣传讲解卫生防疫知识，包括肺结核、病毒性肝炎、痢疾、疟疾等常见传染病的防病知识和计划免疫预防接种知识；加强移民的健康教育，提高移民安置区群众的卫生素质，增强疾病防疫知识，移民安置期间每年安排 1 次。

3) 其余监督管理措施同农村移民安置点。

6.11.3 专业项目复建环境保护措施

6.11.3.1 交通工程

(1) 水环境保护措施

1) 施工人员生活污水处理措施

施工营地生活污水严禁直接排入自然受纳水体；施工应优先选择租用民房，利用居民现有化粪池等设施处理后做农肥；对距离现有居民点较远的施工营地应修建旱厕和化粪池，在施工营地四周开挖截水沟。

2) 施工生产废水处理措施

施工期间将排放混凝土搅拌废水、砂石料冲洗废水等，主要以 pH、SS 为污

染特征。发生数量依据施工单位水平和材料性质，一般排放量不大。将施工产生的 SS 污水引至临时沉淀池，经栅格过滤沉淀后可消除此类污染影响。混凝土搅拌废水在沉淀池中加酸进行中和沉淀后排放。在施工机械车辆检修、冲洗场所布设检修平台，平台周围布设集水沟，并布置隔油池对施工机械冲洗及维修产生的油污水进行收集处理。

3) 管理措施

(2) 生态环境保护措施

1) 施工公路建设中应避开林地集中分布的区域，同时线路顺应地形起伏布设，减少开挖面及开挖量。

2) 施工公路建设宜采用人工进行开挖，避免采用大型施工机械，以减轻公路建设对地表植被和地质结构的破坏。

3) 在公路修筑过程首先应及时对上边坡中土质边坡段采取有效支护，防止崩塌、滑坡危害；其次施工中产生的废弃土石不应随意堆放在下边坡上，防止其形成泥石流和增加斜坡重量后引发新的地质灾害。

4) 优化工区出渣方式，优化道路施工布置和减少道路开挖断面，采用半挖半填方式，从源头上减少地表破坏和扰动面积，减少损坏水土保持设施，以降低水土保持防治难度，减少水土保持防治工程量。

5) 完善施工公路必要的排水系统及挡护设施，包括道路两侧排水；根据施工场地条件和水土保持要求，选用当地乡土树种进行造林绿化。同时由于乔、灌木恢复需要一定的生长周期，为此，在绿化方案设计时，应注重乔、灌、草结合，在水保方案的基础上，公路绿化植物中增加草本植物类型，以利于尽快植被，减少区域内的水土流失。

6) 施工公路建设中应高度重视水土保持工作，严格按照水土保持方案中的公路防治措施执行。

(3) 环境空气保护措施

1) 在靠近公路沿线居民相对集中的居民点施工时，施工现场要设置高度不低于 2m 的硬质围挡，并保持施工场地清洁；施工现场应设专人负责保洁工作，及时洒水清扫，减少扬尘。每个施工段安排 1 名员工定期对施工场地洒水以减少扬尘的飞扬。洒水次数根据天气情况而定。一般原则每天早（7：30-8：30）、中

(12: 00-13: 00)、晚(17: 30-19: 00)上下班高峰期各洒水一次,当风速大于3级、夏季晴好的天气应每隔2个小时洒水一次。根据类比调查,施工场地洒水与否所造成的环境影响差异较大,见表6.11-40。

表 6.11-41 施工场地扬尘(TSP)浓度(mg/m³)变化分析表

距离(m)	场地不洒水	场地喷水后
10	1.75	0.437
20	1.30	0.350
30	0.78	0.310
40	0.365	0.265
50	0.345	0.250
100	0.330	0.238

2) 施工散料运输车辆应采用加盖篷布和湿法相结合的方式,减少扬尘对大气的污染,物料堆放时加盖篷布。

3) 公路施工设置的储料场、混凝土搅拌站应远离公路沿线居民点和学校,布置在较为空旷的位置。其选址应在居民区或学校下风向150m以外,减少物料扬尘和有害气体对居民的污染影响。

4) 利用现有道路作为施工道路进行材料输运等,应做好施工路线选择、车速控制、并在沿线有居民点处采取适当洒水降尘措施,降低二次扬尘污染。

(4) 声环境保护措施

1) 尽量采用低噪声机械,工程施工所用的施工机械设备应事先对其进行常规工作状态下的噪声测量,超过国家标准的机械应禁止其入场施工。施工过程中还应经常对设备进行维修保养,避免由于设备性能差而使噪声增强现象的发生。

2) 合理安排好施工时间与施工场所,高噪声作业区应远离声环境敏感点布置,在敏感点附近路段施工时,如果敏感点监测不能满足相应的声环境质量标准,可以采取临时性的降噪措施,如设置临时降噪声屏障、隔声窗等措施来保护敏感目标。甸渡路兴旺煤业段两处声环境敏感点根据预测,昼夜噪声不超标,无需采取相应环保措施。相对于运营期来讲,施工期噪声影响是短期行为,主要为夜间施工干扰居民休息,因此,应禁止高噪声机械夜间(22: 00~6: 00)施工作业;敏感点路段的施工应酌情调整施工时间,避开学校的敏感时段,要求承包商通过文明施工、加强有效管理加以缓解敲击等作业施工活动的声源。尽量将施工作业

安排在白天进行。必须连续施工作业的工点，施工单位应视具体情况及时与环保部门取得联系，按规定申领夜间施工证，同时发布公告最大限度地争取民众支持。

3) 根据《建筑施工场界噪声限值》要求，应合理确定工程施工场界，由于拟建公路沿线两侧部分居民点距路较近，应尽量避免将施工营地设置在声环境敏感点附近。建议施工场界距敏感点至少保持 200m 的距离，受地形所限时，距离可适当缩小，但必须保证避免在施工场界内存在居民生活区和保证施工场界外的噪声限值符合相应的标准。

4) 应注意合理安排施工物料的运输时间，在途经村镇、学校时，应减速慢行、禁止鸣笛。加强对学校和集中村庄等路段的施工管理，合理制定施工计划。加强施工期噪声监测。

(5) 固体废物环境保护措施

由于施工期中固体废弃物是沿着公路呈线性分布的，若堆放不当或处置不及时，将直接破坏公路沿线生态环境，因此应通过加强施工管理，及时清运、处置，减少和防止固体废物影响。

施工期固体废物主要包括土石方开挖，房屋拆迁、施工残土产生的建筑垃圾和施工人员生活垃圾。根据交通工程设计成果，甸渡路兴旺煤业段无弃渣，黄江公路弃渣 19.42 万 m³，兴旺煤业段高峰施工人数 280 人，黄江公路 200 人，施工期共产生生活垃圾 175t。

黄江公路所产生弃渣需设置弃渣场，并采取防护措施。甸渡路兴旺煤业段施工生活垃圾可收集后运至攀枝花市生活垃圾填埋场处理，黄江公路施工生活垃圾可收集后运至江边集镇垃圾填埋场。

6.11.3.2 水利工程

(1) 水环境保护措施

1) 水源地保护

由于水源水库工程均是作为城、乡镇供水及农村人畜饮水水源，应严格按照《饮用水源保护管理条例》(以下简称管理条例)、《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ/T338-2007) 划定水源保护区进行水质保护。建议地方政府尽快开展库区水源保护区规划，制定水污染防治规划。

①地表水一级保护区

a、水域范围

水源水库工程一级保护区水域范围包括坝址干渠取水口半径 300m 范围内、隧洞取水口（1945.0m）半径 300m 范围内的区域。同时，一级保护区不得小于卫生部门规定的饮用水源卫生防护范围。

b、陆域范围

为干渠取水口侧正常水位线以上 200m 范围内的陆域，或一定高程线以下的陆域，但不超过流域分水岭范围。

一级保护区的水域范围与陆域沿岸纵深范围之和不得小于卫生部规定的饮用水水源卫生防护范围。

②地表水二级保护区

a、水域范围

水库一级保护区边界外的水域面积设定为二级保护区。

b、陆域范围

依据该区域地形条件分析，水库的二级保护区范围是正常水位线以上（一级保护区以外），水平距离 2000m 区域，二级保护区陆域边界不超过流域分水岭范围。

③地表水准保护区

按照湖库流域范围、污染源分布及对饮用水水源水质的影响程度，必要时可以在二级保护区以外的汇水区域设定准保护区。

2) 饮用水源保护区管理措施

①一级保护区

禁止新建、扩建、改建与供水设施和保护水源无关的一切建设项目；禁止船舶及排筏航行，停泊和作业（执行水源保护公务的船只除外）；禁止从事旅游、游泳、垂钓和一切可能造成污染饮用水水源的活动。

②二级保护区

除禁止一级保护区规定的行为外，还应禁止新建、扩建、改建排放水污染物和存在环境污染隐患的建设项目；禁止开辟产生污染物的新的旅游景区；禁止设置装卸垃圾、粪便、油类和有毒有害物质的码头；禁止从事水产养殖、集中式畜禽养殖和捕捞作业活动；禁止在水域滞留、停泊住家（渔）船等。

③准保护区

除禁止一级、二级保护区规定的行为外，还应禁止新设排污口；禁止新建不接入城镇污水官网的项目，禁止新建工业固体废物集中贮存、处置的设施，场所和生活垃圾填埋场；禁止新建、扩建化学制浆造纸、制革、染料、印染、电镀、化肥、农药、食品、酿造、淀粉、化工、医药一级其他排放磷、氮污染物的企业（项目）和可能造成水体污染的项目；禁止擅自通行装运油类、粪便和其他有毒有害物质的船舶和车辆；禁止倾倒油类、酸液、碱液、固体废渣废液、含病原体的污水、工业废渣、放射性废渣废液等有毒有害废弃物；禁止使用农药能有毒物毒杀水生生物及炸鱼和使用电器工具捕鱼；禁止使用不符合农田灌溉水质标准的污水进行灌溉；禁止销售、使用含磷洗涤用品；禁止在水体清洗装贮过油类或者有毒有害污染物的车辆、船舶和容器等；禁止向水体直接排放人畜粪便、倾倒垃圾；禁止从事水上餐饮类活动；禁止开山采石和毁坏林木、植被、水生生物等毁坏生态平衡的活动以及毁坏水源林、护岸林、与水源保护相关制备的活动；禁止法律法规规定的其他禁止行为。

3) 污染事故应急处理

县级以上地方人民政府应当组织编制饮用水水源污染事故应急预案并向社会发布，建立专业应急机构和队伍，配备应急救援设施设备。

饮用水水源保护区及附近可能发生水污染事故的企业事业单位以及供水企业，应制定污染事故应急处置方案，报当地环境保护行政主管部门备案，并适时进行应急演练。

发生事故或者其他突发性事件或者可能造成饮用水水源污染的，责任者应当立即启动该单位的应急方案，采取消除或者减轻污染的措施，并向当地有关行政主管部门报告。

接到报告的行政主管部门应当按照国家和省的有关规定采取应急措施，及时处理。发生饮用水水源污染事故后，县级以上人民政府应当启动饮用水水源污染事故应急预案，及时向受影响区居民发布饮用水水源污染事故警报。

因处置水污染事故需要紧急调水的，有关流域管理机构应当做好调水工作。

饮用水水源污染事故导致供水供应停止的，停止供水地区的县级以上地方人民政府要及时启动备用水源，或者采用其他的饮用水应急供应措施。

(2) 陆生生态保护措施

1) 陆生植物保护措施

①为减免工程施工对施工区及影响区植被造成的不利影响，工程施工设计中应尽量减少施工占地面积和扰动面积，优化设计，降低对地表植被的损害范围；加强对施工工区及营地的管理，在制定位置搭建办公及生活福利设施，尽量减少对植被的侵占面积；在工程施工区设置警示牌表明施工活动区，明确划定施工界限，严禁超界限布置施工项目，避免对施工区域外植被造成破坏。

②工程完工后，及时恢复施工迹地，充分利用可绿化面，种植乔木、灌木与花草，既增加了绿化面积、又美化了环境。施工迹地的绿化恢复过程中将尽量采用当地树种、草种，最好是利用原自然植被的建群种进行恢复。具体可采取人工栽植幼苗的方式，遵循夹杂混合种植、密度适宜、杜绝纯林的原则。

③加强施工管理，降低施工机械噪声，预防因施工爆破、用电引起火宅，尽量降低工程施工对陆生动植物的破坏。

④在工程建设期间，以公告、散发宣传册等形式，加强施工人员及附近居民的生态保护宣传教育，通过制订严格的环保制度，严禁施工人员未经许可砍伐树木，非法捕猎等行为，以减轻施工人员对当地陆生动植物的影响。

⑤加强防火宣传教育、完善防火制度、完备消防设施、建立施工区防火队伍与火警监控系统，预防和避免火灾发生对植被的伤害。

2) 陆生动物保护对策

①全面贯彻执行《中华人民共和国野生动物保护法》、《四川省野生动物保护实施办法》，增强人们对野生动物的保护意识，强化对珍稀重点保护野生动物的有效保护，严禁捕猎工程区的野生动物。

②在闸坝工区和主要施工场地设置警示牌，提醒施工人员加强对野生动物的保护意识，杜绝施工人员捕捉动物的事件发生，不人为伤害评价河段的动物。

③对施工废水、生活废水和生活垃圾、固体废物进行集中无害化处理，防止生产和生活废水、废渣、垃圾污染环境，尽量降低对野生动物特别是两栖爬行类动物的影响。

④合理安排施工机械的作业时间，减小爆破装药量、严禁夜间爆破施工，最大限度地控制对鸟类和其它野生动物的惊扰。

⑤按规定在取水枢纽坝址处泄放足够的生态流量，以保证坝下河段的基本水

量，保护区域内的两栖爬行动物和水禽的水域环境。

⑥在工程建设期间，以公告、散发宣传册等形式，加强施工人员及附近居民的生态保护宣传教育，通过制度化禁止捕食蛙类、蛇类、鸟类、兽类，以减轻施工对当地陆生动物的影响，并采取有效措施抑制鼠类的危害。

（3）水生生态保护措施

1) 加强渔政管理，保护鱼类种质资源

为保护水库河段物种资源，必须加强渔业行政执法力度以保护鱼类种质资源及其赖以生存的水域环境。在水库修建以后，应加强渔政管理工作是做好鱼类繁殖保护的有力保证。尤其在鱼类繁殖季节，此时应加强水域管理，保护产卵群体能够顺利产卵繁殖。政府应采取相应的措施提高渔政管理能力，以进一步减缓工程对当地渔业资源的不利影响。

2) 确保下泄最低流量生态用水

为减轻减水河段对水生生态环境及景观影响，规划水库需下泄最低生态流量维持鱼类等水生生物基本生存条件。河道内生态需水量计算方法很多，国家环保总局办公厅环办函[2006]11 号文提出，维持水生生态系统稳定所需最小水量一般不应小于河道控制断面多年平均流量的 10~20%，同时生态下泄流量还应满足下游敏感生态需水的要求。

①横山水库

横山水库工程设计中提出的在放空洞旁设置生态放水管布置方案，采用 DN300 的钢管，不设置阀门，来保证无人控制目的的下泄 $0.214\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量。当地环保部门应不定期进行抽查和监督工程运行期下泄流量，以维持和保障河道内生态用水。

②仁和水库

工程运行期间下泄河道生态流量为坝址多年平均流量的 10%，即 $0.0427\text{m}^3/\text{s}$ ，每年至少下放 131.5 万 m^3 生态用水。考虑在本区大坝运行期运行期通过埋设于输水隧洞出口接输水干渠取水闸后左侧边墙混凝土内的 $\Phi 150\text{mm}$ 的放水管向下游河道供水。

3) 鱼类增殖放流

针对水源水库工程建设后对流域鱼类资源的不利影响，设计中主要考虑对新

建中型水库（仁和、横山），改扩建中型水库（麻柳水库）建立鱼类增殖放流站。

工程建设后的增殖放流是保护性措施，属于对资源的一种补偿放流，目的是保护工程影响河段中鱼类的地方种质资源的遗传多样性。鉴于昆明裂腹鱼、鲫鱼等 2 种经济鱼类在工程影响水域内都有分布，建议在库区放流这 2 种鱼类。

放流必须在地渔政部门的监督和指导下进行，在工程完工后即开展鱼类放流任务，每年 4 月份放流，连续放流 3 年后根据监测情况确定是否再需人工放流。放流阶段，每年分别放流昆明裂腹鱼 15000 尾、鲫鱼 30000 尾。

（4）施工期环境保护措施

1) 水环境保护典型设计

①砂石骨料冲洗废水

横山水库工程设置有 1 个砂石料加工成。砂石骨料加工系统生产最大用水量约 80 m³/h，取排污系数为 0.8，生产废水量 64m³/h。砂石骨料冲洗废水 SS 平均含量约为 30000mg/L，最高达 40000 mg/L。

废水处理工艺流程见下图。

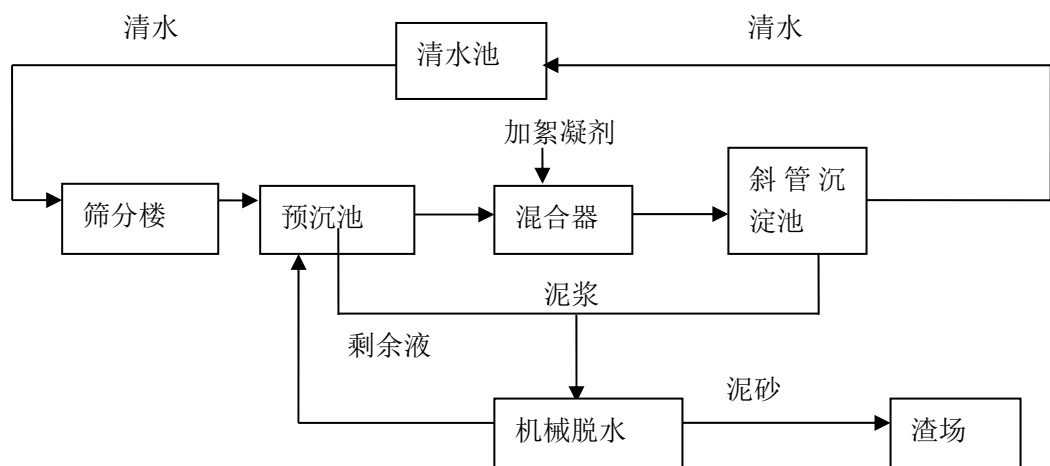


图 6.11-7 砂石料加工系统废水处理工艺流程图

砂石料废水处理系统主要构筑物尺寸汇总至表 6.11-41。

表 6.11-42 砂石料废水处理系统主要构筑物尺寸

工程名称	构筑物名称	数量（格）	单池净尺寸（m）		
			长	宽	高
横山水库	平流预沉池	2×2	6	6	1.8
	斜管沉淀池	2×3	5	5	2.5
	清水池	2×3	5	5	2.5
	加药间	2×1	5	4	2.5
仁和水库	平流预沉池	2×2	4	4	1.6
	斜管沉淀池	2×2	3	3	1.5
	清水池	2×2	4	4	1.6
	加药间	2×1	3	2	2.5

②混凝土拌和冲洗废水处理措施

横山水库共设 3 座混凝土拌和站，按每站 8h 冲洗一次，每次冲洗废水量 1.0m³/计，高峰期混凝土拌和站生产废水量约为 9m³/d；灌区工程混凝土拌和系统采用分区设置，共设置 58 座混凝土拌和站，实行三班制，每次冲洗废水量为 1.0m³/次，则冲洗废水约 174m³/d。废水中 pH 值在 12 左右，SS 浓度约为 5000mg/L，产生方式为间歇式。仁和水库在导流隧洞进出口布置 0.8m³HZQ 移动式拌合机各一台，拌合机生产能力为 40m³/h，施工期混凝土生产系统废水来源于混凝土转筒和料罐冲洗，该系统产生的废水量为 6m³/d。

处理目标按 SS 出水浓度控制在 70mg/L 以下，pH 控制在 6~9 范围内，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级排放标准，并尽量循环利用或用于场地洒水降尘等。

混凝土拌和系统冲洗废水水量较少，只是拌和系统间歇性停止使用前的少量冲洗水，每次一处拌和系统冲洗用水以 1.0m^3 计。采用统一行使和规模的处理池设计，对混凝土拌和系统废水采用矩形中和处理池设计，沉淀池蓄水量考虑一次排水的 3 倍以上，并考虑一定的淤积量，每个蓄水量容积为 3m^3 ，尺寸为 2m （长） $\times 1\text{m}$ （宽） $\times 1.5\text{m}$ （深），每台班末的冲洗废水排入池内，静置沉淀到下一台班末利用，沉淀时间达 7h 以上。处理池为半挖半填结构，池壁采用 30cm 厚钢筋混凝土衬砌，地板铺 20cm 厚的混凝土。处理池内的沉渣定期清运至附近渣场处置。处理池采用矩形，每台班末的冲洗废水排入池内，静置沉淀到下一台班末利用，沉淀时间达 7h 以上。较长的停留时间使得絮凝沉淀后的出水 SS 能够稳定地保持较好的处理效果（ 70mg/L 以下），可直接回用至混凝土拌合楼用于冲洗。池的出水端设计为活动式，便于清运和调节水位。由于沉淀池规模很小，每台搅拌机下设 1 个，仅做浆砌处理。

③含油污水处理措施

横山水库大坝下游设置机械修配厂和修纤站；灌区工程区施工期修配加工、机修、汽修以会理县及工区附近乡镇已有修理厂为依托，工区内不再设置机修、汽修厂。单个机修与汽车保养站含油废水产生量约 $6\text{m}^3/\text{h}$ ，废水中石油类浓度约为 40mg/L ，废水为间歇式排放。

机修与汽车保养站含油废水处理后石油类浓度控制在 5mg/L 以下，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级排放标准，并尽量回用于汽车冲洗与或洒水降尘。

在施工机械及汽车修理间附近处设置简单的废水收集系统，含油废水通过及水沟汇集后，经隔油池油水分离器处理达标后用于场区或周边洒水降尘。

集水沟为矩形断面，尺寸为： $0.2\text{m}\times 0.2\text{m}$ （宽 $\times$ 高）。

隔油池设计为一池两格，设计参数水平流速 0.005m/s ，停留时间 10min，有效水深 1.3m，排油出泥周期 7 天 1 次，有效容积为 2.23m^3 ，每格尺寸为 $3.0\text{m}\times 0.3\text{m}\times 1.6\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 深）。

该方案针对本工程含油污水产生量小的特点，能妥善处理，不会导致含油污水直接进入地表水体或是土壤，造成含油污水污染影响。

④生活污水处理措施

生活污水主要来自于施工人员的生活污水排放，横山水库枢纽工程施工高峰人数 1000 人/d，分别在四大工区，施工高峰期生活污水产生量约 80m³/d；灌区工程施工高峰人数 1700 人/日，分散在各工区居住，施工高峰期生活污水产生量约 136m³/d。生活污水中主要污染物 BOD₅ 和 COD 浓度分别在 200mg/L 和 400mg/L 左右。

仁和水库平均施工人数 600 人/d，高峰期为 800 人/d，则施工期平均排放生活污水量为 48m³/d，高峰期排放生活污水量为 64m³/d。

生活污水处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级排放标准，并尽量用于就近耕地、农田灌溉或施工降尘等。

横山水库工程和仁和施工人员集中在枢纽工区和料场工区，施工高峰期最大排污量分别为 20m³/h、15m³/h，适合布置成套污水处理设施，因此拟在水库枢纽工区布置一套生活污水成套处理设备，在料场施工区分别设置 1 处简易旱厕对生活污水进行收集定期就近清运至水库枢纽的生活污水集中处置，拟选用 XHS 型生活污水成套处理设置，其设计进水水质指标为 BOD₅≤250mg/L，COD≤450 mg/L，SS≤300 mg/L，出水水质指标为 BOD₅≤20mg/L，COD≤100 mg/L，SS≤70 mg/L，能实现工程施工人员生活污水的达标处理。经达标处理后的排水，可用于工程区的生态植被恢复，以及当地农灌和林灌利用。

灌区工程工区布置较为分散，施工人员多租住施工区附近居民房屋，少量的生活污水和粪便可纳入当地居民旱厕或化粪池处理后可回用做农家肥；离居民点较远的工区，施工点配备旱厕。为了及时清理旱厕污水用于周边农田灌溉，统一配备一台吸粪车。

成套生活污水处理设施的处理工艺流程见下图。

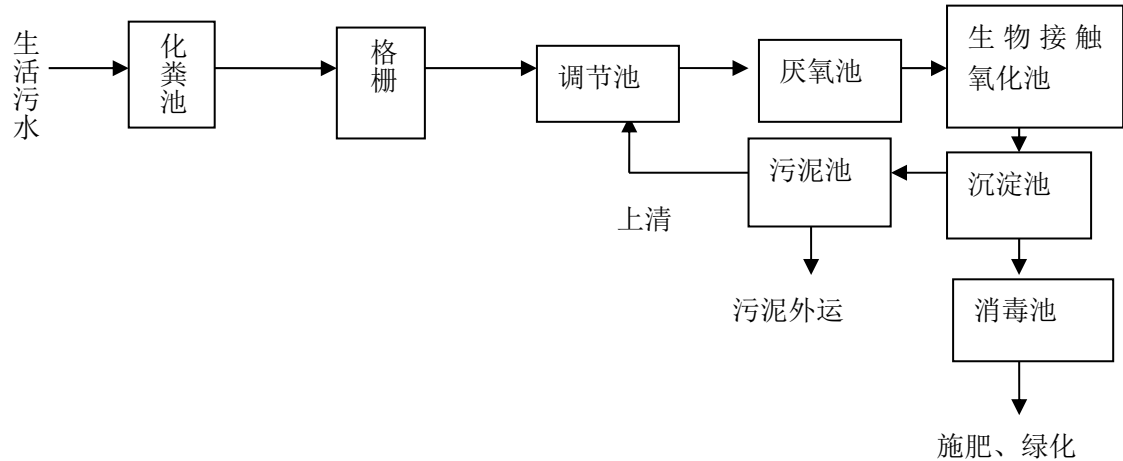


图 6.11-8 生活污水处理工艺流程图

2) 声环境保护

噪声防护措施与乌东德水电站坝区施工区的要求相似,由噪声源、传播途径、敏感点防护三部分组成。

其中,敏感点防护措施主要针对横山乡乡政府附近、石坝村、太平镇居民点、红旗隧洞出口居民点和现场施工人员采取的防护措施。

各敏感点距离施工区 30~300m。由于枢纽区施工比较集中,采取在距离居民点较近的施工厂界设置移动式声屏障(施工围栏);禁止夜间爆破;尽量使用低噪声设备;材料运输车辆在经过道路沿线的村庄时,速度不应超过 40km/h,运载卡车车辆速度低于 40km/h 时,其噪声源强可降低 8~9 dB(A);运输车辆行驶时,不得鸣笛;加强运输车辆管理,禁止运输车辆随意空载运行;同时加强与敏感点单位和个人的沟通,在施工前首先在工程影响范围内以广播、报纸或其他方式对施工情况发布公告。

3) 环境空气

横山水库和仁和水库施工期环境空气保护措施主要包括开挖、爆破粉尘的削减与控制措施、砂石骨料加工与混凝土系统粉尘削减与控制措施、燃油废气的削减与控制以及道路交通扬尘的削减与控制。

4) 固体废弃物处理

①生活垃圾处理

横山水库施工生活区设置垃圾收集站和垃圾桶,施工区共设置收集站 3 个、垃圾桶 16 个,其中枢纽工区 3 个垃圾收集站,6 个垃圾桶,灌区工区 5 个垃圾收集站、10 个垃圾桶,收集的生活垃圾可运至会理县生活垃圾处理厂统一处理。仁和水库施工区设置收集站 2 个、垃圾桶 6 个,收集到的垃圾运至附近乡垃圾填埋场所进行处理。

②建筑垃圾、生产废料等无机垃圾处理

各施工承包商应安排专人负责生产废料的收集,废铁、废钢筋、废木碎块等应堆放在指定的位置,严禁乱堆乱放。

③交通运输垃圾处理

在建筑材料和垃圾运输过程中应对运输货物采取遮盖方式,避免砂石、土料

以及生活垃圾等沿途洒落。定期对交通干道路面进行清理。

(5) 人群健康防护

在工程建成投入运行后,对区内人口较多的村镇及居民点应大力推广和普及使用消毒后的自来水,对饮用水源为地下水的分散农户加强卫生用水宣传。灌区通水后注意消除低洼积水及沟边杂草,防止蚊虫孳生和预防疾病传播。由当地卫生防疫部门对主要饮用水源进行例行水质监测,以确保饮水卫生和群众健康。

6.11.3.3 防护工程

(1) 水环境保护措施

1) 生活污水处理

针对城区防护工程施工营地施工人员少,生活污水量小的特点,拟采用新建化粪池的方法对生活污水进行处理,化粪池的上层清液进入防护区内污水管网,施工结束后安排专业人员将化粪池内淤泥清理后运往当地垃圾场或者就近进行农田堆肥。城区防护工程在四个较大的施工营地设置化粪池处理装置,在施工人数较少的施工营地,施工人员生活污水通过铺设管道将污水引至附近防护区内已有的化粪池处理。按照每个化粪池污水定额 250L/d,设计总人数 125 人,水力停留时间 24h,清掏周期为 1 年,采用砖砌结构,排放方式为污废合流,有覆土,可过汽车等条件计算,化粪池型号为 Z10-40SQF,其有效容积为 40m³,底板长 8.52m,宽 3.88m,池身的长 8.12m,宽 3.48m。

农田防护工程施工人员的生活污水通过所租用民房区域已存在的化粪池进行处理,不需单独进行配备新的处理设施。

2) 含泥污水处理

优化施工方案,合理安排施工进度,尽可能避开在暴雨季节进行土石方开挖,土方回填采取相应防护措施,裸露地面应及时采取覆土和绿化的工程措施,减少水土流失及对附近水域的污染影响。

由于料场在棵果、三堆子、鲊石村、迤资马头滩组、迤资 1#、2#、新田、长坪子、次格地、上格达砂砾石填筑料场地下水与江水位持平,汛期大部分料场被洪水淹没,枯水季节,江水位较低时,漫滩大部分出露。建议这几个填筑料场在枯水期进行开采,并加强施工管理,减少对水环境的扰动。

(2) 生态环境保护措施

防护工程生态保护措施包括生态影响的消减措施、恢复措施、管理措施及水土保持措施。

1) 生态影响削减措施

在工程建设期间，以公告、散发宣传册等形式，加强对施工人员的生态保护宣传教育，禁止捕杀野生动物、随意破坏植被和从事其它有碍生态环境保护的活动，以消减施工对当地陆生动植物和水生生物的影响。在通往施工区的主要路口或主要施工区设置宣教设施，介绍工程相关情况及保护野生动植物的重要意义。

对施工机械的运行方式和季节进行合理安排，以减少对动物的惊扰。

采取适当调整占地方式、优化临时弃渣堆放场等措施，减少工程占地对耕地和灌草地的影响。尽量在荒地安排临时弃渣堆放场，避免破坏地表植被。施工完成后，在临时占地上恢复表层土壤和植被。

2) 生态影响恢复措施

结合当地地形、地质及气候特点，确定施工区植被恢复方案，进行迹地恢复与绿化美化等生态环境建设。对临时堆渣场、块石料场、改建道路沿线进行植被恢复，使工程区植被覆盖率不因工程建设而降低，保持区域原有的生态功能。对永久占地破坏的植被进行生态补偿。

(3) 环境空气保护措施

1) 洒水防尘措施

城区防护工程每个施工段安排 2 辆（共配备 6 辆）手推洒水车对施工道路进行洒水，洒水车规格选用装水容积 0.5t，定时对容易产生二次扬尘的施工路段、装运现场、材料堆放场等洒水抑尘，由于工程位于干热河谷区域，干旱、多风季节每天洒水不能少于 2 次。

农田防护区共租用 4 辆洒水车（4m³）进行洒水，以加速粉尘沉降，缩小粉尘影响时间与范围；洒水次数及用水量根据天气情况和场地粉尘产生情况确定，干旱、多风季节每天洒水不能少于 2 次。避免在风日施工，减少施工扬尘对周围环境的影响。

2) 对外交通及场内交通扬尘的治理

落实水土保持设计中对施工道路的植物措施，有效减少路面粉尘量。落实公路承包管理单位，对施工区内道路进行管理、养护，使路面平坦无损。

施工材料运输采用封闭性车辆或遮盖措施，如采用散装水泥罐装运输，运输装卸的全部过程应密闭进行。并定期对储罐密封性能检查维修。水泥的储存和转运系统应保持良好的密封状态，并定期检修保养。

3) 燃油机械设备排放废气的处理措施

加强对燃油机械设备的维护保养，使发动机在正常、良好状态下工作，以减少废气排放；选用技术上可靠的汽车尾气净化器，使尾气排放达标；及时更新耗油多、效率低、尾气排放严重超标的设备及车辆。

4) 施工人员劳动保护

对处于产尘量较大的场平开挖施工区域现场作业人员，按照国家有关劳动保护的规定，发放防尘用品（如防尘口罩）。

(4) 声环境保护措施

在城区防护施工区沿线噪声不能达标的集中居民区，应采取隔声效果较好的围护结构，可设置可移动式隔声屏障。由于施工区域距离居民点距离较近，采用隔声屏障可在一定范围内降低噪声量，但很难达标，因此应禁止夜间施工。

城区防护工程采取分段施工，4 年施工完成，每段可设移动式隔声屏障。每段移动隔声屏尺寸为高 4m，长 200m，共需 10 个移动隔声屏。

在敏感点附近使用噪声较大的机械（比如反铲、风镐、冲击钻机等）施工时，应避免夜间施工（晚间不超过 22：00 点，早晨不早于 6：0）；攀枝花第十七中学所在地段进行施工时，争取安排在寒暑假进行，最大程度减小对学校的影响。施工人员进场前要进行文明施工教育，在距离居民点较近的工地施工时，禁止喧哗、吵闹，以免影响邻近居民休息。

6.11.4 企业迁建环境保护措施

6.11.4.1 水环境保护

(1) 采矿废水处理措施

企业设计时可用循环水系统，即井下涌水利用系统，选厂循环水系统，冲洗水、除尘废水收集利用系统、充填站回水系统等组成。其中，井下涌水集中由水泵排至地表进入地表水池，涌水作为生产用水使用，少量通过地表水池沉淀后可达标排放。

矿井酸性废水的净化处理可加入碱性缓蚀剂进行中和，以利于改变废水性质，可回收酸性水中的有用成分（如金属离子）。对于无回收价值的酸性水，一般采用中和法，以碱性物质石灰或石灰石作为中和剂。

（2）洗选车间废水处理措施

洗选矿废水处理可通过集水槽收集后进入沉淀池进行沉淀，上清液加入絮凝剂絮凝沉淀，底泥打入尾矿库或沉砂池。经絮凝沉淀后的清水进入循环水池回用于生产，尾矿坝的集水池上清液亦可进入循环水池。具体流程见下图。

铁选矿的精粉池、循环水池、沉淀池、渗水收集池均应建防渗水泥池，避免废水下渗影响地下水环境，防渗措施可行。

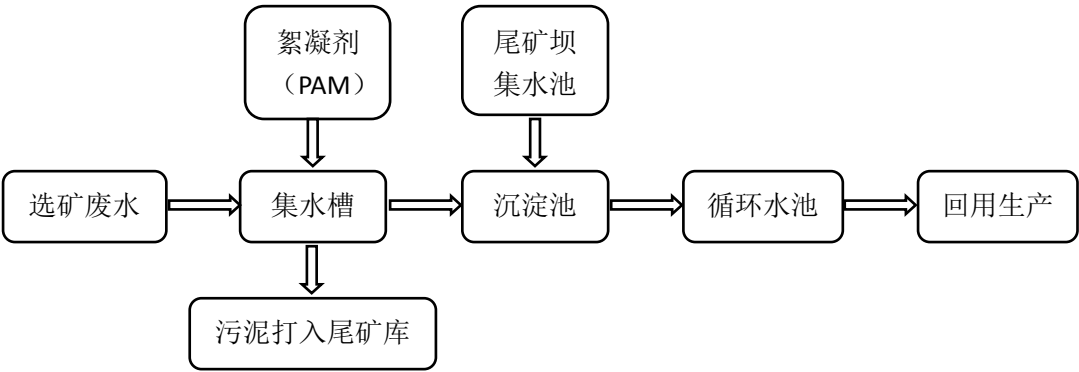


图6.11-9 选矿废水处理流程图

（3）果脯加工企业废水处理措施

果脯加工废水是易于生物降解的有机废水，其 BOD/COD 比值大于 0.4，对该类废水一般采用以生物法为主，物化法为辅的处理工艺。废水首先经格栅、水解酸化池去除较大的固体物、泥砂，再经 ABR 罐体微电解法去除水中的细小悬浮物、油、色度等杂志，最后经好氧、沉淀、过滤砂缸达标排放。具体处理流程见下图。

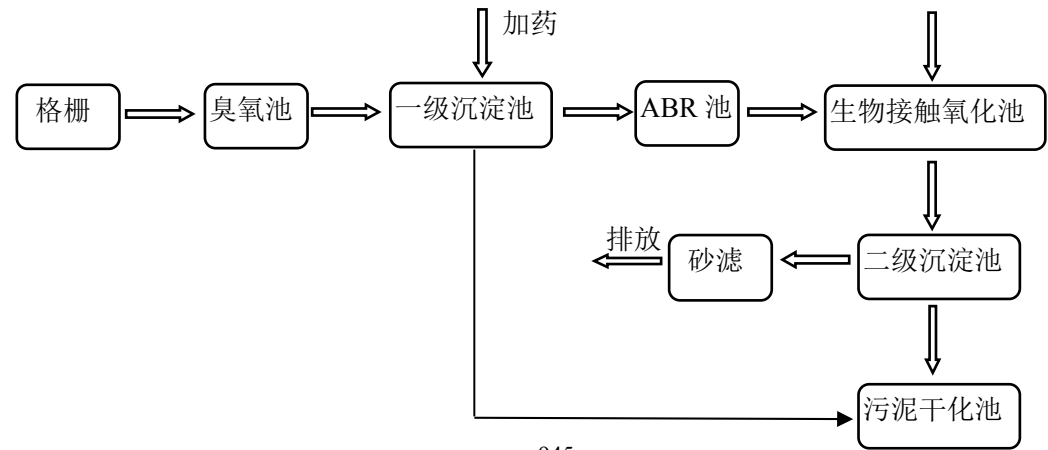


图6.11-10 果脯加工废水处理流程图

6.11.4.2 环境空气质量保护

(1) 井下废气

井下生产废气可采用湿式作业及爆堆、巷道洒水抑尘；破碎硐室可设微孔膜过滤式除尘器，控制破碎产生的粉尘。通过湿式作业、洒水抑尘减少粉尘产生量，井下粉尘、炮烟等废气通过局部通风、系统通风，由回井排至地表。

爆破前后及装矿前对爆堆进行喷雾和洒水；在溜井口、放矿口安装喷雾器，矿岩铲运、装卸、运输等产生点进行喷雾洒水，抑制粉尘。

(2) 选厂粉尘

当今采矿场选矿过程多采取微孔膜过滤式除尘器，选用微孔膜过滤式除尘器后，废气量明显减少，除尘效率 99%，对环境空气的影响大大降低。选矿场须加强管理，限制超载，限制车速，采取车箱加盖篷布等措施，避免矿石和铁精粉沿途抛洒；在干燥有风天气时在厂区附近路段洒水，以减轻扬尘污染。

(3) 充填站粉尘

充填站粉尘可选用微孔膜过滤式除尘器或配备布袋除尘器、压力袖袋除尘器，控制搅拌桶和水泥仓的粉尘，除尘器效率均大于 98%。

(4) 粉尘无组织排放

原料堆场与精粉堆场在干晴有风天气条件下易产生无组织排放的粉尘，晴朗天气应洒水至少 2~3 次，采取洒水抑尘措施和车间地面水冲洗的方式抑尘后，粉尘浓度可达到 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

尾矿库如有干坡面发生，及时采取洒水措施，以防大风天气产生扬尘。

6.11.4.3 声环境保护措施

铁矿企业主要噪声设备有破碎机、球磨机、风机以及泵机等，噪声性质以机械振动噪声为主，主要采用减震和隔声相结合的办法进行治理。对声级值较高的球磨机、破碎机除采用基础减震等措施外，其厂房墙体采用隔声较好的建筑围护结构，隔声量可比一般建筑结构提高 8dB (A)，综合治理效果可降噪 30dB (A)。其它噪声设备，如大型的破碎机，单独建破碎间隔声并进行减震处理，小型的如

循环水本和除尘器引风机则采取减震措施。主要噪声设备减噪措施及效果见下表。

表 6.11-43 主要噪声设备减噪措施及效果

序号	设备名称	声级值 dB (A)	治理措施	治理效果
1	球磨机	90~100	建隔声房，厂房采用较好的隔声建筑围护结构，设备进行减振处理	降低 30dB
2	破碎机	85~90	建破碎间，设备进行减振处理	降低 20dB
3	干选机	75~80	建干选车间，设备进行减振处理	降低 20dB
4	磁选机	75~80	建磁选车间，设备进行减振处理	降低 20dB
5	循环水泵、回水泵	75~85	设备进行减振处理	降低 15dB
6	除尘引风机	75~80	设备隔声、减振处理	降低 15dB

6.11.4.4 固体废物处理与处置

固体废物主要来源于选矿产生的尾砂，一般暂存于尾砂池中，可考虑定期出售给水泥企业作为原料。会理县涉及 4 家，禄劝县涉及 2 家采选矿企业的尾矿库或沉砂池受淹，尾矿规模 2000m³~30000m³不等。六家企业均为物理选矿（磁选），根据企业环境影响评价文件、部分竣工环境保护验收资料，尾矿渣为一般工业固废，不涉及危险废物。但为保护库区水环境，需在库区以外新建渣库进行集中处置。渣库按照 II 类一般工业固废的要求进行防渗，可以满足矿渣及受污染土壤处置的环保要求。

6.12 社会环境保护措施

6.12.1 文物保护

根据云南、四川两省关于乌东德水电站文物古迹影响评价报告，乌东德水电站建设用地或水库淹没范围内涉及 40 处文物古迹，分别采取不处理、提取资料、重点发掘、随集镇迁建、遗迹收集和保护碑复建、提取资料和立保护碑以及异地复原重建等多种保护措施。

（1）乌东德水电站工程建设区

经实地调查、勘探，在乌东德水电站工程建设区分布有文物古迹 8 处，其中云南省有 5 处，分别是阿巧遗址、箐脚冶炼遗址、店子组瓷片采集点、傈僳坪山神石雕像和金沙江皎平渡口；四川省有 3 处，分别是洪门渡遗址、赵母李氏墓、

赵家墓群。主要处理措施有不处理、提取资料和村民自行处理等方式。

1) 阿巧遗址、箐脚冶炼遗址、店子组瓷片采集点 3 处文物古迹位于施工范围内的边缘地带或文物保护价值不大, 将不进行处理。傈傈坪山神石雕像, 有一定的文物保护价值。由于石像属于全体村民共有, 在一些节庆日当地村民都要举行祭拜活动, 且石像体积较小, 易于迁移, 经与当地村民协商, 由村民自行移至公路影响区以外安置, 文物部门不做进一步处理。

2) 洪门渡遗址、赵母李氏墓、赵家墓群 3 处, 具有较高的文物保护价值, 主要保护方式为提取资料。

洪门渡遗址主要资料提取为: 根据史料资料和对村民的询问, 绘制洪门渡的历史地图和红军行军线路图, 用图像反映红军渡江做账的真实图景。赵母李氏墓和赵氏墓地主要资料提出为照相、摄影、绘图和拓片等。

3) 皎平渡口是省级文物保护单位金沙江皎平渡口的重要组成部分, 具有很高的文物保护价值。保护措施为: 对皎平渡口(含将军石)及其周边环境进行摄影、摄像、测绘和文字档案记录, 最大限度收集这一革命历史遗迹资料, 以便在今后重建的红军长征渡江纪念馆中加以展示。在渡口东侧水电站淹没线上选择适当的地方, 竖立原址说明指示碑并重置文物保护碑。

(2) 乌东德水电站水库淹没区

经实地调查、勘探, 在乌东德水电站水库淹没区共计文物古迹 32 处, 其中云南省 13 处, 四川省 19 处。主要保护措施有提取资料、重点发掘、异地迁建等方式。

1) 提取资料

主要针对已难以收集实物的地面文物, 包括龙街渡口、佯渡金沙江浮桥遗址、向氏墓、张开明墓、船房村清墓群、大坪清墓群等 6 处。主要保护方式为对遗址进行摄影、摄像、测绘和文字档案记录, 最大限度收集资料。

对于红军佯渡金沙江浮桥遗址和金沙江龙街渡口遗址, 还应在渡口南侧水电站淹区之上选择适当的地方, 竖立原址说明指示碑和文物保护碑。对于金沙江龙街渡口遗址内的古道采取异地重建保护方式, 迁移重建地点拟定为江边集镇迁建新址, 迁移重建古道长度为 50 m。该古道建设纳入新集镇建设统一规划。

2) 重点发掘

主要针对具有重要历史价值的地下文物,对建设征地范围内的部分进行重点发掘,如武定县新民新村遗址、新民江西坟遗址、新民长田村遗址、新民以鸡嘎遗址等。该类处理方式共包括 23 处。各遗址的发掘面积详见表 6.12-1 和表 6.12-2。

3) 异地迁建

异地迁建主要针对具有重要保护价值的地面文物,共包括 3 处,禄劝县皎平渡纪念碑、纪念馆,元谋县江边红军标语和红军窑洞等。

禄劝县皎平渡纪念碑、纪念馆和皎平渡红军窑洞异地迁建纳入皎平渡集镇新镇建设统一规划;元谋县江边红军标语异地迁建纳入江边乡新集镇建设统一规划。

表 6.12-1 乌东德水电站工程建设区文物及处理措施

省名	名称	地址	年代	面积(m ²)	措施
云南	阿巧遗址	禄劝县乌东德镇阿巧村东侧	旧石器时代	10000	不处理
	箐脚冶炼遗址	禄劝县皎西镇箐脚村西侧	近现代遗址	1500	不处理
	店子组瓷片采集点	禄劝县皎西镇店子组村西侧	明晚期至清代	2000	不处理
	傈僳坪山神石雕像	禄劝县皎西镇傈僳坪村东侧			村民自行处理
	金沙江皎平渡口	禄劝县皎西镇皎平村委会洪门厂村	近现代遗址		遗迹收集,保护碑复建
四川	洪门渡遗址	会东县可河乡大坪村八组	近现代遗址		提取资料
	赵母李氏墓	会东县洛佐乡河门口村四组	清代		提取资料
	赵家墓群	会东县洛佐乡河门口村二组	民国		提取资料

表 6.12-2 乌东德水电站淹没影响区文物及处理措施

省名	名称	地址	年代	面积(m ²)	措施	发掘面积(m ²)
云南	皎平渡纪念碑、馆	禄劝县皎西镇皎平村委会洪门厂村	近现代		异地迁建	
	新民新村遗址	武定县己衣乡新民村委会新村	新石器-青铜	4000	重点发掘	4000
	新民江西坟遗址	武定县己衣乡新民村委会新村	青铜时代	12000	重点发掘	12000
	新民长田村遗址	武定县己衣乡新民村委会长田村	新石器-青铜	10000	重点发掘	10000
	新民以鸡嘎遗址	武定县己衣乡新民村委会以鸡嘎村	新石器	5000	重点发掘	5000
	白马口向阳村遗址	武定县东坡乡白马口村委会向阳村	新石器-青铜	3000	重点发掘	3000
	丙弄丙洪村遗址	元谋县江边乡丙弄村委会丙洪村	新石器-青铜	5000	重点发掘	5000

省名	名称	地址	年代	面积(m ²)	措施	发掘面积(m ²)
四川	江边红军标语	元谋县江边乡龙街村委会龙街村、江边村	近现代		随集镇迁建	
	金沙江龙街渡口遗址	元谋县江边乡龙街村委会江边村	近现代		提取资料,古道迁移	
	江边遗址	元谋县江边乡龙街村委会	新石器	100000	重点发掘	15000
	龙街腊甸村遗址	元谋县江边乡龙街村委会腊甸村	新石器-青铜	12000	重点发掘	5000
	龙街腊甸小山遗址	元谋县江边乡龙街村委会腊甸村	新石器-青铜	36000	重点发掘	5000
	红军佯渡金沙江浮桥遗址	元谋县江边乡龙街村委会江头村	近现代		提取资料,立保护碑	
	李家坪遗址	会理县新安乡新开田村五组	商周至战国	4500	重点发掘	1000
	大坪子遗址	会理县新安乡马安桥村三组	新石器	10000	重点发掘	3000
	平地遗址	会理县新安镇马鞍桥村 5 组	商周	30000	重点发掘	15000
	河东田遗址	会理县黎溪镇新安乡新田村九组	商周至战国	100000	重点发掘	25000
	河头地遗址	会理县黎溪镇新安乡新田村三组	商周	120000	重点发掘	25000
	猴子洞遗址	会理县新安乡马鞍桥村 6 组	新石器至战国	14000	重点发掘	4,000
	河漂遗址	会理县鱼乍乡鱼乍村三组	商周	72000	重点发掘	10000
	三台地遗址	会理县鱼乍乡鱼乍村四组	商周	66000	重点发掘	2,000
	河门口遗址	会东县可河乡河门口村 2、3、4、7、8 组	商周	100000	重点发掘	15000
	下坝子遗址	盐边县红格镇金河村四组	商周	113400	重点发掘	10000
	大劈山石棺葬墓地	会理县新安乡新开田村五组	战国	6000	重点发掘	4000
	小营盘石棺葬墓地	会理县新安乡新开田村五组	战国	300	重点发掘	300
	李家背后山石棺葬墓地	会理县新安乡新开田村五组	战国	3000	重点发掘	500
	大坪石棺葬墓地	会理县新安乡马安桥村三组	明代	44000	重点发掘	20000
	向氏墓	会理县芭蕉乡濛沽村 2 组	清代	30	提取资料	30
	张开明墓	会理县芭蕉乡濛沽村 2 组	清代	50	提取资料	50
	船房村清墓群	会理县江普乡船房村 1 组	清代	15000	提取资料	10000
	大坪清墓群	会理县新安乡马鞍桥村 3 组	清代	200	提取资料	200
	皎平渡红军窑洞	会理县通安镇中武坪村	近现代	35000	异地复原重建	35000

6.12.2 人群健康保护

从各县（市）传染病统计情况可以看出，介水传染病和呼吸道传染病是工程

影响区的主要疾病，而自然疫源性疾病和虫媒传染病发病率很低。但是，由于工程施工区和移民安置区人群活动较多，这为鼠类和蚊类等密度的增加提供了环境条件，为自然疫源性疾病和虫媒传染病的发病率的提高创造了机会，也应引起重视。

传染病的预防与控制策略是预防为主，加强监测。工程区域相关疾病必须针对传染源、传播途径和易感人群三个环节进行综合防治。

6.12.2.1 主要疾病的防治对策

（1）介水传染病

工程涉及区域的介水传染病以痢疾、肝炎、感染性腹泻、伤寒为主，预防措施主要是：大力开展健康教育，普及卫生防病知识，提高自我保健意识。做到食熟食，喝开水，饭前便后洗净手；开展三管一灭（管水、管粪、管饮食、消灭苍蝇）的综合性防治措施，把好病从口入关；严格执行食品卫生法，对饮食业从业人员每年进行食品卫生知识的培训，坚持持证上岗。

此外，应加强人群管理，做好甲肝疫苗接种，建议对重体力施工处人员进行接种；加强水源水质、粪便和垃圾管理，做好饮用水消毒等工作，提高人群健康水平，防治介水传染病暴发流行。由于介水传染病一般 5~7 月为高峰季节，在这期间更应提高警惕，加大防治力度。

（2）自然疫源性疾病

鼠疫是由鼠类传播的自然疫源性疾病，其防治对策及措施主要采取以灭鼠、灭蚤为重点的综合性防治方法，具体措施如下：

1) 灭鼠防鼠

整顿环境卫生，在工程施工区和移民安置区开展经常性灭鼠和疫源地灭鼠，水库蓄水前，先针对水库淹没区进行灭鼠活动。灭鼠主要方法为清除鼠类栖息活动的隐蔽场所，综合采用器具、毒饵、毒粉和生态灭鼠等。每年定期在春秋两季对生活区进行统一消杀灭工作。

2) 杀蚤、革螨和恙螨

主要为办公生活区和临时工棚，移民安置区以及鼠洞、家禽窝以及其他蚤类孳生场所，采用杀虫剂喷洒，杀灭病媒昆虫，主要药物为有机磷和拟除虫菊酯等。每年定期在春秋两季对生活区进行统一消杀灭工作。

3) 个人防护

不直接用手接触鼠及其排泄物，捕杀的鼠类应焚烧和深埋；野外作业时要穿皮类袜子，扎紧裤腿、袖口和腰带，不在草地、草堆上坐、卧，防止骚、革螨进而恙螨叮咬；注意饮食卫生，鼠类污染的食物、食具要消毒。

4) 野外工地的预防措施

建立工棚宿营时宜选择高地、干燥向阳，远离旧堤、土丘、坎地、田埂、土坑等鼠洞密集的地方；搭棚前要平整地面，铲除杂草，清除鼠洞，挖防鼠沟（深、宽各 65cm，沟壁垂直光滑）；灭鼠、灭骚、灭革螨和恙螨；工棚宿舍与粮仓、厨房分开；人睡高铺，铺位不要靠墙，铺下不堆放杂物。

(3) 虫媒传染病

1) 防蚊灭蚊

乙脑和疟疾等传染病必须采取综合性预防措施，关键做好防蚊灭蚊工作，即采用环境防治、化学防治、生物防治等手段进行防蚊灭蚊工作。其中，施工营地、移民安置区居民点采用环境改造和环境处理、化学灭蚊等方法，野外则通过环境清理，平整土地，清除地面积水，休整沟渠，去除杂草，填平坑洼，消除蚊虫孳生地，并采取化学灭蚊等。施工期内，每年定期在春秋两季对生活区进行统一消杀灭工作。

2) 乙脑监测

针对库区或库周可能发生乙脑的传播和流行，除上述防蚊、灭蚊措施外，还应开展乙脑的主动监测，动态了解乙脑人群感染、中间宿主、蚊虫密度和带毒状况，根据不同的流行状况实施对应的预防控制措施；加强易感家畜及家禽的管理，控制和消除畜舍及其周围的蚊虫；10 岁以下儿童及来自非疫区的易感人群应接种乙脑疫苗，提高人群免疫水平。一旦有人员出现高热，头痛，呕吐，倦怠及嗜睡等症状，立即向施工区医疗中心或地方疾控部门汇报。

3) 疟疾防治

对准备进入施工区的施工人员和管理人员进行卫生检疫，了解要进入施工区的施工人员的健康和带菌情况，发现和控制进入施工区的新病种，防止在施工人群中造成相互传染和流行。疟疾进行预防性服药，疫苗预防药品按施工人数每人各准备 2 人份。根据体检和对施工人群传染病监测情况确定，一般在疾病流行季

节进行预防接种或服药。

库区各县还应加强疟疾的预防控制工作，建立健全农村三级卫生网络建设，实行行政领导、专业队伍和基层卫生人员相结合的工作方针。大力开展消灭疟疾的传播媒介（蚊虫）、控制污染源（现症病人和带虫者）保护易感人群为主线巩固现有的灭疟成果。清除房前屋后蚊虫滋生地；对确诊疟疾病例按照正规治疗方案进行根治，控制疟疾传播和流行。

施工工地应根据工作人员数量配备专职或兼职医务人员，负责医务和卫生防疫工作；施工期间对进入的外来人员做好疟疾的疫情监测，对疟原虫血检阳性者给予疟疾正规根治；加强个人防护。工区公共娱乐场所采用杀虫剂室内空间、滞留喷洒和室外滞留速效喷洒的办法防蚊灭蚊，进入公共娱乐场所的人员宜穿长裤、着鞋袜，身体裸露部位涂抹避蚊剂等；也可短期服用疟疾预防药物，减少疟疾感染者的出现。工程结束后，施工人员转移或遣散前，或者中途离开时，对有疟疾病史的带虫者均应给与根治，卫生防疫部门备案，随访半年，防止疟疾扩散。

（4）呼吸道疾病

为防止呼吸道疾病的发生和蔓延，施工期间，特别是冬春季节，施工人员需保持宿舍每天通风，每次应在半小时以上。定时打开门窗自然通风，可有效降低室内空气中微生物的数量，改善室内空气质量。施工人员要保持生活场所的卫生，不要随意堆放垃圾。饭前便后、以及外出归来一定要洗手，勤换、勤洗、勤晒衣服、被褥，不随地吐痰，个人卫生用品切勿混用。加强锻炼，增强免疫力。合理安排劳作，做到生活有规律，劳逸结合，身体劳累过度，必然导致抵御疾病的能力下降，容易受到病毒感染。

（5）地方病

由于克山病的病因暂时还不完全清楚，有关资料记载可能是与居民生活区域的硒缺乏有关，所以在施工期间推荐使用含硒、含碘食盐，注意环境卫生和个人卫生，保护水源，改善水质，改善营养条件，防止偏食，尽量杜绝克山病和碘缺乏病的出现。

（6）传染病检疫

施工人员和管理人员进场前必须进行总人数 20%的检疫；之后，在施工期间每年按施工人数的 10%抽检二次。严密关注施工区传染病流行情况，保证施工人

员的健康，一旦有被传染迹象立即服用备用药品。

6.12.2.2 食物中毒的预防和控制

食物中毒主要是由于人食用了有毒食品后，发生的急性或亚急性中毒疾病。其发生原因，一是食用了食物中含有某些致病性细菌或细菌毒素，二是食用了食物本身含有有毒性的物质，如有毒动植物，三是食用了被化学毒物污染的食物。食物中毒的特点发病急，潜伏期短，严重时可导致死亡，因此必须引起足够的重视并加以预防和控制。

施工期间，应加强食品卫生知识宣传的力度，控制诱发食物中毒的基本环节，把好食品的原料、保存、运输、加工和消毒关。定期对公共餐饮场所进行卫生清理和检查，消除食物中毒隐患。

在工程建设中应妥善保管好各类化工原料，以及为防止各类传染病发生而预备的有毒、有害物品，避免有毒化学物质污染食品，引起化学物质污染食品，引起化学性食物中毒。

发生食物中毒时应及时报告当地卫生行政部门，对病人采取紧急处理，对食品进行控制处理。

6.12.2.3 人群健康管理措施

(1) 建立和健全医疗卫生机构

根据《中华人民共和国传染病防治法实施办法》的规定，在自然疫源地或者可能是自然疫源地内施工的建设单位，应当设立预防保健组织负责施工期间的卫生防疫工作。各级各类医疗保健机构的预防保健组织或者人员的主要责任是：在本单位及责任地段内承担传染病疫情报告和管理；传染病预防和控制工作；卫生行政部门指定的卫生防疫机构交付的传染病防治任务和监测任务；接受指定的卫生防疫机构的业务指导。

乌东德水电站施工区，与本工程有关的传染病的预防及控制措施均由当地疾病预防控制中心承担。但施工期间，仍需在业主营地设置一个医疗卫生机构，配置必要的医疗设备、药品和医护人员，负责施工人员常见疾病的诊治、人群健康体检、预防接种和健康宣传教育，同时配合地方疾控中心开展疫情监测报告和控制工作。

（2）加强水源、水质管理

1) 加强对各种水源的保护，要求在上下游 30m 以内不得有厕所、粪坑、污水沟（坑）等污染源。

对工程施工区饮用水源进行合理选择，处理合格后才能作为饮用水。当用河水、湖（库）水作为饮用水源时，应定好取水点，清除取水点周围 100m 内各种污染源，加强卫生防护，禁止污水排放；用沟箐及山泉水作为水源时，应建立蓄水池，对于监测结果不合格的水，应禁止饮用，直至污染去除。

2) 做好水库淹没区卫生清理，尽可能消除污染水质的因素，保证水质良好，保障库区及其下游地区工业、农业生产和居民饮用水的卫生安全，杜绝病源微生物的扩散，防止介水传染病的发生、流行或爆发。

3) 粪便、及的无害化处置

①粪便的管理

合理布置施工区的公共卫生设施，是进行卫生管理的基本条件，是清除蚊蝇孳生、除害灭病的根本措施。目的在于改善环境卫生质量，降低病媒动物密度，预防疾病流行，保护施工人群身心健康。考虑到施工区办公生活营地修建了厕所等公共卫生设施，根据施工总体布置情况，分别在海子尾巴施工营地、金坪子施工营地、施期施工区、靠近大坝的左右岸各设置移动型生态厕所，每个厕所配置 2 个蹲位。本工程考虑采用两种类型的移动生态厕所，分别为泡沫封堵型生态厕所和免水打包型生态厕所。具体详见施工区水环境保护措施设计。

②垃圾的管理

对于施工区产生的大量生活垃圾，禁止直接向河流中倾倒，禁止在河道两岸任意堆放，应对垃圾收集后，统一送至会东县垃圾处理场进行处理。施工期间还应防止“白色污染”，禁止向外环境随意抛弃包装用的塑料膜、塑料袋和一次性塑料餐具等。

（3）加强人群的管理

1) 饮食、服务行业人员必须进行健康体检，所有传染病病人、病原携带者和疑似病人一律不得从事易于该病传播的职业或工种。

2) 在当地居民和施工人员中开展卫生知识宣传，普及常见传染病的相关知识。教育群众养成喝开水，食熟食，饭前便后勤洗手，不随地吐痰和大小便的良

好习惯。

3) 提高群众的保健和防病知识, 出现相关症状后要早就医, 早治疗。

(4) 相关疾病监测

相关疾病的监测由当地疾病预防控制机构承担, 一旦出现特殊重大疫情, 为了防止库区的传染病输入或输出, 必要时建立临时检疫口岸, 对大批进出口易感人员及食品进行医学、卫生检疫和必要的卫生处理。

6.13 环境保护措施实施规划

工程建设中必须根据相应单元工程的实施进度安排环保措施并落实投资, 确保各类环保设施的正常运转, 满足“三同时”要求。枢纽工程环境保护措施的主要内容、实施部位、保护对象、责任单位、监督单位、监督方式详见表 6.14-1。环境保护措施实施进度安排见表 6.14-2。

表 6.13-1 乌东德水电站环境保护措施及监督管理一览表

内容	措施	实施部位	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
1.水环境保护措施						
1.1 水库库底	卫生清理、建筑物拆除、林木清理、固体废弃物清理	库区移民迁移线以下	库区水质	业主	环境监理、环保局、住建局	监测、检查、验收
1.2 水污染治理	点源治理、面源治理、水环境监督管理等	库周	库区水质	业主		
1.3 电厂生活污水	隔油、生化	乌东德电厂	金沙江水质	业主		
2.陆生生态保护措施						
2.1 生态修复措施	主体枢纽工程区、电站设施周围、临时恢复区、河谷经济林区、消落带等生态修复	枢纽工程区、库周及消落带	陆生生态	业主	环境监理、环保局、住建局	监测、检查、验收
2.2 陆生动植物管理措施	设置警示牌，加强宣传、教育	施工营地	陆生动植物			
2.3 古树名木移植措施	迁地保护	水库淹没区	古树名木			
	就地保护	施工区				
2.4 生态敏感区保护措施	利用水库调度，减小影响	元谋省级风景名胜区	峡谷景观			
3.水生生态保护措施						
3.1 水生生态管理措施	宣传教育、加强渔政管理、废污水处理达标回用	库区及主要支流	水生生物	业主、承包商	环保局、环境监理、渔政部门	监测、检查、验收
3.2 鱼类增殖放流	建设鱼类增殖站	施期村阿巧沟上游	珍稀、特有鱼类	业主		检查、验收
3.3 栖息地保护	强化渔政管理、严格限制影响重点保护河段生态环境的开发活动、有效实施生态修复工程等	乌东德库尾，黑水河从普格县至河口 65km、长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区（含赤水河）	珍稀、特有鱼类	业主	环保局、环境监理、渔政部门	监测、检查、验收
3.4 过鱼设施	集渔船+运鱼车、运渔船	乌东德大坝	洄游鱼类、珍稀、特有鱼类	业主	环保局、环境监理、渔政部门	检查、验收
3.5 优化水库调度	保障生态流量、分层取水、过饱和 TDG 减缓措施	乌东德水电站	珍稀、特有鱼类、生境	业主	环保局、环境监理、渔政部门	检查、验收

内容	措施	实施部位	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
3.6 科学研究	水生生态科研工作	金沙江下游	珍稀、特有鱼类、生境	业主	环保局、环境监理、渔政部门	检查、验收
3.7 鱼类保护基金	设立金沙江下游保护基金	金沙江下游	珍稀、特有鱼类、生境	业主	环保局、环境监理、渔政部门	检查、验收
4.水土保持措施						
4.1 水土保持措施建设和运行	拦挡、排水、植被恢复	施工区、渣场、料场	周边环境	承包商	业主、水保监理、水利局	监测、检查、验收
5.施工区环境保护措施						
5.1 水环境保护措施						
5.1.1 基坑排水	加酸、静置	施工基坑	金沙江水质	承包商	业主、环境监理、环保局	监测、检查、验收
5.1.2 砂石料冲洗废水	混凝、沉淀	下白滩砂石料加工系统、施期砂石料加工系统、海子尾巴临时加工系统	金沙江水质	承包商		
5.1.3 混凝土系统冲洗废水处理系统	中和、沉淀	970 混凝土生产系统、880 混凝土系统、850 混凝土系统	金沙江水质	承包商		
5.1.4 洗车废水处理系统	隔油、沉淀	金坪子、阴地沟、下白滩停车场	金沙江水质	承包商		
5.1.5 生活污水处理系统	隔油、生化	新村营地、海子尾巴、金坪子、马头上	金沙江水质	业主、承包商		
5.2 噪声污染防治措施						
5.2.1 噪声源控制	选用低噪声设备，加强设备保养，设置限速、禁鸣标志	施工机械、道路	卧嘎村、三台村二组、二坪子村	承包商	业主、环境监理、环保局	监测、检查、验收
5.2.2 隔声棚、隔声墙	设置隔声棚	下白滩砂石加工系统	三台村二组	承包商		
5.2.3 耳塞	佩戴隔噪声耳塞	高噪声施工人员	高噪声施工人员	承包商		
5.3 大气污染防治措施						
5.3.1 燃油废气削减	车辆检修、保养	车辆停放场	卧嘎村、二坪子村及场内施工人员	承包商	业主、环境监理、环保局	监测、检查、验收
5.3.2 交通扬尘降尘	洒水、行道树绿化	场内道路				

内容	措施	实施部位	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
5.3.3 劳动保护	佩戴防尘口罩	施工人员	施工人员	承包商		
5.4 固体废弃物处置措施						
5.4.1 生活垃圾收集系统建设	垃圾桶和垃圾车购买与设置，垃圾收集和清运	营地生活区	周边环境	业主	环境监理、环保局	检查、验收
5.4.2 生活垃圾外送处置	外送至会东县垃圾处理场进行处置	营地生活区				
5.4.3 生产垃圾处置	回收、填埋	施工工厂				
5.4.4 硫磺厂废渣处理	运送至坝下游施期表土堆存场附近填埋、进行防渗处理	业主营地	地下水	业主	环境监理、环保局	检查、验收
6.地下水环境保护措施						
6.1 地下水污染防治措施	结合施工区污水及固体废弃物处理措施进行	施工区	地下水水质	承包商、业主	环境监理、环保局	监测、检查、验收
6.2 地下水位下降防治措施	防渗堵漏	施工隧洞	地下水水位	承包商		
7.环境地质保护措施						
7.1 监控措施	监测、预警	库区滑坡体	库区地质安全	业主	环境监理、国土局	监测、检查、验收
7.2 工程措施	工程整治措施	施工区滑坡、高边坡	施工区地质安全	业主、承包商	环境监理、国土局	
7.3 植物措施	封禁、植被恢复	施工区泥石流沟、滑坡体	周边环境	业主、承包商	环境监理、国土局	
8.泄洪消能雾化环境影响减免措施						
8.1 工程措施	结合主体工程措施	泄洪雾化影响区边坡区	建筑物安全	业主	环境监理、业主	监测、检查、
8.2 管理措施	合理调度	泄洪雾化影响区边坡区	建筑物安全	业主	环境监理、业主	验收
9.移民安置环保措施						

内容	措施	实施部位	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
9.1 水环境	根据安置点的规模和污水排放去向，分别采取沼气池+化粪池、组合型强化生物池、成套污水处理设备等措施进行生活污水处理	移民安置区	移民	移民办	县人民政府、环保局	检查、验收
9.2 生态环境	就地保护	移民安置区	古树	业主	环境监理、环保局、住建局	监测、检查、验收
9.3 固体废物	垃圾收集系统、垃圾填埋场	移民安置区	移民	移民办	县人民政府、环保局	检查、验收
9.4 人群健康	宣传、清理、检查、防疫	移民	移民	移民办	县人民政府、环保局	监测、检查
10.社会环境						
10.1 文物保护	提取资料、重点发掘、异地复原重建	建设征地范围内 40 处文物古迹	文物古迹	业主	环境监理、文物局	监测、检查、验收
10.2 人群健康保护措施						
10.2.1 施工区卫生设施设置	设置公共厕所	业主营地和施工营地	施工人员	承包商	业主、环境监理、卫生防疫机构	检查、验收
10.2.2 施工区卫生清理	清理及消毒	施工封闭管理区	施工人员	承包商		监测、检查、验收
10.2.3 施工人员卫生防疫	20%施工人员卫生检疫、10%的施工 施工人员定期体检	施工人员	施工人员	业主		检查
10.2.4 生活饮用水保护	临时开水供应点	施工封闭管理区	施工人员	承包商		监测、检查
10.2.5 食品卫生管理与监督	加强监督管理	施工封闭管理区	施工人员	承包商		检查

表 6.13-2 环境保护措施实施进度安排表

[illegible]

续表 6.13-2 环境保护措施实施进度安排表

项目名称	筹建期	施工期																																运行期										
		第1年			第2年			第3年			第4年			第5年			第6年			第7年			第8年			第9年			第10年			第1年	第2年	第3年										
		29个月	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4											
3.水生生态保护措施																																												
3.1生态流量保障措施																																												
3.2分层取水措施																																												
3.3 鱼类增殖放流																																												
3.4 栖息地保护																																												
3.5 过鱼设施																																												
3.6 科学研究																																												
3.7 水生生态管理措施																																												
4.移民安置区环境保护措施																																												
4.1水环境保护措施																																												
4.2生态环境保护措施																																												
4.3生活垃圾处理措施																																												
4.4人群健康保护措施																																												
5.社会环境																																												
5.1文物保护																																												
5.2人群健康保护措施																																												
6.水环境保护措施																																												
6.1水库库底清理																																												
6.2水污染治理																																												
6.3电厂生活污水																																												
7.环境监测																																												
7.1运行期水环境监测																																												
7.2生态环境监测																																												
7.3移民安置区环境监测																																												
7.4库区局地气候观测																																												
7.5施工区环境监测																																												

6.14竣工环保验收内容

根据国家环保总局 13 号令《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（2001.12.27 发布，2002.2.1 实施）的要求，项目建设与环境保护应实行“三同时”，并应在交付使用 3 个月内申请进行环境保护设施的验收。本项目工程竣工环境保护验收汇总见下表。

表 6.14-1 乌东德水电站环境保护“三同时”竣工验收清单

序号	分项		验收主要内容		备注
一	组织机构设置		按照环评报告书和管理要求成立了相应的环保组织机构		由项目 业主在 提交验 收申请 报告时 提供
二	招投标文件		在工程施工及设施采购合同中应有环保的规定条款		
三	动态监测资料		施工期环境监测报告		
四	环保设施效果检验		试运营期对环保设施效果的检验报告		
五	环保设施一览表		工程设计及环评确定的环保设施		
时段	治理对象		措施内容	处理所需达到的效果	
施工期	废水	施工人员生活污水	业主营地、海子尾巴、金坪子、马头上施工营地生活污水采用隔油、生化处理后达标排放	执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准	
		施工废水	基坑排水加酸，静置，清水外排；下白滩、施期、海子尾巴临时加工系统废水混凝、沉淀后回用；混凝土冲洗废水中和、沉淀后回用或洒水；施工机械车辆冲洗含油废水混凝、沉淀处理后回用	执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准	
	废气	道路扬尘	加强燃油机械的保养，场内施工道路定期洒水，施工人员配备防尘口罩	执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准，无组织排放执行无组织排放监控浓度限值。	
	噪声	施工噪声	选用低噪声的设备和机械，加强对噪声设备的维护管理，下白滩砂石加工系统设置隔声棚，高噪声施工人员配备噪声耳塞等降噪设施	卧嘎村、三台村二组、二坪子村声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）	
	固体废物	生活垃圾	施工营地生活区设置垃圾桶，配备垃圾车，施工区生活垃圾集中收集运往会东县垃圾处理场处置	及时清运，保持该区清洁卫生	

序号	分项		验收主要内容		备注
		硫磺厂废渣	运至施期表土堆存场附近填埋、防渗措施,对清理后的硫磺厂废渣场地进行土地整治,恢复植被。	硫磺厂废渣对周边环境不造成污染。	
	人群健康保护	施工人员	业主营地和施工营地设置公共厕所;施工封闭管理区进行卫生清理和消毒;施工人员以20%比例进行卫生检疫,10%比例抽检;施工封闭管理区内设临时开水供应点;加强施工封闭管理区内食品卫生监督管理	防止与工程施工活动有关的病媒生物孳生,保护施工人员和当地居民的身体健康	
	陆生生态保护	生态修复与保护	枢纽工程区、库周加强生态修复;施工营地内设置警示牌,宣传陆生野生动植物保护;对移民安置区、施工封闭区内的古树进行迁地保护或就地保护	保护工程区生态系统完整性,尽量减少破坏植被;保护古树不受施工影响	
	水生生态保护		水生生物保护管理措施、鱼类增殖站	保护水生生境,保障河段水生生境的连通性、鱼类的多样性。	
	水土保持	水土流失	施工区、弃渣场水土保持措施	施工建设期土壤流失控制比0.7、拦渣率95%	
	地下水环境保护	地下水水质、水位	结合施工区污水及固体废弃物处理措施进行;完善工艺、设置止水帷幕保护建筑	施工废水回用,防止地下水水位下降	
	环境地质保护	水库淹没区、施工区不稳定地质构造	结合主体工程措施与水保植物措施进行	保证施工安全	
	文物保护	文物	建设征地范围内40处文物古迹,采取提取资料、重点发掘、遗迹收集、异地复建等措施	保护文物	
运营期	水库库底卫生清理	林木、构筑物残留体等	正常蓄水位975m以下的林木砍伐与迹地清理;居民迁移线以下至死水位945m以下3m内的大体积建、构筑物残留体等清理	保护库区水质	
	陆生生态保护	生态修复与保护	库周及消落带生态修复,水库淹没区的119棵古树进行保护	保护工程区生态系统完整性,尽量减少破坏植被;保护水库淹没区的古树	
	水生生态保护	鱼类保护	增殖放流、栖息地保护、过鱼设施、渔政管理、水库生态调度、科学研究、鱼类保护基金	保护水生生境,保障河段水生生境的连通性、鱼类的多样性	

序号	分项		验收主要内容	备注
	水环境保护	点源、面源污染	建设污水处理厂，实现达标排放，调整产业结构，建设库岸生态防护带，加强水环境保护监督管理	库区水质达到Ⅲ类水标准
	移民安置环境保护	移民生活污水	根据安置点的规模和污水排放去向，分别采取沼气池、一体化污水处理设备等措施进行生活污水处理	排入Ⅲ类水体达到污水综合排放一级标准，排入附近沟渠达到农田灌溉水质标准
		移民生活垃圾	设置垃圾收集系统，新建垃圾填埋场	保护移民安置区环境

表 6.14-2 乌东德水电站环境保护措施分省列表

项目		云南省	四川省
库区水环境保护	库底清理	云南淹没范围库底清理	四川淹没范围库底清理
	水污染治理	云南库区点源、面源治理	四川库区点源、面源治理、建设污水处理厂
库区生态保护	陆生生态	元谋县江边乡、禄劝县大松树乡修复 54hm ²	攀枝花金江修复 45hm ²
		宣传教育，野生动植物保护宣传标示牌、警示牌 7 个	宣传教育，野生动植物保护宣传标示牌、警示牌 3 个
		古树名木就地保护 2 株，迁地保护 31 株	古树名木就地保护 3 株，迁地保护 85 株
			猕猴自然保护小区栖息地营造
	水生生态	增殖放流站	
		库尾保护、长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区后续强化措施	库尾保护、黑水河栖息地保护、长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区后续强化措施
		过鱼设施、分层取水	
		科学研究	
	水土保持	施工区水土流失防治	施工区水土流失防治
施工区环境保护	水环境保护	开挖基坑排水	开挖基坑排水
		施期、海子尾巴砂石料废水处理系统	下白滩砂石料废水处理系统
		金坪子洗车、修配废水处理	下白滩、阴地沟洗车修配废水处理
		970 混凝土系统废水处理	850、880 混凝土系统废水处理
		生活污水处理	
		海子尾巴地理式污水处理设备	马头上地理式污水处理设备
		新村地理式污水处理设备	
		金坪子地理式污水处理设备	
		生态厕所 10 个	生态厕所 8 个
	环境空气保护	洒水车 4 辆	洒水车 4 辆
	声环境保护		隔声棚、隔声墙
		限速标志 6 个	
		禁鸣标志 6 个	
	固体废物处置	垃圾桶 220 个	垃圾桶 20 个
		微型密封式垃圾车 5 辆	微型密封式垃圾车 1 辆

项目		云南省	四川省
		硫铁矿废渣处理	
地下水保护	地下水水质	结合施工区污水及固废处理	结合施工区污水及固废处理
	地下水水位	止水帷幕保护	
移民安置区环境保护	水环境保护	新建沼气池+化粪池、组合型强化生物池、成套污水处理设备	新建沼气池+化粪池、成套污水处理设备
	生活垃圾处置	设置垃圾收集系统，新建垃圾填埋场	设置垃圾收集系统，新建垃圾填埋场
社会环境保护	土地资源	施工区临时占地复垦	施工区临时占地复垦
	文物保护	提取资料、发掘、异地复建 14 处	提取资料、发掘、异地复建 22 处
	人群健康保护	施工区卫生清理及消毒 1 次	施工区卫生清理及消毒 1 次
		卫生检疫 2400 人/年	卫生检疫 200 人/年
		定期抽检 2400 人/年	定期抽检 2400 人/年
		医疗卫生机构 1 个	

7 环境管理与监测计划

7.1 环境管理计划

7.1.1 环境管理目的

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。其目的在于保证各项环境保护措施的顺利实施，使工程兴建对环境的不利影响得以减免，维护工程建设区域生态环境的稳定性，促进工程建设区域的社会经济与生态环境相互协调的良性发展。

乌东德水电站工程环境保护管理机构负责组织、监督和落实工程环境保护工作。

7.1.2 环境管理原则

（1）预防为主、防治结合的原则

乌东德水电站工程在施工和运行过程中，环境管理要预先采取防范措施，防止环境污染和生态破坏的现象发生，并把预防作为环境管理的重要原则。

（2）分级管理原则

工程建设和运行应接受各级环境保护行政主管部门的监督，而在内部则实行分级管理制，层层负责，责任明确。

（3）相对独立性原则

环境管理是工程管理的一部分，需要满足整个工程管理的要求。但同时环境管理又具有一定的独立性，必须依据我国现行环境保护法律法规体系，从环境保护的角度对工程进行监督管理，协调工程建设与环境保护的关系。

（4）针对性原则

工程建设的不同时期和不同区域可能会出现不同的环境问题，应通过建立合理的环境管理结构和管理制度，针对性地解决出现的问题。

7.1.3 环境管理目标

（1）保证各项环境保护措施按照筹建期工程环境影响报告书及其批复、环境保护设计的要求实施，使各项环境保护设施正常、有效运行。

(2) 维护工程所在江段现有水域功能, 保护乌东德库尾至白鹤滩坝址之间水域, 以及主要支流尘河、鲹鱼河、龙川江、勐果河回水区域水环境质量不低于现状水质标准。

(3) 乌东德工程施工区河段水环境现状满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准, 应保障施工区生产、生活废污水处理设施正常运转, 废污水需处理满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准后才能排放, 并做好污水处理设施故障应急预案, 预防事故性排放对下游水体造成的污染。

(4) 施工期间, 按照建筑施工场界环境噪声排放标准 (GB 12523—2011) 控制施工场地作业噪声, 并将施工生活区和交通干线公路旁的噪声控制在《声环境质量标准》(GB3096-2008) 的要求范围内。

(5) 按照《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准, 控制施工区大气环境质量, 特别是做好施工作业点粉尘污染治理和防护工作。

(6) 控制施工区和移民安置区的植被破坏活动, 认真监督落实工程水土保持方案。

(7) 乌东德管理站运行管理人员严格按设计要求控制水库水位变化, 避免出现下游断流事故。

(8) 控制施工区和移民安置区与工程建设有关的传染病发病率, 做好施工人员和移民卫生防疫工作。

7.1.4 环境管理体系

乌东德水电站环境管理分为外部管理和内部管理两大部分, 并纳入整个乌东德水电站工程环境管理体系之中。

(1) 外部环境管理

外部环境管理包括外部环境行政管理和外部项目环境管理两方面。外部环境行政管理指国家及地方环境保护行政主管部门, 依据国家相关法律、法规和政策, 按照工程需达到的环境标准与要求, 依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及环境保护竣工验收等活动。本工程外部环境管理体系由环境保护部、四川省环境保护局、云南省环境保护厅组成。

外部项目环境管理主要是指移民安置区建设过程中的环境管理。由于移民安置区建设内容和管理在行政权属上主要依靠地方政府, 地方政府在开展移民安置

区建设的过程中,组织建立环境管理体系,监督和落实移民安置区环境保护措施。从组织形式上,地方政府主要委托地方环境主管部门对移民安置区建设过程中开展环境保护措施的监督、检查及环境保护竣工验收等活动。

(2) 内部环境管理

内部环境管理指建设单位、施工单位和工程运行管理单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策,贯彻环境保护标准,落实环境保护措施,并对工程的建设过程和活动按环保要求进行管理。

内部环境管理分为工程施工期和运营期。工程施工期及运营期环境管理由建设单位负责组织实施,对工程环境保护措施进行优化、组织和实施,保证达到国家和地方对建设项目环境保护的要求。内部环境管理体系由建设单位和施工单位分级管理,分别成立专职环境管理机构。

乌东德水电站环境管理体系见下图。

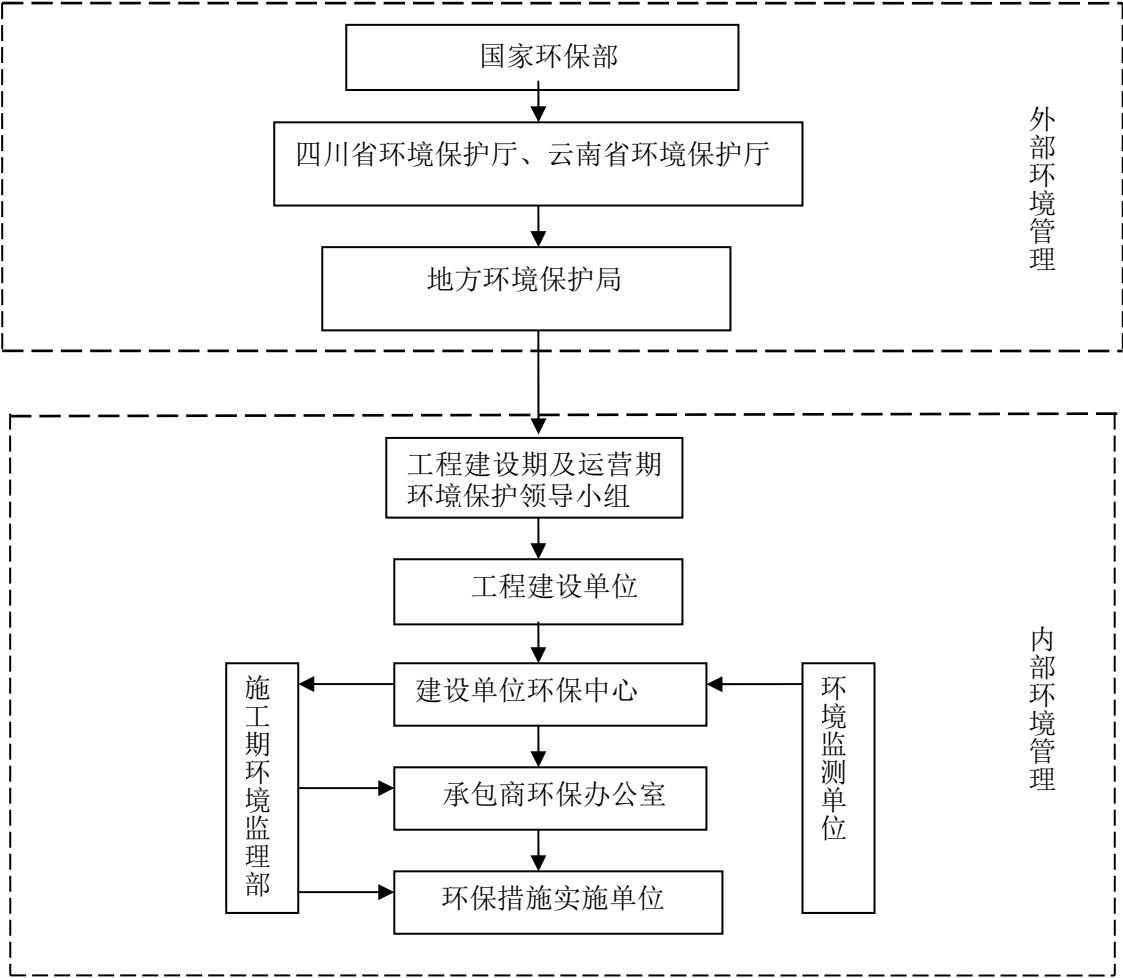


图 7.1-1 乌东德水电站环境管理体系

7.1.5 环境管理机构设置及其职责

(1) 外部项目环境管理

外部项目环境管理主要是指移民安置区项目环境管理。云南、四川省人民政府在实施乌东德水电站移民安置工作中, 下属移民局成立由环境保护行政主管部门牵头的环境管理机构, 其职责是贯彻执行国家环境保护方针、政策及法规; 负责移民安置区工程建设日常的环境管理工作; 负责各个阶段的环境监测与监理计划, 监督环保措施的实施。

(2) 内部环境管理

1) 宣传、贯彻、执行国家和地方有关环境保护的政策、法律、法规, 熟悉相关技术标准, 确定工程环境保护方针和环境保护目标, 制定环境保护管理办法。

2) 负责落实环保经费, 按照审批的设计文件要求和施工现场实际, 按计划落实工程项目建设全过程的生态与环境保护工作, 主要包括生态与环境工作计划的编制、监测项目与保护措施的实施、专题调查与研究、环境信息统计以及各阶段验收和专项验收等。

3) 协调处理并配合国家、地方各级环境保护行政主管部门环境保护监督检查, 协调处理各有关部门的环保工作, 指导、检查、考核各施工承包单位环境保护管理机构的建设运行及施工期和营运期环保设施的运行、运行情况等。

4) 及时处理施工和运行过程中出现的环境问题, 建立建设单位内部、外部环境保护信息定期、不定期报送制度。

7.1.6 环境管理任务

(1) 工程筹建期

筹建环境管理机构, 组织环境管理人员培训。

根据环境影响报告书和环境保护设计要求, 落实制订工程招、投标文件及合同中相关环境保护条款, 保证环境影响报告书和环境保护设计中环境保护措施纳入工程施工文件。

(2) 工程建设期

1) 施工区环境管理

施工区环境管理主要由内部环境管理机构履行相应的职能, 完成所需的环境

管理工作，主要包括：

①贯彻执行国家有关环境保护方针、政策及法规条例，制订工程施工期环境保护管理规定与管理办法。按照国家有关环保法规和工程环保规定，对施工区环境保护工作实施统一管理。

②编制环境管理工作计划，整编监测资料，建立工程生态与环境保护信息库。定期编制环境质量报告，报送上级主管部门和地方环保部门。

③加强施工期生态保护和污染防治管理工作。制订施工期生态保护和污染防治管理规定，提出控制施工污染源排放的具体措施和要求，提出施工期水质保护、水土保持、土地资源保护、水生物保护、植物保护和生态景观保护的具体要求，根据工程施工进度，提出施工期生态环境保护措施和环保设施建设的实施进度和要求。

④委托具有相应资质等级的环境工程监理部门，开展施工期环境监理工作；委托具有相应资质等级单位，开展环境监测工作。会同地方环保部门环境监督与检查，监督施工合同环境保护条款的执行情况。负责协调处理施工过程中的环境纠纷和环境污染事故。

⑤加强环境保护宣传教育，提高工程环境管理人员的技术水平。

⑥负责环境管理的总结工作，配合环境行政主管部门，在大坝主体工程截流前完成施工区环境保护设施竣工验收工作。

2) 移民安置区环境管理

移民安置区环境管理主要由外部环境管理机构来履行相应的环境管理职责，主要工作内容包括：

①审核工程环境影响评价成果；根据环境影响报告书和环境保护设计报告，负责工程招投标文件及合同文件中相关环境保护条款的编制；筹建环境管理机构，对环境管理人员进行培训等。

②移民安置区环境管理机构负责编制移民安置区环境管理工作计划，整编监测资料；编制工程年度环境质量报告，并报上级主管部门和地方环保部门。

③移民安置区环境管理机构负责制订年度环境监测计划，委托有相应资质等级的环境、卫生监测等专业部门开展环境监测工作；委托有相应资质等级的环境工程监理部门对施工区进行环境监理。

④协助移民安置工程引起的环境纠纷和环境污染事故。

⑤移民安置区环境管理机构协同环境监理单位共同负责监督移民安置规划中环保措施的实施，防止各种环境问题的发生。

⑥随着移民安置建设工程的完成，在主体工程竣工验收的同时，配合环境行政主管部门，开展和完成移民安置区环境保护项目验收工作。

（3）工程运行期

1) 内部环境管理机构

负责落实工程运行期各项环境保护措施。

根据环境保护管理规定和要求，协同地方环保部门开展环境保护工作，参与库区蓄水前生态保护工作及库底清理工作。

通过监测，掌握各环境因子的变化规律及影响范围，及时发现可能与工程运用有关的环境问题，提出防治对策和措施。

制订库区生态与环境保护和建设规划方案，协同地方环保部门，开展库区生态恢复和环境保护建设工作。

组织开展环保科研工作。

2) 外部环境管理机构

负责定期监督和监管移民安置区环境保护措施的运行和维护，保障移民安置区生活污水、生活垃圾得到有效的处理和处置。

7.1.7 环境管理制度

（1）环境质量报告制度

环境监测是获取工程环境信息的重要手段，是实施环境管理和环保措施的主要依据。乌东德水电站的生态与环境监测可采取承包合同制的形式，由三峡开发总公司负责选择综合监测技术能力较强的单位，依照监测计划，对乌东德工程环境质量定期进行监测。

工程的生态与环境监测实行月报、年报和定期编制环境质量报告书以及年审的制度，及时将监测结果上报业主单位，以便随时掌握工程环境质量状况，并以此为依据制订工程区域环境保护对策。

（2）“三同时”验收制度

防治污染及其它公害的设施执行“三同时”制度，必须与建设项目同时设计、

同时施工、同时投入运行。有关“三同时”项目须按合同规定经有关部门验收合格后才能正式投入运行。防治污染的设施不得擅自拆除或闲置。

（3）宣传、培训制度

工程环境管理机构应经常通过广播、电视、报刊、宣传栏、展览会、专题讲座等多种途径向工程技术人员宣传，增强环保意识，使他们自觉地参与环境保护工作，让环境保护从单纯的行政干预和法律约束变成人们的自觉行为；编制《乌东德施工区环境保护管理办法》、《环境保护实施细则》等环保手册，明确工程区环境保护具体要求；拨列部分经费，用以表彰、奖励在乌东德工程环境保护工作中作出突出贡献的单位和个人；定期组织对各施工单位环境保护专业技术人员的业务培训，提高业务素质。

（4）污染事故预防和处理措施

工程施工期间，如发生污染事故或其它突发性事件，造成污染事故的单位除立即采取补救措施外，要及时通报可能受到污染的地区和居民，并报告建设单位环保部门与当地环境保护行政主管部门接受调查处理。建设单位接到事故通报后，会同地方环保部门采取应急措施，及时组织对污染事故的处理。与此同时，要调查事故原因、责任单位和责任人，对有关单位和个人给予经济处罚。

7.1.8 已建立的环境管理体系及制度

为适应金沙江水电开发对环境保护要求的需要，三峡集团公司建立了“集团公司—工程建设管理局（环境保护管理中心）—工程建设部（筹备组）—监理和施工单位”四位一体的环境保护管理体系。工程建设单位专门成立归口技术部的乌东德工程环保中心，全面负责乌东德工程环境保护和水土保持日常管理工作。各监理单位配置专门环保人员负责环保、水保监理工作，各施工单位均成立专门部门和指定专人负责现场环保、水保工作。

管理制度方面，乌东德工程环保中心制定了《乌东德工程施工区环境保护和水土保持管理办法（试行）》、《乌东德水电站渣料管理办法（试行）》、《乌东德水电站渣场管理办法（试行）补充规定》，明确了各单位和部门的职责和要求。

信息管理与报送制度方面，乌东德工程环保中心要求监理、施工单位每月上报统计月报，筹备组定期编制环境保护月报、季报、年报。送达三峡集团公司，并统一报送两省及工程涉及市县。

此外，乌东德工程环保中心还制定了《乌东德环保培训与宣传计划》，在施工区进行环保讲座，宣讲环保知识，设置环保宣传牌，分发环保宣传单。编制了《金沙江乌东德水电站工程环境污染事件应急预案》，开展了氨泄漏应急演练、定期对各单位食堂进行食品卫生检查。

7.2 环境监理计划

7.2.1 环境监理目的

在工程建设管理及环境管理中，实行环境监理制，有利于落实国家有关环境保护法律、法规，有利于施工合同环保条款的执行，实施环境保护措施。环境监理具有实时监督的功能，能有效避免工程建设环境保护工作流于形式，保证工程对环境的不利影响减小到最低程度。

7.2.2 环境监理目标和任务

（1）监理目标

- 1) 按照工程建设单位的要求，建立健全工程建设环境保护监督管理体系与体制。
- 2) 依据已批准的有关文件和有关合同中环境保护内容与要求，严格按环境保护“三同时”制度，监督施工单位切实履行工程合同规定的环境保护条款，以及各项环境保护设施、措施的落实。
- 3) 及时掌握工程建设各阶段的环境状况与变化趋势。
- 4) 消除施工活动中的不良环境影响，保护区域环境和人群健康。
- 5) 确保竣工的工程是环境保护合格的工程。

（2）监理任务

环境监理工作应贯穿工程建设全过程。环境监理的主要任务包括制订环境监理规划及环境监理实施细则，根据工程建设特点和工程影响区环境状况，评估施工环境影响，指导施工单位完成施工环境保护工作，监督、审查环保措施的落实情况，督查施工单位环境工作报告，建立环境监理档案，做好环境监理记录和成果资料管理工作。

1) 项目建设区环境监理

监督检查施工过程中的各项环保措施和地方对工程环境保护的意见与处理

情况，包括：施工区生活水源地水质保护，施工江段水生生物、污水处理、空气污染控制、噪声污染控制、固体废弃物处理、卫生防疫、水土流失防治、施工现场环境卫生等方面。

监督承包商对于合同中的环保条款的执行情况，并负责解释环保条款。对重大环境问题提出处理意见和报告，通过工程总监理工程师责成有关单位限期纠正。

参加承包商提出的施工组织设计、施工技术方案和施工进度计划的审查会议，就环境保护方面提出改进意见。审查承包商提出的可能造成污染的施工材料、设备清单及其所列的环保指标。

对施工区出现的环境问题及时发现，进行妥善的处理。对某些环境指标下达监测指令，并对监测结果进行分析研究，并提出环境保护改善方案。

监督与环境有关的合同条款的执行，签署环境监理意见，使工程施工符合环境保护法规的要求。

协调建设各方有关环保的工作关系和有关环境问题的争议。

记录现场出现的环境问题及处理结果，每月向环境管理单位提交月报表，并根据积累的有关资料整理环境管理档案。

参加单元工程的竣工验收工作，负责组织和参加已完成工程的限期清理和恢复现场工作，调查评价工程区水土保持、施工迹地恢复及绿化等措施落实情况。

2) 移民安置区环境监理

据国内目前实施的大型水利工程移民监理工作经验，移民监理通常是由工程建设单位与移民主管部门共同委托具有监理资格的机构来共同完成。为了保障安置区各项环境保护工程的实施，建议监理机构应配备至少一名专业环境监理人员，负责监督、审查、评估环境保护措施的落实情况。其体工作内容如下：

审查实施单位在总进度和年度计划下的环保设施施工组织设计和进度计划，超出实施规划、年度计划及有关合同协议之间的变更，调整，及时报告建设单位批准。

在迁建集镇和安置点建设过程中检查和督促计划的实施，确保“三同时”制度得到执行。

监督移民安置区环境保护工作和环境保护设施的落实情况，监理实施单位对

移民安置区环保设施是否按批准的规划及批复的环境影响报告书设计标准进行施工。

对环保资金的使用、去向与环保措施实施进度进行控制。

参加由实施单位组织的初步验收和由建设单位或上级主管部门主持的竣工验收活动。

7.2.3 环境监理机构设置和工作方式

乌东德水电站环境监理既是环境管理的重要组成方面，又具有相对的独立性，因此，环境监理机构设于环境管理机构中，成立环境监理部。环境监理部设置专职监理人员。环境监理人员常驻工地，对施工区环境保护工作进行动态管理。监理方式以现场监督管理为主，并随时检查各项环境监测数据，发现问题后，立即要求承包商限期处理，并以公文函件确认。对于限期处理的环境问题，按期进行检查验收，将检查结果形成纪要下发承包商。

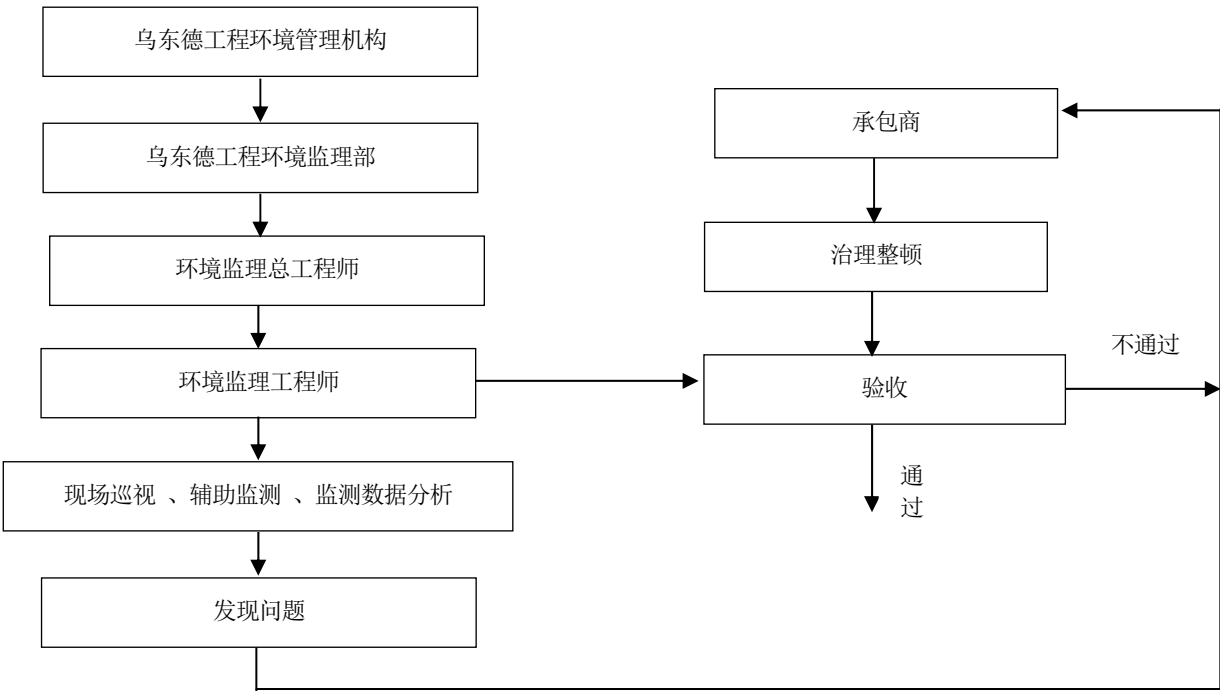


图 7.2-1 乌东德水电站工程环境监理机构设置和工作方式图

在主体工程建设区和移民安置区共设置 14 名环境监理工程师，其中，环境总监 2 人，环境监理工程师 12 人。

7.2.4 环境监理工作范围及职责

环境监理的工作范围包括施工区、移民安置区、库区及下游影响区和对外交通道路及设施区等所有可能造成环境污染和生态破坏的区域。

环境监理工作任务为：依照国家环境保护法律、法规及标准要求，以经过审批的工程环境影响报告书、环境保护设计及施工合同中环境保护相关条款为依据，监督承包商或环保措施实施单位依照进度、资金、质量、效果要求，完成环境保护工作。其主要职责包括：

（1）贯彻国家和地方环境保护法律、法规、政策和规章，依法对管辖区内单位或个人执行环境保护法规的情况进行现场监督、检查和处理。

（2）受业主委托，监督、检查工程环保措施实施质量、进度、资金与效果。

（3）从招投标入手对参加审查会议的资格，就承包商提出的施工组织设计、施工技术方案和施工进度计划提出环保方面的改进意见，以保证方案满足环保要求。

（4）审查承包商提出的可能造成污染的材料和设备清单及各项环保指标。

（5）巡查、监督各种污染源各类污染物的排放情况和污染治理设施的运转情况。

（6）对监理过程中发现的环境问题，以书面形式通知责任单位，要求限期处理。

（5）对承包商的施工过程及竣工后的迹地恢复，依据环境保护要求进行监督、检查和验收。

（7）工程质量认可需包括环境质量认可，工程的验收凡与环保有关的内容需有环境监理工程师参加，并签字认可。

（8）环境监理工程师有权反对并要求承包商立即更换其不能胜任环保工作的环境管理人员。

（9）进行环境保护的宣传、教育和环境科学技术的普及提高工作，增强施工人员的环境保护意识。

7.2.5 环境监理工作程序与质量控制

（1）监理工作程序

根据工程施工环境监理的任务要求，制定环境监理工作程序（见图 7.2-2）。

1) 组建环境监理机构，选派总监理工程师、监理工程师、监理员和其他工作人员。

2) 熟悉与环境监理有关的各种资料、报告、文件，熟悉工程施工场地与环境。

3) 编制监理规划和实施细则。

4) 对环境监理工作进行交底。

5) 实施环境监理工作。

6) 参与与环境保护有关的各种验收，签署监理意见。

7) 向业主提交环境监理档案资料，归还所提供物件。

8) 向业主提交环境监理工作总结。

(2) 质量控制

1) 环境监理机构应建立和健全质量控制体系，并在监理工作过程中不断改进和完善。

2) 环境监理机构应监督承包商建立和健全环境保护质量保证体系，并监督其贯彻执行。

3) 环境监理机构应按照有关环境标准和合同要求，对环境保护措施的建设、运行效果以及施工环境进行监督和检查，按照事前审批、事中监督和事后检验等程序进行质量控制。

4) 根据检查结果，审查和评估工程施工环境保护措施的有效性，不满足或未能全部满足要求的，按规定程序督促施工单位改进，直至满足要求为止。

5) 根据评估结果和施工单位落实情况，确定工程对环境的实际影响，编制监理工作报告。

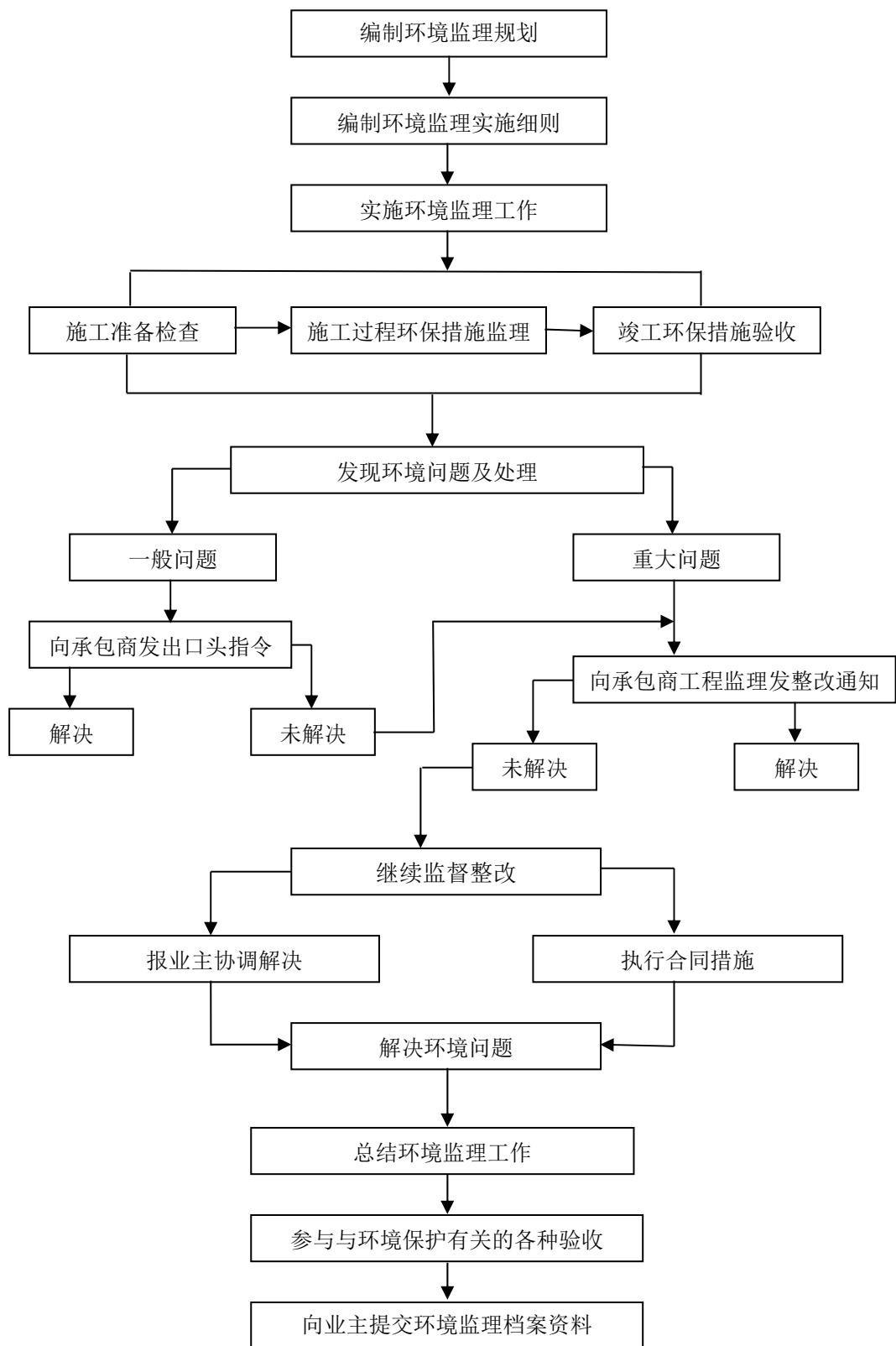


图 7.2-2 环境监理工作程序图

7.2.6 环境监理工作方案和制度

(1) 工作方案

施工区环境监理工作内容应包括国家环保政策、法规、乌东德水电站环境影响报告书及其批文，以及合同、标书的相关内容和要求。环境监理的主要工作方案见下表。

表 7.2-1 乌东德水电站环境监理主要工作方案一览表

序号	监理项目	监理内容	监理目标	工作方法
1	生活供水	1.水源地保护	满足四川省和云南省饮用水水源保护区有关规定	调查、监测
		2.施工区供水系统管理	正常运行	监督、调查
		3.供水水质	达到 GB5749-85 相关标准	监测
2	生产废、污水处理	1.各废、污水处理设施设计、施工和运行	与主体工程达到“三同时”，并通过竣工验收	监督、检查
		2.处理后排放水质	达到 GB8978-1996 一级标准	监测
3	环境空气污染防治	1.开挖、爆破粉尘、砂石骨料与混凝土系统粉尘、燃油废气、交通粉尘消减与控制措施的设计、施工和运行	与主体工程达到“三同时”，并通过竣工验收	监督、检查
		2.施工工地、生活区、道路环境空气质量	达到 GB16297-1996 无组织排放监控浓度限值	监测
4	噪声控制	1.噪声源、传声途径、个人防护噪声控制措施的设计、施工和运行	与主体工程达到“三同时”，并通过竣工验收	监督、检查
		2.施工工地、生活区、道路声环境监测	达到 GB12523-90 标准	监测
5	施工区生活垃圾处理	1.施工区垃圾场设计、施工和运行	与主体工程达到“三同时”，并通过竣工验收	监督、检查
		2.垃圾管理	正常运行	监督、检查
6	水土流失防治	1.水土保持措施设计、施工和运行	与主体工程达到“三同时”，并通过竣工验收	监督、检查
		2.水土保持监测	达到水保相应标准	监测
7	人群健康保护	1.施工区卫生清理措施	达到《水利水电工程库底清理办法》要求	监督、检查

		2.施工人群健康保护（施工人员卫生检疫、健康检查、预防免疫、疫情控制等）	措施的落实和效果	监督、检查
		3.环境卫生机食品卫生保护措施的设计、施工和运行	与主体工程达到“三同时”，并通过竣工验收	监督、检查

注：监测主要利用“7 环境监测规划”中的监测成果，此处仅列出环境监理需进行典型监测的工作。

（2）工作制度

环境监理工程师每天根据工作情况作出工作记录（监理记录）；组织编写月、季度、半年及年度监理报告，报建设单位环境管理办公室；在监理工作中发现的问题或对承包商提出的规定和要求必须通过书面函件的形式，递交承包商和建设单位环境管理办公室；实行环境例会制度和会议纪要签发制度，对重大环境污染及环境影响事故，由环境总监理工程师组织环保事故的调查，会同建设单位、地方环境保护部门共同研究处理方案，下发承包商实施。

7.3 环境监测计划

7.3.1 监测目的和任务

乌东德水电站是金沙江下游规划的四级水电梯级的第一级，工程规模巨大，工程建设对环境影响范围较大，时间较长，影响程度各异，工程环境监测目的和主要任务如下：

（1）为工程的环境保护提供基础资料。对工程兴建前后及相关地区生态环境进行连续系统地监测和调查，为工程施工期和运行期环境污染控制、工程环境管理、环境监理、环保竣工验收以及流域梯级开发的环境保护工作和可行性阶段环境影响评价结论验证提供可靠的数据和资料。

（2）为改善工程区域生态环境提供科学依据。金沙江流域目前尚无全面、系统的环境监测系统，乌东德水电站环境监测系统的监测成果，可以为金沙江流域生态环境的发展研究和生态建设提供科学依据。

7.3.2 总体规划原则

（1）与工程建设紧密结合的原则

乌东德水电站环境监测系统的主要任务之一是为工程环境保护服务。因此，监测系统的范围、对象和重点应结合工程施工和运行特点，全面反映工程施工和

运行过程中周围环境的变化，以及环境变化对工程施工和运行的影响。

（2）针对性原则

根据环境现状和环境影响预测评价结果，选择对环境影响大、对区域或流域环境影响起控制作用的主要因子进行监测，力求做到监测方案有针对性和代表性，并根据网站的实际运行效果，对测点和监测项目进行适当的调整或增减。

（3）经济性与可操作性原则

按照相关专业技术规范，监测项目、频次、时段和方法以满足本监测系统主要任务为前提，尽量利用附近现有监测机构、新建站点设置可操作性强，力求以较少的投入获得较完整的环境监测数据。

（4）系统协调性原则

乌东德水电站环境监测系统要与下游在建的向家坝、溪洛渡水电站环境监测系统密切结合，从而形成一个能反映金沙江下游生态环境状况的完整系统。

（5）统一规划、分步实施的原则

监测系统从总体考虑，统一规划，根据工程不同阶段的重点和要求，分期分步建立，逐步实施和完善。

7.3.3 监测系统总体布局

乌东德水电站环境监测系统包括 6 个监测子系统，监测系统见图 7.3-1。

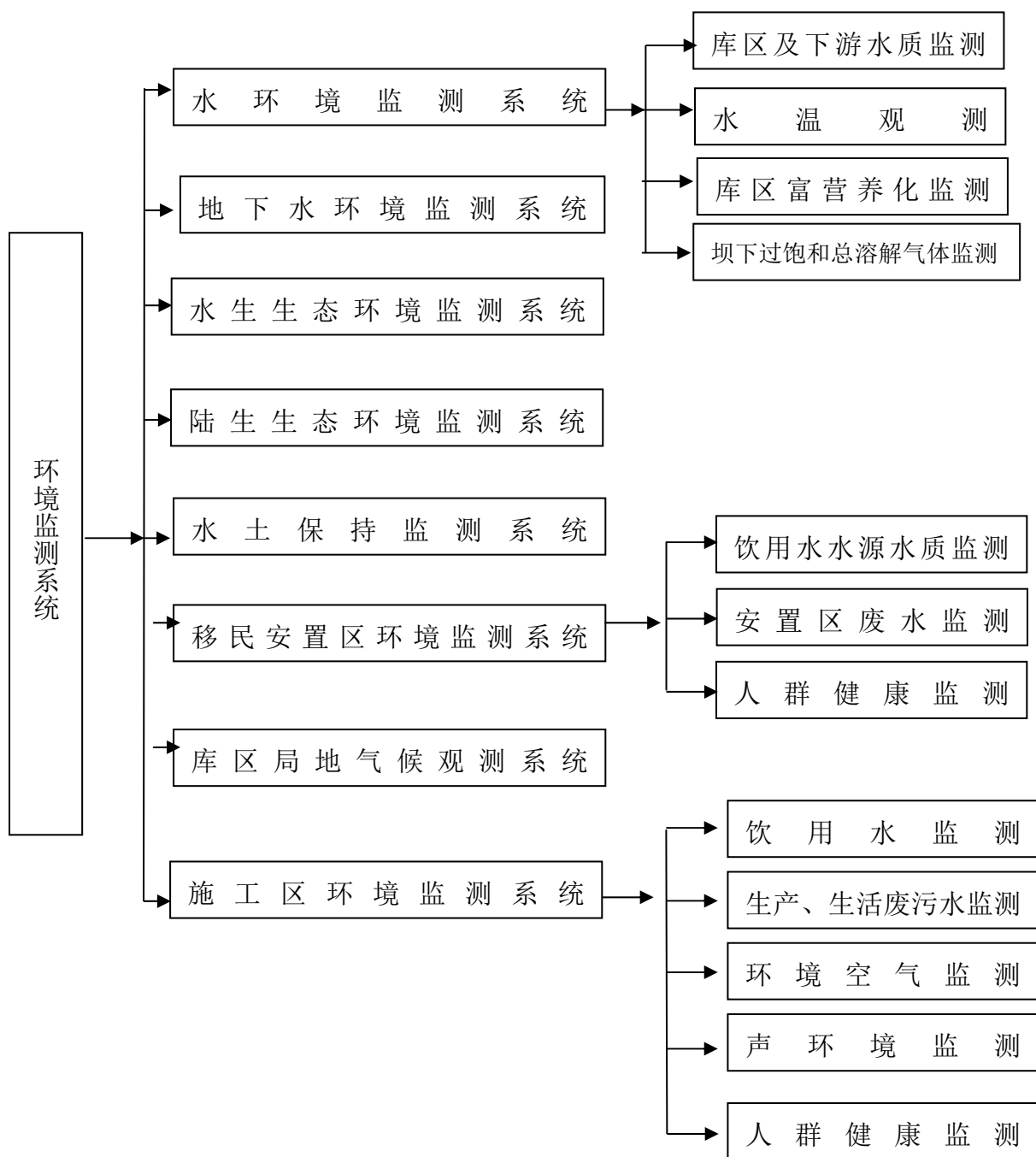


图 7.3-1 乌东德水电站环境监测系统布局图

7.3.4 水环境监测

7.3.4.1 施工期

(1) 金沙江干流水质监测

监测断面布设：在金沙江干流鲹鱼河河口处上游500m处（背景断面）、新村施工营地下游1km、下白滩砂石加工系统下游1km、金坪子施工营地下游1km、施期大坝砂石加工系统下游1km分别布设水质监测断面。

监测项目：pH、SS、石油类、高锰酸盐指数、COD、BOD₅、TP、TN、粪大肠菌群，共9项。

监测频率及时间：施工期每年丰、平、枯水期各监测1次。

监测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）和《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）中规定的方法进行监测。

(2) 饮用水水质监测

监测点布设：在右岸上游供水水厂生活用水取水口、下游8万t生产水厂各设一个监测点。

监测项目：水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、生化需氧量、氟化物、挥发酚、总磷、氨氮、硫酸盐、氯化物、溶解性总固体、铁、锰、硝酸盐氮、硒、砷、镉、六价铬、铅、汞、氰化物、硫化物、阴离子表面活性剂、石油类、粪大肠菌群，共26项。

监测频率及时间：工程施工期内每月监测一次。

监测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）和《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）中规定的方法进行监测。

(3) 污废水水质监测

①生活污水

监测点布设：在右岸上游新村施工营地生活污水处理末端、右岸下游金坪子施工营地生活污水处理末端各布设一个监测点。

监测项目：pH、SS、COD、BOD₅、TP、TN、粪大肠菌群共7项。

监测频率及时间：施工期内，每季度监测1期，每期监测2天，每天监测2次。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）要求执行。

②生产废水

监测点布设：分别在右岸970混凝土系统拌和楼冲洗废水处理末端、左岸上游880混凝土系统拌和楼冲洗废水处理末端、下白滩砂石料加工系统废水处理末端、施期大坝砂石料加工系统废水处理末端各布设1个监测点。

监测项目：pH、SS、石油类共三项。

监测频率及时间：工程施工期内每季度监测1期，每期监测2天，每天监测2次。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）要求执行。

7.3.4.2 运行期

（1）库区及坝下水质监测

监测布点：对保果、三堆子水文站、钒钛产业园区下游 1km、金沙江与龙川江交汇处下游 1km、坝前、坝下 2km 以及支库雅砻江河口、龙川江河口、勐果河河口、尘河河口、鲹鱼河河口共设置 11 个断面进行水质监测。

监测项目：水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、阴离子表面活性剂、硫化物、石油类和粪大肠菌群共 24 项

监测频次：水库蓄水前监测 1 年，初期蓄水及运行期前 3 年丰、平、枯三个水期各监测 1 次。

监测方法和技术要求：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）和《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）中规定的方法进行监测。

（2）水温观测

观测断面及布点：对库尾三堆子水文站、乌东德坝前 2km 断面、乌东德水文站（乌东德坝下 2km）断面进行水温观测。观测库尾来水水温、坝前水温以及下泄水温。

坝前断面观测垂线布置在观测断面的中心位置，从库表至库底沿垂向观测，要求每个测点的间隔<2m。其余断面，进行表层水温观测。

观测周期和频次：水库蓄水前监测 2 年，初期蓄水至正常运行后 2 年，每月 5 日、15 日、25 日进行观测，每日 8:00、14:00、20:00 时各观测 1 次。

观测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）确定的方法和《环

境监测技术规范》执行。

（3）库区富营养化监测

监测布点：雅砻江、龙川江、勐果河、尘河、鲹鱼河各支库与主库汇口断面以及钒钛产业园区下游 1km 断面。

监测项目：总氮、总磷、生化需氧量、高锰酸盐指数、叶绿素 a、水温。

监测时间及频次：初期蓄水及运行期前三年 6、7、8 月每月监测 1 次。

观测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）确定的方法和《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）中规定的方法进行监测。

（4）坝下过饱和气体监测

监测布点：三堆子水文站、乌东德坝前 200m、坝址下游 500m、坝址下游 2km 共布设 4 个监测断面。

监测项目：溶解氧(含量、饱和度)、溶解氮(含量、饱和度)、总溶解性气体(TDG)、溶解性气体压、水温、大气压、流量。

监测时间及频次：水库正常运行后，每年的 6~9 月份大坝泄洪期间进行三次监测，分别安排在泄洪初期、中期和末期。具体观测时间应根据电站调度运行工况，提前通知监测单位观测时段。根据实际泄洪情况进行观测，但观测年限不少于 5 年，其中有 2 年的观测在 4 个梯级电站均已建成运行后进行。

监测方法：我国目前尚缺乏关于过饱和 TDG 的监测技术规范，因此监测中 DO 的监测分析按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）规定的选配方法执行，TDG 的观测参照相应 TDG 测定仪的技术要求执行。

7.3.5 地下水环境监测

7.3.5.1 施工期

施工期地下水环境监测主要包括坝址区的地下水位监测、施工区居民点泉眼处水质监测。

（1）地下水水位监测

监测布点：结合地质勘探钻孔布设水位监测点。根据坝区现有的 22 处钻孔，拟选取 2 处钻孔，左岸、右岸各选取 1 处监测点，监测左岸因隧洞开挖而引起的水位变化情况。



监测时段及频次：施工期内每月监测一次。

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2002）的要求执行。

（2）地下水水质监测

监测布点：在枢纽工程区卧嘎村选取一处人工井作为监测布点。

监测项目：pH、总硬度、溶解性总固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、氰化物、高锰酸盐指数、氟化物、氯化物、硫酸盐、汞、铅、铬（六价）、镉、铁、锰、砷、挥发酚、总大肠菌群共 20 项。

监测时间及频次：施工期每月监测一次。

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）以及《地下水质量标准》（GB/T14848-93）的要求执行。检验方法按国家标准《生活饮用水标准检验方法》（GB5750）执行。

7.3.5.2 运行期

监测布点：在庫区热水塘、支流尘河、勐果河、丙弄及龙川江右岸一带可能发生浸没影响的区域各设置一处监测点。

监测项目：水位。

监测时间及频次：工程蓄水后的第 1~3 年，丰、平、枯水期各监测一次。

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）以及《地下水质量标准》（GB/T14848-93）的要求执行。

7.3.6 水生生态监测

（1）监测范围

乌东德库尾至白鹤滩坝址以上干支流，其中重点监测库区、库区支流和坝下流水江段。

(2) 监测断面

1) 渔业生态环境监测

渔业生态环境监测共设 7 个断面，在金沙江干流设乌东德库尾、库中、坝前、乌东德坝下 4 个断面，支流设雅砻江河口、龙川江河口、鲹鱼河口 3 个断面，具体见下表。

表 7.3-1 乌东德水电站渔业生态监测断面布设一览表

	断面	布设原因	监测项目
干流	攀枝花渡口大桥	乌东德库尾监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物
	元谋江边乡	乌东德库中监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物，底质，底栖生物、鱼体污染物残留
	皎平渡	乌东德坝前监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物
	金坪子	乌东德坝下监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物
支流	雅砻江河口	重要支流、栖息地支流监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物
	龙川江河口	重要支流监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物
	鲹鱼河河口	重要支流监测断面	水质，浮游、周丛、漂浮生物

2) 鱼类资源监测

鱼类资源监测共设 7 个断面，在金沙江干流设乌东德库尾、库中、坝前、乌东德坝下 4 个断面，支流设雅砻江河口、龙川江河口、鲹鱼河口 3 个断面，具体见下表。

表 7.3-2 鱼类资源监测断面布设一览表

	断面	珍稀、特有鱼类	重要经济鱼类	产卵场和繁殖生态
干流	攀枝花渡口大桥	●	●	
	元谋江边乡	●	●	
	皎平渡	●	●	●
	金坪子	●	●	
支流	雅砻江河口	●	●	●
	龙川江河口	●	●	
	鲹鱼河河口	●	●	

(3) 监测内容

水生生态监测内容包括渔业生态环境监测与鱼类资源监测两大类，具体监测内容详见下表。

表 7.3-3 水生生态监测内容一览表

分类	监测项目	监测内容
渔业生态环境监测	渔业水质	水质属性指标
		pH、水温、总硬度、钙、镁、悬浮物、溶解氧
		生源要素指标
		氨氮、总氮、总磷、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮
	有机污染类指标	环境污染物指标
		挥发酚、高锰酸盐指数、石油类、铜、锌、铅、镉、汞、砷、六价铬、非离子氨
鱼类资源监测	邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二辛脂、萘和萤蒽、PCBs、DDT 和 HCB、全氟辛烷磺酸	
	浮游动植物、周丛生物、漂浮生物、底栖生物	种类、区系构成、种群、优势种、生物量、初级生产力、光合作用率
	鱼类环境污染残留	监测对象：圆口铜鱼、鲃、岩原鲤等特有珍稀鱼类；监测要求：重金属：铜、铅、镉、汞、砷；有机污染物：邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛脂、苯并花、萤蒽、PCBs、DDT 和 HCB、全氟辛烷磺酸、挥发酚、石油类
	重要经济鱼类资源	种类组成、比例、种群数量、种群年龄构成、性别、个体生物学特征（全长、体长、体重、体高、体宽、头长、吻长、眼径、尾柄长、尾柄高、鳍式、鳃耙数、脊椎骨数）、性腺发育特征（性别、性腺重、色泽、长、宽、卵径、怀卵量）、食性（肠道弃塞度、消化道长、饱满度指数，食物组成、出现频率）等
鱼类资源监测	珍稀、特有鱼类	监测对象：圆口铜鱼、特有鱼类等产漂流性鱼类；监测要求：早期资源种类、早期资源量、产卵场位置和规模；监测指标：鱼类卵苗种类、数量、存活率、畸形率、发育期、早期资源种类组成与比例、产卵场位置推算、繁殖时间、繁殖规模等
	鱼类早期资源量	

(4) 监测时段

本工程施工期内每年开展 2 次监测，分别在鱼类繁殖期（5 月）、肥育期（9 月）。具体监测时段频次及要素构成随其它梯级电站及本工程鱼类增殖站的建设运转进程作相应调整。

水库蓄水后（截流后）20 年内监测 7 年，即蓄水第 1、3、5、7、10、15、20 年进行监测。水化学要素、浮游动植物、底栖动物、水生维管束植物每年 4 月和 10 月各监测一次。鱼类种群动态监测 3~6 月和 10~11 月进行，每月 20 天左右。鱼类产卵场监测在 3~7 月进行，年监测天数不少于 60 天。监测时段频次及要素构成还应随其它梯级电站的建设运转进程作相应调整。20 年后，根据鱼类资源现状以及增殖放流对象的调整，再制定进一步的长期监测计划。

(5) 监测方法

1) 野外调查方法

取样和室内分析方法按《内陆水域渔业的自然资源调查试行规范》和《水库渔业资源调查规范》进行。

2) 室内分析和整理方法

室内分析和整理方法包括：本底资料调研；标本的鉴定和数据整理，进行浮游生物、着生藻类、底栖动物的室内镜检，水生维管束植物和鱼类的种类鉴定，水生生物数据的计算、分析和整理。

7.3.7 陆生生态监测

根据工程建设对陆生生态环境影响特征以及陆生生态变化趋势特点，陆生生态监测内容包括陆生植被监测、古树移栽效果监测、植被恢复效果监测、陆生动物监测、陆生生境监测。

(1) 陆生植被监测

监测布点：采用线路调查和剖面调查相结合，线路调查沿坝址→鲮鱼河汇口→城河汇口→皎平渡→元谋县江边乡→攀枝花平地→库尾雅砻江汇口设 8~10 个监测点，并对鲮鱼河回水区消落带设监测点。

监测内容及方法：在各监测点位根据陆生生物组成设置固定样线 2~3 条，根据各样线群落面积确定设置的样地数量，着重调查植物的垂直和水平分布、植物物种。此外，监测过程中应密切关注外来入侵种的种类、数量、入侵速度。

监测时间及频次：水库蓄水前调查 1 次；蓄水后，以 2 年为 1 个监测周期，进行 3 期监测，每期监测在一个年度内分别进行雨季和旱季 2 次监测，物候观测则考虑春、夏、秋季各 1 期；重点关注的珍稀保护物种每年观测 1 次。

(2) 古树移栽效果监测

监测内容：本工程涉及古树数量较多，其中水库淹没区古树需采取移栽保护措施。在古树移栽实施后，每隔 1 个月对移栽古树生长情况进行调查，记录古生长势情况，包括盖度、叶片情况、冠幅变化等。

监测时间及频次：移栽前调查 1 期，移栽后第 1 年、第 3 年和第 7 年各调查 1 期。

(3) 植被恢复效果监测

监测内容：植被恢复初期，在各施工迹地设置 1~2 个 5m×5m 或 2m×2m

的小样方，对小样方内植物生长情况进行调查，包括植物成活率、萌发情况、幼树长势、植被覆盖率、植物种类变化等。

监测时间及频次：生态修复工程实施后，每 2 年调查 1 期，共调查 3 期。

(4) 陆生动物监测

监测布点：选择坝址、鲮鱼河汇口、城河汇口、皎平渡、元谋县江边乡、攀枝花平地、库尾雅砻江汇口设置 8~10 个监测点。

监测内容及方法：在各点位根据陆生生物组成设置固定样线 2~3 条，统计兽类、鸟类、两栖类、爬行类的物种出现率。还可进行民间访问和市场调查来了解野生动物的情况。

监测频次：水库蓄水前调查 1 次；蓄水后，以 2 年为 1 个监测周期，进行 3 期监测；重点关注的珍稀保护物种每年观测 1 次。

7.3.8 水土保持监测

(1) 监测目的

本工程水土保持监测的目的在于适时掌握施工区水土流失情况，评价工程建设对水土流失的实际影响，了解施工区各项水土保持措施的实施效果和合理性；为完善水土流失防治措施体系达到设计目标提供依据，为工程安全生产建设和运行服务。

(2) 监测点位

根据本方案对工程建设可能导致的水土流失预测结果分析，结合工程建设、施工时序和区域自然环境、水土流失特点，水土流失监测分区分为枢纽工程防治区、存弃渣场防治区、施工交通工程防治区、料场防治区、施工生产生活防治区、移民安置工程防治区。点位布设位置及数量详见下表。

表 7.3-4 乌东德水电站水土流失监测点布置一览表

防治分区	监测区域		监测点数量
主体 枢纽 工程	整个防治区		13
	大坝工程	拱坝	1
		水垫塘及二道坝	
		揽机平台	1
	引水系统	引水洞	1
		尾水洞	
	发电系统	出线场	1
	泄洪系统	泄洪洞	1

防治分区	监测区域		监测点数量
	导流系统	泄洪洞水垫塘	1
		导流洞	1
		围堰	
	近坝区整治工程	泥石流沟治理	2
		高位自然边坡	2
		金坪子滑坡	1
	业主基地		1
存弃渣场	整个防治区		8
	永久弃渣场	下白滩堆料弃渣场	1
		阴地沟弃渣场	1
		鲹鱼河弃渣场	1
		猪拱地堆料弃渣场	1
	存料场	施期存料场	1
		海子尾巴存料场	1
	表土堆存场	阴地沟表土堆存场	1
		施期表土堆存场	
		新村表土堆存场	1
场内交通	整个防治区	6	
	路堤边坡	3	
	路堑边坡	1	
	隧道口洞脸边坡	2	
料场	整个防治区	2	
	施期石料场	1	
	河门口土料场	1	
施工生产生活区	整个防治区	10	
	新村施工区	4	
	海子尾巴施工区	2	
	金坪子施工区	1	
	阿摆施工区	1	
	其他施工区	2	
移民安置区	整个防治区	12	
	安置点	12	

(3) 监测内容

本项目水土保持监测内容主要包括主体工程建设进度、工程建设扰动土地面积、水土流失灾害隐患、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果、水土保持工程设计的落实情况、水土保持管理工作情况。

(4) 监测方法

枢纽工程区水土保持监测实行驻点监测，采取地面监测、调查监测和场地巡查监测相结合的方法，并结合乌东德水电站水土流失监测技术研究项目对整个工程区水土流失情况采取遥感监测方法。

(5) 监测时段与频次

枢纽工程区水土保持监测时段取施工准备期至设计水平年结束共 122 个月。

根据水利部水保[2009]187 号文，弃渣场的弃渣量、表土堆存场的堆土量、实施的水土保持措施建设情况等至少每 10d 监测记录 1 次；扰动地表面积、水土保持工程措施拦挡效果等至少每 1 个月监测记录 1 次；主体工程建设进度、水土流失影响因子、水土保持植物措施生长情况等至少每 3 个月监测记录 1 次。遇暴雨、大风等情况及时加测。水土流失灾害事件发生后 1 周内完成监测。监测过程中发现异常情况及时反馈给相关部门，以便及时采取措施。

结合《水电建设项目水土保持方案技术规范》等规程规范要求，施工期监测频次根据工程特点和监测内容等拟定，水土流失量的定点监测次数施工前监测一次，施工期每年雨季每月一次，并结合暴雨进行加测，其他时段每季一次。

7.3.9 局地气候观测

(1) 气象站布置

1) 布设原则

- ①在影响显著的库段，特别是水面较宽的库段设置。
- ②能反映不同库段的水热因素。
- ③站点布设能控制气候效应的变化范围。
- ④各测点设置需符合《地面气象观测规范》要求。

2) 气象站布设方案

目前，在乌东德坝区已建成海子尾巴、左坝肩 2 个临时气象站，在库尾三堆子建成永久气象站。根据需要，需补充设置坝区永久气象站 1 个，临时气象站 1 个，库区临时气象站 4 个。具体详见下表。

表 7.3-5 乌东德库坝区气象站布置方案一览表

新增站	已有站	位置	性质	已有观测要素	新增观测要素	观测时间	备注
	海子尾巴	右岸 1000m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2011.9 至蓄水后 5 年	乌东德坝区
	左坝肩	左岸 995m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2011.9 至蓄水后 5 年	
永久营地		右岸 1200m	永久	气压、气温、湿度、云、能见度、天气现象、降水、风向风速、蒸发、日照、地温		2013 年建成，长期观测	
金坪子		左岸 860m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2015 年至蓄水后 5 年	

新增站	已有站	位置	性质	已有观测要素	新增观测要素	观测时间	备注
规划气象站 5		1000m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2015 年至蓄水后 5 年	乌东德库区
规划气象站 6		1200m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2015 年至蓄水后 5 年	
规划气象站 7		1400m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2015 年至蓄水后 5 年	
规划气象站 8		1600m	临时	气温、湿度、降水量、风向风速		2015 年至蓄水后 5 年	
	三堆子	左岸岸边 (雅砻江口下 3.6km)	永久	气温、湿度、降水量、风向风速		2007.12 起, 长期观测	乌东德库尾

3) 低空探空观测站

在水库蓄水前 1~3 年、水库蓄水后 5 年内分别进行 1 次周期为 1 年的低空探空观测，具体见下表。

表 7.3-6 金沙江下游低空探空观测站布局现状

站名	观测时间	观测内容	观测要求
乌东德坝区	2018 年、2024 年各实施 1 次	获取 1500m 以下的风向、风速、气温等要素的观测资料	观测 1 年，分 4 个季度完成，每季度 20 日。典型逆温时，加密观测，获取逆温天气过程 6~10 个；总有效观测样本数不少于 640 份

(2) 观测内容及技术要求

1) 观测内容

永久气象站观测内容：气压、气温、湿度、云、能见度、天气现象、降水、风向风速、蒸发、日照、地温。

临时气象站观测内容：气温、湿度、降水量、风向风速。

低空探空观测站观测内容：1500m 以下的风向、风速、气温等要素。

2) 观测时段和频次

① 观测时段

永久气象站自建成后，长期运行。

临时气象站自建成后，运行至蓄水后 5 年。

低空探空观测站为临时站，蓄水前 1~3 年内观测 1 次，蓄水后 5 年内观测 1 次；观测周期均为 1 年。

② 观测频次

气温、湿度、降水量、风向风速，采用自动观测设备，进行 24h 连续观测。

云、能见度、天气现象、蒸发、日照、地温等项目，采用人工观测。全年每日 8 时、14 时、20 时各观测 1 次。

低空探空观测站，每次观测周期为 1 年，分 4 个季度完成，每个季度 20 日。获取 1500m 以下的风向、风速、气温等要素的观测资料；典型逆温时，进行加密观测，获取逆温天气过程 6~10 个；总有效观测样本数不少于 640 份。

3) 主要技术要求

观测方法按照中国气象局发布的《地面气象观测规范》执行。

7.3.10 环境空气质量监测

布点原则：环境空气质量监测点设置数量要求能控制施工区、施工场界外敏感区环境空气质量，点位设置应满足《环境监测技术规范》要求。

监测方法及采样频率：按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）和《环境空气监测质量规范》（试行）的要求和规定。

具体监测点位及监测技术要求见下表。

表 7.3-7 环境空气监测点位及监测技术要求一览表

环境要素	监测点位	监测项目	监测时间	监测时段及频率
居民点	卧嘎村	TSP、PM ₁₀ 、NO ₂	施工期 122 个月	施工期每季度监测一期，每期连续监测 7 天
	三台村二组			
	二坪子村			
施工区	下白滩砂石料加工系统	TSP		
	大坝作业区	TSP、NO ₂		

7.3.11 声环境质量监测

监测点布设：根据噪声源和敏感点分布情况共布设环境噪声监测点 8 个，其中厂界外敏感点 3 个点，施工生产区 3 个点，施工道路 2 个点。详见下表。

表 7.3-8 声环境监测点位及技术要求一览表

序号	测点地名	主要噪声源	功能区	监测频次
1	卧嘎村	砂石料加工、交通噪声	厂界外敏感区	24 小时
2	三台村二组	砂石料加工、弃渣、交通	厂界外敏感区	24 小时

序号	测点地名	主要噪声源	功能区	监测频次
		噪声		
3	二坪子村	砂石料加工、交通噪声	厂界外敏感区	24 小时
4	大坝作业区	大坝施工	施工生产区	昼夜各一次
5	970 混凝土拌合系统	混凝土拌合	施工生产区	昼夜各一次
6	下白滩砂石料加工系统	砂石料加工	施工生产区	昼夜各一次
7	左岸高线过坝路	交通噪声	施工道路	昼夜各一次
8	右岸高线过坝路	交通噪声	施工道路	昼夜各一次

监测项目： L_{Aeq} 。

监测频率：施工期期间，卧嘎村、三台村二组、二坪子村、3 处监测点每季度监测 1 次，每次监测 2 天，每天进行 24 小时测量昼夜等效声级；其余 5 个监测点每季度监测 1 次，每次监测 1 天，分昼间和夜间测量每次测量 20min。

道路交通噪声测量时记录车流量。

监测方法：功能区环境噪声监测按《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的方法执行。

7.3.12 人群健康监测

为及时掌握施工人员身体健康状况，有效控制传染病的流行，在施工期间应对施工人员健康状况进行监控，由会东县、禄劝县卫生防疫站派出专业人员进行技术指导，重点对病毒性肝炎、细菌性痢疾、疟疾进行监控，为施工管理提供依据。

抽查人数：施工高峰人数的 10%，即 1200 人；

监测频率：施工期每年监测一次，共 9 次；

重点监测内容：病毒性肝炎、细菌性痢疾、疟疾；

监测方法：流行病学调查法。

7.3.13 移民安置区环境监测

7.3.13.1 农村及城集镇安置

（1）水环境监测

①生活污水

监测点布设：在 29 处安置点新址污水处理设施出水口处设置监测点。

监测项目：pH、SS、COD、BOD₅、TP、TN、粪大肠菌群共 7 项。

监测频率：运行期每年监测 1 次，直到竣工验收的第 3 年止。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）要求执行。

②饮用水水质监测

监测点布设：在农村集中居民点和迁建集镇生活饮用水源取水口处布点监测，共计 18 个监测断面（点）。

18 个取水断面分别为：金沙江新村水厂 3#高位水池、大河边水库、志超水库、己衣水库、分州水库、勐果河白马口取水口、挨小河水库、胜利水库、保安水库、樟木树水库、新民水库、陈家河坝沟、卢塘坝沟、龙滩水库、雪山水库、梨园水库、马头山水库、三戈支水库。

监测项目：水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、BOD₅、NH₃-N、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬（六价）、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物和粪大肠菌群，共 24 项。

监测频率及时间：移民安置前监测 1 次；运行期每年监测 1 次，到竣工验收的第 3 年止。

监测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中规定的方法进行监测。

（2）陆生生态环境监测

1) 监测点位布设

采用线路调查和剖面调查相结合，线路调查沿新村-花果山、下普利-东甸白马口-江边集镇-棉花地-鲊石村-金沙阳光-马鞍坪-新铺子-官田共计 11 个调查点。

2) 监测内容

调查植物的垂直和水平分布、植物物种、植被类型、优势种群、生物量以及 4 株古树的保护情况，统计兽类、鸟类、两栖类、爬行类的物种出现率。对移民安置区 7 种重点保护动物加强种群数量的监测。

3) 监测方法

陆生植被景观的动态变化采用 3S 遥感技术，对评价区的陆生植被和景观采样、分析与处理，结合资料和搜集和野外实地调查，分析陆生植被与景观变动情况。

陆生动植物种类和数量的调查采用样点和样线相结合的方法。在各调查点

根据陆生生物组成设置固定样线 1~2 条，选择典型样地进行样方调查，每种植物群落类型设置 1~2 样方。通过样方调查植物种类、郁闭度、冠幅、胸径、盖度、多度、生殖苗高度、叶层高度等。

4) 调查频率

移民安置前调查 1 次；移民安置后调查 1 次。选择春季或秋季进行调查。

(3) 环境空气监测

监测点位布设：距离安置点附近有居民点的 17 个施工区布设 1 个监测点。

监测项目：PM10。

监测时段及频率：施工期每年监测 1 期，每期连续监测 7d，每天昼夜 12h 连续监测。

监测方法：按照《环境空气质量标准》(GB3095-2012)、《环境空气质量监测规范》等规定的方法进行监测。

(4) 声环境监测

监测点位布设：距离安置点附近有居民点的 17 个施工区布设 1 个监测点。

监测项目：Leq。

监测时段及频率：施工期每季度监测 1 次，每次监测一天，每天昼夜各监测 1 次。

监测方法：按照《声环境质量标准》(GB3096-2008)和《环境监测技术规范》中规定的方法执行。

(5) 地下水环境监测

监测点位布设：在元谋县垃圾填埋场、江边集镇垃圾填埋场、新村垃圾填埋场上游 50m 设置背景值监测井，在填埋场地下水下游设置 1 处污染控制监测井。

监测项目：pH、总硬度、溶解性总固体、高锰酸盐指数、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、硫酸盐、氯化物、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铅、氟、镉、铁、锰、铜、锌、粪大肠菌群等 21 项。

监测时段及频率：背景值监测井每年监测 1 次，污染控制监测井每年单月监测一次，共监测 15 年。

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)和《生活饮用水标准检验方法》(GB5750-2006)中规定方法执行。

（6）人群健康监测

为及时掌握原有居民、移民、施工人员身体健康状况，有效控制传染病的流行，在移民安置期和安置后应进行健康状况监控。

1) 监测范围：移民安置区。

2) 监测内容：

对安置区居民饮用水水质监测（29 个安置点净水站水质）、定期消毒；对移民安置区原有居民、移民、施工人员等进行疾病发病率调查。由会东县、会理县、禄劝县、武定县、元谋县和攀枝花市各卫生防疫站派出专业人员进行技术指导，重点对肺结核、病毒性肝炎、流行性腮腺炎、痢疾、感染性腹泻、乙肝等 6 种发病率较高的传染病，克山病、碘缺乏症和地方性氟中毒三种地方病进行监控。以便了解掌握移民安置区人群健康状况和疾病流行情况，及时采取相应的对策措施。

3) 监测频率：饮用水每季度监测 1 次，安置后连续监测 3 年；每个安置点在每年的春季或夏季进行疾病流行和卫生监测。

4) 监测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中规定的方法对净水站水质进行监测；采用定期普查与定点跟踪相结合的监测方法对传染病情况进行监测。

7.3.13.2 专项设施复建

（1）水环境监测

监测点布设：在各专项复建工程砂石料废水处理系统、混凝土拌和系统冲洗废水处理系统、含油废水处理系统和生活污水处理系统出水口布设 1 个监测点。

监测项目：砂石料废水处理系统和混凝土拌和系统冲洗废水处理系统主要为 pH、SS，含油废水处理系统主要为 pH、SS 和石油类，生活污水处理系统主要为 pH、SS、COD、BOD₅、TP、TN、粪大肠菌群共 7 项。

监测频率及时间：施工期每季度监测 1 次，由地方政府统筹考虑安排。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)要求执行。

（2）水温监测

监测点位布设：仁和水库、横山水库以及麻柳水库的取水口所在库区横断面中心布设垂向水温监测垂线。

监测项目：水温。

监测时段及频率：运行后 3 年，每月 5 日、15 日、25 日进行观测，每日 8:00、14:00、20:00 时各观测 1 次。

监测方法：按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)要求执行。

（3）环境空气监测

监测点位布设：各专项复建工程根据需要在距离施工区最近的敏感点处布设 1 个监测点。

监测项目：PM₁₀。

监测时段及频率：施工期每季监测 1 期，每期连续监测 7 天，保证有效期 5 天，每天昼间 12h 连续监测。

监测方法：按照《环境空气质量手动监测技术规范》(HJ/T 194-2005)、《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中规定的方法进行监测。

（4）声环境监测

监测点位布设：各专项复建工程根据需要在距离施工区最近的敏感点处布设 1 个监测点。

监测项目：Leq。

监测时段及频率：施工期每季监测 3 天，每天昼夜各监测 1 次。

监测方法：按照《声环境质量标准》(GB3096-2008)和《环境监测技术规范》（噪声部分）中规定方法执行。

（5）人群健康调查

调查目的：掌握专项复建工程施工人群的健康状况，以便及时采取人群健康保护对策。

调查内容、时间：人群健康调查仅施工期，每年对施工人员进行抽样检疫 1 次，检疫人数取施工区总人数的 10%；每半年对食堂工作人员进行定期检查，重点检疫疾病为痢疾、肝炎和疟疾；每年定期检查和消灭疾病媒介生物，如蚊、苍蝇、蟑螂、鼠等。

7.3.14 攀枝花河段生态环境野外监测实验站

雅砻江河口段是金沙江中、下游鱼类及雅砻江鱼类迁移交流的重要通道，随着金沙江中下游和雅砻江中下游水电梯级开发的实施，雅砻江河口段鱼类迁移交

流通道的功能虽然有所下降，但河口水流复杂，水文水动力学特征多变，河口作为鱼类栖息繁殖功能场所功能将会加强。此外，乌东德库尾涉及金沙江攀枝花河段，对攀枝花市水环境有一定影响，需要加强攀枝花河段水环境、雅砻江河口生态监测和科学研究，掌握乌东德水库蓄水前后攀枝花河段水环境变化以及雅砻江河口生态环境变化情况，及时采取相应对策措施。

因此，在攀枝花设立金沙江攀枝花河段（含雅砻江河口）野外监测实验站，进行水生生态及水环境监测和研究工作，对乌东德库尾生态环境变化进行长期观测。具体监测的范围在金沙江上断面为银江坝址，雅砻江上断面为桐子林坝址，金沙江下断面为金沙江攀枝花出境断面，重点监测范围为雅砻江河口上下 10km 范围。野外生态监测实验站建成运行后，计划每年 9 月向建设单位及地方水行政、环境保护行政主管部门报送生态环境质量年报，年报主要内容为攀枝花河段生态环境质量及演变趋势，重点关注乌东德库尾水位变化过程中水环境因子和水生生态因子的响应过程，为金中、金下及雅砻江下游各个梯级生态调度提供依据。

野外监测实验站包括办公室、实验池塘、办公和实验设备、通讯设施、科考船等。主要设备配置详见下表。

表 7.3-9 攀枝花河段生态环境野外监测实验站主要设备

序号	项目名称	单位	数量
一	设备购置费		
1	水环境监测设备		
1.1	多参数在线测定仪	套	1
1.2	氨氮在线测定仪	套	1
1.3	高锰酸盐指数在线测定仪	套	1
1.4	总磷在线测定仪	套	1
1.5	总氮在线测定仪	套	1
1.6	在线重金属测定仪	套	1
1.7	生物综合毒性在线测定仪	套	1
1.8	气相色谱仪	台	1
1.9	液相色谱仪	台	1
1.10	气质联用仪	台	1
1.11	离子色谱仪	台	1
1.12	原子吸收分光光度计	台	1
2	水生生态观测设备		
2.1	渔探仪 EK80	台	1
2.2	鱼探仪 EK15	台	10
2.3	水下声纳成像原位观测系统	套	1

2.4	水下远距可操控调查系统	套	1
2.5	研究级体视显微成像系统	套	1
2.6	研究级生物显微成像系统	套	1
2.7	便携式河流底质识别仪	台	1
2.8	浮游生物成像系统	套	1
2.9	浮游植物分析流式细胞仪	台	1
二	办公及基础设施		
1.1	科考船	艘	1
1.2	玻璃钢小艇	艘	1
1.3	前处理设施	套	1
1.4	供电供水消防设施	套	1
1.5	办公设备	套	1
1.6	办公用房	m ²	3000

8 环境保护投资概算与环境影响经济损益分析

8.1 环境保护投资概算

8.1.1 编制说明

(1) 以水电水利工程设计概算编制的有关规定为基础, 结合工程建设情况和环境保护工程的特点, 采用单价法和指标法来计算环境保护投资;

(2) 价格水平年与主体工程一致;

(3) 主体工程本身具有的环境保护功能设施的费用列入主体工程概算, 本概算不再重复计列;

(4) 主要材料价格及建筑工程单价与主体工程一致。

(5) 对于没有定额、主体工程中亦无单价的项目, 其单价采用类比法结合市场调查法确定。

(6) 独立费用按主体工程概算独立费用取费标准计算。

8.1.2 编制依据

(1) 水电水利规划设计总院、可再生能源定额站可再生定额[2008]5号文颁布的《水电工程设计概算编制规定(2007年版)》(以下简称“编制规定”)、《水电建筑工程概算定额(2007年版)》、《水电工程设计概算费用标准(2007年版)》及第1号修改单(2009年)(以下简称“费用标准”);

(2) 水电规造价[2005]0019号文发布的《水电建设项目水土保持工程投资编制细则(试行)》;

(3) 水电规造价[2004]0028号文颁布的《水电工程施工机械台时费定额》;

(4) 水利部水总[2003]67号文颁发的《水土保持工程概算定额》;

(5) (水利部水总[2003]67号)颁布的《开发建设项目水土保持工程投资概(估)算编制规定》、《水土保持工程概算定额》以及《开发建设项目水土保持工程施工机械台时费定额》;

(6) 国家计委、建设部计价格[2002]10号文《工程勘察设计收费管理规定》;

(7) 水电水利规划设计总院水电规造价[2005]0019号文《水电建设工程项目水土保持工程专项投资编制细则(试行)》;

(8) 国家发展计划委员会、财政部、环境保护部、国家经济贸易委员会第 31 号令《排污费征收标准管理办法》；

(9) 水电水利规划设计总院《水电工程环境保护专项投资编制细则》(报批稿)；

(10) 发改价格[2007]670号文《关于印发建设工程监理与相关服务收费管理规定的通知》；

(11) 财综[2008]78号文颁布的《关于公布取消和停止征收100项行政事业性收费项目的通知》；

(12) 其余同主体工程概算，对于绿化工程中的苗木价格等采用当地市场价格。

8.1.3 价格水平年

工程环境保护投资概算与主体工程投资概算编制的水平年一致，按 2014 年 2 季度价格水平进行编制。

人工预算单价按《水电工程设计概算费用标准(2007 年版)》有关规定执行。云南省禄劝县和四川省会东县按国办发[2001]14 号文有关文件规定属一类边远地区，人工预算单价为：

高级熟练工	10.41 元/工时
熟练工	7.69 元/工时
半熟练工	5.98 元/工时
普工	4.91 元/工时

8.1.4 基础单价

8.1.4.1 主要建筑材料预算价格

主要材料预算价格与主体枢纽工程一致，主要材料预算价格及最高限额价格见下表。

表 8.1-1 主要材料预算价格表

编号	名称及规格	单位	预算价格 (元)	最高限额价格 (元)	价差 (元)
1	普通硅酸盐水泥 32.5	t	587.24	600	
2	普通硅酸盐水泥 42.5	t	646.21	600	46.21

3	钢筋	t	4323.04	5500	
4	岩石乳化炸药（二级）	t	13021.64	8000	5021.64
5	岩石乳化炸药（一级）	t	13270.39	8000	5270.39
6	柴油 0 [#]	t	8896.23		
7	汽油 90 [#]	t	9747		
8	板枋材	m ³	2090.02		

8.1.4.2 次要材料预算价格

次要材料预算价格依据工程所在地 2014 年 2 季度的市场调查价格。

8.1.4.3 用电、水、风价

（1）施工用电预算价格

施工用电预算价格为 0.97 元/kW·h。

（2）施工用水预算价格

施工用水预算价格为 1.34 元/m³计算。

（3）施工用风预算价格

施工用风预算价格 0.16 元/m³计算。

8.1.4.4 砂石料单价

碎石预算单价为 61.18 元/m³、砂预算单价为 81.12 元/m³。

8.1.4.5 苗木预算价格

苗木考虑从云南省禄劝县和四川省会东县的苗木公司购买。

表 8.1-2 苗木预算价格表

编号	名称及规格	单位	预算价格(元)
1	滇合欢	株	6.00
2	余甘子	株	15.00
3	绿油麻藤、黄荆	株	6.00
4	迎春	株	5.50
5	多花蔷薇、爬山虎	株	3.00
6	火棘	株	7.00
7	马桑	株	6.60
8	花椒	株	2.50
9	侧柏	株	50.00
10	灌木(马桑、火棘)	kg	90.00

编号	名称及规格	单位	预算价格(元)
11	草籽(黄茅、孔颖草)	kg	80.00

8.1.5 环境保护投资

以 2014 年第 2 季度价格水平进行计算，乌东德水电站环境保护静态总投资为 355540.82 万元。其中枢纽工程环境保护投资 210333.21 万元，建设征地与移民安置区环境保护投资 57175.26 万元，独立费用 55710.47 万元，基本预备费 32321.89 万元。环保投资概算总表详见下表。

表8.1-3 乌东德水电站工程环境保护投资概算

序号	费用名称	费用（万元）		合计	备注
		四川	云南		
I	枢纽工程	116888.12	93445.08	210333.21	
一	环境保护工程	78919.75	61064.33	139984.09	
(一)	水环境保护工程	33923.63	8034.16	41957.79	
(二)	大气环境保护工程	324.00	324.00	648.00	
(三)	声环境保护工程	40.00	3.00	43.00	
(四)	固体废物处置工程	86.10	1128.40	1214.50	
(五)	陆生生态保护工程	8409.90	4397.80	12807.70	
(六)	水生生态保护工程	18192.92	32090.94	50283.86	
(七)	社会环境保护工程	73.00	2391.00	2464.00	
(八)	环境监测工程	7870.20	4695.03	12565.23	
(九)	科学研究	10000.00	8000.00	18000.00	
二	水土保持工程	37968.37	32380.75	70349.12	
(一)	工程措施	32836.99	23698.71	56535.70	
(二)	植物措施	2967.95	6473.41	9441.36	
(三)	辅助措施	1505.07	1578.33	3083.40	
(四)	水土保持监测工程	658.36	630.30	1288.66	
II	建设征地和移民安置工程	25798.28	31376.98	57175.26	
一	环境保护工程	15034.28	23461.42	38495.70	
(一)	城集镇及农村居民点迁建	7461.97	17250.95	24712.93	
1	水环境保护工程	1443.00	3189.73	4632.73	
2	大气环境保护工程	415.20	397.00	812.20	
3	声环境保护工程	41.00	20.00	61.00	
4	固体废物处置工程	3640.30	12326.50	15966.80	
5	陆生生态保护工程	627.80	573.30	1201.10	
6	社会环境保护工程	598.43	295.81	894.24	

7	环境监测工程	156.24	148.62	304.86	
(二)	专项设施复建	7572.31	6210.46	13782.77	
二	水土保持工程	10764.00	7915.56	18679.56	
1	工程措施	8971.20	6221.22	15192.42	
2	植物措施	1261.93	1241.56	2503.49	
3	辅助措施	347.14	276.88	624.02	
4	水土保持监测工程	183.73	175.90	359.63	
I 至 II 部分合计		142686.41	124822.06	267508.46	
III	独立费用	29791.97	25918.50	55710.47	
(一)	项目建设管理费	14180.73	12229.13	26409.87	
1	工程前期费	713.43	624.11	1337.54	
2	环境管理费	3051.19	2493.01	5544.21	按枢纽工程环保投资的 2.5%，建设征地移民安置环保投资的 0.5%
3	环境监理费	3567.16	3120.55	6687.71	按环保投资的 2.5% 计算
4	咨询服务费	4280.59	3744.66	8025.25	按环保投资的 3% 计算
5	项目技术经济评估审查费	856.12	748.93	1605.05	按环保投资的 0.6% 计算
6	项目验收费	1712.24	1497.86	3210.10	按环保投资的 1.2% 计算
(二)	科研勘察设计费	14982.07	13106.32	28088.39	
1	施工科研试验费	713.43	624.11	1337.54	按环保投资的 0.5%
2	勘察设计费	14268.64	12482.21	26750.85	按环保投资的 10%
(三)	其它税费	629.16	583.05	1212.21	
1	水土保持设施补偿费	629.16	583.05	1212.21	
I 至 III 部分合计		172478.37	150740.56	323218.93	
基本预备费		17247.84	15074.06	32321.89	按照第一部分、第二部分和独立费用之和的 10% 计算
静态总投资		189726.21	165814.61	355540.82	

8.1.5.1 枢纽工程环保投资

(1) 水环境保护投资

乌东德水电站工程水环境保护投资 41957.79 万元，其中四川省水环境保护投资 33923.63 万元，云南省水环境保护投资 8034.16 万元。详见表 8.1-4~表 8.1-18。

表8.1-4 乌东德水电站工程枢纽区水环境保护投资总表

序号	工程费用名称	费用（万元）		合计
		四川	云南	（万元）
1	砂石料废水处理	6314.17	5877.70	12191.87
1.1	下白滩砂石料废水处理	6314.17		
1.2	海子尾巴砂石料废水处理工程		1311.54	
1.3	施期大坝砂石系统废水处理		4566.15	
2	混凝土废水处理	247.44	158.17	405.60
2.1	850 混凝土废水处理	159.21		
2.2	880 混凝土废水处理	88.22		
2.3	970 混凝土废水处理		158.17	
3	生活污水	222.49	1706.57	1929.05
3.1	左岸营地	222.49		
3.2	新村营地		338.91	
3.3	海子尾巴营地		288.80	
3.4	金坪子营地		1078.85	
4	洗车修配废水处理	116.03	131.73	247.77
4.1	金坪子石料加工区		131.73	
4.2	阴地沟石料加工区	53.09		
4.3	下白滩石料加工区	62.95		
5	施工期粪便污水	80.00	100.00	180.00
6	运行期电厂含油废水处理	60.00	60.00	120.00
7	攀枝花水环境保护	26883.50		26883.50
合计		33923.63	8034.16	41957.79

表8.1-5 下白滩砂石料废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					42.07
1.1	土石方开挖	m ³		38.45	8567.22	32.94
1.2	土方回填	m ³		11.70	2855.74	3.34
1.3	主排水沟 600×500mm	m		138.05	419.00	5.78
2	土建费					833.07
2.1	粗砂回收车间基础工程	m ²		801.40	100.00	8.01
2.2	细砂回收车间基础工程	m ²		801.40	150.00	12.02
2.3	土石方开挖	m ³		38.45	4465.72	17.17
2.4	土方回填	m ³		11.70	3132.27	3.66
2.5	C10 混凝土垫层	m ³		518.80	2262.35	117.37
2.6	C25 混凝土衬砌	m ³		962.35	821.50	79.06
2.7	钢筋	t		6946.22	271.68	188.71
2.8	车间泵房等基础工程	m ²		763.81	1426.84	108.98
2.9	车间泵房等主体结构	m ²		1631.42	1426.84	232.78
2.10	车间泵房等房屋面及装修	m ²		457.62	1426.84	65.30
3	设备及安装费					819.03
3.1	管道及安装	项		1093978.28	1	109.40

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 (万元)
			设备费	建安费		
3.2	设备及安装					709.64
3.2.1	粗砂回收装置 ZX-250B,N=55kW	套	338400	50760	1	38.92
3.2.2	泥浆泵 150ZJL-B55B,Q=350 m³/h,H=49m,P=110kW	套	21500	3225	2	4.95
3.2.3	细砂回收装置 VDS512-4L,N=45kW	套	486600	72990	2	111.92
3.2.4	泥浆泵 200ZJ-I-A70, Q=550m³/h,H=47m,P=132kW	套	43500	6525	4	20.01
3.2.5	絮凝搅拌机 D=1250mm,N=1.5kW	套	65400	9810	6	45.13
3.2.6	不锈钢闸门 B×H=500×500mm, N=1.1kW	套	8650	1297.5	3	2.98
3.2.7	涡轮搅拌机 D=1.0m, N=1.5kW	套	91200	13680	1	10.49
3.2.8	周边传动刮泥机 D=20m, N=0.37kW	套	86800	13020	3	29.95
3.2.9	浓缩机 N=2.2kW	套	116600	17490	3	40.23
3.2.10	涡轮搅拌机 D=1.0m, N=1.5kW	套	46200	6930	1	5.31
3.2.11	渣浆泵 GMZ100-35-250,N=55kW	套	56000	8400	8	51.52
3.2.12	电动单梁悬挂式起重机 启闭 重量 2t	套	36300	5445	1	4.17
3.2.13	箱式压滤机 XMK600/2000-U,P=7.5kW	套	332300	49845	6	229.29
3.2.14	电动单梁悬挂式起重机 启闭 重量 5t	套	46800	7020	1	5.38
3.2.15	反冲洗泵 300S-90,Q=790m³/h, H=90m,N=315kW	套	32200	4830	3	11.11
3.2.16	增压泵 XS100-310,Q=240m³/h, H=74m,N=110kW	套	16000	2400	3	5.52
3.2.17	电动单梁悬挂式起重机 启闭 重量 2t	套	36300	5445	1	4.17
3.2.18	PAC 加药装置 JY-16, N=1.1kW	套	52100	7815	2	11.98
3.2.19	管道混合器 GW350	套	42400	6360	2	9.75
3.2.20	螺杆加料泵 G35, N=1.5kW	套	85200	12780	2	19.60
3.2.21	PAM 加药装置 JY-20, N=1.5kW	套	66300	9945	2	15.25
3.2.22	管道混合器 GW350	套	42400	6360	2	9.75
3.2.23	螺杆加料泵 G40-1, N=2.2kW	套	96800	14520	2	22.26
4	运行费	元/m³		3.50	13200000	4620.00
合计						6314.17

表8.1-6 海子尾巴砂石料废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）	数量	费用

			设备费	建安费		(万元)
1	厂区基础工程					42.69
1.1	土石方开挖	m ³		38.45	5713.23	21.97
1.2	土方回填	m ³		11.70	4897.05	5.73
1.3	主排水沟 600×500mm	m		138.05	425.00	5.87
1.4	次排水沟 300×300mm	m		79.40	755.00	5.99
1.5	排水盲沟 300×300mm	m		89.55	350.00	3.13
2	土建费					322.70
2.1	土石方开挖	m ³		38.45	968.33	3.72
2.2	土方回填	m ³		11.70	316.37	0.37
2.3	C10 混凝土垫层	m ³		518.80	68.44	3.55
2.4	C25 混凝土衬砌	m ³		962.35	239.49	23.05
2.5	钢筋	t		6946.22	66.03	45.87
2.6	车间泵房等基础工程	m ²		763.81	910.60	67.97
2.7	车间泵房等主体结构	m ²		1631.42	910.60	136.79
2.8	车间泵房等房屋面及装修	m ²		457.62	910.60	41.38
3	设备及安装费					148.15
3.1	管道及安装	项		134529.06	1	13.45
3.2	设备及安装					134.70
3.2.1	砂水分离器 Q=15mh, φ=360mm,N=3.0kW	套	218400.00	32760.00	1	25.12
3.2.2	网格 800×800mm, 孔径 10mm	套	1800.00		60	10.80
3.2.3	斜管 φ80, δ=5mm,α=60°	套	1380.00		36	4.97
3.2.4	刮砂机 QC2.0, N=11.0kW	套	34700.00		1	3.47
3.2.5	涡轮搅拌机 D=1.0m, N=1.5kW	套	91200.00	13680.00	1	10.49
3.2.6	渣浆泵 GMZ80—30—70, N=18.5kW	套	36700.00	5505.00	3	12.66
3.2.7	电动单梁悬挂式起重机 启 闭重量 2t	套	36300.00	5445.00	1	4.17
3.2.8	箱式压滤机 XMK600/2000-U,P=7.5kW	套	12300.00	1845.00	3	4.24
3.2.9	电功单梁悬挂式起重机 启 闭重量 4t	套	35600.00	5340.00	1	4.09
3.2.10	反冲洗泵 300S-90,Q=790m ³ /h, H=90m,N=315kW	套	32200.00	4830.00	2	7.41
3.2.11	增压泵 XS100-310,Q=240m ³ /h, H=74m,N=110kW	套	16000.00	2400.00	2	3.68
3.2.12	电功单梁悬挂式起重机 启 闭重量 2t	套	36300.00	5445.00	1	4.17

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
3.2.13	PAC 加药装置 JY-16, N=1.1kW	套	52100.00	7815.00	1	5.99
3.2.14	管道混合器 GW350	套	42400.00	6360.00	1	4.88
3.2.15	螺杆加料泵 G35, N=1.5kW	套	85200.00	12780.00	1	9.80
3.2.16	PAM 加药装置 JY-20, N=1.5kW	套	66300.00	9945.00	1	7.62
3.2.17	螺杆加料泵 G40-1, N=2.2kW	套	96800.00	14520.00	1	11.13
4	运行费	元/m³		3.50	2280000	798.00
合计						1311.54

表8.1-7 施期大坝砂石料废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					7.62
1.1	土石方开挖	m³		38.45	1800.00	6.92
1.2	土方回填	m³		11.70	600.00	0.70
2	土建费					673.94
2.1	粗砂回收车间基础工程	m²		801.40	35.00	2.80
2.2	细砂回收车间基础工程	m²		801.40	160.00	12.82
2.3	土石方开挖	m³		38.45	3093.80	11.90
2.4	土方回填	m³		11.70	494.59	0.58
2.5	C10 混凝土垫层	m³		518.80	2096.36	108.76
2.6	C25 混凝土衬砌	m³		962.35	508.74	48.96
2.7	钢筋	t		6946.22	103.14	71.64
2.80	车间泵房等基础工程	m²		763.81	1470.84	113.47
2.9	车间泵房等主体结构	m²		1631.42	1470.84	235.66
2.1	车间泵房等房屋面及装修	m²		457.62	1470.84	67.35
3	设备及安装费					1251.18
3.1	管道及安装	项		915400.57	1	91.54
3.2	设备及安装					586.49
3.2.1	粗砂回收装置 ZX-250B,N=55kW	套	33840	50760.00	1	38.92
3.2.2	泥浆泵 150ZJL-B55B, Q=350 m³/h,H=49m,P=110kW	套	21500	3225.00	2	4.95
3.2.3	细砂回收装置 VDS512-4L,N=45kW	套	486600	72990.00	2	111.92
3.2.4	泥浆泵 150ZJG-I-B, Q=400m³/h,H=45m,P=110kW	套	33500	5025.00	4	15.41
3.2.5	调节池搅拌装置 QJB2.2/8, 叶片 Φ320mm,N=2.2kW	套	61600	9240.00	2	14.17

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
3.2.6	DH 高效旋流净化器 DH-SSQ-200	套	2622000	97020.00	3	796.30
3.2.7	高效混凝混合器 DH-HNQ-200	套	56600	8490.00	3	19.53
3.2.8	渣浆泵 GMZ100-35-250,N=55kW	套	56000	8400.00	8	51.52
3.2.9	电动单梁悬挂式起重机 启闭重量 2t	套	36300	5445.00	1	4.17
3.2.10	真空带式过滤机 DU10m ² / 1000	套	43200	6480.00	3	14.90
3.2.11	电功单梁悬挂式起重机 启闭重量 5t	套	46800	7020.00	1	5.38
3.2.12	反冲洗泵 300S-90,Q=790m ³ /h, H=90m,N=315kW	套	32200	4830.00	3	11.11
3.2.13	增压泵 XS100-310,Q=240m ³ /h, H=74m,N=110kW	套	16000	2400.00	3	5.52
3.2.14	电功单梁悬挂式起重机 启闭重量 2t	套	36300	5445.00	1	4.17
3.2.15	一体化加药装置 DHJ-200	套	52300	7845.00	6	36.09
3.2.16	PAC 加药装置 JY-16, N=1.1kW	套	52100	7815.00	1	5.99
3.2.17	螺杆加料泵 G35, N=1.5kW	套	85200	12780.00	2	19.60
4	运行费	元/m ³		3.50	7524000	2633.40
合计						4566.15

表8.1-8 850混凝土废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					4.43
1.1	土石方开挖	m ³		38.45	900.00	3.46
1.2	土方回填	m ³		11.70	300.00	0.35
1.3	主排水沟 600×500mm	m		138.05	45.00	0.62
2	土建费					72.49
2.1	土石方开挖	m ³		38.45	915.93	3.52
2.2	土方回填	m ³		11.70	156.39	0.18
2.3	C10 混凝土垫层	m ³		518.80	18.48	0.96
2.4	C25 混凝土衬砌	m ³		962.35	74.01	7.12
2.5	钢筋	t		6946.22	34.97	24.29
2.6	加药间等基础工程	m ²		801.40	116.00	9.30
2.7	加药间等主体结构	m ²		1869.93	116.00	21.69
2.8	加药间等房屋面及装修	m ²		467.48	116.00	5.42
3	设备及安装费					55.94
3.1	管道及安装	项		282752.05	1	28.28
3.2	设备及安装					27.67

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
3.2.1	刮砂机 QC3-2000,N=11.0kW	套	34700		1	3.47
3.2.2	气提吸砂装置 QT-1.84,N=0.55	套	28400	4260.00	2	6.53
3.2.3	中和加药装置 JY-12, N=0.37kW	套	12300	1845.00	1	1.41
3.2.4	立式搅拌机 ZJ-1.0, N=1.5kW	套	62100	9315.00	1	7.14
3.2.5	管道混合器 GW300	套	32400	4860.00	1	3.73
3.2.6	螺杆加料泵 G30, N=1.1kW	套	46800	7020.00	1	5.38
4	运行费	元/m³		3.00	87840	26.35
合计						159.21

表8.1-9 880混凝土废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					2.18
1.1	土石方开挖	m³		38.45	450.00	1.73
1.2	土方回填	m³		11.70	150.00	0.18
1.3	主排水沟 600×500mm	m		138.05	20.00	0.28
2	土建费					27.50
2.1	土石方开挖	m³		38.45	257.90	0.99
2.2	土方回填	m³		11.70	115.80	0.14
2.3	C10 混凝土垫层	m³		518.80	6.64	0.34
2.4	C25 混凝土衬砌	m³		962.35	15.04	1.45
2.5	钢筋	t		6946.22	12.07	8.38
2.6	加药间等基础工程	m²		801.40	51.60	4.14
2.7	加药间等主体结构	m²		1869.93	51.60	9.65
2.8	加药间等房屋面及装修	m²		467.48	51.60	2.41
3	设备及安装费					32.19
3.1	管道及安装	项		231639.26	1	23.16
3.2	设备及安装					9.03
3.2.1	中和加药装置 JY-1.2, N=0.25kW	套	10300	1545.00	1	1.18
3.2.2	管道混合器 GW150	套	29400	4410.00	1	3.38
3.2.3	螺杆加料泵 G25, N=0.55kW	套	38800	5820.00	1	4.46
4	运行费	元/m³		3.00	87840	26.35
合计						88.22

表8.1-10 970混凝土废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					4.08
1.1	土石方开挖	m³		38.45	840.00	3.23

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1.2	土方回填	m ³		11.70	240.00	0.28
1.3	主排水沟 600×500mm	m		138.05	41.00	0.57
2	土建费					72.49
2.1	土石方开挖	m ³		38.45	915.93	3.52
2.2	土方回填	m ³		11.70	156.39	0.18
2.3	C10 混凝土垫层	m ³		518.80	18.48	0.96
2.4	C25 混凝土衬砌	m ³		962.35	74.01	7.12
2.5	钢筋	t		6946.22	34.97	24.29
2.6	加药间等基础工程	m ²		801.40	116.00	9.30
2.7	加药间等主体结构	m ²		1869.93	116.00	21.69
2.8	加药间等房屋面及装修	m ²		467.48	116.00	5.42
3	设备及安装费					55.25
3.1	管道及安装	项		282752.05	1	28.28
3.2	设备及安装					26.98
3.2.1	刮砂机 QC3-2000,N=11.0kW	套	34700		1	3.47
3.2.2	气提吸砂装置 QT-1.84,N=0.55	套	25400	3810.00	2	5.84
3.2.3	中和加药装置 JY-12, N=0.37kW	套	62100	9315.00	1	7.14
3.2.4	立式搅拌机 ZJ-1.0, N=1.5kW	套	12300	1845.00	1	1.41
3.2.5	管道混合器 GW300	套	32400	4860.00	1	3.73
3.2.6	螺杆加料泵 G30, N=1.1kW	套	46800	7020.00	1	5.38
4	运行费	元 /m ³		3.00	87840	26.35
合计						158.17

表8.1-11 左岸营地生活污水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					6.79
1.1	土石方开挖	m ³		38.45	1518.60	5.84
1.2	土方回填	m ³		11.70	506.20	0.59
1.3	主排水沟 300×300mm	m		79.40	45.00	0.36
2	土建费					36.77
2.1	土石方开挖	m ³		38.45	2326.62	8.95
2.2	土方回填	m ³		11.70	1287.32	1.51
2.3	C10 混凝土垫层	m ³		518.80	46.03	2.39
2.4	C25 混凝土衬砌	m ³		962.35	121.19	11.66
2.5	钢筋	t		6946.22	17.66	12.27
3	设备及安装费					120.37
3.1	管道及安装	项		190066.12	1	19.01
3.2	设备及安装					101.36
3.2.1	提升泵 Q=15m ³ /h,H=10m,N=1.5kW	套	6000	900.00	2	1.38

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
3.2.2	地埋式一体化设备（15 m³/h）	套	900000	99825.00	1	99.98
4	运行费	元/m³		0.80	732000	58.56
合计						222.49

表8.1-12 新村营地生活污水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					7.97
1.1	土石方开挖	m³		38.45	1845.45	7.10
1.2	土方回填	m³		11.70	615.15	0.72
1.3	主排水沟 300×300mm	m		79.40	20.00	0.16
2	土建费					43.25
2.1	土石方开挖	m³		38.45	2639.22	10.15
2.2	土方回填	m³		11.70	1548.38	1.81
2.3	C10 混凝土垫层	m³		518.80	40.73	2.11
2.4	C25 混凝土衬砌	m³		962.35	128.54	12.37
2.5	钢筋	t		6946.22	24.19	16.80
3	设备及安装费					170.57
3.1	管道及安装	项		267542.77	1	26.75
3.2	设备及安装					143.82
3.2.1	提升泵 Q=25m³/h,H=12m,N=2.2kW	套	7200	1080.00	2	1.66
3.2.2	地埋式一体化设备（25 m³/h）	套	1300000	121625.00	1	142.16
4	运行费	元/m³		0.80	1464000	117.12
合计						338.91

表8.1-13 海子尾巴营地生活污水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					8.14
1.1	土石方开挖	m³		38.45	1876.95	7.22
1.2	土方回填	m³		11.70	625.65	0.73
1.3	主排水沟 300×300mm	m		79.40	24.00	0.19
2	土建费					43.25
2.1	土石方开挖	m³		38.45	2639.22	10.15
2.2	土方回填	m³		11.70	1548.38	1.81
2.3	C10 混凝土垫层	m³		518.80	40.73	2.11
2.4	C25 混凝土衬砌	m³		962.35	128.54	12.37
2.5	钢筋	t		6946.22	24.19	16.80

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
3	设备及安装费					149.57
3.1	管道及安装	项		267542.77	1	26.75
3.2	设备及安装					122.82
3.2.1	提升泵 Q=20m³/h,H=12m,N=2.2kW	套	7200	1080.00	2	1.66
3.2.2	地埋式一体化设备（20 m³/h）	套	1100000	111625.00	1	121.16
4	运行费	元/m³		0.80	1098000	87.84
合计						288.80

表8.1-14 金坪子营地生活污水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					16.96
1.1	土石方开挖	m³		38.45	3912.15	15.04
1.2	土方回填	m³		11.70	1304.05	1.53
1.3	主排水沟 300×300mm	m		79.40	49.00	0.39
2	土建费					106.61
2.1	土石方开挖	m³		38.45	6608.79	25.41
2.2	土方回填	m³		11.70	3792.93	4.44
2.3	C10 混凝土垫层	m³		518.80	104.11	5.40
2.4	C25 混凝土衬砌	m³		962.35	325.54	31.33
2.5	钢筋	t		6946.22	57.64	40.04
3	设备及安装费					530.72
3.1	管道及安装	项		603804.64	1	60.38
3.2	设备及安装					470.34
3.2.1	提升泵 Q=20m³/h,H=12m,N=2.2kW	套	7200	1080.00	4	3.31
3.2.2	提升泵 Q=25m³/h,H=10m,N=2.2kW	套	7200	1080.00	4	3.31
3.2.3	地埋式一体化设备（45 m³/h）	套	2100000	218675.00	2	463.72
4	运行费	元/m³		0.80	5307000	424.56
合计						1078.85

表8.1-15 金坪子工区含油废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					3.34
1.1	土石方开挖	m³		38.45	685.00	2.63
1.2	土石方回填	m³		11.70	204.00	0.24

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备 费	建安费		
1.3	排水沟 300×300mm	m		79.40	59.00	0.47
2	土建费					23.44
2.1	土石方开挖	m ³		38.45	724.30	2.78
2.2	土石方回填	m ³		11.70	467.90	0.55
2.3	C15 混凝土垫层	m ³		518.80	11.25	0.58
2.4	C25 混凝土池衬砌	m ³		962.35	92.68	8.92
2.5	钢筋	t		6946.22	15.27	10.61
3	设备及安装费					32.70
3.1	管道及安装	项		50513.08	2	10.10
3.2	设备及安装					22.60
3.2.1	提升泵 Q=10m ³ /h,H=8m,N=1.1kW	套	6000	1200.00	4	2.88
3.2.2	絮凝剂加药装置 JY-6,N=0.37 kw	套	10500	2100.00	2	2.52
3.2.3	浮油回收机	套	86000		2	17.20
4	年运行费	元/m ³		3.50	206424	72.25
合计						131.73

表8.1-16 阴地沟工区含油废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备 费	建安费		
1	厂区基础工程					1.41
1.1	土石方开挖	m ³		38.45	278.00	1.07
1.2	土石方回填	m ³		11.70	102.00	0.12
1.3	排水沟 300×300mm	m		79.40	28.00	0.22
2	土建费					9.45
2.1	土石方开挖	m ³		38.45	328.90	1.26
2.2	土石方回填	m ³		11.70	224.60	0.26
2.3	C15 混凝土垫层	m ³		518.80	5.89	0.31
2.4	C25 混凝土池衬砌	m ³		962.35	39.28	3.78
2.5	钢筋	t		6946.22	5.52	3.83
3	设备及安装费					16.35
3.1	管道及安装	项		50513.08	1	5.05
3.2	设备及安装					11.30
3.2.1	提升泵 Q=8m ³ /h,H=8m,N=0.75kW	套	6000	1200.00	2	1.44
3.2.2	絮凝剂加药装置 JY-6,N=0.37 kw	套	10500	2100.00	1	1.26
3.2.3	浮油回收机	套	86000		1	8.60

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备 费	建安费		
4	年运行费	元/m³		3.50	73932	25.88
合计						53.09

表8.1-17 下白滩工区含油废水处理系统投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）		数量	费用 （万元）
			设备费	建安费		
1	厂区基础工程					1.41
1.1	土石方开挖	m³		38.45	278.00	1.07
1.2	土石方回填	m³		11.70	102.00	0.12
1.3	排水沟 300×300mm	m		79.40	28.00	0.22
2	土建费					9.45
2.1	土石方开挖	m³		38.45	328.90	1.26
2.2	土石方回填	m³		11.70	224.60	0.26
2.3	C15 混凝土垫层	m³		518.80	5.89	0.31
2.4	C25 混凝土池衬砌	m³		962.35	39.28	3.78
2.5	钢筋	t		6946.22	5.52	3.83
3	设备及安装费					16.35
3.1	管道及安装	项		50513.08	1	5.05
3.2	设备及安装					11.30
3.2.1	提升泵 Q=8m³/h,H=8m,N=0.75kW	套	6000	1200	2	1.44
3.2.2	絮凝剂加药装置 JY-6,N=0.37 kw	套	10500	21000	1	1.26
3.2.3	浮油回收机	套	86000		1	8.60
4	年运行费	元/m³		3.50	102114	35.74
合计						62.95

表8.1-18 攀枝花库尾河段水环境保护投资

工程费用名称		右岸污水处 理厂	左岸污水 处理厂	备注
征地拆迁费（万元）		2505.3	1860.9	
污水处理厂工 程费用（万元）	预沉池	24.4	17.4	
	细格栅及旋流沉砂池	216.8	154.9	
	CASS 生化池	1827.7	1305.5	
	调节池	83	59.3	
	接触消毒池	74	52.9	

	污泥贮池	20.8	14.9	
	反冲洗泵房	262.9	187.8	
	鼓风机房及配电房	197.7	141.2	
	污泥浓缩脱水机房及加药间	287	205	
	电器设备	332.5	237.5	
	仪表及自控设备	311.5	222.5	
	污水提升泵	838	628.5	
	场内管网	2231	2012	
	其他工程及设备费	1374.5	981.8	
管网衔接费用 (万元)	衔接干管 (DN500)	947.7	777.2	受地形限制, 干管埋深均大于 2.5m
	衔接干管 (DN600)	1224.1	1164.3	
立马团污水处理厂截污管网费用 (万元)	衔接干管 (DN800)	511	0	
工程建设其他费用 (万元)		2154	1436	工程建设其他费用主要包括: 城市基础设施配套建设费、勘察设计费等
合计 (万元)		15423.9	11459.6	

(2) 环境空气保护投资

乌东德水电站环境空气保护投资 648.00 万元, 其中四川省 324.00 万元, 云南省 324.00 万元, 详见下表。

表8.1-19 乌东德水电站枢纽工程环境空气保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用 (万元)		合计 (万元)	备注
				四川	云南	四川	云南		
1	机动洒水车	辆	300000	4	4	120.00	120.00	240.00	
2	施工期运行费	月	200000	10.2	10.2	204.00	204.00	408.00	包含人工及汽车修理等费用
合计						324.00	324.00	648.00	

(3) 声环境保护投资

乌东德水电站声环境保护投资 43.00 万元, 详见下表。

表8.1-20 乌东德水电站枢纽工程声环境保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用(万元)		合计 (万元)
				四川	云南	四川	云南	
1	三台村二组隔声措施	项	400000	1	0	40	0	40
2	限速标志	个	2500	0	6	0	1.5	1.5
3	禁鸣标志	个	2500	0	6	0	1.5	1.5
合计						40.00	3.00	43.00

(4) 固体废物处理投资

乌东德水电站固体废物处理投资 1214.5 万元，其中四川省 86.10 万元，云南省 1128.40 万元，详见下表。

表8.1-21 乌东德水电站枢纽工程固体废物处置工程投资

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用(万元)		合计 (万元)
				四川	云南	四川	云南	
1	垃圾桶	个	600	20	220	1.20	13.2	14.4
2	微型密封式垃圾车	m ³	300000	1	5	30.00	150	180
3	垃圾清运处理费	t	150	3660	40260	54.90	603.9	658.8
4	疏铁矿废渣处理	项		0	1	0.00	361.3	361.3
合计						86.10	1128.40	1214.5

(5) 陆生生态环境保护投资

乌东德水电站陆生生态环境保护投资 12807.70 万元，其中四川省 8468.90 万元，云南省 4397.80 万元，详见下表。

表8.1-22 乌东德水电站枢纽工程陆生生态环境保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用(万元)		合计 (万元)
				四川	云南	四川	云南	
1	陆生生态修复	hm ²	700000	60.06	39.60	4204.20	2772.00	6976.20
2	宣传教育费	年				5.70	22.80	28.50
	培训费	次	25000	1	4	2.50	10.00	12.50
	宣传费	次	30000	1	4	3.00	12.00	15.00
	宣传标识牌	个	2000	1	4	0.20	0.80	1.00
3	古树名木保护费用	株		87	34	4200.00	1603.00	5803.00
	就地保护	株	30000	0	1	0.00	3.00	3.00
	迁地保护	株	500000	84	32	4200.00	1600.00	5800.00
4	野生动物保护警	套	2000	2	3	0.40	0.60	1.00

	示牌							
	合计					8409.90	4397.80	12807.70

(6) 水生生态环境保护投资

乌东德水电站水生生态环境保护投资 50283.86 万元，其中分层取水措施 16700 万元，集运鱼系统 17960 万元，栖息地保护措施 11802.60 万元，鱼类增殖放流站 2626.60 万元，人工鱼巢 77.86 万元，鱼类保护宣传 116.79 万元，渔政管理 1000 万元。在各项措施中，除分层取水与集运鱼系统投资按照工程量在乌东德、白鹤滩各自工程中计列，其它措施投资根据金沙江下游水生生态措施统一考虑的原则，按照装机容量比例分摊所需投资。具体详见表 8.1-23~表 8.1-27。

表 8.1-23 乌东德水电站枢纽工程水生生态保护投资

序号	工程或费用名称	四川	云南	合计	备注
一	分层取水措施	8350.00	8350.00	16700.00	
1.1	土建投资				
1.2	设备投资				
二	集运鱼系统	0.00	17960.00	17960.00	
2.1	集运鱼系统设施费	0.00	16260.00	16260.00	
2.2	集运鱼系统运行费	0.00	1700.00	1700.00	
三	栖息地保护措施	9245.60	2557.01	11802.60	与白鹤滩按照装机容量分摊
3.1	黑水河栖息地保护	6688.58	0.00	6688.58	
3.2	长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区后续工作	1804.83	1804.83	3609.66	
3.3	乌东德库尾栖息地保护	752.18	752.18	1504.36	
四	鱼类增殖放流	0.00	2626.60	2626.60	与白鹤滩按照装机容量分摊
4.1	鱼类增殖站	0.00	1333.69	1333.69	
4.2	增殖站运行费用	0.00	942.53	942.53	
4.3	增殖放流费	0.00	350.38	350.38	
五	人工鱼巢	38.93	38.93	77.86	
六	鱼类保护宣传	58.40	58.40	116.79	
七	渔政管理	500	500	1000	
	合计	18192.92	32090.94	50283.86	

注：本表格中投资为乌东德、白鹤滩按照装机容量分摊后乌东德实际计列投资。

表 8.1-24 分层取水措施投资

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
一	左岸电站增加投资				7929.67	
1	岩石明挖	m ³	2081.25	69.01	14.36	
2	混凝土 C25	m ³	23380.35	558.28	1305.28	
3	钢筋	t	3507.0525	6636.17	2327.34	
4	拦污栅	t	1320	12675.29	1673.14	含设备 费、安装 费
5	叠梁门（金结）	t	1980	11000.00	2178.00	
6	门机	t	150	28770.36	431.56	
二	右岸电站增加投资				8770.33	
1	岩石明挖	m ³	1912.5	69.01	13.20	
2	混凝土 C25	m ³	22380	558.28	1249.43	
3	钢筋	t	3320	6636.17	2203.34	
4	拦污栅	t	1700	12675.29	2154.80	含设备 费、安装 费
5	叠梁门（金结）	t	1980	11000.00	2178.00	
6	门机	t	150	28770.36	431.56	
7	塔基部位强卸荷区域 预埋锚索（T=200t， L=45m）	根	120	5 元/t·m	540.00	
8	合计				16700	

表 8.1-25 栖息地保护措施投资

序号	工程或费用名称	费用(万元)			备注
		四川	云南	合计	
一	黑水河栖息地保护	17180.48		17180.48	
1.1	过鱼措施	1377.15		1377.15	
1.2	生态流量保证措施	689.06		689.06	
1.3	河道重塑措施	11309.27		11309.27	
1.4	黑水河鱼类栖息地合作保护工作组费用	600.00		600.00	
1.5	运行维护费	3205.00		3205.00	
二	长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区后续工作	4635.94	4635.94	9271.88	
2.1	保护区调整建设费	2841.84	2841.84	5683.68	
2.2	人工增殖放流	167.60	167.60	335.20	
2.3	赤水河圆口铜鱼资源	120.70	120.70	241.40	

	量补充措施				
2.4	物种保护技术研究	1245.00	1245.00	2490.00	
2.5	影响评价与保护对策研究				
2.6	水生生态环境监测、保护区监测评估	260.80	260.80	521.60	
三	乌东德库尾栖息地保护	1932.07	1932.07	3864.13	
3.1	人工产卵场的塑造	1544.57	1544.57	3089.13	
	合计	22466.49	6568.01	30316.49	按装机容量分摊，在乌东德计列11802.60万元

表 8.1-26 乌东德白鹤滩鱼类增殖放流站投资

序号	项目	费用（万元）	备注
1	室外工程	700	不含场地开挖及回填
2	建构筑物工程	1625.76	
	综合楼	424.76	
	一级鱼种培育车间	119.39	
	二级鱼种培育车间（1#）	113.97	
	二级鱼种培育车间（2#）	108.54	
	鱼卵孵化和开口苗培育车间	130.25	
	仓库	10.81	
	检疫间	50.4	
	野生亲本循环水养殖池（带棚）	170.56	
	野生亲本流水养殖池（带棚）	65.88	
	流水养殖蓄水池（带棚）	150	
	循环主蓄水池（带棚）	75	
	消毒池（带棚）	10	
	小蓄水池	5	
	沉淀池	50	
	室外微流水鱼种培育池	45	
	生物饵料池	41.2	总容积 V=824 m ³
	高位水池	5	
	取水泵站	50	
3	循环水处理设备及鱼类养殖等设施	1100	
4	增殖站运行费用	2421.00	
5	增殖放流费	900.00	
合计		6746.76	按装机容量分摊，在乌东德计列2626.60万元

表 8.1-27 乌东德集运鱼系统投资

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（万元）	合计（万元）
一	集鱼设施				
1	乌东德坝址下游集鱼码头及公路	项	2	500	1000
2	乌东德坝址下游浮动式停靠平台	项	2	200	400
3	乌东德库尾运鱼码头及公路	项	2	500	1000
4	乌东德库尾浮动式停靠平台	项	2	200	400
5	集鱼船	艘	2	1500	3000
6	电赶鱼栅格	套	2	100	200
7	水下观测设施	套	2	500	1000
二	运鱼设施				
1	运鱼船	艘	4	1200	4800
2	运鱼车	辆	4	150	600
3	吊车	辆	4	100	400
三	办公设施				
1	乌东德坝址下游管理、科研用房	项	1	800	800
2	乌东德库尾管理、科研用房	项	1	800	800
3	办公设施	项	2	200	400
四	实验设施	项	2	100	200
五	展示设施	项	2	50	100
六	管理设施				
1	越野车	辆	2	80	160
2	巡逻管理用船	艘	4	250	1000
	合计				16260

（7）社会环境保护投资

乌东德水电站社会环境保护投资 2464.00 万元，详见下表。

表8.1-28 乌东德水电站枢纽工程社会环境保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）	数量		费用（万元）		合计（万元）	备注
				四川	云南	四川	云南		
1	人群健康保护					73	2391	2464.00	
1.1	施工区卫生清理及消毒	项	200000	1	1	20	20	40.00	
1.2	20%施工人员卫生检疫	人.年	200	200	2400	4	48	52.00	进场前一次
1.3		人.次	200	200	2400	4	48	52.00	每年 2 次抽检
1.4	防疫费					45	495	540.00	施工期每年进行一次防疫
	乙肝	人.年	50	3000	33000	15	165	180.00	施工期共接种 3 次
	疟疾	人.年	30	10000	110000	30	330	360.00	每年 2 次

序号	工程费用名称	单位	单价(元)	数量		费用(万元)		合计(万元)	备注
				四川	云南	四川	云南		
1.5	医疗卫生机构	项				0	1780	1780.00	
	医疗设备配置	项	8000000	0	1	0	800	800.00	
	医护人员	人.年	60000	0	80	0	480	480.00	8个人, 10年
	运行维护	年	500000	0	10	0	500	500.00	
合计						73	2391	2464.00	

(8) 水土保持投资

乌东德水电站水土保持投资详见表 8.1-29~表 8.1-34。

表 8.1-29 水土保持工程措施投资计算表(云南部分)

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
一	工程措施				23698.71
(一)	主体枢纽工程区				1011.70
1	开挖边坡截排水工程				168.56
1)	截水沟				
	土方开挖	m ³	7114.55	13.99	9.95
	M7.5 浆砌片石	m ³	1931.72	288.27	55.69
2)	马道排水沟				
	M7.5 浆砌片石	m ³	3298.99	288.27	95.10
3)	沉沙池				
	土方开挖	m ³	976.13	13.99	1.37
	M7.5 浆砌片石	m ³	224.13	288.27	6.46
2	临时拦挡工程				676.87
	土方开挖	m ³	888.80	13.99	1.24
	石方开挖	m ³	1066.56	51.53	5.50
	土方回填	m ³	586.61	11.70	0.69
	浆砌石	m ³	12120.00	282.35	342.21
	钢筋石笼	m ³	15756.00	207.69	327.24
3	蓄水灌溉工程				166.26
	土方开挖	m ³	5550.80	14.08	7.81
	石方开挖	m ³	1172.00	51.53	6.04
	土方回填	m ³	4849.00	11.70	5.67
	C20 混凝土	m ³	1002.75	865.97	86.84
	砂浆抹面	m ²	1782.00	279.12	49.74
	浆砌石	m ³	335.00	288.27	9.66
	钢筋制安	t	0.72	6946.22	0.50
(二)	场内交通工程区				2072.56

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
1	路基下边坡拦挡工程				2072.56
1)	挡墙				
	土方开挖	m ³	4342.90	14.08	6.11
	浆砌石	m ³	5651.25	282.35	159.56
	钢筋石笼	m ³	2712.60	207.69	56.34
	滚石拦网	m ²	1880.00	600.00	112.80
2)	浮渣清除工程				
	清除浮渣	m ³	20550.00	6.56	13.49
3)	桥梁钻渣防护工程				
	土方开挖	m ³	714.00	14.08	1.01
	土方回填	m ³	112.00	11.70	0.13
	填土草包	m ³	385.00	617.77	23.78
	场地平整	hm ²	0.60	21513.33	1.29
3	种植槽				
	M7.5 浆砌块石	m ³	2200.20	288.27	63.43
4	局部路段护坡工程				
	锚喷支护	m ³	17550.00	931.41	1634.62
(三)	弃渣场区				3964.67
1	排水工程				432.10
1)	截水沟				
	土方开挖	m ³	15944.98	13.99	22.30
	浆砌石	m ³	4597.62	288.27	132.54
2)	渣场排水沟				
	土方开挖	m ³	12964.75	13.99	18.13
	土方回填	m ³	907.53	11.70	1.06
	浆砌石	m ³	8674.96	288.27	250.08
3)	沉沙池				
	土方开挖	m ³	874.58	14.08	1.23
	浆砌石	m ³	234.58	288.27	6.76
2	拦挡工程				2534.62
	土方开挖	m ³	18939.00	14.08	26.66
	土方回填	m ³	11742.18	11.70	13.74
	C20 混凝土	m ³	19969.28	865.97	1729.28
	浆砌石	m ³	26666.11	282.35	752.92
	抛石	m ³	0.00	127.04	0.00
	排水孔	m	5208.23	23.08	12.02
	钢筋石笼	m ³	0.00	207.69	0.00
3	渣体防护工程				908.34
1)	护坡				
	钢筋石笼	m ³	24.40	207.69	0.51
2)	整地				
	场地平整	hm ²	24.40	21513.33	52.49

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	弃渣摊铺	m³	1516560.00	5.64	855.34
4	蓄水灌溉工程				89.61
	土方开挖	m³	2147.44	14.08	3.02
	石方开挖	m³	438.56	51.53	2.26
	土方回填	m³	1747.80	11.70	2.05
	C25 混凝土	m³	376.45	865.97	32.60
	M10 砂浆抹面	m²	1227.60	279.12	34.27
	浆砌石	m³	0.00	288.27	0.00
	钢筋制安	t	0.50	6946.22	0.34
	DN75PVC 管	m	3350.00	45.00	15.08
(四)	料场区				279.48
1	拦挡工程				164.37
	土方开挖	m³	735.00	14.08	1.03
	C25 混凝土	m³	1880.82	865.97	162.87
	浆砌石	m³	0.00	282.35	0.00
	排水孔	m	202.13	23.08	0.47
2	截水沟				114.68
	土方开挖	m³	9076.40	13.99	12.69
	浆砌石	m³	3537.75	288.27	101.98
3	沉砂工程				0.42
	土方开挖	m³	29.25	14.08	0.04
	浆砌石	m³	13.25	288.27	0.38
4	土地整治	hm²	0.00	21513.33	0.00
5	蓄水灌溉工程				61.04
	土方开挖	m³	2036.80	14.08	2.87
	石方开挖	m³	426.24	51.53	2.20
	土方回填	m³	1746.40	11.70	2.04
	C25 混凝土	m³	365.00	865.97	31.61
	M10 砂浆抹面	m²	792.00	279.12	22.11
	浆砌石	m³	0.00	288.27	0.00
	钢筋制安	t	0.32	6946.22	0.22
(五)	施工生产生活区				16370.30
1	拦挡工程				9249.26
	土方开挖	m³	193943.85	14.08	273.02
	石方开挖	m³	72391.50	51.53	373.07
	C15 挡土墙	m³	68815.57	865.97	5959.23
	浆砌石	m³	90998.54	282.35	2569.34
	排水孔	m	32325.67	23.08	74.61
2	截水工程				371.80
	土方开挖	m³	25825.28	13.99	36.12
	浆砌石	m³	11644.59	288.27	335.68
3	排水工程				686.75

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	土方开挖	m ³	44754.29	13.99	62.59
	浆砌石	m ³	21651.64	288.27	624.16
4	沉沙池				17.97
	土方开挖	m ³	1243.13	13.99	1.74
	浆砌石	m ³	563.13	288.27	16.23
5	护坡工程				6044.51
	厚层基材喷射植被护坡	hm ²	1.23	1055820.61	129.34
	干砌石	m ³	384000.00	127.04	4878.38
	钢筋石笼	m ³	49920.00	207.69	1036.80
6	土地整治	hm ²	90.71	21513.33	195.15

表 8.1-30 水土保持植物措施投资计算表（云南部分）

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
二	植物措施				6552.57
(一)	主体枢纽工程区				3800.61
1	金坪子滑坡体植物措施				1255.22
	挖穴	个	1200400	1.33	159.44
	新银合欢	株	153051	6.00	91.83
	新银合欢栽植	株	153051	1.64	25.12
	余甘子	株	153051	15.00	229.58
	余甘子栽植	株	153051	1.64	25.12
	马桑	株	459153	7.00	321.41
	马桑栽植	株	459153	1.54	70.87
	麻疯树	株	459153	5.50	252.53
	麻疯树栽植	株	459153	1.54	70.87
	撒播灌草	hm ²	120.04	704.68	8.46
2	开挖边坡绿化工程				2502.09
1)	种植槽				
	M7.5 浆砌块石	m ³	6597.98	288.27	190.20
	覆土	m ³	5773.23	7.26	4.19
	绿油麻藤栽植	株	32989	1.44	4.76
	迎春栽植	株	10994	1.28	1.41
	绿油麻藤苗木	株	32989	6.00	19.79
	迎春苗木	株	10994	5.50	6.05
	灌木	株	49485	7.00	34.64
	灌木栽植	株	49485	1.54	7.64
2)	生态护坡				
	厚层基材植被护坡	hm ²	15.68	1055820.61	1655.13
	植被混凝土护坡	hm ²	2.33	1636672.96	381.90
3)	高位自然边坡				
	厚层基材植被护坡	hm ²	1.86	1055820.61	196.38

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
3	鱼类增殖站				43.30
	挖穴	个	750	1.33	0.10
	余甘子	株	383	15.00	0.57
	余甘子栽植	株	383	1.64	0.06
	火棘	株	383	7.00	0.27
	火棘栽植	株	383	1.54	0.06
	厚层基材植被护坡	hm ²	0.40	1055820.61	42.23
(二)	场内交通工程区				242.78
1	永久道路绿化工程				31.91
1)	道旁绿化				3.47
	栽植滇合欢	株	3876	1.64	0.64
	滇合欢苗木	株	3876	6.00	2.33
	挖穴	个	3800	1.33	0.50
2)	种植槽绿化				12.20
	覆土	m ³	5472.00	7.26	3.97
	绿油麻藤栽植	株	4560	1.44	0.66
	火棘栽植	株	2280	1.54	0.35
	余甘子栽植	株	2280	1.64	0.37
	绿油麻藤苗木	株	4560	6.00	2.74
	火棘苗木	株	2280	3.00	0.68
	余甘子苗木	株	2280	15.00	3.42
3)	填筑边坡绿化				16.25
	栽植滇合欢	株	2421	1.64	0.40
	栽植余甘子	株	7266	1.64	1.19
	撒播灌草	hm ²	1.90	704.68	0.13
	滇合欢苗木	株	2421	6.00	1.45
	余甘子苗木	株	7266	15.00	10.90
	草籽	kg	114	80.00	0.91
	挖穴	个	9497	1.33	1.26
2	压埋下边坡绿化工程				17.17
	栽植滇合欢	株	3491	1.64	0.57
	栽植余甘子	株	6987	1.64	1.15
	撒播灌草	hm ²	2.74	704.68	0.19
	滇合欢苗木	株	3491	6.00	2.09
	余甘子苗木	株	6987	15.00	10.48
	草籽	kg	164	80.00	1.32
	挖穴	个	10270	1.33	1.36
3	局部路段护坡工程				178.17
	框格植草护坡	hm ²	3.00	593896.44	178.17
4	临时道路绿化				15.53
	栽植滇合欢	株	5864	1.64	0.96
	栽植火棘	株	17594	1.54	2.72

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	滇合欢苗木	株	5864	6.00	3.52
	火棘苗木	株	17594	3.00	5.28
	挖穴	个	22998	1.33	3.05
(三)	弃渣场区				241.92
1	弃渣场植物措施				224.47
	挖穴	个	208784	1.33	27.73
	侧柏	株	5520	50.00	27.60
	侧柏栽植	株	5520	1.64	0.91
	滇合欢	株	3250	6.00	1.95
	滇合欢栽植	株	3250	1.64	0.53
	余甘子	株	8770	15.00	13.16
	余甘子栽植	株	8770	1.64	1.44
	火棘	株	87510	7.00	61.26
	火棘栽植	株	87510	1.54	13.51
	多花蔷薇	株	16560	3.00	4.97
	多花蔷薇栽植	株	16560	1.54	2.56
	花椒	株	20400	2.50	5.10
	花椒栽植	株	20400	1.54	3.15
	马桑	株	70950	6.60	46.83
	马桑栽植	株	70950	1.54	10.95
	铺草皮	hm ²	0.45	63009.64	2.84
2	苗木移栽基地				17.46
	土壤保水保肥处理	hm ²	4.65	1331.00	0.62
	碎石覆盖	m ³	1400.00	105.28	14.74
	甘蔗渣覆盖	m ³	1400.00	14.98	2.10
(四)	料场区				196.63
1	施期料场				44.54
	M7.5 浆砌块石(种植槽)	m ³	1298.00	288.27	37.42
	覆土	m ³	1135.75	7.26	0.82
	绿油麻藤栽植	株	6490	1.44	0.94
	迎春栽植	株	2163	1.28	0.28
	绿油麻藤	株	6490	6.00	3.89
	迎春	株	2163	5.50	1.19
2	施期料场开采平台				152.09
	滇合欢	株	6089	6.00	3.65
	滇合欢栽植	株	6089	1.64	1.00
	余甘子	株	6089	15.00	9.13
	余甘子栽植	株	6089	1.64	1.00
	火棘	株	18278	7.00	12.79
	火棘栽植	株	18278	1.54	2.82
	马桑	株	18278	6.60	12.06
	马桑栽植	株	18278	1.54	2.82

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	挖穴	个	47780	1.33	6.35
	覆土	m ³	19120.00	7.26	13.87
	厚层基材护坡	hm ²	0.82	1055820.61	86.58
(五)	施工生产生活区				1991.47
1	施工场地边坡绿化				
	液力喷播植草护坡	hm ²	0.67	233342.73	15.52
	框格植草护坡	hm ²	3.48	593896.44	206.82
	撒播草籽护坡	hm ²	50.19	704.68	3.54
2	空余场地绿化				
	覆土	m ³	140452.00	7.26	101.92
	火棘	株	175565	7.00	122.90
	火棘栽植	株	175565	1.54	27.10
	马桑	株	175565	6.60	115.87
	马桑栽植	株	175565	1.54	27.10
	撒播草籽	hm ²	35.11	704.68	2.47
3	施工结束后植被恢复				
	覆土	m ³	529450.00	7.26	384.19
	滇合欢	株	132363	6.00	79.42
	滇合欢栽植	株	132363	1.64	21.72
	余甘子	株	132363	15.00	198.54
	余甘子栽植	株	132363	1.64	21.72
	火棘	株	397088	7.00	277.96
	火棘栽植	株	397088	1.54	61.29
	马桑	株	397088	6.60	262.08
	马桑栽植	株	397088	1.54	61.29
	撒播草籽	hm ²	0.00	1.33	0.00
	铺草皮	hm ²	24.26	7.26	0.02

表 8.1-31 水土保持施工辅助措施投资计算表（云南部分）

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
三	临时措施				425.83
(一)	场内交通工程区				128.36
	土方开挖	m ³	5819.00	14.08	8.19
	M7.5 浆砌片石	m ³	4163.00	288.27	120.01
	撒播草籽	hm ²	2.30	704.68	0.16
(二)	弃渣场区				1.31
1)	撒播灌草	hm ²	18.55	704.68	1.31
(三)	料场区				278.06
1	临时排水				
	土方开挖	m ³	1808.82	14.08	2.55
	浆砌石	m ³	0.00	288.27	0.42

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
2	沉沙池				
	土方开挖	m ³	29.25	14.08	0.04
	浆砌石	m ³	13.25	288.27	0.38
3	临时挡墙				
	土方开挖	m ³	1200.00	14.08	1.69
	C25 混凝土	m ³	3071.00	865.97	265.94
	浆砌石	m ³	244.00	288.27	7.03
(四)	施工生产生活区				18.10
	草袋土拦挡	m ³	1107.00	160.28	17.74
	草袋土拆除	m ³	1107.00	3.25	0.36
(五)	移民安置区				276.88
1	城集镇及农村居民点迁建区				114.78
1)	表土临时防护				
	草袋土填筑	m ³	6000.00	160.28	96.17
	草袋土拆除	m ³	6000.00	3.25	1.95
	塑料彩布条覆盖	m ²	21400.00	4.43	9.48
2)	临时排水				
	土方开挖	m ³	5100.00	14.08	7.18
2	专业项目复建区				
1)	表土临时防护				
	草袋土填筑	m ³	2650.00	160.28	42.47
	草袋土拆除	m ³	2650.00	3.25	0.86
	塑料彩布条覆盖	m ²	2340.00	4.43	1.04
2)	临时排水				
	土方开挖	m ³	2100.00	14.08	2.96

表 8.1-32 工程措施投资计算表（四川部分）

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
一	工程措施				32836.99
(一)	主体枢纽工程区				3267.03
1	开挖边坡截排水工程				197.52
1)	截水沟				
	土方开挖	m ³	7790.38	13.99	10.89
	M7.5 浆砌片石	m ³	1886.15	288.27	54.37
2)	马道排水沟				
	M7.5 浆砌片石	m ³	4242.54	288.27	122.30
3)	沉沙池				
	土方开挖	m ³	1336.43	13.99	1.87
	M7.5 浆砌片石	m ³	280.43	288.27	8.08

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
2	临时拦挡工程				2352.30
	土方开挖	m ³	3088.80	13.99	4.32
	石方开挖	m ³	3706.56	51.53	19.10
	土方回填	m ³	2038.61	11.70	2.39
	浆砌石	m ³	42120.00	282.35	1189.26
	钢筋石笼	m ³	54756.00	207.69	1137.24
3	蓄水灌溉工程				717.21
	土方开挖	m ³	23089.62	14.08	32.50
	石方开挖	m ³	10565.50	51.53	54.45
	土方回填	m ³	24385.86	11.70	28.53
	C20 混凝土	m ³	3232.07	865.97	279.89
	砂浆抹面	m ²	4944.72	279.12	138.02
	浆砌石	m ³	1127.28	288.27	32.50
	钢筋制安	t	217.84	6946.22	151.32
(二)	场内交通工程区				361.70
1	路基下边坡拦挡工程				361.70
1)	挡墙				
	土方开挖	m ³	3455.30	14.08	4.86
	浆砌石	m ³	4496.25	282.35	126.95
	钢筋石笼	m ³	2158.20	207.69	44.82
	滚石拦网	m ²	1495.00	600.00	89.70
2)	浮渣清除工程				
	清除浮渣	m ³	16350.00	6.56	10.73
3)	桥梁钻渣防护工程				
	土方开挖	m ³	714.00	14.08	1.01
	土方回填	m ³	112.00	11.70	0.13
	填土草包	m ³	385.00	617.77	23.78
	场地平整	hm ²	0.60	21513.33	1.29
3	种植槽				
	M7.5 浆砌块石	m ³	2026.50	288.27	58.42
4	局部路段护坡工程				
	锚喷支护	m ³	0.00	931.41	0.00
(三)	弃渣场区				23414.46
1	排水工程				5509.87
1)	排水箱涵				
	土方开挖	m ³	38509.93	14.08	54.21
	石方开挖	m ³	9627.48	51.53	49.62
	土方回填	m ³	24428.54	11.70	28.58
	混凝土箱涵	m ³	16096.50	865.97	1393.91
	C10 混凝土垫层	m ³	766.50	518.80	39.77

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	钢筋	t	1587.75	6946.22	1102.89
	止水带	m	1884.01	5.00	0.94
2)	拦沙坝				
	土方开挖	m ³	301.44	14.08	0.42
	土方回填	m ³	60.29	11.70	0.07
	浆砌石	m ³	200.96	282.35	5.67
3)	截水沟				
	土方开挖	m ³	51837.92	13.99	72.50
	浆砌石	m ³	13439.53	288.27	387.43
4)	盲沟				
	土方开挖	m ³	39296.27	13.99	54.96
	土方回填	m ³	2750.74	11.70	3.22
	干砌块石	m ³	24429.30	127.04	310.35
	碎石	m ³	14866.97	123.16	183.10
	土工布	m ²	34899.00	19.39	67.67
	卵石	m ³	10469.70	154.73	162.00
5)	渣场排水沟				
	土方开挖	m ³	72714.92	13.99	101.69
	土方回填	m ³	5090.04	11.70	5.96
	浆砌石	m ³	49936.20	288.27	1439.53
6)	沉沙池				
	土方开挖	m ³	6313.95	14.08	8.89
	浆砌石	m ³	1265.95	288.27	36.49
2	拦挡工程				5922.84
	土方开挖	m ³	45895.35	14.08	64.61
	土方回填	m ³	28455.12	11.70	33.30
	C20 混凝土	m ³	30614.39	865.97	2651.12
	浆砌石	m ³	102724.35	282.35	2900.42
	抛石	m ³	17839.13	127.04	226.63
	排水孔	m	20263.65	23.08	46.77
	钢筋石笼	m ³	55848.96	207.69	1159.94
3	渣体防护工程				11958.07
1)	护坡				
	干砌石	m ³	505050.00	127.04	6416.21
	碎石垫层	m ³	151515.00	123.16	1866.08
	钢筋石笼	m ³	153.85	207.69	3.20
2)	整地				
	场地平整	hm ²	153.85	21513.33	330.98
	弃渣摊铺	m ³	5924820.00	5.64	3341.60
4	蓄水灌溉工程				23.69
	土方开挖	m ³	777.92	14.08	1.10

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	石方开挖	m ³	162.40	51.53	0.84
	土方回填	m ³	663.60	11.70	0.78
	C25 混凝土	m ³	139.10	865.97	12.05
	M10 砂浆抹面	m ²	316.80	279.12	8.84
	浆砌石	m ³	0.00	288.27	0.00
	钢筋制安	t	0.13	6946.22	0.09
	DN75PVC 管	m	0.00	45.00	0.00
(四)	料场区				31.61
1	截水沟				25.68
	土方开挖	m ³	1165.12	13.99	1.63
	浆砌石	m ³	834.12	288.27	24.05
2	沉砂工程				0.42
	土方开挖	m ³	29.25	14.08	0.04
	浆砌石	m ³	13.25	288.27	0.38
3	土地整治	hm ²	2.56	21513.33	5.51
(五)	施工生产生活区				5762.19
1	拦挡工程				2725.30
	土方开挖	m ³	58566.32	14.08	82.45
	石方开挖	m ³	20577.36	51.53	106.04
	C15 挡土墙	m ³	20577.36	865.97	1781.94
	浆砌石	m ³	25959.13	282.35	732.95
	排水孔	m	9497.24	23.08	21.92
2	截水工程				90.81
	土方开挖	m ³	6444.53	13.99	9.01
	浆砌石	m ³	2837.31	288.27	81.79
3	排水工程				161.08
	土方开挖	m ³	10497.59	13.99	14.68
	浆砌石	m ³	5078.62	288.27	146.40
4	沉沙池				5.07
	土方开挖	m ³	351.00	13.99	0.49
	浆砌石	m ³	159.00	288.27	4.58
5	护坡工程				2779.92
	厚层基材喷射植被护坡	hm ²	4.62	1055820.61	487.79
	干砌石	m ³	148800.00	127.04	1890.37
	钢筋石笼	m ³	19344.00	207.69	401.76
6	土地整治	hm ²	4.20	21513.33	9.04

表 8.1-33 植物措施投资计算表（四川部分）

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
二	植物措施				3007.95

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
(一)	主体枢纽工程区				2463.18
1	泥石流沟植物措施				531.67
	挖穴	个	482000	1.33	64.02
	滇合欢	株	61455	6.00	36.87
	滇合欢栽植	株	61455	1.64	10.08
	余甘子	株	61455	15.00	92.18
	余甘子栽植	株	61455	1.64	10.08
	马桑	株	184365	7.00	129.06
	马桑栽植	株	184365	1.54	28.46
	火棘	株	184365	7.00	129.06
	火棘栽植	株	184365	1.54	28.46
	撒播灌草	hm ²	48.20	704.68	3.40
2	开挖边坡绿化工程				1931.51
1)	种植槽				
	M7.5 浆砌块石	m ³	6438.28	288.27	185.60
	覆土	m ³	5633.50	7.26	4.09
	绿油麻藤栽植	株	32191	1.44	4.65
	迎春栽植	株	10728	1.28	1.38
	绿油麻藤苗木	株	32191	6.00	19.31
	迎春苗木	株	10728	5.50	5.90
	灌木	株	48287	7.00	33.80
	灌木栽植	株	48287	1.54	7.45
2)	生态护坡				
	厚层基材植被护坡	hm ²	9.08	1055820.61	958.98
	植被混凝土护坡	hm ²	3.05	1636672.96	499.19
3)	高位自然边坡				
	厚层基材植被护坡	hm ²	2.00	1055820.61	211.16
(二)	场内交通工程区				97.04
1	永久道路绿化工程				29.39
1)	道旁绿化				3.19
	栽植滇合欢	株	3570	1.64	0.59
	滇合欢苗木	株	3570	6.00	2.14
	挖穴	个	3500	1.33	0.46
2)	种植槽绿化				11.23
	覆土	m ³	5040.00	7.26	3.66
	绿油麻藤栽植	株	4200	1.44	0.61
	火棘栽植	株	2100	1.54	0.32
	余甘子栽植	株	2100	1.64	0.34
	绿油麻藤苗木	株	4200	6.00	2.52
	火棘苗木	株	2100	3.00	0.63
	余甘子苗木	株	2100	15.00	3.15

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
3)	填筑边坡绿化				14.97
	栽植滇合欢	株	2230	1.64	0.37
	栽植余甘子	株	6693	1.64	1.10
	撒播灌草	hm²	1.75	704.68	0.12
	滇合欢苗木	株	2230	6.00	1.34
	余甘子苗木	株	6693	15.00	10.04
	草籽	kg	105	80.00	0.84
	挖穴	个	8748	1.33	1.16
2	压埋下边坡绿化工程				13.66
	栽植滇合欢	株	2777	1.64	0.46
	栽植余甘子	株	5559	1.64	0.91
	撒播灌草	hm²	2.18	704.68	0.15
	滇合欢苗木	株	2777	6.00	1.67
	余甘子苗木	株	5559	15.00	8.34
	草籽	kg	131	80.00	1.05
	挖穴	个	8170	1.33	1.09
3	局部路段护坡工程				44.54
	框格植草护坡	hm²	0.75	593896.44	44.54
4	临时道路绿化				9.45
	栽植滇合欢	株	3569	1.64	0.59
	栽植火棘	株	10709	1.54	1.65
	滇合欢苗木	株	3569	6.00	2.14
	火棘苗木	株	10709	3.00	3.21
	挖穴	个	13998	1.33	1.86
(三)	弃渣场区				172.68
1	弃渣场植物措施				172.68
	挖穴	个	151857	1.33	20.17
	侧柏	株	0	50.00	0.00
	侧柏栽植	株	0	1.64	0.00
	滇合欢	株	28680	6.00	17.21
	滇合欢栽植	株	28680	1.64	4.71
	余甘子	株	28680	15.00	43.02
	余甘子栽植	株	28680	1.64	4.71
	火棘	株	86060	7.00	60.24
	火棘栽植	株	86060	1.54	13.28
	马桑	株	11475	6.60	7.57
	马桑栽植	株	11475	1.54	1.77
	铺草皮	hm²	0.00	63009.64	0.00
(四)	施工生产生活区				218.97
1	施工场地边坡绿化				
	液力喷播植草护坡	hm²	2.51	233342.73	58.52
	框格植草护坡	hm²	0.00	593896.44	0.00

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	撒播草籽护坡	hm ²	6.50	704.68	0.46
2	空余场地绿化				
	覆土	m ³	37368.00	7.26	27.12
	火棘	株	46710	7.00	32.70
	火棘栽植	株	46710	1.54	7.21
	马桑	株	46710	6.60	30.83
	马桑栽植	株	46710	1.54	7.21
	撒播草籽	hm ²	9.34	704.68	0.66
3	施工结束后植被恢复				
	覆土	m ³	21000.00	7.26	15.24
	滇合欢	株	5250	6.00	3.15
	滇合欢栽植	株	5250	1.64	0.86
	余甘子	株	5250	15.00	7.88
	余甘子栽植	株	5250	1.64	0.86
	火棘	株	15750	7.00	11.03
	火棘栽植	株	15750	1.54	2.43
	马桑	株	15750	6.60	10.40
	马桑栽植	株	15750	1.54	2.43
	撒播草籽	hm ²	22.29	1.33	0.00
	铺草皮	hm ²	0.00	7.26	0.00

表 8.1-34 施工辅助措施投资计算表（四川部分）

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
三	临时措施				109.05
(一)	场内交通工程区				78.13
	土方开挖	m ³	3542.00	14.08	4.99
	M7.5 浆砌片石	m ³	2534.00	288.27	73.05
	撒播草籽	hm ²	1.40	704.68	0.10
(二)	弃渣场区				11.08
1)	撒播灌草	hm ²	157.30	704.68	11.08
(三)	料场区				1.90
1	临时排水				
	土方开挖	m ³	1048.32	14.08	1.48
	浆砌石	m ³	0.00	288.27	0.21
2	沉沙池				
	土方开挖	m ³	14.63	14.08	0.02
	浆砌石	m ³	6.63	288.27	0.19
3	临时挡墙				
	土方开挖	m ³	0.00	14.08	0.00
	C25 混凝土	m ³	0.00	865.97	0.00

序号	工程或费用名称	单位	工程量	单价(元)	合价(万元)
	浆砌石	m ³	0.00	288.27	0.00
(四)	施工生产生活区				17.93
	草袋土拦挡	m ³	1096.68	160.28	17.58
	草袋土拆除	m ³	1096.68	3.25	0.36

(9) 环境监测

乌东德水电站工程环境监测投资 12565.23 万元，详见下表。

表8.1-35 乌东德水电站枢纽工程环境监测投资

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用(万元)		合计 (万元)
				四川	云南	四川	云南	
1	水环境监测					999.00	2299.83	3298.83
	干流水质监测	项	600	465	697.5	27.90	41.85	69.75
	饮用水水质监测	项	600	0	3172	0.00	190.32	190.32
	生活污水监测	项.期	600	0	420	0.00	25.20	25.20
	生产废水水质监测	项	600	180	270	10.80	16.20	27.00
	库区及坝下水质监测	项	600	2016	1152	120.96	69.12	190.08
	水温观测	点.年	30000	8	4	24.00	12.00	36.00
	库区富营养化监测	点.次	600	162	162	9.72	9.72	19.44
	坝下过饱和和气体监测	点.年	20000	10	10	20.00	20.00	40.00
	地下水水位监测	项	600	122	122	7.32	7.32	14.64
	地下水水质监测	项	600	305	2135	18.30	128.10	146.40
	委托及继续委托断面	项				240.00	260.00	500.00
	常规断面的数据收集	项				20.00	20.00	40.00
	库区水质在线监测设施	项				500.00	1500.00	2000.00
2	水生生态监测	点.次				840.00	840.00	1680.00
	水生生物监测	点.次	50000	56	56	280.00	280.00	560.00
	鱼类种群动态监测	点.次	50000	56	56	280.00	280.00	560.00
	鱼类产卵场监测	点.年	50000	56	56	280.00	280.00	560.00
3	陆生生态监测							
	陆生植被监测	点.次	100000	48	32	480.00	320.00	800.00
	古树移栽效果监测	点.次	1000	308	128	30.80	12.80	43.60
	植被恢复效果监测	点.次	100000	6	24	60.00	240.00	300.00
	陆生动物监测	点.次	150000	20	20	300.00	300.00	600.00
4	库区局地气候观测					0.00	380.00	380.00
4.1	基建费					0.00	250.00	250.00
	永久气象站	座	1000000	0	1	0.00	100.00	100.00
	临时气象站	座	300000	0	5	0.00	150.00	150.00
4.2	仪器设备	套	300000	0	1	0.00	30.00	30.00
4.3	运行费					0.00	100.00	100.00
	低空探测	次	250000	0	2	0.00	50.00	50.00

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用(万元)		合计 (万元)
				四川	云南	四川	云南	
	资料费	年	20000	0	10	0.00	20.00	20.00
	人员工资	人.年	7000	0	40	0.00	28.00	28.00
	人员培训	人.年	500	0	40	0.00	2.00	2.00
5	环境空气质量监测	点.次	6000	60	90	36.00	54.00	90.00
6	声环境监测	点.次	700	120	120	8.40	8.40	16.80
7	人群健康监测	人.次	200		12000	0.00	240.00	240.00
8	野外监测实验站	座		1	0	5116.00	0.00	5116.00
	合计					7870.20	4695.03	12565.23

(10) 科学研究

本工程科学研究投资共计18000 万元，具体详见下表。

表 8.1-36 科学研究费用投资概算表

序号	工程费用名称	费用(万元)		合计(万元)
		四川	云南	
1	乌东德库区鱼类群落及变化研究	300	300	600
2	白鹤滩乌东德鱼类增殖放流站鱼类增殖放流效果评价技术研究		700	700
3	乌东德水电站过鱼设施过鱼效果评价及优化研究	350	350	700
4	金沙江下游水电开发鱼类替代生境保护效果研究	450	450	900
5	乌东德水电站建设和运行对圆口铜鱼胁迫效应的研究	400	400	800
6	乌东德库区鱼类种群及变化研究	400	400	800
7	乌东德增殖站鱼类人工驯养繁育技术研究		600	600
8	乌东德水电站生态调度研究	400	400	800
9	乌东德水电站集运鱼系统关键技术研究	300	300	600
10	乌东德叠梁门分层取水优化专题研究	300	300	600
11	乌东德库区水生生物群落重构及合理利用研究	200	200	400
12	乌东德电站气体过饱和对鱼类的影响研究	300	300	600
13	乌东德电站对长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的累积影响研究	350	350	700
14	乌东德电站对水温沿程恢复研究	300	300	600
15	库湾水质保护及富营养化控制研究	300	300	600
16	乌东德库区重金属在水库沉积、释放与生物效应研究	350	350	700
17	乌东德库尾水环境安全评估技术体系研究	400		400
18	乌东德库尾水环境监测预警新技术研究与应用示范	350		350
19	乌东德库区固体废弃物调查与治理方案研究	300		300
20	钒钛产业园区产业结构布局调整对策研究	250		250
21	乌东德库尾污水处理设施布局及配套管网优化建设研究	400		400
22	乌东德库尾特征污染物及迁移转化规律研究	700		700
23	水电梯级开发对攀枝花河段纳污能力影响研究	500		500

24	梯级联合调度影响下的攀枝花江段水环境保护对策措施研究	400		400
25	乌东德水电站库区外来物种入侵控制研究	350	350	700
26	乌东德水库局地气候效应研究	300	300	600
27	乌东德水电工程建设对干热河谷植被影响机理研究	400	400	800
28	乌东德水电站库区消落带建设关键技术研究	350	350	700
29	乌东德电站施工期污染防治措施效果研究	200	200	400
30	乌东德电站移民安置区产业发展与环境保护协调研究	400	400	800
合计		10000	8000	18000

8.1.5.2 移民安置区环保投资

(1) 水环境保护投资

乌东德水电站移民安置工程水环境保护投资4632.73万元，其中四川省1443.00万元，云南省3189.73万元。详见下表。

表8.1-37 乌东德水电站工程移民安置区水环境保护投资

行政区属		序号	安置点	合计（万元）
云南省	禄劝县	1	新村	704.34
		2	皎西	75.40
	武定县	3	花果山	199.03
		4	西和	427.20
		5	白马口	44.26
		6	下普利	43.10
	元谋县	7	江边集镇	855.98
		8	瓦渣箐	450.87
		9	甘塘	389.55
	小计			3189.73
四川省	会东县	10	官田	80.64
		11	金家坪	26.97
		12	马口	43.50
		13	新马	76.00
		14	民权	38.29
		15	姜州	80.59
		16	坪山	93.14
	会理县	17	马鞍坪	323.13
		18	半嶠地	47.69
		19	富乐九组	127.61
		20	新铺子	57.50
		21	云兴	60.24

		22	沙园	41.81
		23	云田	30.05
		24	甸沙关	44.00
	仁和	25	命卡	50.49
		26	棉花地	50.00
	盐边	27	鲊石	41.72
	钒钛产业园	28	金沙阳光	36.31
	东区	29	那拉莫	93.34
	小计			1443.00
合计				4632.73

（2）环境空气保护投资

乌东德水电站移民安置工程环境空气保护投资 812.20 万元，其中四川省 415.20 万元，云南省 397.00 万元，详见下表。

表8.1-38 乌东德水电站移民安置工程环境空气保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）	数量		费用（万元）		合计（万元）	备注
				四川	云南	四川	云南		
1	机动洒水车	辆	250000	8	6	200.00	150.00	350.00	
2	手推式洒水车	辆	50000	20	11	100.00	55.00	155.00	
3	施工期运行费	月	4000	288	480	115.20	192.00	307.20	包含人工及汽车修理等费用
合计						415.20	397.00	812.20	

（3）声环境保护投资

乌东德水电站移民安置工程声环境保护投资 61.0 万元，详见下表。

表8.1-39 乌东德水电站移民安置工程声环境保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）	数量		费用（万元）		合计（万元）
				四川	云南	四川	云南	
1	车辆时速限速标志	个	2500	82	40	20.50	10.00	30.50
2	禁鸣标志	个	2500	82	40	20.50	10.00	30.50
3	隔声屏	米	2000	1940	260	388.00	52.00	440.00
4	减速带	个	2000	40	18	8.00	3.60	11.60
合计						41.00	20.00	61.00

（4）固体废物处理投资

乌东德水电站移民安置工程固体废物处理投资 15966.80 万元，其中四川省 3640.30 万元，云南省 12326.50 万元，详见下表。

表8.1-40 乌东德水电站移民安置固体废物处理投资

序号	工程费用名称	单位	单价（元）	数量		费用（万元）		合计 （万元）
				四川	云南	四川	云南	
1	密闭式垃圾车	辆	300000	20	9	600.00	270.00	870.00
2	垃圾桶	个	600	215	397	12.90	23.82	36.72
3	垃圾屋	个	2000	62	129	12.40	25.80	38.20
4	垃圾中转站	个	300000	2	3	60.00	90.00	150.00
5	垃圾填埋场					0.00	11361.43	11361.43
5.1	江边集镇	座		0	1	0.00	979.37	979.37
5.2	元谋县	座		0	1	0.00	8366.44	8366.44
5.3	新村安置点	座		0	1	0.00	2015.62	2015.62
6	垃圾增容费	项		1	1	2955.00	555.45	3510.45
合计						3640.30	12326.50	15966.80

（5）陆生生态环境保护投资

乌东德水电站移民安置工程陆生生态环境保护投资 1201.10 万元，其中四川省 627.80 万元，云南省 573.30 万元，详见下表。

表8.1-41 乌东德水电站移民安置工程陆生生态环境保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价 （元）	数量		费用（万元）		合计 （万元）
				四川	云南	四川	云南	
1	生态补偿费					470.00	470.00	940.00
2	宣传教育费	年				121.00	82.50	203.50
2.1	培训费	次	25000	22	15	55.00	37.50	92.50
2.2	宣传费	次	30000	22	15	66.00	45.00	111.00
3	古树名木保护（就地）	株	30000	3	1	9.00	3.00	12.00
4	警示牌	个	2000	69	42	13.80	8.40	22.20
5	宣传标识牌	个	2000	70	47	14.00	9.40	23.40
合计						627.80	573.30	1201.10

（6）社会环境保护投资

乌东德水电站移民安置工程社会环境保护投资894.24万元，详见下表。

表8.1-42 乌东德水电站移民安置工程社会环境保护投资

序号	工程费用名称	单位	单价 （元）	数量		费用（万元）		合计 （万	备注
				四川	云南	四川	云南		

								元)	
1	饮用水源 保护警示 牌	个	500	40	20	2.00	1.00	3.00	每处饮 用水源 设4个警 示牌
2	卫生防疫					26.11	36.57	62.68	
2.1	安置点消 毒	m ²	0.5	500000	700000	25.00	35.00	60.00	安置点 建房用 地，消毒 面积按 每人 30m ² 计 算
2.2	灭鼠	户.次	0.5	10077	14300	0.50	0.72	1.22	共灭三 次
2.3	灭蝇	户.次	0.3	10077	14300	0.30	0.43	0.73	共灭三 次
2.4	灭蚊	户.次	0.3	10077	14300	0.30	0.43	0.73	共灭三 次
3	搬迁人员 抽样血检	人	120	1277	1811	15.32	21.73	37.06	搬迁人 数的 10%
4	机构人员 培训	次	200000	27	11	540	220.00	760.00	各乡镇 卫生防 疫人员 培训一 次
5	卫生宣传	次	30000	4	4	12.00	12.00	24.00	
6	施工人员 预防服药 或打针					3.00	4.50	7.50	
6.1	20%施工 人员卫生 检疫	人.年	150	80	120	1.20	1.80	3.00	
6.2	疟疾	人.年	15	400	600	0.60	0.90	1.50	
6.3	乙肝	人.年	30	400	600	1.20	1.80	3.00	
合计						598.43	295.81	894.24	

(7) 专项设施复建环保投资

乌东德水电站工程专项设施复建环保投资13782.77万元，详见下表。

表8.1-43 乌东德水电站专项设施复建环境保护投资

序号	工程费用名称	费用（万元）		合计（万元）
		四川	云南	
1	水库水源工程	900.00	2340.00	3240.00
2	交通工程	969.90	2750.46	3720.36
3	防护工程	942.41		942.41
4	企事业单位	4160.00	520.00	4680.00
5	电力工程	300.00	300.00	600.00
6	通信、广播电视工程	300.00	300.00	600.00
合计		7572.31	6210.46	13782.77

（8）移民安置水土保持投资

乌东德水电站移民安置工程水土保持投资共计18679.56万元，具体详见表8.1-44～表8.1-49。

表 8.1-44 水土保持工程措施投资计算表（云南部分）

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	工程措施				6221.22
1	生活安置区				
1)	沉沙凼				
	土方开挖	m ³	12825.00	13.99	17.94
	浆砌石	m ³	3420.00	288.27	98.59
2)	排水沟				
	土方开挖	m ³	80550.00	14.08	113.39
	浆砌石	m ³	1449.90	288.27	41.80
2	生产安置区				
1)	沉沙凼				
	土方开挖	m ³	21825.00	13.99	30.52
	浆砌石	m ³	5820.00	288.27	167.78
2)	排水沟				
	土方开挖	m ³	200000.00	14.08	281.54
	浆砌石	m ³	72000.00	288.27	2075.58
2	城集镇及农村居民点迁建区				
1)	弃渣场				
	土方开挖	m ³	16235.00	13.99	22.70
	浆砌石	m ³	36000.00	288.27	1037.79
	C20 混凝土	m ³	15600.00	644.27	1005.06
3	专业项目复建区				
1)	道路				
	滚石拦网	m ²	16800.00	600.00	1008.00
	浮渣清除	m ³	17800.00	6.56	11.68
2)	弃渣场				
	土方开挖	m ³	13741.00	14.08	19.34

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	工程措施				6221.22
	浆砌石	m ³	7200.00	282.35	203.29
3)	料场				
	土方开挖	m ³	240.00	14.08	0.34
	浆砌石	m ³	135.00	288.27	3.89
4)	施工场地				
	土方开挖	m ³	1368.00	14.08	1.93
	浆砌石	m ³	2308.50	288.27	66.55

表 8.1-45 水土保持植物措施投资计算表（云南部分）

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	植物措施				1241.56
1	生产安置区				
	栽植滇合欢	株	31646	1.64	5.19
	栽植火棘	株	31646	1.44	4.57
	滇合欢苗木	株	31646	6.00	18.99
	火棘苗木	株	31646	7.00	22.15
	挖穴	个	62050	1.33	8.24
	覆土	m ³	31025.00	7.26	22.51
2	城集镇及农村居民点迁建区				
1)	安置点				
	栽植侧柏	株	104060	1.64	17.08
	栽植火棘	株	104060	1.44	15.03
	侧柏苗木	株	104060	50.00	520.30
	火棘苗木	株	104060	7.00	72.84
	挖穴	个	204040	1.33	27.10
	覆土	m ³	102020	7.26	74.03
	铺草皮	hm ²	10.80	63009.64	68.05
	液力喷播植草护坡	hm ²	7.60	233342.73	177.34
2)	弃渣场				
	栽植滇合欢	株	12234	1.64	2.01
	栽植余甘子	株	12234	1.64	2.01
	栽植马桑	株	36702	1.54	5.67
	栽植火棘	株	36702	1.44	5.30
	滇合欢苗木	株	12234	6.00	7.34
	火棘苗木	株	12234	7.00	8.56
	余甘子	株	36702	15.00	55.05
	马桑	株	36702	6.60	24.22
	挖穴	个	95952	1.33	12.74
	覆土	m ³	47976	7.26	34.81
	撒播灌草	hm ²	10.00	704.68	0.70

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	植物措施				1241.56
3	专业项目复建区				
	栽植滇合欢	株	2800	1.64	0.46
	栽植黄荆	株	12320	1.44	1.78
	滇合欢苗木	株	2800	6.00	1.68
	栽植黄荆	株	12320	7.00	8.62
	挖穴	个	14823	1.33	1.97
	覆土	m ³	7411.50	7.26	5.38
	撒播灌草	hm ²	2.10	704.68	0.15
4	库岸区				14.17
	封禁治理	hm ²	220.50	500.00	11.03
	滇合欢	株	4000	6.00	2.40
	栽植滇合欢	株	4000	1.64	0.66
	撒播灌草	hm ²	1.20	704.68	0.08

表8.1-46 水土保持辅助措施投资计算表（云南部分）

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	临时措施				276.88
1	城集镇及农村居民点迁建区				114.78
1)	表土临时防护				
	草袋土填筑	m ³	6000.00	160.28	96.17
	草袋土拆除	m ³	6000.00	3.25	1.95
	塑料彩布条覆盖	m ²	21400.00	4.43	9.48
2)	临时排水				
	土方开挖	m ³	5100.00	14.08	7.18
2	专业项目复建区				
1)	表土临时防护				
	草袋土填筑	m ³	2650.00	160.28	42.47
	草袋土拆除	m ³	2650.00	3.25	0.86
	塑料彩布条覆盖	m ²	2340.00	4.43	1.04
2)	临时排水				
	土方开挖	m ³	2100.00	14.08	2.96
	施工辅助工程				1151.33

表8.1-47 水土保持工程措施投资计算表（四川部分）

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	工程措施				8971.20
1	生活安置区				
1)	沉沙凼				
	土方开挖	m ³	9000.00	13.99	12.59
	浆砌石	m ³	2400.00	288.27	69.19

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	工程措施				8971.20
2)	排水沟				
	土方开挖	m ³	20082.50	14.08	28.27
	浆砌石	m ³	36148.50	288.27	1042.07
2	生产安置区				
1)	沉沙凼				
	土方开挖	m ³	18000.00	13.99	25.17
	浆砌石	m ³	4800.00	288.27	138.37
2)	排水沟				
	土方开挖	m ³	50000.00	14.08	70.39
	浆砌石	m ³	135000.00	288.27	3891.71
2	城集镇及农村居民点迁建区				
1)	弃渣场				
	土方开挖	m ³	16524.00	13.99	23.11
	浆砌石	m ³	42320.00	288.27	1219.98
	C20 混凝土	m ³	15800.00	644.27	1017.95
3	专业项目复建区				
1)	道路				
	滚石拦网	m ²	18000.00	600.00	1080.00
	浮渣清除	m ³	19530.00	6.56	12.82
2)	弃渣场				
	土方开挖	m ³	19140.40	14.08	26.94
	浆砌石	m ³	7392.00	282.35	208.71
3)	料场				
	土方开挖	m ³	240.00	14.08	0.34
	浆砌石	m ³	135.00	288.27	3.89
4)	施工场地				
	土方开挖	m ³	1704.00	14.08	2.40
	浆砌石	m ³	2875.50	288.27	82.89
4	防护工程区				
1)	石料场				
	土方开挖	m ³	68.00	14.08	0.10
	浆砌石	m ³	14.30	288.27	0.41
	C20 混凝土	m ³	3.60	644.27	0.23
2)	填筑料场及砂粒料场				
	土方开挖	m ³	665.68	14.08	0.94
	浆砌石	m ³	374.45	288.27	10.79
3)	施工场地				
	土方开挖	m ³	110.24	14.08	0.16
	浆砌石	m ³	62.01	288.27	1.79

表8.1-48 水土保持植物措施投资计算表（四川部分）

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	植物措施				1261.93
1	生产安置区				
	栽植滇合欢	株	32115	1.64	5.27
	栽植火棘	株	32115	1.44	4.64
	滇合欢苗木	株	32115	6.00	19.27
	火棘苗木	株	32115	7.00	22.48
	挖穴	个	62970	1.33	8.36
	覆土	m ³	31485.00	7.26	22.85
2	城集镇及农村居民点迁建区				
1)	安置点				
	栽植侧柏	株	105080	1.64	17.24
	栽植火棘	株	105080	1.44	15.17
	侧柏苗木	株	105080	50.00	525.40
	火棘苗木	株	105080	7.00	73.56
	挖穴	个	206040	1.33	27.37
	覆土	m ³	103020	7.26	74.75
	铺草皮	hm ²	9.28	63009.64	58.47
	液力喷播植草护坡	hm ²	8.00	233342.73	186.67
2)	弃渣场				
	栽植滇合欢	株	13253	1.64	2.17
	栽植余甘子	株	13253	1.64	2.17
	栽植马桑	株	39760	1.54	6.14
	栽植火棘	株	39760	1.44	5.74
	滇合欢苗木	株	13253	6.00	7.95
	火棘苗木	株	13253	7.00	9.28
	余甘子	株	39760	15.00	59.64
	马桑	株	39760	6.60	26.24
	挖穴	个	103948	1.33	13.81
	覆土	m ³	51974	7.26	37.71
	撒播灌草	hm ²	10.39	704.68	0.73
3	专业项目复建区				
	栽植滇合欢	株	2800	1.64	0.46
	栽植黄荆	株	12320	1.44	1.78
	滇合欢苗木	株	2800	6.00	1.68
	栽植黄荆	株	12320	7.00	8.62
	挖穴	个	14823	1.33	1.97
	覆土	m ³	7411.50	7.26	5.38
	撒播灌草	hm ²	2.10	704.68	0.15

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	植物措施				1261.93
4	防护工程区				
	栽植滇合欢	株	2800	1.64	0.46
	栽植火棘	株	2800	1.44	0.40
	栽植车桑子	株	932	7.00	0.65
	栽植爬山虎	株	251	1.28	0.03
	滇合欢	株	2800	6.00	1.68
	火棘	株	2800	7.00	1.96
	车桑子	株	932	2.50	0.23
	爬山虎	株	251	3.00	0.08
	挖穴	个	6650	1.33	0.88
	覆土	m³	3325.00	7.26	2.41
(七)	库岸区				16.08
	封禁治理	hm²	243.50	500.00	12.18
	滇合欢	株	4968	6.00	2.98
	栽植滇合欢	株	4968	1.64	0.82
	撒播灌草	hm²	1.49	704.68	0.10
(八)	施工期苗木抚育费				40.00
	施工期苗木抚育费	项	1		40.00

表8.1-49 水土保持辅助措施投资计算表（四川部分）

序号	费用名称	单位	工程量	单价（元）	费用（万元）
	辅助措施				347.14
1	城集镇及农村居民点迁建区				148.73
1)	表土临时防护				
	草袋土填筑	m³	8000.00	160.28	128.22
	草袋土拆除	m³	8000.00	3.25	2.60
	塑料彩布条覆盖	m²	22300.00	4.43	9.88
2)	临时排水				
	土方开挖	m³	5700.00	14.08	8.02
2	专业项目复建区				
1)	表土临时防护				
	草袋土填筑	m³	2780.00	160.28	44.56
	草袋土拆除	m³	2780.00	3.25	0.90
	塑料彩布条覆盖	m²	2400.00	4.43	1.06
2)	临时排水				
	土方开挖	m³	2250.00	14.08	3.17

(9) 环境监测

乌东德水电站移民安置工程环境监测投资 304.86 万元，详见下表。

表8.1-50 乌东德水电站移民安置工程环境监测投资

序号	工程费用名称	单位	单价 (元)	数量		费用 (万元)		合计	备注
				四川	云南	四川	云南	(万元)	
1	生活污水监测	项	600	0	147	0	8.82	8.82	
2	饮用水水质监测	项	600	1248	672	74.88	40.32	115.2	
3	陆生生态监测	点·次	30000	14	8	42	24	66	
4	人群健康监测	人·次	200	1968	3774	39.36	75.48	114.84	按照人数的10%进行抽检, 连续 2 年
合计						156.24	148.62	304.86	

8.2 环境影响经济损益分析

8.2.1 环境影响经济损益分析原则

乌东德水电站工程的环境影响经济损益分析依照以下原则：

(1) 终极影响原则

鉴于各生态与环境因子之间的关系十分复杂，在进行经济损益分析，只考虑与人类经济活动或生态环境直接相关的最终影响后果。

(2) 重点突出，兼顾一般原则

由于乌东德水电站工程对生态与环境的影响复杂，涉及面广，因此需突出对环境影响较大的影响因素，对一般影响因素进行了适当归并综合。

(3) 一次性估价原则

为使进行经济损益分析的各环境因子的经济量之间有可比性，统一以 2014 年第 2 季度现价为计算标准，不考虑价格上涨因素，进行一次性估价。

(4) 减免不利影响的补偿投资原则

对生态与环境的不利影响，着眼于预防、保护和挽救，以减免不利影响。在环境经济损益分析中，尽量采用补救措施和防护措施的费用，作为反映工程环境影响效应大小的尺度，而不是消极地计算损失值（生物资源有时是不能用价值来衡量的）。

8.2.2 环境影响经济效益分析方法

乌东德水电站环境经济效益分析的目的是运用环境经济学原理,在考虑工程建设与生态环境、社会环境以及区域社会经济的持续、稳定、协调发展前提下,运用费用~效益分析方法对工程的环境效益和损失进行分析。

按照等效、替代原则,采用“影子工程法”计算环境效益,本报告以相同规模的火电为替代方案,参与环境影响损益的比较分析。环境损失采用“恢复费用法”,以减缓不利环境影响或达到恢复、补偿效果所需费用进行计算。项目经济评价的计算期包括工程建设期和运行期,乌东德水电站工程建设期为 122 个月,运行期统一取 50 年。

最后,采用按效益/费用比值大小,从环保角度评判工程建设的合理性。

8.2.3 环境效益分析

8.2.3.1 节能减排效益

乌东德水电站装机容量 10200MW,多年平均发电量 389.3 亿 KW·h,保证出力 3160MW。工程建成后送电华东、华中和广东电网,可明显提高电力系统中的水电比重、改善电网的电源结构。采用影子工程法,以相同规模的火电为替代方案,其火电带来的环境损失作为乌东德水电站的环境效益。

(1) 减少煤炭资源消耗

依据工程可行性研究报告,乌东德水电站建成后可替代当地的燃煤类化石电站,每年可节省标准煤约 1250 万 t,标准煤价格按照 240 元/吨计算(引汉济渭环评报告书),可减少煤炭资源消耗的经济价值为 30 亿元/年。

(2) 减少水资源消耗

火力发电需要消耗大量的水资源。按火电机组耗水指标 $0.5\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 计算(观音岩环评报告书),同等规模的火电站年耗水量为 7066.8 万 m^3 ,按取用水价格 1 元/t(观音岩环评报告书)计算,则乌东德水电站替代火电可节约用水的经济价值为 7066.8 万元/年。

(3) 减少 CO₂ 等温室气体排放

火力发电会产生 CO₂ 等大量温室气体,引起温室效应,而严重的温室效应会导致海平面上升、气候灾害等一系列严重恶果。

依据工程可行性研究报告，乌东德水电站建成后替代火电，每年可减少温室气体 CO₂ 排放量 3250 万 t，减少 C 排放量为 886.4 万 t。参照 RCG(Climate Change Workshop) 给出的吨碳排放量损害估计值：2011 年～2020 年为 8.90～20.30 美元（十年间），年平均值为 1.46 美元，折合人民币为 12.1 元。由此可得出乌东德水电开发减少碳排放的经济价值为 10725.4 万元/年。

（4）减少 SO₂ 与 NO_x 排放，减缓酸雨沉降

SO₂ 的排放是导致我国酸雨危害加剧的重要原因之一。中国环境科学研究院、清华大学等单位的研究结果表明，由 SO₂ 等导致的酸雨污染每年给我国造成损失超过 1100 亿元。燃煤电厂以高架源形式排放的 SO₂ 是形成酸雨的主要原因。

据工程可行性研究报告估算，乌东德水电开发替代火电，可以减少 SO₂ 年排放量 11 万 t，减少 NO_x 年排放量 5.5 万 t，可以有效减缓因电力需要增加而导致的 SO₂、NO_x 排放量增加以及由此新增产生的酸雨危害。根据《中国生物多样性国情研究报告》，削减 SO₂ 的投资额为每年 100 吨 5 万元，运行费为每年每 100 吨 1 万元，NO_x 的处理费用通常情况下比 SO₂ 更高。所以，乌东德水电开发减少 SO₂ 与 NO_x 排放的经济价值为 9900 万元/年。

8.2.3.2 经济社会效益

（1）发电效益

发电效益采用工程替代法，替代方案采用燃煤火电站。乌东德水电站送电华中电网的电量可全部被吸收，容量替代率 96.2%；送电华东电网的电量也可全部被吸收，容量替代率 99.1%。在此基础上，考虑输变电损耗等，按水火电容量当量系数 1.00、电量当量系数 1.05，确定其实际的替代效益。送电华中电网输变电电量损失率 8%，送电华东电网输变电电量损失率 12%。由此计算，替代火电装机 8496MW，替代发电量 365.81 亿 kW·h。

依据预可行性研究报告，华中和华东电网的替代火电站考虑脱硫等环保费用后单位千瓦投资均按 4000 元/kW 计，则替代火电站的工程总投资为 339.82 亿元。

（2）补偿效益

工程建成后，除自身巨大的发电效益外，对下游梯级的补偿效益也比较显著，通过乌东德水库的调节，可增加下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝三个梯级保证出力 142MW，增加年发电量 2.0 亿 kW·h。按上网电价 0.2 元/kW·h 计算，乌东德水

电站可直接增加发电经济效益 0.4 亿/年。

(3) 社会效益

施工期大量施工人员的生活需求将主要由当地农产品及服务满足。仅此一项，采用市场调查法，以施工人员每人每月平均消费 150 元计，另据工程可行性研究报告，122 个月施工期累计劳动力需求量为 2437.7 万工日，经计算施工建设期可使当地消费额增加共 1.2 亿元。

8.2.3.3 拦沙效益

金沙江是长江主要产沙区之一，其输沙量约为三峡入库沙量的二分之一，攀枝花至屏山区间河段亦是金沙江产沙的主要河段。乌东德水库的死库容为 28.43 亿 m^3 ，水库建成后，除推移质泥沙淤积库内外，还可以利用库容拦淤悬移质泥沙，有效降低下游泥沙含量。乌东德与金安桥、观音岩、二滩水库联合运用情况下，乌东德水库运行 50 年可减少向下游输沙量 17.4 亿 m^3 ，折合 34.8 亿 t，在仅考虑乌东德水库拦沙的情况下，由库容贡献率大小可推算出单独运行 50 年可减少向下游输沙量 15.7 亿 t。水库拦沙可推迟下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡等水库的泥沙淤积进程，使其长期保留较多的兴利库容和防洪库容；同时有利于重庆港减淤和改善三峡库区的通航条件。

按等效原则，采用“影子工程法”计算。据有关资料，在金沙江流域进行水土流失综合治理，其治理单位水土流失量所需费用约 24 元/t（溪洛渡环评报告书），乌东德水库运行 50 年的拦沙效益约 376.8 亿元，年均 7.5 亿元。

8.2.3.4 防洪效益

乌东德水库控制金沙江流域面积的 86%，水库总库容 74.05 亿 m^3 ，预留防洪库容 24.4 亿 m^3 。乌东德水库与下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用将进一步提高川江河段宜宾、泸州、重庆等防护对象的防能力，可使李庄站 $P=1\%$ 的洪峰流量削减 13500 m^3/s 、洪水频率降为 6.0%，可使寸滩站 1%洪峰流量削减 12700 m^3/s 、洪水频率降为 4.5%。配合长江三峡水库对长江中下游补偿调度，在汛期拦蓄金沙江洪水，减少进入三峡水库的洪量，当长江中下游遭遇 1%洪水时，可削减成灾洪量（平均值）为 64.15 亿 m^3 ，能有效地减少长江中下游地区成灾水量和分洪损失。

乌东德水电站是构建长江流域防洪体系的重要组成部分，经预可行性研究初步估算，乌东德水库多年平均防洪效益 2.92 亿元。

8.2.3.5 航运效益

金沙江下游河段矿产资源丰富，但沿岸经济落后，交通相对困难。攀枝花至宜宾河道长 783km，现状仅宜宾至新市镇之间 108km 河道通航，航道等级为五级，占金沙江下游河段长度的 13.8%，其余不通航河段。金沙江攀枝花至宜宾河段乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝四个梯级枢纽建成后，正常蓄水位是衔接的，乌东德水电站正常蓄水位 975m 时回水长度约 200km，回水可至攀枝花市，建库前的急流险滩将变成深水航道，可在不同时期实现库区全程或局部通航，改善库区通航条件，对促进库区经济社会的发展意义重大。此外，乌东德水电站建成后，可增加下游河段的枯水期河道流量，改善下游枯水期航道通航条件。因本效益难于货币化，暂不计列。

8.2.3.6 生态效益

乌东德工程对陆生生态的影响主要体现在对陆生植被覆盖率和资源量的影响上。依据报告书中陆生生态环境保护措施，施工结束后，按照保护原有生态系统、保护生物多样性和保护耕地资源的原则，并结合水土保持植物措施，对各类施工迹地进行生态修复。

乌东德水电站生态修复区分为主体枢纽工程区、电站设施周围景观区、临时恢复区、库区防护林区、消落带修复区、河谷经济林区和移民安置区。

其中，主体枢纽工程区生态修复面积 320hm²，包括金坪子滑坡体治理区、开挖边坡与高位自然边坡，修复方式以营造水土保持林，种植灌草为主；电站设施周围景观区生态修复面积 237.1hm²，包括永久道路、业主营地、枢纽工程管理区和临时占地区，恢复治理措施主要为景观园林绿化和营造水土保持林；临时恢复区生态修复面积 200hm²，包括弃渣场、存料场、表土堆存场、施期石料场、临时道路等，以草籽播种和营造水土保持林为主要修复措施；库区防护林区和消落带修复区生态修复面积分别为 200hm²和 36hm²，同样以营造水土保持林为主要恢复措施；河谷经济林区生态修复面积 0.32hm²，主要以种植经果林为主要生态修复方式。

在建设区生态环境恢复措施得到实施后,能基本控制因工程建设带来的新增水土流失,有效防治土壤被雨水、径流冲刷,保护水土资源,在很大程度上减轻和改善了当地的水土流失现状,具有较好水保和生态建设作用。另一方面,生态修复措施得到实施后,荒地减少,林草地增多,对局地小气候、生态景观及环境的改善具有积极作用。

经统计,水土保持及生态环境保护共建设林草地 1005.7hm²,具有涵水、固土、造氧、生产及减少土壤肥力损失等能力。采用影子工程法对上述效益进行估算(见表 8.2-1),合计产生货币价值约 4272.41 万元/年。

表 8.2-1 乌东德水电站生态效益计算表

项目	生态功能	单位面积效益	影子工程单价	货币价值(万元)
建设林草地	涵水功能	307300m ³ /km ²	0.4 元/m ³ (水库工程)	124.15
	固土功能	179336t/km ²	0.5 元/t (沙坝工程)	90.56
	造氧功能	733t/km ²	400 元/t	296.13
	生产效益	1376m ³ /km ²	100 元/m ³	138.98
	减少土壤肥力损失	179336t/km ²	20 元/t	3622.59
合计				4272.41

综上,本工程环境效益显著,据以上估算,工程施工建设后运行 50 年,仅可以货币化的效益达 2543.64 亿元。

8.2.4 环境影响损失

本工程的环境损失包括水库淹没、永久占地和工程建设对区域环境影响所造成的损失,为恢复当地的社会环境、生态,工程分别进行了移民安置规划和环境保护措施规划,并列出了相应的投资,可采用“恢复费用法”将其投资估算为环境损失。

(1) 建设征地和移民安置投资

根据预可行性研究报告,乌东德水电站建设征地和移民安置投资补偿总额为 154.96 亿元。

(2) 环境保护投资

以减缓工程对环境的不利影响或恢复、补偿环境效益所采取的保护和补偿措施费用作为反映工程影响损失大小的尺度,计算其损失值。采用“恢复费用法”,以减缓不利环境影响或达到恢复、补偿效果所需费用进行计算。

根据乌东德电站工程及工程区域环境特点,为减缓、恢复或补偿不利环境影响所采取的环境保护措施主要包括以下内容:水环境保护措施;噪声与环境空气

质量保护措施；珍稀、特有鱼类及保护区影响减缓措施；陆生生物保护措施及水土流失防治方案；社会环境保护措施；对外交通道路及设施区环境保护规划；环境监测规划、环境管理及环境监理规划。在进行技术经济分析或多方案比选基础上，提出了各项措施推荐方案及相应费用概算。

乌东德水电站环境保护静态总投资 35.55 亿元，环境保护工程运行费为 1514 万/年，按 50 年运行计算，共花费 7.57 亿元。

综合统计，本工程环境损失总计约为 185.12 亿元。

8.2.5 环境影响损益分析

采用效益～费用分析方法进行环境经济损益评判，结果见表 8.2-2。经前述计算，本工程仅可货币化的环境效益为 2543.64 亿元，为避免因不利环境影响造成的潜在经济损失或恢复、补偿环境效果，所采取的措施总费用为 185.12 亿元，总的损益比为 13.74:1。

从经济评价指标值看，乌东德水电工程的环境效益明显大于环境损失，说明工程建设在环境经济上是可行的。本工程环保措施实施后，可最大限度地减少工程兴建对环境的不利影响，避免因环境损失而造成潜在的经济损失。此外，工程的建设对促进当地经济社会发展有很重要的积极作用。因此，从环境经济损益分析角度，本工程建设是合理可行的。

表 8.2-2 乌东德水电工程环境经济损益分析表 单位：亿元

序号	项 目	损益方式	投资或 损失 (-)	效益 (+)
一	环境损失			
1	建设征地和移民安置投资	水库淹没及土地征用补偿，住房、建筑附属物、农田基建补偿及移民搬迁费，受淹城镇迁建，输变电工程补偿，工矿企业，公路及库区交通恢复，通信线路、广播线路等。	154.96	
2	环境保护投资		35.55	
3	环境保护工程运行费	运行费用，按 50 年运行计算	7.57	
二	环境效益			
1	节能减排效益	减少煤炭资源消耗，减少水资源消耗，减少 CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 等温室气体排放		1638.46
2	经济社会效益	代替火电的发电效益；水库调节对下游梯级的补偿效益；施工期施工人员消费带来的社会效益		361.02

3	拦沙效益	推迟下游梯级水库的泥沙淤积进程,使其长期保留较多的有效库容,有利于重庆港减淤和改善三峡库区的通航条件		376.80
4	防洪效益	与下游梯级联合运用将进一步提高川江河段宜宾、泸州、重庆等防护对象的防能力;配合长江三峡水库对长江中下游补偿调度,可有效削减成灾洪量		146.00
5	航运效益	改善库区及下游枯水期航道通航条件,但效益难于货币化,暂不计列		/
6	生态效益	营造林草地用以涵水、固土、造氧、生产及减少土壤肥力损失等		21.36
四	合计		185.12	2543.64

9 环境风险评价

9.1 环境风险识别

环境风险是指突发性事故对环境（或健康）的危害程度。乌东德水电站属大型水电工程，具有发电、防洪、航运等多项功能，其影响范围大，涉及环境因子众多，工程建设与运行过程中，因工程施工、水库运行、移民安置等各类开发活动可能直接或间接导致影响区域及周边区域新增环境风险或已存在的环境风险值增加。工程环境风险识别见表 9.1-1。识别结果表明：工程施工过程中，爆破器材库和油库可能遭遇突发事件引发的爆炸事故，对大气、水环境产生污染，产生环境风险，并可能引起下游施工区的供水风险，属新增风险；水库蓄水后，可能引发地质灾害风险，库区突发污染事故可能产生水体污染风险，生境改变导致水生动物栖息地改变，可能引发物种消失的风险，乌东德电站实施生态恢复过程中以及上游来水，也可能引入新的物种进入工程区，产生生物入侵风险。

表 9.1-1 乌东德水电站环境影响风险因素识别表

工程作用	风险源或 直接因素	风险类型					
		环境地质	水环境	生态	大气	供水	人群健康
工程施工	爆破材料库				√		√
	油库兼加油站		√	√	√	√	√
水库蓄水	水体压力	√					
	事故排污		√	√		√	
	航运事故		√			√	
	生境变化			√			

9.2 环境风险分析

建设项目的风险分析，是探讨项目在施工与运营过程中因自然或人为原因可能产生的重大环境事故，从而对环境产生的最大的影响危害，以及出现这种风险的可能性采取的相应对策。

9.2.1 油库及爆破器材库事故风险分析

根据乌东德水电站施工组织设计，枢纽工程建设期间，共布置 1 处油库 2 处爆破器材库。

（1）油库兼加油站事故风险分析

油库兼加油站集中布置在海子尾巴右岸低线过坝道路起点处，油库规模为 1500m³，建筑面积 4500m²，占地面积 12000m²，高程约 1000m，使用时间为 2012～2020 年。

油库兼加油站发生事故的原因主要包括以下几个方面：①储罐、管道阀门和泵由于维护不当出现故障，造成油气的泄漏可能导致火灾甚至爆炸；②在静电、雷电条件下可能引发火灾燃烧；③由于油库和加油站操作人员的工作失误导致原油外溢，遇到火源易引发火灾燃烧事故。

根据《石油库设计规范》（GB50074-2002）要求，四级油库与居住区及公共建筑物的距离不得小于 70m。本工程加油站（油库）周边的居民点有卧嘎村，油库距卧嘎村距离为 1100m，距离业主营地 150m，符合《石油库设计规范》中四级油库与居住区及公共建筑物的距离不得小于 70m 的规定。但油库一旦发生爆炸，对业主营地的居住人员生命财产安全还是会产生一定不利影响。在油罐发生火灾燃烧事故后，对油库下风向的环境空气会造成一定的影响。

根据工程施工总布置规划，油库设置于海子尾巴右岸低线过坝道路起点处，地质调查资料显示，该处地层岩性为泥岩，该地区地下水埋深较深，地下水自由水面在 850m 高程以下，高程在 850m～1330m 的范围内不构成连续的地下水水面，局部有少量的裂隙水和孔隙水，连通性较差。因此，当油库发生漏油事故时，基本不会对地下水产生影响。此外，可在周边设置截油沟，防止漏油进入金沙江为污染下游供水水源。

从已有水电工程施工情况看，发生油库和加油站事故的案例极少，且水电施工管理较为严格，因此本工程油库和加油站在施工期发生爆炸和泄漏的概率不大，但仍应加强管理，并制定应急措施和预案。

（2）爆破器材库概况及事故风险分析

爆破器材库分两岸布置，一岸最大库存药量为 100t。左岸布置在韭菜地江边缓坡地上，高程在 850～950m 之间。右岸布置在阴地沟江对岸的坡地上，高程约 1070m。施工组织设计过程中考虑地形的坡度和周边住户数量，其安全允许距离约 500m，使用时间为 2012～2020 年。

爆破器材库事故原因主要包括以下两个方面：①管理人员违反规定，违章吸烟或未按有关规定操作造成火种，引燃炸药或出发雷管；②由于静电作用或雷电条件引发电火花造成炸药爆炸。

根据施工组织设计，右岸爆破器材库单独布置在无人处，岸坡局部较缓，最近的一处电站标施工营地距炸药库距离也在 500m 以外，所以右岸爆破器材库的距离设置能满足相关要求。左岸爆破器材库最近的敏感目标为猪拱地居民点，由于此处居民为征地搬迁对象，所以在爆破器材库建设以前均搬离此处，所以炸药库的建设对该处居民不会产生威胁。

爆破器材库设计中，拟考虑的安全措施包括：各类消防设施；在库内设置避雷设施和各类防静电设施；严格按照相关设计规范，设置库内各类建筑物的安全防护距离；设置事故报警系统；按照《水电水利工程爆破施工技术规范》、《爆破安全规程》等有关规范，制定严格操作规程。爆破器材库是整个工程施工中的安全、消防管理重点，管理严格，事故防范措施严密，根据以往水电工程施工情况，发生爆炸事故的概率很小。

由上述分析可见，本工程两处爆破器材库距离居民点较远，即使万一发生爆炸事故，危险性也较小。各爆破器材库库周将设置围墙，并对占地范围内的植被进行清除，因此由于事故而引发周边火灾的影响范围较小。

9.2.2 水库诱发地质灾害风险分析

乌东德水电站处于川滇菱形块体内部，区域地壳稳定性分区位于攀枝花地块（ I_3^2 ）的会东-禄劝亚块（ I_3^{2-13} ），属稳定性相对较好区。活动断裂距坝址 16km 以远，6 级以上地震震中距坝址 45km 以远，7 级以上地震震中距坝址 50km 以远，地震影响至坝址的烈度均不超过Ⅶ度。库区内汤朗—易门断裂带（距坝址 34km）穿越的新田—志力库段与磨盘山—绿汁江断裂带（距坝址 73km）穿越的龙街一带库段具备产生 Ms5.0 级左右水库诱发地震的可能；库首段的热水塘断层、马鹿塘断层也可能发生 Ms5.0 级以下水库诱发地震。全库区水库诱发地震在坝址的影响烈度不高于Ⅶ度，均在建筑物抗震设防范围内。

蓄水后稳定性较差或差的特大型或巨型滑坡、崩塌堆积体、危岩体有花山滑坡、半坡堆积体、中武山堆积体、白泥洞滑坡、早谷田危岩体、必油照滑坡、小汉头滑坡 7 处，失稳后不会形成库中坝，产生涌浪对工程运行也无影响。

坝前 22km 以内，蓄水前后，干流水库内均无特大型、巨型稳定性较差或差的滑坡体、崩塌堆积体和危岩体分布；坝前 10km 以内，蓄水前后，干支流库岸内均无大型及以上稳定性较差或差的滑坡体、崩塌堆积体分布，仅坝前 1.7km 发

育有局部稳定性差的三台 1#大型危岩体；经初步分析，滑坡体、崩塌堆积体和危岩体失稳在堰（坝）前产生的涌浪高度均不超过 1m，不影响工程运行安全。

金沙江是区内地表、地下水最低排泄区，乌东德水库封闭条件好，无库水外渗之虞。

综合以上，乌东德库区地质条件较好，水库诱发地质灾害的风险值低。

9.2.3 突发性污染事故风险分析

位于枢纽工程施工区的硫磺厂废渣、攀枝花市危险废物处理中心工程、攀枝花市钒钛产业园区以及库区航运均为乌东德库区可能突发污染事故的风险源，其可能产生的事故风险分析具体如下：

9.2.3.1 硫磺厂废渣滤液渗漏对地下水风险分析

硫磺厂废渣运至施期施工场地填埋处理，雨季可能因雨水冲刷使得硫磺场矿渣废水溢出，但由于地下水埋深在 850m 高程以下，低于填埋高程，且 850m~1330m 范围内，地下水连通性较差，因此，硫磺渣废水对地下水影响较小。根据地质调查成果，施期场地区域地质条件稳定，避开了地质断裂带、坍塌和溶洞，同时填埋完毕封场时铺设了复合土工膜覆盖层，上部进行了硬化处理保护，可以防止地面降水或径流入渗，复合土工膜渗透系数较小，渗滤液对地下水产生污染的概率很小。

9.2.3.2 攀枝花市危险废物处理中心事故排放风险分析

（1）攀枝花市危险废物处理中心工程概况

攀枝花市危险废物处理中心位于攀枝花市仁和区大龙潭彝族乡逸资村磨槽湾，收集、处理的危险废物除医疗临床外，与服务地区的矿山、钢铁、焦化、钒钛、工业结构密切相关，主要有医疗临床物、废矿物油、焦化行业的蒸馏残渣机含酚氰废物、含废酸碱、含锌、铬等重金属废物、废乳化液等约 32 个种类，处理能力约 4 万 t/a，该中心不处理多氯联苯和放射性物质。根据危险废物处理中心收集、处理废物的情况分析，这些废物具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性或者感染性等一种或者几种危险特性。

（2）风险分析

由于该危险废物处理中心位于攀枝花市库尾，其运行过程对乌东德水库产

生的风险主要来自溃坝、渗滤液调节池泄露以及中心的处理废水直接排放对金沙江水体产生的污染风险。

1) 溃坝风险分析

危险废物填埋场堤坝不同于水坝，因其上游堆存的是固体废物，除坝体下部受到渗滤液的水平推力外，坝体上部所承受的水平推力较小。攀枝花市危险废物处理中心工程主坝采用加筋土石坝方案，即采用土工格栅和筋技术，显著增大坝体上下游坡面的坡比；坝体中央采用由砾石、块石、山皮土等材料组成填筑，坝体上下游两侧分别采用级配较好的粘土碾压形成，采用土工格栅加筋技术可以形成高陡边坡。同时，该区域地震烈度为Ⅶ度，填埋场拦渣坝、垃圾副坝（挡水坝）抗震设计满足安全要求。由于本区域地质构造比较稳定，不存在泥石流或山体滑坡的自然条件。

危险废物处理中心工程截洪沟设计按 50 年一遇山区防洪标准进行设计，地表水导排系统由环库截洪沟、堆体表面地表水收集明渠以及必要的跌水设施、排放管组成。环库永久性截洪沟沿填埋场环场道路周边布置，排水明渠将库区及场外地表水排除库区外，可避免洪水期间对库坝的冲击，减少溃坝的可能性。

所以，攀枝花市危险废物处理中心工程的拦渣坝、挡水坝的设计和施工在根据地质灾害报告的结论严格按国家相关规程、规范和标准予以实施的前提下，可有效避免溃坝风险。

2) 设施故障和渗滤液调节池泄露风险分析

根据批复的《攀枝花市危险废物处置中心工程环境影响报告书》，在危险废物处理中心污水处理设施故障且渗滤液调节池泄露的情况下，考虑最大暴雨和事故发生在枯水季节，此时排入金沙江的最大废水量为 $80.6\text{m}^3/\text{d}$ ，初期雨水量 $42\text{ m}^3/\text{d}$ ，共计 $120.6\text{ m}^3/\text{d}$ ，水质按照未处理前估算。根据计算预测，由于废水排放量较小，河流中 COD、 Cr^{6+} 、 Pb 、总汞的浓度增量值较小，叠加背景值后，浓度都接近背景值，均可满足Ⅲ类地表水环境质量标准限值，各污染物在岸边都不会形成超标污染带，所以废水事故排放不会明显影响金沙江水质。但事故排放对金沙江水质有一定的负面影响，企业必须采取一定的措施，严防事故发生。

攀枝花市 2 日最大降雨量可达 253.7mm ，在此最不利情况下，渗滤液的生产量为 957.7m^3 ，即 $20\text{m}^3/\text{d}$ 假定调节池泄露，暴雨初期渗滤液中的污染物浓度

较高，随后污染物浓度将因连续降雨而得到一定程度的稀释，按最不利情况，假定水质是未处理浓度上限的 1/2。经分析，各污染物经雨水稀释后其浓度降低，但由于废水排放量较大，COD、Cr⁶⁺、P_b、总汞对河流的贡献值相应增大，叠加背景值后，COD、Cr⁶⁺、P_b 可满足地表水环境Ⅲ类标准限值，不会形成超标污染带；总汞浓度在排放口下游 50m 范围内有可能超Ⅲ类标准，在岸边可能形成小范围的超标污染带，将对乌东德库尾水质有一定的影响，所以企业必须采取一定措施，严防事故发生。

若污水处理系统出现故障，企业应将废水排入废水事故应急池暂存，待污水处理系统运行正常后，再将事故池中的废水逐渐排入污水处理系统中，处理达标后排放。另外，要加强废水处理系统的健康措施，加强渗滤液调节池的施工质量和日常的监控措施，防止调节池出现泄漏。

3) 处理废水直接排放风险分析

①排污口水质边界条件

根据《攀枝花市危险废物处理中心工程项目环境影响报告书》，危险废物处置中心（以下简称危废中心）的废水产生量为 42.3m³/d。本次计算考虑污水处理厂出现事故的情况下，危废中心产生的废水直接排放到金沙江所产生河道水质污染。危废中心排出的废水污染物的排放浓度见下表所示。采用平水年枯水期作为事故排放的水文条件。

表 9.2-1 危废中心废水污染物的排放浓度

污染物	COD	总汞	总铅	总铬	总锌	总砷
浓度(mg/L)	250	0.05	1.5	3.0	10	0.5

②来流水质背景浓度

由于傈果断面逐月监测资料缺乏重金属的测量值，因此重金属的来流水质背景浓度参考《金沙江乌东德水电站工程环境现状监测方案》2011 年 3 月上旬进行的现场采样监测结果。将三堆子监测断面 3 天实测数据的平均值作为本次危废中心事故排放计算的水质背景浓度，其中未检测出的污染物以该检测方法的检测下限值进行赋值，各污染物浓度数据见下表所示。

表 9.2-2 来流水质背景浓度

污染物	总汞	总铅	总铬	总锌	总砷
浓度(mg/L)	0.000005	0.016	0.0067	0.0033	0.0012

③计算结果分析

危废中心废水在事故排放的情况下，在河道所产生的污染带数据统计见表 9.2-3 所示。从结果数据来看，由于本排污口的废水量很小 $42.3\text{m}^3/\text{d}(0.0005\text{m}^3/\text{s})$ ，因此各指标（总汞除外）的超标污染带较小，长度均在 100m 以内，宽度也都在 1m 以内。

而总汞的超标情况较其他指标严重，主要原因为事故排放下总汞的排放浓度较高，为Ⅲ类水质标准汞的允许值的 500 倍，而其他指标的排放浓度最大也仅为Ⅲ类水质标准允许值的 60 倍。

从建库前与建库后结果对比来看，各污染物指标（除汞外）的建库前后的差异并不太大，这主要是由于超标污染带都集中在排口附近，因此污染带长度与宽度还是主要受排口的影响。而总汞的超标污染带较长，受主河道的流场影响较其他指标大，因此汞的污染带长度建库前后的差异比其他指标明显，且建库后的长度较建库前增加了 18%。

综上所述，危废中心事故排放对河道水质的影响主要表现为汞的超标污染带范围相对较大，但由于其排放的废水量较小，仅为 $0.0005\text{m}^3/\text{s}$ ，因此总汞的范围也较为有限，超标污染带长度为 1km 左右，最大宽度为 8.8m。而其它各指标的超标污染带均较小，影响区域均在排污口附近的局部范围。危废中心下游没有集中的生产/生活取水口，不会对生活取用水安全产生威胁。

表 9.2-3 危废中心事故排放下各污染物超标范围数据统计

	污染物	COD	总汞	总铅	总铬	总锌	总砷
建库前	长度	23	858	27	40	8	8
	最大宽度	<0.5	8	0.5	0.6	<0.5	<0.5
建库后	长度	24	1015	38	64	8	8
	最大宽度	<0.5	8.8	0.5	0.8	<0.5	<0.5

9.2.3.3 攀枝花市钒钛产业园区事故排放风险分析

（1）钒钛产业园区概况

1) 钒钛产业园区概况简介

①园区产业定位

根据攀枝花市的资源优势、产业发展趋及工布局，攀枝花钒钛产业园以有色、

化工、电冶为主。产业园区的性质为：中国钒钛之都，国家新型工业化产业示范基地，“以钒钛为主导产业，化工、有色金属、电冶合金、钢铁机械制造等‘百亿’产业为支撑，多种协同发展”的国家级开区。

根据攀枝花资源、能源实际以及园区现有的产业基础，园区产业定位为重点发展钒钛、化工、有色、钢铁、电冶等领域，培育支柱产业，形成链延伸，建成国内钒钛工业产业基地。

②产业结构现状及未来重点发展项目

目前，钒钛产业园内只有团山、马店河、安宁片区实现了开发建设。立马团园区内的已投产项目共 60 项，其中电冶 3 项，化工 13 项，钢铁 5 项，有色 5 项。随着园区的建设完善，已确定入园但还未实现生产的项目达 29 项，项目的类型主要以钒钛、钢铁、化工、冶金等产业为主。

安宁园区主要有洗选加工、氧化球团、钛渣冶炼、钢铁、建材等工业门类。现在建成投产企业 18 家，在建企业 2 家。现已初步形成以一立公司球团厂 120 万 t/a 球团、广川公司 50 万 t/a 球团和恒宏公司 50 万 t/a 球团为主的球团项目群；以天伦化工 4 万 t/a 钛白粉项目、龙蟒煤基直接还原项目和博越铸件、福川汽车后桥壳为主的深加工项目群。另外，有两个项目正在建设中，分别是金谷科技和博越工贸公司型的 12 万吨/年的煤粘接剂生产项目和 3 万吨/年的耐磨铸件制造项目。

根据《四川攀枝花钒钛产业园区国民经济和社会发展“十二五”规划纲要》未来五年，钒钛产业园的重点项目如下：

钒钛产业重点项目：18 万吨高钛渣、2×10 万吨硫酸法金红石型钛白粉、20 万吨氯化法金红石型钛白粉、2 万吨改性钛白、4 万吨色母粒、新增 7500 吨海绵钛扩建、2 万吨钛锭、1 万吨钛材、5 千吨钛铸件。

化工重点项目：30 万吨磷酸盐、5 万吨甘氨酸法草甘膦、30 万吨甲醇、6 万吨甲酸钠、15 万吨烧碱扩建、20 万吨电石、15 万吨聚氯乙烯、5 万吨 PVC 管、型材、5 万吨有机硅（化学级）、5 万吨甲烷氯化物。

有色电冶合金产业重点项目：10 万吨电解铝、10 万吨电解铜、4 万吨硅铝合金、3 万吨铝材、2 万吨铝镁合金、1000 万平米电极箔、12 万吨镍铁、1 万吨锌锭、1 万吨金属镁。

钢铁机械制造产业重点项目：300 万套汽车零部件、30 万吨 VD 钢、10 万

吨铸件、20 万吨锻件、10 万吨不锈钢、240 万吨球团。

太阳能光伏产业重点项目：1GW（一期 500MW）太阳能多晶硅、单晶硅片。

③园区现状污染物排放情况及污水处理设施

A 污染物排放情况

据统计，目前立马组团内已基本实现雨污分流。立马团园区内项目工业废水和生活污水的主要特征污染因子为：COD_{Cr}、石油类、H₂SO₄、H₂PO₄、HCl 等。园区工业废水总排量为 5068568.59t/a。外排水中主要污染因子排放量：COD_{Cr} 498.43 t/a、石油 0.01t/a、氨氮 49.12 t/a。

安宁组团现有入园企业 20 家，现已初步形成以一立公司球团厂 120 万 t/a 球团、广川公司 50 万 t/a 球团和恒宏公司 50 万 t/a 球团为主的球团项目群；以天伦化工 4 万 t/a 钛白粉项目、龙麟煤基直接还原项目和博越铸件、福川汽车后桥壳为主的深加工项目群。园区年产值约 16 亿元。园区污染物排放主要以废气排放为主，基本无废水排放。

规划新建迤资组团，以二、三类产业为主，根据迤资组团排水规划，入区项目的生产废水和生活污水由企业自行处理达到《污水排放综合标准》（GB8979-1996）三级或相应的行业排放标准后排入园区的污水管网，进入迤资组团污水处理厂（设计规模 5.0 万 m³/d，一期规模 2.0 万 m³/d）集中处理。在园区污水处理厂投入运行前，企业外排废水必须达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准或相应行业排放标准一级。

B 污水处理设施

园区内四个片区彼此不相邻，各片区外排废水依据其各自的实际情况采取合理的处理措施。

立-马-团片区：污水主要包括生活、生产污水两部分。考虑到本规划区内企业的特点和性质，化工企业生产污水排放量大，且污染物比较相近，而其他企业的污水排放量较小（如电冶、有色、钢铁深加工等），同时化工行业的生产污水不宜与其他行业的污水共同集中处理，故规划考虑将化工行业生产污水进行集中处理，其他行业污水和生活污水由各企业自行处理达相关标准后排入水体。

迤资片区：迤资工业园区为新建工业园，产业布局明确，北片区以化工产业为主、中片区以冶金产业为主、南片区则以矿产品加工为主。工业污水性质较为接近，污染物以酸类、COD、重金属、SS、总磷、石油类、为主，有集中处理

的条件。考虑上游立柯片区转输的污水量，拟建设工业污水处理厂一座，污水处理厂规模为近期 12.5 万 m³/d，远期 15.0 万 m³/d，处理达标后排入金沙江。

安宁片区：规划建设一座污水处理厂，厂址位于规划区以南约 700m 靠近金沙江的台地上，污水处理厂规模为 8.0 万 m³/d，也能满足其污水处理要求。

金河片区：规划建设一座污水处理厂，规模为 5.0 万 m³/d，能满足其污水处理及排放要求。

目前园区已建成 10 万 t（一期 2.5 万 t）工业酸性污水处理厂一座，即立马团污水处理厂，废水产生量为 1825 万 t/a，污水处理厂外排的主要污染物量为 COD 1825t/a、NH₃-N 273.75t/a。其正常及事故状态处理水质指标如下表所示。

④区内固体废物处理设施

立-马-团片区：园区综合渣场设置在马店河片区。目前综合渣场一期建设完成并投入使用。

安宁区：目前无统一、规范的弃渣场和尾矿库，盐边县安宁工业集中发展区工业固体废弃物处置场正在规划当中。

⑤危险废物处置

立马团组园区园区产生的危险废物主要是废酸及酸解废渣、废触媒及泥磷，利用方式主要有再循环、再利用、再生酸或碱、其他有效成分回收及其他等。

——产生废酸及酸解废渣的企业主要有攀枝花兴中钛业有限公司、攀枝花钛海科技有限公司、四川卓越钒钛有限公司、攀枝花大互通钛业有限公司和攀枝花钛都化工有限公司共五家。

这五家钛白粉生产企业所产生的废酸除卓越公司具备废酸浓缩装置，进行了回收利用外，其余四家钛白企业均将废酸输送至污水处理站进行了中和处理。

——产生废触媒的企业主要有攀枝花市德铭化工有限公司、攀枝花荣昌化工有限公司、攀枝花东立化工有限公司等三家企业。

三家制酸化工企业中，攀枝花荣昌化工有限公司以及攀枝花东立化工有限公司目前尚无废触媒产生，原因是两家企业建厂生产不到半年，目前触媒尚未到达更换时限，德铭化工有限公司所产生的废触媒除 2007 年 5 月销售给攀枝花锦利工贸有限公司 16.28 吨用于提钒外，目前没有新的废触媒产生。

——产生泥磷的企业主要有四川川投化工集团黄磷厂、攀枝花天亿化工有限公司、攀花乙源化工有限公司、攀枝花市鼎泰化工有限公司、攀枝花市燮和工贸

有限公司、攀枝花逸丰化工有限公司、攀枝花市宏捷冶化有限公司等七家。

七家磷化工企业中川投化工集团公司黄磷厂、攀枝花天亿化工有限公司生产的泥磷销售给园区内的乙源化工、鼎泰化工、逸丰化工、燮和工贸、宏捷冶化五家小磷化工企业用作生产原料。

迤资园区规划项目的危险废物主要是煤焦油、废油、废酸液和废水处理污泥、废催化剂等，煤焦油和废油可全部回收综合利用，废催化剂由催化剂厂家回收利用，废酸液和污泥全部送攀枝花危废处置中心合理处置，确保所有危废不外排。

⑥重金属污染源

当地环保局对园区涉及 Pb、Cr、Cd、Hg、As 的企业进行了核查，主要由以下六家企业：攀枝花市东立化工有限公司、攀枝花市荣昌化工有限公司、攀枝花德铭化工有限公司、攀枝花德铭有色冶金有限公司、攀枝花宏镀工贸有限公司、四川省卓越投资有限公司。

通过对攀枝花市钒钛产业园现有企业的调查，结合园区的发展规划，钒钛产业园区重金属污染物主要来自于硫酸、电镀、制钒等生产企业的废水处理污泥，据统计，钒钛产业园区重金属固体废渣产生量约为 4220 吨/年。上述六家企业均采用了相应治理措施。根据《四川攀枝花钒钛产业园区扩区控制性详细规划》规划对六家企业污水处理设施进行整改，电镀含铬废水采用“硫酸亚铁还原+中和+电絮凝+二级中和混凝沉淀”工艺进行处理。含 As 废水采用两级“一级曝气中和+混凝沉淀+二级曝气中和+混凝沉淀”工艺进行处理，含钴、镍废水采用两级“中和+混凝沉淀”工艺。排放标准铬应按《电镀污染物排放标准》GB21900-2008 中表 2 新建企业废水污染物排放限值进行控制，其它指标则为《污水综合排放标准》GB8978-1996 的一级标准。各公司污泥脱水干化则用先进的全自动隔膜板框压滤机，使废渣含水率≤60%。增加自动过程控制设施和可控加药设施。

（2）钒钛产业园区风险分析

根据钒钛产业园区产业结构、废污水产生及处理情况分析，园区可能产生的主要突发性污染事故为园区立马团污水处理厂废水事故排放，园区涉及重金属企业废污水直接排放以及危险物品泄露等。

1) 立马团污水处理厂事故排放风险分析

①对近岸水域污染带的影响

事故排放情况则考虑立马团污水处理厂由于事故停运，使得立马团工业园

区的废水未经处理直接向金沙江排放。事故排放中，考虑废水量没有变化，仍为 1879 万 t/a，只是事故排放水质浓度采用污水处理厂设计进水水质，COD 取 350 mg/L，NH₃-N 25 mg/L，COD 与 NH₃-N 排污负荷分别增加了 3.8 倍和 1.92 倍。计算工况采用较不利的平水年枯水期作为事故排放的水文条件，即来流流量 1685m³/s，水库库水位 973.9m。

由于立马团排污口距下游迳资排污口距离仅为 3800m，在立马团排污口出现事故排放后，下游的迳资排污口会受到一定的影响。

表 9.2-4 事故排放情况下立马团和迳资污染物超标范围统计 单位：m

工况	排口	超标范围	COD	NH ₃ -N
建库前	立马团排污口	长度	1020	660
		宽度	7	4.5
	迳资排污口	长度	80	106
		宽度	1.5	1.2
建库后	立马团排污口	长度	1725	1174
		宽度	16	11
	迳资排污口	长度	154	152
		宽度	5	3

表 9.2-5 给出了建库前后事故排放的数据对比。从表中可以看出建库后由于流速降低，不利于污染物的扩散，建库后的超标污染带长度均比建库前大。

表 9.2-5 建库前、后超标长度数据变化分析表

排口	项目	COD	NH ₃ -N
立马团	超标长度增加值（m）	705	514
	增加百分比（%）	69	78
迳资	超标长度增加值（m）	74	46
	增加百分比（%）	93	43

注：表中各数据以建库前的数据为基准值进行计算。

②对取水口水质的影响

立马团排污口下游有安宁取水口（左岸）与迳资取水口（右岸）两个重要的生活、生产取水口。表 9.2-6 统计了立马团污水处理厂事故排放情况下两个取水口的水质情况。从表中看出，由于金河取水口位于下游左岸，取水口并未受到立马团事故排放的影响，本取水口的水质情况与立马团正常排放的数据无区别。两个指标也均在Ⅲ类水标准允许值以内。

迤资取水口位于立马团排污口下游 4.5km 右岸（同侧），从预测成果来看，本取水口水质将明显受到立马团事故排放的影响，但 COD 和 NH₃-N 浓度仍能达到地表水 III 类水质标准。与正常排放工况相比较，本取水口的各指标浓度都有明显的增长，其中建库后 COD 达到 16.4mg/L，增长 30%，NH₃-N 达到 0.473mg/L，增长 100%。而事故排放情况下迤资取水口建库后较建库前的浓度升高了 17%，说明建库一定程度地增加了事故排放的风险的危害程度。

表 9.2-6 立马团污水处理厂事故排放情况下取水口水质情况

取水口	排污情况	COD		NH ₃ -N	
		有库	无库	有库	无库
金河水厂（规划）	事故排放(mg/L)	11.5	11.3	0.108	0.078
	正常排放(mg/L)	11.5	11.3	0.107	0.078
	增长率	0%	0%	0.94%	0%
迤资水厂（规划）	事故排放(mg/L)	16.4	14.0	0.473	0.280
	正常排放(mg/L)	12.6	11.9	0.237	0.141
	增长率	30%	18%	100%	99%

2) 钒钛产业重金属事故排放分析

①重金属废水来源分析

攀枝花钒钛产业园区被列入省级重金属污染控制区域，当地环保局对园区工业生产涉及重金属的企业进行了核查，工业园区现有工业企业生产废水主要含有重金属 Cr⁶⁺、Cd、Pb 和 As，主要涉及行业包括钒钛加工业中的钒产品生产企业（废水中含有的重金属主要为 Cr⁶⁺，钛产品生产废水主要含亚铁 Fe²⁺以及高浓度酸性废水，不含重金属）；化工企业中硫酸生产废水（废水中含有的重金属主要为 As）；有色冶炼行业中的电镀生产废水（废水中含有的重金属主要为 Cd、Pb 和 As）共三个行业类型。

②事故排放工况

含有重金属的废水主要由生产企业内的污水处理设施进行处理，工业园区综合污水处理厂（马店河污水处理厂）不具备重金属污染物处理能力，因此事故工况设计为立马团园区内产生重金属废水的不同类别企业中的龙头企业污水处理设施出现故障，且继续排放 24h 的工况。

本次事故工况主要选取钒钛加工业中钒产品加工废水排放量最高的“四川省卓越钒钛有限公司钒业分公司”、化工企业硫酸生产企业中废水排放量最高的“攀

枝花德铭化工有限公司”、有色冶炼行业中电镀企业中废水排放量最高的“攀枝花市德铭有色冶金有限公司”三个典型企业。

2010 年，攀枝花环保局协攀枝花工业园区环保局对立马团工业园区内的企业进行了一次污染普查，2014 年根据金沙江乌东德环评的要求，对上述三个典型企业污染物废水排放进行了复核，详见下表。

表 9.2-7 立马团工业园典型企业污染废水情况

企业名称	企业类型	废水中所含重金属	废水设计处理能力	重金属废水浓度（处理前）	2010 年		2014 年	
					产品生产规模	废水运行处理能力	产品生产规模	废水运行处理能力
四川省卓越钒钛有限公司钒业分公司	钒产品生产(V2O5)	Cr ⁶⁺	800t/d	200mg/L	4400t/a	450t/d	2800t/d	300t/d
攀枝花德铭化工有限公司	硫酸生产	As	200t/d	200mg/L	10 万 t/a	150t/d	3 万 t/a	50t/d
攀枝花市德铭有色冶金有限公司	电镀冶炼	As	100t/d	7~9mg/L		65t/d		50t/d
		Pb		60~90mg/L				
		Cd		10~30mg/L				

根据对比 2010 年和 2014 年对上述工业企业含重金属废水产生量的调查，可以看出，由于近几年工业企业效益不景气，从 2010 年开始，企业生产量逐年下滑，2014 年企业废水排放量明显小于 2010 年，因此本次重金属污染物事故排放源强主要选用 2010 年普查数据进行分析。

由此，在上述重金属废水排放企业出现生产事故，生产废水未处理就排放的情况下，立马团向金沙江排放的重金属污染物总量为：Cr⁶⁺ 90kg/d，As 30kg/d，Cd 1.95kg/d，Pb 5.58kg/d。立马团污水量为 1878.64 万 t/a，各重金属浓度见下表。

表 9.2-8 事故情况下立马团排污口重金属的排放浓度

污染物	Cr ⁶⁺	As	Cd	Pb
浓度(mg/L)	1.7486	0.5941	0.0379	0.1084

根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的Ⅲ类水质标准 Cr⁶⁺、As、Cd、Pb 允许浓度值见下表：

表 9.2-9 各污染物Ⅲ类水质标准允许值及排放浓度超过允许值的倍数

污染物	C _r ⁶⁺	As	Cd	Pb
允许值(mg/L)	0.05	0.05	0.005	0.05
超过倍数	34	11	7	1

③来流水质背景浓度

重金属的来流水质背景浓度参考《金沙江乌东德水电站工程环境现状监测方案》2011 年 3 月上旬进行的现场采样监测结果。将三堆子监测断面 3 月上旬实测数据的平均值作为本次立马团重金属事故排放分析计算的水体中重金属背景浓度，其中未检测出的重金属采用该检测方法的检测下限值为背景值，各污染物背景浓度见下表：

表 9.2-10 来流水质背景浓度

污染物	C _r ⁶⁺	As	Cd	Pb
浓度(mg/L)	0.007	0.0012	0.0028	0.016

④计算结果分析

立马团工业园中 3 个典型企业发生重金属事故排放的情况下，在河道所产生的污染带范围统计见表 9.2-11 所示。从结果来看，水域中 C_r⁶⁺的超标范围最大，有库情况下超标污染带长度约 2.0km，无库时为 1.1km；超标最大宽度有库时为 15.5m，无库时为 7.6m。C_r⁶⁺的超标情况较严重，主要原因为四川省卓越钒钛有限公司钒业分公司的废水排放量高（废水运行处理能力达 450t/d），其中含有的重金属 C_r⁶⁺总量大（达 90kg/d），致使入江废水中 C_r⁶⁺超标倍数达到 34 倍，因此污染范围最大。

而“攀枝花德铭化工有限公司”和“攀枝花市德铭有色冶金有限公司”事故排放时导致金沙江 As、Cd 和 Pb 的超标范围有限，超标长度均在 800m 以内，宽度也都在 7m 以内。其中“攀枝花德铭化工有限公司”事故排放导致 As 超标长度建库前为 270m，建库后达到 510m；“攀枝花市德铭有色冶金有限公司”事故排放时导致的 Cd 的超标长度建库前为 380m，建库后增长为 707m，Pb 的超标范围小。

从建库前与建库后结果对比来看，各污染物指标的建库前后的差异较大，建库后各重金属超标范围大致为建库前 2 倍左右，这主要是由于建库后水深加大，流速减缓，不利于含重金属的污水被稀释。

表 9.2-11 立马团工业园重金属事故排放下各污染物超标范围数据统计

工况	污染物	C _r ⁶⁺	As	Cd	Pb
建库前	长度	1076	269	380	27
	最大宽度	7.6	2.0	3.3	1.2
建库后	长度	1959	511	707	52
	最大宽度	15.5	5.0	6.2	2.5

⑤敏感点取水口水质分析

立马团排污口下游有金河取水口（左岸）与迤资取水口（右岸）两个重要的生活、生产取水口。表 9.2-12 统计了立马团工业园 3 个典型企业重金属事故排放情况下两个取水口的水质情况。从表中看出，由于金河取水口位于下游左岸（对岸），取水口并未受到立马团重金属事故排放的影响，有库、无库情况下本取水口的水质情况无区别，各指标浓度和背景浓度基本相同，四个指标均在Ⅲ类水标准允许值以内。迤资取水口位于立马团排污口下游 3.4km 右岸，由于取水口和排污口位于同一侧，取水口处水质虽然明显受到事故排污的影响，但四个指标仍均在Ⅲ类水标准允许值以内。四川省卓越钒钛有限公司钒业分公司事故排放下，有库时该取水口处 Cr⁶⁺浓度为 0.033mg/L，为背景浓度的 4.7 倍，无库时为 3.1 倍；攀枝花德铭化工有限公司事故排放下，有库时取水口砷浓度达到 0.010mg/L，为背景浓度的 8.3 倍，无库时为 5 倍；攀枝花市德铭有色冶金有限公司事故排放下，取水口的 Cd、Pb 的浓度已接近背景值，事故排放对迤资水厂取水水质影响不明显。整体来看，工业园三个典型企业事故排放下建库后迤资水厂的重金属污染的风险增加。

表 9.2-12 立马团工业园重金属事故排放情况下取水口水质情况

取水口	Cr ⁶⁺		As		Cd		Pb	
	有库	无库	有库	无库	有库	无库	有库	无库
金河水厂（规划）	0.007	0.007	0.0012	0.0012	0.0028	0.0028	0.016	0.016
迤资水厂（规划）	0.033	0.022	0.0099	0.0059	0.0033	0.0031	0.017	0.017
背景浓度	0.007		0.0012		0.0028		0.016	
允许值	0.05		0.05		0.005		0.05	

3) 危险物泄露风险

钒钛产业园区对金沙江水体可产生危险的主要危险物有含磷类危险源（黄磷、P₂O₅、泥磷、磷铁等）；酸类危险源（磷酸、硫酸、三氧化硫、二氧化硫等）；

含氯类危险源（氯气、盐酸、 TiCl_4 ）及有毒尾渣污泥等危险固废源。绝大多数的危险物质存放量较小，只有运达钛业的 1 万 t/a 四氯化钛项目中 Cl_2 在生产场所（含生产装置内）和贮存区贮量分别超过 10t、25t，构成重大危险源。

海绵钛和钛白粉工序中使用原料氯、燃料甲苯，生产过程中四氯化钛均为有毒物质。其中，有毒物品氯、四氯化钛因与空气中的水水解生成 HCl，参考相关项目分析，HCl 多超过要求的生产贮存场所临界量，易构成重大危险源。园区废水预测排放量约 32.4 万 m^3/d ，规划建设园区污水处理厂规模为近期 30.5 万 m^3/d ，远期 38.0 万 m^3/d ，园区内四个片区彼此不相邻，各片区外排废水依据其各自的实际情况采取合理的处理措施进行各自处理达标后排入金沙江。

黄磷生产过程中的废水，主要由含磷废水、炉渣废水、电极水封水及磷蒸汽的冷凝、黄磷输送、包装过程中产生的废水等组成。含磷废水是黄磷生产中污染最严重的部分，这部分水量较大、有害物质含量较高，据有关资料，生产 1t 黄磷要产生 40~80 m^3 废水，有害物质主要是元素磷、氟化物、磷酸、氰化物、挥发酸和悬浮物等。黄磷是剧毒物品，其生产废水是禁止外排的。若出现突发性事故，如发生泄漏事故直接排入江中，将对下游江段水质和水生生物（特别是鱼类）造成严重危害。另外，当磷渣池、贫泥磷池垮塌时，或暴雨灌满这两个池时会发生泥磷外泻现象。若泥磷随暴雨外泻，会顺着山势流向变电站、德铭硫酸厂、兴中钛白粉厂，继而流入金沙江，将严重污染水体，对下游江段水质和水生生物（特别是鱼类）造成严重危害。泥磷中的磷进入水体后，会有一部分沉于河底，造成长期的潜在危害；其中的一部分会顺流而下，影响下游水体。

工业园建有多处钒钛加工企业，主要产品是高钛渣和钛白粉等。根据钒钛产业园区扩园规划，废水量较大。虽然园区已建污水处理厂对钛白企业酸性废水进行处理，但若污水处理厂发生事故，大量酸性废水未经处理直接排放入江，将会对乌东德库区水质产生严重影响，进而对水生生态环境不利。

9.2.3.4 航运事故风险分析

随着库区航运条件改善，运输船舶的数量呈增长趋势，运输船舶漏油造成水库局部水域水质污染的风险增大。降低该风险的措施有加强船舶驾驶人员岗前培训；合理组织调度，降低撞船事故发生几率；建立健全运输船舶定期检修制度等。

9.2.4 生物入侵风险分析

乌东德水电站施工以及施工结束后，需对工程临时占地区实施生态恢复，从而引水外来物种进入工程区，产生生物入侵风险。同时，工程鱼类增殖放流、库区养殖也存在引入外来物种进入水体风险。

9.3 环境风险防范措施

9.3.1 油库兼加油站环境风险防范措施

(1) 制定严格的油库安全管理制度，规范油料运输、储存、使用。

(2) 油库设立油库与地方消防部门的直通电话，可及时与消防部门取得联系。库内设消防专线电话，在消防泵值班室设多部专用接警录音电话（油库、站场至少各一部）。油库分区设置首要报警器，可对火灾事故进行及时报警。油库另配防爆无线对讲机多对，供生产及消防指挥等用。在油罐周围修建防火堤，且使用不透水材料进行加固，控制防火堤上的植被。同时设置事故油池，以收集漏油，并交专业部门处置。管道穿防火堤及围墙外均加套保护采用非燃烧材料填实。

(3) 根据《石油库设计规范》（GB50074-2002）要求，油库区的作业人员须穿戴抗静电工作服和具有导电性能的工作鞋。油罐体采取防雷接地措施；地上或管沟敷设的输油管线做防雷防静电接地；库内的付油亭、泵棚或泵房及其他建筑物分布按要求进行防雷设计。做好油库区的火源管理工作，油库区严禁烟火，并定期检查可能导致火灾的火源情况，如电线等；在油品装卸时、汽车加油时均应做好巡查工作，防止抽烟等情况的发生。

(4) 各油库、加油站在消防泵房内设消防泵和固定式低倍数空气泡沫灭火系统，设置1座能满足一次灭火所需水量的半地上式消防水池，并设置的消防水收集池，减少消防含油水对附近水域及土壤的危害，收集后的消防水外运处置。

(5) 油库区应配备一定的溢油控制应急设备和器材，防爆的抽油泵和贮油容器，挖沟用阻隔共计，应急修补的专用工具和器材等，溢油检漏专用仪器和设备等。

9.3.2 爆破器材库环境风险防范措施

本阶段爆破器材库专项设计尚未开展，因此本次环评中对于其环境风险防范

措施提出要求如下：

爆破器材库单库存药量严格按照规范要求。

库房间均布置相应的防护土堤，形成两个建筑物均有防护屏障的格局；库区设大门及围墙，围墙距各库房的距离均大于 15m，库区内设置岗哨；值班室设置在距离库房 250m 以外的适当位置。

炸药库及雷管库外均设室外消防栓，消防水池设在库区外山坡上，其水压和水量均应满足规范要求。

库房内按规范不设任何电气设备；器材库内供电线路采用电缆暗敷，库外供电线路采用架空敷设。

库房采用独立避雷针塔对库房进行防雷保护，确保库房避免遭受直接雷击。库房所有金属部位均进行等电位重复接地，以防库房产生静电。

9.3.3 危险废物处理中心工程风险防范措施

（1）防汛期渗滤液溢出措施

1) 填埋场的标高高于金沙江百年一遇的水位 240m；

2) 截洪沟设计按 50 年一遇山区防洪标准进行设计，符合《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001），要求雨水收集排放系统设计时采用的暴雨强度重现期不得低于 50 年的要求。

环库永久性截洪沟填埋场场道路周边布置，该排水明渠将库区及场外地表水引向地表水排放口排出库区外。

3) 填埋场的防渗层的设计符合《危险废物填埋污染控制标准》要求，并设渗沥液检漏层，减少渗漏风险。

4) 根据 50 年一遇的降水量，2 日最大降水量计算最大渗滤液产生量，设置 1200m³的渗滤液调节池。可保证容纳最大的渗滤液产生量，避免渗沥液外溢。

5) 为改善调节池周边环境和防雨，考虑对调节池加盖。膜盖采用 2.0mmHDPE 膜作为覆盖材料，膜四周沿池顶处设置锚固沟，膜上设置导气口。

（2）防止事故液态污染物向环境转移防范措施

在废液储存区旁边设一容积为 30m³的事故池。一旦液体废物泄露量较大时，可将废物引入事故池，同时用便携式潜污泵将其泵至盛装危险废物的容器中或废水处理车间。储罐区采用防护围堤分隔，一旦出现泄露事故，由于防护围堤的作

用，泄露的液体集中在防护围堤内，可将围堤内的液体用泵抽入空罐中，防止外泄污染地表水。储罐区面积 60m²，围堤高度大于 1m，有效容积大于 60m³，而单罐容积为 25m³，可见，储物罐区围堤区有效容积远远大于单个罐体积，因此，此类风险事故情况下，只要厂房及时反应，将泄漏的化学品转移到相应的备用储物罐中，不至于外溢，加上危险废物处理中心距离金沙江最近 720m，有一定距离，所以，一般不会对金沙江水体造成影响。

9.3.4 钒钛产业园区风险防范措施

攀枝花市钒钛产业园区在规划建设过程中，应严格按照准入条件，合理布局入区企业位置和规模。根据入区企业及其相邻的工厂或设施的特点，结合地形等条件，合理布置。危险化学品仓库、生产车间尽量远离金沙江沿岸布设。区域排洪沟不宜通过厂区。合理布局危险品仓库、加油站、配气站、输气管道、高压输变电站设施，并设立防护隔离带。

建立重点风险源动态管理信息库，按生产设施涉及的危险物质危险性级别及生产设施规模，将潜在环境风险危害大的生产设施列为重点监控管理对象。规划远期根据各园区入区企业规模及企业生产情况，定期更新重点监控对象，在这些重点监控对象的储存区 and 生产区安装摄像头，进行24小时不间断监视；同时作业人员应随时用便携式泄漏感应器对园区内危险性物质进行检查。

建立园区内外环境风险救援力量管理库，以及园区内各企业救援力量（包括各企业应急救援物资和设备名称、数量、型号大小、存放地点、负责人及调动方式）信息库以便发生环境风险事故时查询。

9.3.5 污水处理厂事故预防及应急措施

攀枝花市钒钛产业园区以及危险废物处理中心均设有污水处理厂，为避免污水处理厂出现事故排放，建议采取以下措施：

（1）事故预防措施

- 1) 操作人员应严格按照操作规程进行操作，防止因检查不周或失误造成事故。
- 2) 及时合理地调节运行工况，严禁超负荷运行。
- 3) 加强设备管理，认真做好设备，管道，阀门的检查工作，对存在的安全

隐患的设备、管道、阀门及时进行修理或更换。

(2) 事故应急措施及注意事项

紧急事故的处理流程：

1) 发现后当班人员立即向领导小组组长汇报，并在事故处理过程中随时保持与领导小组的联系。

2) 领导小组接到报告后，应及时向直管公用事业局和当地环保部门汇报，并在事故处理过程中随时保持与直管公用事业局和当地环保部门的联系。

3) 当班人员排查造成事故的原因：

①发现进水超出设计标准

a、水量超过设计标准：立即向领导汇报，减少进水量。

b、水质超过设计标准：立即对进水水质，工艺运行参数，出水水质数据进行分析，根据化验数据对相关工艺流程进行及时调整。

②突发暴雨

a、根据天气预报，预先对各设备进行检查，确保完好，组织力量对厂区雨水管线进行疏通，确保畅通。

b、各岗位将各个设备间门窗关紧，防止雨水流入，影响设备运行。

c、随时观察处理水池的水位并向领导汇报。

d、外出巡视，必须两人一组，注意防滑。

③水量超过生化系统设计处理能力

及时与领导联系，并取水样化验 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。马上向上级领导请示，并指示处理。

④突然停电

a、将现场设备退出运行状态。

b、如长时间停电超过 6 小时，则通知上级主管部门及时送电。

c、来电后，按操作规程及时开启设备，恢复运行。

9.3.6 物入侵防范措施

(1) 加强渔政管理，严禁在本江段放养非土著鱼类或在水库内养殖罗非鱼、斑点叉尾鮰、云斑鮰、银鱼等可能造成生物入侵的其他物种。生态恢复过程中，应采用该区域乡土植物，禁止引入列入入侵植物名录的物种。

(2) 加强生态学知识的普及和宣传,利用各种渠道对库周公众进行宣传教育,让人们了解外来种的危害和特性等,树立人人有责的责任意识和有法必依的法律意识。

(3) 对现有的外来种,利用工程施工的机会,对有种子的植物要现场烧毁,以防种子扩散,在临时占地的地方要及时绿化等。水库遭遇生物入侵后,应及时启动环境风险应急预案,通过物理、化学和生物防治法,对外来物种进行控制和防治。

9.4 风险事故应急预案

在采取风险防范措施前提下,针对突发环境风险(本工程主要是污染风险),为有效减轻风险事故发生后的危害和环境损失,工程建设单位应联合地方政府部门、科研机构、工程施工单位等风险事故应急指挥部,统一协调组织风险应急预案的实施工作。风险事故应急指挥部的主要职责为:制定环境风险事故应急预案,组织协调风险应急预案实施,对外信息发布与通报,启动应急监测,启动应急程序、应急预案演练等。油库和爆破器材库、攀枝花市危险废物处理中心工程、攀枝花市钒钛产业园区的应急预案具体如下:

9.4.1 油库和爆破器材库应急预案

为乌东德水电站建设而设立的油库和爆破器材库建在四川会东县和云南禄劝县接壤处,根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》、《四川省突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明,乌东德水电站的油库和爆破器材库事故应急应纳入两省突发公共事件应急预案体系中,据此确定应急预案。

(1) 应急计划区

应急计划区包括:①油库区;②爆破器材库区;③环境保护目标区,主要是周边居民点和水域;④地质灾害影响区。

应急事件主要包括火灾、爆炸、油库溢油以及泥石流、滑坡事故等。

(2) 应急组织机构、人员

1) 应急领导机构

应急总领导机构为两省人民政府突发公共事件应急委员会,作为协调指挥机

构，统一领导突发公共事件的应急处置工作。

应急领导机构由涉及各县区的分管环保的区（县）长、环保局及其他相关各协作部门负责人组成。现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。

2) 现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，火灾、爆炸式一般由消防队长担任现场指挥负责指挥应急反应行动的全过程；溢油事故应急行动由安全科科长负责指挥。

3) 应急救援人员

应急救援人员包括：①危险源控制组；②伤员抢救组；③医疗救护小组；④消防组；⑤安全疏散组；⑥安全警戒组；⑦物资供应组；⑧环境监测组；⑨专家咨询组；⑩综合协调组；⑪善后处理组。

4) 报警、通讯联络方式

① 报警方式：在施工封闭管理区内设置专线报警电话，设置施工区火灾报警器；当地火警电话（119）。

② 应急通讯：应急领导机构与现场指挥通过对讲机、电话进行联系。

5) 应急防护措施

危险源控制组和消防组对事故现场进行调查取证，对事故类型、发生时间、污染源、主要污染物、影响范围和成都等进行调查分析，形成初步意见，反馈现场指挥和应急领导机构。

安全警戒组在事故区域设置警戒标识，禁止无关人员进入。各小组协作，由专业人员负责，及时控制危险源，切断其传播途径，控制防火、防爆区域，对污染源及时进行处置，防止污染扩散，物资供应组及时提供所需各项物资和设备。

6) 人员疏散、撤离组织计划

受灾区域内被围困人员由安全疏散组负责搜救；警戒区域内无关人员由建设单位配合安全疏散组实施紧急疏散。

9.4.2 攀枝花市危险废物处理中心工程应急预案

危险废物事故处理处置必然伴随潜在的危险，有毒化学品事故一旦发生，必须按事先拟定的应急预案进行紧急处理。突发事故应急预案应包括以下几方面及相应程序：

(1) 总则

危险源概况：详述危险类型、数量及其分布；

应急计划区：废气危险化学品储存库、危险废物填埋场。

(2) 应急组织

厂址区：厂址指挥部负责现场全面指挥，企业救援队伍负责事故控制、救援、善后处理；

地区：地区指挥部负责厂址附近地区的全面指挥、救援、管制、疏散、专业救援队伍负责对厂址企业救援队伍的支持。

应急状态分类及应急响应程序：规定事故的级别及相应的应急分类响应程序。

应急设施、设备与材料：防止有毒有害物质外溢扩散的应急设施、设备和材料。

应急通讯、通知和交通：规定应急状态下的通讯方式、通知方式和交通保障、管制。

应急环境监测及事故后评估：由专业队伍负责对事故现场进行监测，对事故性质、参数和后果进行评估，为指挥部门提供决策依据。

应急防护措施、清除泄露措施方法和器材：在事故现场及附近区采取措施，控制事故、防止扩大、蔓延及连锁反应，清除现场泄漏物的措施及相应设备设施。

应急计量控制、撤离组织计划、医疗救护与公众健康：规定事故现场处理人员和邻近地区公众对毒物的应急计量，制定现场邻近地区人员撤离组织计划即救护措施。

应急状态终止与恢复措施：规定应急状态终止程序，事故现场善后处理与恢复措施；规定邻近地区解除事故警戒即善后恢复措施。

(3) 人员培训与演练

应急计划制定后，平时安排人员培训与演练。

(4) 记录和报告

设置应急事故专门记录，建档案和专门报告制度，设专门部门负责管理。

(5) 附件

①组织结构名单；②值班联系电话；③组织应急救援有关人员联系电话；④危险化学品生产单位应急咨询服务电话；⑤外部救援单位联系电话；⑥政府有关

部门联系电话；⑦本单位平面布置图；⑧消防设置配置图；⑨周边区域道路交通示意图和疏散线路、交通管制示意图；⑩周边区域的单位、社区、重要基础设施分布图及有关联系方式，供水、供电单位的联系方式；⑪保障制度。

9.4.3 攀枝花市钒钛产业园区应急预案

攀枝花市钒钛产业园区各单位在采取风险防范措施前提下，针对突发环境风险（主要指园区作业产生的酸性或碱性废水未经处理出现泄露或泥磷随暴雨外泻），为有效减轻风险事故发生后的危害和环境损失，各企业单位应联合地方政府部门、科研机构等风险事故应急指挥部，统一协调组织风险应急预案的实施工作。风险事故应急指挥部的主要职责为：制定环境风险事故应急预案，组织协调风险应急预案实施，对外信息发布与通报，启动应急监测，终止应急程序、应急预案演练等。风险应急预案内容主要包括：

- （1）根据风险事故现场报告，及时组织现场调查，确定风险应急响应级别；
- （2）向相关部门报告风险事故发生情况与进展；
- （3）通知有关专家组成专家组，分析情况。根据专家的建议，通知相关应急救援力量随时待命，为地方或相关专业应急指挥机构提供技术支持；
- （4）派出相关应急救援力量和专家赶赴现场参加、指导现场应急救援，必要时调集事发地周边地区专业应急力量实施增援。

（5）开展应急监测

根据污染发展情况，成立现场监测机构，组织协调环境应急监测，为应急决策提供依据。

（6）信息对外发布

将风险事故发生情况与救护情况对外统一、及时发布。

（7）安全防护

对应急人员采取安全防护措施，对受灾或受害人员进行安全隔离与疏散。

10 公众参与

10.1 公众参与目的

公众参与是项目建设方或者环评方同公众之间的一种双向交流，建立公众参与环境监督管理的正常机制，可使项目影响区的公众能及时了解关于环境问题的信息，有机会通过正常渠道表达自己的意见，对建设方案的决策与顺利实施是非常必要的。让公众帮助辨析项目可能引起的重大尤其是许多潜在环境问题，了解公众关注的保护目标或公众最关心的问题，以便采取相应措施，使敏感的保护目标得到有效的保护。环评过程中实施公众参与可提高环评的有效性，并在公众参与的活动中提高公众的环境意识，进一步促进环境影响评价制度的完善，保护生态环境，提高环境质量，从而有利于最大限度发挥项目的综合和长远效益。

10.2 公众参与对象及方式

10.2.1 公众参与对象

为提高公众参与的有效性，环评机构在乌东德水电站环境影响评价过程中广泛听取受影响区域及其他区域群众和专家的意见和建议。在现场调查过程中，环评工作人员收集到受乌东德水电站建设影响的 7 县 3 区移民群众、普通群众、政府部门工作人员，以及地方政府单位意见。

乌东德水电站库尾涉及四川省攀枝花市盐边县、东区、仁和区以及钒钛产业园区，水电站的建设对攀枝花市水环境和社会经济的发展产生一定影响，为更好地保护攀枝花的城市环境，环评工作人员多次与攀枝花市环保局、东区政府、仁和区环保局、盐边县环保局及钒钛产业园区环保局的人员进行座谈，详细征求地方政府和群众意见。

10.2.2 公众参与方式

环评单位根据《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发 2006【28 号】）的有关要求，本工程公众参与意见调查主要采取了以下几种方式进行。

（1）新闻媒体调查

为最大范围地向公众介绍金沙江乌东德水电站工程建设对建设区域环境产生的影响，获取公众的意见和建议，2012 年 4 月，环境影响评价单位长江水资

源保护科学研究所进行了乌东德水电站环境影响评价公众参与第一次信息公示，将乌东德水电站环境影响评价公告通过昆明日报、攀枝花日报、楚雄日报、凉山日报以及库区涉及的县市的公共网站进行了公示。在乌东德水电站环境影响报告书初稿完成后，2013 年 12 月，评价单位分别在昆明日报、楚雄日报、凉山日报、攀枝花日报等报刊上进行了乌东德水电站环境影响评价公众参与第二次信息公示，并分别在云南省环保厅网站、四川省凉山州环境保护局网站、攀枝花市公众信息网站对环境影响报告书简本进行了公示。



禄劝县网络公示



武定县网络公示



云南省政府信息公开门户网站

xxgk.yn.gov.cn

2012
年
 首页
 信息公开条例和规定
 信息公开指南和目录
 依申请公开
 公众监督评议
 帮助

您的位置: 您的位置: 元谋县移民开发局 >> 公众监督

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价公众参与信息公示

索引号: 532328-007040-20120411-0001 生成日期: 2012-4-11 17:35:43

关键字:

 金沙江乌东德水电站工程环境影响评价公众参与信息公示.doc

出处: 云南省政府信息公开门户网站楚雄州元谋县政府信息公开门户网站元谋县移民开发局 发布人: 5323281

 相关信息 (注: 相关信息是按本文主题词在全站进行关联搜索)

元谋县网络公示

云南省政府信息公开门户网站 >> 楚雄州 >> 永仁县
 + 加入收藏
+ 设



永仁县信息公开网站

首页
 公开指南
 公开内容
 公示公告
 通知公告
 工作动态
 公众监督
 督查通报
 帮助

您的位置: 您的位置: 首页 >> 公示公告

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价金沙江乌东德水电站工程环境影响评价

更新日期: 2012-4-16 18:30:57

索引号: 532327-005301-20120418-0001

发布机构: 永仁县移民局

发文日期: 2012-04-16

名称: 金沙江乌东德水电站工程环境影响评价金沙江乌东德水电站工程环境影响评价

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价 公众参与信息公示

为充分了解社会各界对金沙江乌东德水电站工程建设的意见和建议, 做好本工程环境影响报告书的编制工作, 根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发〔2006〕28号)有关要求, 现对金沙江乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告, 向公众公开本工程环境评价的有关信息, 并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

永仁县网络公示



金沙江乌东德水电站工程环境影响评价公众参与信息公示

会东县人民政府门户网站 日期: 2012-4-17 来源: 县移民局

为充分了解社会各界对金沙江乌东德水电站工程建设的意见和建议,做好本工程环境影响评价报告书的编制工作,根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28号)有关要求,现对金沙江乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告,向公众公开本工程环境评价的有关信息,并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

一、建设项目名称及概况

- 1、项目名称:金沙江乌东德水电站工程
- 2、建设性质:新建工程
- 3、建设地点:乌东德水电站工程所处金沙江河段右岸隶属云南省昆明市禄劝县,左岸隶属

会东县网络公示



金沙江乌东德水电站工程环境影响评价公众参与信息公示

2012年04月27日

来源: 移民局

[字号: 大 中 小]

为充分了解社会各界对金沙江乌东德水电站工程建设的意见和建议,做好本工程环境影响评价报告书的编制工作,根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28号)有关要求,现对金沙江乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告,向公众公开本工程环境评价的有关信息,并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

一、建设项目名称及概况

- 1、项目名称:金沙江乌东德水电站工程
- 2、建设性质:新建工程
- 3、建设地点:乌东德水电站工程所处金沙江河段右岸隶属云南省昆明市禄劝县,左岸隶属四川省凉山州会东县。

4、工程概况

乌东德水电站位于云南省禄劝县和四川省会东县交界的金沙江干流上,是金沙江下游河段规划建设的四个水电梯级的最上游梯级,工程开发将得以

会理县网络公示


攀枝花市公众信息网
www.panzhihua.gov.cn

[首页](#)
[走进攀枝花](#)
[政务公开](#)
[网上办事](#)
[互动参与](#)
[公共服务](#)
[投资服务](#)
[旅游服务](#)
[政网导航](#)

 攀枝花  29℃~12℃ 七天预报

请输入关键字

金沙江乌东德水电站环境影响评价第二次信息公示

www.panzhihua.gov.cn
 发布时间: 2013-12-06 15:45:35
 来源: 中国长江三峡集团公司
 选择阅读字体: [大] [中] [小]

受中国长江三峡集团公司的委托,长江水资源保护研究所对金沙江乌东德水电站开展了环境影响评价工作。目前环境影响报告书初稿已基本编制完成,根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28号)和《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》(环发[2012]90号)的要求,现将金沙江乌东德水电站环境影响报告书简本予以公示,征求社会公众对本工程建设在环境影响方面的意见和建议。

一、项目概况

乌东德水电站位于云南省禄劝县与四川省会东县界河的会沙江干流上,工程开发任务以发电为主,兼顾防洪,并促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富。电站建成后发展库区航运,具有改善下游河段通航条件和拦沙等作用。乌东德水电站正常蓄水位875m,总库容74.08亿m³,具有季调节性能。大坝为混凝土重力坝,最大坝高270m。电站装机容量10200MW,多年平均发电量385.5亿kW·h。电站建设总工期122个月。工程建设征地涉及云南、四川两省4市(州)10个县(区)38乡(镇),建设征地总面积135.85km²,建设征地涉及总人口25187人,规划水平年生产安置人口31667人,规划搬迁安置人口33182人。

二、主要环境影响

工程建成后,可提供大量清洁电能,一定程度上可防止非再生能源的消耗及其带来的环境污染。电站建设可产生发电、防洪、拦沙、

攀枝花市公众信息网二次公示


云南省环境保护厅信息公开

[主页](#)
[信息公开](#)
[首页](#)
[信息公开指南](#)
[信息公开工作制度](#)
[信息公开目录](#)
[依申请公开](#)
[年度工作报告](#)

金沙江乌东德水电站环境影响评价公众参与第二次信息公示

公开事项名称:	金沙江乌东德水电站环境影响评价公众参与第二次信息公示		
索引号:	20131206110900	文章来源:	长江水资源保护科学研究所
生成日期:	2013-12-5 11:05:00	公开日期:	2013-12-5 11:05:00

金沙江乌东德水电站环境影响评价公众参与第二次信息公示

受中国长江三峡集团公司的委托,长江水资源保护研究所对金沙江乌东德水电站开展了环境影响评价工作。目前环境影响报告书初稿已基本编制完成,根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28号)和《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》(环发[2012]90号)的要求,现将金沙江乌东德水电站环境影响报告书简本予以公示,征求社会公众对本工程建设在环境影响方面的意见和建议。

一、项目概况

乌东德水电站位于云南省禄劝县与四川省会东县界河的金沙江干流上,工程开发任务以发电为主,兼顾防洪,并促进地方经济社会发展和移民群众脱贫致富。电站建成后发展库区航运,具有改善下游河段通航条件和拦沙等作用。乌东德水电站正常蓄水位875m,总库容74.08亿m³,具有季调节性能。大坝为混凝土重力坝,最大坝高270m。电站建设总工期122个月。工程建设征地涉及云南、四川两省4市(州)10个县(区)38乡(镇),建设征地总面积135.85km²,建设征地涉及总人口25187人,规划水平年生产安置人口31667人,规划搬迁安置人口33182人。

云南省环保厅网络二次公示

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价公众参与信息公示

乌东德水电站位于云南省禄劝县和四川省会东县交界的金沙江干流上,是金沙江下游河段规划建设四个水电梯级的最上游梯级。工程开发任务以发电为主,兼顾防洪、航运、拦沙等作用。乌东德水电站正常蓄水位 975m,总库容 74.08 亿 m³,总装机 10200MW,年发电量约 392.6 亿 kW·h。工程淹没及影响人口 2.2 万人,静态总投资 525.23 亿元。

为充分了解社会各界对乌东德水电站工程建设的意见和建议,做好乌东德水电站工程环境影响评价报告书的编制工作,根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发 2006[28 号])有关要求,现对乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告,向公众公开本工程环境影响评价的有关信息,并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

昆明日报

公众可以通过电话、E-mail 以及信件和传真等方式向建设单位或环境影响评价承担单位提出环境保护方面的意见和建议。具体联系方式如下:

建设单位:中国长江三峡集团公司
地址:北京市海淀区玉渊潭南路 1 号
邮编:100038 联系人:陈敏
联系电话:010-57081683
传真:010-57081694

E-mail:chen-min@ctgpc.com.cn

环境影响评价单位:长江水资源保护科学研究所

地址:武汉市汉阳郭茨口金龙路特 2 号
邮编:430051 联系人:阮娅
联系电话:027-84860237
传真:027-84872714
E-mail:ruanya69@163.com

昆明日报公示

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价 公众参与信息公示 楚雄日报

乌东德水电站位于云南省禄劝县和四川省会东县交界的金沙江干流上,是金沙江下游河段规划建设四个水电梯级的最上游梯级。工程开发任务以发电为主,兼顾防洪、航运、拦沙等作用。乌东德水电站正常蓄水位 975m,总库容 74.08 亿 m³,总装机 10200MW,年发电量约 392.6 亿 kW·h。工程淹没及影响人口 2.2 万人,静态总投资 525.23 亿元。

为充分了解社会各界对乌东德水电站工程建设的意见和建议,做好乌东德水电站工程环境影响评价报告书的编制工作,根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发 2006[28 号])有关要求,现对乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告,向公众公开本工程环境影响评价的有关信息,并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

公众可以通过电话、E-mail 以及信件和传真等方式向建设单位或环境影响评价承担单位提出环境保护方面的意见和建议。具体联系方式如下:

建设单位:中国长江三峡集团公司
地址:北京市海淀区玉渊潭南路 1 号
邮编:100038
联系人:陈敏
联系电话:010-57081683 传真:010-57081694
E-mail:chen-min@ctgpc.com.cn
环境影响评价单位:长江水资源保护科学研究所
地址:武汉市汉阳郭茨口金龙路特 2 号
邮编:430051
联系人:阮娅
联系电话:027-84860237 传真:027-84872714
E-mail:ruanya69@163.com

长江水资源保护科学研究所
2012 年 4 月 20 日

楚雄日报公示

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价 公众参与信息公示

凉山日报

乌东德水电站位于云南省禄劝县和四川省会东县交界的金沙江干流上，是金沙江下游河段规划建设四个水电梯级的最上游梯级。工程开发任务以发电为主，兼顾防洪、航运、拦沙等作用。乌东德水电站正常蓄水位 975m，总库容 74.08 亿 m³，总装机 10200MW，年发电量约 392.6 亿 kW·h。工程淹没及影响人口 2.2 万人，静态总投资 525.23 亿元。

为充分了解社会各界对乌东德水电站工程建设的意见和建议，做好乌东德水电站工程环境影响评价报告的编制工作，根据《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发〔2006〕28 号）有关要求，现对乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告，向公众公开本工程环境影响评价的有关信息，并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

公众可以通过电话、E-mail 以及信件和传真等方式向建设单位或环境影响评价承担单位提出环境保护方面的意见和建议。具体联系方式如下：

建设单位：中国长江三峡集团公司
地址：北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 邮编：100038
联系人：陈敏 联系电话：010-57081683
传真：010-57081694
E-mail：chen-min@ctgpc.com.cn

环境影响评价单位：长江水资源保护科学研究所
地址：武汉市汉阳郭茨口金龙路特 2 号 邮编：430051
联系人：阮妮 联系电话：027-84860237
传真：027-84872714 E-mail：ruanya69@163.com

凉山日报公示

金沙江乌东德水电站工程环境影响评价 公众参与信息公示

攀枝花日报

乌东德水电站位于云南省禄劝县和四川省会东县交界的金沙江干流上，是金沙江下游河段规划建设四个水电梯级的最上游梯级。工程开发任务以发电为主，兼顾防洪、航运、拦沙等作用。乌东德水电站正常蓄水位 975m，总库容 74.08 亿 m³，总装机 10200MW，年发电量约 392.6 亿 kW·h。工程淹没及影响人口 2.2 万人，静态总投资 525.23 亿元。

为充分了解社会各界对乌东德水电站工程建设的意见和建议，做好乌东德水电站工程环境影响评价报告的编制工作，根据《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发〔2006〕28 号）有关要求，现对乌东德水电站工程环境影响评价工作进行信息公告，向公众公开本工程环境影响评价的有关信息，并征求公众对工程建设在环境影响方面的意见和建议。

公众可以通过电话、E-mail 以及信件和传真等方式向建设单位或环境影响评价承担单位提出环境保护方面的意见和建议。具体联系方式如下：

建设单位：中国长江三峡集团公司
地址：北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 邮编：100038
联系人：陈敏 联系电话：010-57081683 传真：010-57081694
E-mail：chen-min@ctgpc.com.cn

环境影响评价单位：长江水资源保护科学研究所
地址：武汉市汉阳郭茨口金龙路特 2 号 邮编：430051
联系人：阮妮 联系电话：027-84860237 传真：027-84872714
E-mail：ruanya69@163.com

长江水资源保护科学研究所

攀枝花日报

金沙江乌东德水电站环境影响评价公众参与第二次信息公示

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》要求,为了进一步做好公众参与工作,现将乌东德水电站环境影响评价报告书简本予以公示,征求社会公众对本工程环境保护方面的意见和建议。

一、项目概况:乌东德水电站位于云南省禄劝县与四川省会东县界河的金沙江干流上,工程开发任务以发电为主,兼顾防洪、航运、拦沙等作用。正常蓄水位975m,总库容74.08亿m³,电站装机容量10200MW,多年平均发电量389.3亿kW·h,工程建设征地138.65km²,涉及云南、四川两省4市(州)10个县(区)38乡(镇),涉及总人口25187人。

二、征求公众意见主要事项

1、简本查阅方式:公众可进入云南省环境保护厅网站(<http://www.7c.gov.cn>)、凉山州环境保护局网站(<http://www.lshj.gov.cn>)、攀枝花公众信息网(<http://www.panzhihua.gov.cn>)查阅环境影响评价报告书简本。

2、公示时间和反馈方式:公示时间为公告发布之日起十个工作日内。社会各界可在公示时间内以电话、传真、信函、电子邮件等方式向建设单位或评价单位提出对工程建设环境保护方面的意见和建议。

3、联系方式

建设单位:中国长江三峡集团公司
地址:四川省成都市高新区府城大道东段288号
邮编:610041 联系人:杨少荣 电话:028-62933651
传真:028-62932222 E-mail:fisherysr@163.com
环评单位:长江水资源保护科学研究所
地址:武汉市汉阳区琴台大道515号 邮编:430051
联系人:阮姪 电话:027-84860237
传真:027-84872714 E-mail:ruanya69@163.com

长江水资源保护科学研究所

2013年12月9日

颈、腰椎间盘突出就到筋骨堂

百年秘方,不打针、不吃药、不手术、不贴膏药解除骨病顽症。

颈、腰椎间盘突出等退行性病变,易引起头痛、头晕、呕吐失眠、颈肩腰腿痛、四肢麻木、行走困难等并发症。筋骨堂特色针对颈、腰椎间盘突出有骨疗特技,其效果显著,堪称一绝,获得国家非物质文化遗产保护和国家级专利。商务部特

筋骨堂始于1899年,是清朝骨



许加盟,全球连锁。筋骨堂现入驻凉山,寻找久治不愈颈椎病、腰椎间盘突出患者的体验效果。对于风湿、骨性关节炎、颈、腰部劳损、落枕肩周炎、骨质增生等引起的疼痛人群。短期内,酸麻痛症状逐渐消失,病情越重效果越好。在家也可以治疗。百年骨疗,奇方异彩。髌、壶髌等,是中医最有效的外治法之一。

凉山州日报二次公示

一、封闭路段:金沙江路1#桥、3#桥。
三、绕行路段:所有过往金沙江路1#桥、3#桥的车辆经园区三环路、金铁路绕行通过。

攀枝花钒钛产业园区建设交通局
2013年12月5日

金沙江乌东德水电站环境影响评价公众参与第二次信息公示

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》要求,为了进一步做好公众参与工作,现将乌东德水电站环境影响评价报告书简本予以公示,征求社会公众对本工程环境保护方面的意见和建议。

一、项目概况:乌东德水电站位于云南省禄劝县与四川省会东县界河的金沙江干流上,工程开发任务以发电为主,兼顾防洪、航运、拦沙等作用。正常蓄水位975m,总库容74.08亿m³,电站装机容量10200MW,多年平均发电量389.3亿kW·h,工程建设征地138.65km²,涉及云南、四川两省4市(州)10个县(区)38乡(镇),涉及总人口25187人。

二、征求公众意见主要事项

1、简本查阅方式:公众可进入云南省环境保护厅网站(<http://www.7c.gov.cn>)、凉山州环境保护局网站(<http://www.lshj.gov.cn>)、攀枝花公众信息网(<http://www.panzhihua.gov.cn>)查阅环境影响评价报告书简本。

2、公示时间和反馈方式:公示时间为公告发布之日起十个工作日内。社会各界可在公示时间内以电话、传真、信

函、电子邮件等方式向建设单位或评价单位提出对工程建设环境保护方面的意见和建议。

3、联系方式

建设单位:中国长江三峡集团公司
地址:四川省成都市高新区府城大道东段288号
邮编:610041 联系人:杨少荣 电话:028-62933651
传真:028-62932222 E-mail:fisherysr@163.com
环评单位:长江水资源保护科学研究所
地址:武汉市汉阳区琴台大道515号
邮编:430051 联系人:阮姪 电话:027-84860237
传真:027-84872714 E-mail:ruanya69@163.com

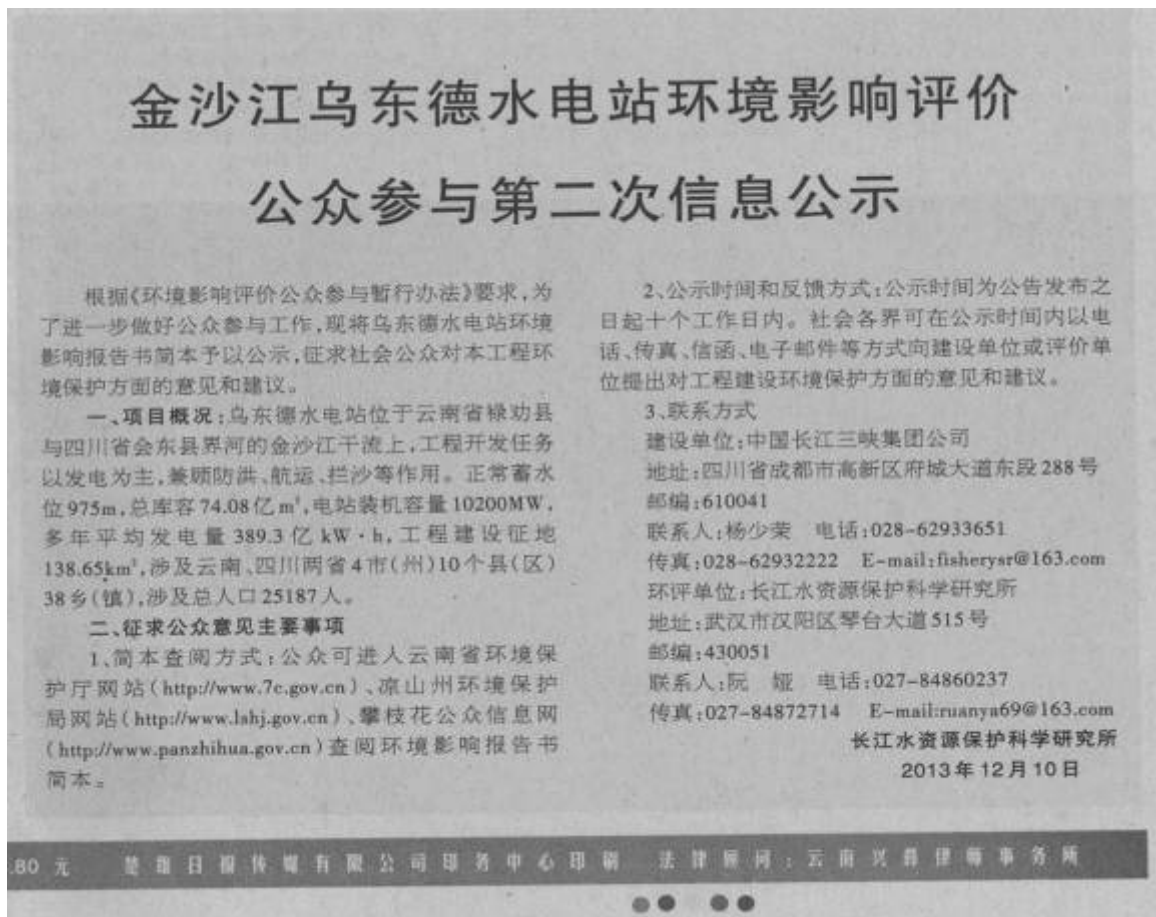
长江水资源保护科学研究所

2013年12月7日

攀枝花日报二次公示



昆明日报二次公示



楚雄日报二次公示

图 10.2-1 乌东德水电站公众参与公示图

(2) 座谈会

为充分了解地方群众对乌东德水电站建设的意见,环评工作人员分别于2012年和2014年两次通过召开座谈会的形式听取各单位和公众意见。公众参与座谈会情况具体见下表。

表 10.2-1 各县市公众参与座谈会情况统计表

县(市、区、村)	时间	地点	参会单位
2012 年			
云南省禄劝县	4 月 9 日	县人民政府会议室	禄劝县人民政府办公室、发改局、国土局、移民局、林业局、交通局、民政局、住建局、气象局、水务局、农业局、旅游局、统计局、卫生局。
云南省武定县	4 月 10 日	县移民局会议室	武定县环保局、发改委、国土局、移民局、林业局、交通局、水务局、气象局、住建局、卫生局、统计局、民政局、农业局、文体局。
云南省元谋县	4 月 11 日	县移民局会议室	元谋县县府办公室、环保局、移民局、移民规划安置集镇规划组、发改局、国土局、水务局、交通局、卫生局、民政局、农业局、统计局、文体局、林业局、住建局。
四川省永仁县	4 月 13 日	县人民政府会议室	永仁县人民政府办公室、环保局、发改局、国土局、移民局、林业局、文体局、交通局、水务局、住建局、气象局、民政局、统计局、农业局、卫生局。
四川省会理县	4 月 16 日	县移民局会议室	会理县环保局、发改局、国土局、交通局、水务局、农业局、规建局、林业局、民政局、统计局、气象局、文体局、卫生局。
四川省会东县	4 月 17 日	县人民政府会议室	会东县人民政府办公室、环保局、发改局、移民局、国土局、水务局、林业局、交通局、住建局、统计局、文体局、气象局、卫生局、民政局、农业局
四川省攀枝花市	6 月 12 日	攀枝花宾馆会议室	攀枝花市政府、盐边县政府、东区政府以及仁和区政府、环保局、发改委、气象局、林业局、民政局、国土局、住建局、统计局、卫生局、城管局、旅游局、水务局、钒钛产业园区、移民局、交通局、广电局、农牧局、攀枝花市日报社
2014 年			
云南省禄劝县皎西村	1 月 8 日	皎西村村委会	县移民局、皎平渡镇政府以及皎平村干部代表
云南省禄劝县汤郎乡	1 月 9 日	汤郎乡政府会议室	县移民局、汤郎乡政府、细柞村、汤郎村干部代表
云南省禄劝县乌东德镇	1 月 10 日	乌东德镇政府会议室	县移民局、乌东德镇政府、阿巧村、新村、鲁基村、太平村干部代表

县（市、区、村）	时间	地点	参会单位
云南省武定县	1月3日	县粮食局会议室	县人民政府、发改局、宣传部、维稳办、移民局、环保局、国土局、公安局、交通局、统计局、农业局、林业局、水利局、民政局、民宗局、教育局、文广局、卫生局、住建局共19个县级政府部门及东坡乡、万德乡、己衣乡、狮山镇、白马口小学代表。
云南省元谋县	1月6日	县人民政府会议室	19个县级政府部门及江边乡、物茂乡、黄瓜园镇、元马镇、老城乡、姜驿乡各乡镇及村组代表。
四川省永仁县	1月8日	县人民政府会议室	永仁县人民政府、发改局、维稳办、国土局、林业局及永定镇代表
四川省会理县	1月6日	会理县瀛洲园宾馆会议室	19个县级政府部门及芭蕉乡、竹箐乡、通安镇、新发乡、江普乡、新安傣族乡、普隆乡、江竹乡、绿水乡、金雨乡、鱼鲊乡、富乐乡、云甸乡以及鲲鹏铜业公司、穆通矿业公司、通安工业园区、黎溪工业园区、益门工业园区的代表
四川省会东县	1月6日	县政府会议室	19个县级政府部门及乌东德镇、可河乡、龙树乡、姜州乡、嘎吉乡、铁柳乡的代表。
四川省攀枝花市东区	1月15日	区移民局会议室	移民局及20多个区直部门、6个乡镇及街道办事处代表
仁和区	1月16日	区移民局会议室	20多个区直属部门、2个乡镇代表参加会议。
钒钛产业园区	1月17日	园区管委会会议室	管委会、7个园区直属部门、金江镇及2家企业代表
盐边县	1月15日	县政府会议室	19个县级政府部门及桐子林镇、益民乡、红格镇代表及3个村干部代表

2012年，在座谈会上环评工作人员向参会单位代表介绍了乌东德水电站工程情况及可能产生的环境影响，征求了与会代表在环境保护方面的初步意见和建议，为下一步环境影响报告书的编写打下了基础。2014年初，环评工作人员再次奔赴工程所涉及的各个县（区）召开公众参与座谈会，向与会代表介绍了工程最新情况及环境影响报告书初步结论，并就金沙江乌东德水电站工程涉及的环境问题向环保专家及涉及专业相关部门人员进行咨询；参会人员在听取设计人员对工程概况及环境影响初步结论的介绍后，针对本项目建设对环境产生的影响发表意见和建议，并于会后填写公众参与调查表。



2012 年禄劝县座谈会现场



2012 年武定县座谈会现场



2012 年元谋县座谈会现场



2012 年永仁县座谈会现场



2012 年会东县座谈会现场



2012 年会理县座谈会现场



2012 年攀枝花市座谈会现场



2012 年公告张贴



2014 年禄劝县座谈会



2014 年武定县座谈会



2014 年元谋县座谈会



2014 年会东县座谈会



2014 年会理县座谈会



2014 年攀枝花市东区座谈会



2014 年盐边县座谈会



2014 年群众座谈



2014 年公告张贴

图 10.2-2 乌东德水电站公众参与座谈会与公告张贴照片

(3) 发放调查表

在工程施工区和受工程淹没影响区域采取了发放调查表的方式进行调查，请参与人员填写金沙江乌东德水电站工程公众参与调查表。问卷调查的对象主要为工程涉及到的 7 县 3 区居民。征求各行业、年龄、教育层次的人员对工程建设造成环境影响的想法和建议。



图 10.2-3 乌东德水电站公众参与现场调查照片

(4) 专家咨询

根据金沙江乌东德水电站环境影响评价工作的需要，环境影响评价单位在可研阶段与华中师范大学、中科院北京动物研究所、水利部水工程生态研究所、四川大学、南京大学等单位合作，开展了乌东德水电站工程陆生生态专题、水生生态专题、水环境专题、局地气候专题、地下水环境等专题的研究工作。金沙江乌东德水电站工程的环境影响评价过程中，在环境保护部环境工程评估中心、中国水利水电建设工程咨询公司等单位指导下，以专家咨询会、座谈会、技术讨论会等方式就上述专题进行了咨询工作，分析工程建设对生态、水环境等方面的影响以及需要采取的环保措施。

在工程报告送审时，将邀请地方政府代表、各有关部门代表和专家、学者参加审查，形成专家评审意见，提供政府部门做决策依据。

（5）征求主管部门意见

为使本工程的环境影响评价工作顺利开展，建设单位和评价单位编写汇报材料，积极就金沙江乌东德水电站工程向相关主管部门汇报请示。

10.3 公众参与过程和结果

10.3.1 公众参与过程

本次公众参与的实施遵循知情、公开、平等、广泛、便利的原则，通过多种方式进行公众意见调查、汇总分析和信息反馈，具体工作流程见下图。

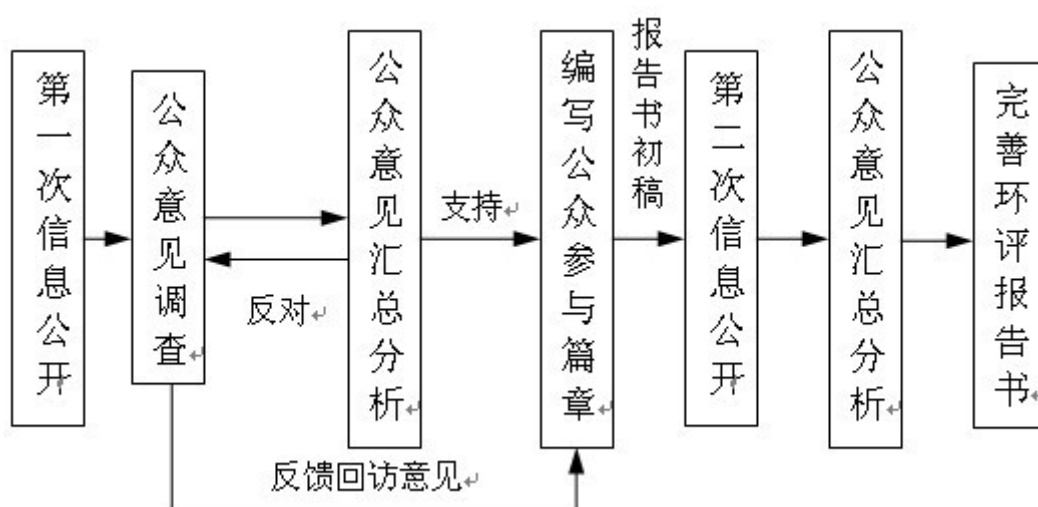


图 10.3-1 乌东德水电站工程公众参与工作流程图

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与暂行办法》等法律法规，金沙江乌东德水电站工程公众参与的具体过程如下：

（1）受工程建设单位中国三峡集团公司委托，长江水资源保护科学研究所的环评工作人员于 2012 年 4 月即开展了本工程的公众参与调查工作，工程所在区域工作人员主要是通过组织座谈会、发放调查表、张贴公告、网络公示、登报等方式进行意见调查。

（2）为了让工程所在地区尽量多的群众了解本项目，工作人员于 2012 年 4 月和 6 月分别赴乌东德水电站工程建设所涉及到的四川省会东县、会理县、攀枝花仁和区、东区、盐边县、钒钛产业园区，云南省的禄劝县、武定县、元谋县、永仁县等 7 县 3 区分别召开第一次公众参与座谈会，收集各单位、移民及普通群众的初步意见、建议。2014 年 1 月初，在金沙江乌东德水电站环境影响报告书形成初稿并在网络上进行完简本公示后，环评工作人员再次奔赴工程涉及到的

10 个县（区）进行第二次公众参与座谈会，会上广泛听取政府部门、村镇代表以及环保专家的意见和建议。会后，工作人员分组赴移民区及移民安置区典型点进行公众参与调查，主要以发放调查表及座谈等形式征求地方群众意见。

（3）在两次公众参与调查之间，环评单位特别邀请生态、环境等方面的专家进行咨询，将其意见和建议反馈到环评报告书中。

10.3.2 公众参与结果

四川省会东县、会理县、攀枝花仁和区、东区、盐边县、钒钛产业园区，云南省的禄劝县、武定县、元谋县、永仁县等 7 县 3 区共发放 2460 份公众参与调查表，其中单位 320 份，非移民 540 份，移民 1600 份。回收公众参与调查表共 2272 份，回收率 92.36%，其中，单位 317 份，非移民 502 份，移民 1453 份。

10.3.2.1 非移民基本信息及意见统计结果

（1）非移民基本信息统计结果

非移民调查表共回收 502 份。云南省回收 213 份，其中禄劝县 39 份，元谋县 105 份，武定县 69 份；四川省回收 289 份，其中会东县 103 份，会理县 75 份，攀枝花市 111 份。根据统计，被调查个人信息中，71.12%的人为汉族，少数民族不足五分之一。受调查人群主要为男性，占 76.49%，且以青壮年为主，18~35 岁之间的占 23.90%，36~59 岁之间的占 71.51%。个人被调查对象的总体素质较高，高中、中专以上学历人员约占 60%，初中占 29.28%，这些人以干部和农民居多。被调查人群中，28.29%的人为村民，人大代表和政协委员共 88 人，占总调查人数的 17.53%。具体见表 10.3-1。

（2）非移民意见统计结果

通过调查发现，受调查的普通群众中，绝大多数人都知道乌东德水电站工程，只有 8 人不知道该工程。他们主要通过政府宣传、广播、电视以及网络了解到该工程的信息。被调查人群中有一半的人认为工程建设区域的社会经济情况一般，约三分之一的认为区域社会经济发达。57.57%的人群认为工程建设区域的环境质量一般，33.27%的人认为环境质量好。多数人认为水土流失严重、区域生态系统脆弱以及水环境质量差为区域主要环境问题。对于乌东德水电站正常蓄水位的问题，85.46%的普通群众认为 975m 方案较为合适，其他水位选择人数比例很低。工程建设对当地环境带来一定影响，受访群众认为主要的环境影响体现在生态环

境破坏、移民搬迁后对安置区居民的生产生活产生影响、水土流失、水污染以及对群众的收入造成影响。对于工程建设带来的有利影响，80.68%的群众认为乌东德水电站的建设会带动地方经济发展，71.12%的人认为能改善当地交通、电力等基础设施，46.81%的人认为会扩大就业机会。不利影响方面，群众主要认为工程建设会导致土地资源减少、产生“三废一噪”问题并破坏生态环境。总体上，非移民群众 88.45%认为乌东德水电站的建设对区域环境和社会经济发展方面是利大于弊，并有 97.41%的人支持本电站的建设。受调查的群众中有两人不赞成乌东德水电站建设，环评工作人员根据相关要求对其进行了回访，具体结果见表 10.3-2。

此外，在填写公众参与调查表时，一些受调查对象还提出在乌东德水电站工程建设时环境保护的建议和要求，具体如下：

1) 工程建设过程中产生的弃土、弃渣及生活废水和垃圾应妥善处理，保护好施工区环境卫生。施工废水需经达标后排放，避免污染金沙江水环境，并做好环境监测工作。施工产生扬尘，建议每天多次洒水，尤其是在靠近新马乡三台村二社附近，增加洒水工作并加强洒水次数，保证居民生活环境卫生。

2) 水电站建设过程中对地表植被产生扰动，施工前做好优化工作，尽量少占土地资源，减少水土流失的产生。施工过程需合理采取工程和植被措施进行水土流失的治理，施工结束后注意迹地恢复。

3) 工程建设和移民安置过程中注意地方经济、社会、环境的协调发展。并深入研究如何保护好金沙江流域生态环境，不因乌东德水电站建设而遭受毁灭性影响。同时，建议加大库周污染源的治理，减少水体的污染物量。

4) 金沙江流域地质灾害相对较多，希望做好地质灾害评估工作，避免工程建设期间和完工后因乌东德水电站的建设和运行而产生大的滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害对沿岸居民产生影响。

5) 植被恢复措施希望和地方经济和环境相结合，种植适应地方环境、有一定经济效益的品种。为减少环境污染和破坏环境，希望发展农村沼气。

6) 加强施工期间和完工后的环境监测工作，最大力度保护施工区及淹没影响区的环境质量。

表 10.3-1 非移民基本信息统计

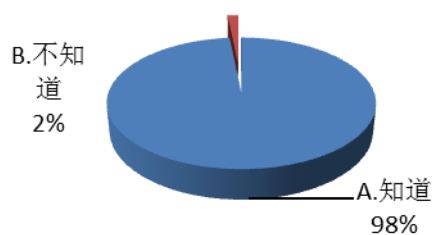
类 别			参与人次	占总人数百分比 (%)	
基本信息	性别	男	384	76.49	
		女	118	23.51	
	年龄段	18 岁以下	0	0.00	
		18～35 岁	120	23.90	
		36～59 岁	359	71.51	
		60 岁及以上	18	3.59	
		未填	5	1.00	
		民族	汉族	357	71.12
			彝族	97	19.32
	傣族		15	2.99	
	傈僳族		23	4.58	
	其他民族		10	1.99	
	职业	干部	229	45.62	
		工人	25	4.98	
		农民	199	39.64	
		个体户	8	1.59	
		学生	1	0.20	
		其它	40	7.97	
		文化程度	大专及以上	251	50.00
	高中、中专		52	10.36	
	初中		147	29.28	
	小学及以下		51	10.16	
	未填		1	0.20	
	您属于	人大代表	44	8.76	
		政协委员	44	8.76	
		离退休公职人员	10	1.99	
		乡镇村组干部	83	16.53	
		村民	142	28.29	
		其他	135	26.89	
		未填	44	8.76	

表 10.3-2 非移民意见统计

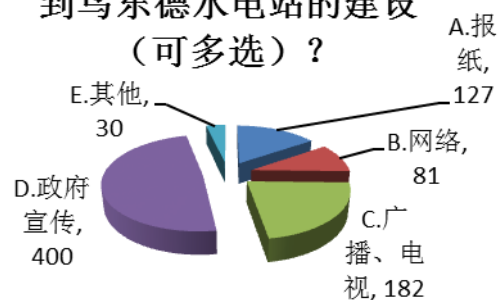
序号	调查内容	数据统计	
		人次	所占比例(%)
1	您是否知道乌东德水电站的建设?	A.知道	494
		B.不知道	8
2	您是通过何种途径了解到乌东德水电站的建设(可多选)?	A.报纸	127
		B.网络	81
		C.广播、电视	182
		D.政府宣传	400
		E.其他	30
3	您认为乌东德水电站建设征地区域的社会经济状况如何?	A.发达	147
		B.一般	262
		C.不发达	93
4	您认为乌东德水电站建设征地区域的环境质量如何?	A.好	167
		B.一般	289
		C.差	46
5	您认为乌东德水电站建设征地区域存在的主要环境问题是(可多选):	A.水环境质量差	149
		B.环境空气质量差	98
		C.水土流失严重	268
		D.区域生态系统脆弱	247
		E.地质灾害频发	145
		F.其它	25
6	您认为乌东德水电站正常蓄水位应该选择	A.950m	16
		B.960m	6
		C.965m	9
		D.970m	15
		E.975m	429
		F.980m	13
		G.以上水位均可	18
7	乌东德水电站建设带来的影响,您主要关心的是(可多选):	A.生态环境破坏	267
		B.水污染	134
		C.空气污染	97
		D.噪声	79
		E.水土流失	143
		F.影响景观	17
		G.对生产、生活习惯的影响	176
		H.对宗教、文化、习俗的影响	35
		I.就业影响	57
		J.群众收入影响	135
8	您认为乌东德水电站建设会对区域环境和经济社会发展带来哪些有利影响(可多选)?	A.带动地方经济发展	405
		B.扩大就业机会	235
		C.增加收入	148
		D.改善当地交通、电力等基础设施	357

		E.改善居住环境	156	31.08
		F.其它	10	1.99
9	您认为乌东德水电站建设会对区域环境造成哪些不利影响(可多选)?	A.废水、废气、废渣和噪声影响	223	44.42
		B.土地资源减少	300	59.76
		C.引起水土流失	178	35.46
		D.破坏生态环境	196	39.04
		E.其它	16	3.19
10	您认为乌东德水电站的建设对区域环境和经济社会发展	A.利大于弊	444	88.45
		B.弊大于利	14	2.79
		C.没有影响	16	3.19
		D.不知道	28	5.58
11	您对乌东德水电站建设所持的态度	A.支持	489	97.41
		B.反对	2	0.4
		C.无所谓	11	2.19

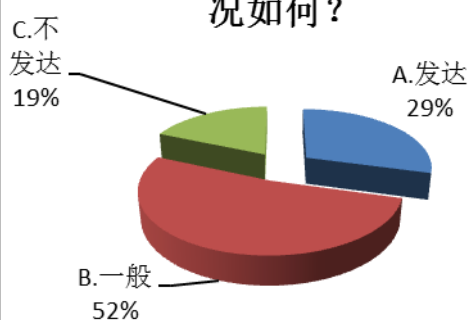
1. 您是否知道乌东德水电站的建设？



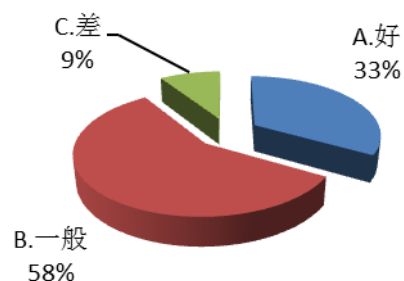
2. 您是通过何种途径了解到乌东德水电站的建设（可多选）？



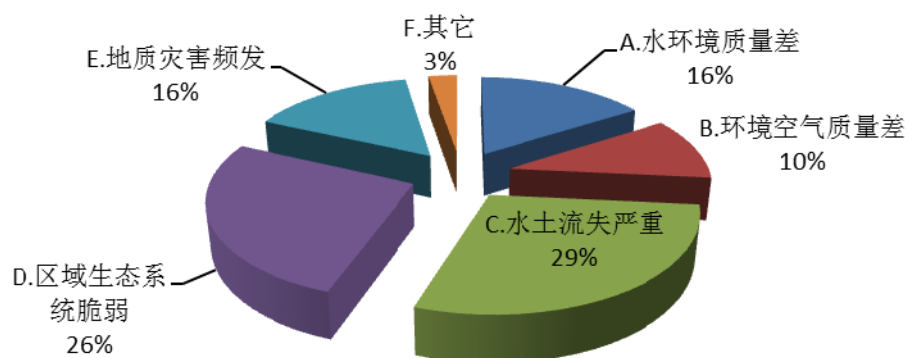
3. 您认为乌东德水电站建设征地区域的社会经济状况如何？



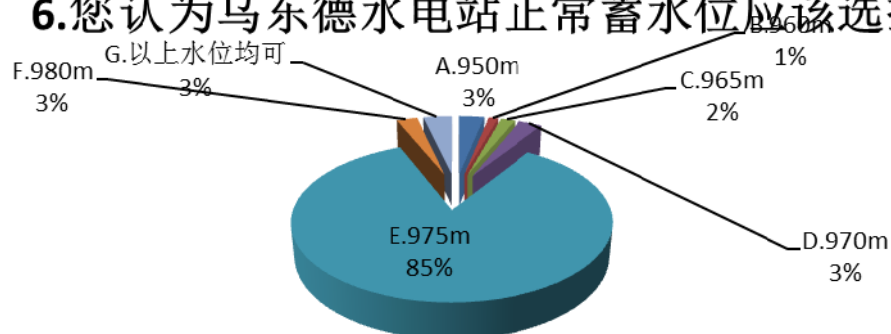
4. 您认为乌东德水电站建设征地区域的环境质量如何？



5. 您认为乌东德水电站建设征地区域存在的主要环境问题是



6. 您认为乌东德水电站正常蓄水位应该选择



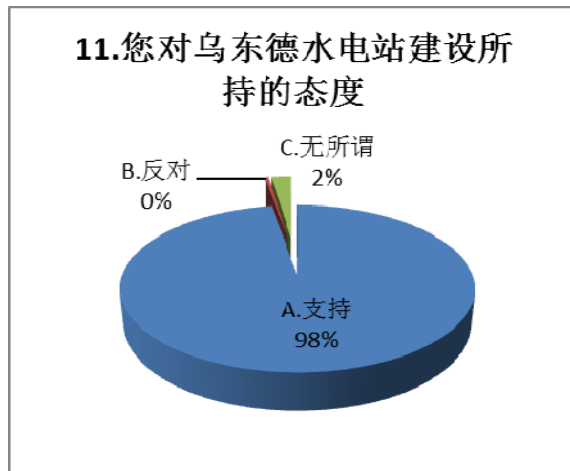
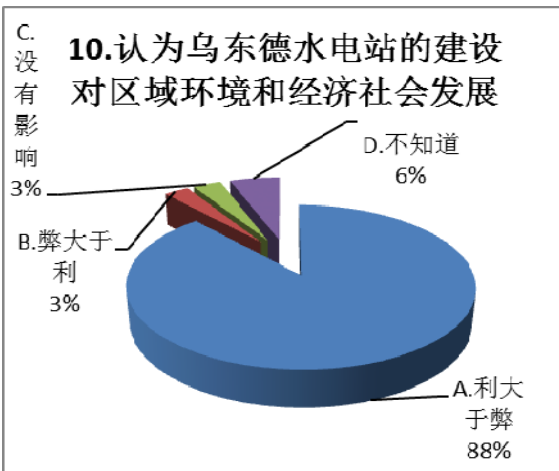
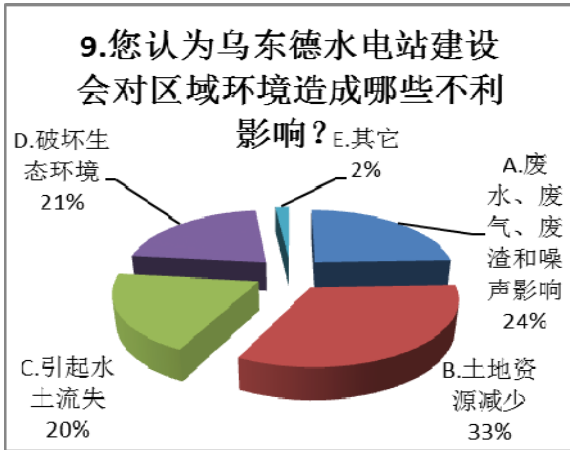
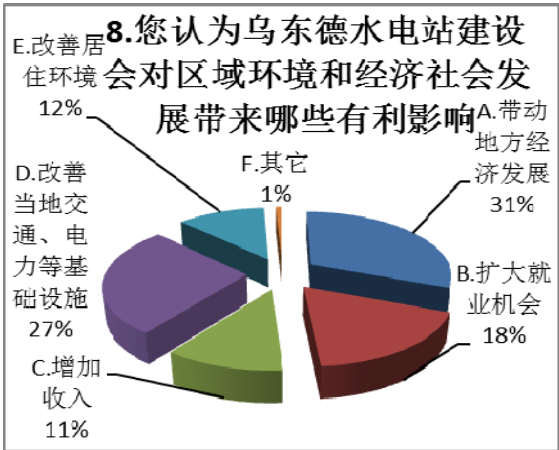
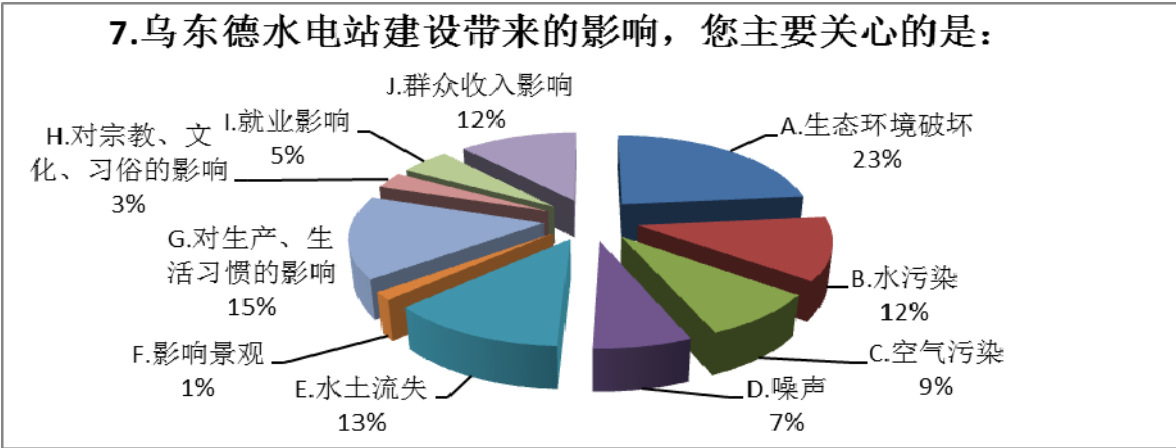


图 10.3-2 非移民意见统计图

10.3.2.2 移民基本信息及意见统计结果

(1) 移民基本信息统计结果

移民调查表共回收 1453 份。云南省回收 693 份，其中禄劝县 197 份，武定县 129 份，元谋县 367 份；四川省回收 760 份，其中会东县 115 份，会理县 311 份，攀枝花市 334 份。根据统计，被调查移民群众的信息中，47.21%的人为汉族，52.79%为少数民族，少数民族主要有彝族、傣族和傈僳族。调查按户进行，经调查，受调查移民群众家庭成员以 3~6 人为主，其中每户 4 人的家庭约占 30%。受调查人群主要为男性，占 84.10%，且以青壮年为主，18~35 岁之间的占 16.45%，36~59 岁之间的占 69.17%。被调查移民大部分为农民占 78.25%，干部比例不及 3%，所以被调查人员的文化水平总体较低，初中及以下移民占 75.5%，人大代表和政协委员有 11 人填表。移民基本信息具体统计数据见表 10.3-3。

(2) 移民意见统计结果

通过调查发现，受调查的移民群众中，绝大部分人知道乌东德水电站工程，不知道的所占比例不到 1%，移民群众主要是通过政府宣传、广播、电视以及网络了解到乌东德水电站工程的信息情况。认为工程建设区社会经济发达和一般的人群分别为 52.31%、37.72%。约 60%的移民群众认为工程建设区环境好，32.69%的人群认为环境一般。对于工程区存在的主要环境问题，移民群众认为主要是水土流失严重、生态系统脆弱、环境空气质量差以及地质灾害频发。有 90.43%的移民群众认为乌东德水电站正常蓄水位应选择 975m 方案，还有 4.68%的人认为 6 个正常蓄水位方案均可。乌东德水电站建设对环境产生一定影响，移民群众主要关心工程建设对其生产生活习惯、收入、生态破坏以及水土流失的影响。62.22%的移民群众认为工程建设会带动地方的经济发展，约 53.20%的人认为可以改善当地交通、电力等基础设施，33.04%的人认为可以扩大就业机会。受访移民群众认为工程建设主要会导致土地资源减少、水土流失以及破坏生态环境等不利影响，但对区域环境经济社会的发展总体上是利大于弊。有一半以上的移民群众认为工程建设给其带来的有利影响较多，15%的人认为不利影响较多。对于工程建设可能对当地经济社会发展带来哪些负面影响，移民群众认为主要体现在安置周期长影响经济社会发展及其生产生活、补偿安置政策与地方实际有差异。移民群众受调查人员中有七人不赞成乌东德水电站建设，环评工作人员根据相关要求对

其进行了回访，具体结果见 10.3-7。移民群众具体意见统计见表 10.3-4。

此外，在填写公众参与调查表时，一些受调查移民还提出在乌东德水电站工程建设时环境保护的建议和要求，具体如下：

1) 移民安置过程重视地质灾害的评估及监测、治理工作，加大投资，确保库区人民群众的安全，并加强移民安置区的水土保持和生态建设工作。

2) 保证移民群众的补偿投资，希望安置标准不低于向家坝水电站建设时水富县居民的安置标准。

3) 工程建设对移民群众所在地的土地资源产生影响，希望尽量少占耕地，对于征用的耕地希望工程完工后进行复耕或异地开垦。

4) 处理好施工过程中产生的废水、废气、废渣及噪声污染问题，减少对移民群众的健康影响。

5) 搬迁结束后，希望生活环境有所改善，居住区加强绿化措施。

6) 武定县己衣乡罗能村现有热水资源，希望水库蓄水不对其产生淹没影响。

表 10.3-3 移民基本信息统计

类 别			参与人次	占总人数百分比 (%)
基本信息	性别	男	1222	84.10
		女	231	15.90
	年龄	18 岁以下	4	0.28
		18~35 岁	239	16.45
		36~59 岁	1005	69.17
		60 岁及以上	168	11.56
		未填	37	2.55
	家庭人口	1 人	37	2.55
		2 人	106	7.30
		3 人	199	13.70
		4 人	419	28.84
		5 人	282	19.41
		6 人	228	15.69
		7 人	70	4.82
		8 人及以上	55	3.79
		未填	57	3.92
	民族	汉族	686	47.21
		彝族	517	35.58
		傣族	88	6.06
		傈僳族	51	3.51
		其他民族	9	0.62
		未填	2	0.14

	职业	干部	35	2.41
		工人	25	1.72
		农民	1137	78.25
		个体户	39	2.68
		学生	7	0.48
		其它	20	1.38
		未填	190	13.08
	文化程度	大专及以上	26	1.79
		高中、中专	100	6.88
		初中	686	47.21
		小学及以下	411	28.29
		未填	230	15.83
	您属于	人大代表	8	0.55
		政协委员	3	0.21
		离退休公职人员	2	0.14
		乡镇村组干部	86	5.92
		村民	945	65.04
		其他	33	2.27
		未填	376	25.88

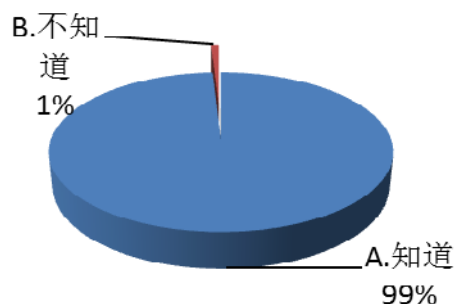
表 10.3-4 移民意见统计

序号	调查内容		数据统计	
			人次	所占比例（%）
1	您是否知道乌东德水电站的建设？	A.知道	1440	99.11
		B.不知道	13	0.89
2	您是通过何种途径了解到乌东德水电站的建设（可多选）？	A.报纸	236	16.24
		B.网络	128	8.81
		C.广播、电视	179	12.32
		D.政府宣传	1325	91.19
		E.其他	83	5.71
3	您认为乌东德水电站建设征地区域的社会经济状况如何？	A.发达	760	52.31
		B.一般	548	37.72
		C.不发达	99	6.81
		未填	46	3.17
4	您认为乌东德水电站建设征地区域的环境质量如何？	A.好	839	57.74
		B.一般	475	32.69
		C.差	126	8.67
		未填	13	0.89
5	您认为乌东德水电站建设征地区域存在的主要环境问题是（可多选）：	A.水环境质量差	346	23.81
		B.环境空气质量差	288	19.82
		C.水土流失严重	699	48.11
		D.区域生态系统脆弱	413	28.42
		E.地质灾害频发	348	23.95
		F.其它	293	20.17
6	您认为乌东德水电站正常蓄水位应该选择	A.950m	33	2.27
		B.960m	5	0.34

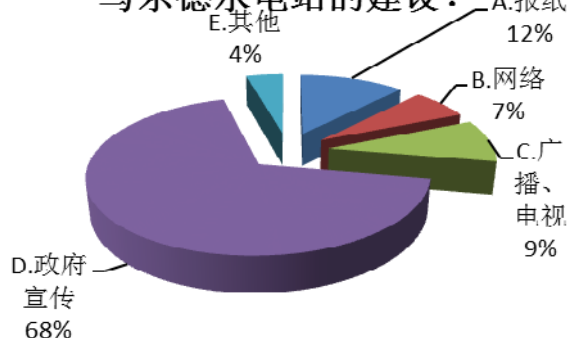
		C.965m	4	0.28
		D.970m	12	0.83
		E.975m	1314	90.43
		F.980m	23	1.58
		G.以上水位均可	68	4.68
7	乌东德水电站建设带来的影响,您主要关心的是(可多选):	A.生态环境破坏	545	37.51
		B.水污染	376	25.88
		C.空气污染	303	20.85
		D.噪声	202	13.90
		E.水土流失	440	30.28
		F.影响景观	154	10.60
		G.对生产、生活习惯的影响	723	49.76
		H.对宗教、文化、习俗的影响	212	14.59
		I.就业影响	387	26.63
		J.群众收入影响	760	52.31
8	您认为乌东德水电站建设会对区域环境和经济社会发展带来哪些有利影响(可多选)?	A.带动地方经济发展	904	62.22
		B.扩大就业机会	480	33.04
		C.增加收入	438	30.14
		D.改善当地交通、电力等基础设施	773	53.20
		E.改善居住环境	475	32.69
		F.其它	85	5.85
9	您认为乌东德水电站建设会对区域环境造成哪些不利影响(可多选)?	A.废水、废气、废渣和噪声影响	414	28.49
		B.土地资源减少	1189	81.83
		C.引起水土流失	584	40.19
		D.破坏生态环境	644	44.32
		E.其它	68	4.68
10	您认为乌东德水电站的建设对区域环境和经济社会发展	A.利大于弊	920	63.32
		B.弊大于利	218	15.00
		C.没有影响	29	2.00
		D.不知道	265	18.24
		未填	21	1.45
11	乌东德水电站工程建设可能给您带来	A.有利影响较多	687	47.28
		B.有利影响和不利影响相当	192	13.21
		C.不利影响较多	376	25.88
		D.无影响	35	2.41
		E.不知道	125	8.60
		未填	38	2.62
12	您认为乌东德水电站建设可能对当地经济社会发展带来哪些负面影响(可多选)?	A.影响当地原有经济社 会结构	587	40.40
		B.工程建设及封库周期 长,影响区域经济社会发 展	937	64.49
		C.补偿安置政策与地方实	798	54.92

		际情况有差异		
		D.安置周期长影响移民 生产生活	965	66.41
13	您对乌东德水电站建 设所持的态度	A.支持	1403	96.56
		B.反对	7	0.48
		C.无所谓	43	2.96

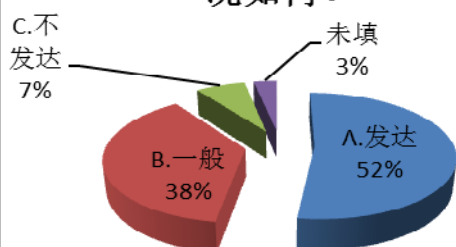
1.您是否知道乌东德水电站的建设？



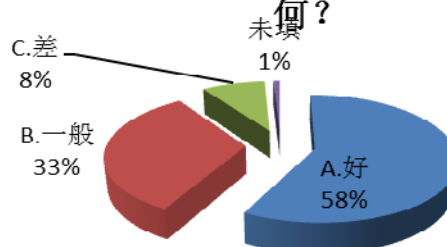
2.您是通过何种途径了解到乌东德水电站的建设？



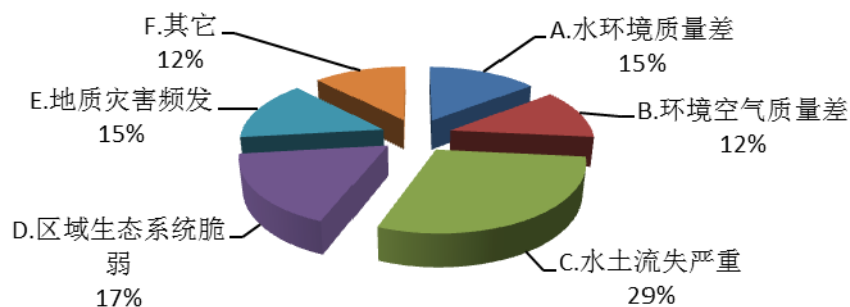
3.您认为乌东德水电站建设征地区域的社会经济状况如何？



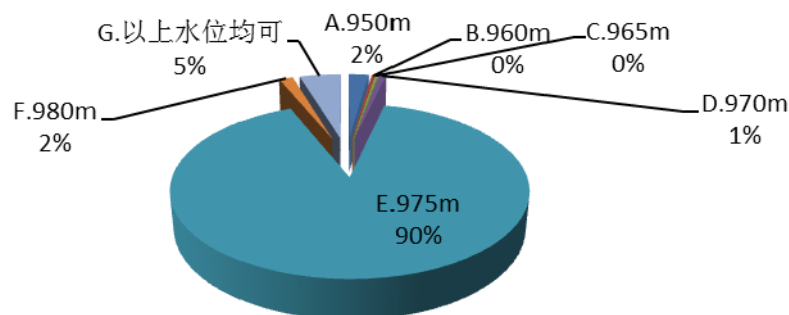
4.您认为乌东德水电站建设征地区域的环境质量如何？



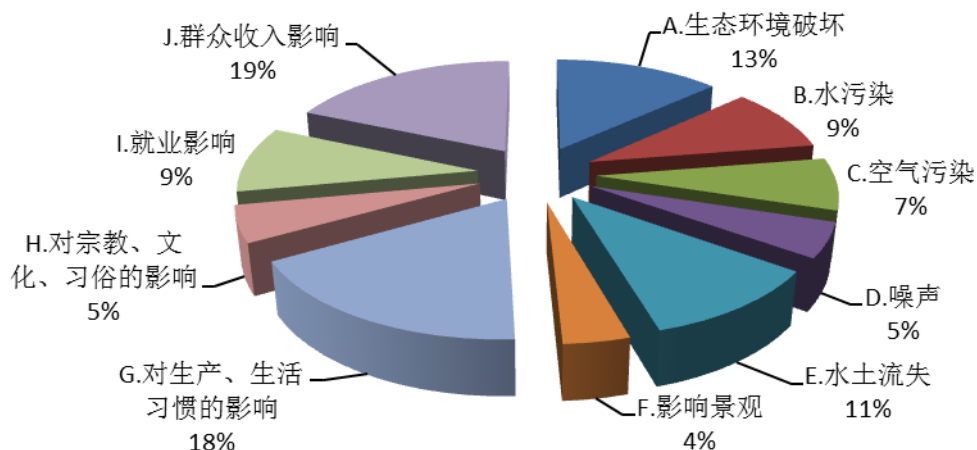
5.您认为乌东德水电站建设征地区域存在的主要环境问题是：



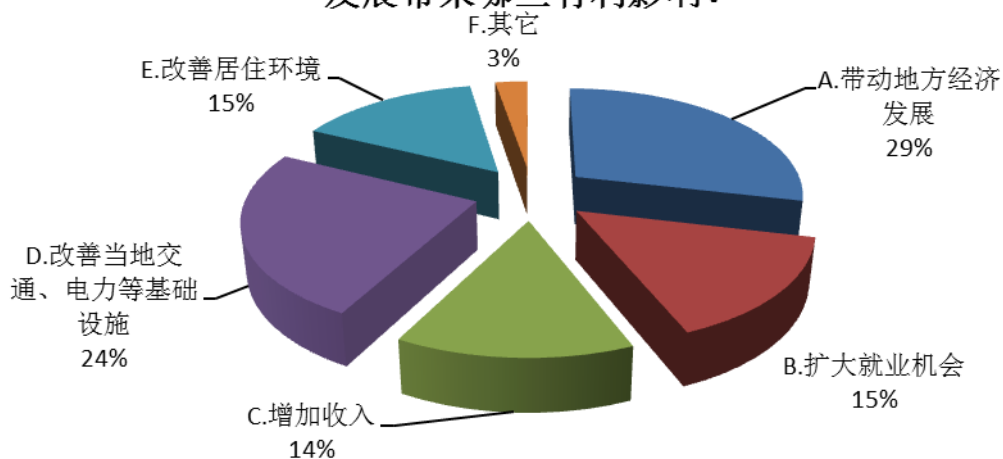
6.您认为乌东德水电站正常蓄水位应该选择



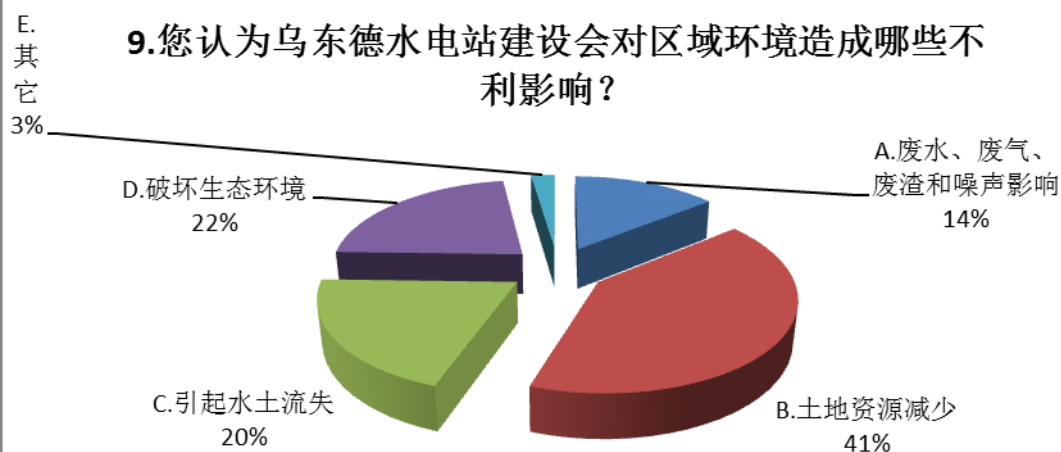
7.乌东德水电站建设带来的影响，您主要关心的是：



8.您认为乌东德水电站建设会对区域环境和经济社会发展带来哪些有利影响？



9.您认为乌东德水电站建设会对区域环境造成哪些不利影响？



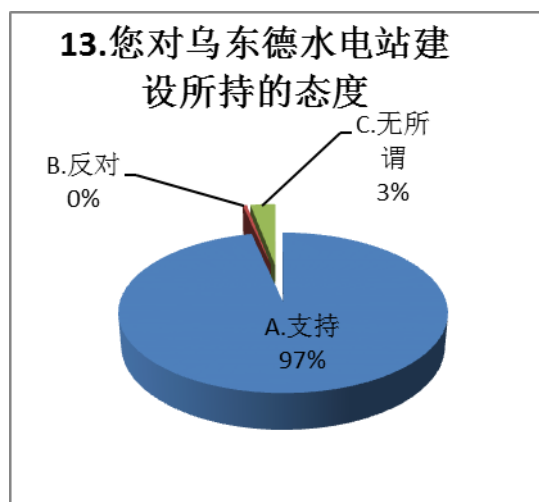
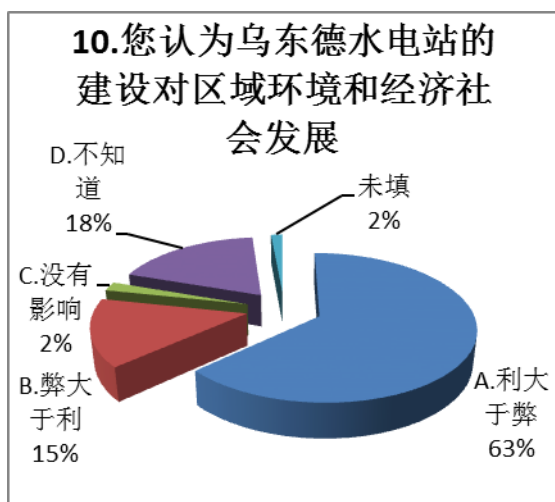
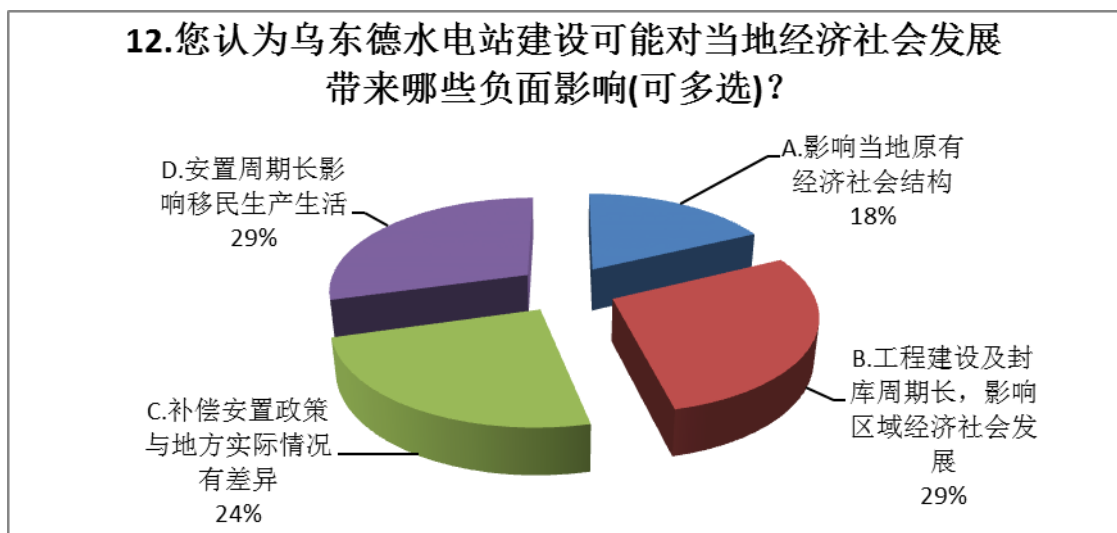
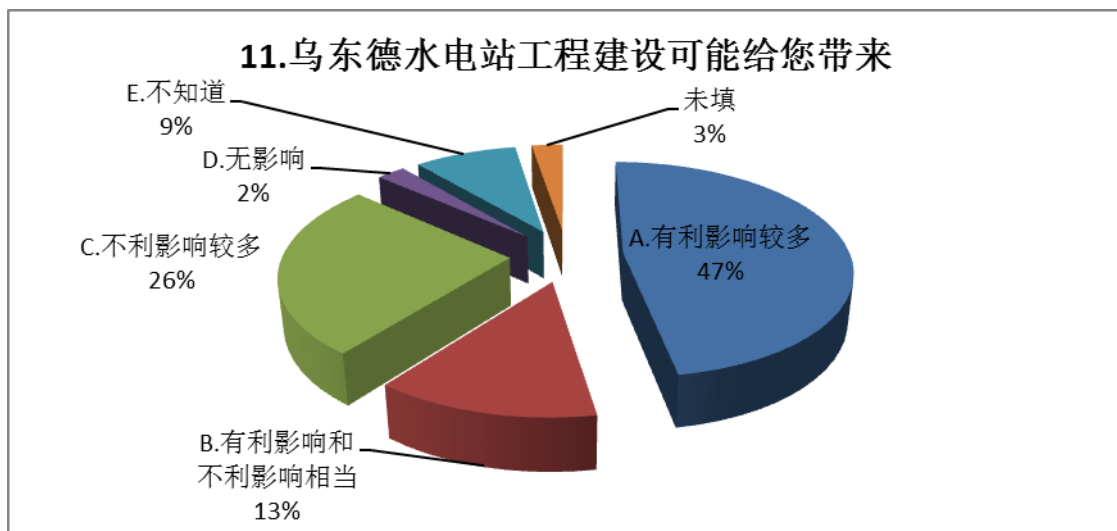


图 10.3-3 移民意见统计图

10.3.2.3 单位信息及意见统计

乌东德库区各个县（市）发放单位公众参与调查表共 319 份，收到 317 份。云南回收 100 份，其中，禄劝县 29 份，元谋县 42 份，武定县 29 份；四川省回收 217 份，其中，会东县 46 份，会理县 64 份，攀枝花市 107 份。涉及各县（市、区）的大部分政府部门以及主要乡镇等。

根据回收到的公众参与调查表统计，317 个单位中有 314 个知道乌东德水电站项目，单位主要是通过政府宣传、广播、电视以及报纸等方式获得本工程信息。对于工程建设区域的社会经济状况，57.10%的单位认为所在区域社会经济状况发展一般，少数认为经济发达。58.36%的单位认为工程建设区域的环境质量一般，31.55%的单位认为环境质量好。大部分单位认为工程建设区域目前存在的主要环境问题是区域生态系统脆弱、水土流失严重、地质灾害频发。83.91%的单位选择 975m 正常蓄水位，还有约 5%的单位认为 9520m~980m 六个水位均可。56.47%的单位关注工程建设导致的生态环境破坏，42.27%的单位对工程建设对移民群众和安置区群众造成的生产生活习惯问题较为你关注。乌东德水电站的建设会对库区各县（市）环境产生有利影响，77.92%的单位认为可以带动地方经济发展，76.34%的单位认为可以改善当地交通、电力等基础设施，47.95%的单位认为可扩大就业机会。另外，71.61%的单位认为项目建设会对区域环境带来土地资源减少的不利影响，55.21%的单位认为会破坏生态环境，37.54%的单位认为会产生废水、废气、废渣和噪声影响。90.22%的单位认为工程建设利大于弊，并有 52.68%的单位认为工程建设可能给其带来有利影响。317 家单位中，只有盐边县委群众工作局一家表示反对工程建设，311 家均表示支持，有 5 家表示无所谓。各单位基本信息见表 10.3-5，具体调查内容和结果见表 10.3-6。

乌东德库区各县（市）政府部门均认真配合完成了乌东德水电站工程的环境影响评价公众参与调查工作，根据提交上来的公众参与调查表及书面意见，环评工作人员认真统计。总结如下：

（1）移民安置过程中做好生态环境保护工作，注意植被的恢复，防治水土流失，避免生态环境脆弱区的植被再受破坏，加强库岸生态环境保护及治理工作。尽量减少占地，加大资金投入，切实解决好环境影响问题，确须占用的，需制定复耕方案并认真落实。

- (2) 加强基础设施建设,使项目区经济、社会及环境呈良性循环发展状态。
- (3) 严格按照地质灾害评估报告提出的防治措施切实落实防灾措施,保证库岸居民安全。
- (4) 加强对废水、废渣等的分类处理和堆放,避免产生新的环境污染源。
- (5) 准备、建设过程中一旦发现文物古迹,及时向文物管理部门汇报。
- (6) 工程建设区域属于干热河谷地带,移民安置过程中希望能考虑居民生活及农业用水问题。
- (7) 重视森林防火宣传,杜绝森林火灾发生。
- (8) 集中安置的移民,需统一规划、开发耕地,利用林地,实现安居乐业。
- (9) 及时、足额补偿移民搬迁资金及农户林地补偿资金,使移民搬迁后居住环境有一定改善。
- (10) 加强环境监测工作,保护库区生态环境。
- (11) 建议进行水库蓄水后局地气候的影响评估,分析水库运行后对淹没区气候的影响。
- (12) 为保护水生生态,建议建立鱼类增殖放流站,建立苗种繁育基地,实施鱼类人工增殖放流,并实施鱼类栖息地保护,设置过鱼设施,尽量减少因修建大坝对洄游性鱼类生长繁殖产生的影响。

由于攀枝花为乌东德水电站库尾城市,工业企业较多,蓄水对其城市发展产生一定影响,攀枝花市政府各部门根据当地实际情况提出如下意见和建议:

乌东德电站水库运行后将对攀枝花市环境产生一定影响,主要是水流速度减缓,水域自净能力减弱,水环境容量减少和水环境执行标准及污染物排放标准提高等因素导致攀枝花市需采取有效措施来控制污染物排放总量,保护攀枝花市的水环境质量。

- (1) 乌东德电站建设必须注重保护攀枝花市生态环境和水环境质量。
- (2) 加快推进城市生活污水集中处理设施及配套管网建设,将城市生活污水集中处理设施及配套管网建设纳入乌东德水电站建设的环境保护项目之中。
- (3) 为降低沿江工业企业水污染物排放总量,必须采取深度治理工业污染物措施,对各工业污染治理设施,特别是钛白行业污染治理设施进行升级改造,部分沿江排污口改道设置,尤其是出于乌东德电站库尾的园区工业废水向下游引排至水厂取水口以下 200m 处。

(4) 对影响乌东德电站库区水质的面源、小流域、农村生活污水以及搬迁移民产生的环境问题和生态保护与恢复等进行综合政治,解决生活垃圾的处置问题。

(5) 加强库区建成后对水环境质量的监测。

(6) 工程建设期间,避免原材料运输途中造成的线源污染。

(7) 攀枝花定位是钒钛之都、钢铁之都,是典型的工业重镇,乌东德水电站建成后,势必会很大程度地影响工业发展速度,同时必然会投入大量的资金,加大污染治理的力度,增大污染治理的难度。因此,建议在乌东德水电站建成后,对攀枝花实行生态补偿。

(8) 对沿江地质条件较差的库岸进行加固,解决水土流失问题;对库区尾水漂浮物采取集中收集处理。

(9) 电站建设后对移民安置区环境影响较大,移民安置区的生产生活用水需得到保障。加大环境监测、环境治理的力度,改善移民生活质量。结合城市规划、环境保护规划,分析移民安置搬迁的可行性。加大污水处理力度,使攀枝花市污水处理力度达到国家标准。

(10) 加强施工区森林资源保护管理,优化施工设施措施布置,在施工和移民安置过程中要不占或少占林地,尽量保留原有森林植被;禁止施工人员乱砍滥伐林木,严禁施工人员对陆生野生动物进行猎捕活动;结合清库,涉及具有利用价值的树木进行移栽,对库区范围内受影响的动物实行驱赶,及时抢救受伤的野生动物。

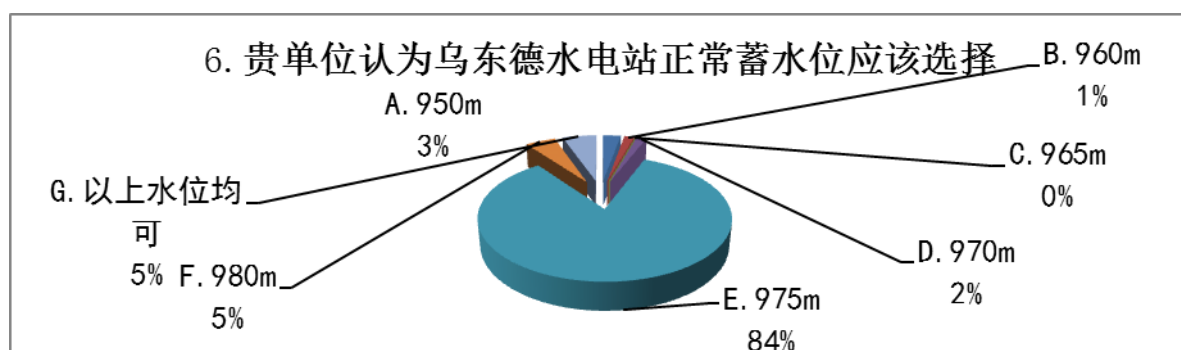
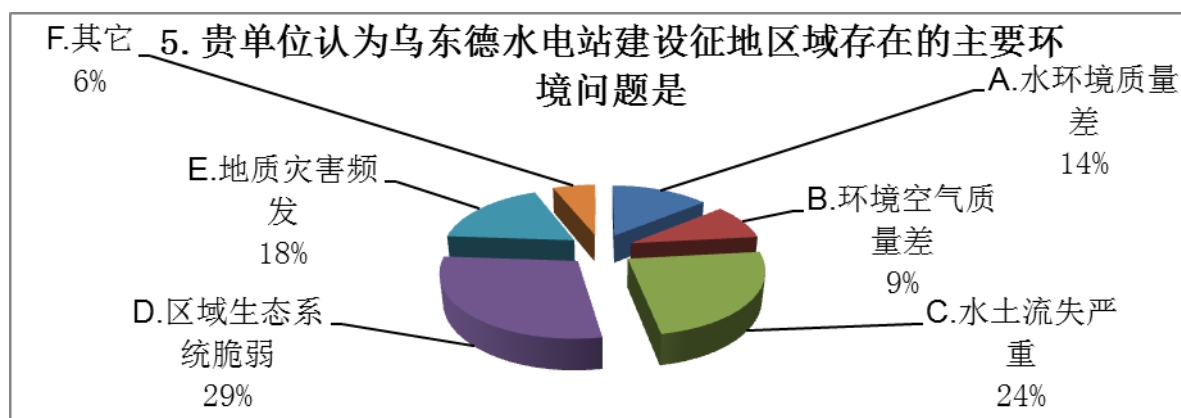
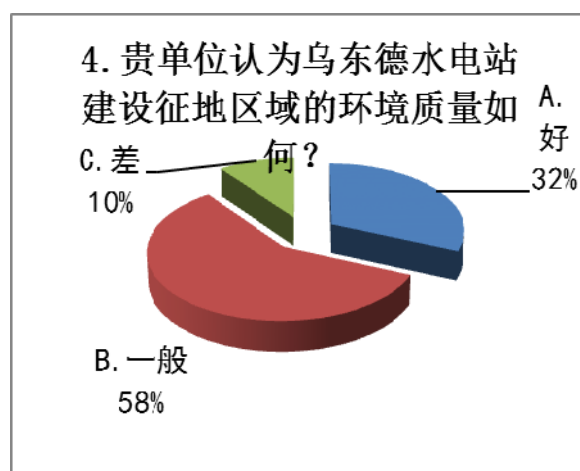
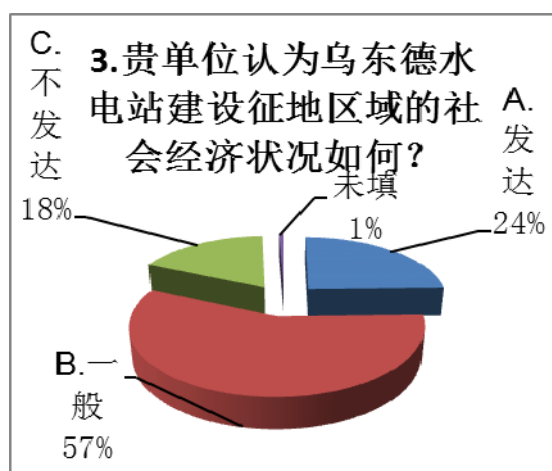
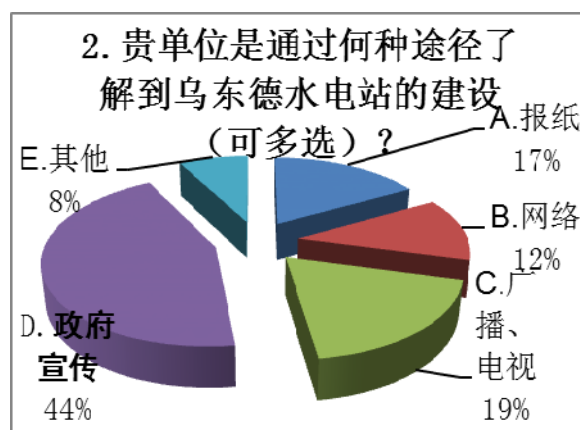
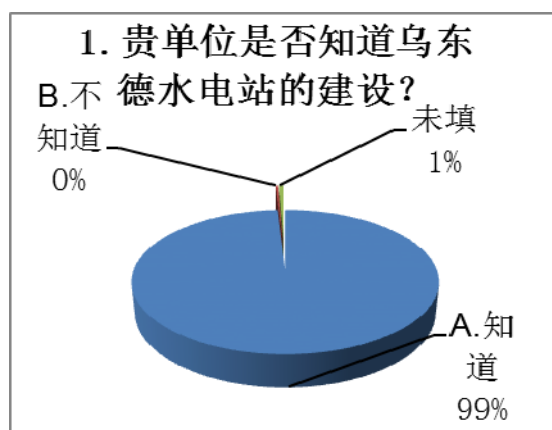
表 10.3-5 单位基本信息

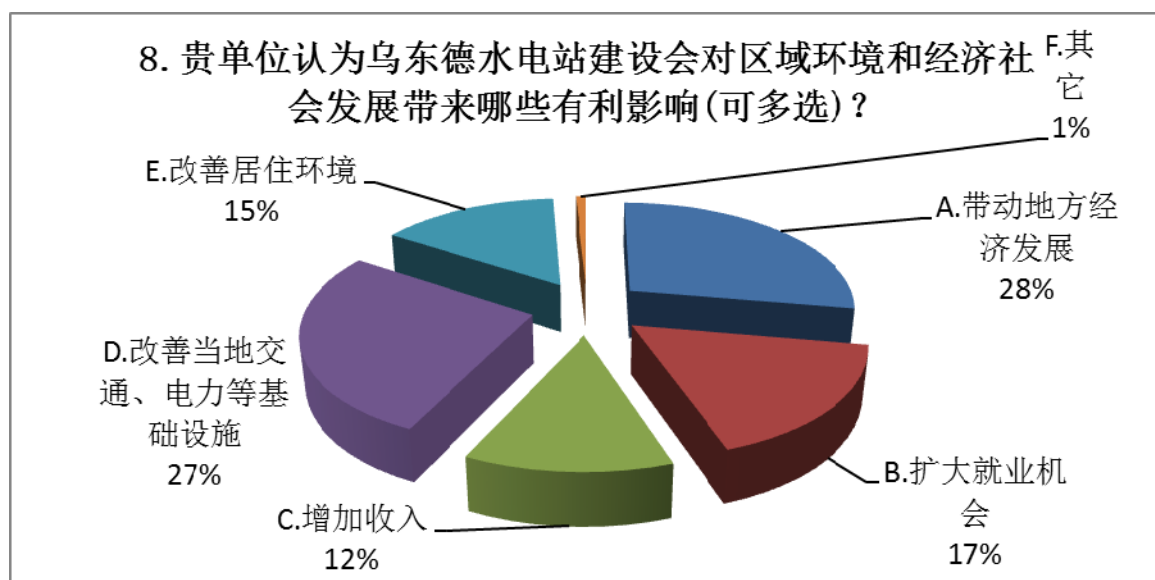
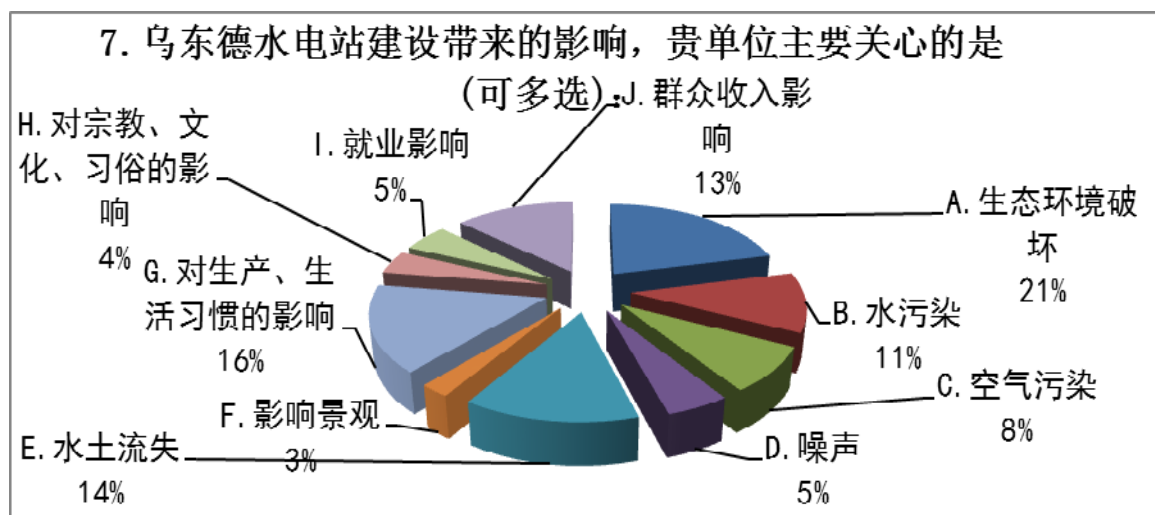
类 别		参与人次	占总人数百分比 (%)	
基本信息	单位性质	行政机关	194	61.2
		事业	14	4.42
		企业	8	2.52
		其他	94	29.65
		未填	7	2.21
	贵单位可能受到的影响类别	直接影响	85	26.81
		间接受影响	51	16.09
		关注项目建设	122	38.49
		未填	59	18.61

表 10.3-6 单位意见统计

序号	调查内容	数据统计	
		参与人次	所占比例 (%)
1	贵单位是否知道乌东德水电站的建设?	A.知道	314
		B.不知道	1
		未填	2
2	贵单位是通过何种途径了解到乌东德水电站的建设(可多选)?	A.报纸	110
		B.网络	80
		C.广播、电视	122
		D.政府宣传	289
		E.其他	51
3	贵单位认为乌东德水电站建设征地区域的社会经济状况如何?	A.发达	78
		B.一般	181
		C.不发达	56
		未填	2
4	贵单位认为乌东德水电站建设征地区域的环境质量如何?	A.好	100
		B.一般	185
		C.差	32
5	贵单位认为乌东德水电站建设征地区域存在的主要环境问题是(可多选):	A.水环境质量差	94
		B.环境空气质量差	61
		C.水土流失严重	159
		D.区域生态系统脆弱	193
		E.地质灾害频发	118
		F.其它	41
6	贵单位认为乌东德水电站正常蓄水位应该选择	A.950m	9
		B.960m	5
		C.965m	0
		D.970m	5
		E.975m	266
		F.980m	15
		G.以上水位均可	17
7	乌东德水电站建设带来的影响,贵单位主要关心的是(可多选):	A.生态环境破坏	179
		B.水污染	93
		C.空气污染	70
		D.噪声	42
		E.水土流失	115
		F.影响景观	20
		G.对生产、生活习惯的影响	134

序号	调查内容	数据统计	
		参与人次	所占比例 (%)
	H.对宗教、文化、习俗的影响	36	11.36
	I.就业影响	43	13.56
	J.群众收入影响	112	35.33
8	贵单位认为乌东德水电站建设会对区域环境和经济社会发展带来哪些有利影响(可多选)?	A.带动地方经济发展	247
		B.扩大就业机会	152
		C.增加收入	109
		D.改善当地交通、电力等基础设施	242
		E.改善居住环境	133
		F.其它	8
9	贵单位认为乌东德水电站建设会对区域环境造成哪些不利影响(可多选)?	A.废水、废气、废渣和噪声影响	119
		B.土地资源减少	227
		C.引起水土流失	129
		D.破坏生态环境	175
		E.其它	15
10	贵单位认为乌东德水电站的建设对区域环境和经济社会发展	A.利大于弊	286
		B.弊大于利	8
		C.没有影响	10
		D.不知道	13
11	乌东德水电站工程建设可能给贵单位带来	A.有利影响较多	167
		B.有利影响和不利影响相当	56
		C.不利影响较多	37
		D.无影响	48
		E.不知道	9
12	贵单位对乌东德水电站建设所持的态度	A.支持	311
		B.反对	1
		C.无所谓	5





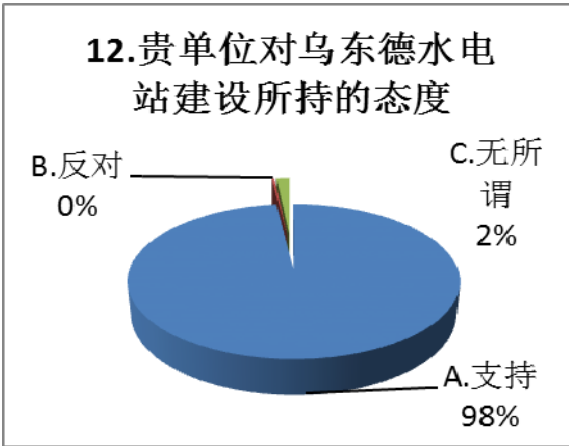
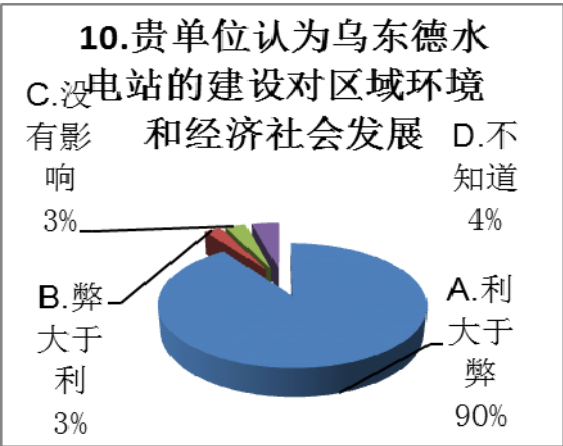
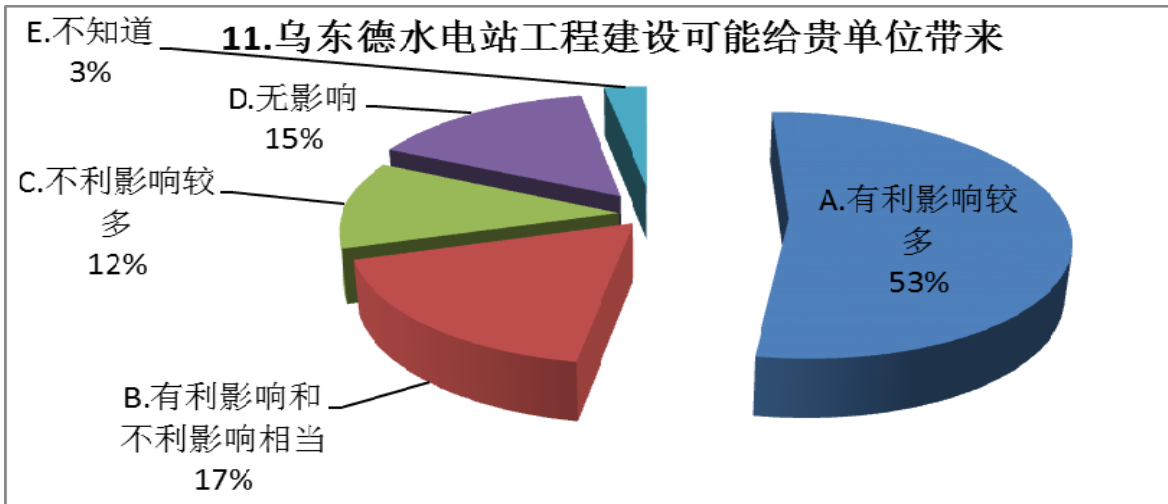
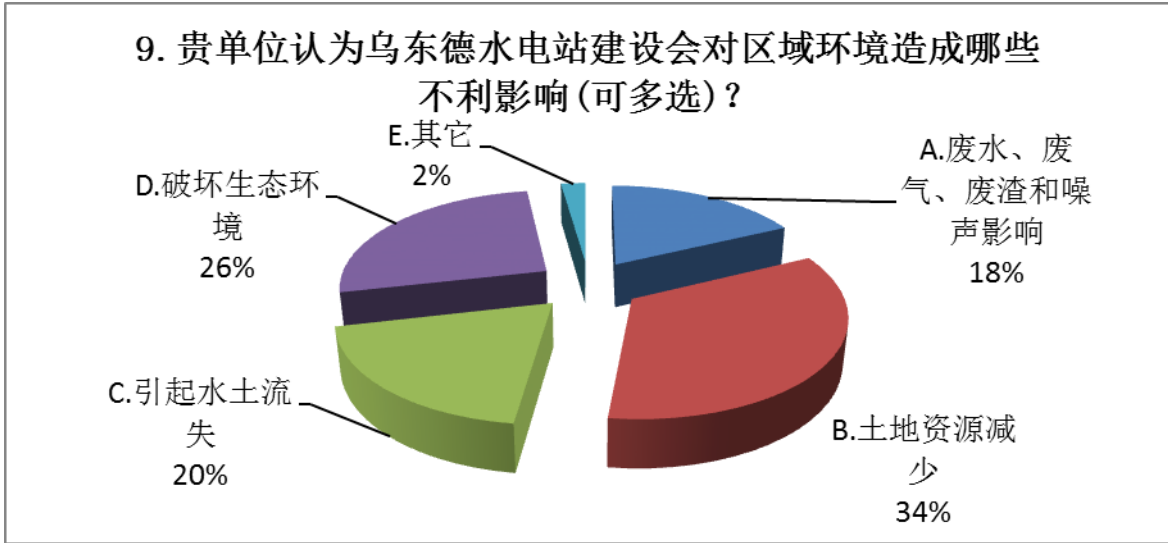


图 10.3-4 单位意见统计图

10.3.2.4 专家意见统计

乌东德水电站自 2004 年开展预可研工作以来，进行了大量的环境比选和论证工作，期间对于如何保证工程建设及运行期间环境最优，环评单位工作人员征求了诸多陆生生态、水生生态及水环境等方面的专家，提出意见总结如下：

（1）根据坝址下游生态保护要求分析研究电站最小下泄流量要求。

（2）研究水库水温结构和泄水水温，根据成果拟定水库下泄低温水影响的对策措施。

（3）对库尾江段及支流的排污状况进行调查，重点调查钒钛工业园区和安宁工业园区的区域面源污染源强。

（4）研究避免工业园区废水、废渣排放尤其是事故排放对水库水质造成污染的风险防范措施，制定应急预案；对污水处理厂的排污口设置提出建议与要求。

（5）分析研究库区支流作为鱼类自然保护生境保护地的可行性。

（6）为保护金沙江珍稀、濒危鱼类资源，需开展鱼类增殖站的研究和设计工作。

10.3.2.5 意见回访

根据环境影响评价技术导则中公众参与内容的相关要求，评价单位需对调查过程中对项目持反对意见的调查对象进行回访。受访对象中共 9 位个人不支持乌东德水电站工程的建设，其中，非移民群众有 2 人，移民群众有 7 人，单位有 1 家不支持乌东德水电站工程建设，针对上述单位和个人，环评单位进行了回访。

环评工作人员在了解到受访对象反对乌东德水电站建设的原因后，将乌东德水电站工程设计内容和环境影响保护措施向反对者告知后，上述反对工程建设的群众及单位代表表示，只要担心的问题能妥善解决即支持电站建设。

10.4 公众意见与建议的采纳与反馈

结合两次调查意见，工程建设过程中，群众和地方各级单位主要关注的问题有：施工产生的“三废”和噪声污染、土地资源减少、水土流失加剧、生态环境恶化、移民安置、水环境、地质灾害、攀枝花市金沙江江段水域纳污能力降低等问题。本次环评对于上述公众意见均予以了采纳，并对相关问题进行了分析和评价，在工程设计和环保措施中予以落实，主要体现如下：

（1）施工产生的“三废”和噪声污染处理

对于施工过程中产生的废水、废气、废渣以及噪声污染等环境问题，报告书中已针对性地提出相应的对策措施，可最大程度上减少生产废水对环境的影响，施工产生的各类废水实行达标排放。从改善施工工艺、提高施工技术、强化施工设备、增大污染物削减量、加强施工区内外的大气环境敏感点的防护等措施减缓工程建设对环境空气的污染，三台村二组居民提出的施工期间提高洒水次数，在本报告书中也有提及，见 6.7.3 节。经比选分析推荐将施工区生活垃圾外送至会东县垃圾处理场进行处理，施工区生产垃圾实现废物减量化，对于工程废弃物中有用的下脚料，如金属、塑料等可回收物，由指定的物资回收部门定期回收利用。可回收废物包括报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等。剩余一些无回收价值的一般固体废弃物，统一运送至弃渣场。从噪声源控制、传声途径和敏感对象保护等方面采取具体措施，最大限度减免施工产生的噪声污染，对施工人员采取使用耳塞、耳罩、防声头盔等个人防护措施。

（2）土地资源保护措施

为有效保护土地资源，主要采取如下措施：土地资源保护首先采取避免措施，通过优化工程设计、施工方案，道路改线等手段避免项目造成难以挽回的环境损失。对土地资源产生影响的，采取先进的生态设计方法减少损失。针对土地资源造成不可逆损失的，采取恢复和补偿措施，施工结束后，应结合水土保持植物措施，对各类施工迹地实施陆生生态修复措施。

（3）水土保持措施

为将枢纽工程建设区内的水土流失减小到最低，工程设计人员以及水土保持方案设计人员均将方案作了比选和优化。水土流失防治措施中，将工程建设可能产生水土流失的区域分主体枢纽工程防治区、弃渣场防治区、施工交通工程防治区、料场防治区、施工生产生活设施防治区、移民安置工程防治区等 6 个防治分区进行防治，目标为，施工建设期土壤流失控制比 0.7、拦渣率 95%；设计水平年（试运行期）扰动土地整治率 95%、水土流失总治理度 97%、土壤流失控制比 0.8、拦渣率 95%、林草植被恢复率 99%、林草覆盖率 27%。主要采取工程措施、植物措施以及临时措施进行防治，其中，植物措施采取选择适应干热河谷耐干旱、耐瘠薄土壤的树种和草本植物，施工完工后，进行迹地恢复、营造水保林、经果林，促进当地经济的发展，这些均符合公众参与过程中群众提出的水保要求。

（4）生态保护

不少群众和单位代表认为区域生态环境脆弱，应加强工程建设的生态保护工作。在本报告书中，设计人员根据工程特点以及区域生态环境现状，列出了一系列生态保护措施。

陆生生态部分主要提出了生态影响的避让措施、减缓措施、恢复措施以及管理措施，其中包括群众关心的预防森林火灾的措施。

针对乌东德水库生态环境特点、水生生物资源状况以及鱼类生物学特性，鱼类保护主要采取增殖放流、栖息地保护、过鱼设施、分层取水、下泄生态流量、水库生态调度、渔政管理、水库生态及鱼类保护技术研究等措施。通过采取上述措施，将可使乌东德水电站对水生生态的影响减小到最低水平。

（5）移民环境保护

工程建设必然会占用部分土地，针对受调查公众提出的意见，设计中要求尽量少占地、少占耕地，环保措施中也提出了相应的土地资源保护和恢复措施，最大程度上减小对居民生产生活的影响。在考虑耕地补偿等措施的同时，充分利用工程开发的时机，改善当地交通、通讯等基础设施状况，并注重移民安置区的生态保护和恢复。本报告书设有专门章节对移民安置规划的环境影响做出了分析，并提出了相应的环境保护措施及要求。移民安置经过详细规划，按国家有关标准确定补偿金额，并尽可能考虑移民的利益，改善其交通、通讯状况，提高其物质文化水平，同时移民安置过程中注意协调搬迁居民和原住居民的关系，使其尽快融入到新的社会环境中去。为了给库区移民群众带来方便和利益，并节约能源、维持生态平衡，移民安置区建议农户建设沼气池。由于物价水平年不同，乌东德水电站的移民补偿标准高于向家坝及溪洛渡。

部分移民关心水库形成后对所在地气候产生不利影响，环评机构委托南京大学编制了《乌东德水电站局地气候影响评价》，分析水库形成后对库区及周边形成的影响，结果显示，水库对蓄水后沿岸 1 公里内有气候特征一定影响，但影响范围和影响程度不大。水库形成后对库周温度夏季有小幅降低，冬季小幅升高，水库对 5km 范围(即 25km²)内的小气候特征影响很小，可以忽略。全球气候变化的背景趋势是该地区气候变化的主要因素，要高于水库对区域气候的影响。在预测章节，环评工作人员对库周设置气象站和剖面进行气象数据监测，关注库周气象变化。

（6）水环境影响及保护

为保护乌东德水电站库区水质，使其满足Ⅲ类水水质目标，在水库蓄水前需做好水库库底清理工作，水库运行期间，应加强库周水环境管理力度。结合当地乡镇发展规划，在库区周边乡镇建设城镇污水处理厂，加强对生活污水的收集与处理。通过调整农业结构、大力推进生态示范区建设、建设库岸生态防护带，有效防止面源污染。

为保护金沙江攀枝花市江段的环境，严格限制污水排放量大和污染物产生量大的企业进入攀枝花市钒钛产业园区，对产业集聚区内现有同类或相关小型企业，鼓励其相互整合、联手经营，扩大生产规模、延长产业链条，改造现有落后生产工艺。加强攀枝花钒钛产业园区污水集中处理能力建设，完善污水处理厂配套管网，对钒钛园区已建污水处理厂进行升级改造，对污水实施深度处理。推行中水回用，减少入库污染物量。园区排污口引至迤资取水口下游，安宁园区排水管引出库区进行建设。

（7）地质灾害防范

在乌东德水电站工程预可行性和可行性研究阶段，长江勘测规划设计研究有限责任公司设计人员对坝区及库区地质情况均做了大量的勘测、调查工作，对坝址的选择做了多方案比选，最终选择了乌东德坝址。其中，可行性研究勘察工作分区域地质与地震、水库区、坝址区、建筑材料和金坪子滑坡五大部分开展，并取得了成果，经过勘察调查发现，乌东德库区地质条件较好，水库诱发地质灾害的风险低。

（8）运行期监测措施

为了更好地保证水库运行期库区环境及库周居民生活环境的良好发展，环评单位工作人员计划在水库蓄水后对库区水环境、水生生态、陆生生态、库区局地气候等根据需要进行连续系统地监测和调查，这也为工程影响区域的环境污染控制、工程环境管理、环境监理、环保竣工验收以及流域梯级开发的环境保护工作和可行性研究阶段环境影响评价结论验证提供可靠的数据和资料。

11 评价结论

11.1 工程概况

乌东德水电站位于云南省禄劝县和四川省会东县交界的金沙江干流上，右岸隶属云南省昆明市禄劝县，左岸隶属四川省凉山州会东县，是金沙江下游河段四座水电站中最上游的梯级电站。

（1）工程开发任务及规模

乌东德水电站工程开发任务以发电为主，兼顾防洪；工程建成后，同时具有拦沙、改善库区及下游航运条件等综合效益。

乌东德水电站为 I 等大（1）型工程，电站装机容量 10200MW，多年平均发电量 389.3 亿 kW·h，正常蓄水位 975m，相应库容 58.63 亿 m³。

（2）枢纽布置

工程的主体建筑物由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统等组成。工程大坝采用混凝土抛物线型双曲拱坝；泄洪设施采用坝身泄洪与岸边泄洪洞分流相结合的方式，坝身设置 5 个表孔和 6 个中孔，3 条泄洪洞均于左岸靠山侧布置。坝顶高程 988m，最大坝高 270m。引水发电系统采用首部式或中部式地下厂房布置型式，分别布置于左、右两岸，每岸各布置 6 台 850MW 发电机组。

（3）施工总布置

乌东德水电站采用河床一次断流、围堰全年挡水、左右岸导流隧洞泄流的施工导流方式；后期导流采用陆续投入运行的永久泄水建筑物泄水。共设置“左 2 右 3、4 低 1 高”5 条导流隧洞，4 条低洞出口尾端均与电站尾水隧洞结合。

主体工程施工区实行封闭管理，建设征地面积 12.27km²。施工临时设施布置在 9 个主要区域，共布置 3 个砂石加工系统、3 个混凝土生产系统、4 个施工营地、7 个施工工厂、3 个存料场，4 个主要弃渣场，1 个石料场，1 个土料场。大坝上下游各布置一座水厂。左右岸各布置高、中、低不同高程的 4 层道路。

乌东德水电站工程开挖 8715.23 万 m³（含移民安置工程），填筑利用总量为 5198.88 万 m³，总弃渣 3516.35 万 m³。工程总工期 122 个月，施工高峰人数 1.2 万人。

（4）建设征地移民安置规划

乌东德水电站建设征地涉及云南、四川 2 省 4 个市（州），10 个县(区)，38 个乡镇。建设征地总面积 138.65km²，建设征地范围内 2010 年底总人口 25187 人，其中农村人口 22592 人，集镇人口 2382 人，专业项目人口 213 人。建设征地涉及土地总面积 20.80 万亩，其中耕地 2.50 万亩、园地 2.22 万亩、林地 3.28 万亩。

规划水平年规划搬迁安置人口 30878 人，规划农村集中安置点 26 个，迁建集镇有 2 个，城区安置点 1 个；农村移民规划生产安置人口 30104 人，安置方式包括农业安置、养老保障安置、兼业安置、逐年补偿安置，复合安置和自行安置等。

（5）工程投资

根据现阶段可研报告成果，工程静态总投资 752.57 亿元。

11.2 工程方案合理性分析结论

乌东德水电站工程建设条件优越，没有制约工程建设的重大环境问题，工程符合国家产业政策、能源建设政策和能源发展规划。工程的建设及其开发任务均符合已批复的《长江流域综合利用规划简要报告》、《长江流域综合规划((2012～2030 年)》以及《金沙江下游河段水电梯级开发环境影响及对策研究报告》要求。从环境保护角度，本工程的坝址方案、施工布置方案的选择较为合理。本阶段进行了 950m、960m、965m、970m、975m、980m 六个正常蓄水位方案的环境比选，从环保角度考虑，980m 方案对环境影响较大，不推荐该水位方案。950m、960m、965m、970m、975m 方案不存在重大的环境制约因素，但 975m 方案、970m 方案回水涉及攀枝花市，对攀枝花市取水排污产生一定影响。965m 正常蓄水位方案对攀枝花市水环境不会产生影响。考虑攀枝花水环境影响并结合库尾保留一定流水生境的要求，本阶段推荐乌东德水电站按 975m 正常蓄水位一次性建成，初期运行控制水位 965m，初期运行后开展相关监测和研究，经环境影响评估后确定正常运行水位方案是合理的。

11.3 环境现状

11.3.1 自然环境

乌东德水电站地处我国地势第一阶梯的川、滇山地及与第二阶梯的过渡段地

貌区，属山原峡谷地貌类型。金沙江属深切河谷，两岸河流阶地少有保留，从库尾到坝址区，不连续地分布 3~5 级基座阶地或侵蚀阶地，其中 II 级和 III 级保留相对完整。

乌东德库区位于川滇中山峡谷区。区内沟壑纵横，山高谷深，地形切割起伏剧烈，具有特殊的亚热带季风气候，风化作用强烈，暴雨集中，外动力地质作用强烈，加之新构造运动和地震影响，导致水库区崩塌、滑坡、泥石流等环境地质灾害频发，具典型的西南地形地质环境特征。库区物理地质现象的主要表现形式有：崩塌、滑坡、泥石流等。崩塌、滑坡是影响库岸稳定的主要因素。

根据 2001 年中国地震动峰值加速度区划图（GB18306—2001），乌东德库坝区地震基本烈度为 VII 度。

评价区属低纬度高原季风气候，主要特征是高温、干旱和少雨，降水量少，蒸发量大，水热不同步；气温年差较小，日差较大，垂直差异大的立体气候显著。

乌东德坝址控制流域面积 40.61 万 km²，多年平均流量 3850 m³/s，多年平均径流量 1200 亿 m³，多年平均含沙量 1.02kg/m³。库区左岸主要支流有雅砻江、尘河、鲹鱼河，右岸主要支流有龙川江、勐果河。雅砻江是金沙江最大支流，河口多年平均流量 1910m³/s，年径流量 600 亿 m³。

评价区土壤类型多样，有红壤、棕壤、黄棕壤、燥红土、石灰土、水稻土、亚高山草甸土等 10 个土类。

11.3.2 生态环境

（1）陆生生态

评价区属于南亚热带气候类型，按照《中国植被区划》，该地区位于我国亚热带常绿阔叶林区域，西部（半湿润）常绿阔叶林亚区域，中亚热带常绿阔叶林亚地带，川、滇金沙江峡谷，云南松、干热河谷植被区，宜于各种亚热带植物生长，但由于工程评价区大多位于金沙江两岸，属干热河谷地貌，故全区以干热河谷稀树灌木草丛、山地灌丛和栽培植被为主。评价区自然植被划分为 5 个植被型组、6 种植被型、23 个群系。

评价区野生植物 786 种，分属于 132 个科，496 个属。区内未发现国家重点保护野生植物，在评价区内有银杏（1 株）、红椿（5 株）2 种栽培的保护植物，均属于人工栽培。评价区分布有云南省省级重点保护野生植物 3 种：毛核木、厚

果鸡血藤和丁茜。古树有 4 种共 141 株，包括酸角 68 株、木棉 23 株、黄葛树 45 株、红椿 5 株。评价区共有特有植物 143 种，隶属于 57 科 110 属。其中中国特有种 98 种，华西南特有种 40 种，干热河谷特有种 5 种。外来入侵物种共 6 种，分别为紫茎泽兰、飞机草、马缨丹、银胶菊、土荆芥和刺苋。

根据中国动物地理区划，评价区内动物区划属于东洋界——西南区——西南山地亚区——云南高原省——高原林灌、农田动物群。从陆生动物区系成分分析，陆生脊椎动物以东洋种略多。评价区共分布有陆生脊椎动物 24 目 57 科 108 种。其中，两栖动物有 1 目 6 科 15 种，爬行动物有 2 目 9 科 24 种，鸟类 17 目 51 科 163 种，兽类共有 8 目 20 科 35 种。评价区陆生动物中，有国家 I 级重点保护野生动物 1 种，为黑颈鹤；国家 II 级重点保护野生动物共 24 种，包括黑鸢、雀鹰、松雀鹰、猕猴、穿山甲、黑熊、水獭、大灵猫、岩羊等。省级重点保护野生动物共 19 种，其中四川省 17 种，云南省 2 种。

（2）水生生态

重点评价江段内共有浮游植物 7 门 63 属 151 种，物种多样性相对不够丰富，所属门类较少，其中以硅藻门和绿藻门的种类为多，表现为河流型。调查共采集到着生硅藻类 20 属 117 种及变种，着生藻类种类和数量有限，与急流环境特点相吻合。江段共有浮游动物 3 门 65 属 148 种或亚种，其中原生动物 72 种，轮虫 59 种，枝角类和桡足类数量均较少。底栖动物 57 种，其中软体动物 6 种，环节动物 7 种，节肢动物 42 种，扁形动物和线形动物各 1 种；干支流底栖动物的种类组成区别较大，与其各自底质环境不同密切相关。区域内水生维管束植物有 11 科 12 属 14 种，均为广布种，其中蓼科、眼子菜科、禾本科的种类较多。

调查江段鱼类区系成分中以鲤形目和鲇形目为主，鲤形目中缺乏胭脂鱼科的种类，鲤科中缺乏雅罗鱼亚科、鲴亚科等类群，属于高原鱼类和江河平原鱼类过渡分布水域，其鱼类种类组成与长江上游干流、金沙江中游具有很大的相似性。重点评价区域内调查采集到鱼类 58 种。上述鱼类中没有国家级重点保护动物，列入四川省级保护动物名录 8 种，有 4 种列入国际自然保护联盟红色名录、3 种列入《中国濒危动物红皮书》、9 种列入《中国物种红色名录》，长江上游特有鱼类 33 种。

评价区分布的鱼类包括有长距离洄游、短距离洄游和定居性种类，本河段长距离洄游的种类以圆口铜鱼、长鳍吻鮡、长薄鳅等产漂流性卵的鱼类为代表。

金沙江中下游产漂流性卵鱼类产卵场分别为金安桥、朵美、观音岩、皎平渡、会东、会泽、八家坪、巧家、白鹤滩、三河坝、溪洛渡、新市镇、屏山、向家坝。其中，皎平渡产卵场位于乌东德坝址上 30km，属乌东德回水淹没区。重点评价区域内较适合的场所包括雅砻江汇口、拉鲊、勐果河汇口、元谋江边、尘河汇口、鲹鱼河汇口、新田等处。

（3）生态完整性

根据评价区内的景观类型优势度值分析，评价区内的灌丛和灌草丛的优势度值最高，为 55.62%，其次是旱地、经济林、针叶林的优势度值也较高，其余依次为水田、未利用地、建设用地、河流水域、阔叶林、竹林。乌东德水电站生态评价区平均净生产力为 728.33gC/（m²·a），灌草地面积占的比重最大，达到 59.07%，是对评价区的平均生产力值的大小起决定性的因素。

（4）环境敏感区

评价区分布的重要生态敏感区包括元谋省级风景名胜区、攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护区以及皎平渡产漂流性卵鱼类产卵场。

（5）水土流失

金沙江干热河谷区段山高谷深，岩体破碎，水土流失严重。工程涉及县区为金沙江水土保持重点治理区的干热河谷区，在四川和云南两省的《关于划分水土流失重点防治区的公告》中，除攀枝花市内的东区、仁和区、钒钛产业园区为省级重点监督区外，其它区县均为省级水土流失重点治理区。

乌东德项目区所涉及的 7 县 3 区水土流失总面积为 24278.28km²，其中微度、轻度、中度、强烈、极强烈、剧烈侵蚀面积占水土流失总面积分别为 47.9%、16.8%、21.5%、11.9%、1.6%和 0.2%。项目区水土流失类型主要为水力侵蚀，主要包括面蚀和沟蚀，同时还存在滑坡、崩塌等重力侵蚀以及泥石流等混合侵蚀。

11.3.3 社会环境

乌东德水电站工程枢纽占地和水库淹没涉及云南省禄劝县、武定县、元谋县、永仁县和四川省会东县、会理县、仁和区、东区、钒钛产业园区、盐边县，共 10 个县区。根据 2010 年统计年鉴，10 个县区的幅员面积 24698km²，有 211 个

乡镇 1430 个村（居委会），总人口 261.02 万人，平均人口密度 105 人/km²。其中农村人口 203.55 万人，占 78%；少数民族人口 61.71 万人，占 23.6%，主要有彝、苗、傣、白、哈尼、傈僳等 26 个少数民族。

乌东德水电站工程影响涉及的 10 个县（区）2010 年国内生产总值 458.95 亿元，平均 17583 元/人，但县区间人均国内生产总值差距较大，禄劝县最低，只有 4932 元/人；东区最高，55355 元/人。

根据第二次全国土地调查数据，除只涉及少量土地淹没的永仁县和攀枝花城区的东区、钒钛产业园区外，其他 7 个主要农业县区共有土地面积为 3292.07 万亩。其中，耕地 441.81 万亩，占 13.4%。

乌东德水电站工程涉及区县传染病主要为介水传染病和呼吸道传染病，地方病有碘缺乏病、克山病和地方性氟中毒。

乌东德水电站建设征地共涉及文物古迹 40 处，年代跨越商周至近现代。按地域分，云南省 18 处，四川省 22 处；按建设征地范围分，枢纽工程区 8 处，水库淹没区 32 处。

11.3.4 环境质量现状评价

11.3.4.1 水环境

乌东德库区河流回水末端以下共涉及 42 个乡镇（街道办），其中污染源排入干流的乡镇有 30 个，排入支流的有 12 个。据调查，乌东德库区涉及县区已建 9 座集中式污水处理厂。现状水平年库区回水末端以下仅有盐边县的红格镇和仁和区钒钛工业园建有污水处理厂，分别处理生活污水和工业废水，其它县的综合污水大都直接排入河流或简易处理后排放。面源主要来自于农村散排生活污水、畜禽养殖及农田径流三方面。

乌东德库区共收集了 15 个常规水质监测断面和 12 个委托水质监测断面的监测资料，评价结果表明：乌东德库区干支流 2009 年～2013 年水质状况良好，总体满足Ⅲ类水域水质标准；个别断面局部时段出现水质超标的现象，主要的超标因子有 COD、TN 和粪大肠菌群，以有机污染为主，主要是沿江居民生活及农业面源污染所致；评价河段中重金属浓度均满足Ⅲ类水域水质标准，部分因子能够达到Ⅰ类标准；从年内变化上看，各断面丰、平水期水质普遍劣于枯水期。

支流中雅砻江水质达到Ⅱ类水质，龙川江黄瓜园断面水质较差，BOD₅、COD、NH₃-N、TP 都在不同时段有不同程度超标，勐果河部分月份 COD 超标，尘河部分月份 TN 超标，鲮鱼河部分月份 TN、TP 超标，其它因子均达标。

乌东德库区底泥监测分析显示，金沙江干流、支流底泥中的 Hg、Cu、Zn、Se、Cd、Pb、Cr 重金属含量基本上满足土壤环境质量的二级标准，仅干流坝址附近 Cu 略有超标，但能满足土壤环境质量的三级标准。

工程区地下水水质满足《地下水环境质量标准》（GB/T14848-93）Ⅲ类水标准。

11.3.4.2 声环境和环境空气

根据凉山州环境监测站 2011 年 3 月、2011 年 8 月对枢纽工程区卧嘎村、金坪子村、大坝砂石系统营地、三台村和二坪子村的声环境和环境空气的监测结果表明，区域声环境现状能满足 2 类声环境功能区的要求，环境空气环境质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

11.4 环境影响预测评价

11.4.1 水文情势影响分析

（1）库区水文情势变化分析

乌东德水电站建成后，库区水域面积增大 76.6km²，为原天然河道水域面积的 2.5 倍；库区水深增加，流速变缓。

库区各典型断面水位变化总体呈自上游往下水位增幅逐渐变大的趋势。水库建库后，坝址处水位抬高最为明显，库尾水位变化相对较小。坝址处水位丰水年丰水期最大涨幅为 145.49m，平水年平水期 161.21m，枯水年枯水期 152.71m。库尾攀枝花雅砻江入口以上河段水位基本无变化；钒钛产业园区断面在平水年枯水期水位变幅在 2.08~2.85m 之间，变幅较大。

建库后库区流速总体呈越自上游往下各断面流速逐渐减小的趋势。由于水库高水位运行，平水年枯水期、平水期，枯水年枯水期、平水期流速减小明显，且越接近坝区水库减小程度越大。库尾金江镇以上断面流速相对建库前均无较大变化，钒钛产业园区断面在平水年枯水期变化最为显著。各典型年库区钒钛产业园区以下河段流速变化均较为明显，该河段由急流转为缓流。

（2）坝下水文情势变化分析

在汛期，尤其是 8 月份，水库调洪运行时，坝下游流量较建库前流量减少明显，水库调洪削峰作用明显。6 月份水库需腾空库容，水库水位降至汛限水位以下，下泄流量较建库前有所增加。其余月份，受水库调节能力及水电站发电影响，下泄流量较建库前有所增加或者不变。

乌东德建库后，丰水年年内坝址下游断面水位最大增幅为 1.5m，最大减幅为 1.4m。平水年年内坝址下游断面水位最大增幅为 1.7m，最大减幅为 1.6m。枯水年年内坝址下游断面水位最大增幅为 1.7m，最大减幅为 1.8m。各典型年坝址下游水位以 8 月份降低最为明显，水位升高以 6 月份最为明显。

11.4.2 运行期水环境影响

（1）对水温的影响

1) 乌东德库区水温呈季节性分层状态。单层取水时平水年在 2 月~6 月、9 月~10 月，枯水年在 2 月~10 月、丰水年在 2 月~6 月、8 月存在表层温跃层，分层现象较明显。各典型年垂向最大温差约 15℃，2 月~7 月库底水温稳定在 11.7℃ 附近。

2) 乌东德电站运行对下游水温过程有一定程度的春季低温水和冬季高温水影响。单层取水时各典型年在 2 月~8 月的下泄水温低于坝址现状水温，降幅最大月份均在 4 月，降幅分别为 2.0℃（平水年）、1.5℃（枯水年）、1.9℃（丰水年）；各典型年下泄水温在 10 月~翌年 1 月高于坝址现状水温，升幅最大月份在 11 月（枯水年）、12 月（平、丰水年），分别比现状提高了 1.8℃（平水年）、1.5℃（枯水年）、1.0℃（丰水年）。

3) 单层取水时下泄水温达到 18℃的时间比现状水温过程有所延迟。升温期坝址现状水温到达 18℃的时段范围主要集中在 4 月中、下旬，预测结果表明，乌东德电站下泄水温到达 18℃的时段为 5 月上旬（枯水年）和 5 月中旬（平、丰水年），延迟约 2 旬~3 旬。

4) 为了减免电站下泄低温水的影响，对三种不同层高组合（4m*8 层、8m*4 层、4m*4 层+8m*2 层）的叠梁门方案的改善效应进行了模拟。相比于单层取水，叠梁门方案在 3 月~5 月对低温水的改善效果较明显，下泄水温分别提高了 0.8℃、1.0℃、0.8℃；在 6 月由于运行水位降低、流量加大，叠梁门的水温改善效果并

不明显。叠梁门方案能一定程度地减缓升温期水温延迟效应，下泄水温达到 18℃较单层取水方案提前了 10 日~15 日。三种叠梁门方案中 4m*8 层与 4m*4 层+8m*2 层方案对改善下泄低温水的效果相对较好，而从叠梁门运行角度出发，推荐 4m*4 层+8m*2 层叠梁门方案。

5) 乌东德水电站叠梁门取水对改善升温期向家坝下游水温的延迟现象具有一定的效果，但效果不明显。

乌东德单层取水方式下金沙江下游四个梯级联合运行时，向家坝下泄水温在 4~6 月平均降低 3.7℃，5 月降低 4.2℃；9 月~翌年 2 月平均上升 3.2℃，1 月上升 5.5℃。月均水温年内变幅由天然的 10.5℃减小到联合运行后的 6.4℃，年内均化现象明显。向家坝下泄水温在 4 月下旬达到 16℃，较坝址天然过程延迟了近 4 旬，5 月下旬方能达 18℃，较坝址天然过程延迟了近 5 旬。金沙江下游梯级电站联合运行导致向家坝坝下水温过程的延迟效应明显。

乌东德采用叠梁门分层取水方案后，向家坝下泄水温较单层取水方案在 4~6 月分别升高了 0.3℃、0.5℃、0.5℃，但较天然水温仍平均降低了 3.3℃，5 月降幅达 3.7℃。向家坝下泄水温 4 月中旬到达 16℃，较坝址天然过程延迟近 3 旬，较单层取水方案提前了 1 旬；到达 18℃时间为 5 月下旬，较单层取水方案没有明显变化。

(2) 库区及坝下水质预测

采用立面二维水质模型对预测典型水平年乌东德水库主库库区以及龙川江、勐果河、尘河、鲹鱼河支库水质进行了数值模拟与预测。预测结果表明：

1) 平水年和枯水年主库库区 COD、NH₃-N、TN、BOD₅、DO 均满足地表水Ⅲ类水质标准。TP 丰水期干流入流浓度超标（大于 0.05mg/L），导致主库存在部分库区 TP 超标现象，平水期 11 月受 10 月汛期水体的滞留影响，库中部分区域存在 TP 超标现象。

2) 支流枯水期流量小，水库的运行水位较高，受主库回水顶托作用，支流挟污难以向下游输移，在库尾形成一较明显的污染带。而支库近汇口的大部分水域水质主要受主库影响，NH₃-N 入流背景浓度较低，库区分布较为均匀。COD、TP、TN、BOD₅ 在底部污染物浓度偏高，而表层偏低。丰水期支流来流水质普遍较差，且受面源负荷汇入和主库水质汇入的影响，支库均不同程度地存在 TN、TP 超标污染区域。

3) 对比建库后与未建库坝下断面水质的变化, 建库后的坝下断面水质均能达到Ⅲ类水标准, 且均优于未建库, 说明乌东德对下游水质具有改善效应。

(3) 水库富营养化趋势预测

各典型水平年乌东德主库库区均存在一定的富营养化风险。汛期入流 TN 和 TP 已达到 0.638mg/L 和 0.072mg/L, 加上支流及区间面源负荷汇入, 主库大部分区域的 TN 和 TP 处于中~富营养化状态。但主库汛期流量大, 水位较低, 水体流动较快, 对藻类的大量繁殖相对不宜。

龙川江、勐果河、尘河、鲹鱼河支库汛期基本上大部分水域 TP、TN 呈中~富营养化状态, 局部区域呈富营养化状态。支库水流缓慢, 尤其表层水温(各支库表层水温在 24°C 左右)通常接近藻类大量繁殖的温度, 综合分析判断认为, 各支库在丰水期发生富营养化风险较高。

(4) 对攀枝花河段水环境的影响

乌东德水库回水主要涉及攀枝花市钒钛产业园区以及金江镇排污口, 乌东德建库后库尾段流速减缓, 一定程度上降低了河道的迁移扩散能力, 使得排污口附近污染带长度和宽度均有所扩大。

乌东德建库对攀枝花河段的取水口水质影响较小, 除平水年枯水期有库情况下迳资取水口的 TN 略有超标外, 其它工况各取水口均未出现水质超标的情况。

攀枝花市危险废物处理中心废水产生量为 42.3m³/d, 废水经处理后循环利用, 不外排。事故排放对河道水质的影响主要表现为汞的超标范围相对较大, 超标污染带长度为 1km 左右, 最大宽度为 8.8m, 而其它各指标的超标污染带均较小。

乌东德水库蓄水后, 攀枝花河段近岸水域纳污能力 COD 减小 1169.07t/a, 氨氮减小 184.43 t/a。

(6) 坝址下游总溶解气体过饱和(TDG)预测

对乌东德电站单独泄洪情况下总溶解气体饱和度预测结果表明, 乌东德电站由于泄洪水头高, 流量大, 各泄洪预测工况均出现总溶解气体过饱和现象, 且过饱和度与泄洪方式和流量相关。其中, 在泄洪洞(出库流量 17893m³/s)单泄下水体 TDG 饱和度最高, 达到 149.6%, 在考虑发电尾水掺混影响后, TDG 饱和度降至 127.9%; 中孔泄洪时, 坝下 TDG 饱和度较泄洪洞泄洪和表孔泄洪低, 为

144.8%，尾水掺混后为 124.7%；表孔单泄($Q=14734\text{m}^3/\text{s}$)和中孔单泄($Q=16616\text{m}^3/\text{s}$)以及泄洪洞单泄($Q=17064\text{m}^3/\text{s}$)时，过饱和和溶解气体输移释放至岷江汇口前饱和度分别为 106.4%，107.2%，109.4%。

当四个梯级联合泄洪，河道 TDG 饱和度水平平均较乌东德电站单独运行时高。联合运行条件下，各梯级电站泄洪洞或深孔单泄下水体 TDG 饱和度最高，至岷江汇口前断面 TDG 饱和度为 135.0%，较乌东德单独泄洪运行时的 109.4%提高了 25.6%。

11.4.3 生态环境影响

11.4.3.1 对陆生生态的影响

(1) 对生态系统完整性的影响

工程建设造成评价范围生态系统生物量减少，电站建成后林地、灌草丛面积减少将使评价范围的生物量减少 8.05 万 t，平均生产力减少 $21.16\text{gC}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，自然体系的生产力为 $707.17\text{gC}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，仍具有一定的生态承载力。因此，工程引起的干扰是可以承受的，生态系统的稳定性未发生大的改变。

水库淹没前后自然植被的景观优势度没有发生明显变化，灌丛和灌草丛、旱地仍为评价区优势度较高的景观类型。因此，水库蓄水后，原拼块的优势度变化不显著，表明工程施工和运行对自然体系的景观质量不会产生大的影响。

水库蓄水后局地小气候的变化将使库区植被群落覆盖度增加，群落结构趋于多层次和复杂化，库区物种多样性增加。

(2) 对陆生植物的影响

淹没区淹没植被面积最大的植被类型是灌丛和灌草丛，达 4904.11hm^2 ，包括车桑子、麻疯树等干热河谷灌丛。云南松、滇油杉等暖性针叶林在评价区分布的海拔较高，不处于水库淹没区范围内。

水库蓄水不会改变整个评价区的生态系统的结构和稳定性，影响较大的自然植被为锥连栎、坡柳、黄茅稀树灌木草丛以及车桑子、麻疯树等干热河谷灌丛，这两种植被在金沙江干热河谷中较常见，也是植被恢复的主要对象。

电站运行后，库区将出现约 30m 的垂直消落深度，长约 200km 的消落带。在正常情况下，夏季库岸因受库水反复、周期性的浸泡以及水位涨落、冲刷和淤

积作用，消落带的地形、土壤和水分状况将会发生一定变化，景观以及植被会有所改变。

乌东德水电站评价区内，受水库淹没或工程建设影响的有国家Ⅱ级重点保护植物红椿（栽培）5株，云南省省级重点保护野生植物有毛核木、厚果鸡血藤和丁茜。古树有119株，古树位于淹没区，1株位于枢纽工程区，4株红椿位于移民安置区范围，可能受移民安置活动带来的影响。

（3）对陆生动物的影响

乌东德建库后，淹没线下的岸边、河谷地带现有的野生动物生境将被淹没，陆生动物的栖息地相对缩小。在低海拔分布的蜥蜴类及蛇类等爬行动物和小型兽类，由于原分布区被部分破坏，导致这些动物的生活区向上迁移。对于部分低海拔灌丛、草丛中栖息的鸟类、兽类，栖息地将会部分破坏，但它们都具有一定迁移能力，食物来源也呈多样化趋势。水库蓄水不会对它们的生境造成较大的影响。总体来看，水库蓄水后，陆生动物的觅食范围有所缩小，但不会构成严重威胁。根据调查，施工区及附近可能分布有鸢、鹊鹑、草鹑等国家Ⅱ级重点保护动物，偶尔会在施工区上空飞行，但工程区域未发现这些鸟类的栖息地和越冬场地。工程施工活动会影响这些鸟类正常活动，但其活动范围较大，且只是偶尔出现在施工区域，工程施工不会对这3种保护鸟类产生较大的影响。水库淹没区可能有鸢、鹊鹑、草鹑、普通鵟等国家Ⅱ级重点保护鸟类活动，均为猛禽。调查中未发现这些鸟类栖息地和越冬场地，水库淹没不会对这些鸟类产生较大的影响，而水库形成后可能形成新的湿地鸟类越冬场所，对湿地鸟类和越冬水鸟存在有利影响。

11.4.3.2 对水生生态的影响

（1）对水生生境的影响

乌东德水库建成蓄水后，库区河段总长206.7km，平均每公里河道水面宽度增加约370m，成湖率较低，水库仍呈现出一定的河流特征。但在水库不同部位表现出不同的流速，总体上坝前水域水深、面广，水流平缓，呈现湖泊水动力学特征，为水库湖泊段；水库中间水域具有一定的流速，属于过渡段；水库库尾区域流速较大，接近原天然河流状态，仍具有河流水文水动力学特征。

乌东德电站运行对下游水温过程有一定程度的春季低温水和冬季高温水影响。2~8月的下泄水温低于坝址现状水温，10~翌年1月高于坝址现状水温。金

沙江下游梯级电站下泄水温产生累积效应，对向家坝出库水温及长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区江段水温产生影响。乌东德电站泄洪时，坝下会产生不同程度的气体过饱和现象。

（2）对鱼类的影响

①大坝阻隔影响

金沙江下游向家坝、溪洛渡电站的建设，阻隔了长江上游与金沙江下游鱼类洄游交流，观音岩等金沙江中游和二滩等雅砻江中下游水电梯级的开发，阻隔了高原鱼类向金沙江下游分布。本江段作为金沙江中游与长江上游及雅砻江鱼类迁移交流的重要通道，其功能已严重削弱。乌东德水电站建成后将进一步加剧原有的阻隔影响。

对于坝下白鹤滩库区，乌东德大坝建设，隔断了白鹤滩库区与库尾以上流水江段鱼类迁移洄游，白鹤滩库区流水生境明显萎缩。阻隔于白鹤滩库区在流水生境繁殖适应开阔水域生活的鱼类，产卵生境仅依赖白鹤滩库尾流水河段、支流及支流汇口，适宜繁殖生境大幅度缩小，种群增长受到抑制；对流水生境依赖程度高，需要在流水生境完成整个生活史的鱼类，仅存的库尾及支流流水生境，难以维持大的种群，可能在白鹤滩主库区逐渐消失；圆口铜鱼等较大型产漂流性卵的鱼类，白鹤滩库区已不具备产卵孵化的条件，将在白鹤滩库区逐渐消失，只有中华金沙鳅等小型产漂流性卵的鱼类，可能在黑水河等支流繁殖，维持一定的种群；对适应缓流、静水开阔水域的鱼类，乌东德的阻隔影响相对较小。

阻隔于乌东德坝上的鱼类，适应缓流、静水开阔水域生活，需要在流水环境产粘沉性卵的，乌东德库尾至桐子林坝下保留了一定的流水河段，将维持一定的种群；对流水生境依赖程度高，需要在流水生境完成整个生活史的鱼类，由于流水生境萎缩，其种群数量将明显下降。对于圆口铜鱼等较大型产漂流性卵的鱼类，位于库区的皎平渡产卵场将消失，乌东德水库在洪限水位运行，达到 0.2m/s 漂流孵化流速的流程在 140km 左右，圆口铜鱼虽然孵化成活率明显下降，但仍有一定的成活率，为维持其种群保留了一定的条件。但随着上游梯级调度，乌东德库尾水文过程会发生相应的变化，该江段作为圆口铜鱼等产漂流性卵鱼类产卵场的功能会受到明显削弱，综合因素考虑，仅仅依靠乌东德库尾是否能够有效保护圆口铜鱼种质资源，仍存在不确定性。而对于金沙鳅等小型产漂流性卵的鱼类，

产卵生境虽然明显萎缩,但其对产卵环境要求相对较低,维持一定种群是可能的。对于适应缓流、静水生境的鱼类,水库的形成为其提供了适宜的条件,其种群数量将会明显增长。

②水温变化对鱼类影响

乌东德水电站建成后,鱼类的繁殖期水温降低,3月~5月下泄水温较现状水温平均降低了 1.7°C ,4月份降低最长达 2.0°C 。下泄水温过程较现状水温过程有较为明显的延迟现象,延迟约2旬~3旬。4月份正是长江上游一些鱼类如裂腹鱼的繁殖季节,下泄水温回升延迟,达到鱼类繁殖水温时间推迟,可能打乱了原有的水温变化、水文过程的偶联关系,影响鱼类繁殖。中华鲟是秋季繁殖类型,三峡工程蓄水后泄水水温随季节下降滞后,已推迟了中华鲟繁殖时间,金沙江下游梯级电站建成后,由于梯级电站累积作用,可能加大三峡水库秋冬季节泄水水温升高的效应,从而对中华鲟繁殖产生不利影响,但由于涉及多个工程的综合作用且距离很长,其对葛洲坝以下水温的准确预测非常困难,下阶段应从流域层面强化水温变化的观测,开展水电梯级开发对葛洲坝下游中华鲟产卵场的累积影响研究。

③总溶解气体过饱和对鱼类的影响

乌东德电站由于泄洪水头高,流量大,各泄洪预测工况均出现总溶解气体过饱和现象,且过饱和度与泄洪方式和流量相关,TDG过饱和可能导致鱼类患气泡病并引起死亡。其中,在泄洪洞单泄下水体TDG饱和度最高,达到149.6%,在考虑发电尾水掺混影响后,TDG饱和度降至127.9%;泄洪洞单泄情况下,下游白鹤滩坝址断面释放至121.5%,至溪洛渡坝址断面降至117.9%;至向家坝坝址断面降至113.3%,在岷江汇口前TDG饱和度为109.4%。金沙江下游梯级联合泄洪条件下,向家坝坝下TDG最大值达139.7%,岷江汇入口断面的饱和度最大135.0%,过饱和气体对保护鱼类产生一定影响。

④对鱼类“三场”的影响

乌东德建成蓄水后,库区水生生境由急流流态变成静态或缓流态,使现有产卵场生境发生变化,库区现有的较平渡产漂流性卵鱼类产卵场由于生境的改变而消失,在此产卵的鱼类将上溯至库尾及支流,在库尾河流态的生境条件下形成新的产卵场。但由于流水江段萎缩,达到鱼卵漂流孵化流速的流程有限,其孵化成

活率会明显降低。水库淹没将对库区鲢鱼河河口、尘河河口、元谋江边乡龙江江河口等产粘沉性卵鱼类产卵场产生淹没影响，产卵生境明显萎缩，但库尾、支流汇口仍保留少量流水生境，为其产卵繁殖提供了一定的条件。库区的形成，库岸线的增加，适应缓流、静水生境产卵鱼类的产卵环境将优化，资源量将急剧增加，成为库区鱼类优势种群。

⑤对珍稀、特有鱼类资源的影响

白鲟、达氏鲟、胭脂鱼等 3 种鱼类的主要产卵场位于向家坝库区河段和长江上游，主要受溪洛渡和向家坝运行影响，乌东德库区河段没有白鲟、达氏鲟和胭脂鱼分布，工程建设不会对 3 种鱼类产生直接影响，金沙江下游梯级电站建设对下游河段水温产生一定的累积影响，但水温变化仍在其产卵范围所需范围内，工程建设对其影响有限。

乌东德水电站的建设及运行后，寻甸白鱼、短臀白鱼、原鲮、黑斑云南鳅等鱼类主要分布在支流，工程建设对其影响有限；四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、裸体异鳔鳅、中华金沙鳅、西昌华吸鳅等适应急流生活的种类，在库区江段的种群数量会显著减少，并会逐渐集中至库尾、库区支流，栖息空间显著缩小，种群数量下降；适应缓流生境的短须颌须鲃、钝吻棒花鱼种群规模推测有可能扩张。

随着金沙江中下游及雅砻江水电梯级的建设，河段内原有的产卵环境遭到破坏，溪洛渡、向家坝水电站的蓄水发电，阻隔了长江上游与金沙江下游的圆口铜鱼种群联系，圆口铜鱼的繁殖空间进一步缩小。乌东德库区分布有皎平渡产卵场，工程建设后对该产卵场产生淹没影响，

乌东德水电站建成后，每年在 4~7 月低水位运行时，库尾江段有满足圆口铜鱼受精卵孵化至具备一定游泳能力仔鱼所需河段长度的可能，为维持其种群保留了一定的条件。但由于流程较短及上游水电站调度的影响，圆口铜鱼孵化成活率会大幅度降低，存在难以维持相应稳定种群的风险。综合因素考虑，仅仅依靠乌东德库尾是否能够有效保护圆口铜鱼种质资源，仍存在不确定性。

⑥对长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的影响

乌东德水电站工程区距离保护区 535.9km，工程建设不会对保护区的结构直接产生影响。乌东德水电站对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区的影响主要体现在下泄水温的累积影响方面。乌东德采用分层取水方案下，鱼类产卵期

向家坝下泄水温较天然水温为 $15.6^{\circ}\text{C}\sim 15.7^{\circ}\text{C}$ ，但仍在白鲟、达氏鲟、胭脂鱼 3 种保护对象鱼类产卵所需水温范围内。坝下河段将出现气体过饱和现象，对长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区产生累积影响，应采取合适的工况减少气体过饱和现象的发生。

11.4.3.3 对生态敏感区的影响

(1) 对元谋省级风景名胜区的影

物茂土林片区、班果土林片区、浪巴铺土林片区均位于乌东德水库正常蓄水位 975m 以上，水库蓄水对物茂土林片区、班果土林片区、浪巴铺土林片区不会产生影响。水库蓄水对元谋风景名胜区的金沙江峡谷片区有一定影响，但对元谋风景名胜区的主要标志性景观无影响。水库蓄水后，将形成高峡平湖的新景观。航运的畅通将带来旅游的便利性，可加快金沙江峡谷内景观资源的开发利用。

(2) 对攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区的影响

攀枝花市仁和区平地猕猴自然保护小区位于高程 1000m 以上，乌东德水库蓄水对该自然保护小区不会产生淹没影响。

11.4.4 对局地气候的影响

乌东德水库对局地气候的影响表现在已建成水库的近地面区域，且影响程度小。对各气象要素的影响在不同年份、不同季节有较大差别。总体上，库区周围区域近地面温度变化的绝对值小于 0.2°C ，并主要表现出夏季降温、冬季增温的特点，影响范围限于库区附近。水库蓄水后各个季节库区附近大多数近地面比湿会增加，但增量小于 0.2g/kg 。水库蓄水还会导致库区附近近地面风速的增加，但风速增量均小于 0.1m/s ，其影响基本可以忽略。水库蓄水后，各个季节蒸发量均有所增加，月蒸发量增加值在 $1\sim 3\text{mm}$ 之间；夏季降水量略有减少，减少幅度亦不超过 2mm 。在近库小范围区域内，对各气象要素的影响程度表现出由近及远、由低到高迅速衰减的规律，在不同年份、不同季节以及日内不同时段也有明显的差别。

水库蓄水后对暴雨等气象灾害影响极小，对高低温天气、雾等气象灾害的影响很小，水库使年最高气温下降 $0.2\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ ，使年最低气温上升 0.4°C 。水库可能使库区 7 月、10 月雾日增加 1 天左右，使库区每月逆温出现的日数减少 0~2

天，但对攀枝花地区雾日和逆温没有影响。库区移民安置点规模较小，对周围环境影响范围很小，不会改变局地气候特征。

总体上看，乌东德水库蓄水后对区域气候的影响很小。而对局地的气象场有所影响，但影响范围较小，影响程度在该地区自然的气候年际波动范围内，对该地区的干热河谷气候没有根本性影响。全球气候变化的背景趋势是该地区气候变化的主要因素，要高于水库对区域气候的影响。

11.4.5 水土流失影响

乌东德水电站枢纽工程建设和移民安置共扰动原地貌面积 16674.35hm²，损坏水土保持设施面积 1212.21hm²，其中四川省损坏的水土保持设施面积 629.16hm²，云南省损坏的水土保持设施面积 583.05hm²。

本工程土石方开挖总量 8715.23 万 m³，其中土方 3172.18 万 m³，石方 5543.05 万 m³。填筑利用总量为 5198.88 万 m³，其中土方 1769.13 万 m³，石方 3429.75 万 m³。弃渣总量为 3516.35 万 m³，其中土方 1403.05 万 m³，石方 2113.30 万 m³。

经预测，乌东德水电站工程在施工准备期、施工建设期、自然恢复期水土流失总量为 408.34 万 t，项目区水土流失背景流失总量为 129.71 万 t。如不采取有效水土流失防治措施，将造成新增水土流失量 278.63 万 t。

对于工程建设可能造成水土流失如不采取防治措施，将对主体工程施工、区域生态环境、区域土地资源、金沙江上下游江段以及下游梯级电站和桥梁等产生不利影响，严重的将可能造成水土流失危害事件。

11.4.6 施工环境影响

(1) 施工期水环境

工程施工过程中将产生污废水。工程建设中砂石料冲洗废水及混凝土拌和罐冲洗废水以及车辆冲洗废水处理后回用，不直接排入金沙江，正常运行情况下对金沙江水质不会造成影响。事故排放工况下，在 90%保证率最枯月平均流量条件下，下白滩砂石料冲洗废水事故排放在金沙江中形成的污染带长度约 16.0km，施期大坝砂石料冲洗废水事故排放污染带长约 11.0km，海子尾巴砂石料冲洗废水事故排放污染带长约 6.0km，砂石料冲洗废水事故排放对金沙江局部水域影响较大，与金沙江江水完全混合后影响相对较小。

根据预测，本工程布置的 4 处营地的生活污水在达标排放情况下，排放口下游 110~455m 处可全部自净到背景值。由于金沙江流量较大，水量充沛，生活污水量较小，且均处理达标后排放，因此，工程施工区生活污水排放对金沙江水质影响甚微，不会改变金沙江水质类别。

（2）声环境

工程施工对声环境的影响主要来自于大坝基坑开挖、砂石料加工、施工车辆运输、混凝土拌和、料场开采爆破、渣场弃渣等活动。

预测结果表明，施工期间，卧嘎村受右岸高线过坝路和海子尾巴砂石加工系统的影响不大，昼夜噪声均可达标。三台村二组由于受下白滩砂石加工系统和下白滩弃渣场以及左岸高线过坝路的噪声影响，昼间噪声超标。二坪子村在施期石料场开采期间，受爆破噪声影响，噪声超标。

（3）环境空气质量

乌东德水电站施工爆破、开挖、施工机械运行、车辆运输等施工活动将产生 TSP、NO₂等大气污染物，上述污染物均属无组织排放。

卧嘎村距离右岸高线过坝路 105m，由于本工程区气候偏干燥，易引起扬尘，道路施工将对卧嘎村的环境空气质量产生一定影响。场内道路将对紧邻公路布置的业主营地和施工营地及卧嘎村的环境空气质量产生影响，需采取措施防治。

（4）固体废弃物

本工程施工期需处理生活垃圾量约 29280t。生活垃圾如不妥善处理，对周边环境将产生不利的影响。拟将施工区生活垃圾外运至会东县垃圾处理场进行处理。

11.4.7 地下水环境影响

（1）对地下水水位的影响

由于地下工程主要位于褶皱基底水文单元，褶皱基底与盖层为两个独立水文单元，因此地下工程对上部盖层地下水位不产生影响，地下工程施工期隧洞渗水会引起局部地下水漏失，但不会造成区域地下水位大幅下降。随着施工期隧洞的开挖，可能会导致部分泉水减少，但采取相应的工程措施可得到有效遏制，因此以泉为分散式居民生活饮用水源的影响不大。

基坑排水将对局部地下水流场产生较大影响，位于其影响半径范围内的泉水

均受不同程度影响。

水库蓄水后库区土质库岸中共有 13 处可能产生浸没影响。浸没宽度一般 10m~90m 不等，浸没总面积为 0.15km²，整个库区在水库运行蓄水后由于浸没产生的危害程度较低，浸没影响较小。

整体而言，水库蓄水后，整个区域的流场分布特征较天然流场未发生明显变化，地下水水位的影响范围不大。

（2）对地下水水质的影响

数值模拟结果表明施工废水排入金沙江后进入地下水中的运移范围有限，工程施工对地下水水质影响较小。油站事故泄漏和硫磺厂堆渣场渗滤液由于场址泥岩隔层的作用，污染物的迁移能力较弱，运移范围较小，对地下水水质基本没有影响。

区域内赋存的硫铁矿在施工期和运行期，与地下水的水岩作用导致地下水硫酸盐含量较高，数值模拟结果表明污染物迁移范围左岸 100-200m，右岸为 150-300m。坝址区上方居民用作生活用水的泉水与坝址区的地下水处在水文地质单元，且两者之间基本无水力联系。因此，工程建设对居民用水水质基本无影响。

11.4.8 对环境地质的影响

滑坡体、崩塌堆积体和危岩体失稳在坝前产生的涌浪高度均不超过 1m，不影响工程施工与运行安全。坝址 22km 以远，蓄水后稳定性较差或差的 7 处特大型或巨型滑坡、崩塌堆积体、危岩体，经初步分析失稳后不会形成库中坝，产生涌浪对工程运行也无影响；水库封闭条件好，不存在向外产生渗漏的条件；水库蓄水后库区土质库岸中共有 13 处可能产生浸没影响，浸没宽度一般 10m~90m 不等，浸没总面积为 0.15km²，浸没影响小。

泥石流活动对主体工程施工均不产生直接影响，主要对布置于泥石流流通区、堆积区内工程建筑物与基础设施或施工场地等安全存在一定威胁，应视施工布置采取妥善措施防治。

在假设的极端条件下，各危险区段的诱发地震对坝址区极限影响烈度均不超过Ⅵ度，低于坝区的地震基本烈度Ⅶ度，不会对水工建筑物产生不良影响；除了在龙街库段发生极限水库地震 6 级，震中小范围库区烈度达到Ⅷ度外，其它绝大

多数库区遭遇水库地震的极限影响烈度均不超过当地地震基本烈度Ⅶ度。

11.4.9 泄洪雾化影响

计算结果表明，坝身联合泄洪时，泄洪雾化暴雨区范围对消力池及两岸进厂公路部分段影响很大，部分坝体在雾化暴雨区范围内，应注意防护。

坝轴线下游左岸 1082m 高程、右岸 1027m 高程，左岸泄洪洞下游右岸 980m 高程以下均处于雾化暴雨区范围，岸坡应该重点防护。

11.4.10 移民安置环境影响

（1）环境容量及适宜性分析

从水资源容量来看，移民安置点的农田灌溉用水和移民生活用水在附近都有水源，除个别自金沙江引水的安置点水样出现浑浊度等指标超标外，绝大多数安置点水质都能达到要求。水质通过处理，水量通过水利工程改造均能满足移民安置区的生产和生活用水要求。从土地资源容量来看，移民采取农业安置或复合安置方式，人均配置耕园地 1.5 亩、1.0 亩或 0.5 亩，云南、四川各需配置耕园地面积 14268.5 亩和 11649.5 亩，两省所需耕园地面积远小于土地开发整理后面积，土地资源容量满足移民安置需要。

从生产安置环境适宜性分析，库区 23 个移民生产安置区中，有 3 个是较适宜，其余 20 个为中度适宜，总体安置条件较好；从搬迁安置环境适宜性分析，集中安置区中有 9 个为较适宜，其余为中度适宜或一般适宜，但花果山安置点地质条件较差，采取大量的基础处理措施后仍存安全风险。

（2）环境影响

移民安置对水环境产生的影响主要来自居民点的生活污水，经预测，农村移民安置生活污水排放量为 3236t/d，集镇为 474.6t/d，移民安置点废污水入河后，对河流水质产生一定的影响，但影响较小。

移民安置对大气环境和声环境将产生一定影响，但其影响是局部和短暂的，影响的人群主要是施工人员及附近居民，总的影晌程度不大。

移民安置活动将对安置区及其附近植被带来影响，由于安置区多为人工植被或受人工干扰较大的自然植被，因此对动物及其栖息环境的影响很小。

移民安置区固体废物对环境的影响主要来自于移民安置后生活垃圾对环境

的影响，经预测，生活垃圾产生量 30.88t/d。移民安置区生活垃圾如直接倾倒入江、河、水库或露天堆放，将会对周边水环境、地下水及环境空气造成一定影响。

乌东德水电站移民工程的实施需要大量的人力物力，移民安置规划结合当地特点为地方经济发展提供契机，并促进产业结构的调整和升级、改善居民居住环境。

11.4.11 对社会环境的影响

乌东德水电站发电效益大，装机容量达 10200MW，年发电量 389.3 亿 kW·h，是金沙江水电基地的重要组成部分，是“西电东送”的重要电源之一。乌东德水电站建成后，平均每年可节省标煤约 1250 万 t、减少温室气体二氧化碳年排放量 3250 万 t、减少二氧化硫、氮氧化物、烟尘以及大量粉煤灰的排放，对缓解能源紧缺和环境保护压力，减轻煤炭生产和运输压力，促进国民经济可持续发展将起到重要作用。

乌东德水库预留防洪库容 24.4 亿 m³，与下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用，可提高川江河段抗洪能力；配合三峡水库削减长江中下游成灾洪量。

乌东德水库回水长度超过 200km，可改善库区通航条件，有利于沿江两岸的交通和经济、文化发展，释放当地经济发展潜力；同时还可增加下游枯水期流量，有利于改善下游航道条件。

乌东德水电站工程投资大，可拉动区域性的相关产业发展，建设期间平均每年可增加就业人数约 10 万人，改善工程周边地区的交通运输条件。工程建成发电后，每年可增加地方财政收入约 10 亿元。

建设征地涉及 40 处文物古迹，有 4 处文物古迹阿巧遗址、洪门渡遗址、赵母李氏墓、赵家墓群可能受枢纽工程区施工占地影响，其余 36 处受水库淹没影响。

工程施工、移民迁建过程中若不加强环境卫生，有可能造成传染病流行。水库建成后，由于水库局地气候的变化以及众多库湾和库岸水生植物的形成，有利于蚊虫的孳生。如不注意加强卫生防疫措施，容易引起蚊虫、鼠类传播疾病的流行。

11.5环境保护措施

11.5.1 运行期水环境保护

(1) 库底卫生清理

为保护乌东德水电站库区水质，使其满足Ⅲ类水水质保护目标，在水库蓄水前，按照《水电工程水库库底清理设计规范》，必须做好水库库底清理工作。

(2) 水污染防治

1) 生活污染源治理

结合当地乡镇发展规划，在库区周边乡镇建设城镇污水处理厂，加强对生活污水的收集与处理。

乌东德水库蓄水后将使攀枝花河段纳污能力有所减小，为了保障乌东德水库蓄水后，回水范围内攀枝花河段水质维持在蓄水前水质，拟在乌东德水库回水范围内左右岸各建1座污水处理厂，处理规模共计3.0万m³/d。

攀枝花市应落实《攀枝花市城市总体规划（2011~2030）》以及《攀枝花市环境保护“十二五”规划》里规划的污水处理厂建设，马坎污水处理厂应在“十二五”期间建成运行，并落实炳草岗、仁和污水处理厂的升级改造，使其达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准。实行中水回用，减少污染物排放。

禁止钒钛园区内生活污水无组织排放，严格控制排入金沙江污水水质，处理达标才能排放。对园区生活垃圾应建设一批集中式垃圾转运站，收集城市垃圾，集中送攀枝花市城市垃圾处理厂处置。

2) 工业污染源治理

乌东德库区应结合国民经济发展，制定有利于水污染防治的产业政策，指导和调整乌东德库区的工业结构，推行清洁生产，实施循环经济。

加强攀枝花钒钛产业园区污水集中处理能力建设。园区规划的马店河片区污水处理厂迤资片区、安宁、金河片区污水处理厂在乌东德水库蓄水前需建成运行。

由于乌东德水库蓄水后，要求各企业生产废水特别是攀枝花支柱产业钛白行业的生产废水都需要进行深度治理减少其污染物排放总量。对企业废水治理设施进行升级改造，进一步深度处理，以保护攀枝花水环境以及乌东德水库水环境。

构建生态工业园区，将生态工业作为准入原则之一。严格限制污水排放量大

和污染物产生量大的企业进入钒钛产业园区。对钒钛园区内企业推行清洁生产，采用减污、废物综合利用和污染末端治理三大措施减少企业的污染排放。

3) 面源治理

通过调整农业结构、大力推进生态示范区建设、建设库岸生态防护带等措施减少面源污染。

(3) 水环境监督管理

应加强库周水环境管理力度，制定库区水质保护规划，确保库区水质达到功能区水质要求。建立水污染事故应急处理程序，增强监督执法快速反应能力。建立完善的乌东德库区水环境监测体系，重点监测库区污染源排污情况和水环境质量状况，为乌东德电站建设和水库管理服务。

11.5.2 生态环境保护

11.5.2.1 陆生生态保护

(1) 植被恢复与重建

选择适宜于干热河谷的林草种，根据岩土组成，正确划分坡地类型，选择覆盖性能强的速生草本植物，发展多层次多种结构的人工混交植被类型，从而实现工程影响区植被的恢复与重建。

(2) 珍稀植物保护

对评价区受水库淹没影响的 119 株古树采取迁地移植保护，结合移民安置点景观设计，就近移栽到淹没线以上，对其采取繁育保护措施。枢纽工程占地范围内的 1 株古树和移民安置区的 4 棵古树采取就地保护措施。

(3) 陆生动物保护

对陆生动物的保护应分别采取生态影响的避让措施和减缓措施、恢复和补偿措施、管理措施。对施工人员进行一定的宣传教育，提高保护意识。建立生态破坏惩罚制度，严禁施工人员非法猎捕野生动物。在水库清库前及施工场地场平前采取鸣笛敲鼓等办法驱逐野生动物，保证其顺利迁移。

(4) 元谋省级风景名胜区

库区管理部门应配合景区管理部门加强环境保护，增加区域内的绿化覆盖率，美化环境，减少泥沙、农业面源污染、生活垃圾、泥沙等对库区水质的影响。

利用水库调度，在低水位运行时，再现金沙江峡谷景观。

11.5.2.2 水生生态保护

乌东德水电站水生生态保护主要采取栖息地保护、增殖放流、过鱼设施、水库生态调度、开展水生态科学研究、加强渔政管理等措施。

(1) 保护对象：基于电站建设所引起的环境变化的影响，将西昌白鱼、短臀白鱼、寻甸白鱼、张氏鱼餐、岩原鲤、白甲鱼、四川白甲鱼、鲈鲤、原鲮、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、昆明裂腹鱼、圆口铜鱼、长鳍吻鲈、钝吻棒花鱼、裸体异鳔鳅、中华金沙鳅、窑滩间吸鳅、西昌华吸鳅、长薄鳅、中臀拟鲮、白缘（鱼央）、中华鲮、前臀鲮等 24 种鱼类作为重要保护对象。

(2) 栖息地保护措施

本工程鱼类栖息保护从整个金沙江下游流域统筹考虑，以长江上游珍稀特有鱼类保护区为主体，各库区库尾、支流等流水生境系统保护。在原保护区规划基础上，对长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区保护措施进行强化；向家坝水电站坝下至三峡库尾形成了新的河湖（库）生态系统，对于长江上游珍稀特有鱼类的保护具有极其重要的价值，应严格控制拦河坝（闸）、河道采砂、航道整治、桥梁码头等涉水建设工程。同时，将乌东德库尾、黑水河作为乌白江段鱼类支流栖息地进行保护。黑水河支流保护按照框架协议确定方案开展工作，后期进一步研究制定对黑水河已建梯级采取电量补偿或赎买等方案，同时开展跟踪监测与效果评估，力争建立水电开发与生境修复示范点。

(3) 鱼类增殖站

以已建的向家坝增殖站为基础，在乌东德建设鱼类增殖放流分站，承担乌东德、白鹤滩两电站的增殖放流任务。乌东德放流的种类为 8 种，每年放流苗种总数量为 105 万尾；近期主要进行长薄鳅、齐口裂腹鱼、圆口铜鱼、鲈鲤放流，长鳍吻鲈、四川白甲鱼、裸体鳅、前臀鲮等作为中长期增殖放流对象，在驯养繁育和苗种批量生产技术突破后进行增殖放流。

(4) 过鱼设施

根据乌东德大坝的建筑特点和运行方式，以及需要过坝的主要目标鱼类的特点，采取集运鱼系统来解决坝上、下不同种群间遗传交流的问题。集鱼设施主要为集鱼船，运鱼设施采取运鱼车和运鱼船。

（5）优化水库调度

考虑水生生物产卵、繁殖、生长需求，科学制定泄放生态基流、人造洪峰等水电梯级调度方案。通过合理分配各泄洪建筑物流量，减小泄洪单宽流量，减小泄洪频率及泄洪持续时间，减轻气体过饱和 TDG 对鱼类的影响。

本工程最小下泄流量拟定充分考虑水生生物保护需求及鱼类产卵期需求，施工导流期最小下泄流量不小于 385 m³/s，初期蓄水期最小下泄流量不小于 770m³/s，电站首批机组投产后，电站最小下泄流量 900 m³/s，达到坝址多年平均流量的 23.4%。

为了减缓乌东德水电站运行对下泄水温过程的影响，拟在鱼类产卵期对低温水较为敏感的 3 月~6 月采用叠梁门取水，达到取用上层温水减缓低温水的目的。

（6）水生生态监测

根据库区环境特征及鱼类资源分布特点，在干流布设乌东德库尾、库中、坝前、乌东德坝下 4 个监测断面，支流布设雅砻江河口、龙川江河口、鲹鱼河口 3 个监测断面开展水生生物监测、鱼类种群动态监测、鱼类产卵场监测。

（7）水生生态科研规划

针对工程环境影响特点，在长江下游珍稀特有鱼类保护区已开展研究工作的基础上，开展乌东德水电站建设和运行对圆口铜鱼胁迫效应、乌东德库区鱼类群落及变化、乌东德鱼类增殖放流效果评价、乌东德水电站过鱼设施过鱼效果评价及优化、金沙江下游水电开发鱼类替代生境保护效果等科研工作。

11.5.3 水土流失防治

本工程水土流失防治拟分为 8 个防治分区。

（1）枢纽工程防治区

主体工程设计对枢纽工程区主要采取边坡防护的工程措施。在主体工程边坡支护设计的基础上补充各开挖边坡的截排水设施及植物措施，以及猪拱地沟、白滩沟、阴地沟、花山沟等泥石流沟治理的植物措施、同时补充施工期间的施工管理措施。

（2）存弃渣场防治区

主体工程对猪拱地、下白滩、阴地沟泥石流采取了拦导、排导措施，处理了沟道洪水。本报告以工程措施为主，以保证渣场的稳定，渣场坡脚设挡土墙拦挡，

场边设截流沟，坡面增设马道及排水沟，同时对坡面增加护坡及必要的植物措施。

（3）场内交通工程防治区

主体工程设计中场内交通工程采取了挡土墙、护坡、临坡侧开挖边坡坡脚的排水等工程防护措施，本报告主要对植物措施、临时措施以及散落浮渣清除等进行了设计，同时提出施工期间的施工管理措施。

（4）料场防治区

主体工程设计考虑料场表土剥离、开挖边坡防护和马道设置，本报告主要是对料场开挖边坡及马道平台绿化、爆破抛洒浮渣防护、开挖料临时拦挡、排水、沉沙措施、料场截排水措施以及后期迹地恢复等措施进行设计，同时提出施工管理要求。

（5）施工生产生活防治区

主体工程对部分施工布置区边坡挡墙、部分生活营区的绿化进行设计，本报告对边坡防护、场地防护、排水、沉沙以及临时措施、绿化等进行设计，同时提出施工期间的施工管理措施。

（6）移民安置与专项设施复建防治区

对于生产安置区，移民安置规划考虑了坡改梯、排水沟、道路防护林等措施，本方案主要补充部分田埂沉沙凼、排水沟等；对于城集镇及农村居民点迁建区，移民安置规划考虑了集中安置点周边截排水设施、开挖填筑边坡护及场内绿化等措施，但对安置点周边绿化、表土堆置防护、临时排水、沉沙、弃渣防护等措施未作设计，对拦挡、排水、边坡防护等措施本方案予以补充，同时补充施工期间的施工管理措施；对于专项设施复建区，本报告主要考虑道路下边坡拦挡、迹地恢复等措施；对于防护工程区，本报告主要考虑农田田埂绿化、施工场地迹地恢复以及料场防护等。

（7）库岸区

主要对库周各类地质灾害影响区以及水库浸没影响区的治理措施进行设计，包括营造库岸防护林以及封禁治理等，同时提出施工期间的施工管理措施。

（8）其它封闭管理区

对施工管理区内未扰动的林地、草地进行封禁治理；对施工管理区内未扰动的、原有耕地、园地的退耕还林，移民搬迁之后的建设用地以及原有未利用地进

行自然生态修复；施工过程中，加强监督管理，尽量少占用土地，减少对周边植被的破坏，施工弃渣应堆于规划的弃渣场，严禁随意倾倒，避免流入金沙江河道。

11.4.4 施工环境保护

（1）施工期水环境保护

海子尾巴砂石料加工系统废水采用“网格絮凝+平流沉淀”进行处理，下白滩砂石料废水采用“机械絮凝+辐流沉淀池”进行处理，施期大坝砂石料加工废水采用 DH 高效旋流污水净化器进行处理，处理达标后回用于砂石料系统生产用水；采用中和沉淀法对混凝土拌和罐冲洗废水进行处理后回用于混凝土拌和罐冲洗用水或施工道路洒水；车辆冲洗含油废水采用二级隔油沉淀工艺处理达标后回用，浮油交由有资质的单位进行处理；生活污水经隔油池和化粪池后进入成套设备进行生化处理，出水经消毒后回用于营地绿化用水及道路浇洒。

（2）声环境保护

优化施工方法，合理安排施工时间，采用低噪设备和技术，加强施工机械保养，降低车速，夜间禁止鸣笛。

卧嘎村、三台村二组、二坪子村等路段设置限速和禁鸣标志，减缓工程交通噪声对以上敏感目标的影响；对下白滩砂石加工系统设置隔声棚和挡墙，以减缓工程施工对三台村二组声环境产生的影响。

优化爆破炸药量和爆破方法，禁止夜间爆破；现场作业人员配备防噪用具。

（3）环境空气保护

优化施工工艺，采用除尘设备，运输车辆安装尾气净化器，保证尾气达标排放。对交通道路及施工作业面洒水降尘。给现场作业人员配备防尘用具，加强劳动保护。

（4）固体废物处置

在施工区设置垃圾桶、配备垃圾车，对施工区生活垃圾集中收集，运至会东县垃圾填埋场进行处理；

拟将硫磺厂废渣运至施期表土堆存场附近填埋，并进行防渗处理。废渣清理完毕后，对硫磺厂堆渣场原址进行土地整治，恢复植被。

11.5.4 地下水环境保护

严格贯彻“以堵为主、控制排放”的施工原则。加强地下水监测工作。

工程施工隧洞凿进过程中势必会在构造破碎带、节理裂隙发育部位和隧洞埋深较浅部位有涌水、突水现象，在隧洞内根据各水工建筑物的工程特性和所处的不同地质条件，采用不同的工程措施，以达到防渗堵漏，封闭地下水泄通道的目的。

11.5.5 环境地质保护

对大树村、龙潭、白泥洞等三处滑坡体采取监控措施，建立监测预警机制。采取工程措施对坝址区存在的主要工程地质问题进行处理。对于工程施工涉及的金坪子滑坡，主体工程已采取相应的治理措施，为便于业主后期限限制危及滑坡稳定的行为，建议在工程竣工后将金坪子作为坝区永久绿化用地，用地性质为永久占地。植物措施主要是结合坝址区水土保持方案、工程泥石流沟治理专题、高边坡整治专题等进行设计，对滑坡体区及泥石流沟上游区进行封山育林，并在滑坡体库岸区域种植库岸防护林等。

11.5.6 泄洪雾化防治

泄洪雾化防护设计结合水垫塘边坡开挖和边坡防护设计进行，水垫塘边墙混凝土防护区、强溅水雾化区下边坡采用混凝土防护并采用锚桩锚固，溅水区边缘至暴雨区未设边墙混凝土防护区域以及开口线上方部分自然边坡区域采用挂网喷砼保护，暴雨区以上区域结合高位自然坡保护，主要采取防落石措施。

在后期运行管理方面，应结合下游防洪调度总体安排、上游水文测报系统，做到洪水到来前及时腾出库容，减少集中泄洪水量，消除雾化现象。

11.5.7 移民安置环境保护

农村移民、迁建集镇生活污水和生活垃圾是乌东德水库的主要污染源，结合安置区实际情况，选用修建沼气池+化粪池、组合型强化生物池、成套生活污水处理设施等措施进行处理。各个安置点生活垃圾经收集后运往周边已建垃圾填埋场或新建垃圾填埋场进行处理。

加强宣传教育及库周生态环境管理，对安置区涉及的古树进行就地保护。

对于移民人群健康，通过采取新址卫生清理、饮用水源保护、疫情预防和完善卫生机构等措施进行保护。

对移民安置可能产生的新增水土流失，结合住房和公用设施建设、以及农

村改田改土等安置活动，提出相应的水土保持措施和生态建设规划。

工矿企业迁建禁止采用耗能高、污染严重的工艺、设备。各企业应结合技术改造提高工业“三废”的回收和综合利用率。

为保证移民搬迁后的生活质量不会下降，地方政府及业主应认真落实移民安置规划提出的各项生产生活保障措施，维护移民传统文化及习俗。

11.5.8 社会环境保护

优化工程设计、施工方案，减少工程占地。施工结束后，应结合水土保持植物措施，对各类施工迹地实施陆生生态修复措施。

建设征地涉及的 40 处文物古迹，分别采取不处理、提取资料、重点发掘、随集镇迁建、遗迹收集和保护碑复建、提取资料和立保护碑以及异地复原重建等多种保护措施。

传染病的预防与控制策略是预防为主，加强监测。工程区域相关疾病必须针对传染源、传播途径和易感人群三个环节进行综合防治。

11.6 环境风险

工程建设和营运期间，存在潜在的事故风险和环境风险，主要包括：油库和加油站事故风险、爆破器材库事故风险、工程地质灾害风险、攀枝花市危险废物处理中心和钒钛产业园区事故排放对水库水质的环境风险、航运事故风险以及生物入侵等，发生事故时会对周边环境带来一定的不利影响，尤其是对金沙江水质和水生生态环境带来不利影响，须采取相应的事故防范措施和风险应急预案。

环境风险防范措施主要包括：油库和加油站配套相关的报警、灭火、防雷、防电、泄漏油料收集设施以及管理措施；爆破器材库防火、灭火、通风、防雷、防电、报警设施；攀枝花市危险废物处理中心应配备汛期渗滤液溢出措施、防止事故液态污染物向环境转移防范措施；钒钛产业园区规划过程应合理布局入园企业位置和规模并设立防护隔离带，建立重点风险源动态管理信息库；制定环境风险预案。

11.7 环境管理与监测

建设单位设立环境保护管理机构，实施项目环境监理。各级环保及水行政主管部门等部门对各阶段环境保护工作进行监督。

根据科学性、全面性、代表性和可行性的原则，结合工程建设区和区域环境特点，规划了乌东德水电站环境监测系统，包括水环境监测系统、水生生态环境监测系统、陆生生态环境监测系统、水土保持监测系统、库区局地气候观测系统、施工区环境监测系统、移民安置区环境监测系统等。在攀枝花设立金沙江攀枝花河段（含雅砻江河口）野外监测实验站，进行水生生态及水环境监测和研究工作，对乌东德库尾生态环境变化进行长期观测。

11.8 公众参与

公众参与的方式主要是在工程涉及县（市）所在的地方政府网站和报纸上进行环评信息公示，邀请政府、公众和评价单位参加项目环评公众参与座谈会、对工程涉及单位、团体和个人进行问卷调查等。共发放2460份公众参与调查表，其中单位320份，非移民540份，移民1600份。回收公众参与调查表共2272份，回收率92.36%，其中，单位317份，非移民502份，移民1453份。

公众参与调查结果表明，大部分受调查对象认为乌东德水电站工程建设将减少土地资源，并造成水土流失，破坏生态环境，有少部分人认为工程建设期间将带来废水、废气、废渣和噪声影响，需采取相应措施减免。移民群众主要关心搬迁后其生产、生活习惯及收入是否会受到影响，再者是担心工程建设导致生态环境破坏及造成水土流失影响环境质量。乌东德水电站库尾涉及攀枝花市，水库蓄水后对该市水域纳污能力有一定影响，攀枝花市政府各部门希望建设单位能重视攀枝花城市的建设和发展，提出相关措施解决城市生活和工业污水处理问题。根据调查表格统计，98.11%的团体、97.41%的非移民、96.56%的移民支持工程建设，有1个单位，2个非移民及7个移民群众表示反对工程的建设，环评工作人员对这10人（含单位）进行回访后将其意见反馈到本报告书中。

针对公众所关注的主要问题如施工产生的“三废”和噪声污染、土地资源减少、水土流失加剧、生态环境恶化等，本次环评对于上述公众意见均予以了采纳，并对相关问题进行了分析和评价，在工程设计和环保措施中予以落实。

11.9 环保投资

以2014年第2季度价格水平进行计算，乌东德水电站环境保护静态总投资为355540.82万元。其中枢纽工程环境保护投资210333.21万元，建设征地与移

民安置区环境保护投资 57175.26 万元，独立费用 55710.47 万元，基本预备费 32321.89 万元。

11.10 综合评价结论

乌东德水电站是“西电东送”的重要电源之一，对实现全国能源平衡，缓解东、中部地区电力供需矛盾具有战略意义。工程建成后，可提供大量清洁电能，可在一定程度上防止非再生资源的消耗及其带来的环境污染。水库淹没区经济基础薄弱，人民生活水平较低，电站兴建后，通过搬迁和实行开发性移民政策等，可改善基础设施，带动相关产业的发展。工程社会效益、经济效益、环境效益显著。

乌东德水电站建设在取得巨大综合利用效益的同时也对环境带来一定不利影响，主要表现在：水库淹没对耕地资源将产生不可逆影响，土地承载压力加大，移民安置对环境也将产生一定影响；由于水文情势的变化以及大坝的阻隔，对鱼类生境产生影响；建库后水流变缓，对水库支流回水区域以及库尾攀枝花河段近岸水域水质产生一定不利影响；工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声、粉尘等，对周围环境短期内产生一定不利影响。

工程对环境的影响除耕地淹没损失为不可逆影响外，其他不利影响均可采取措施予以减缓或消除。项目实施不存在重大环境制约因素，只要在工程的建设 and 运行过程中加强管理，确保落实环境影响报告书中提出的环保措施，从环境保护角度分析，本工程建设是可行的。

中国长江三峡集团公司

科技与环境保护部文件

科环字[2010]14号

关于委托开展乌东德水电站项目环境影响评价工作的函

长江水资源保护科学研究所：

为满足乌东德水电站项目核准的需要，根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关法律法规的要求，现委托贵院开展乌东德水电站项目相关工程环境影响评价工作。

专此致函



金沙江乌东德水电站地理位置图





金沙江乌东德水电站对外交通方案示意图

