

云南省文山州清水河水利枢纽工程 环境影响报告书

建设单位：文山州清水河大型水库工程建设指挥部

环评单位：中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

2020年3月

打印编号: 1584405483000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	al8ydc		
建设项目名称	云南省文山清水河水利枢纽工程		
建设项目类别	46_141水库		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	文山州清水河大型水库工程建设指挥部		
统一社会信用代码	11532600MB1548537P		
法定代表人 (签章)	王宗斌		
主要负责人 (签字)	王宗斌		
直接负责的主管人员 (签字)	刘俊方		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司		
统一社会信用代码	91110000101115237J		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
刘飞	2016035110352014110703000943	BH004170	刘飞
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
金奔	概述、总则、工程分析	BH004174	金奔
张志广	工程概况、水资源、水环境影响及保护措施	BH011022	张志广
刘飞	陆生生态现状、影响及保护措施、环境风险分析、结论与建议	BH004170	刘飞
常毅	水生生态现状、影响及保护措施	BH013157	常毅

董磊华	环境现状、环保投资与环境经济损益 分析	BH018459	董磊华
潘莉	施工期环境保护措施、人群健康、环 境监测与管理	BH013159	潘莉

目录

概 述	i
1 总则	1
1.1 任务由来	1
1.2 编制目的	1
1.3 评价原则	1
1.4 编制依据	2
1.5 评价标准	6
1.6 评价等级	3
1.7 评价范围	6
1.8 环境影响评价因子识别	8
1.9 环境保护目标	11
1.10 评价水平年	15
1.11 环境影响评价工作程序	15
2 工程概况	17
2.1 南盘江流域综合规划及规划环评	17
2.2 工程建设必要性	32
2.3 工程地理位置	36
2.4 工程任务及规模	36
2.5 工程项目组成及特性表	37
2.6 工程总布置及主要建筑物	44
2.7 工程施工规划	89
2.8 建设征地与移民安置	112
2.9 工程运行调度	118
2.10 工程总投资	122
3 工程分析	123
3.1 工程环境合理性分析	123
3.2 工程设计方案环境合理性分析	131
3.3 工程施工分析	160

3.4	移民安置及专项改建工程分析	165
3.5	工程运行分析	167
3.6	工程分析结论	169
4	环境现状	170
4.1	自然环境	170
4.2	生态环境	185
4.3	环境质量现状	255
4.4	社会环境	284
4.5	移民安置区环境现状	286
4.6	主要环境问题	288
5	清水江流域水利水电开发环境影响回顾	290
5.1	清水江干流水利水电工程情况	290
5.2	清水江流域水资源开发利用回顾评价	295
5.3	水环境回顾影响分析	296
5.4	水生生态回顾影响分析	298
5.5	陆生生态回顾影响分析	299
5.6	清水江干流环境保护措施建议	304
5.7	调蓄水库环境影响回顾	306
6	环境影响预测评价	309
6.1	流域水资源开发利用影响分析	309
6.2	对水文情势的影响	334
6.3	水温影响预测评价	394
6.4	水质影响预测评价	422
6.5	对地下水环境影响分析	478
6.6	对地下水环境影响分析	480
6.7	水生生态环境影响	491
6.8	陆生生态环境影响	499
6.9	工程施工期环境影响	511
6.10	移民安置环境影响	520
7	环境风险分析	523

7.1	环境风险评价目的与程序	523
7.2	环境风险识别	523
7.3	环境风险分析	524
7.4	环境风险防范措施	526
8	环境保护措施	528
8.1	地表水水环境保护措施	528
8.2	地下水环境保护措施	555
8.3	陆生生态保护措施	558
8.4	水生生态保护措施	563
8.5	环境空气保护措施	588
8.6	声环境保护措施	589
8.7	固体废物处理措施	590
8.8	土壤环境保护措施	592
8.9	人群健康保护措施	592
8.10	移民安置区环境保护措施	592
9	环境监测与管理	595
9.1	环境监测	595
9.2	环境管理	603
9.3	环境监理	609
10	环境保护投资估算及环境影响经济损益分析	611
10.1	环境保护投资估算	611
10.2	环境影响经济损益分析	619
11	环境影响评价结论	621
11.1	工程概况	621
11.2	工程分析结论	622
11.3	流域环境影响回顾	622
11.4	主要环境影响及对策措施	623
11.5	水生生态环境	627
11.6	陆生生态环境	629
11.7	移民安置环境	630

11.8 声环境与大气环境	630
11.9 其他环境影响及保护措施	631
11.10 环境监测与管理	632
11.11 公众参与	632
11.12 环保投资	633
11.13 综合评价结论	633

附件 1: 关于委托编制云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书的函

附件 2: 关于建设项目名称不一致的情况说明

附图

附图 1-1 清水河水利枢纽工程环境影响评价范围图

附图 2-1 清水河水利枢纽工程地理位置示意图

附图 8-2 生态电站平面布置图

附图 8-3 叠梁门分层取水结构图

附图 8-4 固定取水口分层取水结构图

概 述

一、项目特点

云南省文山州清水河水利枢纽工程位于云南省文山州北部，坝址位于清水江支流南丘河平老村上游 700m 处，水库淹没涉及丘北县和砚山县，是《南盘江流域综合规划》规划新建的 30 座重点水源工程之一，已列入《水利改革发展“十三五”规划》、《云南省水利改革发展“十三五”规划》、《云南省供水安全保障网规划》以及《文山壮族苗族自治州水网规划（2016-2030 年）》等规划。

清水河水利枢纽工程开发任务以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。工程供水对象包括砚山县城，砚山工业园区、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区、广南珠琳农特产品加工和物流片区等 4 个园区，5 个乡镇 15.5 万人的村镇生活用水和 19.6 万亩灌溉面积。水库多年平均供水量 9156 万 m^3 ，其中，向砚山县城供水 1707 万 m^3 ，向工业园区供水 2860 万 m^3 ，向村镇生活供水 808 万 m^3 ，向农业灌溉供水 3781 万 m^3 。水库坝址以上径流面积 1539 km^2 ，多年平均天然径流量为 3.52 亿 m^3 ，坝址处多年平均流量为 11.15 m^3/s 。水库正常蓄水位 1392.0m，相应库容 11717 万 m^3 ，死水位 1350.0m，对应死库容 1083 万 m^3 ，总库容 12640 万 m^3 ，兴利库容 10633 万 m^3 ，具有多年调节性能。清水河水利枢纽工程由清水河水库和输水工程组成，水库主要建筑物有挡水建筑物、泄水建筑物及发电厂房等；输水工程主要建筑物有输水隧洞、输水管道、泵站以及交叉建筑物等。挡水建筑物采用面板堆石坝，最大坝高 97m；泄水建筑为右岸溢洪道和放空洞；取水发电隧洞设计流量 11.9 m^3/s ，进水口底板高程为 1343.0m；电站装机 7MW（2×1.2MW+1×4.6MW），多年平均发电量 2187 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，装机利用小时 3124h。输水工程分别向砚山、丘北和珠琳方向供水，线路干支线投影总长 215.59km，其中干线总长 130.21km，分干线总长 32.77km，支线总长为 52.62km，全线设三级 12 座泵站，总装机容量 35.5MW，最高几何扬程 210m（砚山）、352m（丘北方向）和 180m（珠琳方向）。工程建设征地涉及文山州砚山县维摩乡、阿猛镇、干河乡和江那镇，丘北县天星乡和树皮乡，广南县的珠琳镇等 7 个乡镇 97 个村民小组，总征地面积 19104 亩，其中永久征地 10845 亩，临时用地 8259 亩，规划水平年生产安置人口 2577 人，搬迁安置人口 2816 人。工程总投资 499099 万元，总工期 48 个月。

二、环境影响评价过程

2016 年 11 月，中水北方勘测设计研究有限责任公司（以下简称“中水北方”）中标清水河水利枢纽工程可行性研究阶段的勘测设计工作。2019 年 3 月中水北方编制完成了《云南省文山州清水河水利枢纽工程可行性研究报告》（以下简称“可研报告”）（送审稿），8 月可研报告通过水利部水利水电规划设计总院审查，11 月可研报告（审定稿）编制完成，目前可研报告待水利部批复。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和相关规定，云南省文山州清水河水利枢纽工程须编制环境影响报告书。受建设单位文山州清水河大型水库工程建设指挥部委托，中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司（以下称“北京院”）承担云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书的编制工作。接受委托后，在建设单位和工程设计单位的配合下，北京院分于 2017 年 5 月、2017 年 12 月和 2019 年 3 月三次对工程现场进行了详细查勘，收集了有关资料。在环境现状调查和工程分析基础上，确定本项目的评价重点为：工程对水环境、水生生态、陆生生态及社会环境的影响。根据项目特点，委托云南大学开展清水河水利枢纽工程水生生态调查与评价专题；委托西南林业大学开展了陆生生态调查与评价专题；委托四川大学开展工程水源区及受水区水污染防治规划专题；委托南京大学开展了地下水环境影响评价专题；委托云南中科检测技术有限公司对工程区的地表水、地下水、环境空气、声环境及土壤环境进行了监测。同时，在环评工作期间，建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》的相关要求，以网络、报纸、张贴公告等多种形式开展了公众参与工作。在上述工作的基础上，北京院于 2020 年 3 月编制完成《云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书》（送审稿）。

三、环境影响评价结论

云南省文山州清水河水利枢纽工程建设符合国家产业政策，工程建成后可有效解决文山州境内典型干旱带的城乡生活和工农业生产的水资源短缺问题，促进少数民族地区的经济发展，加快脱贫致富的步伐，提高当地人民的生活水平，有利于生态环境的保护，具有明显的社会效益、经济效益和环境效益。工程建设将对区域水环境、生态环境、环境空气、声环境等方面造成一定程度的破坏和影响，但在采取相应的生态环境保护措施后，不利影响将得到有效减缓。因此，从环境保护角度分析，本工程不存在重大环境制约因素，工程建设是可行的。

四、致谢

本次环评过程中，建设单位文山州清水河大型水库工程建设指挥部、设计单位中水北方勘测设计研究有限责任公司提供了多方面的协助和支持；四川大学、云南大学、南京大学、西南林业大学、云南中科检测技术有限公司等多家单位参与了专题研究和调查工作；在基础资料收集、现场查勘和专题工作过程中，得到了文山州人民政府、砚山县人民政府、丘北县人民政府、广南县人民政府及州、县各有关部门的大力协助。在此，一并表示衷心的感谢！

1 总则

1.1 任务由来

受文山州清水河大型水库工程建设指挥部委托，中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司承担云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书的编制工作。

1.2 编制目的

根据国家有关法律法规要求，结合本工程特性及工程所在地区环境特点，本次环境影响评价工作的目的如下：

- (1) 调查工程地区的环境功能、环境现状、环境敏感保护对象及其环境问题，为环境影响预测评价提供基础资料。
- (2) 预测评价工程建设和运行对工程区及周边区域的环境影响。
- (3) 针对工程施工和运行给环境带来的不利影响，结合现有的经济技术条件，制定切实可行的对策和减免措施，促进工程地区生态环境和社会环境的良性发展。
- (4) 从环境保护角度论证工程建设的可行性，从而为工程的方案论证、环境管理和项目决策提供科学依据。

1.3 评价原则

本工程环境影响评价遵循以下基本原则：

(1) 依法评价

在项目环境影响评价工作中，严格贯彻执行国家和地方相关法律法规、标准规范、政策等要求，优化项目建设，服务环境管理。

(2) 科学评价

采用规范的环境影响评价方法，科学分析项目建设对环境质量的影响。

(3) 突出重点

根据清水河水利枢纽工程所在区域、流域的环境特征，结合工程特点，重点分析、预测及评价工程建设对水文情势、水温水质、水生生态、陆生生态的影响。

(4) 生态优先

在工程水资源配置、工程任务与规模、工程布局、施工布置、移民安置以及运行管理、环境保护措施中认真贯彻生态优先原则，从环境保护角度提出优化建议，使工程设计方案符合生态保护的要求并对生态环境的影响降低到最低程度。

(5) 可持续发展

对工程环境影响评价，其出发点是工程建设能否促进区域经济的协调、健康、可持续发展。

(6) 建设与保护并重

工程建设应在落实切实可行的环境保护措施的前提下进行，并在工程建设时尽量降低对生态环境的不利影响，将环境保护放在与工程同等重要的地位。

1.4 编制依据

1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月 24 日修订)；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订)；
- (3) 《中华人民共和国水土保持法》(2010 年 12 月 25 日修订)；
- (4) 《中华人民共和国水法》(2016 年 7 月 2 日修订)；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017 年 6 月 27 日修订)；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2018 年 10 月 26 日修订)；
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2016 年 11 月 7 日修订)；
- (8) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(2018 年 12 月 29 日)；
- (9) 《中华人民共和国土地管理法》(2004 年 8 月 28 日修改)；
- (10) 《中华人民共和国文物保护法》(2017 年 7 月 16 日修订)；
- (11) 《中华人民共和国野生动物保护法》(2018 年 10 月 26 日修订)；
- (12) 《中华人民共和国渔业法》(2013 年 12 月 28 日修改)；
- (13) 《中华人民共和国自然保护区条例》(2017 年 10 月 7 日修订)；
- (14) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年 7 月 16 日修订)；
- (15) 《中华人民共和国野生植物保护条例》(2017 年 10 月 7 日修订)；
- (16) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》(2013 年 12 月 7 日)；
- (17) 《云南省环境保护条例》(2014 年 4 月 24 日修订)；

- (18) 《云南省生物多样性保护条例》(2018 年 9 月 21 日)
- (19) 《云南省陆生野生动物保护条例》(2014 年 7 月 27 日)。

1.4.2 规章制度

- (1) 《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》(中发[2011]1 号)；
- (2) 《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发[2012]3 号)；
- (3) 《水污染防治行动计划》(国发[2015]17 号)；
- (4) 《全国生态环境保护纲要》(2000 年 11 月 26 日)；
- (5) 《全国主体功能区规划》(国发[2010]46 号, 2010 年 12 月 21 日)；
- (6) 《全国生态功能区划(修编)》(2017 年 11 月 13 日)；
- (7) 《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发[2012]3 号)；
- (8) 《水污染防治行动计划》(国发[2015]17 号)；
- (9) 《水利部 环境保护部关于加强水利工程建设生态环境保护工作的通知》(水规计 2017 年 315 号)；
- (10) 《水利建设项目(引调水工程)环境影响评价文件审批原则(试行)》；
- (11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第 1 号, 2018 年 4 月 28 日)；
- (12) 《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部第 4 号令, 2018 年 7 月 16 日)；
- (13) 《关于加强资源开发生态环境保护监管工作的意见》(环发[2004]24 号)；
- (14) 《长江经济带生态环境保护规划》(环规财[2017]88 号)；
- (15) 《长江经济带战略环境评价水资源开发生态环境影响研究及对策》(2018 年 11 月)；
- (16) 《关于发布长江经济带发展负面清单指南(试行)的通知》(推动长江经济带发展领导小组办公室文件第 89 号, 2019 年 1 月)
- (17) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(国家发改委令第 29 号)；
- (18) 《国家重点保护野生植物名录(第一批)》(1999 年 8 月)；
- (19) 《国家重点保护野生植物名录(第一批)》(修正)(农业部、国家林业局令第 53 号, 2001 年 8 月 4 日)；

- (20) 《国家重点保护野生动物名录》(1989 年 1 月)；
- (21) 《国家重点保护野生动物名录》(调整)(国家林业局令第 7 号, 2003 年 2 月 21 日)；
- (22) 关于印发《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)》的函(环评函[2006]4 号)；
- (23) 《云南省建设项目环境保护管理规定》(云南省政府令第 105 号)(2002 年 1 月 1 日)；
- (24) 《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》(云政发[2012]126 号)；
- (25) 《云南省水污染防治工作方案》(云政发[2016]3 号)；
- (26) 《云南省城市节约用水管理实施办法》(云政发[1993]122 号)；
- (27) 《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》(1989 年)；
- (28) 《云南省珍稀濒危植物保护管理暂行规定》(1995 年 6 月 5 日)；
- (29) 《云南省珍稀保护动物名录》(1989 年 10 月 20 日)；
- (30) 《云南省地表水水环境功能区划 (2010-2020)》(云环发[2014]34 号文)；
- (31) 《云南省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告》(云政发[2007]165 号)；
- (32) 《全国重要江河湖泊水功能区划》(2011-2035 年)；
- (33) 《云南省水功能区划(第二版)》(2014 年修订)；
- (34) 《云南省主体功能区规划》(2014 年)；
- (35) 《云南省生态功能区划》(2009 年)；
- (36) 《文山州水务局关于下达水资源管理“三条红线”控制指标的通知》(文水资源发[2014]6 号)。

1.4.3 技术规范

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；
- (2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；
- (3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)；
- (4) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)；
- (5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)；

- (6) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T 88-2003);
- (7) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016);
- (8) 《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行) 》(HJ964-2018) ;
- (9) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T 169-2018);
- (10) 《开发建设项目水土保持技术规范》(GB 50433-2008);
- (11) 《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002);
- (12) 关于印发《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) 》的函(环评函[2006]4 号) ;
- (13) 《河湖生态环境需水计算规范》(SL/Z 712-2014) ;
- (14) 《水利水电工程鱼道设计导则》(SL609-2013) ;
- (15) 《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T 35054-2015) 。

1.4.4 技术文件、报告

- (1) 《南盘江流域综合规划环境影响报告书》及审查意见;
- (2) 《云南省文山州清水河水利枢纽工程可行性研究报告》(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 2019 年 10 月) ;
- (3) 《云南省文山州清水河水利枢纽工程水资源论证报告书》;
- (4) 《文山壮族苗族自治州水网规划(2016—2030 年)》(文山州水务局, 2016 年);
- (5) 《文山壮族苗族自治州水资源保护规划》(文山州水务局, 2017 年 2 月);
- (6) 《云南省重点流域水污染防治规划 (2016-2020 年)》(云环函[2019]366 号);
- (7) 《文山州河长制红旗水库、清水河“一河(湖)一策方案(2018-2020 年)”》(报批稿)(中水珠江规划勘测设计有限公司, 2018 年 12 月);
- (8) 《清水江(文山州段)“一河一策”方案(2018~2020 年)》(文山州水利电力勘察设计院, 2018 年 6 月);
- (9) 《云南省人民政府关于发布云南省生态保护红线的通知》(云政发[2018]32 号);
- (10) 《云南省“三线一单”文本》(送审稿);
- (11) 《云南文山清水河水利枢纽工程受水区及水源区水污染防治规划

(2017~2035)》(四川大学, 2019 年 10 月)。

1.5 评价标准

根据云南省生态环境保护厅出具的《云南省生态环境厅关于确认文山清水河水利枢纽工程环境影响评价执行标准的函》(云环函[2019]632 号, 见附件 1)要求, 确定本工程环境影响评价执行标准。

1.5.1 环境质量标准

1.5.1.1 地表水环境

根据《云南省地表水水环境功能区划 (2010-2020) 》, 清水江源头至入南盘江口河段执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水标准; 清水江支流清水河执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水标准; 清水江干流回龙水库和听湖水库执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水标准。

1.5.1.2 地下水环境

地下水执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。

1.5.1.3 环境空气

工程区环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中的二级标准。

1.5.1.4 声环境

工程区声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准, 交通干线道路路沿外两侧 45m 以内区域执行 4a 类标准。

1.5.1.5 土壤环境

建设征地范围内土壤环境质量执行《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018)中的基本项目风险筛选值, 建设征地范围外土壤环境质量执行《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB15618-2018)中的基本项目风险筛选值。

各环境质量标准采用的主要指标及标准限值见表 1.5-1

表 1.5-1 环境质量和主要标准限值

环境要素	标准	指标	单位	标准限值	备注
地表水	Ⅲ类	pH		6~9	主要相关项目
		DO	mg/L	5	
		高锰酸盐指数		6	
		COD	mg/L	20	
		BOD ₅	mg/L	4	
		氨氮	mg/L	1.0	
		总磷	mg/L	0.2(河流) 0.05(水库)	
		总氮	mg/L	1.0	
		石油类	mg/L	0.05	
地下水	Ⅲ类	pH		6.5~8.5	
		硫酸盐	mg/L	250	
		氨氮	mg/L	0.5	
		氟化物	mg/L	1.0	
		总硬度	mg/L	450	
大气	二级	NO ₂	μg/m ³	80	24 小时平均
		SO ₂	μg/m ³	150	
		CO	mg/m ³	4.00	
		TSP	μg/m ³	300	
		PM ₁₀	μg/m ³	150	
声	2 类	Leq	dB(A)	60/50	昼间/夜间
土壤	GB36600-2018	第二类用地土壤风险筛选值 45 个基本项目			
	GB15618-2018	镉	mg/kg	0.3	
		汞	mg/kg	2.4	
		砷	mg/kg	30	
		铅	mg/kg	120	
		铬	mg/kg	200	
		铜	mg/kg	100	
		镍	mg/kg	100	
		锌	mg/kg	250	

1.5.2 污染物排放标准

1.5.2.1 水污染物排放标准

施工期废水处理后尽可能回用，外排废水执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 4 中的一级标准。

1.5.2.2 大气污染物排放标准

施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 表 2 中无组织排放监控浓度限值。

1.5.2.3 噪声排放标准

施工期建筑施工噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；运行期厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 2 类标准。

1.5.2.4 固体废物排放标准

施工期和运行期固体废物排放执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)，若产生废机油等危险废物，建设危险废物暂存场，执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)。

污染物排放标准的主要采用指标和标准限值见表 1.5-2。

表 1.5-2 污染物排放标准和主要标准限值

环境要素	标准		指标	单位	标准限值/	备注
废污水	《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 4 中的一级标准		SS	mg/L	70	
			pH		6~9	
			BOD ₅	mg/L	20	
	回用和综合利用	《水电工程施工组织设计规范》(DL/T5397-2007)	SS	mg/L	100	回用于砂石料加工系统冲洗、混凝土拌和等
			pH		6~9	用于冲厕/降尘/绿化/车辆冲洗/建筑施工
		《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)	浊度	NTU	5/10	
			BOD ₅	mg/L	10/15/20	
			NH ₃ -N	mg/L	10	
废气	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 中无组织排放监控浓度限值		颗粒物	mg/m ³	1.0	周界外浓度最高点
噪声	《建筑施工场界环境噪声排放标		Leq	dB(A)	70/55	昼/夜

环境要素	标准		指标	单位	标准限值/	备注
废污水	《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 4 中的一级标准		SS	mg/L	70	
			pH		6~9	
			BOD ₅	mg/L	20	
	回用和综合利用	《水电工程施工组织设计规范》(DL/T5397-2007)	SS	mg/L	100	回用于砂石料加工系统冲洗、混凝土拌和等
			pH		6~9	用于冲厕/降尘/绿化/车辆冲洗/建筑施工
		《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)	浊度	NTU	5/10	
			BOD ₅	mg/L	10/15/20	
			NH ₃ -N	mg/L	10	
	准》(GB 12523-2011)					
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 2 类标准		Leq	dB(A)	60/50	昼/夜

1.6 评价等级

1.6.1 水环境

1.6.1.1 地表水环境

清水河水利枢纽工程施工期产生生产、生活废污水，运行期产生水文情势、水温、水质影响，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ/T 2.3—2018)，工程地表水环境影响属于水污染影响型（施工期）和水文要素影响影响（运行期）二者兼有的复合影响型，故按照水污染影响型、水文要素影响型分别确定工程施工期、运行期地表水环境评价等级。

工程施工期污水包括生产废水、地下洞室开挖废水和生活污水，污染物性质简单，主要为 SS、COD 和石油类等，施工期砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统废水和机械修配系统废水，生产废水经处理后基本回用于系统自身，不外排；隧洞排水经处理后优先回用或综合利用，不能回用部分达标排放；生活污水经达标处理后用于浇灌林草地，运行期生活污水经处理后综合利用。施工期生产废水、地下洞室开挖废水、生活污水和运行期生活污水属于间接排放，评价等级为三级。

运行期，按水文要素影响型建设项目确定评价等级，清水河水库水温 $\alpha=2.8<10$ 、兴利库容占年径流量百分比 $\beta=30.2\%>20\%$ 、取水量占多年平均径流量的百分比 $\gamma=26.0\%<30\%$ ，根据水文要素影响型建设项目评价等级判定(表 2)，判断工程运行期地表水评价等级为一级，判定结果见表 1.6-1。

表 1.6-1 清水河水利枢纽工程运行期地表水评价等级判定结果表

项目	计算结果	一级标准	判定结果	评价等级
α	2.9	≤ 10	< 10	一级
β	29.2	≥ 20	> 20	一级
γ	25.7	≥ 30	< 30	二级
备注清水河水利枢纽工程坝址处多年平均径流量为 3.52 亿 m^3 ；水库总库容 1.264 亿 m^3 ，兴利库容为 1.0633 亿 m^3 ，水库多年平均取水量为 0.9156 亿 m^3 。				

综上，工程施工期按照水污染影响型确定地表水评价等级为三级，运行期按照水文要素影响型确定地表水评价等级为一级。

1.6.1.2 地下水环境

根据《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)，本工程为编制报告书的水库工程，为III类项目；工程不涉及集中式地下水饮用水源准保护区、集中式地下水饮用水源准保护区以外的径流补给区、未划定准保护区的集中式饮用水源及以外的径流补给区、分散式饮用水水源地、特殊地下水资源(如矿泉水、温泉等)以及其他《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区，敏感程度为“不敏感”，本工程地下水环境影响评价等级为三级。

1.6.2 生态环境

本工程区域内无自然保护区等特殊生态敏感区，也没有风景名胜区、森林公园、地质公园、重要湿地、原始天然林、珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等重要生态敏感区。清水河水库枢纽工程建设征地总面积为 12.74km^2 ，输水管线总长 215.6km ，工程区域不涉及特殊生态敏感区和重要生态敏感区，属于一般区域，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011) 的生态影响评价工作等级划分表(见表 1.6-2)，枢纽工程区占地范围在 $2\sim 20\text{km}^2$ 之间，陆生生态的评价等级为三级，输水管线长度大于 100km ，陆生生态的评价等级应定为二级，当工程占地(含水域) 范围的面积或长度分别属于两个不同评价工作等级时，原则上应按其中较高的评价工作等级进行评价，评价等级定为二级，但考虑拦河坝的建设会明显改变水文情势，评价工作等级应上调一级，因此生态环境影响评价等级为一级。

表 1.6-2 生态影响评价工作等级划分表

影响区域生态敏感性	工程占地(或水域) 范围		
	面积 $\geq 20\text{km}^2$ 或长度 $\geq 100\text{km}$	面积 $2\text{km}^2\sim 20\text{km}^2$ 或长度 $50\text{km}\sim 100\text{km}$	面积 $\leq 2\text{km}^2$ 或长度 $\leq 50\text{km}$
特殊生态敏感区	一级	一级	一级
重要生态敏感区	一级	二级	三级
一般区域	二级	三级	三级

1.6.3 环境空气

根据本工程规模及类似工程施工实际监测结果，工程施工期主要大气污染物为 TSP，施工高峰期 TSP 最大地面浓度占标率为 7.1%，即 $1\% \leq P_{\max} < 10\%$ ，影响范围主要在施工场界内。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)，确定大气环境影响评价工作等级为二级。

工程运行期无大气污染物产生，因此，运行期大气环境不作评价。

1.6.4 声环境

本工程声环境影响集中在施工期，工程运行期噪声源强较低，主要是发电厂房设备噪声。工程区声环境功能区为《声环境质量标准》(GB3096-2008) 的 2 类地区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009) 评价工作等级划分原则，确定声环境影响评价工作等级为二级。

1.6.5 土壤

清水河水利枢纽工程属于生态影响型项目。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)附录 A 土壤环境影响评价项目类别，本工程为 I 类项目。本工程位于山区，常年地下水位平均埋深一般为 20~60m，工程所在区域多年平均蒸发量为 1034mm，多年平均降雨量为 1151mm，干燥度(多年平均水面蒸发量与降水量的比值)为 0.90，根据《文山州土壤》，工程所在区域土壤 pH 在 5.5~8.5 之间、土壤含盐量 $< 2\text{g/kg}$ ，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)表 1 标准，工程区土壤环境敏感程度属于不敏感。

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)表 2 标准，本工程为 I 类项目，敏感程度为不敏感，因此，本工程土壤环境评价工作等级为二级。

1.6.6 环境风险

本工程施工期可能产生的环境风险包括施工期炸药及油品运输贮存风险。根据施工组织设计方案，施工现场不设置炸药库和油库，不涉及《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）规定的其他危险物质。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）风险评价工作级别划分原则，确定本项目环境风险评价等级为简单评价。

1.7 评价范围

1.7.1 水环境

(1) 地表水

地表水的评价范围为：清水江源头—回龙水库至清水江入南盘江汇口河段，长 229km 河段，包括法白小河、清水河、者莫河、石葵河等主要支流。重点评价范围为清水河水库库区(长 12.1km)以及坝址至清水河支流入清水江汇口河段(长 13.5km)，以及工程受水区退水接纳水体公革河、古登寨小河、板榔河、法白小河、清水河等纳污河流。

调蓄水库：干龙潭、双飞井、康新寨、红舍克、支迷、马鞭梢和细水水库 7 座调蓄水库。

(2) 地下水

地下水环境评价范围为：清水河水库汇水区、输水管线工程沿线区域及规划灌区枢纽工程区、水库区以及维摩片、水塘石板房片、天星树皮片和珠琳片灌片，评价区主要包括天星水文地质单元、独弄—法白水文地质单元、树皮水文地质单元、古登水文地质单元、平老水文地质单元、南丘水文地质单元、维摩水文地质单元及干河水文地质单元。

1.7.2 生态环境

(1) 陆生生态

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》HJ19-2011 的要求，陆生生态影响评价范围需充分考虑生态完整性、区域敏感目标，并需涵盖水利枢纽工程的直接和

间接影响区域。本工程陆生生态评价范围为：清水河水库库尾(古登寨)上游 1000m 至清水河坝址以下 2km 河段两岸第一重山脊线以内范围，以及砚山、丘北、珠琳方向输水管线两侧 500m 范围，并涵盖各输水管线平老泵站、天星泵站、树皮泵站、笼陶泵站、康新寨泵站、大马恒泵站、维摩泵站、红舍克泵站、绿塘子泵站、阿哈泵站、马鞭稍泵站和中寨泵站等 12 座泵站占地周边 500m 范围以及以勒、瓦窑冲普底村、炭房、小龙白 5 个移民安置点占地范围。重点调查评价范围：水库淹没区、枢纽工程区、输水管线、移民安置区、生产生活区域、渣料场、施工道路及复建工程等占地区及周边 500m。

表 1.7-1 陆生生态评价范围一览表

类别	区域	位置
一般调查范围	水库淹没区以上区域	垂向范围：水库正常蓄水位至两岸第一重山脊线 水平范围：水库库尾(古登寨)上游 1000m 至清水河坝址下游 2km
重点调查范围	水库淹没区	垂直范围：水库正常蓄水位以下至现状河道水面 水平范围：水库库尾(古登寨)至清水河坝址下游 2km
	施工占地区	大坝枢纽工程区
		砚山方向输水管线
		丘北方向输水管线
		珠琳方向输水管线
		施工道路
		渣场
		料场
		其他
	移民安置区	以勒、瓦窑冲普底村、炭房、小龙白 5 个安置点

(2) 水生生态

本工程水生生态评价范围包括清水江流域源头回龙水库至汇南盘江汇口的干流河段及其支流、南盘江汇口附近水域，以及工程涉及到干龙潭、双飞井、康新寨、红舍克、支迷、马鞭稍和细水水库 7 座调蓄水库。

1.7.3 环境空气

本工程环境空气评价范围为以施工占地区周边边长为 5km 的范围，施工道路两侧各 200m 范围。

输水线路：输水管线为中心两侧 200m 范围。

1.7.4 声环境

评价范围为工程建设征地边界外 200m 范围，施工道路中心线两侧各 200m 范围，移民安置点和专项设施复建区外 200m 范围内，对于周边的村庄等敏感点适当扩大评价范围。

1.7.5 土壤

枢纽工程区评价范围为工程建设征地范围内以及工程建设征地范围外 2km 范围内的区域；输水管线区评价范围为输水线路工程边界两侧向外延伸 200m 范围。

工程评价范围见附图 1-1。

1.8 环境影响评价因子识别

根据工程区环境特点，结合工程枢纽布置及施工布置、工程规模、工程建设及运行、移民安置等因素，对环境影响因子进行识别，见表 1.8-1。

表 1.8-1

清水河水利枢纽工程环境影响因子识别矩阵表

环境要素		环境因子	施工期						运行期			移民安置占地
			土石方开挖填筑及弃渣	施工废水、粉尘和噪声	场内外道路施工、对外运输	供水管线开挖	施工队伍进驻	永久、临时占地	水库调节	受水区退水	水库淹没	
水资源与水环境	水资源	地表水资源							△	○		
	水环境	水文情势							△		△	
		水质		△			△		△	△		
		水温							△		△	
		地下水							△	○		
生态环境	水生生态	水生植物		△					△○			
		浮游生物		△					△○			
		鱼类		△					△○			
		渔业资源							△○			
	陆生生态	植物	△		△	△		△	△○		△	△
		植被	△		△	△		△	△○		△	
		陆生动物	△		△	△		△	△○		△	
		土地利用	△		△	△		△	△		△	△
		生态完整性	△		△	△		△			△	
社会环境			△			△		△○	○		△	
声环境		△	△	△	△							
大气环境		△	△	△	△							
土壤环境										△		

环境要素	环境因子	施工期						运行期			移民安置占地
		土石方开挖填筑及弃渣	施工废水、粉尘和噪声	场内外道路施工、对外运输	供水管线开挖	施工队伍进驻	永久、临时占地	水库调节	受水区退水	水库淹没	
水土流失		△		△	△		△				△

注：○表示有利影响，△表示不利影响。

1.9 环境保护目标

1.9.1 环境敏感区

清水河水利枢纽工程不涉及自然保护区、风景名胜区、湿地公园、饮用水源保护区等环境敏感区（见表 1.9-1），经核查，本工程占压云南省原生态保护红线共计 104hm²，占压生态保护红线类型为珠江上游及滇东南喀斯特地带水土保持生态保护红线。其中枢纽区占压红线面积 0.23hm²，线路区占压红线面积 0.27hm²，淹没区占压生态红线面积 0.54hm²。目前，文山州已经对清水河水库建设项目占用生态保护红线的地块进行评估调出（详见附件 2），调出后工程不再涉及云南省生态红线。

表 1.9-2 清水河水利枢纽工程与环境敏感区位置关系一览表

敏感区类型	名称	级别	保护对象	与工程位置关系
自然保护区	普者黑省级自然保护区	省级	岩溶湖群湿地及景观	水库坝址位于清水江上游支流南丘河上，普者黑省级自然保护区、国家风景名胜区、国家湿地公园位于清水江支流清水河源头，工程水库淹没区均不涉及上述敏感区范围，输水管线丘北工业园区支线距离普者黑国家级风景名胜区三级保护区边界的最近距离为 18.0km。
风景名胜区	普者黑风景名胜区	国家级	仙人洞、落水洞、摆龙湖、麦地冲等景观资源	
湿地公园	普者黑国家湿地公园	国家级	保护湿地野生动植物，维护普者黑典型喀斯特湿地水文生态过程、结构与生态功能	

1.9.2 环境保护目标

(1) 地表水环境

1) 保护对象

清水河水库库区、坝下减水河段，区间法白小河、清水河、者莫河、石葵河等主要支流，受水区退水河流公革河、古登寨小河、板榔河、法白小河、清水河等。

2) 保护目标

施工期生产废水和生活污水尽量回用,减少废水排放量,排放的生产废水和生活污水执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级排放标准,减少工程施工期对区域水环境质量的不利影响,维护施工期废水排放受纳水体南丘河、清水江河流Ⅲ类水域功能。

工程运行期,保障库区、清水江干流水质及及受水区退水受纳河流公革河、古登寨小河、板榔河、法白小河、清水河等满足《地表环境量标准》(GB3838-2002) Ⅲ类标准;保障输水管线水质满足Ⅲ类标准;保障干龙潭、双飞井、康新寨水库、红舍克、支迷、马鞭梢和细水水库 7 座调蓄水库水质满足Ⅲ类标准。

(2) 地下水环境

1) 保护对象

清水河水库库区及输水管线涉及区域周边各村庄出露的泉点水质,主要包括平老东 S2 泉点、扭克北泉点、阿革卡下寨 S4 泉点、阿革卡上寨 S5 泉点、白沙湾 S6 泉点、阿革卡上寨北 S19 泉点,详见表 1.9-3。

表 1.9-3 地下水环境主要保护目标

泉点编号	位置	高程(m)	出露地层	地层岩性	流量(L/s)	泉点类型	备注与工程位置关系
S2	平老东	1300	T2b	灰岩	0.9	下降泉	坝下约 1.5km
S3	扭克北	1286	P2w	灰岩	9	下降泉	坝下约 2km
S4	阿革卡下寨	1380	T2b	灰岩	8	下降泉	水库淹没区
S5	阿革卡上寨	1442	T2b	灰岩	7.6	上升泉	淹没区外
S6	白沙湾	1400	T2b	灰岩	2.7	下降泉	
S19	阿革卡上寨北	1432	P2w	灰岩	1	上升泉	

2) 保护目标

工程涉及区域地下水环境质量水质不因工程建设和运行发生变化,而地下水水质满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) Ⅲ类标准,不因工程建设运行产生环境水文地质问题。

(3) 陆生生态

1) 保护对象

评价区域内陆生态系统的完整性及生物多样性。重点保护水库淹没区及施工占地区域涉及的国家 II 级重点保护野生植物榉树及古树黄连木，以及国家二级重点保护鸟类(黑) 鸢、普通鵟、黑翅鸢、雀鹰、松雀鹰及红隼 6 种。

2) 保护目标

维护生态完整性，保护敏感目标。维护区域生物多样性，不因工程建设而造成当地物种消失和生态功能退化。

(4) 水生生态

1) 保护对象

评价区域内清水江干流及主要支流中的珍稀保护鱼类，重点保护云南省省级保护鱼类暗色唇鲮，花鲮、云南光唇鱼、白甲鱼等经济鱼类以及狭孔金线鲃、云南盘鮈洞穴鱼类。

2) 保护目标

保护工程涉及河流生态系统的稳定性及水生生物多样性，重点保护清水河干流河段珍稀保护鱼类及其栖息地。

(5) 环境空气及声环境

1) 保护对象

主要保护对象：施工区及主要运输道路两侧 200m 范围内居民，包括平老村、石板房水塘村、天星乡天星村、扭克村等村庄。

2) 保护目标

保护目标为不因工程施工、移民安置等活动造成工程线路区环境空气质量与声环境质量显著下降，环境空气质量达到《环境空气质量标准》(GB 3095—2012) 中二级标准；工程建设区周围居民点声环境质量达到《声环境质量标准》(GB 3096—2008) 中 2 类标准，各施工区边界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 2 类标准，控制和降低噪声对附近农村居民的影响。

(6) 土壤环境

1) 保护对象

建设征地范围内及工程建设征地范围外 2km 及输水线路工程边界两侧向外延伸 200m 范围的耕地、林地、园地等土壤环境。

2) 保护目标

保护目标为不因水库淹没、工程施工、移民安置等活动造成建设征地范围内外土壤环境质量显著下降,建设征地范围内土壤环境质量满足《土壤环境质量建设用
地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)基本项目风险筛选值,建设征
地范围外土壤环境质量满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》
(GB15618-2018)基本项目风险筛选值。

本工程环境保护对象及主要环境保护目标见表 1.9-4。

表 1.9-4 清水河水利枢纽工程环境保护目标表

环境要素	环境保护对象		保护要求	相对位置关系
水环境	地表水	库区、坝下减水河段,法白小河、清水河、者莫河、石葵河等主要支流,受水区退水河流公革河、古登寨小河、板榔河、法白小河、清水河等。	满足地表水 III 类水质目标,维护工程河段现有水域功能	库区、坝下河段及区间支流、受水区退水河流
	水温			
	生态流量	坝下水生生物及水环境	维持水生生物等河道内生态需水	
	地下水	枢纽和输水线路工程涉及区域地下水水环境,重点关注泉点水质	枢纽和输水线路工程涉及区域地下水环境质量不因工程建设和运行而发生改变,满足 III 类水质目标	工程区及周边区域
生态环境	水生生态	受工程运行影响的云南省级保护鱼类暗色唇鲮,花鲮、云南光唇鱼、白甲鱼等经济鱼类,金线鲃、云南盘鮈等洞穴鱼类	保护其物种资源和生境	工程影响区
	陆生生态	国家二级保护植物榉树,古树黄连木;国家二级重点保护鸟类(黑) 鸢、普通鵟、黑翅鸢、雀鹰、松雀鹰及红隼 6 种	维护工程及周边区域生态完整性	工程淹没及施工占地区
土壤	建设征地范围内及工程建设征地范围外 2km 及输水线路工程边界两侧向外延伸 200m 范围受影响的耕地、林地、园地等土壤环境		建设征地范围内土壤满足《土壤环境质量建设用 地土壤污染风险管控标准(试行)》 (GB36600-2018) 有关	建设征地范围内和建设 征地范围外 2km

环境要素	环境保护对象		保护要求	相对位置关系
			规定，征地范围外满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018) 有关规定	
大气、噪声	平老村、石板房水塘村、天星乡天星村、扭克村	坝址施工区、交通沿线及输线路施工区附近附近的居民点	达到《环境空气质量标准》(GB 3095—2012) 中二级标准、声环境质量达到《声环境质量标准》(GB 3096—2008) 中 2 类标准	工程施工影响范围

1.10 评价水平年

(1) 现状评价水平年

本工程环境现状评价水平年为 2017 年，并注重历史资料及近期调查资料的利用。

(2) 预测评价水平年

施工期：预测评价水平年为施工高峰年。

运行期：规划水平年为 2035 年。

1.11 环境影响评价工作程序

根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)，本工程环境影响评价工作分为调查分析和工作方案制定阶段、分析论证和预测评价阶段、环境影响报告书编制三个阶段。评价工作程序详见图 1.11-1。

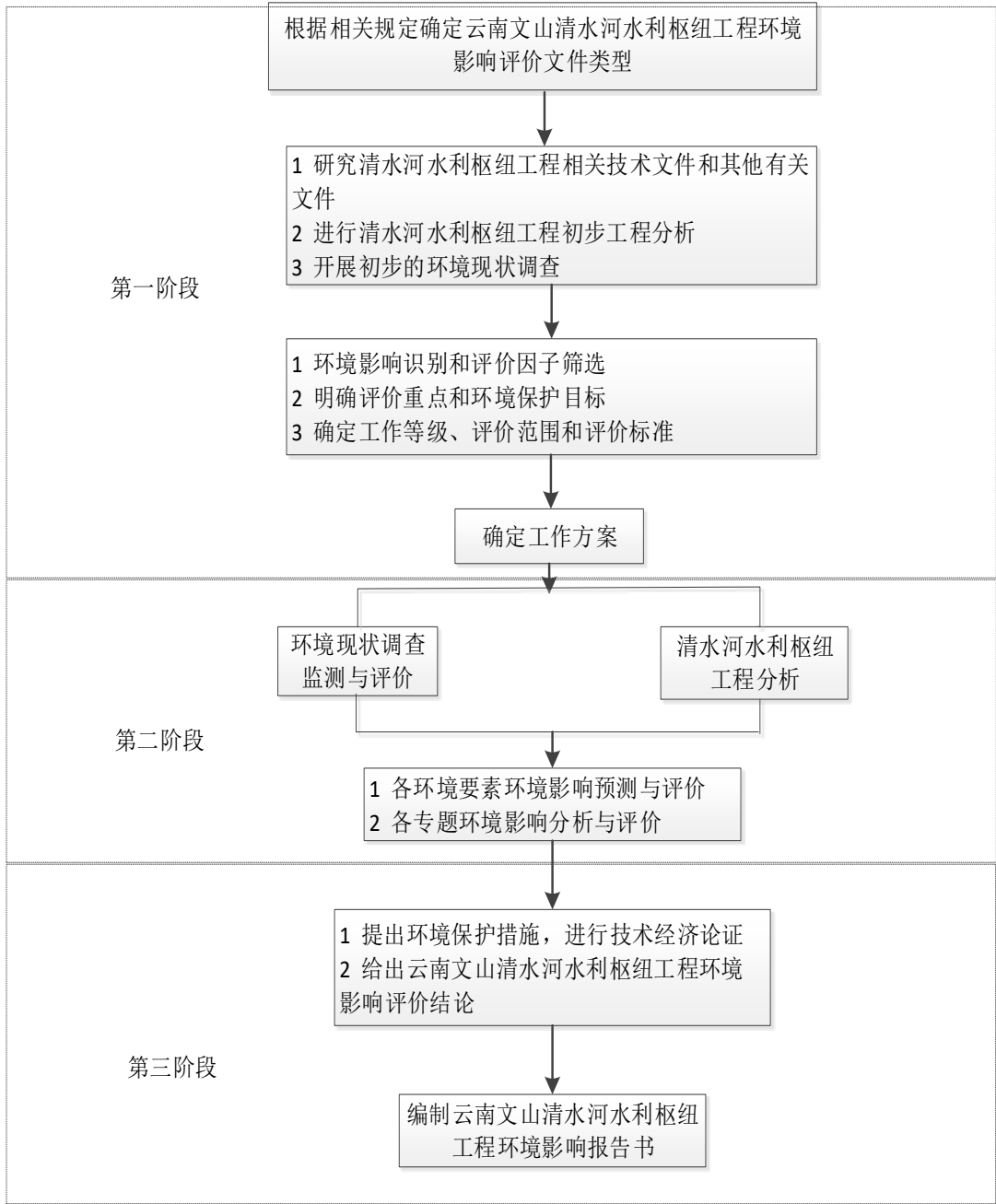


图 1.11-1 清水河水利枢纽工程环境影响评价工作程序

2 工程概况

2.1 南盘江流域综合规划及规划环评

2.1.1 南盘江流域综合规划过程

清水江为南盘江一级支流，2010 年 12 月水利部珠江水利委员会(简称“珠江委”)以珠水规计〔2010〕196 号文上报了《南盘江流域综合规划任务书》(简称“《任务书》”)，2011 年 5 月水利部以水规计〔2011〕252 号文批复了《任务书》。按照《任务书》要求，珠江委组织流域内滇、黔、桂三省(自治区)水利厅开展了规划编制工作，于 2011 年 11 月主持召开了规划工作会议，讨论了《南盘江流域综合规划工作大纲》，牵头成立了规划编制协调联络小组，明确了珠江委与三省(自治区)的工作分工，南盘江综合规划工作全面展开。在云南、贵州、广西三省(自治区)的大力支持与配合下，于 2013 年 1 月提出《南盘江流域综合规划》(初稿)内部评审会。会后，规划承担单位(中水珠江规划勘测设计有限公司)按照初审意见对规划报告进行修改。经征求三省(自治区)意见后，珠江委以珠水规计〔2014〕2 号文报送了《南盘江流域综合规划(送审稿)》。2017 年 4 月 20 日~22 日，水利部水利水电规划设计总院在北京召开了《南盘江流域综合规划(送审稿)》审查会议。会后，珠江委组织规划承担单位按照审查意见对报告进行了修改完善，于 2017 年 8 月提出了报告修改稿。2017 年 9 月 9 日~10 日，水利水电规划设计总院在北京召开《南盘江流域综合规划》复审会议，会后，珠江委组织规划承担单位按照审查意见对报告进一步修改完善，于 2017 年 11 月提出了《南盘江流域综合规划(审定稿)》。

2016 年 1 月，水利部水利水电规划设计总院以水总规〔2016〕19 号文《水规总院关于南盘江流域综合规划审查意见的报告》同意该规划并将审查意见上报水利部。2017 年 1 月水利部以水规计〔2017〕41 号文《水利部关于南盘江流域综合规划的批复》原则同意该规划。

2.1.2 主要规划内容

2.1.2.1 防洪减灾规划

南盘江的防洪重点是中上游的沾曲、陆良、宜良等市县，南盘江中上游无适宜

兴建控制性防洪水库的条件，防洪任务主要由堤防承担，规划堤防工程总长 629.36km、河道整治长度 285.82km。

南盘江流域中小河流共规划加固堤防、护岸 237km，新建堤防、护岸 471km，河道清淤、疏浚 289km。

2.1.2.2 水资源综合利用规划

（1）续建扩建工程

规划扩建大坝冲水库、小河黑水库、姑娘桥水库、矣则河水库、清平水库、长桥海水库、木浪河水库等 12 座，扩建后水库工程供水能力将达到 3.05 亿 m^3 。

（2）新建水源工程

规划新建阿岗水库、马岭水库、清水河水库、五嘎冲水库、海马箐水库、官寨水库等重点水源工程 30 座，新增供水能力 12.43 亿 m^3 。

（3）引提水工程

规划建设盘溪大龙潭引水工程、引黄入木工程等 2 宗。其中盘溪大龙潭引水工程的主要任务和目的首先通过对玉溪市中心城区、华宁县城、通海县城、江川县城等区域的供水，取缔当地对地下水资源的过度开发；其次为满足“抚仙湖-星云湖生态建设与旅游发展综合改革试验区”的生产生活用水，取缔抚仙湖各种不合理取水，达到对抚仙湖的保护的目的。该工程引水流量 $2.5\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均引水量为 7013 万 m^3 ，引水水源点华宁县盘溪大龙潭位于华宁县盘溪镇东缘挂榜山脚，距华宁县城 52km。工程受水区包括华宁县城、通海县城、江川县城、玉溪市中心城区、抚仙湖周边产业园区。

（4）跨流域引调水工程

1) 滇中引水工程

滇中引水工程的任务和目标是：以城镇生活与工业供水为主，统筹兼顾生态、农业用水需求，以水资源的可持续利用保障该地区经济社会的可持续发展；受水区涉及长江流域、澜沧江流域、红河流域、珠江流域，包括云南省的丽江市、大理州、楚雄州、昆明市、玉溪市和红河州等 6 个地区；输水线路总干渠自奔子栏至红河蒙自全长 848.2km，线路途经丽江、大理、楚雄、昆明、玉溪、红河等地区；工程设计调水流量为 $135\text{m}^3/\text{s}$ ，至 2040 年，调水总量为 34.19 亿 m^3 。2011 年 5 月，水利部以“水规计〔2011〕200 号‘关于滇中引水工程规划的批复’”批复了滇中引水工程

规划，目前已开工建设。

2) 车马碧调水工程

车马碧调水工程的任务和目标是：解决曲靖经济技术开发区（西城工业园区）的工业用水、曲靖大型灌区农业灌溉用水。涉及云南省曲靖市的马龙县、曲靖市和沾益县；输水线路总长 28.0km，线路途经马龙县和曲靖市；工程设计调水流量为 15m³/s，截止 2030 年，调水总量为 1.11 亿 m³。工程已经列入《全国水利发展“十二五”规划》，目前已开工建设。

3) 黑滩河调水工程

黑滩河调水工程的任务和目标是：解决 2020 年的曲靖市城市生活和工业用水。涉及云南省曲靖市的马龙县、曲靖市、陆良县和沾益县；输水线路总长 12.8km，线路途经马龙县、沾益县和曲靖市；工程设计调水流量为 3.3m³/s，截止 2030 年，调水总量为 1.03 亿 m³。工程已经列入《西南五省（自治区、直辖市）云南省重点水源工程近期建设规划》。

4) 三岔河调水工程

三岔河调水工程的任务和目标是：解决石屏坝区农业灌溉用水。该工程通过引调红河流域甸中河水量至珠江流域泸江的高冲水库进行调节后补充石屏坝区灌溉用水。调水工程的输水渠道和末端调节水库高冲水库已经建成，线路总长 37km，调出区的阿白冲水库目前正在建设中；工程设计调水流量为 3.0m³/s，截止 2020 年，调水总量为 0.17 亿 m³。

5) 牛栏江—滇池补水工程

牛栏江—滇池补水工程的任务和目标是：补充滇池生态水量，改善滇池水环境，并在昆明市发生供水危机时，提供城市生活及工业用水，远期为曲靖市生产、生活供水，与金沙江调水工程共同向滇池补水，同时作为昆明市的备用水源。工程涉及云南省曲靖市的沾益县、会泽县、昆明市的寻甸县、嵩明县、五华区；输水线路总长 115.85km，线路布置在牛栏江左岸，分布于昆明市寻甸县、嵩明县和昆明市盘龙区境内。输水线路起点为德泽干河泵站出水池出口、干河隧洞进口，输水线路落点。

(5) 灌溉规划

1) 大型灌区续建配套与节水改造

南盘江流域内大型灌区有 5 个，现状灌溉面积 171.12 万亩，分别是曲靖灌区、

蒙开个灌区、丘北灌区、兴中灌区和盘江灌区，其中盘江灌区横贯南、北盘江流域。新建水源工程 5 座，改造、配套及新建水源渠首 30 处，渠系建筑物 837 座，渠道长度 935km，排水沟长度 350km；年可供水量 94536 万 m^3 。续建配套后设计灌溉面积 202.89 万亩，完成改造后新增灌溉面积 31.77 万亩。

2) 中型灌区续建配套与节水改造

目前，流域内（1~30）万亩的中型灌区 83 处，有效灌溉面积 162.97 万亩，改造或新建小撒卜龙水库、平海子水库、大坝冲水库等 28 座，改造、配套及新建水源渠首 35 处，渠系建筑物 923 座，渠道长度 1150km，排水沟长度 174km；年可供水量 91699 万 m^3 。续建配套后设计灌溉面积 196.78 万亩，完成改造后新增灌溉面积 33.81 万亩。

3) 新建大中型灌区

在已有小灌区的基础上，通过新建水源、河库连通等工程，新建柴石滩灌区、清水河灌区、阿岗水库灌区、马岭水库灌区、马街镇灌区、五嘎冲水库灌区、弥泸灌区、石屏灌区、草白海子灌区、小龙潭水库灌区、纳达水库灌区、高卡水库灌区、引黄入木灌区、杨柳河灌区等大中型灌区 17 处，设计灌溉面积 88.41 万 m^3 ，其中新增灌溉面积 51.56 万 m^3 。年可供水量 41199 万 m^3 。新建扩建水源工程或河库连通工程 23 座，改造、配套及新建水源渠首 13 处，渠系建筑物 397 座，渠道长度 774km，排水沟长度 49km。

2.1.2.3 水力发电规划

(1) 干流水电规划

南盘江干流梯级规划推荐方案采用古宁坝、天生关（桥）、柴石滩、红石岩、田坝、大乍起、罗碧、糯租、老独寨、水头寨、盘溪、西扯邑、盘江、巡检司、龙潭、小塘、大桥、雷打滩、云鹏、天生桥一级、天生桥二级、平班和八渡 23 级开发方案，总装机容量 399.41 万 kW，年发电量 194.52 亿 kW·h。

(2) 支流水电规划

1) 黄泥河干流梯级开发方案

黄泥河干流采用 10 级开发方式，主要梯级自上而下有阿岗、冒水洞、腊庄、花滩、大寨、长底、大桥一级、大桥二级、老江底、鲁布革，总装机容量 101.59 万 kW，年发电量 41.58 亿 kW·h。

2) 马别河干流梯级开发方案

马别河干流梯级开发推荐方案采用 8 级开发方式，主要梯级自上而下有五嘎冲、长征桥一级、楼下河、下屯、长征桥二级、黑洞、马岭、赵家渡，总装机容量 17.57 万 kW，年发电量 5.58 亿 kW·h。

3) 清水江干流梯级开发方案

根据 2010 年 4 月文山州人民政府批复的《文山壮族苗族自治州清水江流域综合规划报告》，清水江干流采用 7 级开发方式，主要梯级自上而下有南丘、格雷一级、格雷二级、石别、猴爬岩、坝达、猫街，总装机容量 10.15 万 kW，年发电量 4.59 亿 kW·h。

根据规划环评的分析成果，拟建的南丘电站为引水式电站，可能造成下游河段脱水或减水，对生态环境会产生较大影响，环评建议取消建设。因此，本次清水江干流梯级开发推荐方案采用 6 级开发方式，主要梯级自上而下有格雷一级、格雷二级、石别、猴爬岩、坝达、猫街，总装机容量 9.57 万 kW，年发电量 4.59 亿 kW·h。各梯级均为小型水电站，无（或曰）调节能力。规划未建梯级为石别电站。

2.1.2.4 航运规划

根据《珠江水系航运规划报告（2008 年修编）》，平班至两江口 118km 航道为珠江水系重要航道，冒水洞～黄泥河口、黄泥河口～天生桥一级、纳贡～平班枢纽库区航道为珠江水系一般航道。

规划 2030 年通过对天生桥一级、平班梯级库尾河道整治，将冒水洞～黄泥河口 32km、黄泥河口～天生桥一级 107km、纳贡～平班枢纽 53km 库区航道提高至四级。

2.1.2.5 水资源与水生态环境保护规划

（1）入河污染物总量控制

南盘江流域规划 2030 年污染物入河控制量见表 2.1-1。

表 2.1-1 南盘江流域水功能一级功能区入河控制量表

水功能一级区	规划水平年污染物入河控制量 (t/a)	
	化学需氧量	氨氮
保护区	578.28	138.91
保留区	19855.22	1110.18
缓冲区	3349.33	229.26
开发利用区	29063.52	2854.9
合计	52846.35	4333.25

(2) 地下水资源保护

规划集中式供水水源区的水质保护主要通过隔离防护工程来实现，主要工程措施是建立地下水饮用水源保护区及设立保护围栏，保护区内采取种植防护林等方法对地下水源进行保护。全流域规划集中式供水水源区水质保护工程 2030 年保护区面积 97.5 km²，围栏长度 16.5 km。

在保障供水安全和生态安全、采补平衡的前提下，合理制订地下水规划开采量，严格控制地下水的开采。南盘江流域 2030 年规划开采量 8812 万 m³，主要分布在集中式供水水源区和分散式供水水源区。对流域内的超采区，2030 年规划减少开采量 3559 万 m³，逐步削减地下水超采量，实现采补平衡。

云南省的地下水超采区规划通过跨流域调水及引用当地地表水等措施减少地下水开采量，4 个严重超采区停止地下水开采，一般超采区逐渐减少地下水开采量，使地下水水位得到逐步回升，实现采补平衡。对于停止开采的地下水井封而不填，用做应急备用水源。对部分受污染的地下水开采区，根据地下水保护的目标要求，提出污染防治措施。2030 年全流域规划地下水污染治理工程为 18 处。

(3) 水生态修复

盘流域重点区域水生态保护与修复工程措施具体见表 2.1-2。

表 2.1-2 南盘江流域重点区域水生态保护与修复工程措施表

序号	所在区域	工程名称	工程内容	实施时间
1	水源涵养区	南盘江水源涵养与保护工程	珠江源保护区水源保护工程	2030 年
			主要饮用水水库水源保护工程	2020 年
			甸溪河、清水江、黄泥河、马别河、抉择河等源头水源保护工程	2020 年

序号	所在区域	工程名称	工程内容	实施时间
2	鱼类及水产种质资源保护区	天生桥一级水电站库区水生态保护与修复工程	污染源控制工程	2020 年
			入库水质监控工程	2020 年
			生态保护建设工程	2030 年
			鱼类保护工程	2030 年
3	连通性维护与修复区	南盘江连通性维护与修复工程	在河道内营造适宜的生物栖息环境，增设过鱼设施	2030 年
4	水质改善区	南盘江城市河段水生态保护与修复工程	城市污水处理厂建设工程	2020 年
			入河排污口整治工程	2020 年
			重点污染源监控工程	2030 年
			鱼类原良种繁育基地工程	2030 年
			河道综合治理工程	2030 年
5	湖泊及重要湿地	阳宗海湖泊生态保护与修复工程	水环境综合整治工程	2030 年
			生态湿地建设与恢复工程	2030 年
			湖滨带及河岸四退三还工程	2020 年
			景观及防护林建设工程	2020 年
			水资源保护示范区创建工程	2030 年
6		抚仙湖湖泊生态保护工程	污染源系统治理工程	2030 年
			林业建设与水源涵养林保护工程	2030 年
			库塘湿地修复工程	2030 年
			小流域清水产流机制修复工程	2020 年
			湖滨缓冲带生态修复工程	2020 年
			外来鱼种控制与土著鱼种保护工程	2030 年
7	湖泊及重要湿地	星云湖湖泊生态保护与修复工程	水污染治理工程	2020 年
			退田还湖生态修复工程	2020 年
			湖滨带生态修复工程	2020 年
			底泥环境疏浚工程	2020 年
			林业生态及小流域治理工程	2030 年
8		杞麓湖湖泊生态保护与修复工程	控源治河系统控制工程	2020 年
			污染底泥疏浚与资源化工程	2020 年
			湖滨带及缓冲带基底修复与生态建设工程	2020 年
			湖内水葫芦去除与处置工程	2020 年
9		异龙湖湖泊生态保护与修复工程	退田还湖工程	2020 年
			生态补水工程	2030 年
	新街海河水污染整治工程		2030 年	
	底泥疏浚工程		2020 年	
	生态养殖工程		2030 年	

序号	所在区域	工程名称	工程内容	实施时间
10		普者黑湿地生态保护工程	湖滨带恢复工程	2020 年
			水生生态系统建设工程	2030 年
			退塘还湖工程	2020 年
			水污染防治工程	2020 年
11		滇中引水生态补水工程	杞麓湖补水工程	2020 年
			异龙湖补水工程	2020 年
12	全流域	流域水生态与水环境监测工程	玉溪市水环境监测中心	2030 年
			云南（珠江）水生生物检测技术建设	2030 年
			云南（珠江）现场检测技术建设	2030 年
			云南（珠江）水环境机动能力建设	2030 年
			贵州（珠江）水环境基础监测技术建设	2030 年
			云省跨界河流水环境检测能力建设	2030 年
			黔西南州水资源监测分中心	2030 年

2.1.2.6 水土保持综合规划

规划区综合治理水土流失面积 12922km²，实施坡改梯 7.73 万 hm²，谷坊 5318 座，拦沙坝 886 座，水窖 54885 座，蓄水池 175320 座，沉沙池 175320 座，截排水沟 12620km，机耕道 1772km，防护堤 838km，治理落水洞 531 处，水保林 30.54 万 hm²，经果林 10.71 万 hm²，种草 5.89 万 hm²，封禁治理 43.64 万 hm²。

2.1.3 近期实施内容

2.1.3.1 防洪减灾

（1）防洪治涝工程

继续完建扩建曲靖、玉溪、兴义市城市防洪堤工程，堤防标准达到防御 50 年一遇洪水标准。继续完建扩建各县城市防洪堤工程和排涝工程，主要包括陆良、宜良、沾益等重点防洪县。完成干支流重点防洪河段的河道整治工程。完成杞麓湖、星云湖、异龙湖等高原湖泊的综合整治。加快南盘江流域洪水预警预报系统的升级、改造。

（2）中小河流治理工程

在确保大江大河防洪安全的同时，对灾害突出、治理要求紧迫的 54 条中小河流进行治理。

（3）山洪灾害防治

对未进行山洪灾害治理的区域应首先对山洪灾害进行全面普查、详细调查、分析计算和综合评价，建立山洪灾害调查评价数据汇集系统；对已初步建设非工程措施的区域进一步补充监测站点，完善监测站网，建立并完善通信及预警系统，制订防灾预案及救灾措施。

2.1.3.2 水资源综合利用

（1）城乡供水水源工程

扩建大坝冲、小黑河、姑娘桥、平海子、长桥海、洗洒、矣则河、清平、木浪河、五嘎冲和幸福等水库。续建贾龙河上游的海马箐水库。新建恨虎坝、小撒卜龙、阿岗、清水河、补木、新庄、鱼龙、泸江、坡背、大田、苏租、位单、官寨、出水洞、纳达、小龙潭等水源工程。新建三岔河、车马壁、黑滩河、盘溪大龙潭引水、引黄入木等调水工程。

（2）灌溉

对云南省的曲靖灌区、蒙开个灌区、丘北灌区、弥阳灌区、金马坝灌区、黑龙潭灌区、师宗灌区、湾子灌区、东风水库灌区、江那灌区、跃进灌区、异宝灌区，贵州省的兴中灌区、盘江灌区和盘南灌区等 15 座大中型灌区进行续建配套与节水改造，改善灌溉面积 253.25 万亩。新建柴石滩灌区、清水河灌区、草白海子灌区、阿岗水库灌区，可新增灌溉面积 89.87 万亩。

（3）水力发电与航运

优先安排建设条件较好、技术经济指标较好的梯级。通过河道整治，将平班～两江口 118km 航道建设成四级航道。

2.1.3.3 水资源保护与生态修复

（1）水资源保护工程

对曲靖市、陆良县、沾益县、宜良县等 22 个市（县）水源地进行水源地隔离防护工程和污染源综合整治工程。加强高原湖泊水污染治理，严格控制污染物入湖泊总量。初步建成水质监测和水环境信息管理系统。

(2) 水土保持

综合治理水土流失面积 5286km²，实施坡改梯 4.17 万 hm²，谷坊 2872 座，拦沙坝 478 座，水窖 29638 座，蓄水池 94673 座，沉沙池 94673 座，截排水沟 6814km，机耕道 956km，防护堤 453km，治理落水洞 286 处，水保林 16.49 万 hm²，经果林 5.78 万 hm²，种草 3.18 万 hm²，封禁治理 23.56 万 hm²。

2.1.3.4 本工程在规划中的功能定位

南盘江流域综合规划水资源综合利用规划任务提出规划新建阿岗水库、马岭水库、清水河水库、五嘎冲水库、海马箐水库、官寨水库等重点水源工程 30 座，新增供水能力 12.43 亿 m³。新建水源工程见表 2.1-3。

表 2.1-3 南盘江流域规划重点水源工程

工程名称	所在地	建设年限	总库容 (万 m ³)	兴利库容 (万 m ³)	总供水量 (万 m ³)	供水人口 (万人)	发展灌溉面积 (万亩)	改善灌溉面积 (万亩)
阿岗水库	罗平县	2020	12907	9938	13537	19.16	10.03	9.41
补木水库	富源县	2020	1830	1650	1915	1.1	3.4	
大坝冲水库扩建	陆良县	2020	1720	1566	1229	4.14	1.56	0
小撒卜龙水库扩建	陆良县	2020	1906	1800	1626			1.02
下河沿水库	陆良县	2020	2520	1549	1161	3.2	1.5	1
小黑河水库扩建	师宗县	2020	1050	980	1118	4	0.5	1.33
响水菁水库	师宗县	2020	2000	1600	1624	5	1.2	1.3
姑娘桥水库扩建	沾益县	2020	1100	850	850	3.32	1.3	
龙潭河水库	麒麟区	2020	2270	1429	2602	4.04	4.66	0.17
海马箐水库	宜良县	2020	1610	1022	2111	10.51	2.99	1.16
新庄水库	宜良县	2020	5390	2971	3576	3.5	5.2	0.18
鱼龙水库	石林县	2020	1903	1397	2595	1.62	3.88	
矣则河水库扩建	华宁县	2020	1131	929	1140	1.8	0.71	1.61
泸江水库	开远市	2020	2900	2100	2500	8.5		3.1
平海子水库扩建	泸西县	2020	3920	3160	2800		5.23	0.21
洗洒水库扩建	弥勒县	2020	2727	2400	3217	12.5	2.3	0.58
龙泉水库	弥勒县	2020	1100	950	2381	2.6	1.6	1.4

可乐水库	弥勒县	2020	1500	1400	1415	0.3		2.6
长桥海水库扩容	蒙自市	2020	6300	4833	1000	3.5	0.2	
大田水库	建水县	2020	1430	1150	1095	2.2	1.5	1.1
苏租水库	建水县	2020	1290	1070	1200	1	1	0.6
坡背水库	个旧市	2020	1120	950	1130	0.75	1.4	0.6
清平水库扩建	丘北县	2020	1333	931	1063	3.1	0.71	0.31
位单水库	丘北县	2020	1060	802	1141	1.89	1.73	0
官寨水库	丘北县	2020	3500	2600	3589	1.86	0.16	0.3
出水洞水库	盘县	2020	6858	5483	8773	1.37	3.86	
五嘎冲水库	普安县	2020	9912	7118	10887	7.96	2	
幸福水库加高	普安县	2020	1367	1127	1371	2.4	2.2	1.4
马鞭田	安龙县	2020	6473	4841	5470	25		0.89
纳达水库	兴义市	2020	1138	829	1368	1.2	1.2	
木浪河水库加高	兴义市	2020	9910	8630	8580	48	9.4	
小龙潭水库	兴义市	2020	1090	895	1611	3.37	4.1	
马岭水库	兴义市	2020	13215	10720	21798	22	1.32	
冷水水库	隆林县	2020	6050	4530	4280	7	0	5
明月河水库	宜良县	2030	4290	3619	5148	1.84	3.4	
大务龙水库	师宗县	2030	1380	1120	1532	2.4	1.62	0.6
跃进水库扩建	建水县	2030	8420	5980	6500	15	4	7.7
丫堵水库	丘北县	2030	1068	799	1179	1.81	0.3	2.07
补党河水库	丘北县	2030	1300	1100	1320	0.16	0.2	0.15
清水河水库	丘北县	2030	17400	10500	14000	7.3	32	7.5
下窑水库	兴义市	2020	1330	1239	1650	5		
高卡水库	兴义市	2020	1203	938	1539	12	1.2	
合计			157921	119495	154621	263.4	119.56	53.29

从表 2.1-3 可以看出，清水河水利枢纽工程作为《南盘江流域综合规划》近期实施的重点水源工程，工程任务主要以供水和灌溉为主，初拟水库总库容为 1.74 亿 m^3 ，调节库容为 1.05 亿 m^3 ，总供水量为 1.4 亿 m^3 ，供水人口为 7.3 万人，改善灌溉面积为 32 万亩。

2.1.4 南盘江流域综合规划环评

2.1.4.1 规划环评编制过程

2011 年 12 月，珠江水资源保护科学研究所受委托承担《南盘江流域综合规划环境影响报告书》的编制工作，2015 年 4 月完成《南盘江流域综合规划环境影响报告书（送审稿）》，2016 年 12 月原国家环境保护部以环审〔2016〕171 号文下发了《关于南盘江流域综合规划环境影响报告书的审查意见》（见附件 3）。

2.1.4.2 规划环评主要结论

（1）主要环境影响

1）水文水资源

经合理配置，2030 年由于滇中引水、德泽调水工程实施后，外流域调入水量比 2020 年有所增加，本地河道外用水较 2020 年有所减少。2030 年流域规划地下水开采系数达到《水工程规划设计生态指标体系与应用指导意见》中的“优”级类别，同时满足《珠江流域综合规划（2012-2030 年）》中地下水开采率控制在 13%内的要求。可见本规划实施后不会对流域的水资源承载力造成较大的影响。

2）水环境

南盘江流域 COD、氨氮的入河控制量在 2020 年分别比现状年增加 5642.62 t/a、4495.68 t/a，COD、氨氮增加的百分比分别为 11%、109%；COD、氨氮的入河控制量在 2030 年分别比 2020 年减少 3977 t/a、4275.62 t/a，COD、氨氮减少的百分比分别为 7%、50%。在应实施严格的污染物排放总量控制，加大节能减排工作力度，从根本上削减污染物排放量的条件下，可以保证 2030 达到 86.5%的目标。

3）生态环境

① 生态系统功能

规划一定程度上会提高流域生态系统生产能力，水电梯级建设会降低水生生态系统的稳定性，最终导致水生态系统的完整性受到一定程度的破坏。

② 陆生生态系统多样性

规划对陆生植被、动物物种与陆生生态系统的多样性影响不大。

③ 水生生态系统

规划对水生生态系统的影响源包括工程扰动型、工程阻隔型、淹没改变型、修复改善型。四种影响源中，前 2 个为不利影响；第 3 为中性影响，第 4 为有利影

响。

对鱼类的影响主要在施工阶段的扰动影响，以及规划实施后改变了流域水文情势与水环境状况，在本河段生活的流水性鱼类将因失去赖以生存的河道环境而在库区消失，改变了鱼类种群结构。

防洪治涝规划工程新增占地可能对滨河实地水文条件、近岸河滩地生境产生一定的不利影响，原先的自然状态河湖滩地将变成人工硬化护岸，导致滩地生境的消失。水电梯级的大坝阻隔、过饱和库水河低温水下泄对鱼类洄游、生境破碎化对水生生境的影响是永久的、不可逆的。

规划按照生态基流与敏感生态需水目标制定了河道与湖泊的流量与水位控制目标，能够保证生态需水的要求。

4) 社会环境

规划对流域人群健康、景观文物、农业生产、交通运输、移民安置均会造成一定程度的影响，这些影响是可接受的。

5) 环境敏感区

水电梯级规划中马别河黑洞与赵家渡梯级位于马岭河峡谷-万峰湖国家级风景名胜区内以及兴义国家地质公园范围内，与相关法律法规存在冲突；规划编制单位采纳了环评单位的建议，未列入最终的规划方案中。马岭水库已取得环评批复。另外，规划水源工程中的明月河水库、坡背水库分别位于九乡风景名胜区、个旧蛮耗风景名胜区外围边界，项目建设可能会对其产生一定影响，工程建设前应对项目选址、规模进行充分论证。

(2) 环境保护对策与减缓措施

1) 水环境保护对策措施

① 预防对策措施

加强饮用水源地水质保护、加大重金属污染防治等措施。

② 最小化措施

新建梯级水库制定水库生态调度方案、加强水库富营养化预防、加强农业环境保护、加强航运水生态环境保护等 4 方面措施。

③ 修复补救措施

已建工程优化水库调度、实施水温恢复、实施排污口整治工程、切实做好环境保护与修复工作、加快水污染治理 5 方面措施。

2) 生态环境保护对策与减缓措施

① 陆生生态

规划阶段选址的预防措施,施工阶段明确划定施工界限、加强宣传教育等最小化措施,以及植被恢复、珍稀植物保护、推进生态补偿等措施。

② 水生生态

环评在规划提出四个的水生态保护分区的基础上进一步提出三个替代生境,形成“四区三替”的总体布局。其中“四区”指规划提出的南盘江源头、清水江、黄泥河、马别河源头水源涵养区,田林八渡桂华鲮、鳊产卵场与抚仙湖特有鱼类国家级水产种质资源保护区和丘北官寨河特有鱼类国家级水产种质资源保护区三个鱼类及水产种质资源保护区,干流罗碧-小龙潭连通性维护与修复区,以及中游的下桥闸至高古马段水质改善区。“三替”指巴江、华溪河、甸溪河三条支流构成鱼类保护替代生境。并进一步提出了统筹流域开发与保护规划、保护河流及库区水质、划定禁止与限制开发河段的预防对策措施,以及统筹建设鱼类增殖放流、加强鱼类替代生境论证与修复、严格落实禁渔制度、研究小水电拆除的修复补救措施。

3) 社会环境保护措施

社会环境保护措施包括移民安置环境保护措施,环境敏感区保护措施,民族文化保护措施,人群健康保护措施和土地利用保护措施。

2.1.5 规划环评审查意见

2016年12月30日,原环境保护部以环审〔2016〕171号文下发了《关于南盘江流域综合规划环境影响报告书的审查意见》,主要内容为:

(1) 坚持生态优先、绿色发展理念。深刻认识南盘江流域特点和突出的生态地位,针对干流水能密集开发及流域生态系统明显退化现状,明确环境目标作为《规划》实施的硬约束。从维护自然系统生态完整性和生态功能、格局稳定的角度,加强生态空间保护,将水资源保护和生态环境修复作为《规划》的优先任务,优化《规划》方案,提出有针对性的流域生态环境保护、治理、修复任务。

(2) 树立底线思维和红线意识,严格遵守法律法规底线和生态保护红线。全面落实《规划》实施可能涉及的饮用水水源保护区、自然保护区、鱼类重要栖息地、风景名胜区等环境敏感区保护要求,结合地方生态保护红线划定,统筹保护好水陆域生态空间。对优先保护、重点保护的水域和区域,严禁不符合管控要求的各类开

发建设活动；将水土流失严重区域纳入治理修复区域，对相关区域、水域实施有针对性的生态需水保障、生态恢复、污染防治、水土保持等对策措施。

（3）统筹考虑流域开发强度，优化开发方案。根据《报告书》分析预测结论，进一步严格限制流域水电开发，对可能影响相关风景名胜区及地址公园的黑洞、赵家渡梯级，可能造成下游严重减脱水 and 不利生态影响的下厂河、上隔界、南丘等引水式梯级，以及干流田坝、大乍起、水头寨、盘溪、西扯邑、盘江、巡检司、龙潭、小塘等梯级不纳入规划。应专题论证八渡梯级的合理性，避免对田林八渡鱼类产卵场产生不利影响。进一步优化明月河水库、坡背水库坝址位置与工程方案，减缓对相关风景名胜区及其生态系统的不利影响。对位于南盘江的灌区发展，河道整治和防洪工程等应科学论证其必要性和环境可行性，审慎决策。

（4）完善流域生态治理及恢复方案。加强巴江、华溪河、甸溪河等替代生境保护，不再实施水利水电等工程。根据水生生物重要生境分布，进一步明确禁止和限制开发河段，统筹恢复河流连通性、实施增殖放流等举措，维护流域水生态系统结构和功能。针对流域水生生境破碎问题，提出解决现有水利水电工程生境阻隔、恢复鱼类产卵场功能等对策措施，明确过鱼设施建设等要求；针对环境敏感河段生态需水要求，明确梯级电站、水库等相关工程以及重要控制断面必须保障的生态流量并严格要求落实。提出建立流域生态补偿机制、落实工农业节水措施等环保对策措施。

（5）完善水环境综合整治。重点加强南盘江干流及高原湖泊等的水环境治理，严格控制入河污染物排放总量。强化污染河段治理，加快推进垃圾和污水集中处理设施建设运行，防范对城乡供水的影响和可能出现的水污染风险，确保如期实现各河段、湖泊水环境质量改善要求，维护珠江源区水环境安全。

（6）加强流域综合管理。客观认识流域综合开发的生态环境代价，统筹落实干支流生境保护规划，建立健全生态流量、水生生态、陆生生态、生物多样性和水文水环境等检测体系，根据动态监测情况，落实和完善环境保护对策措施。

（7）在《规划》实施过程中，适时开展环境影响跟踪评价。《规划》修编时应重新编制环境影响报告书。

（8）《规划》所包含的近期建设项目在开展环境影响评价时，规划协调性分析等内容可适当简化，应结合生态空间保护与管控要求，在落实流域保护、治理、修复方案基础上，深入论证项目建设可能产生的水生态、水环境影响及其对环境敏感

区的影响，严格环境准入要求，制定切实可行的水污染防治措施和生态补偿方案，预防或者减轻项目实施可能产生的不利环境影响。

2.2 工程建设必要性

2.2.1 是巩固扶贫成果，支持革命老区开发建设的需要

文山州是典型的集“老、少、边、穷、山、战”为一体的特殊贫困地区，2017 年，本工程涉及的砚山县、丘北县和广南县人均 GDP 分别为 25444 元、15754 元和 13528 元，城镇常住居民人均可支配收入分别为 29710 元、25970 元和 25302 元，农村常住居民人均可支配收入分别为 9755 元、9404 元和 8718 元。而全国的人均 GDP 为 59660 元，城镇常住居民人均可支配收入为 36396 元，农村常住居民人均可支配收入为 13432 元，三县指标均低于全国平均水平。根据国务院扶贫领导小组办公室 2012 年 3 月发布的“国家扶贫重点县名单”，文山州 8 县（市）均是国家扶贫开发工作重点县；根据国务院扶贫领导小组办公室 2012 年 6 月发布的“关于公布全国连片特困地区分县名单的说明”，本工程涉及的砚山县、丘北县和广南县均是滇桂黔石漠化片区特殊困难县。砚山县和丘北县于 2019 年退出贫困县、广南县于 2020 年退出贫困县。

清水河水利枢纽工程的开发任务为以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用，该工程为清水江流域水资源优化配置控制性工程，建成后可解决文山州境内典型干旱带的城乡生活和工业、农业灌溉水资源短缺问题。清水河水利枢纽工程建成以后，为该地区的砚山县城、砚山工业园区承接产业加工区和三星坝新型产业加工区、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区以及广南珠琳农特产品加工和物流片区供水，解决区内 29.5 万城市人口、15.5 万村镇人口饮水安全问题，为区内 19.6 万亩灌溉面积提供水源保障，提高农村居民收入，还为文山州电网提供电力支持。

综上所述，清水河水利枢纽工程的建设，是改善居民生活和生产条件、提高居民收入、发展地方经济的重要前提，对于巩固扶贫成果具有重要意义，是落实《中共中央办公厅国务院办公厅关于加大脱贫攻坚力度支持革命老区开发建设的指导意见》和水利部、林业局滇桂黔石漠化片区区域发展与脱贫攻坚现场推进会精神的体现，符合国家战略。

2.2.2 解决砚山县城和当地村镇缺水问题的需要

2.2.2.1 向砚山县城供水的需要

砚山县城为全县的政治、经济、文化中心，定位为云南省重要的产业转移承接基地、滇东南重要的现代物流中心、文砚平半小时经济圈重要增长极、砚山县城综合服务中心，2017 年县城人口为 8.5 万人。县城现状供水水源为江那中型灌区的回龙水库、路德水库和新民水库等 3 座小(1)型水库，调节库容分别为 376 万 m^3 、210 万 m^3 和 425 万 m^3 ，水库原设计任务为灌溉，无县城供水任务。水库向县城供水后，几乎全部挤占河道生态基流，且无多余水量向灌区供水。2009 年~2011 年大旱中，三座水库全部干涸，当地政府修建了文砚平应急供水二期工程，从文山市的小河尾水库引水，挤占水库灌溉用水，为砚山县城应急供水。县城现状水源即使改变原有设计任务，减少灌区供水量，供水保证率也很低，抵御干旱能力很弱。

2035 年砚山县城人口为 20 万人，县城毛需水量为 1935 万 m^3 ，现状供水水库需要恢复为江那中型灌区农业灌溉供水任务，退还河道生态基流，不再向县城供水，再生水供水量为 173 万 m^3 ，县城生活缺水量为 1660 万 m^3 。清水河水利枢纽工程所在的南丘河径流量大、水质条件好，水资源开发利用程度较低，地形和地质等条件符合建设大型水库的条件，水库建成后作为县城的专用水源，可基本满足砚山县城现状缺水和发展用水要求，构建完善的县城用水保障体系，大力改善县城居民的生活和环境条件，对于提高居民生活质量起到了积极的作用。

2.2.2.2 向当地村镇生活供水的需要

清水河水利枢纽工程供水范围涉及砚山县、丘北县、广南县等 3 个县的 5 个乡镇，受水区 2017 年农村和集镇人口为 17.8 万人，该地区为工程性缺水地区，2017 年集中供水率为 29%， “十二五”农村饮水安全提质增效工程和“十三五”农村饮水安全巩固提升工程主要采用分散供水形式，水源主要为小型引水工程(山泉水)和集雨工程(水窖)，部分居民从 30km 外的河道或地下水井拉水解决生活用水问题，主要供水设施为水窖和山泉水，一般年份单方水成本约 30 元，枯水年单方水成本可达 60 元，而偏远的农村居民只能靠水窖收集雨水解决吃水问题，水质和水量均不能满足饮用水要求，当地村镇居民生活用水问题非常严峻，民生问题尚未解决。

清水河水利枢纽工程供水范围涉及的村镇 2035 年总人口为 15.5 万人；村镇生活总需水量为 1175 万 m^3 。考虑现有和规划的水利工程供水量后，缺水量为 773 万

m^3 ，当地无条件新建水库工程，地下水埋藏很深，且水量少，无其他固定水源解决村镇生活用水问题，拟建的清水河水利枢纽工程为大(2)型水库，调节性能较强，水量充裕，水质满足要求，能够解决当地村镇生活饮水安全问题，基本全部实现集中供水，可将集镇人均用水量由 $70\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ 提高至 $114\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，将农村居民生活人均用水量由 $49\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ 提高至 $94\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，提高群众的生活水平和质量，完善民生供水保障体系，为当地创建特色小镇和建设美丽乡村奠定基础。

综上所述，清水河水利枢纽工程建成后，可解决砚山县城 20 万人的生活缺水问题，并满足砚山县、丘北县、广南县等 3 个县 5 个镇 15.5 万村镇居民的生活用水要求。建设清水河水利枢纽工程是解决砚山县城和当地村镇缺水问题，提高生活供水安全保障的需要。

2.2.3 满足工业和物流园区用水需求

清水河水利枢纽工程受水区工业园区包括砚山县工业园区（布标承接产业加工区和三星坝建材加工区）、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区和珠琳特色产品加工和物流片区等 4 个工业和物流园区。砚山工业园区布标承接产业加工区和三星坝建材加工区、丘北工业园区现状为周边灌区的小水库，挤占农业灌溉为园区供水，无专用水源；丘北普者黑火车站物流园区和广南珠琳农特产品加工和物流片区为规划的产业园区，现状无水源向园区供水。由于本地区工业和物流园区无专用水源，供水问题一直得不到解决，导致园区招商引资困难重重，园区发展缓慢。因此，由于本地区缺乏工业和物流园区供水水源，严重制约了经济的发展。

砚山工业园区、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区和珠琳特色产品加工和物流片区四个工业园区 2035 年需水量达到 $3353\text{万}\text{m}^3$ ，考虑再生水供水后，园区缺水量为 $2729\text{万}\text{m}^3$ 。建设清水河水利枢纽工程，可向工业园区供水 $2729\text{万}\text{m}^3$ ，能够满足工业园区用水要求。

2.2.4 满足灌溉缺水问题

清水河水利枢纽工程灌区所在地区集中连片的耕地灌区面积基本在 4000 亩以上，人均耕地面积 1.6 亩，灌区土地资源丰富，土壤土层深厚肥沃，富含有机质，排水性好，大多数肥力中等。本地区盛产三七、八角、草果、油桐、辣椒、烟叶、茶叶、花生等农特产品和经济作物，该地区被列为三七、辣椒、烤烟之乡，为文山

州重要的农业生产基地。文山州依托云南省东大门与“中国—东盟自由贸易区”和泛珠三角经济区结合部的区位优势，打造高原特色农业产业基地。

清水河水利枢纽工程受水区现状灌溉面积为 5.1 万亩，有效灌溉率仅为 17.8%，人均灌溉面积仅为 0.31 亩。该地区多年平均降雨约为 1000mm，但是空分布十分不均，5 月至 10 月的汛期降雨量约占全年降雨量的 80%以上，11 月至次年 4 月的枯水期是该区域灌溉用水量最大的时间段，但降雨量不到全年的 20%，季节性缺水问题异常突出，极易发生春旱和夏旱。现状灌溉水源工程为当地小型水库和塘坝，灌溉水量小，2017 年受水区亩均用水量为 $267\text{m}^3/\text{亩}$ ，约为全省和全州水平的一半，农业灌溉缺水问题非常严峻。由于缺水，当地大面积种植耐旱，但经济附加值较低的玉米等，经济附加值高的辣椒、烤烟、三七、林果和花卉种植面积很小，耕地亩均产值仅为 1500 元/亩，产值较低，灌区农村居民人均纯收入仅为 1600 元，区域性整体贫困问题亟需解决。

为了保证当地顺利脱贫，巩固扶贫成果，设计水平年 2035 年该范围发展灌溉面积 23.2 万亩，多年平均灌溉需水量为 5119 万 m^3 ，供水水源为水库工程、塘坝和红旗引水工程，已建 4 座小(1)型水库、18 座小(2)型水库和在建 2 座小(1)型水库，合计 24 座小型水库。现状塘坝工程为 66 处，多年平均供水量 1380 万 m^3 ，缺水量 3738 万 m^3 。灌区现有小型水库坝址以上总来水量 3841 万 m^3 ，调节库容 1141 万 m^3 ，库容系数达到 30%，且各水库控制流域面积较小，年径流量均小于 500 万 m^3 ，不具备水库扩建解决灌区严重缺水的条件。此外，灌区以岩溶地貌为主，修建水库存在岩溶渗漏问题，不具备兴建水库的地质条件。清水河水利枢纽工程建成后，可向灌溉供水量 3768 万 m^3 ，新增灌溉 16.6 万亩，改善灌溉面积 0.5 万亩，将以种植玉米为主调整为种植辣椒、烤烟、蔬菜、林果、三七和花卉等高附加值经济作物为主，土地复种指数由 1.2 提高至 1.8 以上，每亩产值由 2030 元提高到 8090 元以上。同时，有利于农业规模化、产业化发展，进而带动加工、农资、物流和运 销等相关服务产业的蓬勃发展，为周边农民创造更多就业和增收机会。

综上所述，清水河水利枢纽工程灌区地势平坦，土地资源丰富，盛产三七、八角、草果、油桐、辣椒、烟叶、蔬菜、花生等经济效益较高的农特产品和经济作物，但灌溉水源缺乏，播种效益低。清水河水利枢纽工程建成后，可向灌溉水量 3768 万 m^3 ，可解决灌区缺水问题，保障高原特色现代农业发展用水的需要，提高农民收入水平，从而促进区域脱贫进程。

2.3 工程地理位置

清水河水利枢纽工程位于云南省文山州北部，坝址位于清水江支流南丘河上，在丘北县天星乡平老村上游约 700m，地理坐标东经 104°22'30"、北纬 23°54'26"，库区涉及丘北县和砚山县。

工程对外交通方便，昆明到工程所在地约 370km，有飞机直达砚山县普者黑机场、云桂铁路、G80 高速公路和 S206 经过工程区。工程地理位置见附图 2-1。

2.4 工程任务及规模

2.4.1 工程任务

清水河水利枢纽工程的开发任务为以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。

清水河水利枢纽工程供水对象包括砚山县城，砚山工业园区、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区、广南珠琳农特产品加工和物流片区等 4 个园区，5 个乡镇 15.5 万人的村镇生活用水和 19.6 万亩灌溉面积。水库多年平均供水量 9156 万 m^3 ，其中，向砚山县城供水 1707 万 m^3 ，向工业园区供水 2860 万 m^3 ，向村镇生活供水 808 万 m^3 ，向农业灌溉供水 3781 万 m^3 。

2.4.2 工程规模

清水河水利枢纽工程为 II 等大(2)型水库。水库总库容为 1.264 亿 m^3 ，设计供水量为 9156 万 m^3 ，灌溉面积 23.2 万亩。水库正常蓄水位为 1392.00m，设计洪水位为 1392.11m，校核水位为 1393.97m，总库容为 12640 万 m^3 ，死水位为 1350.00m，死库容 1083 万 m^3 ，调节库容 10633 万 m^3 。电站共 3 台机组，总装机容量为 7.0MW，多年平均发电量为 2187 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。拦河坝坝型为面板堆石坝，最大坝高 97.0m。

输水线路水平投影干线总长 130.21km，分干线总长 32.77km，支线总长为 52.62km。其中干线上天星隧洞长 4.66km，青龙箐隧洞长 1.57km（均为无压城门洞 2.0×2.5m）。首部取水设计流量 5.68 m^3/s （左岸 2.81 m^3/s ，右岸 2.87 m^3/s ），经平老泵站扬水，分别向南丘河两岸供水，丘北方向供水对象位于南丘河左岸，砚山方向供水对象位于南丘河左右岸，珠琳方向供水对象位于南丘河右岸。

全线设 12 座泵站，总装机容量 35.5MW，最高几何扬程 352m。利用已建的干龙潭等 7 座水库进行调节，以削减管道流量，并作为生活和工业事故备用工程。全线共设 33 条支线和 18 个斗口，支线末端接入高位水池或调蓄水库。

2.5 工程项目组成及特性表

本工程建设内容包括清水河水库和输水工程两部分。清水河水库主要建筑物有：挡水建筑物、泄水建筑物及发电厂房等。输水工程主要建筑物有：输水隧洞、输水管道、泵站以及交叉建筑物等。清水河水利枢纽工程项目组成表见表 2.5-1。

表 2.5-1 清水河水利枢纽工程项目组成表

工程项目			项目组成
清水河水利枢纽工程	永久工程	挡水建筑物	1 座混凝土面板堆石主坝
		泄水建筑物	溢洪道：2 孔 5m×5.5m(宽×高) 的溢流表孔； 泄洪放空洞：4.5m×5.5m(宽×高)
		取水建筑物	取水发电洞
		发电厂房	坝后电站
	临时工程	导流方式	一次拦断河床、隧洞导流
		料场	土料场：以勒土料场，规划开采量为 7.1 万 m ³ 石料场：拉角石料场，规划开采量 150.0 万 m ³
		渣场	永久弃渣场 3 处。
		办公及生活设施	枢纽施工区设置施工生活区 1 处
		储运工程	中心仓库 1 座，占地 6000 m ²
		施工企业	枢纽工程区设置砂石料加工厂 1 座、混凝土拌和系统 1 座、其他各类施工工厂
		场内外交通	道路共计 33.5km，其中永久道路总长 17.9km，临时道路总长 15.6km
输水工程	永久工程	泵站	共布置 12 座泵站，总装机容量 35.5MW，其中平老泵站布置在总干线；丘北线路方向布置有天星、树皮、笼陶、康新寨和大马恒 5 座泵站；砚山线路方向布置有维摩、红舍克和绿塘子 3 座泵站；珠琳线路方向布置阿哈、马鞭梢和中寨 3 座泵站。
		输水线路	输水线路水平投影总长 215.59km，其中干线总长 130.21km，分干线总长 32.77km，支线总长为 52.62km。
		隧洞	隧洞总长 6.23km（天星隧洞 4.66km，青龙箐隧洞 1.57km）
	临时	渣场	输水线路布设 13 处弃渣场

工程项目			项目组成
	工程	办公及生活设施	输水线路共布设 13 个施工区
		场内交通	共 241.1km, 其中永久施工道路 25.5km, 临时交通 215.6km。
移民安置	移民安置		规划水平年 2035 年生产安置人口为 2577 人; 规划水平年 2035 年搬迁总人口为 2816 人。 专业项目: 复建道路 36.29km, 改建电力线路 31.8km, 改建通讯线路 25.7km, 补偿处理水文站、压覆矿产等。
环境保护工程	生态流量泄放工程		坝后生态电站
	低温水减缓措施		分层取水设施
	水生生态保护工程		栖息地保护措施、过鱼设施、1 座鱼类增殖放流站等
	施工废(污)水处理工程		1 座砂石料加工系统废水处理站、1 座混凝土生产系统废水处理站、生活污水处理设施等
	移民安置环境保护工程		采用一体化污水处理设施进行污水处理
	其它环境保护工程		声屏障工程、安全警示牌、保护植物移栽等

清水河水利枢纽工程特性表见表 2.5-2。

表 2.5-2 清水河水利枢纽工程特性表

序号	项目	单位	数量	备注
一	工程位置			
1	项目涉及行政区划	砚山县城及维摩乡、干河乡、阿猛镇、江那镇丘北县树皮乡和天星乡, 广南县珠琳镇		
2	坝址位置	文山州丘北县天星乡平老村		
二	水文			
1	流域面积			
	清水江流域	km ²	5117	
	坝址以上	km ²	1539	
2	多年平均年径流量	亿 m ³	3.52	
	多年平均流量	m ³ /s	11.2	
三	工程规模			大(2)型

序号	项目	单位	数量	备注
1	水库			
	正常蓄水位	m	1392	
	死水位	m	1350	
	总库容(校核洪水位以下)	万 m ³	12640	
	调节库容	万 m ³	10633	
	死库容	万 m ³	1083	
	正常蓄水位时水库面积	km ²	4.57	
	回水长度	km	12.1/4.76	干流/支流
	库容系数		34%	
2	输水工程			
2.1	年抽水用电量	万 kW·h	10031	
2.2	灌溉面积	万亩	19.6	
2.3	多年平均供水总量	万 m ³	9156	
2.3.1	城市生活及工业供水量	万 m ³	4586	
2.3.2	村镇生活供水量	万 m ³	808	
2.3.3	农业灌溉供水量	万 m ³	3781	
3	水力发电工程			
	装机容量	MW	7	
	多年平均发电量	万 kW·h	2187	
	年利用小时数	h	3124	
	水库调节性能		多年调节	
	加权平均水头	m	77.4	
	发电引水设计流量	m ³ /s	17.58	

序号	项目	单位	数量	备注
四	淹没损失及工程永久占地			
1	建设征地总面积	亩	19104	
	永久征地	亩	10845	
	临时用地	亩	8259	
2	搬迁安置人口	人	2706	基准年
3	生产安置人口	人	2462	基准年
五	主要建筑物及设备			
1	挡水坝			
	型式		面板堆石坝	
	地基特性		泥质粉砂岩、泥灰岩	
	地震基本烈度	度	VI	
	设防烈度	度	7	提高一级
	坝顶高程	m	1395.5	
	最大坝高	m	97	
	坝顶长度	m	400	
2	溢洪道			
	型式		岸边开敞式、驼峰堰	
	堰顶高程	m	1386.5	
	孔口尺寸（宽×高）/孔数	m	5×5.5/2	
	消能形式		底流消能	
3	水电站			
	水轮机（水泵）台数	台	3	
4	输水工程			
4.1	输水流量	m ³ /s	5.68	
	其中：丘北方向	m ³ /s	2.81	
	砚山方向	m ³ /s	1.52	
	珠琳方向	m ³ /s	1.35	

序号	项目	单位	数量	备注
4.2	输水线路水平投影长度	km	215.6	干线 130.21km, 分干线 32.77km, 支线 52.62km
4.2.1	砚山方向	km	59.98	其中, 含无压隧洞 1.57km
4.2.2	丘北方向	km	80.49	
4.2.2	珠琳方向	km	75.12	
4.3	输水方式	压力管道+隧洞		
4.4	泵站	12 座, 总装机 35.5MW		
4.4.1	平老泵站 (左/右)			
	设计引水流量	m ³ /s	2.81/2.87	
	设计扬程	m	206.3/166.3	
	泵站总装机容量	MW	11.2/8.96	
4.4.2	天星泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	2.96	
	设计扬程	m	77.1	
	泵站总装机容量	MW	4.48	
4.4.3	树皮泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	1.27	
	设计扬程	m	119.3	
	泵站总装机容量	MW	3.36	
4.4.4	笼陶泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.6	
	设计扬程	m	86.3	
	泵站总装机容量	MW	1.2	
4.4.5	康新寨泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.29	
	设计扬程	m	71.5	

序号	项目	单位	数量	备注
	总装机台数	台	3	2 用 1 备
	泵站总装机容量	MW	0.555	
4.4.6	大马恒泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.042	
	设计扬程	m	57	
	泵站总装机容量	MW	0.074	
4.4.7	维摩泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.81	
	设计扬程	m	58.5	
	泵站总装机容量	MW	1.2	
4.4.8	红舍克泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	1.05	
	设计扬程	m	126.8	
	泵站总装机容量	MW	2.84	
4.4.9	绿塘子泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.55	
	设计扬程	m	77	
	泵站总装机容量	MW	1.2	
4.4.10	马鞭稍泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.24	
	设计扬程	m	56.4	
	泵站总装机容量	MW	0.37	
4.4.11	阿哈泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.02	
	设计扬程	m	31.8	
	泵站总装机容量	MW	0.03	

序号	项目	单位	数量	备注
4.4.1 2	中寨泵站			
	设计引水流量	m ³ /s	0.01	
	设计扬程	m	64	
	泵站总装机容量	MW	0.03	
六	施工			
1	主体工程量			含输水线路
	土方开挖	万 m ³	423.11	其中输水线路 339.04
	石方开挖	万 m ³	230.72	其中输水线路 114.53
	石方洞挖	万 m ³	11.99	其中输水线路 6.54
	土石方回填	万 m ³	395.34	其中输水线路 393.94
	坝体堆石填筑	万 m ³	203.59	其中主堆石 96.84
	混凝土	万 m ³	39.75	其中输水线路 25.46
	锚杆	万根	8.75	其中输水线路 5.77
	钢筋	万 t	2.23	其中输水线路 1.22
	钢材钢管	t	1830	其中输水线路 1261
2	主要建筑材料数量			
	水泥	t	16.3	其中输水线路 8.1
	炸药	t	2454	其中输水线路 936
	柴油	t	11583	其中输水线路 4976
	汽油	t	476	其中输水线路 316
3	所需劳动力			
	高峰工人数	人	3100	其中水库 1500, 输水线路 1600
4	对外交通			
	距离	km	16.5	
	运量	万 t	20	

序号	项目	单位	数量	备注
5	枢纽工程施工导流			
	导流方式		围堰挡水、导流洞导流	
6	施工工期			
	准备工期	月	10.5	
	投产工期	月	47	
	总工期	月	48	
七	经济指标			
1	工程部分			
	静态总投资	万元	358543	
2	建设征地移民补偿			
	静态总投资	万元	112909	
3	环境保护工程			
	静态总投资	万元	17091.44	
4	水土保持工程			
	静态总投资	万元	7879	
5	投资合计			
	静态总投资	万元	495974	
	总投资	万元	499099	

2.6 工程总布置及主要建筑物

清水河水利枢纽工程建设内容主要包括清水河水库和输水工程。

清水河水库主要由挡水建筑物、泄水建筑物和发电厂房等建筑物组成。

输水工程主要建筑物有：输水隧洞、输水管道、泵站以及交叉建筑物等。

2.6.1 挡水建筑物

清水河水库大坝坝顶长 400.0m，为混凝土面板堆石坝，坝顶高程 1395.50m，防浪墙顶高程 1396.70m，坝顶宽度为 10.0m，最大坝高 97.0m，上游坝坡坡比 1:1.405，坝下游坡设宽 9.0m 的“之”字形上坝路，坡比 8%，路间局部坡比为 1:1.4，下游坝坡综合坡比为 1:1.95。上游采用钢筋混凝土面板、趾板和止水系统防渗。河床段及

两岸坝肩趾板置于弱风化岩体下部，趾板下设 $\Phi 25$ 锚杆，并进行固结灌浆和帷幕灌浆。面板上游设上游铺盖区和盖重区，顶高程 1333.50m，顶宽均为 3.0m，向下部逐渐加厚；面板厚为 0.40~0.68m，钢筋混凝土结构；面板下游设垫层区(水平厚度 4.0m)、过渡区(水平厚度 4.0m)、主堆石区、下游堆石区和棱体排水区，下游坝坡采用干砌石护砌型式。

2.6.2 泄水建筑物

本工程泄水建筑物为右岸溢洪道和右岸泄洪放空洞。

2.6.2.1 溢洪道

溢洪道布置于右坝肩。清水河水库上坝址设计和校核洪水位分别为 1392.11m 和 1393.97m，相应泄量分别为 $294\text{m}^3/\text{s}$ 和 $462\text{m}^3/\text{s}$ 。溢洪道采用开敞式布置，由引渠段、溢流堰、泄槽段、消能防冲段、海漫段及下游抛石防冲段组成。轴线采用直线型布置，与坝轴线呈 78.8° 交角。溢洪道闸室交通桥位于控制段下游侧，宽度 7.0m。

(1) 进渠段

溢 0-148.00m~溢 0-008.00m 为进渠段，底高程 1386.50m，喇叭形进口，溢流堰前缘引渠宽 10.0m，溢 0-088.00m~溢 0-008.00m 为进渠底板采用 0.5m 厚钢筋混凝土护底，溢 0-088.00m~溢 0-148.00m 为喷混凝土段，喷混厚度 0.1m。

两侧边墙均采用钢筋混凝土结构，挡墙形式采用衡重式挡墙，右岸衡重式挡墙范围为溢 0-088.00m~溢 0-141.40m，边墙顶高程为 1395.50m，墙顶设 7.0m 宽通路通往进水塔；左岸衡重式挡墙范围为溢 0-088.00m~溢 0-008.00m，墙顶高程由 1398.50m 渐变至 1387.00m。进渠衬砌及边墙分段长度为 20m。

(2) 控制段

溢 0-008.00m~溢 0+010.00m 为控制段，长 18.0m，整体式结构，共 2 孔，单孔净宽 5.0m，闸室垂直水流方向总长 18.0m。溢洪道采用驼峰堰堰型，堰顶高程 1386.50m，闸底板进口基底高程 1379.50m，闸底板厚 5.0m，闸顶高程 1395.50m。驼峰堰下游底板坡度为 1:10.0，与泄槽段缓坡段底坡坡度一致。

控制段工作闸门为平板工作闸门，采用液压启闭机控制，液压启闭机房布置在中墩的后端。经长系列水库水位过程线统计分析，丰水期水位均不同程度的高于堰顶高程 1386.50m；考虑到枯水期水位低于堰顶高程的时间较短，不具备检修条件。

本工程主要任务为城市生活和工业供水，泄水降低库水位检修闸门，将影响供水保证率。因此在溢洪道工作闸门前设置检修闸门。

交通桥位于闸室后端，桥顶高程 1395.50m，总宽 7.0m。溢洪道控制段交通桥与面板坝坝顶道路相接。

（3）泄槽段

溢 0+010.00m~溢 0+390.70m 为泄槽段，泄槽宽度 12.0mm，由缓坡段、陡坡段及抛物线连接段组成，总长 380.70m，底板厚 0.6m~5.0m。溢 0+010.00m~溢 0+130.00m 为缓坡段，坡比 1:10；溢 0+142.00m~溢 0+390.70m 为陡坡段，坡比 1:3.5；溢 0+130.00m~溢 0+142.00m 为抛物线段。泄槽采用“U”型槽型式，钢筋混凝土整体式结构，泄槽每隔 12m 设置一道横向伸缩缝，缝内均设有止水。为降低底板下的渗流扬压力，在分缝处底板下及“U”型槽底部左右两侧设有纵、横向排水沟（管），将底板下的渗水引至两侧的纵向排水沟（管）内。在桩号溢 0+351.60m 处泄槽两侧设集水井，将纵向排水沟（管）渗漏水排入下游河道，形成完整的排水体系。

泄槽边墙高度是根据各泄洪工况的波动和掺气后的计算水面线加安全超高确定的，边墙后回填石碴至墙顶以下 0.5m。根据泄槽水面线计算并考虑工程运行安全，泄槽起始位置侧墙高 9.5m，至桩号溢 0+142.00m 墙高渐变至 4.0m，溢 0+142.00m~溢 0+390.70m 边墙高度由 4.0m 渐变至 3.0m。为有效排除泄槽两侧山坡地表水及边坡渗水，在泄槽两侧设排水明沟，排水沟净宽 0.8m，深 0.5m，采用浆砌石砌筑。

（4）消能防冲段

溢 0+390.70m~溢 0+470.70m 为消能防冲段，采用下挖式等宽池，净宽 12.0m，池底板高程 1299.00m，池深 8.0m，总池长 80.0m，池尾坎顶部厚度 2.0m，至池底板顶部厚度为 4.41m，消力池净池长为 75.59m，池顶高程 1307.00m。消力池底板厚度 3.0m。消力池护坦根据结构要求设置纵横缝。护坦下暗排水系统出口位于消力池收缩断面处水面以下。消力池采用整体式“U”型槽钢筋混凝土结构，溢 0+395.70m~溢 0+425.70m 墙顶高程由 1302.00 渐变至 1314.00m，侧墙高 3.0~15.0m。溢 0+425.70m~溢 0+470.70m 墙顶高程为 1314.00m，侧墙高 15.0m。消力池共分 5 段，首段分段长度 20.0m，其余段长度 15.0m。为减少底板下扬压力，消力池底板设排水孔，排水孔间排距 3.0m，梅花形布置。

消力池底板需采取 $\phi 25$ 锚杆锚固，间排距 2m，长度 5.0m。

（5）海漫段

海漫段总长 20.00m，桩号为溢 0+470.70m～溢 0+490.70m。宽度 12.0m，底板高程 1307.00m。海漫采用整体式“U”型槽钢筋混凝土方案，墙顶高程 1314.00m，墙高 7.0m。

（6）抛石段

溢 0+490.70m～溢 0+500.70m 为抛石防冲段，底部长度 10m，宽度 12.0m，与下游主河槽平顺相接。

2.6.2.2 放空洞

放空洞布置于右岸，与导流洞永临结合，进口进行龙抬头改造，整个洞身段为城门洞形无压隧洞，断面尺寸 5.0m×6.0m（宽×高）。放空洞承担放空水库任务，由引渠段、塔式进水口段、渐变段、明流隧洞段、出口平台段、出口扩散段、消力池段和出水渠段等组成。

（1）引渠段

隧洞进口洞脸为岩质边坡，现状基本稳定，由于地表岩体风化强烈，受风化、卸荷及构造影响，岩体较破碎，需对表层松动岩体需采取适当处理措施。根据地形地质条件，结合引水要求，引渠段底板高程 1335.50m，低于水库运行 50 年淤积高程 1340.50m，底板采用 0.5m 厚钢筋混凝土护底，其余底板和开挖边坡采用喷混凝土防护。

（2）塔式进水口段

塔式进水口为平底喇叭口型，顺水流方向长 21.0m，宽 9.2m，底板高程为 1335.50m，厚 2.5m。进水口设置一道事故闸门，孔口尺寸 3.0m×5.0m，闸顶设卷扬启闭机，事故门槽中心线桩号为 F0-017.40。进水塔工作闸门为弧形门，孔口尺寸 3.0m×3.0m，液压设备启闭，事故门槽与工作门槽顶部采用 1:4 压坡由 5.0m 渐缩为 3.0m 的孔高。塔式进水口顶设启闭机房，高程 1395.50，与大坝坝顶同高。塔顶平台通过交通栈桥连接取水发电洞进水塔平台和场内道路。

（3）龙抬头段

进水塔后接明流隧洞渐变段，渐变段长 12.0m，由 3.0m×5.0m（宽×高）矩形断面渐变至 4.5m×5.5m（宽×高）城门洞型，后接“龙抬头”洞段。水平投影长度 52.20m，桩号为 F0+012.00～F0+064.20，首部竖向转弯半径为 30m，接 1:1.5 斜坡经竖向半径为 30m 的转弯段与导流洞相接。

（4）导流洞结合段

桩号 F0+173.21~F0+703.90，长 530.69m，底板坡降 $i=0.005$ 与反弧段衔接处底板高程为 1313.68m，隧洞出口底高程为 1310.98m。分段长度为 12.0m，缝间设橡胶止水，并采用闭孔泡沫板填缝。

（5）消力池段

出口扩散段长 23.6m，桩号放 F0+703.90~F0+727.50，宽度由 4.5 扩散至 6.0m。斜坡段末端连接消力池，消力池段长 80.0m，桩号 F0+727.50~F0+807.50，尾坎顶宽 2.0m，底板厚度 3.0m，底板高程 1301.50m，尾坎高程 1309.50m，池深为 8.0m，消力池段采用 U 形槽结构，边墙高度 15.0m，墙厚为 0.6~2.5m。

（6）海漫段

海漫段底板高程 1309.50m，后接河道。

2.6.3 取水发电建筑物

取水发电洞由由进水口建筑物、压力隧洞、出口建筑物等组成。进水口建筑物主要由进水渠和塔式进水口组成，压力隧洞末端经压力钢管将水流引入电站和平老泵站。

（1）引渠段

取水隧洞进口洞脸为岩质边坡，现状基本稳定，由于地表岩体风化强烈，受风化、卸荷及构造影响，岩体较破碎，需对表层松动岩体需采取适当处理措施。根据地形地质条件，结合引水要求，引渠段底板高程 1343.00m，高于水库运行 50 年淤积高程 1340.5m，底宽 12m，长 65.0m，桩号为引 0+065.000~引 0+000.000，采用 1.0m 厚钢筋混凝土护底，其余底板和开挖边坡采用喷混凝土防护。

（2）塔式进水口段

本工程塔式进水口肩负向电站及平老泵站的取水功能，采用一体式结构，分层取水型式。塔式进水口长 22.0m，桩号为引 0+000.000~引 0+022.000。自上游依次布置拦污栅、叠梁门、开敞式叠梁门库、事故检修门。拦污栅门槽中心线桩号引 0+003.300，叠梁门槽中心线桩号引 0+006.500，叠梁门库槽中心线桩号引 0+012.800，进水流道宽度为 6.0m，边墩厚 3.0m，总宽 12.0m。进水流道顺水流方向净距为 3.5m。水库正常水位 1392.00m，叠梁门顶高程 1391.00m，底板高程 1343.00m，高 52.00m，每节高 4.0m，共 12 节。门顶最小过流水深取 2.0m，最大水深为 6.0m，即门顶水

深低于 2.0m，需提出一节叠梁门；门顶水深高于 6.0m，需放下一节叠梁门。叠梁门库的底高程 1355.50m，至塔顶高程 1395.50m，库深 40.00m，可满足叠梁门存放。

塔式进水口进口为平底喇叭口型，顶部采用半径为 2.0m 的圆曲线和 1:3 压坡由 6.50m 渐缩为 4.0m 的孔高；两侧以 1:1.5 的坡度由 6.0m 渐缩为 4.0m 的孔宽，并由半径为 1.0m 的圆曲线连接，进水口孔口尺寸 4.0×4.0m。底板高程为 1343.00m，厚 2.5m。塔式进水口顶设门机操作平台，高程 1398.50，与大坝坝顶同高。

塔式进水口设置一道事故检修闸门，闸顶设电动葫芦启闭，门槽中心线桩号为引 0+020.250，采用下游侧止水，需设通气管。

分层取水叠梁门和事故检修闸门由设置在闸顶的电动葫芦控制，实现闸门在门槽和门库间运行。

（3）进口渐变段

根据 SL285-2003 第 4.2.7 条规定，渐变段长度宜为后接隧洞洞径的 1~2 倍，扩散角宜为 6°~12°。进口渐变段位于塔式进水口段下游，长 6.0m，桩号为引 0+022.000~引 0+028.000。由 4.0×4.0m 方形孔口变为内径 D4.0m 圆形孔口，进口底高程为 1343.00m。

（4）取水发电洞

渐变段后接取水发电洞，主洞总长 426.60m，洞径 4.0m，有压圆形断面，纵坡 $i=0.0005$ 。钢筋混凝土衬砌部分长度 299.00m，桩号引 0+321.00m~引 0+426.60m 采用钢板外包混凝土衬砌，混凝土厚度 0.7m，钢板厚度 14mm。桩号 0+426.60m 处设置发电支洞，支洞长 124m，洞径 2.0m，有压圆形断面，后接电站压力钢管，之后主洞洞径渐变为 3m，在隧洞出口处经 T 形岔管连接泵站压力钢管。

2.6.4 平老泵站

平老泵站位于平老村西北部，距离上坝址直线距离约 300m。厂房布置坝址下游侧约 200m 河道，河床高程约 1308m 右岸，泵站安装高程 13213.1m，厂坪高程 1330.0m。

平老泵站为输水线路首级提水泵站，负责向丘北和砚山、珠琳三个方向供水，泵站设计扬程 224m 及 184m，设计流量 $2.81\text{m}^3/\text{s}$ 及 $2.87\text{m}^3/\text{s}$ 。

平老泵站、电站厂区内主要建筑物包括主厂房、副厂房、110kV GIS、设备用房等。进厂公路位于厂区东侧，厂区地面高程 1330.0m。场内交通道路绕主、副厂

房环形布置。

主厂房下部为钢筋混凝土实体结构，上部为钢筋混凝土排架结构。

主厂房由主机间和安装间组成，机组分为左岸泵站机组段，电站机组段和右岸泵站机组段，安装间集中布置在右侧。

主厂房单层布置，上部的安装间及下部的水泵层（水轮机层）之间由楼梯连接。主厂房最大外形尺寸 $84.5 \times 15.1 \times 11.5\text{m}$ （长 \times 宽 \times 高）。

主厂房地面以下为开敞式布置，根据机组安装高程的不同，主要分为水泵层和水轮机层，两层之间由楼梯相连。水泵层高程为 1320.90m ，布置水泵机组、阀组等；水轮机层高程为 1305.50 ，布置水轮发动机组、生态放水管及阀组等。

在水泵层内共布置 8 台机组，左岸供水 4 台，右岸供水 4 台，均为卧式单级双吸离心泵（3 台工作，1 台备用）。主厂房水泵层净宽 13.5m ，泵组中心线距上游墙内侧 5.0m ，距下游墙内侧 8.5m 。

安装间布置在主厂房右侧，与主厂房同宽，长 15.40m 。安装间分两层布置，上层为安装间层，下层为设备层，在安装间层布置楼梯与主厂房连接。安装间与巡视平台高程为 1330.50m ，巡视平台宽度 1.2m ，设有钢梯与水泵层连接。

平老泵站、电站副厂房位于主厂房上游侧，为地上三层建筑。一层布置有变频器室、 10KV 盘柜室、 400V 及站变室、蓄电池室、继电保护室、中控室、交接班室、卫生间等，变频器室层高 6m ，其它房间层高 4.5m ；二层为电缆层，层高 3m ；三层布置有 GIS 室、储藏室、资料室、水情室、通信室、值班室等，GIS 室层高 13.2m ，其它房间层高为 4.5m 。

厂区为电站和泵站机组各设置两台主变压器，紧临副厂房布置。中间采用防火墙隔开。

2.6.5 坝后电站

电站位于平老村西北部，距离上坝址直线距离约 200m 。厂房布置在支流上游至坝趾下游侧约 130m 河道右岸，河床高程约 1308m ，电站安装高程 1306.5m ，厂坪高程 1314.0m 。

该电站为生态基流电站。装机功率为 7MW ，设计流量 $11.9\text{m}^3/\text{s}$ 。

电站厂房厂区内主要建筑物包括主厂房、副厂房、设备用房等。进厂公路位于厂区东侧，厂区地面高程 1314.0m 。场内交通道路绕主、副厂房半环形布置。

主厂房下部为钢筋混凝土实体结构，上部为钢筋混凝土排架结构。

主厂房由主机间和安装间组成，机组段布置在左侧，安装间布置在右侧。

主厂房单层布置，上部的安装间及下部的水轮机层之间由楼梯连接。主厂房最大外形尺寸 48.13×15.1×11.5m（长×宽×高）。

主厂房地面以下为开敞式布置，根据机组安装高程，主要分为水轮机层和蝶阀层，两层之间由楼梯相连。水轮机层高程为 1305.50m，布置水轮发动机组、生态放水管及阀组等。在水轮机层共布置 1 大 2 小，3 台卧式水轮发电机组，同时还布置一个 DN800 的生态放水管，并配有工作阀和检修阀。厂房进水侧考虑进水阀等布置要求取 7.5m，出水侧取 6m，主厂房总净宽 13.5m。

安装间布置在主厂房右侧，与主厂房同宽，长 15.40m。安装间分两层布置，上层为安装间层，下层为设备层，在安装间层布置楼梯与主厂房连接。安装间与巡视平台高程为 1317.50m，巡视平台宽度 1.2m，设有钢梯与水泵层连接。

副厂房位于主厂房上游侧，为地上三层建筑。一层布置有 10KV 盘柜室、400V 及站变室、蓄电池室、继电保护室、中控室、交接班室、卫生间等，变频器室层高 6m，其它房间层高 4.5m；二层为电缆层，层高 3m；三层布置有储藏室、资料室、水情室、通信室、值班室等，其它房间层高为 4.5m。

厂区为电站布置两台主变压器，紧临副厂房布置。中间采用防火墙隔开。

2.6.6 过鱼设施

本工程采用集运鱼系统过鱼，布置在左岸，进口布置在坝后电站尾水出口处。

（1）集运鱼系统

1) 集运鱼系统布置

集运鱼系统布置主要考虑工程布置条件、集鱼需求和鱼类上溯生态特点等因素。本工程集运鱼系统按功能划分为四个组成部分，分别为集鱼系统、转运系统、放流系统和自动化运行管理系统。其中集鱼系统应布置在电站厂房下游利用电站尾水水流，此方案鱼类能上溯至集鱼系统的位置。本工程运行后，会一直有生态流量下泄，河道水流分布较平均。转运和放流系统需根据大坝工程条件进行布置，满足鱼类（利用运鱼箱运输）自动转运的需求，故将集鱼平台通过交通桥与对外交通路相连接，通过此路将运鱼箱运送至库区，布置时重点考虑对外交通路的高程与集鱼平台和交通桥相协调；目前坝址右岸布置有溢洪道，为保证过鱼水流的流速和水

深要求,集运鱼系统应距溢洪道一定距离布置,以防止高速水流的影响。综合以上条件考虑,将本工程集运鱼系统布置在河道右岸距电站尾水渠 100m 左右的相对平缓位置。

2) 鱼道设计运行水位

根据《水电工程过鱼设施设计规范》NB/T35054-2015,鱼道设计运行水位应根据坝(闸)上下游可能出现的水位变动情况合理选择。上游设计水位范围可选择在过鱼季节电站的正常运行水位和死水位之间,下游设计水位可选择生态流量的下游河道水位,为 1309.45m。鱼道正常运行水位为 1.45m。鱼道供水和诱鱼水流结合生态流量进行考虑,从坝下取水供鱼道形成诱鱼水流。

(2) 集运鱼系统结构设计

本工程集鱼系统附近河道流量较小为 $1.67\sim 3.35\text{m}^3/\text{s}$,水深小于 1m,不适合在河道内布置集鱼船,因此选用坝下固定集鱼平台进行集鱼。固定集鱼平台诱鱼部分采用短鱼道进行诱集鱼,诱鱼道进口底高程 1308.0m,与主河床走向大致平行衔接。诱鱼道长 27.80m,根据《水利水电工程鱼道设计导则》(SL609-2013),诱鱼道净宽 2.0m;鱼道尾部设置集鱼池,长 2.70m,集鱼池最上游位置下设集鱼斗,集鱼斗尺寸为 $2.6\times 1.7\times 1.5\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高);诱鱼道下游侧设置赶鱼栅,用于将鱼赶至集鱼斗内,以便于集鱼斗起吊集鱼。集鱼池上方设置垂直排架及卷扬机起吊系统,用于将集鱼斗吊至水平运鱼系统。

2.6.7 输水工程

清水河水库为整个工程的水源,从坝后取水后,经提水分别向南丘河两岸三县输水。首部平老泵站设计流量 $5.68\text{m}^3/\text{s}$ (左岸泵站 $2.81\text{m}^3/\text{s}$,右岸泵站 $2.87\text{m}^3/\text{s}$),输水线路干支线投影总长 215.59km,其中干线总长 130.21km,分干线总长 32.77km,支线总长为 52.62km。全线设三级 12 座泵站,总装机容量 37.09MW,最高几何扬程 352m。根据地形地貌特点和现状,利用已建干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、红舍克水库、支迷水库、马鞭稍水库及细水水库进行调节。整个输水线路除天星隧洞和青龙箐隧洞外,均为有压管道输水。

2.6.7.1 丘北方向输水线路

丘北方向输水线路主要向西北方向输水,供水对象为天星、矣得、树皮、康新

寨、小新寨、大马恒、丘北工业园区，丘北普者黑火车站物流园区，包括当地城镇及农村生活用水、工业园区用水以及农田灌溉，该线路供水设计流量 $2.81\text{m}^3/\text{s}$ 。丘北方向线路干支投影总长 80.49km ，其中干线总长 38.40km ，分干线总长 24.08km ，支线总长 18.01km 。主要干线为丘北干线，分干线有朦胧分干线、康新寨分干线，支线有天星支一、天星支二等 17 条支线。输水线路干线沿线布置平老泵站（左）、天星泵站、树皮泵站，支线布置笼陶泵站、康新寨泵站、大马恒泵站，最高几何扬程 352m ，泵站总装机容量 20.87MW 。各支线末端接入高位水池，丘北方向输水线路示意图见图 2.6-1。

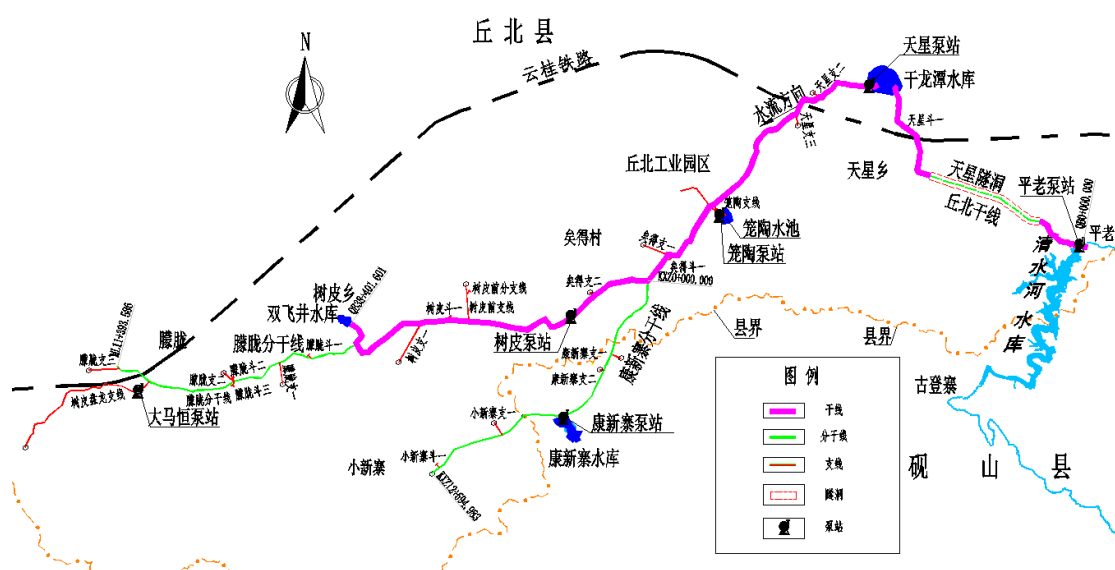


图 2.6-1 丘北方向输水线路示意图

(1) 丘北干线(QB0+000~QB38+401)

丘北干线起点为平老泵站出水管起点，中间经过天星隧洞、干龙潭水库、天星泵站、树皮泵站，终点为双飞井水库。沿该段干线设置天星斗一、天星支一、天星支二、天星支三、笼陶支线、矣得支一、矣得斗一、康新寨分干线、矣得支二、树皮前支线、树皮斗一、树皮支一等 12 个分水口。

丘北干线自平老泵站(左)(扬程 206.3m, 设计流量 2.81m³/s, 装机容量 11.2MW) 加压扬水, 在桩号 0+100 采用管桥跨南丘河, 以压力管道向西北延伸, 至天星隧洞进水池 (设计水位 1570m), 该段管线长 2.35km, 管径 1.6m。

经过天星隧洞（桩号 QB2+351~QB7+046，无压洞 2.0×2.5m，）继续向西北延伸，出洞后与埋管相接，在天星乡政府北与云桂铁路交叉（桩号 OB8+868），从铁

路桥下经过。向北在（桩号 QB9+536）处预留天星斗一分水口，自流至干龙潭水库（桩号 QB11+360，现有水库，死水位 1543.51m，正常蓄水位 1550.01m）。该段管线长 4.31km，管径 1.4m，设计流量 2.81~2.73m³/s。

从天星干龙潭水库取水，经天星泵站（扬程 77.1m，设计流量 2.96m³/s，装机容量 4.48MW）加压后，向西南至出水池（设计水位 1625m），从出水池向西自流分别经过天星支一分水口（桩号 QB12+397）、天星支二分水口（桩号 QB13+917），在天星乡西北云桂铁路隧洞（桩号 QB14+741）山体上方经过，于桩号 QB15+198 处设置天星支三分水口，然后自流至笼陶分水口（桩号 QB20+241）。该段管线长 8.88km，管径 1.6m，设计流量 2.96~2.52m³/s。

埋管顺地形沿河谷继续由笼陶分水口向西南在桩号 QB22+012 处顶管穿过 S206 省道，沿埋管向西自流经过矣得支一、矣得斗一分水口（桩号 QB23+170），自流到康新寨分水口（桩号 QB24+434），该段管线长 4.19km，管径 1.4m，设计流量 1.93~1.76m³/s。从康新寨分水口自流到矣得支二分水口（桩号 QB26+584），该段管线长 2.15km，管径 1.2m，设计流量 1.37m³/s。

从矣得支二分水口自流到树皮泵站进水池（桩号 QB28+869），经树皮泵站（扬程 119.3m，设计流量 1.27m³/s，装机容量 3.36MW），加压至出水池 1726m，自流至树皮前支线分水口，该段管线长 5.76km，管径 1.2m，设计流量 1.27m³/s。

从树皮前支线分水口，沿埋管向西自流经过树皮斗一分水口（桩号 QB32+971）、树皮支一分水口（桩号 QB35+950），自流到双飞井水库（桩号 QB38+401，现有水库，死水位 1695.44m，正常蓄水位 1702.47m）。该段线路长 6.06km，管径 1.2m，设计流量 0.98~0.66m³/s。

丘北干线特性表见表 2.6-1。

表 2.6-1 丘北干线特性表

序号	位置	管径 (m)	水平投影 长度 (m)	设计流量 (m ³ /s)	压力等级 (Mpa)	管材
1	平老泵站~天星隧洞进水池	1.6	2351	2.81	3.5	SP
2	天星隧洞出水池~天星斗一	1.4	2490	2.81	1	DIP
3	天星斗一~干龙潭水库	1.4	1824	2.73	1	DIP
4	干龙潭水库~天星泵站	1.6	100	2.96	1	SP
5	天星泵站~天星泵站出水池	1.6	937	2.96	1.6	SP
6	天星泵站出水池~天星支一	1.6	0	2.96	1	DIP
7	天星支一~天星支二	1.6	1520	2.79	1	DIP

8	天星支二~天星支三	1.6	1281	2.63	1	DIP
9	天星支三~笼陶支线	1.6	5043	2.52	1.6	DIP
10	笼陶支线~矣得支一	1.4	2929	1.92	1.6	DIP
11	矣得支一~矣得斗一	1.4	0	1.83	1.6	DIP
12	矣得斗一~康新寨分干线	1.4	1264	1.76	1.6	DIP
13	康新寨分干线~矣得支二	1.2	2150	1.37	1	DIP
14	矣得支二~树皮泵站	1.2	2285	1.27	1	DIP
15	树皮泵站~树皮泵站出水池	1.2	361	1.27	2	SP
16	树皮泵站出水池~树皮前支线	1.2	3111	1.27	1.6	DIP
17	树皮前支线~树皮斗一	1	630	0.98	1.6	DIP
18	树皮斗一~树皮支一	1	1266	0.87	1.6	DIP
19	树皮支一~双飞井水库	0.8	4164	0.66	1	DIP

(2) 输水分干线

输水分干线包含滕胧分干线 (ML0+000~ML11+393) 及康新寨分干线 (KXZ0+000~ KXZ12+686)。

1) 滕胧分干线由双飞井水库新建取水隧洞 (圆洞洞径 2.0m, 长 120m) 取水, 自流到经过滕胧斗一分水口 (桩号 ML2+960)、滕胧支一分水口 (桩号 ML4+357)、滕胧支二 (桩号 ML6+436)、斗二、斗三分水口, 树皮盘龙支线分水口 (桩号 ML9+900)、滕胧支三分水口 (桩号 ML11+291), 在滕胧村东南与云桂铁路交叉 (桩号 ML10+329), 最后到达滕胧高位水池 (桩号 ML11+393)。该段线路长 11.39km, 管径 1.0m~0.5m, 设计流量 $0.67\text{m}^3/\text{s}$ ~ $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 。

2) 康新寨分干线由康新寨分水口分水, 沿埋管向西自流经过康新寨支一分水口 (桩号 KXZ3+447), 康新寨支二分水口 (桩号 KXZ4+114), 自流至康新寨水库 (桩号 KXZ6+626, 现有水库, 死水位 1565.23m, 正常蓄水位 1568.93m), 经康新寨泵站 (扬程 71.5m, 设计流量 $0.29\text{m}^3/\text{s}$, 装机容量 0.56MW), 加压至出水池 1635m, 自流至小新寨支一分水口 (桩号 KXZ9+328)、小新寨斗一分水口 (桩号 KXZ12+226), 最终到达小新寨高位水池 (桩号 KXZ12+686)。该段线路长 12.69km, 管径 0.7~0.4m, 设计流量 $0.39\text{m}^3/\text{s}$ ~ $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

丘北分干线特性表见表 2.6-2。

表 2.6-2

丘北分干线特性表

序号	位置	管径 (m)	长度	设计 流量	压力等 级	管材
			(m)	(m ³ /s)	(Mpa)	
1	双飞井水库~朦胧斗一	1	2960	0.67	1	DIP
2	朦胧斗一~朦胧支一	1	1397	0.63	1	DIP
3	朦胧支一~朦胧斗二	1	2079	0.51	1	DIP
4	朦胧支二~树皮盘龙支线	0.6	3464	0.3	1.6	DIP
5	树皮盘龙支线~朦胧支三	0.6	1391	0.26	1.6	DIP
6	朦胧支三~朦胧终点	0.5	102	0.15	1.6	DIP
7	康新寨分干线~康新寨支一	0.7	3447	0.39	1.6	DIP
8	康新寨支一~康新寨支二	0.6	667	0.32	1.6	DIP
9	康新寨支二~康新寨水库	0.4	2512	0.18	1.6	DIP
10	康新寨泵站~康新寨泵站出水池	0.6	1566	0.29	1.6	SP
11	康新寨泵站出水池~小新寨支一	0.6	1136	0.29	1.6	DIP
12	小新寨支一~小新寨斗一	0.5	2898	0.17	1.6	DIP
13	小新寨斗一~小新寨支二	0.4	368	0.1	1.6	DIP

(3) 输水支线

输水支线有 17 条，总长 18.01km。丘北工业园支线和树皮盘龙支线需进行二次提水，其余从支线自流至末端高位水池。

丘北工业园区支线由笼陶水池取水，经笼陶泵站（扬程 83.3m，设计流量 0.59m³/s，装机容量 1.2MW）加压扬水至丘北工业园区的高位水池（已建，高程 1680m），在笼陶村附近穿 S206 省道，采用顶管穿过。该段线路长 2.88km，管径 0.8m，设计流量 0.59m³/s。

树皮盘龙支线由笼陶水池取水，自流进入大马恒泵站（扬程 57m，设计流量 0.042m³/s，装机容量 0.074MW）进水池，经泵站加压扬水至大马恒高位水池。该段线路长 5.92km，管径 0.6m，设计流量 0.042m³/s。丘北支线特性见表 2.6-3。

表 2.6-3 丘北支线特性表

序号	位置	分水桩号	管径 (m)	长度	设计 流量	压力等 级	管材
				(m)	(m ³ /s)	(Mpa)	
1	笼陶支线~笼陶水池	QB20+379	0.8	700	0.59	1.6	DIP
2	笼陶泵站~丘北工业园水池	QB20+379	0.8	2178	0.59	1.6	SP
3	树皮盘龙支线~大马恒泵站	ML9+900	0.315	5971	0.042	1	PE

4	大马恒泵站~大马恒水池	QB12+397	0.4	136	0.17	1	DIP
5	天星支一	QB13+917	0.4	316	0.16	1	DIP
6	天星支二	QB15+198	0.4	440	0.11	1	DIP
7	天星支三	QB23+170	0.4	1048	0.1	1.6	DIP
8	矣得支一	QB26+584	0.4	300	0.1	1	DIP
9	矣得支二	QB32+341	0.6	1468	0.4	1.6	DIP
10	树皮前支线	QB32+341	0.4	3560	0.16	1.6	DIP
11	树皮支一	QB35+950	0.5	1770	0.2	1.6	DIP
12	朦胧支一	ML4+356	0.4	840	0.12	1	DIP
13	朦胧支二	ML6+436	0.4	540	0.1	1.6	DIP
14	朦胧支三	ML11+291	0.4	1200	0.11	1.6	DIP
15	康新寨支一	KXZ3+447	0.4	400	0.066	1.6	DIP
16	康新寨支二	KXZ4+114	0.4	160	0.14	1.6	DIP
17	小新寨支一	KXZ9+328	0.4	590	0.12	1.6	DIP

2.6.7.2 砚山方向输水线路

砚山方向输水线路向南供水，供水对象包括砚山县城、砚山工业园区、普底、阿伍、保可者和维摩。该线路供水设计流量 $1.52\text{m}^3/\text{s}$ 。砚山方向线路干支投影总长 59.98km ，其中干线总长 37.63km ，分干线总长 8.69km ，支线总长 13.66km 。主要干线为砚山干线，分干线有维摩分干线，支线有普底支一、保可者支一等 5 条支线。输水干线沿线布置平老泵站、维摩泵站及红舍克泵站，输水分干线布置绿塘子泵站，最高几何扬程 305m ，泵站总装机容量 14.2MW 。其中平老泵站（右）装机 8.96MW ，为与珠琳方向输水工程共用泵站。各支线末端接入高位水池（水库）。砚山方向输水线路示意图见图 2.6-2。

（1）砚山干线(YS0+000~YS34+866)

砚山干线起点为平老泵站出水管起点，中间经过维摩泵站、青龙箐隧洞、红舍克水库、红舍克泵站，终点为砚山规划水厂。该段干线设置普底斗一、普底斗二、普底支一、维摩分水口等 4 个分水口。

砚山方向输水线路自平老泵站（右）（扬程 166.3m ，设计流量 $2.87\text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量 8.96MW ），经泵站加压，经过溢洪道，采用管桥通过，至平老泵站（右）出水池，出水池水位 1530m ，自流到经过分水口有普底斗一分水口（桩号 YS0+647），普底斗二分水口（桩号 YS1+759），普底支一分水口（桩号 YS5+901），与南丘河在（桩号 YS7+822）有 1 次交叉、与以堵冲在（桩号 YS8+466）有 1 次交叉，分别采用管桥通过，最后到达维摩分水口（桩号 YS10+974）。该段线路长 10.97km ，

管径 1.2m，设计流量 $1.52\sim 1.36\text{m}^3/\text{s}$ 。

沿埋管自流至维摩泵站（桩号 YS11+766，扬程 58.5m，设计流量 $0.81\text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量 1.2MW），经泵站加压至维摩泵站出水池，维摩泵站出水池水位 1570m，自流至（桩号 YS25+452）红舍克水库（死水位 1530.78m，正常蓄水位 1536.08m）；其中靠近红舍克水库段为青龙箐隧洞（YS23+274~YS24+849，长 1.57km，无压洞 $2.0\times 2.5\text{m}$ ）。该段线路长 14.48km，管径 0.9m，设计流量 $0.81\text{m}^3/\text{s}$ 。

经红舍克水库调蓄，通过红舍克泵站（桩号 YS25+452，扬程 126.8m，设计流量 $1.05\text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量 2.84MW）取水，经泵站加压扬水至出水池 1655m，与 G80 高速和中石化输油管道交叉，在（桩号 YS32+719）顶管穿过 G80 高速和在（桩号 YS32+765）中石化输油管道，自流至砚山规划水厂（桩号 YS34+866，水位 1560m）。该段线路长 9.41km，管径 1.0~0.8m，设计流量 $1.05\text{m}^3/\text{s}$ 。

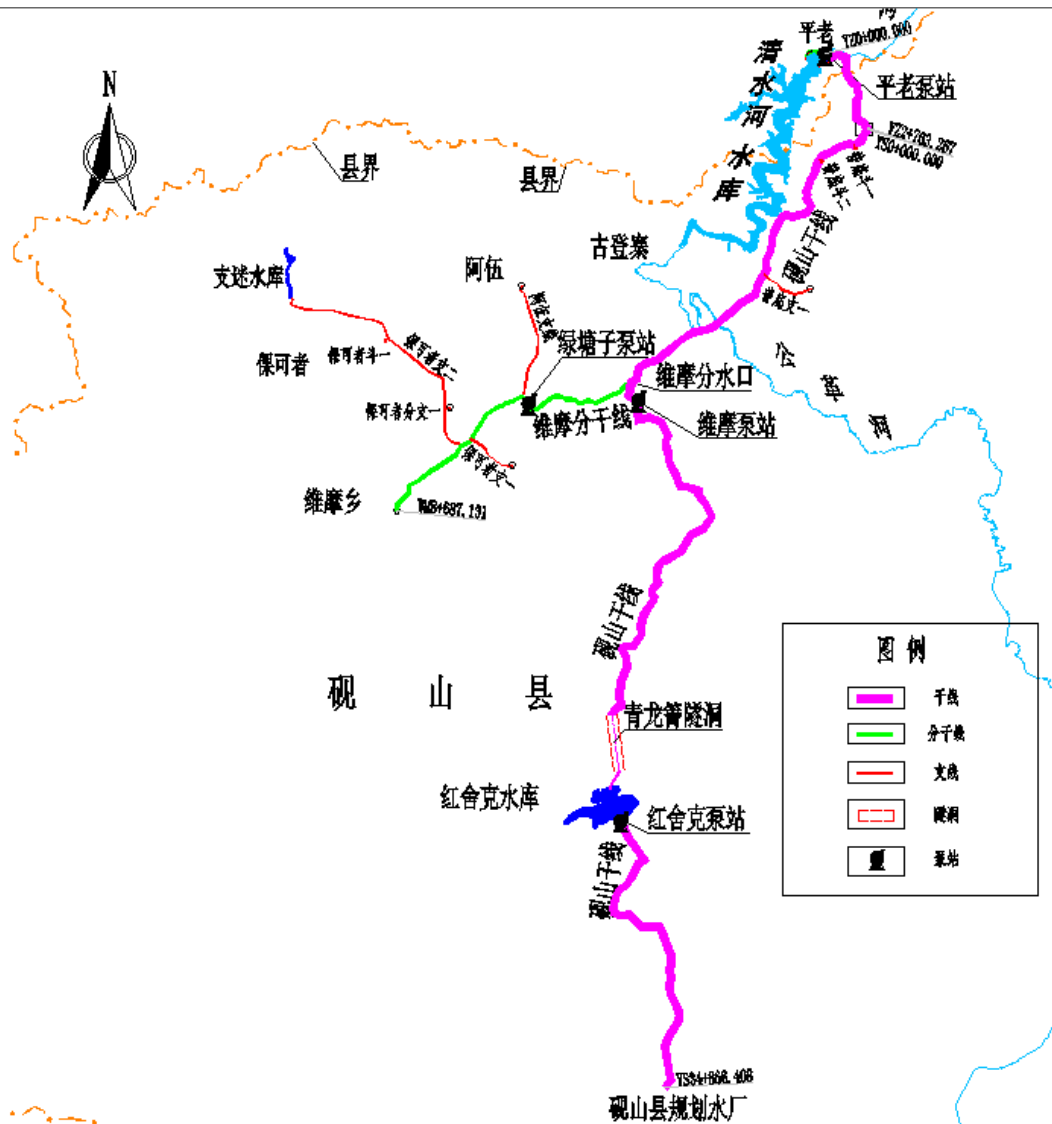


图 2.6-2 砚山方向输水线路示意图

砚山干线特性表见表 2.6-4。

表 2.6-4 砚山干线特性表

序号	位置	管径 (m)	长度	设计 流量 (m ³ /s)	压力等 级 (Mpa)	管材
			(m)			
1	平老泵站~一级泵站出水池	1.6	2763	2.87	3	SP
2	一级泵站出水池~普底斗一	1.2	647	1.52	1	DIP
3	普底斗一~普底斗二	1.2	1112	1.48	1.6	DIP
4	普底斗二~普底支一	1.2	4142	1.44	2	DIP
5	普底支一~维摩分干线	1.2	5073	1.36	2	DIP
6	维摩分干线~维摩泵站	0.9	792	0.81	1.6	DIP
7	维摩泵站~维摩泵站出水池	0.9	509	0.81	1.6	SP
8	维摩泵站出水池~红舍克水库	0.9	12116	0.81	2	DIP
9	红舍克泵站~红舍克泵站出水池	1	1277	1.05	2	SP
10	红舍克泵站出水池~砚山 G80 北侧垭口	1	4423	1.05	1.6	DIP
11	砚山 G80 北侧垭口~砚山规划水厂	0.8	3714	1.05	1.6	DIP

(2) 输水分干线(WM0+000~ WM8+687)

维摩分干线由维摩分水口分水，自流至绿塘子泵站（桩号 WM2+792），经绿塘子泵站（扬程 77m，设计流量 0.55m³/s，装机容量 1.2MW）加压至绿塘子泵站出水池 1588m。自流至经过分水口有阿伍支线（桩号 WM³+633）、保可者支一（桩号 WM5+638）、保可者支二（桩号 WM5+968），最终自流至维摩高位水池（桩号 WM8+687）1560m。维摩分干线线路总长 8.63km，管径 0.8~0.5m，设计流量 0.55m³/s~0.17m³/s。

砚山分干线特性表见表 2.6-5。

表 2.6-5 砚山分干线特性表

序号	位置	管径 (m)	长度	设计 流量 (m ³ /s)	压力等 级 (Mpa)	管材
			(m)			
1	维摩分干线~绿塘子泵站	0.8	2792	0.55	2	DIP
2	绿塘子泵站~绿塘子泵站出水池	0.8	281	0.55	1.6	SP
3	绿塘子泵站出水池~阿伍支线	0.8	560	0.55	1.6	DIP
4	阿伍支线~保可者支一	0.6	2005	0.47	1.6	DIP

5	保可者支一~保可者支二	0.6	330	0.38	1.6	DIP
6	保可者支二~维摩	0.5	2719	0.19	1.6	DIP

(3) 输水支线

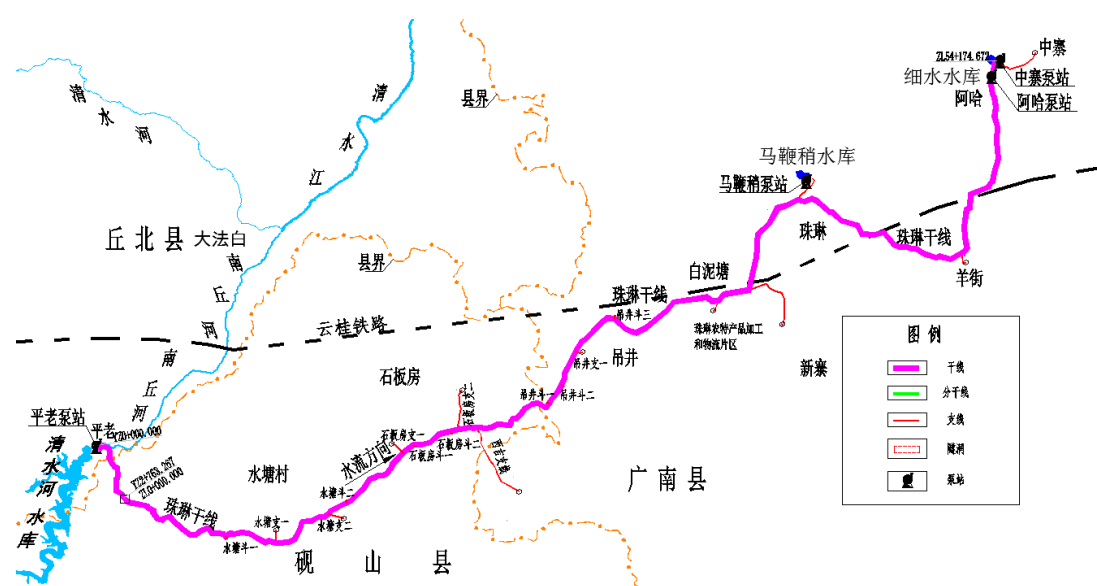
输水支线有 5 条，总长 13.66km。从支线自流至末端高位水池。砚山支线特性表见表 2.6-6。

表 2.6-6 砚山支线特性表

序号	位置	分水桩号	管径 (m)	长度 (m)	设计 流量 (m ³ /s)	压力等 级 (Mpa)	管材
1	保可者支二	WM5+968	0.6	1301	0.19	1	DIP
			0.5	2740	0.12	1	DIP
			0.32	3285	0.084	1	SP
2	普底支一	YS5+901	0.4	1526	0.087	1.6	DIP
3	阿伍支线	WM3+633	0.29	3348	0.084	2	SP
4	保可者支一	WM5+638	0.4	1460	0.087	1	DIP
5	保可者分支一	WM5+638	0.4	150	0.07	1	DIP

2.6.7.3 珠琳方向输水线路

珠琳方向输水线路向东输水，分别向水塘、石板房、西吉、吊井、新寨、珠琳、羊街、阿哈和中寨、珠琳特色产品加工和物流片区供水，供水对象包括当地城镇及农村生活用水、加工区以及农田灌溉。该线路供水设计流量 1.35m³/s。珠琳方向线路干支投影总长 75.12km，其中干线长度 54.17km，支线长度 20.95km。输水干线设置平老泵站（右）和阿哈泵站，其中平老泵站（右）为与砚山方向输水工程共用泵站。最高几何扬程 180m，泵站总装机容量 9.39MW。其中平老泵站（右）装机 8.96MW，为与珠琳方向输水工程共用泵站。输水支线布置马鞭稍泵站，中寨泵站。各支线末端接入高位水池（水库）。珠琳方向输水线路示意图见图 2.6-6。



(1) 珠琳干线(ZL0+000~ ZL54+174)

珠琳干线起点为平老泵站，中间经过水塘、石板房、西吉、吊井、新寨、马鞭稍、羊街单元，终点为细水水库。该段干线分出水塘斗一、水塘支一、水塘支二、水塘斗二、石板房支一、石板房斗一、石板房斗二、石板房支二、西吉支线、吊井斗一、吊井斗二、吊井支一、吊井斗三、新寨支线、马鞭稍支线、羊街支线等 16 个分水口。

珠琳干线由平老泵站出水池（水位 1530m）分水，自流经水塘、树乃、大凹塘、吊井、绕马路、煤碳坡、白泥塘、上寨、珠琳镇、大猪圈等村。沿线分水口有水塘斗一、水塘支一、水塘支二、水塘斗二、石板房支一、石板房斗一、石板房斗二、石板房支二、西吉支线、吊井斗一、吊井斗二、吊井支一、吊井斗三、新寨支线、马鞭稍支线、羊街支线。在珠琳镇附近与云桂铁路交叉，分 3 次(桩号 ZL32+103、ZL40+077 和 ZL49+154)从铁路桥下埋管经过，自流至阿哈泵站（扬程 31.8m，设计流量 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量 0.03MW）进水池，经泵站加压扬水至(桩号 ZL54+174)细水水库（死水位 1427.97m，正常蓄水位 1439.77m）。珠琳干线长 54.17km，管径 1.2m~0.225m，设计流量 $1.35\text{m}^3/\text{s}$ ~ $0.023\text{m}^3/\text{s}$ 。

珠琳干线特性表见表 2.6-7。

表 2.6-7 珠琳干线特性表

序号	位置	管径 (m)	长度	设计流量	压力等级	管材
			(m)	(m^3/s)	(Mpa)	
1	一级泵站出水池~水塘斗一	1.2	5040	1.35	1.6	DIP
2	水塘斗一~水塘支一	1.2	2217	1.31	2	DIP
3	水塘支一~水塘支二	1.2	2997	1.27	1.6	DIP
4	水塘支二~水塘斗二	1.2	600	1.2	1.6	DIP
5	水塘斗二~石板房支一	1.2	3066	1.17	1.6	DIP
6	石板房支一~石板房斗一	1	676	1.07	1.6	DIP
7	石板房斗一~石板房斗二	1	1682	1.03	1.6	DIP
8	石板房斗二~石板房支二	1	300	1	1.6	DIP
9	石板房支二~西吉支线	1	874	0.92	1.6	DIP
10	西吉支线~吊井斗一	0.9	3421	0.8	1.6	DIP
11	吊井斗一~吊井斗二	0.9	908	0.76	1.6	DIP
12	吊井斗二~吊井支一	0.8	1515	0.7	1.6	DIP
13	吊井支一~吊井斗三	0.8	2158	0.55	2	DIP
14	吊井斗三~新寨支线	0.8	6360	0.5	1.6	DIP

序号	位置	管径 (m)	长度	设计流量	压力等级	管材
			(m)	(m ³ /s)	(Mpa)	
15	新寨支线~马鞭稍分水口	0.6	4558	0.33	2	DIP
16	马鞭稍分水口~羊街支线	0.29	7646	0.038	2.5	SP
17	羊街支线~阿哈泵站	0.2	9684	0.023	2.5	SP
18	阿哈泵站~细水水库	0.2	472	0.023	1.0	SP

(2) 输水支线

输水支线有 11 条，总长 20.95km。珠琳工业园支线和中寨支线需进行二次提水，其余从支线自流至末端高位水池。

珠琳工业园支线由马鞭稍水库取水，经马鞭稍泵站（扬程 56.4m，设计流量 0.24m³/s，装机容量 0.37MW）加压扬水至珠琳工业园高位水池，管线与珠琳干线（桩号 30+424~36+372）同槽，穿铁路桥位置相同。该段线路长 8.28km，管径 0.5m，设计流量 0.24m³/s。

中寨支线由细水水库取水，经中寨泵站（扬程 64m，设计流量 0.011m³/s，装机容量 0.03MW）加压扬水至中寨高位水池。该段线路长 1.69km，管径 0.16m，设计流量 0.011m³/s。

珠琳支线特性表见表 2.6-8。

表 2.6-8 珠琳支线特性表

序号	位置	分水桩号	管径 (m)	长度	设计流量	压力等级	管材
				(m)	(m ³ /s)	(Mpa)	
1	马鞭稍泵站~工业园区	ZL36+372	0.5	8077	0.24	1	SP
2	水塘支一	ZL7+256	0.4	515	0.048	1.6	DIP
3	水塘支二	ZL10+003	0.4	662	0.063	1.6	DIP
4	石板房支一	ZL14+053	0.4	615	0.094	1.6	DIP
5	石板房支二	ZL16+577	0.4	1661	0.08	1.6	DIP
6	西吉支线	ZL17+451	0.4	3287	0.12	1.6	DIP
7	吊井支一	ZL23+294	0.4	294	0.15	2	DIP
8	新寨支线	ZL31+803	0.5	2793	0.16	2	DIP
9	马鞭稍支线	ZL36+372	0.5	1153	0.29	2	DIP
10	羊街支线	ZL44+018	0.16	496	0.015	2.5	PE
11	中寨支线	ZL54+174	0.16	1608	0.011	1.6	PE

2.6.7.4 泵站工程

输水线路共设置 12 座泵站，干线共 6 座泵站，分干线（支线）共 6 座泵站。

丘北方向: 经过平老泵站向天星干龙潭水库, 天星泵站向丘北树皮方向输水, 树皮泵站向双飞井水库输水, 支线设笼陶泵站向丘北工业园输水, 康新寨泵站向小新寨高位水池输水, 大马恒泵站向大马恒高位水池输水。丘北方向泵站布置示意图见图 2.6-4。

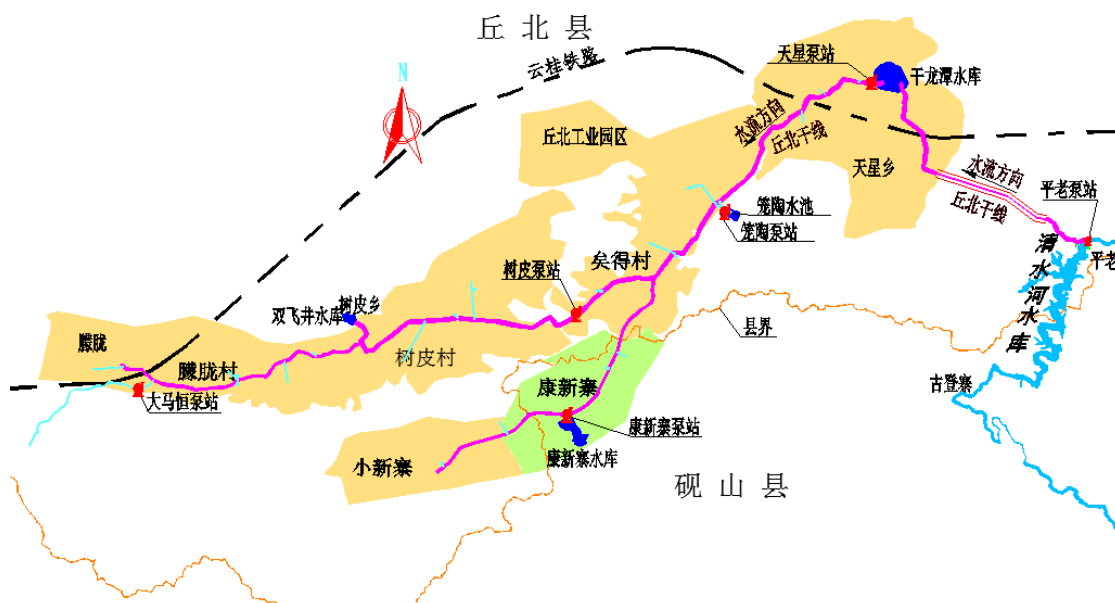


图 2.6-4 丘北方向输水线路泵站布置示意图

硃山方向: 经过平老泵站向右岸高位水池输水, 经过维摩泵站向硃山红舍克水库输水, 经过红舍克泵站向硃山规划水厂输水。分干线设绿塘子泵站向维摩、保可者、阿伍高位水池输水。硃山方向泵站布置示意图见图 2.6-5。



图 2.6-5 砚山方向输水线路泵站布置示意图

珠琳方向：经过平老泵站向右岸高位水池输水，阿哈泵站向细水水库输水，支线设马鞭稍泵站向珠琳工业园高位水池输水，中寨泵站向中寨输水。珠琳方向泵站布置示意图见图 2.6-6。



图 2.6-6 珠琳方向输水线路泵站布置示意图

各泵站主要设计参数表 2.6-9。

表 2.6-9 输水线路干线泵站主要设计参数表

项目		单位	指标	特性	备注
天星泵站	设计流量	m³/s	2.96	机组 4 台，3 用 1 备，装 机容量 4.48MW	向丘北树皮 方向输水
	进水设计水位	m	1550.01		
	出水设计水位	m	1625		
	设计扬程	m	77.1		
树皮泵站	设计流量	m³/s	1.27	机组 3 台，2 用 1 备，装 机容量 3.36MW	向双飞井水 库输水
	进水设计水位	m	1608		
	出水设计水位	m	1726		
	设计扬程	m	119.3		
康新寨泵站	设计流量	m³/s	0.29	机组 3 台，2 用 1 备，装 机容量 0.555MW	向小新寨方 向输水
	进水设计水位	m	1567.59		
	出水设计水位	m	1635		
	设计扬程	m	71.5		
笼陶泵站	设计流量	m³/s	0.59	机组 3 台，2 用 1 备，装 机容量 1.2MW	向丘北工业 园输水
	进水设计水位	m	1599		
	出水设计水位	m	1680		
	设计扬程	m	86.3		
大马恒泵站	设计流量	m³/s	0.042	机组 2 台，1 用 1 备，装 机容量 0.074MW	向大马恒输 水
	进水设计水位	m	1678		
	出水设计水位	m	1720		
	泵站设计扬程	m	57		
维摩泵站	设计流量	m³/s	0.81	机组 3 台，2 用 1 备，装 机容量 1.2MW	向红舍克水 库输水
	进水设计水位	m	1513.6		
	出水设计水位	m	1570		
	设计扬程	m	58.5		
红舍克泵站	设计流量	m³/s	1.05	机组 4 台，3 用 1 备，装 机容量 2.84MW	向砚山县城 及工业园区 输水
	进水设计水位	m	1531.56		
	出水设计水位	m	1655		
	设计扬程	m	126.8		
绿塘子泵站	设计流量	m³/s	0.55	机组 3 台，2 用 1 备，装 机容量 1.2MW	向维摩乡方 向输水
	进水设计水位	m	1512.50		
	出水设计水位	m	1588		
	设计扬程	m	77		
阿哈泵站	设计流量	m³/s	0.02	机组 2 台，1 用 1 备，装 机容量 0.03MW	向细水水库 输水
	进水设计水位	m	1414		
	出水设计水位	m	1450		
	设计扬程	m	31.8		
马鞭稍泵站	设计流量	m³/s	0.24	机组 2 台，1	向珠琳工业

项目		单位	指标	特性	备注
	进水设计水位	m	1447.12	用 1 备, 装机容量 0.37MW	园输水
	出水设计水位	m	1490		
	设计扬程	m	56.40		
中寨泵站	设计流量	m ³ /s	0.01	机组 2 台, 1 用 1 备, 装机容量 0.03MW	向中寨输水
	进水设计水位	m	1428.82		
	出水设计水位	m	1480		
	设计扬程	m	64		

(1) 天星泵站

干龙潭水库位于丘北县天星乡 3km 处, 为小 (一) 型水库, 总库容 236.4 万 m³, 水库正常蓄水位 1550.01m, 死水位 1543.51m, 校核洪水位 1552.13m。

天星泵站位干龙潭水库坝址西侧, 水库底高程约 1540m, 泵站地面高程 1553.5m。该泵站为调节水库提水泵站, 负责向丘北方向供水。

泵站厂区内主要建筑物包括主厂房、副厂房、生活用房、车库仓库、消防泵房、设备用房等。泵站设计扬程 77.1m, 设计流量 2.96m³/s。

泵站由南面进入厂区, 厂区地面高程 1553.5m。场内交通道路绕主、副厂房布置。

泵站主要水工建筑物包括引水渠、进水检修闸、前池、进水池、主厂房、副厂房、和进、出水管等 (含出水管和支管)。

厂房、和进水管等 (含出水管和支管)。

1) 引渠

为在死水位时亦能保证取水流量, 引渠起始于库内死水位以下低洼处, 渠底起始高程为 1542.50m, 渠底宽取 2.0m, 边坡系数为 2, 纵坡坡比为 0.0128, 引渠总长 216.30m, 前段 201.30m 为混凝土护砌段, 厚度为 15mm, 末段为混凝土 u 形槽段, 共长 15m。u 形槽与闸室顺水流方向夹角为 10°, 最高部位顶高程为 1551.00m。

2) 检修涵闸及埋涵

闸室及埋涵段共长 75m, 检修涵闸依次布置一道拦污栅和一道检修闸门, 闸室采用钢筋混凝土结构型式, 闸底板为筏式平板, 共 1 孔, 净宽 2.0m, 边墩厚 1.0m, 闸室总宽 4.0m, 闸室顺水流向长 15m, 闸室底板顶高程为 1540.0m, 底板厚 1.00m, 下设 0.1m 素混凝土垫层, 闸墩顶高程为 1553.50m。闸顶上部排架柱布置启闭机房, 启闭机房内布置卷扬机, 排架柱上游侧布置拦污栅起吊设备。洞身采用混凝土

埋涵结构，涵洞底板顶高程 1540.00m，埋涵尺寸为 1×2.0×2.0m（孔数×宽×高），埋涵顶底板及边墙厚均为 0.7m，洞身纵向分缝长度 10m，埋涵共长 60m，缝间设置橡胶止水带及填充高压闭孔泡沫板。

埋涵后接进水池，进水池顺水流方向长 6m，宽度为 9m，底板高程为 1537.70m，侧墙和底板厚度均为 1.2m，顶高程为 1554.00m。进水池在 1549.00m 和 1543.50m 处布置梁格。

3) 主厂房及副厂房

泵站厂房主要由主厂房以及副厂房组成。

主厂房由主机间和安装间组成，安装间布置在主厂房一端。

主厂房单层布置，上部的安装间及下部的水泵层之间由楼梯连接。主厂房最大外形尺寸 46.8×17×11.7m（长×宽×高）。

主厂房地面以上为单层排架结构，外形尺寸 46.8×16×11.7m（长×宽×高）。

主厂房地面以下为开敞式布置，净高度 15.3m。基础底高程 1538.50m，水泵层高程为 1540.70m，布置水泵机组、阀组等。安装间与交通道高程 1553.80m，周边交通道宽度 1.2m，设有楼梯与水泵层连接。

在水泵层内共布置 4 台机组，为 4 台卧式单级双吸离心泵（3 台工作，1 台备用）。

安装间布置在主厂房一侧，与主厂房同宽，长 9.0m。安装间分三层布置，自下而上布置水泵层、管道层、电缆层和安装间盘柜层，在安装间层布置楼梯与主厂房连接。水泵层上游布置检修排水泵房，下游布置通风机房，水泵层下布置集水井；盘柜层布置机旁控制盘；安装间层高程为 1553.80m，在山墙的下游位置设上桥机钢梯，外墙布置风井。

副厂房位于主厂房下游侧，为地上单层建筑。布置有变频器室、高压盘柜室、6KV 盘柜室、400V 及站变室、蓄电池室、继电保护室、中控室、交接班室、卫生间等，层高 6m。

厂区设置两台主变压器，紧临副厂房布置。中间采用防火墙隔开。

(2) 树皮泵站

树皮泵站厂区内主要建筑物包括主厂房、副厂房、主变压器、生活用房、生活水处理、消防泵房水池、警卫室等。

树皮泵站位于矣得村附近，距离矣得村直线距离约 1.2km，地形较平缓，泵站

地面高程 1605.00~1606.00m。区内分布较厚的残坡积物，成分为含碎石粘土层。

树皮泵站处于矣得村南边，县级公路西侧，根据主厂房布置及厂区排水需要，确定厂区地面高程为 1605.00m，厂区尺寸约为 90.0m×90.0m。进厂道路与现有道路相连，长约 35m，场内交通道路绕主厂房环形布置。

树皮泵站建筑物包括进水管（含进水管和支管）、进水池、主厂房、副厂房、出水管（含出水管和支管）和出水池。

主厂房下部为钢筋混凝土实体结构，上部为钢筋混凝土框架结构，地面以下主厂房（含安装间）最大外形尺寸 38.0×16.0×7.5m（长×宽×高，下同）。

主厂房地面以上为单层框架结构，外形尺寸为 36.6×14.6×11m。主厂房内轨道采用预制混凝土吊车梁，根据安装间层高程和起吊机组最大部件的要求，确定轨顶高程 1613.00m。排架柱断面尺寸 0.6×0.8m，主厂房屋顶高程为 1615.50m。

主厂房地面以下为开敞式布置，总高度 6.0m。水泵层高程为 1599.50m，布置水泵机组、阀组、技术供水系统和流量计等。交通通道高程为 1602.70m 和 1605.50m，系墙体悬挑而成，宽度 1.5m，连接安装间和主厂房左右两侧楼梯。

主厂房内布置 3 台卧式单级双吸离心泵（2 台工作，1 台备用），“一”字形布置，机组间距 7.5m。主厂房宽度 13.0m，泵组中心线距上游墙内侧 6.0m，距下游墙内侧 7.0m。

单台机组的设计流量为 0.65m³/s，配套电动机功率为 1120kW，总装机容量 3360kW。水泵进、出水管中心线高程为 1601.00m，机组安装高程 1601.60m。

安装间布置在主厂房左侧，与主厂房同宽，净长 8.0m。安装间分两层布置，自下而上布置水泵层和安装间层，在安装间层布置楼梯与主厂房连接。水泵层高上游布置检修排水泵房，下游布置通风机房，水泵层下布置集水井，集水井尺寸 2.0×3.0×4.9m（长×宽×深）。

机组进水管直径 0.8m，出水管直径 0.7m，所有钢管均采用外包钢筋混凝土埋管形式。

副厂房位于主厂房右侧，外轮廓尺寸 38.7×17.4m，为单层框架结构。

(3) 康新寨泵站

康新寨泵站采用多级浮船式取水泵船方案；泵船能随着水位涨落自动升降，水泵吸水口始终保持在水面以下 1~2m 处。

多级浮船式取水泵船主要由浮船、取水泵、阀门、供水管道、起吊检修装置、

托管系统、真空系统、消防系统、照明系统、警示系统、救生系统、锚固系统、电气控制系统等构成。高水位运行时，浮船及托管系统全部浮在水面；低水位时，岸边部分托管系统可以搁浅。

选用钢缆桩系统来定位泵船，钢缆长度约为 30m，能有效抵御风浪冲击，确保泵船稳定运行。

控制部分采用船上手动控制，水泵启停操作简单，运行安全可靠、方便。

主船体实行模块化设计，分体制作，便于陆路运输；运至施工现场拼装成整体。

(4) 笼陶泵站

笼陶泵站采用多级浮船式取水泵船方案；泵船能随着水位涨落自动升降，水泵吸水口始终保持在水面以下 1~2m 处。

多级浮船式取水泵船主要由浮船、取水泵、阀门、供水管道、起吊检修装置、托管系统、真空系统、消防系统、照明系统、警示系统、救生系统、锚固系统、电气控制系统等构成。高水位运行时，浮船及托管系统全部浮在水面；低水位时，岸边部分托管系统可以搁浅。

选用钢缆桩系统来定位泵船，钢缆长度约为 40m，能有效抵御风浪冲击，确保泵船稳定运行。

控制部分采用船上手动控制，水泵启停操作简单，运行安全可靠、方便。

主船体实行模块化设计，分体制作，便于陆路运输；运至施工现场拼装成整体。

(5) 维摩泵站

维摩泵站厂区内主要建筑物包括主厂房、副厂房、主变压器、生活用房、生活水处理、消防泵房水池、警卫室等。

维摩泵站位于松山林村附近，与松山林村直线距离约 950m。泵站地面高程 1507.2~1512.5m。区内分布较厚的残坡积物，局部可见人工堆积物，成分为含碎石粘土层。根据主厂房布置及厂区排水需要，确定厂区地面高程为 1511.00m，厂区尺寸约为 74.5m×86.0m。进厂道路与现有道路相连，长约 100m，场内交通道路绕主厂房环形布置。

维摩泵站建筑物包括进水管（含进水管和支管）、进水池、主厂房、副厂房、出水管（含出水管和支管）、出水池。

主厂房下部为钢筋混凝土实体结构，上部为钢筋混凝土框架结构，地面以下主厂房（含安装间）最大外形尺寸 30.1×14.0×6.7m（长×宽×高，下同）。

主厂房地面以上为单层框架结构，外形尺寸为 $30.1 \times 12.6 \times 8.5\text{m}$ 。轨道采用预制混凝土吊车梁，根据安装间层高程和起吊机组最大部件的要求，确定轨顶高程 1518.00m 。排架柱断面尺寸 $0.6 \times 0.8\text{m}$ ，主厂房屋顶高程为 1519.50m 。

主厂房地面以下为开敞式布置，总高度 5.2m 。水泵层高程为 1506.30m ，布置水泵机组、阀组、技术供水系统和流量计等。交通通道高程为 1511.50m ，系墙体悬挑而成，宽度 1.5m ，连接安装间和主厂房左右两侧楼梯。

主厂房内布置 3 台卧式单级双吸离心泵（2 台工作，1 台备用），“一”字形布置，机组间距 6.0m 。主厂房宽度 11.0m ，泵组中心线距上游墙内侧 5.0m ，距下游墙内侧 6.0m 。

单台机组的设计流量为 $0.44\text{m}^3/\text{s}$ ，配套电动机功率为 400kW ，总装机容量 1200kW 。水泵进、出水管中心线高程为 $1507.50.00\text{m}$ ，机组安装高程 1508.00m 。

安装间布置在主厂房左侧，与主厂房同宽，净长 6.5m 。安装间分两层布置，自下而上布置水泵层和安装间层，在安装间层布置楼梯与主厂房连接。水泵层上游布置检修排水泵房，下游布置通风机房，水泵层下布置集水井，集水井尺寸 $2.0 \times 3.0 \times 4.9\text{m}$ （长 \times 宽 \times 深）。

机组进水管直径 0.5m ，出水管直径 0.4m ，所有钢管均采用外包钢筋混凝土埋管形式。

副厂房位于主厂房左侧，外轮廓尺寸 $54.9 \times 17.4\text{m}$ ，为单层框架结构，并配有一台室外主变压器。

(6) 红舍克泵站

红舍克浮坞泵站位于红舍克水库库内，水库底高程约 1530m ，泵站地面高程 1540.0m 。该浮坞泵站为调节水库提水泵站，负责向砚山方向供水。泵站设计扬程 128m ，设计流量 $1.049\text{m}^3/\text{s}$ 。

红舍克水库死水位 1530.78m ，正常蓄水位 1536.08m ，校核洪水位 1537.42m ，水库最大水位落差 5.3m ，水库水位落差不大，但是取水口距离岸边较远，约 270m ，且岸坡较平缓，需采用多级摇臂式浮坞泵站。泵船主要由船体、泵房、摇臂输水管、摇臂接头及支撑结构等组成。砚山供水方向位于红舍克水库坝体右岸，为方便取水在右岸库内及岸边采用浮坞泵船取水供水。

泵船船体材料为钢材，船体平面尺寸 $32.0\text{m} \times 12.0\text{m}$ （长 \times 宽），包括设备间、船首、船尾等部分，设备间左侧安装 4 台卧式离心泵（3 台工作，1 台备用），机组间

距 5.7m，左侧为变、配电间，总长 8.0m，船首、船尾各长 3.0m，其上布置有锚链、绞盘等设施。设备间上部主厂房尺寸 25.00m×6.80m（长×宽）。

泵船与岸坡采用摇臂连接，摇臂总长 256.00m，上部安装 1 根外径 1200mm 的输水管，管节采用球形万向接头连接，摇臂在岸坡一侧固定在岸坡支墩上，支墩采用钢筋混凝土结构，顶部高程 1536.00m，底部高程 1530.00m，平面尺寸 10.0m×6.0m（长×宽）。摇臂与摇臂之间采用浮船连接，浮船尺寸 26.0m×10.0m（长×宽），高度 2m，浮船下部设混凝土承台墩支撑，单级摇臂长度 60m。

泵船输水管至岸坡支墩以后，沿地形顺坡向上，采用埋管方式引至出水池，埋管总长 1295.0m。

红舍克浮坞泵站（泵船）副厂房位于红舍克右岸岸边地势平坦处，紧邻浮坞泵站出水管。厂区面积 4685m²，厂区主要布置有副厂房、生活用房、生活水处理用房、停车场及警卫室等。

(7) 绿塘子泵站

绿塘子泵站厂区内主要建筑物包括主厂房、副厂房、员工宿舍楼、消防水池、生活水处理用房等。

绿塘子泵站处于绿塘子村西南方向，根据主厂房布置及厂区排水需要，确定厂区地面高程为 1511.00m，厂区尺寸约为 80m×79m。进厂道路与现有道路相连，长约 314m，场内交通道路绕主厂房环形布置。

绿塘子泵站进、出水建筑物包括进水池、主厂房、流量计井、和进、出水管（含出水管和支管）。

主厂房下部为钢筋混凝土实体结构，上部为钢筋混凝土框架结构，地面以下主厂房（含安装间）最大外形尺寸 31×15×11.1m（长×宽×高，下同）。

主厂房地面以上为单层框架结构，外形尺寸为 28×12.0×9.8m。主厂房内轨道采用预制混凝土吊车梁，根据安装间层高程和起吊机组最大部件的要求，确定轨顶高程 1517.80m。排架柱断面尺寸 0.6×1.0m，主厂房屋顶高程为 1521.10m。

主厂房地面以下为开敞式布置，总高度 11.1m，水泵层高程为 1502.70m，布置水泵机组、阀组、技术供水系统等。交通通道单层布置，高程为 1511.30m，安装间设置楼梯，连接安装间层和水泵层。

主厂房内布置 3 台卧式单级双吸离心泵（2 台工作，1 台备用），“一”字形布置，机组间距 5.5m。主厂房宽度 10.0m，泵组中心线距上游墙内侧 4.5m，距下游

墙内侧 5.5m。

单台机组的设计流量为 $0.28\text{m}^3/\text{s}$ ，配套电动机功率为 355kW，总装机容量 1065KW。水泵进、出水管中心线高程为 1504.20m，机组安装高程 1504.70m。

安装间布置在主厂房左侧，与主厂房同宽，净长 6m。安装间分三层布置，自下而上布置，最下面为水泵层，最上层为安装间层，安装间布置楼梯衔接各层，中间层可布置机电设备。水泵层下布置集水井，集水井尺寸 $3.0\times 3.0\times 3.0\text{m}$ （长 \times 宽 \times 深）。放置设备层高程为 1507.70m。

机组进水管直径 0.8m，出水管直径 0.8m，所有钢管均采用外包钢筋混凝土埋管形式。

副厂房位于主厂房西北侧，外轮廓尺寸 $30.1\times 17.5\text{m}$ ，为单层框架结构，总高度 5.4m。

副厂房内布置：继保室、中控室、通信室、蓄电池室、10kV 盘柜室、变频器室、400V 盘柜及厂用变压器室等。

(8) 马鞭稍泵站

马鞭稍泵站采用多级浮船式取水泵船方案；泵船能随着水位涨落自动升降，水泵吸水口始终保持在水面以下 1~2m 处。

多级浮船式取水泵船主要由浮船、取水泵、阀门、供水管道、起吊检修装置、托管系统、真空系统、消防系统、照明系统、警示系统、救生系统、锚固系统、电气控制系统等构成。高水位运行时，浮船及托管系统全部浮在水面；低水位时，岸边部分托管系统可以搁浅。

选用钢缆桩系统来定位泵船，钢缆长度约为 30m，能有效抵御风浪冲击，确保泵船稳定运行。

控制部分采用船上手动控制，水泵启停操作简单，运行安全可靠、方便。

主船体实行模块化设计，分体制作，便于陆路运输；运至施工现场拼装成整体。

(9) 中寨泵站

采用浮船式取水泵船方案；泵船能随着水位涨落自动升降，水泵吸水口始终保持在水面以下 1~2m 处。

浮船式取水泵船主要由浮船、取水泵、阀门、供水管道、起吊检修装置、托管系统、真空系统、消防系统、照明系统、警示系统、救生系统、锚固系统、电气控制系统等构成。高水位运行时，浮船及托管系统全部浮在水面；低水位时，岸边部

分托管系统可以搁浅。托管系统长度为 25m。

选用钢缆桩系统来定位泵船，钢缆长度为 10m，能有效抵御风浪冲击，确保泵船稳定运行。

控制部分采用船上手动控制，水泵启停操作简单，运行安全可靠、方便。

主船体实行模块化设计，分体制作，便于陆路运输；运至施工现场拼装成整体。

2.6.7.5 输水管线

输水线路水平投影干线总长 130.21km，分干线总长 32.77km，支线总长为 52.62km。其中干线上天星隧洞长 4.66km，青龙箐隧洞长 1.57km（均为无压城门洞 2.0×2.5m）。首部取水设计流量 5.68m³/s（左岸 2.81m³/s，右岸 2.87m³/s）。

线路布置主要分三个方向：丘北方向、砚山方向及珠琳方向。干线、分干线特长度、设计流量等特性详见表 2.6-10。

表 2.6-10

线路布置工程特性表

输水方向	管道	位置	桩号	管径 (m)	水平投影长度 (m)	设计流量 (m³/s)	压力等级 (Mpa)	管材	管材规格/ 管壁厚度 (mm)	流态
丘北方向	干线	平老泵站~天星隧洞进水池	QB0+000~QB2+351	1.60	2351	2.81	3.5	SP	22	压力流
		天星隧洞出水池~天星斗一	QB7+046~QB9+536	1.40	2490	2.81	1.0	DIP	K9	重力流
		天星斗一~干龙潭水库	QB9+536~QB11+360	1.40	1824	2.73	1.0	DIP	K9	重力流
		干龙潭水库~天星泵站	QB11+360~QB11+460	1.60	100	2.96	1.0	SP	16	重力流
		天星泵站~天星泵站出水池	QB11+460~QB12+397	1.60	937	2.96	1.6	SP	16	压力流
		天星泵站出水池~天星支一	QB12+397	1.60	0	2.96	1.0	DIP	K9	重力流
		天星支一~天星支二	QB12+397~QB13+917	1.60	1520	2.79	1.0	DIP	K9	重力流
		天星支二~天星支三	QB13+917~QB15+198	1.60	1281	2.63	1.0	DIP	K9	重力流
		天星支三~笼陶支线	QB15+198~QB20+241	1.60	5043	2.52	1.6	DIP	K9	重力流
		笼陶支线~矣得支一	QB20+241~QB23+170	1.40	2929	1.92	1.6	DIP	K9	重力流
		矣得支一~矣得斗一	QB23+170	1.40	0	1.83	1.6	DIP	K9	重力流
		矣得斗一~康新寨分干线	QB23+170~QB24+434	1.40	1264	1.76	1.6	DIP	K9	重力流
		康新寨分干线~矣得支二	QB24+434~QB26+584	1.20	2150	1.37	1.0	DIP	K9	重力流
		矣得支二~树皮泵站	QB26+584~QB28+869	1.20	2285	1.27	1.0	DIP	K9	重力流
		树皮泵站~树皮泵站出水池	QB28+869~QB29+230	1.20	361	1.27	2.0	SP	16	压力流
		树皮泵站出水池~树皮前支线	QB29+230~QB32+341	1.20	3111	1.27	1.6	DIP	K9	重力流
		树皮前支线~树皮斗一	QB32+341~QB32+971	1.00	630	0.98	1.6	DIP	K9	重力流
		树皮斗一~树皮支一	QB32+971~QB35+950	1.00	1266	0.87	1.6	DIP	K9	重力流
		树皮支一~双飞井水库	QB35+950~QB38+401	0.80	4164	0.66	1.0	DIP	K9	重力流

输水方向	管道	位置	桩号	管径 (m)	水平投影长度 (m)	设计流量 (m³/s)	压力等级 (Mpa)	管材	管材规格/ 管壁厚度 (mm)	流态
	分干线	双飞井水库~滕胧斗一	ML0+000~ML2+960	1.00	2960	0.67	1.0	DIP	K9	重力流
		滕胧斗一~滕胧支一	ML2+960~ML4+357	1.00	1397	0.63	1.0	DIP	K9	重力流
		滕胧支一~滕胧斗二	ML4+357~ML6+436	1.00	2079	0.51	1.0	DIP	K9	重力流
		滕胧支二~树皮盘龙支线	ML6+436~ML9+900	0.60	3464	0.30	1.6	DIP	K8	重力流
		树皮盘龙支线~滕胧支三	ML9+900~ML11+291	0.60	1391	0.26	1.6	DIP	K8	重力流
		滕胧支三~滕胧终点	ML11+291~ML11+393	0.50	102	0.15	1.6	DIP	K8	重力流
		康新寨分干线~康新寨支一	KXZ0+000~KXZ3+447	0.70	3447	0.39	1.6	DIP	K8	重力流
		康新寨支一~康新寨支二	KXZ3+447~KXZ4+114	0.60	667	0.32	1.6	DIP	K8	重力流
		康新寨支二~康新寨水库	KXZ4+114~KXZ6+626	0.40	2512	0.18	1.6	DIP	K8	重力流
		康新寨泵站~康新寨泵站出水池	KXZ6+626~KXZ8+192	0.60	1566	0.29	1.6	SP	12	压力流
		康新寨泵站出水池~小新寨支一	KXZ8+192~KXZ9+328	0.60	1136	0.29	1.6	DIP	K8	重力流
		小新寨支一~小新寨斗一	KXZ9+328~KXZ12+226	0.50	2898	0.17	1.6	DIP	K8	重力流
		小新寨斗一~小新寨高位水池	KXZ12+226~KXZ12+686	0.40	368	0.10	1.6	DIP	K8	重力流
	支线	笼陶支线~笼陶水池	QB20+379	0.80	700	0.59	1.6	DIP	K9	重力流
		笼陶泵站~丘北工业园水池		0.80	2178	0.59	1.6	SP	12	压力流
		树皮盘龙支线~大马恒泵站	ML9+900	0.315	50	0.042	1.0	PE	9.2	重力流
		大马恒泵站~大马恒水池		0.315	5921	0.042	1.0	PE	9.2	压力流
		天星支一	QB12+397	0.40	136	0.17	1.0	DIP	K8	重力流
		天星支二	QB13+917	0.40	316	0.16	1.0	DIP	K8	重力流
		天星支三	QB15+198	0.40	440	0.11	1.0	DIP	K8	重力流

输水方向	管道	位置	桩号	管径 (m)	水平投影长度 (m)	设计流量 (m³/s)	压力等级 (Mpa)	管材	管材规格/ 管壁厚度 (mm)	流态
		矣得支一	QB23+170	0.40	1048	0.10	1.6	DIP	K8	重力流
		矣得支二	QB26+584	0.40	300	0.10	1.0	DIP	K8	重力流
		树皮前支线	QB32+341	0.60	1468	0.40	1.6	DIP	K8	重力流
		树皮支一	QB35+950	0.50	1770	0.20	1.6	DIP	K8	重力流
		滕胧支一	ML4+357	0.40	840	0.12	1.0	DIP	K8	重力流
		滕胧支二	ML6+436	0.40	540	0.10	1.6	DIP	K8	重力流
		滕胧支三	ML11+291	0.40	1200	0.11	1.6	DIP	K8	重力流
		康新寨支一	KXZ3+447	0.40	400	0.066	1.6	DIP	K8	重力流
		康新寨支二	KXZ4+114	0.40	160	0.14	1.6	DIP	K8	重力流
		小新寨支一	KXZ9+328	0.40	590	0.12	1.6	DIP	K8	重力流
砚山方向	干线	平老泵站~一级泵站出水池	YZ0+000~YZ2+763	1.60	2763	2.87	3.0	SP	22	压力流
		一级泵站出水池~普底斗一	YS0+000~YS0+647	1.20	647	1.52	1.0	DIP	K9	重力流
		普底斗一~普底斗二	YS0+647~YS1+759	1.20	1112	1.48	1.6	DIP	K9	重力流
		普底斗二~普底支一	YS1+759~YS5+901	1.20	4142	1.44	2.0	DIP	K9	重力流
		普底支一~维摩分干线	YS5+901~YS10+974	1.20	5073	1.36	2.0	DIP	K9	重力流
		维摩分干线~维摩泵站	YS10+974~YS11+766	0.90	792	0.81	1.6	DIP	K9	重力流
		维摩泵站~维摩泵站出水池	YS11+766~YS12+275	0.90	509	0.81	1.6	SP	12	重力流
		维摩泵站出水池~红舍克水库	YS12+275~YS25+452	0.90	13177	0.81	2.0	DIP	K9	重力流
		红舍克水库~红舍克泵站	YS25+452	1.00	0	1.05	1.0	SP	14	重力流
		红舍克泵站~红舍克泵站出水池	YS25+452~YS26+729	1.00	1277	1.05	2.0	SP	14	压力流

输水方向	管道	位置	桩号	管径 (m)	水平投影长度 (m)	设计流量 (m³/s)	压力等级 (Mpa)	管材	管材规格/ 管壁厚度 (mm)	流态
		红舍克泵站出水池~G80 北侧垭口	YS26+729~YS31+394	1.00	4423	1.05	1.6	DIP	K9	重力流
		G80 北侧垭口~砚山规划水厂	YS31+394~YS34+866	0.80	3714	1.05	1.6	DIP	K9	重力流
	分干线	维摩分干线~绿塘子泵站	WM0+000~WM2+792	0.80	2792	0.55	2.0	DIP	K9	重力流
		绿塘子泵站~绿塘子泵站出水池	WM2+792~WM3+073	0.80	281	0.55	1.6	SP	12	压力流
		绿塘子泵站出水池~阿伍支线	WM3+073~WM3+633	0.80	560	0.55	1.6	DIP	K9	重力流
		阿伍支线~保可者支一	WM3+633~WM5+638	0.60	2005	0.47	1.6	DIP	K8	重力流
		保可者支一~保可者支二	WM5+638~WM5+968	0.60	330	0.38	1.6	DIP	K8	重力流
		保可者支二~维摩	WM5+968~WM8+687	0.50	2719	0.19	1.6	DIP	K8	重力流
	支线	保可者支二~保可者分支一	WM5+968	0.60	1301	0.19	1.0	DIP	K8	重力流
		保可者分支一~保可者斗一		0.50	2740	0.12	1.0	DIP	K8	重力流
		保可者斗一~支迷水库		0.32	3285	0.084	1.0	SP	8	重力流
		普底支一	YS5+901	0.40	1526	0.087	1.6	DIP	K8	重力流
		阿伍支线	WM3+633	0.29	3348	0.084	2.0	SP	8	重力流
		保可者支一	WM5+638	0.40	1460	0.087	1.0	DIP	K8	重力流
珠琳方向	干线	一级泵站出水池~水塘斗一	ZL0+000~ZL5+039	1.20	5039	1.35	1.6	DIP	K9	重力流
		水塘斗一~水塘支一	ZL5+039~ZL7+256	1.20	2217	1.31	2.0	DIP	K9	重力流
		水塘支一~水塘支二	ZL7+256~ZL10+003	1.20	2747	1.27	1.6	DIP	K9	重力流
		水塘支二~水塘斗二	ZL10+003~ZL10+874	1.20	871	1.20	1.6	DIP	K9	重力流
		水塘斗二~石板房支一	ZL10+874~ZL14+053	1.20	3179	1.17	1.6	DIP	K9	重力流
		石板房支一~石板房斗一	ZL14+053~ZL14+596	1.00	543	1.07	1.6	DIP	K9	重力流

输水方向	管道	位置	桩号	管径 (m)	水平投影长度 (m)	设计流量 (m ³ /s)	压力等级 (Mpa)	管材	管材规格/ 管壁厚度 (mm)	流态
		石板房斗一~石板房斗二	ZL14+596~ZL16+278	1.00	1682	1.03	1.6	DIP	K9	重力流
		石板房斗二~石板房支二	ZL16+278~ZL16+577	1.00	299	1.00	1.6	DIP	K9	重力流
		石板房支二~西吉支线	ZL16+577~ZL17+451	1.00	874	0.92	1.6	DIP	K9	重力流
		西吉支线~吊井斗一	ZL17+451~ZL20+872	0.90	3421	0.80	1.6	DIP	K9	重力流
		吊井斗一~吊井斗二	ZL20+872~ZL21+779	0.90	907	0.76	1.6	DIP	K9	重力流
		吊井斗二~吊井支一	ZL21+779~ZL23+294	0.80	1515	0.70	1.6	DIP	K9	重力流
		吊井支一~吊井斗三	ZL23+294~ZL25+453	0.80	2159	0.55	2.0	DIP	K9	重力流
		吊井斗三~新寨支线	ZL25+453~ZL31+803	0.80	6350	0.50	1.6	DIP	K9	重力流
		新寨支线~马鞭稍分水口	ZL31+803~ZL36+372	0.60	4569	0.33	2.0	DIP	K8	重力流
		马鞭稍分水口~羊街支线	ZL36+372~ZL44+018	0.29	7646	0.038	2.5	SP	8	重力流
		羊街支线~阿哈泵站	ZL44+018~ZL53+118	0.20	9605	0.023	2.5	SP	8	重力流
		阿哈泵站~细水水库	ZL53+118~ZL54+174	0.20	551	0.023	2.5	SP	8	压力流
	支线	马鞭稍泵站~珠琳工业园区	ZL36+372	0.50	8280	0.24	1.0	SP	9	压力流
		水塘支一	ZL7+256	0.40	515	0.048	1.6	DIP	K8	重力流
		水塘支二	ZL10+003	0.40	662	0.063	1.6	DIP	K8	重力流
		石板房支一	ZL14+053	0.40	615	0.094	1.6	DIP	K8	重力流
		石板房支二	ZL16+577	0.40	1661	0.080	1.6	DIP	K8	重力流
		西吉支线	ZL17+451	0.40	3287	0.12	1.6	DIP	K8	重力流
		吊井支一	ZL23+294	0.40	294	0.15	2.0	DIP	K8	重力流
		新寨支线	ZL31+803	0.50	2793	0.16	2.0	DIP	K8	重力流

输水方向	管道	位置	桩号	管径 (m)	水平投影长度 (m)	设计流量 (m ³ /s)	压力等级 (Mpa)	管材	管材规格/ 管壁厚度 (mm)	流态
		马鞭梢支线	ZL36+372	0.50	1153	0.29	2.0	DIP	K8	重力流
		羊街支线	ZL44+018	0.16	496	0.015	2.5	PE	5.8	重力流
		中寨支线	ZL54+174	0.16	1608	0.011	1.6	PE	5.6	重力流

2.6.7.6 输水隧洞

输水线路为左右岸输水，左岸向丘北方向、右岸向砚山珠琳方向输水。共有 3 段需设置隧洞。

天星隧洞：从平老泵站出水池经天星隧洞，向干龙潭水库供水，天星隧洞长 4.66km，为无压隧洞。丘北干线天星隧洞拟布置洞线位于丘北县天星镇东侧山体，连接平老泵站出水池至干龙潭水库。

青龙箐隧洞：经维摩泵站出水池后，自流经青龙箐隧洞至红舍克水库进行调蓄。青龙箐隧洞长 1.57km，为无压隧洞。砚山干线青龙箐隧洞拟洞线位于砚山县青龙箐村与小鱼塘村之间山体，连接砚山输水干线至红舍克水库。

双飞井水库取水隧洞：自双飞井水库左岸新建取水隧洞，为有压隧洞，总长度 134.6m。出洞后连接滕胧分干线的有压埋管，内径采用 2.0m。

2.6.7.7 调蓄水库(池)

本工程灌溉用水较大，且年内分配很不均匀，因此，充分利用灌区内的水库可以减小输水管线和泵站的规模。经分析，清水河水库供水范围内共有 7 座水库可以作为末端调蓄水库，分别为干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、红舍克水库、支迷水库、马鞭稍水库及细水水库。调蓄水库特性见表 2.6-11。

表 2.6-11 调蓄水库特性表

项目	正常蓄水位 (m)	正常蓄水位以下 库容(m ³)	死水位 (m)	死库容(含 检修)(m ³)	可用调节库 容(m ³)
干龙潭水库	1550.01	142.1	1543.51	9.5	129.3
双飞井水库	1702.47	28.6	1695.44	2.4	23.7
康新寨水库	1568.93	59	1565.23	3	55.2
支迷水库	1543.31	13.6	1539.92	2.5	10.2
红舍克水库	1536.08	512.3	1530.78	93	333.3
马鞭稍水库	1449.85	221	1443.75	58.7	141.2
细水水库	1439.77	110	1427.97	15.5	92.9

(1) 干龙潭水库

干龙潭水库属清水江南丘河一级支流上游，位于丘北县城东南部天星乡保黑村脚，距县城 30km，距天星乡政府约 3.0km，水库现状见图 2.6-7。水库的主要开发任务为防洪、灌溉及人畜饮水。流域内植被率约 30%。水库径流面积 13.62km²，

主河道长 6.2km，平均坡降 11‰，流域平均宽度 2.14km。为小（1）型水库，经本次复核，水库现总库容为 236.4 万 m^3 ，坝顶高程为 1553.51m，最大坝高 15.4m，坝长 667.2m，坝型为均质土坝。

入库设计流量为 $2.73\text{m}^3/\text{s}$ ；输水管道出口接消力渠，消力渠总长 30.0m，总宽 2.8m，边墙厚 0.4m，底板厚 0.4m，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均设置 0.1m 厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深 0.7m，长 8.0m。表层为格宾护垫厚 0.5m，下部为 0.4m 厚混凝土。为防止水流出消力池后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

出库通过右岸天星泵站直接取水，扬水到高位水池，出库设计流量为 $2.96\text{m}^3/\text{s}$ 。



图 2.6-7 干龙潭水库库区（左图）和坝下（右图）现状

(2) 双飞井水库

双飞井水库位于丘北县城以南 32km 的树皮乡，距树皮乡政府驻地 0.5km，属珠江流域西江水系，南盘江支流清水江上游，水库现状见图 2.6-8。水库坝址以上径流面积 3.95km^2 ，多年平均径流量 118.5 万 m^3 。该水库为小（2）型蓄水工程，主要是解决下游村寨饮水问题及水资源较为紧缺大部份耕地的灌溉问题，下游 6000 多人的饮水全靠水库供给。水库始建于 1958 年，大坝为均质土坝。于 1999 年 10 月份进行扩建处理，建筑内容是水库的培厚加高、溢洪道及放水涵兴建工作。扩建后，水库现总库容为 40.5 万 m^3 ，坝顶高程为 1704.41m，最大坝高 16.55m，坝型为均质土坝。

入库设计流量为 $0.66\text{m}^3/\text{s}$ ；输水管道出口接消力渠，消力渠总长 30.0m，总宽 2.8m，边墙厚 0.4m，底板厚 0.4m，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均

设置0.1m厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深0.7m，长8.0m。表层为格宾护垫厚0.5m，下部为0.4m厚混凝土。为防止水流出消力池后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

出库通过左岸新建取水洞（圆洞2.0m，长134.6m）取水，出洞后接埋管，设计流量为 $0.67\text{m}^3/\text{s}$ 。



图 2.6-8 双飞井水库库区现状

(3) 康新寨水库

康新寨水库位于砚山县摩乡保可者村民委康新寨村，距县城54km，枢纽坝址以上流域面积 15.10km^2 ，多年平均来水量375万 m^3 ，为小（2）型水库，水库总库容66万 m^3 。工程的开发任务是以农村生活供水和灌溉为主，兼顾防洪。水库现总库容为65.9万 m^3 ，坝顶高程为1570.43m，最大坝高6.2m，坝型为均质土坝。水库现状见图2.6-9。

入库设计流量为 $0.18\text{m}^3/\text{s}$ ；输水管道出口接消力渠，消力渠总长30.0m，总宽2.8m，边墙厚0.4m，底板厚0.4m，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均设置0.1m厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深0.7m，长8.0m。表层为格宾护垫厚0.5m，下部为0.4m厚混凝土。为防止水流出消力池后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

出库通过右岸康新寨泵站直接取水，扬水到高位水池，出库设计流量为 $0.29\text{m}^3/\text{s}$ 。



图 2.6-9 康新寨水库库区现状

(4) 支迷水库

支迷水库所在地为砚山县维摩乡保可者村委会，大坝坝型为均质土坝，水库控制径流面积 5.47km^2 ，灌溉面积 500 亩，水库总库容 27.30 万 m^3 ，水库规模为小（二）型。水库控制径流面积 5.47km^2 ，灌溉面积 500 亩。水库现总库容为 27.3 万 m^3 ，坝顶高程为 1545.61m，最大坝高 12m，坝型为均质土坝。支迷水库现状见图 2.6-10。

入库设计流量为 $0.084\text{m}^3/\text{s}$ ；输水管道出口接消力渠，消力渠总长 30.0m，总宽 2.8m，边墙厚 0.4m，底板厚 0.4m，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均设置 0.1m 厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深 0.7m，长 8.0m。表层为格宾护垫厚 0.5m，下部为 0.4m 厚混凝土。为防止水流出消力池后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

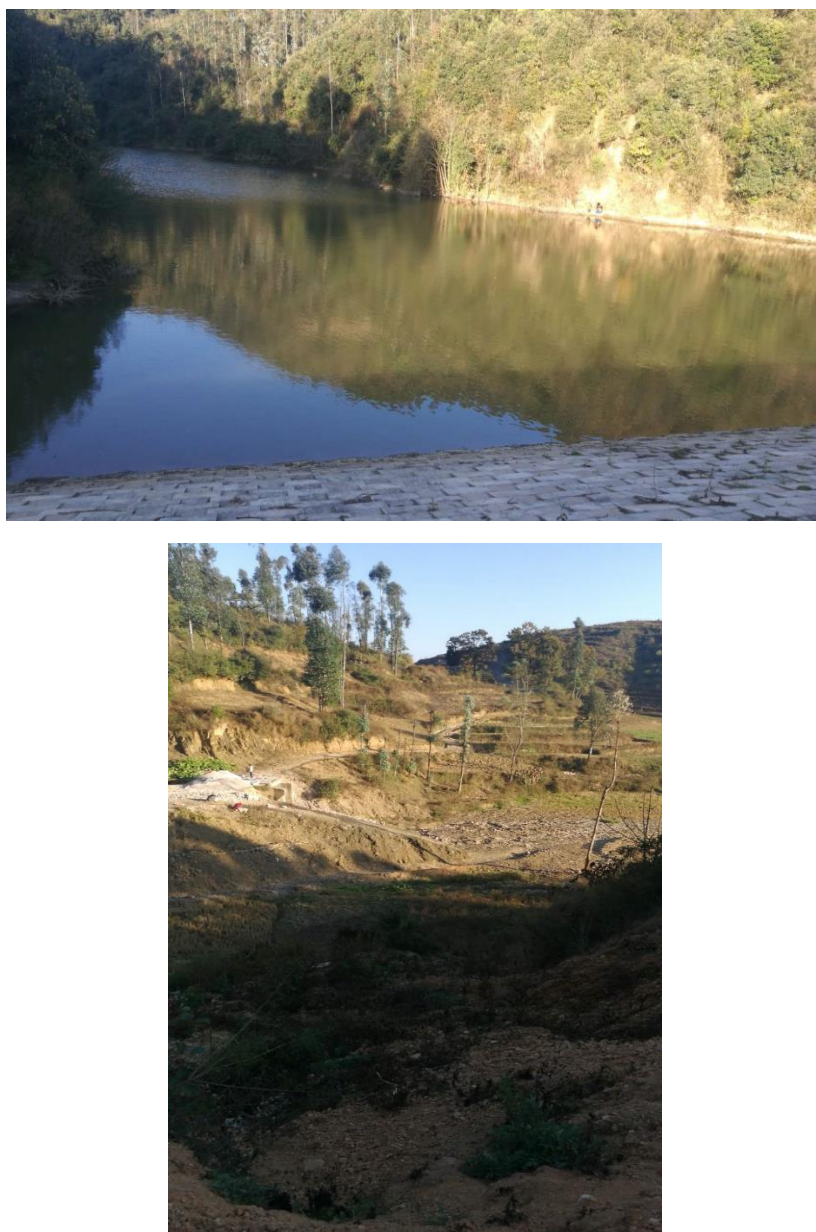


图 2.6-10 支迷水库库区（上）和坝下（下图）现状

(5) 红舍克水库

红舍克水库是以灌溉为主，兼有下游村镇及农田防洪的水库，为完全年调节水库。水库坝址以上控制径流面积 26.8km^2 ，其中有 3.9km^2 为封闭区。实测主坝坝顶平均高程主坝为 1540.88m ，均为均质土坝。水库现状见图 2.6-11。

入库设计流量为 $0.81\text{m}^3/\text{s}$ ；输水管道出口接消力渠，消力渠总长 30.0m ，总宽 2.8m ，边墙厚 0.4m ，底板厚 0.4m ，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均设置 0.1m 厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深 0.7m ，长 8.0m 。表层为格宾护垫厚 0.5m ，下部为 0.4m 厚混凝土。为防止水流出消力池

后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

出库通过右岸红舍克泵站直接取水，扬水到高位水池，出库设计流量为 $1.05\text{m}^3/\text{s}$ 。



图 2.6-11 红舍克水库现状

(6) 马鞭稍水库

马鞭稍水库位于广南县珠琳镇，距广南县城 65km（公路里程），属珠江流域西江水系。径流区内喀斯特地貌发育，地质情况复杂。水库坝址以上径流面积为 9.0km^2 ，河长 4.27km，河道平均坡降 26.6‰。水库现总库容为 290 万 m^3 ，坝顶高程为 1452.65m，最大坝高 7.5m，拦河坝坝型为均质土坝。水库现状见图 2.6-12。

入库设计流量为 $0.33\text{m}^3/\text{s}$ ；输水管道出口接消力渠，消力渠总长 30.0m，总宽 2.8m，边墙厚 0.4m，底板厚 0.4m，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均设置 0.1m 厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深 0.7m，长 8.0m。表层为格宾护垫厚 0.5m，下部为 0.4m 厚混凝土。为防止水流出消力池后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

出库采用右岸取水洞引水到马鞭稍泵站内，扬水到高位水池，出库设计流量为

0.29m³/s。



图 2.6-12 马鞭梢水库现状

(7) 细水水库

细水水库位于文山州广南县正西方向的珠琳镇阿哈村民委细水村境内，坝址位于细水村西北方向 0.5km 处。

细水水库为小（1）型水库。细水水库工程任务是烟田灌溉供水和农村生活供水。修建细水水库后，可解决可解决灌溉用水和珠琳镇阿哈村生活用水困难。水库现总库容为 145 万 m³，坝顶高程为 1442.98m，最大坝高 30.5m，拦河坝坝型为粘土心墙堆石坝。细水水库现状见图 2.6-13。

入库设计流量为 0.023m³/s；输水管道出口接消力渠，消力渠总长 30.0m，总宽 2.8m，边墙厚 0.4m，底板厚 0.4m，渠内陡槽段设置消能墩，引水渠道底板下部均设置 0.1m 厚的素混凝土垫层。引水渠道入库底布置消力池防冲段。消力池深 0.7m，长 8.0m。表层为格宾护垫厚 0.5m，下部为 0.4m 厚混凝土。为防止水流出消力池后对库底的冲刷，在消力池下游侧及两侧范围内均进行护砌，采用钢筋混凝土结构，后接抛石防冲槽。

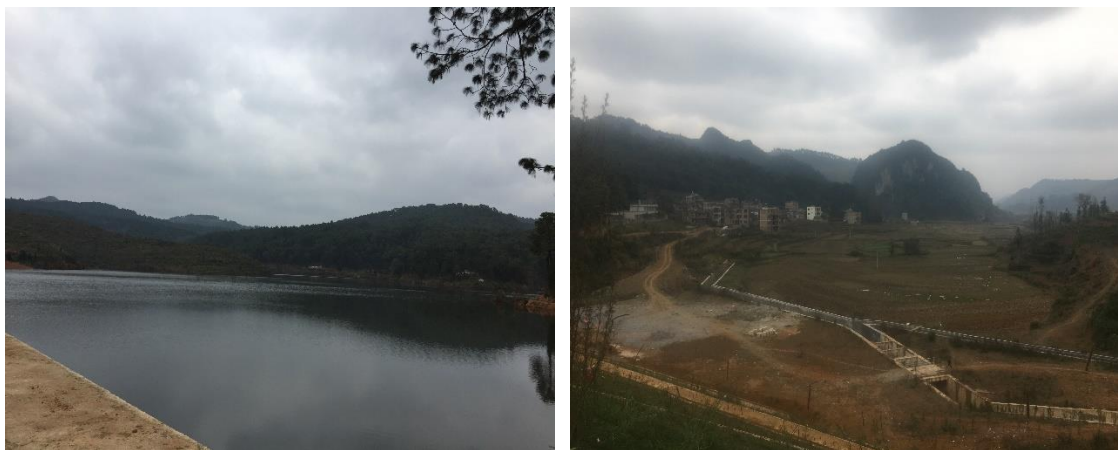


图 2.6-13 细水水库库区（左）和坝下（右）现状

(8) 笼陶水池

新建笼陶水池位于丘北输水干线以南 610m 处，地形为盆形结构，池底平缓，高程为 1586.0m，四周边坡约 1: 1.5~1: 2。整座水池采用旁引式布置，主体结构包括两座土石坝、进水系统、出水系统、泄水系统等，周边由公路环绕。进水系统和出水系统均采用坝体埋管的方式布置，全池采用土工膜防渗。

水池蓄水规模为 30 万 m^3 ，池底面积约 1.45 万 m^2 ，边坡高度约 14m，因池底南部有多处溶洞发育，为避开溶洞，在上、下游布置两座土石坝，坝高 15.6m。充分利用原有边坡，以开挖为主，确定设计边坡 1: 2，高差 9m 设一宽度为 2m 的马道，池底高程 1586.0m，坝顶高程 1600.6m，防浪墙顶高程为 1601.6m，坝体边坡也为 1: 2。

水池正常蓄水位 1599.0m，死水位 1588.0m，总库容 30 万 m^3 ，调蓄库容 23 万 m^3 。笼陶水池现状见图 2.6-14。



图 2.6-14 笼陶水池现状

2.7 工程施工规划

2.7.1 交通工程

2.7.1.1 首部枢纽工程

(1) 永久进场道路

距离坝址最近的维摩乡有国道 G323 线通过，从维摩乡至天星乡可通过 S206 普炭公路接县道到达，自天星乡至扭克有现有道路连通，部分路段为砂石路，部分路段为四级弹石路，自扭克到坝址下游左岸，需要改建乡村道路约 1.5km，新建道路约 8.5km。

(2) 场内交通工程

根据枢纽工程区各建筑物的施工条件和天然建材分布情况，需在坝址区新建部分临时施工道路，分别通往石料场、砂石加工系统、混凝土拌和系统、施工附属企业区、临时堆放场、施生产生活区及各弃渣场等，以满足面板堆石坝、溢洪道、导流泄洪洞、鱼道、电站、泵站和鱼类增殖站的施工需要。

首部枢纽工程施工交通情况见表 2.7-1。

表 2.7-1 首部枢纽工程施工交通情况表

编号	交通设施	单位	长度	备注
	永久交通			
1	左岸对外连接路改造	km	1.5	路面宽 6.5m, 路基宽 7.5m, 沥青混凝土路面
2	左岸对外连接路新建	km	8.5	路面宽 6.5m, 路基宽 7.5m, 沥青混凝土路面
3	右岸对外连接路	km	6.5	现有道路改扩建
4	大坝上坝路	km	1.1	路面宽 6.5m, 路基宽 7.5m, 沥青混凝土路面
5	至厂房路	km	0.3	路面宽 6.5m, 路基宽 7.5m, 沥青混凝土路面
	小计		17.9	
	临时交通			
6	1#临时施工路	km	1.4	路宽 7.5m, 碎石路面, 右岸坝前至右坝顶
7	2#临时施工路	km	1.3	路宽 7.5m, 碎石路面, 右坝顶-右岸进场路
8	3#临时施工路	km	1.0	路宽 7.5m, 碎石路面, 基坑至右坝后永久路
9	4#临时施工路	km	2.1	路宽 7.5m, 碎石路面, 坝后永久路至料场前三岔口
10	5#临时施工路	km	1.2	路宽 7.5m, 碎石路面, 左岸进场路至左坝顶坝身
11	6#临时施工路	km	0.5	路宽 7.5m, 碎石路面, 施工营地内道路
12	7#临时施工路	km	2.6	路宽 7.5m, 碎石路面, 料场前三岔口至料场
13	8#临时施工路	km	2.0	路宽 7.5m, 碎石路面, 料场前三岔口至渣场
14	9#临时施工路	km	1.5	路宽 7.5m, 碎石路面, 至土料场路
15	10#临时施工路	km	1.0	路宽 7.5m, 碎石路面, 石料场至 1#、2#渣场路
16	其他连接路	km	1.0	路宽 7.5m, 碎石路面, 各区间连接路
	小计		15.6	
	合计		33.5	

综上所述,首部枢纽对外交通共需修建道路约 33.5km,其中永久交通 17.9 km,临时交通 15.6km。此外,还需修建跨独弄沟永久桥 1 座,总长度 140m;跨溢洪道永久桥 1 座,场内永久交通桥长度 60m;跨南丘河临时桥(贝雷桥)1 座,其长度(含引道)为 40.0m,桥宽 7.5m;跨导流洞出口临时桥 1 座,长度 30m;跨溢洪道临时桥 1 座,长度 40m。

2.7.1.2 输水工程

(1) 永久进场道路

丘北方向、砚山方向和珠琳方向输水线路分别需要新建 4.0km、2.2km 和 2.3km 输水线路,用于泵站对外交通。路面为沥青混凝土路面,路面宽 6.5m。

(2) 场内交通工程

输水线路区内,新建施工道路总长约 215.6km,连接当地土路和输水隧洞进出

口、施工支洞、弃渣场、生产生活区等。路面形式为碎石路面，路面宽 5.0m。

输水工程施工交通情况见表 2.7-2。

表 2.7-2 输水工程施工交通情况表

编号	交通设施	单位	长度	备注
	永久交通			
1	丘北方向	km	4.0	路面宽 6.5m，沥青混凝土路面（泵站对外交通路）
2		km	9.1	路面宽 3.5m，沥青混凝土路面（出水池、隧洞检修路）
3	砚山方向	km	2.2	路面宽 6.5m，沥青混凝土路面（泵站对外交通路）
4		km	6.5	路面宽 3.5m，沥青混凝土路面（出水池、隧洞检修路）
5	珠琳方向	km	2.3	路面宽 6.5m，沥青混凝土路面（泵站对外交通路）
6		km	1.4	路面宽 3.5m，沥青混凝土路面（出水池检修路）
	小计		25.50	
	临时交通			
4	丘北方向施工道路	km	80.5	路宽 5.0m，碎石路面
5	砚山方向施工道路	km	60.0	路宽 5.0m，碎石路面
6	珠琳方向施工道路	km	75.1	路宽 5.0m，碎石路面
	小计		215.6	
	合计		241.1	

综上所述，输水线路工程对外交通共需修建道路约 241.10 km，其中永久交通 25.50 km，临时交通 215.6km。此外，还需修建天星隧洞施工支洞一条，总长度为 480.0m，洞径 3×3.5m。

2.7.2 料场规划及开采

混凝土面板堆石坝粘土填筑量为 $3.39 \times 10^4 \text{m}^3$ （压实方），围堰粘土填筑量为 $1.95 \times 10^4 \text{m}^3$ （压实方），需要开采土料约 $6.28 \times 10^4 \text{m}^3$ （自然方）。

堆石坝主堆石区 $96.84 \times 10^4 \text{m}^3$ （压实方）及次堆石区 $36.74 \times 10^4 \text{m}^3$ （压实方），连同排水棱体（ 4300m^3 ）、干砌块石（ 22100m^3 ）、浆砌块石（ 6371m^3 ）及抛石（ 2705m^3 ）在内，需要开采块石料约 $106 \times 10^4 \text{m}^3$ （自然方）。

首部枢纽混凝土浇筑量为 $15.03 \times 10^4 \text{m}^3$ ，连同堆石坝垫层料（ $12.91 \times 10^4 \text{m}^3$ ）、过渡料（ $11.9 \times 10^4 \text{m}^3$ ）等在内，共需开采原岩约 $34 \times 10^4 \text{m}^3$ （自然方）。

线路工程混凝土浇筑总量约 $29.25 \times 10^4 \text{m}^3$ ，共需粗骨料约 $28.38 \times 10^4 \text{m}^3$ （压实方），细骨料约 $11.83 \times 10^4 \text{m}^3$ （压实方）。

2.7.2.1 料场规划

(1) 土料场

土料场距离坝址直线距离约 1.5km。料场表面多有 0.2m 厚的耕植土需要剥离，TSJ04 下部局部含砂砾石层，作为夹层处理；经计算，土料场有用层储量为 $27.63 \times 10^4 \text{m}^3$ ，无用层体积为 $4.06 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

大坝铺盖及围堰心墙需防渗土料约 5.28 万 m^3 （自然方），考虑开采及运输等损耗后，需要开采约 7.1 万 m^3 （自然方），剥离覆盖层约 0.8 万 m^3 （自然方）。

(2) 石料场

拉角石料场位于拉角村东北部，距坝址直线距离约 2.5km。料场有用层储量为 $2047 \times 10^4 \text{m}^3$ ；无用层体积约为 $1152 \times 10^4 \text{m}^3$ 。该石料场储量满足设计的储量要求。同时，质量也满足设计对堆石料及混凝土骨料的要求。

土料场主要为大坝及围堰填筑提供粘土料。

石料场为堆石坝提供堆石料和垫层料及过渡料，为电站等提供混凝土骨料，并为线路上相邻建筑物（包括天星隧洞、天星泵站、维摩泵站及建筑物与砂石加工厂之间的输水管道用混凝土）提供混凝土骨料。以上工程施工共需石料场开采原岩约 $150 \times 10^4 \text{m}^3$ （自然方）。线路上其余混凝土骨料及砂石料均就近外购解决。

2.7.2.2 料场开采及成品料场

本工程混凝土粗细骨料、主次堆石区及块石料等需开采原岩约 150.00 万 m^3 ，剥离弃料约 84.00 万 m^3 。

由于输水线路长，交通条件差，靠近枢纽的输水线路混凝土粗细骨料可自砂石加工厂取料，距离枢纽区较远的输水线路的混凝土粗细骨料等可就近采购。

现阶段共调查 6 处成品砂石料场：

丘北输水线路上共 2 处，分别为绕马路砂石厂，平均运距约 11 km；红石岩砂石厂，平均运距 13.4 km。

砚山线路上 2 处，分别为居那革砂石厂，平均运距 14 km；铨卡砂石厂，平均运距约 9 km。

珠琳线路上 2 处，分别为托白泥砂石厂，平均运距约 23 km；珠琳砂石厂，平均运距约 20km。

2.7.3 施工总布置

2.7.3.1 施工布置分区规划

本工程施工分区主要分为清水河水库布置区和输水线路布置区。

(1) 清水河水库布置区

坝址右岸布置有砂石及混凝土系统、钢木加工厂、机械保修厂、钢管加工厂、混凝土预制厂、中心仓库、营地及施工供风、供水系统等。以上施工生产及生活设施主要用于面板堆石坝、溢洪道、导流放空洞、取水发电洞、坝后式电站厂房及泵站等工程的施工。施工生产及生活设施见表 2.7-3。

表 2.7-3 清水河水库布置区施工生产及生活设施汇总表

编号	施工设施	建筑面积(m ²)	占地面积(m ²)	备注
1	砂石加工厂	300	26000	
2	混凝土拌和系统	150	4500	
3	钢木综合加工厂	200	3500	
4	机械综合保修厂	400	5900	
5	钢管加工厂	1200	3800	
6	混凝土构件预制厂	150	2000	
7	中心仓库	3000	6000	
8	临时堆放场	1120	26000	
9	生活营地	6000	12000	
10	施工供风系统		700	
11	施工供水系统		300	
12	施工供电系统		900	
13	施工通信系统		100	
14	其他附属设施	100	500	
	合计	12620	92200	

(2) 输水线路工程

根据输水线路泵站、输水隧洞等分布情况，共分散布置 13 个施工工区。输水线路施工工区划分见表 2.7-4。

表 2.7-4 输水线路施工工区划分

序号	施工区	标志建筑物	桩号范围
1	线路 1#施工区	丘北方向起点至天星泵站	QB0+000~QB11+412
2	线路 2#施工区	天星泵站至笼陶泵站	QB11+412~QB21+996
3	线路 3#施工区	笼陶泵站至树皮泵站	QB21+996~QB29+174
4	线路 4#施工区	树皮泵站-大马恒泵站	QB29+174~SPPL6+359
5	线路 5#施工区	康新寨分干线-小新寨支线	KXZ0+000~KXZ12+226
6	线路 6#施工区	砚珠干线-居那革管桥	YZ0+000~YZ2+676~YS7+822
7	线路 7#施工区	居那革管桥-砚山干线中点	YS7+915~YS17+516
8	线路 8#施工区	砚山干线中点-砚山干线终点	YS17+517~YS34+866
9	线路 9#施工区	维摩分干线+保可者支线+阿武支线	WM0+000~WM8+626.8
10	线路 10#施工区	珠琳干线+石板房支线	ZL1+852~ZL14+543
11	线路 11#施工区	珠琳干线+西吉支线+吊井支线	ZL14+544~ZL27+087
12	线路 12#施工区	珠琳干线+新寨支线+马鞭稍	ZL27+088~ZL37+030
13	线路 13#施工区	珠琳干线+细水水库+啊哈+中寨	ZL37+030~ZL54+175

输水线路施工混凝土浇筑量小而且分散。因此设置移动式搅拌机承担各工区混凝土生产任务。此外，分别在输水线路各施工工区布置钢木加工厂、综合保修厂及施工供风供水等施工工厂设施。

2.7.3.2 土石方平衡及弃渣场

(1) 土石方平衡

本工程土石方开挖约 868.68 万 m^3 （自然方），其中清水河水库 222.38 万 m^3 （自然方），输水线路 473.71 万 m^3 （自然方），道路工程 172.59 万 m^3 （自然方）。

本工程主体工程利用料约 518.42 万 m^3 （压实方），其中清水河水库 68.51 万 m^3 （压实方），输水线路 407.41 万 m^3 （压实方），道路工程 42.50 万 m^3 （压实方）。

本工程弃渣共约 552.83 万 m^3 （松方）。其中，清水河水库弃渣约 207.02 万 m^3 （松方）；输水线路段弃渣约 80.20 万 m^3 （松方）；道路工程弃渣约 190.00 万 m^3 （松方）；清水河水库石料场剥离料弃渣约 75.61 万 m^3 （松方）。

清水河水库土石方平衡见表 2.7-7，线路区土石方平衡见表 2.7-8。

(2) 弃渣场

本工程枢纽工程区布置 3 个弃渣场，各渣场弃渣量、占地面积见表 2.7-5；输水线路区布置 13 个弃渣场。各渣场弃渣量、占地面积见表 2.7-6。

表 2.7-5 枢纽区渣场情况

弃渣场名称		弃渣场面积 (万 m ²)	容渣量 (万 m ³ 松方)	堆高 (m)
枢纽区	1#弃渣场	3.9	50.00	山间凹地
	2#弃渣场	6.5	140.00	山间凹地
	3#弃渣场	9.9	270.00	山间凹地
线路区弃渣场		35.67	80.20	
合计		55.97	540.20	

表 2.7-6 线路区渣场情况

序号	渣场名称	容渣量(万 m ³)	面积(万 m ²)
1	QB1#	7.15	3.60
2	QB2#	15.43	7.19
3	QB3#	4.05	1.76
4	QB4#	1.36	0.59
5	YS1#	4.84	2.10
6	YS2#	6.27	2.72
7	YS3#	4.86	2.11
8	YS4#	4.08	1.73
9	YS5#	9.76	4.23
10	ZL1#	5.07	2.20
11	ZL2#	7.59	3.29
12	ZL3#	6.01	2.58
13	ZL4#	3.74	1.59
合计		80.20	35.67

表 2.7-7			清水河水库土石方平衡表																单位：m³				
序号	开挖 填筑(回填)		泄水工程 (溢洪道)				面板堆石坝工程								平老 泵站	出水管 (左 岸)	出水管 (右 岸)	出水池 (右岸)		围堰	弃 渣 (松方)		备注
			土方 回填	浆砌石	抛石	护坡碎 石垫层 料	主 堆石料	次 堆石料	过渡料	垫层料	上游 铺盖	上游 盖重	块石 护坡	护坡碎 石垫层 料	土石方 回填	土方 回填	土方 回填	土石方 回填	中粗 砂垫 层	围堰 填筑	土方	石方	
			10600	1341	2705	1204	968355	1067507	119006	121450	33863	57286	22118	12648	20500	17841	26776	290	40	57899			压实方
			12471	938	1892	1368	739202	814891	135234	138011	38481	65098	15467	14372	23295	20989	31501	330	43	65794			折合自然方
主体工程																							
一	泄水工程（溢洪道）																						
1	土方开挖	263766	12471																	311607		1#、2#弃渣场	
2	石方明挖	441705					270279													248567			
二	鱼道工程																						
1	土方明挖	384																		476		2#弃渣场	
2	石方明挖	1449																		2101			
三	面板堆石坝工程																						
1	土方明挖	394508																		489190		3#弃渣场	
2	石方明挖	482053					236107			65098										262230			
四	左岸灌浆平洞																						
1	石方洞挖	11100																			16095		
首部取水建筑物																							
五	电站及引水系统进水口																						
1	土方开挖	20972																		26005		3#弃渣场	
2	石方开挖	83888																		121638			
六	泵站、电站引水洞																						
1	石方洞挖	13197					10558														3827	3#弃渣场	
七	发电洞、龙抬头																						
1	石方洞挖	0																		0			
八	平老泵站（与电站结合）																						
1	土方开挖	54160																		67158		3#弃渣场	
2	石方开挖	177120												23295							223046		
九	出水管（左岸）																						
1	土方开挖	11441													9000					3027		3#弃渣场	
2	石方开挖	37595													9271						41070		
十	出水管（右岸）																						
1	土方开挖	10057														9000				1311		3#弃渣场	
2	石方开挖	38729														22247					23899		
十一	出水池（右岸）																						

序号	开挖 \ 填筑(回填)		泄水工程 (溢洪道)				面板堆石坝工程								平老 泵站	出水管 (左 岸)	出水管 (右 岸)	出水池 (右岸)		围堰	弃 渣 (松方)		备注
			土方 回填	浆砌石	抛石	护坡碎 石垫层 料	主 堆石料	次 堆石料	过渡料	垫层料	上游 铺盖	上游 盖重	块石 护坡	护坡碎 石垫层 料	土石方 回填	土方 回填	土方 回填	土石方 回填	中粗 砂垫 层	围堰 填筑	土方	石方	
			10600	1341	2705	1204	968355	1067507	119006	121450	33863	57286	22118	12648	20500	17841	26776	290	40	57899			压实方
			12471	938	1892	1368	739202	814891	135234	138011	38481	65098	15467	14372	23295	20989	31501	330	43	65794			折合自然方
1	石方开挖	9940																330				13935	3#弃渣场
临时工程																							
十二	导流放空洞（永临结合）																						
1	土方开挖	32351																			40115		3#弃渣场
2	石方明挖	108305																		55794		76140	
3	石方洞挖	31111						17456												10000		5300	
十三	围堰																						
1	围堰拆除	78545																			93469		3#弃渣场
小计		2302376	12471	0	0	0	0	534400	0	0	0	65098	0	0	23295	18271	31247	330	0	65794	1032358	1037846	
十四	料场开采	1368472	0	938	1892	1368	739202	280491	135234	138011	38481	0	15467	14372	0	2718	254	0	43	0			
合计（松方）			2070204																				

注：

土方换算系数：自然方 1.0，压实方 0.85，松方 1.24。

石方换算系数：自然方 1.0，压实方 1.31，松方 1.45。

块石换算系数：自然方 1.0，压实方 1.43，码方 1.67，松方 1.75。

表 2.7-8 线路区土石方平衡表

序号	建筑物	桩号	开挖(自然方)				填筑(压实方)				本片利用（自然方）		邻段借方(自然方)			弃渣(松方)		弃渣运距
			土方 开挖 1	水库 清淤 8	石方 明挖 2	石方 洞挖 7	土方 3	表土 6	土石方 5	砂砾石 垫层 4	土方	石方	土方	石方	运距	土渣	石渣	运距
			(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(km)	(m³)	(m³)	(km)
1																		
1.1																		
1.1.1	天星隧洞出水池-干龙潭水库	QB7+046~QB11+360	119394	0	16644	0	45390	2290	63354	910	119394	7289				0	13284	5
1.1.2	干龙潭水库-树皮泵站	QB11+360~QB28+749	427990	0	55210	0	177740	8750	228210	3520	427990	38861		-16349	4.5	0	0	5

序号	建筑物	桩号	开挖(自然方)				填筑(压实方)				本片利用（自然方）		邻段借方(自然方)			弃渣(松方)		弃渣运距
			土方 开挖 1	水库 清淤 8	石方 明挖 2	石方 洞挖 7	土方 3	表土 6	土石方 5	砂砾石 垫层 4	土方	石方	土方	石方	运距	土渣	石渣	运距
			(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(km)	(m³)	(m³)	(km)
1.1.3	树皮泵站-双飞井水库	QB28+749~QB38+401	174580	0	23450	0	64600	4060	103360	1330	174580	18036				0	7688	5
1.1.4	天星隧洞	QB2+351~QB7+046	7690	0	5320	44820	0	0	2270	0	2671	0		-50140	15	6224	0	5
1.2	丘北方向分干线																	
1.2.1	滕胧分干线	ML0+000~ML11+393	179889	0	25409	2350	63450	4250	111800	1330	179889	20301				0	10591	4
1.2.2	康新寨分干线（康新寨分水口-康新寨水库）	KXZ0+000~KXZ6+626	90290	0	10510	0	28100	2400	58610	600	90290	9438				0	1523	3
1.2.3	康新寨分干线（康新寨水库-终点）	KXZ6+626~KXZ12+226	63155	0	8939	0	17260	1560	42580	380	63155	5892				0	4327	3
1.3	丘北方向支线																	
1.3.1	天星支一		2810	0	526	0	480	50	1958	20	2810	76				0	639	0.5
1.3.2	天星支二		5616	0	986	0	1080	110	4267	30	5616	521				0	659	2.5
1.3.3	天星支三		7549	0	1365	0	1490	150	5865	40	7549	831				0	757	4
1.3.4	矣得支一		14593	0	2324	0	3520	360	11009	80	14593	1897				0	607	4.5
1.3.5	矣得支二		4627	0	766	0	1020	110	3271	30	4627	357				0	580	4.5
1.3.6	树皮前支线		21530	0	3100	0	6400	550	15340	140	21530	3045				0	78	4.5
1.3.7	树皮支一		30265	0	5899	0	6750	620	21080	150	30265	2080				0	5423	2
1.3.8	滕胧支一		11487	0	1814	0	2820	290	8471	70	11487	1387				0	607	8
1.3.9	滕胧支二		8482	0	1469	0	1800	190	6007	40	8482	602				0	1232	6
1.3.10	滕胧支三		16720	0	2670	0	3990	410	12780	90	16720	2266				0	574	4.5
1.3.11	康新寨支一		7969	0	1526	0	1250	130	6731	30	7969	1021				0	716	0.5
1.3.12	康新寨支二		3621	0	734	0	540	60	2809	20	3621	252				0	685	1
1.3.13	小新寨支一		10620	0	1940	0	1970	200	8760	50	10620	1453				0	692	6
1.4	泵站工程																	

序号	建筑物	桩号	开挖(自然方)				填筑(压实方)				本片利用（自然方）		邻段借方(自然方)			弃渣(松方)		弃渣运距
			土方 开挖 1	水库 清淤 8	石方 明挖 2	石方 洞挖 7	土方 3	表土 6	土石方 5	砂砾石 垫层 4	土方	石方	土方	石方	运距	土渣	石渣	运距
			(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(km)	(m³)	(m³)	(km)
1.4.1	天星泵站		118420	16800	9330	0	0	0	79520	0	93553	0	-1376	-9330	10	49961	0	0.5
1.4.2	树皮泵站		38260	0	7580	0	0	0	34670	0	38260	1640				0	8434	6.5
1.4.3	康新寨泵站		24651	96700	12086	0	6390	580	17017	580	24651	2316				119908	13874	3.5
1.4.4	笼陶泵站		1718	0	0	0	0	0	1958	0	1718	0	585			0	0	7.5
1.4.5	大马恒泵站		930	0	340	0	0	0	690	0	812	0				147	483	1.5
1.5	调蓄工程																	
1.5.1	笼陶水池		3700	0	49810	0	0	0	168390	0	3700	49810	790	75819		0	0	
1.6	其他支线																	
1.6.1	笼陶支线		12330	0	3160	0	3830	290	9570	80	12330	2450				0	1008	7.5
1.6.2	丘北工业园支线		25660	0	6570	0	9070	670	18910	190	25660	5221				0	1916	7.5
1.6.3	树皮盘龙支线		73170	0	26200	0	17230	1850	52210	390	73170	6943				0	27345	6.5
1.6.4	树皮前分支线		37680	0	5310	0	10760	1110	27110	250	37680	5307				0	4	6.5
2																		
2.1	砚山方向干线																	
2.1.1	一级泵站出水池-维摩泵站	YS0+000~YS12+275	265860	0	128730	0	126320	7150	202090	10840	265860	83648				0	64016	2.5
2.1.2	维摩泵站-红舍克水库	YS12+275~YS25+452	173750	0	81475	0	68960	5000	144767	5940	173750	54229				0	38690	6
2.1.3	红舍克水库-砚山规划水厂	YS25+452~YS34+866	121060	0	58120	0	52810	3700	98990	4670	121060	40152				0	25515	3.5
2.1.4	青龙箐隧洞		12860	0	6680	14800	0	0	2620	0	3082	0				12124	30502	1
2.2	砚山方向分干线																	
2.2.1	维摩分水口-绿塘子泵站	WM0+000~WM2+836	38970	0	17880	0	14300	1120	34620	1250	38970	12913				0	7054	3
2.2.2	绿塘子泵站-维摩终点	WM2+836~WM8+627	82430	0	49090	0	22090	2040	74600	2020	82430	21881				0	38636	2
2.3	砚山方向支线																	

序号	建筑物	桩号	开挖(自然方)				填筑(压实方)				本片利用（自然方）		邻段借方(自然方)			弃渣(松方)		弃渣运距
			土方 开挖 1	水库 清淤 8	石方 明挖 2	石方 洞挖 7	土方 3	表土 6	土石方 5	砂砾石 垫层 4	土方	石方	土方	石方	运距	土渣	石渣	运距
			(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(km)	(m³)	(m³)	(km)
2.3.1	普底支一		21149	0	9199	0	4430	500	18900	430	21149	4468				0	6718	6
2.3.2	阿伍支线		33749	0	15669	0	9100	1050	31000	890	33749	9514				0	8741	3
2.3.3	保可者支一		12753	0	6323	0	4250	480	11783	410	12753	4331				0	2830	1
2.3.4	保可者支二		69650	0	32910	0	24540	2500	62910	2300	69650	23471				0	13403	4
2.4	泵站工程																	
2.4.1	维摩泵站		21630	0	6250	0	0	0	19540	0	21630	881				0	7624	0.5
2.4.2	红舍克泵站		25468	3780	5780	0	0	0	20040	0	23577	0				7033	8208	2.5
2.4.3	绿塘子泵站		8140	0	26360	0	0	0	17200	0	8140	7848				0	26287	3.5
2.5	其他支线																	
2.5.1	保可者分支一		3740	0	760	0	480	50	3070	20	3740	321				0	623	1.5
3																		
3.1	珠琳方向干线																	
3.1.1	一级泵站出水池-西吉支线	ZL0+000~17+423	310560	0	147730	0	140910	8390	244540	12290	310560	99133				0	69008	3
3.1.2	西吉支线-马鞭稍支线	ZL17+423~36+372	229710	0	110960	0	94690	7520	197850	8280	229710	80005				0	43956	4
3.1.3	马鞭稍支线-细水水库	ZL36+372~54+175	141470	0	67190	0	44410	5460	137170	4370	141470	50985				0	23011	2.5
3.2	珠琳方向支线																	
3.2.1	水塘支一		12545	0	5114	0	1530	170	10618	150	12545	1263				0	5469	2.5
3.2.2	水塘支二		8660	0	3450	0	1820	210	8370	180	8660	2320				0	1605	5
3.2.3	石板房支一		6907	0	2960	0	1790	200	6353	180	6907	1888				0	1523	4
3.2.4	石板房支二		19588	0	15021	0	4820	540	17507	470	19588	4746				0	14591	2
3.2.5	西吉支线		32350	0	14830	0	10190	1110	30740	980	32350	11101				0	5295	2.5
3.2.6	吊井支一		13550	0	4739	0	930	100	10220	90	13235	0				390	6730	5

序号	建筑物	桩号	开挖(自然方)				填筑(压实方)				本片利用（自然方）		邻段借方(自然方)			弃渣(松方)		弃渣运距
			土方 开挖 1	水库 清淤 8	石方 明挖 2	石方 洞挖 7	土方 3	表土 6	土石方 5	砂砾石 垫层 4	土方	石方	土方	石方	运距	土渣	石渣	运距
			(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(km)	(m³)	(m³)	(km)
3.2.7	新寨支线		32175	0	25990	0	9970	970	30255	930	32175	10570				0	21896	2.5
3.2.8	马鞭稍支线		13285	0	5973	0	4140	410	9873	390	13285	2390				0	5088	3.5
3.2.9	羊街支线		11900	0	4619	0	1060	150	8380	110	11282	0				766	6559	5.5
3.3	泵站工程																	
3.3.1	马鞭稍泵站		5195	2570	0	0	0	0	3245	0	3818	0				4894	0	4
3.3.2	阿哈泵站		3550	0	1770	0	1120	150	3060	120	3550	1002				0	1091	6
3.3.3	中寨泵站		1310	2530	0	0	0	0	644	0	757	0				3822	0	6
3.4	其他支线																	
3.4.1	中寨支线		11390	0	5440	0	3330	470	11070	340	11390	3961				0	2101	6
3.4.2	珠琳工业园支线		87670	0	22310	0	28750	2790	66470	2670	87670	17932				0	6217	3.5

注：

土方换算系数：自然方 1.0，压实方 0.85，松方 1.24。

石方换算系数：自然方 1.0，压实方 1.31，松方 1.45。

块石换算系数：自然方 1.0，压实方 1.43，码方 1.67，松方 1.75。

2.7.4 施工工厂设施

2.7.4.1 砂石料加工系统

本工程需要混凝土骨料 26.48 万 m^3 ，砂石料 16.48 万 m^3 。本工程混凝土所需的骨料全部采用人工骨料，砂石加工系统布置在石料场西侧约 1km 处。

根据施工总进度安排，本工程系统生产规模按满足高峰月平均混凝土浇筑强度 1.3 万 m^3 设计，骨料每天两班生产，砂石料加工系统处理能力为 150t/h，砂石成品生产能力 120t/h，人工砂生产能力 35 t/h。

2.7.4.2 混凝土拌和系统

依据本工程施工总布置及施工方法的要求，共布置 1 座混凝土生产系统，配 2×1.5 混凝土拌和楼 1 座，铭牌生产能力 75 m^3/h ，以满足本工程面板堆石坝、溢洪道、导流放空洞、取水发电洞、坝后式电站厂房及泵站等施工区的混凝土浇筑施工要求。

混凝土生产系统由混凝土拌和站、砂石成品料堆、骨料受料及输送设施、散装水泥罐、散装矿粉罐、制冷楼、外加剂间、试验室、值班室等组成。

其生产工艺流程为自卸汽车将骨料运至混凝土生产系统成品料堆，混凝土骨料由装载机从砂石成品料堆铲运到拌和站的骨料受料仓，振动给料机给料，胶带机、提升机输送入拌和站料仓。水泥和矿粉由散装水泥汽车运输，气力输送至水泥罐及矿粉罐，螺旋输送机入拌和站粉料仓。成品混凝土由自卸汽车运至施工点。

混凝土生产系统建筑面积 150 m^2 ，占地面积 4500 m^2 。

2.7.4.3 其他施工工厂设施

(1) 钢木综合加工厂

本工程布置 1 座钢木综合加工厂，其承担钢筋及木材加任务。钢木综合加工厂建筑面积 200 m^2 ，占地面积 3500 m^2 。

(2) 机械综合保修厂

本工程布置 1 座机械综合保修厂，以承担施工机械及汽车保修工作。机械综合保修厂建筑面积 400 m^2 ，占地面积 5900 m^2 。

(3) 钢管加工厂及钢结构拼装厂

本工程布置 1 座压力钢管及钢结构拼装厂，布置在电站厂房施工区，承担压

力钢管加工及钢结构件的拼装工作。其建筑面积 1200 m^2 ，占地面积 3800 m^2 。

(4) 混凝土构件预制厂

本工程布置 1 座混凝土构件预制厂，以承担混凝土构件预制工作。混凝土构件预制厂建筑面积 150 m^2 ，占地面积 2000 m^2 。

(5) 中心仓库

本工程布置 1 座中心仓库，以储存机电设备及其他物资。中心仓库建筑面积 3000 m^2 ，占地面积 6000 m^2 。

(6) 临时堆放场

本工程布置了临时堆放场，其建筑面积为 1120 m^2 ，占地面积为 26000 m^2 。

(7) 生活营地

本工程生活营地居中布置，以方便施工生产和生活，并尽量减少对当地居民的干扰。生活营地建筑面积 6000 m^2 ，占地面积 12000 m^2 。

2.7.4.4 施工供风、供水、供电及通信

(1) 施工供风系统

施工供风系统采用分散式布置，分别位于面板堆石坝、溢洪道、导流放空洞、电站厂房及泵站等处。

(2) 施工供水系统

本工程施工供水分清水河水库工程和输水线路工程两部分考虑。

清水河水库工程：根据地质勘察报告，南丘河河水满足施工生产用水要求，经过消毒后能满足生活饮用水标准，故将南丘河河水作为本工程施工用水水源。

依据施工场区的布置要求，本工程共分三个施工供水系统，即 1#(砂石加工系统) 施工供水系统、2#(施工工厂及施工营地区) 施工供水系统和 3#(大坝厂房泵站施工区) 施工供水系统。1#供水系统供水能力 $120\text{ m}^3/\text{h}$ 、2#供水系统供水能力 $60\text{ m}^3/\text{h}$ 、3#供水系统供水能力 $90\text{ m}^3/\text{h}$ ，总设计供水能力 $270\text{ m}^3/\text{h}$ 。

(3) 施工供电系统

1) 枢纽区

本工程施工用电点主要有坝址区、混凝土生产系统和砂石料加工系统三处，其施工供电高峰负荷分别为 6300 kVA 。在负荷中心位置(混凝土生产系统附近) 设置 35 kV 中心变电站一座，出线回路共 6 回(含备用 1 回)，电压等级为 10 kV ，其中左岸 1 回，右岸 4 回。

左岸 1 回出线位于左坝肩，电压等级为 10kV，线路长约 1500m。

右岸第 1 回出线位于右坝肩，电压等级为 10kV，线路长约 1500m。右岸第 2 回出线位于坝下桥附近，电压等级为 10kV，线路长约 1000m。右岸第 3 回出线位于混凝土生产系统附近，电压等级为 10kV，线路长约 500m。右岸第 4 回出线位于砂石料加工系统附近，电压等级为 10kV，线路长约 1000m。

左、右岸 10kV 线路长度合计为 5500m。

本工程施工用电拟结合永久进行考虑，提前架设生态电站 35kV 架空线路，场外 35kV 供电线路长度为 15km(单回)。

2) 输水管线

输水线路施工一般用电负荷较小，尤其是在接线不便的情况下，优先采用移动式柴油发电机供电为主。在泵站、隧洞及负荷集中的地方，也可结合永久进行考虑，提前架设泵站对外 35kV 架空线路，以网电为主。输水线路总负荷为 2500kW。

2.7.5 施工导流

2.7.5.1 首部枢纽工程

根据工程布置的特点，拦河坝施工导流拟采用上下游围堰一次拦断河床，河床外隧洞导流方式。导流隧洞与永久泄洪放空洞结合，布置在右岸，导流洞结构型式采用城门洞型。施工导流选用洪水标准为 20 年一遇，相应洪峰流量为 253m³/s。本工程导流程序如下：

阶段一：第一年 3 月～第一年 12 月，原河床过水，进行导流洞施工及围堰初期填筑，第二年 12 月底河道截流。

阶段二：第二年 1 月～第二年 10 月。

第二年 2 月底将围堰加高培厚至设计高程，由上下游围堰挡水，导流隧洞过流。此阶段，在围堰的围护下进行大坝施工，第二年 6 月中，完成大坝基坑开挖工作，并同时进行趾板混凝土浇筑、固结灌浆、帷幕灌浆等。

第二年 6 月中-10 月，进行坝体主、次堆石区堆石体等填筑，10 月底前完成趾板混凝土浇筑工作。

阶段三：第二年 11 月～第三年 12 月。

第三年 2 月底前，完成固结灌浆、帷幕灌浆等工作，继续进行大坝堆石体填筑，第三年 5 月底前坝体临时断面填筑至 1340m，完成坝体 1339m 高程以下的上

游坝面临时防渗处理工作。

第三年 6 月-10 月，由于坝体填筑高程超过围堰顶高程，因此汛期由坝体临时挡水度汛，导流洞过流。由于坝前库容介于 0.1~1 亿 m^3 之间，临时度汛洪水标准为 50 年一遇，洪峰流量 $304\text{m}^3/\text{s}$ ，坝前度汛水位 1337.8m。

第三年 6 月初，大坝临时断面填筑至 1346m，经过 5.5 个月沉降，10 月中开始 1340m 高程以下混凝土面板的浇筑工作。

阶段四：第三年 1 月~第四年 11 月。

第四年 1 月中旬完成 1340m 高程以下混凝土面板的浇筑工作，3 月底完成大坝坝体堆石体填筑及上游铺盖和盖重的填筑工作，经过 4 个月沉降期，8 月初开始二期混凝土面板浇筑。

第四年 6 月-10 月，汛期由坝体临时挡水度汛，导流洞过流。临时度汛洪水标准为 100 年一遇，相应洪峰流量 $342\text{m}^3/\text{s}$ ，坝前度汛水位 1340.5m。

阶段五：第四年 11 月初导流洞下闸封堵，水库蓄水，施工导流完成。

2.7.5.2 输水线路工程

(1)埋管工程

本工程输水线路沿埋管规模较小，考虑在枯水期 11~5 月施工，导流标准采用 5 年一遇枯水期洪水标准。河床较窄时采用明渠导流的方式，河床较宽时采用分期导流的方式。

(2)交叉建筑物

输水总干线工程需要导流的跨河建筑物主要为跨居那革河两座管桥及跨河倒虹吸，导流标准选择 5 年一遇枯水期洪水标准。

居那革东管桥有一处桩基位于靠近右岸的河床内，拟采用在右岸向河床内填筑人工岛，在河床左岸扩挖的方式进行施工导流。

具体导流程序如下：

输水总干线跨河建筑物采用分期导流时，一期填筑土石围堰，上下游和纵向围堰包裹河床左（或右）岸，另一岸河床过流，必要时需扩挖河床，扩大过流断面。主要完成左（或右）岸段土石方开挖、混凝土浇筑等工序。

完成建筑物施工后，拆除一期围堰；二期填筑土石围堰，上下游和纵向围堰包裹另一岸河床，施工右（或左）岸部分的建筑物，河水从左（或右）岸部分河床下泄，必要时需扩挖河床，加大过流断面。施工完成后拆除二期围堰。

采用明渠导流时,先进行明渠开挖,利用开挖料填筑上下游围堰,河道截流后,进行土石方开挖、混凝土浇筑等施工,完工后拆除围堰,回填明渠。

2.7.6 施工方法

清水河水利枢纽工程主要包括首部枢纽工程和输水线路工程两大部分。

2.7.6.1 首部枢纽工程

首部枢纽包括面板堆石坝、溢洪道、导流放空洞、电站厂房和泵站等。

(1) 面板堆石坝

混凝土面板堆石坝坝顶长 400m,坝顶高程 1395.50m,坝顶宽度为 10.0m,最大坝高 97m。坝后下游坡设 9m 宽的“之”字形上坝路,其坡比 7.5%。面板堆石坝施工主要内容包括土石方开挖、基础处理、混凝土浇筑等。

1) 土方开挖

坝肩及河床土方开挖采用 2m³ 挖掘机挖装 20t 自卸汽车运输,利用料运至临时堆料场,弃渣运至弃渣场。

2) 石方开挖

坝坡石方开挖采用潜孔钻机钻孔,自上而下分层开挖,采用预裂爆破,梯段高度 15m。基础石方及趾板采用潜孔钻机钻孔爆破,距设计开挖线底部预留 1.5m 左右的保护层,采用手风钻钻孔,浅孔小药量爆破,靠近基层采用人工撬挖。

石渣采用 2m³ 挖掘机挖装,15t 自卸汽车运输,利用料运至临时堆料场,弃料运至弃渣场。

3) 坝基处理

固结灌浆:趾板固结灌浆在趾板混凝土强度达到 70%以上时进行施工,采用 YQ 型风钻钻孔,CZJ-200 灰浆搅拌机拌制浆液,BW-200/60 型灌浆泵自下而上分段灌浆,机械压浆法封孔。

帷幕灌浆:帷幕灌浆在固结灌浆完毕之后进行,采用 150 型地质钻机钻孔,CZJ-200 灰浆搅拌机拌制浆液,BW-200/60 型灌浆泵孔口封闭孔内循环法灌浆。

4) 坝体填筑

坝体填筑包括主堆石区、下游堆石区、过渡区、垫层区、盖重区等。

①主堆石区、下游堆石区

主堆石区块石料取自石料场， 2m^3 装载机装 15t 自卸汽车运输，132kW 推土机摊铺，平板振动碾碾压，洒水车洒水。堆石填筑碾压前，需进行做碾压试验，选择正确的碾压参数，达到碾压的各项指标要求。

②过渡料填筑：

过渡料有级配要求，需要加工掺配，在砂石加工厂进行加工掺配，用 2m^3 装载机装 15t 自卸汽车运输到工作面，103kW 推土机摊铺，13.5t 振动碾压实，洒水车洒水。

③垫层料填筑：

垫层料有级配要求，需要加工掺配，在砂石加工厂进行加工掺配，用 2m^3 装载机装 15t 自卸汽车运输到工作面，103kW 推土机摊铺，13.5t 振动碾压实，洒水车洒水。垫层料填筑碾压前，需要做碾压试验，选择正确的碾压参数，达到碾压的各项指标要求。

④盖重区填筑：

盖重区利用开挖料， 2m^3 装载机装 15t 自卸汽车运输到工作面，103kW 推土机摊铺压实。

⑤下游护坡：

从拉角石料场开采，施工方法同主堆石区。

5) 趾板混凝土浇筑

趾板混凝土从拌合站生产，8t 混凝土罐车运输，河床趾板采用溜槽入仓，岸坡采用混凝土泵入仓，插入式振捣器振捣。

6) 混凝土面板

面板在大坝填至坝顶并满足沉降要求后，利用无轨滑模分两次拉模成型。

面板混凝土从拌合站生产，采用 6m^3 混凝土搅拌车运输，利用坝后“之”字形路运至坝顶，卸入溜槽入仓，50mm 插入式振捣器和平板振捣器联合振捣。

7) 挤压边墙

挤压边墙采用机械化施工，采用 8t 自卸汽车运输， 0.5m^3 装载机上料，边墙挤压机进行浇筑施工。

(2) 溢洪道

溢洪道位于右岸，由进水渠段、控制段、泄槽段、消力池段和出水渠段组成，主要工作内容包括土石方开挖和回填、混凝土浇筑、浆砌石及金属结构安装等。

- 1) 土方开挖：采用 2m^3 挖掘机挖土，装 20t 自卸汽车运至弃渣场。
- 2) 石方开挖：采用 100 型潜孔钻机钻孔爆破， 2m^3 挖掘机装 15t 自卸汽车运输。直接用于坝体填筑的开挖料运至填筑工作面，需转运的运往临时堆料场。
- 3) 土石方回填：利用开挖料，用 2.0m^3 挖掘机装 15t 自卸汽车运输，88kW 推土机上料，人工摊平，小型平板振动碾压实。
- 4) 混凝土：由拌合站拌制混凝土， 8m^3 混凝土罐车运输，底板及控制段采用 $30\text{m}^3/\text{h}$ 混凝土泵入仓，边墙采用溜槽入仓，人工插入式振捣器振捣。
- 5) 浆砌石：石料场取石，装 15t 自卸汽车运输，人工砌筑。
- 6) 喷混凝土：JW250c 搅拌机拌制熟料，10t 自卸汽车运输，混凝土喷射机喷混凝土。
- 7) 闸门及配套设备安装：溢洪道设闸门 2 孔。闸门启闭机、埋件及门体招标采购，闸门采用预埋锚钩、滑轮组、卷扬机分件吊装组装。

(3) 电站厂房

1) 土石方开挖

土方开挖采用 2m^3 挖掘机挖装，20t 自卸汽车运至弃渣场。

石方明挖采用 100 型潜孔钻钻孔、爆破， 2m^3 挖掘机装 15t 自卸汽车出渣。部分开挖料运至坝面用于填筑，部分运至弃渣场。

2) 混凝土浇筑

混凝土由拌合站拌制，运输采用 8t 混凝土罐车运输。垫层及下部混凝土入仓采用 9m 长溜槽，上部混凝土入仓采用 $30\text{m}^3/\text{h}$ 泵。振捣采用 1.1kW 插入式振捣器。

(4) 金属结构安装

金属结构设备分布在大坝放空泄洪洞进口、溢流道进口、引水取水口和电站尾水出口处等。

金属结构制安施工包括：闸门、压力钢管的制造安装，启闭设备的安装等。

闸门安装当门槽高度 $H < 15\text{m}$ 时以搭设脚手架方式施工，门槽高度 $H > 15\text{m}$ 时，闸门采用自制的施工作业平台安装。

(5) 机电设备安装

本工程电站形式为岸边引水式电站，共装机 3 台($2 \times 1.2\text{MW} + 1 \times 4.6\text{MW}$)，装机总容量 7.0MW。根据厂房建筑物的布置情况，首先应安装远离主安装场的机组。

2.7.6.2 输水线路工程

输水工程由输水隧洞、泵站、管道及交叉建筑物和附属建筑物等组成。

(1) 输水隧洞

本工程输水干线上设有两条隧洞，分别为丘北方向的天星隧洞和砚山方向的青龙箐隧洞，天星隧洞总长 4.66km，净断面尺寸 2×2.5m。青龙箐隧洞总长 1.57km，净断面尺寸 2×2.5m。隧洞围岩均采用全断面衬砌的支护方式。

1) 洞挖施工

洞挖施工采用钻爆法，风钻钻孔，人工装药，光面爆破，0.2m³铲斗装岩机装机动翻斗车至洞外转渣场，2m³挖掘机装 15t 自卸汽车运输，运至弃渣场。

2) 混凝土衬砌

隧洞衬砌采用钢模台车，混凝土由洞外拌合站拌制，运输采用机动翻斗车，入仓采用混凝土泵，振捣采用插入式振捣器。输水隧洞混凝土衬砌进尺 120m/月。

(2) 钢管等敷设

1) 土、石方开挖

2m³挖掘机挖土，132kw 推土机推运 20m，待回填。石方开挖属沟槽开挖，石渣开挖、运输方法同上。

2) 管道敷设

汽车起重机吊装，主管区中粗砂人工回填，小型震动平板碾碾压，局部采用蛙夯。上部砂砾石回填采用开挖料，132kW 推土机推运 20m，推土机碾压。

3) 镇墩混凝土

镇墩混凝土采用现场混凝土拌和站拌制混凝土，8t 自卸汽车运输，溜槽入仓。

(3) 泵站施工

土石方开挖、回填等均采用常规施工方法施工。泵站混凝土采用移动式拌和站拌制混凝土，以自卸汽车运输，混凝土泵入仓，1.1kW 插入式振捣器振捣。

(4) 顶管施工

输水埋管需要穿越 S206 省道，穿越公路采用顶管方式。

(5) 混凝土灌注桩

管桥所用混凝土灌注桩桩径为 1.00m，造孔采用 CZ-22 型钻机，泥浆护壁；清水置换后，下放钢筋笼，水下浇筑混凝土；成桩后凿去桩头，继续浇筑下部结构。

(6) 扩大基础桩基

土方开挖采用 2m^3 挖掘机，石方开挖采用风钻钻孔， 2m^3 挖掘机集渣。渣土堆于附近用于回填。

基础混凝土施工人工立模，钢筋在加工厂加工成型，5t 载重汽车运至现场，人工绑扎。混凝土采用溜槽入仓。

首部枢纽工程和输水线路工程主要施工机械及运输车辆见表 2.7-9。

表 2.7-9 主要施工机械及运输车辆

序号	名 称	规格、型号	单位	数量	备 注
一、	枢纽布置区				
1	挖掘机	1m^3	台	6	
2	挖掘机	2m^3	台	9	
3	装载机	1.5m^3	台	4	
4	装载机	2.0m^3	台	5	
5	推土机	88kW	台	7	
6	推土机	132kW	台	4	
7	蟹爪式装岩机	ZS60	台	2	
8	自卸汽车	8t	辆	11	
9	自卸汽车	15t	辆	15	
10	自卸汽车	20t	辆	26	
11	潜孔钻	QZJ-100B	台	4	
12	液压钻		台	3	$\Phi 89\sim 102\text{mm}$
13	150 地质钻机		台	15	
14	振动碾	13~14t	台	4	
15	手扶振动碾	BW-75	台	2	
16	斜坡振动碾	10t	台	2	
17	凸块振动碾		台	1	
18	混凝土搅拌车	3m^3	台	3	
19	混凝土搅拌车	6m^3	台	6	
20	高速泥浆搅拌机	ZJ800A	台	8	
21	汽车吊	10 t	台	3	
22	柴油发电机	200GFZ	台	2	
23	边墙挤压机		台	1	
二、	线路布置区				
1	汽车起重机	20t	台	20	
2	反铲挖掘机	1.0m^3	台	15	
3	反铲挖掘机	2.0m^3	台	9	
4	平板拖车	25t	台	12	
5	机动翻斗车	1t	台	35	
6	自卸汽车	10t	台	25	

序号	名 称	规格、型号	单位	数量	备 注
7	自卸汽车	15t	台	18	
8	装载机	3m ³	台	12	
9	推土机	88~132kw	台	18	
10	装岩机	0.2 m ³ 铲斗	台	4	
11	地质钻机	150 型	台	10	
12	潜孔钻	80 型	台	4	
13	手持式风钻	YT25	把	16	
14	矿车	0.6m ³	台	30	
15	混凝土搅拌机	JW250C	台	25	
16	混凝土拌合站			9	
17	混凝土喷射机			6	
18	混凝土泵	20m ³ /h 型		8	
19	平板振动碾	13.5t		9	
20	蛙夯或小型平板振动碾			40	
21	空压机	6m ³ /s	台	12	
22	自定中心振动筛	SZZ1250×2500	台	3	
23	移动式柴油发电机	85kW	台	24	
24	离心水泵	17kw	台	8	
25	钢筋切断机	GQ50	台	15	
26	钢筋调直机	ZCWLZT	台	6	
27	电刨	GHO18	台	15	

2.7.7 水库蓄水计划

根据施工总进度安排，导流洞下闸时间拟安排在第四年 11 月初进行。导流隧洞进口封堵闸门采用潜孔平面定轮钢闸门，闸门尺寸 4.5×5.5m，闸门提前安装就位并锁定。

第四年 11 月初开始蓄水，按 75%保证率，第五年 6 月中可蓄水至死水位，满足下游用水要求。

在施工准备期，将导流洞(兼放空洞) 进出口闸门完成安装，施工导流期间，由导流洞泄水，可满足向下游供水要求；在第四年 11 月开始下闸蓄水时，利用设置在导流洞闸室的旁通管向下游供水；当蓄水至引水隧洞进口水位时，利用引水隧洞出口弧门开度调节下泄流量，以保证下游生态用水要求。

2.7.8 施工总进度

工程建设全过程可划分为工程筹建期、工程准备期、主体工程施工期和工程完建期四个施工时段，工程施工总工期为后三项工期之和。

根据工程所在地区施工条件，初步确定施工总工期 48 个月，其中施工准备 10.5 个月，主体工程施工期 36.5 个月，完建期 1 个月。

2.8 建设征地与移民安置

2.8.1 建设征地范围及实物指标

2.8.1.1 建设征地范围

清水河水利枢纽工程建设征地范围包括水库淹没影响区、枢纽工程建设区和输水线路区。其中水库淹没影响范围与枢纽工程建设区范围重叠部分按用地时序要求，计入枢纽工程建设区，重叠部分涉及土地面积 164.84 亩。根据建设征地区实际情况，本工程建设征地不涉及城集镇。

清水河水利枢纽工程建设征地范围涉及文山州的砚山县、丘北县和广南县 3 个县，共计 7 个乡镇 27 个行政村。

2.8.1.2 实物指标

清水河水利枢纽工程涉及 1 个州 3 县 7 乡镇 27 个行政村，工程建设征地总面积为 19103.80 亩，其中永久征地面积 10844.90 亩，临时用地面积 8258.90 亩，涉及人口 526 户，2706 人，各类房屋面积 172651.87m²，零星树木 12558 株。建设征地涉及丘北县以勒小学，白沙湾水文站，农村等外道路 17.375km，机耕道 26.411km，10kV 输电线路 28.003km，通信线路 25.350km，沟渠 10.102km。

清水河水利枢纽工程实物指标见表 2.8-1。

表 2.8-1 清水河水利枢纽工程实物指标成果表

序号	项目	单位	建设征地区	水库淹没区	水库影响区	枢纽工程区	输水线路区
	土地面积	亩	19103.8	6946.96	44.89	3141.02	8970.93
(一)	征收土地	亩	10844.9	6946.96	44.89	1807.34	2045.71
1	耕地	亩	6747.64	4420.42	30.5	1107.69	1189.03
	水田	亩	2113.34	1844.55	30.5	170.46	98.33
	其中基本农田		1309.37	1148.09	18.3	102.28	59
	旱地	亩	4634.3	2575.87		937.23	1090.7
	其中基本农田		2183.85	948.8		562.34	654.41
2	园地	亩	13.49	0.52			12.97
	果园	亩	13.49	0.52			12.97
3	林地	亩	3084.45	1724		561.91	798.54
	有林地	亩	1712.02	731.08		313.6	667.34
	其中公益林		1027.2	438.64		188.16	400.4
	灌木林	亩	1372.43	992.92		248.31	131.2
	其中公益林	亩	823.47	595.76		148.99	78.72
4	草地	亩	106.86	106.86			
	天然牧草地	亩	21.97	21.97			
	其他草地	亩	84.89	84.89			
5	住宅用地	亩	325.9	310.43	13.82	1.65	
	农村宅基地	亩	325.9	310.43	13.82	1.65	
6	交通运输用地	亩	199.97	90.44	0.57	104.24	4.72
	铁路用地	亩	0.91			104.24	0.91
	农村道路用地	亩	199.06	90.44	0.57		3.81
7	水域及水利设施用地	亩	322.73	290.88		31.85	
	河流水面	亩	262.61	241.37		21.24	
	坑塘水面	亩	45.03	36.84		8.19	
	内陆滩涂	亩	4.2	2.93		1.27	
	沟渠	亩	10.89	9.74		1.15	
8	其他土地	亩	43.86	3.41			40.45
	设施农用地	亩	3.41	3.41			
	裸地	亩	40.45				40.45
(二)	征用土地	亩	8258.9			1333.68	6925.22
1	耕地	亩	6172.73			755.55	5417.18
	水田	亩	681.26			755.55	681.26
	旱地	亩	5491.47				4735.92
2	园地	亩	182.59			0.68	181.91

序号	项目	单位	建设征地区	水库淹没区	水库影响区	枢纽工程区	输水线路区
	果园	亩	182.59			0.68	181.91
3	林地	亩	1741.23			552.44	1188.79
	有林地	亩	1128.54			96.08	1032.46
	灌木林	亩	612.69			456.36	156.33
	其中公益林	亩	367.61			273.81	93.8
4	草地	亩	27.34				27.34
	天然牧草地	亩	27.34				27.34
5	交通运输用地	亩	34.07			17.02	17.05
	铁路用地	亩	1.42				1.42
	公路用地	亩	1.08				1.08
	农村道路用地	亩	31.57			17.02	14.55
6	水域及水利设施用地	亩	10.59				10.59
	沟渠	亩	10.59				10.59
7	其他土地	亩	90.35			7.99	82.36
	设施农用地	亩	7.99			7.99	
	裸地	亩	82.36				82.36
(三)	人口						
	户数	户	526	497	23	6	
	人数	人	2706	2583	91	32	
(四)	房屋	m ²	172651.87	158879.67	11459.69	2312.51	
(五)	附属建筑物						
1	门楼	m ²	352.36	296.68	37.68	18	
2	大门	道	141	133	7	1	
3	围墙	m ²	12998.32	12588.29	307.87	102.16	
4	晒场	m ²	86720.34	83986.54	1683.39	1050.41	
5	水池	m ³	608.604	608.1	0.504		
6	水窖	m ³	1663.93	1614.93	49		
7	地窖	m ³	160	160			
8	围栏	m	1166.33	1125.73	15.8	24.8	
9	砌体	m ³	10123.65	9910.62	209.38	3.65	
10	水井	眼	6	5		1	
11	沼气池	个	226	213	12	1	
12	粪池	个	75	71	4		
13	灶台	个	304	287	16	1	
14	花台	m ³	139.33	139.33			

序号	项目	单位	建设征地区	水库淹没区	水库影响区	枢纽工程区	输水线路区
15	卫星接收器	个	389	376	8	5	
16	太阳能	套	161	157	1	3	
(六)	房屋装修	m ²	13236.01	12333.98	696.9	205.13	
(七)	文教设施	座					
	学校	座	1	1			
(八)	农副业设施						
	抽水泵站	个	2	2			
4	沟渠	km	10.102	4.219			5.883
	挡水坝	m ³	748.14	748.14			
(九)	零星树木	株	12558	7111	195	943	4309
(十)	坟墓		1163	854	47	79	183
三	专业项目						
1	道路工程	km					
	等外道路	km	17.375	5.255	0.064	10.382	1.738
	机耕道		26.411	23.045			3.302
2	输变电设施						
	10kV 线路	km	28.003	22.902		3.276	1.825
	变压器	kVA/台	2	2			
3	通讯设施			23.17			2.177
	电信	km	15.86	14.77			1.09
	移动	km	9.49	8.4			1.09
5	水文站	个	1	1			

2.8.2 移民安置规划

2.8.2.1 生产安置

基准年 2018 年生产安置人口为 2462 人，其中水库淹没影响区 1480 人，枢纽工程区 360 人，输水线路区 622 人；规划水平年生产安置总人口为 2577 人，其中水库淹没影响区 1552 人，枢纽工程区 357 人，输水线路区 668 人。

根据移民意愿和地方政府意见，生产安置主要采取自行安置和复合安置方式，辅以自行安置的方式。复合安置主要采取有偿流转耕地的方式进行安置。根据生产安置去向，采取复合安置的移民有 1055 人（规划水平年），按照复合安置配置人均 0.5 亩的标准，需要流转 527.5 亩耕地，其中丘北县 279 亩，砚山县 248.5 亩。

2.8.2.2 搬迁安置

基准年 2018 年搬迁安置人口为 2706 人，其中水库淹没影响区 2583 人，枢纽工程建设区 32 人；规划水平年搬迁安置总人口为 2816 人，其中水库淹没影响区 2783 人，枢纽工程建设区 33 人。搬迁安置方案详见表 2.8-2。

对丘北县天星乡扭克村平老组采取后靠分散安置，以勒组部分后靠集中安置在以勒后山安置点，部分外迁至瓦窑冲集中安置点；砚山维摩乡普底村兴隆组和白沙湾组部分搬迁至普底村安置点和炭房安置点，部分外迁至江那镇小龙白安置点。

表 2.8-2 搬迁安置方案一览表

行政区划				水平年搬迁人口（人）	搬迁安置方案			备注
县	乡	村委会	村民小组		集中安置		分散安置（人）	
					安置地点	安置人口（人）		
丘北	天星	扭克	平老	33			33	
丘北	天星	扭克	以勒	1367	以勒	900	90	后靠安置
					瓦窑冲	377		工业园区
砚山	维摩	普底	兴隆	771	普底村	324		中心村
					炭房	293		工业园区
					小龙白	154		
砚山	维摩	普底	白沙湾	645	普底村	271		中心村
					炭房	245		工业园区
					小龙白	129		

2.8.3 专项项目处理

本工程需进行恢复改建的专业项目设施为交通设施、电力设施、通讯设施、水利设施、水文站、压覆矿产及文化教育设施。

(1) 交通设施

建设征地涉及对外道路 17.375km、机耕道 26.411km，结合枢纽工程对外道路的布置，考虑库周剩余群众和移民生产生活出行，规划对库区涉及的等外道路和机耕道进行复建处理，库周交通复建农村基本级道路 20 条约 36.29km，路基宽度 4.5m，路面宽度 3.5m。输水工程区涉及的等外道路和机耕道结合主体工程设计进行复建处理。

(2) 电力设施

建设征地涉及 10kV 输电线路 28.003km，经征求丘北和砚山县电力公司意见，对丘北县库区涉及的电力线路采取复建处理，砚山县库区涉及电力线路没有恢复的必要，在安置点规划设计中考虑，不需要复建处理，对输水工程建设区涉及的电力设施进行复建处理。

(3) 通讯设施

建设征地涉及电信和移动通讯光缆 25.350km，经征求丘北县移动和电信公司意见，对丘北县涉及的通讯设施采取复建处理；对输水工程建设区涉及的通讯设施进行复建处理。

(4) 水利设施

对建设征地涉及的灌溉渠道采取补偿处理方式。

(5) 水文站

建设征地涉及白沙湾水文站，经征求砚山县水务局的意见，对水库淹没区涉及的白沙湾水文站采取一次性货币补偿的处理方式。

(6) 压覆矿产

根据查询结果，清水河水利枢纽工程水库淹没区涉及一处探矿权，为云南省丘北县以勒铁多金属矿详查区，矿区面积 12.04km²，压覆面积约 3.91km²，对其采取补偿处理。

(7) 文化教育设施

水库淹没影响区涉及丘北县天星乡以勒小学，以勒小学有学生约 200 人。经初

步征求意见，考虑以勒小学随以勒村民小组一起搬迁，结合规划以勒后靠安置点，进行恢复重建。

2.9 工程运行调度

2.9.1 调度原则

清水河水库正常蓄水位为 1392m，相应原始库容 11717 万 m^3 ；死水位为 1350m，相应原始库容为 1083 万 m^3 ；设计洪水位为 1392.11m，校核洪水位 1393.97m，水库总库容 12640 亿 m^3 ；调节库容 10633 万万 m^3 ，库容系数 0.34，具有多年调节性能。工程开发任务为以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。清水河水利枢纽向受水区丘北、砚山和珠琳三个方向供水，丘北方向供水对象位于清水河水库坝址上游左岸，砚山方向供水对象位于清水河水库坝址上游右岸，珠琳方向供水对象位于清水河水库坝址下游右岸，沿线设置 12 座泵站和 7 座调蓄水库（其中：在线调节水库 2 座，充蓄调节水库 5 座）。清水河水利枢纽工程装设坝后式电站，利用生态基流和弃水发电。

2.9.1.1 清水河水库调度原则

清水河水利枢纽工程城乡生活和工业供水设计保证率为 95%，农业灌溉设计保证率为 90%。清水河水库与末端调蓄水库联合调度，共同满足受水区供水和灌溉要求。

（1）生态基流下泄原则

清水河水库首先通过电站机组生态基流要求向水库下游河道下放生态用水。坝址断面生态基流丰水期 6 月~11 月按坝址断面多年平均流量的 30%下泄，即 $3.35\text{m}^3/\text{s}$ ；枯水期 12 月~3 月按坝址处多年平均流量下泄，即 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ；鱼类产卵期 4~5 月按 $2.35\text{m}^3/\text{s}$ 下泄。

（2）清水河水库供水灌溉调度原则

水库下放生态流量后，根据所承担供水对象不同依次供水，不同供水对象的供水次序依次为：生活和工业、农业灌溉。水库完全为了满足供水和灌溉要求设置调节库容，当水库蓄水至正常蓄水位时，满足供水灌溉后的富余水量首先用于电站机组发电，其次通过泄洪设施下放至河道；清水河水利枢纽工程城乡生活和工业供水设计保证率为 95%，农业灌溉设计保证率为 90%，当遇到保证率以外的枯水年，

首先减少农业灌溉供水量，灌溉破坏深度为 25%，再减少生活和工业供水量，供水破坏深度为 10%。

（3）清水河水库发电调度原则

清水河水库设置坝后式电站，首先利用生态基流发电，当水库蓄水至正常蓄水位后，满足供水和灌溉供水后水量也用于发电。电调完全服从水调，无专门发电库容，水库仅起到抬高水头的作用，在电网基荷运行。

电站装机容量为 7MW，最大净水头为 82.6m，最小净水头为 42.2m，水头变幅较大，考虑机组运行稳定性要求，机组最小水头需提高到 51.6m 左右。经计算，水库最低发电运行水位为 1361m。当水库水位高于 1361m 时，通过电站机组下放生态基流，当水位低于 1361m 时，通过旁通管下放生态基流。

（4）清水河水库防洪调度原则

清水河水库不承担下游防洪任务，泄流设施为闸门控制溢洪道，水库起调水位为正常蓄水位 1392m。库水位 1392m 时水库最大泄流能力为 $284.67\text{m}^3/\text{s}$ ，当入库洪水流量小于 $284.67\text{m}^3/\text{s}$ 时，按入库流量控泄，库水位保持 1392m；当入库洪水流量大于 $284.67\text{m}^3/\text{s}$ 时，水库全部敞泄，水库开始滞洪，库水位上升。退水期入库流量小于水库泄流能力，水库又转入控泄阶段，避免对下游造成人造洪峰，库水位逐步降至 1392m。

2.9.1.2 调蓄工程调度原则

（1）生态基流下泄原则

调蓄水库首先满足坝址下游生态基流要求。干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、支迷水库和红舍克水库位于清水河水库坝址上游，坝址断面生态基流丰水期 6 月~11 月按坝址断面多年平均流量的 30%下泄；枯水期 12 月~5 月按多年平均流量的 10%下泄。马鞭稍水库和细水水库位于清水河水库坝址下游，全年按多年平均流量的 10%下泄。

（2）供水调度原则

本次利用已建 7 座水库作为调蓄水库，以减小用水高峰期的流量，降低输水工程规模，分别为干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、支迷水库、红舍克水库、马鞭稍水库和细水水库，调蓄水库以下供水对象首先利用当地径流供水，然后由调蓄水库调节供水；当清水河水库水位未降到死水位，且调蓄水库未蓄满，则由清水河水库输水充蓄调蓄水库，保证末端调蓄水库的蓄水量，以充分发挥调蓄作用。

本次参与调节计算干龙潭水库、双飞井水库和马鞭稍水库坝址多年平均径流量分别为 476 万 m^3 、119 万 m^3 和 342 万 m^3 ，出库供水量（与清水河水库联合调节供水量）分别为 4031 万 m^3 、802 万 m^3 和 865 万 m^3 ，坝址径流量相对于出库供水量较小，如果不控制当地径流的利用率，河道下游水量几乎仅为生态基流，水量利用率达到 80%~90%。为了控制当地径流量的利用率，当水库水位达到正常蓄水位，三座水库当地径流量最大利用量分别为 0.22 m^3/s 、0.05 m^3/s 和 0.19 m^3/s ，其他多余水量通过泄流设施下放至坝下河道，水库水量利用率可维持在 40%以下，基本与原设计成果一致。

（3）备用库容调度原则

双飞井水库、康新寨水库、支迷水库、红舍克水库、马鞭稍水库和细水水库均在死水位以上设置事故检修备用库容，该库容不作为正常运用库容，当发生事故或需要检修时启用该部分库容。

2.9.1.3 输水工程调度原则

清水河水利枢纽工程以清水河水库为水源，联合 7 座调蓄水库，通过 12 座泵站向丘北、砚山和珠琳三个方向供水。输水工程按照清水河水库及调蓄工程调度原则输水，本工程为单管输水，当发生事故或需要检修时，停止输水，利用调蓄水库、当地水源工程或事故检修备用水池供水，备用时间可达 7 天。

2.9.2 水库初期蓄水

根据施工组织设计，清水河水库导流隧洞下闸计划于第 4 年 11 月初进行，下闸时起蓄水位为 1314.5m，与导流洞底板高程（底板高程为 1314.5m）平齐。初期蓄水期间，水库调度优先保证坝下河生态用水量，当来水不能满足下游用水需水量时，水库调度采用来多少泄放多少的原则，优先满足生态用水。当水库遇保证率为 75%的枯水年时，242 天水库蓄到死水位 1350m，期间采用利用导流洞闸室的旁通管向下游下泄生态流量；251 天水库蓄到最低发电水位 1358.3m，利用坝后电站生态放水管泄放生态流量，以保证下游生态用水要求；336 天水库蓄到正常蓄水位 1392m，期间利用坝后电站下泄生态流量。当水库遇保证率 50%年份时，226 天水库蓄到死水位 1350m，期间采用利用导流洞闸室的旁通管向下游下泄生态流量；240 天水库蓄到最低发电水位 1358.3m，利用坝后电站生态放水管泄放生态，以保

证下游生态用水要求；306 天水库蓄到正常蓄水位 1392m，期间利用坝后电站下泄生态流量。

通过以上分析可知，水库初期蓄水期间坝下河道不会出现断流现象。

2.9.3 多年运行特性

经对 1970~2017 年共 48 年逐旬长系列径流资料径流调节计算，清水河水利枢纽多年运行特性分述如下：

（1）坝址多年平均设计入库径流量为 31303 万 m^3 ，水库调节库容为 10633 万 m^3 ，可进行多年调节。

（2）为满足城乡生活和工业用水，所需库容为 4140 万 m^3 ，多年平均供水量为 5374 万 m^3 ，年最小供水量为 4858 万 m^3 ，供水破坏 76 旬，供水破坏深度为 10%，供水保证率为 95.5%；为满足农业灌溉用水要求，所需库容为 6493 万 m^3 ，多年平均供水量为 3781 万 m^3 ，年最大灌溉供水量为 4771 万 m^3 ，年最小灌溉供水量为 2892 万 m^3 ，农业灌溉破坏 4 年，灌溉破坏深度为 25%，灌溉保证率为 89.8%。

（3）清水河电站利用生态基流和弃水发电，装机容量为 7MW，多年平均发电量为 2187 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，其中：丰水期电量为 1703 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，枯水期电量为 484 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，装机年利用小时数为 3124h。

清水河水库水位、下泄流量变化过程线示意图见图 4.12-1 和图 4.12-2。为满足 2009 年~2012 年枯水系列用水要求，水库按维持高水位运行方式调度，水库蓄满时间较多，经统计在 1970 年~2017 年 48 年系列中共有 44 年蓄至正常蓄水位，蓄满率为 90%。

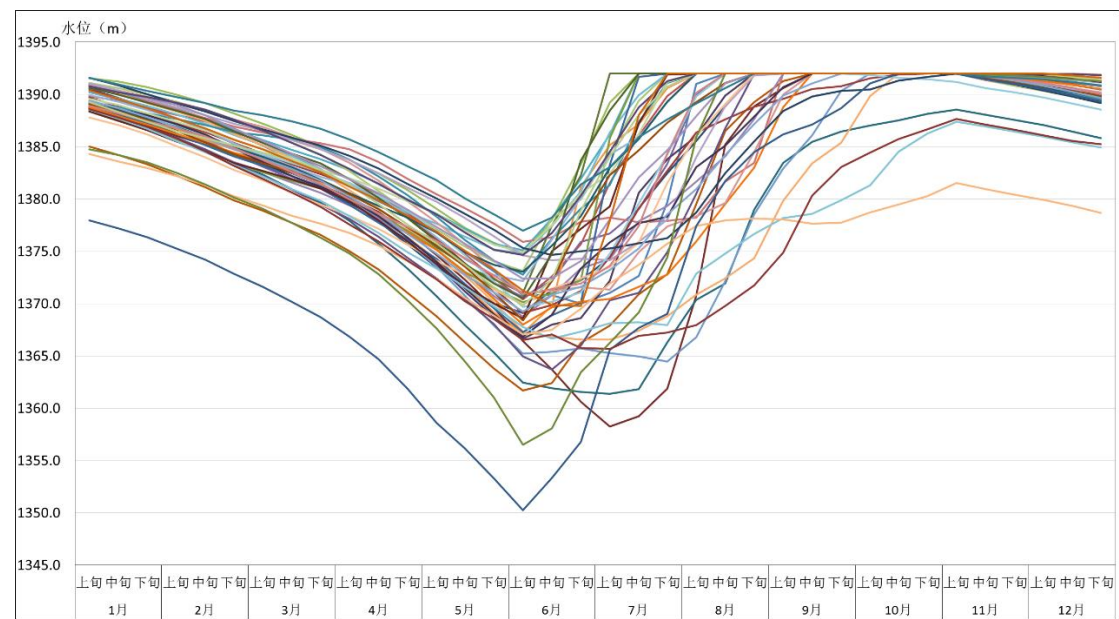


图 2.9-1 清水河水库水位变化过程

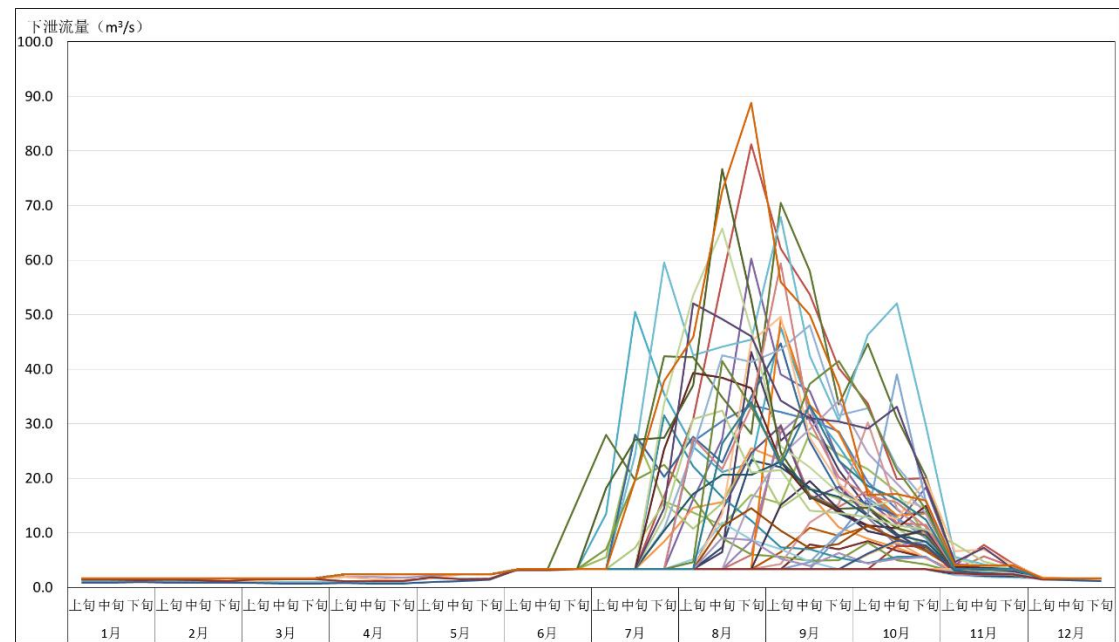


图 2.9-2 清水河水库下泄流量变化过程

2.10工程总投资

工程总投资 499099 万元，静态总投资为 495974 万元，其中环境保护工程投资为 17091.44 万元。

3 工程分析

3.1 工程环境合理性分析

3.1.1 与国家产业政策符合性分析

3.1.1.1 与国家产业政策符合性分析

清水河水利枢纽工程为南盘江流域综合规划的重点水源工程之一，其开发任务以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。根据国家发改委 29 号令《产业结构调整指导目录》(2019 年本)，本工程属鼓励类中水利项目第 11 项水利类中“综合利用水利枢纽工程”，工程建设符合国家产业政策。

3.1.1.2 与《水利改革发展“十三五”规划》

“十三五”时期，全国以完善江河流域防洪体系、优化水资源配置格局为重点，按照“确有需要、生态安全、可以持续”的原则，在科学论证的前提下，集中力量建设一批打基础、管长远、促发展、惠民生的重大水利工程，加强突出薄弱环节建设，完善水利基础设施网络。

清水河水利枢纽工程为列入《水利改革发展“十三五”规划》规划项目表中的 B 类项目，工程建设符合《水利改革发展“十三五”规划》。

3.1.2 与云南省发展政策及相关规划符合性分析

3.1.2.1 与《云南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》符合性分析

“十三五”时期，云南省深入实施“兴水强滇”战略，坚持水资源节约高效利用，统筹考虑区域之间、流域内外、地上地下水资源的供需平衡，推进供水安全保障网、城镇供水工程网、农村供水工程、农田灌溉渠系工程、污水处理网、智能化系统等建设，促进水资源的优化配置和高效利用。到 2020 年，新增蓄水库容 20 亿 m^3 以上，水利工程年供水能力达到 200 亿 m^3 以上，水保障能力大幅提高。清水河水利枢纽工程总库容 12640 万 m^3 ，水库多年平均供水量 9156 万 m^3 ，工程以列入云南“十三五”期间水利基础设施建设重点建设的大型水利工程。工程建设符合云南省“十三五”规划。

3.1.2.2 与《云南省水利改革发展“十三五”规划》符合性分析

“十三五”时期，云南水利发展仍处于补短板、破瓶颈、增后劲、上水平、促发展和惠民生的发展阶段，是加快完善水利基础设施网络、全面深化水利改革、有效破解新老水问题、构建云南特色水安全保障体系、加快推进水利现代化的关键时期。

清水河水利枢纽工程作为重点水源工程，列入《云南省水利改革发展“十三五”规划》，工程建设符合云南省水利改革发展“十三五”规划。

3.1.2.3 与《云南省供水安全保障网规划》符合性分析

云南省供水安全保障骨干网以滇中引水为骨干，以水电站水资源综合利用工程为依托，以大型水库、骨干中型水库和骨干水系连通工程为支撑，以扶贫灌溉工程为基础，干支并用、以干强支，构建“一轴一带五片”骨干水网布局。建设内容包括骨干水资源配置工程、骨干扶贫灌溉工程、水生态修复工程、水资源保护与管理工程。清水河水利枢纽工程作为骨干水资源配置工程，已列入《云南省供水安全保障网规划》，工程建设符合云南省供水安全保障网规划。

3.1.2.4 与《文山壮族苗族自治州国民经济和社会发展的第十三个五年规划》符合性分析

十三五期间，文山州坚持“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水方针，以深化改革为动力，以民生水利为重点，以依法治水为保障，以最严格水资源管理为抓手，着力构建可靠的供水安全保障体系、达标的防洪抗旱减灾体系、精准的水利扶贫体系、科学的水管理体系、绿色的水生态体系、安全水利“防渗墙”体系等水利“六大体系”。持之以恒深入推进“兴水强州”战略，重点抓好大中小型水源、灌区、农村饮水安全巩固提升、江河治理、高效节水灌溉、水土保持、水生态建设、农村“五小水利”和农村水电等工程建设，建设与全面建成小康社会相适应的水安全保障体系。全州新增蓄水库容 2 亿 m^3 以上，蓄水总库容达 8 亿 m^3 以上，水利工程总供水能力达到 13 亿 m^3 以上；水资源开发利用率达到 8% 以上。清水河水利枢纽工程为文山州“十三五”时期水安全保障重点项目中的新建水源工程，工程建设符合文山州“十三五”规划。

3.1.2.5 与《文山壮族苗族自治州水网规划(2016-2035 年)》符合性分析

根据《文山壮族苗族自治州水网规划(2016-2035 年)》，文山州拟构建骨干水源工程网、城乡饮水安全保障网、农业灌溉供水网和水系生态安全网，即以已建、

在建和拟建的水源工程和相应的供水量为前提，以大、中型水库为骨干，在全州范围内形成能够互联、互通、互济的供水安全保障网。通过构建供水安全保障网，加大水资源工程和跨区域连通工程的建设力度，实现河湖连通、多源互济、区域互济的水资源配置格局，提高全州供水安全保障能力和水资源综合调控能力，最大限度的提高正常情况和应急情况下城乡供水及园区供水的保证率，加快“兴水强州”战略的实施。

清水河水利枢纽工程作为重点水源工程，已列入《文山壮族苗族自治州水网规划(2016-2035 年)》，工程建设符合文山州水网规划。

3.1.2.6 与《文山州水资源综合规划》符合性分析

根据已批复的《文山州水资源综合规划》，清水河水利枢纽工程作为骨干蓄水工程和重要供水工程已列入该规划，主要任务为供水和灌溉，总库容为 1.74 亿 m^3 ，调节库容为 1.05 亿 m^3 ，工程建设符合《文山州水资源综合规划》。

3.1.3 与相关功能区划的符合性分析

3.1.3.1 与主体功能区划符合性分析

根据《全国主体功能区规划》(国发[2010]46 号)，文山州总体位于桂黔滇喀斯特石漠化防治生态功能区，属水土保持型国家重点。国家层面的重点生态功能区要以保护和修复环境、提供产品为首，因地制宜发展不影响主体功能定位的适产业，引导超载人口逐步有序任务。

2014 年 1 月云南省人民政府颁布了《云南省主体功能区规划》，明确文山地区处于滇东喀斯特石漠化防治生态区内。针对水资源开发，在其第七章能源与资源第五节水资源开发与布局-主体功能区形成的重要支撑的空间布局中，提出“滇东南岩溶、石漠化区，涉及文山、红河、曲靖等州市，水资源开发要坚持‘点上开发、面上保护’，重点是建设曲靖阿岗、文山德厚等一批大中型骨干水库工程，加快小型水库、‘五小’、节水灌溉等工程建设，解决城乡饮水安全问题，加快跨界河流整治，珠江、红河流域的石漠化及水土保持治理、应急抗旱水源工程建设、中小河流治理、山洪灾害防治”。

综上，本工程建设基本符合《全国主体功能区规划》和《云南省主体功能区划》的要求。

3.1.3.2 与《全国生态功能区划》的符合性分析

根据《全国生态功能区划》，本工程位于生态调节功能区内水源涵养功能区中的珠江源水源涵养功能区。该区的主要生态问题为由于该区岩溶地貌发育，岩溶生态系统具有脆弱性特征，不合理的人类活动造成的生态系统退化问题十分突出，主要表现为土层浅薄、干旱缺水、石漠化面积大、水源涵养功能下降。生态保护主要措施为加大天然林保护力度，调整不利于生态质量提高的产业结构，对已遭受破坏的生态系统，结合有关国家生态工程建设，认真组织重建与恢复，尽快遏制生态恶化趋势；开展污水治理工程，减少面源污染，使珠江源头水资源得到有效保护。

本工程属于生态影响类项目，临时占地在施工结束后进行植被恢复，对土地资源、地表环境影响很小；水库成库后将划分水源保护区并对库周污染源进行综合治理。因此本工程建设基本符合《全国生态功能区划》的相关要求。

3.1.3.3 与《云南省生态功能区划》的符合性分析

《云南省生态功能区划》(2009 年)，按云南省各区域生态环境敏感性、生态系统服务功能分异规律及存在的主要生态问题，将全省生态功能区共分一级区(生态区)5 个，二级区(生态亚区)19 个，三级区(生态功能区)65 个。

根据区划，清水河水利枢纽工程涉及南盘江、清水江下游中山河谷林业生态功能区(III1-13) 和邱北、砚山岩溶盆地水土保持生态功能区(III1-15) 两个生态生态功能区。南盘江、清水江下游中山河谷林业生态功能区(III1-13) 主要生态问题是森林破坏引起的水土流失，需要采取的保护措施与发展方向为：“严格封山育林，发展经济林木，改变农田耕作方式，调整农业结构，提高森林质量，严防水土流失。”邱北、砚山岩溶盆地水土保持生态功能区(III1-15) 主要生态问题是石漠化地区的生态恢复和治理，需要采取的保护措施与发展方向为：“加强石漠化的生物治理和工程治理，调整产业结构，防止土地的进一步退化”。

清水河水利枢纽工程水源区和供水管线区布置在邱北、砚山岩溶盆地水土保持生态功能区，项目占地及淹没影响的森林植被可采取人工抚育、异地恢复等措施减少生态影响，不会对本生态功能区的生态环境与功能发挥造成明显不利影响，不存在工程建设导致土地退化问题。水库建成后，库区面山的水库管理范围内还可实现封山育林、提高森林覆盖的目的。因此工程符合所在生态功能区的保护措施及发展方向要求。

总体来看，在做好项目建设、运行过程中的各项生态保护措施前提下，清水河

水利枢纽工程建设与《云南省生态功能区划》(2009 年) 对项目所在生态功能区的保护要求是相符的。

3.1.3.4 与《云南省生物多样性保护战略与行动计划(2012-2035 年) 》的符合性分析

《云南省生物多样性保护战略与行动计划(2012-2035 年) 》提出云南是我国物种最丰富的省份, 种类组成丰富, 新类群比重大, 生态系统类型多样。云南物种特有现象十分突出, 植物区系地理成分构成复杂, 形成了众多的地区特有属和特有种。同时, 云南地理条件复杂多样, 同一区域不同生境类型之间差异很大, 不利于物种种群的增长和扩散, 有利于物种的分化和新种的形成, 但种群小而且数量少, 物种容易出现濒危或灭绝。

加快建设生物多样性宝库和巩固西南生态安全屏障, 既是国家对云南提出的要求, 也是国家对云南支持的重点。加强以滇西北、滇西南为重点的生物多样性保护, 建设我国重要的生物多样性宝库和西南生态安全屏障。全省经济社会发展对生物资源多样性高度依赖, 众多的基础产业和支柱产业都建立在生物资源多样的基础之上。保护好我省丰富的生物资源, 对于实施国家“西部大开发”、“桥头堡”建设等战略具有重要的支撑作用。物种资源是国家或民族发展的重要物质基础, 随着科学技术的发展和对生物多样性认识的加深, 物种和遗传基因的多样性会对云南生态建设与经济社会发展发挥不可替代的作用。

根据《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—203 年) 》划分的中国生物多样性保护优先区域, 结合云南生态系统类型的典型性、特有程度、特殊生态功能以及物种的丰富程度、珍稀濒危程度、受威胁因子、经济用途、科学研究价值等因素, 提出了全省生物多样性保护的 1 个一级优先区域 1 个二级优先区域, 涉及 16 个州、市 101 个县、市、区, 总面积约 9.5 万 km², 占云南国土面积的 23.8%。

清水河水利枢纽工程为非污染生态类建设项目, 工程建设区域不属于云南生物多样性保护优先区域, 项目建设过程中以保护生态环境及生物多样性为前提, 采取具有针对性的、切实可行的环境保护措施, 尽量避免和减少工程建设对生态环境造成的破坏和影响。

因此, 清水河水利枢纽工程的建设与《云南省生物多样性保护战略与行动计划(2012-2035 年) 》是相符的。

3.1.4 与“三线一单”的符合性分析

3.1.4.1 生态保护红线

根据《云南省人民政府关于发布云南省生态保护红线的通知》(云政发〔2018〕32号),全省生态保护红线面积11.84万平方千米,占国土面积的30.90%。

云南省在生态保护红线划定基础上划定一般生态空间,一般生态空间包含生物多样性维护、水源涵养、水土保持三大红线类型,11个功能分区。清水河水利枢纽工程涉及的砚山县、丘北县和广南县境内原生态红线范围属于珠江上游及滇东南喀斯特地带水土保持一般生态空间。目前,文山州已对清水河水利枢纽工程建设项目占用生态保护红线的地块进行评估调出,(详见附件2),调出后工程不再涉及云南省生态红线。

3.1.4.2 环境质量底线

参考《云南省“三线一单”文本》(送审稿),2020年云南省355个国控省控地表水断面水质优良率达到80%以上(国考断面水质优良率达到73%以上);2025年水质目标稳定提升,其中水质达标断面需稳定达标,水质不达标断面需逐步改善,全省355个国控省控地表水断面水质优良率达到82%以上;2035年地表水体水质优良率进一步提升,各断面基本达到水环境功能要求。

根据本次环评开展的现状监测和调查结果,评价区水质良好,可满足水功能区水质达标率95%以上的目标;清水河水利枢纽工程不属于污染型项目,本阶段已拟定相关的水环境保护措施,要求施工及运行期废污水处理达标尽可能回用。经预测,清水河水利枢纽工程建成后,清水河流域水功能区水质达标率达到95%以上,满足流域环境质量底线的控制要求。

3.1.4.3 资源利用上线

参考《云南省“三线一单”文本》(送审稿),到2020年底,云南省年用水总量控制在214.6亿立方米以内。万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量分别比2015年降低29%和30%;农业亩均灌溉用水量明显下降,农田灌溉水有效利用系数提高到0.55以上;2030年,全省年总用水量控制在226.82亿立方米以内。

为落实最严格水资源管理制度,水资源开发利用和用水效率控制红线,工程规划实行用水总量控制和用水定额管理,建立总量控制与定额管理相结合的用水

管理制度。根据《文山州水务局关于文山州用水总量控制指标调整的通知》((2019)-198), 2030 年砚山县、丘北县和广南县用水总量指标分别为 2.12 亿 m^3 、1.88 亿 m^3 和 2.27 亿 m^3 , 至 2035 年砚山县、丘北县和广南县用水总量指标分别为 2.11 亿 m^3 、1.83 亿 m^3 和 2.1 亿 m^3 , 2035 年三县用水总量均未超出 2030 年用水总量红线指标; 清水江流域灌溉用水利用系数达到 0.69; 根据《文山州水务局关于下达水资源管理“三条红线”控制指标的通知》(文水资源发(2014)6 号)(以下简称“三条红线”), 2030 年砚山县、丘北县和广南县万元增加值用水量分别为 29 m^3 /万元、34 m^3 /万元和 34 m^3 /万元, 2030 年较 2015 年分别下降 59.2%、55.3%和 54.7%, 至 2035 年万元工业增加值用水量低于“三条红线”中 2030 年成果, 较 2017 年下降 60%~70%; 清水江流域地表水资源可利用量为 21.54 亿 m^3 , 2017 年用水量为 1.75 亿 m^3 , 开发利用率为 8.1%, 至 2035 年流域水资源开发利用率提高至 12.42%, 本工程建设符合水资源利用上线的要求。

3.1.4.4 生态环境准入清单

云南省在生态保护红线划定基础上划定一般生态空间, 一般生态空间包含生物多样性维护、水源涵养、水土保持三大红线类型, 11 个功能分区。清水河水利枢纽工程涉及的砚山县、丘北县和广南县属于珠江上游及滇东南喀斯特地带水土保持一般生态空间。

参考《云南省“三线一单”生态环境准入清单》(送审稿), 水土保持一般生态空间禁止新增陡坡垦殖和过度放牧, 禁止毁林开荒、烧山开荒; 限制土地资源高消耗产业在水土保持生态功能区发展, 严格控制开发强度, 实行更加严格的产业准入环境标准, 严把项目准入, 尽可能减少对自然生态系统的干扰; 不得在喀斯特地貌区开展导致生态继续退化的开发活动和其他人为破坏活动, 严格保护现存植被; 不得在干热河谷区开展导致生态系统退化的人为破坏活动; 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。

清水河水利枢纽工程不属于云南省水土保持一般生态空间禁止开发项目, 工程建设不会导致喀斯特地貌区的生态继续退化, 工程通过优化工程布置、采取水土保持措施减少对植被的破坏、控制新增水土流失, 施工完成后恢复植被, 工程建设总体符合《云南省“三线一单”生态环境准入清单》相关要求。

3.1.5 与流域规划及规划环评的符合性分析

3.1.5.1 与《南盘江流域综合规划》的符合性分析

根据《南盘江流域综合规划》，南盘江流域规划包括流域防洪、治涝、供水、灌溉、发电、航运、水资源配置、水资源保护及水生态环境修复与水土保持等任务，南盘江宜良以上河段主要任务是城乡供水与农业灌溉、防洪排涝、水资源保护与水生态环境修复等；宜良以下河段主要任务是水土保持、发电、航运、供水等。其中，水资源供给与保障规划提出，扩建水库 12 座，新建水库 30 座，规划调水工程 8 项(含滇中引水工程等跨流域调水工程 5 项，流域内调水工程 3 项)；大型灌区新建水源工程 5 座，续建配套后灌溉面积共 202.89 万亩；水力发电规划提出清水江干流采用 8 级(新增 3 级)开发方式，总装机容量 111.5 兆瓦，年发电量 4.92 亿 kW·h。水资源与水生态环境保护规划提出了 2035 年流域化学需氧量、氨氮入河控制量，集中式供水水源区水质保护工程规划保护区面积 97.5km²，围栏长度 16.5km。流域还规划有水生态保护与修复工程、航运、水土保持综合防治等内容。

清水河水利枢纽工程为南盘江流域综合规划中的新建 30 项重点水源工程之一，规划总库容 17400 万 m³，总供水量 14000 万 m³。清水河水利枢纽工程总库容 12640 万 m³，水库多年平均供水量 9156 万 m³，工程规模在规划的基础上根据供水任务和范围进行了优化，工程建设基本符合南盘江流域综合规划。

3.1.5.2 与《南盘江流域综合规划环境影响报告书》及其审查意见的符合性分析

根据《南盘江流域综合规划环境影响报告书》及《关于<南盘江流域综合规划环境影响报告>的审查意见》(环审[2016]171 号)，对可能造成下游严重减脱水和不利生态影响的下厂河、上隔河、南丘等引水式梯级，以及干流田坝、大乍起、水头寨、盘溪、西扯邑、盘江、巡检司、龙潭、小塘等梯级不纳入规划。应专题论证八渡梯级的合理性，避免对田林八渡鱼类产卵场产生不利影响。进一步优化明月河水库、坡背水库坝址位置与工程方案，减缓对相关风景名胜區及其生态系统的不利影响。对位于南盘江源区的灌区发展、河道整治和防洪工程等应科学论证其必要性和环境可行性。加强巴江、华溪河、甸溪河等替代生境保护，不再实施水利水电等工程。重点加强南盘江干流及高原湖泊等水环境治理，严格控制入河污染物排放总量。

清水河水利枢纽工程位于南盘江流域一级支流清水江上游河段，清水江流域治理、开发和保护的主要任务是城乡供水和农业灌溉、发电、水土保持和水资源保

护等，工程建设符合南盘江综合规划及规划环评的相关要求。

3.2 工程设计方案环境合理性分析

3.2.1 水资源配置环境合理性分析

《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发[2012]3 号）指出：确立水资源开发利用控制红线，到 2030 年全国用水总量控制在 7000 亿 m^3 以内；确立用水效率控制红线，到 2030 年用水效率达到或接近世界先进水平，万元工业增加值用水量降低到 40 m^3 以下，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上；确立水功能区限制纳污红线，到 2030 年主要污染物入河湖总量控制在水功能区纳污能力范围之内，水功能区水质达标率提高到 95%以上。

3.2.1.1 与最严格水资源管理制度的符合性分析

（1）用水总量分析

根据《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》和《文山州水务局关于文山州用水总量控制指标调整的通知》（〔2019〕-198），2030 年砚山县、丘北县和广南县用水总量指标分别为 2.12 亿 m^3 、1.88 亿 m^3 和 2.27 亿 m^3 。根据工程水资源配置方案，清水河水利枢纽供水量为 9156 万 m^3 ，其他水源供水量为 51232 万 m^3 ，2035 年三县的总供水量和总用水量均为 60388 万 m^3 。其中，砚山县的用水总量为 21085 万 m^3 ，丘北县的用水总量为 18299 万 m^3 ，广南县的用水总量为 21004 万 m^3 。2035 年三县用水总量均未超出 2030 年用水总量红线指标。丘北县、砚山县和广南县 2035 年用水总量及 2030 年用水总量红线指标见表 3.2-1。

综上所述，清水河水利枢纽工程的开发任务是以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，工程受水区的用水总量完全符合云南省文山州的用水总量控制目标要求。

表 3.2-1 涉及县 2035 年用水总量及 2030 用水总量红线指标（单位：万 m^3 ）

县	2035 年供水量								2035 年用水量				2030 年用 水总 量指 标
	清水 河水 利枢 纽	其他水源						合计	生活	工业	农业 灌溉	合计	
		水库	塘坝	引提 水	再生 水	外调 水	小计						
砚山县	3617	12126	589	1105	306	3342	17468	21085	4509	1186	15390	21085	21200

县	2035 年供水量								2035 年用水量				2030 年用 水总 量指 标
	清水 河水 利枢 组	其他水源						合计	生活	工业	农业 灌溉	合计	
		水库	塘坝	引提 水	再生 水	外调 水	小计						
丘北县	4163	9661	195	3299	674	308	14137	18299	5679	1034	11586	18299	18800
广南县	1376	11607	374	6988	658	0	19628	21004	7485	1559	11960	21004	22700
合计	9156	33394	1158	11393	1638	3650	51232	60388	17673	3780	38935	60388	62700

(2) 用水效率分析

清水河水利枢纽工程在水资源配置方案设计中，在城市生活、农业灌溉及工业用水方面较充分体现了“节水优先”的理念。

城市生活节水方面，随着经济发展和生活水平的提高，城市生活人均日用水量均呈增长趋势，生活节水主要从降低管网漏损率入手，2035 年管网漏损率由现状的 15%降为规划水平年的 8%。

农业节水方面，各灌片在调整作物结构、农艺及田间管理等措施节水的基础上，采用喷灌或滴灌等高效节水灌溉，受水区灌溉水利用系数由现状的 0.53 提高至 0.88。

工业节水方面，通过加强节水措施、调整产品结构、提高技术进步和生产工艺，2035 年砚山工业园区（布标承接产业加工区和三星坝建材加工区）万元工业增加值净用水量由现状的 $27\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $42\text{m}^3/\text{万元}$ 分别降低至 $7.5\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $14\text{m}^3/\text{万元}$ ；2035 年丘北工业园区（笼陶片）万元工业增加值净用水量由现状的 $54\text{m}^3/\text{万元}$ 降低至 $18.5\text{m}^3/\text{万元}$ 。

根据《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》和《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》（云政发〔2012〕126 号）的相关要求，2030 年云南省万元工业增加值用水量（以 2000 年不变价计）降低到 40m^3 以下，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上。清水河水利枢纽工程受水区 2017 年万元工业增加值用水量为 $36\text{m}^3/\text{万元}$ ，已低于 2030 年云南省万元工业增加值用水量目标，在全面加强工业节水后，工程受水区 2035 年的万元工业增加值用水量会显著下降，更加能够满足云南省用水效率控制红线 2030 年万元工业增加值用水量降低到 $40\text{m}^3/\text{万元}$ 以下的目标要求；工程受水区灌溉水利用系数 2035 年提高至 0.88，满足

云南省用水效率控制红线 2030 年农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上的目标要求。

综上所述，清水河水利枢纽工程受水区各项用水效率满足国家及云南省用水效率控制指标的要求。

（3）水功能区限制纳污红线分析

根据《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》和《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》（云政发〔2012〕126 号）的相关要求，2030 年云南省主要污染物入河（湖）总量控制在水功能区纳污能力范围之内，水功能区水质达标率提高到 95%以上。按照《云南省文山州清水河水利枢纽工程水源区及受水区水污染防治规划（2017-2035 年）》，全面加强工程受水区点源和面源控制，通过实现城镇生活污水及各工业园区工业废水 100%收集处理，并削减 20%的农村散排；通过提高预测年县城、乡镇污水处理厂的处理标准，增加中水回用率，并新建珠琳镇、天星乡污水处理厂，实现污水处理达标排放，缓解河道水质；畜禽养殖污染负荷削减 50%。经水质模拟预测分析，至 2035 年工程受水区各典型污染物可以实现高于 30%的总削减目标，主要污染物入河总量控制在水功能区纳污能力范围之内，可实现区域水环境状况的改善，清水江全流域水质能达到Ⅲ类水质标准。

可见，清水河水利枢纽工程符合《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》“三条红线”的管理要求。

3.2.1.2 水资源配置的“三先三后”原则符合性分析

清水河水利枢纽工程在前期规划设计工作中，全面贯彻落实“先节水后调水，先治污后通水，先环保后用水”的原则，统筹考虑工程引水与节水、治污、生态环境保护的关系。

（1）“先节水后调水”原则的符合性分析

根据《文山州节水型社会建设“十三五”规划报告》，到 2020 年，全州用水总量力争控制在 12.77 亿 m^3 以内；城镇污水处理率达到 85%以上；万元工业增加值用水量降低到 50 m^3 以下；规模以上工业用水重复利用率达 95%以上；城镇节水器具普及率 70%以上；新增高效节水灌溉面积 113.54 万亩，农田灌溉水有效利用系数达到 0.55 以上，规模以上取水口取水计量率达到 100%；重要江河湖库水功能区达标率达到 90%以上，县级以上城市重要饮用水水源地水质达标率达到 100%。根据《文山州水资源综合规划》，加快灌区基础设施的更新改造，提高灌溉工程配套水

平,改进地面灌溉技术。根据各灌区的自然、水资源、农业生产和社会经济特点,改造灌溉设施和技术,提高灌溉水的有效利用率。规划 2030 年,全州发展高效节水灌溉面积 80 万亩。文山州工业节水主要推进冶金、建筑、制糖业的节水、再生水利用,在“文、砚、平”半小时经济圈内重点推进园区水循环利用及企业节水,建设内容主要为在项目实施单位建立工业水循环利用系统,改造工业用水供水管渠,搭建园区内循环用水平台,提高工业用水重复利用率。另一方面主要通过产业结构调整、规模化生产、更新生产设备和改进工艺技术、提高水的重复利用率等来降低工业用水定额。2020 年全州万元工业增加值用水量降为 $53\text{m}^3/\text{万元}$,2030 年全州万元工业增加值用水量降为 $32\text{m}^3/\text{万元}$ 。加快城镇供水、地下配套管网等市政基础设施的建设力度,推广预定位检漏技术和精确定点检漏技术;推广应用新型管材、供水管道连接、防腐等方面的先进施工技术,鼓励开发和应用管网漏检决策支持信息化系统。

1) 农业用水

清水河水利枢纽工程受水区现状区内耕地大多为“望天田”,作物以旱作物为主,现状农业灌溉水利用系数为 0.53,节水潜力较大。近年来,地方政府高度重视高原特色农业产业发展,采用高效节水灌溉,灌溉方式为喷灌或滴灌。2035 年受水区灌区全部采用高效节水的喷灌或滴灌方式灌溉,根据《灌溉与排水工程设计标准》(GB50288-2018)及《节水灌溉工程技术规范》(GB/T50363-2006),喷灌区灌溉水利用系数不低于 0.85,滴灌区灌溉水利用系数不低于 0.90。通过种植结构和灌溉方式调整,工程受水区灌溉水利用系数可由现状的 0.53 可提高到 0.88,符合《文山州节水型社会建设“十三五”规划报告》的规划目标“农田灌溉水有效利用系数达到 0.55 以上”。受水区现状平水年灌溉供水量为 1150万 m^3 ,2035 年采用滴灌和微喷灌灌溉措施后,灌溉可节水 470万 m^3 。

2) 工业用水

工程受水区现状工业用水量为 675万 m^3 ,万元工业增加值净用水量为 $29\text{m}^3/\text{万元}$ 。通过促进节水产业发展,推动工业节水技术发展,促进工业园区产业转型,提升工业用水效率,万元工业增加值净用水量可降至 $12.6\text{m}^3/\text{万元}$ (布标承接产业加工区和三星坝建材加工区万元工业增加值净用水量分别降为 $7.4\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $13.3\text{m}^3/\text{万元}$,丘北工业园区万元工业增加值净用水量降为 $18.2\text{m}^3/\text{万元}$),可节水 381万 m^3 ,符合《文山州节水型社会建设“十三五”规划报告》的规划目标“万元工

业增加值用水量降低到 50m^3 以下”。通过供水管网改造，供水管网损失由 15% 降至 8%，可节水 22万 m^3 。

3) 城镇、农村生活用水

工程受水区现状城镇居民人均生活用水量为 $104\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，农村居民人均生活用水量为 $49\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，低于云南省和文山州平均水平，在加强城镇节水的形势之下，通过推进节水技术研发与推广应用，加大节水宣传力度，提高城镇和农村居民节水意识，可进一步提高水资源利用水平。此外，通过供水管网改造，城镇供水管网损失由 15% 降至 8%，可节水 38万 m^3 ；农村供水管网损失由 10% 降至 5%，可节水 2万 m^3 。

综上所述，清水河水利枢纽工程受水区节水水平在农业、工业和生活节水措施实施后，节水水平满足《文山州节水型社会建设“十三五”规划报告》的要求，符合“先节水后调水”的原则。

(2) “先治污后通水”原则的符合性分析

工程受水区现状已建成砚山县污水处理厂、丘北县污水处理厂及广南县污水处理厂等污水处理设施，并规划了新建砚山县污水再生利用一期和二期工程、丘北县污水再生利用工程、广南县污水再生利用工程等污水再生利用工程，能够实现城镇生活污水的达标排放。砚山工业园承接产业加工区和三星坝新型产业区均规划有污水处理厂，处理规模分别为 $1.5\text{万 m}^3/\text{d}$ 和 $0.8\text{万 m}^3/\text{d}$ 。丘北工业园规划南部区建设中水处理站，处理规模为 $3500\text{m}^3/\text{d}$ ；规划中部区建设中水处理站，处理规模 $6000\text{m}^3/\text{d}$ ；规划北部区及西部区污水进入物流园污水处理厂。珠琳特色产品加工和物流片区在进入珠琳片区企业较少，企业应自建污水处理设施处理，达标排放；远期，在进入珠琳片区的企业数量达到一定规模后，珠琳片区应建设污水处理厂，处理规模 $1\text{万 m}^3/\text{d}$ 。丘北普者黑火车站物流园区规划有污水处理厂，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级标准后，一部分深化处理进行再生水回用，用于园区内的绿化灌溉及景观水系用水，剩下的达标排放。

根据《云南省文山州清水河水利枢纽工程水源区及受水区水污染防治规划（2017-2035 年）》及批复意见（附件 4），库区各城镇污水处理厂确保达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入河道，暂未建设污水处理厂的各集镇应加快推进城镇污水处理厂的建设等要求。为进一步保护水源区及受水区水环境，对于农业污染，各灌片大力发展绿色生态农业，科学施用化

肥,改进施肥方法,推广高效节水灌溉,减少化肥流失与污染;对于工业污染,大力开展清水江流域工业污染源的集中清理整治;对于城镇污水,加强污水截流、收集管网的建设,并对污水处理厂加快推进提标升级改造工作。经水质模拟预测分析,至 2035 年工程受水区各典型污染物可以实现高于 30%的总削减目标,主要污染物入河总量控制在水功能区纳污能力范围之内。

综上所述,清水河水利枢纽工程实施后,通过全面加强工程受水区点源和面源控制,落实《云南省文山州清水河水利枢纽工程水源区及受水区水污染防治规划(2017-2035 年)》中的水污染防治措施,可实现受水区区域水环境状况的改善,符合“先治污后通水”的原则。

(3) “先环保后用水”原则的符合性分析

工程受水区现状用水量为 3059 万 m^3 ,其中生活和工业用水量为 1909 万 m^3 ,农业灌溉用水量为 1150 万 m^3 。生活和工业用水挤占河道生态水量 625 万 m^3 ,挤占非工程灌区的灌溉水量 1020 万 m^3 (均为砚山县城、砚山工业园区、丘北工业园区和丘北普者黑物流园区挤占灌溉用水量),工程灌区的农业灌溉用水挤占生态水量为 10 万 m^3 。根据清水河水利枢纽工程可研成果,工程实施后,退还挤占的非工程灌区灌溉水量 1020 万 m^3 ,退还受水区干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库等水库生态水量共计 635 万 m^3 ,使受水区生态水量能够得到补充,符合“先环保后用水”的原则。

工程水源区通过落实水污染防治规划提出的点源控制措施、面源污染控制措施及其他污染治理措施,使得入库污染物得到大幅减低。其中砚山片区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 49.82%、54.05%、54.30%、49.74%及 64.15%;维摩片区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 36.37%、44.56%、29.29%、31.35%及 38.19%;库区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 36.31%、43.83%、38.24%、29.61%及 39.54%。确保水库水源区水质能够长期达到Ⅲ类水质标准,符合“先环保后用水”的原则。

3.2.1.3 水污染防治行动计划协调性分析

2015 年国务院颁布了《水污染防治行动计划》(国发[2015]17 号),其确定的具体行动计划主要有:全面控制污染物排放、推动经济结构转型升级、着力节约保护水资源,控制用水总量、切实加强水环境管理等。为落实国家“水污染防治行动计划”,清水河水利枢纽工程受水区将采取如下水污染防治行动计划:

(1) 在“全面控制污染物排放”方面,《水污染防治行动计划》要求:1) 强化工业集聚区污染治理,新建、升级工业集聚区应同步规划、建设污水、垃圾集中处理等污染治理设施;2) 到 2020 年,全国所有县城和重点镇具备污水收集处理能力,县城、城市污水处理率分别达到 85%、95%左右;3) 控制农业面源污染,对灌区实施综合治理,减退灌溉用水。

清水河水利枢纽工程受水区主要涉及文山州砚山县、丘北县和广南县三县,各县均响应国务院“水十条”要求,在“十三五”期间已经制定了《文山州水污染防治实施方案》(砚政发[2016]56 号)、《砚山县水污染防治实施方案》(丘政发[2016]40 号)、《丘北县水污染防治实施方案》(丘政发[2016]40 号)、《广南县水污染防治实施方案》(广政发[2016]133 号)等文件,提出了加强流域和湖库水质、保障饮用水安全、治理生活污染、防治农村污染源、控制农业种植业面源污染、防治工业污染源等方案和要求。

(2) 在“着力节约保护水资源”方面,《水污染防治行动计划》要求:1) 实施最严格水资源管理,健全取用水总量控制指标体系;2) 严控地下水超采,超采区内禁止工农业生产及服务业新增取用地下水;3) 提高用水效率,到 2020 年,全国万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量比 2013 年分别下降 35%、30%以上。到 2017 年,全国公共供水管网漏损率控制在 12%以内;到 2020 年,控制在 10%以内。建设滞、渗、蓄、用、排相结合的雨水收集利用设施。新建城区硬化地面,可渗透面积要达到 40%以上。发展农业节水,农田灌溉水有效利用系数达到 0.55 以上。

清水河水利枢纽工程受水区 2035 年供水量为 60388 万 m^3 ,万元工业增加值净用水量为 $12.6\text{m}^3/\text{万元}$,农业灌溉水利用系数为 0.88,城镇供水管网漏损率为 8%,农村供水管网漏损率为 5%。清水河水利枢纽工程实施后,退还挤占的非工程灌区灌溉水量 1020 万 m^3 ,退还受水区干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库等水库生态水量共计 635 万 m^3 。

(3) 在“推动经济结构转型升级”方面,《水污染防治行动计划》要求:1) 优化空间布局,重大项目原则上布局在优化开发区和重点开发区;加强工业水循环利用,促进再生水利用,以缺水及水污染严重地区城市为重点,完善再生水利用设施。

根据《文山州水污染防治实施方案》,在优化空间布局方面,文山州充分考虑水资源、水环境承载力,以水定城、以水定地、以水定人、以水定产,重大项目原

则上布局在重点开发区，鼓励发展节水高效现代农业、低耗水高新产业以及生态保护型旅游业。在促进再生水利用方面，完善再生水利用设施，工业生产、城市绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水，要优先使用再生水；推进高速公路服务区污水处理和利用；具备使用再生水条件但未充分利用的钢铁、火电、化工、制浆造纸、印染等项目，不得批准其新增取水许可；自 2018 年起，单体建筑面积超过 2 万平方米的新建公共建筑和保障性住房，应安装建筑中水设施。

（4）在“切实加强水环境管理”方面，《水污染防治行动计划》要求强化环境质量目标管理，深化污染物排放总量控制，研究纳入流域、区域污染物排放总量控制约束性指标体系。

根据后续分析，至 2035 年，清水河水利枢纽工程受水区各典型污染物可以实现高于 30% 的总削减目标，主要污染物入河总量控制在水功能区纳污能力范围之内，可实现区域水环境状况的改善。

综上所述，清水河水利枢纽工程受水区在全面控制污染物排放、节约保护水资源、推动经济结构转型升级以及水环境管理等各方面均已计划采取各种措施，基本符合“水污染防治行动计划”提出的各项要求。

3.2.1.4 水资源配置方案合理性分析

（1）受水区用水总量和用水效率符合国家相关规定

清水河水利枢纽工程受水区涉及县用水总量控制目标详见表 3.2-1。从表中可知，按照《文山州水务局关于文山州用水总量控制指标调整的通知》（〔2019〕-198），2035 年三县用水总量均未超出文山州 2030 年用水总量控制红线，满足文山州的用水总量管理目标。按照《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》（云政发〔2012〕126 号），2035 年工程受水区的万元工业增加值用水量为 14.5m³/万元，远低于 40m³/万元；工程受水区灌溉水利用系数 2035 年提高至 0.88，高于 0.6，均满足云南省用水效率控制红线的目标要求。

（2）受水区用水结构的环境合理性分析

根据清水河水利枢纽工程受水区需水量预测，2035 年受水区总需水量为 11582 万 m³，其中生活需水量为 4370 万 m³；工业需水量为 2094 万 m³，农业灌溉需水量为 5119 万 m³，生活、工业、农业需水量比重依次为 37.7%、18.1%、44.2%。2035 年清水河水利枢纽工程供水前受水区总缺水量为 8868 万 m³，其中生活缺水为 3036 万 m³；工业缺水为 2094 万 m³，农业灌溉缺水为 3738 万 m³，生活、工

业、农业缺水比重依次为 34.2%、23.6%、42.2%。

2035 年，清水河水利枢纽工程净供水量（扣除输水损失）为 8698 万 m^3 ，其中生活净供水量 3022 万 m^3 ，生产净供水量 2084 万 m^3 ，农业灌溉净供水量 3592 万 m^3 ，生活、工业、农业净供水量比重依次为 34.7%、24.0%、41.3%，生活、工业供水比例较其缺水量比例略提高。工程供水后，受水区总缺水为 170 万 m^3 ，其中生活缺水 14 万 m^3 ，生产缺水 10 万 m^3 ，农业灌溉缺水 146 万 m^3 。

清水河水利枢纽工程实施后，退还挤占的非工程灌区灌溉水量 1020 万 m^3 ，退还受水区干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库等水库生态水量共计 635 万 m^3 。

清水河水利枢纽工程受水区用水结构充分考虑了该区域资源环境可持续发展需求，注重结合城市发展、产业结构调整、生产技术水平以及节水和循环用水等发展趋势。工程基本保证了受水区的生活和生产供水，显著地缓解了受水对象的缺水状况，退还河道生态用水，有利于清水江流域生态需水量增加，有利于河流水环境状况的改善。因此，清水河水利枢纽工程受水区的用水结构在环境上总体是合理的。

（3）工业供水规模环境合理性分析

清水河水利枢纽工程工业供水对象为砚山工业园区（布标承接产业加工区和三星坝建材加工区）、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区、广南珠琳农产品加工和物流片区等 4 个园区。

1) 砚山工业园

砚山工业园位于砚山县江那镇，2013 年 6 月，砚山工业园区被省政府认定为省级工业园区，同年 7 月，布标承接产业加工区被省工信委确定为省级新型工业化产业示范基地。根据《砚山工业园区总体规划修编（2014-2030）》，园区产业发展格局为“一园四区”，一园即砚山工业园区，四个片区分别为布标承接产业加工区、生物资源加工区、三星坝新型产业区和循环经济产业区，重点发展承接产业加工、生物资源加工、矿产品精深加工、新型建材产业，并辅助发展现代物流、新材料、新能源等产业等。2016 年 5 月，云南环境工程设计研究中心编制完成《砚山工业园区总体规划修编（2014-2030）环境影响报告书》（以下简称“环评报告”），2016 年 7 月原云南省环境保护厅以云环函〔2016〕234 号文对环评报告书进行了批复（见附件 5。云环函〔2016〕234 号文提出：“三星坝新型产业区临近砚山县城和砚山浴仙湖风景名胜区听湖片区，园区应进一步调整、明确产业布局，发展对环境影响小的产业，禁止引进高污染、高能耗的项目；严格落实污染物总量控制要求，采

用有效措施减少污染物排放量，三星坝片区和循环经济片区中重污染企业生产废水实现封闭循环不外排。”

砚山工业园区布标承接产业加工区主要产业类型为电子信息产业及特色食品制造产业，园区内电子信息主要产品类型为新型电子元器件和触摸屏、显示屏，根据国家发改委《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，上述电子元器件及触摸屏、显示屏生产均属鼓励类信息产业。特色食品制造产业主要为高原特色农产品加工、辣椒产品加工及其他农副产品生产加工产业，特色食品制造业均为环境友好型产业，能有效促进农产品产区农产品增产增收，提高农业从业者增产增收，有助于巩固扶贫脱贫成果，根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本），园区内特色食品制造产业均为鼓励类产业。

砚山工业园区三星坝建材加工区主要产业类型为金属冶炼及加工、建材产品生产加工，砚山境内有丰富的低品位锰矿，有色冶金产业主要为锰矿冶炼铁合金，根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本），低品位难选矿综合选别和利用为鼓励类钢铁产业。建材产品生产加工主要为水泥、石灰、石膏的制造和石膏、水泥制品及其类似制品制造，《产业结构调整指导目录》（2019 年本）对建材产业发展规模和生产技术有一定要求，三星坝建材加工区企业均充分考虑生态环保要求，采用先进工艺，企业产业类型、规模及生产技术满足准入要求，均为鼓励类产业，无限制类和淘汰类产业。

受水资源短缺影响，砚山工业园发展缓慢。根据工程可研报告，工程在进行水资源配置时，首先按照园区规划环评要求工业生产废水全部综合利用不外排，提高园区中水回用率；其次，园区生活污水处理达标后用于园区绿化，体现节水优先原则；再次，布标承接产业加工区和三星坝建材加工区现状年（2017 年）的万元工业增加值净用水量分别为 $27\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $42\text{m}^3/\text{万元}$ ，考虑园区节水措施加强、产品结构、技术进度和生产工艺的提高，规划水平年布标承接产业加工区和三星坝建材加工区万元工业增加值净用水量分别减低至 $7.5\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $14\text{m}^3/\text{万元}$ 。基于上述原则下，至 2035 年，砚山工业园布标承接产业加工区和三星坝建材加工区需水 817 万 m^3 ，清水河水利枢纽工程供水量为 813 万 m^3 。

综上，砚山工业园区产业结构符合《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，工业园区供水体现了节水优先原则，供水规模是环境合理的。

2) 丘北工业园

丘北工业园位于县城正南部云桂铁路普者黑火车站附近，丘北工业园被认定

为省级工业园区、省重要的创新型生物资源加工基地、文山州重要的冶金深加工基地。

根据《丘北工业园区总体规划修编(2010-2020)》，工业园区着力构筑“一园五区”为主体的工业发展格局，五区即生物资源加工区、建筑建材加工区、生产服务配套区、产业转移承接区和冶金工业区。功能定位为以发展生物资源以及其他附加值较高的新型产业为主，发展冶金加工、建筑建材及延伸产业为辅的现代化工业园区。

2013 年 5 月，云南省环境科学研究院编制完成《丘北工业园区总体规划修编（2010-2020）环境影响报告书》（以下简称“环评报告”），2013 年 8 月原文山州环境保护局以文环审[2013]188 号文对环评报告书进行了批复（见附件 6）。文环审〔2013〕188 号文提出：“根据水资源承载能力和水环境容量，通过源头控制与区域削减相结合，加强水资源综合利用及工业项目耗水限制性要求；铝产业片区工业废水须加强生产管理，严格控制生产用水，并配置有足够容积的污水事故池，实现生产废水的“零”排放；入驻各企业应自建工业废水处理设施，达到《城市污水再生利用工业用水水质标准》可作为工业循环用水；企业产生的生活污水自行处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质标准》可作为绿化浇灌回用。”

根据《丘北工业园区总体规划修编（2010-2020）》，丘北工业园区主要产业类型为以食品、饮料、中药加工制造为主的生物资源加工以及以金属冶炼、石材加工、陶瓷制造为主的建材加工产业。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，园区产业为鼓励类产业。建材产品生产加工主要为金属冶炼及石材开采加工，《产业结构调整指导目录（2019 年本）》对建材产业发展规模和生产技术有一定要求，建材产品生产企业均充分考虑生态环保要求，采用先进工艺，企业产业类型、规模及生产技术满足准入要求，均为鼓励类产业，无限制类和淘汰类产业。

工程在进行水资源配置时，首先满足环评要求铝产业片区工业实现生产废水的“零”排放；其次丘北工业园万元工业增加值净用水量由现状年（2017 年）的 $54\text{m}^3/\text{万元}$ 至规划水平年减低到 $18.5\text{m}^3/\text{万元}$ 。基于上述原则下，至 2035 年，丘北工业园区需水 1480万 m^3 ，清水河水利枢纽工程供水量为 1206万 m^3 ，利用再生水 269万 m^3 。

综上，丘北工业园产业结构符合国家产业政策要求。工程水资源配置时首先充分利用了再生水，体现了节水优先原则，丘北工业园供水规模环境合理。

3) 丘北普者黑火车站物流园

丘北普者黑火车站物流园位于丘北主城区南部的密纳坝一带，南临丘北工业园区，普者黑火车站位于园区南部和丘北工业园区衔接地带。该物流园依托丘北普者黑火车站，是以物流先导，同时兼顾门户形象、客运服务、商贸交易等功能的产城融合新区。

根据《丘北普者黑火车站物流园区控制性详细规划》（2015 年 4 月），丘北普者黑物流园依托新建的丘北普者黑火车站，为实现物流设施集约化和物流运作共同化，建设物流设施和物流企业的集结地；建设云南连接北部湾、珠三角地区的省级物流枢纽，建设面向东南亚开放前沿、辐射滇东南地区，衔接铁路、公路、水运、航空等多种运输方式、含物流、仓储、加工为一体的综合物流基地；承接丘北中心城区的部分旅游接待功能，建设丘北门户标志性的景观新区；建设辐射滇东南的农产品、建材等专业类市场集散地。

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本），园区产业为鼓励类产业，无限制类和淘汰类产业。

至 2035 年，丘北普者黑火车站物流园需水 341 万 m^3 ，清水河水利枢纽工程供水量为 166 万 m^3 ，利用再生水 174 万 m^3 。

综上，丘北普者黑火车站物流园产业结构符合国家产业政策要求。工程水资源配置时首先充分利用了再生水，体现了节水优先原则，丘北普者黑火车站物流园供水规模环境合理。

4) 珠琳特色产品加工和物流片区

珠琳特色产品加工和物流片区位于广南县珠琳镇，以发展工业物流、来料加工、特色产品加工三大产业为主的广南县珠琳物流和特色产品加工基地。

根据《广南特色产品加工和商贸物流园区总体规划修编（2016-2030）》，该园区产业发展格局为“一园五片区”即莲城特色产品加工片区、广南火车站商贸物流片区、珠琳特色产品加工和物流片区、夕板特色生物资源加工片区、八宝产业转移承接片区。园区功能定位为发展农特产品、新型建材、生物药材、木材产品、畜牧业等精深加工，同时主动地、有选择的承接东部沿海和省内发达地区的产业转移。

2016 年 12 月云南大学编制完成《广南特色产品加工和商贸物流园区总体规划修编环境影响报告书》（以下简称“环评报告”），2017 年 4 月，原文山州环境保护局以文环审〔2017〕25 号文（见附件 7）对环评报告书进行了批复：“根据水资源承载能力和水环境容量，通过源头控制与区域削减相结合，加强水资源综合利用及

工业项目耗水限制性要求；各片区建设中严格实施“雨污分流”，园区内配套的市政雨污管网应先行建设，为日后园区污水收集提供条件。珠琳片区、八宝片区、夕板片区应各自建设污水处理厂处理废水，在满足纳污水体功能不变情况下，达标排放。”

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本），园区产业为鼓励类产业，无限制类和淘汰类产业。园区的产业定位符合国家发展高新技术、绿色农特产品、互联网及信息技术的产业政策，符合国家发展绿色经济和可持续发展政策的大方向。

工程在进行水资源配置时，首先满足规划环评对珠琳片区生产废水的达标排放的要求；其次，广南县万元工业增加值净用水量由现状年（2017 年）的 $52\text{m}^3/\text{万元}$ 至规划水平年减低到 $34\text{m}^3/\text{万元}$ 。基于上述原则下，至 2035 年，珠琳特色产品加工和物流片区需水 715万 m^3 ，清水河水利枢纽工程供水量为 531万 m^3 ，利用再生水 181万 m^3 。

综上，珠琳特色产品加工和物流片区产业结构符合国家产业政策要求。工程水资源配置时首先充分利用了再生水，体现了节水优先原则，珠琳特色产品加工和物流片区供水规模环境合理。

（4）新增灌溉面积合理性分析

文山州是典型的集“老、少、边、穷、山、战”为一体的特殊贫困地区，本工程所涉及的砚山县、丘北县和广南县均是国家扶贫开发工作重点县。清水河水利枢纽灌区农民的主要收入来源为农业耕种收入，受缺水影响，现状灌溉面积仅为 5.1万亩 ，耕地灌溉率仅为 17.8% （清水河水利枢纽工程灌区所在地区总耕地面积 28.7万亩 ），人均灌溉面积仅 0.31亩 ，亟需大力发展灌区，提高灌溉水保证率，为地区早日脱贫奠定基础。根据工程可研报告，规划水平年 2035 年经过技术经济比选，可发展灌溉面积 23.2万亩 ，其中保灌面积 6.1万亩 ，新增灌溉面积 16.6万亩 ，改善灌溉面积 0.5万亩 ，人均灌溉面积提高到 1.8亩 ，为当地农民增收创造了耕地资源条件。同时，水库的建成，使得灌区发展高原特色现代农业有了水源保障，从而促进农业种植结构由低经济效益的耐旱作物向高经济效益的经济作物调整，从而增加农民收入，有利于加快地区脱贫进程。

清水河水利枢纽工程的建设，将原来因缺水无法利用的耕地发展成新增灌片，可以充分利用当地丰富的耕地资源，为地区农业种植结构调整、发展优势产业创造有利条件，为调高区域农业综合生产能力，促进农民增收致富奠定良好的基础。

因此，清水河水利枢纽工程供水新增 16.6 万亩灌溉面积是合理的。

3.2.2 坝址、坝型选择环境合理性分析

3.2.2.1 坝址选择环境合理性分析

工程可研阶段重点对上、下共两坝址方案进行了比选，其中上坝址位于平老村上游约 700m，下坝址位于平老村下游约 700m 处，上、下坝址相距仅 1.4km，上、下坝址按照等效益(等兴利库容) 进行坝址比较，上坝址正常蓄水位 1392.0m，下坝址正常蓄水位 1382.0m，两坝址方案环境影响比较见表 3.2-2 所示。

工程可研阶段采用上坝址和下坝址两个方案进行比选，上坝址位于平老组上游 700m 处，正常蓄水位为 1392m，总库容 1.26 亿 m^3 ；下坝址位于平老组下游 700m 处，下坝址正常蓄水位 1386m，总库容 1.20 亿 m^3 。工程上、下坝址方案均不涉及环境敏感区，从环境保护角度来看，对水库坝址选择无制约影响。

由于上坝址方案正常蓄水位较下坝址正常蓄水位高 10.0m，可能造成上坝址水库淹没和建设征地及移民人口数量有一定增加，为此移民带来的环境影响也相应增加；各坝址的对外交通公路均连接至平老村，建设方案相差不大，因此对外交通公路的影响基本没有区别；由于占地面积不同，工程建设对植被的破坏及对陆生动物、景观的影响略有差别

上、下坝址方案的环境影响区别主要体现在正常蓄水位高程、坝高、水库淹没长度以及由于施工布置、施工规模不同引起对施工区的水环境、环境空气、声环境和陆生植物等方面影响的差异。2 个坝址方案在环境敏感目标(如水功能区划、取水口情况)和河道特征等方面一致。从工程地形地质条件来看，下坝址除河谷略窄存在一定优势外，其余方面与上坝址条件相当，在坝基渗透性方面，下坝址防渗规模将远大于上坝址，劣势明显。从库区岩溶发育及渗漏方面来看，下坝址库区碳酸盐岩分布面积较大，岩溶发育强度较强，下坝址渗漏段较上坝址渗漏段长 500m，深约 100m 而且渗漏量大，上坝址优于下坝址。

上、下坝址方案在对陆生生态、水生生态、对社会环境、环境敏感目标等方面环境影响区别不大且均无显著影响，从水库淹没影响、地形地质条件、工程枢纽布置、施工布置、输水线路等工程角度及经济性方面考虑，上坝址方案优下坝址方案。

表 3.2-2 两坝址方案环境影响比较情况

项 目		上坝址	下坝址
位 置		平老村上游 700m	平老村下游 700m
坝型		混凝土面板堆石坝/100m	混凝土面板堆石坝
坝址处多年平均径流量(亿 m ³)		3.52	3.58
正常蓄水位(m)		1392.0	1382.0
工程效益	兴利库容(亿 m ³)	1.06	1.01
	装机容量(MW)	7.0	20.16
最大坝高(m)		97.0	90.0
输水线路		左右岸山体开阔，绕山体线路不长	线路布置施工难度大，绕山体线路较长
征收征用土地(亩)		9968.73	9585.42
搬迁人口(人)		2706	2432
环境影响比较	社会环境	影响相当，无明显差异	
	陆生生态	坝址区均未发现珍稀保护植物、珍稀保护动物栖息地和古树名木分布，水土侵蚀类型一致；但由于水库淹没范围不同，上坝址较下坝址影响土地面积增加 383.31 亩	
	水生生态	水生生物物种组成、种群结构和区系特征基本一致	
	水、气、声环境	水环境功能区划相同，受噪声、大气影响的居民点相同	
	环境敏感目标	坝址区均不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感目标	
地质条件		在坝基渗透性方面，从现场勘探情况分析下坝址防渗规模将远大于上坝址；下坝址库区碳酸盐岩分布面积较大，岩溶发育强度较强，下坝址渗漏段较上坝址渗漏段长 500m，深约 100m 而且渗漏量大	

3.2.2.2 坝型选择环境合理性分析

本工程可研阶段拟定了混凝土面板堆石坝、沥青混凝土心墙堆石坝和碾压混凝土重力坝三种坝型进行比选。

从主要环境影响方面来看，三种坝型均可以结合大坝布置升鱼机、鱼道、集运鱼系统等不同类型的过鱼设施来减缓不利影响，过鱼设施布置难易程度差距不大。因此，从环境影响来看，三坝型方案无明显差异；从工程安全、经济性等方面来看，推荐坝型为混凝土面板堆石坝，该坝型能充分利用当地材料，坝体结构简单，可减少工程占地，工程运行管理方便，经济性较优。综上所述，选择混凝土面板堆石坝方案具有环境合理性。

3.2.3 正常蓄水位选择环境合理性分析

清水河水利枢纽工程可研阶段正常蓄水位选择过程中,拟定了 1391m、1392m、1393m 和 1394m 四个水位比选方案。本节从水文情势、水温水质、生态环境以及社会环境影响等方面分析正常蓄水位选择的环境合理性,各水位方案环境影响要素比选情况见表 3.2-3。

(1) 库区水文情势

清水河水库形成后,坝前水位将抬升 80m~83m,水体体积和水面面积均将有所增加,库区内的流速将减缓,库区河段由急流河道转变为河道型水库,从上游至坝前流速逐渐减小。运行期水库水位在正常蓄水位和死水位之间变动,变幅为 41m~44m。正常蓄水位越高,其所带来的水文情势变化越大,包括坝前水位抬升、消落高度、库容等变化均相应增大。

(2) 水库水温及水质

清水河水库坝址天然多年平均年径流量为 3.52 亿 m^3 ,采用 α 法判别清水河水库水温结构,各方案的 α 值分别为 3.2、2.8、3.0 和 2.9,均低于 10。因此,各蓄水位方案水库均属于分层型水库。

工程运行后,水库水体流速较天然水体有所减缓、污染物降解能力及污染物输出能力有所降低,但水库上游水质负荷现状水平较低,从区域负荷及社会发展规划分析,污染负荷近期不会有大的增加,且各方案入库污染源基本一致,各方案水库淹没产生的库区和支流库湾污染的可能性基本相同,因此各正常蓄水方案对水质的影响差别不大。

(3) 生态环境

各方案均不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园等生态敏感区域,受工程直接影响的区域主要为淹没区和施工占地区。受影响植被类型均为清水江上中游河段较为常见的植被类型,各方案均淹没国家 II 级重点保护植物——榉树 25 株,国家各水位方案水库淹没对植物生物量、区域的陆生生态系统产生一定的影响,但各方案间影响差别很小。水库蓄水后,陆生动物的活动范围有所减小,但陆生动物大多具有活动范围广泛的特点,随着库区水位的抬升,将向周边转移。本工程各方案对鱼类生境及其他水生生物的影响基本相同。

(4) 社会环境

4 个方案水库淹没均涉及一定数量的移民和专项设施迁复建,其中搬迁安置移民为 2591~2902 人,随着水位抬高,移民安置人口增加,影响递增;随着正常蓄水位的增加淹没影响土地数量有所增加,增加的土地主要为耕地;移民安置点不涉及重要环境保护敏感区,移民安置及社会影响也将随正常蓄水位的抬高而增加。

(5) 小结

从上述分析来看可研阶段拟定的 1391m、1392m、1393m 和 1394m 四个方案,随着正常蓄水位的增加,水文情势、水温、陆生生态、水库淹没和移民等方面的影响也相应增加,水质、鱼类生境及其他水生生物、人群健康等方面的影响基本相同。综合考虑清水河水利枢纽供水、技术经济指标等方面,拟定的 1392m 方案是基本合理的。

表 3.2-3 各正常蓄水位方案环境影响比选结果

环境要素	项 目	正常蓄水位方案			
		1391m	1392m	1393m	1394m
水文	死水位(m)	1350	1350	1350	1350
	最大消落高度(m)	41	42	43	44
	坝前水位抬升(m)	80	81	82	83
	调节库容(万 m ³)	10181	10633	11097	11571
	供水量(万 m ³)	9207	9156	9466	9375
	多年平均发电(万 kW·h)	2188	2187	2185	2183
水温	α 值	3.2	2.8	3.0	2.9
水质	总体水质	各方案水库建成后对水质影响基本相同			
陆生生态	生物量损失	随着水位的抬高,生物量损失有所增加			
	淹没植物种类	基本一致			
	淹没国家 II 级重点保护植物——榉树(株)	25	25	25	25
	陆生保护动物及其栖息地	随着水位的抬高,对野生动物活动区域的影响有所增加			
鱼类		对鱼类的影响差别不明显,对鱼类生境的影响基本一致			
水库淹没和	淹没人口(人)	2591	2674	2780	2902
	移民安置环境影响	随着水位抬高,移民安置人口增加,影响递增			
	淹没土地(亩)	7168	7317	7463	7614
	其中:耕地面积(亩)	4374	4451	4526	4598
	对土地利用的影响	随着正常蓄水位的增加淹没影响土地数量有所增加,增加			

移民		的土地主要为耕地
人群健康		不同方案对人群健康的影响差别不明显
重大环境敏感对象		均不涉及

3.2.4 输水线路布置环境合理性分析

清水河水利枢纽工程向丘北、砚山和珠琳三个方向供水，输水线路总长约 215.59km，其中干线总长 130.21km，分干线总长 32.77km，支线总长为 52.62km。本节分别对三个方向输水线路布置的环境合理性进行分析。

3.2.4.1 丘北方向

丘北方向输水线路总长 80.49km，其中：干线总长 38.40km，分干线总长 24.08km，支线总长 18.01km。丘北方向输水线路比选分了平老泵站至干龙潭水库、干龙潭水库至树皮泵站、树皮泵站至双飞井水库三段进行了比选。

(1) 平老泵站至干龙潭水库段

方案一：短管线+长隧洞。取水口设在大坝右岸，经取水隧洞自流至平老泵站（左），经泵站扬水后，沿有压埋管 2.35km 至高位水池 1570m，扬程 224m，自流经过天星隧洞（长 4.66km，城门洞 2*2.5m）继续向西北延伸，出洞后接有压埋管 4.31km，沿着天星乡东侧向北自流至天星干龙潭水库，线路总长 11.32km。

方案二：长管线+短隧洞。取水口设在大坝右岸，经取水隧洞自流至平老泵站（左），经泵站扬水后，沿有压埋管 4.2km 至高位水池 1588m，扬程 244m，自流经过埋管 10.5km 向北绕山，再继续向西，接着与隧洞（长 1.8km，城门洞 2*2.5m）相接，出洞后接输水管线，沿着天星乡东侧向西自流至天星干龙潭水库，线路总长 16.50km。两方案线路比选示意图见图 3.2-1。

方案一线路较短，工程占地 303 亩，弃渣量为 5.7 万 m³；方案二工程占地 582 亩，弃渣量为 5.9 万 m³。从环境角度看，方案一较方案二减少征地 279 亩，减少弃渣 0.2 万 m³，减少了对地表植被扰动和水土流失不利生态影响，综合考虑技术经济条件、泵站规模、施工布置等因素，推荐方案一环境合理。



图 3.2-1 平老泵站至干龙潭水库线路比选示意图

(2) 干龙潭水库至树皮泵站段

干龙潭水库至树皮泵站段采用两方案进行比选，输水管线比选示意图见图 3.2-2。

方案一：北线方案。从干龙潭水库取水，从干龙潭水库取水，经天星泵站扬水，经过 0.9km 埋管到达右岸山岭的高位水池，自流继续向西南延伸，沿乡村小路，中间过云桂铁路，经过隧道的山体上铺设管道经过，继续沿乡村路，自流至桩号 QB16+544。该段干线总长度为 5.18km，设计流量 $2.96\sim 2.52\text{m}^3/\text{s}$ 。

方案二：南线方案。从干龙潭水库取水，经天星泵站扬水，穿过云桂高铁桥，经过 2.53km 埋管到达西南侧山岭的高位水池，自流继续沿乡村路向西南延伸，自流至桩号 QB16+544。该段干线总长度为 5.89km，设计流量 $2.96\sim 2.52\text{m}^3/\text{s}$ 。

方案一线路布置较短，临时占地面积为 194 亩，方案二临时占地面积为 221 亩，两均不涉及环境敏感区，对环境的影响无明显差异，环境因素不是影响方案选

择的限制条件。从技术经济和施工条件角度，推荐方案一是合理的。

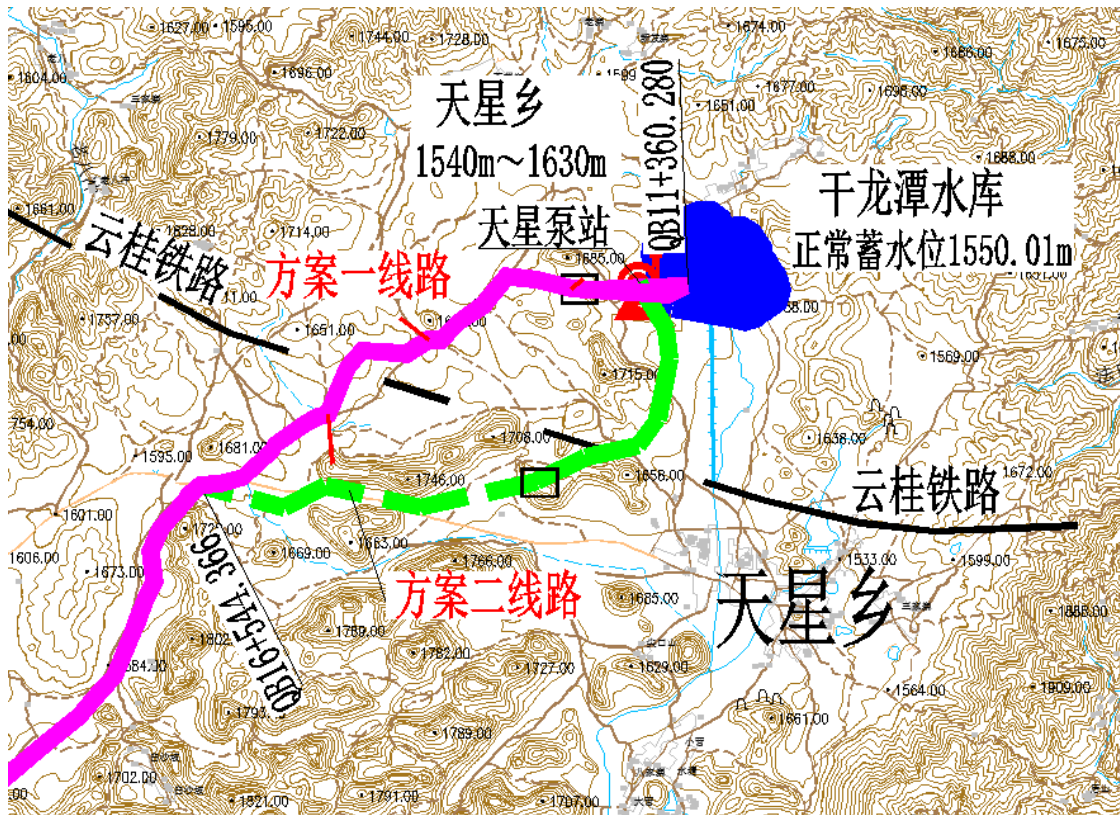


图 3.2-2 干龙潭水库至树皮泵站线路比选示意图

(3) 树皮泵站至双飞井水库段

树皮泵站至双飞井水库段同样采用两方案进行比选，线路比选示意图见图 3.2-3。

方案一：南线方案。自流至树皮泵站，经泵站扬水后至高位水池 1726m，扬程 119.3m，沿着树皮乡南侧道路，沿乡道向西布置，自流至树皮前分水口 QB32+341，该段管线长 5.76km。

方案二：北线方案。经泵站扬水后至高位水池 1726m，扬程 123m，沿着树皮乡农田，沿途需新建施工检修道路，基本呈直线，向西布置，自流树皮前分水口 QB32+341，该段管线长 5.73km。

方案一输水线路沿道路布置，可减少对地表植被的破坏，方案二有 5.73km 管线需要穿越农田，输水管沟开挖破坏了农田的土壤结构，从而影响农田生产力，从环境保护角度看，推荐方案一是合理的。

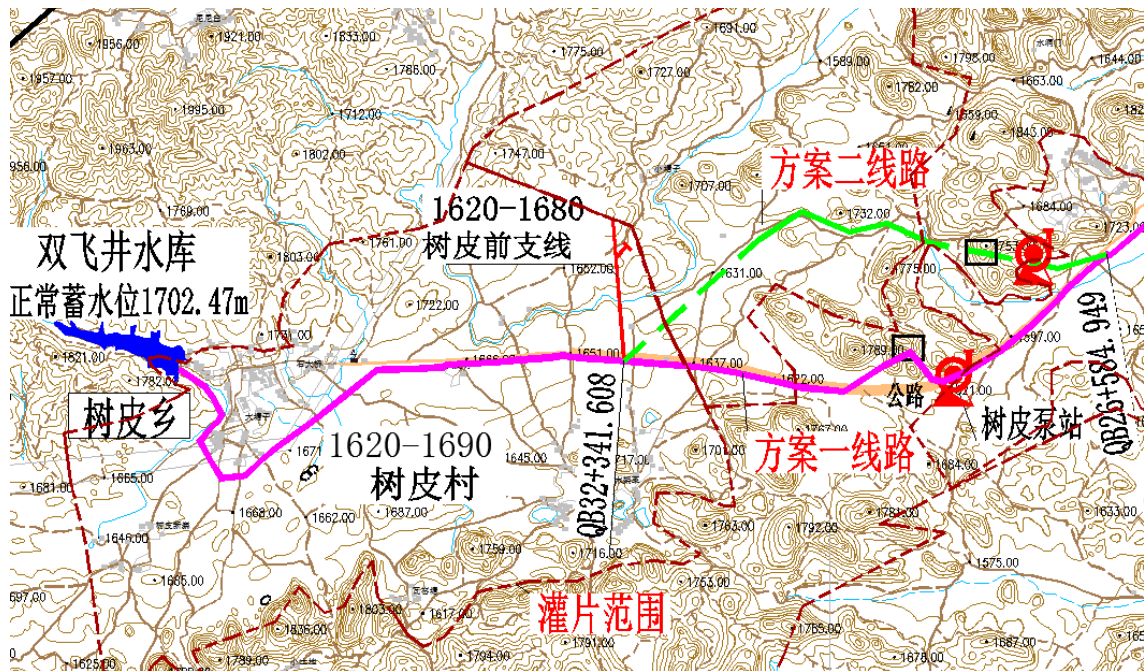


图 3.2-3 树皮泵站至双飞井水库段线路比选示意图

3.2.4.2 砚山方向

砚山方向受水区较为分散，输水线路拟分别从南丘河的左右两岸布置。经分析，维摩分水口之前的线路即平老泵站至维摩分水口的线路有两种走向，维摩分水口之后的线路即维摩分水口至砚山高位水池的线路有两种走向。因此，对维摩分水口之前的线路和维摩分水口之后的线路分别进行方案比选。

(1) 平老泵站至维摩分水口输水线路

平老泵站至维摩分水口输水线路拟定了两个方案，一种采用管线+隧洞，另一种采用管线+管桥，两方案布置示意图见图 3.2-4。

左岸线路方案：输水线路从平老泵站（左）开始，经泵站扬水至左岸高位水池 1570m 后，由高位水池分水，分水后自流经过扭克 1#隧洞 0.8km 及扭克 2#隧洞 0.7km，经 13.3km 埋管最终自流至维摩分水口，线路总长 17.15km。

右岸线路方案：输水线路从平老泵站（右）扬水，经 2.7km 压力管至右岸高位水池 1530m 后，基本沿南丘河右岸布置，经 11.27km 埋管最终自流至维摩分水口分水，在居那革村附近通过管桥两次跨越南丘河，线路总长 13.97km。

左岸线路和右岸线路方案均不涉及环境敏感区，左线方案施工用地为 669 亩，弃渣量为 14.1 万 m^3 ；右线方案施工用地为 612 亩，弃渣量为 10.8 万 m^3 ，从环境保护角度看，右线方案有利于环境保护，推荐右岸线路是合理的。



图 3.2-4 平老泵站至维摩分水口线路布置比选示意图

(2) 维摩分水口至砚山输水线路

维摩分水口至砚山输水线路拟定了东线和西县两个方案，两方案布置示意图见图 3.2-5。

东线方案：线路从山谷穿过，沿乡村小路，经过长塘、团塘等山谷，沿老梁箐、青龙箐等村布置，最终在青龙箐村南侧穿过青龙箐隧洞进入红舍克水库，经红舍克水库调蓄，通过红舍克泵站取水，经泵站加压至高位水池，可向砚山规划水厂供水。维摩灌片灌溉通过维摩分水口做起点布置维摩分干线实现。采用 30.95km 长的管线加上 1.57km 长的隧洞。

西线方案：线路沿省道 S207 向西南方向，经维摩，炭房等地，在炭房进入高速 G323 向东，到长岭街后，需绕后山而行，经过 6.5km 后，再次沿 G323，继续向南穿广昆高速到铤卡，经过石门水库调蓄后，通过石门泵站扬水至高位水池，可

向砚山规划水厂供水。采用 40.28km 长的管线。

东线线路较短，施工用地 1236 亩，弃渣量为 15.3 万 m^3 ；西线方案较长，施工用地 1537 亩，施工期弃渣量为 15.7 万 m^3 。从减轻陆生生态影响和水土流失方面，推荐东线方案环境合理。

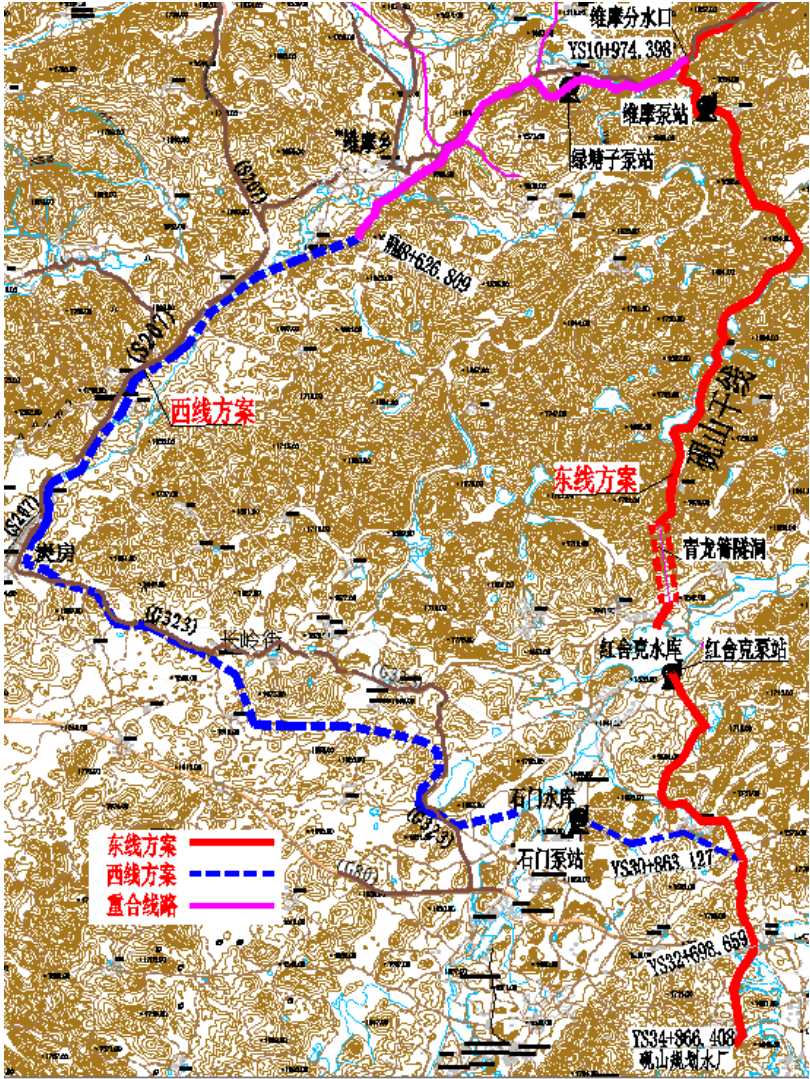


图 3.2-5 维摩分水口至砚山规划水厂线路布置比选示意图

(3) 砚山干线牛滚塘至红舍克水库输水线路

西线方案：线路从山谷穿过，沿乡村小路，在牛滚塘处经过长塘、团塘等山谷，沿老梁箐、青龙箐等村布置，最终在青龙箐村南侧穿过青龙箐隧洞进入红舍克水库。可比部分干线长度约 9.25km，其中管线长度 7.68km，管径 1.0m。隧洞 1.57km，城门洞型无压洞，内径 2.0×2.5m。

东线方案：线路沿乡村小路，在牛滚塘处向南，经过卡子箐村东侧，最终在沙

松冲村东侧进入红舍克下游河谷，沿河谷布置最终进入红舍克水库。可比部分干线长度约 11.90km，其中管线长度 10.8km，管径 1.0m。隧洞 1.10km，城门洞型无压洞，内径 2.0×2.5m。两方案布置示意图见图 3.2-6。

西线线路较短，占地面积为 297 亩，施工期弃渣量为 7.0 万 m³；东线方案总用地面积为 413 亩，弃渣量为 8.3 万 m³，东线线路和西线线路方案均不涉及环境敏感区，从环境保护角度看，推荐西线线路是合理的。

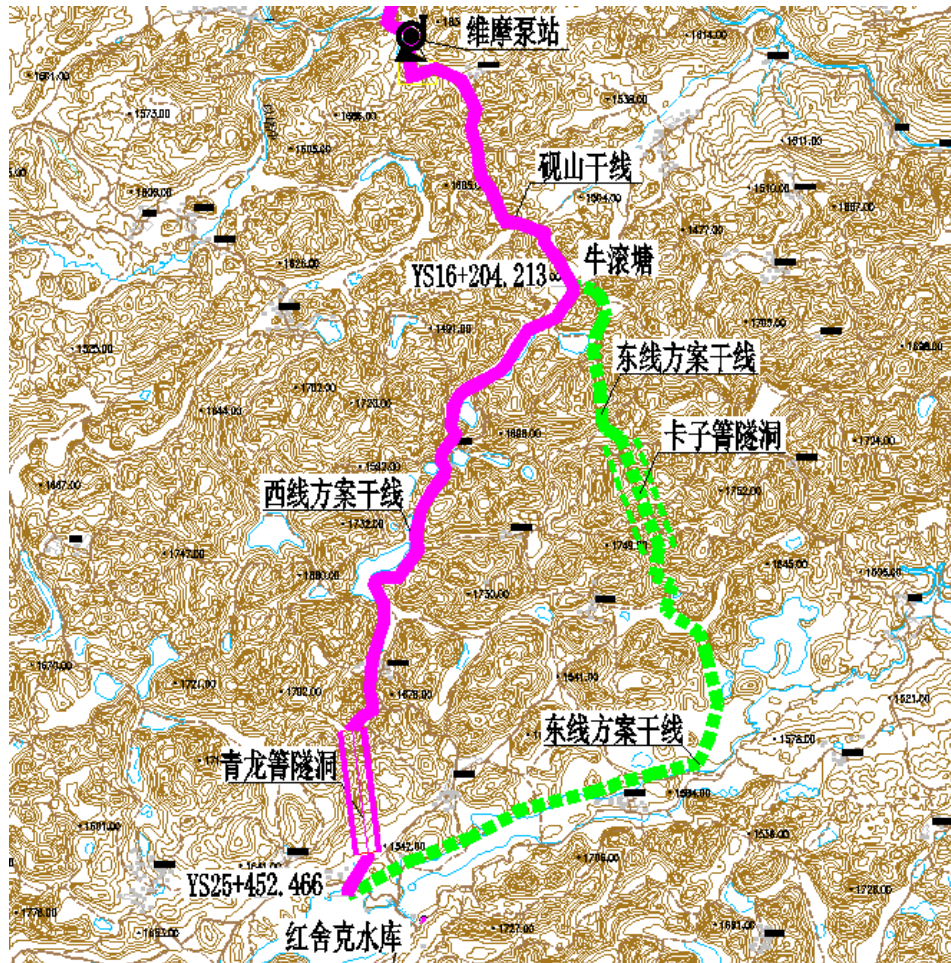


图 3.2-6 砚山干线牛滚塘至红舍克水库路布置示意图

3.2.4.3 珠琳方向

珠琳方向各灌片基本连接成片，灌片南北侧均为山地。有县(乡)级公路通过各灌片并将各灌片连通在一起，因此沿乡级公路布置珠琳干线，走向单一。从清水河水库提水后，需经过砚山县的普底、水塘、石板房，因此普底、水塘、石板房生活灌溉用水从珠琳方向干线分水；继续向东布置，经过西吉、吊井、新寨、珠琳、珠琳农特产品加工和物流园区、羊街、阿哈、中寨灌片，各灌片分别通过布置分水

口及支线从珠琳干线分水。

清水河水库至珠琳片段，线路基本为直线，线路单一，珠琳干线在片区内布置。珠琳至细水水库段，主线是否经过羊街单元情况下，主线长度差异较大，因此，对珠琳单元至珠琳方向干线末端细水水库间线路进行比选。

南线方案：线路从珠琳镇东侧穿过，沿乡村小路，往东经过苦鱼沟、坝子寨、脚子龙村，在脚子龙村东侧北向经石垭口村，最终沿那弄河自流进入细水水库。干线长度约 18.84km，其中马鞭稍分水口至羊街分水口管径 0.29m，干线长度 7.65km，羊街分水口至细水水库管径 0.2m，干线长度 9.61km。羊街支线长 0.50km，管径 0.16m，马鞭稍支线长 1.15km，管径 0.5m。但南线方案设计流量较小，在桩号 53+118 附近流速小于 $0.6\text{m}^3/\text{s}$ ，需布置泵站扬水，泵站设计流量 $0.023\text{m}^3/\text{s}$ ，最大扬程约 41m。泵站装机 30kW。

北线方案：马鞭稍分水口即马鞭稍水库附近距细水水库支线距离细水水库直线距离约 8.5km。沿马鞭稍至赖皮树之间的三级路布置，并在三家寨附近往北沿那弄河自流进入细水水库，干线长度约 15.2km，其中马鞭稍分水口至羊街分水口管径 0.29m，干线长度 4.34km，羊街分水口至细水水库管径 0.2m，干线长度 10.86km。马鞭稍支线长 0.15km，管径 0.5m。羊街支线长度增加，羊街支线从珠琳镇东侧穿过，沿乡村小路，往东经过苦鱼沟、坝子寨最终自流入羊街高位水池，支线长度 6.1km，管径 0.16m。但北线方案中间需穿越一道高程 1530m 的山梁，需布置泵站扬水，泵站设计流量 $0.038\text{m}^3/\text{s}$ ，最大扬程约 80m。泵站装机 60kW。

珠琳分水口至细水水库布置示意图 3.2-7。

从环境影响来看，南线方案施工用地 710 亩，北线方案施工用地 805 亩，南线较北线减少施工用地面积 95 亩；南线弃渣 8.7 万 m^3 ，北线弃渣 9.6 万 m^3 ，南线方案水土流失较小。综上，推荐南线方案具有环境合理性。

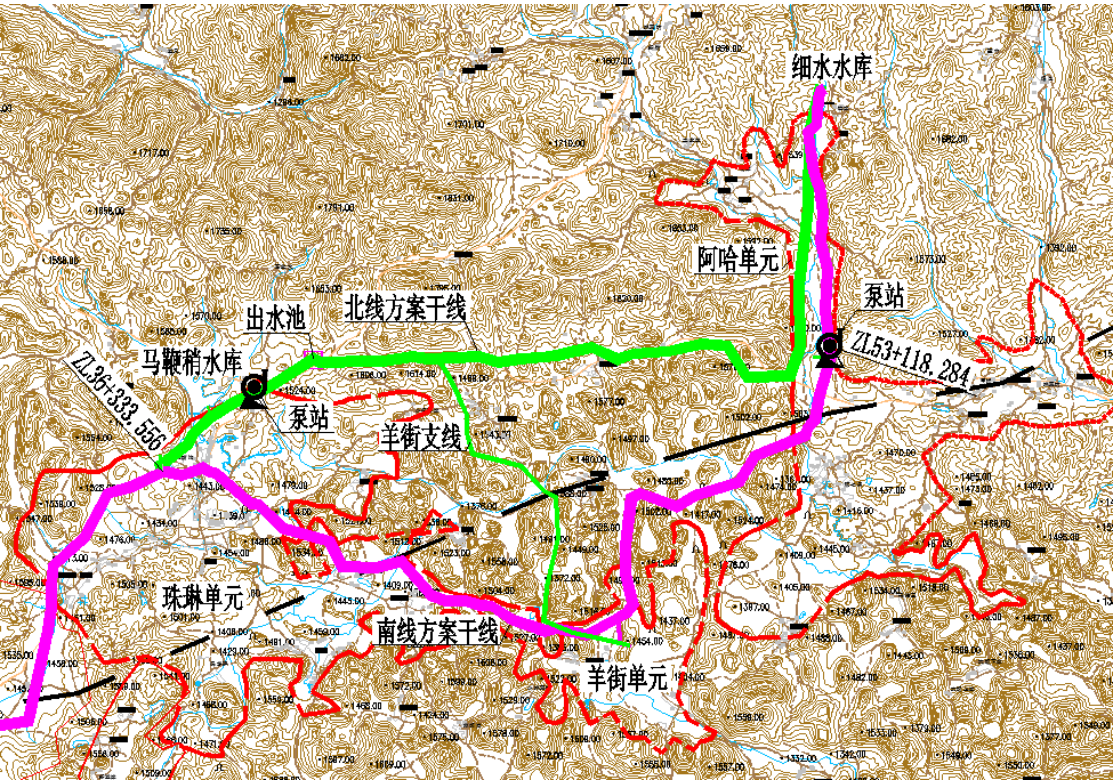


图 3.2-7 珠琳分水口至细库线路布置示意图

3.2.5 调蓄水库选择环境合理性分析

本工程灌溉用水较大，且年内分配很不均匀，因此，充分利用灌区内的已建水库可以减小输水管线和泵站的规模。经分析，清水河水库供水范围内共有 7 座水库可以作为末端调蓄水库，分别为干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、红舍克水库、支迷水库、马鞭稍水库及细水水库。

干龙潭水库作为天星乡供水的调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由水库配套工程向天星乡供水。

双飞井水库作为树皮乡供水的调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由水库配套工程向树皮乡供水。

康新寨水库作为康新寨、小新寨供水的调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由水库配套工程向康新寨、小新寨供水。

红舍克水库作为砚山县城供水的调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由红舍克泵站扬水至砚山高位水池，最终自流向砚山县城供水。

支迷水库作为保可者单元供水的末端调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由水库配套工程向保可者单元供水。

马鞭稍水库作为珠琳镇、珠琳特色产业示范园区及物流园区单元供水的末端调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由水库配套工程向珠琳镇、珠琳特色产业示范园区及物流园区单元供水。

细水水库作为阿哈村、中寨供水的末端调蓄水库，由清水河水库输水至该水库，再由水库配套工程向阿哈村及中寨供水。

根据各受水区分布、输水管线布置，工程充分利用已建干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、红舍克水库、支迷水库、马鞭稍水库及细水水库作为调蓄水库，避免了新建水库，从而避免了因新建水库淹没带来的一系列生态环境以及社会环境等问题。其次，调蓄水库位置的选择，充分考虑了与输水管线结合的问题，避免因调蓄水库位置选择不当造成输水管线长距离迂回带来的占地和施工地表扰动影响，减少征地。

综上所述，工程调蓄水库的选择具有环境合理性。

3.2.6 施工规划方案环境合理性分析

3.2.6.1 料场布置环境合理性分析

工程布设土料场 1 处及石料场 1 处。选取距坝址直线距离约 1.5km 的以勒土料场作为工程土料场，选取距坝址直线距离约 2.5km 的拉角石料场作为工程石料场。土料、石料的开采均不涉及水源保护区、自然保护区、风景名胜区及世界自然遗产等，尽量节约料源开采，且将土料场布置在水库淹没永久征地范围内，节省了土地占用，最大程度地降低了对环境的影响。

因此，从环境保护的角度分析，本工程料场的布置是环境合理的。

3.2.6.2 渣场选址环境合理性分析

为了减少弃渣占地，渣场规划根据枢纽建筑物布置、地形条件、方便弃渣、结合永久占地及场地平整相结合进行布置，本工程共布设永久弃渣场 16 处，其中枢纽工程布设 3 处，输水工程布设 13 处。

渣场占地范围内大部分为人工植被，植被的损失不会造成区域生物多样性的变化。渣场占地范围内不涉及重点保护植物。且渣场占地均为临时占地或淹没区，施工期间和结束后实施拦挡、边坡稳固、截排水等工程措施，并及时进行植被恢复等，可以有效减少水土流失的新增，减缓对生态环境的影响。

工程渣场的选址均不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，无明显环境制约因素，且渣场附近没有企业，距离居民点较远。

因此，从环境保护的角度分析，本工程渣场的选址是合理的。

3.2.6.3 施工工区及生产设施布置环境合理性分析

施工布置区分为水库布置区及输水线路布置区。

水库布置区：坝址右岸布置有砂石及混凝土系统、钢木加工厂、机械保修厂、钢管加工厂、混凝土预制厂、中心仓库、营地及施工供风、供水系统等。

输水线路布置区：根据输水线路泵站、隧洞等分布情况，输水线路区共布置 13 个施工工区。输水线路施工混凝土浇筑量小而且分散，因此设置移动式搅拌机承担各工区混凝土生产任务。此外，分别在输水线路各施工工区布置钢木加工厂、综合保修厂及施工供风供水等施工工厂设施。

在施工总布置上，总体上考虑了以下原则：在有利于工程施工的前提下，施工总布置尽量不影响当地群众的正常生活；严格执行国家的土地政策，充分利用荒坡地，少占或不占用耕地布置生产、生活设施；生产生活区布置符合国家颁布的有关环境保护和水土保持的相关法律法规；根据各施工时段及施工特点，在布置上利于生产、方便生活，易于管理；施工场区布置尽可能集中靠近坝址、洞口，各辅助设施及场内道路的布置应简洁合理、避免重复运输，以减少能源、材料消耗；集中与分散相结合，永久与临时相结合，保证生产，方便生活；考虑工程投资和可利用场地条件，充分利用工程沿线乡镇交通运输业、机械加工及修造业现有能力，以压缩辅助企业。

从工程施工区占地类型来看，占地多以荒地为主，另有少量耕地、林地，施工区不占用自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，不存在明显环境制约因素。根据坝址附近及输水线路沿线地形地貌特征、交通状况等，尽可能减少了施工区数量。施工工区布置在距离敏感点较远的区域，避免了对周边村庄的影响。

总体来看，工程施工工区及生产设施布置具有环境合理性。

3.2.7 工程运行方式环境合理性分析

清水河水库正常蓄水位为 1392m，相应库容 11717 万 m^3 ；死水位为 1350m，相应库容为 1083 万 m^3 ；设计洪水位为 1392.11m，校核洪水位为 1393.97m，水库

总库容为 12640 万 m^3 ；调节库容为 10633 万 m^3 ，库容系数为 0.34，具有多年调节性能。

清水河水库调度以生态流量优先原则，即首先通过电站机组生态向水库下游河道下放生态流量，丰水期 6 月~11 月按坝址断面多年平均流量的 30%下泄，即 $3.35\text{m}^3/\text{s}$ ；枯水期 12 月~3 月按坝址断面多年平均流量的 15%下泄，即 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ；鱼类产卵期 4~5 月按 $2.35\text{m}^3/\text{s}$ 下泄，占坝址断面多年平均流量 21%。在鱼类产卵期 4 月，当水库天然来水量小于生态流量时，水库发挥蓄丰调枯作用，按照生态流量进行下泄，满足鱼类产卵繁殖需要。其次，满足生态流量泄放要求后，水库按照生活和工业、农业灌溉的供水次序依次供水，城乡生活和工业供水设计保证率为 95%，农业灌溉设计保证率为 90%，当遇到保证率以外的枯水年，首先减少农业灌溉供水量，灌溉破坏深度为 25%，再减少生活和工业供水量，供水破坏深度为 10%。

综上，本工程调度运行方式具有环境合理性。

3.2.8 移民安置规划方案环境合理性分析

3.2.8.1 生产安置方案环境合理性分析

清水河水利枢纽工程涉及 1 个州 3 县 7 乡镇 27 个行政村，规划水平年生产安置总人口为 2577 人，其中水库淹没影响区 1552 人，枢纽工程区 357 人，输水线路区 668 人。根据环境容量分析结果，本工程征地后剩余耕园地资源总体上难以满足全部移民有土安置的条件，仅部分村民小组能满足有土安置条件。根据意愿调查结果，结合地方政府意见，工程生产安置主要采取自行安置和复合安置方式。复合安置主要采取有偿流转耕地的方式进行安置。生产安置方式无需新开垦耕地，对环境基本没有影响。生产安置方案环境合理。

3.2.8.2 搬迁安置方案环境合理性分析

工程规划水平年搬迁安置总人口 2816 人，搬迁安置采取本地集中安置为主、分散安置为辅的方式。规划了以勒安置点、瓦窑冲安置点、普底村安置点、炭房安置点、小龙白 5 处集中安置点，平老村、以勒村 2 处分散安置点。

5 处集中安置点基本上依托现有村组建设，供水供电交通道路可嫁接原有设施，外迁安置的民均未在本村进行安置，安置后移民的社会关系可能有一定的变化，但安置方案充分考虑了移民和安置区居民的意愿，且安置点位于同一乡镇或邻近乡

镇,基本不会对各居民点现有的基础设施产生影响,也不会改变搬迁安置移民的生活习俗,对移民生活影响较小。

移民安置点均位于人类活动比较频繁的区域,不涉及自然保护区、森林公园等环境敏感区。移民搬迁安置点征地主要征地类型为耕地,涉及部分林地、园地。经陆生生态调查,安置点主要为农田生态系统,且不涉及古树名木、珍稀濒危植物。

综合分析,移民安置点选址考虑了环境保护要求,对环境的影响较小,搬迁安置方案是环境合理的。

3.3 工程施工分析

3.3.1 土石方开挖与弃渣

本工程总开挖土石方共计 868.68 万 m^3 ,总土石方填筑量 315.85 万 m^3 ,工程总弃渣量为 552.83 万 m^3 。枢纽区共规划布置 3 个弃渣场,线路区共规划布置 13 个弃渣场。施工开挖及产生的弃渣对施工区及附近生态环境可能产生影响。

3.3.2 施工导流

(1) 首部枢纽工程

拦河坝施工导流拟采用上下游围堰一次性拦断河床,河床外隧洞导流方式。在此期间河段水文条件(河面宽度,流速)改变,但流量与天然来流量相同,水文情势变化只是围堰挡水附近河段,范围较小,对下游影响不大。

施工期间利用导流隧洞(兼放空洞)向下游照常供水,整个导流过程对下游水文情势影响相对较大的时段是从第 4 年 11 月初下闸蓄水开始,下闸蓄水期间利用导流洞闸室的旁通管向下游泄放生态流量;当蓄水至引水隧洞进口水位时,利用引水隧洞出口弧门开度调节下泄生态流量,以保证下游生态用水要求。

(2) 输水线路导流

输水总干线跨河建筑物采用分期导流方式,考虑在枯水期 11~5 月施工。一期填筑土石围堰,上下游和纵向围堰包裹河床左(或右)岸,另一岸河床过流,不会改变下游水文条件。

3.3.3 施工用水与废水

施工期用水包括生产用水和生活用水，其中生产用水主要用于砂石骨料冲洗、混凝土拌和与养护、土石方开挖、填筑等施工部位以及修配系统用水。以上施工用水除部分被消耗外，大部分成为生产废水。生活用水用于施工和管理人员饮用、盥洗等日常生活。

(1) 砂石加工系统用水与废水

根据施工组织设计，共布置 1 套砂石加工系统，砂石加工系统布置于石料场西北侧，共需生产人工骨料 42.96 万 m³。

砂石料加工系统在筛分冲洗骨料以及制砂过程中将产生大量冲洗废水，冲洗骨料的高峰用水量为 100 m³/h，废水中悬浮物浓度较高，根据本工程砂石料料源特征以及以往工程的实测结果，悬浮物浓度一般在 30000~50000mg/L。废水经处理后回用，考虑砂石料、骨料自身带走以及渗漏、蒸发等因素损耗 15%。则施工期砂石料加工系统冲洗废水高峰产生量 85 m³/h，废水总量 54.8 万 m³。砂石加工系统生产能力及用废水情况见表 3.3-1。

表 3.3-1 砂石加工系统生产能力及用水一览表

系统名称	高峰月设计生产能力(t/h)	系统高峰用水量(m ³ /h)	高峰废水量(m ³ /h)	废水总量(万 m ³)
砂石料加工系统	35	100	85	54.8

(2) 混凝土拌和系统用水与废水

根据施工组织设计，共布置 1 座混凝土生产系统。本工程布置 1 座混凝土拌和楼，生产能力为 75m³/h。

混凝土拌和系统废水主要来源于每台班洗罐用水量。混凝土搅拌机一般是每班末冲洗一次，单台混凝土搅拌机每次冲洗废水根据搅拌机大小不同而不同，本工程混凝土搅拌机每次冲洗废水约为 0.8m³，系统生产采用三班制，则每台搅拌机废水产生量为 2.4m³/d，则混凝土系统高峰废水量为 2.4 m³/d，废水总量约 0.4 万 m³。废水中主要含悬浮物，pH 值也较高，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 值在 11 左右。

(3) 修配系统用水与废水

施工期机修汽修废水主要来自于机械、汽车的冲洗及修理废水，废水中主要污染物有石油类、COD 和悬浮物，石油类浓度约 10~30mg/L，COD 约 25~200mg/L，悬浮物约 500~4000mg/L。参照《环境影响评价技术手册水利水电工程》，汽车冲洗设计用水量为 400L/辆·次，冲洗时间为 15min/辆·次，1h 可冲洗 4 辆汽车，一天高峰冲洗时间 4h 计，产污率以 90%计，则高峰日废水量为 5.8m³/d。

（4）隧洞施工用水与废水

隧洞施工用水主要来源于石方洞挖、混凝土养护等。工程隧洞施工主要为引水隧洞，工程量相对较小，施工产生废水量较小。废水中主要含 SS，SS 浓度约 2000mg/l。

（5）基坑排水

基坑排水包括初期基坑排水及经常性基坑排水两部分。初期基坑排水主要包括基坑积水、围堰渗水、降水汇水。经常性基坑排水包括围堰及基坑渗水、降水汇水、施工弃水等。

基坑初期排水总量约 1.7 万 m³，计划三天内排干（按 2.5 天计算），初期排水强度为 275.00m³/h；经常性排水计划 24h 排干，排水强度为 565m³/h。

根据已建工程监测资料，初期排水水质与河流水质基本相同，经常性基坑排含混凝土浇筑和养护形成的碱性水，pH 值在 11 左右，主要污染物为悬浮物，浓度约 2000mg/L。

（6）生活用水与生活污水

施工期生活污水来源于施工人员和建设管理人员生活用水。本工程施工生活区布置在 6#临时施工路附近。施工期生活区将产生生活污水，生活污水主要污染物为 BOD₅、COD、SS 等，其中 BOD₅ 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。施工人员生活用水量为 150L/人·d，污水排放系数以 0.8 计算，则施工期生活区高峰用水量 225 m³/d，高峰生活污水产生量 180 m³/d，污水产生总量为 21.02 万 m³。

施工废污水排放可能对工程区地表水环境产生影响。

3.3.4 施工燃油与废气

施工期对大气环境产生影响的主要来自燃油产生的废气及砂石加工系统、混凝土拌和系统、工程开挖与爆破、交通运输等产生的粉尘、扬尘。

（1）油料与废气

施工机械燃油消耗总量 12000t，排放的主要污染物为：CO、NO_x、CH_x、SO₂，

估算的废气排放总量约 406.9t, 其中 CO 109.6t, CH_x 78.2t, SO₂101.7t, NO_x 117.4t。

(2) 砂石加工系统粉尘

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘, 在粗碎、中碎、细碎、筛分和运输过程中均会产生粉尘污染。据国内有关工程实际监测资料分析, 砂石加工系统粉尘排放系数在无措施情况下, 一般为 0.77kg/t 产品 (含破碎、筛选、运输等)。本工程砂石加工系统生产成品料约 42.96 万 t, 且系统设有除尘措施 (洒水降尘、除尘器等), 估算除尘后系统粉尘综合排放系数为 0.015kg/t 产品, 粉尘排放总量约为 6.4t。

(3) 混凝土拌和系统粉尘

混凝土拌和系统产生的大气污染物主要是粉尘, 粉尘主要产生在水泥、骨料的运输、装卸及进料过程中。本工程水泥用量 16 万 t, 在无防尘措施的情况下, 粉尘排放系数约 0.91kg/t; 采取离心通风机和袋式除尘器除尘后的粉尘排放系数约 0.005kg/t, 施工期共排放粉尘约 2.9t。

(4) 工程爆破与开挖粉尘

炸药爆破过程中产生的主要污染物是粉尘 (TSP) 和 NO_x, 根据同类工程实测数据, 炸药爆破产生的粉尘 (TSP) 约为 200kg/t, 产生的 NO_x 约为 15kg/t。本工程施工期消耗炸药 2454t, 炸药爆破产生的粉尘 (TSP) 约 490.8t, NO_x 约 36.8t。爆破属于瞬间源, 影响范围主要集中在爆破源附近。

工程土石方明挖总计 205.9 万 m³, 开挖产生的污染物主要是粉尘, 粉尘产生量根据有关工程类比约为 0.7t/万 m³, 估算出在未采取降尘措施情况下土石方明挖粉尘排放量约为 144.13t。在采取洒水等降尘措施的情况下, 粉尘排放量会大幅降低, 估计可减少约 95%以上的粉尘, 粉尘排放量降为约 7.21t。

(5) 交通运输扬尘

施工期施工车辆运输产生的污染物主要是扬尘, 扬尘排放与车辆的行驶速度、载重量、路面形式、清洁程度等因素有关。

根据《矿山环境工程学》(冶金出版社) 中有关露天矿山载重车辆扬尘排放的数据, 在矿山每辆载重 (载重量一般为 30t) 汽车扬尘的排放系数为 620~3650mg/s。本工程施工区料场主要运输公路为硬质路面, 运输条件好于矿山, 路面的积尘远少于矿山, 车辆载重量均小于 30t, 车速与矿山车速基本一致 (不大于 60km/h), 估算施工运输扬尘排放系数约 500mg/s。根据相关工程经验, 在采取路面洒水降尘、道路清扫干净的情况下, 运输扬尘的去除率可达 90%, 即为 50mg/s。

施工废气和粉尘的排放对施工区及附近环境空气质量可能产生影响。

3.3.5 机械设备与噪声

工程施工期使用的主要施工机械有土石方机械、起重机械、运输机械、混凝土机械等。施工开挖、钻孔、爆破、砂石加工、混凝土拌和与浇筑等施工活动中的施工机械运行、车辆运输等将产生不同种类的噪声。

(1) 交通噪声

施工场内道路主要来往车辆为载重量 10t、15t、20t 级自卸汽车，车辆运输会产生交通噪声。交通噪声声源呈线形分布，属流动声源，源强与行车速度和车流量密切相关，一般在 70~90dB(A) 之间。

根据施工组织设计，交通道路沿线分布有居民点 3 处，施工期交通噪声将会对道路沿线居民点产生影响。

(2) 砂石加工系统噪声

砂石加工系统噪声主要来自破碎机、吊筛、座筛、筛分楼、皮带机、振动器等，产生的噪声为固定、连续式噪声。参照国内有关工程噪声实测值，噪声约为 110dB(A) 左右。

(3) 主体工程施工噪声

主体工程施工噪声主要来自坝址枢纽工程和隧洞的开挖、钻孔、爆破、混凝土浇筑等施工活动。开挖过程中使用的各种钻机产生的噪声为阵发性噪声，音频高，传播距离远，噪声强度均大于 85dB(A)。爆破噪声为瞬时噪声，声强大，主要与爆破的单响药量、炮孔深度、填埋方式、爆心距离等因素有关。混凝土浇筑中振动碾的噪声大于 90dB(A)。

(4) 料场开挖噪声

工程人工骨料、垫层等开采采用手风钻造孔，浅孔爆破，反铲挖装 15t 自卸汽车，主要涉及手风钻、推土机、挖掘机等，根据资料以上设备噪声均大于 85dB(A)。

(5) 施工辅企噪声

施工辅企噪声来自钢木综合加工厂、钢管加工厂及钢结构拼装厂、机械综合保修厂等，噪声源强一般为 70~80dB(A)。

施工噪声对施工区及附近声环境质量可能产生影响。

3.3.6 固体废弃物

本工程固体废物包括生产弃渣、施工人员生活垃圾以及部分危险废物。

工程总弃渣量为 552.83 万 m^3 。枢纽区共规划布置 3 个弃渣场，线路区共规划布置 13 个弃渣场。

施工期施工人员将产生生活垃圾，生活垃圾产生量以 $1.0\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 计，高峰期生活垃圾产量为 2.5t/d ，整个施工期生活垃圾产生总量为 3611t。

施工期，车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油为危险废物。根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，产生危险废物的单位，必须按照国家有关规定处置危险废物，不得擅自倾倒、堆放。

3.3.7 建设征地分析

建设征地主要使土地资源用途发生变化，陆生生物与社会经济资源受到一定的损失，这些影响有些是可逆的，有些是不可逆的。其中水库淹没和工程永久占地范围内的土地将改变原有的性质，新的性能将在较长时间内保持不变；工程临时占地在施工结束后可根据实际情况恢复原有的功能或进行合理的开发。

施工期，施工活动将会使工程占地范围内大部分的地表植被受到不同程度的破坏，原有植被类型的结构发生变化，植物个体数量减少，水土保持功能降低，动物的栖息和活动范围减小。工程建成后，水库蓄水运行使水库淹没区的陆地变成水域，陆生生态系统变成水生生态系统，库区生态系统的结构和功能均发生变化。

3.4 移民安置及专项改建工程分析

3.4.1 移民安置影响源分析

规划水平年需要搬迁安置 2816 人，分散安置 123 人，集中安置 2693 人，规划集中安置点 5 个。安置点建设主要占用林地、耕地（旱地），建设过程中产生粉尘、噪声，将对周边村庄产生一定影响。移民搬迁安置后将产生生活污水及垃圾，需采取相应措施处理。

3.4.2 公路复建影响源分析

规划改建道路全长 36.29km，全部为农村公路等级。在公路复建过程中，会对环境产生一定程度的影响。

公路复建施工及开挖过程中将产生粉尘、噪声，在临近村庄施工时将对其产生一定影响；路基工程土石方开挖将产生弃渣；工程占用耕地、林地，将对地表植被产生影响。

公路复建完成后，运行期对环境的主要影响为交通噪声对沿线村庄的影响，主要来往车辆以小型车及农用车为主，噪声一般为 70~90dB（A）。

3.4.3 移民安置环境影响

根据各项移民安置及复建工程特点和具体情况，对其可能产生的环境影响进行简要分析。分析结果见表 3.4-1。

表 3.4-1 移民安置活动环境影响简表

移民安置活动			可能产生的环境影响
生产安置	采用自行安置和复合安置方式		除调剂耕地外，还需新开垦耕地，产生一些水土流失影响。
移民搬迁安置	移民搬迁	规划水平年搬迁安置人口 2816 人，集中安置点布置在瓦窑冲、普底村、炭房、以勒、小龙白	移民部分在本村组内后靠安置，部分外迁到集中安置点安置，安置后移民的社会关系影响较小。
	集中安置点移民新居、公共设施建设	规划用地面积约 752.7 亩	破坏植被，改变自然地貌，产生新增水土流失。
	移民搬迁安置后		生活污水、生活垃圾的排放，可能对水环境、人群健康等造成影响。

专项设施复建	公路复建	复建道路 36.29km	施工过程中土石方开挖、弃渣等，破坏植被，造成新增水土流失，并对生态环境造成影响；施工期噪声、粉尘影响；建成后可改善交通状况，有利于交通运输；运行期噪声影响等。
	电力设施改建、通讯设施改建	改建电力线路 31.8km 改建通讯线路 25.7km	施工中少量的基础开挖对环境影响很小。
企业事业单位处理		对影响的水文站、压覆矿产按一次性赔偿处理	一次性补偿处理对环境没有影响。

3.5 工程运行分析

3.5.1 水源区

3.5.1.1 水库蓄水

（1）水文情势

清水河水库正常蓄水位 1392.0m，死水位 1350.0m，设计洪水位 58.61m，校核洪水位 60.55m。水库总库容 12640 万 m³，兴利库容 10633 万 m³，死库容 1083 万 m³；正常蓄水位时，库区南丘河干流回水长度 12.1km，左岸支流回水长度 4.75km。

清水河水库建成后，库区水位在正常蓄水位 1392m 至死水位 1350m 之间变化，水库水位最大变幅达 42m。水库具有多年调节性能，多年平均库水位变化不大，不同来水条件下水库水位变化幅度较大。水库水位变化对库区水温、水质、水文情势等水环境产生一定影响。

水库初期蓄水及运行阶段，坝址下游水量减少，对下游生态环境可能造成一定影响，需下泄生态流量满足下游河段生态需求。

（2）水质

水库蓄水初期水质主要受库底残留物的影响，经水浸泡后可能会释放一定的有机污染物，对水库水质产生影响，需采取库底清理措施等减缓影响。运行期库区由原流水性河道变为流水性库区，水面将大幅增加，流速将明显放缓，库区水体富营养化风险增加。

（3）水温

水库总库容 12640 万 m^3 ，正常蓄水以下库容为 11717 万 m^3 ，水库具有多年调节能力。水库的形成将改变原有天然河道水温的时空分布，产生水温分层现象，下泄低温水对水生生态系统等产生影响。

（4）水生生态

水库建成后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，河流的水动力学过程将发生较大的变化，水库库尾区域接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域水深、面阔，水流变缓，呈现湖泊水动力学特征；水库中间河段水域介于河流和湖泊之间，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。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。

（5）其他

水库蓄水运行，将扩大水面面积，有利于改善局地小气候，也有利于两栖动物、水鸟的栖息繁衍。

此外，水库蓄水可能引起滑坡、浸没等环境地质问题。

3.5.1.2 水库供水

水库建成后，水库多年平均出库供水量 9156 万 m^3 ，其中，向砚山县城供水 1707 万 m^3 ，向工业及物流园区供水 2860 万 m^3 ，向村镇生活供水 808 万 m^3 ，向农业灌溉供水 3781 万 m^3 。水库调水对坝下河道水文情势、水生生境有不同程度的影响，可能对水库坝下河道的地表水环境以及水生生态环境产生影响。

3.5.1.3 发电

清水河水库建成后，利用生态流量和弃水发电。经过技术经济比较初步选定水电站装机容量为 7.0MW，多年平均发电量为 2187 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

3.5.1.4 水库管理

水库管理环境问题主要是少量的生产、管理人员产生的生活污水、生活垃圾产生的环境影响，需采用相应的处理措施。

3.5.2 受水区

设计水平年 2035 年，清水河水利枢纽工程多年平均总供水量 9156 万 m^3 。受水区砚山县城、维摩灌片及天星树皮部分灌片有少量退水进入库区，水塘石板房灌片、珠琳灌片、丘北工业园、丘北普者黑物流园区、珠琳特色产品加工区退水基本进入坝下河道，可能会对清水江水库库区和坝下河道水质产生一定影响。

3.6 工程分析结论

通过工程分析，结合工程区的环境现状特征，可以认为：清水河水利枢纽工程建设符合国家产业政策要求，符合国家与地方相关规划。工程建设是十分必要的，工程选择的供水规模等设计方案具有环境合理性。

工程施工期的环境影响主要有：工程占地对地表植被、陆生动植物等生态环境的影响；工程开挖与弃渣堆放产生的水土流失问题；施工“三废一噪”对环境的影响。施工期环境影响是暂时的、局部的。

工程运行期基本不产生污染物，但水库调水对流域水资源利用产生影响，水库蓄水和调水对水库库区、坝下河道的水文泥沙情势、水温、水质、水生生态等将产生影响，这些环境影响将是工程环境影响评价的重点，也是应采取环境保护措施的重点。

4 环境现状

4.1 自然环境

4.1.1 流域概况

南盘江是珠江主源，流域地处云贵高原西部，跨云南、贵州、广西三省(自治区)，位于东经 $102^{\circ}15' \sim 106^{\circ}27'$ 、北纬 $23^{\circ}15' \sim 25^{\circ}57'$ 之间，流域面积 56880km^2 ，其中云南省境内 43602km^2 ，占 77%。流域内集水面积在 2000km^2 以上的一级支流有 6 条，其中从干流右岸汇入的有曲江、泸江、清水江三条，从左岸汇入的有甸溪河、黄泥河、马别河三条。

清水江为南盘江右岸的一级支流，位于云南省文山州北部，地处东经 $103^{\circ}51' \sim 104^{\circ}46'$ 、北纬 $23^{\circ}37' \sim 24^{\circ}38'$ 之间。清水江发源于砚山县的回龙水库，从上游至下游流经砚山、丘北、广南三县，于丘北县的坝达村汇入南盘江，全长 229km ，集水面积 5117km^2 ，其中文山州境内流域面积 4728km^2 ，总落差 790m ，河道平均坡降 3.4%。清水江南支为南丘河，北支为清水河，南丘河、清水河汇合后称清水江。

南丘河发源于砚山县回龙水库，河流呈南北流向，流经砚山城区、者腊、干河、维摩等乡镇，进入丘北县天星乡，在法白堂上村与清水河交汇后进入清水江，全长 110km ，集水面积 1746km^2 ，落差 140m ，河道平均比降 4.1‰，其中干河镇以上称公革河。境内多为岩溶地貌，地表水展布格局受岩性和地质构造的控制，径流存在异向排泄的问题，分水岭难以确切划分，如长岭街，岔路口等地，大面积溶斗网格排列十分典型。南丘河于 1959 年建成听湖水库，流域面积 85.6km^2 ，总库容 1758万 m^3 ，主要任务为灌溉。

清水河为珠江流域西江水系南盘江二级支流、清水江左岸一级支流，流域面积 1533.5km^2 ，径流量 5.2 亿 m^3 ，最枯流量 $1.2\text{m}^3/\text{s}$ ，总落差 355m 。清水河发源于摆落泉（红旗水库），水流走向呈西北至东南，经打磨山至八角山注入普者黑湖，再经桥头、丘北县城北北门、碧松就、平寨、卡纳至堂上村汇入清水江，全长 86km 。清水河源头建有红旗水库（中型），中上游坝区干流为普者黑湖，沿途水源补给点有大小泉水、支流 80 余处。红旗水库始建于 1958 年，2012 年经除险加固，总库

容 5720 万 m^3 ，径流面积 151.37 km^2 ，其中地表径流面积 11.37 km^2 ，地下径流面积 140 km^2 ，是丘北县城区备用水源，是丘北大型灌区、新工业园区及周边乡镇常备水源。水库功能以饮用为主，兼顾防洪、灌溉、发电、旅游等。

4.1.2 地质环境

4.1.2.1 地形地貌

工程区地处云贵高原南部，北西、南东与西南部地势较高，海拔一般在 1200~1900m，东北部地势较低，海拔一般在 1200~1500m；南北向山岭依次降低，河流切割强烈，形成带状山岭和山间谷地相间分布，谷底面积狭窄，带状山岭峰峦重叠，峡谷深 400~800m。地形地貌主要受区域构造控制，山脉分布与区域构造线基本一致。

碳酸盐岩占测区面积约 66%左右，在湿润多雨的亚热带气候条件下，岩溶地貌广泛发育，形态多样，为典型的亚热带岩溶。

区内地貌可划分为构造侵蚀地貌、溶蚀地貌、侵蚀溶蚀地貌、剥蚀地貌、构造堆积地貌、堆积地貌等六大类型。

构造侵蚀地貌包括中山峡谷和低中山沟谷两种主要类型；溶蚀地貌包括峰丛谷地、峰林谷地、峰丛洼地、峰林洼地、溶盆孤峰等，单体形态包括洼地、漏斗、落水洞、溶洞、暗河等；侵蚀溶蚀地貌包括中山、低中山、谷盆等三种类型；剥蚀地貌主要为中低山，分布在阿猛、子母嘎、补佐、秉烈等；构造堆积地貌主要包括文山断陷堆积盆地、阿猛构造溶蚀盆地以、砚山断拗堆积-溶蚀盆地；堆积地貌包括阶地和洪积扇等，分布在河流两岸。南盘江为区域内最低排泄基准面。

4.1.2.2 区域地层

工程区地处扬子地层区与华南地层区的分界处，属于滇东南分区个旧丘北小区。除古生界寒武系下统与志留系、中生界侏罗系与白垩系地层缺失外，从古生界寒武系~二叠系、中生界三叠系、新生界第三系~第四系地层均有分布，工程区出露地层主要为古生界石炭系与二叠系、中生界三叠系地层。

4.1.2.3 区域地质构造与地震动参数

工程区一级大地构造单元为华南褶皱系，二级构造单元属滇东南褶皱带文山-富宁断褶带。表现在地质力学机制和构造体系形迹上，即由于青藏川滇“歹”字型

构造体系、川滇经向构造体系及南岭纬向构造体系的交接复合，显示出多次构造运动塑造出的复杂形迹，不同规模、方位、序次的构造形迹均比较发育，其中以扭动构造体系最为显著。由于南岭东西向复杂构造带西段与旋扭构造、弧形构造、北东向构造带的复合，其西南部发育岭南东西向构造带西延部分，北部发育岭南东西向构造带。

与工程关系最为密切的是北东向构造，位于天星以东，发育在中生代地层中，由数条褶皱和断裂组成。自西向东有龙头坡背斜、古勒向斜、廷里背斜、大法白向斜及四塘~居那革断裂、以勒~保家邑断裂。此外，测区还发育扭动构造体系，主要有阿猛山字型构造、秉烈弧形构造、树皮弧形构造。

本区地处Ⅵ度抗震设防区，根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，枢纽工程区位于丘北县天星乡及砚山县维摩乡，基本地震动峰值加速度为 0.05g，地震基本烈度为Ⅵ度；输水工程区涉及三县，分别位于砚山县江那镇、维摩乡、阿猛镇，丘北县天星乡、树皮乡，广南县珠琳镇，基本地震动峰值加速度均为 0.05g，地震基本烈度均为Ⅵ度。马关—文山—砚山以西地区，地震动反应谱特征周期为 0.45s，马关—文山—砚山以东地区，地震动反应谱特征周期为 0.35~0.40s。

4.1.2.4 区域水文地质

工程区水系主要属于珠江、红河两大水系，珠江水系内的地下水自分水岭向北径流排泄，在天星、维摩一带，由于地下暗河发育，其地下水排泄方向为北西到南东向，红河水系内的地下水则自分水岭向南径流排泄。

根据调查区内的水文地质条件的差异性 & 地下水的补给、径流、排泄条件及岩溶水系统条件，以地下（地表）分水岭、隔水（阻水）界线为单元边界划分依据，将调查区进一步划分为 8 个水文地质单元。详见图 4.1-1，根据工程所在地理位置，本节主要介绍天星水文地质单元（Ⅰ）、独弄—法白水文地质单元（Ⅱ）、树皮水文地质单元（Ⅲ）、古登水文地质单元（Ⅳ）、平老水文地质单元（Ⅴ）、南丘水文地质单元（Ⅵ）。

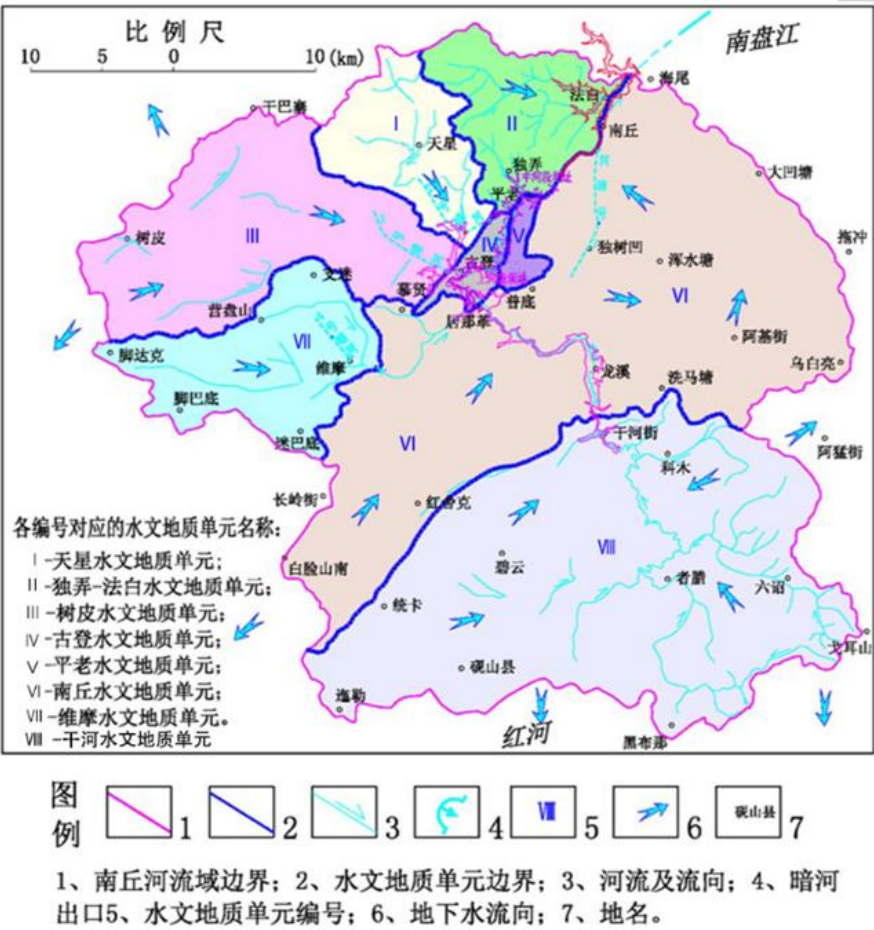


图 4.1-1 区域水文地质单元划分简图

(1) 天星水文地质单元 (I)

天星水文地质单元的地形地貌区域上以构造溶蚀低中山为主，微地貌为天星孤峰盆地、谷地、峰丛洼地等，地势西高东低，补给、径流区的高程在 1500~1800m。以勒暗河排泄点为最低点，高程为 1385m，单元面积 95.39km²。

单元出露地层主要为 C2m、P1q+m、P2w、T1x、T1y、T2g、T2ba 等，主要分布碳酸盐岩类岩溶水含水层为 P1q+m、P2w、T1x、T1y、T2g，基岩裂隙水含水层组为 T2ba，岩溶较为发育，主要有洼地、落水洞，局部发育漏斗、溶洞；岩溶水富水性强—较强，裂隙水富水性中等—较弱。

水文地质单元以勒暗河系统为划分依据，东界以大母其至以勒断裂为隔水边界；北部边界以地表分水岭兰马山—哨厂—老八坡一线为界；西部边界以地表分水岭老八坡—大山一线为界；南部边界以两个岩溶水系统的分水岭大山—拖租箐—马草田一线为界。

该水文地质单元的补给源主要为大气降水和地表水补给，补给区为单元西部

的天星盆地至扭堡的峰丛洼地。大气降水通过洼地、落水洞及溶隙渗入补给地下水，地表水主要通过两个地段补给地下，一是天星盆地地表水通过小横垭口的落水洞流入补给地下水，二是扭堡谷地内的沟水通过松毛塘落水洞群流入补给地下水。总体上单元的地下水流向在天星—扭堡地带为西北向东南方向径流，地下水向东方向受到大母其至以勒断裂的阻隔（T2f 为相对隔水层），使得地下水发生转向而向东北方向（以勒方向）径流，最后从最低点的以勒暗河出口排泄。

（2）独弄—法白水文地质单元（II）

独弄—法白水文地质单元的地形地貌区域上为构造侵蚀、溶蚀中山地貌，地势总体上西高东低，单元的最高点为西南部的西牛山，高程为 1951.3m，最低点为南丘河法白村段，高程点为 1250m，由于受北东向构造的影响，使得单元内山体和小谷地呈北东向展布，小谷地内沟水最后汇流至南丘河，单元面积 102.02km²。

单元出露地层主要为 D2d、D3l、C1d、C2w、C3m、P1q+m、P2n+c、T1x、T1y、T2b、T2l 等，其中主要地层以 T2b、T2l 的碎屑岩夹碳酸盐岩透镜体为主，其余地层层出露面积较小，且呈条带状分布，使得含水层组以基岩裂隙水为主，碎屑岩与碳酸盐岩的岩溶水次之，碳酸盐岩岩溶水分布面积最少，在碎屑岩与碳酸盐岩北东走向界面多发育洼地，位置相对较高，且局部洼地内还发现充水落水洞，地下水多沿该接触面运移，在地势相对低洼谷地以泉点的形式出露，使得单元内的地下水沿碳酸盐岩透镜体呈带状分布。

水文地质单元以南丘河为最低排泄基准面，以周边的地表分水岭作为单元边界的划分依据，东、南界为南丘河排泄基准面一线；北部边界以地表分水岭阿拉鲁—以甲一线为界；西部边界以地表分水岭以勒—马鞍山—五羊坡及断层一线为界。

该水文地质单元的补给源主要为大气降水，补给区为单元内部山体斜坡区和部分洼地区。大气降水通过构造裂隙、溶蚀洼地、落水洞及溶隙渗入补给地下水。总体上单元的地下水流沿岩层走向（北东向）由南西到北东向运移，在地势低洼处的碎屑岩与碳酸盐岩透镜体接触带附近以泉点的形式排泄，使得泉点的排泄高程不一致，但总体上向南丘河方向运移。

（3）树皮水文地质单元（III）

树皮水文地质单元的地形地貌区域上以构造溶蚀低中山为主，微地貌为天星孤峰盆地、谷地、峰丛洼地等，地势西高东低，补给、径流区高程在 1550~1850m，以古登暗河排泄点为最低点，高程为 1420m，单元面积 234.85km²。

单元出露地层主要为 P1q+m、P2w、T1x、T1y、T2g、T2f 等，主要分布碳酸盐岩类岩溶水含水层为 P1q+m、P2w、T1x、T1y、T2g，少量的基岩裂隙水含水层组为 T2f，岩溶较为发育，主要有洼地、落水洞，局部发育漏斗、溶洞；岩溶水富水性强—较强，裂隙水富水性中等—较弱。

水文地质单元以古登河系统为划分依据，东界以大母其至以勒断裂为隔水边界；北部边界以干巴塞—古登地表分水岭为界；西部边界以脚达克—树皮—干巴塞一线地表（地下）分水岭为界；南界以分脚达克—营盘—支迷一线 T2f 相对隔水层为界。

该水文地质单元的补给源主要为大气降水，大气降水通过洼地、落水洞及溶隙渗入补给地下水，总体上单元的地下水流向在由西向东方向径流，地下水在大母其至以勒断裂受到断裂的阻隔最终沿暗河出口向南丘河支流排泄。

（4）古登水文地质单元（IV）

古登水文地质单元的地形地貌区域上以构造侵蚀低中山河谷为主，微地貌为河谷、山体斜坡区等，地势中间低两侧高，补给、径流区高程在 1500~1690m，最高点为龙郎大山，高程点为 1689.7m，最低点为南丘河以勒段，高程为 1330m，单元面积 18.86km²。

单元出露地层主要为 T2f 等，为基岩裂隙水，岩溶水富水性中等—较弱；

水文地质单元以南丘河两岸碎屑岩和碳酸盐岩接触面为依据，东、西、南界线以碎屑岩和碳酸盐岩接触面为界，北界为以勒段的南丘河支流；

该水文地质单元的补给源主要为大气降水补给，补给区为单元内的山体斜坡区。大气降水通过构造裂隙、风化裂隙渗入补给地下水，单元内未发现泉点。总体上单元的地下水流向南丘河方向径流，从就近的低洼河谷处地下水以面流或散流形式出露，最后汇成小溪流。

（5）平老水文地质单元（V）

古登水文地质单元的地形地貌区域上以构造侵蚀、溶蚀低中山河谷为主，微地貌为河谷、洼地、山体斜坡等，地势总体上东高西低，补给、径流区高程在 1500~1630m，最高点为阿革卡上寨后山，高程点为 1631m，最低点为南丘河以平老段，高程为 1310m，单元面积 12.91km²。

单元出露地层主要为 P2w、T2bb 等，为碳酸盐岩与碎屑岩互层的岩溶水，岩溶水富水性中等—较弱；

水文地质单元以南丘河两岸碎屑岩和碳酸盐岩接触面为依据，西界线以碎屑岩（T2f）和碳酸盐岩（T2bb）接触面为界；东界线以北段以四塘—居那革断裂（碎屑岩与碳酸盐岩（T2bb）接触面）为界，南段与 P2w 的碎屑岩作为相对隔水边界；北界为平老段的南丘河为界；南界以地表分水岭为界；

该水文地质单元的补给源主要为大气降水，补给区为单元内部山体斜坡区和部分洼地区。大气降水通过构造裂隙、溶蚀洼地、落水洞及溶隙渗入补给地下水。总体上单元的地下水流沿岩层走向（北东向）由南西到北东向运移，在地势低洼处的碎屑岩与碳酸盐岩透镜体接触带附近以泉点的形式排泄，局部在南丘河的白沙湾段附近就近排泄，排泄标高约在 1400m。

（6）南丘水文地质单元（VI）

工程区主要属于南丘河单元，其补给区主要地貌形态为残丘坡地、峪丛谷地、岩溶中低山等，径流区地貌以峰丛洼地为主，排泄区为南丘河岩溶河谷，排泄形式为大泉与暗河。

南丘水文地质单元的地形地貌区域上以构造溶蚀低中山为主，微地貌为孤峰盆地、谷地、峰丛洼地等，地势南高北低，补给、径流区，高程在 1500~1700m，以南丘河排泄点为最低点，高程为 1230m，单元面积 626.54km²。

单元出露地层主要为 C1d、C2w、C2m、P1q+m、P2w、T1x、T1y、T2g、Ey 等，主要分布碳酸盐岩类岩溶水含水层为 C1d、C2w、C2m、P1q+m、P2w、T1x、T1y、T2g，岩溶较为发育，主要有洼地、落水洞，局部发育漏斗、溶洞；岩溶水富水性较强。

水文地质单元以南丘暗河系统为划分依据，东界以海尾—拖冲—乌亮白一线地表（地下）分水岭为界；南界以统卡—红舍克—干河一线 T1x 相对隔水层及干河—洗马塘附近 T2f 地表分水岭为界；西界南段以长岭街—白脸山南地表分水岭，北段以迷巴底—维摩 Ey、T1x 相对隔水层及大母其至以勒断裂阻水段为界；北界西段以碎屑岩与碳酸盐岩接触面（T2bb 与 P2w、T2f 与 P1q+m、T2g 与 T2f），东段以南丘河为界。

该水文地质单元的补给源主要为大气降水和地表水补给，补给区为单元南部（长岭街至龙溪大面积的碳酸盐岩）和东部峰丛洼地区域。大气降水通过洼地、落水洞及溶隙渗入补给地下水，地表水主要通过河谷地及低洼处的落水洞流入补给地下水。总体上单元的地下水流通过地下岩溶管道系统由南向北运移，最后从单元

北端南丘河右岸的暗河出口及大小泉点排泄进入河道。

4.1.2.5 评价区工程地质

评价区岩溶主要发育在碳酸盐岩及碎屑岩夹碳酸盐岩地层中，其中库区右岸及左岸支沟处碳酸盐岩大片裸露，谷地和洼地分布有红色粘土，岩溶发育程度强，评价区主要岩溶形态有泉、岩溶洼地、落水洞、溶洞和地下暗河。

① 泉

评价范围内共调查发现泉 20 处，其地理位置分布见图 4.1-2，泉的水文地质特征见表 4.1-1。其中库区及附近范围内出露泉 5 处，其编号分别为 S2、S3、S4、S5、S6，主要分布在三叠系中统版纳组灰岩地层中，流量 0.9~9L/s，另外 15 处泉的位置距离库区淹没范围超过 1 公里，受水库蓄水的影响较小。

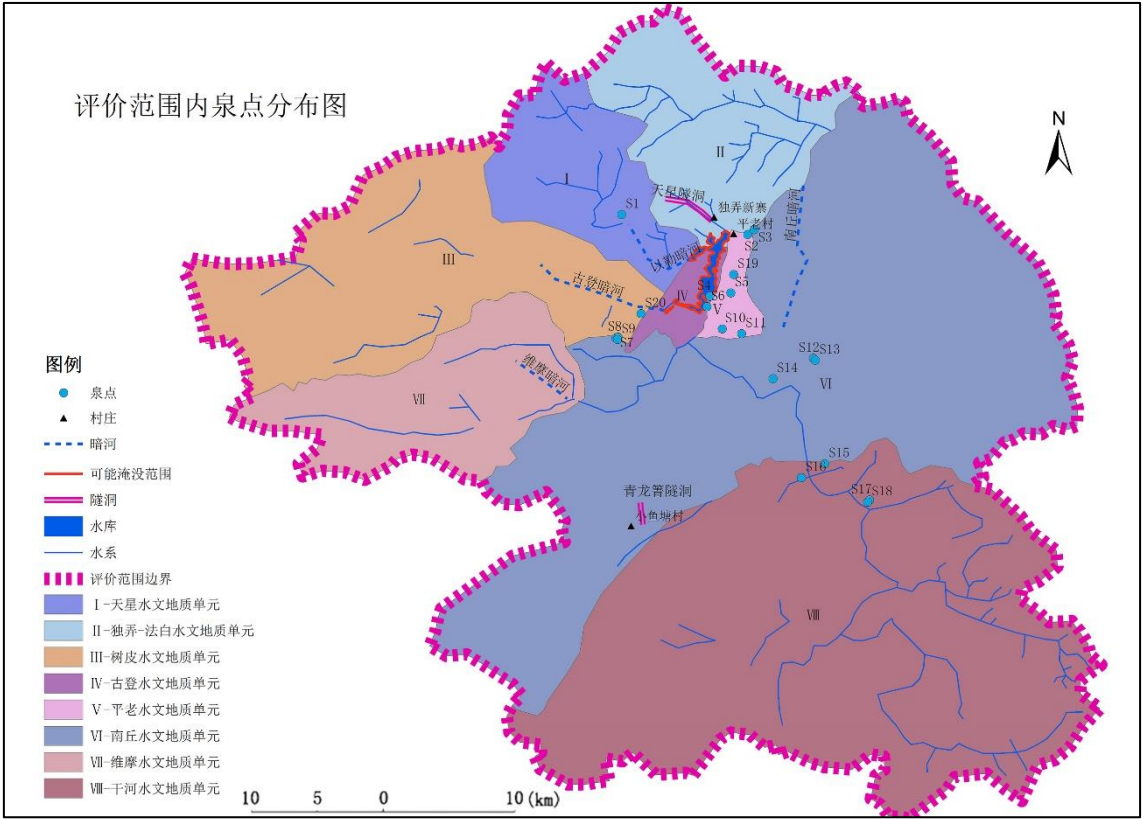


图 4.1-2 评价范围内泉点分布图

表 4.1-1 评价区泉点水文地质特征统计表

泉点 编号	野外编号	坐标		出露地层	流量 (L/s)	时间	泉点类型
		X	Y			年/月/日	
S1	13-D6	2646848	428658	T2g	5	2016/11/7	下降泉
S2	31-D9	2645475	437695	T2b	0.9	2016/11/20	下降泉
S3	16-D24	2645816	438120	P2w	9	2016/11/13	下降泉
S4	9-D7	2641060	435001	T2b	8	2016/11/3	上升泉
S5	7-D22	2641161	436169	T2b	7.6	2016/11/1	上升泉
S6	9-D5	2640640	434660	T2b	2.7	2016/11/3	上升泉
S7	3-D43	2638259	428552	P1q+m	1.5	2016/10/29	下降泉
S8	3-D42	2638318	428725	P1q+m	39	2016/10/29	下降泉
S9	3-D40	2638159	428775	P1q+m	1	2016/10/29	下降泉
S10	21-D1	263885	435815	P2w	3	2016/11/14	下降泉
S11	18-D20	2638473	436932	P2w	3	2016/11/14	下降泉
S12	22-D20	2636924	442262	P2w	1.5	2016/11/18	下降泉
S13	22-D21	2636855	442299	T2b	0.5	2016/11/18	下降泉
S14	22-D7	2635257	439357	P2w	3	2016/11/18	下降泉
S15	27-D13	2629568	443146	T2f	3	2016/11/20	下降泉
S16	27-D12	2628538	441351	T2g	0	2016/11/20	间歇泉
S17	28-D4	2627029	446220	P2w	3.5	2016/11/21	上升泉
S18	28-D3	2626891	446141	P2w	1	2016/11/21	上升泉
S19	15-BD3	2642659	436722	P2w	1	2016/11/28	上升泉
S20	—	2639743	430434	T2g	5	2016/12/2	下降泉

② 岩溶洼地

评价区岩溶洼地多为长条形封闭—半封闭型洼地，面积大小不一。洼地内发育多处漏斗或落水洞，且多被粘土状物质填塞。正常蓄水位以下共计发育洼地 5 个，位于以勒东。详见图 4.1-3 和表 4.1-2。

表 4.1-2 正常蓄水位以下岩溶洼地统计表

编号	坐标位置		发育高 程(m)	长轴方 向 (°)	长轴 (m)	短轴 (m)	深(m)	短长轴比
	E	N						
WD050	104.3786	23.9198	1395	65	30	15	5	65
WD056	104.3902	23.9143	1405	20	30	25	10	0.83
WD082	104.3615	23.8687	1399	10	60	40	12	0.67
WD083	104.3604	23.8659	1405	10	50	40	8	0.80
WD074	104.365	23.8917	1341	45	100	70	10	0.70

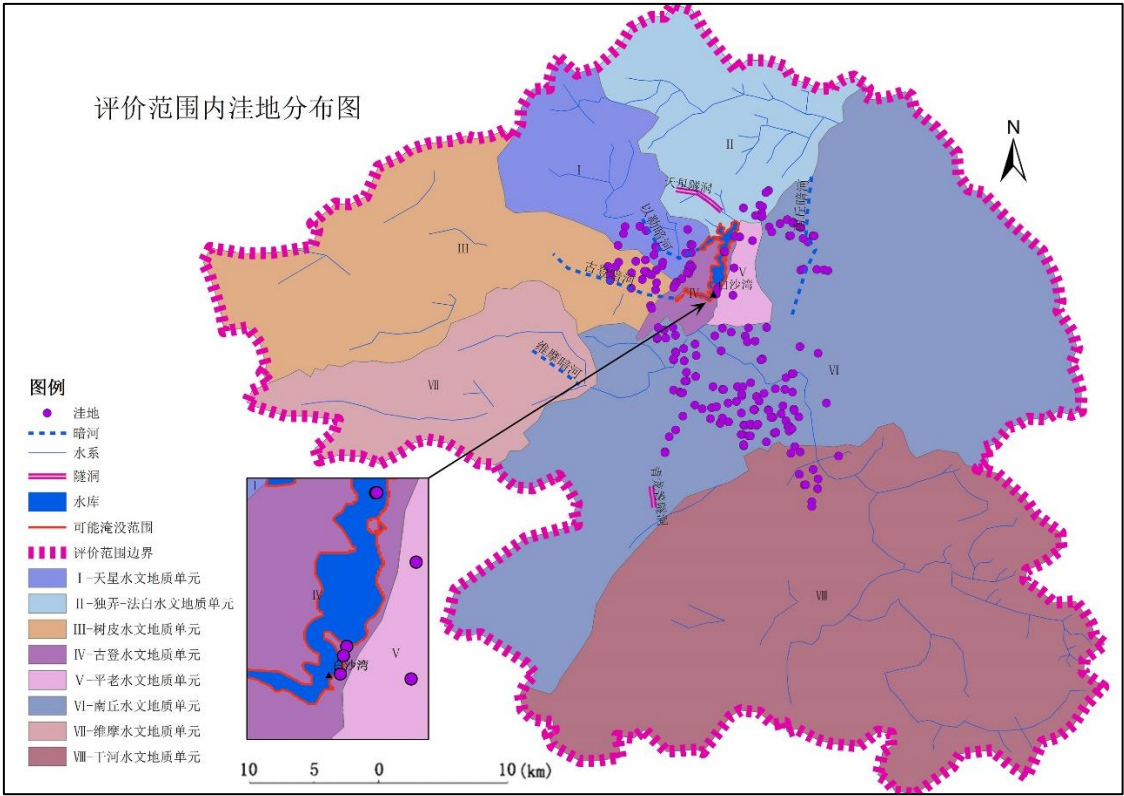


图 4.1-3 评价范围内洼地分布图

③ 落水洞与溶洞

评价区落水洞多呈串珠状分布于岩溶洼地的底部，在近岸缓坡地段亦有零星发育。落水洞平面形态多呈近椭圆形，长轴方向与洼地延伸方向基本一致，漏斗直径一般十几米至数十米，落水洞洞径一般为几米至十几米，为库区两岸消落、排泄地表水的主要通道。其中库区范围附近共计发育落水洞 2 个，详见表 4.1-8。评价范围内落水洞分布见图 4.1-4。

表 4.1-3 正常蓄水位以下及库区附近落水洞统计

编号	位置	发育高程(m)	直径(m)	深度(m)	消水方向 (°)	消水量(L/s)
LD020	以勒东南	1341	1.5	1	120	1.5
LD030	白沙湾	1399	3	1	20	-

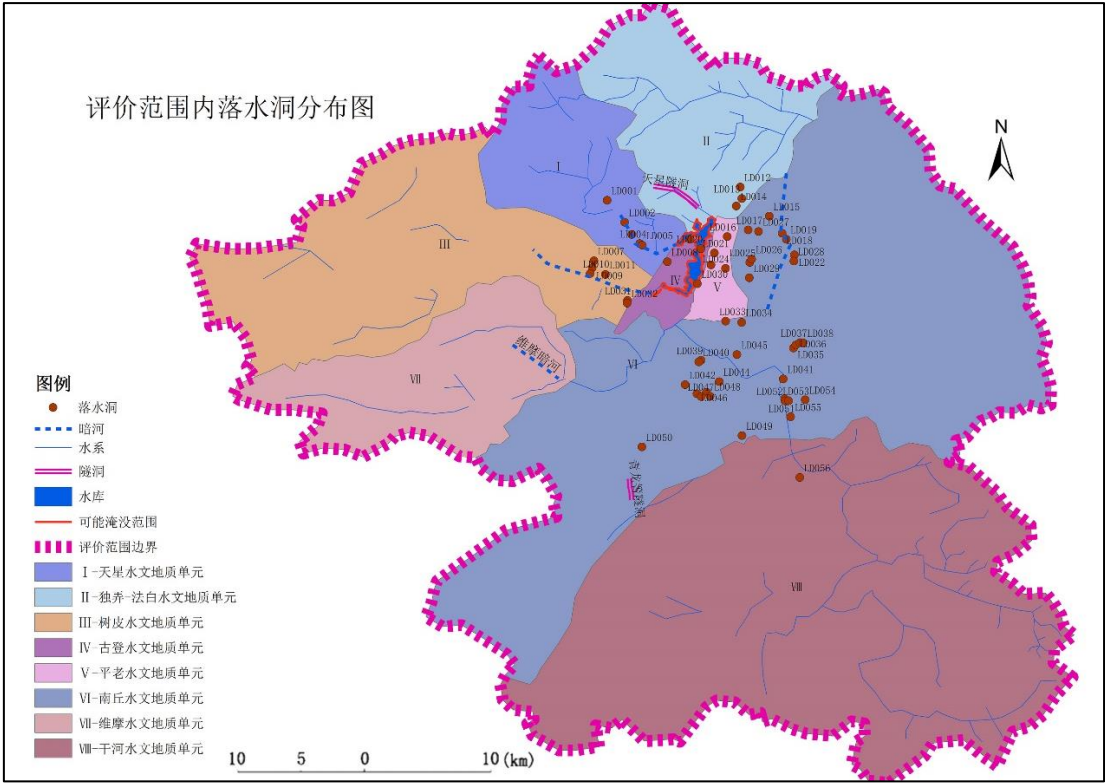


图 4.1-4 评价范围内落水洞分布图

评价区溶洞主要发育于河谷岸坡及洼地周边。多沿裂隙或顺层发育。洞口形态呈扁长形、近椭圆形或不规则形，洞径一般 0.3~3m，洞身长短不一。除近河谷底外，多数无经常性流水。正常蓄水位以下及淹没区附近溶洞发育情况见表 4.1-4，RD07 和 RD10 现状条件下已经被河水淹没；RD38 在蓄水后未被淹没。评价范围溶洞分布图见图 4.1-5。

表 4.1-4 正常蓄水位以下及库区附近溶洞统计

编号	坐标位置		发育高程(m)	高(m)	宽(m)	深(m)	发育方向(°)	备注
	E	N						
RD07	104.3683	23.8982	1331	/	1.5	>2	/	/
RD10	104.365	23.8917	1341	/	/	/	/	/
RD38	104.3674	23.9081	1400	1.3	1.8	>30	120	顺层呈 60° 向下发育

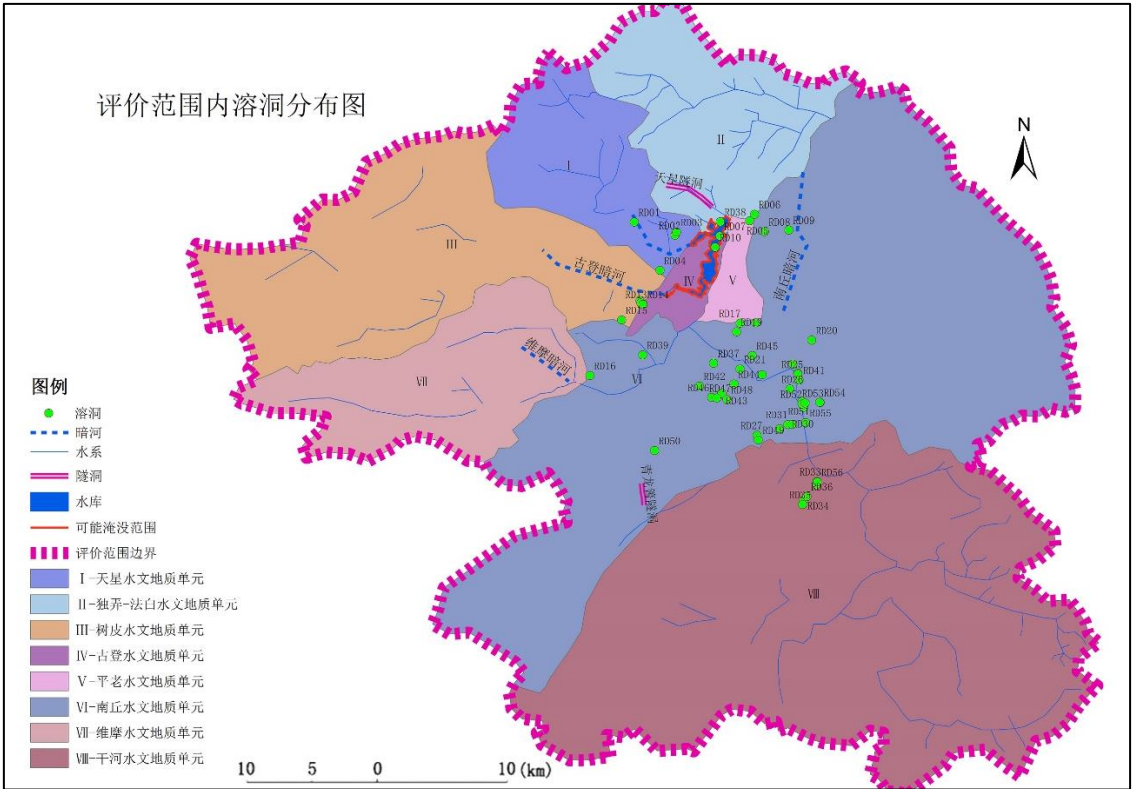


图 4.1-5 评价范围内溶洞分布图

④ 地下暗河

评价范围内共有 4 条暗河，分别为南丘暗河、以勒暗河、古登暗河、维摩暗河，4 条暗河的位置见图 4.1-4。其中，南丘暗河和维摩暗河距离库区较远，不受水库蓄水的影响。库区及附近范围内发育有以勒、古登 2 条暗河。其中，古登暗河补给面积小，岩溶一般发育，径流不长，故流量小，枯值 100~150L/s 左右，且位于库尾以上，暗河出口高程 1419m，高于水库正常蓄水位（1392m），因此，水库建设对此影响不大。以勒暗河补给面积较大，岩溶发育，径流长，流量较大，枯值 200~300L/s 左右，该处暗河地下水位高程在 1380~1420m，部分低于库区正常蓄水位 1392m，水库蓄水后会引引起以勒暗河的排泄基准面抬升，造成地下水位的升高。

表 4.1-5 暗河特征统计表

暗河编号	位置	高程(m)	出露地层	流量(L/s)	水文地质结构类型	排泄基准	暗河定型时期
2	以勒西	1373	T2g	500	缓褶	隔水边界	Q1-4
3	古登老寨西	1419	T2g	150	缓褶	隔水边界	Q1-4

4.1.2.6 地表水-地下水水力联系

评价区地下水与地表水主要通过地下暗河、溶洞或基岩裂隙等进行联系。评价区共调查发现岩溶地下暗河 4 条（1 号南丘暗河、2 号以勒暗河、3 号古登暗河、4 号维摩暗河），溶洞 40 个。其中位于库区附近的溶洞有 RD38、RD07 和 RD10 共 3 个溶洞，溶洞 RD07 和 RD10 由于高程低于现状和水库蓄水位，在现状和蓄水后均被淹没；RD38 高程 1400m，高于正常蓄水位 1392m，水库蓄水后与该溶洞联系有限。维摩暗河、南丘暗河和其余溶洞距库区较远，工程建设对其影响甚微，2 号暗河与 3 号暗河距库区较近，地表均对应应有落水洞、溶洞、泉、洼地等出露，与地表水联系密切，可能与水库存在一定的水力联系。本节对其进行主要分析。

2 号以勒暗河出露地层为 T2g 含水层，周围岩溶裂隙较为发育，沿地下暗河发育落水洞，局部发育泉、溶洞；岩溶水富水性中等—较强，裂隙水富水性中等—较弱。在地下暗河源头附近，沿地下暗河连续分布大小不一的落水洞 LD001、LD002、LD003、LD004、LD005，发育溶洞 RD01，泉 S1，其地理位置见图 4.1-2 和图 4.1-5，表明该范围内地下水与地表水交换比较频繁。在此范围内，大气降水和地表水沿洼地、落水洞及溶隙渗入地下水，其赋存空间以岩溶小管道、溶隙等为主。

在 2 号暗河临近库区区域周围，存在有落水洞 LD006、LD007、LD008，洼地 WD11、WD12、WD13、WD14、WD15，无溶洞分布，但上述落水洞、洼地的高程均高于水库正常蓄水位的 1392m，因此 2 号暗河近库区域在工程蓄水后，正常蓄水后导致的暗河水位上升不至引起附近落水洞、洼地等涌水。

库区东侧以勒至白沙湾段右岸北部，距库尾约 600~2000m 范围内泉、落水洞、溶洞较为发育，发育有落水洞 LD006、LD021、溶洞 RD07、RD10，密切联系着地表水与地下水，具体位置见图 4.1-2 和图 4.1-5。库区地下水的补给源主要为大气降水和地表水，补给区为山体斜坡及洼地补给，大气降水通过岩溶裂隙、洼地及落水洞渗入补给地下水，总体上单元的地下水流向南丘河方向径流，从就近的低洼河谷处地下水以面流或散流形式出露，最后汇成小溪流。该区域含水层组以 T2f 地层的碎屑岩基岩裂隙水为主，富水性中等-较弱，右岸部分为 T2bb 碳酸盐岩夹层含水层，地下水的赋存空间以裂隙为主，由东向西径流，排泄高程 1365~1375m，低于水库正常蓄水位 1392m，因此在水库正常蓄水后库区附近的落水洞、溶洞、洼地等被淹没。

3 号古登暗河出露地层为 T2g 含水层，岩溶较为发育，主要有洼地、落水洞为

主，局部发育漏斗、溶洞；岩溶水富水性强—较强，裂隙水富水性中等—较弱。距离 3 号暗河南侧 600~900m、距离暗河源头 7000~8000m 的龙潭寨处岩溶裂隙较为发育，沿地下暗河连续分布大小不一的落水洞、洼地和溶洞，如落水洞 LD014、LD018 和溶洞 RD11、RD12、RD13、RD14。沿暗河分布有大量落水洞，如距离 3 号地下暗河源头出 2600~2700m 处集中出露落水洞 LD007、LD008、LD009、LD010、LD011，具体地理位置见图 4.1-4。以上所述两个局部区域内，地下水与地表水水力联系紧密。地下水的补给源主要为大气降水和地表水，大气降水和地表水通过洼地、落水洞及溶隙渗入补给地下水。地下水流总体上向由西向东径流，在大母其至以勒断裂受到断裂的阻隔最终沿树皮水文地质单元最低排泄点的 3 号暗河出口向南丘河支流排泄。3 号暗河及周边地势较高，在 1420m 以上，高于水库正常蓄水位 1392m，故水库蓄水后不会淹没该范围。

4.1.3 气候与气象

工程区地处气候属亚热带季风气候区，夏季盛行东南风，冬季多吹北风及偏北风。同时，流域地处低纬度地区，地形变化复杂，气候随海拔高程呈明显的垂直变化。

工程区多年平均气温 16.3℃，多年月平均气温均高于 8℃，其中 5~8 月份平均气温高于 20℃，极端最高气温达 35.8℃，极端最低气温-7.6℃。年无霜期 275 天，多年平均水面蒸发量 1034mm（E-601），多年平均相对湿度 78%，多年平均风速 2.1m/s，最大风速 20m/s，最大风速相应风向为西、西西南向，其中，多年平均年最大风速为 9.5m/s。

4.1.4 水文泥沙

（1）径流

清水江流域径流主要由降水形成，径流时空变化特性与降水时空变化基本一致。根据附近水文站天然径流系列统计：径流年际变化较大，最大年径流量为 17.9 亿 m³（1971 年），最小年径流量为 5.03 亿 m³（2011 年），多年平均径流量为 10.55 亿 m³；径流年内分配不均，汛期 6~10 月径流量占年径流量的 66%，尤以 8~9 月最为集中，其径流量占年径流量的 32%，非汛期 11 月~翌年 5 月径流量仅占年径流量的 34%，尤以 3~4 月份最枯，径流量仅占年径流量的 7.1%。坝址处设计径流

量详见表 4.1-6。坝址 1970~2017 年多年月平均径流量及逐月流量详见表 4.1-7。

表 4.1-6 坝址设计径流成果 单位：亿 m³

均值	Cv	Cs/Cv	不同频率（%）设计值						
			5	10	25	50	75	90	95
3.64	0.35	2.5	6.00	5.35	4.37	3.46	2.71	2.17	1.90

表 4.1-7 坝址 1970~2017 年多年月平均径流量及逐月流量

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
径流量 (亿 m ³)	0.07	0.06	0.06	0.06	0.09	0.47	0.65	0.83	0.69	0.47	0.11	0.09	3.64
流量 (m ³)	2.61	2.48	2.24	2.31	3.36	18.1	24.2	30.9	26.6	17.5	4.24	3.36	11.5

（2）洪水

清水江流域洪水由暴雨形成，流域产生暴雨的天气系统主要为低槽、切变、低涡、副高边缘、南海台风和赤道辐合带等，而大暴雨多数是低涡与低槽类天气系统所造成。本流域河流为南北流向，与本地区雨季暴雨水气输入的方向相垂直，流域内上下游暴雨强度变化不很大，由于地形和海拔高度的影响，降水量一般有随海拔增高而增大的趋势。历年暴雨多发生在 6~9 月，一次暴雨多集中在三天内，一次洪水主要由三天降雨形成，与暴雨时间相应，洪水多发生在 6~9 月，尤以 8 月最多。坝址处设计洪水情况详见表 4.1-8。

表 4.1-8 坝址处设计洪水 洪峰：m³/s，洪量：亿 m³

集水 面积 (km ²)	洪水 要素	不同频率（%）设计值									
		0.05*1.2	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20
1539	Q _m	606	505	468	430	380	342	304	253	214	174
	W _{24h}	0.43	0.356	0.33	0.303	0.268	0.241	0.214	0.178	0.151	0.123
	W _{3d}	1.05	0.877	0.812	0.746	0.66	0.594	0.527	0.439	0.371	0.302
	W _{7d}	1.98	1.65	1.53	1.41	1.25	1.13	1.011	0.847	0.722	0.593

（3）泥沙

清水江上、中游为低山丘陵地貌，地表水系发育，上游较大河流有清水河和南丘河。较大的坝区有江那坝区，此区间河床坡度较平缓，流域内人口多分布于此，人类活动相对较多，植被覆盖差，水土流失严重，使得该河含沙量相对较大。下游地形变化较大，山高谷深，水流湍急，多跌水瀑布，河谷呈“V”型或“U”型，又地

处低纬度地区，雨量充沛，植物生长旺盛，加之人口分布相对稀疏，人类活动影响小，植被覆盖较好，多为灌木和杂草，未见大面积裸露地面。

根据清水河水利枢纽坝址处地表水集水面积，按输沙模数推求坝址入库悬移质沙量为 44.2 万 t，推移质沙量为 4.42 万 t，总沙量为 48.6 万 t，约 36.9 万 m³。

4.2 生态环境

4.2.1 陆生生态

4.2.1.1 调查时间

2017 年 8 月和 12 月，西南林业大学对评价区开展了陆生生态环境现状调查，并结合陆生生态调查资料，开展陆生生态现状评价工作。

4.2.1.2 调查范围

陆生生态调查范围与陆生生态评价范围相同，详见 1.6.4 节。

4.2.1.3 现状调查评价方法

(1) 资料收集

报告编写过程中，收集整理项目涉及区域现有生物多样性资料，参阅文山州、丘北县、砚山县、广南县林业、环保、住建等部门提供的相关资料，同时参考专业著作及科研论文。

(2) 现场调查

1) 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；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) 植被和植物调查

采取样线调查与样方调查相结合的方法对枢纽工程区、输水系统和移民安置区进行调查。样线调查即在调查范围内选择几条具有代表性的线路按不同方向沿山路、河流进行调查，沿途记载植物种类、采集标本、观察生境等。对集中分布的

植物群落及重点调查区域采取样方调查(典型样地调查记录法)，乔木群落样地面积为 20m×20m，灌丛样地面积为 5m×5m，草本样地面积为 1m×1m，记录样方内的所有植物种类，并利用 GPS 确定样方位置。

对珍稀濒危植物调查采取野外调查、民间访问相结合的方法进行。对有疑问植物采集标本并拍摄照片。

3) 陆生动物调查

陆生动物调查主要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，调查方法主要为实地考察。

根据动物物种资源调查科学性原则、可操作性原则、保护性原则以及安全性原则，对于不同的陆生脊椎动物，采用不同的调查方法：两栖类、爬行类主要以样线法为主，辅以样方法对区域内两栖、爬行类动物类群进行调查；鸟类主要采用样线法与样点法。

(3) 生态制图

采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的空间信息技术，进行地面类型的数字化判读，完成数字化的植被类型图和土地利用类型图，进行景观质量和生态质量的定性和定量评价。

遥感处理分析的软件采用 ERDAS Imagine 9.3；制图、空间分析软件采用 ArcGIS10.1。

(4) 生态影响预测

通过现状植被和土地利用类型分析，确定景观要素、基质和廊道，以及斑块类型，类斑数量、纹理规模等反映景观质量和特征参数，分析景观格局、多样性、优势度等特征，以评价景观与生态环境质量，预测分析工程建设区、建成库区的景观变化。

4.2.1.4 植被

(1) 植被类型划分

依据《中国植被》、《云南植被》和《云南森林》等植被专著中采用的分类系统，遵循群落学—生态学的分类原则并结合野外实地考察的情况，评价区内的自然植被共划分为 5 个植被类型、6 个植被亚型和 6 个群系 9 个群丛。人工植被 5 个类群。见表 4.2-1 所示。

表 4.2-1 评价区植被类型

	植被型	植被亚型	群组	群丛
自然植被	常绿阔叶林	半湿润常绿阔叶林	滇青冈林	滇青冈群落
	暖性针叶林	暖温性针叶林	云南松林	云南松群落
	落叶阔叶林	暖温性针叶林	麻栎林	麻栎、滇油杉群落
	稀树灌木 草丛	热性稀树灌木 草丛	含余甘子的中草草丛	类芦群落
				扭黄茅群落
		暖温性稀树灌木草丛	含云南松的中草草丛	紫茎泽兰群落
				白茅群落
				毛蕨菜群落
	灌丛	暖性石灰岩灌丛	竹叶椒灌丛	竹叶椒、小果蔷薇、 清香木群落
人工植被	人工杉木林			
	人工桉树林			
	园地			
	水田			
	旱地			

(2) 植被分布特征

1) 水平分布特征

评价区域处于云南省亚热带北部，在植被区划上，评级区属高原亚热带北部常绿阔叶林地带(IIAii)，滇中、东高原半湿润常绿阔叶林、云南松林区(IIAii-1)，滇中高原盆谷滇青冈林、元江栲林、云南松林亚区(IIAii-1a)。水平地带性植被为以壳斗科为优势的半湿润常绿阔叶林。

评价区受独特的高原河谷地形条件、特殊的丘陵地段石灰岩干旱条件及人为干扰的影响，形成了评价区丘陵和小山山腰及中上部的石灰岩灌丛、热性稀树灌木草丛和暖温性稀树灌木草丛的分布。暖性石灰岩灌丛分布多不连续分布，而是出现在坝区零星分布的小山头的丘陵地带；两类稀树灌木草丛则在河谷两岸成小片分布，其中热性稀树灌木草丛主要分布在评价区下游低海拔地区，暖温性稀树灌木草丛则在评价区内广泛分布。

2) 垂直分布特征

评价区植被垂直分布特征表现为：江面~1300m 以热性稀树灌木草丛为主，1200~2000m 高程主要以半湿润常绿阔叶林、云南松林、暖性落叶阔叶林、暖温性稀树灌木草丛、暖性石灰岩灌丛分布。

(3) 植被类型特征

评价区内的主要植被类型包括常绿阔叶林、暖性针叶林、落叶阔叶林、稀树灌木草丛、灌丛。自然植被的主要特征叙述如下。

1) 常绿阔叶林

评价区内分布的常绿阔叶林为半湿润常绿阔叶林。半湿润常绿阔叶林是云南省亚热带北部的地带性植被类型，也是评价区所处地域高原面上的原始植被类型，在滇中地区主要分化为滇青冈、黄毛青冈、高山栲和元江栲为优势的四种类型。评价区内该植被亚型下记录有一个群系，即滇青冈林，群系上层以滇青冈为优势，外貌常年以深绿为主，林冠整齐，层次结构清楚，大多可分为三层，即乔木层、灌木层和草本层，苔藓地被层极不明显。该群系记录有 1 个群落，即为滇青冈群落，群落高约 12m，群落总盖度 90%。乔木层高 8-9m，层盖度 40%，主要种类有滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、高山栲(*Castanopsis delavayi*)、黄毛青冈(*Cyclobalanopsis delavayi*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)等。灌木层高 5m，层盖度 45%，主要种类有坡柳(*Dodonaea viscosa*)、毛叶柿(*Diospyros mollifolia*)、金花小檗(*erberis wilsonae*)野拔子(*Elsholtzia rugulosa*)、多花杭子梢(*Campylotrois polyantha*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、香叶树(*Lindera communis*)、水红木(*Viburnum cylindricum*)、卵叶南烛(*Lyonia ovalifolia*)、马桑(*Coriaria sinica*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)等。草本层高 0.6m，层盖度 80%，主要种类有扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、黄背草(*Themeda triandra*)、饿蚂蝗(*Desmouium multiflorum*)、沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)、白牛胆(*Inula cappa*)、东紫苏(*Elsholtzia bodinieri*)、戟叶酸模(*Rumex hastatus*)等。该植被类型样方调查表见附录 2 中表 1。



图 4.2-1 滇青冈群落(吊井村)

2) 暖叶针叶林

评价区内主要分布以云南松林为代表的暖温性针叶林，仅记录有 1 个群系，该群系多分布在海拔 1200~2000m 的范围内，也仅记录有 1 个群落云南松群落(*Pinus yunnanensis* Comm)。

该群落是评价区内分布最为广泛的森林植被，多发育在阳坡或是半阳坡的山地红壤上，分布海拔在 1200~2000m 之间。群落外貌不整齐；群落高在 7~15 米之间，总盖度 75%；群落层次明显，分为乔木层，灌木层和草本层三层。

乔木层高 10 米左右，层盖度 70%；以云南松(*Pinus yunnanensis*)为单优种，也常见滇油杉(*Keteleeria evelyniana*)、高山栲(*Castanopsis delavayi*)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis*)等树种。灌木层高 1 米左右，层盖度 10-30%；主要种类有米饭花(*Vaccinium sprengelii*)、白牛胆(*Inula cappa*)、坡柳(*Dodonaea viscosa*)、小铁仔(*Myrsine africana*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、水红木(*Viburnum cylindricum*)、卵叶南烛(*Lyonia ovalifolia*)等。草本层高 0.5 米左右，层盖度 25%；主要种类有紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、毛蕨菜(*Pteridium aquilinum*)、刺芒野古草(*Arthraxon setosa*)、扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、野拔子(*Elsholtzia rugulosa*)、十字苔草(*Carex cruciata*)，常见地石榴(*Ficus ti-koua*)等藤本植物。该植被类型样方调查表见附录 2 中表 2。



图 4.2-2 云南松群落(平老村)

3) 落叶阔叶林

评价区落叶阔叶林属暖性落叶阔叶林，评价区的暖性落叶阔叶林仅见于坝址附近并呈小片分布，在评价区内只有麻栎林一个群系。该群系的特点为群落高度一般在 15 米左右，林内多有滇油杉、云南松混生。评价区记录麻栎、滇油杉群落一个群落，该群落见于坝址村子后方，有砍伐和放牧等人为干扰。群落外貌整齐；群落高约 15m，群落总盖度 90%；群落层次清楚，可分为乔木层、灌木层、草本层三

层。

乔木层高 3~6m, 盖度为 75%, 种类不多, 以麻栎(*Quercus acutissima*)为优势, 也常见滇油杉(*Keteleeria evelyniana*)、云南松(*Pinus yunnanensis*)等树种。灌木层高 1.5~3m, 盖度约 20%左右, 常见毛叶柿(*Diospiros mollifolia*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、马桑(*Coriaria sinica*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)等。草本层高 0.4~1.2m, 盖度为 50%左右, 以扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、毛蕨菜(*Pteridium aquilinum*)、紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)等为多, 常见铁叶菝葜(*Smilax mairei*)、地石榴(*Ficus ti-koua*)等藤本植物, 还见十字苔草(*Carex cruciata*)、沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)等。该植被类型样方调查表见附录 2 中表 3。



图 4.2-3 麻栎、滇油杉群落(平老村)

4) 稀树灌木草丛

稀树灌木丛是云南省一类分布十分广泛的类型, 评价区内见 2 个植被亚型, 即热性稀树灌木丛和暖温性稀树灌木丛。

① 热性稀树灌木丛

热性稀树灌木丛这一植被亚型是一类近于稳定的植被。该植被亚型中的群落多分布在干热河谷底部, 与其两侧中山上部相对高差一般在 1500 米以上。评价区为典型的干热河谷气候, 所以树木成林分布的很少, 最典型的植被类型就是干热性稀树灌木丛。该植被型依据群落结构和物种组成的不同可分为 2 个群落, 即类芦群落和扭黄茅群落。

a) 类芦群落

群落高 7m 左右, 群落盖度约 85%左右, 可分为乔木层、灌木层、草本层三层。乔木层层高约 7m, 盖度约 25%, 但乔木层物种种数和数量均较为稀少, 以云南松为优势树种, 偶见伴生有旱冬瓜; 灌木层高度 2m, 层盖度约 15%左右, 以马桑

(*Coriaria sinica*)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*)、金花小檗(*Berberis wilsonae*)、地桃花(*Urena lobata*)、芒种花(*Hypericum uralum*)等常见。草本层较为稠密，高达 1.5m，层盖度约 80%，以类芦(*Neyraudia reynaudiana*)为优势种，白茅(*Imperata cylindrica*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、紫茎泽兰(*Eupatorium coelestinum*)、小叶荩草(*Arthraxon lancifolius*)、十字苔草(*Carex cruciata*)等常见，藤本植物较少，在群落样方中仅见薯蓣(*Dioscorea opposita*)一种。该植被类型样方调查表见附录 2 中表 4。

b) 扭黄茅群落

本群落高 1.2~1.5m，盖度为 85%左右，有些地方由于受人为影响，盖度只有 50%左右，本群落通常没有乔木层，灌木层物种较少，盖度较低，甚至部分地段灌木层不发育。

灌木层高 1.2~2m，盖度在各个样地中差异较大，从 20%到 70%不等。优势种为坡柳(*Dodonaea viscosa*)，其他还有余甘子(*Phyllanthus emblica*)，毛叶柿(*Diospyros mollifolia*)，地桃花(*Urena lobata var. yunnanensis*)，雀梅藤(*Sageretia thea*)、马桑等物种。

草本层高 0.4~0.6m，几个样地中盖度从 40%到 80%不等；优势种为扭黄茅(*Heteropogon contortus*)，其他种有铁扫帚(*Lespedeza juncea*)、竹叶草(*Oplismenus compositus*)、旱茅(*Eremopogon delavayi*)、毛萼香茶菜(*Rabdosia eriocalyx*)、蟋蟀草(*Eleusine indica*)、四棱风(*Laggera alata*)、戟叶酸模(*Rumex hastatus*)等。该植被类型样方调查表见附录 2 中表 5。



图 4.2-4 类芦草丛(小龙潭电站)



图 4.2-5 扭黄茅草丛(平老村)

②暖温性稀树灌木草丛

评价区内暖温性稀树灌木草丛是半湿润常绿阔叶林或云南松林受到强烈干扰

后形成的一类稳定的植被类型,评价区内此类植被呈小片广泛分布,稀树为云南松(*Pinus yunnanensis*),记录有1个群系,即含云南松的中草草丛。本群系记录有3个群落,分别为紫茎泽兰群落、白茅群落和毛蕨菜群落。

a) 紫茎泽兰群落

紫茎泽兰群落高约0.8-1m,群落盖度约70%,群落一般分为两层,即灌木层和草本层,其中草本层为优势层。灌木层高约2m,盖度约15%,物种有马桑(*Coriaria sinica*)等;草本层高约1m,层盖度约90%,主要物种有紫茎泽兰(*Eupatorium coelestinum*)、毛蕨菜(*Pteridium aquilinum*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、十字苔草(*Carex cruciata*)、小叶荩草(*Arthraxon lancifolius*)等。该植被类型样方调查表见附录2中表6。



图 4.2-6 紫茎泽兰群落(拉脚村)

b) 白茅群落

白茅群落是评价区内分布最为广泛的一类暖温性稀树灌木草丛,群落高约1m,群落盖度约90%,群落一般分为两层,即灌木层和草本层,其中草本层为优势层。灌木层高约1m,盖度约10%,物种有马桑(*Coriaria sinica*)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)等;草本层高约1m,层盖度约80%,主要物种有白茅(*Imperata cylindrica*)、扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、毛蕨菜(*Pteridium aquilinum*)、牡蒿(*Artemisia japonica*)、十字苔草(*Carex cruciata*)、小叶荩草(*Arthraxon lancifolius*)等。该植被类型样方调查表见附录2中表7。



图 4.2-7 白茅群落(拉脚村)

c) 毛蕨菜群落

毛蕨菜群落高约 1 m，群落盖度约 75%，群落一般分为两层，即灌木层和草本层，其中草本层为优势层。灌木层高约 1.2m，盖度约 5%，物种有马桑(*Coriaria sinica*)、地桃花(*Urena lobata*)、芒种花(*Hypericum uralum*)等；草本层高约 1m，层盖度约 75%，主要物种有毛蕨菜(*Pteridium aquilinum*)、紫茎泽兰(*Eupatorium coelestinum*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、牡蒿(*Artemisia japonica*)、十字苔草(*Carex cruciata*)、小叶荩草(*Arthraxon lancifolius*)等。该植被类型样方调查表见附录 2 中表 8。



图 4.2-8 毛蕨菜群落(拉脚村)

5) 灌丛

评价区内的灌丛只有一个植被亚型即暖性石灰岩灌丛，此类灌丛多数分布在云南中部及东部昆明市、文山州、红河州等石灰岩地区。评价区内本植被亚型下只有一个群系，即竹叶椒灌丛，群系以常见竹叶椒为特征，同时也见较多的蔷薇属植物，主要分布于滇东南的文山州和红河州的石灰岩山地，海拔在 1200~2000 米左右。

右。评价区记录有一个群落，即竹叶椒、小果蔷薇、清香木群落。

本群落主要分布于评价区散生的石灰岩低山和小山，常为孤峰散生，多分布于孤立的石灰山地的山腰部分或中上部。群落高约为 1.5~3.5m，群落总盖度 85~95%；群落一般可分为灌木层、草本层两层。

灌木层高 1.5-3.5m，盖度 70~80%，主要由散生成丛的灌木和乔木组成，构成较为杂乱的丛林外貌。灌丛在石山上分布不太均匀，在部分平缓处或坡度过陡的地段较为茂密。

常见的灌木种类有竹叶椒(*Zanthoxylum armatum*)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*)、薄叶鼠李(*Rhamnus leptophylla*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)等，也常见滇青冈萌生灌丛或滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)幼树，还有牛筋条(*Dichotomanthus tristaniaecarpa*)、小马鞍叶(*Bauhinia faberi*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、多花勾儿茶(*Berchemia floribunda*)、小铁仔(*Myrsine africana*)、沙针(*Osyris wightiana*)、毛叶柿(*Diospyros molifolia*)、小漆树(*Toxicodendron delavayi*)等，也偶见白枪杆(*Fraxinus malacophylla*)、滇朴(*Celtis tetrandra*)、化香树(*Platycarya strobilacea*)、密花树(*Rapanea nerifolia*)、香叶树(*Lindera communis*)等乔木树种的幼树或小树。

草本层高 0.2~1m，盖度 10~70%不等，随环境变化较大，高低不一，甚至部分地段发育不好，层盖度低至 10%。物种主要有细柄草(*Capillipedium parviflorum*)、扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、小菅草(*Themeda minor*)、毛蕨菜(*Pteridium aquilinum*)等；还常见铁叶菝葜(*Smilax mairei*)等藤本植物。



图 4.2-9 竹叶椒、小果蔷薇、清香木群落

6) 人工植被

评价区内的人工植被主要包含人工林和农田作物植被。人工林主要为人工山木林和人工桉树林，两类人工林均零星呈小片分布；农田作物植被则是大量分布的水田和旱地，水田种植以水稻为主，甚至部分水田为雷响田，而旱地则种植玉米、

辣椒等作物，且由于评价区地处我国三七之乡，部分地段还建有零星分布的三七种植大棚。此外，评价区还有一定面积的园地分布，主要种植茶树，以及桃、李等果园。



评价区人工桉树林 评价区旱地
图 4.2-10 评价区人工植被

(4) 植被类型面积

工程评价区植被类型面积为 20293.25 hm^2 ，旱地是评价区内分布面积最大的植被，面积为 10329.42 hm^2 ，占总面积的 48.91%，暖温性针叶林是分布面积最大的一类自然植被，也是评价区内分布面积第二的植被类型，面积为 3245.58 hm^2 ，占总面积的 15.37%。暖性石灰岩灌丛分布有 3116.32 hm^2 ，占总面积的 14.76%；其它依次为稀树灌木草丛、水田等。半湿润常绿阔叶林仅有 83.16 hm^2 ，仅占评价区总面积的 0.39%，人工桉树林和人工杉木林及园地分布面积不大，分别为 0.05%、0.21%和 0.27%。详见表 4.2-2 所示。

表 4.2-2 评价区内各植被类型面积现状统计表

植被类型	面积(hm^2)	比例(%)
半湿润常绿阔叶林	83.16	0.39
暖温性针叶林	3245.58	15.37
暖性落叶阔叶林	61.72	0.29
暖性石灰岩灌丛	3116.32	14.76
稀树灌木草丛	1858.82	8.8
人工杉木林	10.2	0.05
人工桉树林	44.05	0.21
园地	57.79	0.27
水田	1486.19	7.04
旱地	10329.42	48.91
合计	20293.25	1.46

4.2.1.5 陆生植物

(1) 种类组成

根据野外考察记录,评价区共有维管植物 118 科, 302 属, 400 种。其中蕨类植物 19 科, 27 属, 40 种; 种子植物 89 科, 275 属, 360 种; 种子植物中, 裸子植物 3 科, 5 属, 6 种; 被子植物 86 科, 270 属, 354 种。被子植物中, 双子叶植物 74 科, 214 属, 284 种; 单子叶植物 12 科, 56 属, 70 种。详见表 4.2-3。

表 4.2-3 评价区维管束植物组成表

植物类群			科	属	种
蕨类植物			19	27	40
种子植物	裸子植物		3	5	6
	被子植物	双子叶	74	214	284
		单子叶	12	56	70
合计			118	302	400

(2) 植物区系分析

据统计分析,评价区的植物区系属于北亚热带与南亚热带交界带,其区系成分以热带区系成分和温带区系成分为主,热带成分占主导地位,具体表现为热带分布的属最多,共 161 属,占除世界分布外的总属数的 62.89%,其中泛热带分布的属达到 82 属;温带分布的有 95 属,占总属数的 38.11%,其中北温带分布的属 47 属,占除世界分布外的总属数的 18.36%;有 2 属属中国特有分布。详见表 4.2-4 所示。

表 4.2-4 评价区野生维管植物属的分布区类型

地理成分(吴征镒, 1991)	属数	占总数%
1. 世界分布	46	—
2. 泛热带分布	82	32.03
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	14	5.47
4. 旧世界热带分布	21	8.20
5. 热带亚洲和热带大洋洲分布	6	2.34
6. 热带亚洲和热带非洲分布	19	7.42
7. 热带亚洲分布	19	7.42
8. 北温带分布	47	18.36
9. 东亚和北美间断分布	10	3.91
10. 旧世界温带分布	15	5.86
11. 温带亚洲分布	2	0.78
12. 地中海、西亚至中亚分布	4	1.56
13. 中亚分布	0	0.00
14. 东亚分布	15	5.86
15. 中国特有分布	2	0.78
总 计	302(256)	—

(3) 重点保护植物

经调查，评价区内调查发现国家Ⅱ级重点保护植物（野生榉树）32株，主要集中分布在水库库区以勒村小组、兴隆村小组、白沙湾村小组，以及枢纽区平老村小组和普底村、拉脚村小组附近的村子附近的林中或林缘，且多为散生大树。其中分布于水库库区以勒村小组、兴隆村小组、白沙湾村小组的有25株榉树。见表4.2-5所示。评价区部分榉树见图4.2-11所示。



图 4.2-11 评价区内部分野生榉树

表 4.2-5

评价区桦树统计表

序号	位置	经纬度坐标	海拔	生境	基本特征	与位置关系
1	平老村	104.384655E, 23.906427N	1360	林内	胸径约 35cm, 树高约 14m	工程枢纽区
2	平老村	104.384624E, 23.906306N	1360	林内	胸径约 25cm, 树高约 14m	
3	平老村	104.384625E, 23.906488N	1365	林内	胸径约 20cm, 树高约 14m	
4	拉脚村	104.401306E, 23.902558N	1380	林内	胸径约 110cm, 树高约 16m	
5	拉脚村	104.401275E, 23.902533N	1380	村内, 村民房前	胸径约 120cm, 树高约 16m	
6	拉脚村	104.399836E, 23.903254N	1380	村边	胸径约 25cm, 树高约 14m	
7	拉脚村	104.399316E, 23.902832N	1385	村边, 林内	胸径约 45cm, 树高约 16m	
8	兴隆村	104.365112E, 23.872493N	1385	村子附近, 林中	胸径约 65cm, 树高约 15m	水库淹没区
9	兴隆村	104.365267E, 23.872650N	1385	村子附近, 林缘, 道路边	胸径约 50cm, 树高约 20m	
10	兴隆村	104.365099E, 23.872157N	1380	村民家门口院坝边	胸径约 60cm, 树高约 15m	
11	兴隆村	104.365828E, 23.871205N	1385	村边林缘, 道路边	胸径约 60cm, 树高约 15m	
12	兴隆村	104.364581E, 23.871107N	1385	村子附近, 林中	胸径约 70cm, 树高约 18m	
13	白沙湾村	104.361232E, 23.864321N	1378	路边, 公路修建将其下部分覆土	1 株分三叉, 分别为胸径 80cm, 树高 15m; 胸径 60cm, 树高 15m; 胸径 60cm, 树高 15m	
14	以勒村	104.357328E, 23.896618 N	1385	小学旁小山头林缘及田边	胸径约 70cm, 树高约 18m	
15	以勒村	104.357468E, 23.896765 N	1385		胸径约 40cm, 树高约 14m	
16	以勒村	104.357795E, 23.896991 N	1385		胸径约 70cm, 树高约 18m	
17	以勒村	104.358263E, 23.897011 N	1385		胸径约 60cm, 树高约 16m	
18	以勒村	104.358680E, 23.897114 N	1385		胸径约 40cm, 树高约 15m	
19	以勒村	104.356712E, 23.987928N	1390	村子后方山头林缘及田边	胸径约 50cm, 树高约 15m	
20	以勒村	104.356760E, 23.987854N	1390		胸径约 60cm, 树高约 15m	

21	以勒村	104.356690E, 23.988212N	1390		胸径约 70cm, 树高约 15m	
22	以勒村	104.354394E, 23.895500E	1390	田埂边, 路旁	胸径约 120cm, 树高约 20m, 树干下部 枯损	
23	以勒村	104.354351E, 23.895598E	1390		胸径约 100cm, 树高约 20m	
24	以勒村	104.354378E, 23.896010E	1390		胸径约 100cm, 树高约 18m	
25	以勒村	104.354126E, 23.896275E	1390	田边林缘	胸径约 70cm, 树高约 15m	
26	以勒村	104.354153E, 23.896506E	1390		胸径约 70cm, 树高约 15m	
27	以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390	路边, 田埂边, 在树 23 和树 24 之间(几乎长在一 团)	胸径约 3cm, 树高约 2m	
28	以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		胸径约 3cm, 树高约 2m	
29	以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		胸径约 3cm, 树高约 2m	
30	以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		胸径约 3cm, 树高约 2m	
31	以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		胸径约 3cm, 树高约 2m	
32	以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		胸径约 3cm, 树高约 2m	

(5) 古树名木

调查发现在兴隆村、古登寨村及以勒村有 10 株大树分布，均为漆树科黄连木属(*Pistacia*)黄连木(*Pistacia chinensis* Bunge)。详见表 4.2-6，评价区部分黄连木见图 4.2-12 所示。



兴隆村村委会附近 1 株古树 老古登寨村子内田边古树 白沙湾村村小组球场边古树



以勒村小学对面古树 以勒村村内古树 以勒村村内古树

图 4.2-12 评价区内部分古树名木

表 4.2-6 评价区古树统计表

物种	序号	位置	经纬度坐标	海拔	生境	基本特征
黄连木	1	兴隆村	104.364812E, 23.870945N	1375	村子边, 围墙内	胸径约 120cm, 树高约 15m
	2	兴隆村	104.364823E, 23.871086N	1375		胸径约 60cm, 树高约 16m
	3	兴隆村	104.365531E, 23.871139N	1380	村寨边, 村委会附近	胸径约 140cm, 树高约 14m
	4	兴隆村	104.365756E, 23.871284E	1380	村边, 地边	胸径约 100cm, 树高约 16m
	5	白沙湾村	104.361232E, 23.864321N	1378	村小组球场边	胸径约 100cm, 树高 15m
	6	古登寨村	104.357493E, 23.896656N	1385	田边, 沟边	胸径约 100cm, 树高 16m, 树干半边干枯
	7	以勒村	104.356738E, 23.896687 N	1394	小学对面村内山头	胸径约 100cm, 树高 18m
	8	以勒村	104.356706E, 23.896474 N	1394		胸径约 80cm, 树高 18m
	9	以勒村	104.355413E, 23.894978E	1390	村内, 树基部有 2 块石碑, 并有石头简单砌的围栏	胸径约 140cm, 树高 16m, 树干下部半边干枯
	10	以勒村	104.354805E, 23.894899E	1391	村内, 路边, 村民院坝前	胸径约 140cm, 树高 16m, 树干截干

4.2.1.6 陆生动物

根据现场实地调查并查阅参考相关文献，评价区内两栖类 12 种，爬行类 18 种，鸟类 77 种和兽类 17 种，见表 4.2-7。

表 4.2-7 评价区内陆生动物数量、区系及保护情况

种类组成				动物区系				保护动物		
纲	目	科	种	东洋种	古北种	广布种	西南特有种	国家 I 级	国家 II 级	云南省级
两栖纲	1	6	12	11	0	0	0	0	0	0
爬行纲	1	5	18	18	0	0	0	0	0	0
鸟纲	13	28	77	45	2	29	1	0	6	0
兽纲	5	6	17	13	0	4	0	0	0	0
合计	20	45	124	87	2	33	1	0	6	0

(1) 两栖类

①种类

调查显示评价区两栖类有无尾目 1 目，6 科，12 种；从区系成分上看，除 1 种为引入种外，均为东洋种。评价区内已知两栖类物种中未发现国家级 I、II 和省级保护名录物种，但所有物种均列入“三有”名录(《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》)。评价区两栖类详见附录 4 中表 1。

②生态类型

根据评价范围内两栖动物生活习性的不同，评价范围内两栖动物分为以下 3 种生态类型：

静水型(在静水或缓流中觅食)：包括华西雨蛙，滇蛙、泽陆蛙、多疣狭口蛙、云南小狭口蛙、饰纹姬蛙等 6 种，生活在静水域或稻田、水塘附近的草丛间，与人类活动关系较密切。

溪流型(在流水中活动觅食)：包括云南臭蛙 1 种，生活在评价区阴暗的、水流湍急的溪流中。

陆栖型(在陆地上活动觅食)：包括华西蟾蜍、黑眶蟾蜍、泽陆蛙等 3 种，生活在评价范围内离水源不远的河沟边、水田边、草丛间和石下等。与人类活动关系较密切。

(2) 爬行类

①种类

评价区内爬行类有 1 目 2 亚目, 5 科, 18 种, 全是东洋种。区内未发现国家级 I、II 和省级保护爬行类分布, 也未发现狭域分布的特有种类。全部物种均为“三有”保护动物名录物种。评价区爬行类见附录 4 中表 2。

②生态类型

根据评价范围内两栖动物生活习性的不同, 评价范围内爬行动物分为以下 4 种生态类型:

住宅型(在住宅区的建筑物中筑巢、繁殖、活动的爬行类): 包括截趾虎、云南半叶趾虎 2 种, 常见于评价区的房舍和墙缝间。

灌丛石隙型(经常活动在灌丛下面, 路边石缝中的爬行类): 包括中国石龙子、铜蜓蜥、昆明龙蜥、云南龙蜥、紫灰锦蛇、三索锦蛇和灰鼠蛇 7 种, 多见于土坡、田基和路边, 有时也闯进居民点内。

水栖型(在水中生活、觅食的爬行类): 包括红脖颈槽蛇、八线腹链蛇和多线南蜥 3 种, 常在评价区的水体及其附近湿地以及多活动于湖边、河边、秧田及水沟边或潮湿山区灌丛草地中。

树栖型(在土中活动、觅食的爬行类): 包括云南东亚竹叶青蛇 1 种, 常生活于栖山区树上和灌丛杂草间。

(3) 鸟类

①种类

评价区内主要鸟类有 13 目, 28 科, 77 种, 调查发现评价区分布国家二级保护陆生野生动物 6 种: 分别为(黑) 鸢(*Milvus migrans govinda Sykes*) 和普通鵟(*Buteo buteo japonicus*)、黑翅鸢(*Elanus caeruleus*)、雀鹰(*Accipiter nisus*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、红隼(*Falco tinnunculus*), 详见表 4.2-8。在这 77 种鸟类中有广布种、古北种、东洋种等三种区系成分。东洋种有 45 种, 占 58.4%; 古北种有 2 种, 占 2.6%; 广布种有 29 种, 占 37.7%。在评价范围内的鸟类中, 留鸟 54 种, 占 70.1%; 冬候鸟 19 种, 占 5.2%, 夏候鸟 4 种, 占 5.2%。评价区鸟类见附录 4 中表 3。

表 4.2-8 评价区内国家二级保护陆生野生动物情况统计表

中文名	拉丁名	生境	居留型 (鸟类)	区系	数量	保护 级别
1. 黑翅鸢	<i>Elanuscaeruleus</i>	栖息于有树木和灌木的 开阔原野、农田、疏林 和草原地区	留鸟	广布种	+	国家 II 级
2.(黑) 鸢	<i>Milvus migrans</i>	多栖息在山区林地、河	留鸟	广布种	+	

	<i>govinda</i>	流沿岸、林边。				
3. 普通鵟	<i>Buteo buteo japonicus</i>	多栖息在开阔地和附近的林缘。	冬候鸟	古北种	+	
4. 雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	栖息于针叶林、混交林、阔叶林等山地森林和林缘地带。	冬候鸟	广布种	+	
5. 松雀鹰	<i>Accipiter virgatus</i>	栖息于山地针叶林和混交林中。	留鸟	广布种	+	
6. 红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	栖息在山区植物稀疏的混合林、开垦耕地及旷野灌丛草地	留鸟	广布种	+	

③生态类型

按生活习性的不同，可以将评价范围内的鸟类分为以下 4 类：

陆禽：包括鸡形目和鸽形目的物种，该类群属于陆栖性鸟类，体格结实，嘴坚硬，脚强而有力，适于挖土，多在地面活动觅食。一般雌雄羽色有明显的差别，雄鸟羽色更为华丽。

攀禽：包括鹃形目、佛法僧目的鸟类，这种生态类型的鸟类脚为对趾型，善于攀援，不善步行，很少在地面活动，多营树洞巢。

猛禽：包括隼形目和鸮形目。这一类群的鸟类性情凶猛，嘴强大呈钩状，善飞，脚强而有力，趾端具锐利钩爪，肉食性，捕食其他鸟类和鼠，兔，蛇等。

鸣禽：特指雀形目鸟类。这类鸟具特殊的发声器官，其喉部下方有鸣管，由鸣腔和鸣膜组成，鸣管和鸣肌特别发达。善于鸣啭，一般体形较小，体态轻捷，巧于筑巢。鸣禽类种类众多。

(4) 兽类

①种类

评价区仅有一些小型兽类分布，主要是啮齿类动物。区内主要兽类有 5 目，6 科，17 种。这 17 种兽类中，东洋种有 13 种，占 76.4%；广布种有 4 种，占 23.5%。评价区可能存在兽类见附录 4 中表 4。

②生态型

根据评价区兽类生活习性的不同，将上述种类分为以下 3 种生态类型：

半地下生活型(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)：包括锡金小鼠、褐家鼠、小家鼠、黄胸鼠、巢鼠、黄鼬 6 种。

它们在评价范围内主要活动于山林、杂草间、田野和山洞石隙、岩石缝等中，其中小家鼠与人类关系密切。

岩洞栖息型(在岩洞中倒挂栖息的小型兽类)：包括短翼菊头蝠 1 种。它们在评价范围内主要分布于在居民点附近，傍晚接近天黑时出来活动

树栖型(主要在树上栖息、觅食)：包括侧纹岩松鼠、赤腹松鼠、隐纹花松鼠 3 种。分布在范围内山林和灌丛中。

4.2.1.7 土地利用现状

工程评价区总面积为 21117.77hm²，共分为有林地、灌木林地、草地、园地、旱地、水田、水体、建筑用地 8 种类型。旱地是评价区内分布面积最大的土地利用类型，其面积为 10329.42hm²，占总面积的 48.91%；有林地次之，面积为 3444.72hm²，占总面积的 16.31%；灌木林面积为 3116.32 hm²，占总面积的 14.76%；其他依次为草地、水田、建筑用地和水体等，分别占评价区面积的 8.80%、7.04%、2.45%和 1.46%；园地分布面积最小，仅占总面积的 0.27%。

可见评价区是受到人为干扰较为严重，土地利用程度较高的地区，形成以旱地为优势的土地利用格局。

表 4.2-9 评价区内土地利用现状统计表

土地利用类型	面积(hm ²)	占评价区%
有林地	3444.72	16.31
灌木林地	3116.32	14.76
草地	1858.82	8.80
园地	57.79	0.27
水田	1486.19	7.04
旱地	10329.42	48.91
水体	307.98	1.46
建筑用地	516.53	2.45
合计	21117.77	100.00

4.2.1.8 景观及生态系统完整性现状

(1) 景观生态体系组成

评价区是一个由多种自然景观系统组成的复合系统，包括干热河谷稀树灌木草丛生态系统、农田生态系统、农村乡镇(村寨)复合系统、森林生态系统等。各景观系统相互交织，按自有规律组合形成整个评价区的统一景观系统。

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 12 类，即基于遥感判读的景观生态体系。见表 4.2-10。该表为清水河水利枢纽工程环境影响评价区出现的景观类型，作为景观生态制图的上图单元，包含了农田、水体、居民点等非自然植被或非植被的地面覆盖类型。

表 4.2-10 评价区内景观生态体系

植被类型		缀块数	面积(hm ²)
自然植被	半湿润常绿阔叶林	10	83.16
	暖温性针叶林	634	3245.58
	暖性落叶阔叶林	5	61.72
	暖性石灰岩灌丛	339	3116.32
	稀树灌木草丛	250	1858.82
人工植被	人工杉木林	8	10.2
	人工桉树林	16	44.05
	园地	43	57.79
	水田	144	1486.19
	旱地	946	10329.42
其他	河流、水库等水体	62	307.98
	建筑用地(含交通、居民点等)	72	516.53
合计		2529	21117.77

(2) 景观结构

在景观的结构单元中，通常分为三种基本组分，即缀块(patch)、廊道(corridor)和基底(matrix)。缀块泛指与周围环境在外貌或性质上不同，并具有一定内部均质性的空间单元，缀块可以是植物群落、居民点、农田等等。廊道是指景观中与相邻两边环境不同的线性或条带结构，如河流、道路、峡谷等。基底则是指景观中分布最广、连续性最大的背景结构，常见如森林基底、农田基底等。基底是景观的背景地域类型，是一种重要的景观结构单元类型，在很大程度上决定了景观的性质，对景观的动态起着主导作用。

优势度是评价景观基底的一项重要因素，缀块在景观中的优势度采用植被生态学中确定植被重要值的方法来确定。具体由 3 个参数计算而来，即密度(Rd)、频率(Rf)和景观比例(Lp)。

景观优势度计算的数学表达式如下：

$$\text{密度 } R_d = \frac{\text{缀块 } i \text{ 的数目}}{\text{缀块总数}} \times 100\%$$

$$\text{频率}R_f = \frac{\text{缀块}i\text{出现的样方数}}{\text{总样方数}} \times 100\%$$

采用网格样地法，以 1km×1km 的样地对评价区进行全景观覆盖的取样，确定样地中出现的缀块类别，获得各类出现的频率。

$$\text{景观比例}L_p = \frac{\text{缀块}i\text{的面积}}{\text{样地总面积}} \times 100\%$$

$$\text{优势度}D_o = \frac{(R_d + R_f) / 2 + L_p}{2} \times 100\%$$

评价区内各类缀块的密度(Rd)、频率(Rf)和景观比例(Lp)，以及优势度的计算值见表 4.2-11 所示。

表 4.2-11 评价区内各类缀块优势度值现状统计表

景观类型	密度(Rd)	频率(Rf)	景观比例(Lp)	优势度(Do)
半湿润常绿阔叶林	0.40	3.97	0.39	1.29
暖温性针叶林	25.07	67.46	15.37	30.82
暖性落叶阔叶林	0.20	1.98	0.29	0.69
暖性石灰岩灌丛	13.40	55.56	14.76	24.62
稀树灌木草丛	9.89	57.94	8.80	21.36
人工杉木林	0.32	1.98	0.05	0.60
人工桉树林	0.63	1.98	0.21	0.76
园地	1.70	14.29	0.27	4.13
水田	5.69	30.95	7.04	12.68
旱地	37.41	85.32	48.91	55.14
水体	2.45	25.79	1.46	7.79
建筑用地	2.85	23.81	2.45	7.89

从表 4.2-11 各景观类型优势度值可知，自然植被中暖温性针叶林的优势度值最高，为 30.82%，暖性石灰岩灌丛和稀树灌木草丛两类植被景观的优势度值分别为 24.62%和 21.36%。水田景观的优势度为 12.68%。其余依次为建筑用地、水体、园地、半湿润常绿阔叶林、人工桉树林、暖性落叶阔叶林和人工杉木林。评价区的现状景观构成中，人工植被中旱地是主要的景观背景，旱地是评价区的基底景观，同时暖温性针叶林和暖性石灰岩灌丛也是区内主要景观要素类型。

(3) 生态系统完整性

1) 评价区生物生产力现状

经计算评价区总生物生产力为 143708.80 t/a，平均生产力为 6.81 t/hm²·a。其中旱地的总生物生产量为 51647.10 t/a，占总生产量的 35.94%；其次为暖温性针叶林植被，占评价区总生产量的 22.58 %；水田的生物生产量位居第三，达到总生物量

生产力的 20.68%；其后分别是暖性石灰岩灌丛和稀树灌木草丛，其生产量占评价区总生产量的比较均超过 6%；其余植被的生物生产量均不到评价区总生物生产量的 1%，人工杉木林最低，仅占评价区总生物生产力的 0.08%。详见表 4.2-12 所示。

表 4.2-12 清水河水利枢纽工程环境影响评价区各植被类型生产量现状表

植被类型	代表植物	面积 (hm ²)	占总面积 (%)	平均生产 力(t/hm ² .a)	总生产量 (t/a)	占评价区总 生产量 (%)
半湿润常绿阔叶林	滇青冈	83.16	0.39	12.0	997.92	0.69
暖温性针叶林	云南松	3245.58	15.37	10.0	32455.80	22.58
暖性落叶阔叶林	麻栎	61.72	0.29	9.0	555.48	0.39
暖性石灰岩灌丛	清香木	3116.32	14.76	5.0	15581.60	10.84
稀树灌木草丛	类芦、毛蕨、紫茎泽兰、白茅等	1858.82	8.80	5.0	9294.10	6.47
人工杉木林	杉木	10.20	0.05	11.0	112.20	0.08
人工桉树林	桉树	44.05	0.21	12.0	528.60	0.37
园地	桃、李等	57.79	0.27	5.0	288.95	0.20
水田	水稻	1486.19	7.04	20.0	29723.80	20.68
旱地	玉米	10329.42	48.91	5.0	51647.10	35.94
水体	/	307.98	1.46	4.0	1231.92	0.86
建筑用地	/	516.53	2.45	2.5	1291.33	0.90
合计		21117.77	100.00	6.81	143708.80	100.00

2) 生态体系稳定状况

生态体系的稳定性与景观生态质量密切相关，景观生态质量的优劣取决于景观要素的性质与特征，以及景观的结构和时空格局的特征。在各种景观类别中，绿色植被构成了陆地生态系统的主体，是环境质量好坏最明显的指示物。原生性植被往往覆盖度高，群落结构完整，物种组成丰富多样，生物生产力高，更新潜力大，因此对环境质量的贡献也较大。一般来说，森林比灌丛和灌草丛有更为复杂的群落结构、更高的生物生产力，同样其生态潜力也较高，对环境质量的影响也更大。农田、果园及其他人工配置群落，具有结构简单、种类单一、靠人工维持等特点，因此相对于自然植被来说，自身的稳定性与对外界干扰的抵抗力都较弱。

从评价区的景观结构分析可知，旱地是该区内优势最高的景观类型，此外，暖温性针叶林也有着相对较高的景观比例。因此，原生性的植被在评价区内不是主要

的生态体系，人为干扰的景观类型是生态体系的主体。加之河谷深切地貌和特殊石漠化地区等因素的影响，暖性石灰岩灌丛分布有一定比例，该类植被一旦受到破坏后极难恢复，因此，评价区内生态系统恢复力稳定性相对较低。

4.2.1.9 典型区域生态环境现状

（1）水源区

水源区包括水库正常蓄水位以下的区域，淹没区的主要植被类型包括暖性针叶林、暖温性稀树灌木草丛、暖性石灰岩灌丛，也包含了少量的人工桉树林和农田作物植被等人工植被。其中河谷水体两侧的平缓地段多为水田和旱地等农田植被，在河谷两侧的山体下部陡峭地段多为暖性稀树灌木草丛，部分地段分布有岩石裸露的暖性石灰岩灌丛，在山体上部有云南松为优势的云南松林分布。



淹没的旱地（老古登寨村）



淹没区的水田（白沙湾村）



淹没的旱地及暖温性稀树灌木草丛



淹没的云南松林及稀树灌木草丛



淹没区植被

淹没区植被

图 4.2-13 水源区生态环境现状

(2) 枢纽工程区

枢纽工程区的主要植被类型包括常绿阔叶林、暖性针叶林、落叶阔叶林、稀树灌木草丛、灌丛等自然植被类型，也包含了包含人工林和农田作物植被等人工植被。

其中坝址及其附近地区河谷中下部主要为稀树灌木草丛和农田植被，在上部则以云南松林为优势的暖性针叶林为主，间有少量的桉树林分布。



坝址附近植被概况

图 4.2-14 坝址附近生态环境现状

工程枢纽区布设 3 个弃渣场，分别为坝下约 2.4km 处的右岸凹地 1#弃渣场、坝下约 2.7 处的右岸凹地 2#弃渣场、距坝址 2.8km 处右岸一处山间凹地的 3#弃渣场弃渣场及其附近植被主要为暖性针叶林、稀树灌木草丛等自然植被和农田等人工植被。工程布设土料场 1 处及石料场 1 处。料场距坝址上游约 860m 处，占地面积 3.00hm²，料场表部 0.5m 厚耕植土为剥离层；主要植被类型为云南松为优势的暖性针叶林、暖性石灰岩灌丛和农田植被。

石料场距坝址约 2.2km，占地面积 19.92hm²，表层覆盖无用层厚度约 1m。石

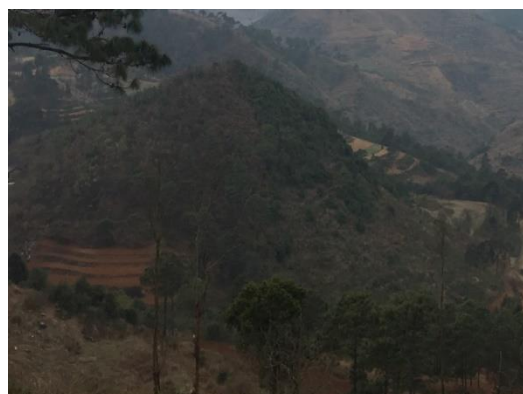
料场的植被主要以暖性石灰岩灌丛为主，并有以毛蕨菜、白茅、紫茎泽兰为优势的稀树灌木草丛分布。其他施工生活区、交通设施等区域及附近植被类型也以暖性针叶林、稀树灌木草丛等自然植被和农田等人工植被为主。



3#弃渣场附近植被概况



石料场及其附近植被概况



土料场附近植被概况

图 4.2-15 枢纽工程区生态环境现状

(3) 输水管线区

输水管线区的主要植被类型包括常绿阔叶林、暖性针叶林、落叶阔叶林、稀树灌木草丛、灌丛，也包含了包含人工林和农田作物植被等人工植被。此外，输水工

程区设置的弃渣场均沿管线布置于缓坡地带。输水线路区的常绿阔叶林为半湿润常绿阔叶林，该类植被遭到较多的人为干扰和破坏，这一类型仅见残存的片段，评价区内见于输水管线的吊井村学校后方山头上。该群系记录有 1 个群落，即为滇青冈群落。另外还有分布的云南松林则主要零星分布在输水线路沿线山坡坡地上，暖性石灰岩灌丛则在沿线的小山头丘陵地段，稀树灌木草丛多分布在邻近农田的山坡陡峭地段，人工桉树林则呈零星分布；农田多为输水管线附近分布面积最大的一类植被类型，此外，输水工程区施工生产生活区占地类型全部为耕地。



输水线路区的半湿润常绿阔叶林（吊井村）



输水管道附近概况（树皮乡）



泵站附近输水管道附近概况（笼陶泵站）
图 4.2-16 输水管线区生态环境现状

4.2.2 水生生态

委托云南大学开展了清水河水利枢纽工程水生生态调查工作，委外单位于 2017 年、2018 年和 2019 年分别进行了现场调查。调查范围包括：清水江流域源头回龙水库至汇南盘江汇口的干流河段及其支流、南盘江汇口附近水域，以及相关的干龙潭水库、康新寨水库等调蓄水库，共设置了 39 个调查断面。

2017 年，调查人员对评价区进行了水生生物资源调查，饵料生物共布设 26 个采样点，其中干流 14 个采样点、支流 8 个采样点、地下暗河 2 个采样点和调蓄水库 2 个采样点。在 2018 年 4 月，补充调查 8 个采样点。在 2019 年 9 月，对细水水库、马鞭梢水库、红舍克水库、双飞井水库和支迷水库进行了水生生态调查。采样点位置及生境见表 4.2-13。

表 4.2-13 水生生物采样点情况表

水域	序号	调查点位置	GPS	海拔 (m)	底质
南盘江	1	南盘江--清水江汇南盘江汇口处	24°44'21.3" N,104°28'11.4" E	825	泥沙质
清水江干流	2	清水江干流汇口以上约 14km 处	24°27'46.41" N,104°33'57.58" E	763	泥沙质
	3	坝达电站库区	24°21'52.20" N,104°31'2.94" E	801	沙石质
	4	猴爬岩电站坝下	24°20'26.26"N,104°31'23.95"E	848	沙石质
	5	猴爬岩电站库区	24°15'13.51" N,104°31'38.11" E	1040	沙石质
	6	支流者中河汇干流汇口处	24°6'49.54"N,104°33'46.79"E	994	沙石质
	7	格雷二站坝下	24°4'14.07" N,104°30'20.07" E	1040	沙石质
	8	格雷一站库尾	24°1'56.37" N,104°29'22.70" E	1108	泥沙质

水域	序号	调查点位置	GPS	海拔 (m)	底质
	9	清水河汇干流汇口处	23°59'38.31" N,104°27'12.09" E	1189	泥沙质
南丘河干流	10	以甲村支流汇干流汇入口处	23°58'25.58" N,104°25'59.99" E	1213	沙石质
	11	坝下支流汇干流汇入口处	23°54'42.49" N,104°22'32.35" E	1281	沙石质
	12	清水河水库坝址处	23°54'39.81" N,104°22'28.81" E	1289	沙石质
	13	以勒村支流汇干流汇入口处	23°53'51.66" N,104°22'2.65" E	1286	泥沙质
	14	清水河水库库中	23°52'28.22" N,104°21'39.36" E	1313	泥沙质
	15	清水河水库回水末端	23°51'51.91" N,104°21'23.11" E	1327	泥沙质
	16	古登寨村支流汇入口水域	23°51'32.46" N,104°19'57.35" E	1388	泥沙质
公革河干流	17	干河村下游处	23°49'27.03" N,104°22'6.56" E	1395	泥沙质
	18	干流--听湖水库下游	23°48'54.61" N,104°23'29.10" E	1475	泥沙质
	19	干流--听湖水库	23°38'26.49" N,104°23'15.42" E	1491	泥沙质
	20	干流--回龙水库	23°36'19.27" N,104°18'31.96" E	1552	泥沙质
支流	21	左岸石别村支流	24°13'56.17" N,104°30'41.66" E	927	泥沙质
	22	右岸者中河支流	24°6'49.30" N,104°33'46.99" E	1026	沙石质
	23	左岸清水河汇口上游约 2km 处	23°59'25.31" N,104°26'30.57" E	1177	泥沙质
	24	左岸清水河汇口上游约 10km 处	24°2'28.22" N,104°22'18.63" E	1358	沙石质
	25	左岸以甲村支流	23°58'23.54" N,104°25'58.27" E	1221	沙石质
	26	左岸坝下支流	23°55'46.30" N,104°21'33.89" E	1390	沙石质
	27	左岸以勒村支流	23°53'59.60" N,104°21'35.52" E	1342	泥沙质
	28	古登寨龙潭	23°51'43.80" N,104°19'14.22" E	1383	泥沙质
	29	左岸古登寨支流	23°51'35.92" N,104°19'51.67" E	1370	泥沙质
地下暗河	30	南丘村上游南丘泉（大白洞）--喀斯特洞穴--洞穴鱼类	23°57'7" N,104°24'43" E	1242	泥沙质
	31	以勒村以勒泉--喀斯特洞穴--洞穴鱼类	23°53'42.88" N,104°21'0.42" E	1350	泥沙质
	32	格雷西南（位于下坝址~格雷站之间）	24°4'14.34" N,104°30'20.05" E	1017	沙石质
调蓄水库	33	干龙潭水库	23°57'57.07" N,104°18'5.22" E	1527	泥沙质
	34	康新寨水库	23°50'56.11" N,104°10'38.84" E	1547	泥沙质
	35	细水水库	24°03'06.30" N, 104°45'07.61" E	1407	砾石
	36	马鞭梢水库	24°00'56.27" N, 104°39'23.46" E	1428	泥底质
	37	红舍克水库	23°43'17.27" N, 104°19'21.67" E	1506	泥底质
	38	双飞井水库	23°52'58.01" N, 104°05'33.81" E	1675	泥底质
	39	支迷水库	23°50'51.33" N, 104°13'38.86" E	1494	泥底质

4.2.2.1 调查内容和调查方法

(1) 调查内容

调查内容包含调查水域的水生生境、水生生物、鱼类及鱼类重要生境等内容。

(2) 调查方法

水生生物调查方法主要依据《淡水浮游生物研究方法》、《内陆水域渔业自然资源调查手册》、《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014)，同时参照 SL219-98《水环境监测规范》进行。

4.2.2.2 水生生境

(1) 干流

1) 听湖水库至清水河汇口

本河段系高山区，长约 60km，天然落差约 275m。本河段内为流水和缓流交替状态，支流较多。喀斯特地貌较为发育，有一部分河流穿越地下暗河。河床底质以沙泥质、沙砾石为主。



干流河段	地下暗河出口
	
康新寨水库	干龙潭水库

2) 清水河汇口至南盘江汇口

本河段系束放相间的峡谷地段，天然落差约 390m。本河段内为流水和缓流交替状态，各电站库尾内为静水缓流状态，坝下河段为流水状态。河床底质以沙砾石、沙泥质为主。

本河段内已建有格雷一级电站、格雷二级电站、猴爬岩电站、坝达电站、猫街电站 5 座水电站，5 座水电站坝下减水现象不明显。

在格雷二级电站下游（距清水河汇口下游约 12.3km）处有一道天然瀑布，落差 27m 左右，形成天然阻隔。

	
格雷一级电站库区	格雷一级电站坝下

	
格雷二级电站库区	格雷二级电站坝下
	
格雷二级电站下游瀑布	
	
猴爬岩电站库区	猴爬岩电站坝下

	
坝达电站库区	坝达电站坝下
	
猫街电站库区	猫街电站坝下

(2) 支流

古登寨支流上游为龙潭地下水出口，水流量季节变化大。鱼类种类较少，有狭孔金线鲃、条纹小鲃、云南盘鮡等。

以勒村和以甲村支流水流量小，上游为村庄、农田，偶尔有一些小型鱼类进入该支流。

清水河，多年平均流量 $11.2\text{m}^3/\text{s}$ ，流经丘北县县城，周围乡镇较多，人口密度大。清水河上已建两个梯级电站碧松就电站（ 0.32MW ）和小龙潭电站（ 30MW ），碧松就电站为引水式开发，小龙潭电站为混合式开发，河流连通性受阻。其中，小龙潭电站坝址位于清水河下游，厂房位于清水江干流清水河汇口下游约 2km 位置，清水河。

者中河，多年平均流量 $1.9\text{m}^3/\text{s}$ ，河流的底质为卵石，水流缓，水质清澈，其水流量季节变化大。未发现拦河建筑物。

石别河，河流的底质为泥沙，水流缓慢。两岸植被茂盛，坡度稍大，水质清澈，

周围人口密度小，农田不多。未发现拦河建筑物。

石葵河，多年平均流量 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ ，河宽 7m 左右，河流较浅，水流缓，底质为沙卵石，大多为流水河段，未发现拦河建筑物。河流周围人口密度小。

	
古登寨支流	以勒村支流
	
以甲村支流	清水河
	
清水河与干流汇口处	者中河

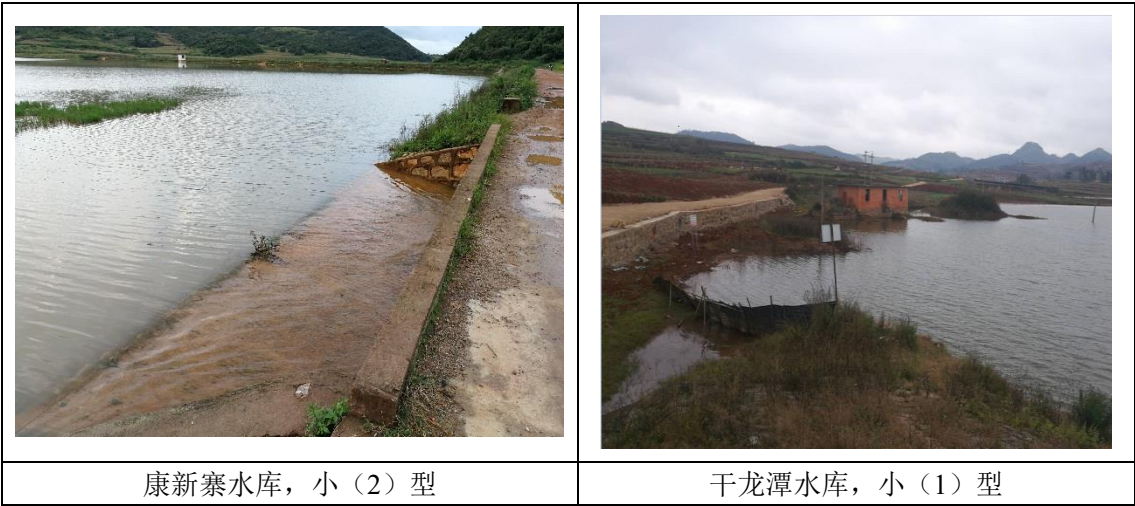






(3) 调蓄水库

清水河水利枢纽工程利用已建干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、支谜水库、红舍克水库、马鞭稍水库、细水水库 7 座水库作为末端调蓄水库。

干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、支谜水库、红舍克水库和马鞭稍水库 6 座水库建设时间较早，分别在 1957~1959 年建成，坝型均为均质土坝。细水水库于 2016 年建成，坝型为粘土心墙堆石坝。

7 座水库主要功能为防洪、灌溉、人畜饮水或城镇供水。除细水水库要求泄放生态流量外，其余 6 座水库由于建设时间较早，均未有生态流量泄放措施，坝下河道呈干涸状态。



	
双飞井水库，小（1）型	支谜水库，小（2）型
	
红舍克水库，小（1）型	马鞭稍水库，小（1）型
	
细水水库，小（1）型	

4.2.2.3 水生生物

（1）浮游植物

1) 种类组成

根据实验室显微鉴定，结果显示：39 个采样点调查到浮游植物共计 6 门 33 科 142 种，分别隶属于蓝藻门、硅藻门、裸藻门、隐藻门、甲藻门和绿藻门。其中硅

藻门 64 种，占总数 45.07%，绿藻门 39 种，占总数 27.46%，蓝藻门 25 种，占总数 17.61%，裸藻门 7 种，占总数 4.93%，甲藻门 4 种，占总数 2.82%，隐藻门 3 种，占总数 2.11%。浮游植物名录见附表 1。

调查水域浮游植物种类的水平分布从总体上看，39 个断面检测出浮游植物种类数多数在 30 至 50 种左右。其中，干流--回龙水库采样点（点位 14）和康新寨水库采样点（点位 26）浮游植物的种类最多，分别检测到浮游植物 50 种、53 种，最少的为南丘村上游南丘泉（大白洞）--喀斯特洞穴--洞穴鱼类采样点（点位 23），仅检出浮游植物 29 种。

2) 浮游植物密度和生物量

调查 39 个采样点浮游植物密度平均为 6.70×10^4 cells/L，其中蓝藻门、硅藻门的平均密度较大，分别为 2.47×10^4 cells/L、 2.74×10^4 cells/L，其次为绿藻门的平均密度，为 1.25×10^4 cells/L，裸藻门、隐藻门、甲藻门数量相对较少，合计有 0.26×10^4 cells/L。

浮游植物平均生物量为 0.43 mg/L，其中硅藻门的平均生物量最大，为 0.22 mg/L，其次为蓝藻门、绿藻门的平均生物量，均为 0.09 mg/L，裸藻门、隐藻门、甲藻门等三门的生物量为 0.03 mg/L。

A、干流

干流 20 个采样点浮游植物平均密度为 7.32×10^4 cells/L，其中蓝藻门的平均密度为 2.67×10^4 cells/L、硅藻门的平均密度为 3.29×10^4 cells/L、绿藻门的平均密度为 1.11×10^4 cells/L、其它三门的平均密度为 0.25×10^4 cells/L。在各干流中，清水江干流的平均密度最高，为 9.94×10^4 cells/L，其次为公革河干流，平均密度为 7.52×10^4 cells/L，南盘江密度最小，为 4.33×10^4 cells/L。

干流 20 个采样点浮游植物平均生物量为 0.47 mg/L。其中蓝藻门的平均生物量为 0.10 mg/L、硅藻门的平均生物量为 0.26 mg/L、绿藻门的平均生物量为 0.08 mg/L、其它三门的平均生物量为 0.03 mg/L。在各干流中，清水江干流平均生物量最高，达 0.60 mg/L，其次为公革河干流，平均生物量为 0.49 mg/L，平均生物量最低的为南盘江，生物量仅有 0.31 mg/L。

干流各采样点浮游植物密度和生物量详见表 4.2-14、4.2-15。

表 4.2-14 南盘江与清水江干流各采样点浮游植物密度 ($\times 10^4$ cells/L) 和生物量组成 (mg/L)

水域		南盘江	清水江干流								
密度组成	样点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
蓝藻门	密度	1.06	1.45	27.50	2.12	3.26	1.12	0.68	0.62	0.96	4.71
硅藻门		2.29	2.20	7.54	6.86	4.32	3.28	1.42	1.55	2.63	3.73
绿藻		0.65	0.45	3.62	0.96	1.61	1.03	0.32	0.30	1.23	1.19
其它		0.33	0.16	1.02	0.32	0.28	0.35	0.10	0.08	0.16	0.31
合计		4.33	4.26	39.68	10.26	9.47	5.78	2.52	2.55	4.98	9.94
蓝藻门	生物量	0.04	0.06	1.05	0.08	0.12	0.04	0.03	0.02	0.04	0.18
硅藻门		0.18	0.18	0.61	0.55	0.35	0.26	0.11	0.12	0.21	0.30
绿藻		0.05	0.03	0.26	0.07	0.11	0.07	0.02	0.02	0.09	0.08
其它		0.04	0.02	0.12	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	0.04
合计		0.31	0.28	2.03	0.74	0.62	0.42	0.17	0.18	0.35	0.60

表 4.2-15 南丘河干流与公革河干流各采样点浮游植物密度 ($\times 10^4$ cells/L) 和生物量组成 (mg/L)

水域		南丘河干流								公革河干流				
密度组成	样点	10	11	12	13	14	15	16	平均	17	18	19	20	平均
蓝藻门	密度	0.43	1.02	0.87	0.34	0.70	0.49	0.26	0.59	1.16	1.28	5.56	2.49	2.62
硅藻门		1.58	4.03	3.58	1.72	5.35	4.01	1.29	3.08	3.06	2.41	3.35	3.24	3.02
绿藻		0.65	0.77	0.64	0.42	1.44	1.30	0.36	0.80	1.54	1.12	2.18	1.63	1.62
其它		0.04	0.09	0.21	0.05	0.32	0.41	0.03	0.16	0.19	0.24	0.34	0.28	0.26
合计		2.70	5.91	5.30	2.53	7.81	6.21	1.94	4.63	5.95	5.05	11.43	7.64	7.52
蓝藻门	生物量	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.04	0.05	0.21	0.09	0.10
硅藻门		0.13	0.32	0.29	0.14	0.43	0.32	0.10	0.25	0.25	0.19	0.27	0.26	0.24

水域		南丘河干流								公革河干流				
绿藻		0.05	0.05	0.05	0.03	0.10	0.09	0.03	0.06	0.11	0.08	0.16	0.12	0.12
其它		0.00	0.01	0.03	0.01	0.04	0.05	0.00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03
合计		0.19	0.43	0.39	0.19	0.60	0.48	0.14	0.35	0.42	0.35	0.68	0.50	0.49

B、支流

支流 9 个采样点浮游植物平均密度为 4.12×10^4 cells/L，其中蓝藻门的平均密度为 1.14×10^4 cells/L、硅藻门的平均密度为 2.26×10^4 cells/L、绿藻门的平均密度为 0.97×10^4 cells/L。各采样点浮游植物密度以左岸石别村支流采样点最高，达 6.98×10^4 cells/L，以左岸古登寨支流采样点最低，仅有 3.10×10^4 cells/L。

支流 9 个采样点浮游植物平均生物量为 0.31 mg/L。其中蓝藻门的平均生物量为 0.04 mg/L、硅藻门的平均生物量为 0.18 mg/L、绿藻门的平均生物量为 0.07 mg/L。各采样点浮游植物生物量以左岸石别村支流采样点最高，达 0.44 mg/L，以左岸清水河汇口上游约 10 km 处采样点最低，仅有 0.21 mg/L。

支流各采样点的浮游植物密度和生物量数据详见表 4.2-16。

表 4.2-16 支流各采样点浮游植物密度 ($\times 10^4$ cells/L) 和生物量组成 (mg/L)

水域		支流									
密度组成	样点	21	22	23	24	25	26	27	28	29	平均
蓝藻门	密度	2.61	1.08	1.41	0.85	0.68	2.03	0.53	0.59	0.46	1.14
硅藻门		2.83	2.71	2.33	1.52	2.02	3.58	1.71	1.93	1.69	2.26
绿藻		1.41	0.56	0.87	0.73	0.82	1.36	0.92	1.14	0.88	0.97
其它		0.13	0.07	0.09	0.04	0.10	0.50	0.06	0.05	0.07	0.12
合计		6.98	4.42	4.70	3.14	3.62	7.47	3.22	3.71	3.10	4.48
蓝生		0.10	0.04	0.05	0.03	0.03	0.08	0.02	0.02	0.02	0.04

水域		支流									
藻门	物量										
硅藻门		0.23	0.22	0.19	0.12	0.16	0.29	0.14	0.16	0.14	0.18
绿藻		0.10	0.04	0.06	0.05	0.06	0.10	0.07	0.08	0.06	0.07
其它		0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01
合计		0.44	0.31	0.31	0.21	0.26	0.52	0.23	0.26	0.22	0.31

C、地下暗河

地下暗河采样点浮游植物的平均密度为 3.94×10^4 cells/L，其中蓝藻门的平均密度为 0.53×10^4 cells/L、硅藻门的平均密度为 2.28×10^4 cells/L、绿藻门的平均密度为 1.08×10^4 cells/L；平均生物量为 0.29 mg/L，其中蓝藻门的平均生物量为 0.02 mg/L、硅藻门的平均生物量为 0.18mg/L、绿藻门的平均生物量为 0.08 mg/L。

地下暗河的浮游植物密度和生物量数据详见表 4.2-17。

表 4.2-17 地下暗河各采样点浮游植物密度 ($\times 10^4$ cells/L) 和生物量组成 (mg/L)

水域		地下暗河			
种类	样点	30	31	32	平均
蓝藻门	密度	0.23	0.35	1.02	0.53
硅藻门		1.55	1.86	3.43	2.28
绿藻		0.37	1.12	1.74	1.08
其它		0.01	0.02	0.11	0.05
合计		2.16	3.35	6.30	3.94
蓝藻门	生物量	0.01	0.01	0.04	0.02
硅藻门		0.12	0.15	0.28	0.18
绿藻		0.03	0.08	0.12	0.08
其它		0.00	0.00	0.01	0.01
合计		0.16	0.24	0.45	0.29

D、调蓄水库

调蓄水库 7 个采样点浮游植物平均密度为 8.98×10^4 cells/L，其中蓝藻门的平均密度为 4.45×10^4 cells/L、硅藻门的平均密度为 1.88×10^4 cells/L、绿藻门的平均密度为 2.09×10^4 cells/L。各采样点浮游植物密度以马鞭梢水库采样点（36）最高，达 11.33×10^4 cells/L，以细水水库采样点（35）最低，为 6.13×10^4 cells/L。

调蓄水库 7 个采样点浮游植物平均生物量为 0.54 mg/L。其中蓝藻门的平均生物量为 0.17 mg/L、硅藻门的平均生物量为 0.15 mg/L、绿藻门的平均生物量为 0.15 mg/L。在 7 个调蓄水库中，马鞭梢水库生物量最高，达 0.66 mg/L，生物量最低的为细水水库，生物量仅有 0.41 mg/L。

调蓄水库各采样点的浮游植物密度和生物量数据详见表 4.2-18。

表 4.2-18 调蓄水库各采样点浮游植物密度($\times 10^4$ cells/L)和生物量组成(mg/L)

水域		调蓄水库							
密度组成	样点	33	34	35	36	37	38	39	平均
蓝藻门	密度	5.85	3.68	1.63	6.03	4.25	5.72	3.98	4.45
硅藻门		2.67	2.36	2.86	1.58	1.19	1.10	1.40	1.88
绿藻		1.46	1.63	1.55	2.90	2.39	2.46	2.26	2.09
其它		0.59	0.38	0.09	0.82	0.57	0.90	0.52	0.55
合计		10.6	8.05	6.13	11.33	8.40	10.18	8.16	8.98
蓝藻门	生物量	0.22	0.14	0.06	0.23	0.16	0.22	0.15	0.17
硅藻门		0.21	0.19	0.23	0.13	0.10	0.09	0.11	0.15
绿藻		0.1	0.12	0.11	0.21	0.17	0.18	0.16	0.15
其它		0.07	0.05	0.01	0.10	0.07	0.11	0.06	0.07
合计		0.61	0.49	0.41	0.66	0.50	0.59	0.49	0.54

3) 小结

在本次调查水域中，检测到的浮游植物种类组成有以下共同特点：

A、在干流（电站库区除外）、支流、地下暗河浮游植物以硅藻门植物为主，表现为明显的河流相，如桥弯藻属、异极藻属、舟形藻属、针杆藻属等；在电站库区、调蓄水库浮游植物以蓝藻门、绿藻门为主，常出现静水性、浮游性、中污性种类，如微囊藻属、颤藻属、平裂藻属等。

B、所观察到的浮游植物中，如硅藻中的曲壳藻、绿藻门中的刚毛藻和水绵等，均为着生种类，并非是浮游藻类，它们的出现是由于水流等冲击力将这些着生藻类变成自由漂浮的藻类。

C、调查的 39 个断面中，出现了如针杆藻、曲壳藻，这些类群仅生长于贫营养水体中，当水中有机质多时，它们便消失，间接表明这些断面水质良好。

D、所观察的浮游植物，区系成分丰富，热带、亚热带性质明显，如刚毛藻、扁圆卵形藻等。所观察到的浮游植物，均为热带、亚热带普遍生长的藻类，无濒危保护和特有物种。

从调查区域浮游植物密度和生物量上看，有如下特征：

A、河道断面中浮游植物密度和生物量均较低，可能与采样时间为雨季有关。

B、硅藻门种类是在干流（电站库区除外）、支流、地下暗河中的优势种类，数量较多，与评估河段处于自然流水生境一致。

C、电站库区、调蓄水库等采样点的浮游植物数量相对增加，生物量也相应增大。

（2）浮游动物

1）种类组成

39 个采样点检测到浮游动物共 4 大类 40 科 129 种，其中原生动物门 62 种、占浮游动物总数的 48.06%；轮虫类 41 种、占总数的 37.78%；枝角类、桡足类均有 13 种、均占总数的 10.08%。浮游动物名录见附表 2。

调查水域浮游动物种类的水平分布从总体上看，多数断面浮游动物物种数多为 20 至 40 种。其中，干流--回龙水库采样点（14）检出浮游动物种类最多，共检出 44 种，南丘村上游南丘泉（大白洞）--喀斯特洞穴--洞穴鱼类采样点（23）检出浮游动物种类最少，仅检出 18 种。

2）密度和生物量

调查水域浮游动物密度平均为 1055 ind./L。其中，原生动物密度为 665 ind./L，占浮游动物的 63.05%；轮虫密度为 344 ind./L，占浮游动物的 32.65%；枝角类密度为 25 ind./L，占浮游动物的 2.38%；桡足类的密度为 20 ind./L，占浮游动物的 1.92%。在 39 个监测点中，河流采样点浮游动物密度大多数在 1000 ind./L 以下，调蓄水库与电站库区在 1000 ind./L。

调查水域 39 个采样点浮游动物平均生物量为 0.80 mg/L，其中原生动物为 0.08 mg/L，轮虫为 0.31 mg/L，枝角类为 0.14 mg/L，桡足类为 0.27 mg/L。

A、干流

通过调查，干流 20 个采样点浮游动物的平均密度为 992 ind./L，其中，原生动物密度为 676 ind./L，轮虫密度为 267 ind./L，枝角类密度为 24 ind./L，桡足类的密度为 24 ind./L。在各干流中，清水江干流浮游动物平均密度最高，达 1226 ind./L；其次是公革河干流，浮游动物平均密度为 1158 ind./L；最小的是南丘河干流浮游动物平均密度，为 705 ind./L。

干流 20 个采样点浮游动物平均生物量为 0.78 mg/L，其中原生动物为 0.08 mg/L，

轮虫为 0.24 mg/L，枝角类为 0.13 mg/L，桡足类为 0.33 mg/L。在各干流中，清水江干流浮游动物平均生物量最高，为 1.21 mg/L；其次是公革河干流，浮游动物平均生物量，为 0.77 mg/L；最小的是南盘江浮游动物平均生物量，为 0.26 mg/L。

干流各采样点的浮游动物密度和生物量数据详见表 4.2-19、4.2-20。

表 4.2-19 南盘江与清水江干流各采样点浮游动物密度(ind./L)和生物量(mg/L)

水域		南盘江	清水江干流								
密度组成	样点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
原生动物	密度	324	495	2050	945	1140	612	325	415	430	802
轮虫		135	150	1240	308	480	204	145	92	100	340
枝角类		8	5	165	12	125	10	4	3	9	42
桡足类		4	9	180	24	100	13	4	10	6	43
合计		471	659	3635	1289	1845	839	478	520	545	1226
原生动物	生物量	0.04	0.06	0.26	0.12	0.14	0.08	0.04	0.05	0.05	0.10
轮虫		0.12	0.14	1.12	0.28	0.43	0.18	0.13	0.08	0.09	0.31
枝角类		0.04	0.03	0.90	0.07	0.68	0.05	0.02	0.02	0.05	0.23
桡足类		0.05	0.12	2.42	0.32	1.34	0.17	0.05	0.13	0.08	0.58
合计		0.26	0.34	4.68	0.78	2.60	0.49	0.25	0.29	0.27	1.21

表 4.2-20 南丘河干流与公革河干流各采样点浮游动物密度(ind./L)和生物量(mg/L)

水域		南丘河干流								公革河干流				
密度组成	样点	10	11	12	13	14	15	16	平均	17	18	19	20	平均
原生动物	密度	366	775	708	290	693	644	285	537	658	577	969	825	757
轮虫		85	184	192	149	150	129	155	149	130	184	630	504	362
枝角类		3	8	14	2	12	16	7	9	13	11	32	27	21
桡足类		5	11	12	7	20	8	3	9	9	6	20	35	18
合计		459	978	926	448	875	797	450	705	810	778	1651	1391	1158

原生动物	生物量	0.05	0.10	0.09	0.04	0.09	0.08	0.04	0.07	0.08	0.07	0.12	0.10	0.09
轮虫		0.08	0.17	0.17	0.13	0.14	0.12	0.14	0.13	0.12	0.17	0.57	0.45	0.33
枝角类		0.02	0.04	0.08	0.01	0.07	0.09	0.04	0.05	0.07	0.06	0.17	0.15	0.11
桡足类		0.07	0.15	0.16	0.09	0.27	0.11	0.04	0.13	0.12	0.08	0.27	0.47	0.23
合计		0.21	0.45	0.50	0.28	0.56	0.39	0.25	0.38	0.39	0.38	1.13	1.17	0.77

B、支流

通过调查，支流 9 个采样点浮游动物的平均密度为 741 ind./L，其中，原生动物密度为 482 ind./L，轮虫密度为 240 ind./L，枝角类密度为 12 ind./L，桡足类的密度为 7 ind./L。在支流各采样点中，左岸坝下支流采样点的浮游动物密度最大，为 1102 ind./L；其次是左岸石别村支流采样点的浮游动物密度，为 944 ind./L；最小的是古登寨龙潭采样点的浮游动物密度，为 479 ind./L。

浮游动物平均生物量为 0.44 mg/L，其中原生动物为 0.06 mg/L，轮虫为 0.22 mg/L，枝角类为 0.07 mg/L，桡足类为 0.10 mg/L。在支流各采样点中，左岸坝下支流采样点的浮游动物生物量最大，为 0.70 mg/L；其次是左岸石别村支流采样点的浮游动物生物量，为 0.66 mg/L；最小的是左岸以甲村支流采样点的浮游动物生物量，为 0.25 mg/L。

支流各采样点的浮游动物密度和生物量数据详见表 4.2-21。

表 4.2-21 支流各采样点浮游动物密度 (ind./L) 和生物量 (mg/L)

水域		支流									
密度组成	样点	21	22	23	24	25	26	27	28	29	平均
原生动物	密度	645	563	436	422	388	762	405	326	390	482
轮虫		258	255	364	305	145	301	210	137	182	240
枝角类		25	8	19	5	4	24	6	12	9	12
桡足类		16	6	5	3	4	15	7	4	5	7
合计		944	832	824	735	541	1102	628	479	586	741
原生动物	生物量	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.04	0.05	0.06

水域		支流									
轮虫		0.23	0.23	0.33	0.27	0.13	0.27	0.19	0.12	0.16	0.22
枝角类		0.14	0.04	0.10	0.03	0.02	0.13	0.03	0.07	0.05	0.07
桡足类		0.21	0.08	0.07	0.04	0.05	0.20	0.09	0.05	0.07	0.10
合计		0.66	0.42	0.55	0.39	0.25	0.70	0.37	0.28	0.33	0.44

C、地下暗河

地下暗河 3 个采样点浮游动物的平均密度为 533 ind./L，其中，原生动物密度为 402 ind./L，轮虫密度为 119 ind./L，枝角类密度为 7 ind./L，桡足类的密度为 5 ind./L；平均生物量为 0.27 mg/L，其中原生动物为 0.05 mg/L，轮虫为 0.11 mg/L，枝角类为 0.04 mg/L，桡足类为 0.11 mg/L。

地下暗河各采样点的浮游动物密度和生物量数据详见表 4.2-22。

表 4.2-22 地下暗河各采样点浮游动物密度 (ind./L) 和生物量 (mg/L)

水域		地下暗河			
密度组成	样点	30	31	32	平均
原生动物	密度	306	345	555	402
轮虫		55	112	190	119
枝角类		3	5	12	7
桡足类		2	6	8	5
合计		366	468	765	533
原生动物	生物量	0.04	0.04	0.07	0.05
轮虫		0.05	0.10	0.17	0.11
枝角类		0.02	0.03	0.07	0.04
桡足类		0.03	0.08	0.11	0.07
合计		0.13	0.25	0.41	0.27

D、调蓄水库

通过调查，调蓄 7 个采样点浮游动物的平均密度为 1860 ind./L，其中，原生动物密度为 981 ind./L，轮虫密度为 796 ind./L，枝角类密度为 52 ind./L，桡足类的密度为 32 ind./L。在调蓄水库各采样点中，马鞭梢水库采样点（36）的浮游动物密度最大，为 3202 ind./L；最小的是细水水库采样点（35）的浮游动物密度，为 732 ind./L。

浮游动物平均生物量为 1.54 mg/L，其中原生动物为 0.12 mg/L，轮虫为 0.72 mg/L，枝角类为 0.28 mg/L，桡足类为 0.42 mg/L。在调蓄水库各采样点中，马鞭梢水库采样点（36）的浮游动物生物量最大，为 2.80 mg/L；最小的是细水水库采样点（35）的浮游动物生物量，为 0.45 mg/L。

调蓄水库 7 个采样点的浮游动物密度和生物量数据详见表 4.2-23。

表 4.2-23 地下暗河、调蓄水库各采样点浮游动物密度(ind./L)和生物量(mg/L)

水域		调蓄水库							
密度组成	样点	33	34	35	36	37	38	39	平均
原生动物	密度	960	1250	412	1225	978	1136	904	981
轮虫		430	540	305	1860	734	892	808	796
枝角类		42	77	10	75	38	70	50	52
桡足类		25	45	5	42	20	48	36	32
合计		1457	1912	732	3202	1770	2146	1798	1860
原生动物	生物量	0.12	0.16	0.05	0.15	0.12	0.14	0.11	0.12
轮虫		0.39	0.49	0.27	1.67	0.66	0.80	0.73	0.72
枝角类		0.23	0.42	0.05	0.41	0.21	0.38	0.27	0.28
桡足类		0.34	0.60	0.07	0.56	0.27	0.64	0.48	0.42
合计		1.07	1.66	0.45	2.80	1.26	1.97	1.59	1.54

3) 小结

项目涉及水域的 39 个监测点共检出浮游动物 40 科 129 种。39 个采样点均以原生动物、轮虫种类占绝对优势，枝角类、桡足类种类相对较少。常见种有砂壳虫 (*Diffugia* sp.)、表壳虫 (*Arcella* sp.)、匣壳虫 (*Centropyxis* sp.)、龟甲轮虫 (*Keratella* sp.)、臂尾轮虫 (*Brachionus* sp.)、腔轮虫 (*Lecane* sp.) 等。浮游动物群落以原生动物和轮虫为主，但依然保持了原生动物和轮虫占主体的河流特征。均为广布种，无保护和特有物种。

(3) 底栖动物

1) 种类组成

根据实验室显微鉴定，39 个采样点共采集到底栖动物 52 种。其中种类最多的是节肢动物门，共有 28 种，占总种数的 51.85%，其次，是软体动物门，共有 15 种，占总种数的 27.78%；环节动物门仅有 9 种，占总种数的 16.67%。本次调查底栖动物的名录与分布详见附表 3。

39 个采样点检测出底栖动物种类数多数在 10 种左右。其中，干流--听湖水库下游采样点 (12) 和康新寨水库采样点 (26) 采集到的底栖动物的种类最多，有 18 种，采集到的种类最少的为右岸者中河支流采样点 (16)，仅有 6 种。

2) 密度和生物量

调查水域底栖动物相对丰富，平均密度为 87 ind./m²，其中环节动物的平均密

度为 38 ind./ m²，软体动物的平均密度为 11 ind./ m²，节肢动物的平均密度为 37 ind./ m²。

调查水域底栖动物平均生物量为 11.84g/m²，其中环节动物的平均生物量为 3.94g/ m²，软体动物的平均生物量为 2.97g/m²，节肢动物的平均生物量为 4.93g/ m²。

A、干流

干流各采样点底栖动物的平均密度为 98 ind./ m²，其中环节动物的平均密度为 44 ind./ m²，软体动物的平均密度为 12 ind./ m²，节肢动物的平均密度为 42 ind./ m²。

从不同水域来看，清水江干流的底栖动物平均密度最大，为 121 ind./ m²，其次是公革河干流，底栖动物平均密度达 120 ind./ m²，最小的是南盘江的底栖动物密度，为 63 ind./ m²。

干流底栖动物平均生物量为 13.36 g/ m²，其中环节动物的平均生物量为 4.52 g/ m²，软体动物的平均生物量为 3.26 g/ m²，节肢动物的平均生物量为 5.58 g/ m²。

从不同水域来看，公革河干流的底栖动物平均平均生物量最大，为 16.00 g/ m²，最小的是南盘江的底栖动物平均生物量，为 9.71 g/ m²。

干流各采样点的底栖动物密度和生物量数据详见表 4.2-24、4.2-25。

表 4.2-24 南盘江与清水江干流各采样点底栖动物密度(ind./m²)和生物量(g/m²)

水域		南盘江	清水江干流								
密度组成	样点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
环节动物	密度	22	20	96	32	64	80	86	32	48	57
软体动物		15	16	6	12	10	14	5	3	5	9
节肢动物		26	21	64	50	48	64	14	96	80	55
合计		63	57	166	94	122	158	105	131	133	121
环节动物	生物量	2.24	2.04	9.79	3.26	6.53	8.16	8.77	3.26	4.90	5.84
软体动物		4.01	4.27	1.60	3.20	2.67	3.74	1.34	0.80	1.34	2.37
节肢动物		3.46	2.79	8.51	6.65	6.38	8.51	1.86	12.77	10.64	7.27
合计		9.71	9.11	19.91	13.12	15.58	20.41	11.97	16.83	16.87	15.47

表 4.2-25 南丘河干流与公革河干流各采样点底栖动物密度 (ind./m²) 和生物量 (g/m²)

水域		南丘河干流								公革河干流				
密度组成	样点	10	11	12	13	14	15	16	平均	17	18	19	20	平均
环节动物	密度	36	30	24	21	32	23	8	25	33	48	96	112	72
软体动物		12	6	5	8	12	7	2	7	9	22	24	15	18
节肢动物		64	94	72	32	48	64	22	57	25	45	33	16	30
合计		112	130	101	61	92	94	32	89	67	115	153	143	120
环节动物	生物量	3.78	3.15	2.52	2.21	3.36	2.42	0.84	2.61	3.37	4.90	9.79	11.42	7.37
软体动物		3.23	1.61	1.35	2.15	3.23	1.88	0.54	2.00	2.40	5.87	6.41	4.01	4.67
节肢动物		8.64	12.69	9.72	4.32	6.48	8.64	2.97	7.64	3.33	5.99	4.39	2.13	3.96
合计		15.65	17.45	13.59	8.68	13.07	12.94	4.35	12.25	9.09	16.76	20.59	17.56	16.00

B、支流

通过调查, 支流 9 个采样点底栖动物的平均密度为 42 ind./m², 其中左岸古登寨支流采样点的底栖动物密度最大, 为 59 ind./m²; 其次是左岸石别村支流采样点的底栖动物密度, 为 57 ind./m²; 最小的是左岸坝下支流采样点的底栖动物密度, 为 24 ind./m²。

支流 9 个采样点底栖动物平均生物量为 5.90 g/m², 其中左岸古登寨支流采样点的底栖动物生物量最大, 为 8.57 g/m², 最小的是左岸坝下支流采样点的底栖动物生物量, 为 3.48 g/m²。

支流各采样点的底栖动物密度和生物量数据详见表 4.2-26。

表 4.2-26 支流各采样点底栖动物密度 (ind./m²) 和生物量 (g/m²)

水域		支流									
密度组成	样点	21	22	23	24	25	26	27	28	29	平均
环节动物	密度	16	10	16	14	6	8	19	12	20	13
软体动物		9	2	6	4	3	4	11	4	10	6
节肢动物		32	28	20	22	16	12	25	16	29	22
合计		57	40	42	40	25	24	55	32	59	42
环节动物	生	1.63	1.02	1.63	1.43	0.61	0.82	1.94	1.22	2.04	1.37

软体动物	物	2.40	0.53	1.60	1.07	0.80	1.07	2.94	1.07	2.67	1.57
节肢动物	量	4.26	3.72	2.66	2.93	2.13	1.60	3.33	2.13	3.86	2.96
合计		8.29	5.28	5.89	5.42	3.54	3.48	8.20	4.42	8.57	5.90

C、地下暗河

地下暗河采样点底栖动物的平均密度为 33 ind./m²，其中环节动物的平均密度为 9 ind./m²，软体动物的平均密度为 6 ind./m²，节肢动物的平均密度为 18 ind./m²。平均生物量为 4.91 g/m²，其中，环节动物的平均生物量为 0.92 g/m²，软体动物的平均生物量为 1.60 g/m²，节肢动物的平均生物量为 2.39 g/m²。

地下暗河各采样点的底栖动物密度和生物量数据详见表 4.2-27。

表 4.2-27 地下暗河各采样点底栖动物密度 (ind./m²) 和生物量 (g/m²)

水域		地下暗河			
密度组成	样点	30	31	32	平均
环节动物	密度	8	13	6	9
软体动物		3	10	5	6
节肢动物		16	18	20	18
合计		27	41	31	33
环节动物	生物量	0.82	1.33	0.61	0.92
软体动物		0.80	2.67	1.34	1.60
节肢动物		2.13	2.39	2.66	2.39
合计		3.75	6.39	4.61	4.91

D、调蓄水库

调蓄水库 7 个采样点底栖动物的平均密度为 111 ind./m²，其中环节动物的平均密度为 59 ind./m²，软体动物的平均密度为 22 ind./m²，节肢动物的平均密度为 30 ind./m²。在调蓄水库各采样点中，马鞭梢水库采样点的底栖动物密度最大，为 142 ind./m²；最小的是细水水库采样点的底栖动物密度，为 81 ind./m²。

调蓄水库 7 个采样点底栖动物的平均生物量为 15.88 g/m²。其中，环节动物的平均生物量为 5.97 g/m²，软体动物的平均生物量为 5.95 g/m²，节肢动物的平均生物量为 3.95 g/m²。在调蓄水库各采样点中，马鞭梢水库采样点的底栖动物生物量最大，为 19.13 g/m²；最小的是细水水库采样点的底栖动物生物量，为 11.66 g/m²。

调蓄水库各采样点的底栖动物密度和生物量数据详见表 4.2-28。

表 4.2-28 调蓄水库各采样点底栖动物密度 (ind./m²) 和生物量 (g/m²)

水域		调蓄水库							
密度组成	样点	33	34	35	36	37	38	39	平均
环节动物	密度	64	48	32	96	48	80	42	59
软体动物		26	18	14	24	30	26	18	22
节肢动物		30	38	35	22	31	25	27	30
合计		120	104	81	142	109	131	87	111
环节动物	生物量	6.53	4.90	3.26	9.79	4.90	8.16	4.28	5.97
软体动物		6.94	4.81	3.74	6.41	8.01	6.94	4.81	5.95
节肢动物		3.99	5.05	4.66	2.93	4.12	3.33	3.59	3.95
合计		17.46	14.76	11.66	19.13	17.03	18.43	12.68	15.88

3) 小结

调查区内水体中的底栖生物节肢动物占优势,软体动物、环节动物较少,这可能与调查河段底质多为砂石、泥沙较多有关。各采样点常见的底栖生物有霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*)、泽蛭 (*Helobdella*)、河蚬 (*Corbicula fluminea*)、扁蜉 (*Ecdyuridae*)、摇蚊幼虫 (*Tendipes*) 等。

此外,发现金苹果螺 (*Pomacea canaliculata*)、克氏原螯虾 (*Procambarus clarkii*) 外来物种,在该流域的多个水体中均有发现。

本次调查中采集到的底栖动物均为广布物种,无珍稀濒危、国家重点保护物种。

(4) 水生维管束植物

根据野外调查及查阅相关资料,评价区有水生维管束植物 27 科、68 属、88 种 (见附表 4)。隶属自然河段水生植物种类和数量较少,且调查期间为雨季、河段水位较高,只有在低水位,以及支流、溪流入江口的河漫滩上,分布有稀疏、低矮的湿生挺水植物,沿水面条带状分布。比较常见的有苋科 (*Amaranthaceae*) 的喜旱莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*), 蓼科 (*Polygonaceae*) 的辣蓼 (*Polygonum hydropiper*), 伞形科 (*Umbelliferae*) 的水芹 (*Oenanthe javanica*), 莎草科 (*Cyperaceae*) 南莎草 (*Cyperus niveus*)、香附子 (*Cyperus rotundus*)、紫果藨 (*Eleocharis atropurpurea*), 禾本科 (*Gramineae*) 植物的狗牙根 (*Cynodon dactylon*)、李氏禾 (*Leersia hexandra*)、牛筋草 (*Eleusine indica*)、双穗雀稗 (*Paspalum distichum*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、马唐 (*Digitaria sanguinalis*)、芦苇 (*Phragmites australis*) 等;在水库库区、流水较缓的水域,浮叶植物、沉水植物种类较多,但受水库水位变化影响,水生植物生长并未形成群落,散见于水位线上下,比较常见的有浮萍

(*Lemna minor*)、紫萍(*Spirodela polyrrhyza*)穗状狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、茳草(*Potamogeton crispus*)、苦草(*Vallisneria natans*)等。

4.2.2.4 鱼类

(1) 种类组成

根据《云南鱼类志》的记录、丘北县水产站杨洪福的标本收藏以及 2017 年 9 月和 2018 年 4 月现场调查,在清水江流域分布有鱼类 4 目 12 科 37 属 41 种(见表 5)。

表 4.2-29 清水江流域鱼类名录

	目、科、属、种	标本/调查	备注
O1	鲤形目 Cypriniformes		
F1	鲤科 Cyprinidae		
1	马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	标本	土著种
2	宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	标本	土著种
3	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	标本	外来种
4	青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	调查	外来种
5	鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	标本	外来种
6	鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	调查	外来种
7	花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>	标本	土著种
8	麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	标本	土著种
9	棒花鱼 <i>Abbotina rivularis</i>	标本	土著种
10	鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	调查	土著种
11	高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	标本	土著种
12	南方白甲鱼 <i>Onychostoma gerlachi</i>	标本	土著种
13	小口白甲鱼 <i>Onychostoma lini</i>	标本	土著种
14	珠江卵形白甲鱼 <i>Onychostoma ovalis rhomboides</i>	调查	土著种
15	云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>	调查	土著种
16	条纹小鲃 <i>Puntius semifasciolatus</i>	标本	土著种
17	狭孔金线鲃 <i>Sinocyclocheilus angustiporus</i>	标本	土著种
18	云南盘鮈 <i>Discogobio yunnanensis</i>	标本	土著种
19	暗色唇鲮 <i>Semilabeo obscurus</i>	调查	云南省级保护、中国濒危动物红皮书 易危
20	直口鲮 <i>Rectoris posehensis</i>	标本	土著种
21	鲫 <i>Carassius auratus auratus</i>	标本	土著种
22	鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	调查	土著种
F2	条鳅科 Nemacheilidae		

23	红尾副鳅 <i>Paracobitis variegatus</i>	调查	土著种
24	横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>	标本	土著种
25	天星高原鳅 <i>Triplophysa tianxingensis</i>	标本	洞穴鱼类
F3	鳅科 Cobitidae		
26	泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	标本	土著种
27	大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>	调查	土著种
28	温浏二须鳅 <i>Bibarba wenliuensis</i>	标本	洞穴鱼类
F4	平鳍鳅科 Balitoridae		
29	似原吸鳅 <i>Paraprotomyzon multifasciatus</i>	标本	土著种
30	广西爬鳅 <i>Balitora kwangsiensis</i>	标本	土著种
31	条纹爬岩鳅 <i>Beaufortia pingi</i>	标本	土著种
O2	鲇形目 Siluriformes		
F5	鲇科 Siluridae		
32	鲇 <i>Silurus asotus</i>	标本	土著种
F6	鮡科 Sisoridae		
33	长尾鮡 <i>Pareuchiloglanis longicauda</i>	调查	土著种
F7	胡子鲇科 Clariidae		
34	胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>	调查	土著种
F8	鲿科 Bagridae		
35	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	标本	外来种
36	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	标本	外来种
37	中间黄颡鱼 <i>Pelteobagrus intermedius</i>	标本	外来种
O3	合鳃目 Synbranchiformes		
F9	合鳃鱼科 Synbranchidae		
38	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	调查	土著种
O4	鲈形目 Perciformes		
F10	鱧科 Channidae		
39	乌鱧 <i>Channa argus</i>	调查	土著种
F11	虾虎科 Gobiidae		
40	子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	标本	土著种
F12	塘鳢科 Eleotridae		
41	黄黝鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i>	调查	土著种
总计：4 目 12 科 37 属 41 种			

在清水河水利枢纽工程库尾至格雷一级电站间的河段，经调查和历史资料记载考证，分布有鱼类 33 种（见表 4.2-30），鱼类种类见表。暗色唇鲮、南方白甲鱼、小口白甲鱼等均在清水江下游调查到，本河段未调查到。

表 4.2-30 清水河水利枢纽工程库尾至下一级电站间河段鱼类名录

	目、科、属、种	标本/调查	备注
O1	鲤形目 Cypriniformes		
F1	鲤科 Cyprinidae		
	马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	标本	土著种
	宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	标本	土著种
	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	标本	外来种
	青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	调查	外来种
	鲢鱼 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	标本	外来种
	鳙鱼 <i>Aristichthys nobilis</i>	调查	外来种
	花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	标本	土著种
	麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	标本	土著种
	棒花鱼 <i>Abbotina rivularis</i>	标本	土著种
	鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	调查	土著种
	高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	标本	土著种
	云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>	调查	土著种
	条纹小鲃 <i>Puntius semifasciolatus</i>	标本	土著种
	狭孔金线鲃 <i>Sinocyclocheilus angustiporus</i>	标本	土著种
	云南盘鮈 <i>Discogobio yunnanensis</i>	标本	土著种
	鲫 <i>Carassius auratus auratus</i>	标本	土著种
	鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	调查	土著种
F2	条鳅科 Nemacheilidae		
	红尾副鳅 <i>Paracobitis variegatus</i>	调查	土著种
	横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>	标本	土著种
F3	鳅科 Cobitidae		
	泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	标本	土著种
	大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>	调查	土著种
F4	平鳍鳅科 Balitoridae		
	似原吸鳅 <i>Paraprotomyzon multifasciatus</i>	标本	土著种
	广西爬鳅 <i>Balitora kwangsiensis</i>	标本	土著种
	条纹爬岩鳅 <i>Beaufortia pingi</i>	标本	土著种
O2	鲇形目 Siluriformes		
F5	鲇科 Siluridae		
	鲇 <i>Silurus asotus</i>	标本	土著种
F6	胡子鲇科 Clariidae		
	胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>	调查	土著种
F7	鲿科 Bagridae		
	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	标本	外来种

	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	标本	外来种
	中间黄颡鱼 <i>Pelteobagrus intermedius</i>	标本	外来种
O3	合鳃目 Synbranchiformes		
F8	合鳃鱼科 Synbranchidae		
	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	调查	土著种
O4	鲈形目 Perciformes		
F9	鳢科 Channidae		
	乌鳢 <i>Channa argus</i>	调查	土著种
F10	虾虎科 Gobiidae		
	子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	标本	土著种
F11	塘鳢科 Eleotridae		
	黄鱼幼 <i>Hypseleotris swinhonis</i>	调查	土著种
总计：4 目 11 科 31 属 33 种			

(2) 鱼类生态类型

清水江流域鱼类按食性划分可分为肉食性鱼类、杂食性鱼类和植食性鱼类，按栖息习性划分则可分为江湖半洄游性鱼类、定居性鱼类和山溪定居性鱼类，按产卵类型可分为敞水性产卵鱼类、草上产卵鱼类、石砾产卵鱼类和喜贝性产卵鱼类等。鱼类具体生态类型划分见表 4.2-31。

表 4.2-31 鱼类生态类型划分

划分标准	生态类型	鱼类种类
食性	肉食性	青鱼、鲃类、鲇、黄颡鱼、鰕虎鱼、黄鱼幼等。
	杂食性	鲤、鲫、金线鲃等。
	植食性	草鱼、鲢等。
栖息习性	江湖半洄游性	如鲢、鳙、草鱼、青鱼等，该类型鱼类均为外来鱼类，随着当地水产业的发展进入自然水域。
	定居性	如鲤、鲫、黄颡鱼、鲇、马口鱼、白甲鱼、金线鲃等，该生态类型鱼类是清水江的渔业主体。
	山溪定居性	如花鲢、横纹南鳅、平鳍鳅、长尾鳅、胡子鲇等，该类型鱼类资源较少。
产卵类型	敞水性产卵	在水层中产卵，受精卵在水中处于悬浮状态下发育，为浮性卵和漂流性卵。产浮性卵的有乌鳢等，产漂流性卵的鱼类有青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊等。
	草上产卵	产黏性卵，如鲤亚科、鲃亚科、鲇形目鱼类，卵一经产出即分散在水草茎、叶上发育。
	石砾产卵	如棒花鱼、黄颡鱼、鳅科鱼类，将卵产在水底的岩石、石砾或沙砾上发育。

(3) 珍稀濒危鱼类及重要经济鱼类

1) 珍稀濒危鱼类

根据《云南鱼类志》等历史资料及现场调查结果，清水江流域未发现国家重点保护鱼类。暗色唇鲮 (*Semilabeo obscurus*) 被列入《中国濒危动物红皮书》(1998)，同时也被列入云南省重点保护野生动物名录。

2018 年，调查人员在清水江现场调查中，在曾经有分布记录的坝达电站库区水域，未调查到暗色唇鲮。但根据现场访问，暗色唇鲮在坝达电站库区及下游还有一定的资源量。

暗色唇鲮 *Semilabeo obscurus* Lin

地方名：猪嘴鱼

分类地位：鲤形目；鲤科；野鲮亚科



暗色唇鲮

生态习性：口下位，以岩石上的附着生物及其它有机物质为食。每年 4~8 月产卵繁殖，卵为粘性。喜将卵产于急流、砾石底质的河段。栖息于水体中下层和底层，活动于急流或有流水的岩洞中，常逆流而上。

估计数量及经济意义 种群数量不大。肉质鲜美，是群众喜食的鱼类品种。

分布：珠江和元江水系的上游。

2) 重要经济鱼类

根据现场调查结果，清水江流域的重要经济鱼类有云南光唇鱼、花鲢等。

(4) 渔获物及鱼类资源分布

清水江上游为砚山县听湖水库至清水河与南丘河的汇口处，下游从清水河与南丘河的汇口处起始。2017 年 9 月、2018 年 4 月和 2019 年 9 月，调查人员以雇佣渔民网捕，辅以收集渔民网捕、电捕渔获物的方式进行了现场调查。现场共调查

到鱼类 18 种。

	
雇佣渔民网捕	雇佣渔民电捕
	
浮游生物采集	渔获物分类整理
	
鲢和草鱼	条纹小鲃

	
云南盘鮡和条纹爬岩鳅	广西爬鳅
	
黄颡鱼	子陵鰕虎

1) 干流上游

现场共调查到鱼类 13 种（见表 4.2-32），从数量上来看，渔获物以棒花鱼、云南盘鮡、狭孔金线鲃、横纹南鳅等适宜流水或静水缓流的鱼类为主。鱼类种类小型化趋势较为明显。

表 4.2-32 清水江上游干流鱼类资源调查情况表

物种	调查区域							
	古登寨支流汇干流处				清水河汇干流汇口处			
	数量 (尾)	重量 (g)	数量百分比	重量百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量百分比	重量百分比
1、鲫					9	72.6	33.3%	3.6%
2、鲢					1	1050	3.7%	52.7%
3、草鱼					1	805	3.7%	40.4%
4、高体 鳊					1	0.9	3.7%	0.0%
5、花鲢	1	4.4	1.7%	2.0%				

6、棒花鱼					10	27.1	37.0%	1.4%
7、条纹小鲃	1	3.1	1.7%	1.4%				
8、狭孔金线鲃	27	123.3	45.8%	55.4%				
9、云南盘鮈	12	46.3	20.3%	20.8%				
10、横纹南鳅	16	34.4	27.1%	15.5%				
11、条纹爬岩鳅					2	4.1	7.4%	0.2%
12、泥鳅	2	11	3.4%	4.9%	2	30.6	7.4%	1.5%
13、子陵鰕虎					1	2.3	3.7%	0.1%
共计	59	222.5	100.00%	100.00%	27	1992.6	100.00%	100.00%
种类数量	6				8			

2018 年 4 月，调查人员在位于上游的清水河水利枢纽工程水库库中、清水河水库回水末端等水域进行了鱼类资源现场调查。调查的主要方式是雇佣渔民网捕，辅以收集渔民网捕、电捕渔获物的方式进行。现场共调查到鱼类 4 种（见表 4.2-33），从数量上来看，渔获物以鲃、棒花鱼、横纹南鳅等适宜流水或静水缓流的鱼类为主。

2) 干流下游

2017 年 9 月，调查人员位于清水江下游的猴爬岩电站库区、猴爬岩电站下游、坝达电站库区、石别电站等干流水域采取收集当地渔民网捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。共采集到鱼类 14 种（见表 4.2-34），渔获物以南方白甲鱼、小口白甲鱼、云南盘鮈、马口鱼等适宜流水或静水缓流的鱼类为主，下游虽然电站较多，但电站大坝直接相隔较远，还保留有相当一部分流水区域。

2018 年 4 月，调查人员在位于清水江坝址下游的者中河汇流处、格雷西南、坝址-坝下支流汇流处等水域进行了鱼类资源现场调查。调查的主要方式是雇佣渔民网捕，辅以收集渔民网捕、电捕渔获物的方式进行。共采集到鱼类 15 种（见表 4.2-35），渔获物以爬岩鳅、云南盘鮈等适宜流水的鱼类为主，下游虽然电站较

多，但电站大坝直接相隔较远，还保留有相当一部分流水区域。

表 4.2-33 2018 年 4 月现场调查清水江上游干流鱼类资源调查情况表

物种	调查区域							
	清水河水库回水末端				清水河水库库中			
	数量 (尾)	重量 (g)	数量百分比	重量百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量百分比	重量百分比
1、棒花鱼					1	20.3	11.1%	4.3%
2、横纹南鳅					1	5.6	11.1%	1.2%
3、鲇	2	35.9	66.7%	86.3%	6	441.5	66.7%	93.1%
4、子陵鰕虎	1	5.7	33.3%	13.7%	1	7.0	11.1%	1.5%
共计	3	41.6			9	474.4		
种类数量	4				2			

表 4.2-34

2017 年 9 月现场调查清水江下游鱼类资源调查情况表

种	调查区域															
	猴爬岩电站库区				猴爬岩电站坝下				坝达电站下游				石别电站			
	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比
1、马口鱼									16	59.1	32.0%	24.0%				
2、宽鳍鱲					2	3.2	16.7%	13%								
3、麦穗鱼	1	3.0	2.0%	2.1%												
4、花鲢	1	6.9	2.0%	4.8%												
5、南方白甲鱼	6	40.7	12.2%	28.2%	2	11.1	16.7%	44%					10		13.0%	
6、小口白甲鱼	7	42.7	14.3%	29.6%												
7、云南盘鮈	26	30	53.1%	20.8%	6	9.6	50.0%	38%					30		39.0%	
8、鲫													2		2.6%	
9、广西爬鳅	3	5.7	6.1%	4.0%												
10、条纹爬岩鳅									4	2.7	8.0%	1.1%	18		23.4%	
11、横纹南鳅	5	15.3	10.2%	10.6%	1	0.4	8.3%	2%					17		22.1%	
12、泥鳅									1	5.0	2.0%	2.0%				
13、鲇									1	128.6	2.0%	52.3%				
14、子陵鰕虎					1	1.0	8.3%	4%	28	50.7	56.0%	20.6%				
合计	49	144.3			12	25.3			50	246.1			77			
种数	7				5				5				5			

表 4.2-35

2018 年 4 月现场调查清水江下游鱼类资源调查情况表

种	调查区域											
	坝址-坝下支流汇口处				格雷西南				者中河汇口处			
	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比	数量 (尾)	重量 (g)	数量 百分比	重量 百分比
1、鰲					1	1.0	0.2%	0.0%				
2、麦穗鱼					13	59.0	2.5%	2.9%				
3、棒花鱼	1	8.0	3.7%	7.2%	4	44.8	0.8%	2.2%				
4、高体鲮					484	1364.1	92.4%	67.3%				
5、云南盘鮈					3	50.3	0.6%	2.5%	4	30.2	6.9%	16.4%
6、直口鲮					4	85.4	0.8%	4.2%				
7、鲫					2	87.9	0.4%	4.3%				
8、广西爬鳅	1	1.3	3.7%	1.2%								
9、条纹爬岩鳅	21	61.2	77.8%	55.3%	1	1.3	0.2%	0.1%	45	118.1	77.6%	64.0%
10、横纹南鳅	1	5.0	3.7%	4.5%					2	10.3	3.4%	5.6%
11、鲇	1	16.7	3.7%	15.1%								
12、长尾鮡									2	17.7	3.4%	9.6%
13、瓦氏黄颡鱼					1	60.6	0.2%	3.0%				
14、中间黄颡鱼					6	255.1	1.1%	12.6%				
15、子陵鰕虎	2	18.4	7.4%	16.6%	5	18.3	1.0%	0.9%	5	8.2	8.6%	4.4%
合计	27	110.6			524	2027.8			58	184.5		
种数	6				11				5			

3) 支流

A、古登寨支流

2017 年 9 月，调查人员在古登寨支流采取雇佣渔民使用流刺网捕捞、收集当地村民电捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。本次调查在古登寨支流调查到鱼类 4 种（见表 4.2-36），以狭孔金线鲃、云南盘鮈等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。

表 4.2-36 2017 年 9 月现场调查古登寨支流鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
1、条纹小鲃	1	3.1	6.7%	4.0%
2、狭孔金线鲃	3	36.2	20.0%	46.4%
3、云南盘鮈	9	27.8	60.0%	35.6%
4、泥鳅	2	11	13.3%	14.1%
合计	15	78.1		

B、以甲村支流

2017 年 9 月，调查人员在以甲村支流采取雇佣渔民使用流刺网捕捞、收集当地村民电捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。本次调查在以甲村支流调查到鱼类 4 种（见表 4.2-37），以棒花鱼、鲫鱼、泥鳅、鲃鱼等适宜在静水缓流生境的鱼类为主，这与以甲村的缓流、泥质生境有关。

表 4.2-37 2017 年 9 月现场调查以甲村支流鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
1、棒花鱼	3	5.2	33.3%	2.5%
2、鲫	3	156.4	33.3%	75.3%
3、泥鳅	1	19.1	11.1%	9.2%
4、鲃	2	27.1	22.2%	13.0%
合计	9	207.8		

A、石别河

2017 年 9 月，调查人员在石别河采取雇佣渔民使用流刺网捕捞、收集当地村民电捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。现场共调查到鱼类 3 种（见表 4.2-38），渔获物以南方白甲鱼、小口白甲鱼等适宜流水的鱼类为主，黄颡鱼等适宜缓流生境的鱼类在渔获物中也占有一定的比例。

根据访问石别河当地渔民得知，石别河当地村民在枯水期内电鱼现象时有发生，鱼类资源衰退现状较为严重，鱼类小型化趋势较为明显。

表 4.2-38 2017 年 9 月现场调查石别河鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
1、黄颡鱼	1	5.3	25.0%	20%
2、南方白甲鱼	2	14.4	50.0%	54%
3、小口白甲鱼	1	7.0	25.0%	26%
合计	4	26.7		

B、石葵河

2017 年 9 月，调查人员在石葵河采取收集当地村民网捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。现场共调查到鱼类 4 种（见表 4.2-39），渔获物以花鲢、南方白甲鱼、横纹南鳅、广西爬鳅等适宜流水的鱼类为主。

表 4.2-39 2017 年 9 月现场调查石葵河鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
1、花鲢	11	146.1	68.8%	89%
2、南方白甲鱼	1	9.0	6.3%	5%
3、横纹南鳅	2	4.3	12.5%	3%
4、广西爬鳅	2	5.0	12.5%	3%
合计	16	164.4		

4) 地下暗河出口**A、以勒村龙潭**

2017 年 9 月，调查人员在以勒村龙潭采取雇佣渔民使用流刺网捕捞、收集当地村民电捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。本次调查在以勒村龙潭调查到鱼类 7 种（见表 4.2-40），以狭孔金线鲃、云南盘鮈、泥鳅等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。

表 4.2-40 2017 年 9 月现场调查以勒村龙潭鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
1、麦穗鱼	1	4.4	0.5%	0.6%
2、鲫	2	30.7	1.1%	4.1%
3、狭孔金线鲃	2	17.8	1.1%	2.4%
4、云南盘鮈	137	435.7	73.3%	57.9%
5、广西爬鳅	1	6.2	0.5%	0.8%
6、横纹南鳅	31	52.8	16.6%	7.0%
7、泥鳅	13	204.7	7.0%	27.2%
合计	187	752.8		

B、古登寨龙潭

2017 年 9 月，调查人员在古登寨龙潭采取雇佣渔民使用流刺网捕捞、收集当

地村民电捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。本次调查在古登寨龙潭调查到鱼类 3 种（见表 4.2-41），以狭孔金线鲃、云南盘鮈等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。

表 4.2-41 2017 年 9 月现场调查古登寨龙潭鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
1、狭孔金线鲃	5	42.3	26.3%	42.5%
2、云南盘鮈	12	46.3	63.2%	46.5%
3、泥鳅	2	11	10.5%	11.0%
合计	19	99.6		

5) 调蓄水库

2019 年 9 月，调查人员在 7 座调蓄水库采取雇佣渔民使用流刺网捕捞、电捕渔获物的方式进行鱼类资源调查。经调查，调蓄水库鱼类资源受人为影响较大，调蓄水库鱼类主要以人工养殖的经济鱼类和一些常见的小型野杂鱼类为主。

A、康新寨水库

本次调查在康新寨水库调查到鱼类 2 种（见表 4.2-42），以麦穗鱼、高体鳊等适宜在静水生境的鱼类为主。此外，经过调查访问，该水库还养殖有鲤、鲫、草鱼等经济鱼类。

表 4.2-42 2019 年 9 月现场调查康新寨水库鱼类资源调查情况表

鱼名	数量（尾）	重量（g）	尾数百分比%	重量百分比%
麦穗鱼	1	2.1	50.0%	80.8%
高体鳊	1	0.5	50.0%	19.2%
合计	2	2.6		

B、干龙潭水库

本次调查在干龙潭水库调查到鱼类 3 种（见表 4.2-43），以麦穗鱼、棒花鱼、鲫等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。此外，经过调查访问，该水库还养殖有鲤鱼、鲫鱼、草鱼等经济鱼类。

表 4.2-43 2019 年 9 月现场调查干龙潭水库鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
棒花鱼	13	106.8	65.0%	75.0%
麦穗鱼	6	30.8	30.0%	21.6%
鲫	1	4.8	5.0%	3.4%
合计	20	142.4		

C、双飞井水库

本次调查在双飞井水库调查到鱼类 3 种（见表 4.2-44），以麦穗鱼、鲫、棒花鱼等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。此外，经过调查访问，该水库还养殖有鲤、鲫、草鱼等经济鱼类。

表 4.2-44 2019 年 9 月现场调查双飞井水库鱼类资源调查情况表

鱼名	数量（尾）	重量（g）	尾数百分比%	重量百分比%
麦穗鱼	20	140.2	83.3%	88.1%
棒花鱼	1	3.8	4.2%	2.4%
鲫	3	15.2	12.5%	9.5%
合计	24	159.2		

D、支迷水库

本次调查在支迷水库调查到鱼类 3 种（见表 4.2-45），以麦穗鱼、泥鳅、鲫等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。此外，经过调查访问，该水库还养殖有鲤、鲫、草鱼等经济鱼类。

表 4.2-45 2019 年 9 月现场调查支迷水库鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
鲫	3	62.3	2.0%	8.2%
泥鳅	6	37	4.0%	4.9%
麦穗鱼	142	656	94.0%	86.9%
合计	151	755.3		

E、红舍克水库

本次调查在红舍克水库调查到鱼类 3 种（见表 4.2-46），以麦穗鱼、高体鳊、黄颡鱼等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。此外，经过调查访问，该水库还养殖有鲤、鲫、草鱼等经济鱼类。

表 4.2-46 2019 年 9 月现场调查红舍克水库鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
高体鳊	680	491.1	96.5%	89.2%
麦穗鱼	19	30.2	2.7%	5.5%
中间黄颡鱼	6	29	0.9%	5.3%
合计	705	550.3		

F、马鞭梢水库

本次调查在马鞭梢水库调查到鱼类 4 种（见表 4.2-47），以麦穗鱼、黄颡鱼、子陵虾虎、泥鳅等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。经询问得知，水库还有鳊、鲢、鲤（少）、草鱼（少，最大捕捞个体约 10kg）、鲫（少），每年会投放万余尾鳊和鲢。

表 4.2-47 2019 年 9 月现场调查马鞭梢水库鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
麦穗鱼	145	422.6	49.5%	49.4%
泥鳅	1	2.0	0.3%	0.2%
子陵栉虾虎鱼	144	42.3	49.1%	4.9%
黄颡鱼	3	389.2	1.0%	45.5%
合计	293	856.1		

G、细水水库

本次调查在细水水库调查到鱼类 4 种（见表 4.2-48），以麦穗鱼、鲫、泥鳅等适宜在静水缓流生境的鱼类为主。此外，经过调查访问，该水库还养殖有鲤、鲫、草鱼等经济鱼类。

表 4.2-48 2019 年 9 月现场调查细水水库鱼类资源调查情况表

物种	数量（尾）	重量（g）	数量百分比	重量百分比
月鳢	1	68.7	0.6%	7.4%
鲫	1	4.4	0.6%	0.5%
泥鳅	1	5.1	0.6%	0.5%
麦穗鱼	172	856	98.3%	91.6%
合计	175	934.2		

6) 小结

总体来看，格雷一级电站以下的清水江下游鱼类以南方白甲鱼、小口白甲鱼、马口鱼、宽鳍鱲等喜流水或静水缓流的鱼类为主。格雷一级电站以上的清水江上游的鱼类与清水江下游有较大区别，狭孔金线鲃、棒花鱼、横纹南鳅等在渔获物的比例明显较高，这可能与上游喀斯特地形较为发育有关。

格雷一级电站以上的清水江上游支流中靠近地下水出口的水域有狭孔金线鲃、云南盘鮈等洞穴鱼类分布；格雷一级电站以上的清水江下游支流则分布的横纹南鳅、广西爬鳅等小型鱼类较为丰富。

龙潭、地下暗河等水域则以狭孔金线鲃、云南盘鮈等鱼类为主。

调蓄水库受人为影响较大，鱼类主要以人工养殖的经济鱼类和一些常见的小型野杂鱼类为主。

清水江下游已经建设的格雷一级电站、格雷二级电站、猴爬岩电站、坝达电站、猫街电站等 5 座水电站，阻隔了河流连通性。另外，格雷二级电站坝址下游有一瀑布，形成了天然阻隔。

（5）鱼类重要生境

1) 产卵场

A、产漂流卵鱼类产卵场

2017 年 9 月、2018 年 4 月现场调查中，调查人员在清水河汇口使用圆锥网进行早期资源调查，未采集到该类型鱼卵。

B、产粘砾石卵鱼类产卵场

根据现场调查，较集中的产卵场有 2 处，一处为清水河汇干流汇口水域，另一处为支流石葵河中段。

清水河汇干流汇口区域有一处较小的鱼类集中产卵场分布（见图 4.2-16），该水域水草丰茂，河流底质为砂、卵、石或凸石，沙石比较细小，水位适中，水流缓和，近还有一定的深潭浅滩，适合粘砾石卵鱼类或产粘草基质卵鱼类产卵。由于清水河清水河两岸农田、旱地较为密集，有面源污染进入，同时上游建有碧松就和小龙潭电站，导致清水河下游水流量较小和不稳定，产卵规模相对较小。



图 4.2-16 清水河汇口上游约 2km 处

据丘北县畜牧水产站历史调查资料和现场调查显示，在石葵河中段有 1 处大型集中天然鱼类产卵场（见表 4.2-49 和图 4.2-17），该产卵场从坐标点位至。产卵场位于清水河水库下河段坝址下游约 33km。

产卵场为产粘砾石卵鱼类产卵场，有比较丰茂的水草，砂、卵、石或狭流凸石的水域，沙石比较细小，水位适中，水流缓和、水质清澈、水岸周围人口稀少，产卵场附近还有一定的深潭浅滩，便于鱼类索饵场和越冬场。

表 4.2-49 评价区主要产卵场情况表

编号	名称	坐标点位	主要繁殖群体	与工程位置关系
1	石葵河中段	N 24°12'22.61", E 104°26'11.82"	花鲢、南方白甲鱼、横纹南鳅、广西爬鳅等	位于下河段坝址下游约 33km



图 4.2-17 石葵河中段产卵场

C、产粘草基质卵鱼类产卵场

评价区部分鱼类产粘草基质卵，繁殖期在 3~7 月份，主要有鲤、鲫等。这些鱼类繁殖需要砾石、沙石底质和水草环境，鱼类产卵后，受精卵或入砾石缝中，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，在河水良好的溶氧环境中顺利孵化。评价区河流岸边以砂石为主，水生维管束植物并不丰富。该类型产卵场在评价区水生维管束植物丰富的区域广泛零散分布，没有成规模分布的区域。

从不同产卵类型鱼类繁殖时间来看，鱼类繁殖期在 3~7 月份，集中产卵时间

多在 4~6 月份，如暗色唇鲮繁殖时间会延伸至 8 月份。

2) 索饵场

鲇科、鳢科鱼类等以鱼类为食鱼类的索饵场，随其生活习性及其摄食鱼群的分布而分布。鲤、鲫等杂食性鱼类索饵场的环境基本特征是水生植物丰富，缓流或静水，水深 0~0.5m，其间有砾石、礁石、沙质岸边，这些区域易于躲避敌害，同时，这些地方小型饵料丰富，敌害生物少，有利于幼鱼的存活。成库后库区也成为鱼类重要的育幼场和静缓流鱼类的栖息地和索饵场，成库后鱼类索饵育幼场面积明显扩大，这些索饵场在清水河各水库库湾、库汊水生植物丰富处均有分布。评价区内没有发现较为集中的索饵区域。

3) 越冬场

越冬场一般都是各电站库区内水深缓流的区域。库区水深较深，为鱼类越冬提供了良好场所。清水江流域范围内分布的越冬场主要有 3 处，从下往上，依次是：猫街电站库区、坝达电站库区、猴爬岩电站库区。此外，对于金线鲃、云南盘鮑等洞穴鱼类来说，一些龙潭、地下暗河由于具有水量稳定，不受外界干扰等特点，也是较好的鱼类越冬场，如以勒村龙潭、古登寨龙潭等。越冬场情况见表 4.2-50。

表 4.2-50 评价区主要越冬场情况表

编号	名称	坐标点位	与工程位置关系
1	猫街电站库区	24°27'46.41", 104°33'57.58'	位于下坝址下游约 60km 处
2	坝达电站库区	24°21'52.20", 104°31'2.94"	位于下坝址下游约 50km 处
3	猴爬岩电站库区	24°15'13.51", 104°31'38.11"	位于下坝址下游约 40km 处
4	以勒村龙潭	23°53'42.88", 104°21'0.42"	位于中坝址上游约 3km
5	古登寨龙潭	23°51'43.80", 104°19'14.22"	位于中坝址上游约 4km



	
猴爬岩电站库区	以勒村龙潭
	
古登寨龙潭	

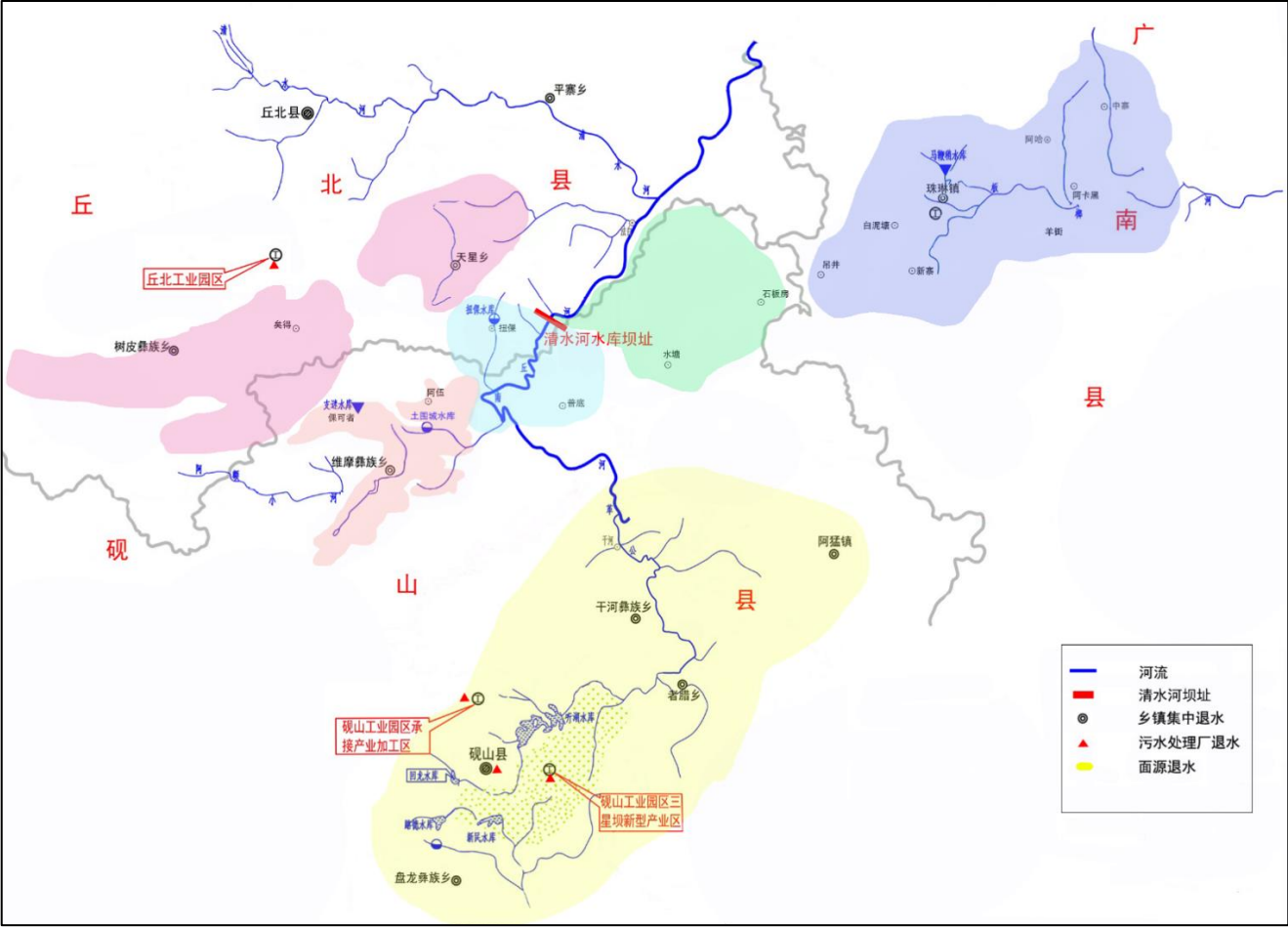
4) 鱼类洄游通道

根据现场调查结果，评价区流域没有长距离洄游鱼类，仅云南光唇鱼、白甲鱼等鱼类在繁殖季节有短距离生殖洄游习性。这些鱼类的洄游距离可能在几公里到十几公里左右。清水江流域已建的水电站均未建设过鱼设施，对上述短距离洄游鱼类来说，其洄游通道已被阻隔。

4.3 环境质量现状

4.3.1 污染源

清水河水利枢纽工程受水区及水源区现状年污染源分布见图 4.3-1。



4.3.1.1 水库径流区污染源现状

(1) 砚山片区

根据实地调查,砚山片区现状年污染源主要有砚山县城、砚山工业园区以及砚山县下属乡镇等集中点污染源以及农村居民散排生活污水、畜禽养殖污染及农田径流污染等面污染源。

1) 城镇生活污染源

该区域的城镇生活污染源主要来自砚山县城城镇生活污水处理厂,污水处理厂规定生活污水经处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)中一级 A 标准后排入公革河。根据《砚山县县城总体规划》(2016-2030) 及《城市给水工程规范》(GB50282—98), 排污系数按 0.8 计算, 污水处理厂污水收集率达到 80%。城镇生活污染污染物排放情况见表 4.3-1。

表 4.3-1 城镇生活污染污染物排放统计表

区域	污水量 (万 t/年)	污染物(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
砚山县城污水处理厂	357.41	178.70	35.74	17.87	1.79	53.61
砚山县城集中直排	89.35	328.87	130.31	46.54	5.03	64.53
合计	446.76	507.57	166.05	64.41	6.81	118.14
备注: 1、污水处理厂污水收集率为 80%, 未收集到的 20%污水按管道集中直排计算。 2、所有污水厂处理到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)中一级 A 标准后外排。						

2) 砚山工业园污染源

清水河水利枢纽工程为砚山工业园承接产业加工区和三星坝新型产业区供水。目前承接产业加工区现有企业 27 家,三星坝新型产业区现有企业 11 家。根据《砚山工业园环境影响报告书》,三星坝片区、循环经济片区,生产废水必须做到封闭循环不外排,工业废水自行处理达到 GB/T 19923-2005《再生利用工业用水水质标准》后完全回用不外排。承接加工、生物资源加工片区工业生产废水均要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后外排,其中生物资源加工片区排入盘龙河,不在考虑受水区范围内,承接产业加工区排入公革河。砚山工业园污水厂污染物排放见表 4.3-2。

表 4.3-2 砚山工业园污水处理厂污染物表

区域	河流	排放量(万 t/a)	污染物(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
砚山工业园污水处理厂	公革河	220	110	22	11	1.1	33
备注：排污系数为 0.8，污水按经污水厂处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 A 标准处理后外排考虑。							

3) 乡镇集中形式污染

清水河在砚山片区的乡镇生活污染源主要来自盘龙乡、干河乡、者腊乡和阿猛镇，现状年无污水处理厂，非农业人口产生的污水以乡镇集中直排方式排入公革河。污染负荷计算见表 4.3-3。

表 4.3-3 现状年(2017 年) 砚山片区乡镇生活污水污染负荷汇总

城镇	非农业人口(人)	污染物排放量(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
干河乡	3342	64.65	25.62	9.15	0.99	12.69
者腊乡	1934	37.41	14.82	5.29	0.57	7.34
阿猛镇	4856	93.94	37.22	13.29	1.44	18.43
合计	10132	196.00	77.66	27.74	3.00	38.46

4) 农村生活污染源

砚山片区范围内涉及乡镇的农村综合污水均为无组织排放，本次计算将非集水区人口产生的生活污染(又称农村散排生活污水) 按面源的形式计入。砚山片区现状年农村生活污水污染负荷计算结果详见表 4.3-4。

表 4.3-4 现状年(2017 年) 砚山片区农村散排生活污水污染负荷统计表

河流	乡镇	农业人口	农村散排污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	干河乡	20751	60.59	37.87	6.06	1.06	7.57
公革河	者腊乡	30180	88.13	55.08	8.81	1.54	11.02
公革河	阿猛镇	53811	157.13	98.21	15.71	2.75	19.64
合计		104742	305.85	191.15	30.58	5.35	38.23

5) 畜禽养殖污染源

砚山片区未分布有规模化养殖场，因此，本节将砚山片区畜禽养殖产生的污染负荷作为面源处理。现状年(2017 年) 砚山片区集雨面积内畜禽养殖污染负荷见表

4.3-5。

表 4.3-5 现状年(2017 年) 砚山片区畜禽养殖污染负荷统计表

河流	乡镇	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	干河乡	193.10	109.37	6.39	2.01	19.51
公革河	者腊乡	213.61	120.98	7.07	2.23	21.58
公革河	阿猛镇	393.00	222.59	13.00	4.10	39.71
合计		799.70	452.94	26.45	8.33	80.80

6) 农田径流污染源

砚山片区农田径流污染负荷见表 4.3-6。

表 4.3-6 现状年(2017 年) 砚山片区农田径流污染负荷统计表

河流	乡镇	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	砚山片	水田径流污染负荷(t/a)				
		122.64	34.75	9.91	2.36	28.61
		旱地径流污染负荷(t/a)				
		172.03	60.21	3.02	2.13	15.93
		农田径流污染负荷(t/a)				
		294.67	94.96	12.94	4.49	44.54

7) 污染源统计

砚山片区污染负荷统计结果见表 4.3-7。砚山片区点源污染占比较大，主要来自县城居民生活污水，分别占 COD 排放量的 14.86%，BOD₅ 排放量的 12.97%，NH₃-N 排放量的 26.88%，TP 排放量的 17.28%，TN 排放量的 18.27%。面源污染以畜禽养殖为主。分别占 COD 排放量的 36.12%，BOD₅ 排放量的 45.08%，NH₃-N 排放量的 15.28%，TP 排放量的 28.65%，TN 排放量的 22.88%。

表 4.3-7 现状年(2017 年) 砚山片区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	点源	乡镇集中排放	196.00	77.66	27.74	3.00	38.46
		所占比例(%)	8.85%	7.73%	16.02%	10.30%	10.89%
		砚山县污水处理厂	178.70	35.74	17.87	1.79	53.61
		所占比例(%)	8.07%	3.56%	10.32%	6.14%	15.18%
		砚山县城集中直排	328.87	130.31	46.54	5.03	64.53
		所占比例(%)	14.86%	12.97%	26.88%	17.28%	18.27%
		砚山工业园污水处理厂	110.00	22.00	11.00	1.10	33.00
		所占比例(%)	4.97%	2.19%	6.35%	3.78%	9.34%

	面源	农村散排	305.85	191.15	30.58	5.35	38.23
		所占比例(%)	13.82%	19.02%	17.67%	18.40%	10.82%
		畜禽养殖	799.70	452.94	26.45	8.33	80.80
		所占比例(%)	36.12%	45.08%	15.28%	28.65%	22.88%
		农田径流	294.67	94.96	12.94	4.49	44.54
		所占比例(%)	13.31%	9.45%	7.47%	15.44%	12.61%
	合计		2213.80	1004.76	173.12	29.08	353.18

(2) 维摩片区

维摩片区现状年污染源主要有维摩彝族乡集中点污染源以及农村居民散排生活污水、畜禽养殖污染及农田径流污染等面污染源。

1) 城镇生活污染源

该片区的城镇生活污染源主要来自维摩彝族乡，现状年无污水处理厂，城镇生活污水以乡镇集排形式汇入周边小河，污染负荷见表 4.3-8。

表 4.3-8 现状年(2017 年) 维摩乡镇生活污水污染负荷汇总

城镇	非农业人口(人)	污染物排放量(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
维摩乡	8109	156.87	62.16	22.20	2.40	30.78

2) 农村生活污染源

维摩片区农村生活污染源负荷计算方法及参数选取同砚山片区。根据维摩片区农村人口，计算得到维摩片区涉及农村居民散排生活污水污染负荷，详见表 4.3-9。

表 4.3-9 现状年(2017 年) 维摩片区农村散排生活污水污染负荷统计表

河流	乡镇	农业人口	农村散排污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
古登寨小河	维摩片区	22916	66.91	41.82	6.69	1.17	8.36

3) 畜禽养殖污染源

维摩区畜禽养殖业由于集约化程度很低，未达到规模化养殖水平。本次考虑畜禽养殖面源污染来源于农户畜禽散养。根据涉及乡镇的畜禽养殖数量，计算得到维摩片区涉及畜禽养殖产生的面源污染负荷，见表 4.3-10。

表 4.3-10 现状年(2017 年) 维摩片区畜禽养殖污染负荷统计表

河流	乡镇	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
古登寨小河	维摩片区	208.07	117.85	6.88	2.17	21.02

4) 农田径流污染源

根据《清水河水利枢纽可行性研究报告》，现状年维摩片区耕地面积为 2133 hm²，其中旱地 1387 hm²，水田 747 hm²。污染负荷参数选取及计算方法同砚山片区，农田径流污染负荷见表 4.3-11。

表 4.3-11 现状年(2017 年) 维摩片区畜禽养殖污染负荷统计表

河流	乡镇	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
古登寨小河	维摩片	水田径流污染负荷(t/a)				
		8.96	2.54	0.72	0.17	2.09
		旱地径流污染负荷(t/a)				
		11.09	3.88	0.19	0.14	1.03
		农田径流污染负荷(t/a)				
		20.05	6.42	0.92	0.31	3.12

5) 灌溉回归水污染负荷现状分析

维摩片区在现状年存在部分灌区，灌溉回归水主要通过天然冲沟、田间排水沟进入下游河道，排水口较多，位置分布散。故将灌溉回归水污染负荷作为面源处理。

经调查分析，清水河水库灌溉供水区现灌溉为常规灌溉，结合文山州用水公报及《清水河可行性研究报告》，项目区现状灌溉面积为 1.3 万亩，综合灌溉定额为 123m³/亩，灌溉水利用系数约为 0.50，则净需水量为 164.7 万 m³，实际灌溉水量为 332 万 m³。排污系数按 0.8 计，灌溉退水系数综合确定为 0.2，其中维摩乡 20%的农村面源位于库区。

灌溉回归水水质浓度参考《四川省向家坝灌区北总干渠一期工程水环境影响预测研究》，采用最不利情况，即所有监测灌区灌溉退水的监测值作为本次环评灌溉回归水的水质，即取 41.0mg/L，氨氮 0.696mg/L，总氮 1.77mg/L，总磷 0.96mg/L。灌溉回归水各污染物负荷计算结果见表 4.3-12。

表 4.3-12 现状水平年(2017 年) 维摩片区灌溉回归水污染负荷统计表

河流	乡镇	现状年灌溉需水量	灌溉退水污染负荷(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
古登寨小河	维摩片	258	10.56	0.18	0.25	0.46

6) 污染源负荷统计

维摩片区污染负荷统计结果见表 4.3-13。维摩片区点源污染占比较大，来自乡镇居民集中排污产生，分别占 COD 排放量的 33.92%，BOD₅ 排放量的 27.23%，NH₃-N 排放量的 60.21%，TP 排放量的 38.09%，TN 排放量的 48.29%。面源污染主要以畜禽养殖为主。分别占 COD 排放量的 44.99%，BOD₅ 排放量的 51.63%，NH₃-N 排放量的 18.67%，TP 排放量的 34.45%，TN 排放量的 32.98%。

表 4.3-13 现状年(2017 年) 维摩受水区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	点源	乡镇集中排放	156.87	62.16	22.20	2.40	30.78
		所占比例(%)	33.92%	27.23%	60.21%	38.09%	48.29%
	面源	农村散排	66.91	41.82	6.69	1.17	8.36
		所占比例(%)	14.47%	18.32%	18.15%	18.61%	13.12%
		畜禽养殖	208.07	117.85	6.88	2.17	21.02
		所占比例(%)	44.99%	51.63%	18.67%	34.45%	32.98%
		农田径流	20.05	6.42	0.92	0.31	3.12
		所占比例(%)	4.34%	2.81%	2.49%	4.92%	4.89%
		灌溉退水	10.56	0.00	0.18	0.25	0.46
		所占比例(%)	2.28%	0.00%	0.49%	3.93%	0.72%
	合计		462.47	228.25	36.87	6.29	63.74

(3) 库区

根据现场调查，库周研究范围内无工矿企业或工业园区，乡镇集约程度较低，无污水处理厂，库周污染负荷均以面源散排污染计入。具体来说包括农村散排污水、畜禽养殖、农田径流三方面。

1) 农村散排生活污水污染负荷现状分析

根据库周现状年农村人口，计算得到库周涉及农村居民散排生活污水污染负荷，结果详见表 4.3-14。

表 4.3-14 现状年(2017 年) 清水河库周农村生活污水污染负荷统计表

河流	乡镇	农村人口数(人)	农村散排污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	扭克村	4564	13.33	8.33	1.33	0.23	1.67
南丘河	普底村	5729	16.73	10.46	1.67	0.29	2.09
合计		10293	30.05	18.78	3.01	0.53	3.76

2) 畜禽散养污染负荷现状分析

根据库区涉及乡镇畜禽养殖的数量和种类，计算得出现状年清水河库周集雨面积内畜禽养殖污染负荷，见表 4.3-15。

表 4.3-15 现状年(2017 年) 清水河库周畜禽养殖污染负荷统计表

河流	乡镇	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	扭克村	91.41	51.77	3.02	0.95	9.24
南丘河	普底村	52.02	29.46	1.72	0.54	5.26
合计		143.42	81.23	4.74	1.49	14.49

3) 农田径流污染负荷现状分析

现状年库区共有耕地 1520.0hm²，其中水田 366.667hm²，旱地 1153.333hm²。。清水河库周农田径流污染负荷见表 4.3-16。

表 4.3-16 现状年(2017 年) 清水河库周旱地径流污染负荷

河流	乡镇	农田径流污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	扭克村	8.61	2.87	0.29	0.12	1.10
南丘河	普底村	5.01	1.61	0.23	0.08	0.78
合计		13.63	4.48	0.52	0.20	1.88

4) 灌溉回归水污染负荷现状分析

库区灌溉回归水计算方法同维摩片区灌溉回归水计算，涉及范围为天星树皮片区的扭克部分，水塘石板房片区的普底部分。参考《清水河可行性研究报告》，天星树皮片区(扭克部分) 现状年灌溉面积为 0.19 万亩，综合灌溉净定额为 128m³/亩；水塘石板房片区(普底部分) 现状年灌溉面积为 0.025 万亩，综合灌溉净定额为 126m³/亩；灌溉水利用系数约为 0.50。排污系数按 0.8 计，灌溉退水系数综合确定为 0.2。考虑最不利情况，取灌溉回归水的水质情况为：化学需氧量 41.0mg/L，氨氮 0.696mg/L，总氮 1.77mg/L，总磷 0.96mg/L。灌溉回归水各污染物负荷见表 4.3-17。

表 4.3-17 现状水平年(2017 年) 库区灌溉回归水污染负荷统计表

河流	乡镇	现状年灌溉需水量(万 m ³)	灌溉退水污染负荷(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	扭克村	61.10	2.51	0.043	0.059	0.108
南丘河	普底村	64.40	2.64	0.045	0.062	0.114
合计		125.50	5.15	0.087	0.120	0.222

5) 库区污染负荷现状综合分析

现状水平年库区污染源负荷统计结果见表 4.3-18。库周工业化程度不高, 且不存在大型乡镇, 无点源污染。面源污染以畜禽养殖污水污染负荷为主。COD、BOD₅、NH₃-N、TP 和 TN 分别占总排放量的 74.60%、77.74%、56.78%、63.88%和 71.21%。

表 4.3-18 现状年(2017 年) 清水河库周污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	面源	农村散排	30.05	18.78	3.01	0.53	3.76
		所占比例(%)	15.63%	17.98%	35.97%	22.48%	18.46%
		畜禽养殖	143.42	81.23	4.74	1.49	14.49
		所占比例(%)	74.60%	77.74%	56.78%	63.88%	71.21%
		农田径流	13.63	4.48	0.52	0.20	1.88
		所占比例(%)	7.09%	4.28%	6.20%	8.50%	9.24%
		灌溉退水	5.15	0.00	0.09	0.12	0.22
		所占比例(%)	2.68%	-	1.05%	5.15%	1.09%
		合计	192.25	104.49	8.35	2.34	20.35

4.3.1.2 坝址下游河段污染源现状

根据现场调查, 清水河水利枢纽坝下游研究范围内无工矿企业或工业园区, 乡镇集约程度较低, 无污水处理厂, 坝下污染负荷均以面源散排污染计入, 污染源主要包括农村散排生活污染源、畜禽养殖污染源、以及农田径流污染源。

(1) 农村散排生活污水污染负荷现状分析

清水河坝下游农村人口及居民散排污染负荷见表 4.3-19。

表 4.3-19 现状年(2017 年) 清水河坝下游农村生活污水污染负荷

河流	乡镇	农业人口	生活污染物排放量(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	水塘石板房村	11722	34.23	21.39	3.42	0.60	4.28

(2) 畜禽养殖污染负荷现状分析

坝下游涉及乡镇畜禽养殖数量及相应排放的污染负荷见表 4.3-20。

表 4.3-20 现状年(2017 年) 清水河坝下游农村生活污水污染负荷

河流	乡镇	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	水塘石板房	128.30	72.66	4.24	1.34	12.96

(3) 农田径流污染负荷现状分析

现状年坝下游涉及乡镇耕地总面积为 3533hm²，其中旱地为 3333 hm²，水田 200 hm²。农田径流污染负荷见表 4.3-21。

表 4.3-21 现状年(2017 年) 清水河坝下游综合农田径流污染负荷

河流	乡镇	农田径流污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	水塘村	11.34	3.92	0.24	0.14	1.14
	石板房村	17.73	6.09	0.42	0.23	1.89
合计		29.06	10.01	0.66	0.38	3.03

(4) 灌溉回归水污染负荷现状分析

坝下灌溉回归水计算方法同维摩片区灌溉回归水计算，涉及范围为水塘石板房片区(除普底)。现状年灌溉面积为 0.04 万亩，综合灌溉净定额为 126m³/亩；灌溉水利用系数约为 0.50。排污系数按 0.8 计，灌溉退水系数综合确定为 0.2。灌溉退水系数综合确定为 0.2，灌溉回归水的水质情况为：化学需氧量 41.0mg/L，氨氮 0.696mg/L，总氮 1.77mg/L，总磷 0.96mg/L。灌溉回归水各污染物负荷见表 4.3-22。

表 4.3-22 现状水平年(2017 年) 坝下灌溉回归水污染负荷统计表

河流	乡镇	现状年灌溉需水量	灌溉退水污染负荷(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	水塘石板房	8.76	0.36	0.006	0.008	0.016

(5) 坝下游河段污染负荷现状综合分析

坝下河段污染负荷统计表见表 4.3-23。坝下工业化程度不高，且不存在大型乡镇，无点源污染。面源污染以农村散排污水污染负荷为主。COD、BOD、NH₃-N、TN 和 TP 分别占总排放量的 66.84%、69.82%、50.91%、57.62%和 63.90%。

表 4.3-23 现状年(2017 年) 清水河坝下污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	面源	农村散排	34.23	21.39	3.42	0.60	4.28
		所占比例(%)	17.83%	20.56%	41.07%	25.81%	21.09%
		畜禽养殖	128.30	72.66	4.24	1.34	12.96
		所占比例(%)	66.84%	69.82%	50.91%	57.62%	63.90%
		农田径流	29.06	10.01	0.66	0.38	3.03
		所占比例(%)	15.14%	9.62%	7.95%	16.21%	14.93%
		灌溉退水	0.36	0.00	0.01	0.01	0.02
		所占比例(%)	0.19%	-	0.07%	0.36%	0.08%
	合计		191.95	104.07	8.34	2.32	20.29

4.3.1.3 其他受水区污染源现状

(1) 珠琳片区污染源现状

1) 城镇生活污染源

该片区的城镇生活污染源主要来自珠琳镇，现状年无污水处理厂，城镇生活污水以乡镇集排形式汇入周边农灌渠。以乡镇形式集中排放的污染负荷见表 4.3-24。

表 4.3-24 现状年(2017 年) 珠琳镇乡镇生活污水污染负荷汇总

城镇	非农业人口(人)	污染物排放量(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
珠琳镇	13972	270.29	107.10	38.25	4.13	53.04

2) 农村生活污染源

珠琳片区农村生活污染源负荷计算方法及参数选取同砚山片区。根据珠琳片区农村人口，计算得到珠琳片区涉及农村居民散排生活污水污染负荷，详见表 4.3-25。

表 4.3-25 现状年(2017 年) 珠琳片区农村散排生活污水污染负荷统计表

河流	村寨	农业人口	农村散排污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	珠琳片区	45001	131.40	82.13	13.14	2.30	16.43

3) 畜禽养殖污染源

畜禽养殖面源污染来源于农户畜禽散养，根据涉及乡镇的畜禽养殖数量，计算得到珠琳片区涉及畜禽养殖产生的面源污染负荷，见表 4.3-26。

表 4.3-26 现状年(2017 年) 珠琳片区畜禽养殖污染负荷统计表

河流	村寨	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	珠琳片区	619.47	350.86	20.49	6.46	62.59

4) 农田径流污染源

现状年珠琳片区共有耕地面积 5000hm²，其中旱地 3600 hm²，水田 1400 hm²。

农田径流污染负荷见表 4.3-27。

表 4.3-27 现状年(2017 年) 珠琳片区农田径流污染负荷统计表

河流	乡镇	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	珠琳片	水田径流污染负荷(t/a)				
		16.80	4.76	1.36	0.32	3.92
		旱地径流污染负荷(t/a)				
		28.80	10.08	4.54	0.36	2.67
		农田径流污染负荷(t/a)				
		45.60	14.84	5.89	0.68	6.59

5) 灌溉回归水污染负荷现状

现状灌溉面积为 1.92 万亩，综合灌溉定额为 121m³/亩，灌溉水利用系数约为 0.50。排污系数按 0.8 计。灌溉退水系数综合确定为 0.2，灌溉回归水的水质情况为：化学需氧量 41.0mg/L，氨氮 0.696mg/L，总氮 1.77mg/L，总磷 0.96mg/L。灌溉回归水各污染物负荷见表 4.3-28。

表 4.3-28 现状年(2017 年) 珠琳片区农田径流污染负荷统计表

河流	乡镇	现状年灌溉需水量	灌溉退水污染负荷(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	珠琳片	419.00	17.18	0.29	0.40	0.74

6) 污染源负荷统计

珠琳片区污染源负荷统计结果见表 4.3-29。珠琳片区点源污染占比较大，来自乡镇居民集中排污，分别占 COD 排放量的 24.94%，BOD₅ 排放量的 19.30%，NH₃-N 排放量的 51.66%，TP 排放量的 29.57%，TN 排放量的 38.05%。

面源污染主要以农村散排为主。分别占 COD 排放量的 57.15%，BOD₅ 排放量的 63.23%，NH₃-N 排放量的 27.68%，TP 排放量的 46.22%，TN 排放量的 44.91%。

表 4.3-29 现状年(2017 年) 珠琳受水区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	点源	乡镇集中排放	270.29	107.10	38.25	4.13	53.04
		所占比例(%)	24.94%	19.30%	51.66%	29.57%	38.05%
	面源	农村散排	131.40	82.13	13.14	2.30	16.43
		所占比例(%)	12.12%	14.80%	17.75%	16.46%	11.78%
		畜禽养殖	619.47	350.86	20.49	6.46	62.59
		所占比例(%)	57.15%	63.23%	27.68%	46.22%	44.91%
		农田径流	45.60	14.84	1.86	0.68	6.59
		所占比例(%)	4.21%	2.67%	2.52%	4.87%	4.73%
		灌溉退水	17.18	0.00	0.29	0.40	0.74
		所占比例(%)	1.58%	0.00%	0.39%	2.88%	0.53%
	合计		1083.95	554.92	74.03	13.97	139.38

(2) 天星树皮片区污染源现状**1) 城镇生活污染源**

该片区的城镇生活污染源主要来自天星乡、树皮乡，现状年无污水处理厂，城镇生活污水以乡镇形式集中排放汇入法白小河。污染负荷见表 4.3-30。

表 4.3-30 现状年(2017 年) 天星树皮乡镇生活污水污染负荷汇总

城镇	非农业人口 (人)	污染物排放量(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
天星树皮片	22712	439.37	174.09	62.18	6.71	86.22

2) 农村生活污染源

天星树皮片区农村生活污染源负荷计算方法及参数选取同库周。根据天星树皮片区农村人口，计算得到涉及农村居民散排生活污水污染负荷，详见表 4.3-31。

表 4.3-31 现状年(2017 年) 天星树皮片区农村散排生活污水污染负荷统计表

河流	村寨	农业人口	农村散排污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
法白小河	天星树皮片	41072	119.93	74.96	11.99	2.10	14.99

3) 畜禽养殖污染源

天星树皮片区涉及畜禽养殖产生的面源污染负荷，见表 4.3-32。

表 4.3-32 现状年(2017 年) 天星树皮片区畜禽养殖污染负荷统计表

河流	村寨	畜禽养殖污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
法白小河	天星树皮片区	822.65	465.93	27.21	8.57	83.12

4) 农田径流污染源

现状年天星树皮区共有耕地面积 9100hm², 其中旱地 7440 hm², 水田 1660 hm²。农田径流污染负荷见表 4.3-33。

表 4.3-33 现状年(2017 年) 天星树皮片区农田径流污染负荷统计表

河流	乡镇	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
法白小河	天星树皮片	水田径流污染负荷(t/a)				
		19.92	5.64	1.61	0.38	4.65
		旱地径流污染负荷(t/a)				
		59.52	20.83	9.37	0.74	5.51
		农田径流污染负荷(t/a)				
		79.45	26.48	10.99	1.12	10.16

5) 灌溉回归水污染负荷现状

现状灌溉面积为 2.16 万亩, 综合灌溉定额为 128m³/亩, 灌溉水利用系数约为 0.50。排污系数按 0.8 计。灌溉退水系数综合确定为 0.2, 灌溉回归水的水质情况为: 化学需氧量 41.0mg/L, 氨氮 0.696mg/L, 总氮 1.77mg/L, 总磷 0.96mg/L。灌溉回归水各污染物负荷见表 4.3-34。

表 4.3-34 现状水平年(2017 年) 天星树皮片区灌溉回归水污染负荷统计表

河流	乡镇	现状年灌溉需水量	灌溉退水污染负荷(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
法白小河	天星树皮片	549.90	22.55	0.00	0.38	0.53

6) 污染源负荷统计

珠琳片区污染源负荷统计结果见表 4.3-35。天星树皮片区点源污染占比较大, 主要来自乡镇居民集中排污, 分别占 COD 排放量的 29.61%, BOD₅ 排放量的 23.48%, NH₃-N 排放量的 55.15%, TP 排放量的 35.28%, TN 排放量的 44.11%; 面源污染以农村散排和畜禽养殖为主。COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 分别占总量的 55.44%、62.84%、24.13%、45.04%、42.53%。

表 4.3-35 现状年(2017 年) 珠琳受水区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	点源	乡镇集中排放	439.37	174.09	62.18	6.71	86.22
		所占比例(%)	29.61%	23.48%	55.15%	35.28%	44.11%
	面源	农村散排	119.93	74.96	11.99	2.10	14.99
		所占比例(%)	8.08%	10.11%	10.64%	11.03%	7.67%
		畜禽养殖	822.65	465.93	27.21	8.57	83.12
		所占比例(%)	55.44%	62.84%	24.13%	45.04%	42.53%
		农田径流	79.45	26.48	10.99	1.12	10.16
		所占比例(%)	5.35%	3.57%	9.74%	5.88%	5.20%
		灌溉退水	22.55	0.00	0.38	0.53	0.97
		所占比例(%)	1.52%	0.00%	0.34%	2.77%	0.50%
	合计		1483.95	741.46	112.75	19.03	195.46

(3) 丘北县工业园区

清水河水利枢纽工程为丘北工业园区供水，现有企业 21 家。丘北工业园区设置了专门的生活住宅服务区，但现状年未建成，因此不予考虑。根据《丘北工业园区建设项目可行性研究报告》，规划区内污水不得直接排入附近水体，必须经处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)标准中的一级 A 标准后方可作为中水循环利用或排入附近水体。污水量按总用水量的 85%计算。统计丘北工业园污水厂污染物排放见表 4.3-36。

表 4.3-36 丘北工业园污水处理厂污染物表

区域	排放量(万 t/a)	污染物(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
丘北污水处理厂	180.2	90.1	18.02	9.01	0.901	27.03
备注：排污系数为 0.85，污水按经污水厂处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 A 标准处理后外排考虑						

4.3.1.4 小结

砚山片区点源污染占比较大，主要来自县城居民生活污水排放，别占 COD 排放量的 14.86%，BOD₅ 排放量的 12.97%，NH₃-N 排放量的 26.88%，TP 排放量的 17.28%，TN 排放量的 18.27%；面源污染以畜禽养殖为主，分别占 COD 排放量的 36.12%，BOD₅ 排放量的 45.08%，NH₃-N 排放量的 15.28%，TP 排放量的 28.65%，TN 排放量的 22.88%。

维摩片区点源污染占比略大，来自乡镇居民集中排污产生，分别占 COD 排放量的 33.92%，BOD₅ 排放量的 27.23%，NH₃-N 排放量的 60.21%，TP 排放量的 38.09%，TN 排放量的 48.29%；面源污染以畜禽养殖为主，分别占 COD 排放量的 44.99%，BOD₅ 排放量的 51.63%，NH₃-N 排放量的 18.67%，TP 排放量的 34.45%，TN 排放量的 32.98%。

库周河段工业化程度不高，且不存在大型乡镇，无点源污染。面源污染以畜禽养殖污水污染负荷为主。COD、BOD、NH₃-N、TP 和 TN 分别占总排放量的 74.60%、77.74%、56.78%、63.88%和 71.21%。

坝下工业化程度不高，且不存在大型乡镇，无点源污染。面源污染以畜禽养殖污水污染负荷为主。COD、BOD、NH₃-N、TP 和 TN 分别占总排放量的 66.84%、69.82%、50.91%、57.62%和 63.90%。

其他受水区点源污染主要来自乡镇居民集中排污。以 COD 为例，珠琳片区乡镇居民集中排污量占片区总 COD 排放量的 24.94%，天星树皮片区占 29.61%。

其他受水区面源污染较大，主要以畜禽养殖为主。以 COD 为例，珠琳片区农村散排占片区总 COD 排放量的 57.15%，天星树皮片区占 55.44%。

4.3.2 地表水环境质量

4.3.2.1 历史水质监测与评价

本次评价收集到回龙水库 2017 年~2019 年丰平枯三个水期和清水江干流县控水质监测断面清水江小学 2017 年~2019 年丰平枯三个水期水质监测成果。

由监测成果可知，回龙水库断面近三年水质监测结果较好，各项水质指标均符合《地表水环境质量标准》(3838-2002) III类标准。近三年水质监测结果总体趋势变化不大，大部分监测指标优于 III 类水质标准。

由监测成果可知，县控清水江小学断面近三年水质监测结果较好，各项水质指标均符合《地表水环境质量标准》(3838-2002) III类标准。近三年水质监测结果总体趋势变化不大，大部分监测指标优于 III 类水质标准。

4.3.2.2 现状水质监测与评价

(1) 清水江干流水质现状监测与评价

在收集历史水质监测资料的基础上，委托云南中科检测技术有限公司于 2017 年 8 月（丰水期）、2017 年 11 月（平水期）和 2018 年 4 月（枯水期）开展了三期水质监测。

1) 监测断面布设

清水江干流监测断面共布设 13 处，监测断面详见表 4.3-37 所示。

2) 监测项目

河流监测项目包括水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、BOD₅、COD_{Cr}、氨氮、总磷、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、粪大肠菌群共 24 项。

格雷一级电站库区(7#)、格雷二级电站库区(8#)、猴爬岩电站库区(11#)、坝达电站库区(12#)断面在河流监测项目基础上增加总氮、叶绿素 a(chla)、透明度 3 个项目。听湖水库库中断面(1#)在河流监测项目基础上增加总氮、叶绿素 a(chla)、透明度、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁和锰 8 个项目。

表 4.3-37 清水江干流水质监测断面

编号	断面位置	备注
1#	听湖水库库中断面	水库
2#	古登寨村断面(库尾)	干流
3#	古登寨村下游约 4.5km(库中断面)	干流
4#	坝址断面(丘北县平老村上游 0.7km)	干流
5#	法白小河入南丘河汇口上游 500m	支流
6#	清水河入清水江汇口上游 500m 断面	支流
7#	格雷一级电站库中断面	干流
8#	格雷二级电站库中断面	干流
9#	者莫河入清水江汇口上游 500m	支流
10#	石葵河入清水江汇口上游 500m	支流
11#	猴爬岩水电站库中断面	干流
12#	坝达水电站库中断面	干流
13#	入南盘江汇口上游 500m 处断面	干流

3) 监测结果评价

取监测因子的监测结果的平均值采用标准指数法进行单项水质因子评价，河流监测断面对 pH、DO、高锰酸盐指数、BOD₅、COD、NH₃-N、TP、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、总镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群 22 项监测因子进行评价，未检出的项目不进行评价。格雷一级、格雷二级、坝达、猴爬岩水库评价因子与河流监测断面评价因子相同，听湖水库评价因子增加硫酸盐、氯化物、硝酸盐氮、铁、锰五项监测因子评价。评价标准采用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。

由评价结果可知，枯水期听湖水库 COD 超标，超标倍数为 0.02 倍，其原因可能砚山县城生活污水集中排放影响。其余监测断面各项指标均符合地表水 III 类水质标准，总体上清水河干流水质较好。

(2) 调蓄水库水质现状监测与评价

1) 监测时间及断面

委托云南中科检测技术有限公司于 2017 年 8 月（丰水期）、2017 年 11 月（平水期）和 2018 年 4 月（枯水期）对干龙潭和康新寨水库进行了三期水质监测。2018 年 4 月工程布置调整新增 5 处调蓄水库，分别为红舍克水库、支迷水库、双飞井水库、马鞭梢水库和细水水库，同期对新增的 5 处调蓄水库进行了一次补充监测。监测断面如表 4.3-38。

表 4.3-38 7 处调蓄水库监测断面

1#	干龙潭水库库中断面
2#	康新寨水库库中断面
3#	红舍克水库坝前取水口断面
4#	支迷水库坝前取水口断面
5#	双飞井水库坝前取水口断面
6#	马鞭梢水库坝前取水口断面
7#	细水水库坝前取水口断面

2) 监测项目

监测项目包括水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、BOD₅、COD_{Cr}、氨氮、总磷、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、粪大肠菌群、总氮、叶绿素 a (chl_a)、透明度、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁和锰共 32 项。

3) 监测结果评价

取监测结果的平均值采用单因子标准指数进行评价。由监测成果可知,干龙潭水库在丰水期 COD、BOD₅ 超标;在枯水期 COD 超标;在丰水期、平水期溶解氧超标,原因可能是干龙潭水库被周边村庄及农田环绕,丰水期雨量充沛,入库径流污染负荷增加导致。

康新寨水库在丰水期 COD 超标,细水水库在枯水期 COD、BOD₅ 和高锰酸盐指数超标。细水水库周边环境现状较好,库区汇水范围内农村和农田很少,推测原因可能是水库蓄水库区清理不彻底所致。

4.3.3 地下水环境质量

为进一步了解工程区地下水环境质量,我院委托云南中科检测技术有限公司于 2017 年 8 月(丰水期) 和 2018 年 3 月(枯水期) 进行了二期地下水水质监测。

(1) 监测点

地下水监测点共设 6 处,详见表 4.3-39 所示。

表 4.3-39 地下水水质监测点

序号	监测断面位置
1#	平老村村民饮用井
2#	以勒暗河(上河段坝址古登寨村)
3#	古登老寨西
4#	大白洞(大白洞下寨)
5#	天星乡天星村村民饮用井
6#	石板房灌区水塘村饮用井

(2) 监测时间

监测两期,分别于 2017 年 8 月(丰水期) 和 2018 年 3 月(枯水期) 进行监测,每期监测三天。

(3) 监测项目

监测项目包括水位、色度、浑浊度、pH、总硬度、溶解性总固体、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、挥发性酚类、总氰化物、高锰酸盐指数、氟化物、砷、汞、镉、铬(六价)、铁、锰、大肠菌群、铜、锌、氯化物、硫酸盐以及阴离子表面活性剂,共 25 项。

(4) 水质结果评价

根据监测成果,枯水期各监测指标均满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准。丰水期石板房灌区水塘村饮用水井浑浊度超标,天星乡天星村村民饮用氨氮和硝酸盐氮超标,其余指标均满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准。其原因可能是丰水期雨量充沛,导致面源污染物进入地表水体,而工程区地表水与地下水联系密切,总体来看,工程区地下水水质较好,基本满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准。

4.3.4 环境空气质量

委托云南中科检测技术有限公司于 2017 年 8 月进行了一期环境空气质量监测,监测工作如下:

(1) 监测点

环境空气监测点共设 4 处,在丘北县平老村(1#)、天星乡天星村(2#)、丘北县扭克村(3#)、石板房水塘村(4#)各布设 1 处。

(2) 监测时间

监测一期,于 2017 年 8 月进行监测,连续监测 7 天。

(3) 监测项目

监测项目包括 TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂ 和 NO₂ 共 5 个项目,监测日均值。监测日均值时,TSP、PM₁₀ 每天保证至少有 12h 的采样时间,PM_{2.5} 每天保证至少有 20h 的采样时间,SO₂、NO₂ 每天保证至少有 18h 的采样时间。

(4) 监测结果

监测结果见表 4.3-40 所示。

表 4.3-40 环境空气质量现状监测结果表 单位:μg/m³

	监测日期	二氧化硫	二氧化氮	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
丘北县平老村	2017.08.23-2017.08.24	17	24	127	64	31
	2017.08.24-2017.08.25	20	21	120	59	27
	2017.08.25-2017.08.26	14	25	112	55	26
	2017.08.26-2017.08.27	22	19	125	61	28
	2017.08.27-2017.08.28	25	23	108	53	23
	2017.08.28-2017.08.29	21	20	117	57	26
	2017.08.29-2017.08.30	15	22	100	48	21
丘北县扭克村	2017.08.23-2017.08.24	20	24	119	59	29
	2017.08.24-2017.08.25	23	27	114	55	27
	2017.08.25-2017.08.26	18	20	107	50	23
	2017.08.26-2017.08.27	24	23	116	56	26
	2017.08.27-2017.08.28	29	26	105	46	20

	2017.08.28-2017.08.29	26	28	102	52	25
	2017.08.29-2017.08.30	19	21	97	44	19
石板房水塘村	2017.08.23-2017.08.24	15	20	139	68	33
	2017.08.24-2017.08.25	19	23	131	62	30
	2017.08.25-2017.08.26	16	16	118	55	26
	2017.08.26-2017.08.27	17	18	124	59	29
	2017.08.27-2017.08.28	22	22	111	46	22
	2017.08.28-2017.08.29	23	27	115	52	25
	2017.08.29-2017.08.30	13	25	103	50	23
天星乡天星村	2017.08.23-2017.08.24	25	28	152	74	35
	2017.08.24-2017.08.25	26	32	141	69	32
	2017.08.25-2017.08.26	21	21	120	59	27
	2017.08.26-2017.08.27	28	26	137	66	31
	2017.08.27-2017.08.28	33	30	119	57	24
	2017.08.28-2017.08.29	30	34	123	62	28
	2017.08.29-2017.08.30	24	31	116	53	25
《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准		150	80	300	150	75

(5) 结果评价

从表 4.3-40 中可以看出, 各项监测值均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准。总体上看, 工程区环境空气质量较好。

4.3.5 声环境质量

委托云南中科检测技术有限公司于 2017 年 8 月进行了一期声环境质量监测。

(1) 监测点

声监测点共设 4 处, 在丘北县平老村(1#)、天星乡天星村(2#)、丘北县扭克村(3#)、石板房水塘村(4#) 各布设 1 处。

(2) 监测时间

监测一期, 于 2017 年 8 月无雨日进行监测, 连续监测一天。

(3) 监测项目

监测项目包括昼间等效声级(L_d) 和夜间等效声级(L_n) 。

(4) 监测结果

监测结果表 4.3-41 所示。

表 4.3-41 声环境质量现状监测结果表

监测点位	监测项目	监测结果 dB(A)	
		昼间 L _d	夜间 L _n
丘北县平老村	Leq	51.8	42.8
丘北县扭克村	Leq	50.6	44.8
石板房水塘村	Leq	53.1	43.7

天星乡天星村	Leq	54.7	46.2
2 类标准值		60	50

(5) 结果评价

从表 4.3-41 中的监测结果可以看出, 监测时段内 4 个监测点位的昼、夜等效声级均可满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准。总体上看, 工程区声环境质量较好。

4.3.6 土壤环境质量

为了解工程区土壤环境质量现状, 委托云南中科检测技术股份有限公司于 2019 年 10 月进行了土壤理化特性调查和土壤环境质量现状监测, 根据相关资料, 初步判断评价范围内主要分布有 3 种土壤, 分别为中壤土、砂土、砂壤土。土壤理化性质调查和现状监测时尽量兼顾每种土壤类型, 土壤环境质量现状监测点位见表 4.3-42。

表 4.3-42 土壤环境质量现状监点位表

编号	采样点位置	位置	点位位置类型
1#	坝址区(发电厂房)	E:104°22'22.98" N:23°54'35.02"	占地范围内
2#	天星泵站	E:104°17'59.13" N:23°56'18.82"	
3#	库区(阿卡下寨村)	E:104°21'38.99" N:23°52'12.28"	
4#	康新寨灌片(康新寨村)	E:104°11'8.12" N:23°51'4.54"	占地范围外 (评价范围内)
5#	树皮灌片(树皮乡)	E:104°8'52.89" N:23°54'23.14"	
6#	维摩灌片(维摩村)	E:104°15'35.92" N:23°48'52.74"	
7#	珠琳灌片(石板房村)	E:104°23'43.45" N:23°53'22.07"	

(1) 土壤理化特性

清水河水利枢纽土壤理化特性调查结果见表 4.3-43。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ1964-2018)附录 D 中表 D.1, 土壤含盐量 $SSC < 2$, 表明土壤未盐化, 理化特性调查结果表明工程占地范围内和范围外土壤水溶性盐量均小于 2, 表明工程区土壤未盐化。

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）附录 D 中表 D.2，土壤 $5.5 \leq \text{pH} < 8.5$ 无酸化或碱化，监测结果表明工程区土壤 pH 在 5.9~6.66 范围，工程区土壤无酸化或碱化。

表 4.3-43

工程区土壤理化特性调查结果统计表

点号	1#: 坝址区	2#: 天星泵站	3#: 库区	4#: 康新寨灌片	5#: 树皮灌片	6#: 维摩灌片	7#: 珠琳灌片
层次	表层 (0-20cm)	表层 (0-20cm)	表层 (0-20cm)	表层 (0-20cm)	表层 (0-20cm)	表层 (0-20cm)	表层 (0-20cm)
颜色	黄棕色	黄棕色	黄棕色	黄色	黄色	黄色	黄色
结构	团粒	团粒	团粒	团粒	团粒	团粒	团粒
质地	砂土	中壤土	中壤土	沙壤土	沙壤土	沙壤土	砂土
沙粒含量	47%	45%	52%	59%	49%	52%	49%
其他异物	少量根系	少量根系	少量根系	少量根系	少量根系	少量根系	少量根系
PH 值	5.9	6.25	6.46	6.66	6.3	6.38	6.39
阳离子 交换量	7.80cmol/kg	7.50cmol/kg	7.90cmol/kg	7.40cmol/kg	8.50cmol/kg	7.9cmol/kg	8.10cmol/kg
氧化 还原电位	347	336	357	370	323	317	309
饱和 导水率	2.14	2.26	2.32	1.89	1.82	1.76	2.36
孔隙度	57	57	54	53	54	56	59
容重 (kg/m ³)	1350.7kg/m ³	1240.6kg/m ³	1380.6kg/m ³	1260.0kg/m ³	1310.3kg/m ³	1280.2kg/m ³	1350.2kg/m ³
水溶性盐 g/kg	1.36	/	/	0.66	/	/	/

(2) 土壤环境质量现状

① 现状监测结果

工程占地范围内 1#~3#监测点位监测了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中的 45 个基本项目,监测结果见表 4.3-44。

表 4.3-44 建设征地范围内土壤监测结果统计表 单位 mg/kg

监测项目	1#	2#	3#	风险筛选值第二类用地
砷	3.19	6.99	9.35	60
镉	0.15	0.64	0.15	65
铅	25.7	29.1	24.4	800
铬(六价)	5	3	4	5.7
铜	51.4	86.3	63.9	18000
汞	0.094	1.87	0.126	38
镍	24	38	22	900
四氯化碳	ND	ND	ND	2.8
氯仿	ND	ND	ND	0.9
氯甲烷	ND	ND	ND	37
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	9
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	5
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	66
顺式-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	596
反式-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	54
二氯甲烷	ND	ND	ND	616
1,2-二氯丙烷	ND	ND	ND	5
1,1,1,2-四氯乙烷	ND	ND	ND	10
1,1,2,2-四氯乙烷	ND	ND	ND	6.8
四氯乙烯	ND	ND	ND	53
1,1,1-三氯乙烷	ND	ND	ND	840
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	2.8
三氯乙烯	ND	ND	ND	2.8
1,2,3-三氯丙烷	ND	ND	ND	0.5
氯乙烯	ND	ND	ND	0.43
苯	ND	ND	ND	4
氯苯	ND	ND	ND	270
1,2-二氯苯	ND	ND	ND	560
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	20
乙苯	ND	ND	ND	28
苯乙烯	ND	ND	ND	1290

监测项目	1#	2#	3#	风险筛选值第二类用地
甲苯	ND	ND	ND	1200
邻二甲苯+对二甲苯	ND	ND	ND	570
邻二甲苯	ND	ND	ND	640
硝基苯	ND	ND	ND	76
苯胺	ND	ND	ND	260
2-氯酚	ND	ND	ND	2256
苯并[a]蒽	ND	ND	ND	15
苯并[a]芘	ND	ND	ND	1.5
苯并[b]荧蒽	ND	ND	ND	15
苯并[k]荧蒽	ND	ND	ND	151
蒽	ND	ND	ND	1293
二苯并[a,h]蒽	ND	ND	ND	1.5
茚并[1,2,3-cd]芘	ND	ND	ND	1.5
萘	ND	ND	ND	70

工程占地范围外 4#~7#监测点位监测了《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的 8 个基本项目，监测结果见表 4.3-45。

表 4.3-45 农用地范围内土壤监测结果统计表 单位 mg/kg

监测项目	4#	5#	6#	7#	风险筛选值	
					5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5
pH（无量纲）	6.66	6.3	6.38	6.39	/	/
砷	27.2	15.8	1.35	11.5	40	30
镉	0.26	0.22	0.26	0.07	0.3	0.3
铅	40.5	25.1	41.9	17.7	90	120
总铬	180	128	107	129	150	200
铜	76.2	36.4	31.3	43.7	50	100
汞	1.13	0.454	0.228	0.435	1.8	2.4
镍	47	63	69	67	70	100
锌	97	100	84	79	200	250

② 现状评价结果

工程区土壤环境质量现状采用标准指数法进行评价。工程区范围内的 1#~3#属于第二类用地，按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地筛选值进行评价。工程占地范围外的 4#~7#点属于农用地，按《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的筛选值进行评价。评价结果见表 4.3-46 和表 4.3-47。

表 4.3-46 工程区土壤环境现状评价结果一览表（占地范围内）

监测项目	1#	2#	3#	超标率%
砷	0.053	0.117	0.156	0
镉	0.002	0.010	0.002	0
铅	0.032	0.036	0.031	0
铬(六价)	0.877	0.526	0.702	0
铜	0.003	0.005	0.004	0
汞	0.002	0.049	0.003	0
镍	0.027	0.042	0.024	0
四氯化碳	/	/	/	0
氯仿	/	/	/	0
氯甲烷	/	/	/	0
1,1-二氯乙烷	/	/	/	0
1,2-二氯乙烷	/	/	/	0
1,1-二氯乙烯	/	/	/	0
顺式-1,2-二氯乙烯	/	/	/	0
反式-1,2-二氯乙烯	/	/	/	0
二氯甲烷	/	/	/	0
1,2-二氯丙烷	/	/	/	0
1,1,1,2-四氯乙烷	/	/	/	0
1,1,2,2-四氯乙烷	/	/	/	0
四氯乙烯	/	/	/	0
1,1,1-三氯乙烷	/	/	/	0
1,1,2-三氯乙烷	/	/	/	0
三氯乙烯	/	/	/	0
1,2,3-三氯丙烷	/	/	/	0
氯乙烯	/	/	/	0
苯	/	/	/	0
氯苯	/	/	/	0
1,2-二氯苯	/	/	/	0
1,4-二氯苯	/	/	/	0
乙苯	/	/	/	0

监测项目	1#	2#	3#	超标率%
苯乙烯	/	/	/	0
甲苯	/	/	/	0
邻二甲苯+对二甲苯	/	/	/	0
邻二甲苯	/	/	/	0
硝基苯	/	/	/	0
苯胺	/	/	/	0
2-氯酚	/	/	/	0
苯并[a]蒽	/	/	/	0
苯并[a]芘	/	/	/	0
苯并[b]荧蒽	/	/	/	0
苯并[k]荧蒽	/	/	/	0
蒽	/	/	/	0
二苯并[a,h]蒽	/	/	/	0
茚并[1,2,3-cd]芘	/	/	/	0
萘	/	/	/	0

表 4.3-47 工程区土壤环境现状评价结果一览表（占地范围外）

监测项目	4#	5#	6#	7#	超标率%
pH（无量纲）	0.91	0.40	0.03	0.29	0
砷	0.87	0.73	0.87	0.23	0
镉	0.34	0.28	0.47	0.20	0
铅	0.90	0.85	0.71	0.86	0
总铬	0.76	0.73	0.63	0.87	0
铜	0.47	0.25	0.10	0.92	0
汞	0.47	0.90	0.99	0.96	0
镍	0.39	0.50	0.42	0.40	0
锌	0.91	0.40	0.03	0.29	0

由表 4.3-46 和表 4.3-47 可以看出，工程占地范围内土壤环境质量均符合《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中的第二类用地筛选值，工程占地范围外的土壤环境质量均符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）农用地的风险筛选值，土壤环境质量良好。

4.4 社会环境

4.4.1 行政区域及人口

清水河水库供水范围主要涉及丘北县、砚山县和广南县。

文山壮族苗族自治州地处祖国西南边陲的云南省东南部，东与广西壮族自治区百色市接壤，南与越南社会主义共和国接界，西与红河哈尼族彝族自治州毗邻，北与曲靖市相连。文山州辖文山、砚山、西畴、麻栗坡、马关、丘北、广南、富宁 8 个县(市)，101 个乡(镇)，其中 16 个民族乡，947 个行政村(居委会)，15967 个村民小组(队)。居住着汉、壮、苗、彝、瑶、回、傣、布依、蒙古、白、仫佬 11 种民族。2017 年末文山州常住人口为 359.3 万人，增长 0.4%，其中：乡村人口为 231.82 万人，占总人口的 64.5%；少数民族人口为 207.68 万人，占总人口 57.8%；城镇人口为 127.48 万人，人口城镇化水平为 35.5%。

丘北县位于文山州西北部，东隔清水江与广南县毗邻，南与砚山县、开远市接壤，西隔南盘江同弥勒、泸西两县相望，北与师宗县、广西壮族自治区西林县衔接。丘北县辖锦屏镇、双龙营镇、曰者镇、腻脚彝族乡、新店(原冲头)彝族乡、舍得彝族乡、树皮彝族乡、八道哨彝族乡、官寨乡、平寨乡、天星乡、温浏乡共 3 镇 9 乡。境内居住着汉、壮、苗、彝、瑶、白、回、僮人等八种民族。2017 年全县年末总人口 48.95 万人，其中：少数民族人口 31.1 万人，占 63.53%；农业人口 43.06 万人，占 87.96%。人口自然增长率为 7.03‰，城镇化率为 30.44%。

砚山县位于文山州中西部，东与广南县相连，南与西畴县、文山市交界，北与丘北县毗邻，西与红河哈尼族自治州的开远市、蒙自县接壤。砚山县辖 4 个镇、7 个乡(其中 4 个民族乡)：江那镇、平远镇、稼依镇、阿猛镇、阿舍彝族乡、维摩乡、盘龙彝族乡、八嘎乡、者腊乡、蚌峨乡和干河彝族乡。县境内居住着汉、壮、彝、苗、回和瑶等十余种民族。2017 年全县年末总人口 490867 人，其中：少数民族人口 320674 人，占 65.3%；农业人口 417944 人，占 85.1%。人口自然增长率为 7.01‰，城镇化率为 42.94%。

广南县位于文山州东北部，地处滇、桂、黔三省(区)交界处，东与富宁县接壤，南与西畴县、麻栗坡县毗邻，西邻丘北县、砚山县，北接广西壮族自治区西林县，与贵州省兴义市相望。广南县辖莲城、坝美、八宝、南屏、珠街、那洒、珠琳

等 7 个镇，黑支果、曙光、篆角、五珠、者兔、者太、底圩、旧莫、董堡、杨柳井、板蚌等 11 个乡，另外云南省农垦总局管辖的堂上农场、石山农场也在县境内，共 18 个乡镇，2 个农场。县境内居住着汉、壮、苗、瑶、彝、回、蒙古、仫佬、傣、白、布依等 11 种世居民族，2017 年全县常住人口 80.5 万人，其中城镇人口 22.64 万人，城镇化率为 28.12%，人口自然增长率 6.95%。

4.4.2 社会经济

2017 年丘北县初步核算，全年实现地区生产总值 775876 万元，同比增长 9.4%。其中：第一产业增加值 229443 万元，同比增长 5.8%；第二产业增加值 207238 万元，同比增长 10.7%；第三产业增加值 339195 万元，同比增长 11.2%，分别拉动生产总值增长 1.8、2.9、4.6 个百分点。三次产业的比重由上年的 32：26：42 调整为 29：27：44。全县人均生产总值 15754 元，比上年增加 1462 元；非公有制经济实现增加值 382754 万元，同比增长 10%，占生产总值的 49.3%。

2017 年砚山县规模以上固定资产投资 121.56 亿元，增长 17.1%；财政总收入 10.85 亿元、增长 5.6%，其中：地方公共财政预算收入 7.52 亿元、增长 7.1%，地方公共财政预算支出 35.43 亿元、增长 10%；社会消费品零售总额 44.78 亿元，增长 13.2%；预计完成城镇常住居民人均可支配收入 29816 元、增长 9%，农村常住居民人均可支配收入 9918 元、增长 10%；金融机构各项存款余额 94.73 亿元，与年初持平，各项贷款余额 67.83 亿元，比年初增长 13.6%；预计单位地区生产总值能耗下降 2.1%。

2017 年广南县完成农林牧渔及服务业总产值 59.34 亿元，现价增长 4.7%，其中，农业产值 22.94 亿元，增长 2.3%，林业产值 2.95 亿元，增长 4.1%，牧业产值 31.64 亿元，增长 6.2%，渔业产值 1.2 亿元，增长 14%，农业服务业产值 0.61 亿元，增长 11%。完成粮食总产量 3.46 亿 kg，增长 1.6%，粮食生产实现 16 连增。主要农产品生产再获丰收，全年完成蔬菜产量 13.14 万 t，烤烟产量 0.7 万 t，油料产量 2.67 万 t，甘蔗产量 8 万 t，茶叶 0.97 万 t。畜牧业逐步发展壮大，肉牛、生猪、家禽等规模养殖户增多，全年出栏肥猪 152.85 万头，增长 13.6%；大牲畜出栏 20.39 万头，增长 7.1%；羊出栏 8.56 万只，增长 4.5%；出售和自食家禽 354.51 万只，增长 1.6%，肉类总产量 14.1 万 t，增长 9.9%。年末生猪存栏 109.27 万头，增长 10%；大牲畜存栏 42.92 万头，增长 2.4%；家禽存栏 283.71 万只，增长 1.7%。

全年水产品产量 14106t，下降 0.7%。2017 年完成农林牧渔及服务业总产值 59.34 亿元，现价增长 4.7%，其中，农业产值 22.94 亿元，增长 2.3%，林业产值 2.95 亿元，增长 4.1%，牧业产值 31.64 亿元，增长 6.2%，渔业产值 1.2 亿元，增长 14%，农业服务业产值 0.61 亿元，增长 11%。完成粮食总产量 3.46 亿 kg，增长 1.6%，粮食生产实现 16 连增。主要农产品生产再获丰收，全年完成蔬菜产量 13.14 万 t，烤烟产量 0.7 万 t，油料产量 2.67 万 t，甘蔗产量 8 万 t，茶叶 0.97 万 t。畜牧业逐步发展壮大，肉牛、生猪、家禽等规模养殖户增多，全年出栏肥猪 152.85 万头，增长 13.6%；大牲畜出栏 20.39 万头，增长 7.1%；羊出栏 8.56 万只，增长 4.5%；出售和自食家禽 354.51 万只，增长 1.6%，肉类总产量 14.1 万 t，增长 9.9%。年末生猪存栏 109.27 万头，增长 10%；大牲畜存栏 42.92 万头，增长 2.4%；家禽存栏 283.71 万只，增长 1.7%。全年水产品产量 14106t，下降 0.7%。

4.4.3 交通运输

丘北县交通运输业发展较快，为国民经济发展和人民群众生活改善提供了良好条件。年末公路通车里程 1508.9km，客车 611 辆(包含公交，出租，班线车，旅游客运)，货车 1098 辆(办理过道路运输证的)。

砚山地处滇、桂、黔干线要冲，交通便利，四通八达，323 国道线贯穿全境。高速公路有砚山—平远高速公路(全长 67.13km)、平远—锁龙寺高速公路(砚山段 16.16km)、罗村口—砚山高速公路(砚山段 28.8 千米)；二级公路有砚山—文山二级公路砚山段 16.5km，平远—文山二级公路砚山段 12km。境内村(居)民委员会通路率 100%。云南文山普者黑机场距砚山县城 5km。

广南县拥有公路里程 7659.242km，按行政等级划分，国道 382.41km、省道 334.03km、县道 567.94km、乡道 1255.39km，村道 5058.91km、专用公路 61.545km；按技术等级划分：高速公路 103.14km、二级公路 110.18km、三级公路 255.64km、四级公路 2103.40km、等外公路 5087.87km。高铁 121.43km。公路运输总周转量 22514 万 t/km。

4.5 移民安置区环境现状

移民安置区包括以勒后靠集中安置点、普底安置点、瓦窑冲安置点、炭房安置点、小龙白安置点。各安置点现状见图 4.5-1~图 4.5-5。

以勒安置点位于以勒组北侧，平面呈不规则状，用地为山地斜坡地形。拟建用地现状为旱坡地，乔木林地和灌木林地。枢纽工程对外道路从安置区穿过，交通便利。普底安置点位于普底村西侧，距维摩乡约 15km，场地南侧有乡村公路通过，交通较为便利。拟建用地现状为旱地。



图 4.5-1 以勒安置点现状图



图 4.5-2 普底安置点现状图



图 4.5-3 瓦窑冲安置点现状图



图 4.5-4 炭房安置点现状图



图 4.5-5 小龙白安置点现状图

4.6 主要环境问题

4.6.1 流域主要环境特征

(1) 岩溶发育与石漠化问题为工程所在区域主要生态问题，工程所在的砚山县、丘北县、广南县均为石漠化综合治理重点县。该地区生态环境脆弱，石漠化面积大、程度深、危害重、治理难，长期以来，由于投入不足，水利基础设施建设严重滞后，生态建设和石漠化治理进展缓慢。

(2) 工程地处珠江流域和红河流域分水岭地带，为典型的工程性缺水地区，农村居民饮水安全问题突出，缺水问题已严重影响当地工农业发展。

(3) 贫困和基础设施匮乏成为制约区域社会经济及生态环境良性转化的关键。

4.6.2 流域主要环境问题

(1) 文山州是一个以农业为主的边疆少数民族地区，经济落后，生产力水平较低，岩溶地貌分布广泛，自然生态环境十分脆弱，区域石漠化现象突出。工程所在的砚山、丘北、广南三县均为石漠化综合治理重点县，石漠化已成为制约文山州经济社会可持续发展最严重的生态地质环境问题。石漠化加速了生态环境恶化，主要表现为水土流失、可利用耕地面积减少，水源涵养能力降低，土壤结构恶化，肥力下降，结果常导致土地资源丧失和非地带性干旱，同时也加剧了文山州局部地区的贫困，严重影响到区域脱贫摘帽问题。

(2) 水资源分布不均，流域缺水问题严重。工程区域水资源总量相对丰富，多年平均降雨约为 1000mm，但是空分布十分不均，5 月至 10 月的汛期降雨量约占全年降雨量的 80% 以上，11 月至次年 4 月的枯水期是该区域用水量最大的时间段，但降雨量不到全年的 20%，季节性缺水问题异常突出，极易发生春旱和夏旱，甚至出现冬、春、夏三季连旱，特别是 2009 年以来的遭遇连续几年干旱，缺水形势更加严峻。

(3) 流域面源污染问题凸显，亟待解决。文山州属于比较落后的少数民族聚居地区，且属于典型的农业地州，城市建设和发展比较缓慢，基础设施建设落后，部门村庄未修建专门的垃圾回收站，生活垃圾乱堆乱放，生活面源污染问题不容忽视；此外，流域汇水范围分布有大量的农田，化肥和农药的大量使用带来的农业面源污染问题也需要尽快解决。

5 清水江流域水利水电开发环境影响回顾

5.1 清水江干流水利水电工程情况

清水江支流南丘河源头已建回龙水库和听湖水库，清水江干流已建梯级自上而下依次有格雷一级、格雷二级、猴爬岩、坝达、猫街，总装机容量 8.57 万 kW，年均发电量 3.77 亿 kW·h。清水江干流已建梯级开发情况见

表 5.1-1。

(1) 回龙水库

回龙水库位于砚山县西南回龙新寨村，坝址多年平均径流量 413 万 m^3 ，水库正常蓄水位为 1587.4m，调节库容 376 万 m^3 。工程任务为城镇生活供水和农业灌溉，可供水量为 280.8 万 m^3 ，规模为小（1）型，于 1959 年建成。

(2) 听湖水库

听湖水库位于砚山县东北角新辰村下寨，坝址多年平均径流量为 2618 万 m^3 ，水库总库容为 2320 万 m^3 ，调节库容 1218 万 m^3 。工程任务为农业灌溉，规模为中型。于 1959 年建成。



回龙水库



听湖水库

(3) 格雷一级电站

格雷一级电站坝址位于丘北县平寨乡清水江干流上清水河汇口下游约 5.4km，坝址多年平均流量为 29.4 m^3/s 。电站采用引水式开发，设计引水流量为 18.9 m^3/s 。工程开发任务为发电，电站装机容量为 0.6 万 kW，年均发电量 0.4 亿 kW·h。电站于 1988 年建成投产。



格雷一级坝址



格雷一级发电厂房

(4) 格雷二级电站

格雷二级电站坝址距丘北县天星乡中寨脚村 1200m，电站坝址多年平均流量为 $29.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。电站采用引水式开发，运行期引水流量为 $22.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。工程任务为发电，装机容量为 1.6 万 kW，年均发电量 0.9 亿 kW·h。电站于 1989 年建成投产。



格雷二级坝址



格雷二级发电厂房

(5) 猴爬岩电站

猴爬岩电站坝址位于文山州清水江的猴爬岩处，距丘北县城 85km，电站坝址多年平均流量为 $41.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。2005 年 12 月，文山州水利电力勘察设计院完成了《丘北县猴爬岩电站工程可行性研究报告》（以下简称“可研报告”），可研报告中，猴爬岩电站采用混合式开发，设计引水流量 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ，水库正常蓄水位为 930m，相应库容为 111 万 m^3 ，无调节性能。工程任务为发电，装机容量 24MW。工程枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水建筑物等组成。

2006 年 5 月，云南省环境科学研究院编制完成《云南省文山州清水江猴爬岩水

电站环境影响报告书》，同年 8 月，原云南省环境保护局以云环许准[2006]127 号决定准予许可项目并要求：“合理选择水库初期蓄水，在水库初期蓄水时下泄不少于 $4.11 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量，确保下游的生态用水要求；电站运行期，1~5 月下泄不少于 $1.78 \text{ m}^3/\text{s}$ 的生态流量，6~12 月下泄不少于 $4.11 \text{ m}^3/\text{s}$ 的生态流量，保证下游生态用水量。”

2006 年 2 月，文山州发展与改革委员会以文发改工业[2006]52 号文对可研报告进行了批复，要求进一步优化设计。根据批复要求，文山州水利电力勘察设计院于 2007 年 5 月编制完成了《丘北县猴爬岩电站装机增容 16MW 方案专题报告》（以下简称“专题报告”），同年 9 月，文山州发展与改革委员会以文发改工业[2007]517 号文对丘北县猴爬岩电站装机增容进行了批复，同意装机增加 16MW，总装机容量 40MW。

由于装机规模调整，云南省环境科学研究院于 2009 年 5 月编制完成《云南省文山州清水江猴爬岩水电站环境影响补充报告》（以下简称“补充报告”），2010 年 3 月，原云南省环境保护厅以环函〔2010〕32 号文对补充报告进行批复并要求：“采取切实可行的工程和管理措施，并建立记录档案，保证电站运行期每年 9 月至翌年 7 月泄放生态用水不少于 $4.11 \text{ m}^3/\text{s}$ ，确保满足坝后生态用水要求。”

工程变更后，水库正常蓄水位 950m，相应库容 1540 万 m^3 ，调节库容 1540 万 m^3 ，具有日调节能力。设计引水流量为 $62 \text{ m}^3/\text{s}$ ，电站装机容量为 4 万 KW，年均发电量 1.77 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。电站于 2010 年建成投产。



猴爬岩电站坝址



猴爬岩电站库区

（6）坝达电站

坝达电站坝址位于文山州丘北县羊街乡境内猴子箐河与清水江汇口上游约 50m 清水江干流上，坝址多年平均流量为 $48.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 。水库正常蓄水位 849m，相应库容 964 万 m^3 ，调节库容 501 万 m^3 ，具有日调节性能。电站采用坝后式开发，设计引水流量为 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ，工程任务为发电，装机容量为 10MW，年均发电量为 0.49 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

电站于 2006 年建成投产。

2004 年 8 月，云南大学编制完成《云南省文山州丘北县坝达水电站环境影响报告书》（以下简称“报告书”），2005 年 1 月原文山州环境保护局以文环字（2005）43 号文对报告书进行了批复。报告书和文环字（2005）43 号文未对坝达电站提生态流量泄放要求。



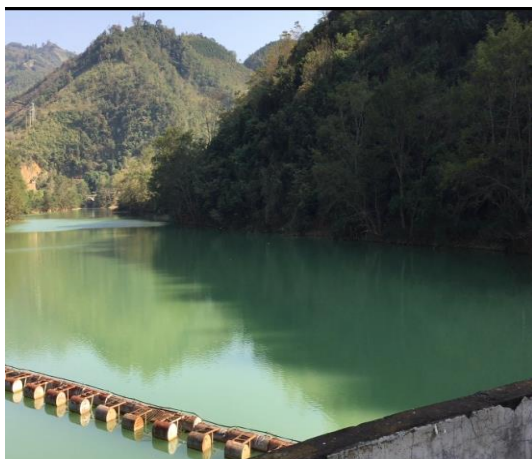
坝达电站厂房



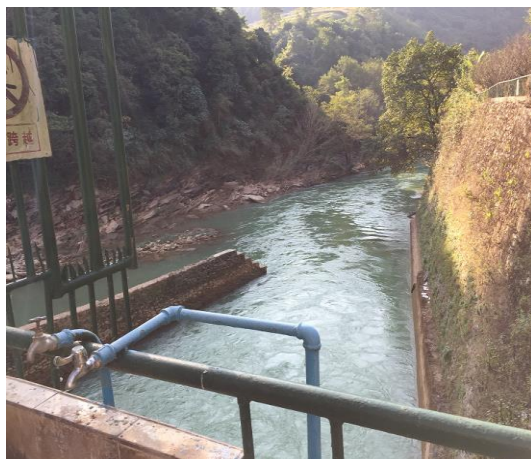
坝达电站坝下

（7）猫街电站

猫街电站位于广西壮族自治区西林县古障镇猫街村，距上游坝达电站约 9km，坝址多年平均流量为 $55 \text{ m}^3/\text{s}$ 。电站采用坝后式开发，设计引水流量为 $61.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。工程任务为发电，电站装机容量为 7MW，年均发电量为 0.4 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。具有日调节能力。



猫街电站库区



猫街电站坝下

表 5.1-1 清水江干流水利水电开发概况统计表

梯级名称	工程任务	开发方式	坝址多年平均流量 m ³ /s	额定引水流量 m ³ /s	正常蓄水位库容万(m ³)	调节性能	装机容量 (万 kW)	投产年份
回龙水库	城镇供水和灌溉	/	0.13	/	413	/	/	1959
听湖水库	灌溉	/	0.83	/	1218	/	/	1959
格雷一级	发电	引水	29.4	18.9	/	/	0.6	1988
格雷二级	发电	引水	29.8	22.5	13.4	/	1.6	1998
猴爬岩	发电	混合式	41.1	62	2310	日	4	2009
坝 达	发电	坝后	48.3	50	964	日	1.5	2006
猫 街	发电	坝后	55.0	61.5	/	日	0.7	1998

5.2 清水江流域水资源开发利用回顾评价

清水江流域集水面积 5117km²，其中文山州境内 4728km²。根据《文山州水资源综合规划》，文山州境内清水江流域水资源较为丰富，水资源总量为 25.67 亿 m³。其中，地表径流量为 21.54 亿 m³，水资源开发利用率为 8.17%。清水江流域地表水资源量分布见表 5.2-1。流域径流量在年内分配很不均匀，6~10 月径流量占全年的 80.7%，3~5 月占 6.0%，11 月~次年 5 月占 19.3%。

表 5.2-1 清水江流域地表水资源量分布成果表（单位：亿 m³）

分区	地表水资源量（亿 m ³ ）
清水江砚山片 （清水河水库坝址以上）	2.41
清水江砚山片 （清水河水库坝址以下）	2.69
清水江丘北片 （清水河水库坝址以上）	1.17
清水江丘北片 （清水河水库坝址以下）	11.57
清水江广南片	3.70

根据《文山州清水江流域综合规划报告》，文山州境内清水江流域 2005 年已建中型水库 3 座，总库容 9170 万 m³，兴利库容 6366 万 m³，总供水量 7256.6 万 m³；小（1）型水库 7 座，总库容 2717.9 万 m³，兴利库容 2115.8 万 m³，总供水量 2577.9 万 m³；小（2）型水库 47 座，总库容 1313.1 万 m³，兴利库容 1222.1 万 m³，总供水量 1382.4 万 m³；五小水利及其它供水工程总供水量 4303 万 m³。全流域总可供水量 15519.8 万 m³，仅占其地表水资源量的 11.5%。目前该地区还没有大型水库，各类蓄水工程的总调节库容占地表水资源总量的比重仅为 4%，水资源调节径流能力很低，工程性缺水突出，部分地区依然存在因水受限、因水受困、因水致贫等问题。

总体上，清水江流域水资源总量相对丰富，但时空分布十分不均，且与经济社会发展不完全匹配，工程性缺水突出，水资源供给与保障能力亟待提高。

5.3 水环境回顾影响分析

5.3.1 已建工程对水文情势的影响

(1) 对水文情势的影响

1) 梯级水利水电工程建设前

清水江干流（清水河汇口~清水江河口）天然河段总长度为 98.8km，控制流域面积 5117km²，总落差 790m，河流平均比降 3.4%。区间从上游至下游依次有清水河、者中河、石葵河等支流汇入。其中清水河河口多年平均流量为 11.21m³/s，者中河河口多年平均流量为 1.9m³/s，石葵河河口多年平均流量为 3.1m³/s。经区间支流汇水进入后，至清水江河口多年平均流量为 54.98m³/s。

2) 梯级水利水电工程建设后

① 库区河段

清水江干流从上游到下游依次已建格雷一级电站、格雷二级电站、猴爬岩电站、坝达电站、猫街电站 5 个梯级。各梯级电站建成后，各电站坝前均出现一定壅水，回水长度在 1.5~9.1km 之间，库区河段水深增加、水面变宽、水域面积增加、流速减缓，总体仍呈现河道型水库特征。

② 坝下河段

格雷一级和格雷二级采用引水式开发，坝下减水河段长度分别为 1.8km 和 3.7km，受时代背景影响，格雷一级和格雷二级坝下均无生态流量泄放措施。枯水期，电站几乎无流量下泄，有一定长度的脱水段，其后随着区间支沟的汇入有少量流量，形成一定长度的减水河段；丰水期，来流量较大，加之电站装机较小，引用流量小，无调节性能，部分时段存在大量弃水，坝下形成一定长度的减水河段，其后随着支流的汇入，干流减水的水文情势得到很大改善。

猴爬岩电站采用混合式开发，坝下存在约 2.6km 的减水河段。电站已按照云环函〔2010〕32 号文要求，下泄不低于 4.11m³/s 的生态流量，可缓解坝下减水河段的水文情势变化，根据《云南省文山州清水江猴爬岩水电站环境影响补充报告》：“猴爬岩电站进行日调节时，下游厂房尾水以下河道的水文情势主要是受电站水库的日调节影响，下游河段的流量和水位日内发生较大变化，其中，流量最大时变幅为 62 m³/s，水位最大变幅为 2.39m。”

坝达和猫街电站采用坝式开发，为日调节电站，坝后不会出现脱水河段，会造成下游河段流量和水位日内发生变化，但对年内和月内坝下水文情势基本无影响。以坝达电站为例，文环字〔2005〕43 号文未对电站提生态流量泄放要求，现状坝下无生态流量泄放，丰水期 7 月典型日，来流较大，可实现 24 小时满发，电站坝下存在一定的弃水，坝下流量与天然流量无差别；平水期 11 月典型日和枯水期 2 月典型日，电站坝下无弃水。

各梯级水利水电工程坝下减水河段情况见表 5.3-1。清水河汇口~清水江河口（入南盘江）天然河段总长度为 98.8km。电站建成以后，天然河段长度减少，减水河段长度增加，减水河段长度共计 8.1km，占原天然河段总长（98.8km）的 8%，保留天然河段总长为 57.4 km，占原天然河段总长（98.8km）的 58.1%。

清水江支流南丘河源头听湖水库无生态流量泄放措施，听湖水库建成以后，坝前形成宽阔水域，导致库区水域面积增加，流速减缓，库区河段水深增加，与天然河段时差异较大；同时坝下河道流量减少，河道水深减小。

表 5.3-1 清水江减脱水及库区回水长度统计表

梯级名称	坝址多年平均流量 m ³ /s	库区回水长度 Km	坝下减水河段长度 km	各梯级坝下天然河段长度 km	环评批复要求下泄流量 m ³ /s	生态流量下放现状 m ³ /s
听湖水库	0.83	/	/	/	/	
格雷一级	29.4	2.9	1.8	0	/	无
格雷二级	29.8	1.2	3.7	32	/	无
猴爬岩	41.1	5	2.6	0.3	4.11 云环函〔2010〕32 号	已按要求泄放
坝达	48.3	9.1	/	/	未提要求 文环字〔2005〕43 号	无
猫街	55.0		/	/	/	无

3) 建成前后比较分析

通过对比分析已建梯级建成前后的水文情势可知，库区河段出现一定壅水，河段水面变宽，水深增加，流速减缓。引水式和混合式开发电站使得坝下河道内水量大幅度减少，水面宽度变窄，坝下出现不同程度的减（脱）水河段。

5.3.2 已建工程对水质影响分析

1) 水利水电工程建设前

清水江干流水利水电工程开发较早,工程开发前干流水质监测成果匮乏,但从工程开发前的丘北、砚山的经济、人口等情况可推测,天然情况下干流水质状况应较好。

2) 水利水电工程建设后

本次回顾性分析收集到了回龙水库和县控清水江小学监测断面的水质监测数据,详见错误!未找到引用源。~错误!未找到引用源。。两处监测断面评价结果表明:各项监测指标均满足《地表水环境质量标准》(3838-2002) III类标准。表明清水江干流水质状况较好。

此外,本环评开展期间于 2017 年 8 月、2017 年 11 月和 2018 年 4 月开展了水质现状监测,三次水质监测结果表明:除听湖水库外,其它监测断面均满足《地表水环境质量标准》(3838-2002) III类标准。

3) 建成前后对比分析

从上述结果比较分析可以看出,清水江干流全河段水质现状较好,清水江干流已建梯级水利水电工程基本不会影响清水江干流水质。

5.4 水生生态回顾影响分析

5.4.1 已建工程对水生生境的影响

距清水河汇口下游约 12.3km 处有落差达 27m 左右的瀑布,已形成天然阻隔,阻隔了天然河道的自然连通性,影响了水生生物物种的基因交流。清水江干流水利水电开发不可避免对河道水生生境产生一定影响,干流已建成 5 座梯级电站,天然河流被分割成独立的小水库及减(脱)水河段,河流近自然河段减少,河流连通性进一步降低,进一步加剧了阻隔的影响。

此外,坝下减(脱)水河段的出现,使原有的浅滩-深潭交替生境减少,河道生境质量有所降低,尤其是靠近坝址的脱水河段,水生生境完全被破坏。但是,各梯级电站引水渠较短,坝下极少出现明显的河床干涸现象,在区间支流汇入、坝体渗漏的作用下河道依然保持一定的流量。

5.4.2 已建工程对鱼类的影响

根据《云南鱼类志 I, II》(1989, 1990) 记载, 及 2017 年 9 月、2018 年 4 月的现场调查, 清水江流域分布有鱼类 41 种, 分属于 4 目 12 科 37 属。主要优势物种鱼类有麦穗鱼、棒花鱼、白甲鱼、鲢、鳙、草鱼、鲤、鲫、云南光唇鱼、花鱼骨、金线鲃、云南盘鮈、鲇鱼、爬岩鳅、横纹南鳅、黄鳝、泥鳅等。被列入云南省地方重点保护野生动物名录中的鱼类有一种, 暗色唇鲮, 目前该鱼主要分布在坝达电站库区及其下游水域。根据现场调查访问, 目前鱼类资源量相比 60 年代以前, 鱼类存量锐减, 鱼类小型化, 出现上述现象与拦河筑坝、农业污染、捕捞力度过大等多因素有关。格雷一级、格雷二级等电站的建设进一步加剧了对鱼类的阻隔, 改变了原来河流的流水生境, 对鱼类种类的结构组成、种群的基因交流和资源量均会产生不利的影响。

5.5 陆生生态回顾影响分析

5.5.1 已建工程对植被植物的影响

清水江干流各水利水电工程建设时期较早, 各工程基本上在上世纪八十年代、九十年代修建完成, 由于各工程规模较小、组成简单, 建设周期较短, 工程建设对区域陆生生态影响很小, 现状已看不到施工扰动痕迹, 由于上个世纪八十年代末人类乱砍滥伐森林现象严重, 清水江流域陆生生态主要受人类乱砍滥伐森林及过度垦植影响。2002 年后, 随着人工造林及退耕还林工程的实施、天然林保护工作的开展, 清水江流域陆生生态恢复状况良好, 河流两岸森林茂密, 生物多样性丰富。

本节采用 1985 年~2017 年四个时期卫片解析数据进行对比分析, 说明近年来流域陆生植被的变化情况。

(1) 植被类型变化

表 5.5-1 为 1985~2017 年四个时段流域范围内植被类型面积的变化, 图 5.5-1 为流域植被类型面积变化图。由表 5.5-1 和图 5.5-1 可知, 流域范围内主要植被类型面积在梯级水利水电工程开发前后发生了一定的变化, 主要表现在半湿润常绿阔叶林、暖性落叶阔叶林、稀树灌木草丛、旱地面积的减少和暖性石灰岩灌丛、建筑用地面积的增加。这主要是因为上世纪 80 年代, 森林的砍伐及梯级水利水电工

程开发占用使得森林生态系统面积逐渐减小，而城镇化进程的不断推进导致建筑用地面积增加。

由表 5.5-1 还可以看出，1985 年，清水江流域主要植被类型为稀树草木灌丛、旱地、暖性针叶林，分别占流域植被类型面积的 28.14%、28.13%和 25.98%。2017 年清水江流域主要植被类型仍为稀树草木灌丛、旱地、暖性针叶林，分别占流域植被类型面积的 25.98%、24.18%和 23.51%。前后占比变化不大，表明流域范围内的主要的植被类型未因其建设而产生明显变化。

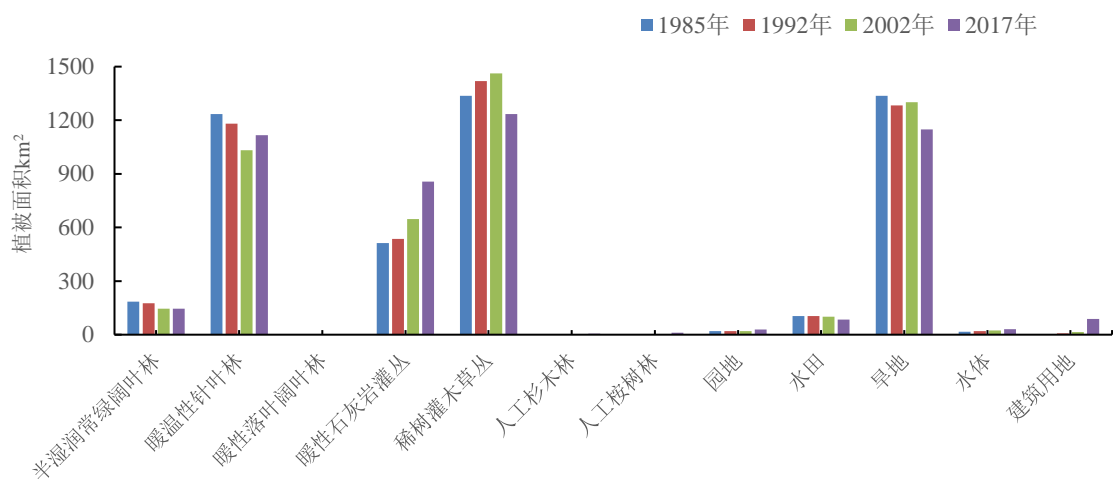


图 5.5-1 流域植被类型面积变化图

表 5.5-1 流域植被类型植被面积变化统计表

植被类型	1985 年		1992 年		2002 年		2017 年		1985~2017 年变化量
	面积 (km²)	比例 (%)	面积 (km²)	比例 (%)	面积 (km²)	比例 (%)	面积 (km²)	比例 (%)	
半湿润常绿阔叶林	184.87	3.89	176.36	3.71	145.94	3.07	145.54	3.06	-39.33
暖温性针叶林	1234.39	25.98	1179.98	24.84	1031.54	21.71	1116.73	23.51	-117.67
暖性落叶阔叶林	0.62	0.01	0.64	0.01	0.63	0.01	0.62	0.01	0
暖性石灰岩灌丛	513.01	10.8	535.49	11.27	646.24	13.6	857.32	18.05	344.32
稀树灌木草丛	1336.72	28.14	1419.56	29.88	1461.86	30.77	1234.24	25.98	-102.49
人工杉木林	1.01	0.02	1.54	0.03	1.79	0.04	5.68	0.12	4.67
人工桉树林	0	0	1.27	0.03	2.65	0.06	11.19	0.24	11.19
园地	20.33	0.43	20.71	0.44	20.19	0.42	28.45	0.6	8.11
水田	104.69	2.2	104.12	2.19	99.81	2.1	83.65	1.76	-21.04

旱地	1336.29	28.13	1283.51	27.02	1300.75	27.38	1148.87	24.18	-187.42
水体	16.46	0.35	19.09	0.4	23.94	0.5	29.99	0.63	13.54
建筑用地	2.1	0.04	8.23	0.17	15.17	0.32	88.23	1.86	86.13

(2) 植被生物量变化

表 5.5-2 给出了清水江流域 1985~2017 年各植被类型生产量的变化, 由表 5.5-2 知流域水利水电开发实施前后范围内植被的生产量产生了一定变化, 从 1985 年到 2002 年期间总生产量呈现逐渐降低的趋势, 而至 2017 年总生产量呈增加趋势。如从单位面积平均生产力来讲, 1985 年单位面积平均生产力为 $6.9 \text{ t/hm}^2 \cdot \text{a}$, 2002 年为 $6.61 \text{ t/hm}^2 \cdot \text{a}$, 2017 年为 $6.63 \text{ t/hm}^2 \cdot \text{a}$ 。

各类生产量的变化主要是由于其面积的变化产生的变化, 虽然清水江流域水利水电梯级开发会造成河流两岸植被面积的减少, 但不影响整个流域范围的生态环境变化趋势。随着退耕还林、天然林保护工程、石漠化综合防治工程等相关林业发展政策的实施, 流域范围内林地面积缓慢增加, 直接导致区域内林地植物总生物量的增加。

总体而言, 水电工程建设对流域范围生物量影响是在可承受范围之内的, 流域范围内林业、农业的生态保护政策将其产生的不利影响降到了最低。

表 5.5-2 流域植被生产量统计表 (t/a)

植被类型	1985 年	1992 年	2002 年	2017 年
半湿润常绿阔叶林	221849.65	211635.12	175130.35	174649.53
暖温性针叶林	1234393.86	1179975.99	1031538.04	1116726.07
暖性落叶阔叶林	558.00	576.00	568.80	555.50
暖性石灰岩灌丛	256502.62	267745.45	323118.66	428660.50
稀树灌木草丛	668361.75	709777.67	730931.05	617118.76
人工杉木林	1111.00	1694.00	1969.00	6250.42
人工桉树林	0.00	1524.00	3180.00	13424.08
园地	10167.25	10355.77	10092.70	14224.07
水田	209380.03	208248.89	199622.05	167291.50
旱地	668143.47	641756.28	650375.02	574434.93
水体	6582.19	7635.59	9574.47	11996.45
建筑用地	525.35	2056.60	3791.88	22057.69
总生产量(t/a)	3277575.17	3242981.36	3139892.01	3147389.52
单位面积生产力 ($\text{t/hm}^2 \cdot \text{a}$)	6.90	6.83	6.61	6.63

5.5.2 已建工程对陆生动物的影响

清水江流域水利水电工程的开发在一定程度上占用和破坏了野生动物的生存环境，导致动物栖息环境发生改变，同时各电站运行管理人员活动，会使原栖息地分布的野生动物产生趋避反应，对区域动物的分布产生影响。

已建工程的永久和临时占地造成两栖、爬行动物和兽类动物栖息地的损失，导致其活动范围缩小。但是两栖、爬行动物和兽类都具有一定的迁移能力，且由于已建工程规模和扰动土地面积均较小，因此已建工程对两栖、爬行动物、兽类的生境影响有限。

已建工程的永久和临时占地也造成鸟类栖息地面积的减少，主要表现为改变或破坏鸟类栖息环境、改变或破坏食物供应、直接伤害等。开发完成后，随着植被的恢复这种影响也将逐渐减弱。因此，已建工程鸟类的影响也较小。

5.5.3 已建工程对土地利用类型的影响

本节通过对流域 1985 年、1992 年、2002 年和 2017 年四个时段的卫星影像数据与解译结果并结合野外实地调查结果，分析对流域内土地利用格局的影响。土地利用类型面积变化见表 5.5-3。

由表 5.5-3 可知：流域评价范围内的有林地呈现先减小后增加的趋势，这主要是由于上世纪 80 年代，森林砍伐及水利水电工程开发占用，导致有林地面积逐渐减少，至 2002 年之后，人工造林及退耕还林工程等林业工程的实施，有林地面积逐渐增加。灌木林地呈现逐渐增加的趋势，主要由于流域内地处石漠化较为严重的地区，植被恢复难度较大，这也造成了暖性石灰岩灌丛逐渐增加。

流域内草地多为稀树灌木草丛，呈现先增加后减小的趋势，这主要是由于上世纪 80 年代有林地面积的减少，2002 年之后有林地面积的恢复造成的。

流域内园地呈现稳定逐步增加的趋势，耕地面积呈现逐步递减的趋势。这可能是由于水利水电工程开发实施后，拦河坝蓄水淹没部分耕地，以及开展退耕还林、还草政策，城镇扩张占用农业用地，水田退化用于种植经济树种等原因，造成评价范围内耕地的逐步减少。流域范围内的水域面积在逐渐增加，增加总比例为 0.28%，主要由于流域内实施水利水电开发，水库形成后，大坝拦水直接导致水域面积的增加。流域范围内建筑用地增加比例为 1.82%，原因是评价范围内城镇化进程加快，

随着城镇的发展，城镇建筑面积增加，同时随着交通的发展和城市间联系的逐步加深，道路交通用地增加等原因，造成评价范围内建筑用地面积增加。

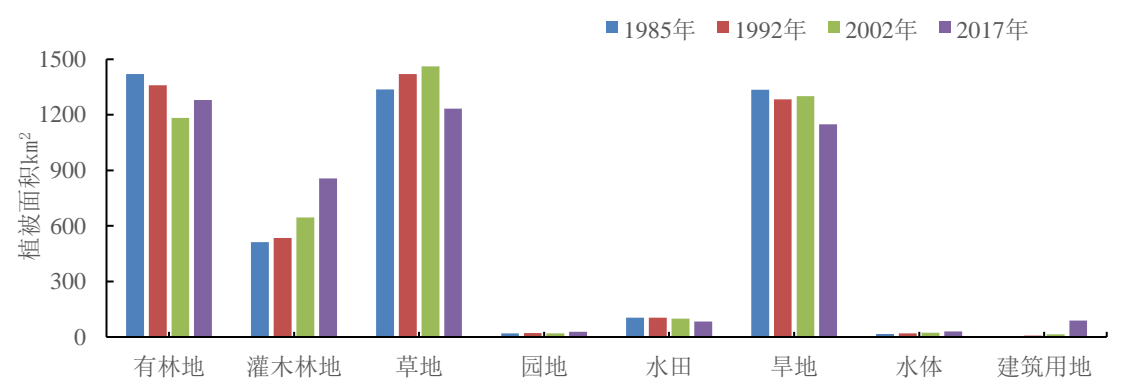


图 5.5-2 流域土地利用类型面积变化图

表 5.5-3 流域土地利用类型变化统计表									
土地利用类型	1985 年		1992 年		2002 年		2017 年		1985 年~2017 年变化量
	面积 (km²)	比例 (%)	面积 (km²)	比例 (%)	面积 (km²)	比例 (%)	面积 (km²)	比例 (%)	
有林地	1420.90	29.91	1359.79	28.62	1182.55	24.89	1279.75	26.94	-141.15
灌木林地	513.01	10.80	535.49	11.27	646.24	13.60	857.32	18.05	344.32
草地	1336.72	28.14	1419.56	29.88	1461.86	30.77	1234.24	25.98	-102.49
园地	20.33	0.43	20.71	0.44	20.19	0.42	28.45	0.60	8.11
水田	104.69	2.20	104.12	2.19	99.81	2.10	83.65	1.76	-21.04
旱地	1336.29	28.13	1283.51	27.02	1300.75	27.38	1148.87	24.18	-187.42
水体	16.46	0.35	19.09	0.40	23.94	0.50	29.99	0.63	13.54
建筑用地	2.10	0.04	8.23	0.17	15.17	0.32	88.23	1.86	86.13

5.5.4 已建工程对景观结构变化的影响

1985 年~2017 年四个不同时段各景观类型的密度、频率、景观比例变化情况见表 5.6-2。由表 5.6-2 可知，从 1985 年~2017 年，流域内土地利用格局发生了变化，其中水域斑块因梯级开发淹没，其优势度值由蓄水前的 6.65%上升到 7.12%，暖温性针叶林的优势度值从 39.01%变为 38.66%，经历了从 1985 年至 2002 年逐渐减小，2017 年再增加的变化过程，旱地的景观优势度值一直呈现下降趋势，建筑用地、暖性石灰岩灌丛呈现逐渐上升的趋势，其中建筑用地尤为明显。总体而言，流域的优势景观类型依然是旱地、暖温性针叶林和稀树灌木草丛景观，工程建成后

仍然以三类景观类型为流域的优势景观类型，对生态环境质量仍将具有较强的调控能力，表明景观生态体系的生产能力及恢复能力仍较强。因此，流域已建工程不会改变区域的整体景观组成，对区域自然体系的景观生态体系质量影响不大。

5.6清水江干流环境保护措施建议

根据 5.3.1 节，除猴爬岩电站已按云环函〔2010〕32 号文要求，下泄不低于 4.11m³/s 的生态流量，清水江干流其它已建水利工程中均无生态流量泄放措施，

根据 Tennant 法，初步拟定听湖水库，格雷一级、格雷二级、坝达和猫街电站最小生态流量下泄方案：非汛期(11 月～次年 5 月) 按照坝址处多年平均流量的 10% 下泄生态流量，汛期(6～10 月) 按照坝址处多年平均流量的 30%下泄生态流量，当坝址来水量不足时，按照“来多少泄多少原则”泄放。清水江干流已建梯级生态流量泄放建议见错误!未找到引用源。所示。

表 5.6-1 清水江干流已建梯级工程概况及生态流量泄放建议

梯级 名称	坝址多年 平均流量 m ³ /s	建议下泄生态流量 m ³ /s	
		非汛期 (11 月～次年 5 月)	汛期 (6～10 月)
听湖水库	0.83	0.08 (10%)	0.24 (30%)
格雷一级	29.4	2.94 (10%)	8.82 (30%)
格雷二级	29.8	2.98 (10%)	8.94 (30%)
坝达	48.3	4.83 (10%)	14.49 (30%)
猫街	55.0	5.5 (10%)	16.5 (30%)

格雷二级电站厂房上游 210m 处有天然瀑布，已形成天然阻隔，原有的鱼类洄游通道基本已经被堵塞，本节对坝下梯级电站过鱼设施不作要求。

表 5.6-2 流域景观结构变化情况表

景观类型	密度(Rd)				频率(Rf)				景观比例(Lp)				优势度(Do)			
	1985	1992	2002	2017	1985	1992	2002	2017	1985	1992	2002	2017	1985	1992	2002	2017
半湿润常绿阔叶林	6.28	4.08	3.56	3.45	14.1	13.2	11.34	10.98	3.89	3.71	3.07	3.06	7.04	6.18	5.26	5.14
暖温性针叶林	34.85	37.54	36.69	37.14	69.24	69.42	69.15	70.47	25.98	24.84	21.71	23.51	39.01	39.16	37.32	38.66
暖性落叶阔叶林	0.31	0.37	0.43	0.02	1.57	1.52	1.43	1.32	0.01	0.01	0.01	0.01	0.48	0.48	0.47	0.34
暖性石灰岩灌丛	14.13	16.33	14.55	14.22	46.76	47.89	49.53	51.26	10.8	11.27	13.6	18.05	20.62	21.69	22.82	25.39
稀树灌木草丛	11.33	9.56	13.93	12.04	74.21	73.24	75.46	77.64	28.14	29.88	30.77	25.98	35.45	35.64	37.74	35.41
人工杉木林	0.07	0.12	0.28	0.52	0.09	0.11	0.34	0.41	0.02	0.03	0.04	0.12	0.05	0.07	0.17	0.29
人工桉树林	0	0.04	0.21	0.45	0	0.03	0.43	1.24	0	0.03	0.06	0.24	0	0.03	0.19	0.54
园地	1.53	1.61	1.56	2.92	6.29	6.34	6.98	7.79	0.43	0.44	0.42	0.6	2.17	2.21	2.35	2.98
水田	3	2.87	2.68	2.93	11.95	11.87	11.64	10.99	2.2	2.19	2.1	1.76	4.84	4.78	4.63	4.36
旱地	25.47	24.64	23.22	23.43	82.32	80.14	80.01	79.46	28.13	27.02	27.38	24.18	41.01	39.7	39.5	37.81
水体	2.42	2.23	2.25	1.86	23.47	23.65	23.74	25.36	0.35	0.4	0.5	0.63	6.65	6.67	6.75	7.12
建筑用地	0.61	0.63	0.64	1.01	5.76	7.65	9.23	12.11	0.04	0.17	0.32	1.86	1.61	2.16	2.63	4.21

5.7 调蓄水库环境影响回顾

清水河水利枢纽工程利用已建干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、支迷水库、红舍克水库、马鞭稍水库、细水水库 7 座水库作为末端调蓄水库。各调蓄水库工程概况见表 5.7-1。

表 5.7-1 调蓄水库工程概况统计表

项目	工程任务	工程规模	坝址控制流域面积 km ²	坝址多年平均流量 m ³ /s	正常蓄水位以下库容 万 m ³	可用调节库容 万 m ³	竣工时间
干龙潭水库	防洪、灌溉、人畜饮水	小（1）型	13.6	0.151	142.1	129.3	1957
双飞井水库	生活用水、灌溉	小（1）型	4.0	0.038	28.6	23.7	1958
康新寨水库	灌溉、人畜饮水	小（2）型	15.1	0.119	59	55.2	1958
支迷水库	灌溉、防洪	小（2）型	5.5	0.045	13.6	10.2	1958
红舍克水库	灌溉、防洪	小（1）型	26.8	0.186	512.3	310	1958
马鞭稍水库	灌溉、城镇供水	小（1）型	9.0	0.108	221	141.2	1959
细水水库	农村生活供水、灌溉	小（1）型	5.17	0.066	110	94.3	2016

5.7.1 调蓄水库环境影响回顾

（1）对水文情势的影响

天然情况下，水库坝址处多年平均流量较小，枯水年个别月份甚至无流量，7 座水库所占用河道基本为小河沟形式。水库建成以后，由于建坝抬高了水位，在坝前形成了一定范围的缓流区域，河谷区水面变宽，坝前水深增加、流速变缓，库区水面面积相对天然河道增加。细水水库已按原文山州环境局文环审 [2012]89 号文常年下泄不低于 0.007m³/s 的生态流量，可缓解坝下水文情势不利影响。其它 6 座调蓄水库建设年代久远，均无生态流量泄放措施，水库建成以后，坝下河沟周边为农田，坝下基本无天然河道形态。

（2）对水质的影响

7 座水库为小型水库，供水规模较小，灌溉规模有限，农业退水对清水江干流及主要支流水质影响有限，本环评开展期间于 2017 年 8 月、2017 年 11 月和 2018 年 4 月开展了水质现状监测，三次水质监测结果表明：除干龙潭、细水水库部分指标超标外，其它调蓄水库均满足《地表水环境质量标准》(3838-2002) III 类标准。

(3) 对水生生态的影响

7 座调蓄水库建设之前所在河道基本为小河沟形式，鱼类资源量减少，多为小型适应流水生境鱼类，水库建成后，坝下已无河道形态，鱼类减少。库区内则多鲤、鲫、棒花鱼等适应库区生境的鱼类。

(4) 对陆生生态的影响

7 座调蓄水库均为小型水库，水库形成面积较小，占用陆生植被较小，水库建设对区域生态系统的生产能力和生物多样性的影响较小。因此水库建设对陆生生态环境影响不大。

5.7.2 调蓄水库存在问题及建议

(1) 生态流量泄放措施

细水水库已按文环审〔2012〕89 号文要求按坝址多年平均流量的 10% ($0.007\text{m}^3/\text{s}$) 下泄生态流量。其它 6 座调蓄水库建设年代久远，均无生态流量泄放措施。本回顾建议对该 6 座水库非汛期按坝址多年平均的 10%、汛期按坝址多年平均的 30% 泄放生态流量，生态流量泄放表见表 5.7-2。

表 5.7-2 调蓄水库泄放生态流量表

项目	工程任务	工程规模	坝址多年平均流量 m^3/s	下泄生态流量 m^3/s	
				非汛期 (11 月~次年 5 月)	汛期 (6~10 月)
干龙潭水库	防洪、灌溉、人畜饮水	小(1)型	0.151	0.015	0.045
双飞井水库	生活用水、灌溉	小(1)型	0.038	0.004	0.011
康新寨水库	灌溉、人畜饮水	小(2)型	0.119	0.012	0.036
支迷水库	灌溉、防洪	小(2)型	0.045	0.005	0.014
红舍克	灌溉、防洪	小(1)型	0.186	0.019	0.056

水库					
马鞭稍水库	灌溉、城镇供水	小（1）型	0.108	0.011	0.032
细水水库	农村生活供水、灌溉	小（1）型	0.066	已按文环审（2012）89号环评批复下泄生态流量	

（2）水质保护措施

根据水质监测成果，干龙潭水库在丰水期、枯水期未达到地表水Ⅲ类水质标准，可能是丰水期入库污染负荷增加所致，建议加强干龙潭水库水质保护工作，如加强水库周边面源治理，加快水库周边农村环境综合整治、推进生态健康养殖。

细水水库在枯水期未达到地表水Ⅲ类水质标准，可能是水库蓄水时库底清理未彻底所致，建议对细水水库开展不同水期（丰平枯）的水质监测工作。同时建议对其它调蓄水库如干龙潭水库、双飞井水库、康新寨水库、马鞭稍水库进行不同水期（丰平枯）水质监测工作。

6 环境影响预测评价

6.1 流域水资源开发利用影响分析

6.1.1 清水江流域水资源状况

清水江流域全长 229km，集雨面积 5117km²，多年平均降雨量约 1000mm，水资源较为丰富，水资源总量为 21.54 亿 m³，但时空分布不均，汛期 5 月至 10 月的降雨量约占全年降雨量的 80%以上，枯水期 11 月至次年 4 月的降雨量不到全年的 20%，季节性缺水问题异常突出。该地区处于分水岭地带，以岩溶地貌为主，蓄水条件很差，很难形成地表径流。该地区河谷平均下切深度约为 200m 以上，水地田高，水资源开发利用条件较差，2017 年流域用水量为 1.76 亿 m³，水资源开发利用率仅为 8.17%。地下水主要以岩溶水形式存在，地下水的埋藏较深，开发难度较大。

清水河水利枢纽工程坝址控制集雨面积为 1539km²，坝址处多年平均径流量为 3.52 亿 m³。

6.1.2 清水江流域水资源开发利用现状分析

(1) 水利工程现状

清水河水利枢纽工程受水区现状供水工程包括水库工程、塘坝工程、集雨工程（窖池）和引提水工程。现状水库工程 28 座均为中小型水库，其中中型水库 1 座，小（1）型水库 8 座，小（2）型水库 19 座，总调节库容为 2373 万 m³。清水河水利枢纽工程受水区现状水库工程见表 -1。

表 6.1-1 清水江流域已建水库工程统计表

片区	水库名称	坝址径流 (万 m ³)	调节库容 (万 m ³)	原供水 对象	现状供水对象
砚山县城、 砚山工业园区	回龙水库（小一）	413	376	江那中 型灌区 灌溉	砚山县城、砚山 工业园区、江那 中型灌区灌溉
	路德水库（小一）	440	210		
	新民水库（小一）	564	425		
	听湖水库（中型）	2618	1218		
丘北工业园区 丘北普者黑物流园 区	团结水库（小一）	425	221	灌溉	丘北工业园区 丘北普者黑物流 园区
维摩 普底单元					

片区		水库名称	坝址径流 (万 m ³)	调节库容 (万 m ³)	原供水 对象	现状供水对象
片	阿伍单元					
	保可者村单元	支迷水库 (小二)	142	11	灌溉	村镇生活、灌溉
	维摩村单元	长塘子水库 (小二)	158	19	灌溉	村镇生活、灌溉
		老落田水库 (小二)	240	24		
		大落洞水库 (小二)	240	24		
	土围城水库单元	土围城水库 (小二)	143	42	村镇生活、灌溉	村镇生活、灌溉
	阿额单元	阿额水库 (小一)	455	316	村镇生活、灌溉	村镇生活、灌溉
天星 树皮 片	天星村单元	干龙潭水库 (小一)	476	133	村镇生活、灌溉	村镇生活、灌溉
		水围寺水库 (小二)	168	26	灌溉	灌溉
	笼陶村单元					
	扭克单元	扭克水库 (小一)	347	144	村镇生活、灌溉	村镇生活、灌溉
	矣得单元					
	树皮前单元					
	树皮单元	双飞井水库 (小二)	119	26	灌溉	村镇生活、灌溉
		五里牌水库 (小二)	158	23		
	滕胧单元	绿塘子水库 (小二)	112	50	灌溉	村镇生活、灌溉
	树皮盘龙单元	小寨冲水库 (小二)	52	14	灌溉	村镇生活、灌溉
	康新寨单元	康新寨水库 (小二)	375	56	灌溉	灌溉
	小新寨单元					
水塘 石板 房片	水塘村单元					
	石板房村单元					
珠琳 片	吊井村单元					
	白泥塘村					

片区		水库名称	坝址径流 (万 m ³)	调节库容 (万 m ³)	原供水 对象	现状供水对象
	单元					
	西吉单元	卡子水库 (小二)	110	18	灌溉	村镇生活、灌溉
	新寨单元	新寨水库 (小二)	36	11	灌溉	村镇生活、灌溉
	珠琳单元	马鞭稍水库 (小一)	342	162	灌溉	村镇生活、灌溉
		水井坝水库 (小二)	31	17		
		瓦窑冲水库 (小二)	25	5		
	羊街单元					
	阿哈单元	甲板水库 (小二)	20	8	灌溉	村镇生活、灌溉
		三岔河水库 (小二)	28	8		
		三家寨水库 (小二)	18	5		
	中寨单元	德安水库 (小二)	98	15	灌溉	村镇生活、灌溉

(2) 水资源开发利用现状

清水江流域水资源量为 21.54 亿 m³，总供水量为 1.76 亿 m³，水资源开发利用率不高，仅为 8.17%。

(3) 水能资源开发利用现状

清水江流域水能资源开发较早，从上世纪 70 年代开始，清水江流域干流相继建成了格雷一级 (0.75 万 kW)、格雷二级 (1.6 万 kW)、猴爬岩 (4.0 万 kW)、坝达 (1.5 万 kW)、猫街 (0.72 万 kW，广西境内) 5 个梯级电站，规划有石别水电站；支流清水河建了红旗电站 (0.05 万 kW)、碧松电站 (0.032 万 kW) 和小龙潭电站 (3.2 万 kW) 3 个梯级电站。清水江流域水能资源总装机容量为 12.652 万 kW，其中干流装机容量为 9.57 万 kW，支流清水河总装机为 3.082 万 kW。清水江流域水电开发情况见表 -2。

表 6.1-2 清水江流域水电开发情况

梯级名称	集水面积 (km ²)	正常蓄水位 (m)	调节性能	装机容量 (万 kW)	年发电量 (亿 kW·h)	工程任务	建设情况	备注
格雷一级	1645	1185.6		0.75	0.3	发电	已建	引水
格雷二级	1648	1137.4		1.6	0.8	发电	已建	引水
石 别	3837	1005	日	1	0.407	发电	规划	坝后
猴爬岩	4461	950	日	4	1.77	发电	已建	坝后
坝 达	4599	847	日	1.5	0.494	发电	已建	坝后
猫 街	5110	804	日	0.72	0.41	发电	已建	坝后

红旗				0.032		发电	已建	坝后
碧松				0.05		发电	已建	
小龙潭	1124	1374	日	3.0	1.216	发电	已建	混合式

6.1.3 水资源供需平衡分析

6.1.3.1 供水保证率及供水范围

(1) 供水保证率

本工程现状水平年为 2017 年，设计水平年为 2035 年。

根据《室外给水设计规范》(GB50013-2006)，用地表水作为城市供水水源时，其设计枯水流量的年保证率应根据城市规模和工业大用户的重要性选定，宜用 90%~97%；根据《村镇供水工程技术规范》(SL687-2014)，地表水水源的设计枯水流量的年保证率，严重缺水地区不低于 90%，其他地区不低于 95%；根据《水利工程水利计算规范》(SL104-2015)，城乡供水工程设计保证率应采用历时保证率，并根据供水对象所属行业、区域的有关规定确定，取值范围可为 95%~97%，本次综合确定城乡生活和工业供水设计保证率为 95%。

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288-2018)，水资源紧缺地区，以旱作物为主，地面灌溉设计保证率为 75%~85%、喷灌微灌设计保证率为 85%~95%。考虑当地山高水低，岩溶区蓄水条件差，为工程性缺水地区，本次综合确定地面灌溉设计保证率取 75%、喷灌微灌设计保证率为 90%。

(2) 供水范围

清水河水利枢纽工程供水范围主要涉及文山州砚山县、丘北县和广南县三县，其中砚山县供水范围主要为砚山县城生活供水、砚山工业园承接产业加工区和三星坝新型产业区的工业供水以及维摩片和水塘石板房片的农业灌溉供水；丘北县供水范围为丘北工业园区和丘北普者黑火车站物流园区的工业供水、天星树皮片的农业灌溉供水；广南县供水范围为珠琳特色产片加工和物流片区的工业供水和珠琳片的农业灌溉供水。清水河水利枢纽工程供水单元分区情况见表 6.1-3。

表 6.1-3 清水河水利枢纽工程供水范围情况

序号	供水单元	
1	砚山县城	
2	砚山工业园区	承接产业加工区
		三星坝新型产业区

3	丘北工业园区	
4	丘北普者黑火车站物流园区	
5	珠琳特色产片加工和物流片区	
6	维摩片	普底单元
7		阿伍单元
8		保可者村单元
9		维摩村单元
10		土围城水库单元
11		阿额单元
12	水塘石板房片	水塘村单元
13		石板房村单元
14		普底单元
15	天星树皮片	天星村单元
16		笼陶村单元
17		扭克单元
18		矣得单元
19		树皮前单元
20		树皮单元
21		朦胧单元
22		树皮盘龙单元（I-1）
23		康新寨单元
24		小新寨单元
25	珠琳片	吊井村单元
26		白泥塘村单元
27		西吉单元
28		新寨单元
29		珠琳单元
30		羊街单元
31		阿哈单元
32		中寨单元

6.1.3.2 水资源供需分析

（1）设计水平年需水预测

清水河水利枢纽工程 2035 年需水量预测成果见表 6.1-4。2035 年清水河水利枢纽各受水片区毛需水总量为 11582 万 m^3 ，其中：城市生活和工业毛需水量为 5288 万 m^3 ，村镇生活毛需水量为 1175 万 m^3 ，农业灌溉毛需水量为 5119 万 m^3 。

表 6.1-4 清水河水利枢纽工程需水量成果表

单位: 万 m³

受水片区		2035 年			
		城市生活和工业	村镇生活	农业灌溉	合计
砚山县城		1935	0	0	1935
砚山工业园区	布标承接产业加工区	0	0	562	574
	三星坝建材加工区	0	0	255	261
	小计	0	0	817	835
丘北工业园区		1480	0	0	1480
丘北普者黑火车站物流园区		341	0	0	341
珠琳特色产片加工和物流片区		715	0	0	715
维摩片		0	193	878	1071
水塘石板房片		0	539	3054	3592
天星树皮片		0	57	239	296
珠琳片		0	386	948	1334
合计		5288	1175	5119	11582

(2) 设计水平年可供水量

清水河水利枢纽工程受水区设计水平年 2035 年可供水量情况见表 6-5~表 6-7, 2035 年清水河水利枢纽工程受水区各类水源工程多年平均总供水量为 2714 万 m³, 其中: 已建水库工程供水量为 1092 万 m³, 在建水库供水量为 99 万 m³, 塘坝供水量为 177 万 m³, 引提水工程供水量为 107 万 m³, 外调水工程供水量 308 万 m³, 再生水供水量为 931 万 m³。

表 6.1-5 设计水平年受水区 P=90%可供水量计算成果表

单位: 万 m³

分区	蓄水工程				引提水 (山泉水)	外调水 (红旗引水工程)	再生水	合计
	已建水库	在建水库	塘坝	小计				
砚山县城	0	0	0	0	0	0	306	306
砚山工业园区	0	0	0	0	0	0	0	0
丘北工业园区	0	0	0	0	0	0	269	269
丘北普者黑火车站物流园区	0	0	0	0	0	0	174	174
珠琳特色产片加工和物流片区	0	0	0	0	0	0	181	181
维摩片	314	0	59	373	12	0	0	385
水塘石板房片	621	0	51	672	0	362	0	1034
天星树皮片	0	0	3	3	0	0	0	3
珠琳片	290	104	92	485	95	0	0	580
合计	1224	104	205	1534	107	362	931	2934

表 6.1-6 设计水平年受水区 P=95%可供水量计算成果表 单位: 万 m³

分区	蓄水工程				引提水 (山泉水)	外调水 (红旗引水 工程)	再生 水	合计
	已建 水库	在建 水库	塘坝	小计				
砚山县城	0	0	0	0	0	0	306	306
砚山工业园区	0	0	0	0	0	0	0	0
丘北工业园区	0	0	0	0	0	0	269	269
丘北普者黑火车站物 流园区	0	0	0	0	0	0	174	174
珠琳特色产片加工和 物流片区	0	0	0	0	0	0	181	181
维摩片	225	0	56	282	12	0	0	294
水塘石板房片	566	0	49	614	0	298	0	913
天星树皮片	0	0	3	3	0	0	0	3
珠琳片	233	98	87	419	95	0	0	514
合计	1024	98	195	1318	107	298	931	2654

表 6.1-7 设计水平年受水区多年平均可供水量计算成果表 单位: 万 m³

分区	蓄水工程				引提水 (山泉水)	外调水 (红旗引水 工程)	再生 水	合计
	已建 水库	在建 水库	塘坝	小计				
砚山县城	0	0	0	0	0	0	306	306
砚山工业园区	0	0	0	0	0	0	0	0
丘北工业园区	0	0	0	0	0	0	269	269
丘北普者黑火车站物 流园区	0	0	0	0	0	0	174	174
珠琳特色产片加工和 物流片区	0	0	0	0	0	0	181	181
维摩片	261	0	50	311	12	0	0	323
水塘石板房片	569	0	43	612	0	308	0	920
天星树皮片	0	0	3	3	0	0	0	3
珠琳片	261	99	81	441	95	0	0	536
合计	1092	99	177	1367	107	308	931	2714

(3) 设计水平年供需平衡分析

根据设计水平年 2035 年清水河水利枢纽工程受水区需水量和供水量预测成果, 进行水资源供需分析计算, 供需平衡结果见表 6.1-8~

表 6.1-10。受水区 2035 年多年平均总需水量为 11582 万 m^3 ，其中：生活需水量为 4370 万 m^3 ，工业需水量为 2094 万 m^3 ，农业灌溉需水量为 5119 万 m^3 ；受水区已建及在建的各类水源工程多年平均总供水量为 2714 万 m^3 ，其中：生活供水量为 1333 万 m^3 ，工业供水量为 0 万 m^3 ，农业灌溉供水量为 1380 万 m^3 ；受水区多年平均总缺水量为 8868 万 m^3 ，其中：生活缺水量为 3036 万 m^3 ，工业缺水量为 2194 万 m^3 ，农业灌溉缺水量为 3738 万 m^3 。

6.1.4 水资源配置影响

6.1.4.1 水资源配置方案

（1）水资源配置原则

根据清水河水利枢纽工程受水区供水对象分析，主要供水对象为城市生活及工业用水、村镇生活用水以及农业灌溉用水，在考虑受水区生态环境保护的前提下，最大程度利用当地水源工程进行供水，不足水量由清水河水利枢纽工程供给，实现供需水在时间和空间上的合理分布，以满足受水区用水要求，促进经济社会发展。

水资源配置原则如下：

1) 坚持节水优先原则。加强节约用水，提高用水效率，设计水平年采取各类措施，降低城乡生活及工业供水管网漏损率、全部采用节水灌溉、提高灌溉水利用系数。

2) 坚持以人为本，优先保障城乡居民生活用水，其次满足工业用水，最后满足农业灌溉用水。

3) 坚持“近水近用、高水高用、优水优用、高效利用”的配置原则。

4) 坚持统筹发展、考虑公平原则。考虑水资源开发利用、区域经济社会发展与生态环境保护间的协调，统筹考虑各地区间的公平、协调发展，以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展。

（2）不同供水工程水量配置

清水河水利枢纽工程受水区供水工程为当地已建和在建的水库工程、已建塘坝工程、已建引提水工程(山泉水)、外调水(红旗引水工程)、再生水和清水河水利枢纽工程。

表 6.1-8

设计水平年 2035 年清水河水利工程受水区 P=90%供需平衡成果

单位: 万 m³

分区	需水量						供水量													缺水量						缺水率	
	生活			工业	农业灌溉	合计	生活						工业	农业灌溉			合计	生活			工业	农业灌溉	合计				
	县城及 园区	村镇	小计				县城及 园区	村镇				小计		工业	水库	塘坝		外调 水	小计	合计				县城 及园 区	村镇		小计
								再生水	水库	引提 水	外调 水																
砚山县城	1935	0	1935	0	0	1935	306	0	0	0	0	306	0	0	0	0	0	306	1629	0	1629	0	0	1629	84%		
砚山工业园区	0	0	0	817	0	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0	817	100%		
丘北工业园区	493	0	493	987	0	1480	269	0	0	0	0	269	0	0	0	0	0	269	224	0	224	987	0	1211	82%		
丘北普者黑火车站物流园区	341	0	341	0	0	341	174	0	0	0	0	174	0	0	0	0	0	174	167	0	167	0	0	167	49%		
珠琳特色产品加工和物流片区	425	0	425	290	0	715	181	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	181	244	0	244	290	0	534	75%		
维摩片	0	193	193	0	1079	1273	0	39	12	0	51	51	0	275	59	0	334	385	0	143	143	0	745	888	70%		
天星树皮片	0	539	539	0	3592	4131	0	120	0	118	238	238	0	501	51	244	796	1034	0	301	301	0	2796	3097	75%		
水塘石板房片	0	57	57	0	345	402	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	57	57	0	342	399	99%		
珠琳片	0	386	386	0	1268	1654	0	20	95	0	115	115	0	374	92	0	465	580	0	271	271	0	803	1073	65%		
合计	3195	1175	4370	2094	6284	12747	931	179	107	118	404	1335	0	1149	205	244	1599	2934	2264	771	3034	2094	4685	9814	77%		

表 6.1-9

设计水平年 2035 年清水河水利工程受水区 P=95%供需平衡成果

单位: 万 m³

分区	需水量						供水量													缺水量						缺水率
	生活			工业	农业灌溉	合计	生活						工业	农业灌溉				合计	生活			工业	农业灌溉	合计		
	县城及 园区	村镇	小计				县城及 园区	村镇生活				小计		水库	塘坝	外调水	小计		合计	县城及 园区	村 镇				小计	
								再生水	水库	引提水	外调水															
砚山县城	1935	0	1935	0	0	1935	306	0	0	0	0	306	0	0	0	0	0	306	1629	0	1629	0	0	1629	84%	
砚山工业园区	0	0	0	817	0	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0	817	100%	
丘北工业园区	493	0	493	987	0	1480	269	0	0	0	0	269	0	0	0	0	0	269	224	0	224	987	0	1211	82%	
普者黑火车站物流园区	341	0	341	0	0	341	174	0	0	0	0	174	0	0	0	0	0	174	167	0	167	0	0	167	49%	
珠琳片区	425	0	425	290	0	715	181	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	181	244	0	244	290	0	534	75%	
维摩片	0	193	193	0	1082	1275	0	39	12	0	51	51	0	187	56	0	243	294	0	143	143	0	839	982	77%	
天星树皮片	0	539	539	0	3773	4312	0	120	0	118	238	238	0	445	49	180	674	913	0	301	301	0	3099	3399	79%	
水塘石板房片	0	57	57	0	351	408	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	57	57	0	348	405	99%	
珠琳片	0	386	386	0	1193	1578	0	20	95	0	115	115	0	312	87	0	399	513	0	271	271	0	794	1065	67%	
合计	3195	1175	4370	2094	6399	12862	931	179	107	118	404	1335	0	943	195	180	1319	2654	2264	771	3034	2094	5080	10208	79%	

表 6.1-10

设计水平年 2035 年清水河水利工程受水区多年平均供需平衡成果

单位: 万 m³

分区	需水量						供水量													缺水量						缺水率
	生活			工业	农业灌溉	合计	生活						工业	农业灌溉				合计	生活			工业	农业灌溉	合计		
	县城及 园区	村镇	小计				县城及 园区	村镇生活				小计		水库	塘坝	外调 水	小计		合计	县城 及园 区	村 镇				小计	
								再生水	水库	引提水	外调 水															
砚山县城	1935	0	1935	0	0	1935	306	0	0	0	0	306	0	0	0	0	0	306	1629	0	1629	0	0	1629	84%	
砚山工业园区	0	0	0	817	0	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0	817	100%	
丘北工业园区	493	0	493	987	0	1480	269	0	0	0	0	269	0	0	0	0	0	269	224	0	224	987	0	1211	82%	
丘北普者黑火车站物流园 区	341	0	341	0	0	341	174	0	0	0	0	174	0	0	0	0	0	174	167	0	167	0	0	167	49%	
珠琳特片区	425	0	425	290	0	715	181	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	181	244	0	244	290	0	534	75%	
维摩片	0	193	193	0	878	1071	0	38	12	0	50	50	0	223	50	0	273	323	0	143	143	0	605	748	70%	
天星树皮片	0	539	539	0	3054	3592	0	119	0	118	237	237	0	450	43	190	683	920	0	302	302	0	2370	2672	74%	
水塘石板房片	0	57	57	0	239	296	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	57	57	0	236	293	99%	
珠琳片	0	386	386	0	948	1334	0	20	95	0	115	115	0	340	81	0	421	536	0	271	271	0	527	798	60%	
合计	3195	1175	4370	2094	5119	11582	931	177	107	118	402	1333	0	1013	177	190	1380	2714	2264	773	3036	2094	3738	8868	77%	

设计水平年 2035 年清水河水利枢纽工程受水区不同供水水源多年平均总配置水量为 11411 万 m^3 ，其中：受水区已建水库工程供水量为 1092 万 m^3 ，在建的水库工程供水量为 99 万 m^3 ，已建塘坝工程供水量为 177 万 m^3 ，引提水(山泉水) 供水量为 107 万 m^3 ，外调水(红旗引水工程) 供水量 308 万 m^3 ，再生水供水量为 931 万 m^3 ，清水河水利枢纽工程供水量为 8698 万 m^3 （扣除 5%的输水损失）。2035 年受水区不同供水工程水量配置成果见表 -11~表 -13。

表 6.1-11 2035 年受水区不同供水工程 P=90%水量配置成果表 单位：万 m^3

分区	蓄水工程				引提水	外调水(红旗引水工程)	再生水	清水河水利枢纽工程	合计
	已建	在建	塘坝	小计					
砚山县城	0	0	0	0	0	0	306	1629	1935
砚山工业园区	0	0	0	0	0	0	0	817	817
丘北工业园区	0	0	0	0	0	0	269	1211	1480
丘北普者黑火车站物流园区	0	0	0	0	0	0	174	167	341
珠琳特色产片加工和物流片区	0	0	0	0	0	0	181	534	715
维摩片	314	0	59	373	12	0	0	888	1273
水塘石板房片	621	0	51	672	0	362	0	3097	4131
天星树皮片	0	0	3	3	0	0	0	399	402
珠琳片	290	104	92	485	95	0	0	1073	1654
合计	1224	104	205	1534	107	362	931	9814	12747

表 6.1-12 2035 年受水区不同供水工程 P=95%水量配置成果表单位：万 m^3

分区	蓄水工程				引提水	外调水(红旗引水工程)	再生水	清水河水利枢纽工程	合计
	已建	在建	塘坝	小计					
砚山县城	0	0	0	0	0	0	306	1629	1935
砚山工业园区	0	0	0	0	0	0	0	817	817
丘北工业园区	0	0	0	0	0	0	269	1211	1480
丘北普者黑火车站物流园区	0	0	0	0	0	0	174	167	341
珠琳特色产片加	0	0	0	0	0	0	181	534	715

分区	蓄水工程				引提水	外调水(红旗引水工程)	再生水	清水河水利枢纽工程	合计
	已建	在建	塘坝	小计					
工和物流片区									
维摩片	225	0	56	282	12	0	0	755	1049
水塘石板房片	566	0	49	614	0	298	0	2753	3665
天星树皮片	0	0	3	3	0	0	0	316	319
珠琳片	233	98	87	418	95	0	0	790	1303
合计	1024	98	195	1317	107	298	931	8971	11625

表 6.1-13 2035 年受水区不同供水工程多年平均水量配置成果表 单位: 万 m³

分区	蓄水工程				引提水	外调水(红旗引水工程)	再生水	清水河水利枢纽工程	合计
	已建	在建	塘坝	小计					
砚山县城	0	0	0	0	0	0	306	1622	1928
砚山工业园区	0	0	0	0	0	0	0	813	813
丘北工业园区	0	0	0	0	0	0	269	12027166	1475
丘北普者黑火车站物流园区	0	0	0	0	0	0	174	166	341
珠琳特色产片加工和物流片区	0	0	0	0	0	0	181	531	712
维摩片	261	0	50	311	12	0	0	713	1037
水塘石板房片	569	0	43	612	0	308	0	2583	3503
天星树皮片	0	0	3	3	0	0	0	288	291
珠琳片	261	99	81	441	95	0	0	776	1312
合计	1092	99	177	1367	107	308	931	8698	11411

(3) 不同行业水量配置

设计水平年 2035 年受水区不同行业水量配置成果见表 -14~表 -16。设计水平年 2035 年清水河水利枢纽工程受水区不同用水行业多年平均总配置水量为 11411 万 m³，其中：生活配置水量为 4355 万 m³，工业配置水量为 2084 万 m³，农业灌溉配置水量为 4972 万 m³。生活和工业供水满足 95%的保证率，农业灌溉供水满足 90%的保证率，基本满足受水区各行业用水要求。

表 6.1-14 2035 年受水区不同行业 P=90%水量配置成果表 单位: 万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业园区	村镇	小计			
砚山县城	1935	0	0	1935	0	0	1935

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业园区	村镇	小计			
砚山工业园区	0	0	0	0	817	0	817
丘北工业园区	0	493	0	493	987	0	1480
丘北普者黑火车站物流园区	0	341	0	341	0	0	341
珠琳特色产片加工和物流片区	0	425	0	425	290	0	715
维摩片	0	0	193	193	0	1079	1273
水塘石板房片	0	0	539	539	0	3592	4131
天星树皮片	0	0	57	57	0	345	402
珠琳片	0	0	386	386	0	1268	1654
合计	1935	1259	1175	4370	2094	6284	12747

表 6.1-15 2035 年受水区不同行业 P=95%水量配置成果表 单位: 万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	园区	村镇	小计			
砚山县城	1935	0	0	1935	0	0	1935
砚山工业园区	0	0	0	0	817	0	817
丘北工业园区	0	493	0	493	987	0	1480
丘北普者黑火车站物流园区	0	341	0	341	0	0	341
珠琳特色产片加工和物流片区	0	425	0	425	290	0	715
维摩片	0	0	193	193	0	855	1049
水塘石板房片	0	0	539	539	0	3127	3665
天星树皮片	0	0	57	57	0	262	319
珠琳片	0	0	386	386	0	918	1303
合计	1935	1259	1175	4370	2094	5162	11625

表 6.1-16 2035 年受水区不同行业多年平均水量配置成果表 单位: 万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1928	0	0	1928	0	0	1928
砚山工业园区	0	0	0	0	813	0	813
丘北工业园区	0	492	0	492	982	0	1475
丘北普者黑火车站物流园区	0	341	0	341	0	0	341
珠琳特色产片加工和物流片区	0	424	0	424	288	0	712
维摩片	0	0	192	192	0	845	1037
水塘石板房片	0	0	536	536	0	2967	3503
天星树皮片	0	0	57	57	0	234	291

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
珠琳片	0	0	384	384	0	927	1312
合计	1928	1257	1170	4355	2084	4972	11411

(4) 输水工程末端供水量

设计水平年 2035 年清水河水利枢纽工程输水工程末端供水量成果见表-17~表 -22。清水河水利枢纽工程输水工程末端多年平均供水量为 8698 万 m^3 ，其中：生活供水量为 3022 万 m^3 ，工业供水量为 2084 万 m^3 ，农业灌溉供水量为 3592 万 m^3 。考虑 5%的输水工程输水损失，清水河水利枢纽工程多年平均出库供水量为 9156 万 m^3 ，其中：生活供水量为 3181 万 m^3 ，工业供水量为 2194 万 m^3 ，农业灌溉供水量为 3781 万 m^3 ，设计水平年 2035 年清水河水利枢纽工程出库供水量成果见表 6.1-17~表 6.1-19，供水量过程见表 -17~表 -22。

表 6.1-17 2035 年清水河水利枢纽 P=90%供水量（输水工程末端） 单位：万 m^3

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1629	0	0	1629	0	0	1629
砚山工业园区	0	0	0	0	817	0	817
丘北工业园区	0	224	0	224	987	0	1211
丘北普者黑火车站物流园区	0	167	0	167	0	0	167
珠琳特色产片加工和物流片区	0	244	0	244	290	0	534
维摩片	0	0	143	143	0	745	888
水塘石板房片	0	0	301	301	0	2796	3097
天星树皮片	0	0	57	57	0	342	399
珠琳片	0	0	271	271	0	803	1073
合计	1629	635	771	3034	2094	4685	9814

表 6.1-18 2035 年清水河水利枢纽 P=95%供水量（输水工程末端） 单位：万 m^3

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1629	0	0	1629	0	0	1629
砚山工业园区	0	0	0	0	817	0	817
丘北工业园区	0	224	0	224	987	0	1211
丘北普者黑火车站物流园区	0	167	0	167	0	0	167
珠琳特色产片加工和物流片区	0	244	0	244	290	0	534

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
维摩片	0	0	143	143	0	612	755
水塘石板房片	0	0	301	301	0	2452	2753
天星树皮片	0	0	57	57	0	259	316
珠琳片	0	0	271	271	0	519	790
合计	1629	635	771	3034	2094	3843	8971

表 6.1-19 2035 年清水河水利枢纽多年平均供水量（输水工程末端）单位：万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1622	0	0	1622	0	0	1622
砚山工业园区	0	0	0	0	813	0	813
丘北工业园区	0	223	0	223	982	0	1206
丘北普者黑火车站物流园区	0	166	0	166	0	0	166
珠琳特色产片加工和物流片区	0	243	0	243	288	0	531
维摩片	0	0	142	142	0	571	713
水塘石板房片	0	0	299	299	0	2284	2583
天星树皮片	0	0	57	57	0	231	288
珠琳片	0	0	269	269	0	506	776
合计	1622	632	768	3022	2084	3592	8698

表 6.1-20 2035 年清水河水利枢纽 P=90%供水量（出库断面）单位：万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1714	0	0	1714	0	0	1714
砚山工业园区	0	0	0	0	860	0	860
丘北工业园区	0	236	0	236	1039	0	1275
丘北普者黑火车站物流园区	0	176	0	176	0	0	176
珠琳特色产片加工和物流片区	0	257	0	257	305	0	562
维摩片	0	0	150	150	0	784	934
水塘石板房片	0	0	316	316	0	2943	3260
天星树皮片	0	0	60	60	0	360	420
珠琳片	0	0	285	285	0	845	1130
合计	1714	668	812	3194	2204	4932	10330

表 6.1-21 2035 年清水河水利枢纽 P=95% 供水量 (出库断面) 单位: 万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1714	0	0	1714	0	0	1714
砚山工业园区	0	0	0	0	860	0	860
丘北工业园区	0	236	0	236	1039	0	1275
丘北普者黑火车站物流园区	0	176	0	176	0	0	176
珠琳特色产片加工和物流片区	0	257	0	257	305	0	562
维摩片	0	0	150	150	0	645	795
水塘石板房片	0	0	316	316	0	2581	2898
天星树皮片	0	0	60	60	0	273	333
珠琳片	0	0	285	285	0	546	831
合计	1714	668	812	3194	2204	4045	9443

表 6.1-22 2035 年清水河水利枢纽多年平均供水量 (出库断面) 单位: 万 m³

分区	生活				工业	农业	合计
	县城	工业	村镇	小计			
砚山县城	1707	0	0	1707	0	0	1707
砚山工业园区	0	0	0	0	856	0	856
丘北工业园区	0	235	0	235	1034	0	1269
丘北普者黑火车站物流园区	0	175	0	175	0	0	175
珠琳特色产片加工和物流片区	0	256	0	256	303	0	559
维摩片	0	0	150	150	0	601	751
水塘石板房片	0	0	315	315	0	2404	2719
天星树皮片	0	0	60	60	0	243	303
珠琳片	0	0	284	284	0	533	817
合计	1707	666	808	3181	2194	3781	9156

6.1.4.2 对流域水资源开发利用率的影响

至规划水平年 2035 年,清水河水利枢纽工程出库断面多年平均供水量 9156 万 m³, 占坝址处多年平均水资源量 3.52 亿 m³ 的 26.01%, 占流域多年平均地表水资源量 21.54 亿 m³ 的 4.25%。

至规划水平年 2035 年,流域多年平均总供水量为 2.68 亿 m³, 地表水资源开发利用将由现状的 8.17% 提高到 12.42%, 其中本工程的贡献程度为 4.25%。2035 年清水江流域水资源利用情况见图 6.1-1。

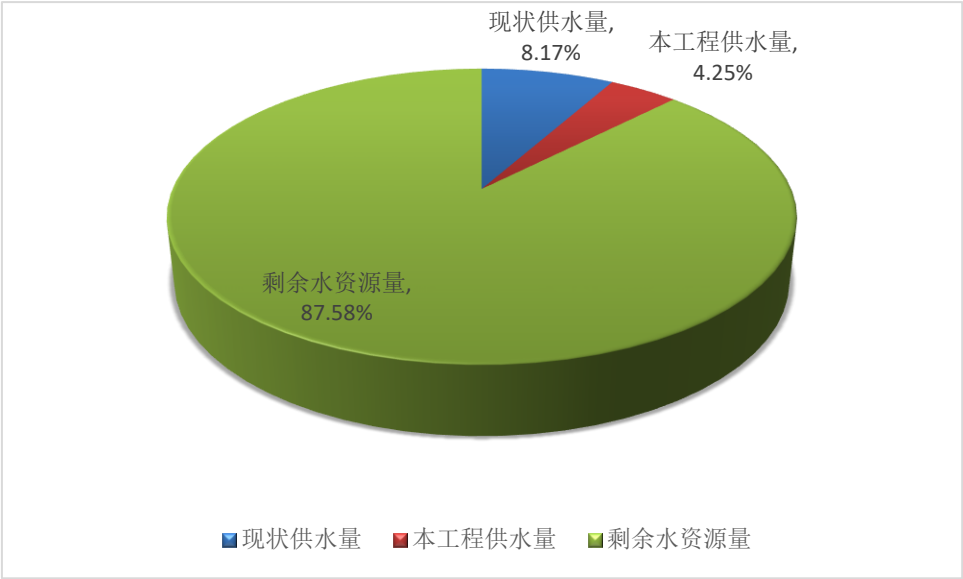


图 6.1-1 2035 年清水江流域水资源利用情况

6.1.4.3 对流域水资源时空分配的影响

清水河水库具有多年调节性能，总库容 1.26 亿 m³，兴利库容 1.06 亿 m³，水库建成运行后将对清水江流域的水资源时空分布产生一定的影响。

(1) 径流量年际变化

清水河水库具有多年调节能力，水库建成后，受水库调节影响，坝址断面及坝下代表断面径流量将发生变化。根据清水河水库 1970 年 1 月~2017 年 12 月共计 48 年长系列调节计算成果，清水河水库建成后，坝址断面长系列径流量比建库前均有所减小，减小幅度在 18.06%~64.08%之间。清水河水库坝址断面长系列年际径流变化情况见表 -23、图 6.1-2。

表 6.1-23 清水河水库建库前后坝址断面长系列年际径流变化情况表

年份	建库前(万 m ³)	建库后(万 m ³)	变化量(万 m ³)	变化率(%)
1970	35983.3	25486.0	-10497.3	-29.17%
1971	54117.3	42677.6	-11439.7	-21.14%
1972	33123.1	23050.0	-10073.2	-30.41%
1973	38836.1	27821.1	-11015.0	-28.36%
1974	42080.7	32604.7	-9476.0	-22.52%
1975	28502.2	17400.5	-11101.7	-38.95%
1976	26547.6	15751.0	-10796.6	-40.67%
1977	21025.8	9704.9	-11321.0	-53.84%
1978	56737.9	45839.1	-10898.8	-19.21%
1979	30761.3	20159.7	-10601.6	-34.46%
1980	18217.8	7958.6	-10259.2	-56.31%

年份	建库前(万 m ³)	建库后(万 m ³)	变化量(万 m ³)	变化率(%)
1981	23612.5	11202.4	-12410.0	-52.56%
1982	23118.5	11283.3	-11835.2	-51.19%
1983	26566.9	15938.3	-10628.5	-40.01%
1984	28329.2	18730.7	-9598.6	-33.88%
1985	27333.9	16523.1	-10810.8	-39.55%
1986	58979.5	48328.9	-10650.6	-18.06%
1987	19747.4	9033.9	-10713.5	-54.25%
1988	39940.3	28489.4	-11450.8	-28.67%
1989	19400.6	8781.0	-10619.6	-54.74%
1990	25191.9	14583.2	-10608.8	-42.11%
1991	28993.5	17956.9	-11036.6	-38.07%
1992	26436.6	15634.9	-10801.7	-40.86%
1993	31227.5	20055.4	-11172.2	-35.78%
1994	43978.7	32981.4	-10997.3	-25.01%
1995	24452.9	14020.9	-10432.0	-42.66%
1996	43716.0	33168.3	-10547.7	-24.13%
1997	29622.6	20339.7	-9282.9	-31.34%
1998	20145.4	9770.8	-10374.5	-51.50%
1999	35809.9	24519.3	-11290.5	-31.53%
2000	16740.9	7983.9	-8757.0	-52.31%
2001	37064.7	25923.4	-11141.2	-30.06%
2002	44717.1	34011.2	-10705.9	-23.94%
2003	25034.4	13398.6	-11635.8	-46.48%
2004	29447.7	19241.7	-10206.0	-34.66%
2005	23815.2	12912.9	-10902.3	-45.78%
2006	24345.7	14062.4	-10283.3	-42.24%
2007	36897.3	26341.6	-10555.7	-28.61%
2008	32880.3	21840.8	-11039.5	-33.57%
2009	20788.5	9694.0	-11094.6	-53.37%
2010	16362.3	7124.2	-9238.1	-56.46%
2011	14909.8	7673.2	-7236.6	-48.54%
2012	21604.3	7759.7	-13844.7	-64.08%
2013	17474.0	7314.0	-10160.0	-58.14%
2014	41416.5	27638.8	-13777.7	-33.27%
2015	46516.7	35662.6	-10854.1	-23.33%
2016	32579.3	22426.7	-10152.6	-31.16%
2017	57411.8	45961.3	-11450.5	-19.94%
多年平均	31303.0	20557.6	-10745.4	-34.33%

注：建库前后坝址处径流量已扣除回龙水库至清水河坝址之间的耗水量。

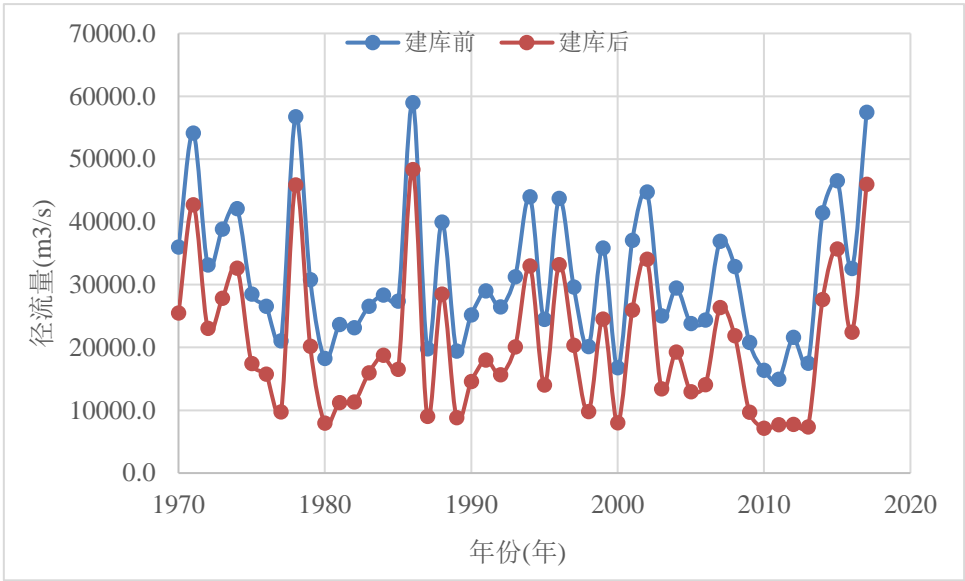


图 6.1-2 坝址断面建库前后长系列年际径流变化情况图

表 -24 给出了清水河水库建成前后坝下典型控制断面水量变化情况，从表 -24 可以看出，清水河水库建成后，受水库调节影响，典型丰、平、枯水年坝下各控制断面的水量均较建库前减小，以多年平均工况为例，坝址断面水量较建库前减少了 37.2%，法白小河汇口断面水量较建库前减少了 32.0%，清水河断面水量较建库前减少了 15.6%，者莫河汇口断面水量较建库前减少了 14.3%，石葵河汇口断面较建库前减少了 12.7%，至清水江河口断面，水量减小比例已缩小到 5.0%。

表 6.1-24 清水河水库建库前后坝下典型断面水量变化情况表

典型年	控制断面	建库前 (万 m³)	建库后 (万 m³)	变化量 (万 m³)	变化率 (%)
丰水年 (P=10% ， 2015 年)	坝址断面	46516.7	35662.6	-10854.1	-24.7%
	法白小河汇口断面	49709.5	38855.4	-10854.1	-21.8%
	清水河汇口断面	98850.9	87996.8	-10854.1	-11.0%
	者莫河汇口断面	107179.9	96325.8	-10854.1	-10.1%
	石葵河汇口断面	120367.6	109513.5	-10854.1	-9.0%
	清水江河口断面	298989.4	288135.3	-10854.1	-3.6%
平水年 (P=50% ， 2004 年)	坝址断面	29447.7	19241.7	-10206.0	-34.7%
	法白小河汇口断面	31699.0	21493.0	-10206.0	-32.2%
	清水河汇口断面	66349.6	56143.6	-10206.0	-15.4%
	者莫河汇口断面	72222.6	62016.6	-10206.0	-14.1%
	石葵河汇口断面	81521.5	71315.5	-10206.0	-12.5%
枯水年 (P=90%)	清水江河口断面	210823.5	200617.5	-10206.0	-4.8%
	坝址断面	19217.8	7958.6	-11259.2	-58.6%
	法白小河汇口断面	20666.9	9407.7	-11259.2	-54.5%

典型年	控制断面	建库前 (万 m ³)	建库后 (万 m ³)	变化量 (万 m ³)	变化率 (%)
, 1980 年)	清水河汇口断面	42969.7	31710.5	-11259.2	-26.2%
	者莫河汇口断面	46749.9	35490.7	-11259.2	-24.1%
	石葵河汇口断面	52735.1	41475.9	-11259.2	-21.4%
	清水江河口断面	135696.8	124437.6	-11259.2	-8.3%
多年平均	坝址断面	31303.0	20557.6	-11659.7	-37.2%
	法白小河汇口断面	33600.5	22855.1	-10745.4	-32.0%
	清水河汇口断面	68961.8	58216.4	-10745.4	-15.6%
	者莫河汇口断面	74955.2	64209.8	-10745.4	-14.3%
	石葵河汇口断面	84444.8	73699.4	-10745.4	-12.7%
	清水江河口断面	215147.5	204402.1	-10745.4	-5.0%

注：建库前后坝址处径流量已扣除回龙水库至清水河坝址之间的耗水量。

(2) 径量年内变化

表 6.1-25~表 6.1-26 给出了典型丰、平、枯水年坝下典型断面逐月流量沿程变化过程。表 6.1-25 可以看出，丰水年 6~7 月、12 月，受水库调节影响，坝址断面减水比例均在 50%以上，但随着坝下支流的入汇，对水文情势的不利影响沿程能够得到一定程度的缓解，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 30.59%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 8.54%。

从表 6.1-26 表 可以看出，平水年 6~7 月，坝址断面减水比例均在 70%以上，随着坝下支流的入汇，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 39.0%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 15.22%。

从表 6.1-27 表 可以看出，枯水年 4 月，水库坝址处设计来流量小于下游生态流量，水库进行生态补水，使得下泄水量满足生态流量要求；7~10 月，受水库调节影响，坝址断面减水比例均在 60%以上，随着坝下支流的入汇，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 52.71%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 25.12%。

综上所述，清水河水库运行后，典型丰、平、枯水年坝下河段均出现不同程度减水，但随着坝下支流的入汇，水库运行对水文情势的不利影响可以得到一定程度的减缓。清水河水库调节运行对坝址至清水河汇口断面之间河段的水文情势影响较大，随着坝下最大支流——清水河的汇入，水库调节运行对清水河汇入口以下河段影响不大，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 25.12%(枯水年 8 月)，总体来讲，虽然枯水年较丰水年和平水年对水文情势的影响较大，但清

水河水利枢纽工程的建设基本不影响南盘江流域的水资源利用。此外，在枯水年，当入库流量小于生态流量，水库可通过调节进行生态补水，确保下游生态用水要求。

6.1.5 小结

(1) 清水江流域水资源总量为 21.54 亿 m^3 ，清水河水利枢纽工程坝址处多年平均径流量为 3.52 亿 m^3 。

(2) 清水江流域现状总供水量为 1.76 亿 m^3 ，现状水资源开发利用率不高，仅为 8.17%。

(3) 2035 年清水河水利枢纽各受水片区毛需水总量为 11582 万 m^3 ，各类水源工程多年平均总供水量为 2714 万 m^3 ，受水区多年平均总缺水量为 8868 万 m^3 。2035 年清水河水库运行后，设计水平年 2035 年清水河水利枢纽工程受水区不同供水水源多年平均总配置水量为 11411 万 m^3 ，其中清水河水库多年平均供水量（扣除 5% 的输水损失）为 8698 万 m^3 ，其他已建或者在建工程供水 2714 万 m^3 ，清水河水利枢纽工程建成后基本解决了清水河流域工程性缺水问题。

(4) 清水河水利枢纽工程多年平均出库供水量为 9156 万 m^3 ，其中：生活供水量为 3181 万 m^3 ，工业供水量为 2194 万 m^3 ，农业灌溉供水量为 3781 万 m^3 。

(5) 至规划水平年 2035 年，流域多年平均总供用水量为 2.68 亿 m^3 ，地表水资源开发利用率将由现状的 8.17% 提高到 12.42%，其中本工程的贡献程度为 4.25%。

(6) 清水河水库具有多年调节能力，水库建成后，受水库调节影响，坝址断面及坝下代表断面径流量将发生变化。根据清水河水库 1970 年 1 月~2017 年 12 月共计 48 年长系列调节计算成果，清水河水库建成后，坝址断面长系列径流量比建库前均有所减小，减小幅度在 18.06%~64.08% 之间。

(7) 清水河水库运行后，典型丰、平、枯水年坝下河段均出现不同程度径流量减少，但随着坝下支流的汇入，水库运行对径流量的不利影响可以得到一定程度的减缓。总体来讲，水库建设基本不会对南盘江的水资源利用产生不利影响。

丰水年 6~7 月、12 月，受水库调节影响，坝址断面减水比例均在 50% 以上，但随着坝下支流的入汇，对水文情势的不利影响沿程能够得到一定程度的缓解，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 30.59%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 8.54%。

表 6.1-25 清水河水库坝下典型断面建库前后逐月径流量沿程变化情况(丰水年)

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
坝址断面	建库前(万 m ³)	613.18	405.24	334.63	412.22	721.15	4822.07	5507.42	13830.52	9040.53	7920.76	1905.28	1003.72
	建库后(万 m ³)	448.02	404.66	448.02	609.12	629.42	867.13	1959.23	13113.03	8266.50	7158.36	1311.06	448.02
	变化量(万 m ³)	-165.16	-0.57	113.39	196.90	-91.73	-3954.94	-3548.19	-717.49	-774.03	-762.39	-594.22	-555.70
	变化率(%)	-26.94	-0.14	33.89	47.76	-12.72	-82.02	-64.43	-5.19	-8.56	-9.63	-31.19	-55.36
法白小河汇口断面	建库前(万 m ³)	724.86	494.78	419.67	496.88	861.24	5316.55	6021.02	14679.66	9372.11	8146.39	2060.70	1131.75
	建库后(万 m ³)	559.70	494.20	533.06	693.78	769.51	1361.61	2472.82	13962.17	8598.08	7384.00	1466.48	576.05
	变化量(万 m ³)	-165.16	-0.57	113.39	196.90	-91.73	-3954.94	-3548.19	-717.49	-774.03	-762.39	-594.22	-555.70
	变化率(%)	-22.79	-0.12	27.02	39.63	-10.65	-74.39	-58.93	-4.89	-8.26	-9.36	-28.84	-49.10
清水河汇口断面	建库前(万 m ³)	2443.76	1872.91	1728.61	1799.89	3017.42	12927.30	13925.93	27749.05	14475.65	11619.21	4452.79	3102.26
	建库后(万 m ³)	2278.60	1872.34	1842.00	1996.79	2925.69	8972.36	10377.73	27031.56	13701.62	10856.82	3858.57	2546.56
	变化量(万 m ³)	-165.16	-0.57	113.39	196.90	-91.73	-3954.94	-3548.19	-717.49	-774.03	-762.39	-594.22	-555.70
	变化率(%)	-6.76	-0.03	6.56	10.94	-3.04	-30.59	-25.48	-2.59	-5.35	-6.56	-13.34	-17.91
者莫河汇口断面	建库前(万 m ³)	2735.10	2106.49	1950.46	2020.74	3382.88	14217.26	15265.74	29964.20	15340.65	12207.82	4858.23	3436.25
	建库后(万 m ³)	2569.94	2105.92	2063.85	2217.64	3291.15	10262.32	11717.55	29246.72	14566.62	11445.43	4264.01	2880.54
	变化量(万 m ³)	-165.16	-0.57	113.39	196.90	-91.73	-3954.94	-3548.19	-717.49	-774.03	-762.39	-594.22	-555.70
	变化率(%)	-6.04	-0.03	5.81	9.74	-2.71	-27.82	-23.24	-2.39	-5.05	-6.25	-12.23	-16.17
石葵河汇口断面	建库前(万 m ³)	3196.39	2476.33	2301.73	2370.42	3961.51	16259.69	17387.12	33471.53	16710.24	13139.80	5500.18	3965.06
	建库后(万 m ³)	3031.23	2475.76	2415.12	2567.32	3869.78	12304.76	13838.92	32754.04	15936.21	12377.40	4905.96	3409.36
	变化量(万 m ³)	-165.16	-0.57	113.39	196.90	-91.73	-3954.94	-3548.19	-717.49	-774.03	-762.39	-594.22	-555.70
	变化率(%)	-5.17	-0.02	4.93	8.31	-2.32	-24.32	-20.41	-2.14	-4.63	-5.80	-10.80	-14.02
清水江河口断面	建库前(万 m ³)	10458.26	8384.94	7963.91	7927.88	13118.78	46305.86	48095.60	79517.71	31051.27	21129.56	14554.16	11989.14
	建库后(万 m ³)	10293.10	8384.37	8077.30	8124.77	13027.05	42350.92	44547.41	78800.22	30277.24	20367.17	13959.94	11433.44
	变化量(万 m ³)	-165.16	-0.57	113.39	196.90	-91.73	-3954.94	-3548.19	-717.49	-774.03	-762.39	-594.22	-555.70
	变化率(%)	-1.58	-0.01	1.42	2.48	-0.70	-8.54	-7.38	-0.90	-2.49	-3.61	-4.08	-4.64

表 6.1-26 清水河水库坝下典型断面建库前后逐月径流量沿程变化情况(平水年)

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
坝址断面	建库前(万 m ³)	458.31	338.24	342.93	453.42	731.78	4681.64	5643.11	5974.56	5804.67	3576.74	928.32	513.94
	建库后(万 m ³)	448.02	404.66	448.02	609.12	629.42	867.13	1565.87	5218.74	4987.35	2756.35	858.98	448.02
	变化量(万 m ³)	-10.29	66.42	105.09	155.70	-102.36	-3814.51	-4077.24	-755.82	-817.32	-820.38	-69.34	-65.92
	变化率(%)	-2.25	19.64	30.64	34.34	-13.99	-81.48	-72.25	-12.65	-14.08	-22.94	-7.47	-12.83
法白小河汇口断面	建库前(万 m ³)	564.28	420.79	422.16	534.39	860.89	5139.89	5936.01	6317.47	6101.49	3740.79	1048.23	615.04
	建库后(万 m ³)	553.99	487.21	527.25	690.09	758.53	1325.38	1858.76	5561.64	5284.17	2920.41	978.89	549.12
	变化量(万 m ³)	-10.29	66.42	105.09	155.70	-102.36	-3814.51	-4077.24	-755.82	-817.32	-820.38	-69.34	-65.92
	变化率(%)	-1.82	15.78	24.89	29.14	-11.89	-74.21	-68.69	-11.96	-13.40	-21.93	-6.61	-10.72
清水河汇口断面	建库前(万 m ³)	2195.25	1691.36	1641.64	1780.57	2848.02	12193.00	10444.09	11595.28	10670.00	6265.83	2893.83	2171.11
	建库后(万 m ³)	2184.96	1757.77	1746.73	1936.26	2745.66	8378.49	6366.85	10839.45	9852.68	5445.44	2824.49	2105.18
	变化量(万 m ³)	-10.29	66.42	105.09	155.70	-102.36	-3814.51	-4077.24	-755.82	-817.32	-820.38	-69.34	-65.92
	变化率(%)	-0.47	3.93	6.40	8.74	-3.59	-31.28	-39.04	-6.52	-7.66	-13.09	-2.40	-3.04
者莫河汇口断面	建库前(万 m ³)	2471.69	1906.71	1848.33	1991.78	3184.82	13388.45	11208.17	12489.82	11444.32	6693.80	3206.64	2434.85
	建库后(万 m ³)	2461.40	1973.12	1953.42	2147.48	3082.46	9573.93	7130.93	11734.00	10627.00	5873.41	3137.30	2368.92
	变化量(万 m ³)	-10.29	66.42	105.09	155.70	-102.36	-3814.51	-4077.24	-755.82	-817.32	-820.38	-69.34	-65.92
	变化率(%)	-0.42	3.48	5.69	7.82	-3.21	-28.49	-36.38	-6.05	-7.14	-12.26	-2.16	-2.71
石葵河汇口断面	建库前(万 m ³)	2909.38	2247.68	2175.60	2326.21	3718.09	15281.23	12417.96	13906.18	12670.34	7371.42	3701.93	2852.44
	建库后(万 m ³)	2899.09	2314.09	2280.68	2481.91	3615.73	11466.72	8340.72	13150.36	11853.02	6551.04	3632.59	2786.51
	变化量(万 m ³)	-10.29	66.42	105.09	155.70	-102.36	-3814.51	-4077.24	-755.82	-817.32	-820.38	-69.34	-65.92
	变化率(%)	-0.35	2.95	4.83	6.69	-2.75	-24.96	-32.83	-5.44	-6.45	-11.13	-1.87	-2.31
清水江河口断面	建库前(万 m ³)	9923.31	7730.45	7419.64	7582.08	12090.24	42913.01	27428.38	32111.61	27796.05	15362.99	11229.11	9467.53
	建库后(万 m ³)	9913.02	7796.86	7524.73	7737.77	11987.88	39098.50	23351.14	31355.79	26978.72	14542.61	11159.77	9401.60
	变化量(万 m ³)	-10.29	66.42	105.09	155.70	-102.36	-3814.51	-4077.24	-755.82	-817.32	-820.38	-69.34	-65.92
	变化率(%)	-0.10	0.86	1.42	2.05	-0.85	-8.89	-14.87	-2.35	-2.94	-5.34	-0.62	-0.70

表 6.1-27 清水河水库坝下典型断面建库前后逐月径流量沿程变化情况(枯水年)

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
坝址断面	建库前(万 m ³)	380.95	317.70	277.88	258.03	387.76	1691.45	3239.85	5365.73	3007.93	2333.35	611.61	345.54
	建库后(万 m ³)	448.02	404.66	448.02	609.12	629.42	867.13	896.04	896.04	867.13	896.04	548.99	448.02
	变化量(万 m ³)	67.07	86.96	170.14	351.09	241.66	-824.32	-2343.81	-4469.69	-2140.80	-1437.32	-62.62	102.48
	变化率(%)	17.61	27.37	61.23	136.06	62.32	-48.73	-72.34	-83.30	-71.17	-61.60	-10.24	29.66
法白小河汇口断面	建库前(万 m ³)	460.50	380.68	341.80	323.84	471.85	1957.51	3416.72	5555.75	3137.72	2461.07	719.22	442.25
	建库后(万 m ³)	527.57	467.65	511.94	674.93	713.51	1133.19	1072.91	1086.06	996.91	1023.76	656.59	544.73
	变化量(万 m ³)	67.07	86.96	170.14	351.09	241.66	-824.32	-2343.81	-4469.69	-2140.80	-1437.32	-62.62	102.48
	变化率(%)	14.56	22.84	49.78	108.41	51.22	-42.11	-68.60	-80.45	-68.23	-58.40	-8.71	23.17
清水河汇口断面	建库前(万 m ³)	1684.96	1350.12	1325.62	1336.69	1765.99	6052.47	6138.98	8480.48	5135.26	4426.88	2375.44	1930.70
	建库后(万 m ³)	1752.03	1437.09	1495.76	1687.77	2007.65	5228.14	3795.17	4010.79	2994.46	2989.56	2312.81	2033.18
	变化量(万 m ³)	67.07	86.96	170.14	351.09	241.66	-824.32	-2343.81	-4469.69	-2140.80	-1437.32	-62.62	102.48
	变化率(%)	3.98	6.44	12.83	26.27	13.68	-13.62	-38.18	-52.71	-41.69	-32.47	-2.64	5.31
者莫河汇口断面	建库前(万 m ³)	1892.49	1514.44	1492.36	1508.36	1985.34	6746.53	6600.38	8976.20	5473.83	4760.07	2656.15	2182.98
	建库后(万 m ³)	1959.56	1601.40	1662.50	1859.44	2227.00	5922.21	4256.57	4506.51	3333.03	3322.75	2593.53	2285.46
	变化量(万 m ³)	67.07	86.96	170.14	351.09	241.66	-824.32	-2343.81	-4469.69	-2140.80	-1437.32	-62.62	102.48
	变化率(%)	3.54	5.74	11.40	23.28	12.17	-12.22	-35.51	-49.79	-39.11	-30.20	-2.36	4.69
石葵河汇口断面	建库前(万 m ³)	2221.09	1774.60	1756.38	1780.17	2332.64	7845.46	7330.93	9761.09	6009.89	5287.62	3100.62	2582.43
	建库后(万 m ³)	2288.16	1861.56	1926.52	2131.25	2574.30	7021.13	4987.12	5291.40	3869.09	3850.30	3037.99	2684.91
	变化量(万 m ³)	67.07	86.96	170.14	351.09	241.66	-824.32	-2343.81	-4469.69	-2140.80	-1437.32	-62.62	102.48
	变化率(%)	3.02	4.90	9.69	19.72	10.36	-10.51	-31.97	-45.79	-35.62	-27.18	-2.02	3.97
清水江河口断面	建库前(万 m ³)	7449.90	5898.33	5985.81	6162.44	7873.94	24914.82	16562.99	17794.87	12153.61	11960.50	10076.89	9056.18
	建库后(万 m ³)	7516.97	5985.30	6155.95	6513.52	8115.60	24090.50	14219.18	13325.18	10012.81	10523.18	10014.26	9158.66
	变化量(万 m ³)	67.07	86.96	170.14	351.09	241.66	-824.32	-2343.81	-4469.69	-2140.80	-1437.32	-62.62	102.48
	变化率(%)	0.90	1.47	2.84	5.70	3.07	-3.31	-14.15	-25.12	-17.61	-12.02	-0.62	1.13

平水年 6~7 月，坝址断面减水比例均在 70%以上，随着坝下支流的入汇，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 39.0%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 15.22%。

枯水年 1~5 月，水库坝址处设计来流量小于下游生态流量，水库进行生态补水，使得下泄水量满足生态流量要求；7~10 月，受水库调节影响，坝址断面减水比例均在 60%以上，随着坝下支流的入汇，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 52.71%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 25.12%。

清水河水库调节运行对坝址至清水河汇口断面之间河段的水量影响较大，随着坝下最大支流——清水河的入汇，水库调节运行对清水河入汇口以下河段影响不大，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 25.12%（枯水年 8 月），总体来讲，虽然枯水年较丰水年和平水年对水量的影响较大，但工程建设基本不会影响南盘江流域的水资源利用。

6.2 对水文情势的影响

6.2.1 坝下生态流量分析

水库建成后，坝址下游河道将产生一定长度的减水河段，河段内需要一定的水量维持基本用水需求。因此，清水河水库需下泄一定的水量满足其坝下河道内和河道外用水需求。

对于清水江而言，其水量要满足以下几个方面：①维持水生生态系统稳定所需要的水量；②维持河流水环境质量的最小稀释净化水量；③调节气候所需的水面蒸发量；④维持地下水位动态平衡所需要的补给水量；⑤航运、景观和水上娱乐环境需水量；⑥工农业生产及生活需水量。这六个方面需水量互相补充、动态平衡。

6.2.1.1 河道内生态需水量

(1) 维持水生生态系统稳定所需的水量

水库坝下河段受人为干扰影响较大，生境破坏较为严重，无大型鱼类集中产卵场分布，鱼类种类组成相对简单，主要以小型鲤鱼和鲫鱼为主，要保证这些鱼类正常的生长发育繁殖，必须提供一定的水量。

(2) 维持河流水环境质量的最小稀释净化需水量

清水河水库坝址下游河段无工矿企业分布，现状坝下污染负荷均以面源散

排污染计入，污染源主要包括农村散排生活污染源、畜禽养殖污染源、以及农田径流污染源。

水库建成后，坝下河道水量减少，纳污能力降低，为保证建库后坝下河段的水环境质量不下降，因此需要考虑维持河流水环境功能所需水量。

(3) 水面蒸发量

清水河水库坝下河段地处亚热带季风气候区，气候较为湿润，加之河流水面较窄，水面蒸发所损耗的水量相对于河流水量而言很少，故水面蒸发量可以不考虑。

(4) 地下水补给量

根据清水河水库库区和坝下河段的地形地质条件，库区岩溶地貌发育，工程采取帷幕灌浆、溶洞封堵等处理措施，确保水库蓄水后水库不存在渗漏问题。因此，不存在维持地下水位动态平衡所需的补给水量。

(5) 航运、景观和水上娱乐需水量

清水江水量较小，不具备划船、游泳及垂钓等水上娱乐条件，也无通航条件。因此，不需要考虑航运、景观和水上娱乐用水要求。

6.2.1.2 河道外需水量

清水河水库坝下河道外需水量主要为农田灌溉用水、居民生产生活用水及工业生产用水，该部分用水需求作为水库主要的工程任务，由水库直接提供，不再单独考虑。

6.2.1.3 坝下用水需求综合分析

综合以上分析，清水河水库坝下河道生态需水量主要考虑维持坝下河段水生生物系统稳定性和维持坝下河道水环境质量所需的水量。

6.2.2 坝下生态流量确定

清水河水库建成后，水库调节势必对坝址下游河道的水文情势产生不利影响，因此水库需要下泄一定的生态流量维持坝下河段生态环境质量稳定。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)、《河湖生态环境需水计算规范》(SL/Z712-2014) 和环保部“关于印发《水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》的函”(环评函[2006]4 号)(以下简称“技术指南”)，为维护河段水生生态系统稳定，水利水电工程必须下泄一定的生

态流量。本次环评采用 Tennant 法、90%保证率最枯月流量法、R2-CROSS 法综合确定清水河水库坝下河道生态流量。

6.2.2.1 水生生态流量

(1) Tennant 法

根据 Tennant 法的标准，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，此时水生状况处于“差”的状态。河道内流量为多年平均流量的 30%时，能保持大多数水生动物有良好的栖息条件，其中对于鱼类产卵育幼期，河流水生状况处于“开始退化”情况，对于枯水期，河流水生状况可以达到“非常好的状况”。

清水河坝址处多年平均流量为 $11.15\text{m}^3/\text{s}$ ，属于小河，当坝下河道流量为其多年平均流量的 10%时，即 $1.12\text{m}^3/\text{s}$ ，可满足河道的基本功能；当为多年平均流量的 30%时，即 $3.35\text{m}^3/\text{s}$ ，可以满足大多数鱼类生存需求。

结合 Tennant 法标准和坝下河段的特征，分别以坝址处多年平均流量的 10%($1.12\text{m}^3/\text{s}$)和 30%($3.35\text{m}^3/\text{s}$)作为枯水期(11 月~次年 5 月)和丰水期(6~10 月) Tennant 法推荐的生态流量。

根据《长江保护修复攻坚行动计划》关于生态流量的要求，非汛期(11 月~次年 5 月)生态流量按照坝址处多年平均流量的 15%泄放，大小为 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ 。汛期(6~10 月份)生态流量大小为 $3.35\text{m}^3/\text{s}$ 。

(2) R2-CROSS 法

R2-CROSS 法主要用于中小型河流的分析，仅对河宽 30.5m 以下的河流提出了水力参数标准，见表 6.2-1。

表 6.2-1 R2-Cross 法确定水生生态流量的原始标准

河宽(m)	平均水深(m)	湿周率(%)	平均流速(m/s)
0.3~6.3	0.06	50	0.3
6.3~12.3	0.06~0.12	50	0.3
12.3~18.3	0.12~0.18	50~60	0.3
18.3~30.5	0.18~0.30	≥ 70	0.3

清水江为小型河流，丰水期(6~11) 月集中了全年 90.6%的水量，其余月份水量占全年水量比例为 9.4%，流域年内水量分配极不均匀，河流丰枯比较大，汛期水

面宽在 12~30m 之间变化，非汛期水面较窄，在 3~18m 之间变化。

为体现清水江天然河流水力生境特点，本报告结合水生生态专题现场调查成果，对 R2-CROSS 法的原始水力参数标准进行了修订，见表 6.2-2。

表 6.2-2 清水江流域鱼类生存的水力参数标准

时期	平均水深(m)	湿周率(%)	流速(m/s)
一般用水期(12 月~翌年 3 月)	≥0.2	≥50	≥0.3
鱼类集中产卵期(4~6 月)	≥0.3	≥60	≥0.3
丰水期(6~11)	≥0.3	≥60	≥0.3

根据修订后的 R2-CROSS 法的水力参数标准(表 6.2-2)，选择坝址断面、坝下 1km 断面、坝下 3km 断面、坝下 8km、清水河入清水江汇口上游 1km 断面 5 个断面作为 R2-CROSS 法的控制断面（见图 6.2-1~图 6.2-5），根据河道水力计算成果，结合表 6.2-2 中的水力标准，确定不同时段满足鱼类生存的水力参数标准所需的流量，见表 6.2-3。

表 6.2-3 不同时期满足各水力参数标准所需流量结果表

项目	一般用水期(12 月~翌年 3 月)		鱼类集中产卵期(4~6 月)		丰水期(6~11 月)	
	流量大小(m³/s)	占坝址多年平均流量百分比(%)	流量大小(m³/s)	占坝址多年平均流量百分比(%)	流量大小(m³/s)	占坝址多年平均流量百分比(%)
坝址断面	1.12	10	1.90	17	1.90	17
坝下 1.0km 断面	1.12	10	1.67	15	1.67	15
坝下 3km 断面	1.12	10	1.90	17	1.90	17
坝下 8.0km 断面	1.12	10	1.67	15	1.67	15
清水河入清水江汇口断面	1.12	10	1.90	17	1.90	17

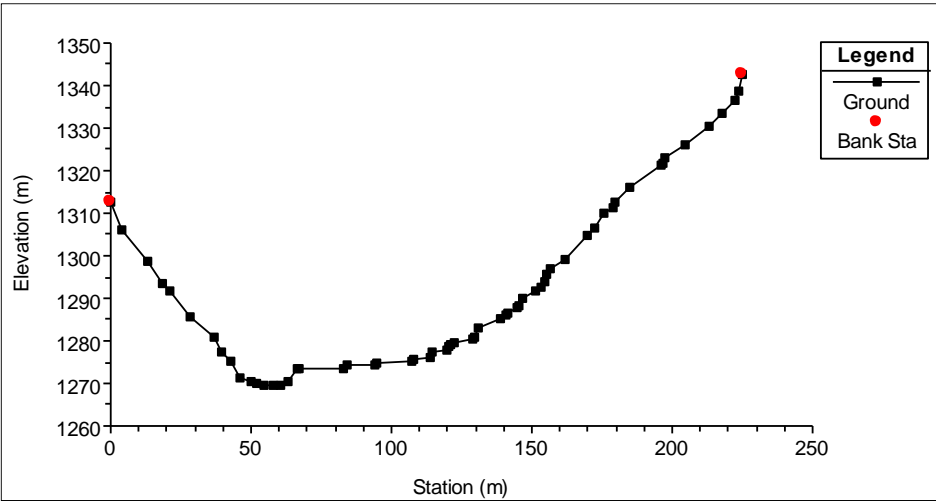


图 6.2-1 坝址断面

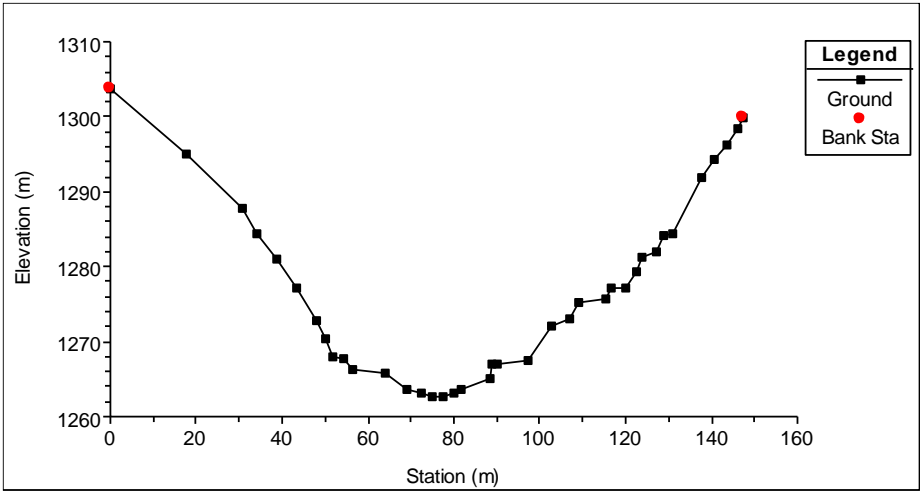


图 6.2-2 坝下 1.0km 断面

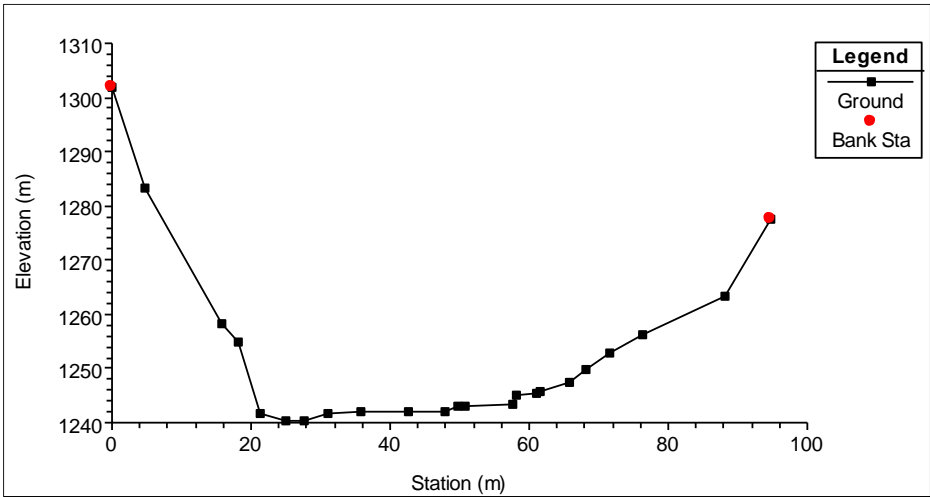


图 6.2-3 坝下 3.0km 断面

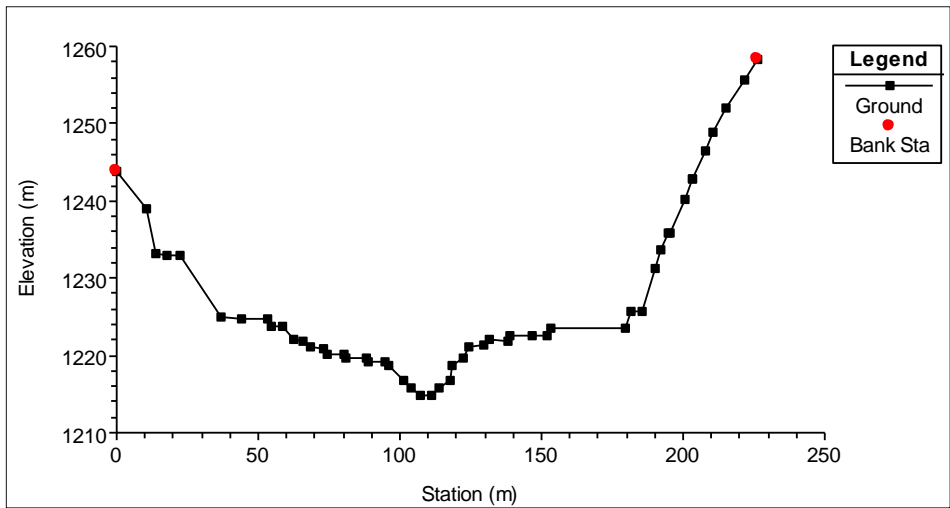


图 6.2-4 坝下 8.0km 断面

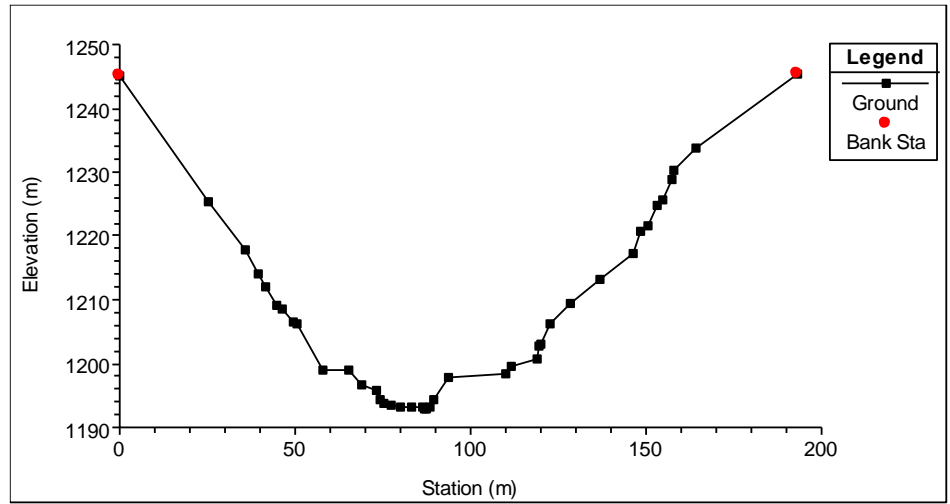


图 6.2-5 清水河入清水江汇口断面

表 6.2-3 给出了不同时期 R2-CROSS 法的计算成果，从中可以看出，一般用水期取 5 个典型断面的生态流量的外包流量 $1.12\text{m}^3/\text{s}$ 作为清水河水库坝下河段一般用水期 R2-CROSS 法推荐的生态流量；鱼类集中产卵期 4~5 月和丰水期(6~11 月)取 5 个典型断面的生态流量的外包线 $1.90\text{m}^3/\text{s}$ ，作为清水河水库坝下河段 R2-CROSS 法推荐的生态流量。

(3) 湿周法

湿周法采用湿周作为栖息地的质量指标，通过建立浅滩断面湿周与流量关系的曲线，取曲线上第一个拐点对应的流量作为最小生态基流量的推荐值。湿周法主要用于确定目标物种敏感期的生态流量，本节采用湿周法计算清水河水库坝下鱼

类集中产卵期（4~6 月）的生态流量。

选择坝址断面、坝下 3km 断面、坝下 8km、清水河入清水江汇口上游 1km 断面 4 个断面作为湿周法的典型断面，根据清水河水库坝下河段一维水动力计算结果，各典型断面相对流量~相对湿周关系见图 6.2-6~图 6.2-9，各典型断面拐点处对应流量见表 6.2-4。

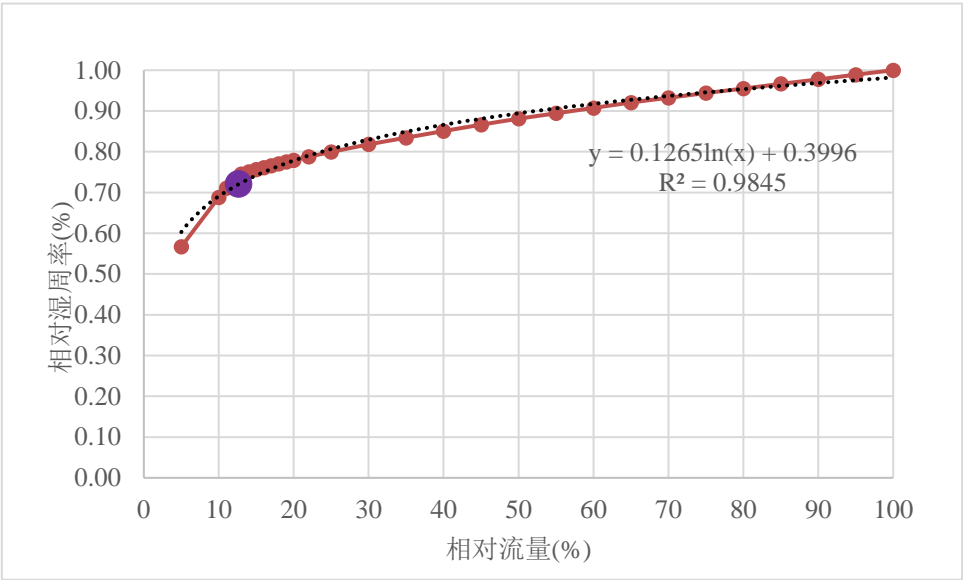


图 6.2-6 坝址断面相对流量~相对湿周率关系曲线

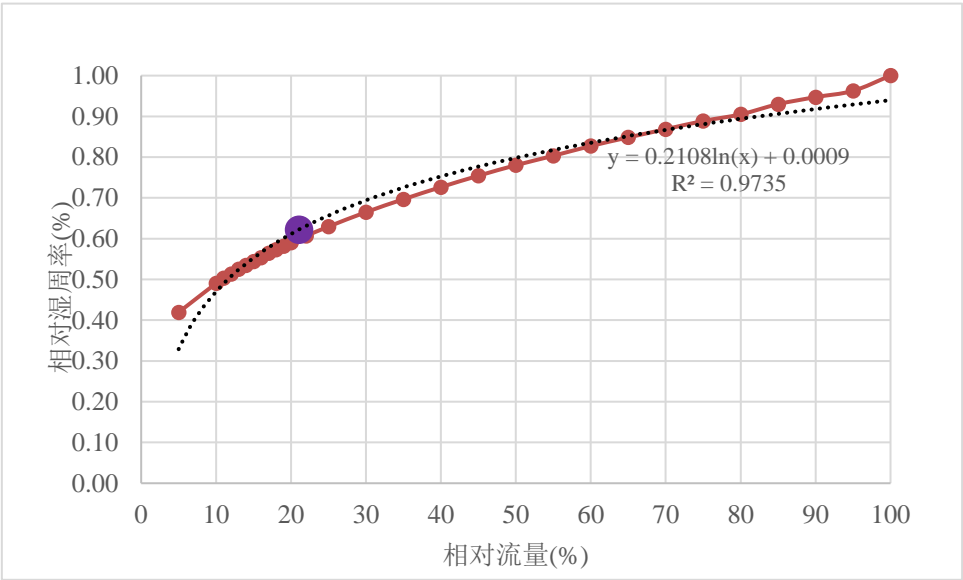


图 6.2-7 坝下 3km 断面相对流量~相对湿周率关系曲线

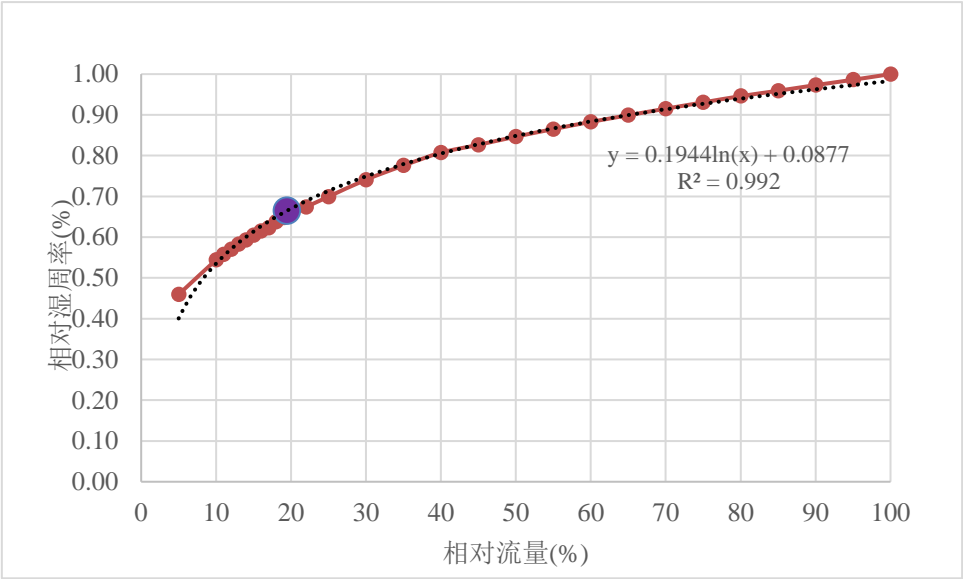


图 6.2-8 坝下 8.0km 断面相对流量~相对湿周率关系曲线

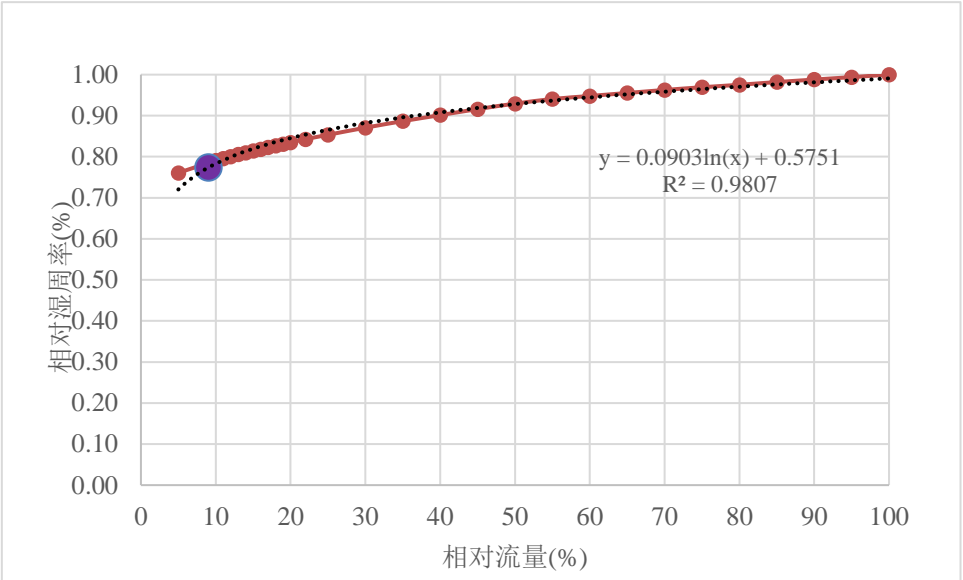


图 6.2-9 清水河入清水江汇口上游 1km 断面相对流量~相对湿周率关系曲线

表 6.2-4 各典型断面相对流量~相对湿周关系曲线图拐点处对应流量

项目	拟合方程	拐点对应流量 (m ³ /s)	占坝址处多年平均流量 百分比(%)
坝址断面	$y = 0.1265\ln(x) + 0.3996$ $R^2 = 0.9845$	1.41	12.7
坝下 3km 断面	$y = 0.2108\ln(x) + 0.0009$ $R^2 = 0.9735$	2.35	21.1
坝下 8km 断面	$y = 0.1944\ln(x) + 0.0877$ $R^2 = 0.992$	2.17	19.44
清水河入清水江汇口断面	$y = 0.0903\ln(x) + 0.5751$ $R^2 = 0.9807$	1.0	9.03

取各典型断面外包线流量作为鱼类产卵期(4~6 月份)的生态流量,为 2.35m³/s,占坝址处多年平均流量的 21.1%。

(4) 水生生态需水推荐值

采用 Tennant 法、R2-CROSS 法和湿周法确定坝下维持水生生态系统稳定所需水量,各种方法计算结果见表 6.2-5,去各种方法的外包线作为水生生态需水推荐值。清水河水利枢纽坝下水生生态推荐结果为:12 月~翌年 3 月下泄生态流量为 1.67m³/s,为坝址处多年平均流量的 15.0%;鱼类集中产卵期(4~6 月)下泄生态流量为 2.35m³/s,为坝址处多年平均流量的 21.1%;6~11 月份不应低于 3.35m³/s,为坝址处多年平均流量的 30.0%。

表 6.2-5 清水河水库坝下水生生态流量推荐值

计算方法	计算值(m ³ /s)			推荐值(m ³ /s)		
	一般用水 期(12 月 至翌年 3 月)	鱼类集中产 卵期(4~6 月)	6~11 月	一般用水 期(12 月至 翌年 3 月)	鱼类集中 产卵期(4~6 月)	6~11 月
Tennant 法	1.67	1.67	3.35	1.67	2.35	3.35
R2-CROSS 法	1.12	1.90	1.90			
湿周法	-	2.35	-			

6.2.2.2 水环境需水

(1) 90%保证率最枯月流量法

清水河水库坝址处多年 90%保证率最枯月平均流量为 1.41m³/s,故 90%保证

率最枯月流量法为 $1.41\text{m}^3/\text{s}$ ，为坝址处多年平均流量的 12.6%。

(2) 数学模型法

根据清水河水库坝下污染物特点，选用 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 两个水质因子作为坝下河段水环境需水控制因子，以把下清水河入清水江汇口断面作为坝下控制断面，清水河入清水江汇口处 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 控制目标为 20mg/L 、 1.0mg/L ，预测模型采用河道一维水质模型。

非恒定流连续方程：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_x \quad (1)$$

非恒定流运动方程：

$$\frac{\partial z}{\partial s} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial s} + \frac{Q^2}{K^2} = 0 \quad (2)$$

$$K = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} A \quad (3)$$

式中， $A (\text{m}^2)$ 为过水断面面积； $Q (\text{m}^3/\text{s})$ 为过水断面流量； $q_x (\text{m}^2/\text{s})$ 为流量沿程变化率； $z (\text{m})$ 为上游断面与下游断面水位差； $s (\text{m})$ 为上下游断面之间的距离； K 为断面平均流量模数； n 为糙率； $R (\text{m})$ 为水力半径， $v (\text{m/s})$ 为断面平均流速。

COD_{cr} 水质模型方程

$$\frac{\partial C_{\text{COD}_{\text{cr}}}}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC_{\text{COD}_{\text{cr}}}) + S_{\text{COD}_{\text{cr}}} \quad (4)$$

式中， $C_{\text{COD}_{\text{cr}}} (\text{mg/L})$ 为 COD_{cr} 浓度； $Q (\text{m}^3/\text{s})$ 为流量； $A (\text{m}^2)$ 为过流断面面积； $S_{\text{COD}_{\text{cr}}} (\text{mg}/(\text{l}\cdot\text{s}))$ 为单位水体内的 COD_{cr} 源/汇项；

$S_{\text{COD}_{\text{cr}}}$ 考虑污染物的汇入与自净衰减过程，可表示为：

$$S_{\text{COD}_{\text{cr}}} = S_{\text{COD}_{\text{cr}}}^0 - k_{\text{COD}_{\text{cr}}} C_{\text{COD}_{\text{cr}}} \quad (5)$$

式中， $S_{\text{COD}_{\text{cr}}}^0 (\text{mg}/(\text{l}\cdot\text{s}))$ 为污染物的点源或面源的汇入量； $k_{\text{COD}_{\text{cr}}} (1/\text{d})$ 为 COD_{cr} 的综合衰减系数；

$\text{NH}_3\text{-N}$ 水质模型方程

$$\frac{\partial C_{\text{NH}_3\text{-N}}}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC_{\text{NH}_3\text{-N}}) + S_{\text{NH}_3\text{-N}} \quad (6)$$

式中， $C_{\text{NH}_3\text{-N}} (\text{mg/L})$ 为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度； $Q (\text{m}^3/\text{s})$ 为流量； $A (\text{m}^2)$ 为过流断面面积；

$S_{\text{NH}_3\text{-N}}$ (mg/s) 为单位水体内的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 源/汇项。

根据现场查勘及有关资料,水库坝址下游河段沿岸无工矿企业分布,坝下污染负荷均以面源为主,污染源主要包括少量的农村散排生活污染源、畜禽养殖污染源及农田径流污染源,污染物排放量不大。清水河水库坝下河段水质主要由出库水质和支流法白小河来流水质共同决定,区间面源污染对河流水质影响不大。因此,本节在计算坝下河段水环境需水时,选用清水河水库出库水质作为上游来流水质,以水生生态需水量(12月~翌年3月流量为 $1.67\text{m}^3/\text{s}$, 4~6月流量为 $2.35\text{m}^3/\text{s}$, 6~11月份流量为 $3.35\text{m}^3/\text{s}$) 作为试算流量,若水生生态需水量工况下控制断面水质无法达标,加大水库下泄流量,直到控制断面水质满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水标准。

水生生态需水工况下坝下河段 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 沿程变化情况见图 6.2-10、图 6.2-11。从图 6.2-10、图 6.2-11 可以看出,清水河水库坝下河段水质出库水质较好,区间面源污染对河段水质影响不大,水库下泄的水生生态需水量能够满足坝下河段水环境需水要求,不需要额外增加水环境需水。

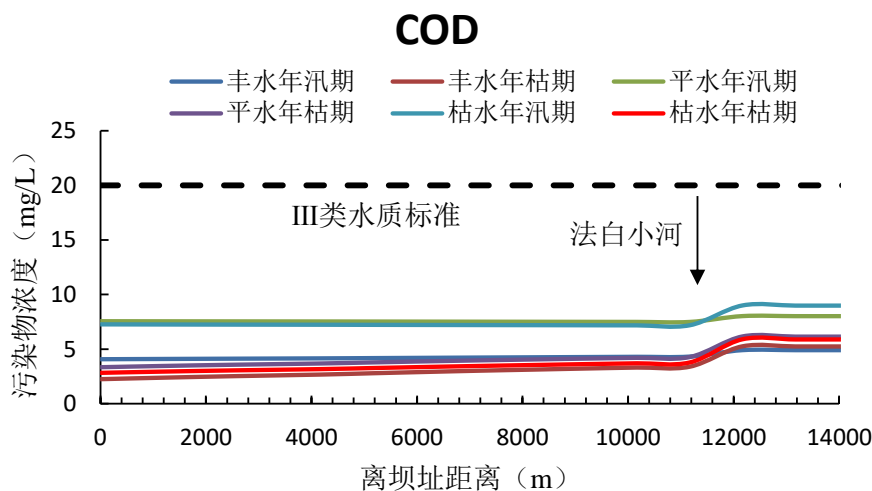


图 6.2-10 坝下 COD 沿程变化

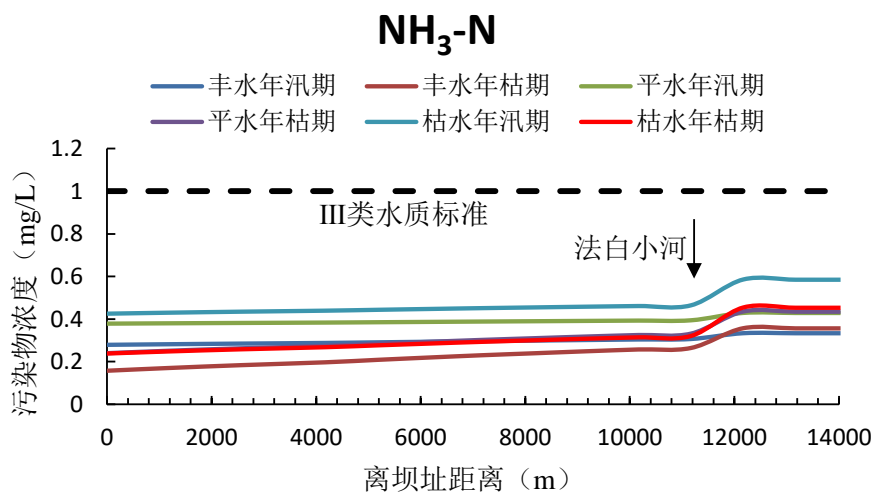


图 6.2-11 坝下 NH₃-N 沿程变化

(3) 水环境需水量推荐值

根据坝下河段一维水质模型计算成果，坝下河段水质主要受水库出库水质和法白小河来流水质影响，水库下泄的水生生态需水量能够满足坝下水环境需水要求，不需要额外增加流量。

6.2.2.3 清水河水库坝下生态流量推荐值

清水河水库坝下生态流量由水生生态需水和水环境需水两部分组成，各种方法计算结果表 6.2-6，取两种方法的外包线作为清水河水库坝下生态流量推荐值。清水河水利枢纽工程非汛期(12 月~翌年 3 月) 下泄生态流量为 1.67m³/s(为坝址处多年平均流量的 15.0%)，鱼类集中产卵期(4~6 月) 下泄生态流量为 2.35m³/s(为坝址处多年平均流量的 21.1%)，6~11 月份不应低于 3.35m³/s(为坝址处多年平均流量的 30.0%)。

表 6.2-6 清水河水库坝下水生生态流量推荐值

计算方法	推荐值(m ³ /s)		
	一般用水期(12 月至翌年 3 月)	鱼类集中产卵期(4~6 月)	丰水期(6~11 月)
水生生态需水	1.67	2.35	3.35
水环境需水	1.67	2.35	3.35
坝下生态流量推荐值	1.67	2.35	3.35

6.2.2.4 坝下河道生态流量保障分析

清水河水库的调度原则为优先保障下游河道生态环境用水量，再满足城乡供水、灌溉用水需求。典型丰(P=10%，2015 年)、平(P=50%，2004 年)、枯水年(P=90%，1980 年) 水库调节运行成果见表 6.2-7~表 6.2-9，图 6.2-12~图 6.2-14。从表中可以看出，各典型年水库设计下泄流量过程均大于最小生态流量，枯水年，当水库来流量小于生态流量时，水库进行了生态补水，坝下河道生态环境需水量能够得到保障。

表 6.2-7 清水河水库典型丰水年下泄流量情况表 单位: m³/s

项目	坝址天然来流	水库设计下泄流量	最小生态流量要求
1 月上旬	2.35	1.67	1.67
1 月中旬	3.36	1.67	1.67
1 月下旬	2.41	1.67	1.67
2 月上旬	2.41	1.67	1.67
2 月中旬	2.14	1.67	1.67
2 月下旬	2.11	1.67	1.67
3 月上旬	1.71	1.67	1.67
3 月中旬	1.72	1.67	1.67
3 月下旬	1.77	1.67	1.67
4 月上旬	1.82	2.35	2.35
4 月中旬	1.86	2.35	2.35
4 月下旬	2.17	2.35	2.35
5 月上旬	2.47	2.35	2.35
5 月中旬	2.66	2.35	2.35
5 月下旬	7.27	2.35	2.35
6 月上旬	17.43	3.35	3.35
6 月中旬	24.96	3.35	3.35
6 月下旬	26.93	3.35	3.35
7 月上旬	28.12	3.35	3.35
7 月中旬	19.89	3.35	3.35
7 月下旬	22.25	14.53	3.35
8 月上旬	58.22	52.02	3.35
8 月中旬	53.83	49.14	3.35
8 月下旬	49.74	46.00	3.35
9 月上旬	37.58	34.26	3.35
9 月中旬	34.51	31.05	3.35
9 月下旬	33.86	30.36	3.35
10 月上旬	32.35	29.06	3.35
10 月中旬	36.48	33.11	3.35

10 月下旬	22.28	18.80	3.35
11 月上旬	7.39	4.60	3.35
11 月中旬	9.64	7.23	3.35
11 月下旬	5.39	3.35	3.35
12 月上旬	4.33	1.67	1.67
12 月中旬	3.86	1.67	1.67
12 月下旬	3.51	1.67	1.67

表 6.2-8 清水河水库典型平水年下泄流量情况表 单位: m³/s

项目	坝址天然来流	水库设计下泄流量	最小生态流量要求
1 月上旬	2.11	1.67	1.67
1 月中旬	2.46	1.67	1.67
1 月下旬	1.89	1.67	1.67
2 月上旬	1.85	1.67	1.67
2 月中旬	1.81	1.67	1.67
2 月下旬	1.94	1.67	1.67
3 月上旬	1.85	1.67	1.67
3 月中旬	1.80	1.67	1.67
3 月下旬	1.54	1.67	1.67
4 月上旬	1.84	2.35	2.35
4 月中旬	2.29	2.35	2.35
4 月下旬	1.97	2.35	2.35
5 月上旬	2.30	2.35	2.35
5 月中旬	4.99	2.35	2.35
5 月下旬	5.91	2.35	2.35
6 月上旬	18.57	3.35	3.35
6 月中旬	20.16	3.35	3.35
6 月下旬	28.19	3.35	3.35
7 月上旬	19.89	3.35	3.35
7 月中旬	24.31	3.35	3.35
7 月下旬	27.96	10.39	3.35
8 月上旬	22.43	17.10	3.35
8 月中旬	25.10	20.62	3.35
8 月下旬	24.63	20.62	3.35
9 月上旬	27.43	23.10	3.35
9 月中旬	22.25	18.02	3.35
9 月下旬	20.99	16.60	3.35
10 月上旬	17.40	13.07	3.35
10 月中旬	13.75	9.58	3.35
10 月下旬	11.84	8.41	3.35
11 月上旬	3.35	3.35	3.35

11 月中旬	3.25	3.25	3.35
11 月下旬	3.58	3.35	3.35
12 月上旬	2.40	1.67	1.67
12 月中旬	2.29	1.67	1.67
12 月下旬	2.07	1.67	1.67

表 6.2-9 清水河水库典型枯水年下泄流量情况表 单位: m³/s

项目	坝址天然来流	水库设计下泄流量	最小生态流量要求
1 月上旬	1.79	1.67	1.67
1 月中旬	1.76	1.67	1.67
1 月下旬	1.64	1.67	1.67
2 月上旬	1.56	1.67	1.67
2 月中旬	1.54	1.67	1.67
2 月下旬	1.65	1.67	1.67
3 月上旬	1.36	1.67	1.67
3 月中旬	1.28	1.67	1.67
3 月下旬	1.28	1.67	1.67
4 月上旬	1.33	2.35	2.35
4 月中旬	1.34	2.35	2.35
4 月下旬	1.27	2.35	2.35
5 月上旬	1.56	2.35	2.35
5 月中旬	2.53	2.35	2.35
5 月下旬	2.72	2.35	2.35
6 月上旬	7.88	3.35	3.35
6 月中旬	8.29	3.35	3.35
6 月下旬	7.82	3.35	3.35
7 月上旬	8.35	3.35	3.35
7 月中旬	18.54	3.35	3.35
7 月下旬	18.47	3.35	3.35
8 月上旬	12.14	3.35	3.35
8 月中旬	35.65	3.35	3.35
8 月下旬	25.32	3.35	3.35
9 月上旬	16.92	3.35	3.35
9 月中旬	12.13	3.35	3.35
9 月下旬	10.69	3.35	3.35
10 月上旬	10.13	3.35	3.35
10 月中旬	10.33	3.35	3.35
10 月下旬	8.50	3.35	3.35
11 月上旬	2.32	2.32	3.35
11 月中旬	2.12	2.12	3.35
11 月下旬	1.92	1.92	3.35

12 月上旬	1.27	1.67	1.67
12 月中旬	1.28	1.67	1.67
12 月下旬	1.29	1.67	1.67

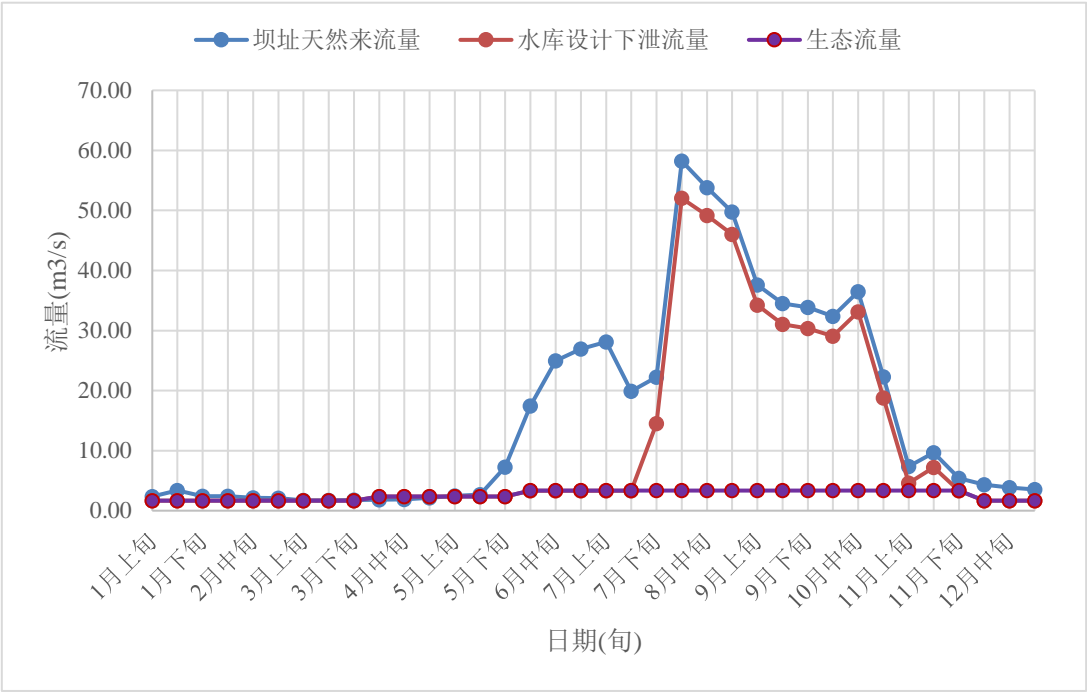


图 6.2-12 典型丰水年水库下泄流量过程

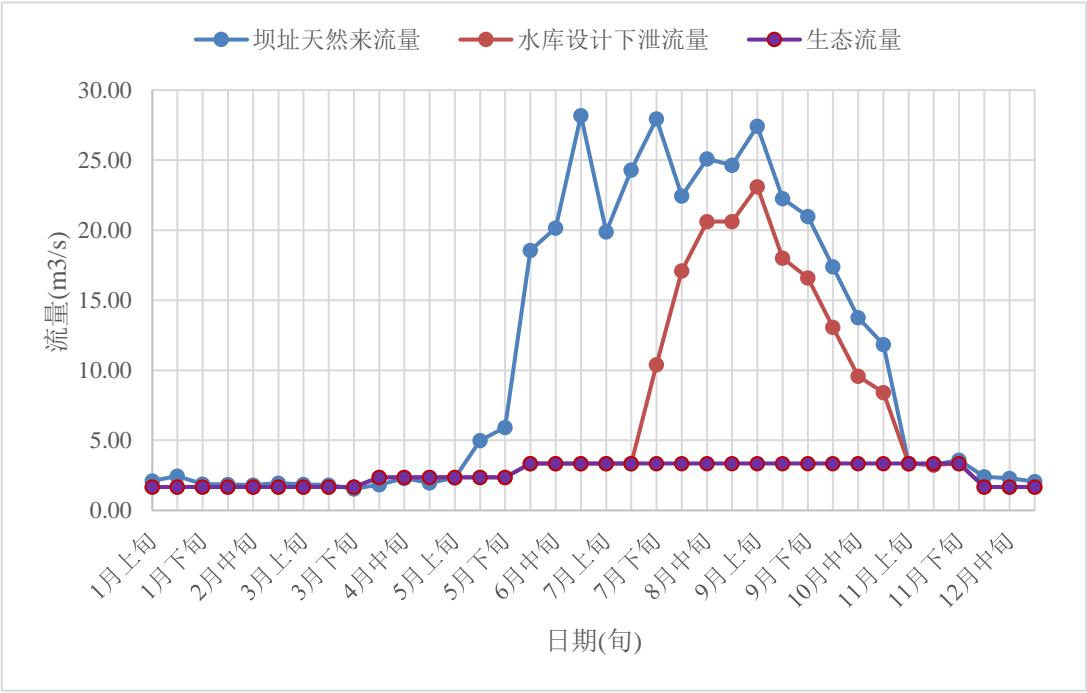


图 6.2-13 典型平水年水库下泄流量过程

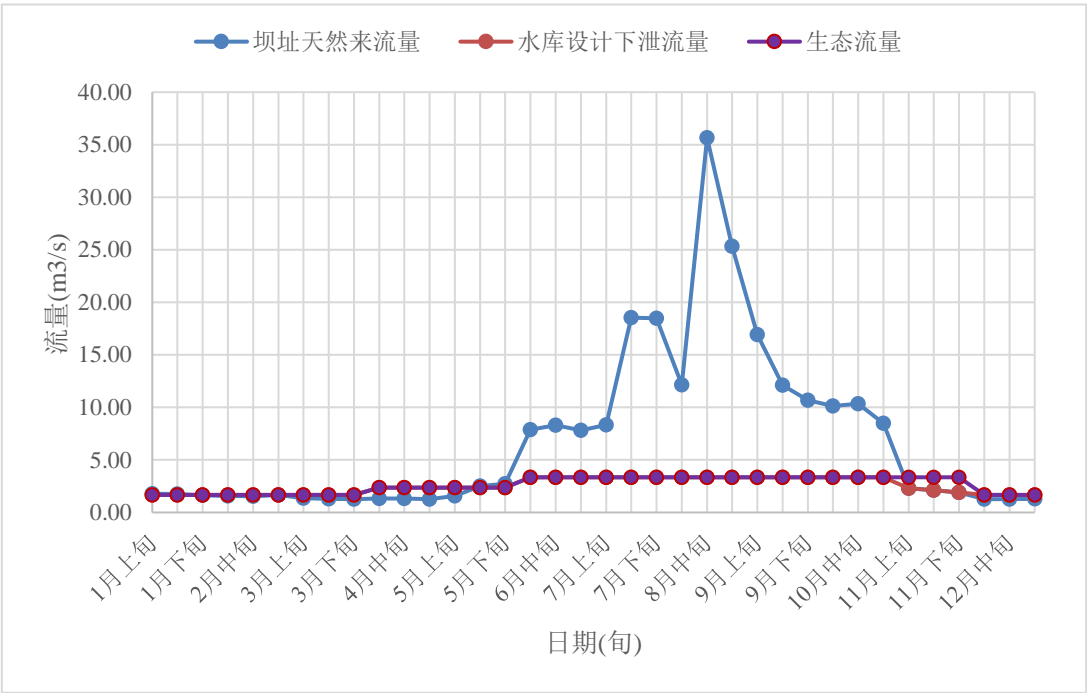


图 6.2-14 典型枯水年水库下泄流量过程

6.2.3 水文情势影响分析

6.2.3.1 初期蓄水对水文情势的影响

根据施工组织设计，清水河水库导流隧洞下闸计划于第 4 年 11 月初进行，下闸时起蓄水位为 1314.5m，与导流洞底板高程（底板高程为 1314.5m）平齐。初期蓄水期间，水库调度优先保证坝下河生态用水量，当来水不能满足下游用水需水量时，水库调度采用来多少泄放多少的原则，优先满足生态用水。当水库遇保证率为 75%的枯水年时，242 天水库蓄到死水位 1350m，期间采用利用导流洞闸室的旁通管向下游下泄生态流量；251 天水库蓄到最低发电水位 1358.3m，利用坝后电站生态放水管泄放生态流量，以保证下游生态用水要求；336 天水库蓄到正常蓄水位 1392m，期间利用坝后电站下泄生态流量。当水库遇保证率 50%年份时，226 天水库蓄到死水位 1350m，期间采用利用导流洞闸室的旁通管向下游下泄生态流量；240 天水库蓄到最低发电水位 1358.3m，利用坝后电站生态放水管泄放生态，以保证下游生态用水要求；306 天水库蓄到正常蓄水位 1392m，期间利用坝后电站下泄生态流量。

通过以上分析可知，水库初期蓄水期间坝下河道不会发生断流风险。

6.2.3.2 运行期库区水文情势影响分析

(1) 预测模型

采用一维水动力学数学模型预测库区水文情势的变化情况，模型方程如下：

$$Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_e \quad (5.2-1)$$

式中：\$Z_1\$、\$Z_2\$ 为上、下游断面河道底高程；\$Y_1\$、\$Y_2\$ 为上、下游断面的平均水深；\$\alpha_1\$、\$\alpha_2\$ 为上、下游断面动能修正系数；\$h_e\$ 为水头损失；\$g\$ 为重力加速度。

两个断面间的水头损失包括沿程水头损失和局部水头损失，水头损失表达式为：

$$h_e = LS_f + c\left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right) \quad (5.2-2)$$

式中：\$L\$ 为断面平均距离；\$S_f\$ 为两断面间沿程水头损失坡度；\$c\$ 为收缩或扩张损失系数。\$L\$ 的计算式如下：

$$L = \frac{L_L Q_L + L_{CH} Q_{CH} + L_R Q_R}{Q_L + Q_{CH} + Q_R} \quad (5.2-3)$$

式中：\$L_L\$、\$L_{CH}\$、\$L_R\$ 分别为两断面间左边滩地，主槽及右边滩地的河段长度；\$Q_L\$、\$Q_{CH}\$、\$Q_R\$ 分别为两断面间左边滩地，主槽及右边滩地的平均流量。

根据不同糙率分界点划滩地，利用曼宁公式计算每个分区的流量，表达式如下：

$$Q = KS_f^{1/2} \quad (5.2-4)$$

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3} \quad (5.2-5)$$

式中：\$K\$ 为流量模数，\$n\$ 为曼宁糙率系数，\$A\$ 为分区面积，\$R\$ 为水力半径。动能修正系数 \$a\$ 可通过滩地和主槽流量来进行计算，表达式如下：

$$a = \frac{A^2 \left(\frac{K_L^3}{A_L^2} + \frac{K_{CH}^3}{A_{CH}^2} + \frac{K_R^3}{A_R^2} \right)}{K^3} \quad (5.2-6)$$

式中：\$A\$ 为整个过流断面面积；\$A_L\$、\$A_{CH}\$、\$A_R\$ 分别为左边滩地、主槽、右边滩地过流面积；\$K\$ 为整个过流断面的流量模数；\$K_L\$、\$K_{CH}\$、\$K_R\$ 分别为左边滩地、主槽、右边滩地流量模数。沿程水头损失坡度 \$S_f\$ 可通过下式求解：

$$S_f = \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \tag{5.2-7}$$

一维模型采用四点加权 Preissmann 隐式差分格式求解。

(2) 预测范围

预测范围为库尾至坝址 12 km 的干流河段。

(3) 糙率取值

参照《云南省文山州清水河水利枢纽工程可行性研究报告》中 4.8.7 章节的取值，取值为 0.05。

(4) 模型边界条件

采用 HEC-RAS 一维水动力学数学模型，对各典型水文年份的水文情势进行预测分析，各月份边界条件见表 6.2-10。

表 6.2-10 清水河水库库区水文情势预测边界条件

旬	丰水年		平水年		枯水年	
	入库流量 (m³/s)	水位	入库流量 (m³/s)	水位	入库流量 (m³/s)	水位
1 月上旬	2.01	1390.78	1.66	1389.20	1.42	1388.50
1 月中旬	2.70	1390.22	1.76	1388.47	1.57	1388.47
1 月下旬	2.17	1389.76	1.71	1387.73	1.29	1387.73
2 月上旬	1.98	1389.24	1.50	1386.89	1.25	1386.89
2 月中旬	1.72	1388.57	1.33	1385.94	1.51	1385.94
2 月下旬	1.24	1387.64	1.35	1384.92	1.15	1384.92
3 月上旬	1.49	1386.56	1.65	1384.03	1.22	1384.03
3 月中旬	1.05	1385.37	1.02	1383.05	1.02	1383.05
3 月下旬	1.21	1384.24	1.19	1381.84	0.89	1381.84
4 月上旬	1.50	1382.90	1.67	1380.56	1.01	1380.56
4 月中旬	1.41	1381.46	1.92	1379.37	1.12	1379.37
4 月下旬	1.86	1379.92	1.66	1378.25	0.86	1378.25
5 月上旬	1.21	1378.53	1.01	1376.80	0.87	1376.80
5 月中旬	1.73	1376.82	3.16	1374.94	1.43	1374.94
5 月下旬	4.91	1375.15	3.91	1373.72	1.99	1373.72
6 月上旬	13.62	1374.66	14.49	1373.04	6.25	1373.04
6 月中旬	19.67	1376.75	16.17	1375.57	6.82	1375.57
6 月下旬	22.52	1380.33	23.53	1378.38	6.51	1378.38
7 月上旬	24.20	1384.54	16.95	1383.01	7.11	1383.01
7 月中旬	17.49	1388.78	21.11	1385.75	14.44	1385.75
7 月下旬	20.04	1391.27	24.77	1389.30	14.50	1389.30
8 月上旬	54.53	1392.00	19.76	1392.00	9.96	1392.00
8 月中旬	51.95	1392.00	23.57	1392.00	28.56	1392.00
8 月下旬	48.72	1392.00	23.47	1392.00	21.44	1392.00
9 月上旬	37.20	1392.00	26.19	1392.00	14.64	1392.00

旬	丰水年		平水年		枯水年	
	入库流量 (m ³ /s)	水位	入库流量 (m ³ /s)	水位	入库流量 (m ³ /s)	水位
9 月中旬	33.99	1392.00	21.17	1392.00	10.75	1392.00
9 月下旬	33.45	1392.00	19.82	1392.00	9.42	1392.00
10 月上旬	31.99	1392.00	16.23	1392.00	8.98	1392.00
10 月中旬	36.11	1392.00	12.83	1392.00	9.40	1392.00
10 月下旬	21.43	1392.00	11.21	1392.00	7.84	1392.00
11 月上旬	7.29	1392.00	3.58	1392.00	2.61	1392.00
11 月中旬	9.49	1392.00	3.56	1391.48	2.34	1391.48
11 月下旬	5.28	1392.00	3.60	1391.07	2.13	1391.07
12 月上旬	4.15	1391.91	1.97	1390.62	1.27	1390.62
12 月中旬	3.75	1391.95	2.05	1390.21	1.25	1390.21
12 月下旬	3.38	1391.88	1.76	1389.78	1.34	1389.78

(5) 库区水文情势结果分析

1) 水域形态变化

水库蓄水后，库区水位较天然河道抬高，水面面积增大，水库正常蓄水位为 1392m，对应的水面面积约 4.57km²，库区回水长度约 12.03km。

水库形成后，水位增高，过水断面面积增大，河谷区水面变宽，库区水体流速将明显减缓，库区河段水域环境从河道急流型转为湖泊缓流型。正常蓄水位 1392m 时，坝前壅水高度将达到 79m 左右，水库在调度运行时，水位在正常蓄水位 1392m 与死水位 1350m 之间变化，水库消落深度为 42m，流速及水面积均产生相应变化。

2) 典型断面水深、水面宽变化

清水河水库建成后，与天然情况相比，近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段流速变化较小。表 6.2-11、表 6.2-12 给出了清水河水库建库前后库区典型断面(近库尾，库中断面和坝前断面) 平均水深和平均流速的变化情况。由表 6.2-10 和表 6.2-11 可知，清水河水库建成后，库区水深明显加深，流速明显减缓。以枯水年为例，建库前坝址处水深在 0.31~1.6m 之间，建库后则在 56.7~75.6m。水深的大幅度增加，使库区流速明显减缓，建库前坝址处断面流速在 0.47~1.45m/s，建库后几乎为零，流速减缓效果为从坝址断面至库尾减小，近库尾断面平均流速由工程前的 1.29m/s 变为工程后的 0.45m/s，库区年内最大流速和年内最小流速亦呈现相同的减小趋势。

表 6.2-11 库区各典型断面建库前后平均水深变化情况 单位 m

断面名称	水文年份	年内平均值		年内最大值		年内最小值	
		建库前	建库后	建库前	建库后	建库前	建库后
坝址断面	丰水年	0.66	39.69	2.3	75.66	0.33	58.32

	平水年	0.57	38.86	1.54	75.66	0.33	56.7
	枯水年	0.45	38.85	1.6	75.66	0.31	56.7
库中断面	丰水年	0.75	32.12	2.57	53.58	0.42	36.24
	平水年	0.64	31.52	1.88	53.58	0.41	34.62
	枯水年	0.52	31.56	1.95	53.58	0.38	34.62
近库尾断面 (库尾下游约 200m)	丰水年	0.57	2.64	1.76	7.36	0.22	0.24
	平水年	0.48	2.2	1.25	7.36	0.23	0.21
	枯水年	0.38	2.13	1.3	7.36	0.22	0.2

表 6.2-12 库区各典型断面建库前后平均流速变化情况 单位 m/s

断面名称	水文年份	年内平均值		年内最大值		年内最小值	
		建库前	建库后	建库前	建库后	建库前	建库后
坝址断面	丰水年	0.98	0	1.57	0	0.5	0
	平水年	0.89	0	1.41	0	0.49	0
	枯水年	0.76	0	1.45	0	0.47	0
库中断面	丰水年	1.35	0	2.34	0.01	0.78	0
	平水年	1.21	0	1.82	0	0.77	0
	枯水年	1.04	0	1.88	0	0.74	0
近库尾断面（库尾下游约 200m）	丰水年	1.73	0.49	3.3	2.57	0.81	0.02
	平水年	1.51	0.46	2.46	2.41	0.8	0.01
	枯水年	1.29	0.45	2.54	2.03	0.75	0.01

6.2.3.3 运行期坝下河段水文情势分析

水库建设以后，受水库调节影响，工程重点影响河段（坝下~清水河汇口）水文情势发生较大改变，因此本节针对对重点影响河段选择坝下断面和法白小河口断面进行流量、水深、流速、水面宽等水文要素变化分析。考虑到清水河汇口~清水江河口段已建 5 座梯级电站，与天然河道相比，该段水文情势已发生较大变化，因此本节选择清水河汇口断面、者莫河汇口断面、石葵河汇口断面和清水江河口断面四个断面对该段进行流量变化分析。

（1）坝下~清水河汇口河段水文情势变化

1) 坝下断面

① 丰水年

丰水年坝下断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化过程表见表 6.2-13 和表 6.2-14，变化过程图见图 6.2-15~图 6.2-18。

由表 6.2-13 和图 6.2-15 可知，建库后坝下流量出现一定幅度的增加和一定程

度的减少,体现在2月下旬~5月中旬流量增加,1月~2月中旬、5月下旬~12月流量减少,其中流量增加最大值在5月上旬,为 $1.14\text{ m}^3/\text{s}$,与建库前相比增幅变化率达94.21%;流量减少最大发生在7月上旬,为 $20.85\text{ m}^3/\text{s}$,减幅变化率为86.16%。

由表 6.2-13 和图 6.2-16 可知,与流量变化规律较为一致,建库后坝下平均流速出现一定程度的增加和减少,体现在2月下旬~5月中旬平均流速增加,1月~2月中旬、5月下旬~12月平均流速减少,其中平均流速增加最大值在5月上旬,为 0.13 m/s ,增幅变化率达21.67%,平均流速减少最大发生在7月上旬,为 0.67 m/s ,平均流速减少变化率为44.67%。

由表 6.2-14 和图 6.2-17 可知,平均水深的变化规律与流量变化规律较为一致,体现在2月下旬~5月中旬平均水深增加,1月~2月中旬、5月下旬~12月平均水深减少,其中平均水深增加最大值在5月上旬,为 0.09 m ,增幅变化率达39.13%,平均水深减少最大发生在7月上旬,为 0.65 m ,减少变化率为62.5%。

由表 6.2-14 和图 6.2-18 可知,水面宽的变化规律与流量变化规律较为一致,体现在2月下旬~5月中旬增加,1月~2月中旬、5月下旬~12月水面宽减少,其中水面宽增加最大值在5月上旬,为 1.02 m ,增幅变化率达11.84%,水面宽减少最大发生在7月上旬,为 5.17 m ,减少变化率为33.29%。

表 6.2-13 建库前后坝下断面丰水年逐旬流量和平均流速变化表

旬	Q (m³/s)				平均流速 (m/s)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	2.01	1.67	-0.34	-16.92	0.7	0.65	-0.05	-7.14
1 月中旬	2.7	1.67	-1.03	-38.15	0.77	0.65	-0.12	-15.58
1 月下旬	2.17	1.67	-0.5	-23.04	0.71	0.65	-0.06	-8.45
2 月上旬	1.98	1.67	-0.31	-15.66	0.69	0.65	-0.04	-5.80
2 月中旬	1.72	1.67	-0.05	-2.91	0.66	0.65	-0.01	-1.52
2 月下旬	1.24	1.67	0.43	34.68	0.6	0.65	0.05	8.33
3 月上旬	1.49	1.67	0.18	12.08	0.63	0.65	0.02	3.17
3 月中旬	1.05	1.67	0.62	59.05	0.57	0.65	0.08	14.04
3 月下旬	1.21	1.67	0.46	38.02	0.6	0.65	0.05	8.33
4 月上旬	1.5	2.35	0.85	56.67	0.63	0.73	0.1	15.87
4 月中旬	1.41	2.35	0.94	66.67	0.62	0.73	0.11	17.74
4 月下旬	1.86	2.35	0.49	26.34	0.68	0.73	0.05	7.35
5 月上旬	1.21	2.35	1.14	94.21	0.6	0.73	0.13	21.67
5 月中旬	1.73	2.35	0.62	35.84	0.66	0.73	0.07	10.61
5 月下旬	4.91	2.35	-2.56	-52.14	0.94	0.73	-0.21	-22.34
6 月上旬	13.62	3.35	-10.27	-75.40	1.29	0.83	-0.46	-35.66
6 月中旬	19.67	3.35	-16.32	-82.97	1.42	0.83	-0.59	-41.55
6 月下旬	22.52	3.35	-19.17	-85.12	1.47	0.83	-0.64	-43.54
7 月上旬	24.2	3.35	-20.85	-86.16	1.5	0.83	-0.67	-44.67
7 月中旬	17.49	3.35	-14.14	-80.85	1.38	0.83	-0.55	-39.86
7 月下旬	20.04	14.53	-5.51	-27.50	1.43	1.31	-0.12	-8.39
8 月上旬	54.53	52.02	-2.51	-4.60	1.86	1.84	-0.02	-1.08
8 月中旬	51.95	49.14	-2.81	-5.41	1.83	1.81	-0.02	-1.09
8 月下旬	48.72	46	-2.72	-5.58	1.81	1.78	-0.03	-1.66
9 月上旬	37.2	34.26	-2.94	-7.90	1.66	1.63	-0.03	-1.81
9 月中旬	33.99	31.05	-2.94	-8.65	1.63	1.59	-0.04	-2.45
9 月下旬	33.45	30.36	-3.09	-9.24	1.62	1.58	-0.04	-2.47
10 月上旬	31.99	29.06	-2.93	-9.16	1.6	1.57	-0.03	-1.88
10 月中旬	36.11	33.11	-3	-8.31	1.65	1.62	-0.03	-1.82
10 月下旬	21.43	18.8	-2.63	-12.27	1.45	1.41	-0.04	-2.76
11 月上旬	7.29	4.6	-2.69	-36.90	1.07	0.92	-0.15	-14.02
11 月中旬	9.49	7.23	-2.26	-23.81	1.16	1.07	-0.09	-7.76
11 月下旬	5.28	3.35	-1.93	-36.55	0.96	0.83	-0.13	-13.54
12 月上旬	4.15	1.67	-2.48	-59.76	0.89	0.65	-0.24	-26.97
12 月中旬	3.75	1.67	-2.08	-55.47	0.86	0.65	-0.21	-24.42
12 月下旬	3.38	1.67	-1.71	-50.59	0.83	0.65	-0.18	-21.69

表 6.2-14 建库前后坝下断面丰水年逐旬平均水深和水面宽变化表

旬	平均水深 (m)				水面宽 (m)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	0.29	0.27	-0.02	-6.90	9.8	9.63	-0.17	-1.73
1 月中旬	0.35	0.27	-0.08	-22.86	10.11	9.63	-0.48	-4.75
1 月下旬	0.31	0.27	-0.04	-12.90	9.87	9.63	-0.24	-2.43
2 月上旬	0.29	0.27	-0.02	-6.90	9.78	9.63	-0.15	-1.53
2 月中旬	0.27	0.27	0	0.00	9.66	9.63	-0.03	-0.31
2 月下旬	0.23	0.27	0.04	17.39	9.07	9.63	0.56	6.17
3 月上旬	0.25	0.27	0.02	8.00	9.53	9.63	0.1	1.05
3 月中旬	0.21	0.27	0.06	28.57	8.61	9.63	1.02	11.85
3 月下旬	0.23	0.27	0.04	17.39	8.99	9.63	0.64	7.12
4 月上旬	0.25	0.32	0.07	28.00	9.54	9.96	0.42	4.40
4 月中旬	0.24	0.32	0.08	33.33	9.42	9.96	0.54	5.73
4 月下旬	0.28	0.32	0.04	14.29	9.73	9.96	0.23	2.36
5 月上旬	0.23	0.32	0.09	39.13	8.99	9.96	0.97	10.79
5 月中旬	0.27	0.32	0.05	18.52	9.66	9.96	0.3	3.11
5 月下旬	0.48	0.32	-0.16	-33.33	10.9	9.96	-0.94	-8.62
6 月上旬	0.81	0.39	-0.42	-51.85	13.07	10.36	-2.71	-20.73
6 月中旬	0.95	0.39	-0.56	-58.95	14.5	10.36	-4.14	-28.55
6 月下旬	1.01	0.39	-0.62	-61.39	15.15	10.36	-4.79	-31.62
7 月上旬	1.04	0.39	-0.65	-62.50	15.53	10.36	-5.17	-33.29
7 月中旬	0.91	0.39	-0.52	-57.14	13.96	10.36	-3.6	-25.79
7 月下旬	0.96	0.84	-0.12	-12.50	14.59	13.26	-1.33	-9.12
8 月上旬	1.58	1.53	-0.05	-3.16	18.61	18.49	-0.12	-0.64
8 月中旬	1.53	1.48	-0.05	-3.27	18.49	18.35	-0.14	-0.76
8 月下旬	1.47	1.42	-0.05	-3.40	18.34	18.22	-0.12	-0.65
9 月上旬	1.25	1.2	-0.05	-4.00	17.83	17.47	-0.36	-2.02
9 月中旬	1.2	1.16	-0.04	-3.33	17.42	16.9	-0.52	-2.99
9 月下旬	1.19	1.15	-0.04	-3.36	17.33	16.76	-0.57	-3.29
10 月上旬	1.17	1.12	-0.05	-4.27	17.07	16.51	-0.56	-3.28
10 月中旬	1.23	1.19	-0.04	-3.25	17.78	17.26	-0.52	-2.92
10 月下旬	0.99	0.93	-0.06	-6.06	14.91	14.29	-0.62	-4.16
11 月上旬	0.59	0.46	-0.13	-22.03	11.59	10.8	-0.79	-6.82
11 月中旬	0.67	0.59	-0.08	-11.94	12.13	11.57	-0.56	-4.62
11 月下旬	0.5	0.39	-0.11	-22.00	11.02	10.36	-0.66	-5.99
12 月上旬	0.44	0.27	-0.17	-38.64	10.65	9.63	-1.02	-9.58
12 月中旬	0.42	0.27	-0.15	-35.71	10.51	9.63	-0.88	-8.37
12 月下旬	0.39	0.27	-0.12	-30.77	10.37	9.63	-0.74	-7.14

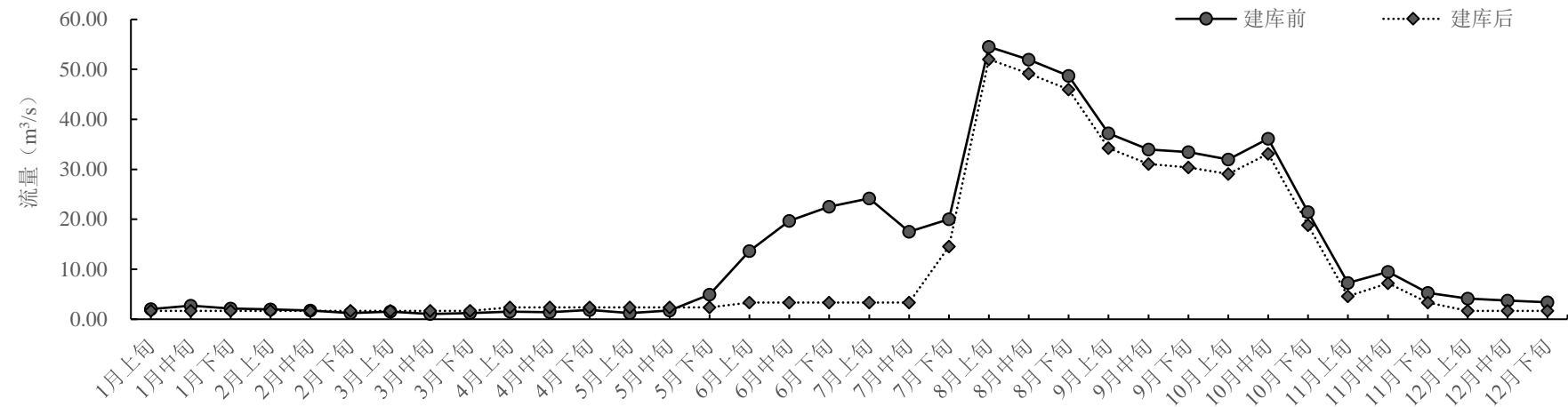


图 6.2-15 建库前后坝下断面丰水年逐旬流量变化图

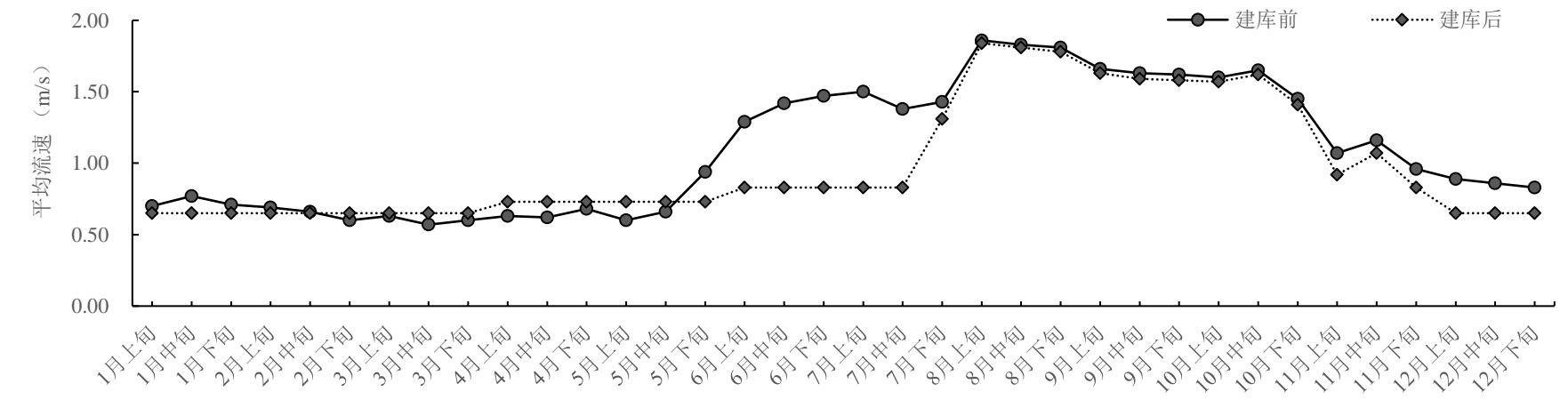


图 6.2-16 建库前后坝下断面丰水年逐旬平均流速变化

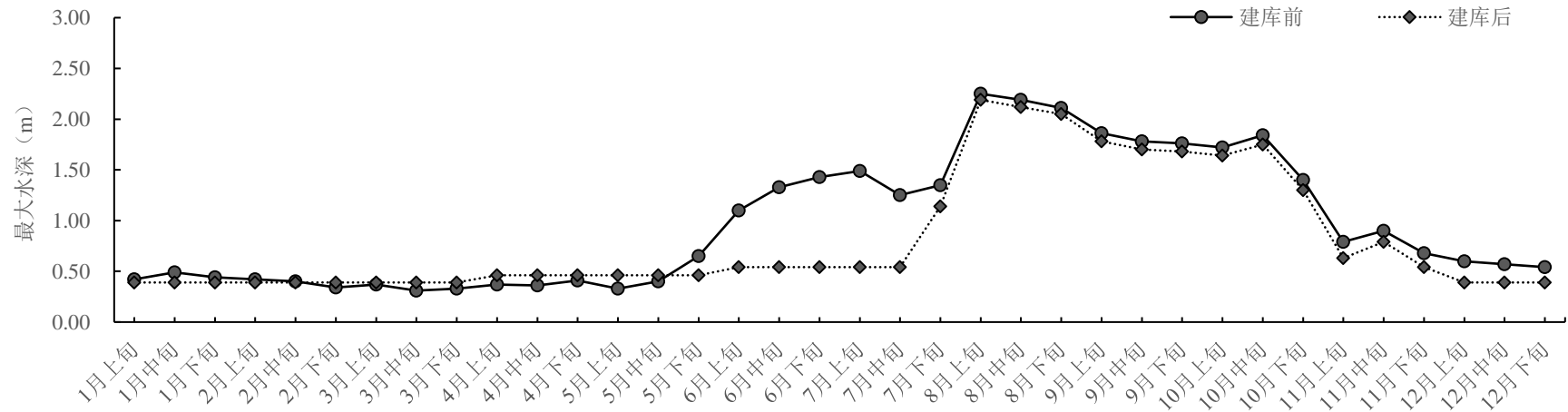


图 6.2-17 建库前后坝下断面丰水年逐旬平均水深变化图

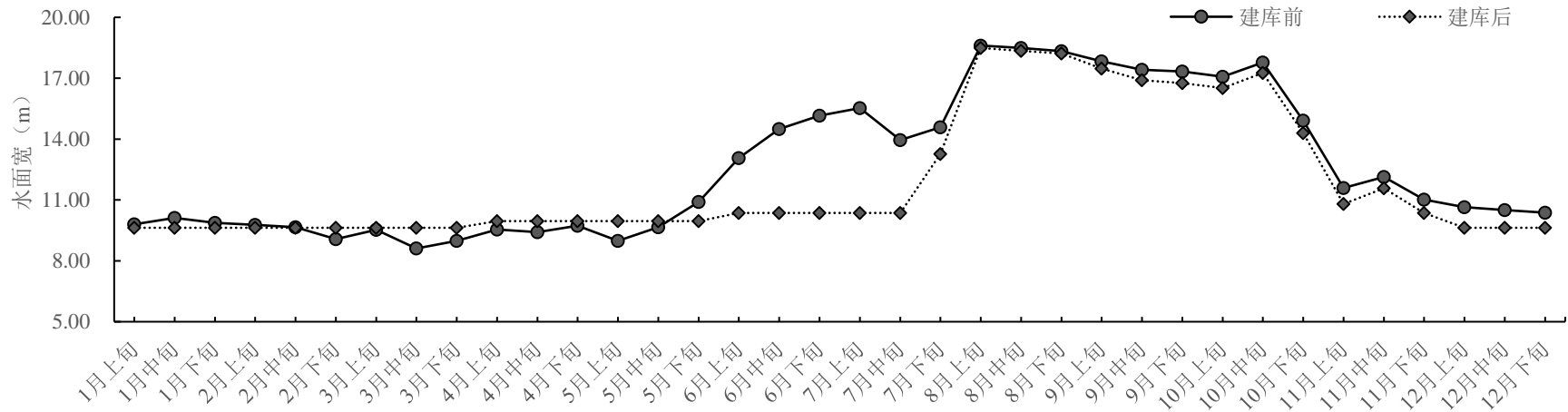


图 6.2-18 建库前后坝下断面丰水年逐旬水面宽变化图

② 平水年

平水年坝下断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化过程表见表 6.2-15 和表 6.2-16，变化过程图见图 6.2-15~图 6.2-22。

由表 6.2-15 和图 6.2-15 可知，建库后坝下流量出现一定幅度的增加和一定程度的减少，体现在 2 月上旬~5 月上旬流量增加，1 月、5 月中旬~12 月流量减少，其中流量增加最大值在 5 月上旬，为 $1.34 \text{ m}^3/\text{s}$ ，与建库前相比增幅变化率达 132.67%；流量减少最大发生在 6 月下旬，为 $20.18 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减幅变化率为 85.76%。

由表 6.2-15 和图 6.2-20 可知，与流量变化规律较为一致，建库后坝下平均流速出现一定程度的增加和减少，体现在 2 月上旬~5 月上旬平均流速增加，1 月、5 月中旬~12 月平均流速减少，其中平均流速增加最大值在 5 月上旬，为 0.16 m/s ，增幅变化率达 28.07%，平均流速减少最大发生在 6 月下旬，为 0.66 m/s ，平均流速减少变化率为 44.30%。

由表 6.2-16 和和图 6.2-21 可知，平均水深的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 2 月上旬~5 月上旬平均水深增加，1 月、5 月中旬~12 月平均水深减少，其中平均水深增加最大值在 5 月上旬，为 0.11 m ，增幅变化率达 52.38%，平均水深减少最大发生在，为 0.64 m ，减少变化率为 62.14%。

由表 6.2-16 和图 6.2-22 可知，水面宽的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 2 月上旬~5 月上旬增加，1 月、5 月中旬~12 月水面宽减少，其中水面宽增加最大值在 5 月上旬，为 1.44 m ，增幅变化率达 16.90%，水面宽减少最大发生在 6 月下旬，为 5.02 m ，减少变化率为 32.64%。

表 6.2-15 建库前后 坝下断面平水年逐旬流量和平均流速变化表

旬	Q (m ³ /s)				平均流速 (m/s)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	1.66	1.67	0.01	0.60	0.65	0.65	0	0.00
1 月中旬	1.76	1.67	-0.09	-5.11	0.67	0.65	-0.02	-2.99
1 月下旬	1.71	1.67	-0.04	-2.34	0.66	0.65	-0.01	-1.52
2 月上旬	1.5	1.67	0.17	11.33	0.63	0.65	0.02	3.17
2 月中旬	1.33	1.67	0.34	25.56	0.61	0.65	0.04	6.56
2 月下旬	1.35	1.67	0.32	23.70	0.61	0.65	0.04	6.56
3 月上旬	1.65	1.67	0.02	1.21	0.65	0.65	0	0.00
3 月中旬	1.02	1.67	0.65	63.73	0.57	0.65	0.08	14.04
3 月下旬	1.19	1.67	0.48	40.34	0.6	0.65	0.05	8.33
4 月上旬	1.67	2.35	0.68	40.72	0.65	0.73	0.08	12.31
4 月中旬	1.92	2.35	0.43	22.40	0.69	0.73	0.04	5.80
4 月下旬	1.66	2.35	0.69	41.57	0.65	0.73	0.08	12.31
5 月上旬	1.01	2.35	1.34	132.67	0.57	0.73	0.16	28.07
5 月中旬	3.16	2.35	-0.81	-25.63	0.81	0.73	-0.08	-9.88
5 月下旬	3.91	2.35	-1.56	-39.90	0.87	0.73	-0.14	-16.09
6 月上旬	14.49	3.35	-11.14	-76.88	1.31	0.83	-0.48	-36.64
6 月中旬	16.17	3.35	-12.82	-79.28	1.35	0.83	-0.52	-38.52
6 月下旬	23.53	3.35	-20.18	-85.76	1.49	0.83	-0.66	-44.30
7 月上旬	16.95	3.35	-13.6	-80.24	1.37	0.83	-0.54	-39.42
7 月中旬	21.11	3.35	-17.76	-84.13	1.45	0.83	-0.62	-42.76
7 月下旬	24.77	10.39	-14.38	-58.05	1.51	1.2	-0.31	-20.53
8 月上旬	19.76	17.1	-2.66	-13.46	1.42	1.38	-0.04	-2.82
8 月中旬	23.57	20.62	-2.95	-12.52	1.49	1.44	-0.05	-3.36
8 月下旬	23.47	20.62	-2.85	-12.14	1.49	1.44	-0.05	-3.36
9 月上旬	26.19	23.1	-3.09	-11.80	1.53	1.48	-0.05	-3.27
9 月中旬	21.17	18.02	-3.15	-14.88	1.45	1.39	-0.06	-4.14
9 月下旬	19.82	16.6	-3.22	-16.25	1.43	1.36	-0.07	-4.90
10 月上旬	16.23	13.07	-3.16	-19.47	1.35	1.27	-0.08	-5.93
10 月中旬	12.83	9.58	-3.25	-25.33	1.27	1.17	-0.1	-7.87
10 月下旬	11.21	8.41	-2.8	-24.98	1.22	1.12	-0.1	-8.20
11 月上旬	3.58	3.35	-0.23	-6.42	0.85	0.83	-0.02	-2.35
11 月中旬	3.56	3.25	-0.31	-8.71	0.84	0.82	-0.02	-2.38
11 月下旬	3.6	3.35	-0.25	-6.94	0.85	0.83	-0.02	-2.35
12 月上旬	1.97	1.67	-0.3	-15.23	0.69	0.65	-0.04	-5.80
12 月中旬	2.05	1.67	-0.38	-18.54	0.7	0.65	-0.05	-7.14
12 月下旬	1.76	1.67	-0.09	-5.11	0.67	0.65	-0.02	-2.99

表 6.2-16 建库前后坝下断面平水年逐旬平均水深和水面宽变化表

旬	平均水深 (m)				水面宽 (m)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	0.26	0.27	0.01	3.85	9.63	9.63	0	0.00
1 月中旬	0.27	0.27	0	0.00	9.68	9.63	-0.05	-0.52
1 月下旬	0.27	0.27	0	0.00	9.65	9.63	-0.02	-0.21
2 月上旬	0.25	0.27	0.02	8.00	9.54	9.63	0.09	0.94
2 月中旬	0.24	0.27	0.03	12.50	9.25	9.63	0.38	4.11
2 月下旬	0.24	0.27	0.03	12.50	9.31	9.63	0.32	3.44
3 月上旬	0.26	0.27	0.01	3.85	9.62	9.63	0.01	0.10
3 月中旬	0.21	0.27	0.06	28.57	8.54	9.63	1.09	12.76
3 月下旬	0.22	0.27	0.05	22.73	8.92	9.63	0.71	7.96
4 月上旬	0.27	0.32	0.05	18.52	9.63	9.96	0.33	3.43
4 月中旬	0.29	0.32	0.03	10.34	9.76	9.96	0.2	2.05
4 月下旬	0.26	0.32	0.06	23.08	9.63	9.96	0.33	3.43
5 月上旬	0.21	0.32	0.11	52.38	8.52	9.96	1.44	16.90
5 月中旬	0.38	0.32	-0.06	-15.79	10.29	9.96	-0.33	-3.21
5 月下旬	0.42	0.32	-0.1	-23.81	10.56	9.96	-0.6	-5.68
6 月上旬	0.83	0.39	-0.44	-53.01	13.25	10.36	-2.89	-21.81
6 月中旬	0.88	0.39	-0.49	-55.68	13.63	10.36	-3.27	-23.99
6 月下旬	1.03	0.39	-0.64	-62.14	15.38	10.36	-5.02	-32.64
7 月上旬	0.89	0.39	-0.5	-56.18	13.83	10.36	-3.47	-25.09
7 月中旬	0.98	0.39	-0.59	-60.20	14.84	10.36	-4.48	-30.19
7 月下旬	1.05	0.7	-0.35	-33.33	15.64	12.35	-3.29	-21.04
8 月上旬	0.96	0.9	-0.06	-6.25	14.52	13.85	-0.67	-4.61
8 月中旬	1.03	0.97	-0.06	-5.83	15.39	14.73	-0.66	-4.29
8 月下旬	1.03	0.97	-0.06	-5.83	15.37	14.73	-0.64	-4.16
9 月上旬	1.08	1.02	-0.06	-5.56	15.94	15.28	-0.66	-4.14
9 月中旬	0.98	0.92	-0.06	-6.12	14.85	14.09	-0.76	-5.12
9 月下旬	0.96	0.89	-0.07	-7.29	14.54	13.74	-0.8	-5.50
10 月上旬	0.88	0.79	-0.09	-10.23	13.64	12.95	-0.69	-5.06
10 月中旬	0.78	0.68	-0.1	-12.82	12.9	12.16	-0.74	-5.74
10 月下旬	0.73	0.63	-0.1	-13.70	12.54	11.87	-0.67	-5.34
11 月上旬	0.41	0.39	-0.02	-4.88	10.45	10.36	-0.09	-0.86
11 月中旬	0.4	0.38	-0.02	-5.00	10.44	10.32	-0.12	-1.15
11 月下旬	0.41	0.39	-0.02	-4.88	10.45	10.36	-0.09	-0.86
12 月上旬	0.29	0.27	-0.02	-6.90	9.78	9.63	-0.15	-1.53
12 月中旬	0.3	0.27	-0.03	-10.00	9.82	9.63	-0.19	-1.93
12 月下旬	0.27	0.27	0	0.00	9.68	9.63	-0.05	-0.52

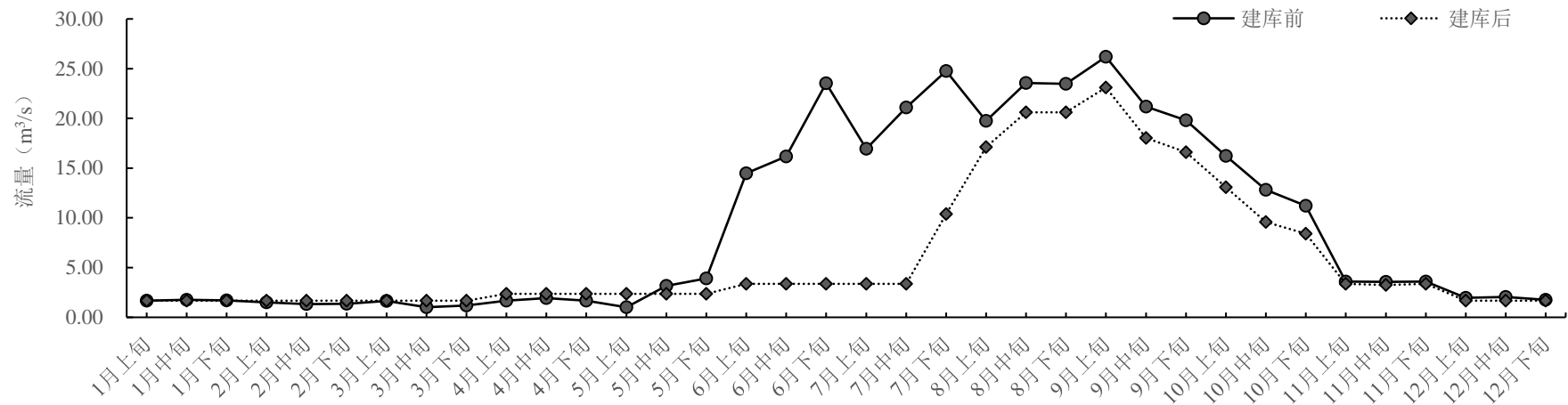


图 6.2-19 建库前后坝下断面平水年逐旬流量变化图

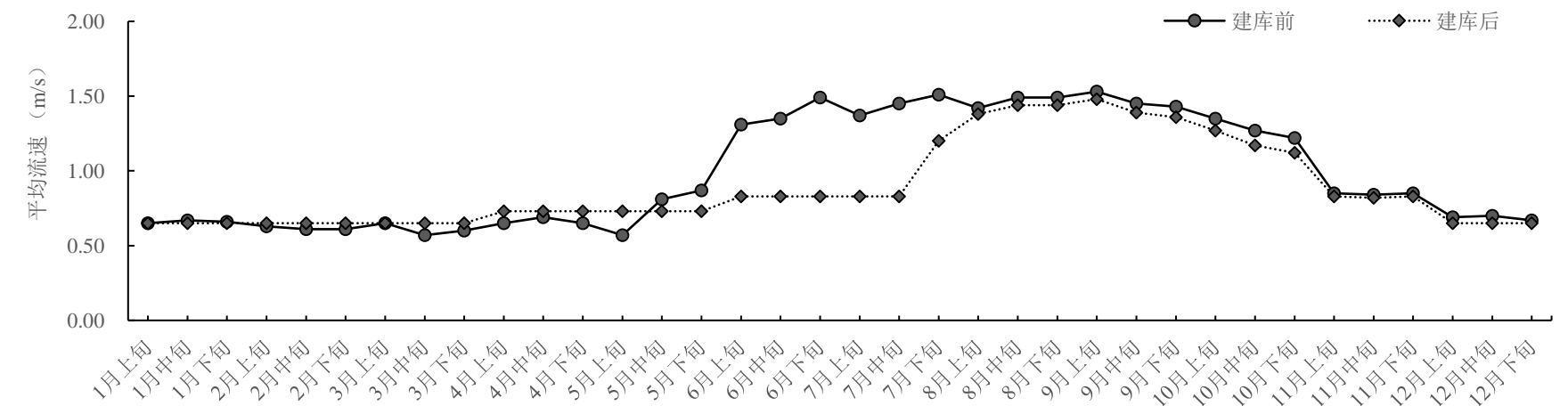


图 6.2-20 建库前后坝下断面平水年逐旬平均流速变化

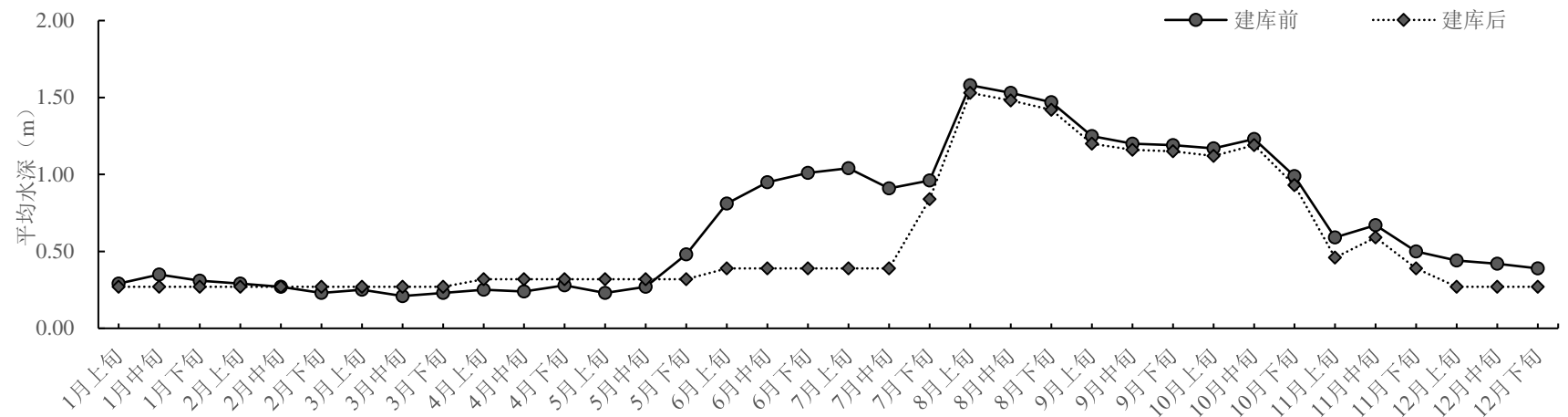


图 6.2-21 建库前后坝下断面平水年逐旬平均水深变化

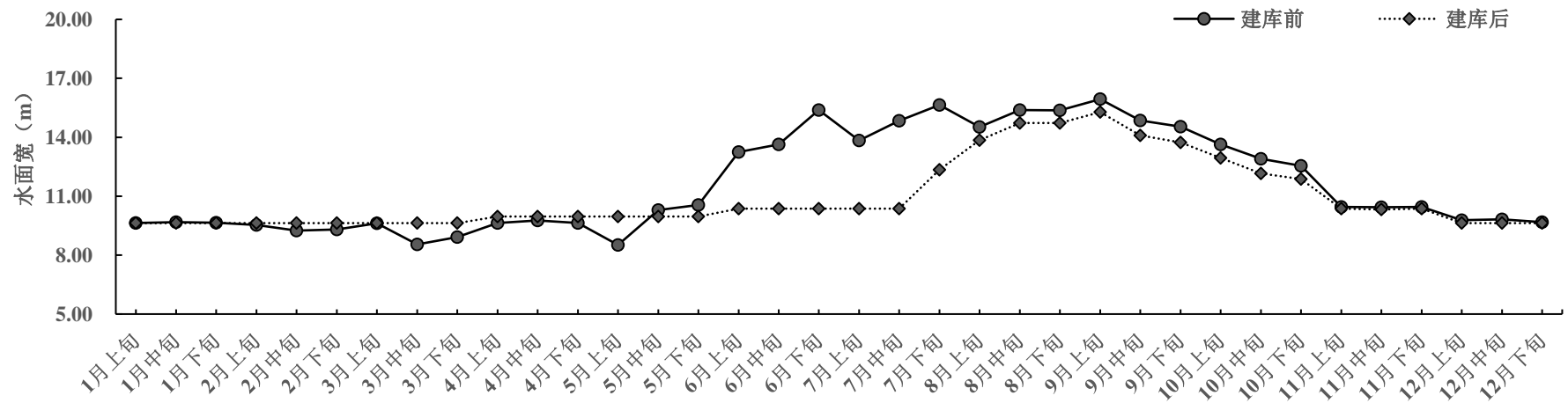


图 6.2-22 建库前后坝下断面平水年逐旬水面宽变化

③ 枯水年

枯水年坝下断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化过程表见表 6.2-17 和表 6.2-18，变化过程图见图 6.2-23~图 6.2-26。

由表 6.2-17 和图 6.2-23 可知，建库后坝下流量出现一定幅度的增加和一定程度的减少，体现在 1 月~5 月、12 月流量增加，6~11 月流量减少，其中流量增加最大值在 4 月下旬，为 $1.49 \text{ m}^3/\text{s}$ ，与建库前相比增幅变化率达 173.26%；流量减少最大发生在 8 月中旬，为 $25.21 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减幅变化率为 88.27%。

由表 6.2-17 和图 6.2-24 可知，与流量变化规律较为一致，建库后坝下平均流速出现一定程度的增加和减少，体现在 1 月~5 月、12 月平均流速增加，6~11 月平均流速减少，其中平均流速增加最大值在 4 月下旬，为 0.18 m/s ，增幅变化率达 32.73%，平均流速减少最大发生在 8 月中旬，为 0.73 m/s ，平均流速减少变化率为 46.79%。

由表 6.2-18 和图 6.2-25 可知，平均水深的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 1 月~5 月、12 月平均水深增加，6~11 月平均水深减少，其中平均水深增加最大值 4 月下旬，为 0.13 m ，增幅变化率达 68.42%，平均水深减少最大发生在 8 月中旬，为 0.73 m ，减少变化率为 65.18%。

由表 6.2-14 和图 6.2-26 可知，水面宽的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 1 月~5 月、12 月上旬增加，6~11 月水面宽减少，其中水面宽增加最大值 4 月下旬，为 1.84 m ，增幅变化率达 22.66%，水面宽减少最大发生在 8 月中旬，为 6.05 m ，减少变化率为 36.87%。

综上所述，工程具有一定的生态补水作用，以枯水年坝下断面表现最为明显，相比建库前，枯水年枯水期坝下流量、平均流量、平均水深、平均流速等水文要素均有增加，在丰水期各水文要素均有所减少。

表 6.2-17 建库前后 坝下断面枯水年逐旬流量和平均流速变化表

旬	Q (m ³ /s)				平均流速 (m/s)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	1.42	1.67	0.25	17.61	0.62	0.65	0.03	4.84
1 月中旬	1.57	1.67	0.1	6.37	0.64	0.65	0.01	1.56
1 月下旬	1.29	1.67	0.38	29.46	0.6	0.65	0.05	8.33
2 月上旬	1.25	1.67	0.42	33.60	0.6	0.65	0.05	8.33
2 月中旬	1.51	1.67	0.16	10.60	0.63	0.65	0.02	3.17
2 月下旬	1.15	1.67	0.52	45.22	0.59	0.65	0.06	10.17
3 月上旬	1.22	1.67	0.45	36.89	0.6	0.65	0.05	8.33
3 月中旬	1.02	1.67	0.65	63.73	0.57	0.65	0.08	14.04
3 月下旬	0.89	1.67	0.78	87.64	0.55	0.65	0.1	18.18
4 月上旬	1.01	2.35	1.34	132.67	0.57	0.73	0.16	28.07
4 月中旬	1.12	2.35	1.23	109.82	0.58	0.73	0.15	25.86
4 月下旬	0.86	2.35	1.49	173.26	0.55	0.73	0.18	32.73
5 月上旬	0.87	2.35	1.48	170.11	0.55	0.73	0.18	32.73
5 月中旬	1.43	2.35	0.92	64.34	0.62	0.73	0.11	17.74
5 月下旬	1.99	2.35	0.36	18.09	0.7	0.73	0.03	4.29
6 月上旬	6.25	3.35	-2.9	-46.40	1.01	0.83	-0.18	-17.82
6 月中旬	6.82	3.35	-3.47	-50.88	1.04	0.83	-0.21	-20.19
6 月下旬	6.51	3.35	-3.16	-48.54	1.03	0.83	-0.2	-19.42
7 月上旬	7.11	3.35	-3.76	-52.88	1.06	0.83	-0.23	-21.70
7 月中旬	14.44	3.35	-11.09	-76.80	1.31	0.83	-0.48	-36.64
7 月下旬	14.5	3.35	-11.15	-76.90	1.31	0.83	-0.48	-36.64
8 月上旬	9.96	3.35	-6.61	-66.37	1.18	0.83	-0.35	-29.66
8 月中旬	28.56	3.35	-25.21	-88.27	1.56	0.83	-0.73	-46.79
8 月下旬	21.44	3.35	-18.09	-84.38	1.45	0.83	-0.62	-42.76
9 月上旬	14.64	3.35	-11.29	-77.12	1.32	0.83	-0.49	-37.12
9 月中旬	10.75	3.35	-7.4	-68.84	1.21	0.83	-0.38	-31.40
9 月下旬	9.42	3.35	-6.07	-64.44	1.16	0.83	-0.33	-28.45
10 月上旬	8.98	3.35	-5.63	-62.69	1.14	0.83	-0.31	-27.19
10 月中旬	9.4	3.35	-6.05	-64.36	1.16	0.83	-0.33	-28.45
10 月下旬	7.84	3.35	-4.49	-57.27	1.09	0.83	-0.26	-23.85
11 月上旬	2.61	2.32	-0.29	-11.11	0.76	0.73	-0.03	-3.95
11 月中旬	2.34	2.12	-0.22	-9.40	0.73	0.71	-0.02	-2.74
11 月下旬	2.13	1.92	-0.21	-9.86	0.71	0.69	-0.02	-2.82
12 月上旬	1.27	1.67	0.4	31.50	0.6	0.65	0.05	8.33
12 月中旬	1.25	1.67	0.42	33.60	0.6	0.65	0.05	8.33
12 月下旬	1.34	1.67	0.33	24.63	0.61	0.65	0.04	6.56

表 6.2-18 建库前后坝下断面枯水年逐旬平均水深和水面宽变化表

旬	平均水深 (m)				水面宽 (m)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	0.24	0.27	0.03	12.50	9.44	9.63	0.19	2.01
1 月中旬	0.26	0.27	0.01	3.85	9.58	9.63	0.05	0.52
1 月下旬	0.23	0.27	0.04	17.39	9.19	9.63	0.44	4.79
2 月上旬	0.23	0.27	0.04	17.39	9.11	9.63	0.52	5.71
2 月中旬	0.25	0.27	0.02	8.00	9.55	9.63	0.08	0.84
2 月下旬	0.22	0.27	0.05	22.73	8.84	9.63	0.79	8.94
3 月上旬	0.23	0.27	0.04	17.39	9.01	9.63	0.62	6.88
3 月中旬	0.21	0.27	0.06	28.57	8.54	9.63	1.09	12.76
3 月下旬	0.2	0.27	0.07	35.00	8.2	9.63	1.43	17.44
4 月上旬	0.21	0.32	0.11	52.38	8.52	9.96	1.44	16.90
4 月中旬	0.22	0.32	0.1	45.45	8.78	9.96	1.18	13.44
4 月下旬	0.19	0.32	0.13	68.42	8.12	9.96	1.84	22.66
5 月上旬	0.2	0.32	0.12	60.00	8.15	9.96	1.81	22.21
5 月中旬	0.24	0.32	0.08	33.33	9.45	9.96	0.51	5.40
5 月下旬	0.29	0.32	0.03	10.34	9.79	9.96	0.17	1.74
6 月上旬	0.55	0.39	-0.16	-29.09	11.31	10.36	-0.95	-8.40
6 月中旬	0.57	0.39	-0.18	-31.58	11.47	10.36	-1.11	-9.68
6 月下旬	0.56	0.39	-0.17	-30.36	11.39	10.36	-1.03	-9.04
7 月上旬	0.58	0.39	-0.19	-32.76	11.54	10.36	-1.18	-10.23
7 月中旬	0.83	0.39	-0.44	-53.01	13.23	10.36	-2.87	-21.69
7 月下旬	0.83	0.39	-0.44	-53.01	13.25	10.36	-2.89	-21.81
8 月上旬	0.69	0.39	-0.3	-43.48	12.25	10.36	-1.89	-15.43
8 月中旬	1.12	0.39	-0.73	-65.18	16.41	10.36	-6.05	-36.87
8 月下旬	0.99	0.39	-0.6	-60.61	14.92	10.36	-4.56	-30.56
9 月上旬	0.84	0.39	-0.45	-53.57	13.27	10.36	-2.91	-21.93
9 月中旬	0.72	0.39	-0.33	-45.83	12.43	10.36	-2.07	-16.65
9 月下旬	0.67	0.39	-0.28	-41.79	12.12	10.36	-1.76	-14.52
10 月上旬	0.65	0.39	-0.26	-40.00	12.02	10.36	-1.66	-13.81
10 月中旬	0.67	0.39	-0.28	-41.79	12.11	10.36	-1.75	-14.45
10 月下旬	0.61	0.39	-0.22	-36.07	11.73	10.36	-1.37	-11.68
11 月上旬	0.34	0.32	-0.02	-5.88	10.06	9.94	-0.12	-1.19
11 月中旬	0.32	0.3	-0.02	-6.25	9.95	9.85	-0.1	-1.01
11 月下旬	0.3	0.29	-0.01	-3.33	9.86	9.76	-0.1	-1.01
12 月上旬	0.23	0.27	0.04	17.39	9.15	9.63	0.48	5.25
12 月中旬	0.23	0.27	0.04	17.39	9.11	9.63	0.52	5.71
12 月下旬	0.24	0.27	0.03	12.50	9.29	9.63	0.34	3.66

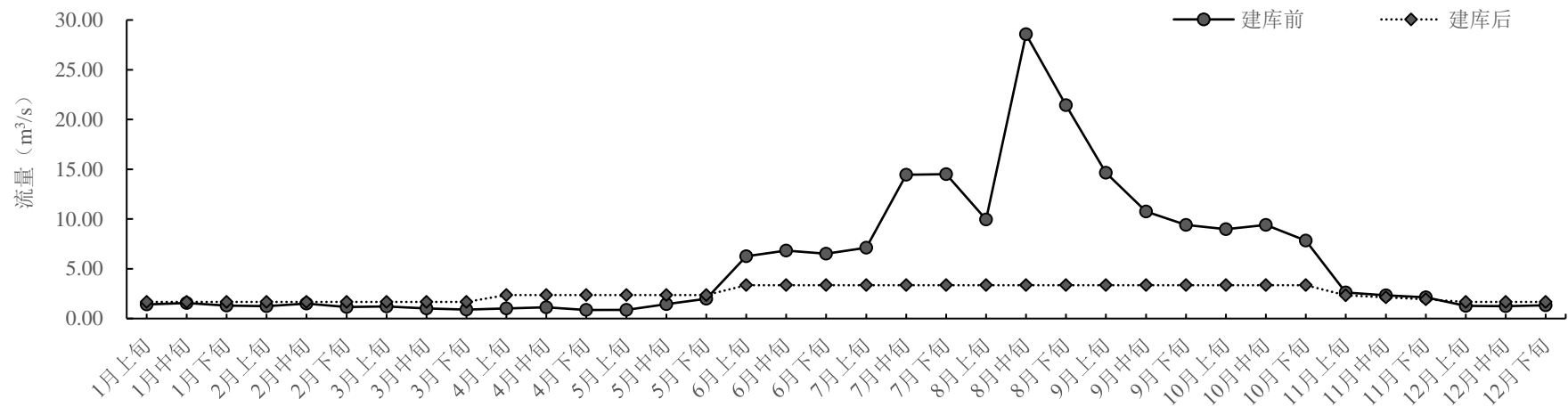


图 6.2-23 建库前后坝下断面枯水年逐旬流量变化图

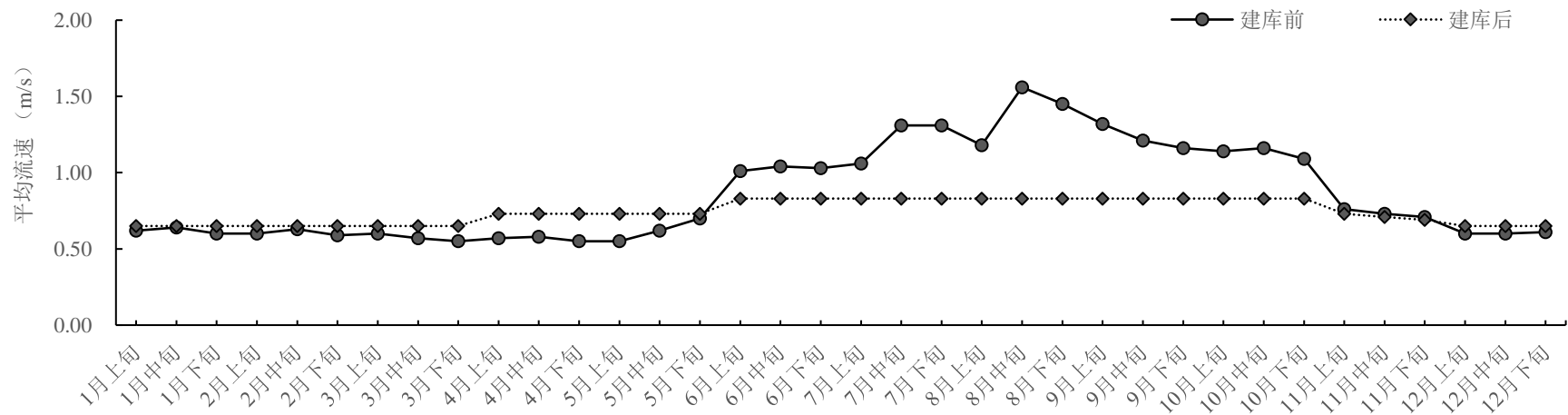


图 6.2-24 建库前后坝下断面枯水年逐旬平均流速变化

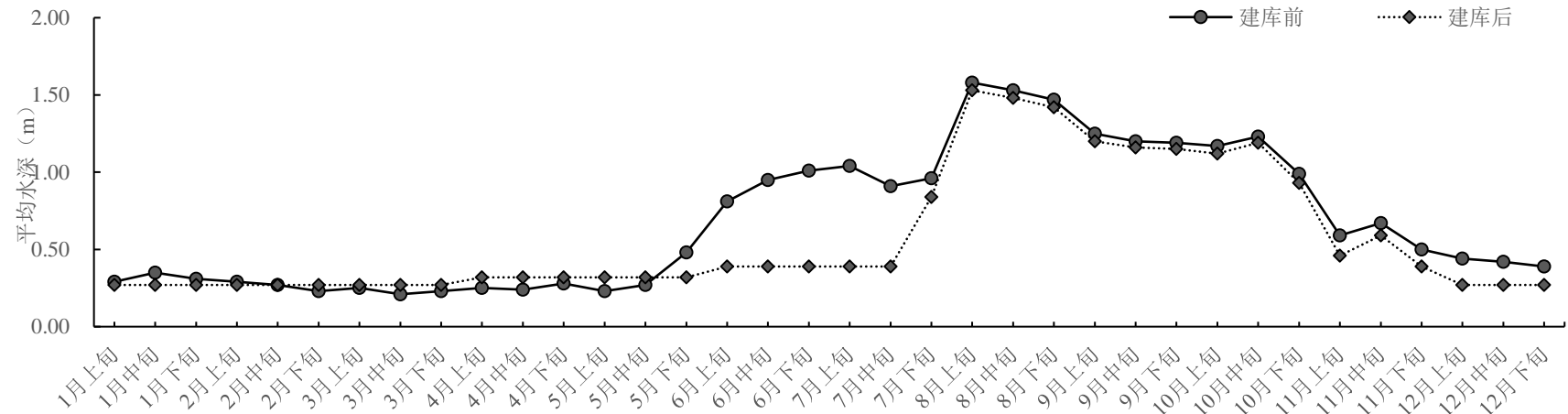


图 6.2-25 建库前后坝下断面枯水年逐旬平均水深变化

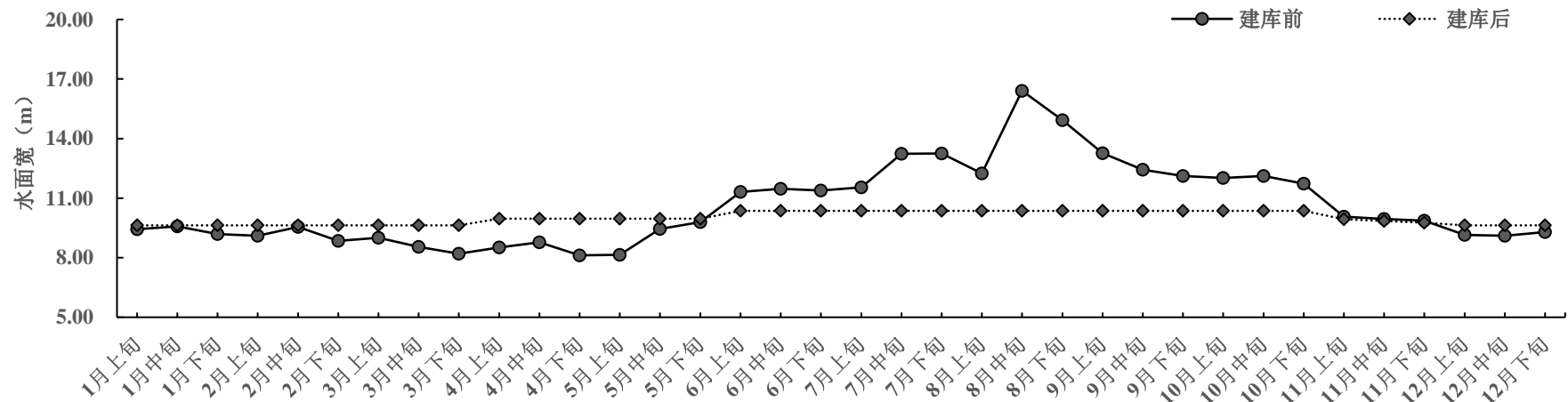


图 6.2-26 建库前后坝下断面枯水年逐旬水面宽变化

2)法白小河汇口断面

① 丰水年

丰水年坝下断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化过程表见表 6.2-19 和表 6.2-20, 变化过程图见图 6.2-27~图 6.2-30。

由表 6.2-19 和图 6.2-27 可知, 建库后法白小河汇口断面流量出现一定幅度的增加和一定程度的减少, 体现在 2 月下旬~5 月中旬流量增加, 1 月~2 月中旬、5 月下旬~12 月流量减少, 其中流量增加最大值在 5 月上旬, 为 $1.14 \text{ m}^3/\text{s}$, 与建库前相比增幅变化率达 65.9%; 流量减少最大发生在 7 月上旬, 为 $20.85 \text{ m}^3/\text{s}$, 减幅变化率为 79.86 %。

由表 6.2-13 和图 6.2-28 可知, 与流量变化规律较为一致, 建库后法白小河汇口断面平均流速出现一定程度的增加和减少, 体现在 2 月下旬~5 月中旬平均流速增加, 1 月~2 月中旬、5 月下旬~12 月平均流速减少, 其中平均流速增加最大值在 5 月上旬, 为 0.04 m/s , 增幅变化率达 8%, 平均流速减少最大发生在 7 月上旬, 为 0.28 m/s , 平均流速减少变化率为 30.11%。

由表 6.2-14 和图 6.2-17 可知, 平均水深的变化规律与流量变化规律较为一致, 体现在 2 月下旬~5 月中旬平均水深增加, 1 月~2 月中旬、5 月下旬~12 月平均水深减少, 其中平均水深增加最大值在 5 月上旬, 为 0.07 m , 增幅变化率达 33.33%, 平均水深减少最大发生在 7 月上旬, 为 -0.55 m , 减少变化率为 58.51%。

由表 6.2-14 和图 6.2-18 可知, 水面宽的变化规律与流量变化规律较为一致, 体现在 2 月下旬~5 月中旬增加, 1 月~2 月中旬、5 月下旬~12 月水面宽减少, 其中水面宽增加最大值在 5 月上旬, 为 3.2 m , 增幅变化率达 21.44%, 水面宽减少最大发生在 7 月上旬, 为 -9.25 m , 减少变化率为 31.16%。

综上所述, 建库后, 丰水年法白小河汇口断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化规律较为一致, 表现在 2 月下旬~5 月中旬上述水文要素均呈增加趋势, 1 月~2 月中旬、5 月下旬~12 月上述水文要素均呈减少趋势, 上述水文要素变化最大值均发生在 5 月上旬, 减少最大值均发生在 7 月上旬。

表 6.2-19 建库前后 坝下断面丰水年逐旬流量和平均流速变化表

旬	Q (m ³ /s)				平均流速 (m/s)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	2.43	2.09	-0.34	-13.99	0.52	0.51	-0.01	-1.92
1 月中旬	3.12	2.09	-1.03	-33.01	0.53	0.5	-0.03	-5.66
1 月下旬	2.58	2.09	-0.49	-18.99	0.51	0.49	-0.02	-3.92
2 月上旬	2.35	2.04	-0.31	-13.19	0.5	0.49	-0.01	-2.00
2 月中旬	2.09	2.04	-0.05	-2.39	0.54	0.54	0	0.00
2 月下旬	1.61	2.04	0.43	26.71	0.56	0.58	0.02	3.57
3 月上旬	1.81	1.99	0.18	9.94	0.57	0.57	0	0.00
3 月中旬	1.36	1.99	0.63	46.32	0.5	0.54	0.04	8.00
3 月下旬	1.53	1.99	0.46	30.07	0.55	0.57	0.02	3.64
4 月上旬	1.82	2.68	0.86	47.25	0.57	0.6	0.03	5.26
4 月中旬	1.74	2.68	0.94	54.02	0.56	0.56	0	0.00
4 月下旬	2.19	2.68	0.49	22.37	0.53	0.54	0.01	1.89
5 月上旬	1.73	2.87	1.14	65.90	0.53	0.54	0.01	1.89
5 月中旬	2.26	2.87	0.61	26.99	0.53	0.54	0.01	1.89
5 月下旬	5.44	2.87	-2.57	-47.24	0.62	0.54	-0.08	-12.90
6 月上旬	15.53	5.25	-10.28	-66.19	0.81	0.68	-0.13	-16.05
6 月中旬	21.58	5.25	-16.33	-75.67	0.88	0.68	-0.2	-22.73
6 月下旬	24.43	5.25	-19.18	-78.51	0.92	0.68	-0.24	-26.09
7 月上旬	26.12	5.26	-20.86	-79.86	0.93	0.65	-0.28	-30.11
7 月中旬	19.41	5.26	-14.15	-72.90	0.86	0.65	-0.21	-24.42
7 月下旬	21.96	16.45	-5.51	-25.09	0.89	0.83	-0.06	-6.74
8 月上旬	57.7	55.19	-2.51	-4.35	1.14	1.13	-0.01	-0.88
8 月中旬	55.12	52.31	-2.81	-5.10	1.13	1.11	-0.02	-1.77
8 月下旬	51.89	49.17	-2.72	-5.24	1.11	1.1	-0.01	-0.90
9 月上旬	38.48	35.54	-2.94	-7.64	1.04	1.02	-0.02	-1.92
9 月中旬	35.27	32.33	-2.94	-8.34	1.02	0.99	-0.03	-2.94
9 月下旬	34.73	31.64	-3.09	-8.90	1.01	0.98	-0.03	-2.97
10 月上旬	32.83	29.9	-2.93	-8.92	1	0.97	-0.03	-3.00
10 月中旬	36.95	33.95	-3	-8.12	1.03	1.01	-0.02	-1.94
10 月下旬	22.27	19.65	-2.62	-11.76	0.89	0.87	-0.02	-2.25
11 月上旬	7.89	5.2	-2.69	-34.09	0.68	0.61	-0.07	-10.29
11 月中旬	10.09	7.83	-2.26	-22.40	0.73	0.68	-0.05	-6.85
11 月下旬	5.88	3.95	-1.93	-32.82	0.63	0.57	-0.06	-9.52
12 月上旬	4.63	2.15	-2.48	-53.56	0.59	0.5	-0.09	-15.25
12 月中旬	4.23	2.15	-2.08	-49.17	0.57	0.5	-0.07	-12.28
12 月下旬	3.86	2.15	-1.71	-44.30	0.56	0.5	-0.06	-10.71

表 6.2-20 建库前后坝下断面丰水年逐旬平均水深和水面宽变化表

旬	平均水深 (m)				水面宽 (m)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	0.27	0.25	-0.02	-7.41	17.2	16.3	-0.9	-5.23
1 月中旬	0.31	0.26	-0.05	-16.13	18.86	16.49	-2.37	-12.57
1 月下旬	0.29	0.26	-0.03	-10.34	17.81	16.61	-1.2	-6.74
2 月上旬	0.27	0.25	-0.02	-7.41	17.24	16.45	-0.79	-4.58
2 月中旬	0.24	0.24	0	0.00	15.94	15.79	-0.15	-0.94
2 月下旬	0.2	0.23	0.03	15.00	14.27	15.42	1.15	8.06
3 月上旬	0.22	0.23	0.01	4.55	14.84	15.32	0.48	3.23
3 月中旬	0.19	0.23	0.04	21.05	13.99	15.62	1.63	11.65
3 月下旬	0.2	0.23	0.03	15.00	14.08	15.32	1.24	8.81
4 月上旬	0.22	0.26	0.04	18.18	14.85	16.88	2.03	13.67
4 月中旬	0.21	0.28	0.07	33.33	14.64	17.35	2.71	18.51
4 月下旬	0.25	0.28	0.03	12.00	16.39	17.69	1.3	7.93
5 月上旬	0.22	0.29	0.07	31.82	14.92	18.12	3.2	21.45
5 月中旬	0.26	0.29	0.03	11.54	16.59	18.12	1.53	9.22
5 月下旬	0.42	0.29	-0.13	-30.95	21.12	18.12	-3	-14.20
6 月上旬	0.71	0.38	-0.33	-46.48	26.82	20.43	-6.39	-23.83
6 月中旬	0.83	0.38	-0.45	-54.22	29.35	20.43	-8.92	-30.39
6 月下旬	0.9	0.38	-0.52	-57.78	29.68	20.43	-9.25	-31.17
7 月上旬	0.94	0.39	-0.55	-58.51	29.84	20.64	-9.2	-30.83
7 月中旬	0.79	0.39	-0.4	-50.63	28.53	20.64	-7.89	-27.66
7 月下旬	0.84	0.73	-0.11	-13.10	29.46	27.23	-2.23	-7.57
8 月上旬	1.57	1.53	-0.04	-2.55	32.22	32.05	-0.17	-0.53
8 月中旬	1.53	1.48	-0.05	-3.27	32.04	31.85	-0.19	-0.59
8 月下旬	1.47	1.42	-0.05	-3.40	31.82	31.62	-0.2	-0.63
9 月上旬	1.2	1.14	-0.06	-5.00	30.8	30.57	-0.23	-0.75
9 月中旬	1.14	1.08	-0.06	-5.26	30.55	30.34	-0.21	-0.69
9 月下旬	1.12	1.06	-0.06	-5.36	30.51	30.28	-0.23	-0.75
10 月上旬	1.08	1.03	-0.05	-4.63	30.36	30.14	-0.22	-0.72
10 月中旬	1.17	1.11	-0.06	-5.13	30.68	30.45	-0.23	-0.75
10 月下旬	0.85	0.79	-0.06	-7.06	29.49	28.56	-0.93	-3.15
11 月上旬	0.51	0.41	-0.1	-19.61	22.79	20.94	-1.85	-8.12
11 月中旬	0.58	0.51	-0.07	-12.07	24.1	22.76	-1.34	-5.56
11 月下旬	0.44	0.35	-0.09	-20.45	21.43	19.89	-1.54	-7.19
12 月上旬	0.38	0.26	-0.12	-31.58	20.49	16.61	-3.88	-18.94
12 月中旬	0.37	0.26	-0.11	-29.73	20.17	16.6	-3.57	-17.70
12 月下旬	0.35	0.26	-0.09	-25.71	19.85	16.6	-3.25	-16.37

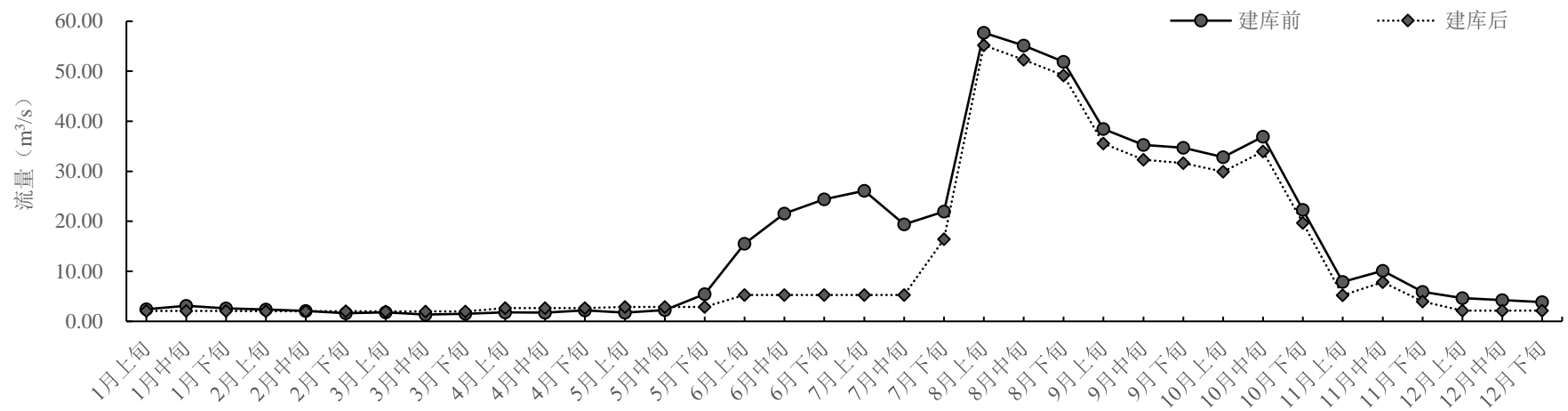


图 6.2-27 建库前后法白小河汇口断面丰水年逐旬流量变化图

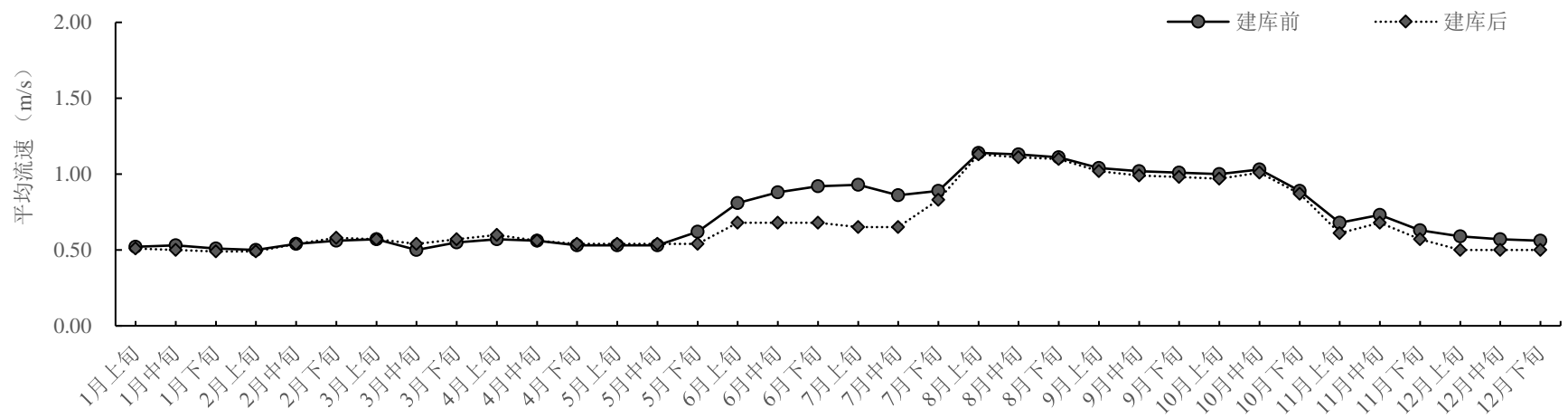


图 6.2-28 建库前后法白小河汇口断面丰水年逐旬平均流速变化

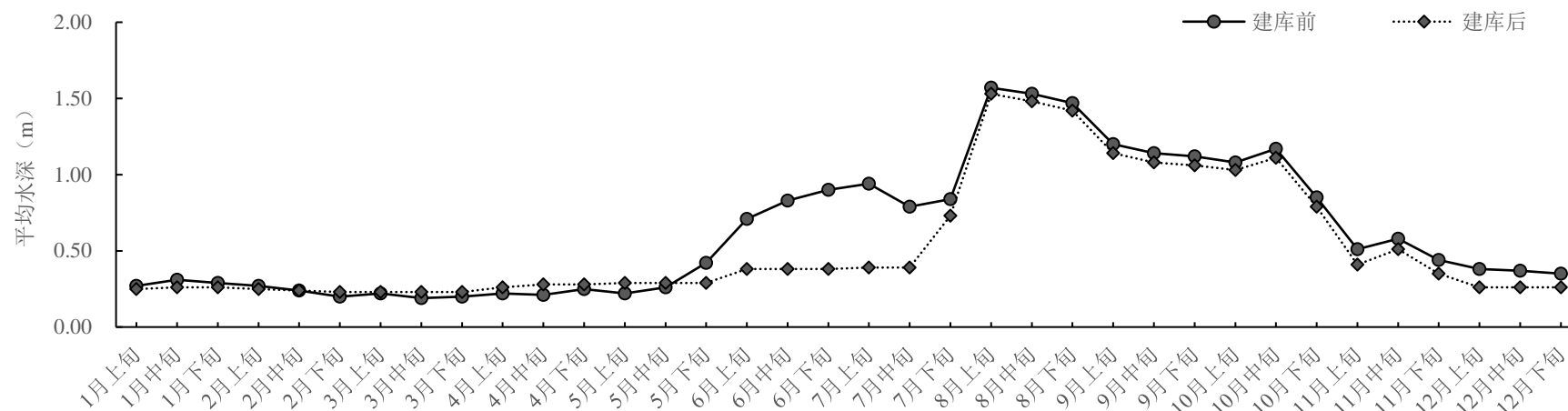


图 6.2-29 建库前后法白小河汇口断面丰水年逐旬平均水深变化图

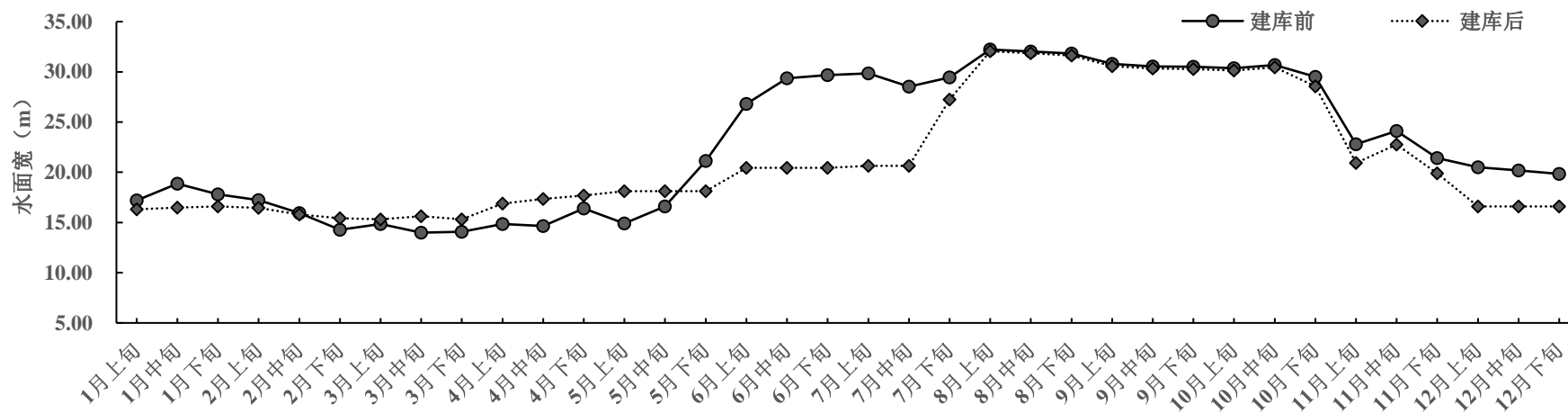


图 6.2-30 建库前后坝下断面丰水年逐旬水面宽变化图

② 平水年

平水年法白小河汇口断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化过程表见表 6.2-15 和表 6.2-16，变化过程图见图 6.2-15~图 6.2-22。

由表 6.2-15 和图 6.2-15 可知，建库后法白小河汇口断面出现一定幅度的增加和一定程度的减少，体现在 2 月上旬~5 月上旬流量增加，1 月、5 月中旬~12 月流量减少，其中流量增加最大值在 5 月上旬，为 $1.34\text{m}^3/\text{s}$ ，与建库前相比增幅变化率达 89.93%；流量减少最大发生在 6 月下旬，为 $20.19\text{m}^3/\text{s}$ ，减幅变化率为 80.01%。

由表 6.2-15 和图 6.2-20 可知，与流量变化规律较为一致，建库后坝下平均流速出现一定程度的增加和减少，体现在 2 月上旬~5 月上旬平均流速增加，1 月、5 月中旬~12 月平均流速减少，其中平均流速增加最大值在 5 月上旬，为 0.03 m/s ，增幅变化率达 6.67%，平均流速减少最大发生在 6 月下旬，为 0.25m/s ，平均流速减少变化率为 27.17%。

由表 6.2-16 和和图 6.2-21 可知，平均水深的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 2 月上旬~5 月上旬平均水深增加，1 月、5 月中旬~12 月平均水深减少，其中平均水深增加最大值在 5 月上旬，为 0.10m ，增幅变化率达 52.63%，平均水深减少最大发生在，为 0.55m ，减少变化率为 59.78%。

由表 6.2-16 和图 6.2-22 可知，水面宽的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 2 月上旬~5 月上旬增加，1 月、5 月中旬~12 月水面宽减少，其中水面宽增加最大值在 5 月上旬，为 4.05m ，增幅变化率达 28.95%，水面宽减少最大发生在 6 月下旬，为 9.66m ，减少变化率为 32.76%。

综上所述，建库后，平水年法白小河汇口断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化规律较为一致，表现在 2 月上旬~5 月上旬上述水文要素均呈增加趋势，1 月、5 月中旬~12 月上述水文要素均呈减少趋势，上述水文要素变化最大值均发生在 5 月上旬，减少最大值均发生在 6 月下旬。

表 6.2-21 建库前后 法白小河汇口断面平水年逐旬流量和平均流速变化表

旬	Q (m ³ /s)				平均流速 (m/s)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	2.06	2.07	0.01	0.49	0.51	0.51	0	0.00
1 月中旬	2.16	2.07	-0.09	-4.17	0.51	0.51	0	0.00
1 月下旬	2.11	2.07	-0.04	-1.90	0.51	0.51	0	0.00
2 月上旬	1.84	2.01	0.17	9.24	0.48	0.49	0.01	2.08
2 月中旬	1.67	2.01	0.34	20.36	0.48	0.49	0.01	2.08
2 月下旬	1.69	2.01	0.32	18.93	0.47	0.49	0.02	4.26
3 月上旬	1.94	1.97	0.03	1.55	0.47	0.48	0.01	2.13
3 月中旬	1.31	1.97	0.66	50.38	0.45	0.48	0.03	6.67
3 月下旬	1.48	1.97	0.49	33.11	0.46	0.48	0.02	4.35
4 月上旬	1.99	2.66	0.67	33.67	0.48	0.51	0.03	6.25
4 月中旬	2.23	2.66	0.43	19.28	0.49	0.51	0.02	4.08
4 月下旬	1.97	2.66	0.69	35.03	0.48	0.51	0.03	6.25
5 月上旬	1.49	2.83	1.34	89.93	0.55	0.54	-0.01	-1.82
5 月中旬	3.64	2.83	-0.81	-22.25	0.56	0.54	-0.02	-3.57
5 月下旬	4.39	2.83	-1.56	-35.54	0.59	0.54	-0.05	-8.47
6 月上旬	16.25	5.11	-11.14	-68.55	0.82	0.67	-0.15	-18.29
6 月中旬	17.94	5.11	-12.83	-71.52	0.84	0.67	-0.17	-20.24
6 月下旬	25.3	5.11	-20.19	-79.80	0.92	0.67	-0.25	-27.17
7 月上旬	18.04	4.44	-13.6	-75.39	0.85	0.65	-0.2	-23.53
7 月中旬	22.21	4.44	-17.77	-80.01	0.89	0.65	-0.24	-26.97
7 月下旬	25.87	11.49	-14.38	-55.59	0.93	0.75	-0.18	-19.35
8 月上旬	21.04	18.38	-2.66	-12.64	0.88	0.85	-0.03	-3.41
8 月中旬	24.85	21.9	-2.95	-11.87	0.92	0.89	-0.03	-3.26
8 月下旬	24.75	21.9	-2.85	-11.52	0.92	0.89	-0.03	-3.26
9 月上旬	27.33	24.25	-3.08	-11.27	0.94	0.91	-0.03	-3.19
9 月中旬	22.32	19.16	-3.16	-14.16	0.89	0.86	-0.03	-3.37
9 月下旬	20.97	17.75	-3.22	-15.36	0.88	0.84	-0.04	-4.55
10 月上旬	16.85	13.68	-3.17	-18.81	0.83	0.79	-0.04	-4.82
10 月中旬	13.44	10.19	-3.25	-24.18	0.78	0.73	-0.05	-6.41
10 月下旬	11.82	9.02	-2.8	-23.69	0.76	0.71	-0.05	-6.58
11 月上旬	4.04	3.81	-0.23	-5.69	0.57	0.56	-0.01	-1.75
11 月中旬	4.03	3.71	-0.32	-7.94	0.57	0.56	-0.01	-1.75
11 月下旬	4.06	3.81	-0.25	-6.16	0.57	0.56	-0.01	-1.75
12 月上旬	2.34	2.05	-0.29	-12.39	0.51	0.5	-0.01	-1.96
12 月中旬	2.43	2.05	-0.38	-15.64	0.51	0.5	-0.01	-1.96
12 月下旬	2.13	2.05	-0.08	-3.76	0.5	0.5	0	0.00

表 6.2-22 建库前后法白小河汇口断面平水年逐旬平均水深和水面宽变化表

旬	平均水深 (m)				水面宽 (m)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	0.25	0	0.00	0.25	16.28	16.3	0.02	0.12
1 月中旬	0.25	-0.01	-3.85	0.25	16.55	16.31	-0.24	-1.45
1 月下旬	0.25	0	0.00	0.25	16.41	16.31	-0.1	-0.61
2 月上旬	0.25	0.01	4.17	0.25	15.87	16.37	0.5	3.15
2 月中旬	0.25	0.02	8.70	0.25	15.37	16.37	1	6.51
2 月下旬	0.25	0.02	8.70	0.25	15.45	16.37	0.92	5.95
3 月上旬	0.25	0	0.00	0.25	16.3	16.36	0.06	0.37
3 月中旬	0.25	0.05	25.00	0.25	14.34	16.36	2.02	14.09
3 月下旬	0.25	0.03	13.64	0.25	14.92	16.36	1.44	9.65
4 月上旬	0.29	0.04	16.00	0.29	16.35	17.96	1.61	9.85
4 月中旬	0.29	0.02	7.41	0.29	17	17.97	0.97	5.71
4 月下旬	0.29	0.04	16.00	0.29	16.32	17.97	1.65	10.11
5 月上旬	0.29	0.1	52.63	0.29	13.99	18.04	4.05	28.95
5 月中旬	0.29	-0.04	-12.12	0.29	19.58	18.04	-1.54	-7.87
5 月下旬	0.29	-0.08	-21.62	0.29	20.24	18.04	-2.2	-10.87
6 月上旬	0.37	-0.36	-49.32	0.37	27.15	20.33	-6.82	-25.12
6 月中旬	0.37	-0.39	-51.32	0.37	27.88	20.33	-7.55	-27.08
6 月下旬	0.37	-0.55	-59.78	0.37	29.76	20.33	-9.43	-31.69
7 月上旬	0.35	-0.41	-53.95	0.35	27.92	19.83	-8.09	-28.98
7 月中旬	0.35	-0.5	-58.82	0.35	29.49	19.83	-9.66	-32.76
7 月下旬	0.62	-0.32	-34.04	0.62	29.81	24.86	-4.95	-16.61
8 月上旬	0.77	-0.05	-6.10	0.77	29.13	28.06	-1.07	-3.67
8 月中旬	0.84	-0.07	-7.69	0.84	29.72	29.46	-0.26	-0.87
8 月下旬	0.84	-0.07	-7.69	0.84	29.71	29.46	-0.25	-0.84
9 月上旬	0.9	-0.07	-7.22	0.9	29.94	29.67	-0.27	-0.90
9 月中旬	0.79	-0.06	-7.06	0.79	29.5	28.39	-1.11	-3.76
9 月下旬	0.76	-0.06	-7.32	0.76	29.1	27.8	-1.3	-4.47
10 月上旬	0.67	-0.07	-9.46	0.67	27.41	25.96	-1.45	-5.29
10 月中旬	0.58	-0.08	-12.12	0.58	25.85	24.15	-1.7	-6.58
10 月下旬	0.54	-0.08	-12.90	0.54	25.03	23.48	-1.55	-6.19
11 月上旬	0.34	-0.01	-2.86	0.34	19.97	19.76	-0.21	-1.05
11 月中旬	0.34	-0.01	-2.86	0.34	19.96	19.67	-0.29	-1.45
11 月下旬	0.34	-0.01	-2.86	0.34	19.98	19.76	-0.22	-1.10
12 月上旬	0.25	-0.02	-7.41	0.25	17.08	16.36	-0.72	-4.22
12 月中旬	0.25	-0.02	-7.41	0.25	17.31	16.35	-0.96	-5.55
12 月下旬	0.25	-0.01	-3.85	0.25	16.58	16.35	-0.23	-1.39

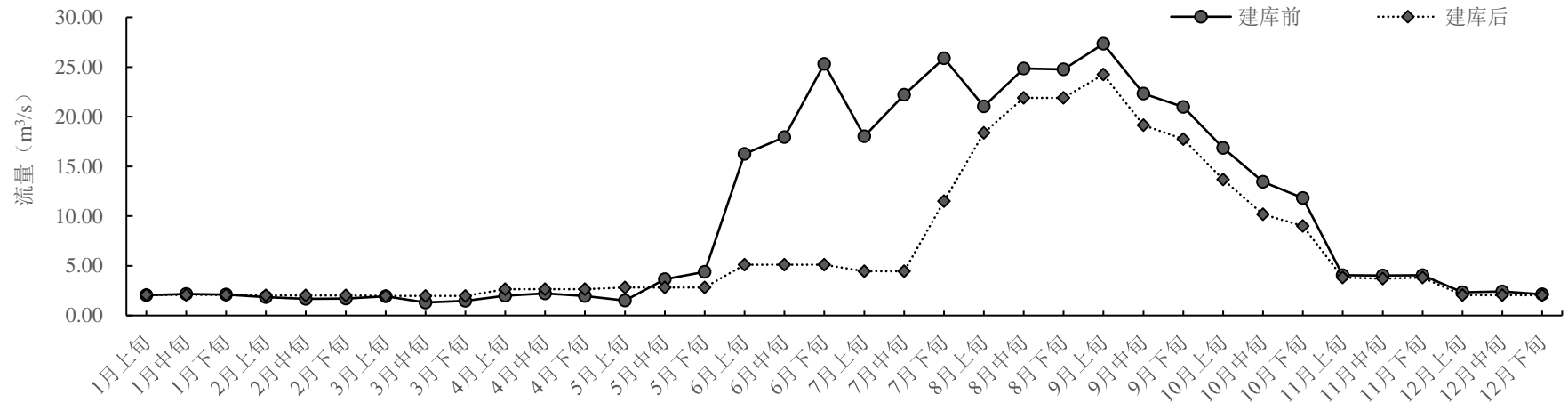


图 6.2-31 建库前后法白小河汇口断面平水年逐旬流量变化图

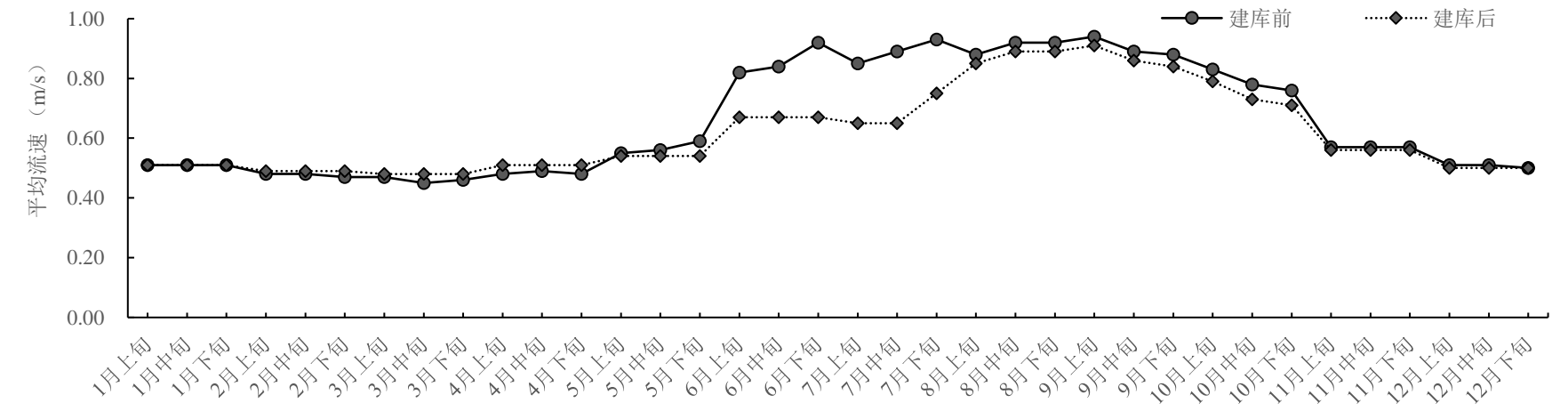


图 6.2-32 建库前后法白小河汇口断面平水年逐旬平均流速变化

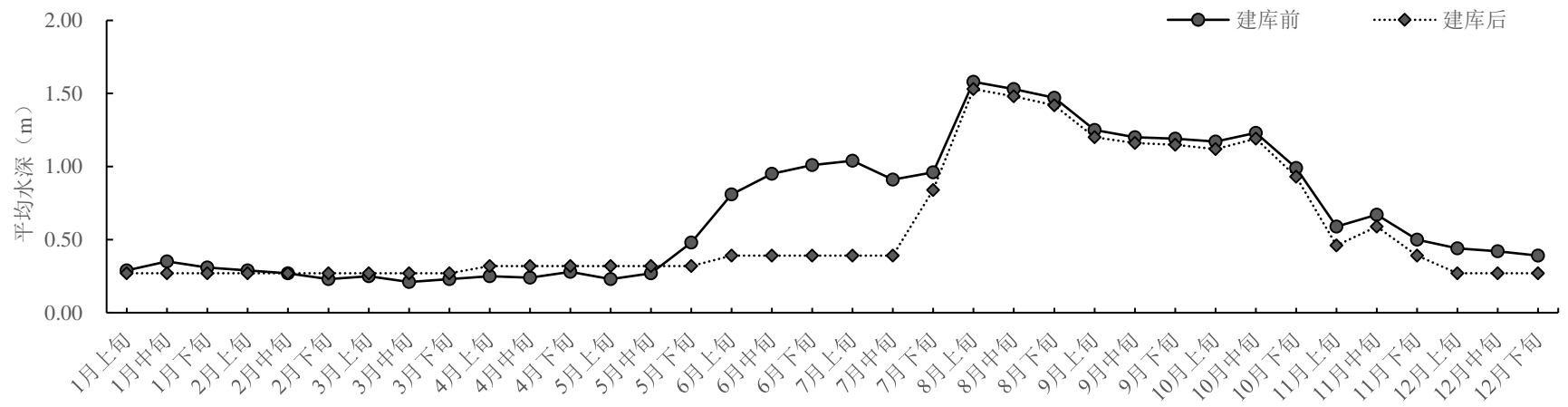


图 6.2-33 建库前后法白小河汇口断面平水年逐旬平均水深变化

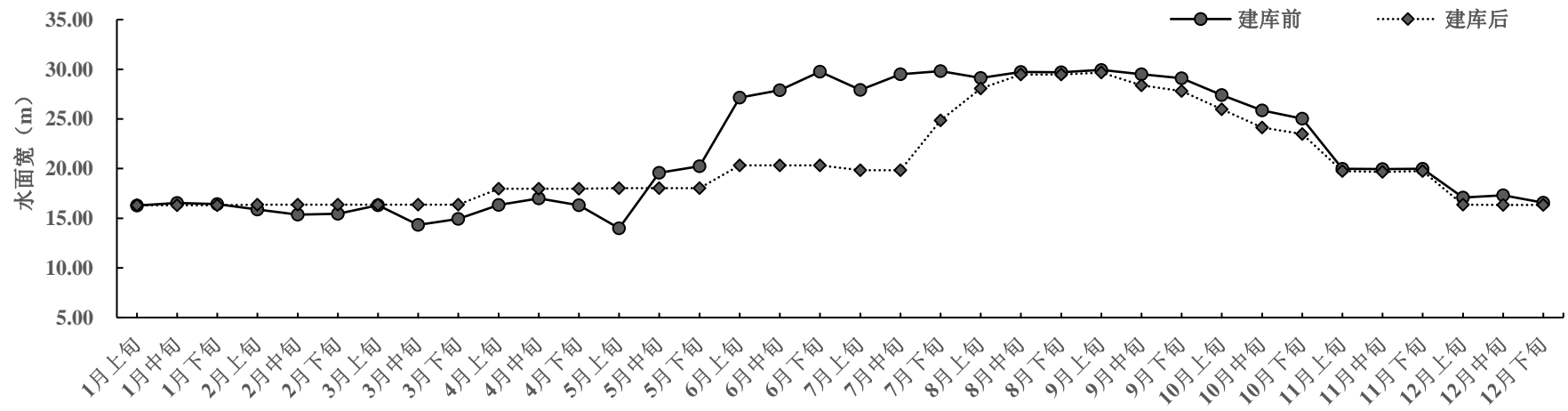


图 6.2-34 建库前后法白小河汇口断面平水年逐旬水面宽变化

③ 枯水年

枯水年坝下断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化过程表见表 6.2-23 和表 6.2-24，变化过程图见图 6.2-35~图 6.2-38。

由表 6.2-23 和图 6.2-35 可知，建库后法白小河汇口断面流量出现一定幅度的增加和一定程度的减少，体现在 1 月~5 月、12 月流量增加，6~11 月流量减少，其中流量增加最大值在 4 月下旬，为 $1.49 \text{ m}^3/\text{s}$ ，与建库前相比增幅变化率达 134.23%；流量减少最大发生在 8 月中旬，为 $25.22 \text{ m}^3/\text{s}$ ，减幅变化率为 86.16%。

由表 6.2-23 和图 6.2-36 可知，与流量变化规律较为一致，建库后法白小河汇口断面平均流速出现一定程度的增加和减少，体现在 1 月~5 月、12 月平均流速增加，6~11 月平均流速减少，其中平均流速增加最大值在 4 月下旬，为 0.07 m/s ，增幅变化率达 16.28%，平均流速减少最大发生在 8 月中旬，为 0.36 m/s ，平均流速减少变化率为 37.50%。

由表 6.2-24 和图 6.2-37 可知，平均水深的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 1 月~5 月、12 月平均水深增加，6~11 月平均水深减少，其中平均水深增加最大值 4 月下旬，为 0.10 m ，增幅变化率达 52.63%，平均水深减少最大发生在 8 月中旬，为 0.67 m ，减少变化率为 66.34%。

由表 6.2-24 和图 6.2-38 可知，水面宽的变化规律与流量变化规律较为一致，体现在 1 月~5 月、12 月上旬增加，6~11 月水面宽减少，其中水面宽增加最大值 4 月下旬，为 4.22 m ，增幅变化率达 30.67%，水面宽减少最大发生在 8 月中旬，为 10.30 m ，减少变化率为 34.23%。

综上所述，建库后，枯水年坝下断面流量、平均流速、平均水深、水面宽等水文要素变化规律较为一致，表现在 1 月~5 月、12 月上旬上述水文要素均呈增加趋势，6~11 月上述水文要素均呈减少趋势，上述水文要素变化最大值均发生在 4 月下旬，减少最大值均发生在 8 月中旬。

表 6.2-23 建库前后法白小河汇口断面枯水年逐旬流量和平均流速变化表

旬	Q (m ³ /s)				平均流速 (m/s)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1月上旬	1.72	1.97	0.25	14.53	0.47	0.48	0.01	2.13
1月中旬	1.87	1.97	0.1	5.35	0.47	0.48	0.01	2.13
1月下旬	1.59	1.97	0.38	23.90	0.46	0.48	0.02	4.35
2月上旬	1.51	1.93	0.42	27.81	0.45	0.47	0.02	4.44
2月中旬	1.77	1.93	0.16	9.04	0.46	0.47	0.01	2.17
2月下旬	1.41	1.93	0.52	36.88	0.44	0.47	0.03	6.82
3月上旬	1.46	1.91	0.45	30.82	0.44	0.46	0.02	4.55
3月中旬	1.25	1.91	0.66	52.80	0.43	0.46	0.03	6.98
3月下旬	1.13	1.91	0.78	69.03	0.42	0.46	0.04	9.52
4月上旬	1.27	2.6	1.33	104.72	0.43	0.5	0.07	16.28
4月中旬	1.37	2.6	1.23	89.78	0.44	0.5	0.06	13.64
4月下旬	1.11	2.6	1.49	134.23	0.43	0.5	0.07	16.28
5月上旬	1.18	2.66	1.48	125.42	0.45	0.51	0.06	13.33
5月中旬	1.74	2.66	0.92	52.87	0.47	0.51	0.04	8.51
5月下旬	2.3	2.66	0.36	15.65	0.49	0.51	0.02	4.08
6月上旬	7.28	4.37	-2.91	-39.97	0.68	0.64	-0.04	-5.88
6月中旬	7.84	4.37	-3.47	-44.26	0.69	0.64	-0.05	-7.25
6月下旬	7.53	4.37	-3.16	-41.97	0.68	0.64	-0.04	-5.88
7月上旬	7.77	4.01	-3.76	-48.39	0.68	0.59	-0.09	-13.24
7月中旬	15.1	4.01	-11.09	-73.44	0.81	0.59	-0.22	-27.16
7月下旬	15.16	4.01	-11.15	-73.55	0.81	0.59	-0.22	-27.16
8月上旬	10.67	4.05	-6.62	-62.04	0.74	0.6	-0.14	-18.92
8月中旬	29.27	4.05	-25.22	-86.16	0.96	0.6	-0.36	-37.50
8月下旬	22.15	4.05	-18.1	-81.72	0.89	0.6	-0.29	-32.58
9月上旬	15.14	3.85	-11.29	-74.57	0.81	0.57	-0.24	-29.63
9月中旬	11.26	3.85	-7.41	-65.81	0.75	0.57	-0.18	-24.00
9月下旬	9.92	3.85	-6.07	-61.19	0.72	0.57	-0.15	-20.83
10月上旬	9.46	3.82	-5.64	-59.62	0.72	0.56	-0.16	-22.22
10月中旬	9.87	3.82	-6.05	-61.30	0.72	0.56	-0.16	-22.22
10月下旬	8.32	3.82	-4.5	-54.09	0.69	0.56	-0.13	-18.84
11月上旬	3.03	2.73	-0.3	-9.90	0.54	0.53	-0.01	-1.85
11月中旬	2.75	2.53	-0.22	-8.00	0.53	0.52	-0.01	-1.89
11月下旬	2.54	2.33	-0.21	-8.27	0.52	0.52	0	0.00
12月上旬	1.63	2.03	0.4	24.54	0.48	0.49	0.01	2.08
12月中旬	1.61	2.03	0.42	26.09	0.48	0.49	0.01	2.08
12月下旬	1.71	2.03	0.32	18.71	0.49	0.49	0	0.00

表 6.2-24 建库前后法白小河汇口断面枯水年逐旬平均水深和水面宽变化表

旬	平均水深 (m)				水面宽 (m)			
	建库前	建库后	变化值	变化率%	建库前	建库后	变化值	变化率%
1 月上旬	0.24	0.25	0.01	4.17	15.66	16.37	0.71	4.53
1 月中旬	0.25	0.25	0	0.00	16.07	16.37	0.3	1.87
1 月下旬	0.23	0.25	0.02	8.70	15.27	16.37	1.1	7.20
2 月上旬	0.22	0.25	0.03	13.64	15.14	16.35	1.21	7.99
2 月中旬	0.24	0.25	0.01	4.17	15.92	16.35	0.43	2.70
2 月下旬	0.21	0.25	0.04	19.05	14.82	16.35	1.53	10.32
3 月上旬	0.22	0.25	0.03	13.64	15.04	16.35	1.31	8.71
3 月中旬	0.2	0.25	0.05	25.00	14.36	16.35	1.99	13.86
3 月下旬	0.19	0.25	0.06	31.58	13.9	16.35	2.45	17.63
4 月上旬	0.2	0.29	0.09	45.00	14.36	17.98	3.62	25.21
4 月中旬	0.21	0.29	0.08	38.10	14.72	17.98	3.26	22.15
4 月下旬	0.19	0.29	0.1	52.63	13.76	17.98	4.22	30.67
5 月上旬	0.19	0.29	0.1	52.63	13.79	18	4.21	30.53
5 月中旬	0.24	0.29	0.05	20.83	15.68	18	2.32	14.80
5 月下旬	0.27	0.29	0.02	7.41	17.17	18	0.83	4.83
6 月上旬	0.48	0.35	-0.13	-27.08	22.27	19.83	-2.44	-10.96
6 月中旬	0.5	0.35	-0.15	-30.00	22.65	19.83	-2.82	-12.45
6 月下旬	0.49	0.35	-0.14	-28.57	22.45	19.83	-2.62	-11.67
7 月上旬	0.5	0.34	-0.16	-32.00	22.72	19.8	-2.92	-12.85
7 月中旬	0.7	0.34	-0.36	-51.43	26.62	19.8	-6.82	-25.62
7 月下旬	0.7	0.34	-0.36	-51.43	26.65	19.8	-6.85	-25.70
8 月上旬	0.59	0.34	-0.25	-42.37	24.42	19.79	-4.63	-18.96
8 月中旬	1.01	0.34	-0.67	-66.34	30.09	19.79	-10.3	-34.23
8 月下旬	0.84	0.34	-0.5	-59.52	29.48	19.79	-9.69	-32.87
9 月上旬	0.7	0.34	-0.36	-51.43	26.64	19.77	-6.87	-25.79
9 月中旬	0.61	0.34	-0.27	-44.26	24.75	19.77	-4.98	-20.12
9 月下旬	0.57	0.34	-0.23	-40.35	24	19.77	-4.23	-17.63
10 月上旬	0.56	0.34	-0.22	-39.29	23.73	19.76	-3.97	-16.73
10 月中旬	0.57	0.34	-0.23	-40.35	23.97	19.76	-4.21	-17.56
10 月下旬	0.52	0.34	-0.18	-34.62	23.06	19.76	-3.3	-14.31
11 月上旬	0.3	0.29	-0.01	-3.33	18.6	17.94	-0.66	-3.55
11 月中旬	0.29	0.28	-0.01	-3.45	17.98	17.45	-0.53	-2.95
11 月下旬	0.28	0.27	-0.01	-3.57	17.48	16.96	-0.52	-2.97
12 月上旬	0.22	0.25	0.03	13.64	15.15	16.34	1.19	7.85
12 月中旬	0.22	0.25	0.03	13.64	15.08	16.34	1.26	8.36
12 月下旬	0.23	0.25	0.02	8.70	15.39	16.34	0.95	6.17

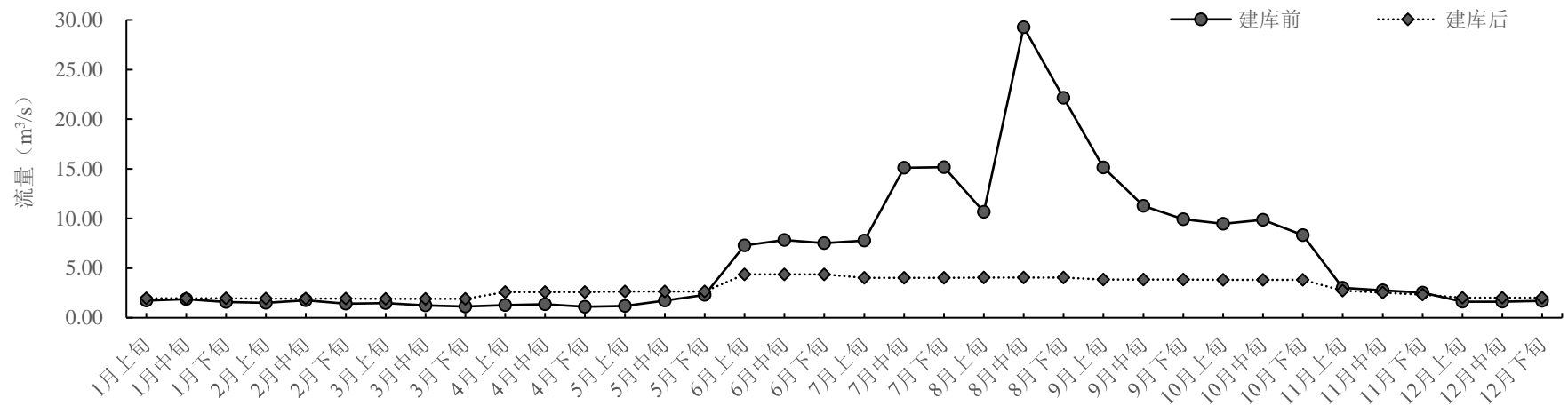


图 6.2-35 建库前后法白小河汇口断面枯水年逐旬流量变化图

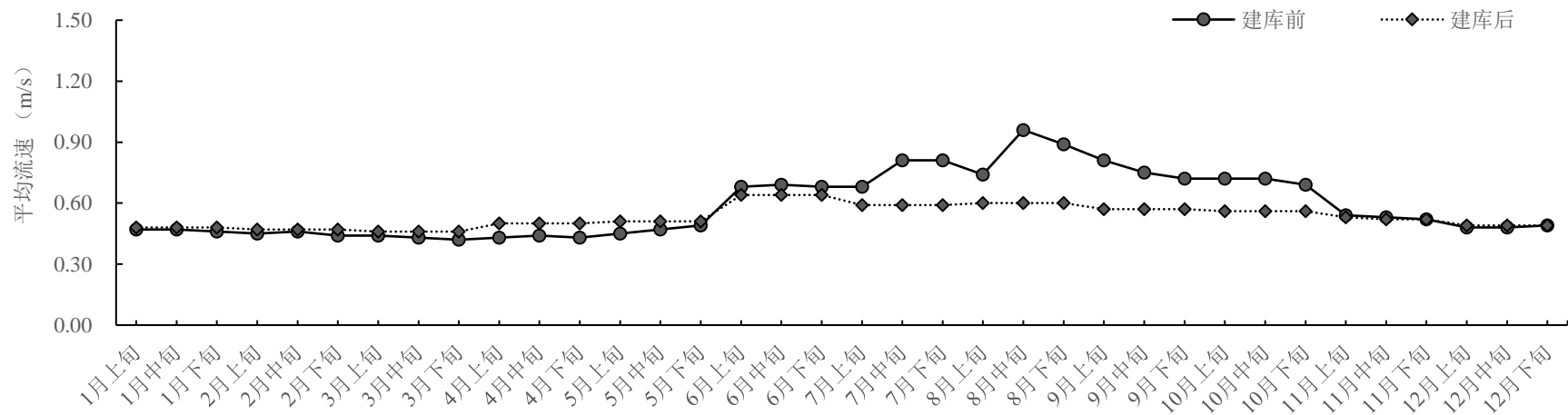


图 6.2-36 建库前后法白小河汇口断面枯水年逐旬平均流速变化

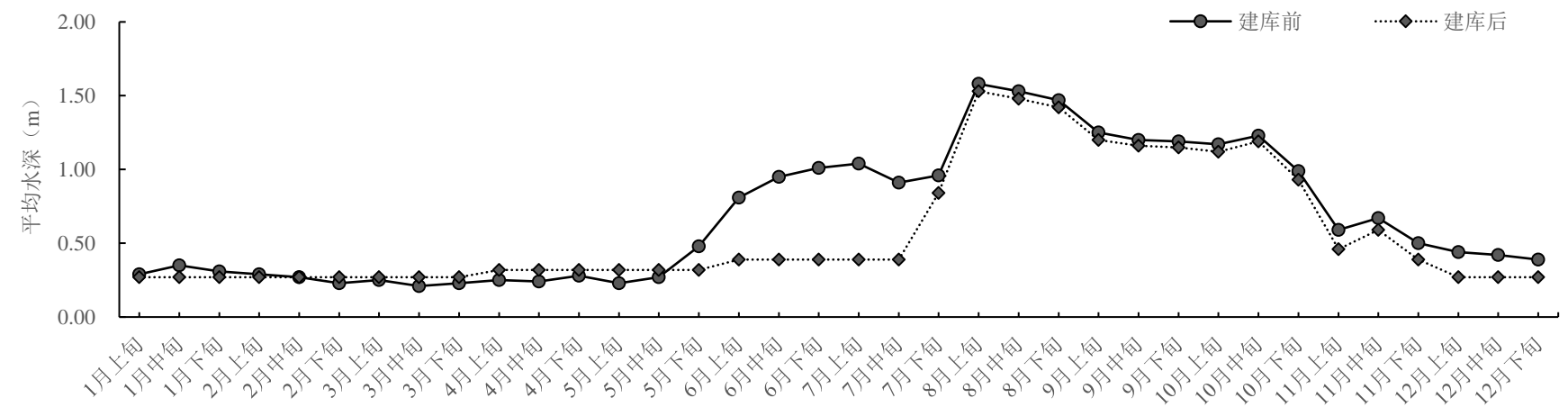


图 6.2-37 建库前后法白小河汇口断面枯水年逐旬平均水深变化

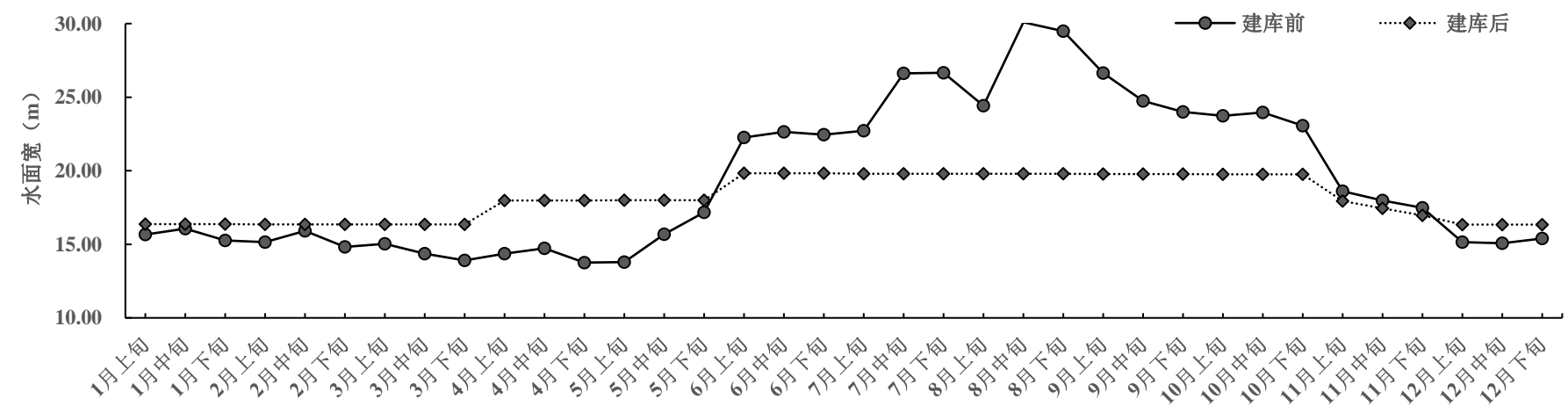


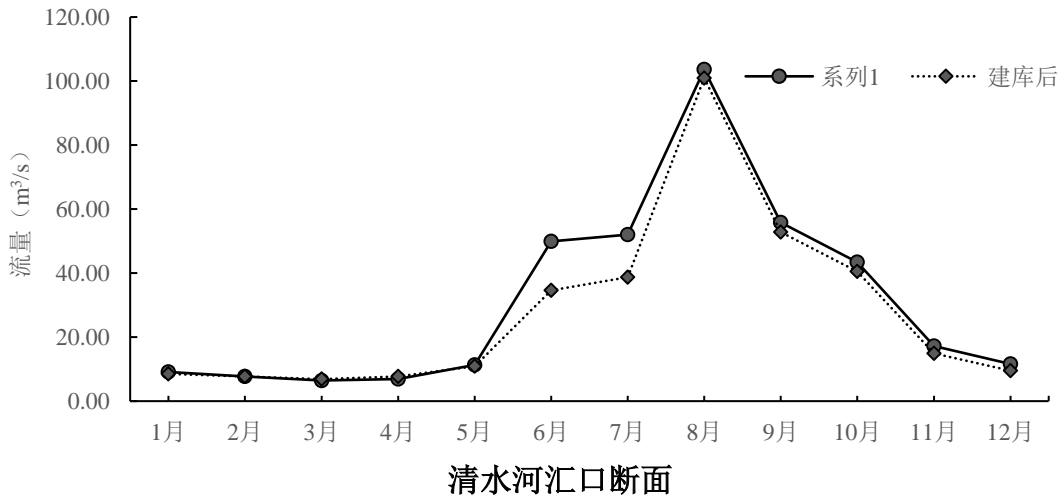
图 6.2-38 建库前后法白小河汇口断面枯水年逐旬水面宽变化

(2)清水河汇口~清水江河口段水文情势变化

① 丰水年沿程流量变化

表 6.2-25 给出了丰水年清水河汇口段~清水江汇口断面逐月流量变化过程,图 6.2-39 给出了丰水年坝下断面~清水江汇口断面逐月流量变化图。由表 6.2-25 可知,清水河汇口断面流量变幅在 -30.59%~10.94%、者莫河汇口断面流量变幅在 -27.82%~9.74%、石葵河汇口断面流量变幅在 -24.82%~8.31%、清水江汇口断面流量变幅在 -8.54%~2.48%。从断面流量变化来看,坝下支流的沿程汇入一定程度上缓解了水库建带来的不利影响。

四处断面总体变化规律较为一致,体现为 1 月、2 月、5~12 月流量减少,丰水期 6 月减少最大,减少最大值为 15.26m³/s,清水河汇口~清水江河口减少变化率-30.59%、-27.82%、-24.32%、-8.54%; 3 月、4 月流量增加,4 月流量增加最大,增加最大值为 0.76 m³/s,清水河汇口段~清水江河口增加变化率 10.94%、9.74%、8.31%、2.46%。从各月流量变化幅度及变化率来看,水库具有一定的蓄丰补枯作用,枯水期三月流量较现状增加。



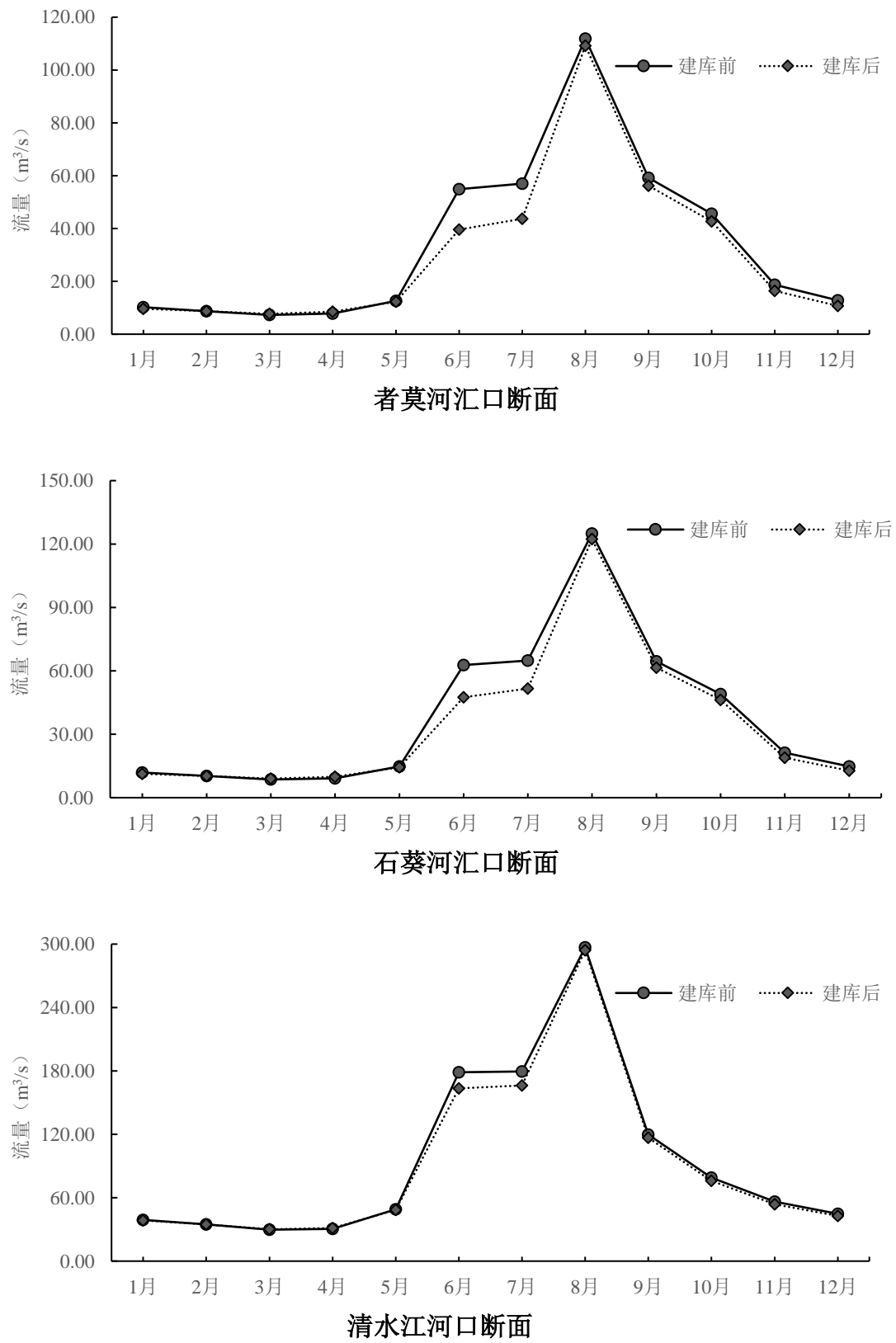


图 6.2-39 丰水年清水河汇口~清水江河口断面逐月流量变化过程图

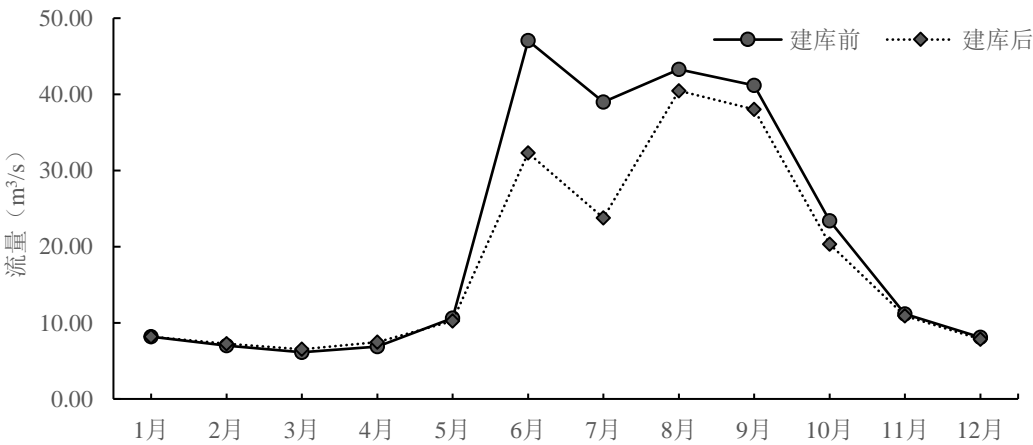
表 6.2-25 清水河汇口~清水江河口典型断面建库前后逐月流量沿程变化情况(丰水年)

断面名称	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
清水河汇入断面	建库前	9.12	7.74	6.45	6.94	11.27	49.87	51.99	103.60	55.85	43.38	17.18	11.58
	建库后	8.51	7.74	6.88	7.70	10.92	34.62	38.75	100.92	52.86	40.53	14.89	9.51
	变化值	-0.62	0.00	0.42	0.76	-0.34	-15.26	-13.25	-2.68	-2.99	-2.85	-2.29	-2.07
	变化率(%)	-6.76	-0.03	6.56	10.94	-3.04	-30.59	-25.48	-2.59	-5.35	-6.56	-13.34	-17.91
者莫河汇入断面	建库前	10.21	8.71	7.28	7.80	12.63	54.85	57.00	111.87	59.18	45.58	18.74	12.83
	建库后	9.60	8.71	7.71	8.56	12.29	39.59	43.75	109.19	56.20	42.73	16.45	10.75
	变化值	-0.62	0.00	0.42	0.76	-0.34	-15.26	-13.25	-2.68	-2.99	-2.85	-2.29	-2.07
	变化率(%)	-6.04	-0.03	5.81	9.74	-2.71	-27.82	-23.24	-2.39	-5.05	-6.25	-12.23	-16.17
石葵河汇入断面	建库前	11.93	10.24	8.59	9.15	14.79	62.73	64.92	124.97	64.47	49.06	21.22	14.80
	建库后	11.32	10.23	9.02	9.90	14.45	47.47	51.67	122.29	61.48	46.21	18.93	12.73
	变化值	-0.62	0.00	0.42	0.76	-0.34	-15.26	-13.25	-2.68	-2.99	-2.85	-2.29	-2.07
	变化率(%)	-5.17	-0.02	4.93	8.31	-2.32	-24.32	-20.41	-2.14	-4.63	-5.80	-10.80	-14.02
清水江河口断面	建库前	39.05	34.66	29.73	30.59	48.98	178.65	179.57	296.89	119.80	78.89	56.15	44.76
	建库后	38.43	34.66	30.16	31.35	48.64	163.39	166.32	294.21	116.81	76.04	53.86	42.69
	变化值	-0.62	0.00	0.42	0.76	-0.34	-15.26	-13.25	-2.68	-2.99	-2.85	-2.29	-2.07
	变化率(%)	-1.58	-0.01	1.42	2.48	-0.70	-8.54	-7.38	-0.90	-2.49	-3.61	-4.08	-4.64
各断面流量变化值	变化量(m ³ /s)	-0.62	0.00	0.42	0.76	-0.34	-15.26	-13.25	-2.68	-2.99	-2.85	-2.29	-2.07

② 平水年沿程流量变化

表 6.2-26 给出了平水年清水河汇口段~清水江汇口断面逐月流量变化过程,图 6.2-40 给出了平水年清水河汇口段~清水江汇口断面逐月流量变化图。由表 6.2-26 可知,清水河汇口断面流量变幅在-39.04%~8.74%、者莫河汇口断面流量变幅在-36.38%~7.82%、石葵河汇口断面流量变幅在-32.83%~6.69%、清水江汇口断面流量变幅在-14.87%~2.05%。从断面流量变化来看,坝下支流的沿程汇入一定程度上缓解了水库建带来的不利影响。

四处断面总体变化规律较为一致,体现为 1 月、5~12 月流量减少,丰水期 7 月减少最大,减少最大值为 15.22m³/s,从清水河汇口段~清水江河口减少变化率-39.04%、-36.38%、-32.83%、-14.87%; 2~4 月流量增加,4 月流量增加最大,增加最大值为 0.6 m³/s,从清水河汇口段~清水江河口增加变化率 8.74%、7.82%、6.69%、2.05%。与丰水年相比,水库的蓄丰补枯作用较明显,枯水期 2 月~4 月坝下流量较现状年增加。



清水河汇口断面

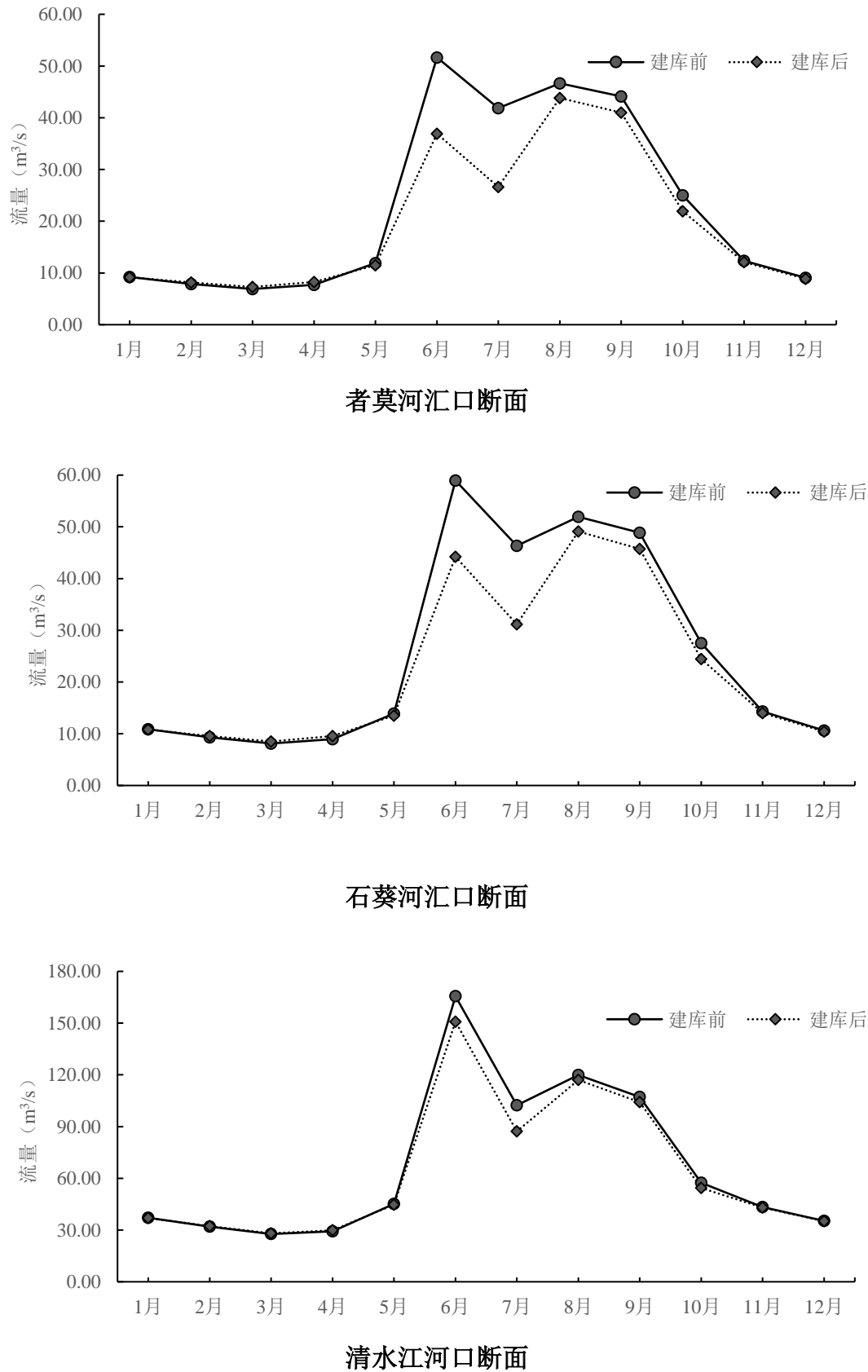


图 6.2-40 平水年清水河汇口~清水江河口断面逐月流量变化过程图

表 6.2-26

清水河汇口~清水江河口典型断面建库前后逐月流量沿程变化情况(平水年)

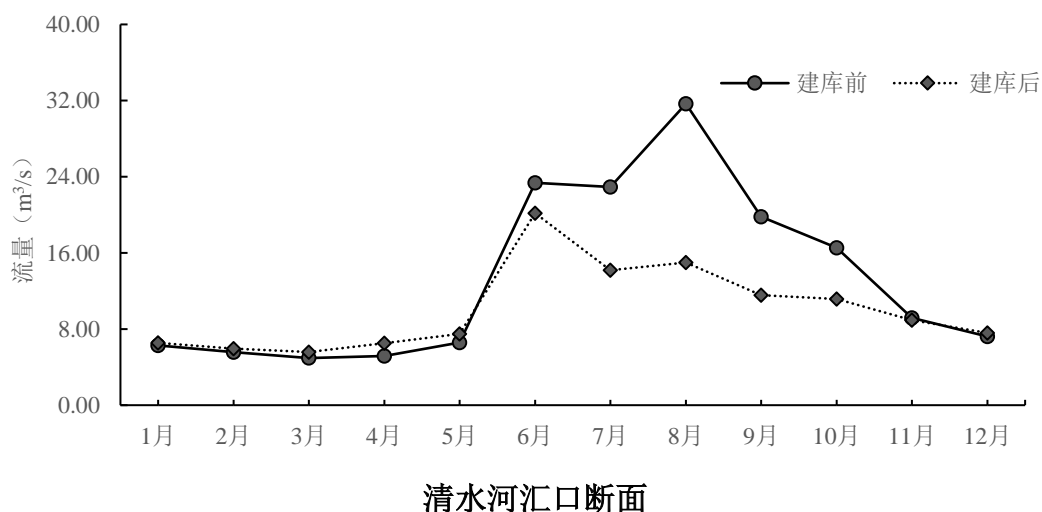
断面名称	项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
清水河汇入断面	建库前	8.20	6.99	6.13	6.87	10.63	47.04	38.99	43.29	41.17	23.39	11.16	8.11
	建库后	8.16	7.27	6.52	7.47	10.25	32.32	23.77	40.47	38.01	20.33	10.90	7.86
	变化值	-0.04	0.27	0.39	0.60	-0.38	-14.72	-15.22	-2.82	-3.15	-3.06	-0.27	-0.25
	变化率(%)	-0.47	3.93	6.40	8.74	-3.59	-31.28	-39.04	-6.52	-7.66	-13.09	-2.40	-3.04
者莫河汇入断面	建库前	9.23	7.88	6.90	7.68	11.89	51.65	41.85	46.63	44.15	24.99	12.37	9.09
	建库后	9.19	8.16	7.29	8.29	11.51	36.94	26.62	43.81	41.00	21.93	12.10	8.84
	变化值	-0.04	0.27	0.39	0.60	-0.38	-14.72	-15.22	-2.82	-3.15	-3.06	-0.27	-0.25
	变化率(%)	-0.42	3.48	5.69	7.82	-3.21	-28.49	-36.38	-6.05	-7.14	-12.26	-2.16	-2.71
石葵河汇入断面	建库前	10.86	9.29	8.12	8.97	13.88	58.96	46.36	51.92	48.88	27.52	14.28	10.65
	建库后	10.82	9.57	8.52	9.58	13.50	44.24	31.14	49.10	45.73	24.46	14.01	10.40
	变化值	-0.04	0.27	0.39	0.60	-0.38	-14.72	-15.22	-2.82	-3.15	-3.06	-0.27	-0.25
	变化率(%)	-0.35	2.95	4.83	6.69	-2.75	-24.96	-32.83	-5.44	-6.45	-11.13	-1.87	-2.31
清水江河口断面	建库前	37.05	31.95	27.70	29.25	45.14	165.56	102.41	119.89	107.24	57.36	43.32	35.35
	建库后	37.01	32.23	28.09	29.85	44.76	150.84	87.18	117.07	104.08	54.30	43.05	35.10
	变化值	-0.04	0.27	0.39	0.60	-0.38	-14.72	-15.22	-2.82	-3.15	-3.06	-0.27	-0.25
	变化率(%)	-0.10	0.86	1.42	2.05	-0.85	-8.89	-14.87	-2.35	-2.94	-5.34	-0.62	-0.70
各断面流量变化值	变化量(m ³ /s)	-0.04	0.27	0.39	0.60	-0.38	-14.72	-15.22	-2.82	-3.15	-3.06	-0.27	-0.25

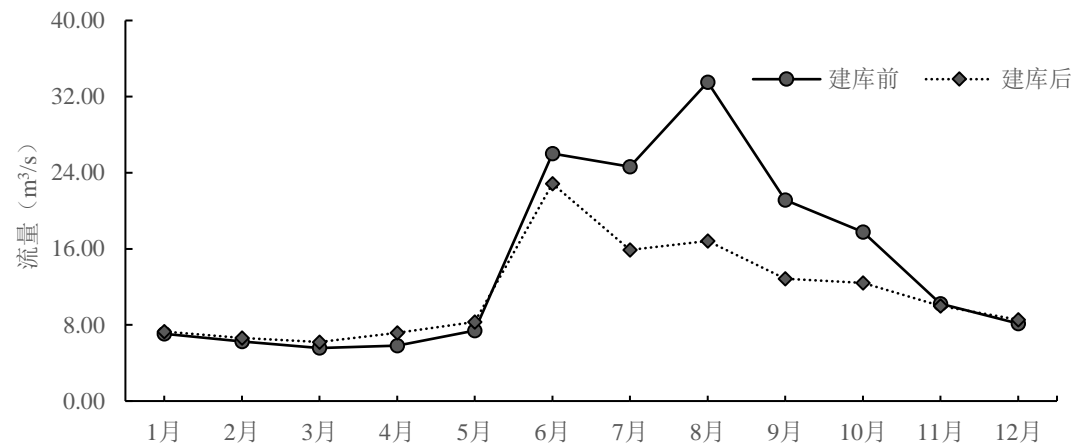
③ 枯水年沿程流量变化

表 6.2-27 给出了枯水年清水河汇口段~清水江汇口断面逐月流量变化过程,图 6.2-41 给出了枯水年清水河汇口段~清水江汇口断面逐月流量变化图。由表 6.2-27 可知,清水河汇口断面流量变幅在-52.71%~26.27%、者莫河汇口断面流量变幅在-49.79%~23.28%、石葵河汇口断面流量变幅在-45.79%~19.72%、清水江汇口断面流量变幅在-25.12%~5.7%。从断面流量变化来看,坝下支流的沿程汇入一定程度上缓解了水库建带来的不利影响。

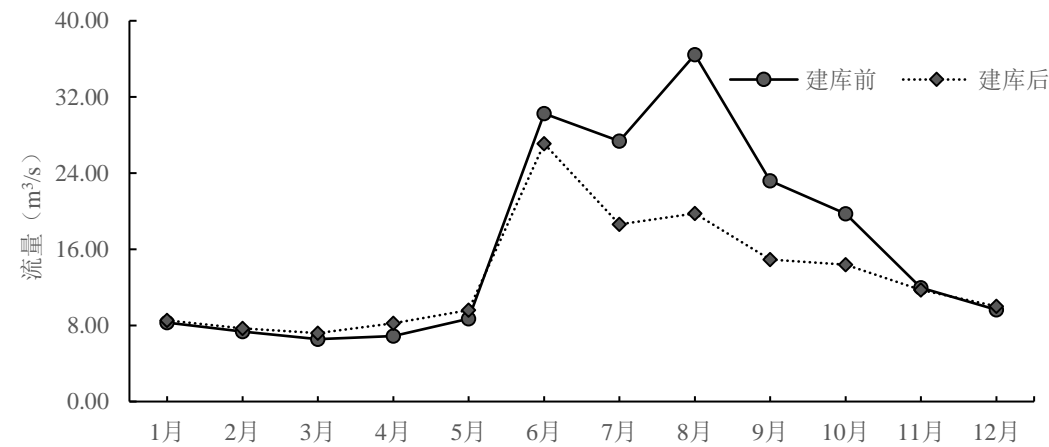
四处断面总体变化规律较为一致,体现为 6~12 月流量减少,丰水期 8 月减少最大,减少最大值为 $16.69\text{m}^3/\text{s}$,清水河汇口段~清水江河口断面流量变化率为-52.71%、-49.79%、-45.79%、-25.12%; 1~5 月流量增加,4 月流量增加最大,增加最大值为 $1.35\text{m}^3/\text{s}$,清水河汇口段~清水江河口断面流量变化率为 26.27%、23.28%、19.72%、5.70%。与丰、平水年相比,枯水年蓄丰补枯作用更明显,枯水期 1~4 月和平水期 5 月流量相比增加较明显。

综上分析,清水河水库运行后,水库具有一定程度的蓄丰补枯作用,丰、平、枯典型年清水河汇口河段均出现不同程度减水和一定程度的增水,尤其枯水年,坝下流量增加月份几乎和减少月份相当。清水河水库调节运行对水文情势的影响主要集中在坝址~清水河汇入河段,随着坝下最大支流清水河的入汇,水文情势的不利影响可得到一定程度的缓解。

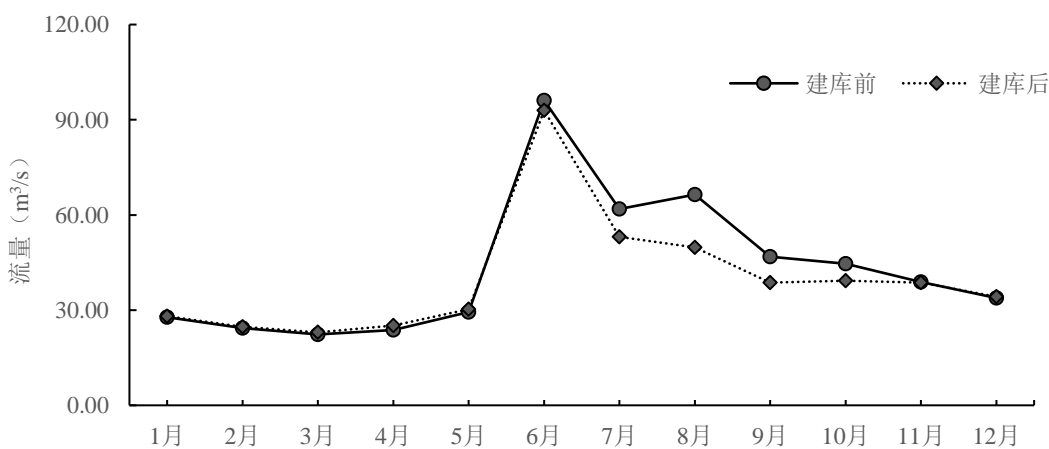




者莫河汇口断面



石葵河汇口断面



清水江河口断面

图 6.2-41 枯水年清水河汇口~清水江河口断面逐月流量变化过程图

表 6.2-27 清水河汇口~清水江河口典型断面建库前后逐月流量沿程变化情况(枯水年)

断面名称	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
清水河汇入断面	建库前	6.29	5.58	4.95	5.16	6.59	23.35	22.92	31.66	19.81	16.53	9.16	7.21
	建库后	6.54	5.94	5.58	6.51	7.50	20.17	14.17	14.97	11.55	11.16	8.92	7.59
	变化值	0.25	0.36	0.64	1.35	0.90	-3.18	-8.75	-16.69	-8.26	-5.37	-0.24	0.38
	变化率(%)	3.98	6.44	12.83	26.27	13.68	-13.62	-38.18	-52.71	-41.69	-32.47	-2.64	5.31
者莫河汇入断面	建库前	7.07	6.26	5.57	5.82	7.41	26.03	24.64	33.51	21.12	17.77	10.25	8.15
	建库后	7.32	6.62	6.21	7.17	8.31	22.85	15.89	16.83	12.86	12.41	10.01	8.53
	变化值	0.25	0.36	0.64	1.35	0.90	-3.18	-8.75	-16.69	-8.26	-5.37	-0.24	0.38
	变化率(%)	3.54	5.74	11.40	23.28	12.17	-12.22	-35.51	-49.79	-39.11	-30.20	-2.36	4.69
石葵河汇入断面	建库前	8.29	7.34	6.56	6.87	8.71	30.27	27.37	36.44	23.19	19.74	11.96	9.64
	建库后	8.54	7.69	7.19	8.22	9.61	27.09	18.62	19.76	14.93	14.38	11.72	10.02
	变化值	0.25	0.36	0.64	1.35	0.90	-3.18	-8.75	-16.69	-8.26	-5.37	-0.24	0.38
	变化率(%)	3.02	4.90	9.69	19.72	10.36	-10.51	-31.97	-45.79	-35.62	-27.18	-2.02	3.97
清水江河口断面	建库前	27.81	24.38	22.35	23.77	29.40	96.12	61.84	66.44	46.89	44.66	38.88	33.81
	建库后	28.07	24.74	22.98	25.13	30.30	92.94	53.09	49.75	38.63	39.29	38.64	34.19
	变化值	0.25	0.36	0.64	1.35	0.90	-3.18	-8.75	-16.69	-8.26	-5.37	-0.24	0.38
	变化率(%)	0.90	1.47	2.84	5.70	3.07	-3.31	-14.15	-25.12	-17.61	-12.02	-0.62	1.13
各断面流量变化值	变化量(m ³ /s)	0.25	0.36	0.64	1.35	0.90	-3.18	-8.75	-16.69	-8.26	-5.37	-0.24	0.38

6.3 水温影响预测评价

6.3.1 水库水温结构判定

本报告采用 α - β 指数法、密度佛汝德数法两种方法判别水库水温结构。

(1) α - β 指数法

$$\alpha = \frac{\text{多年平均径流量}}{\text{总库容}}$$

$$\beta = \frac{\text{一次洪水总量}}{\text{总库容}}$$

当 $\alpha < 10$ 时水库为分层型； $\alpha > 20$ 时水库为混合型； $10 < \alpha < 20$ 时水库为过渡型。对于分层型水库，如遇 $\beta > 1$ 时的洪水，则为临时性的混合型； $\beta < 0.5$ 的洪水，对于水温结构无多大影响。

(2) 密度佛汝得数法

密度佛汝得数法表征水库平均流动速度的惯性力与保持密度稳定的重力之比，反映了水库中驱使流动的因素和维持密度分层稳定因素的对比关系，计算表达式为：

$$F_r = \frac{u}{\left(\frac{\Delta \rho}{\rho_0} g d \right)^{1/2}}$$

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，采用公式的另外一种形式，如下：

$$F_r = 320 \frac{LQ}{HV}$$

式中： F_r 为密度佛汝德数； L 为水库长度(m)； Q 为入流量 (m^3/s)； H 为平均水深(m)； V 为蓄水体的体积 (m^3)；当 $F_r \ll \frac{1}{\pi}$ ，为深而分层很强的水库； $0.1 < F_r < 1$ 为弱分层水温结构； $F_r > 1$ 时为充分混合的水库，在计算佛汝德数系数时上述计

算公式。

(3) 判定结果

采用 α - β 指数法、密度佛汝德数法计算的结果见表 6.3-1。

表 6.3-1 清水河水库水温结构的经验判别

参数	流量(m ³ /s)	正常水位库容 (10 ⁸ m ³)	年径流量(10 ⁸ m ³)	判别系数 α	判别系数 β
取值	11.2	1.264	3.52	2.8	0.47
参数	72h 洪量 P=1% (万 m ³)	回水长度(km)	水面面积(km ²)	平均水深(m)	判别系数 F_r
取值	5960	12.12	5.253	24.1	0.014
库容比法判断	稳定分层		密度佛汝德数判 断	稳定分层	

根据上表计算结果，清水河水库水温结构为分层型，水库水温分层改变了天然河流的水温时空变化规律，可能存在低温水下泄不利生态影响，对坝下生态和农田灌溉用水产生一定的影响。

6.3.2 水库水温模型

清水河水库库区长 12.12km 左右，正常蓄水位时坝前最大水深约 86m 左右，平均宽约 433m，宽度平均的立面二维模型可较好地模拟出此类狭长窄深型水库在纵向和垂向上的水温时空分布。《环境影响评价技术导则——地表水环境》亦推荐采用二维水库水温模型，本报告采用二维水温模型对清水河库区水温进行预测。

6.3.2.1 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：

$$\frac{\rho - \rho_s}{\rho_s} = -\beta(T - T_s) = -\beta\Delta T \quad (1)$$

式中： $\beta[1/^\circ\text{C}]$ 为等压膨胀系数； $\rho[\text{kg/m}^3]$ 为密度； $T[^\circ\text{C}]$ 为温度； $\rho_s[\text{kg/m}^3]$ 、 $T_s[^\circ\text{C}]$ 为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

$$\begin{aligned} \rho = & (0.102027692 \times 10^{-2} + 0.677737262 \times 10^{-7} \times T - 0.905345843 \times 10^{-8} \times T^2 \\ & + 0.864372185 \times 10^{-10} \times T^3 - 0.642266188 \times 10^{-12} \times T^4 \\ & + 0.105164434 \times 10^{-17} \times T^7 - 0.104868827 \times 10^{-19} \times T^8) \times 9.8 \times 10^5 \end{aligned}$$

(2)

根据 Boussinesq 近似, 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。

6.3.2.2 水动力学及温度方程组

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\overline{u'_i u'_j}) + \beta \Delta T g_i \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u_i \frac{\partial T}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (D_T \frac{\partial T}{\partial x_i} - \overline{u'_i T'}) + \frac{q}{C_p} \quad (5)$$

紊动动能 k 输运方程模化为

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = -\frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} + \nu \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \varepsilon + G_b \quad (6)$$

湍动能耗散率的模型方程为:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{\varepsilon 3} G_b) - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (7)$$

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, 将三维湍浮力流的时均连续方程、动量方程及热量方程组(3)~(5)及 k 和 ε 方程(6)、(7)沿河宽方向积分, 就可得到水动力学和温度的立面二维方程组, 在笛卡儿直角坐标系下水动力学方程分别为:

$$\frac{\partial Bu}{\partial x} + \frac{\partial Bw}{\partial z} = 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Bu}{\partial t} + u \frac{\partial Bu}{\partial x} + w \frac{\partial Bu}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(B \nu_e \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \nu_e \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ &\quad - \frac{B}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(B \nu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \nu_t \frac{\partial w}{\partial x} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Bw}{\partial t} + u \frac{\partial Bw}{\partial x} + w \frac{\partial Bw}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(B \nu_e \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \nu_e \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial Bp}{\partial z} \\ &\quad + \frac{\partial}{\partial x} \left(B \nu_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \beta B \Delta T g \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{\partial Bk}{\partial t} + u \frac{\partial Bk}{\partial x} + w \frac{\partial Bk}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[B \left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} + \nu \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[B \left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} + \nu \right) \frac{\partial k}{\partial z} \right] + B(G_k + G_b - \varepsilon)$$

(11)

$$\frac{\partial B\varepsilon}{\partial t} + u \frac{\partial B\varepsilon}{\partial x} + w \frac{\partial B\varepsilon}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[B \left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} + \nu \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[B \left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} + \nu \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right] + BC_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{\varepsilon 3} G_b) - BC_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (12)$$

式中： $G_k = \nu_t \left[2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]$ ，为紊动动能生成项；

$G_b = -\beta g \frac{\nu_t}{\sigma_T} \frac{\partial T}{\partial z}$ 为浮力生成项，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； $\nu_e [\text{m}^2/\text{s}]$ 是分子粘性系数 ν 与紊动涡粘系数 ν_t 之和， $\nu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ ； u 、 $w [\text{m/s}]$ 为纵向和垂向流速； $p [\text{Pa}]$ 为压强； $T [^\circ\text{C}]$ 为水温； $B [\text{m}]$ 为水体宽度，为高程的函数； $k [\text{m}^2/\text{s}^2]$ 为紊动动能； $\varepsilon [\text{m}^2/\text{s}^3]$ 为紊动动能耗散率； 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。其它模型常数 C_μ 、 $C_{\varepsilon 1}$ 、 $C_{\varepsilon 2}$ 的取值分别为 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。 $C_{\varepsilon 3}$ 为铅垂方向速度 w 和水平方向速度 u 比值的函数，取值介于 0~1。

$$\begin{aligned} \frac{\partial BT}{\partial t} + u \frac{\partial BT}{\partial x} + w \frac{\partial BT}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[B \left(\frac{\lambda}{\rho C_p} + \frac{\nu_t}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial x} \right] \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left[B \left(\frac{\lambda}{\rho C_p} + \frac{\nu_t}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial z} \right] + \frac{1}{\rho C_p} \frac{\partial B \varphi_z}{\partial z} \end{aligned} \quad (13)$$

式中 σ_T 是温度普朗特数，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； λ 为分子热扩散系数 ($\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$)； $\varphi_z [\text{W/m}^2]$ 为穿过 z 平面的太阳辐射通量。

6.3.2.3 水面热交换

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：

$$\varphi_n = \varphi_{sn} + \varphi_{an} - \varphi_{br} - \varphi_e - \varphi_c \quad (14)$$

A、净吸收的太阳短波辐射

一般来说，太阳的红外辐射(一般亦称长波辐射)大部分都被表层 1m 内的水体所吸收；水体对太阳辐射的反辐射随着太阳辐射的入射角的增大而增加。当太阳高度较低时，水库水体所反射的太阳辐射能量增加，而水体所吸收的太阳辐射能量减少；当太阳高度较大时，反射与吸收情况与上面情况相反。

水体表面净吸收的太阳短波辐射通量为

$$\varphi_{sn} = \beta_1 \varphi_s (1 - \gamma) \quad (15)$$

式中 φ_s [W/m²] 是到达地面的总太阳辐射量(W/m²)； γ 是水面反射率，它与太阳角度和云层覆盖率相关； β_1 是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：

$$\varphi_z = (1 - \gamma)(1 - \beta_1) \varphi_s \exp(-\eta \cdot H) \quad (16)$$

其中 η 为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 为水深(m)。

B、大气长波辐射

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：

$$\varphi_{an} = \sigma \cdot \varepsilon_{ac} \cdot (273 + T_a)^4 \quad (17)$$

式中， σ 是 Stefan-Boltzman 常数，等于 5.67×10^{-8} [W/m²·K⁴]； ε_a 为大气发射率，

$$\varepsilon_{ac} = 1.24 \cdot \left(\frac{e_a}{T_a + 273} \right)^{\frac{1}{7}} \cdot (1 + 0.17 \cdot C_r^2) \quad (18)$$

其中 T_a 为水面上 2m 处的气温。 C_r 为云层覆盖率。 e_a [hPa] 为水面上空气的蒸发压力。

C、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：

$$\varphi_{br} = \sigma \cdot \varepsilon_w \cdot (273 + T_s)^4 \quad (19)$$

式中 T_s [°C] 为水体表面温度， ε_w (=0.965) 为水体的长波发射率。

D、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：

$$\varphi_e = f(W)(e_s - e_a) \quad (20)$$

式中 $f(W)$ [W/(m²·hPa)] 是风函数，反映了自由对流和强迫对流对蒸发的影响，计算为：

$$f(W) = \sqrt{22.0 + 12.5W^2 + 2.0(\Delta T)} \quad (21)$$

式中： W [m/s] 是水面上 10m 处的风速； ΔT [°C] 为水气温差； e_s [hPa] 是相应于水面温度 T_s 的紧靠水面的空气饱和蒸发压力， e_a [hPa] 为水面上空气的蒸发压力，可由水面温度 T_s [°C] 计算：

$$e_s = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T_s}{(T_s + 237.3)}} \quad (22)$$

$$e_a = 6.11 \times hum \times 10^{\frac{7.5T_a}{(T_a + 237.3)}} \quad (23)$$

式中： hum 为相对湿度。

E、热传导通量 φ_c

当水温与气温有温差时，水气界面上会通过传导进行热交换，热传导通量正比于温差：

$$\varphi_c = 0.627 \sqrt{22.0 + 12.5W^2 + 2.0(\Delta T)} (T_s - T_a) \quad (24)$$

式中， T_a 为气温， T_s 为水面温度。

(4) 边界条件及求解方法

进口边界的水温采用库尾实测水温，速度假定为均匀流速， k 、 ε 可分别由入流速度近似计算：

$$k = 0.00375 u^2, \varepsilon = k^{1.5} / (0.4 H_0) \quad (25)$$

其中 H_0 [m] 为进口断面水深。

假定出口断面为充分发展的湍流，有 $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial k}{\partial x} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial x} = 0$ ， $w = 0$ 。

水面表层单元计入水气热交换。库底和坝体表面采用无滑移边界条件，且为绝热边界。

水面采用浮动平面。考虑到水库水面除库尾部分河段外基本为水平面，而库尾均匀混合段对整个水库水温分布影响有限，因而水位是根据计算时间步长 Δt 内入库和出库水量的差 ΔV ，通过库容曲线得到该时段内的水位变化 ΔZ ，该时段末的水位则为 $Z + \Delta Z$ 。

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。相对于联立求解方程组的耦合式解法，SIMPLE 算法顺序地、逐个地求解各变量代数方程组：在每一时间步长的运算中，先给出压力场的初始猜测值，据此求出猜测的速度场，再求解根据连续方程导出的压力修正方程，对猜测的压力场和速度场进行修正。如此循环往复，可得出压力场和速度场的收敛解。

具体求解时，水动力方程与温度方程相耦合，计算中首先根据入、出库流量差计算该时刻运行水位，依次求解 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 和 k 方程的源项，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。对于水库年过程的模拟，模型可选择一年中的任意一个时刻作为起始计算时间，计算 365 天之后，与一年前的当前时刻水温、流场进行对比，如果水温、流场的误差值大于设定误差，继续进行迭代计算；如果小于设定误差，则认为迭代收敛，取最近一年的下泄水温、温度场与流场作为预测结果。

6.3.2.4 模型参数

标准 k - ε 模型中的参数对各种形态的流体具有普遍适用性。温度普朗特数取固定值 0.85。

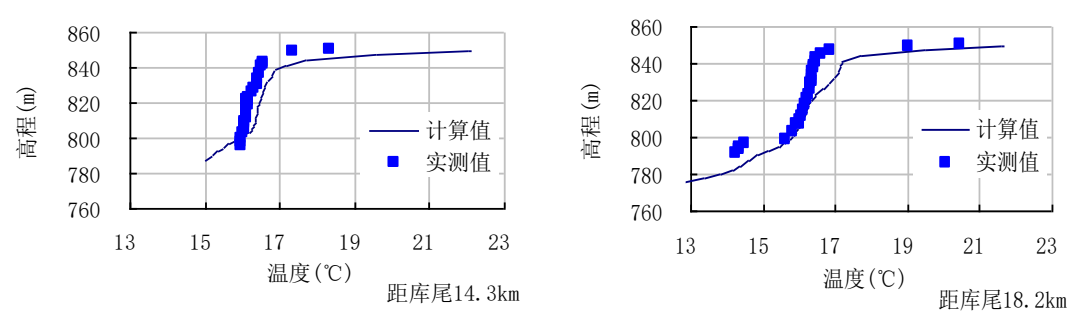
在热通量计算方法确定的条件下，模型中需要率定的参数只有热通量计算中的太阳辐射表面吸收系数 β_1 和太阳辐射在水体中的衰减系数 η ，它们与水体的色度和浊度有关。一般 β_1 的取值范围为 0.4~0.7， η 为 0~1。经多次试算，均为 0.65 和 0.5。

为了分析参数对计算结果的影响程度即参数的灵敏度，我们进行了数值计算试验。假定当穿过水下某一断面的辐射通量小于总量的 5%，则认为该断面没有受到辐射。先取 $\beta_1=0.5$ ，然后分别取 η 为 0.1、0.5 和 1.0，计算结果显示，当 $\eta=0.1$ 时辐射可达水下 30m，其中 80% 的辐射量被水面 16 m 的水体吸收，而 $\eta=1.0$ 时辐射仅达水下 3m， $\eta=0.5$ 时辐射穿透了 6m 水深。

6.3.3 模型验证

四川大学于 2009 年 11 月 6 日、2010 年 7 月 6 日进行了紫坪铺水库全库区水温观测工作，并于 2009 年 10 月 20 日至 2010 年 7 月 15 日期间对水库入库水温、下泄水温进行了逐时连续观测。本项目拟利用实测资料对立面二维水库水温模型进行验证，并为模型参数取值的合理性提供依据。

图 6.3-1 给出了紫坪铺库区计算与实测水温对比结果，由于实测值垂线选择的限制，实测处的库底高程与计算值(深泓线值)并不一致，从坝前(距库尾 23.6km 处)垂线来看，二者高程接近，水温数值接近，因此水库坝前的低温水(13.3℃)是稳定存在的，模型也准确地进行了模拟。



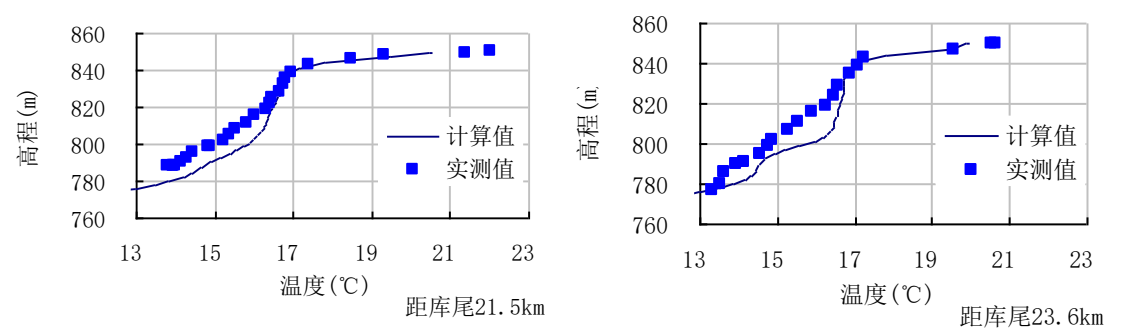


图 6.3-1 紫坪铺库区 2010 年 7 月 6 日计算与实测水温比较

6.3.4 水温计算

6.3.4.1 计算边界资料

(1) 地形资料

计算中采用清水河水库库区实测大断面资料，并根据水位~库容~面积曲线进行修正，以保证各水位下概化地形的库容和面积与设计资料一致。

(2) 水温

清水江干流设有格雷、中寨、清水江三座水文站，但无历史水温监测资料，清水江水文站（即清水河水利枢纽工程专用水文站）有 2018 年实测水温资料，资料时限较短，考虑到水温资料的代表性，本报告确定工程坝址处水温时，以清水河水文站 2018 年的实测水温资料作为验证资料，采用同处文山州的德厚河水温~气象相关关系推算清水河水利枢纽坝址处水温，结果见表 6.3-2。

表 6.3-2 清水河水利枢纽工程坝址水温													
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值
水温	8.4	9.5	12.3	16.0	18.5	21.1	21.2	21.8	20.3	17.9	14.5	9.8	16.0

(3) 气象

丘北气象站可代表库区的气象条件，可采用丘北县气象站观测资料。库区水温预测气象要素见表 6.3-3。

表 6.3-3 丘北气象站 2010~2019 年平均逐月气象要素					
项目	风速(m/s)	气温(°C)	相对湿度(%)	太阳辐射(W/m2)	云量(成)
1 月	2.20	9.4	76.9	127.1	5.7
2 月	2.60	12.3	67.0	154.3	5.7
3 月	3.00	16.0	61.9	195.3	4.9
4 月	3.30	19.7	61.1	218.2	5.9

项目	风速(m/s)	气温(°C)	相对湿度(%)	太阳辐射(W/m ²)	云量(成)
5 月	2.50	21.5	67.1	205.2	7.5
6 月	1.80	22.0	77.3	179.0	9.0
7 月	1.70	21.7	80.7	179.4	9.0
8 月	1.30	21.3	81.9	177.9	8.5
9 月	1.30	19.9	82.0	160.3	8.0
10 月	1.60	16.9	81.8	138.9	7.2
11 月	1.70	14.3	76.8	125.9	6.7
12 月	2.00	9.8	79.6	123.0	5.5

6.3.4.2 单层取水

(1) 平水年

典型平水年水库运行时,坝前取水口底板高程为 1343.0m,距离水库正常蓄水位 49.0m,距离库底约 27.0m。受取水口位置偏低影响,平水年部分月份低温水现象较为明显。图 6.3-2 给出了平水年水库库区各月 15 日水温分布图,图 6.3-3 给出了平水年各月 15 日坝前水温分布图。

清水河水库具有不完全年调节性能,坝址年径流总量与正常蓄水位库容比为 5.7,结合密度佛汝德数综合判断水库水温结构为分层型。坝前水深较深,发电引水孔口底板距离各月运行水位 32.1~49.0m,距库底 25m,最低水位距离库底达 57.1m,入库径流不易扰动库底水体,库底水温在汛期来临前较为稳定。

总体来看,平水年水库呈分层型水温结构特征。水库 9 月到翌年 1 月的坝前垂向基本同温,从 4 月开始库区垂向水温分层逐渐明显,至 9 月主汛期结束时垂向温差消失。

平水年库区月均水温在 2 月最低,来流入库即下潜,但影响不到坝前,坝前平均水温为 11.9℃。进入 3 月,入流水温 11.9℃,进入库区后在表层 30m 内形成主流层向坝前推进。

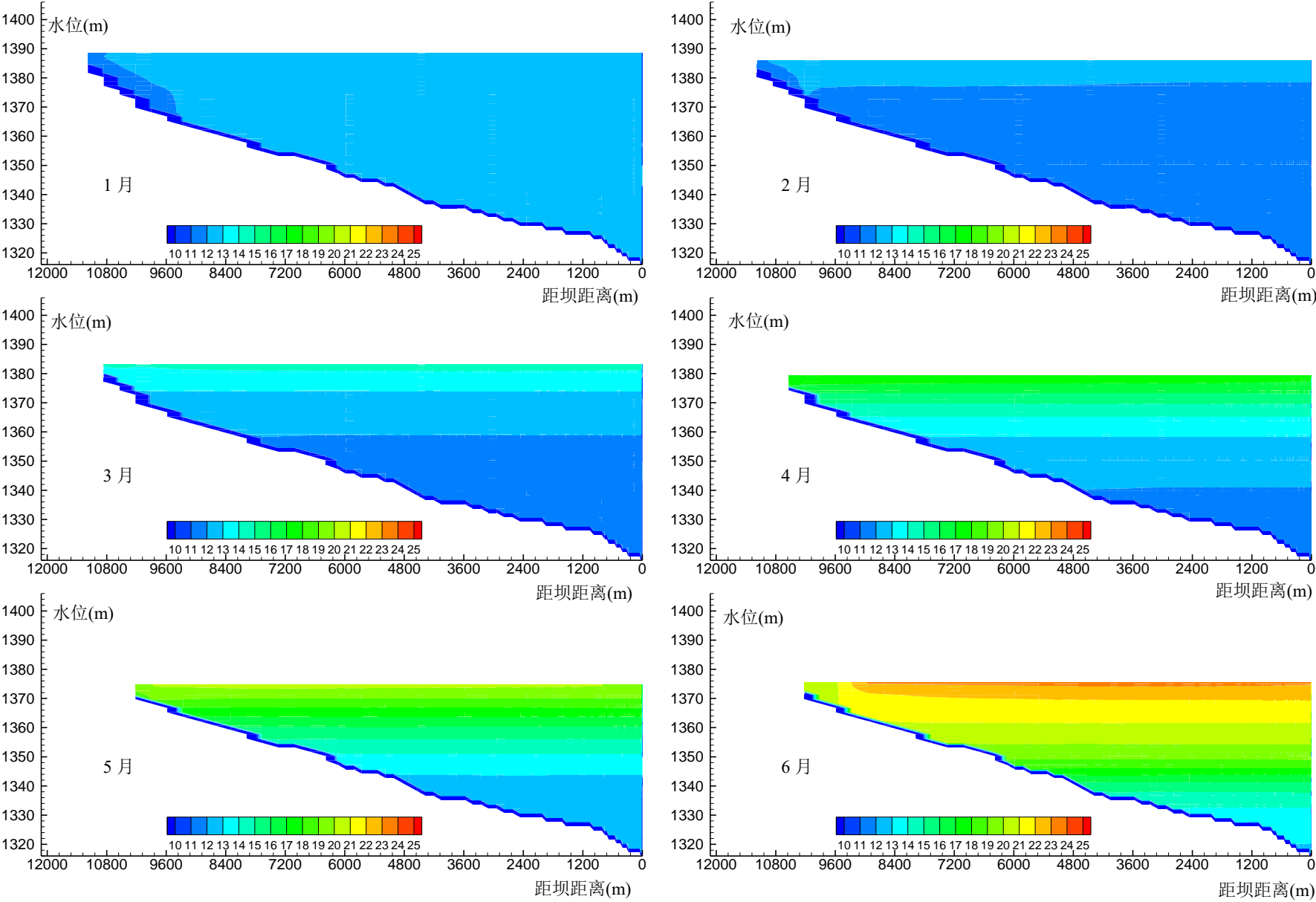
4 月太阳辐射、气温、入流水温持续快速上升,受气象条件和来流水温影响库区水温继续快速上升。表层 13m 内形成梯度为 0.23℃/m 的温跃层,库底水温仍为年内最低的 11.8℃,来流沿表层向坝前快速推进并伴随快速升温过程。

5 月~7 月,太阳辐射、来流水温、气温逐渐发展到全年最高水平,库表水温持续快速上升,使表层水温在 7 月到达全年最高的 23.7℃。6 月来流量大幅增加至 18.1m³/s,月径流量为月末库容 66%,大流量使库区水体掺混和紊动增强,加之泄流底板高程靠近库底,库底低温水层趋于破坏。7、8 月气温、太阳辐射仍维持高

位，随着水库蓄水、流速减缓，表层水温比 7 月略有降低，但大流量高温水入库和库内热量的蓄积使下泄水温在该月达到全年最高的 22.7℃。

9 月气温、太阳辐射、来流水温进入快速下降期，来流沿库底进入库区，上层水体失温明显；但库底低温水层受破坏因而大幅升温至全年最高的 22.1℃。

10 月以后来流水温、气温降速更快，库区水温整体下降，来流从库尾开始下潜向坝前爬行，库区受来流低温影响逐渐在 2 月达到全年最低。



(a) 平水年单层取水工况下各月月中库区水温分布（1月~6月）

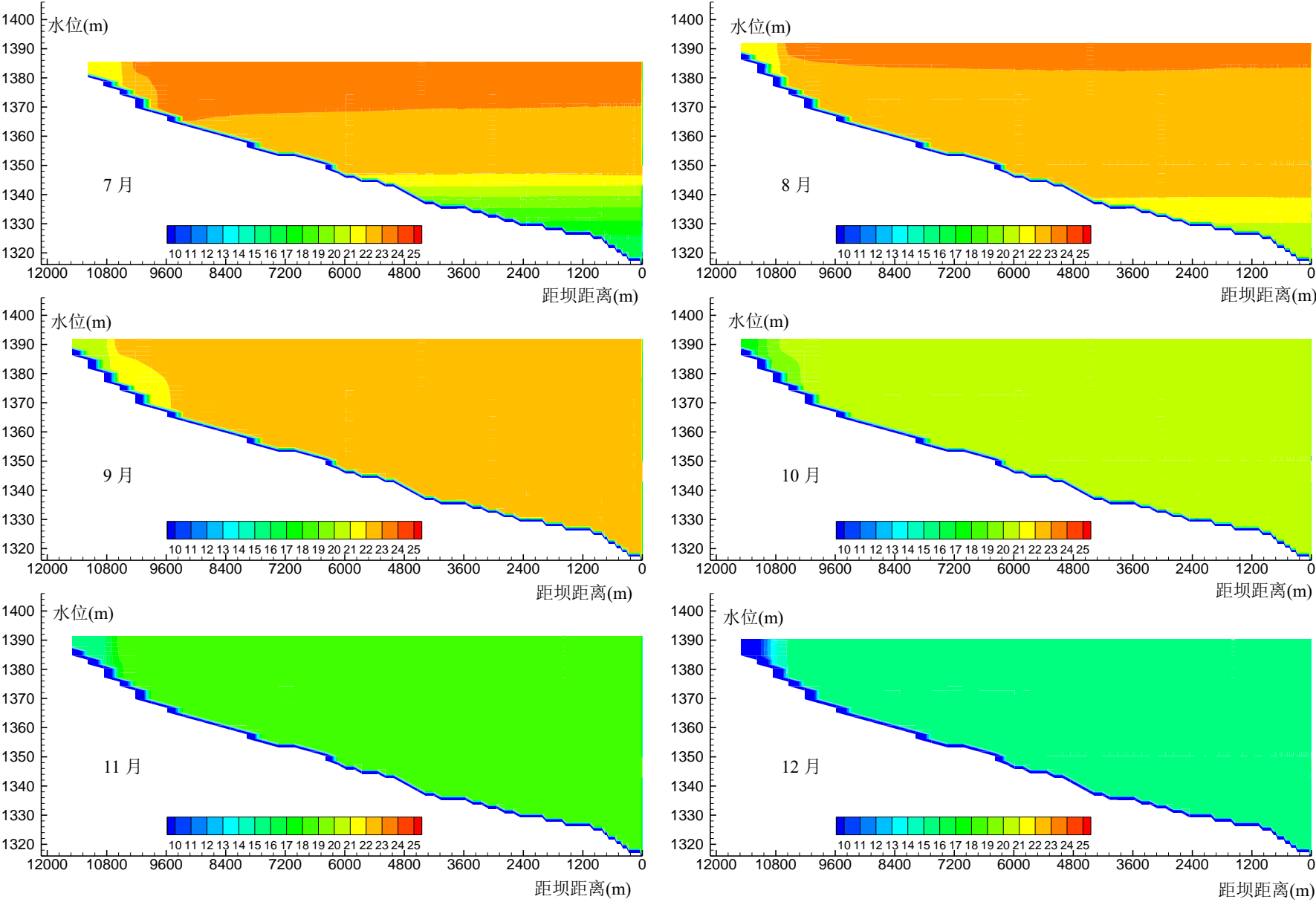


图 6.3-2 平水年单层取水工况下各月月中库区水温分布（7~12 月）

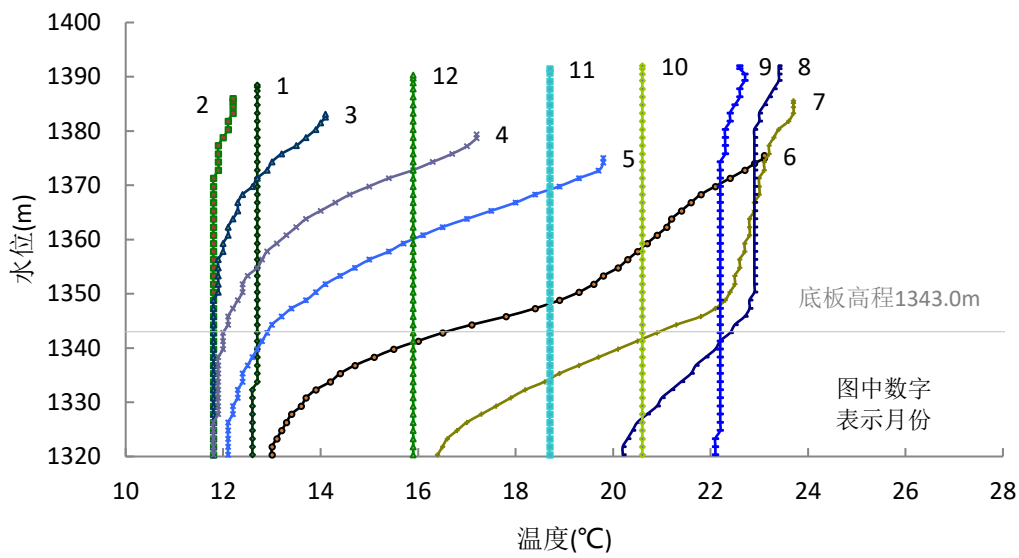


图 6.3-3 平水年各月月中坝前垂向水温分布图

表 6.3-4 平水年月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

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	9.4	12.7	12.6	8.4	12.8	4.4	0.1
2 月	12.3	12.2	11.8	9.5	11.8	2.3	0.4
3 月	16.0	14.1	11.8	12.3	11.8	-0.5	2.3
4 月	19.7	17.2	11.8	16.0	12.2	-3.8	5.4
5 月	21.5	19.8	12.1	18.5	13.5	-5.0	7.7
6 月	22.0	23.1	13.0	21.1	18.1	-3.0	10.1
7 月	21.7	23.7	16.4	22.2	22.0	-0.2	7.3
8 月	21.3	23.4	20.2	21.8	22.7	0.9	3.2
9 月	19.9	22.6	22.1	20.3	22.2	1.9	0.5
10 月	16.9	20.6	20.6	17.9	20.6	2.7	0.0
11 月	14.3	18.7	18.7	14.5	18.6	4.1	0.0
12 月	9.8	15.9	15.9	9.8	15.9	6.1	0.0
年均	17.1	18.7	15.6	16.0	16.9	0.9	3.1
最大值	22.0	23.7	22.1	22.2	22.7	6.1	10.1
最小值	9.4	12.2	11.8	8.4	11.8	-5.0	0.0
年内变幅	12.6	11.5	10.3	13.8	10.9	-	-

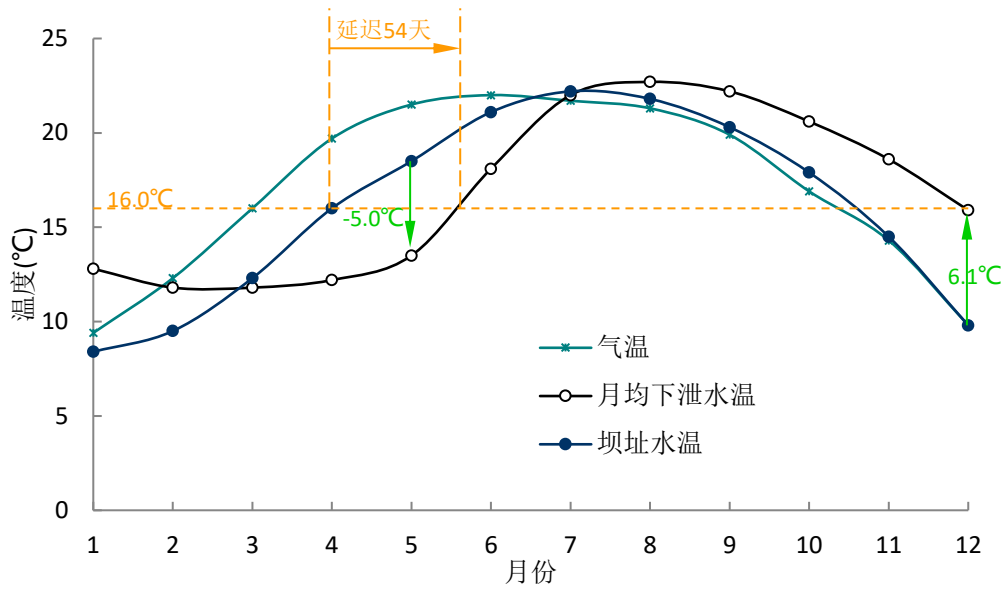


图 6.3-4 平水年下泄水温、坝址水温与气温图

表 6.3-4 和图 6.3-4 给出了平水年水库月均下泄水温、坝址水温和气温的对比关系。

水库总体呈现分层型水温分布特征。

由于河段丰枯期来流量差异较大，年径流主要由 6-10 月的来流构成，因而库区水温在 1-5 月以及初汛期的 6 月水温结构较为稳定，在 7-9 月持续大流量扰动下，库底水温逐渐受来流高温影响而升高，未出现稳定分层现象。

水库 9 月到翌年 1 月的坝前垂向基本同温，6 月表层和底层温差最大达到 10.1℃，库底在 1 月~6 月存在低温水区域，库底水温不超过 13.0℃，3 月~8 月存在明显的温度分层现象。

与坝址现状水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.9℃。下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.5℃，5 月份降低最多，达 5.0℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.2℃，12 月温升幅度最大，为 6.1℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 22.2℃升为建坝后的 22.7℃，月均最低温度从建坝前的 8.4℃升为建坝后的 11.8℃，温差减小了 2.9℃。

表 6.3-5 比较了清水河水库典型平水年 5 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，5 月清水河下泄水温整体偏低，最大降幅为 6.8℃（5 月

19 日)，最小降幅为 3.6℃（5 月 3 日）。

图 6.3-5 比较了清水河水库典型平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址处天然水温。与坝址现状逐日水温相比，清水河下泄水温最大降幅为 6.8℃(5 月 19 日)、最大升幅为 10.0℃(12 月 16 日)。

以 5 月坝址天然水温 18.5℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 12 日到达 18.5℃，建坝后下泄水温在 6 月 17 日到达 18.5℃，延迟了 36 天。

表 6.3-5 平水年 5 月逐日下泄水温与坝址现状水温

单位：℃

日期	坝址处多年平均水温	平水年下泄水温	与坝址水温差值	日期	坝址处多年平均水温	平水年下泄水温	与坝址水温差值
5 月 1 日	18.2	12.6	-5.6	5 月 16 日	18.1	13.4	-4.7
5 月 2 日	17.9	12.7	-5.2	5 月 17 日	19.2	13.5	-5.7
5 月 3 日	16.3	12.7	-3.6	5 月 18 日	19.9	13.5	-6.4
5 月 4 日	16.3	12.7	-3.6	5 月 19 日	20.4	13.6	-6.8
5 月 5 日	16.7	12.8	-3.9	5 月 20 日	19.4	13.7	-5.7
5 月 6 日	18.0	12.8	-5.2	5 月 21 日	18.8	13.8	-5.0
5 月 7 日	19.0	12.9	-6.1	5 月 22 日	18.8	13.8	-5.0
5 月 8 日	18.4	12.9	-5.5	5 月 23 日	17.5	13.9	-3.6
5 月 9 日	18.2	12.9	-5.3	5 月 24 日	18.3	14.0	-4.3
5 月 10 日	17.7	13.0	-4.7	5 月 25 日	17.9	14.1	-3.8
5 月 11 日	18.2	13.1	-5.1	5 月 26 日	18.5	14.1	-4.4
5 月 12 日	18.5	13.1	-5.4	5 月 27 日	18.5	14.2	-4.3
5 月 13 日	18.5	13.2	-5.3	5 月 28 日	19.5	14.3	-5.2
5 月 14 日	19.5	13.2	-6.3	5 月 29 日	19.6	14.4	-5.2
5 月 15 日	17.9	13.3	-4.6	5 月 30 日	19.5	14.6	-4.9
				5 月 31 日	19.1	14.7	-4.4

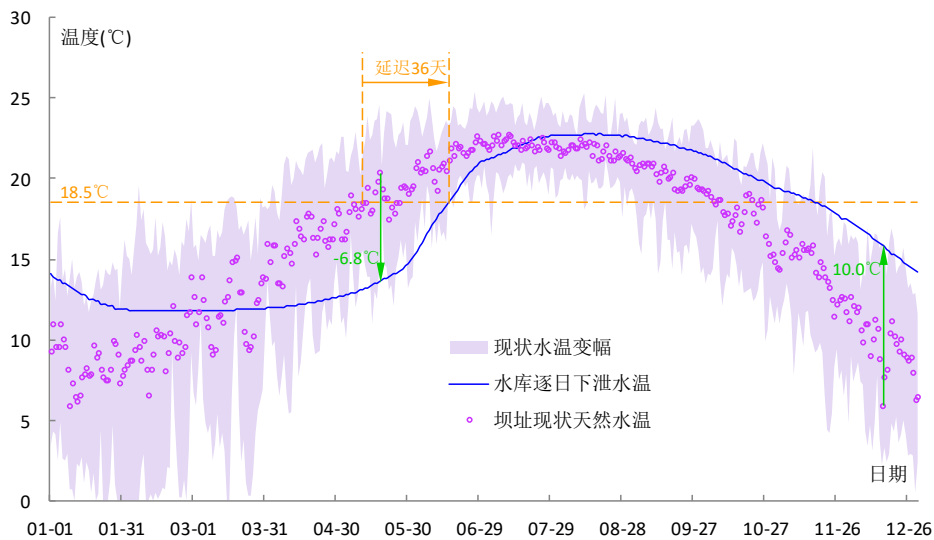


图 6.3-5 典型平水年逐日下泄水温与现状水温比较

(2) 丰水年单层取水

图 6.3-6 给出了丰水年各月 15 日坝前水温分布图。

库区在典型丰水年的水温结构和平水年相近，**水库总体呈分层水温结构特征。**除入出库流量和坝前水位外，清水河水库丰水年的计算条件与平水年基本相同，来流水温仍采用多年平均的逐日入库水温。

清水河丰水年来流为平水年的 1.58 倍，年均水位比平水年降低 1.4m。丰水年流量的提高主要是在 8-10 月平均比平水年高 12.7m³/s，而 1-7 月来流量与平水年基本持平。在升温期流量相当而水位略高的情况下，丰水年在升温期的调节能力相应增强，分层现象略强于平水年，因而其低温水现象较平水年略为显著。

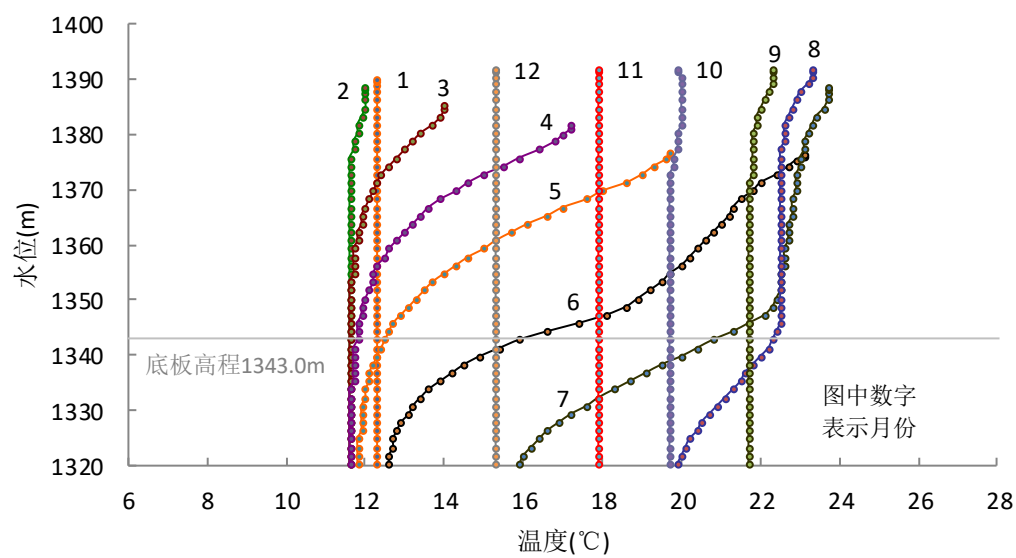


图 6.3-6 丰水年各月月中坝前垂向水温分布图

表 6.3-6 和图 6.3-7 给出了丰水年水库月均下泄水温、坝址水温和气温的对比关系。

表 6.3-6 丰水年月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

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	9.4	12.3	12.3	8.4	12.4	4.0	0.0
2 月	12.3	12.0	11.6	9.5	11.6	2.1	0.4
3 月	16.0	14.0	11.6	12.3	11.6	-0.7	2.4
4 月	19.7	17.2	11.6	16.0	11.9	-4.1	5.6
5 月	21.5	19.7	11.8	18.5	13.0	-5.5	7.9
6 月	22.0	23.1	12.6	21.1	17.7	-3.4	10.5
7 月	21.7	23.7	15.9	22.2	21.8	-0.4	7.8
8 月	21.3	23.3	19.9	21.8	22.4	0.6	3.4
9 月	19.9	22.3	21.7	20.3	21.6	1.3	0.6
10 月	16.9	19.9	19.7	17.9	19.8	1.9	0.2
11 月	14.3	17.9	17.9	14.5	17.9	3.4	0.0
12 月	9.8	15.3	15.3	9.8	15.2	5.4	0.0
年均	17.1	18.4	15.2	16.0	16.4	0.4	3.2
最大值	22.0	23.7	21.7	22.2	22.4	5.4	10.5
最小值	9.4	12.0	11.6	8.4	11.6	-5.5	0.0
年内变幅	12.6	11.7	10.1	13.8	10.8	-	-

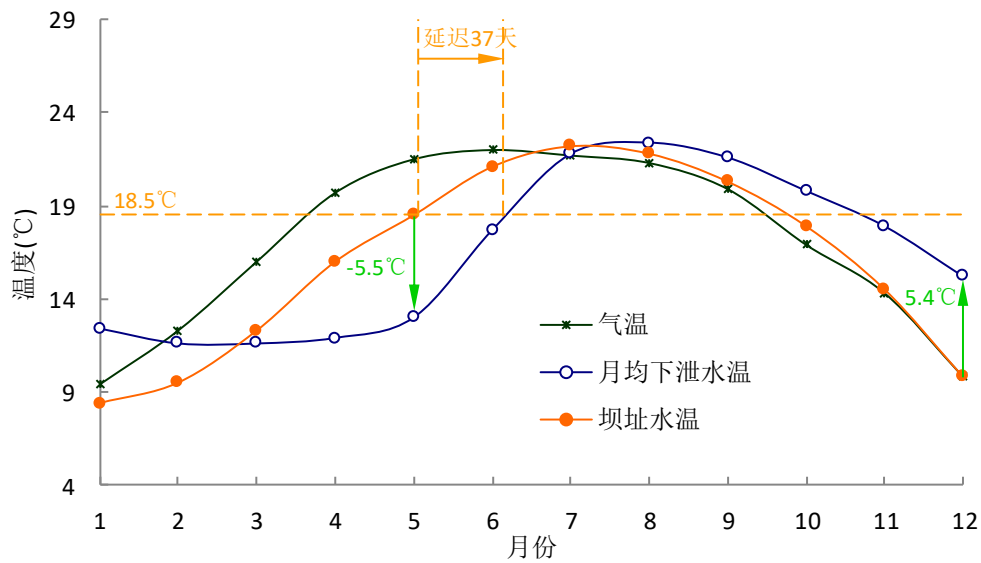


图 6.3-7 丰水年下泄水温、坝址水温与气温图

水库总体呈现分层型水温分布特征。

由于河段丰枯期来流量差异较大，年径流主要由 6-10 月的来流构成，因而库区水温在 1-5 月以及初汛期的 6 月分层现象较为稳定，在 7-9 月持续大流量扰动下，库底水温逐渐受来流高温影响而升高，未出现稳定分层现象。

水库 9 月到翌年 1 月的坝前垂向基本同温，6 月表层和底层温差最大达到 10.1℃，库底在 1 月~6 月存在低温水区域，库底水温不超过 13.0℃，3 月~8 月存在明显的温度分层现象。

与坝址现状水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.4℃。下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.8℃，5 月份降低最多，达 5.5℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.7℃，12 月温升幅度最大，为 5.4℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 22.2℃升为建坝后的 22.4℃，月均最低温度从建坝前的 8.4℃升为建坝后的 11.6℃，温差减小了 3.0℃。

表 6.3-7 比较了清水河水库典型丰水年 5 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，5 月清水河下泄水温整体偏低，最大降幅为 7.4℃（5 月 19 日），最小降幅为 4.0℃（5 月 3 日）。

图 6.3-8 比较了清水河水库典型平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址处天然水温。与坝址现状逐日水温相比,清水河下泄水温最大降幅为 7.4℃(5 月 19 日)、最大升幅为 9.4℃(12 月 16 日)。

以 5 月坝址天然水温 18.5℃为特征温度统计延迟时间,建坝前坝址处水温在 5 月 12 日到达 18.5℃,建坝后下泄水温在 6 月 18 日到达 18.5℃,延迟了 37 天。

表 6.3-7 丰水年 5 月逐日下泄水温与坝址现状水温

单位:℃

日期	坝址处多年平均水温	平水年下泄水温	与坝址水温差值	日期	坝址处多年平均水温	平水年下泄水温	与坝址水温差值
5 月 1 日	18.2	12.2	-6.0	5 月 16 日	18.1	12.9	-5.2
5 月 2 日	17.9	12.3	-5.6	5 月 17 日	19.2	12.9	-6.3
5 月 3 日	16.3	12.3	-4.0	5 月 18 日	19.9	13.0	-6.9
5 月 4 日	16.3	12.3	-4.0	5 月 19 日	20.4	13.0	-7.4
5 月 5 日	16.7	12.4	-4.3	5 月 20 日	19.4	13.1	-6.3
5 月 6 日	18.0	12.4	-5.6	5 月 21 日	18.8	13.2	-5.6
5 月 7 日	19.0	12.5	-6.5	5 月 22 日	18.8	13.2	-5.6
5 月 8 日	18.4	12.5	-5.9	5 月 23 日	17.5	13.3	-4.2
5 月 9 日	18.2	12.5	-5.7	5 月 24 日	18.3	13.4	-4.9
5 月 10 日	17.7	12.6	-5.1	5 月 25 日	17.9	13.5	-4.4
5 月 11 日	18.2	12.6	-5.6	5 月 26 日	18.5	13.6	-4.9
5 月 12 日	18.5	12.7	-5.8	5 月 27 日	18.5	13.7	-4.8
5 月 13 日	18.5	12.7	-5.8	5 月 28 日	19.5	13.8	-5.7
5 月 14 日	19.5	12.8	-6.7	5 月 29 日	19.6	13.9	-5.7
5 月 15 日	17.9	12.8	-5.1	5 月 30 日	19.5	14.0	-5.5
				5 月 31 日	19.1	14.2	-4.9

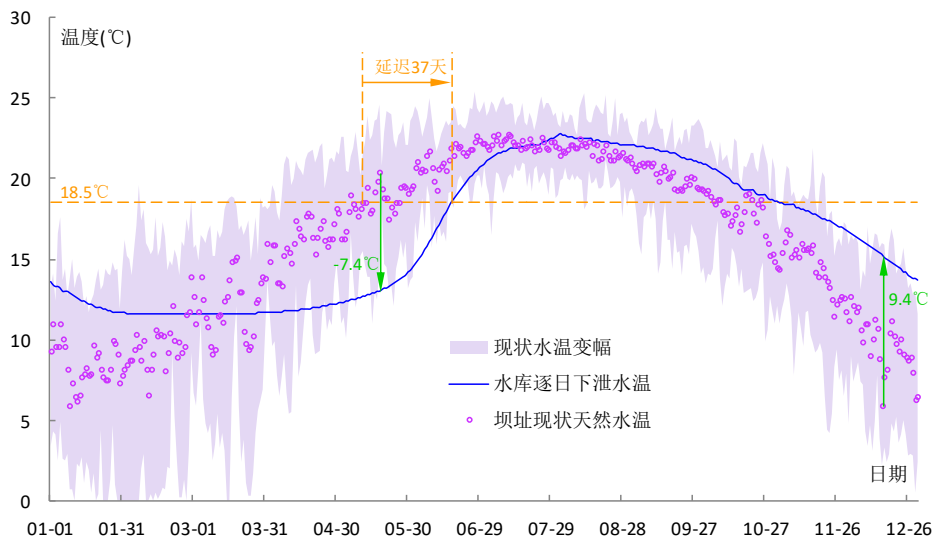


图 6.3-8 典型丰水年逐日下泄水温与现状水温比较

(3) 枯水年单层取水

给出了丰水年水库库区各月 15 日水温分布图，图 6.3-9 给出了丰水年各月 15 日坝前水温分布图。

库区在典型丰水年的水温结构和平水年相近，**水库总体呈分层水温结构特征。**除入出库流量和坝前水位外，清水河水库丰水年的计算条件与平水年基本相同，来流水温仍采用多年平均的逐日入库水温。

清水河枯水年来流为平水年的 62%，年均水位比平水年降低 7.3m。由于枯水年 1-5 月平均流量比平水年仅降低 0.5m³/s，平均水位却降低了 3.0m，特别是 3-5 月水位降低了 4.3m，使枯水年升温期调节能力大幅降低，因而枯水年低温水现象要弱于平水年。

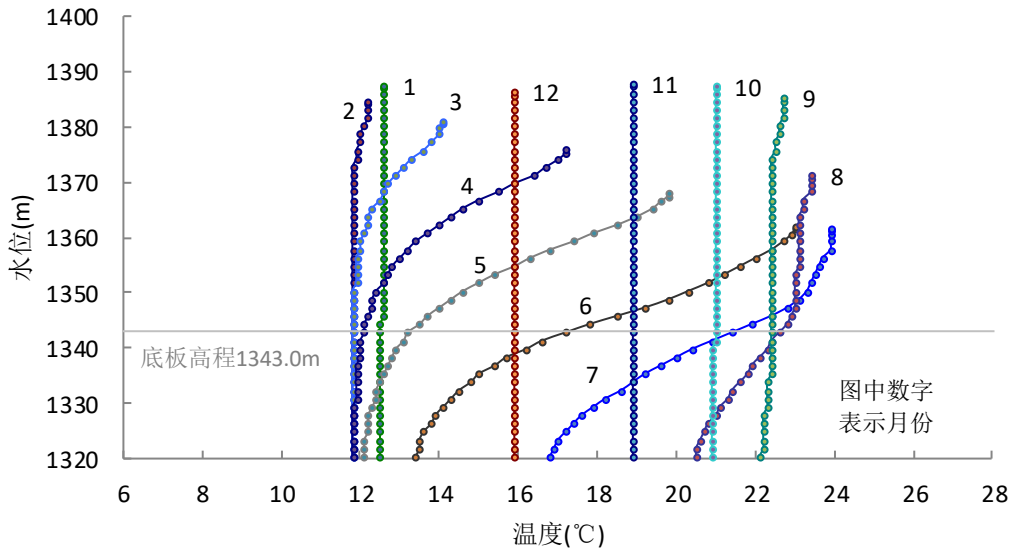


图 6.3-9 枯水年各月中坝前垂向水温分布图

表 6.3-8 和图 6.3-10 给出了枯水年水库月均下泄水温、坝址水温和气温的对比关系。

水库总体呈分层水温结构特征。

由于河段丰枯期来流量差异较大，枯水年径流主要由 6-10 月的来流构成，因而库区水温在 1-5 月以及初汛期的 6 月库区水温结构较为稳定，在 7-9 月持续大流量扰动下，库底水温逐渐受来流高温影响而升高，未出现稳定分层现象。

水库 9 月到翌年 2 月的坝前垂向基本同温，6 月表层和底层温差最大达到 9.6℃，库底在 1 月~5 月存在低温水区域，库底水温不超过 13.0℃，3 月~8 月存在明显的温度分层现象。

与坝址现状水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 1.0℃。下泄水温在 3 月~6 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.8℃，5 月份降低最多，达 4.5℃。7 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.9℃，12 月温升幅度最大，为 6.1℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 22.2℃升为建坝后的 22.7℃，月均最低温度从建坝前的 8.4℃升为建坝后的 11.8℃，温差减小了 2.9℃。

表 6.3-8 枯水年月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

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	9.4	12.3	12.3	8.4	12.4	4.0	0.0
2 月	12.3	12.0	11.6	9.5	11.6	2.1	0.4
3 月	16.0	14.0	11.6	12.3	11.6	-0.7	2.4
4 月	19.7	17.2	11.6	16.0	11.9	-4.1	5.6
5 月	21.5	19.7	11.8	18.5	13.0	-5.5	7.9
6 月	22.0	23.1	12.6	21.1	17.7	-3.4	10.5
7 月	21.7	23.7	15.9	22.2	21.8	-0.4	7.8
8 月	21.3	23.3	19.9	21.8	22.4	0.6	3.4
9 月	19.9	22.3	21.7	20.3	21.6	1.3	0.6
10 月	16.9	19.9	19.7	17.9	19.8	1.9	0.2
11 月	14.3	17.9	17.9	14.5	17.9	3.4	0.0
12 月	9.8	15.3	15.3	9.8	15.2	5.4	0.0
年均	17.1	18.4	15.2	16.0	16.4	0.4	3.2
最大值	22.0	23.7	21.7	22.2	22.4	5.4	10.5
最小值	9.4	12.0	11.6	8.4	11.6	-5.5	0.0
年内变幅	12.6	11.7	10.1	13.8	10.8	-	-

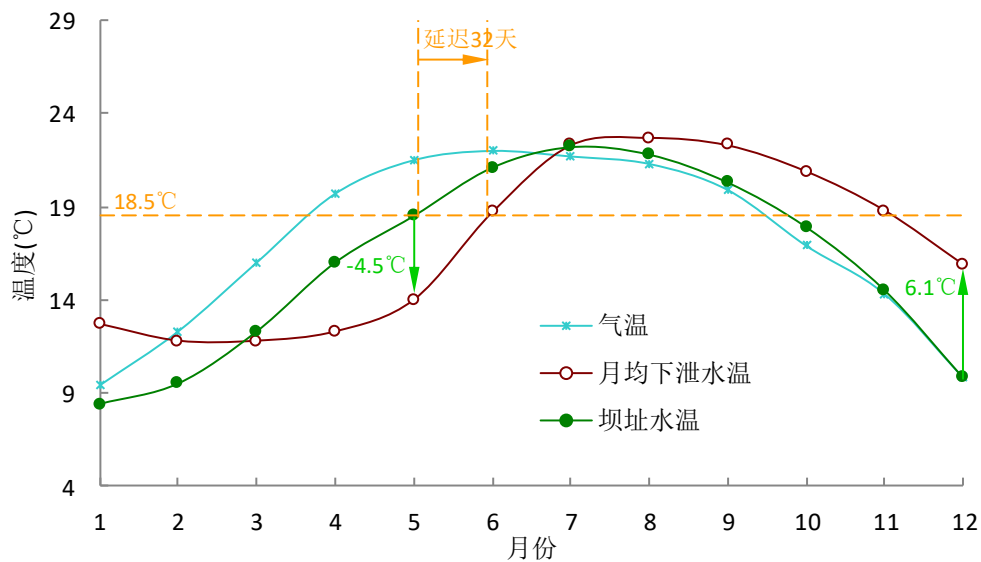


图 6.3-10 枯水年下泄水温、坝址水温与气温图

表 6.3-9 比较了清水河水库典型枯水年 5 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，5 月清水河下泄水温整体偏低，最大降幅为 6.2℃（5 月

19 日)，最小降幅为 2.9℃（5 月 23 日）。

图 6.3-11 比较了清水河水库典型平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址处天然水温。与坝址现状逐日水温相比，清水河下泄水温最大降幅为 6.2℃(5 月 19 日)、最大升幅为 10.0℃(12 月 16 日)。

以 5 月坝址天然水温 18.5℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 12 日到达 18.5℃，建坝后下泄水温在 6 月 13 日到达 18.5℃，延迟了 32 天。

表 6.3-9 枯水年 5 月逐日下泄水温与坝址现状水温

单位：℃

日期	坝址处多年平均水温	平水年下泄水温	与坝址水温差值	日期	坝址处多年平均水温	平水年下泄水温	与坝址水温差值
5 月 1 日	18.2	12.8	-5.4	5 月 16 日	18.1	13.9	-4.2
5 月 2 日	17.9	12.9	-5.0	5 月 17 日	19.2	14.0	-5.2
5 月 3 日	16.3	12.9	-3.4	5 月 18 日	19.9	14.1	-5.8
5 月 4 日	16.3	13.0	-3.3	5 月 19 日	20.4	14.2	-6.2
5 月 5 日	16.7	13.0	-3.7	5 月 20 日	19.4	14.3	-5.1
5 月 6 日	18.0	13.1	-4.9	5 月 21 日	18.8	14.4	-4.4
5 月 7 日	19.0	13.2	-5.8	5 月 22 日	18.8	14.5	-4.3
5 月 8 日	18.4	13.2	-5.2	5 月 23 日	17.5	14.6	-2.9
5 月 9 日	18.2	13.3	-4.9	5 月 24 日	18.3	14.7	-3.6
5 月 10 日	17.7	13.4	-4.3	5 月 25 日	17.9	14.9	-3.0
5 月 11 日	18.2	13.5	-4.7	5 月 26 日	18.5	15.0	-3.5
5 月 12 日	18.5	13.5	-5.0	5 月 27 日	18.5	15.1	-3.4
5 月 13 日	18.5	13.6	-4.9	5 月 28 日	19.5	15.2	-4.3
5 月 14 日	19.5	13.7	-5.8	5 月 29 日	19.6	15.4	-4.2
5 月 15 日	17.9	13.8	-4.1	5 月 30 日	19.5	15.5	-4.0
				5 月 31 日	19.1	15.7	-3.4

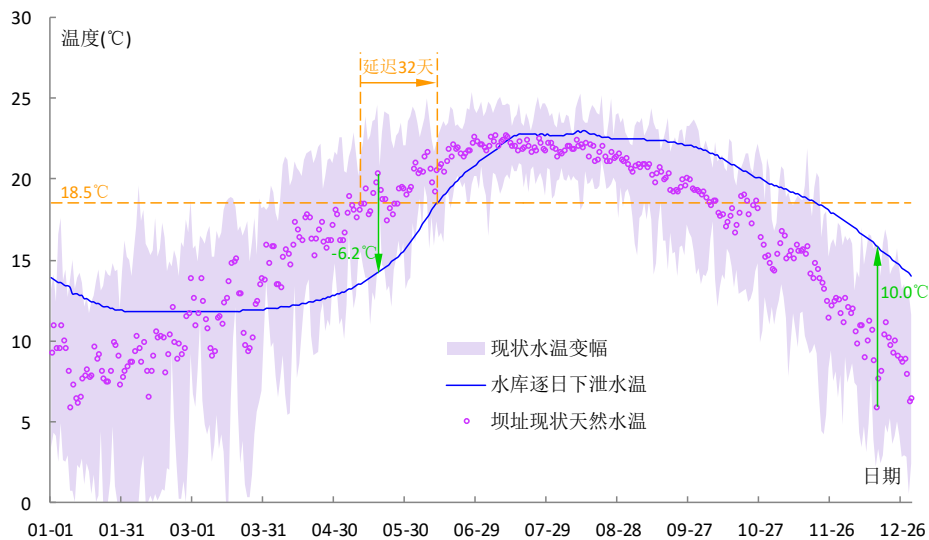


图 6.3-11 典型枯水年逐日下泄水温与现状水温比较

(4) 流场分析

为说明库区水温分层与流动的关系，图 6.3-12 和图 6.3-15 分别绘出了平水年低温水降幅相对偏大的 5 月和高温水升幅相对偏大的 12 月的温度场叠加流场。

由于水库坝前流速远小于库尾流速，图 6.3-12 和图 6.3-15 的整个库区绘制流场方式未能充分显示坝前的流动特性，图 6.3-13、图 6.3-14 和图 6.3-16、图 6.3-17 分别绘制了库区坝前 6km、1km 的流场细节。

在图 6.3-12 的 5 月流场中可见水流入库后沿表层流动，在坝前 5km 逐步下潜到发电孔口高程出库；同时由于库区分层现象较为明显，表层、泄流孔口高程同时存在流动层。5 月来流水温较高，表层流动转下潜带来表层下的回流。图 6.3-13、图 6.3-14 则表明了泄流孔口对坝前垂向流速分布的影响，远离孔口时，主流动层流速在垂向分布较为均匀，随流动向坝前推进，孔口高程范围内的流速逐渐加大，主流动层边缘处的流速则减小，越接近泄流孔口主流动层边界越清晰。

图 6.3-15~图 6.3-17 为 12 月流场，来流水温低于库区水温，从入库开始即下潜沿河床向坝前推进，库区底部水体流速较大，主流动层以上大范围形成回流。

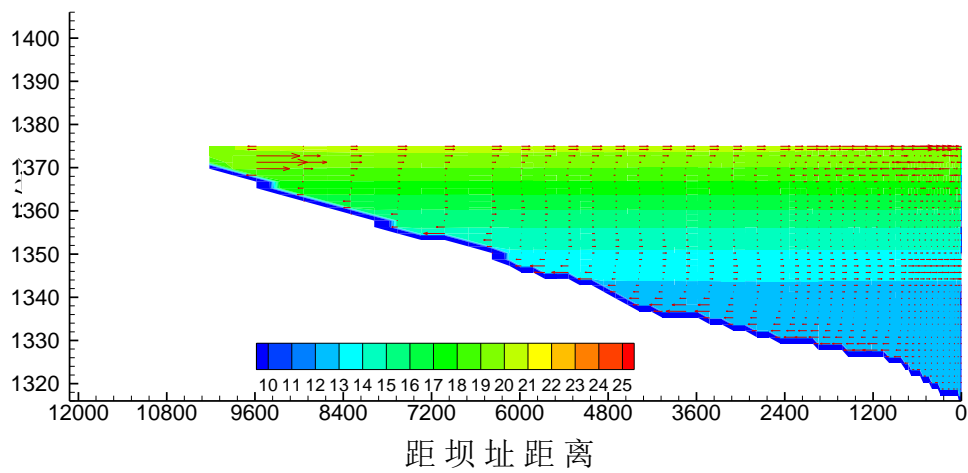


图 6.3-12 清水河水库典型平水年 5 月全库区流场

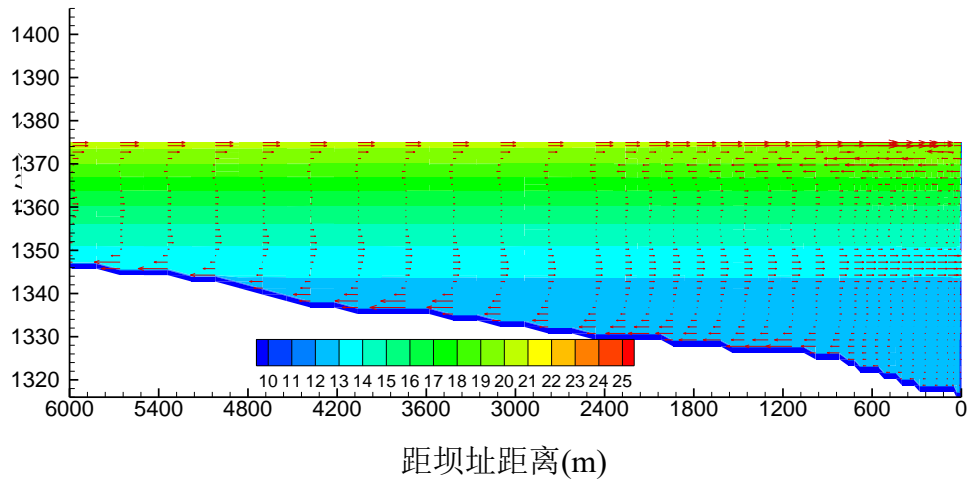


图 6.3-13 清水河水库典型平水年 5 月坝前 6km 流场

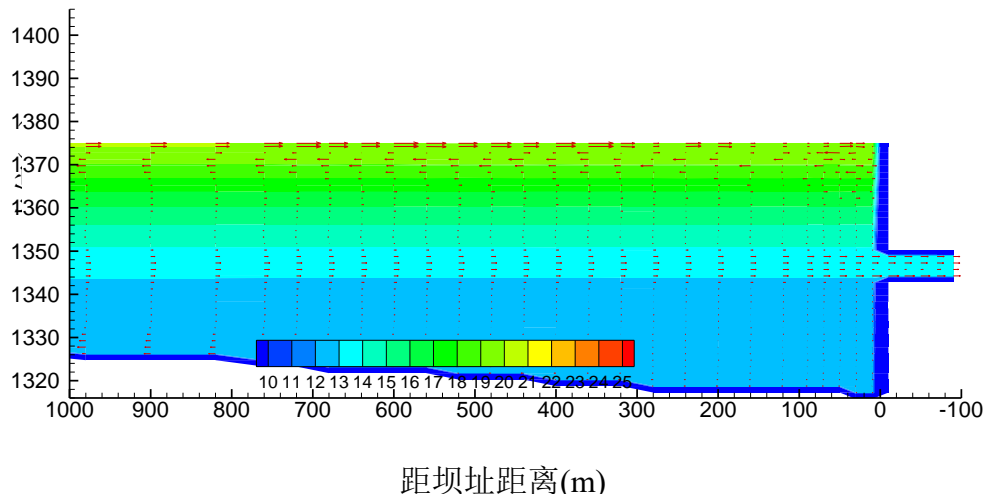


图 6.3-14 清水河水库典型平水年 5 月坝前 1km 流场

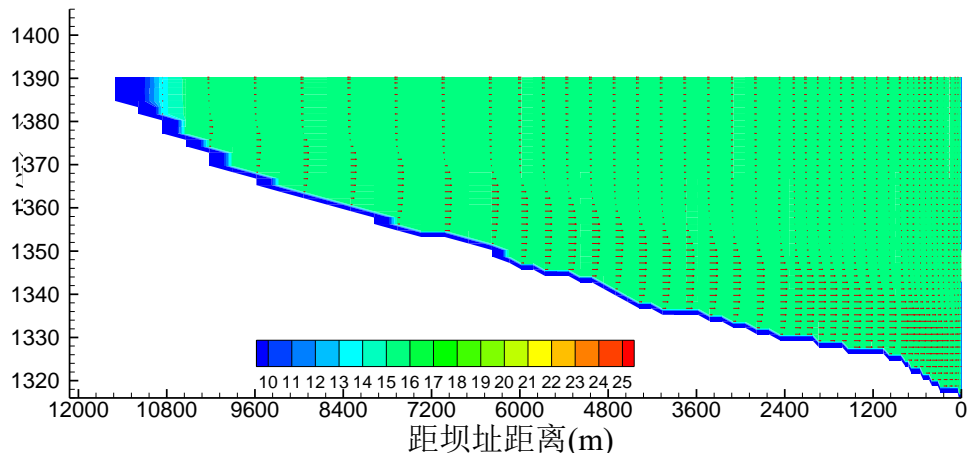


图 6.3-15 清水河水库典型平水年 12 月全库区流场

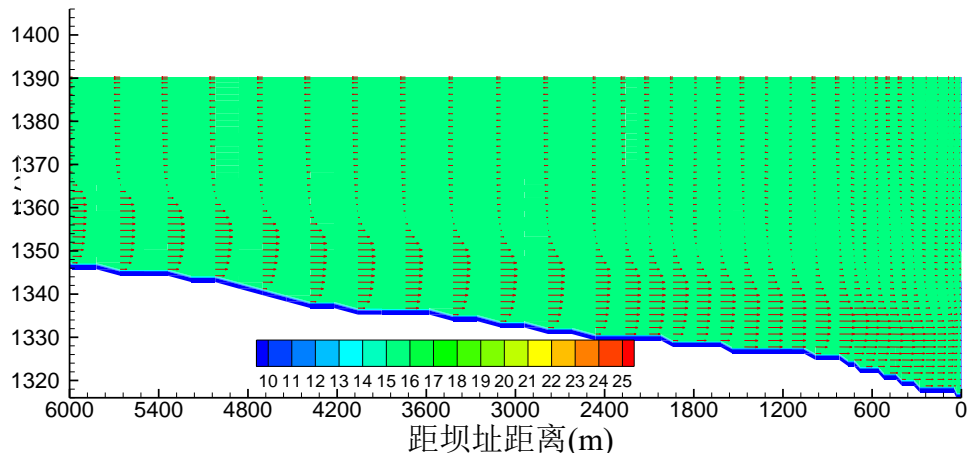


图 6.3-16 清水河水库典型平水年 12 月坝前 6km 流场

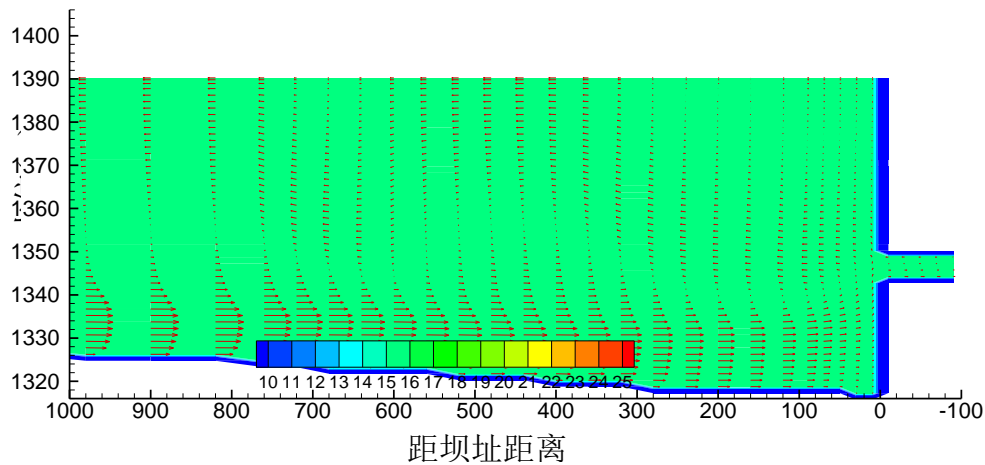


图 6.3-17 清水河水库典型平水年 12 月坝前 1km 流场

6.3.4.3 分层取水

由于清水河水库在丰、平、枯典型水文年运行时均对下游造成低温水效应，下泄水温最大降幅分别为 5.0℃(平)、5.5℃(丰)、4.5℃(枯)，均发生在 5 月份。为减缓水库下泄低温水不利生态影响，本工程考虑采用叠梁门分层取水措施来减缓下泄低温水的影响。

由于叠梁门可保证在各运行水位下取得表层温水，为了减缓清水河水库运行对下泄水温过程的影响，考虑在有低温水影响的月份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影响的目的。

根据下游水生保护需要和水温计算分析结果，除 3~7 月采用叠梁门改善下泄低温水的影响外，其它月份可不采用分层取水。根据水库运行调度，3~7 月库区最高水位为 1391.0（平）、1391.9m（丰）、1382.9m（枯），故根据主体工程的初步设计方案，以及电站发电取水的最小过流水深的要求，通过在发电进水口前门槽中放置不同数目的叠梁门来满足分层取水要求。

本阶段初步拟定的叠梁门分层取水方案为：4.0m×11 层(共 11 层)，最小淹没水深 2.0m。叠梁闸门最高挡水水位 1387.0m。当库水位变化时，通过启闭叠梁闸门的节数控制取水水位。拦污栅、清污抓斗及叠梁闸门均通过安装于坝顶启闭机房内的自动抓梁与双向台车共同操作。

表 6.3-10 对比了清水河电站叠梁门方案的下泄水温。各典型水文年清水河电站采用叠梁门方案取水后，下泄水流的春季低温水现象得到了有效缓解。

平水年采用叠梁门后，3-7 月下泄水温提高 1.6-6.3℃；丰水年采用叠梁门后，3-7 月下泄水温提高 1.9-6.6℃；枯水年采用叠梁门后，3-6 月下泄水温提高 2.3-5.7℃。各典型年采用叠梁门后水库的下泄水温均不存在低温水现象。

表 6.3-10 叠梁门分层取水效果对比(℃)

月份	坝址现状水温	平水年下泄水温				丰水年下泄水温				枯水年下泄水温			
		单层取水	叠梁门	c-b	c-a	单层取水	叠梁门	g-f	g-a	单层取水	叠梁门	k-j	k-a
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
3 月	12.3	11.8	14.2	2.4	1.9	11.6	14.0	2.4	1.7	11.8	14.1	2.3	1.8
4 月	16.0	12.2	17.1	4.9	1.1	11.9	17.0	5.1	1.0	12.3	17.0	4.7	1.0
5 月	18.5	13.5	19.8	6.3	1.3	13.0	19.6	6.6	1.1	14.0	19.7	5.7	1.2

月份	坝址现状水温	平水年下泄水温				丰水年下泄水温				枯水年下泄水温			
		单层取水	叠梁门	c-b	c-a	单层取水	叠梁门	g-f	g-a	单层取水	叠梁门	k-j	k-a
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
6 月	21.1	18.1	22.7	4.6	1.6	17.7	22.7	5.0	1.6	18.7	22.8	4.1	1.7
7 月	22.2	22.0	23.6	1.6	1.4	21.8	23.7	1.9	1.5	-	-	-	-

6.4 水质影响预测评价

6.4.1 污染源预测

设计水平年 2035 年污染源预测分为两个情景：情景一为现有污染治理措施下污染物排放量（对照情景），情景二水污染防治相关措施落实到位情况下的污染物排放量。

6.4.1.1 水库径流区污染源预测

（1）砚山片区

砚山片区预测年污染源主要有砚山县城污水处理厂、乡镇污水处理厂、工业园区污水处理厂等点污染源以及农村居民散排生活污水、畜禽养殖污染、农田径流污染等面污染源。

现有污染治理措施下砚山片区预测水平年污染负荷统计表见表 6.4-1，现有污染治理措施下砚山片区点源污染占比较大，主要来自县城居民生活污水排放，分别占 COD 排放量的 30.92%，BOD₅ 排放量的 23.09%，NH₃-N 排放量的 48.41%，TP 排放量的 30.07%，TN 排放量的 45.93%；面源污染中畜禽养殖占比较大，分别占 COD 排放量的 32.44%，BOD₅ 排放量的 48.25%，NH₃-N 排放量的 14.25%，TP 排放量的 26.79%，TN 排放量的 19.07%。

水污染防治规划提出，2035 年砚山县城城镇和乡镇生活污水处理厂的污水收集率得到进一步提高，达到 100%，NH₃-N 的处理标准提高至 3mg/L，TN 的处理标准提高至 8mg/L，中水回用率提高至 40%；砚山工业园中水会利用率提高到 90%，NH₃-N 和 TN 的处理标准分别提高至 2mg/L、5mg/L；农村生活污染源、农业面源治理水平得到极大改善，农村农业面源污染负荷会进一步减低，上述水污染防治措施全部落实到位后，预测水平年污染负荷统计情况见表 6.4-2，水污染防治措施落

实前后污染负荷对比见表 6.4-3。

由表 6.4-3 可知,水污染防治治理措施落实后,砚山县城污水总负荷较预测年削减 62%左右,乡镇集排污染负荷较预测年削减 50%左右,工业排污污染负荷削减 90%,农村散排污染负荷减少 20%,畜禽养殖污染负荷削减 50%。污染治理措施后砚山片区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 49.82%、54.05%、54.30%、49.74%及 64.15%。

表 6.4-1 现有污染治理措施下预测水平年(2035 年)砚山片区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	点源	县城污水总负荷	899.36	255.79	106.00	11.04	229.66
		所占比例(%)	30.92%	23.09%	48.41%	30.07%	45.93%
		乡镇集排污水总负荷	317.78	113.38	42.32	4.52	68.99
		所占比例(%)	10.93%	10.24%	19.32%	12.31%	13.80%
		工业园区污水总负荷	200.00	40.00	20.00	2.00	60.00
		所占比例(%)	6.88%	3.61%	9.13%	5.45%	12.00%
	面源	农村散排	120.46	75.29	12.05	2.11	15.06
		所占比例(%)	4.14%	6.80%	5.50%	5.74%	3.01%
		畜禽养殖	943.55	534.41	31.21	9.83	95.34
		所占比例(%)	32.44%	48.25%	14.25%	26.79%	19.07%
		农田径流	253.79	88.83	4.46	3.14	23.51
		所占比例(%)	8.73%	8.02%	2.04%	8.56%	4.70%
		灌溉退水	173.66	0.00	2.95	4.07	7.50
		所占比例(%)	5.97%	0.00%	1.35%	11.08%	1.50%
	合计		2908.60	1107.69	218.98	36.70	500.04

表 6.4-2 水污染防治措施落实后预测水平年(2035 年)砚山片区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	点源	县城污水总负荷	341.64	68.33	20.50	3.42	54.66
		所占比例(%)	23.41%	13.42%	20.48%	18.52%	30.50%
		乡镇集排污水总负荷	102.20	20.44	10.22	1.02	30.66
		所占比例(%)	7.00%	4.02%	10.21%	5.54%	17.11%
		工业园区污水总负荷	20.00	4.00	1.20	0.20	3.20
		所占比例(%)	1.37%	0.79%	1.20%	1.08%	1.79%
	面源	农村散排	96.36	60.23	9.64	1.69	12.05
		所占比例(%)	6.60%	11.83%	9.63%	9.14%	6.72%
		畜禽养殖	471.77	267.20	15.60	4.92	47.67
		所占比例(%)	32.33%	52.49%	15.59%	26.65%	26.59%
	农田径流		253.79	88.83	39.97	3.14	23.51

河流	污染物类别	污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
	所占比例 (%)	17.39%	17.45%	39.94%	17.02%	13.11%
	灌溉退水	173.66	0.00	2.95	4.07	7.50
	所占比例 (%)	11.90%	0.00%	2.95%	22.04%	4.18%
合计		1459.43	509.03	100.08	18.45	179.24

表 6.4-3 砚山片区治理措施落实前后预测水平年（2035 年）污染负荷对比

河流	污染物类别		水平年	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
公革河	点源	县城污水总负荷	措施前	899.36	255.79	106.00	11.04	229.66
			措施后	341.64	68.33	20.50	3.42	54.66
			减少率	-62.01%	80.66	-87.11%	-69.05%	-76.20%
		乡镇集排污水总负荷	措施前	317.78	113.38	42.32	4.52	68.99
			措施后	102.20	20.44	10.22	1.02	30.66
			减少率	-67.84%	-81.97%	-75.85%	-77.39%	-55.56%
		工业园区污水总负荷	措施前	200.00	40.00	20.00	2.00	60.00
			措施后	20.00	4.00	0.80	0.20	2.00
			减少率	-90.00%	-90.00%	-94.00%	-90.00%	-94.67%
	面源	农村散排	措施前	120.46	75.29	12.05	2.11	15.06
			措施后	96.37	60.23	9.64	1.69	12.05
			减少率	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%
		畜禽养殖	措施前	943.55	534.41	31.21	9.83	95.34
			措施后	471.77	267.20	15.60	4.92	47.67
			减少率	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%
		农田径流	措施前	253.79	88.83	4.46	3.14	23.51
			措施后	253.79	88.83	4.46	3.14	23.51
			减少率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
		灌溉退水	措施前	173.66	0.00	2.95	4.07	7.50
			措施后	173.66	0.00	2.95	4.07	7.50
			减少率	0.00%	-	0.00%	0.00%	0.00%
	合计		措施前	2908.60	1107.69	218.98	36.70	500.04
			措施后	1459.43	509.03	100.08	18.45	179.24
			减少率	-49.82%	-54.05%	-54.30%	-49.74%	-64.15%

(2) 维摩片区

维摩片区预测年污染源主要有维摩乡污水处理厂、维摩乡集中直排点污染源以及农村居民散排生活污水、畜禽养殖污染、农田径流污染等面污染源。

现有污染治理措施下维摩片区预测水平年污染负荷统计表见表 6.4-4，现有污染治理措施下维摩片区点源污染负荷占比不大，分别占 COD 排放量的 13.41%，BOD₅ 排放量的 10.14%，NH₃-N 排放量的 32.59%，TP 排放量的 12.39%，TN 排放量的 28.29%；面源污染污染负荷较大，其中畜禽养殖污染负荷最大，分别占 COD 排放量的 47.66%，BOD₅ 排放量的 63.35%，NH₃-N 排放量的 30.44%，TP 排放量的 34.54%，TN 排放量的 43.19%。

水污染防治规划提出，2035 年维摩乡生活污水污水处理厂的污水收集率得到进一步提高，达到 100%，污水处理厂处理标准为一级 A 标准；农村生活污染源、农业面源通过各种面源治理措施，分别削减 20%、50%，上述水污染防治措施全部落实到位后，预测水平年污染负荷统计情况见表 6.4-5，水污染防治措施落实前后污染负荷对比见表 6.4-6。

由表 6.4-4 可知，水污染防治治理措施落实后，维摩片区乡镇集排污染负荷较预测年削减 70%左右，农村散排污染负荷减少 20%，畜禽养殖污染负荷削减 50%。措施后维摩片区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 36.37%、44.56%、29.29%、31.35%及 38.19%。

表 6.4-4 现有污染治理措施下预测年（2035 年）维摩受水区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
阿额小河	点源	乡镇污水处理厂	16.05	3.21	1.60	0.16	4.81
		所占比例 (%)	4.29%	1.92%	8.75%	3.11%	11.70%
		乡镇集中排放	26.58	10.53	3.76	0.41	5.22
		所占比例 (%)	7.10%	6.29%	20.51%	7.87%	12.67%
	面源	农村散排	47.91	29.94	4.79	0.84	5.99
		所占比例 (%)	12.79%	17.88%	26.13%	16.24%	14.55%
		畜禽养殖	208.07	117.85	6.88	2.17	21.02
		所占比例 (%)	55.56%	70.35%	37.53%	42.01%	51.08%
		农田径流	17.07	5.97	0.30	0.21	1.58
		所占比例 (%)	4.56%	3.57%	1.64%	4.09%	3.84%
		灌溉退水	58.81	0.00	1.00	1.38	2.54
		所占比例 (%)	15.70%	0.00%	5.44%	26.68%	6.17%
	合计		374.49	167.51	18.34	5.16	41.16

表 6.4-5 水污染防治措施落实后维摩片区污染负荷汇总表

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
古登寨小河	点源	乡镇污水处理厂	20.06	4.01	2.01	0.20	6.02
		所占比例 (%)	8.42%	4.32%	15.47%	5.66%	23.65%
		乡镇集中排放	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		所占比例 (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	面源	农村散排	38.33	23.96	3.83	0.67	4.79
		所占比例 (%)	16.08%	25.80%	29.56%	18.93%	18.83%
		畜禽养殖	104.04	58.92	3.44	1.08	10.51
		所占比例 (%)	43.66%	63.45%	26.54%	30.59%	41.32%
		农田径流	17.07	5.97	2.69	0.21	1.58
		所占比例 (%)	7.16%	6.43%	20.73%	5.96%	6.21%
		灌溉退水	58.81	0.00	1.00	1.38	2.54
		所占比例 (%)	24.68%	0.00%	7.70%	38.86%	9.98%
	合计		238.30	92.87	9.37	3.54	25.44

表 6.4-6 维摩片区治理措施落实前后预测水平年(2035 年)污染负荷对比

河 流	污染物类别		水平年	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
阿 额 小 河	点源	乡镇集排 污水总负 荷	措施前	42.63	13.74	5.37	0.57	10.03
			措施后	20.06	4.01	0.80	0.20	6.02
			减少率	-52.94%	-70.80%	-62.62%	-64.60%	-40.00%
	面源	农村散排	措施前	47.91	29.94	4.79	0.84	5.99
			措施后	38.33	23.96	3.83	0.67	4.79
			减少率	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%
		畜禽养殖	措施前	208.07	117.85	6.88	2.17	21.02
			措施后	104.04	58.92	3.44	1.08	10.51
			减少率	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%
		农田径流	措施前	17.07	5.97	0.30	0.21	1.58
			措施后	17.07	5.97	0.30	0.21	1.58
			减少率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
		灌溉退水	措施前	58.81	-	1.00	1.38	2.54
			措施后	58.81	-	1.00	1.38	2.54
			减少率	0.00%	-	0.00%	0.00%	0.00%
	合计	措施前	374.49	167.51	18.34	5.16	41.16	
		措施后	238.30	92.87	12.97	3.54	25.44	
		减少率	-36.37%	-44.56%	-29.29%	-31.35%	-38.19%	

(3) 库区

清水河水库库周污染负荷分为点源负荷和面源负荷, 预测水平年无点污染源;

面源污染负荷，包括农村生活污水、畜禽养殖废水、农田径流污染、灌区灌溉退水污染四个方面。

现有污染治理措施下预测水平年库区污染负荷统计表见表 6.4-7，现有污染治理措施下库区畜禽养殖污水污染负荷所占比例较大，农村散排污染及灌溉退水污染负荷所占比例相对较小。

水污染防治规划提出，2035 年库区农村散排生活污染源、畜禽养殖通过各种面源治理措施，分别削减 20%、50%，上述水污染防治措施全部落实到位后，预测水平年污染负荷统计情况见表 6.4-8，水污染防治措施落实前后污染负荷对比见表 6.4-9。

由表 6.4-9 可知，水污染防治治理措施落实后，维摩片区乡镇集排污染负荷较预测年削减 70%左右，农村散排污染负荷减少 20%，畜禽养殖污染负荷削减 50%，库区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 36.31%、43.83%、38.24%、29.61%及 39.54%。

表 6.4-7 现有污染治理措施下预测年（2035 年）库区污染负荷汇总

污染物类别		污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
面源	农村散排	21.15	13.22	2.12	0.37	2.64
	所占比例 (%)	10.11%	13.39%	27.75%	13.34%	13.45%
	畜禽养殖	143.42	81.23	4.74	1.49	14.49
	所占比例 (%)	68.57%	82.30%	62.23%	53.87%	73.71%
	农田径流	12.16	4.26	0.21	0.15	1.13
	所占比例 (%)	5.81%	4.31%	2.80%	5.42%	5.73%
	灌溉退水	32.42	0.00	0.55	0.76	1.40
	所占比例 (%)	15.50%	-	7.22%	27.36%	7.12%
合计		209.15	98.71	7.62	2.77	19.66

表 6.4-8 水污染防治措施落实后库区污染负荷汇总表

污染物类别		污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
面源	农村散排	16.92	10.58	1.69	0.30	2.12
	所占比例 (%)	12.70%	19.07%	35.94%	15.16%	17.79%
	畜禽养殖	71.71	40.62	2.37	0.75	7.25
	所占比例 (%)	53.83%	73.25%	50.38%	38.27%	60.96%
	农田径流	12.16	4.26	0.09	0.15	1.13
	所占比例 (%)	9.13%	7.68%	1.98%	7.71%	9.48%

	灌溉退水	32.42	0.00	0.55	0.76	1.40
	所占比例 (%)	24.34%	-	11.69%	38.87%	11.77%
	合计	133.21	55.45	4.71	1.95	11.89

表 6.4-9 库区治理措施落实前后预测水平年（2035 年）污染负荷对比

河流	污染物类别		水平年	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	面源	农村散排	措施后	16.92	10.58	1.69	0.30	2.12
			措施前	21.15	13.22	2.12	0.37	2.64
			减少率	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%
		畜禽养殖	措施后	71.71	40.62	2.37	0.75	7.25
			措施前	143.42	81.23	4.74	1.49	14.49
			减少率	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%
		农田径流	措施后	12.16	4.26	0.09	0.15	1.13
			措施前	12.16	4.26	0.21	0.15	1.13
			减少率	0.00%	0.00%	-56.33%	0.00%	0.00%
		灌溉退水	措施后	32.42	-	0.55	0.76	1.40
			措施前	32.42	-	0.55	0.76	1.40
			减少率	0.00%	-	0.00%	0.00%	0.00%
	合计		措施后	133.21	55.45	4.71	1.95	11.89
			措施前	209.15	98.71	7.62	2.77	19.66
			减少率	-36.31%	-43.83%	-38.24%	-29.61%	-39.54%

6.4.1.2 坝下河段污染源预测

清水河坝下并无乡镇，预测年不存在污水集中排放污染负荷，主要仍为农村散排生活污水、畜禽养殖污水及农田径流污水的面源污染。

现有污染治理措施下预测水平年坝下河段污染负荷统计表见表 6.4-10，现有污染治理措施下坝下河段畜禽养殖污水污染负荷所占比例较大，农村散排及灌溉退水污染负荷所占比例相对较小。

水污染防治规划提出，2035 年库区农村散排生活污染源、畜禽养殖通过各种面源治理措施，分别削减 20%、50%，上述水污染防治措施全部落实到位后，预测水平年污染负荷统计情况见表 6.4-11，水污染防治措施落实前后污染负荷对比见表 6.4-12。

由表 6.4-12 可知，水污染防治治理措施落实后，维摩片区乡镇集排污染负荷较预测年削减 70%左右，农村散排污染负荷减少 20%，畜禽养殖污染负荷削减 50%，库区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 35.11%、40.25%、35.03%、

30.4%及 36.72%。

表 6.4-10 现有污染治理措施下坝下预测年（2035 年）库区污染负荷汇总

污染物类别		污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
面源	农村散排	24.51	15.32	2.45	0.43	3.06
	所占比例 (%)	12.46%	15.65%	32.87%	17.29%	15.86%
	畜禽养殖	128.30	72.66	4.24	1.34	12.96
	所占比例 (%)	65.23%	74.24%	56.91%	53.89%	67.10%
	农田径流	28.26	9.89	0.50	0.35	2.62
	所占比例 (%)	14.37%	10.11%	6.66%	14.10%	13.55%
	灌溉退水	15.61	0.00	0.26	0.37	0.67
	所占比例 (%)	7.94%	-	3.55%	14.73%	3.49%
合计		196.68	97.87	7.46	2.48	19.32

表 6.4-11 水污染防治措施落实后坝下河段污染负荷汇总表

污染物类别		污染负荷(t/a)				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
面源	农村散排	24.51	15.32	2.45	0.43	3.06
	所占比例 (%)	12.46%	15.65%	32.87%	17.29%	15.86%
	畜禽养殖	128.30	72.66	4.24	1.34	12.96
	所占比例 (%)	65.23%	74.24%	56.91%	53.89%	67.10%
	农田径流	28.26	9.89	0.50	0.35	2.62
	所占比例 (%)	14.37%	10.11%	6.66%	14.10%	13.55%
	灌溉退水	15.61	0.00	0.26	0.37	0.67
	所占比例 (%)	7.94%	-	3.55%	14.73%	3.49%
合计		127.63	58.48	4.84	1.73	12.22

表 6.4-12 坝下河段治理措施落实前后预测水平年（2035 年）污染负荷对比

河流	污染物类别		水平年	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
南丘河	面源	农村散排	措施后	19.61	12.25	1.96	0.34	2.45
			措施前	24.51	15.32	2.45	0.43	3.06
			减少率	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%
		畜禽养殖	措施后	64.15	36.33	2.12	0.67	6.48
			措施前	128.30	72.66	4.24	1.34	12.96
			减少率	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%
		农田径流	措施后	28.26	9.89	0.50	0.35	2.62
			措施前	28.26	9.89	0.50	0.35	2.62
			减少率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
		灌溉退水	措施后	15.61	-	0.26	0.37	0.67
			措施前	15.61	-	0.26	0.37	0.67

		减少率	0.00%	-	0.00%	0.00%	0.00%
	合计	措施后	127.63	58.48	4.84	1.73	12.22
		措施前	196.68	97.87	7.46	2.48	19.32
		减少率	-35.11%	-40.25%	-35.03%	-30.40%	-36.72%

6.4.1.3 其他受水区污染源预测

(1) 珠琳片区

珠琳片区预测年污染源主要有珠琳镇集中点污染源、工业园区污水处理厂污染源以及农村居民散排生活污水、畜禽养殖污染、农田径流污染等面污染源。

现有污染治理措施下预测水平年珠琳片区段污染负荷统计表见表 6.4-13，现有污染治理措施下，乡镇居民集中排污占比较大，分别占 26.15%，BOD₅ 排放量的 22.30%，NH₃-N 排放量的 45.58%，TP 排放量的 29.33%，TN 排放量的 33.70%；面源污染中畜禽养殖污染负荷最大，其他面源污染较小。畜禽养殖污染负荷分别占 COD 排放量的 46.93%，BOD₅ 排放量的 57.19%，NH₃-N 排放量的 19.12%，TP 排放量的 35.89%，TN 排放量的 31.14%。

水污染防治规划提出，2035 年珠琳片区新建处理规模 1500t/d 的生活污水处理厂，污水收集率达到 100%，处理标准为一级 A 标，中水回用率达到 40%；农村散排生活污染源、畜禽养殖通过各种面源治理措施，分别削减 20%、50%；珠琳工业园区污水处理厂排放标准由一级 B 标提高至一级 A 标，中水回用率由现状的 40% 提升至 60%，上述水污染防治措施全部落实到位后，预测水平年污染负荷统计情况见表 6.4-14，水污染防治措施落实前后污染负荷对比见表 6.4-15。

由表 6.4-15 可知，水污染防治治理措施落实后，珠琳片区集中排放生活污水总负荷较预测年削减 90%，工业排污污染负荷各污染因子削减 30~70%，农村散排污染负荷减少 20%，畜禽养殖污染负荷削减 50%。合计措施后珠琳片区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 52.15%、56.72%、66.64%、55.74%及 55.22%。

表 6.4-13 现有污染治理措施下珠琳片区预测年（2035 年）库区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	点源	乡镇集中排放	345.19	136.77	48.85	5.28	67.74
		所占比例（%）	26.15%	22.30%	45.58%	29.33%	33.70%
		珠琳工业园污水处理厂	156.96	52.32	20.93	2.62	52.32

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
		所占比例 (%)	11.89%	8.53%	19.53%	14.54%	26.03%
		农村散排	95.19	59.50	9.52	1.67	11.90
	面源	所占比例 (%)	7.21%	9.70%	8.88%	9.26%	5.92%
		畜禽养殖	619.47	350.86	20.49	6.46	62.59
		所占比例 (%)	46.93%	57.19%	19.12%	35.89%	31.14%
		农田径流	40	14	6.3	0.495	3.705
		所占比例 (%)	3.03%	2.28%	5.88%	2.75%	1.84%
		灌溉退水	63.23	0.00	1.07	1.48	2.73
		所占比例 (%)	4.79%	0.00%	1.00%	8.23%	1.36%
		合计	1320.05	613.45	107.16	17.99	200.98

表 6.4-14 水污染防治措施落实后珠琳片区污染负荷汇总表

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	点源	珠琳镇污水处理厂	25.68	5.14	1.03	0.26	2.57
		所占比例 (%)	4.07%	1.93%	3.32%	3.23%	4.18%
		珠琳工业园污水处理厂	116.80	23.36	4.67	1.17	11.68
		所占比例 (%)	18.49%	8.80%	15.10%	14.67%	18.99%
	面源	农村散排	76.15	47.60	7.62	1.33	9.52
		所占比例 (%)	12.06%	17.93%	24.62%	16.74%	15.48%
		畜禽养殖	309.74	175.43	10.25	3.23	31.30
		所占比例 (%)	49.04%	66.07%	33.12%	40.55%	50.89%
		农田径流	40.00	14.00	6.30	0.50	3.71
		所占比例 (%)	6.33%	5.27%	20.37%	6.22%	6.02%
		灌溉退水	63.23	0.00	1.07	1.48	2.73
		所占比例 (%)	10.01%	0.00%	3.47%	18.60%	4.44%
		合计	631.60	265.52	39.48	7.96	89.99

表 6.4-15 珠琳片区治理措施落实前后预测水平年（2035 年）污染负荷对比

河流	污染物类别		水平年	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
板榔河	点源	乡镇集中排放	措施前	345.19	136.77	48.85	5.28	67.74
			措施后	25.68	5.14	2.568	0.26	7.704
			减少率	-92.56%	-96.24%	-94.74%	-95.13%	-88.63%
		珠琳工业园污水处理厂	措施前	156.96	52.32	20.93	2.62	52.32
			措施后	116.80	23.36	11.68	1.17	35.04
			减少率	-25.59%	-55.35%	-44.19%	-55.35%	-33.06%
	面源	农村散排	措施前	95.19	59.50	9.52	1.67	11.90
			措施后	76.15	47.60	7.62	1.33	9.52

		畜禽养殖	减少率	-20.0%	-20.0%	-20.0%	-20.0%	-20.0%
			措施前	619.47	350.86	20.49	6.46	62.59
			措施后	309.74	175.43	10.25	3.23	31.30
		农田径流	减少率	-50.0%	-50.0%	-50.0%	-50.0%	-50.0%
			措施前	40.00	14.00	6.30	0.50	3.71
			措施后	40.00	14.00	6.30	0.50	3.71
		灌溉退水	减少率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
			措施前	63.23	0.00	1.07	1.48	2.73
			措施后	63.23	0.00	1.07	1.48	2.73
		合计	减少率	0.00%	-	0.00%	0.00%	0.00%
			措施前	1320.05	613.45	107.16	17.99	200.98
			措施后	631.60	265.52	33.88	7.96	89.99
			减少率	-52.15%	-56.72%	-66.64%	-55.74%	-55.22%

(2) 天星树皮片区

天星树皮片区预测年污染源主要有天星乡、树皮乡集中直排点污染源以及农村居民散排生活污水、畜禽养殖污染、农田径流污染等面污染源。

现有污染治理措施下预测水平年天星树皮片区污染负荷统计表见表 6.4-16，现有污染治理措施下，乡镇居民集中排污占比较大，分别占 COD 排放量的 36.72%，BOD₅ 排放量的 33.02%，NH₃-N 排放量的 70.55%，TP 排放量的 40.33%，TN 排放量的 55.05%；村散排、灌溉退水及农田径流污染负荷较小，以 COD 为例，分别占 COD 总负荷的 44.72%、4.49%、10.11%及 3.96%。

水污染防治规划提出，2035 年天星树皮片区新建处理规模 3000t/d 的生活污水处理厂，污水收集率达到 100%，同时 NH₃-N、TN 的处理标准分别提高至 2mg/L、5mg/L；农村散排生活污染源、畜禽养殖通过各种面源治理措施，分别削减 20%、50%。上述水污染防治措施全部落实到位后，预测水平年污染负荷统计情况见表 6.4-17，水污染防治措施落实前后污染负荷对比见表 6.4-18。

由表 6.4-18 可知，水污染防治治理措施落实后，天星树皮片区天星树皮片区集排生活污水负荷较预测年削减 90%，农村散排污染负荷减少 20%，畜禽养殖污染负荷削减 50%。合计措施后天星树皮片区 COD、BOD₅、NH₃-N、TP、TN 污染负荷分别削减 57.00%、61.68%、80.72%、56.07 %及 70.90%。

表 6.4-16 现有措施下天星树皮片区预测年（2035 年）库区污染负荷汇总

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
法白小河	点源	乡镇集排	675.53	267.66	95.59	10.32	132.56

		所占比例（%）	36.72%	33.02%	70.55%	40.33%	55.05%
	面源	农村散排	82.57	51.61	8.26	1.44	10.32
		所占比例（%）	4.49%	6.37%	6.09%	5.64%	4.29%
		畜禽养殖	822.65	465.93	27.21	8.57	83.12
		所占比例（%）	44.72%	57.47%	20.08%	33.49%	34.52%
		农田径流	72.80	25.48	1.28	0.90	6.74
		所占比例（%）	3.96%	3.14%	0.94%	3.52%	2.80%
		灌溉退水	186.03	0.00	3.16	4.36	8.03
		所占比例（%）	10.11%	0.00%	2.33%	17.02%	3.34%
	合计		1839.58	810.68	135.50	25.60	240.77

表 6.4-17 水污染防治措施落实后天星树皮片区污染负荷汇总表

河流	污染物类别		污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
法白 小河	点源	乡镇集排	54.75	10.95	5.48	0.55	16.43
		所占比例（%）	6.92%	3.52%	13.58%	4.87%	20.27%
	面源	农村散排	66.06	41.28	6.61	1.16	8.26
		所占比例（%）	8.35%	13.29%	16.39%	10.28%	10.19%
		畜禽养殖	411.33	232.97	13.61	4.29	41.56
		所占比例（%）	52.00%	74.99%	33.75%	38.11%	51.30%
		农田径流	72.80	25.48	0.56	0.90	6.74
		所占比例（%）	9.20%	8.20%	28.45%	8.01%	8.32%
		灌溉退水	186.03	0.00	3.16	4.36	8.03
		所占比例（%）	23.52%	0.00%	7.83%	38.73%	9.91%
		合计	790.96	310.68	40.31	11.25	81.02

表 6.4-18 天星树皮片区治理措施落实前后预测水平年(2035 年)污染负荷对比

河流	污染物类别		水平年	污染负荷(t/a)				
				COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
法白 小河	点源	乡镇集排	措施前	675.53	267.66	95.59	10.32	132.56
			措施后	54.75	10.95	5.48	0.55	16.43
			减少率	-91.90%	-95.91%	-94.27%	-94.70%	-87.61%
	面源	农村散排	措施前	82.57	51.61	8.26	1.44	10.32
			措施后	66.06	41.28	6.61	1.16	8.26
			减少率	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%	-20.00%
		畜禽养殖	措施前	822.65	465.93	27.21	8.57	83.12
			措施后	411.33	232.97	13.61	4.29	41.56
			减少率	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%	-50.00%
		农田径流	措施前	72.80	25.48	1.28	0.90	6.74
			措施后	72.80	25.48	1.28	0.90	6.74
			减少率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
			措施前	186.03	0.00	3.16	4.36	8.03

河流	污染物类别	水平年	污染负荷(t/a)				
			COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
	灌溉退水	措施后	186.03	0.00	3.16	4.36	8.03
		减少率	0.00%	-	0.00%	0.00%	0.00%
	合计	措施前	1839.58	810.68	135.50	25.60	240.77
		措施后	790.96	310.68	26.12	11.25	70.07
		减少率	-57.00%	-61.68%	-70.25%	-56.07%	-66.35%

(3) 丘北工业园

水污染防治措施落实后预测水平年丘北工业园污染负荷统计表见表 6.4-19，根据《丘北工业园区总体规划》，丘北工业园片区预测年排污系数取 0.85，污水处理率达到 100%，污水处理厂出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准外排，规划区中水回用率需按 90%控制。

表 6.4-19 现有措施下丘北工业园区预测年（2035 年）库区污染负荷汇总

区域	排放量（万 t/a）	污染物（t/a）				
		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
丘北工业园污水处理厂	76.25	38.12	7.62	3.81	0.38	11.44
普者黑火车站物流园区	73.95	36.98	7.40	3.70	0.37	11.09
备注：排污系数为 0.85，污水按经污水厂处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准处理后外排考虑						

6.4.2 水质预测模型及预测工况

6.4.2.1 纳污能力模型

根据《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010），采用适用于污染物均匀混合的小型河段计算模型，计算各河段水环境容量，其计算模型如下：

$$M = (C_s - C)(Q + Q_p) \quad (1)$$

式中：M ——计算单元的水环境容量（g/s）；
 Q ——河段上断面的设计流量（m³/s）；
 Q_p ——计算单元旁侧入流流量（m³/s）；
 C_s ——计算单元水质目标浓度值（mg/L）；
 C ——控制断面污染物浓度值（mg/L）；

其中，控制断面污染物浓度可由一维水质模型求解得到。

6.4.2.2 一维水质模型

非恒定流连续方程：

$$\frac{\partial z}{\partial s} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial s} + \frac{Q^2}{K^2} = 0 \quad (2)$$

非恒定流运动方程:

$$\frac{\partial z}{\partial s} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial s} + \frac{Q^2}{K^2} = 0 \quad (3)$$

$$K = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} A \quad (4)$$

式中, A (m^2)为过水断面面积; Q (m^3/s)为过水断面流量; q_x (m^2/s)为流量沿程变化率; z (m)为上游断面与下游断面水位差; s (m)为上下游断面之间的距离; K 为断面平均流量模数; n 为糙率; R (m)为水力半径, v (m/s)为断面平均流速。

BOD₅ 水质模型方程

$$\frac{\partial C_{\text{BOD}_5}}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC_{\text{BOD}_5}) + S_{\text{BOD}_5} \quad (5)$$

式中, C_{BOD_5} (mg/L)为 BOD₅ 浓度; Q (m^3/s)为流量; A (m^2)为过流断面面积; S_{BOD_5} ($\text{mg}/(\text{l}\cdot\text{s})$)为单位水体内的 BOD₅ 源/汇项;

S_{BOD_5} 考虑污染物的汇入与自净衰减过程, 可表示为:

$$S_{\text{BOD}_5} = S_{\text{BOD}_5}^0 - k_{\text{BOD}_5} C_{\text{BOD}_5} \quad (6)$$

式中, $S_{\text{BOD}_5}^0$ ($\text{mg}/(\text{l}\cdot\text{s})$)为污染物的点源或面源的汇入量; k_{BOD_5} ($1/\text{d}$)为 BOD₅ 的综合衰减系数;

COD_{cr} 水质模型方程

$$\frac{\partial C_{\text{COD}_{\text{cr}}}}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC_{\text{COD}_{\text{cr}}}) + S_{\text{COD}_{\text{cr}}} \quad (7)$$

式中, $C_{\text{COD}_{\text{cr}}}$ (mg/L)为 COD_{cr} 浓度; Q (m^3/s)为流量; A (m^2)为过流断面面积; $S_{\text{COD}_{\text{cr}}}$ ($\text{mg}/(\text{l}\cdot\text{s})$)为单位水体内的 COD_{cr} 源/汇项;

$S_{\text{COD}_{\text{cr}}}$ 考虑污染物的汇入与自净衰减过程, 可表示为:

$$S_{\text{COD}_{\text{cr}}} = S_{\text{COD}_{\text{cr}}}^0 - k_{\text{COD}_{\text{cr}}} C_{\text{COD}_{\text{cr}}} \quad (8)$$

式中, $S_{\text{COD}_{\text{cr}}}^0$ ($\text{mg}/(\text{l}\cdot\text{s})$)为污染物的点源或面源的汇入量; $k_{\text{COD}_{\text{cr}}}$ ($1/\text{d}$)为 COD_{cr} 的综合衰减系数;

NH₃-N 水质模型方程

$$\frac{\partial C_{\text{NH}_3\text{-N}}}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC_{\text{NH}_3\text{-N}}) + S_{\text{NH}_3\text{-N}} \quad (9)$$

式中, $C_{\text{NH}_3\text{-N}}$ (mg/L) 为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度; Q (m^3/s) 为流量; A (m^2) 为过流断面面积; $S_{\text{NH}_3\text{-N}}$ (mg/s) 为单位水体内的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 源/汇项;

$S_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 考虑污染物的汇入与自净衰减过程, 可表示为:

$$S_{\text{NH}_3\text{-N}} = S_{\text{NH}_3\text{-N}}^0 - k_{\text{NH}_3\text{-N}} C_{\text{NH}_3\text{-N}} \quad (10)$$

式中, $S_{\text{NH}_3\text{-N}}^0$ 为污染物的点源、面源的汇入; $k_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的综合衰减系数。

TP 水质模型方程

$$\frac{\partial C_{\text{TP}}}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC_{\text{TP}}) + S_{\text{TP}} \quad (11)$$

式中, C_{TP} (mg/L) 为 TP 浓度; Q (m^3/s) 为流量; A (m^2) 为过流断面面积; S_{TP} (mg/s) 为单位水体内的 TP 源/汇项;

S_{TP} 考虑污染物的汇入与自净衰减过程, 可表示为:

$$S_{\text{TP}} = S_{\text{TP}}^0 - k_{\text{TP}} C_{\text{TP}} \quad (12)$$

式中, S_{TP}^0 为污染物的点源、面源的汇入; k_{TP} 为 TP 的综合衰减系数。

6.4.2.3 立面二维水质模型

库区水动力学模型采用宽度平均的 $k\text{-}\varepsilon$ 紊流模型, 在笛卡儿直角坐标系下水动力学方程分别为:

$$\frac{\partial}{\partial x} (Bu) + \frac{\partial}{\partial z} (Bw) = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (Bu) + u \frac{\partial}{\partial x} (Bu) + w \frac{\partial}{\partial z} (Bu) &= \frac{\partial}{\partial x} (B \nu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z} (B \nu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \\ &\quad - \frac{B}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (B \nu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z} (B \nu_e \frac{\partial w}{\partial x}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (Bw) + u \frac{\partial}{\partial x} (Bw) + w \frac{\partial}{\partial z} (Bw) &= \frac{\partial}{\partial x} (B \nu_e \frac{\partial w}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z} (B \nu_e \frac{\partial w}{\partial z}) \\ &\quad - \frac{B}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial z} + \beta B \Delta T g + \frac{\partial}{\partial z} (B \nu_e \frac{\partial w}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial x} (B \nu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(Bk) + u \frac{\partial}{\partial x}(Bk) + w \frac{\partial}{\partial z}(Bk) = \frac{\partial}{\partial x} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + B(G_k + G_b - \varepsilon) \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(B\varepsilon) + u \frac{\partial}{\partial x}(B\varepsilon) + w \frac{\partial}{\partial z}(B\varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(B \frac{\nu_e}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + BC_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - BC_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (5)$$

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；

$$\nu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (6)$$

ν_e ——分子粘性系数 ν 与紊动涡粘系数 ν_t 之和， m^2/s ，

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。

$$\frac{\partial B\phi}{\partial t} + \frac{\partial uB\phi}{\partial x} + \frac{\partial wB\phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(BD_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(BD_z \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) + q_\phi B + BS_\phi \quad (7)$$

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， $mg/L \cdot s$ ； S_ϕ 为源汇项， $mg/L \cdot s$ 。

$$S_{\phi} = -k_{(20^{\circ})} \theta^{T-20} C \quad (8)$$

式中, $k_{(20^{\circ})}$ 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, C 为相应水质组分的浓度, 单位 mg/L。

(4) 模型参数

污染物综合衰减系数与河流的水文条件、污染物特征等因素有关。天然河道 COD_{Cr}、NH₃-N、TP 和 TN 的综合衰减系数参考嘉陵江南充段小渡口至李渡镇段水文和水质监测数据反算得到的值(《南充市 PTA 项目水环境影响研究》, (四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室, 2011 年)), 库区 COD_{Cr}、NH₃-N、TP 和 TN 的综合衰减系数参考乌东德库区水质预测时采用的各水质组分的降解系数(《金沙江乌东德水电站水环境影响预测及对策措施研究》, (四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室, 2012 年))。

天然河道中, COD 衰减系数取值 0.1/d, NH₃-N 衰减系数取值 0.08、TP 衰减系数取值 0.04/d, TN 衰减系数取值 0.04/d。库区中, COD 衰减系数取值 0.025/d, NH₃-N 衰减系数取值 0.02/d、TP 衰减系数取值 0.008/d, TN 衰减系数取值 0.008/d。

6.4.2.4 预测工况

水质预测分为以下两种情景: 情景 1 为现有污染治理措施下设计水平年 2035 年库区、坝下、各受水区退水纳污河流水质情况; 情景 2 为工程水环境污染防治方案落实后设计水平年 2035 年库区、坝下、各受水区退水受纳河流水质情况。库区采用立面二维模型, 坝下河段及受水区退水主要纳污河流公革河、古登寨小河、板榔河等采用一维水质模型计算, 其他河流根据河流水文条件、污染物排放情况选用适当水质模型计算。

6.4.3 水质预测结果

根据对清水河水库库周、坝下游及受水区河段的水质分析, 其现状水平年特征污染物主要有 COD、NH₃-N、TP、TN, 故预测水平年预测因子选择 COD、NH₃-N、TP、TN。

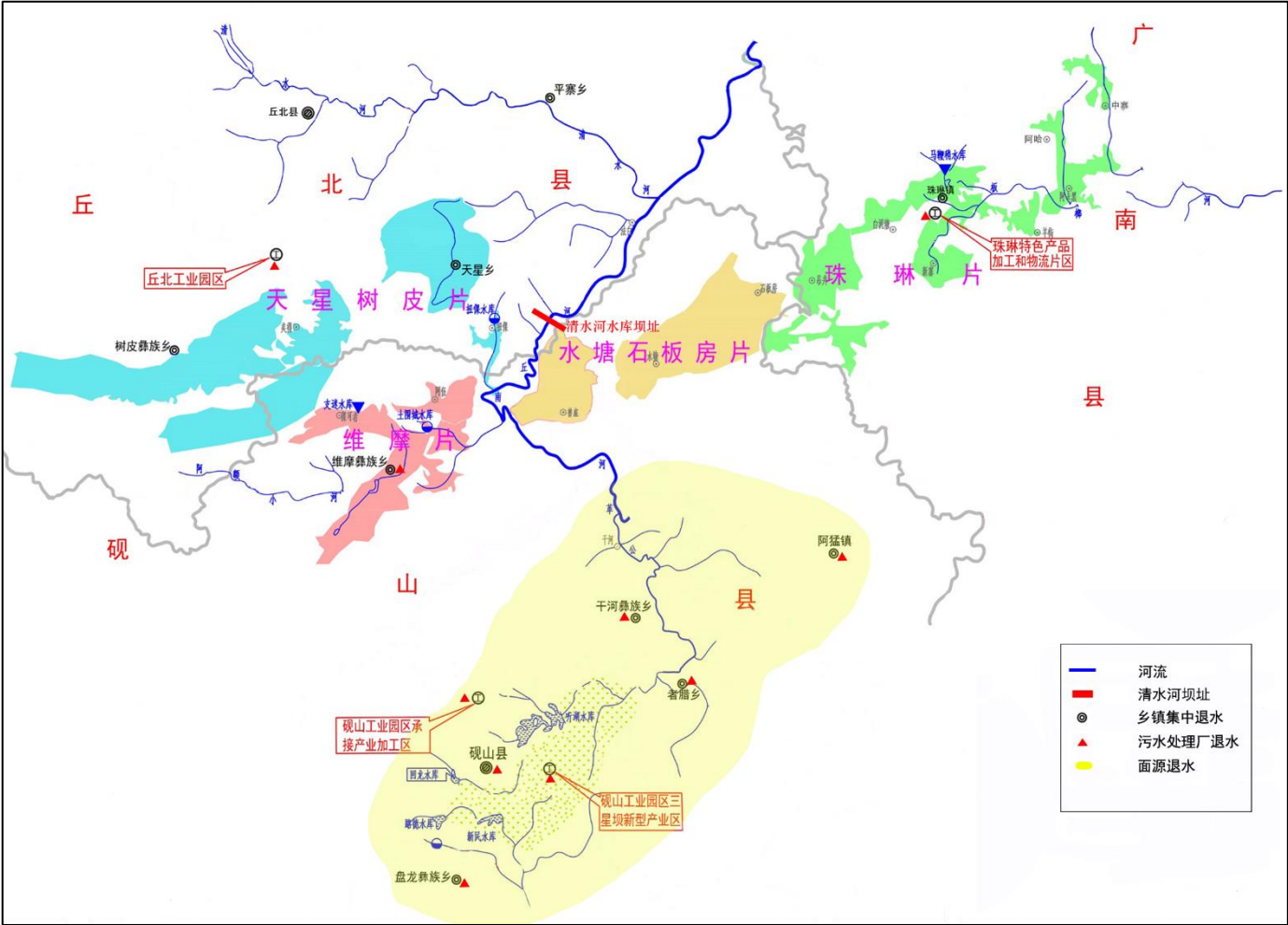


图 6.4-1 水质预测控制断面图

6.4.3.1 砚山片区退水预测

砚山片区退水范围为公革河发源地回龙水库至库尾断面，选取 COD、NH₃-N 两个水质因子进行评价，区间有支流阿额小河汇入，有砚山县各城镇污水处理厂及砚山工业园区的污水处理厂集中污水排放，影响坝下游水质的面源包括农村散排生活污水污染、禽畜养殖污染、农田径流污染和灌溉退水。

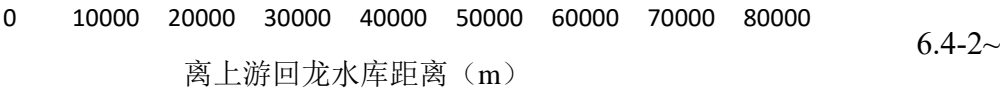


图 6.4-3 显示了情景 1 工况下公革河沿程 COD、NH₃-N 的变化规律。整体来讲，来流水质较好，砚山县城排污断面污染负荷较大，导致河流水质浓度急剧上升；随后乡镇集排点源污染较小，面源污染不高，水质浓度从上游到下游河道有逐渐降低的趋势。由于预测年砚山片区新增 2400 万 m³/a 的灌溉退水，退水浓度 COD 为 41mg/L，NH₃-N 为 0.696mg/L，故沿程 COD 浓度下降较慢或有上升趋势，而 NH₃-N 浓度下降较明显。

在典型年的汛期，COD、NH₃-N 浓度均满足Ⅲ类水标准，砚山县排污断面处污染物浓度最大。COD 浓度在丰水年、平水年、枯水年的汛期最大值依次为 7.92mg/L、9.99mg/L、9.51mg/L。NH₃-N 浓度在丰水年、平水年、枯水年的汛期最大值依次为 0.302mg/L、0.473mg/L、0.433mg/L。

在各典型年的枯期，COD 浓度、NH₃-N 浓度均不能满足Ⅲ类水标准。COD 浓度在丰水年、平水年、枯水年的枯期最大值依次为 25.08mg/L、33.69mg/L、31.62mg/L。NH₃-N 浓度在丰水年、平水年、枯水年的枯期最大值依次为 1.11mg/L、2.33mg/L、2.01mg/L。

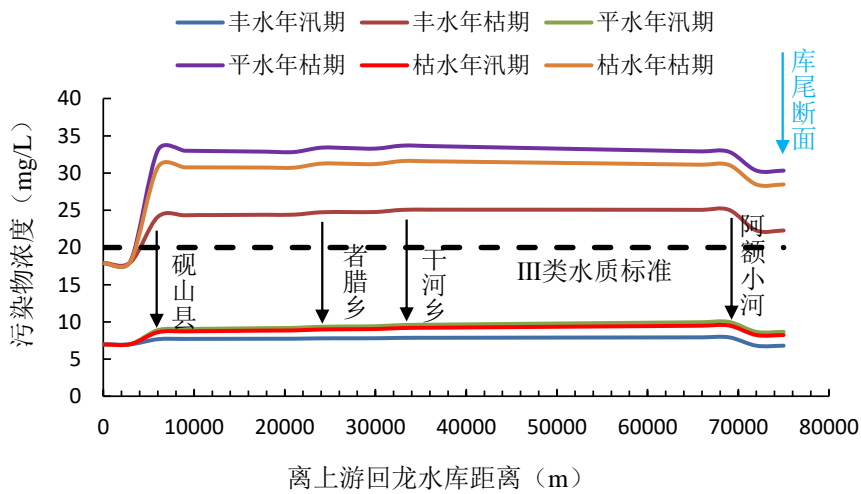


图 6.4-2 公革河 COD 沿程变化 (情景 1)

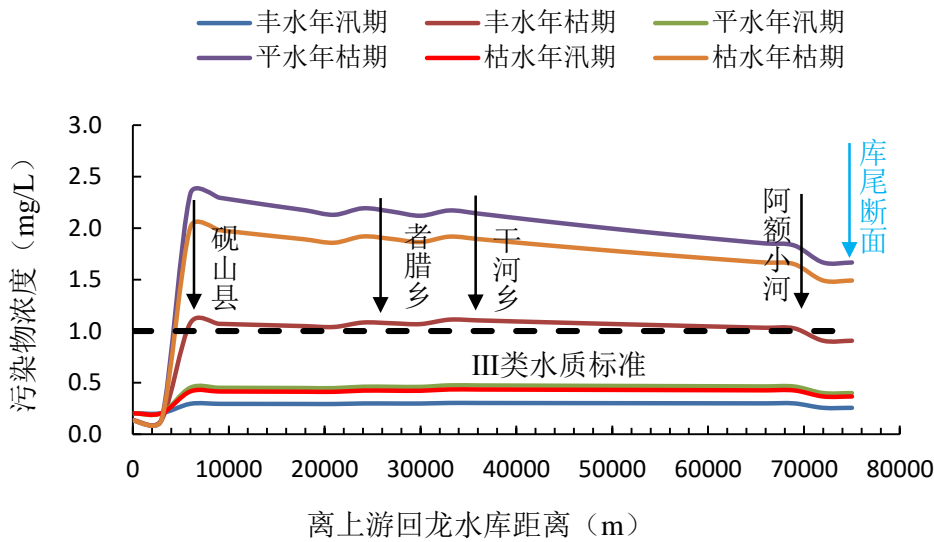


图 6.4-3 公革河 NH₃-N 沿程变化 (情景 1)

水污染防治措施落实后，砚山片区退水纳污河流公革河的预测结果见图 6.4-2~图 6.4-7。在典型年（丰、平、枯）的汛期，COD 沿程浓度的均值依次为 11.55mg/L、11.88mg/L、10.07mg/L；NH₃-N 沿程浓度的均值依次为 0.534mg/L、0.548mg/L、0.562mg/L；TP 沿程浓度的均值依次为 0.063mg/L、0.067mg/L、0.072mg/L；TN 沿程浓度的均值依次为 0.750mg/L、0.815mg/L、0.853mg/L。

在典型年（丰、平、枯）的枯期，COD 沿程浓度的峰值依次为 15.68mg/L、16.12mg/L、16.01mg/L；NH₃-N 沿程浓度的峰值依次为 0.802mg/L、0.829mg/L、

0.914mg/L；TP 沿程浓度的峰值依次为 0.117mg/L、0.122mg/L、0.136mg/L；TN 沿程浓度的峰值依次为 1.924mg/L、2.002mg/L、2.254mg/L。

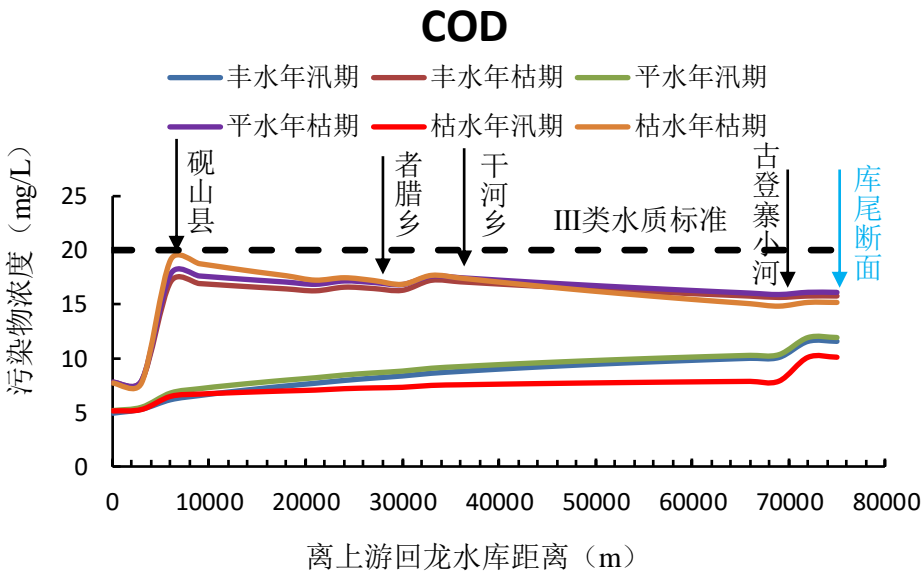


图 6.4-4 公革河 COD 沿程变化 (情景 2)

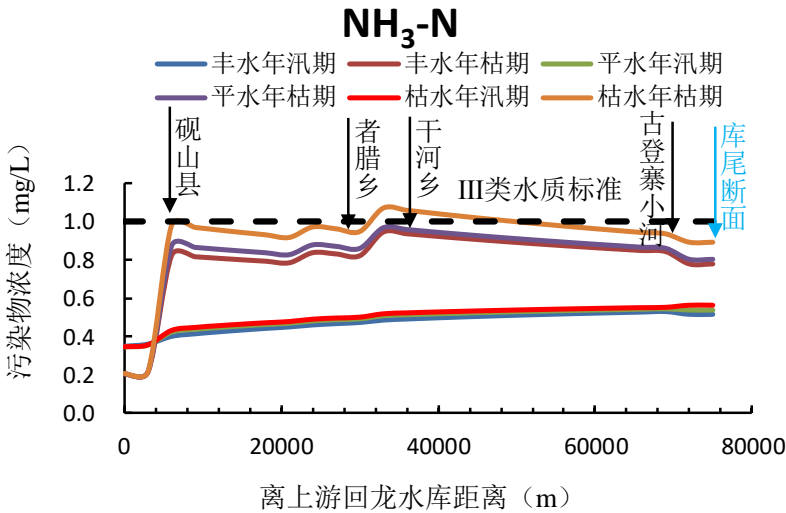


图 6.4-5 公革河 NH₃-N 沿程变化 (情景 2)

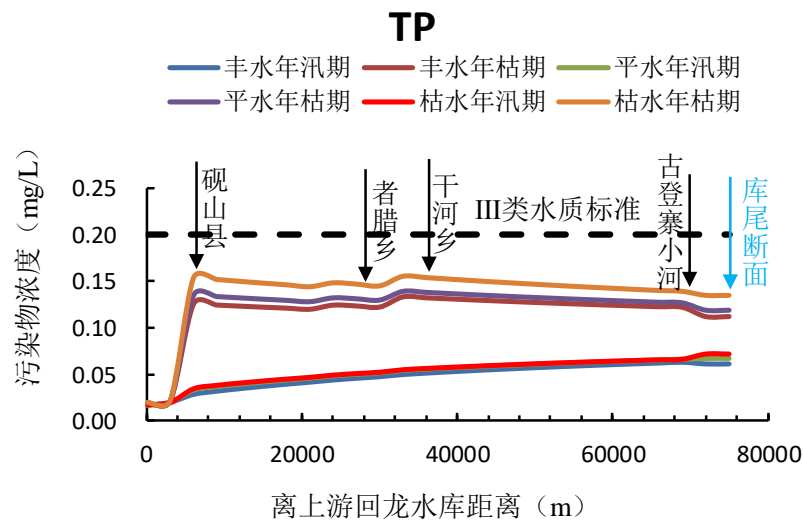


图 6.4-6 公革河 TP 沿程变化 (情景 2)

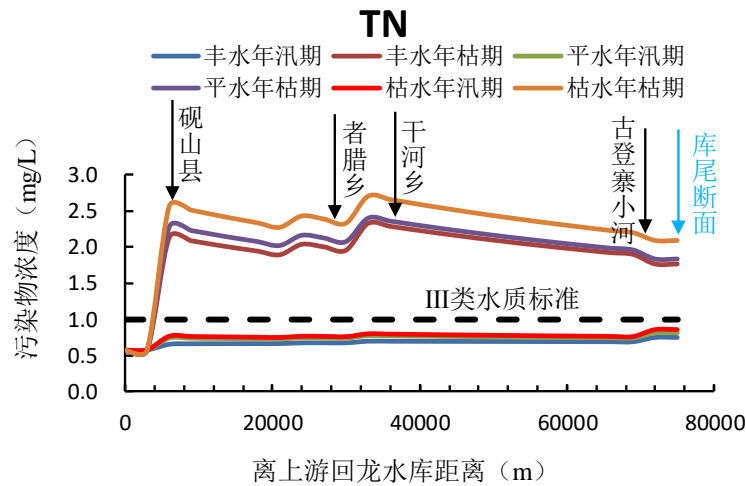


图 6.4-7 公革河 TN 沿程变化 (情景 2)

6.4.3.2 维摩片区

维摩片区退水范围主要为古登寨小河，选取 COD、NH₃-N 两个水质因子进行评价，区间无支流汇入，水动力条件及水质情况简单，降解河段很短，故可简化采用零维水质计算，由来流流量、水质条件及预测年维摩片区点源污水量、污染总负荷等边界条件计算古登寨小河汇入公革河汇口处断面的污染负荷。面源径流由集雨面积计算，面源包括农村散排生活污水污染、禽畜养殖污染、农田径流污染和灌溉退水。边界条件如表 6.4-20 所示。取支迷水库现状年监测水质作为计算河段现状年水质情况。根据维摩片区现状年及预测年污染负荷的统计，将预测年新增污水

量及新增污染总负荷作为预测年古登寨小河新增污染源。

表 6.4-21 显示了情景下古登寨小河汇口 COD、NH₃-N 的各典型年汛期、枯期水质情况。整体来讲，古登寨小河水水质较好，维摩片区污染负荷较小，各典型年的汛期、枯期均满足Ⅲ类水质标准。

表 6.4-20 古登寨小河天然逐月流量 单位: m³/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
丰水年	0.190	0.169	0.145	0.149	0.238	0.870	0.874	1.445	0.583	0.384	0.273	0.218
平水年	0.171	0.147	0.128	0.135	0.208	0.763	0.472	0.552	0.494	0.264	0.200	0.163
枯水年	0.117	0.103	0.094	0.100	0.124	0.405	0.261	0.280	0.198	0.188	0.164	0.143

表 6.4-21 古登寨小河汇口处水质情况(情景 1) 单位: m³/L

典型年	枯期		汛期	
	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
丰水年	17.75	0.28	16.09	0.22
平水年	17.37	0.27	15.84	0.21
枯水年	16.80	0.24	15.06	0.18

水污染防治措施落实后，古登寨小河汇口处水质预测结果见表 6.4-22。古登寨小河汇口 COD、NH₃-N、TP、TN 的各典型年汛期、枯期水质情况。整体来讲，古登寨小河水水质较好，NH₃-N、TP 浓度在各典型年的汛期、枯期均满足Ⅲ类水质标准；COD 浓度在各典型年的枯期略微超过Ⅲ类水质标准，在各典型年的汛期均满足Ⅲ类水质标准。

表 6.4-22 古登寨小河汇口处水质情况(情景 2) 单位: m³/L

典型年	枯期				汛期			
	COD	NH ₃ -N	TP	TN	COD	NH ₃ -N	TP	TN
丰水年	20.283	0.439	0.051	1.113	17.596	0.396	0.050	0.984
平水年	21.345	0.513	0.072	1.236	18.266	0.464	0.070	1.089
枯水年	23.277	0.635	0.105	1.444	19.601	0.576	0.103	1.268

6.4.3.3 库区水质预测结果

(1) 现有污染治理措施下库区水质预测成果(情景 1)

1) 丰水年

图 6.4-8~图 6.4-11 分别为预测水平年污染负荷情况下丰水年 COD、NH₃-N、TP、TN 在全库区的立面二维分布图。其中，每个水质要素分别给出了枯期(2 月中)和汛期(8 月中)的预测结果。

A 枯期水质预测结果分析

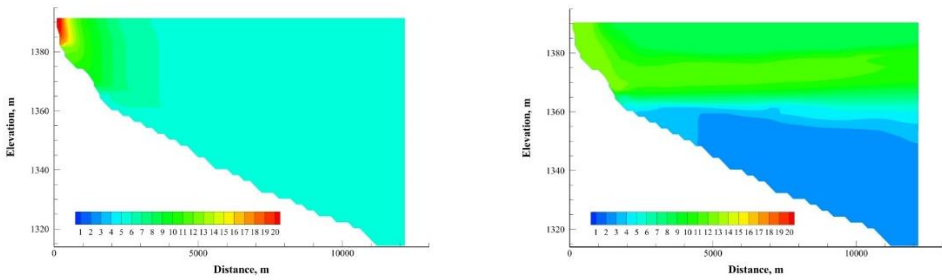
由于来流量小，枯期来流对库区水质的影响主要集中在库尾。受来流污染物的影响，枯期清水河库区 COD 在库尾处较高，超过Ⅲ类水质标准，沿程水质浓度逐渐降解，距库尾 0.4km 后，达到Ⅲ类水质标准，库尾来流运行 3~4km 后，入流 COD 与库区 COD 完全混合，除距库尾 4km 范围外，COD 在库区均匀分布，COD 值在 5.112~24.612mg/L 之间。NH₃-N、TP、TN 在枯期在库区的分布规律与 COD 类似，即库尾浓度较高，其余范围内水质混合均匀。其中，NH₃-N 值在 0.532~2.269mg/L 之间，距库尾 1km 范围超过氨氮Ⅲ类水质标准；TP 值在 0.074~0.260mg/L 之间，按照《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办[2011]22 号）的规定——“河流型水库按照河流水质评价方法进行”，库尾河流型水库段按照河流水质评价，因此库尾河流型水库段满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002Ⅲ类水总磷标准(0.2mg/L)，其它库区段超过Ⅲ类水总磷标准。

总的来讲，枯期清水河库区除距库尾 1~2km 范围外水质较好，COD、NH₃-N、和 TN 皆达到了Ⅲ类水质标准，而 TP 由于受来流负荷及面源影响，整个库区均不能达到Ⅲ类水质要求。

B 汛期水质预测结果分析

汛期 8 月，各水质要素在全库区的分布规律相似，在库区中上层及库尾处浓度较高，其中，COD 值在 2.583~12.230mg/L 之间；NH₃-N 值在 0.432~0.580mg/L 之间；TP 值在 0.066~0.090mg/L 之间，整个库区超过Ⅲ类水总磷标准；TN 值在 0.966~1.210mg/L 之间，在库区大部分范围内超过Ⅲ类水总氮标准。随着水质浓度、水温和来流量的增加，库区内水质主要沿中上层迁移运动，来流水质也主要影响中上层水质，尤其在水面下 10~30m 范围内，水质浓度较高。

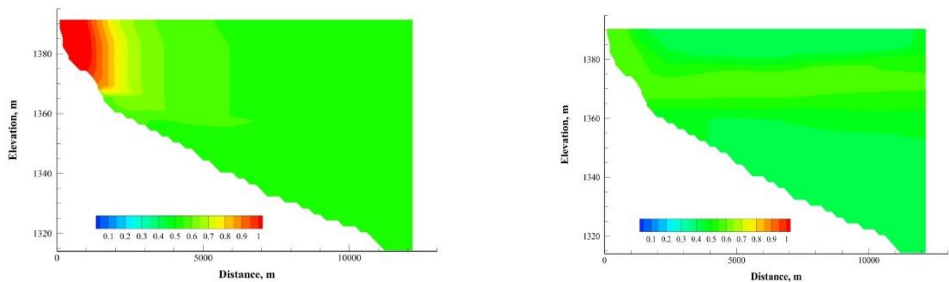
受来流负荷及面源影响，除库尾河流型水库段满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002Ⅲ类水总磷标准(0.2mg/L)，其他均不满足Ⅲ类水质要求。



(a) 枯期 (2 月月中)

(b) 汛期 (8 月月中)

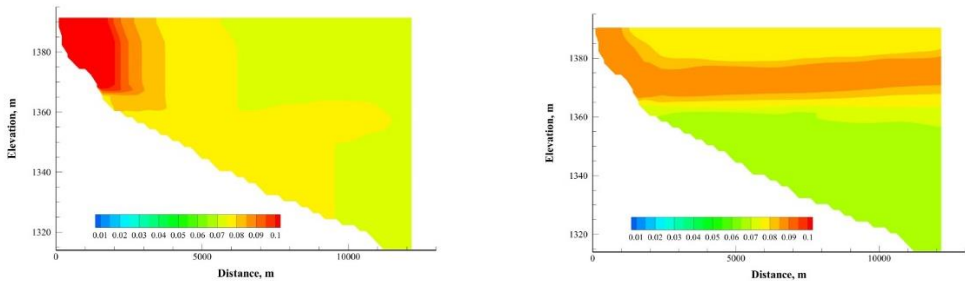
图 6.4-8 清水河库区丰水年典型水期 COD 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中)

(b) 汛期 (8 月月中)

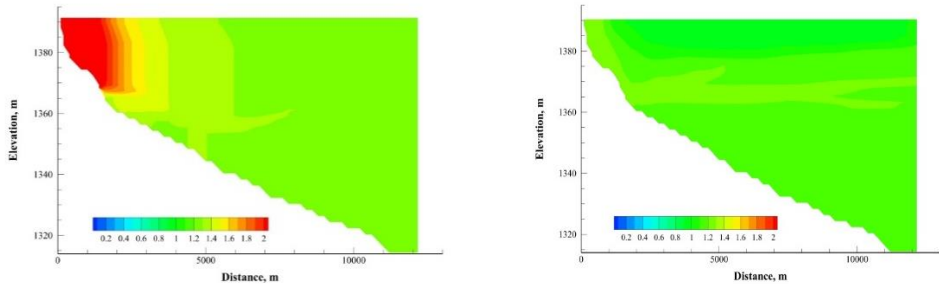
图 6.4-9 清水河库区丰水年典型水期 NH₃-N 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中)

(b) 汛期 (8 月月中)

图 6.4-10 清水河库区丰水年典型水期 TP 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中)

(b) 汛期 (8 月月中)

图 6.4-11 清水河库区丰水年典型水期 TN 立面二维分布 (单位: mg/L)

2) 平水年

图 6.4-12~图 6.4-15 分别为预测水平年污染负荷情况下平水年 COD、NH₃-N、TP、TN 在全库区的立面二维分布图。其中，每个水质要素分别给出了枯期（2 月中）和汛期（8 月中）的预测结果。

A 枯期水质预测结果分析

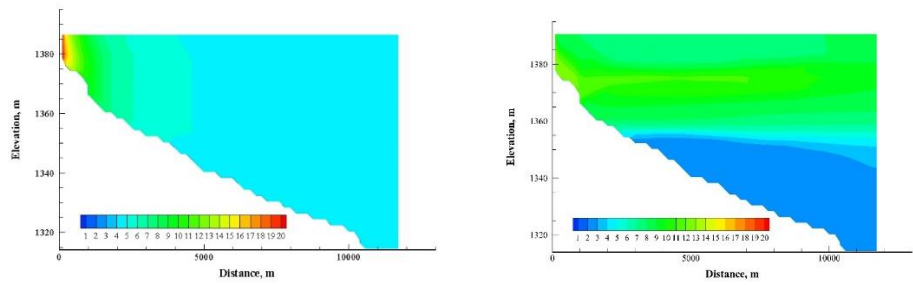
由于来流量小，枯期来流对库区水质的影响主要集中在库尾。受来流污染物的影响，枯期清水河库区 COD 在库尾处较高，超过Ⅲ类水质标准，沿程水质浓度逐渐降解，距库尾 0.1km 后，达到Ⅲ类水质标准，库尾来流运行 3~4km 后，入流 COD 与库区 COD 完全混合，除库尾 4km 范围外，COD 在库区均匀分布，COD 值在 4.456~20.623mg/L 之间。NH₃-N、TP 和 TN 在枯期在库区的分布规律与 COD 类似，即库尾浓度较高，其余范围内水质混合均匀，其中，NH₃-N 值在 0.508~1.939mg/L 之间，距库尾 1km 范围内超过氨氮Ⅲ类水质要求；TP 值在 0.072~0.224mg/L 之间，整个库区内均超过总磷Ⅲ类水质要求；TN 值在 1.244~4.391mg/L 之间，整个库区内均超过总氮Ⅲ类水质要求。

总的来说，枯期清水河库区除距库尾 1.5km 范围外水质较好，COD 和 NH₃-N 均能满足Ⅲ类水质要求，而 TP 和 TN 由于受来流负荷及面源影响，整个库区均不能达到Ⅲ类水质要求。

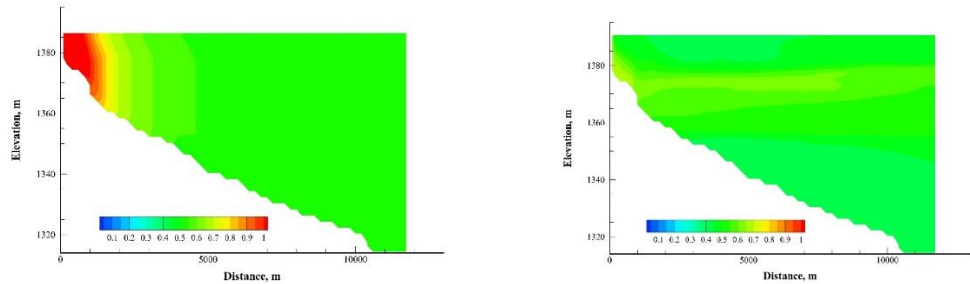
B 汛期水质预测结果分析

汛期 8 月，各水质要素在全库区的分布规律相似，在库区中上层及库尾处浓度较高，其中，COD 值在 2.359~13.020mg/L 之间；NH₃-N 值在 0.426~0.680mg/L 之间；TP 值在 0.066~0.100mg/L 之间，按照《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办[2011]22 号）的规定——“河流型水库按照河流水质评价方法进行”，库尾河流型水库段按照河流水质评价，因此库尾河流型水库段满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002Ⅲ类水总磷标准(0.2mg/L)，其它库区段超过Ⅲ类水总磷标准；TN 值在 1.148~1.430mg/L 之间，整个库区超过Ⅲ类水总氮标准。随着水质浓度、水温和来流量的增加，库区内水质主要沿中上层迁移运动，来流水质也主要影响中上层水质，尤其在距水面 35m 范围内，水质浓度较高。

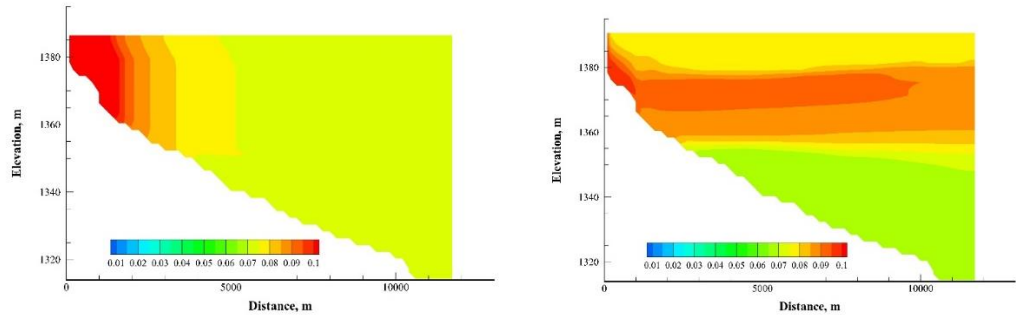
汛期清水河库区水质较差，仅 COD 和 NH₃-N 在整个库区内能满足Ⅲ类水质要求，而 TP 和 TN 受来流负荷及面源影响，除库尾河流型水库段满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002Ⅲ类水总磷标准(0.2mg/L)，其他均不满足Ⅲ类水质要求。



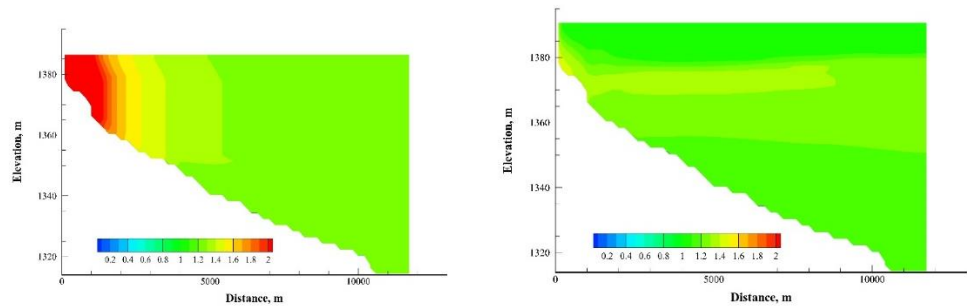
(a) 枯期（2月月中） (b) 汛期（8月月中）
图 6.4-12 清水河库区平水年典型水期 COD 立面二维分布（单位：mg/L）



(a) 枯期（2月月中） (b) 汛期（8月月中）
图 6.4-13 清水河库区平水年典型水期 NH₃-N 立面二维分布（单位：mg/L）



(a) 枯期（2月月中） (b) 汛期（8月月中）
图 6.4-14 清水河库区平水年典型水期 TP 立面二维分布（单位：mg/L）



(a) 枯期（2月月中） (b) 汛期（8月月中）
图 6.4-15 清水河库区平水年典型水期 TN 立面二维分布（单位：mg/L）

3) 枯水年

图 6.4-16~图 6.4-19 分别为预测水平年污染负荷情况下枯水年 COD、NH₃-N、TP、TN 在全库区的立面二维分布图。其中，每个水质要素分别给出了枯期（2 月中）和汛期（8 月中）的预测结果。

A 枯期水质预测结果分析

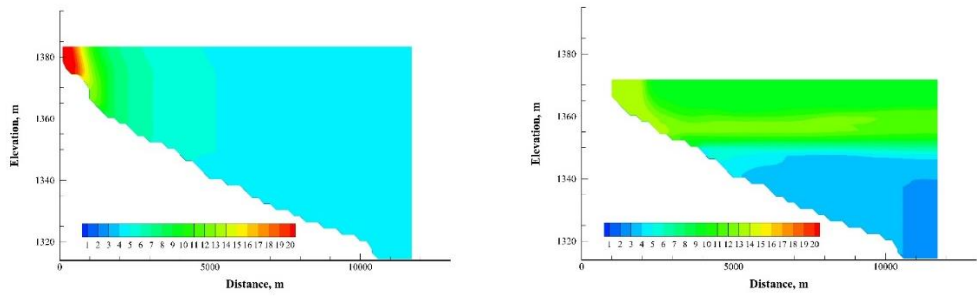
由于来流量小，枯期来流对库区水质的影响主要集中在库尾。受来流污染物的影响，枯期清水河库区 COD 在库尾处较高，超过Ⅲ类水质标准，沿程水质浓度逐渐降解，距库尾 0.8km 后，达到Ⅲ类水质标准，库尾来流运行 4~5km 后，入流 COD 与库区 COD 完全混合，除库尾 5km 范围外，COD 在库区均匀分布，COD 值在 4.394~27.059mg/L 之间。NH₃-N、TP 和 TN 在枯期在库区的分布规律与 COD 类似，即库尾浓度较高，其余范围内水质混合均匀，其中，NH₃-N 值在 0.532~2.648mg/L 之间，距库尾 1.5km 范围内超过氨氮Ⅲ类水质要求；TP 值在 0.079~0.300mg/L 之间，整个库区内均不能满足总磷Ⅲ类水质要求；TN 值在 1.304~5.937mg/L 之间，整个库区内均不能满足总氮Ⅲ类水质要求。

总的来说，枯期清水河库区除距库尾 1.5km 范围外水质较好，COD、NH₃-N 均能满足Ⅲ类水质要求。而 TP 和 TN 由于受来流负荷及面源影响，在整个库区内均不满足Ⅲ类水质要求。

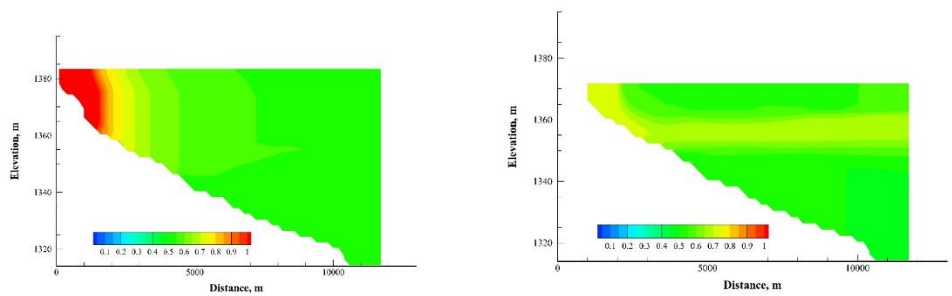
B 汛期水质预测结果分析

汛期 8 月，各水质要素在全库区的分布规律相似，在库区中上层及库尾处浓度较高，其中，COD 值在 2.986~13.339mg/L 之间；NH₃-N 值在 0.495~0.719mg/L 之间；TP 值在 0.075~0.110mg/L 之间，库尾段满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002Ⅲ类水总磷标准(0.2mg/L)，其他库区段超过Ⅲ类水总磷标准；TN 值在 1.190~1.499mg/L 之间，整个库区超过Ⅲ类水总氮标准。随着水质浓度、水温 and 来流量的增加，库区内水质主要沿中上层迁移运动，来流水质也主要影响中上层水质，尤其在距水面 25m 范围内，水质浓度较高。

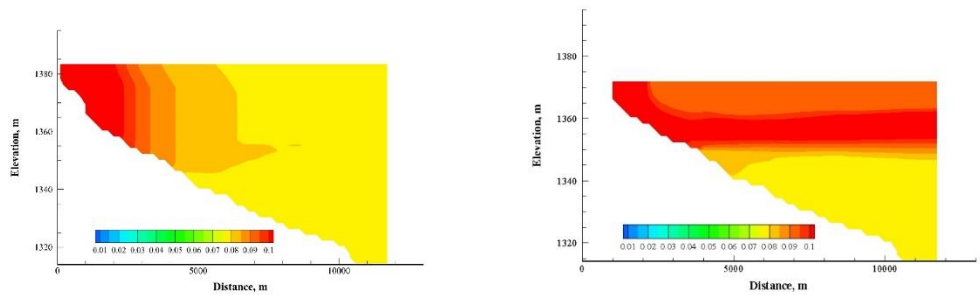
总的来讲，汛期清水河库区水质较差，仅 COD 和 NH₃-N 在整个库区内能满足Ⅲ类水质要求，而 TP 和 TN 由于受来流负荷及面源影响，除库尾段满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002Ⅲ类水总磷标准(0.2mg/L)，其他均不满足Ⅲ类水质要求。



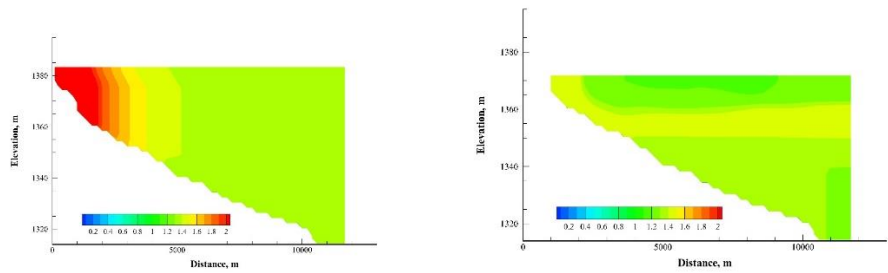
(a) 枯期（2 月月中） (b) 汛期（8 月月中）
图 6.4-16 清水河库区枯水年典型水期 COD 立面二维分布（单位：mg/L）



(a) 枯期（2 月月中） (b) 汛期（8 月月中）
图 6.4-17 清水河库区枯水年典型水期 NH₃-N 立面二维分布（单位：mg/L）



(a) 枯期（2 月月中） (b) 汛期（8 月月中）
图 6.4-18 清水河库区枯水年典型水期 TP 立面二维分布（单位：mg/L）



(a) 枯期（2 月月中） (b) 汛期（8 月月中）
图 6.4-19 清水河库区枯水年典型水期 TN 立面二维分布（单位：mg/L）

4) 典型丰、平、枯水年库区水质沿程分布情况

图 6.4-20~图 6.4-23 显示了清水河库区丰水年枯期、汛期各水质因子断面平均浓度纵向沿程变化情况。可以看出，由于来流流量较小，枯期库尾处的断面平均浓度稍高，汛期来流水质较好，各水质因子在总体上呈现沿程降低的趋势。 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 断面平均浓度在大部分库区内皆远远满足Ⅲ类水质要求，而 TP 和 TN 断面平均浓度在整个库区内均超过Ⅲ类水质标准。

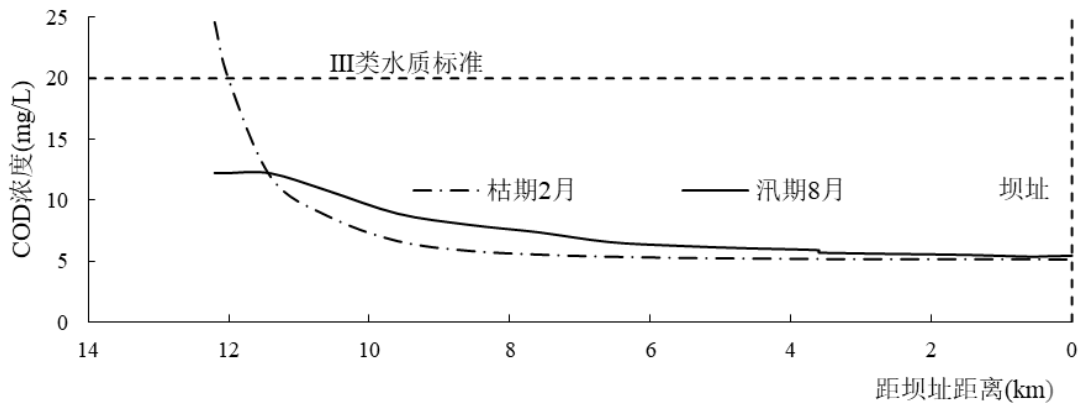


图 6.4-20 丰水年库区 COD 浓度纵向沿程变化图

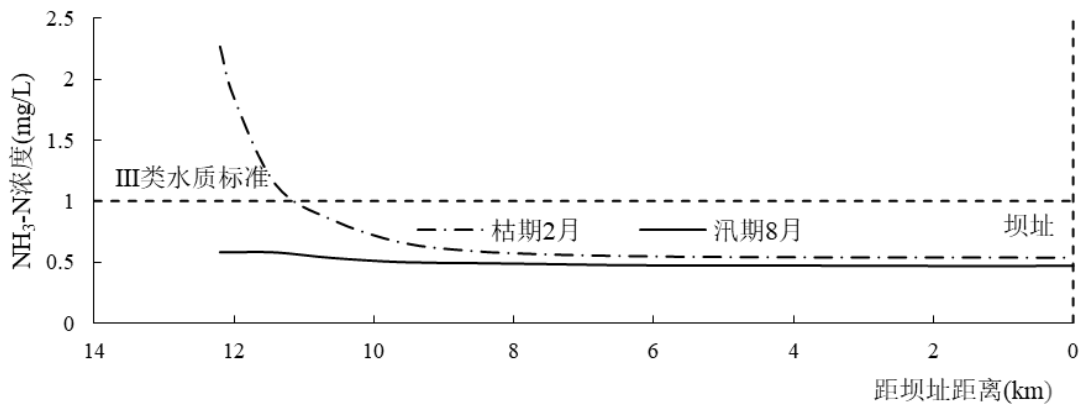


图 6.4-21 丰水年库区 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度纵向沿程变化图

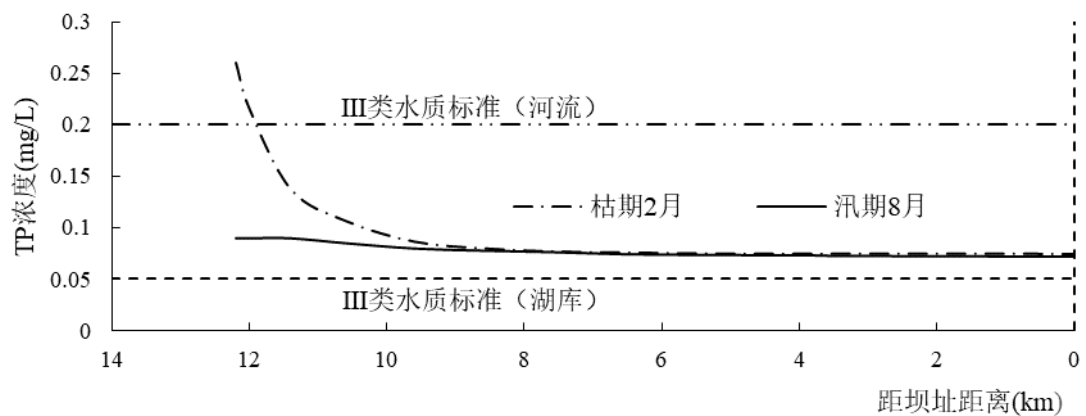


图 6.4-22 丰水年库区 TP 浓度纵向沿程变化图

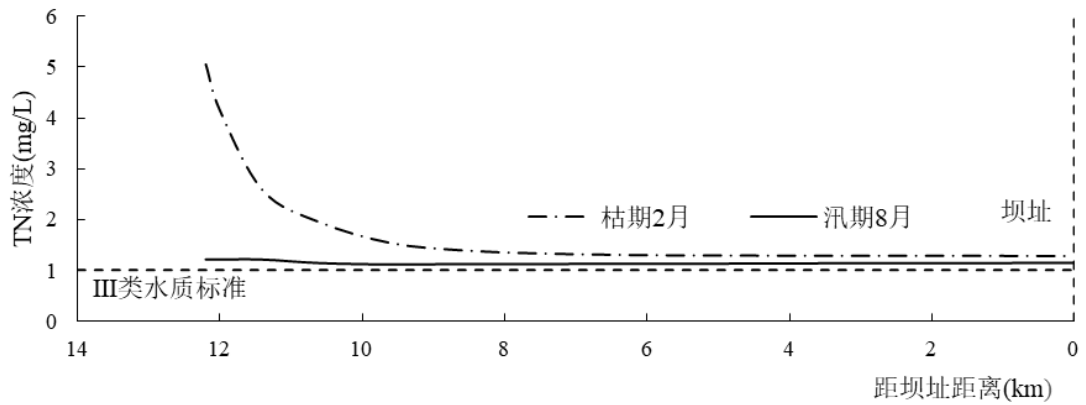


图 6.4-23 丰水年库区 TN 浓度纵向沿程变化图

图 6.4-20~图 6.4-27 显示了清水河库区平水年枯期、汛期各水质因子断面平均浓度纵向沿程变化情况。可以看出，COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 沿程呈现降低的趋势，且在除枯期库尾附近的整个库区内，断面平均浓度均远远满足Ⅲ类水质要求。TP 和 TN 来流水质较差，超过Ⅲ类水质标准，随着沿程的降解作用，浓度有所降低，但在整个库区内 TP 和 TN 均不能达到Ⅲ类水质要求。

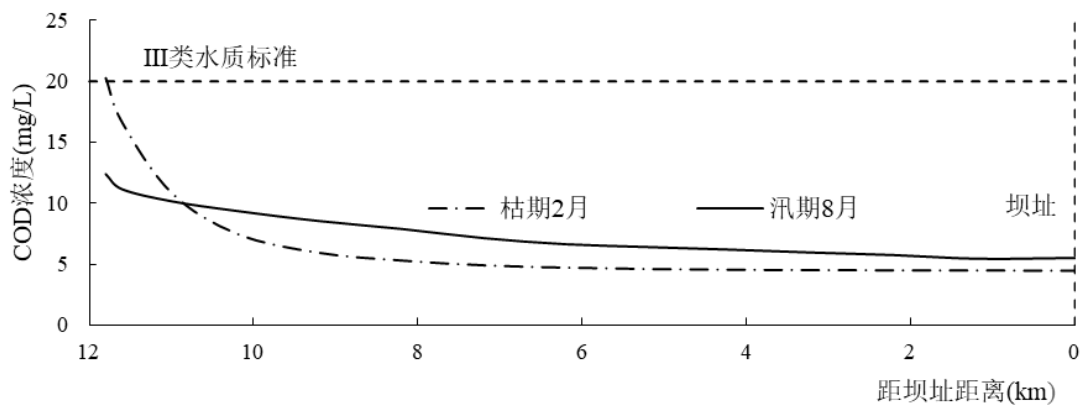


图 6.4-24 平水年库区 COD 浓度纵向沿程变化图

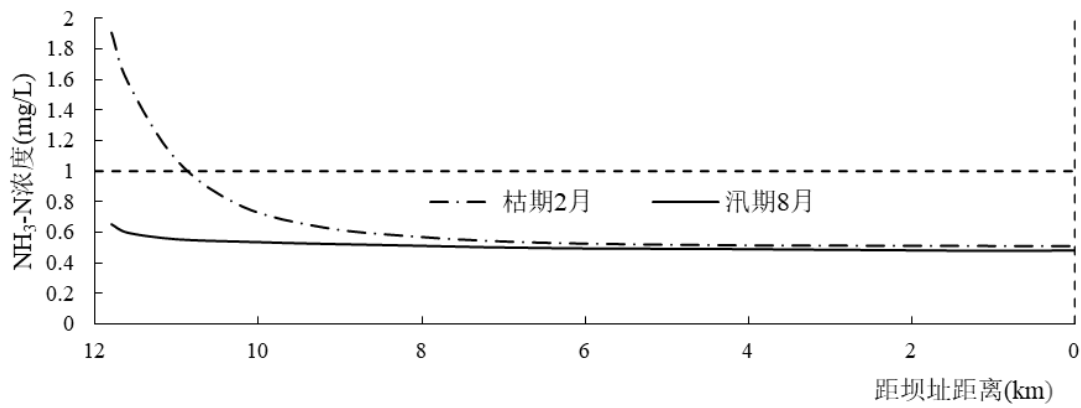


图 6.4-25 平水年库区 NH₃-N 浓度纵向沿程变化图

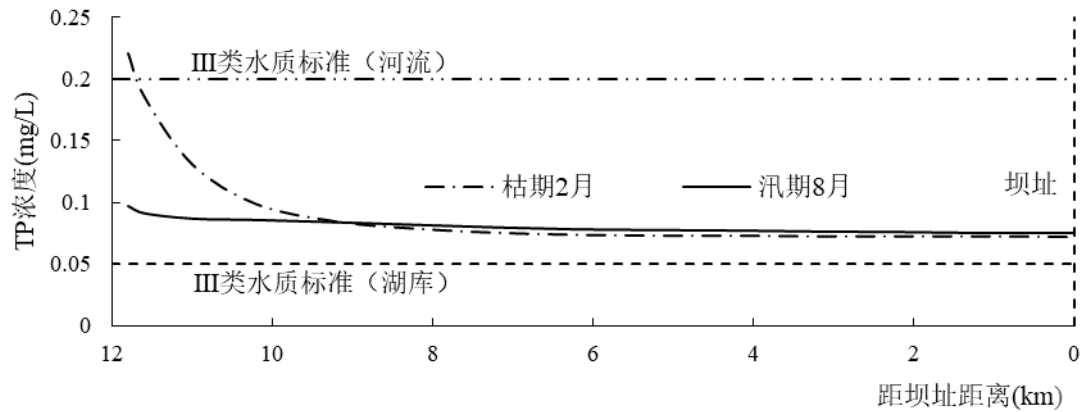


图 6.4-26 平水年库区 TP 浓度纵向沿程变化图

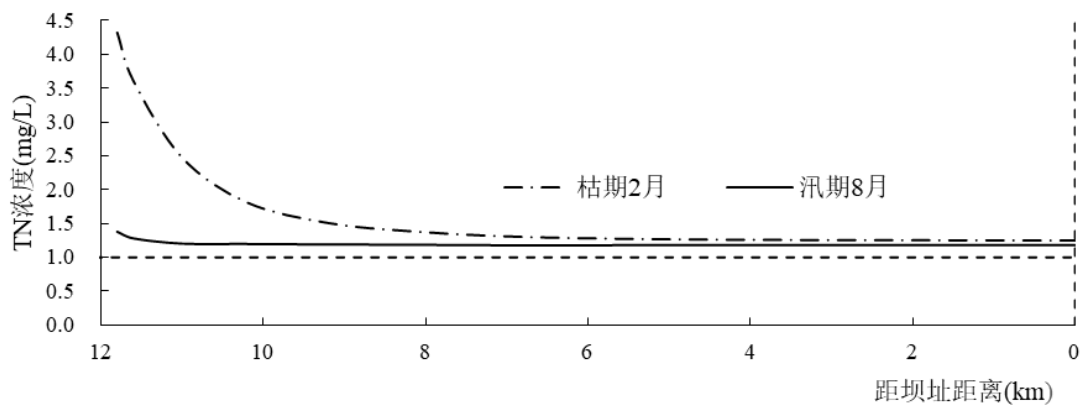


图 6.4-27 平水年库区 TN 浓度纵向沿程变化图

图 6.4-28~图 6.4-31 显示了清水河库区枯水年枯期、汛期各水质因子断面平均浓度纵向沿程变化情况。可以看出，COD 和 NH₃-N 沿程呈现降低的趋势，且在除库尾外的整个库区内，断面平均浓度均满足Ⅲ类水质要求。TP 和 TN 来流水质较差，超过Ⅲ类水质标准，随着沿程的降解作用，浓度有所降低但在整个库区内 TP 和 TN 断面平均浓度均不满足Ⅲ类水质要求。

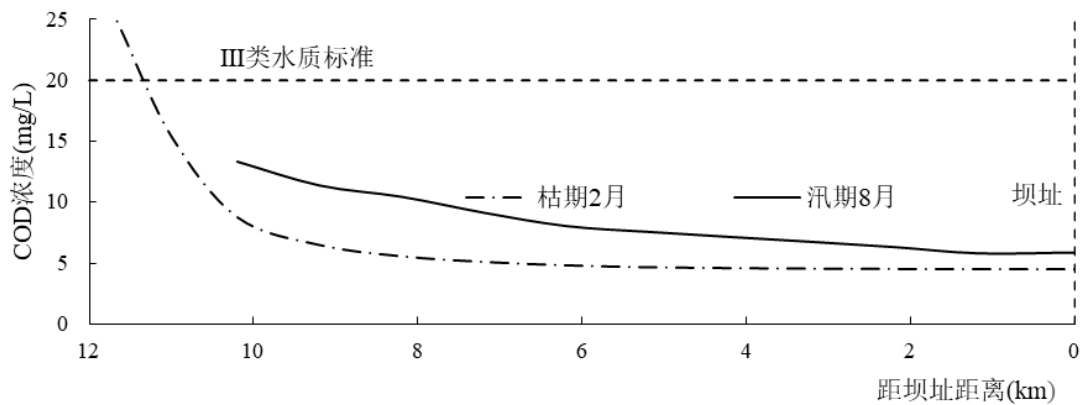


图 6.4-28 枯水年库区 COD 浓度纵向沿程变化图

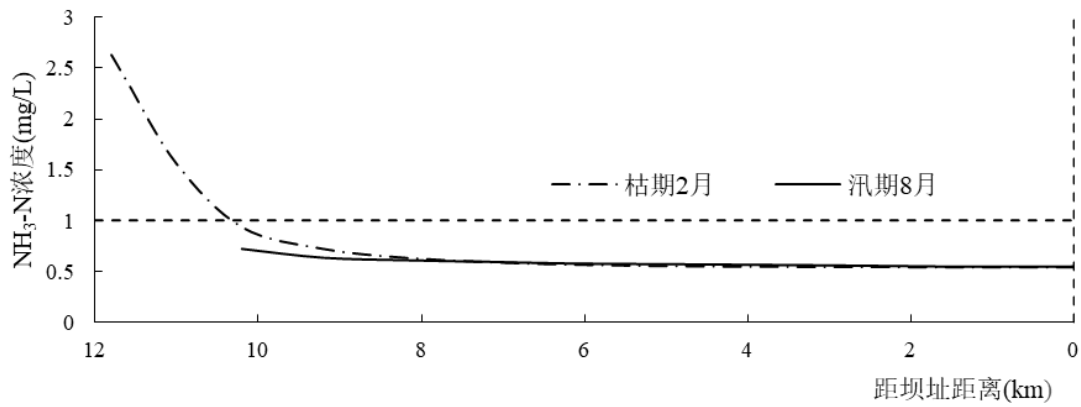


图 6.4-29 枯水年库区 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度纵向沿程变化图

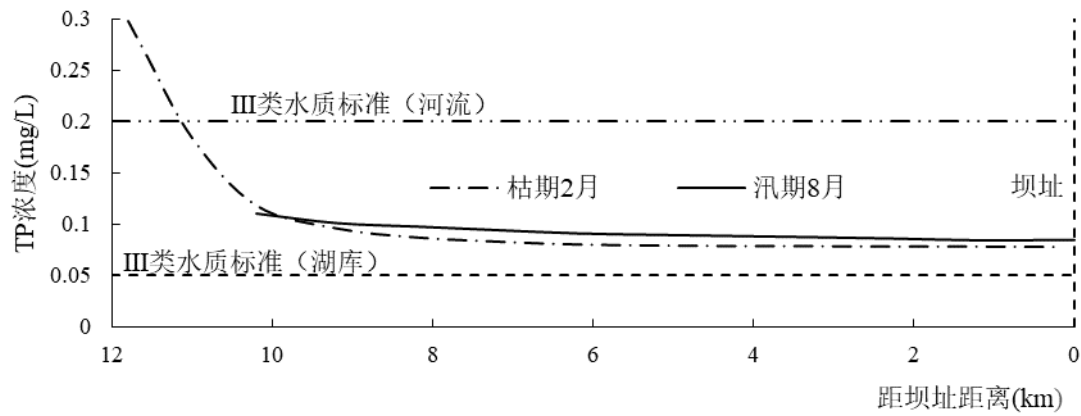


图 6.4-30 枯水年库区 TP 浓度纵向沿程变化图

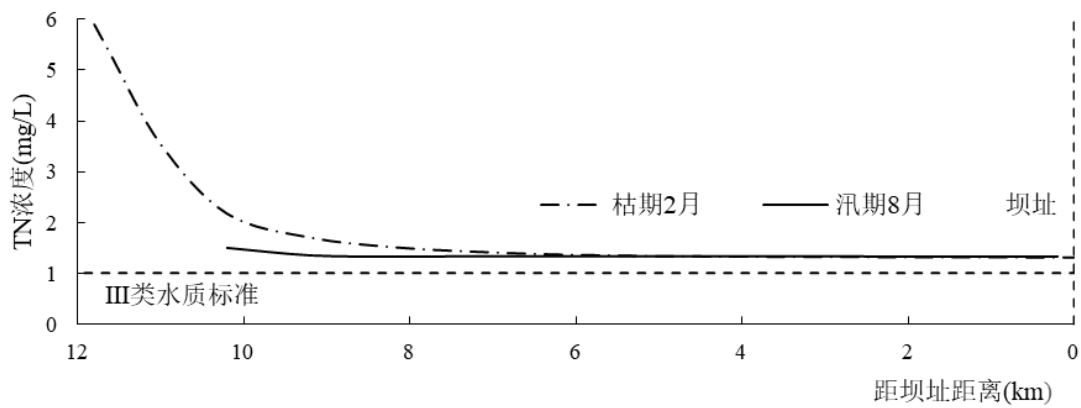


图 6.4-31 枯水年库区 TN 浓度纵向沿程变化图

(2) 水污染防治措施落实后库区水质预测成果（情景 2）

1) 丰水年

图 6.4-32~图 6.4-35 分别为预测水平年污染负荷情况下丰水年 COD、NH₃-N、TP、TN 在全库区的立面二维分布图。其中，每个水质要素分别给出了枯期（2 月中）和汛期（8 月中）的预测结果。

A 枯期水质预测结果分析

由于来流量小，枯期来流对库区水质的影响主要集中在库尾。受来流污染物的影响，枯期清水河库区 COD 在库尾处较高，沿程水质浓度逐渐降解，库尾来流运行 2~3km 后，入流 COD 与库区 COD 完全混合，除距库尾 3km 范围外，COD 在库区均匀分布，COD 值在 4.249~15.683mg/L 之间。NH₃-N、TP、TN 在枯期在库区的分布规律与 COD 类似，即库尾浓度较高，其余范围内水质混合均匀，其中，NH₃-N 值在 0.301~0.780mg/L 之间；TP 值在 0.028~0.110mg/L 之间；TN 值在 0.377~1.769mg/L 之间。

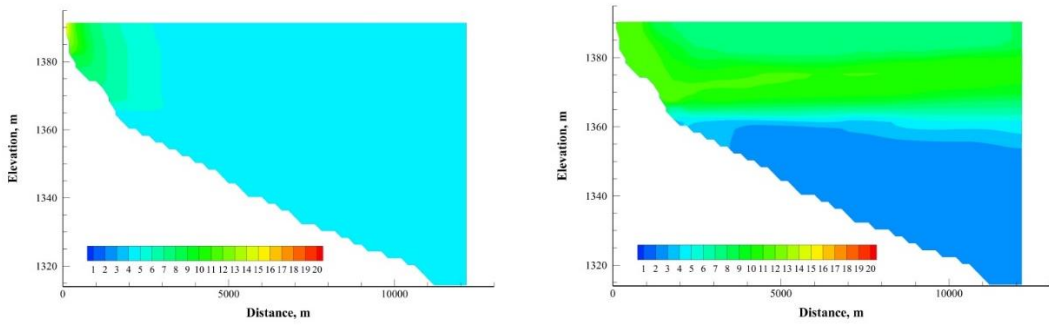
按照《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办[2011]22 号）的规定“河流型水库按照河流水质评价方法进行”，库尾河流型水库段按照河流水质评价，因此库尾河流型水库段总磷按《地表水环境质量标准》GB3838-2002 中河流Ⅲ类水质标准 0.2mg/L 评价，库尾河流型水库段水质不评价总氮。

总的来讲，枯期清水河库区水质较好，COD、NH₃-N、TP 和 TN 在整个库区内皆达到了Ⅲ类水质标准。

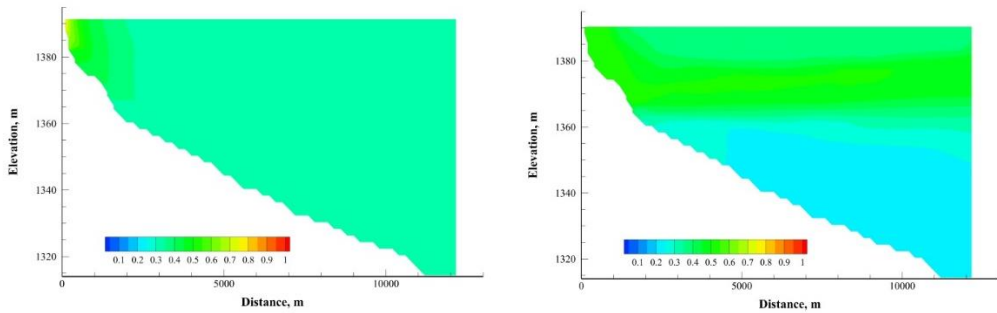
B 汛期水质预测结果分析

汛期 8 月，COD、NH₃-N、TP 和 TN 在全库区的分布规律相似，在库区中上层及库尾处浓度较高，其中，COD 值在 2.108~11.550mg/L 之间，NH₃-N 值在 0.237~0.520mg/L 之间，TP 值在 0.016~0.060mg/L 之间，TN 值在 0.223~0.750mg/L 之间。随着水质浓度、水温和来流量的增加，库区内水质主要沿中上层迁移运动，来流水质也主要影响中上层水质，尤其在水面下 0~23m 范围内，水质浓度较高。

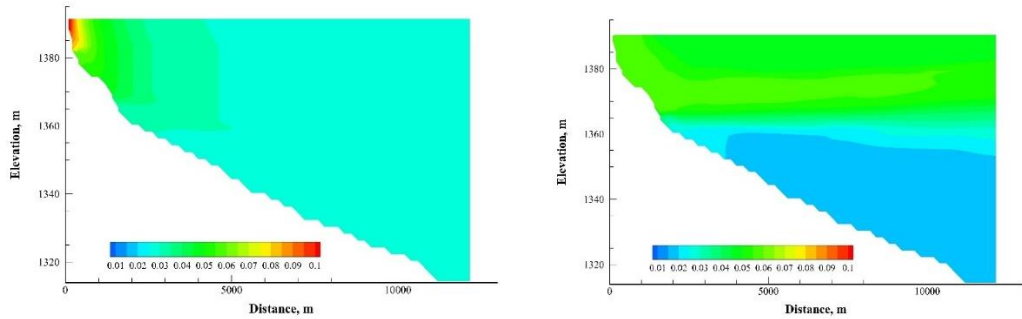
总的来讲，汛期清水河库区水质较好，整个库区内，COD、NH₃-N、TP 和 TN 皆满足Ⅲ类水质要求。



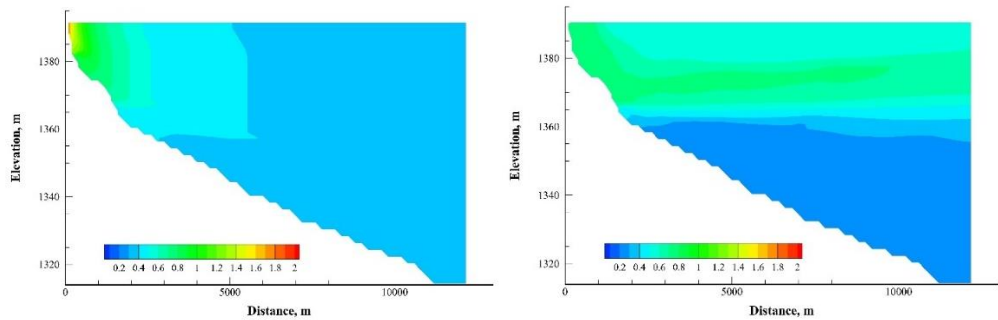
(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-32 清水河库区丰水年典型水期 COD 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-33 清水河库区丰水年典型水期 NH₃-N 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-34 清水河库区丰水年典型水期 TP 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-35 清水河库区丰水年典型水期 TN 立面二维分布 (单位: mg/L)

2) 平水年

图 6.4-36~图 6.4-39 分别为预测水平年污染负荷情况下平水年 COD、NH₃-N、TP、TN 在全库区的立面二维分布图。其中，每个水质要素分别给出了枯期（2 月中）和汛期（8 月月中）的预测结果。

A 枯期水质预测结果分析

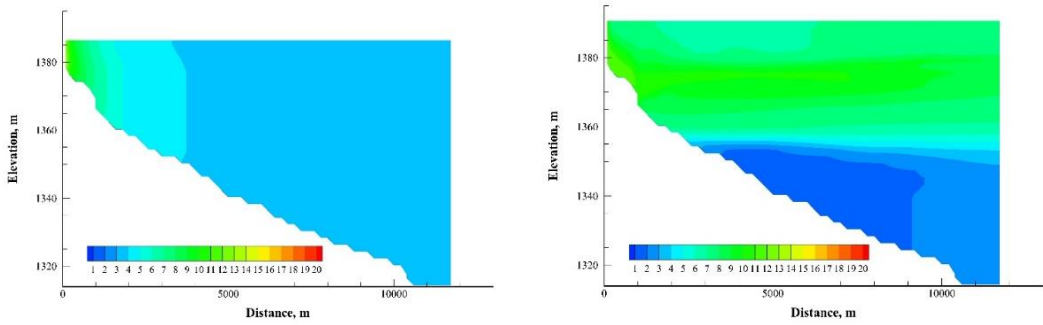
由于来流量小，枯期来流对库区水质的影响主要集中在库尾。受来流污染物的影响，枯期清水河库区 COD 在库尾处较高，沿程水质浓度逐渐降解，库尾来流运行 3~4km 后，入流 COD 与库区 COD 完全混合，除库尾 4km 范围外，COD 在库区均匀分布，COD 值在 3.548~13.174mg/L 之间。NH₃-N、TP 和 TN 在枯期在库区的分布规律与 COD 类似，即库尾浓度较高，其余范围内水质混合均匀。其中，NH₃-N 值在 0.275~0.676mg/L 之间；TP 值在 0.025~0.098mg/L 之间；TN 值在 0.331~1.490mg/L 之间。

总的来说，枯期清水河库区水质较好，COD、NH₃-N、TN 和 TP 在整个库区内均能满足Ⅲ类水质要求。

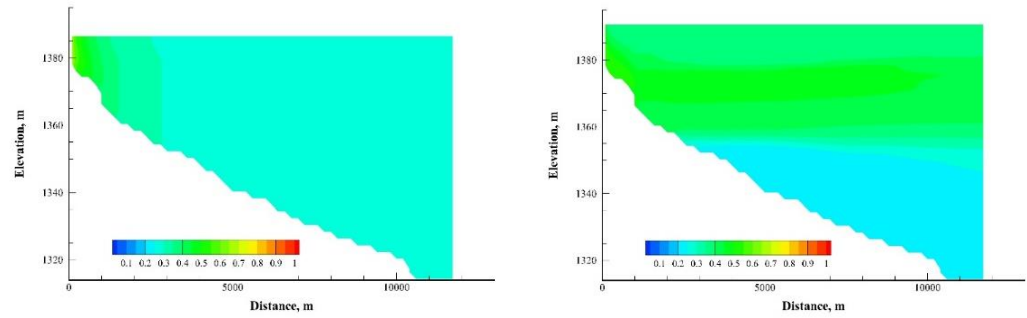
B 汛期水质预测结果分析

汛期 8 月，COD、NH₃-N、TP 和 TN 在全库区的分布规律相似，在库区中上层及库尾处浓度较高，其中，COD 值在 1.881~11.880mg/L 之间，NH₃-N 值在 0.220~0.540mg/L 之间，TP 值在 0.015~0.070mg/L 之间，TN 值在 0.206~0.810mg/L 之间。随着水质浓度、水温和来流量的增加，库区内水质主要沿中上层迁移运动，来流水质也主要影响中上层水质，尤其在距水面 0~23m 范围内，水质浓度较高，受来流及面源影响，TP 在表层 23m 水体范围内浓度较高。

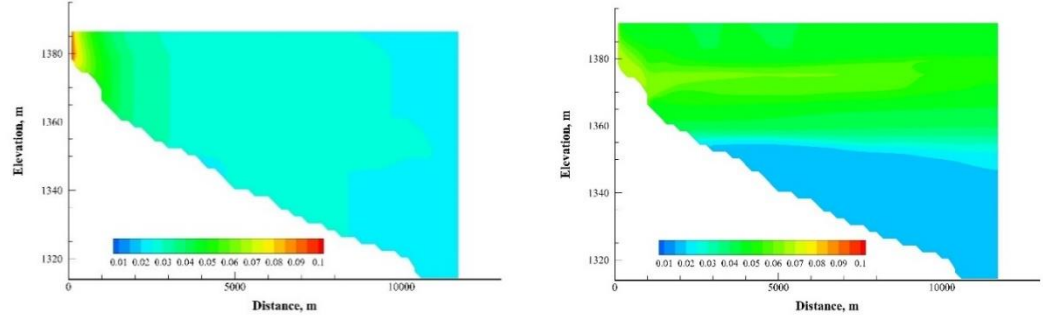
总的来讲，汛期清水河库区水质较好，整个库区内，COD、NH₃-N、TP 和 TN 均能满足Ⅲ类水质要求。



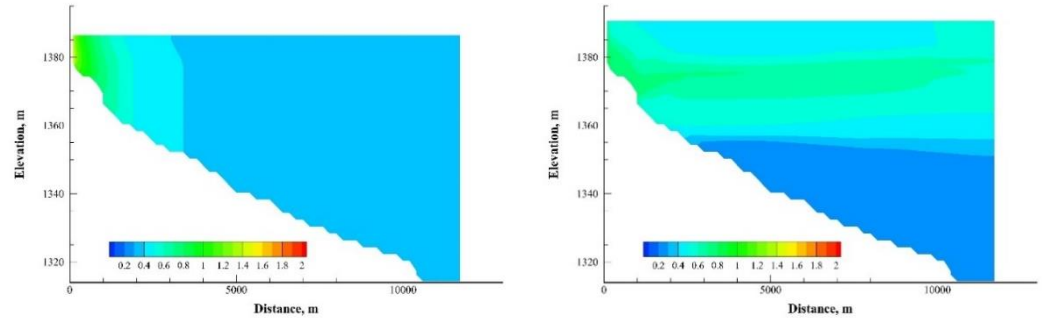
(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-36 清水河库区平水年典型水期 COD 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-37 清水河库区平水年典型水期 NH₃-N 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-38 清水河库区平水年典型水期 TP 立面二维分布 (单位: mg/L)



(a) 枯期 (2 月月中) (b) 汛期 (8 月月中)
图 6.4-39 清水河库区平水年典型水期 TN 立面二维分布 (单位: mg/L)

3) 枯水年

图 6.4-40~图 6.4-43 分别为预测水平年污染负荷情况下枯水年 COD、NH₃-N、TP、TN 在全库区的立面二维分布图。其中，每个水质要素分别给出了枯期（2 月中）和汛期（8 月中）的预测结果。

A 枯期水质预测结果分析

枯期来流对库区水质的影响主要集中在库尾。受来流污染物的影响，枯期清水河库区 COD 在库尾处较高，沿程水质浓度逐渐降解，库尾来流运行 2~3km 后，入流 COD 与库区 COD 完全混合，除库尾 3km 范围外，COD 在库区均匀分布，COD 值在 2.946~14.632mg/L 之间。NH₃-N、TP 和 TN 在枯期在库区的分布规律与 COD 类似，即库尾浓度较高，其余范围内水质混合均匀，其中，NH₃-N 值在 0.275~0.862mg/L 之间；TP 值在 0.025~0.126mg/L 之间；TN 值在 0.333~2.016mg/L 之间。

总的来说，枯期清水河库区 COD、NH₃-N、TN 和 TP 在整个库区内均能满足 III 类水质要求。

B 汛期水质预测结果分析

汛期 8 月，COD、NH₃-N、TP 和 TN 在全库区的分布规律相似，在库区中上层及库尾处浓度较高，其中，COD 值在 1.931~10.062mg/L 之间，NH₃-N 值在 0.241~0.560mg/L 之间，TP 值在 0.019~0.070mg/L 之间；TN 值在 0.254~0.849mg/L 之间。随着水质浓度、水温和来流量的增加，库区内水质主要沿中上层迁移运动，来流水质也主要影响中上层水质，尤其在距水面 0~18m 范围内，水质浓度较高，受来流及面源影响，TP 在表层 18m 水体范围内浓度较高。

总的来讲，汛期清水河库区水质较好，整个库区内，COD、NH₃-N、TP 和 TN 均能满足 III 类水质要求。

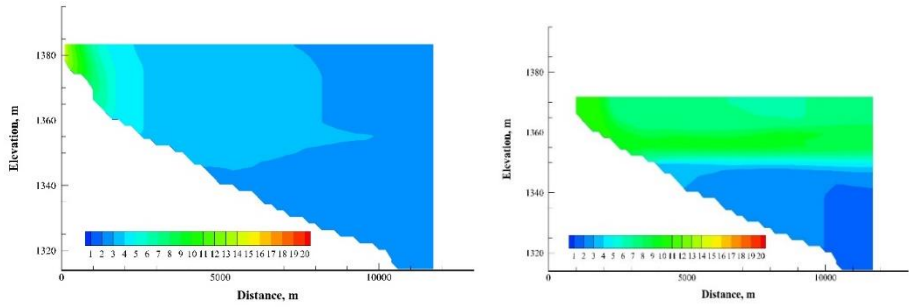


图 6.4-40 清水河库区枯水年典型水期 COD 立面二维分布 (单位: mg/L)

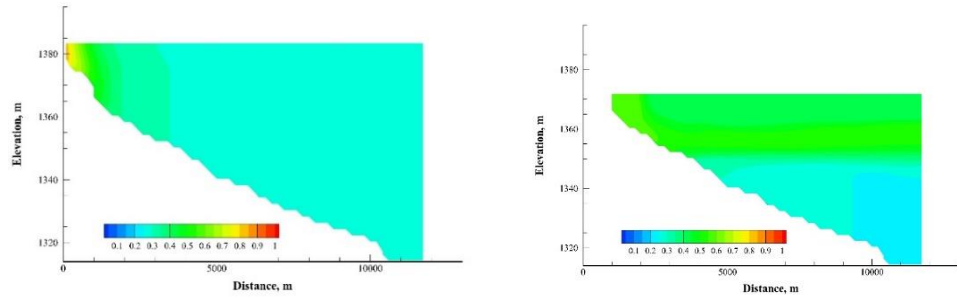


图 6.4-41 清水河库区枯水年典型水期 NH₃-N 立面二维分布 (单位: mg/L)

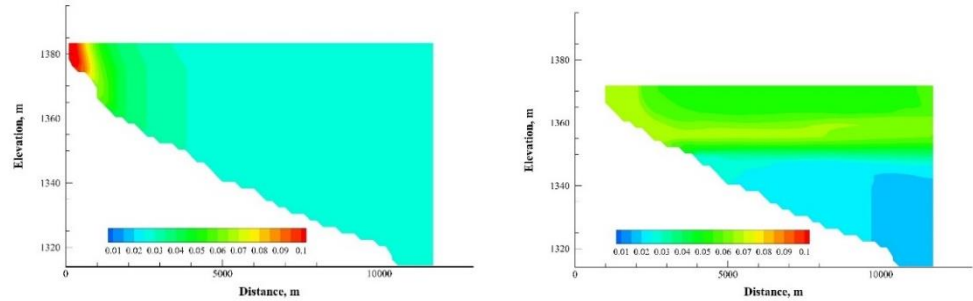


图 6.4-42 清水河库区枯水年典型水期 TP 立面二维分布 (单位: mg/L)

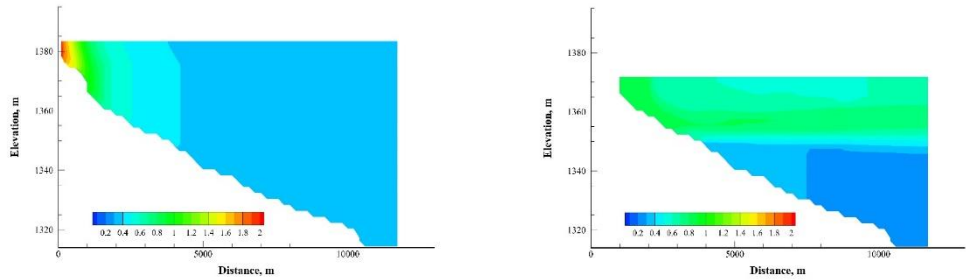


图 6.4-43 清水河库区枯水年典型水期 TN 立面二维分布 (单位: mg/L)

4) 典型丰、平、枯水年库区水质沿程分布情况

图 6.4-44~图 6.4-47 显示了清水河库区丰水年枯期、汛期各水质因子断面平均浓度纵向沿程变化情况。可以看出，COD、NH₃-N、TN 和 TP 沿程呈现降低的趋势，汛期的水质浓度稍大于枯期，且在整个库区内，断面平均浓度均远远满足Ⅲ类水质要求。根据水体特征流速判别，距库尾 1.6km 范围内河段属于河流型水库段，TP 来流水质浓度较高，但满足河流型水库Ⅲ类水质标准，随着沿程的降解作用，浓度有所降低。其中，枯期 TP 在来流运行 1km 后，汛期 TP 在来流运行 1.6km 后，断面平均浓度达到Ⅲ类水质湖库要求，至坝前，枯期、汛期的 TP 浓度分别达到 0.028mg/L 及 0.029mg/L。河流型水库段 TN 不评价，其他范围内 TN 在枯期、汛期的断面平均浓度均能达到Ⅲ类水质要求。

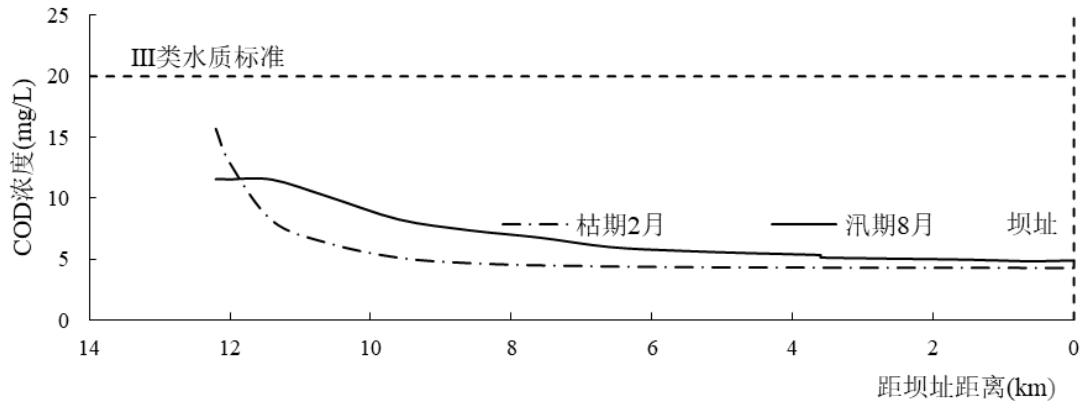


图 6.4-44 丰水年库区 COD 浓度纵向沿程变化图

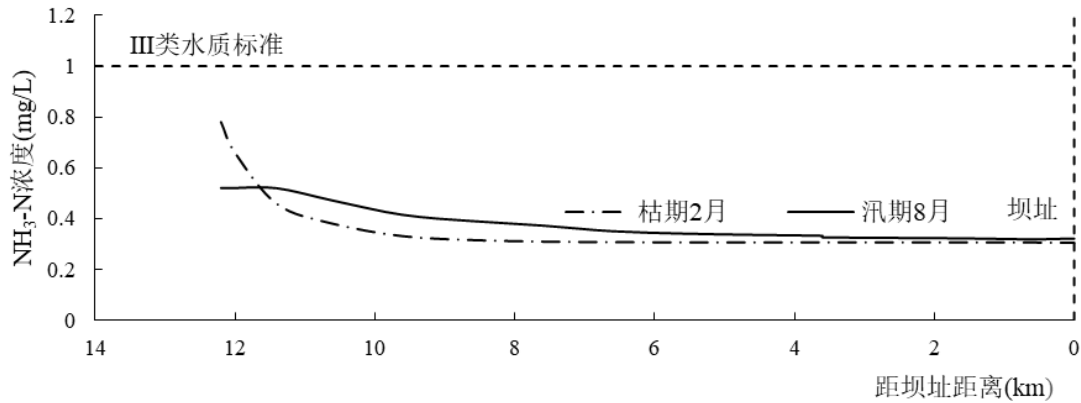


图 6.4-45 丰水年库区 NH₃-N 浓度纵向沿程变化图

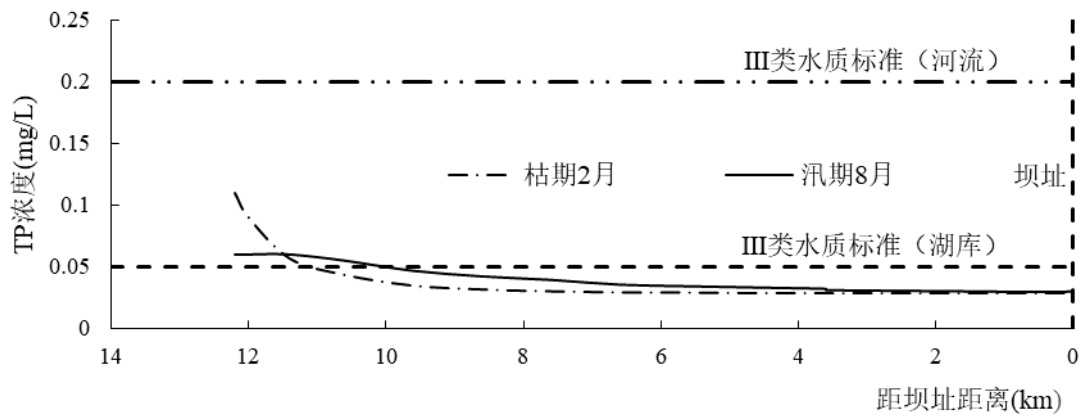


图 6.4-46 丰水年库区 TP 浓度纵向沿程变化图

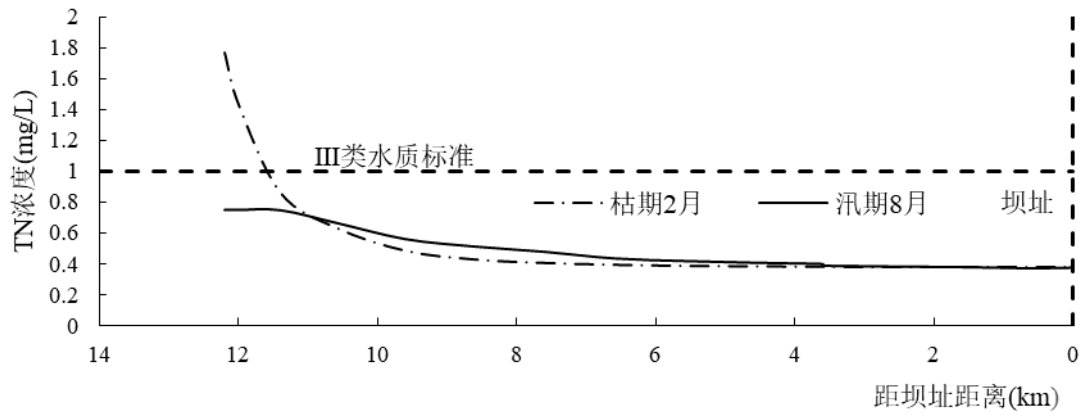


图 6.4-47 丰水年库区 TN 浓度纵向沿程变化图

图 6.4-48~图 6.4-51 显示了清水河库区平水年枯期、汛期各水质因子断面平均浓度纵向沿程变化情况。可以看出，COD、NH₃-N、TN 和 TP 沿程呈现降低的趋势，汛期的水质浓度稍大于枯期，且在整个库区内，断面平均浓度均远远满足Ⅲ类水质要求。根据水体特征流速判别，距库尾 1.6km 范围内河段属于河流型水库段，TP 来流水质浓度较高，但满足河流型水库Ⅲ类水质标准，随着沿程的降解作用，浓度有所降低。其中，枯期 TP 在来流运行 1km 后，汛期 TP 在来流运行 1.6km 后，断面平均浓度达到Ⅲ类水质湖库要求，至坝前，枯期、汛期的 TP 浓度分别达到 0.025mg/L 及 0.032mg/L。河流型水库段 TN 不评价，其他范围内 TN 在枯期、汛期的断面平均浓度均能达到Ⅲ类水质要求。

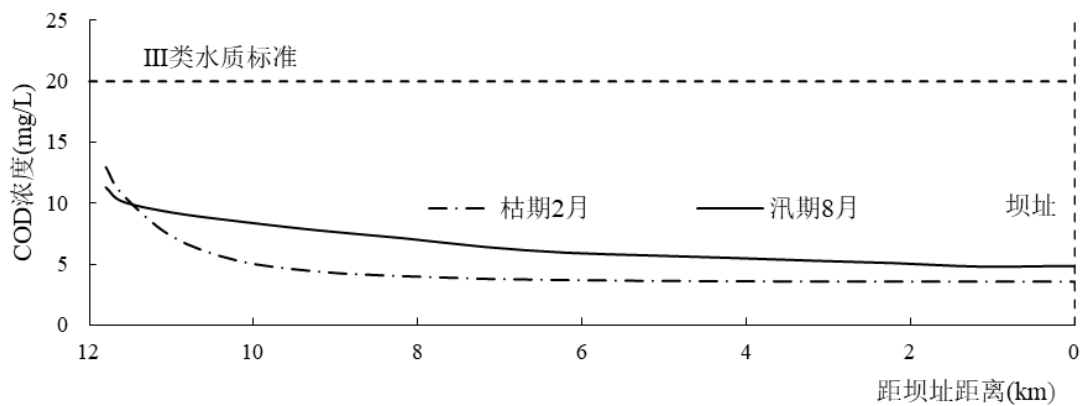


图 6.4-48 平水年库区 COD 浓度纵向沿程变化图

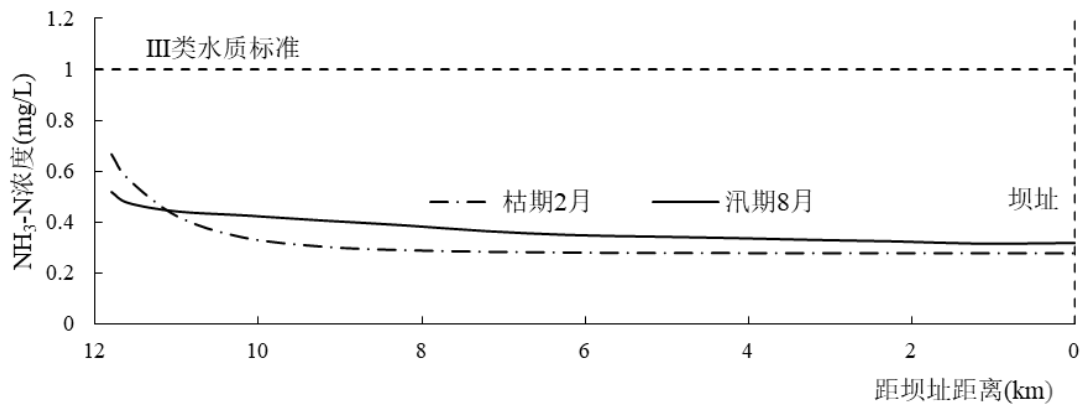


图 6.4-49 平水年库区 NH₃-N 浓度纵向沿程变化图

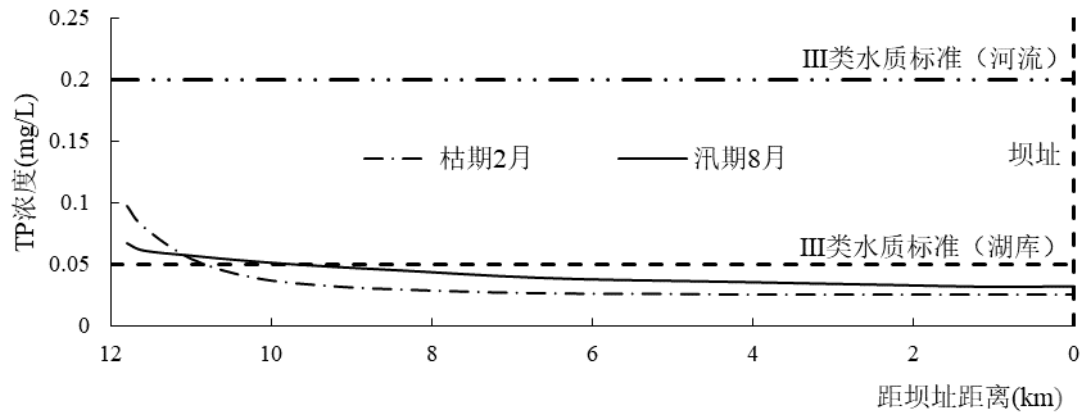


图 6.4-50 平水年库区 TP 浓度纵向沿程变化图

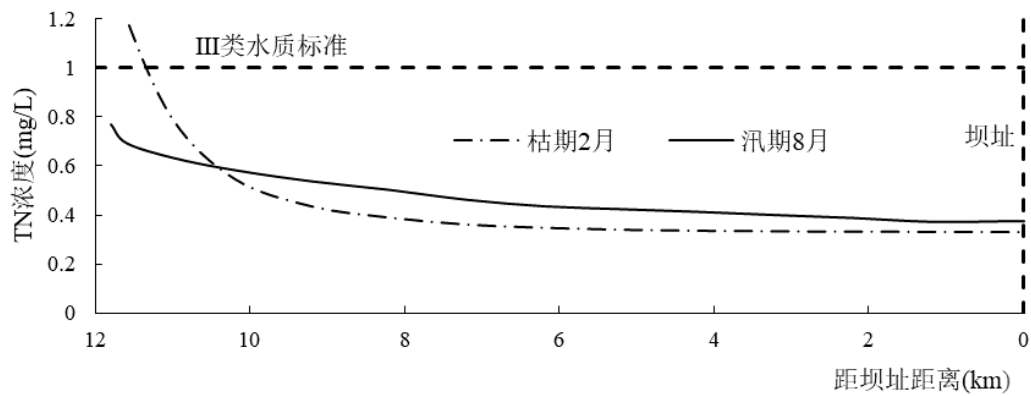


图 6.4-51 平水年库区 TN 浓度纵向沿程变化图

图 6.4-52~图 6.4-55 显示了清水河库区枯水年枯期、汛期各水质因子断面平均浓度纵向沿程变化情况。可以看出，COD、NH₃-N、TN 和 TP 沿程呈现降低的趋势，汛期的水质浓度稍大于枯期，且在整个库区内，断面平均浓度均远远满足III类水质要求。根据水体特征流速判别，距库尾 3km 范围内河段属于河流型水库段，TP 来流水质浓度较高，但满足河流型水库III类水质标准，随着沿程的降解作用，浓度有所降低。其中，枯期 TP 在来流运行 1.8km 后，汛期 TP 在来流运行 3km 后，断面平均浓度达到III类水质湖库要求，至坝前，枯期、汛期的 TP 浓度分别达到 0.026mg/L 及 0.034mg/L。河流型水库段 TN 不评价，其他范围内 TN 在枯期、汛期的断面平均浓度均能达到III类水质要求。

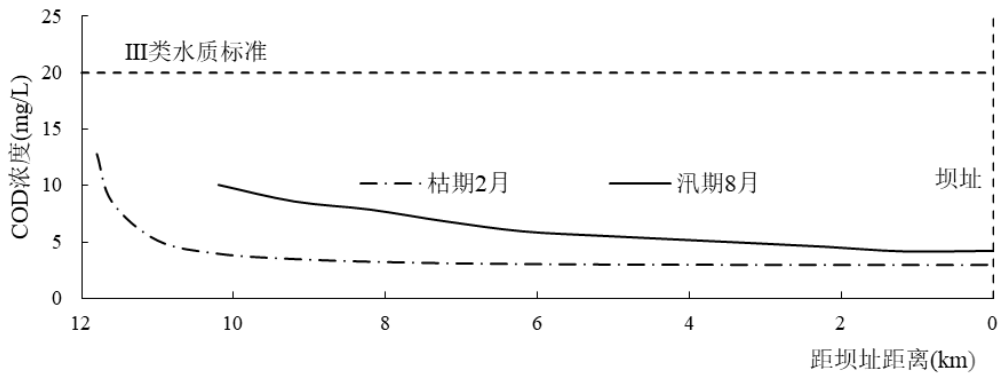


图 6.4-52 枯水年库区 COD 浓度纵向沿程变化图

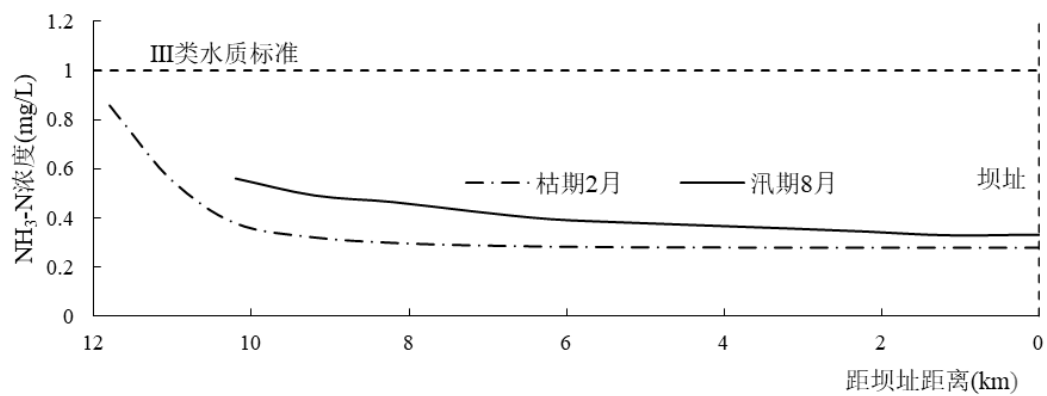


图 6.4-53 枯水年库区 NH₃-N 浓度纵向沿程变化图

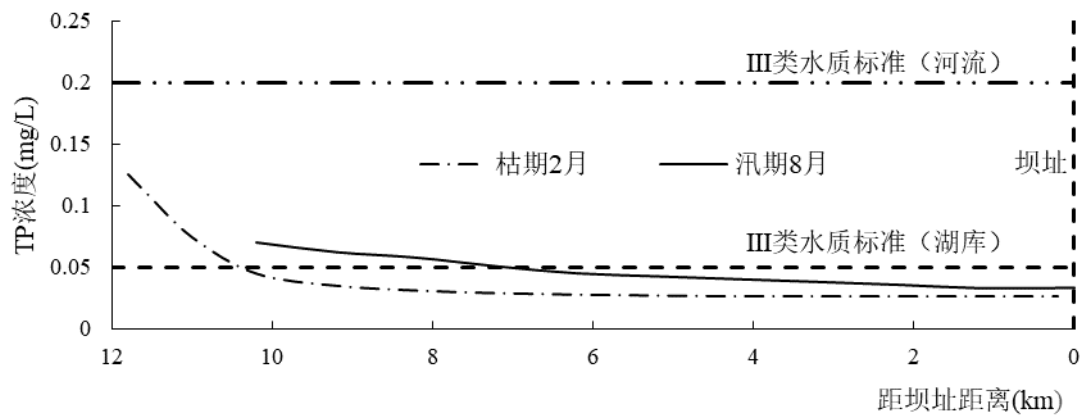


图 6.4-54 枯水年库区 TP 浓度纵向沿程变化图

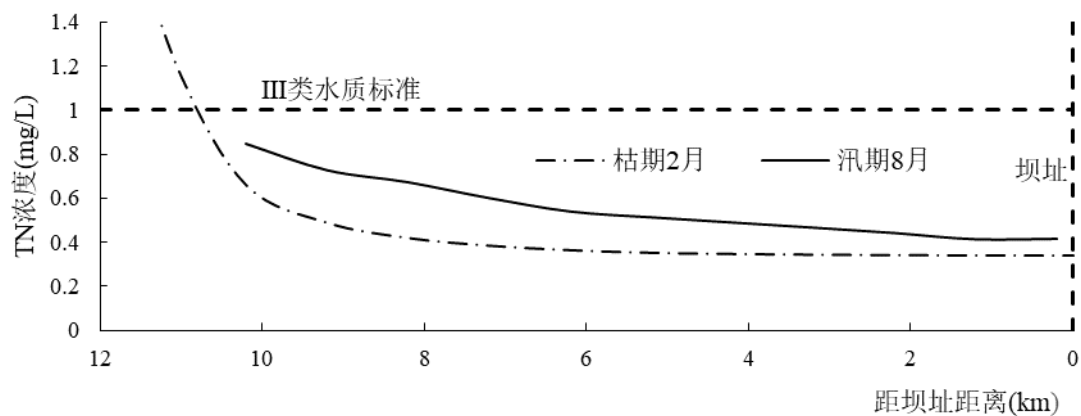


图 6.4-55 枯水年库区 TN 浓度纵向沿程变化图

(3) 水库富营养化预测

根据《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办[2011]22 号），湖库营养状

态评价采用综合营养指数法（TLI（ Σ ），具体步骤为：

采用 0~100 的一系列连续数字对湖泊（水库）营养状态进行分级：

TLI（ Σ ）<30 贫营养

30≤TLI（ Σ ）≤50 中营养

TLI（ Σ ）>50 富营养

50<TLI（ Σ ）≤60 轻度富营养

60<TLI（ Σ ）≤70 中度富营养

TLI（ Σ ）>70 重度富营养

综合营养状态指数计算公式如下：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j TLI(j)$$

式中：TLI（ Σ ）——综合营养状态指数；

W_j ——第 j 种参数的营养状态指数的相关权重；

$TLI(j)$ ——代表第 j 种参数的营养状态指数。

以 chla 作为基准参数，则第 j 种参数的归一化的相关权重计算公式为：

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}$$

m ——评价参数的个数。

中国湖泊（水库）的 chla 与其他参数之间的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 见表 6.4-23。

表 6.4-23 中国湖泊（水库）部分参数与 chla 的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 值

参数	chla	TP	TN	SD	COD _{Mn}
r_{ij}	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
r_{ij}^2	1	0.7056	0.6724	0.6889	0.6889

各项目营养状态指数计算

$$TLI(\text{chla}) = 10(2.5 + 1.086 \ln \text{chla})$$

$$TLI(TP) = 10(9.436 + 1.624 \ln TP)$$

$$TLI(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN)$$

$$TLI(SD) = 10(5.118 - 1.94 \ln SD)$$

$$TLI(CODMn) = 10(0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn})$$

式中：chl_a 单位为 mg/m³，SD 单位为 m；其他指标单位均为 mg/L。

水库蓄水后，由于库区回水区流速极小，所以污染物质不易快速扩散，造成氮、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，结合库区水质、水温预测结果，对措施后库区平水年和枯水年表层 5m 水体的营养状况进行评价。

平水年水库富营养化分布图见图 6.4-56，从图中可以看出，1~6 月，距库尾 0.2km 范围内，由于库尾来流 TP 及 TN 浓度较高，清水河库区综合营养指数（TLI（Σ））较高，大于 50，属于富营养状态；在 6-11 月距库尾 0~11.3km 范围，及 1~12 月距库尾 4~6km 范围内，库区综合营养指数（TLI（Σ））在 30~50 之间，属于中营养状态；其余时空范围内，库区综合营养指数（TLI（Σ））较低，小于 30，属于贫营养状态。考虑到 1~3 月水温较低，因此库区最可能出现富营养化的时空为在 4~6 月，距库尾 0.2km 范围内，其余时空范围内出现富营养化的风险较小。

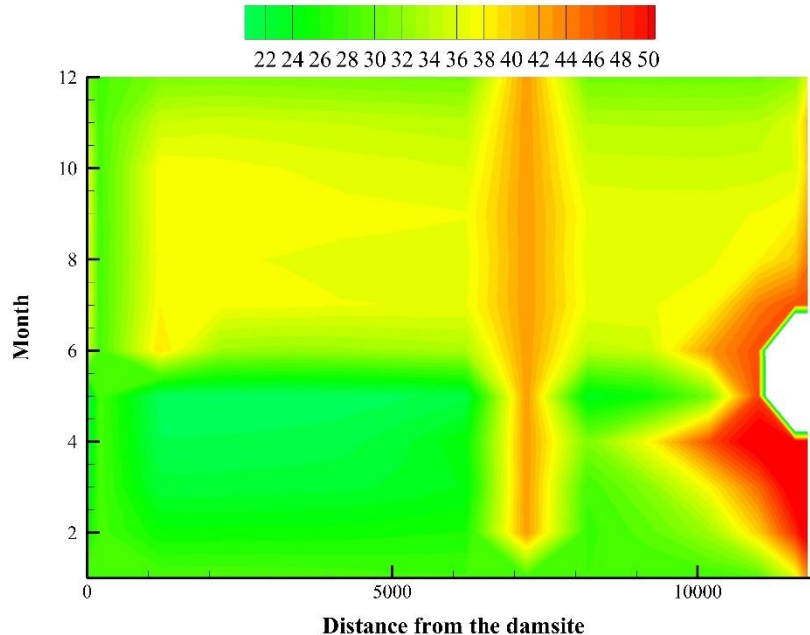


图 6.4-56 平水年库区富营养化分布图

枯水年水库富营养化分布图见图 6.4-57，从图中可以看出，1~6 月距库尾 0.4km 范围内，由于库尾来流 TP 及 TN 浓度较高，清水河库区综合营养指数（TLI（Σ））较高，大于 50，属于富营养状态；在 6-11 月距库尾 0~11.3km 范围，及 1~12

月距库尾 4~6km 范围内，库区综合营养指数（TLI（ Σ ）在 30~50 之间，属于中营养状态；其余时空范围内，库区综合营养指数（TLI（ Σ ）较低，小于 30，属于贫营养状态。考虑到 1~3 月水温较低，因此库区最可能出现富营养化的时空为在 4~6 月，距库尾 0.4km 范围内，其余时空范围内出现富营养化的风险较小。

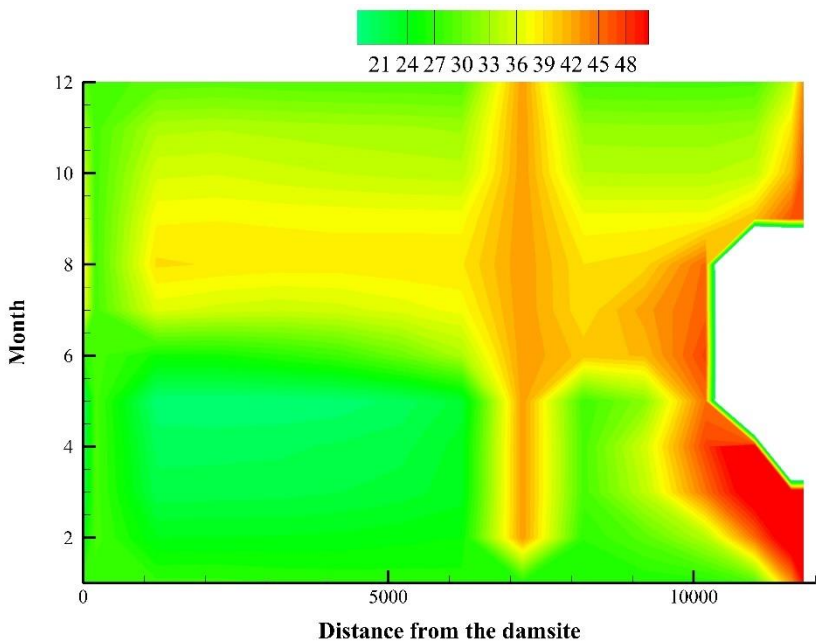


图 6.4-57 枯水年库区富营养化分布图

6.4.3.4 坝下水质预测

清水河水库坝下区间有法白小河一条支流汇入，无集中污水排放，影响坝下游水质的面源包括农村散排生活污水污染、禽畜养殖污染、农田径流污染和灌溉退水。

图 6.4-58~图 6.4-59 显示了情景 1 工况下坝下沿程 COD、NH₃-N 的变化规律。在各典型年的汛期，COD、NH₃-N 浓度均能满足Ⅲ类水标准，法白小河汇入后污染物浓度达到最大。COD 浓度在丰水年、平水年、枯水年的汛期最大值依次为 6.01mg/L、6.87mg/L、9.02 mg/L。NH₃-N 浓度在丰水年、平水年、枯水年的汛期最大值依次为 0.232mg/L、0.278mg/L、0.412mg/L。

在丰水年的枯期，沿程 COD、NH₃-N 浓度均满足Ⅲ类水标准。在平水年、枯水年的枯期，COD 浓度沿程均足Ⅲ类水标准；平水年 NH₃-N 浓度在坝址处不能满足Ⅲ类水标准，随着沿程逐渐降解，在坝址下游约 6km 处达到Ⅲ类水标准，而法白小河汇入后，水质浓度再次超过Ⅲ类水标准；枯水年 NH₃-N 浓度在坝址处不能满足Ⅲ类水标准，沿程逐渐降解，在坝址下游约 3km 处达到Ⅲ类水标准，而法白

小河汇入后，水质浓度再次超过Ⅲ类水标准。各种工况下库尾处污染物浓度最大，COD 浓度在丰水年、平水年、枯水年的枯期最大值依次为 13.58mg/L、17.25mg/L、17.64mg/L。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在丰水年、平水年、枯水年的枯期最大值依次为 0.902mg/L、1.148mg/L、1.189mg/L。

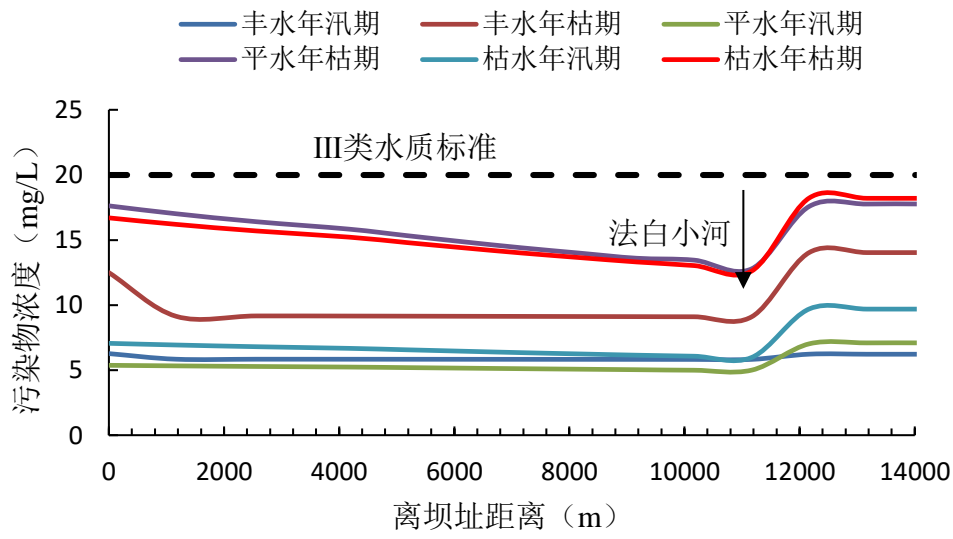


图 6.4-58 坝下 COD 沿程变化 (情景 1)

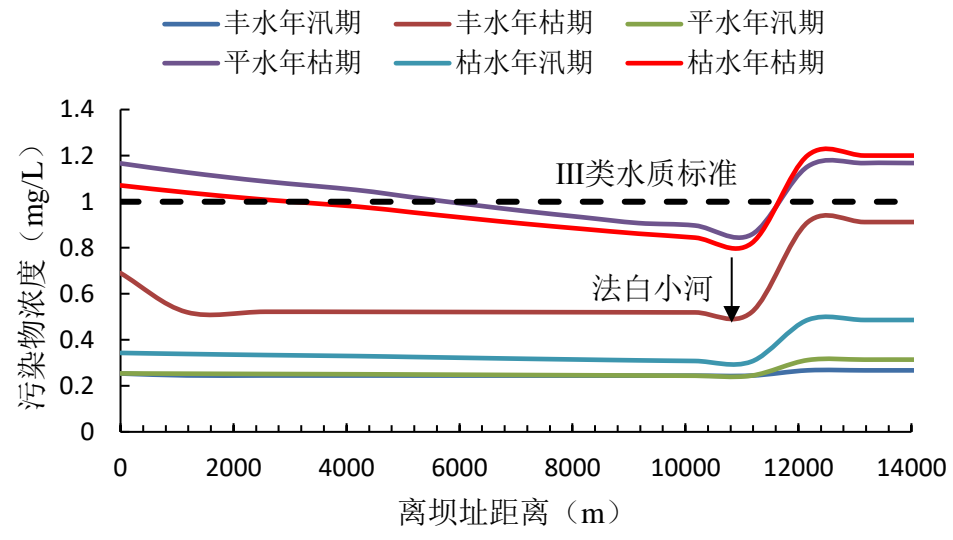


图 6.4-59 坝下 $\text{NH}_3\text{-N}$ 沿程变化 (情景 1)

水污染防治措施落实后，坝下河段的预测结果见图 6.4-60~图 6.4-63。在典型

年(丰、平、枯)的汛期,COD 沿程浓度的均值依次为 8.34mg/L、7.68mg/L、7.64mg/L; NH3-N 沿程浓度的均值依次为 0.415mg/L、0.405mg/L、0.468mg/L; TP 沿程浓度的均值依次为 0.056mg/L、0.060mg/L、0.067mg/L; TN 沿程浓度的均值依次为 0.643mg/L、0.642mg/L、0.719mg/L。

在典型年(丰、平、枯)的枯期,COD 沿程浓度的峰值依次为 6.46mg/L、6.38mg/L、6.26mg/L; NH3-N 沿程浓度的峰值依次为 0.425mg/L、0.439mg/L、0.468mg/L; TP 沿程浓度的峰值依次为 0.059mg/L、0.062mg/L、0.068mg/L; TN 沿程浓度的峰值依次为 0.662mg/L、0.655mg/L、0.655mg/L。

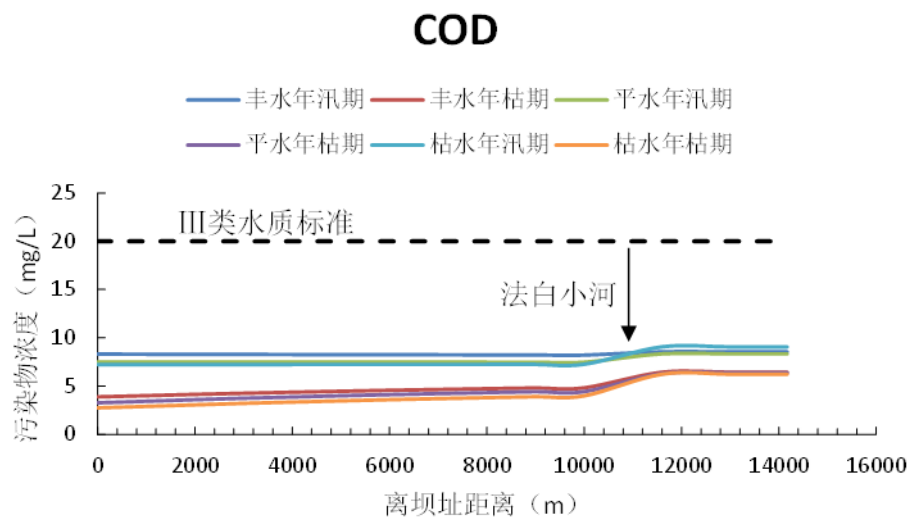


图 6.4-60 坝下 COD 沿程变化 (情景 2)

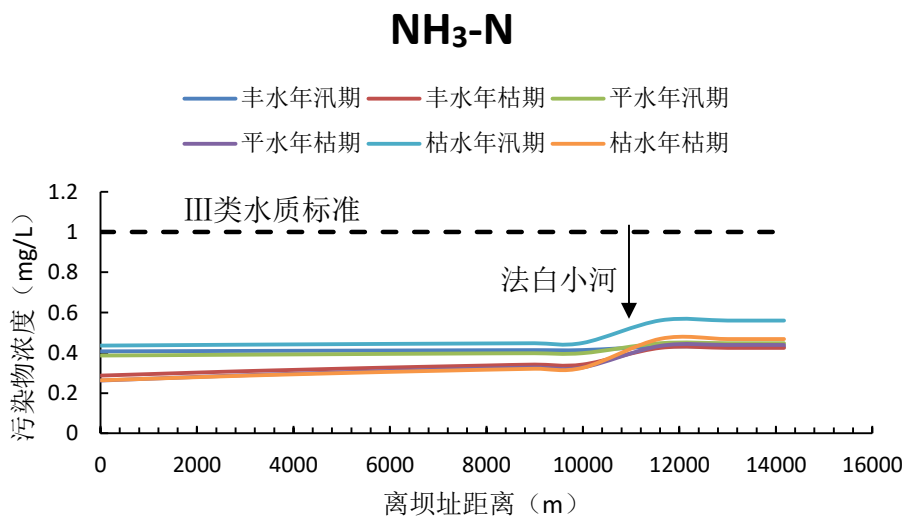


图 6.4-61 坝下 NH₃-N 沿程变化 (情景 2)

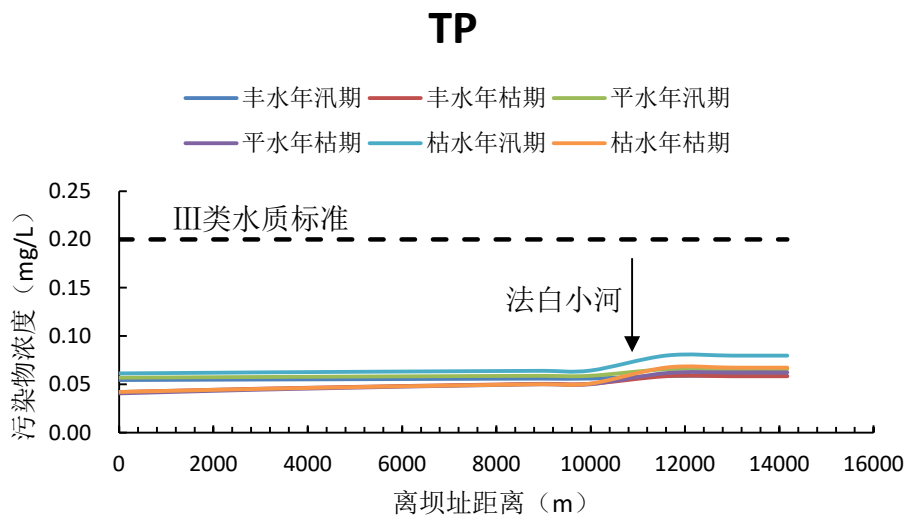


图 6.4-62 坝下 TP 沿程变化 (情景 2)

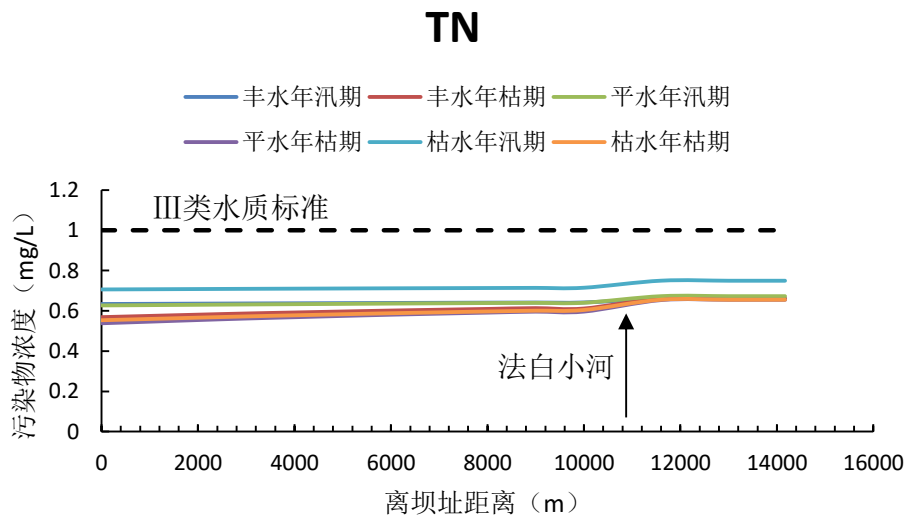


图 6.4-63 坝下 TN 沿程变化 (情景 2)

6.4.3.5 珠琳片区

珠琳片区区间无支流汇入，有珠琳镇及工业园区的污水处理厂集中污水排放，影响坝下游水质的面源包括农村散排生活污水污染、禽畜养殖污染、农田径流污染和灌溉退水。

图 6.4-64~图 6.4-65 显示了情景 1 工况下坝下沿程 COD、NH₃-N 的变化规律。在枯水年汛期，NH₃-N 浓度除上游来流 2km 范围内，均超过Ⅲ类水标准，其他各典型年汛期 COD、NH₃-N 浓度基本能满足Ⅲ类水标准。COD 浓度在丰水年、平水

年、枯水年的汛期最大值依次为 12.22mg/L、14.90mg/L、20.03 mg/L。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在丰水年、平水年、枯水年的汛期最大值依次为 0.497mg/L、0.860mg/L、1.550mg/L。

在各典型年的枯期，COD 浓度、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在断面 6 下游污水处理厂排污汇入后均不能满足Ⅲ类水标准。COD 浓度在丰水年、平水年、枯水年的枯期最大值依次为 28.70mg/L、30.26mg/L、35.90mg/L。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在丰水年、平水年、枯水年的枯期最大值依次为 2.504mg/L、2.658mg/L、3.198mg/L。

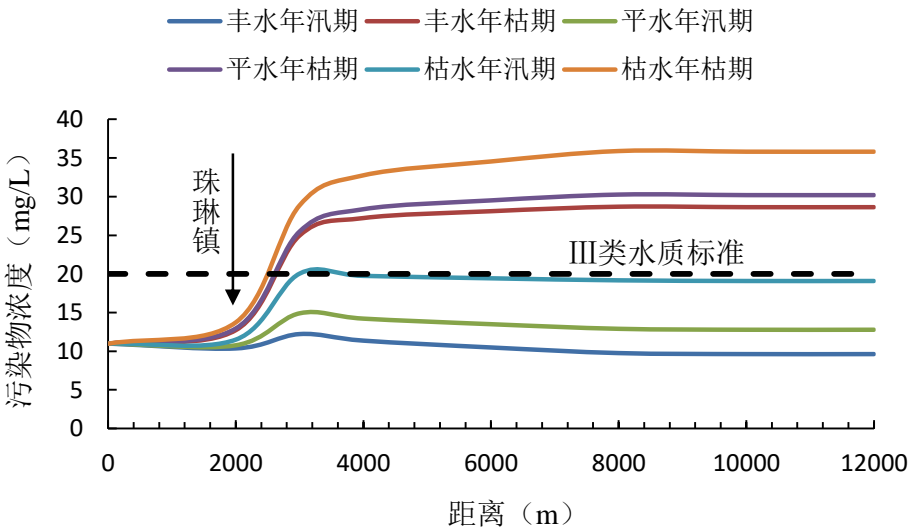


图 6.4-64 珠琳片区板榔河 COD 沿程变化 (情景 1)

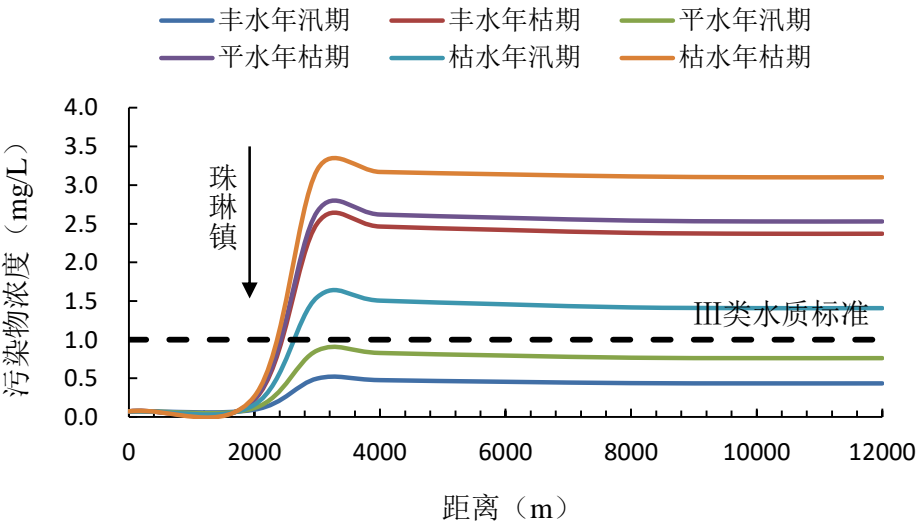


图 6.4-65 珠琳片区板榔河 $\text{NH}_3\text{-N}$ 沿程变化 (情景 1)

水污染防治措施落实后，珠琳片区的预测结果见图 6.4-66~图 6.4-68。珠琳镇

污水处理厂及工业园区污水处理厂排放污水汇入后，浓度有较大升高随后有沿程降解减少的趋势。COD、NH₃-N、TP 在各典型年基本能满足Ⅲ类水标准。

在典型年（丰、平、枯）的汛期，COD 沿程浓度的均值依次为 12.77mg/L、13.30mg/L、14.27mg/L；NH₃-N 沿程浓度的均值依次为 0.308mg/L、0.331mg/L、0.370mg/L；TP 沿程浓度的均值依次为 0.075mg/L、0.081mg/L、0.091mg/L。

在典型年（丰、平、枯）的枯期，COD 沿程浓度的峰值依次为 17.98mg/L、18.40mg/L、19.89mg/L；NH₃-N 沿程浓度的峰值依次为 0.589mg/L、0.601mg/L、0.647mg/L；TP 沿程浓度的峰值依次为 0.149mg/L、0.152mg/L、0.164mg/L。

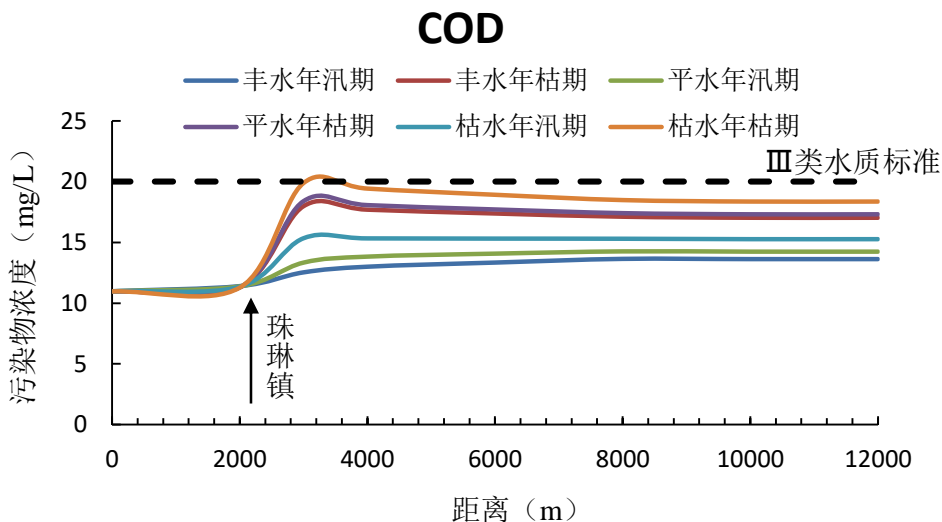


图 6.4-66 珠琳片区板榔河 COD 沿程变化（情景 2）

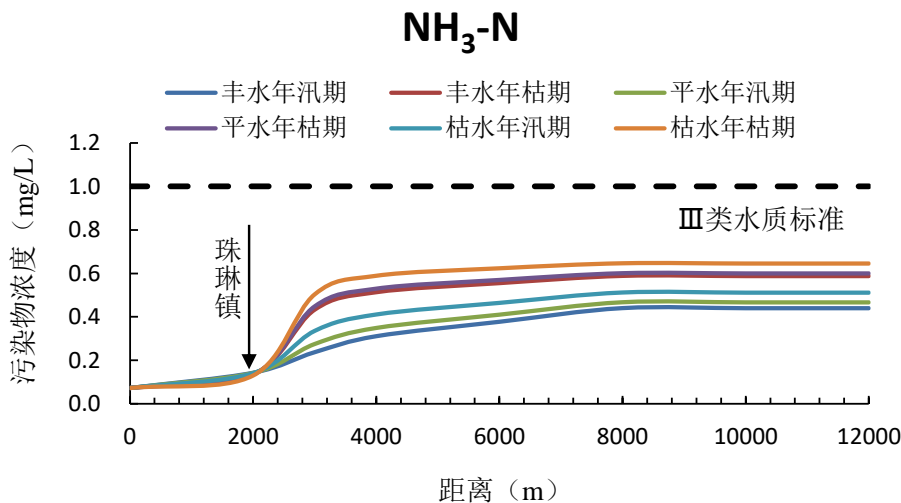


图 6.4-67 珠琳片区板榔河 NH₃-N 沿程变化（情景 2）

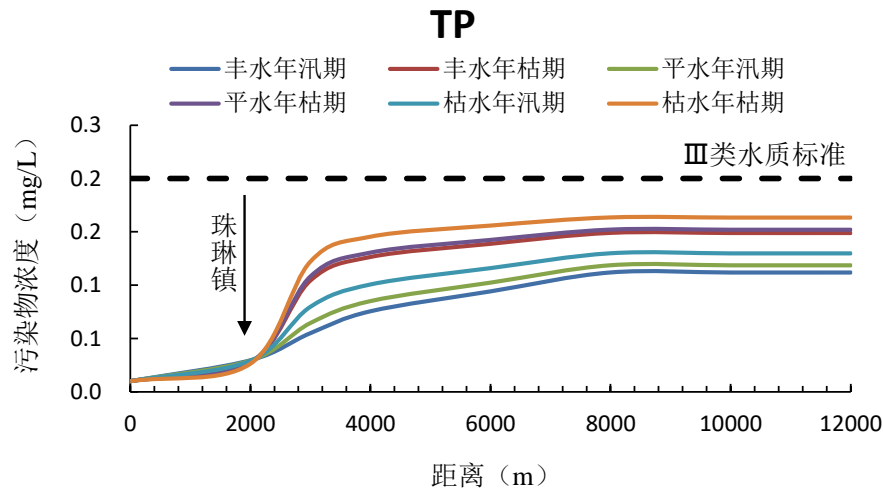


图 6.4-68 珠琳片区板榔河 TP 沿程变化（情景 2）

6.4.3.6 天星树皮片区

天星树皮片区退水范围主要为法白小河，部分农村面源退入坝下游，已在坝下范围考虑。选取 COD、NH₃-N 两个水质因子进行评价，区间无支流汇入，水动力条件及水质情况简单，降解河段很短，故可简化采用零维水质计算，由来流流量、水质条件及预测年天星树皮片区点源污水量、污染总负荷等边界条件计算法白小河汇入南丘河汇口处断面的污染负荷。面源径流由集雨面积计算，面源包括农村散排生活污水污染、禽畜养殖污染、农田径流污染和灌溉退水。边界条件如表 6.4-24 所示。取法白小河汇口处现状年监测水质作为计算河段现状年水质情况。根据现状年及预测年天星树皮片区污染负荷的统计结果，将预测年新增污水量及新增污染总负荷作为预测年法白小河新增污染源。法白小河汇入公革河汇口处水质计算结果见表 6.4-24。

表 6.4-25 显示了法白小河汇口 COD、NH₃-N 的各典型年汛期、枯期水质情况。整体来讲，法白小河水质较差，天星树皮片区污染负荷较大，各典型年的汛期、枯期均超过Ⅲ类水质标准。COD 最大浓度为 65.82mg/L，NH₃-N 最大浓度为 4.379mg/L。

表 6.4-24	法白小河天然流量月均值											单位: m ³ /s
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
丰水年	0.417	0.370	0.318	0.327	0.523	1.908	1.918	3.170	1.279	0.842	0.600	0.478
平水年	0.396	0.341	0.296	0.312	0.482	1.768	1.094	1.280	1.145	0.613	0.463	0.377
枯水年	0.297	0.260	0.239	0.254	0.314	1.026	0.660	0.709	0.501	0.477	0.415	0.361

表 6.4-25 法白小河汇口处水质情况(情景 1) 单位: m^3/s

典型年	枯期		汛期	
	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$
丰水年	43.84	3.178	13.97	0.538
平水年	55.48	3.440	35.59	1.051
枯水年	65.84	4.379	43.15	1.747

表 6.4-26 显示了水污染防治规划落实后法白小河汇口 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的各典型年汛期、枯期水质情况。整体来讲,措施后法白小河水水质一般,天星树皮片区污染负荷仍较大。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 在各典型年的汛期、枯期均满足 III 类水质标准; COD 在丰水年、平水年的汛期、枯期满足 III 类水质标准,但在枯水年的汛期、枯期略微超过 III 类水质标准。

表 6.4-26 法白小河汇口处水质情况(情景 2) 单位: m^3/s

典型年	枯期			汛期		
	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP
丰水年	16.048	0.907	0.103	15.916	0.736	0.105
平水年	18.418	1.132	0.133	18.207	0.961	0.135
枯水年	22.604	1.538	0.189	22.487	1.374	0.191

6.4.3.7 丘北工业园

丘北工业园区受水区退水范围主要为清水河。区间无支流汇入,水动力条件及水质情况简单,受水区主要污染负荷为两个工业园区排放污水,降解河段很短,故可简化采用零维水质计算,由来流流量、水质条件及预测年清水河片区点源污水量、污染总负荷等边界条件计算清水河汇入清水江汇口处断面的污染负荷。边界条件如表 6.4-27 所示。

表 6.4-28 显示了清水河汇口 COD、NH₃-N 的各典型年汛期、枯期水质情况。整体来讲，清水河水质较好，清水受水区污染负荷较小，各典型年的汛期、枯期均满足Ⅲ类水质标准。COD 最大浓度为 14.20mg/L，NH₃-N 最大浓度为 0.179mg/L。

表 6.4-27		清水河丰平枯典型年逐月流量										单位: m ³ /s
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
丰水年	6.42	5.70	4.89	5.03	8.05	29.36	29.51	48.80	19.69	12.97	9.23	7.36
平水年	6.09	5.25	4.55	4.81	7.42	27.21	16.83	19.71	17.63	9.43	7.12	5.81
枯水年	4.57	4.01	3.67	3.91	4.83	15.80	10.16	10.92	7.71	7.34	6.39	5.56

表 6.4-28 清水河汇口处水质情况 单位: m^3/s

典型年	枯期		汛期	
	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$
丰水年	14.14	0.171	5.02	0.109
平水年	14.15	0.173	5.05	0.113
枯水年	14.20	0.179	5.09	0.117

6.4.4 水域纳污能力

(1) 控制单元

清水河水利枢纽涉及流域水污染控制单元划分见表 6.4-29。

表 6.4-29 控制单元划分表

水平年	控制单元	控制断面	控制类别	水质目标
2035	回龙水库-古登老寨干流段	库尾断面	水质改善	III
	阿额小河	阿额小河汇口	水质保持	III
	古登老寨-平老干流段	坝址断面	水质改善	III
	平老-塘上干流段	坝址下游(法白)	水质保持	III
	法白小河	法白小河汇口	水质改善	III
	清水河	清水河汇口	水质保持	III
	板榔河	板榔河汇口	水质改善	III

(2) 各控制单元纳污能力计算结果

水污染治理措施实施后干流控制断面和支流控制断面中各控制单元纳污能力计算见水库泄水气体过饱和影响分析

本工程最大坝高 97.0m, 根据四川大学对类似工程的原型观测, 泄水期间溶解气体饱和度可能超过 130%。但坝下河流水深较浅, 有利于过饱和气体的释放; 根据四川大学在紫坪铺水库坝下河道开展的观测, 下游 10km 左右的断面气体饱和度已降至 120%左右, 此饱和度以下对鱼类的危害很小。此外, 随着坝下法白小河、清水河、石葵河等支流汇入, 可使坝下河段 TDG(过饱和气体) 浓度得到稀释。

本工程水库控制流域面积较小, 洪水陡涨陡落, 泄洪历时较短, 未见国内已建同等规模的水库泄洪期间鱼类因气泡病大规模死亡报道。综上, 本工程泄水期间产生的过饱和溶解气体对下游河道鱼类的不利影响较小。

6.5 对地下水环境影响分析

2019 年 10 月, 受我院委托南京大学完成《云南省文山州清水河水利枢纽工程

地下水环境影响评价专题报告》，工作组对水源枢纽工程和供水管线区域的地下水环境水文地质问题进行调查，并对重点隧洞水文地质问题以及影响范围进行了系统分析和评价。

施工期工程废污水均在地表产生，经过处理后基本不会进入地下水，因此，施工污水对地下水水质基本无影响。本工程施工期对地下水的影响主要是隧洞等地下工程开挖对区域地下水流场、地下水水位造成的影响，以及由此造成的对居民取水的影响，运行期对地下水的影响主要是水库淹没 2 号暗河造成 2 号暗河水位抬升等的影响。

6.5.1 施工期对地下水的影响

根据《清水河水库工程岩溶水文地质专题研究报告》及《云南省文山州清水河水利枢纽工程可行性研究报告》(工程地质篇)，工程对地下水影响主要为枢纽工程区长约 700m 的导流洞和长约 426m 的取水发电洞，输水管线区丘北方向长为 4.66km 的天星隧洞和砚山方向长为 1.57km 的青龙箐隧洞施工造成的影响，各隧洞与地下水位置关系及隧洞附近敏感点详见表 6.5 1。工程坝址区内地下水类型主要为松散层孔隙水、基岩裂隙水、岩溶水，以大气降水入渗补给为主。地下水埋深受季节影响较大，河床钻孔地下水埋深在 0.8~3.4m。水污染治理措施实施后，除库尾断面处 TN 纳污能力值略低于零外，各典型污染物在干流控制断面上均具有较大的纳污能力。支流控制断面中，古登寨小河 COD 无纳污能力，法白小河 COD、NH₃-N 无纳污能力，清水河具有一定的纳污能力，均是在枯水年枯期略欠缺纳污能力。

表 6.5-1 水源区及受水区纳污能力计算

区域	控制断面	纳污能力 (t/a)			
		COD	NH ₃ -N	TP	TN
干流	库尾断面	220.63	15.63	44.94	0
	坝址断面	895.97	39.51	50.38	27.54
	法白(坝下末端)	1138.07	44.11	74.43	28.39
支流	古登寨小河	0	2.60	6.39	-
	法白小河	0	0	7.19	-
	清水河	736.90	104.32	111.83	-
	板榔河	14.02	3.04	7.18	-

6.5.2 水库泄水气体过饱和影响分析

本工程最大坝高 97.0m，根据四川大学对类似工程的原型观测，泄水期间溶解气体饱和度可能超过 130%。但坝下河流水深较浅，有利于过饱和气体的释放；根据四川大学在紫坪铺水库坝下河道开展的观测，下游 10km 左右的断面气体饱和度已降至 120%左右，此饱和度以下对鱼类的危害很小。此外，随着坝下法白小河、清水河、石葵河等支流汇入，可使坝下河段 TDG(过饱和气体) 浓度得到稀释。

本工程水库控制流域面积较小，洪水陡涨陡落，泄洪历时较短，未见国内已建同等规模的水库泄洪期间鱼类因气泡病大规模死亡报道。综上，本工程泄水期间产生的过饱和溶解气体对下游河道鱼类的不良影响较小。

6.6 对地下水环境影响分析

2019 年 10 月，受我院委托南京大学完成《云南省文山州清水河水利枢纽工程地下水环境影响评价专题报告》，工作组对水源枢纽工程和供水管线区域的地下水环境水文地质问题进行调查，并对重点隧洞水文地质问题以及影响范围进行了系统分析和评价。

施工期工程废污水均在地表产生，经过处理后基本不会进入地下水，因此，施工污水对地下水水质基本无影响。本工程施工期对地下水的影响主要是隧洞等地下工程开挖对区域地下水流场、地下水水位造成的影响，以及由此造成的对居民取水的影响，运行期对地下水的影响主要是水库淹没 2 号暗河造成 2 号暗河水位抬升等的影响。

6.6.1 施工期对地下水的影响

根据《清水河水库工程岩溶水文地质专题研究报告》及《云南省文山州清水河水利枢纽工程可行性研究报告》(工程地质篇)，工程对地下水影响主要为枢纽工程区长约 700m 的导流洞和长约 426m 的取水发电洞，输水管线区丘北方向长为 4.66km 的天星隧洞和砚山方向长为 1.57km 的青龙箐隧洞施工造成的影响，各隧洞与地下水位置关系及隧洞附近敏感点详见表 6.5 1。工程坝址区内地下水类型主要为松散层孔隙水、基岩裂隙水、岩溶水，以大气降水入渗补给为主。地下水埋深受季节影响较大，河床钻孔地下水埋深在 0.8~3.4m。

表 6.6-1

清水河水利枢纽工程主要地下工程概况表

工程形式		起止桩号	隧洞长度 m	隧洞埋深 m	与地下水位关系	线路穿越地层	附近敏感点
枢纽施工区	导流洞	D0+000~D0+727.50	700	/	洞身段位于地下水位以下	三叠系版纳组上段泥质粉砂岩夹泥岩	导流洞穿过平老村边缘
	取水发电洞	桩号引 0+000~桩号引 0+426.60	426	/	洞身段位于地下水位以下		
输水线路区	丘北方向 天星隧洞	QB2+368~QB2+509	141	15~39	地下水位于隧洞底板以下	泥岩、砂岩及泥质灰岩	隧洞进口段距独弄新寨村约 550m
		QB2+509~QB2+929	420	39~68	隧洞底板位于地下水位以下	三叠系中统版纳组(T2b) 灰色、灰褐色薄~中厚层粉砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩 岩体弱~中等透水	
		QB2+929~QB3+325	396	60~151			
		QB3+325~QB3+762	437	121~163			
		QB3+762~QB3+976	214	155~206			
		QB3+976~QB4+382	406	105~152			
		QB4+382~QB4+718	336	121~162			
		QB4+718~QB4+837	119	65~110			
		QB4+837~QB5+053	216	103~160			
		QB5+053~QB5+312	259	60~110			
		QB5+312~QB5+760	448	94~190			
		QB5+760~QB6+443	683	143~264			
		QB6+443~QB6+783	340	60~148			
	QB6+783~QB7+030	247	12~49	地下水位于隧洞底板以下	泥岩、砂岩及泥质灰岩	出口段距天星村约 200m	
	砚山方向 青龙箐隧洞	YS23+275~YS23+307	32	5~13	地下水位于隧洞底板以下	灰岩	小鱼塘村距离约 700m
		YS23+307~YS23+370	63	15~54	隧洞底板位于地下水位附近或以下	三叠系中统个旧组 (T2g): 灰至深灰色中~厚层灰岩夹白云质灰岩和泥质灰岩, 局部夹有泥岩 岩体弱~中等透水	
		YS23+370~YS23+451	81	54~85			
		YS23+451~YS23+602	151	42~85			
		YS23+602~YS23+810	208	62~120			
		YS23+810~YS23+938	128	70~77	隧洞底板位于地下水位以下		
		YS23+938~YS24+137	199	55~92			
		YS24+137~YS24+390	253	27~55			
		YS24+390~Y24+579	189	27~77			
		YS24+579~YS24+678	99	32~53	隧洞底板位于地下水位附近或以上		
		YS24+678~YS24+899	221	2~28		地下水位于隧洞底板以下	

天星隧洞长为 4.66km，位于地下水位以下的洞身段长约 4.1km，天星隧洞工程地质剖面图见图 6.6-3。

天星隧洞工程地质纵剖面图

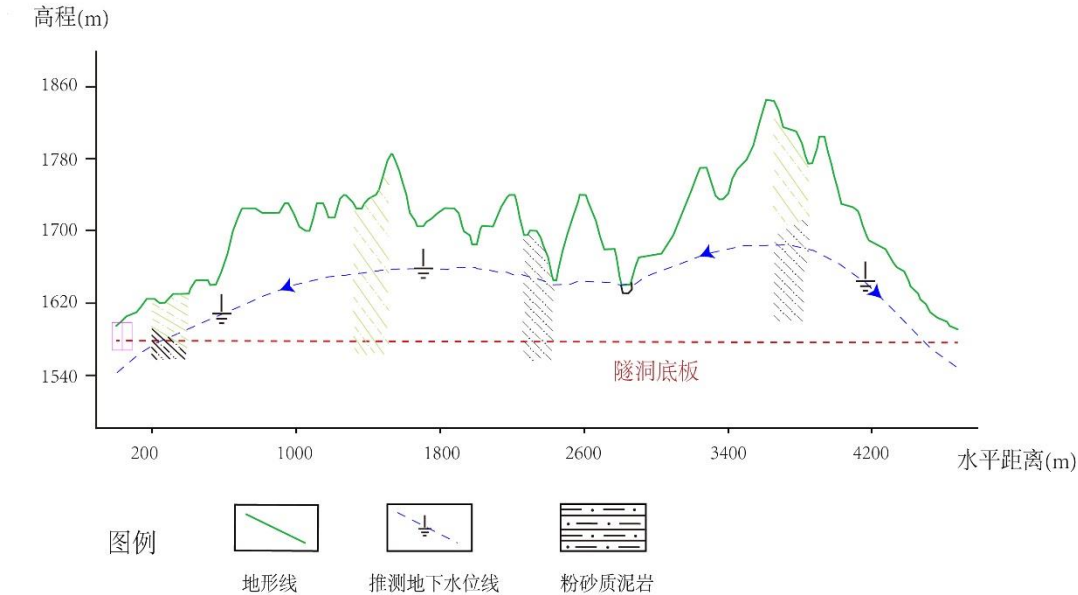


图 6.6-3 天星隧洞工程地质剖面图

青龙菁隧洞长为 1.57km，位于地下水位以下的洞身段长约 0.8km，青龙菁隧洞工程地质剖面图见图 6.6-4。

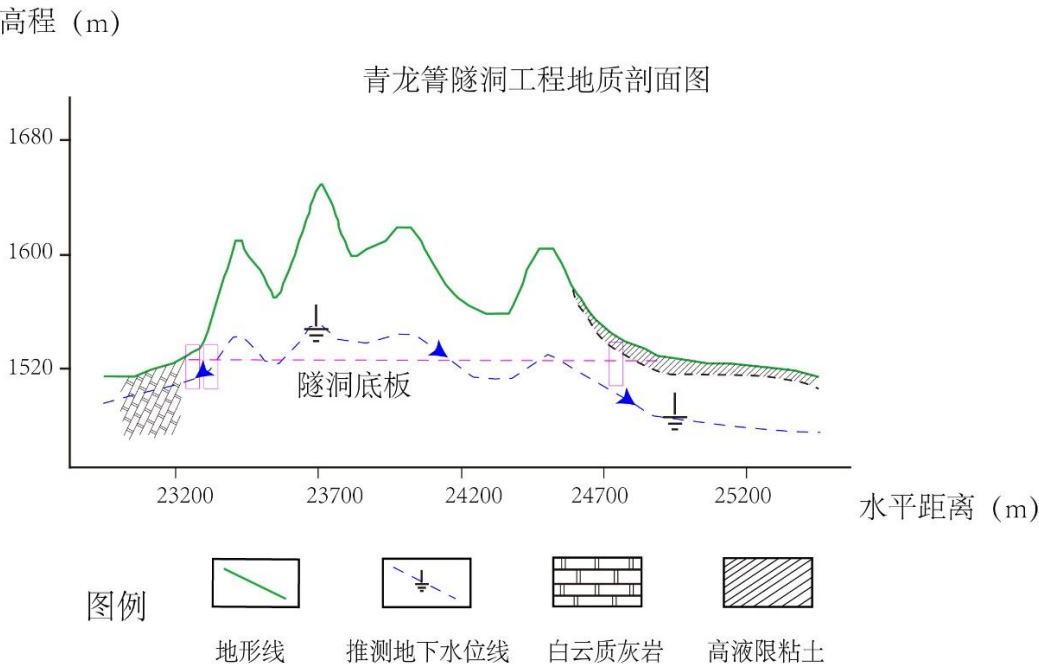


图 6.6-4 青龙菁隧洞工程地质剖面图

(1) 对水位的影响

① 涌水量计算

本次评价采用降水入渗法和地下水径流模数法预测隧洞、导流洞以及取水发电洞的涌水量，计算参数及涌水量计算结果见表 6.6-2 和表 6.6-3。

降水入渗法： $Q = 2.74a \times W \times A$

式中：

Q ——隧洞通过含水体地段的涌水量 (m^3/d)；

a ——降水入渗系数；

W ——年降水量 (mm)；

A ——隧洞通过含水体地段的地下集水面积 (km^2)。

地下水径流模数法： $Q = M \times A$

式中：

Q ——隧洞通过含水体地段的涌水量 (m^3/d)；

M ——年平均地下水径流模数 ($\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{km}^2$)；

A ——隧洞通过含水体地段的地下集水面积 (km^2)。

降水入渗系数 参照区域水文地质资料、钻孔岩性资料以及相关文献确定；年降水量 参照《文山州水资源公报》确定；集水面积 A 参照《铁路工程水文地质勘察规程》进行计算， $A = L \times 2B$ ，其中， L 为隧洞通过含水体的长度 (km)， B 为隧洞涌水地段长度内对两侧的影响宽度 (km)， $B = (510.5 \times K + 215.5) / 1000$ ，其中 K 为渗透系数 (m/d)；年平均地下水径流模数 M 参照《云南省文山州清水河水利枢纽工程岩溶水文地质专题研究报告》及区域水文地质资料、钻孔资料确定。

可以看出，青龙菁隧洞、导流洞、取水发电洞涌水量较小，天星隧洞因长度较长且大部分洞身段位于地下水位以下涌水量相对较大。上述两种计算方法中，地下水径流模数法涌水量计算结果较降水入渗法偏小，为安全起见，推荐使用降水入渗法的涌水量计算结果。隧洞、导流洞、取水发电洞涌水量的计算，只是针对岩层含水特征一般规律，由于岩体破碎程度不同，渗透系数存在变化，因此施工时仍应加强防排水措施，同时在应急预案中建议增设备用水源以保证附近村庄对地下水的利用，进一步降低施工可能带来的影响。

② 影响范围计算

由表 6.6-2 可知，隧洞、导流洞、取水发电洞均存在低于地下水位的洞身

段，施工时会造成周边地下水位下降，可能对附近的泉点和居民用水水源产生影响，因此，利用疏排水影响半径计算公式，计算隧洞、导流洞、取水发电洞施工涌水的影响半径:结果见表 6.6-3。

$$R = H \sqrt{\frac{K}{2W} \left[1 - \exp \left(\frac{-6Wt}{\mu H} \right) \right]} \quad (6.5-1)$$

其中:

- R——影响半径，m;
- H——潜水含水层厚度，m;
- K——含水层渗透系数，m/d;
- W——降水补给强度，m/d;
- μ——重力给水度。

参照区域水文地质相关资料并结合现场钻孔资料以及文献资料确定计算参数，降雨补给强度依据隧道区域年平均降雨量，含水层厚度从各隧洞纵剖面量取平均值，排水时间按照开始施工到施工完成计算。

表 6.5 2 隧洞、导流洞、取水发电洞涌水量计算结果表

名称	渗透系数 K	涌水地段长度内对两侧的影响宽度 B (km)	通过含水体的长度 L (km)	通过含水地段地下集水面积 A (km ²)	降水入渗系数 a	年降水量 D	年平均地下水径流模数 M (m ³ /d·km ²)	涌水量 Q (降水入渗法) (m ³ /d)	涌水量 Q (径流模数法) (m ³ /d)
天星隧洞	0.05	0.241	4.3	1.036	0.15	1294.6	241.056	551.45	249.83
青龙菁隧洞	0.18	0.3074	0.83	0.255	0.18	1152.3	333.504	145	85.09
导流洞	0.02	0.2257	0.72	0.163	0.12	1294.6	219.456	69.18	35.66
取水发电洞	0.02	0.2257	0.451	0.102	0.12	1294.6	219.456	43.33	22.34

表 6.5 3 隧洞、导流洞、取水发电洞影响半径计算结果表

名称	岩性	渗透系数 m·d ⁻¹	含水层厚度 m	给水度 μ	降雨补给强度 m·d ⁻¹	时间 d	影响半径 m
天星输水隧洞	粉砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩、泥灰岩	0.05	70.92	0.08	0.002	1050	236.74
青龙菁输水隧洞	灰岩夹白云质灰岩和泥质灰岩，局部夹泥岩	0.18	12.96	0.15	0.002	1050	86.87
导流洞	泥质粉砂岩，部分泥岩、粉砂质泥岩、钙质砂岩	0.02	36.93	0.08	0.002	285	80.26
取水发电洞	泥质粉砂岩，部分泥岩、粉砂质泥岩、钙质砂岩	0.02	33.26	0.08	0.002	285	63.26

（2）对水质的影响

施工期地下水污染途径主要有砂石加工系统废水、混凝土拌合系统废水、机械修配厂含油废水和生活污水，施工污废水在产生、收集或处理过程中可能会有少量污废水渗入地下，从而造成地下水污染，特别是在事故条件下，主要影响区域为局部浅层地下水。

根据已有同类项目的地下水水质影响结果，溶区若地下水受到污染，则污染物的扩散迁移距离较大，污染物容易扩散，受到污染的范围较大。因此地下水的保护应以预防为主，施工生产设施及生活区不能可能存在岩溶管道的地方，生产区和生活区需采用粘土和混凝土等填实，做好防渗措施。污废水处理设施须进行定期检查(监测频率小于 100 天)，及时发现并采取相应措施(如堵住泄漏管道、采用防渗墙等)减少和杜绝其冒滴漏现象，杜绝形成持续的污染源，使其对周边地下水的影响降至最小。

（3）对敏感点的影响

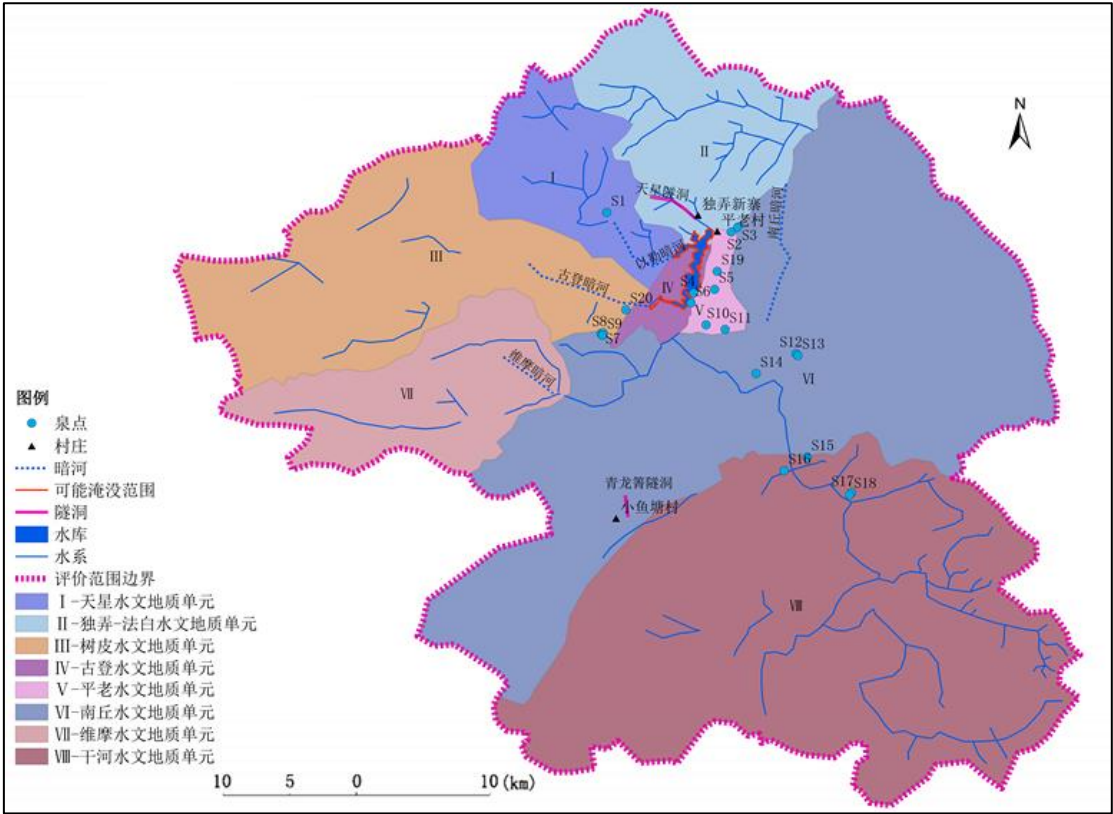
导流洞施工段经过平老村，取水发电洞与平老村最近距离约 60m。根据计算结果，平老村在导流洞、取水发电洞施工影响半径 80.26m 和 63.26m 之内。但平老村用水水源主要为地表水，且地表水源不受本工程影响，因此导流洞和取水发电洞施工不会受到平老村生活饮用水。村内零星分散式地下水主要也为地窖存储的雨水，主要作为生活辅助用水，导流洞、取水发电洞施工会导致平老村地下水水位出现一定幅度下降，影响村民辅助用水水源。施工前平老村部分村民进行部分移民搬迁，因此，施工期间需要针对剩余居民采取相应的应急措施以补偿村民的辅助用水水源，同时需要做好隧洞衬砌防护以减轻施工影响。此外，导流洞、取水发电洞施工影响半径内不存在其他地下水环境敏感目标。

评价区内泉点、村庄分布情况见图 6.6-5，距离天星隧洞最近的村庄为独弄新寨。根据调查，该村有居民约 26 户，距隧洞（QB2+509~QB2+929 段）约 300m，不在天星隧洞施工影响半径 236.74m 之内，且该村水源为独弄沟上游的地表水，因此天星隧洞施工不会对独弄新寨水源产生影响。其他村庄距离天星隧洞较远，不会受到隧洞施工的影响。此外，天星隧洞施工影响半径内也不存在泉点。

据野外调查和图 6.6-5，距离青龙箐隧洞最近的村庄为小鱼塘村，距离约 700m，不在青龙箐隧洞施工影响半径 86.87m 之内，且该村水源主要为地表水。平时的雨水存入地窖中，存水时作为作为生活辅助用水，因此青龙箐隧洞施工不会对小鱼塘

村饮用水产生影响，影响半径内也不存在其他泉等地下水环境敏感目标。

综合来看，丘北输水线路天星输水隧洞和砚山输水线路青龙箐输水隧洞施工对周边地下水环境敏感目标基本没有影响。施工中，结合逐段施工、超前预报和必要时的提前防渗等措施，影响范围进一步减小。



6.6.2 运行期对地下水的影响

(1) 对以勒暗河的影响

根据地下水环境敏感目标调查分析结果, 水库运行期对地下暗河的影响对以勒暗河的影响, 以勒暗河位于天星水文地质单元, 单元面积 95.39km^2 , 其中碳酸盐岩分布面积约 70km^2 , 以构造溶蚀低中山为主, 微地貌为天星孤峰盆地、谷地、峰丛洼地等, 地势西高东低, 补给、径流区高程在 $1500\sim 1800\text{m}$, 以勒暗河排泄点为最低点。以勒暗河补给面积较大, 岩溶发育, 径流长, 流量较大, 地下水位 $1380\sim 1420\text{m}$, 出口高程 1378m , 部分低于库区正常蓄水位 1392m 。因此, 水库蓄水后以勒暗河的排泄基准面会抬升, 造成地下水位的升高, 增幅 12m 左右。

通过对以勒暗河系统的分析和判断,结合本工程特点可知,水库蓄水后地表水会从以勒暗河出口处灌入暗河,假定暗河地下水与灌入地表水密度 ρ 相等,重力加速度 g 沿暗河段保持不变,根据液体压强原理,原水位低于 1392m 的暗河段水位会发生上涨,在原水位等于 1392m 处达到新的水压平衡,原水位高于 1392m 的暗河段水位基本不会产生明显上涨,即枢纽运行对暗河水位抬升的影响范围不会超过以勒暗河原水位等于 1392m 处,如图 6.6-6 所示。

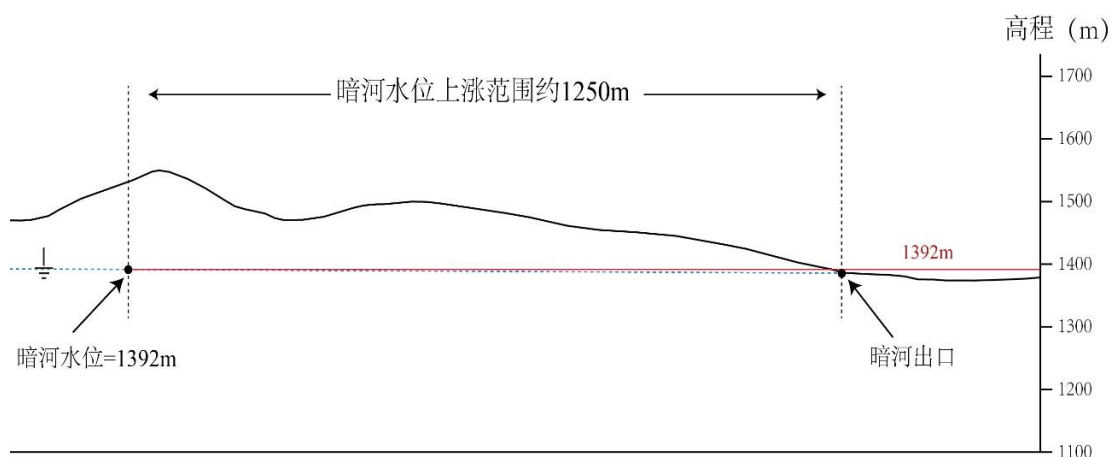


图 6.6-6 正常蓄水位下以勒暗河水位上涨范围示意图

根据 2 号以勒暗河纵剖面图,暗河原水位等于 1392m 处距离暗河出口约 1250m,即枢纽运行后以勒暗河出口向上游约 1250m 范围内水位会发生上涨,且最高不会超过 1392m。结合以勒暗河附近洼地、落水洞、村庄等调查结果,水位上涨范围内只有 1 处岩溶洼地,但该洼地高程大于 1392m,因此工程蓄水对该暗河附近洼地

影响小。此外，以勒暗河沿线分布有 7 个落水洞，具体编号及高程见表 5.2-3。可以看到，LD001、LD002、LD003、LD004、LD005、LD006、LD008 这 7 个落水洞的高程均高于正常蓄水位 1392m，且这 7 个落水洞不在暗河出口向暗河上游约 1250m 的水位上涨范围内，因此库区蓄水基本不会引起落水洞向外涌水进而影响附近村庄或洼地。

表 6.6-4

以勒暗河沿线落水洞统计表

落水洞编号	高程
LD001	1500m
LD002	1558m
LD003	1487m
LD004	1421m
LD005	1422m
LD006	1486m
LD008	1491m

同时通过模型概化，利用河间地块潜水稳定、非稳定运动模型估算得到水库蓄水至 1392m，以勒暗河下游水位涨幅约为 5.84~12m，与上述分析吻合。整体而言，水库蓄水后，以勒暗河系统的流场分布特征较天然流场不会发生明显变化，仅在紧邻库区的暗河出口段向暗河上游约 1250m 范围内产生一定抬升，该范围内存在 1 处岩溶洼地但其高程高于 1392m，以勒暗河沿线的 7 个落水洞不在该影响范围内且高程均高于 1392m，因此枢纽运行基本不会引起以勒暗河出口段沿线洼地的淹没和落水洞涌水。

(2) 对泉点的影响

库区附近的 5 处泉 S2、S3、S4、S5、S6 中，S4 位于库区蓄水淹没范围之内，该处泉均不作为集中饮用水水源，且库区附近的农田主要从清水河提水灌溉，该处泉也不作为灌溉取水点，因此淹没该处泉后对附近村民的饮用水和灌溉用水无影响。

(3) 溶洞

评价区内共发育溶洞 40 个，其中位于库区所在水文地质单元即古登水文地质单元的有 3 个，分别为 RD07、RD10、RD38，对应高程分别为 1331m、1341m、1400m。根据《云南省文山州清水河水利枢纽工程可行性研究报告》工程地质章节，RD07、RD10 的高程较低，在水库蓄水前就已被淹没，施工时会进行相应防渗封堵

处理,建议采用环保材料以防对水库水质产生影响,RD07和RD10周围不存在村庄,因此对地下水环境敏感目标基本没有影响;RD38的高程高于正常蓄水位1392m,周边800m范围内不存在村庄,但近坝左岸存在以勒-独弄岩溶渗漏段,水库蓄水后会往RD38方向渗漏,渗漏类型为溶隙与管道混合型,在水库建设前期会进行相应的防渗封堵处理,因此对地下水环境敏感目标影响很小。综合来看,枢纽运行时不会通过溶洞对地下水环境敏感目标产生影响。

(4) 洼地

评价区内共有洼地203处,其中有1处在枢纽运行淹没范围内,但该洼地附近不存在村庄。白沙湾附近的3处洼地和平老村附近的2处洼地虽然距离库区较近,但并不在枢纽运行淹没范围内。综合来看,枢纽运行时不会淹没村庄附近的洼地进而影响村民的生命财产安全和农业生产安全。

(5) 对灌区的影响

根据相关灌溉回归水对灌区地下水的研究成果,灌区地下水位和土壤含水率的变化主要受降雨的影响。灌区的主要补给源为降雨补给,灌溉回归水对地下水的补给影响较小,不会明显引起地下水位的变化。

灌溉对地下水资源将有一定的补给作用,部分灌溉回归水以及降水将入渗补给地下水。可使土壤以及化肥中的氮、磷等随地表水入渗补给潜水而进入地下水,由于本项目各灌区地下水埋深较深,灌溉水质较好,回归水所携带的面源污染物质也十分有限,经过土壤的过滤净化作用,水体中大部分有害物质均被吸附、分解。因此,灌溉对灌区地下水水质的影响不大。

6.7 水生生态环境影响

6.7.1 调水区

6.7.1.1 对浮游生物的影响

(1) 施工期

施工期进行涉水施工时,直接扰动河道及其边坡,导致河流水体悬浮物增加,水体透明度下降,光照强度下降,溶解氧降低。光照强度下降会抑制浮游植物的细胞分裂和生长,降低浮游植物的生物量和库区的初级生产力。悬浮物含量增多会使浮游动物食物过滤系统和消化器官堵塞,干扰其正常的生理功能。施工期内,工程

施工影响水域的浮游生物的密度和生物量会有一定程度的降低。

（2）运行期

1）库区河段

大坝建成后，库区原有的河流将变成河道型水库，水面变宽，水流速度减缓，营养物质滞留，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，水中有机物质及矿物质增加，这些条件的变化均有利于浮游生物的生长繁殖。预计建库后库区浮游生物种类数量和生物量均会有所增加，群落结构也会相应发生变化。对于浮游植物，绿藻和蓝藻种类和数量会有所增加，但硅藻仍将是水库的主要优势种类。对于浮游动物，原生动物的比例趋向增加，龟甲轮虫、臂尾轮虫等静水敞水轮虫种类将出现且成为常见种；枝角类种类可能明显增加，如象鼻溞、秀体溞成为常见种或优势种。浮游动物种类尤其大型浮游甲壳类的增加，将引起浮游动物生物量明显增大。

2）坝下河段

水库建成运行后，坝下河段水量减少，浮游生物总量也相对减少，但浮游生物的种类不会有太大的变化，原生动物可能依然是浮游生物的优势群体。

6.7.1.2 对底栖动物的影响

（1）施工期

工程施工时，会直接占压河床底质，导致施工区域底栖动物损失。同时涉水施工会导致水质混浊，施工点下游局部底质沉积物增加，影响到附近水域底栖动物的呼吸、摄食等生命活动，不利于底栖动物的繁衍，现存量会下降。

（2）运行期

清水河水库建成后库区水体流速明显减缓，水深增加，水面积扩大，泥沙沉降，底质由砾石、沙质型为主逐步向泥沙型、淤泥型发展。这些条件的改变都将对底栖动物的生长与繁殖产生影响。水生昆虫的蜉蝣目等的种类在库区内将发生变化，种类将由以流水型为主转为以静水型为主，适应于静缓流生境的软体动物将增多，密度和生物量将增大。深水区由于库底部溶氧含量低，光照不足等原因。将没有或很少有底栖动物生存。

6.7.1.3 对水生维管束植物的影响

（1）施工期

施工活动可能对沿岸植被造成破坏，主要集中在坝址附近；工程影响以施工点最严重，并由中心向四周辐射。受影响的水生维管束植物主要有水蓼、莲子草、菹草等。施工时如能加强保护与管理，就可能降低对水生植物的影响。

（2）运行期

清水河水库建成后，工程所在河段将由静水与流水的生境变成库区生境，库区水面变宽，流速变缓，水深增加，河流的水动力学形态总体上将发生较大变化。库区水体流速自坝前逐渐增加。坝前水域水深、面阔、水流缓慢，呈现湖泊水动力特征；库中水域水动力学特征间于河流段和湖泊段之间，属于过渡段；库尾及以上河段依然保持河流水文水力学特征。

虽然水库的蓄水将短时间内淹没正常蓄水位以下的水生植被，但是随着一段时期后新的生态平衡的重新建立，水域面积的扩大，将增加水生植物的生境面积，水体透明度的提升，将改善生境的质量，对水生植物也有正面影响。因此水库运行后，随着水环境的改变，水生植被的分布区域和种类构成将发生变化，主要是分布面积将增加，种类将多样化。

坝下河段水位下降，原有水生植物可能会死亡，下游河段水生植物生物量相应减少，虽然在下游河段水位稳定后，在新的浅水河滩会形成新的水生植物群落，但水生植物总的生物量可能会下降。

6.7.1.4 对鱼类的影响

（1）大坝阻隔对鱼类的影响

清水江干流发源于砚山县的回龙水库，全长 229km，清水江干流从上游至下游依次建有回龙水库、听湖水库和格雷一级、格雷二级、猴爬岩、坝达、猫街水电站，形成了人工阻隔；另外在格雷二级坝址下游（距清水河汇口下游约 12.3km 处）有一道天然瀑布，落差达 27m 左右，形成了天然阻隔。

根据现场水生调查结果，评价区内土著鱼类中，仅云南光唇鱼、南方白甲鱼等鱼类在繁殖季节有短距离洄游习性。在清水江干流未建电站前，格雷二级坝址下游的瀑布形成了天然阻隔，虽然瀑布下游鱼类不能上溯到瀑布上游，但瀑布上游鱼类有一定的几率随水流进入下游，部分鱼类可完成基因交流。另外，瀑布上、下游也可形成稳定的鱼类种群。

在清水江建数座电站后，由于现有电站未建过鱼设施，大坝的阻隔对南方白甲鱼等具有短距离洄游性鱼类的洄游迁徙产生不利影响，同时也阻断了坝上、下游鱼

类种群之间的基因交流。

清水河水利枢纽工程建成后，将加剧对瀑布上游河流段鱼类的阻隔影响，尤其是会影响鱼类种群之间的基因交流，长期会导致遗传多样性下降，种群数量较大的鱼类群体间将出现遗传分化，危及物种在该区域长期生存，同时也会对在瀑布上游河段有分布的云南光唇鱼的洄游通道形成阻隔。

（2）水文情势变化对鱼类的影响

1）库区水文情势变化对鱼类的影响

当清水河水利枢纽工程建成蓄水后，回水长度约 12km，库区水深增大，流速减缓，使得原有流水生境变为半静止或静止的水库生境，为喜栖缓流、敞水生活的鱼类提供一个适宜的环境，如分布于该河段内的鲤科的种类能很好地生存和繁衍，将使这些鱼类将在本库区逐渐居于优势地位，库区鱼类资源量较建库前会有所上升。而适应在流水中生活的鱼类（如云南光唇鱼、花鲢、鳅类等）被迫迁移到库尾或库周有支流的滩多水急的生境中栖息，其种类也会有所减少。工程建成蓄水后，以勒村龙潭会被淹没，分布于该河段的狭孔金线鲃、云南盘鮈等鱼类会受到一定的影响。

2）坝下水文情势变化对鱼类的影响

根据水文情势影响分析结果，建库后在有生态流量泄放的情况下，坝下断面的断面流量、平均流速、平均水深和水面宽等水文要素均发生变化，变化情况见表 6.6-1。

表 6.6-1 清水河水库工程建库前、后坝下断面的水文要素变化情况

水文要素 月		断面流量变化 范围 (m³/s)	平均流速变化 范围 (m/s)	平均水深变化 范围 (m)	水面宽变化 范围 (m)
丰水年	2 月下旬~5 月中旬	0.18 ~ 1.14	0.02 ~ 0.13	0.02 ~ 0.09	0.1 ~ 1.02
	其余月份	-20.85 ~ -0.05	-0.67 ~ -0.01	-0.65 ~ 0.00	-5.17 ~ -0.03
平水年	2 月上旬~5 月上旬	0.02 ~ 1.34	0 ~ 0.16	0.01 ~ 0.11	0.09 ~ 1.44
	其余月份	-20.18 ~ -0.04	-0.66 ~ 0.00	-0.64 ~ 0	-5.02 ~ 0
枯水年	1 月~5 月、12 月	0.1 ~ 1.49	0.01 ~ 0.18	0.01 ~ 0.13	0.05 ~ 1.84
	其余月份	-25.21 ~ -0.21	-0.73 ~ -0.02	-0.73 ~ -0.01	-6.05 ~ -0.1

以坝下断面为例,从该断面水文情势变化分析对鱼类的影响,从表 6.6-1 可看出,在丰水年和平水年的 2~5 月和枯水年的 1~5 月与 12 月,断面流量等水文要素均有不同程度地增加,相比建库前对水生生境有所改善,在该时段对鱼类的栖息会产生有益的影响;而在其余月份,断面流量、平均流速、平均水深和水面宽均有不同程度减少,如丰水年和平水年断面流量最大减少量分别为 $20.85\text{m}^3/\text{s}$ (7 月上旬) 和 $20.18\text{m}^3/\text{s}$ (6 月下旬),减幅变化率分别为 86.16% 和 85.76%,对应的平均流速为 0.83m/s (丰水年、平水年相同),平均水深为 0.39m (丰水年、平水年相同),平均水面宽 10.36m (丰水年、平水年相同),从断面流量减少量来看,河道流量的大幅降低,会导致鱼类栖息生境缩减,从而导致鱼类资源量下降,另外从断面流量减少后的平均水深、水面宽和平均流速来看,断面流量减少后的水生生境可维持鱼类最低生存限度并维持一定量的种群规模。整体来看,建库后水文情势变化会导致鱼类资源量下降,但仍可维持少量规模鱼类种群生存。

对比坝下断面下游的法白小河汇口断面以及清水河汇口~清水江河口段水文情势变化情况,由于河道沿程有水流汇入,断面流量的下降情况逐渐缓解,如丰水年清水河汇口断面流量变幅在 -30.59%~10.94%、者莫河汇口断面流量变幅在 -27.82%~9.74%、石葵河汇口断面流量变幅在 -24.82%~8.31%、清水江汇口断面流量变幅在 -8.54%~2.48%,坝下支流的沿程汇入在一定程度上缓解了水文情势变化对鱼类资源的不利影响。

综合来看,从河流生态承载力角度分析,建库后坝下河流流量的减少,会导致坝下河段的鱼类资源量整体有所降低。

(3) 水温变化对鱼类的影响

在清水江流域,鱼类产卵时期一般为 3~7 月份,部分鱼类产卵期延至 8 月。

以典型平水年水温预测成果为例,在单层取水时,在单层取水的时候,3 月~7 月的月均下泄水温与坝址水温差值在 -5.0°C ~ -0.2°C 之间,其中 5 月份水温差值最大,从水温变化程度来讲,若未采取分层取水措施,清水河水利枢纽工程下泄水温对鱼类繁殖会产生不利影响,导致鱼类繁殖期推迟。

在采取分层取水后,较坝址现状水温提高 $1.1\text{--}1.9^{\circ}\text{C}$,水库的下泄水温均不存在低温水现象,不会对鱼类的繁殖或生长发育产生影响。

(4) 饵料生物变化对鱼类的影响

清水河水利枢纽工程蓄水运行后,随着水库生态系统的发育,库区水生生物种

类组成、群落结构也将相应发生演变。建坝后库区内营养物质积累，有机质和无机盐含量增加，有利于饵料生物的生长，鱼类的初级生产力将大幅度提高，给鱼类资源的增殖提供了有利条件。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，浮游植物、动物种类和现存量均会明显增加，水体生物生产力提高；库区水位提高，水深加大，库区深水区的底栖动物种类组成发生变化，多以适宜静水和耐低氧的寡毛类、摇蚊幼虫，虽然现存量会增高，但深水区的底栖动物鱼类利用率低。可见，库区鱼类的饵料生物基础从原江河激流生境的以底栖动物、着生藻类为主，演变为以浮游动物、植物为主，库区饵料生物资源的群落结构，有利于仔幼鱼的育幼和以浮游生物食性的缓流或静水性鱼类的生长、繁衍。

因此，由于库区饵料生物的增加，库区植食性或杂食性的鱼类，如鲤、鲫和外来鱼类鲢、鳙等的数量将有明显增加。坝下河段由于饵料生物的生物量随河流流量的减少有所降低，会导致鱼类资源量有所下降。

（5）对鱼类“三场”的影响

1) 对鱼类产卵场的影响

清水河水利枢纽工程投入运行后，将会造成水库坝址以下河道水量减少。根据现场调查，工程影响水域内的主要鱼类产卵场有 2 处，分别为清水河汇干流汇口区域一处较小的鱼类集中产卵场和石葵河中段鱼类产卵场。

对于清水河汇干流汇口区域的鱼类产卵场，根据水文情势预测结果，清水河汇口断面流量变幅在丰水年、平水年和枯水年分别为-30.59%~10.94%、-39.04%~8.74%和-52.71%~26.27%。丰水年 3~4 月流量增加，其余月份流量减少，6 月减水最大；平水年 2~4 月流量增加，其余月份流量减少，7 月减水最大；枯水年 1~5 月流量增加，其余月份流量减少，8 月减水最大。从清水河汇口断面水文情势变化规律来看，对于产卵场，2~5 月份流量的增加，可一定程度上增大产卵场面积，但 5 月后流量的减少，又会导致产卵场面积减少，同时也会影响后续鱼卵孵化、鱼苗索饵等，所以总体上看，2~5 月份流量增加对该处产卵场会产生有利影响，但 5 月后流量的减少又会对该处产卵场产生不利影响。

对于石葵河中段的鱼类产卵场，石葵河为清水江支流，位于清水河坝址下游约 33km 位置。从空间位置和干支流关系来看，清水河水利枢纽工程投入运行后，虽然干流量有所减少，但不会对支流石葵河产卵场产生影响。

2) 对鱼类索饵场的影响

根据水生现场调查,未发现较为集中的鱼类索饵区域。在清水河水利枢纽工程投入运行后,将会造成坝址以下河道水量减少、水位下降,对可能存在的小片可供鱼类索饵水域会有一定的影响,但影响有限。

成库后库区可成为鱼类重要的育幼场和静缓流鱼类的栖息地和索饵场,水库库湾、库汊水生植物丰富处均可作为良好的鱼类索饵、育幼场所。

3) 对鱼类越冬场的影响

根据水生生态现场调查,清水江鱼类越冬场主要有猫街电站库区、坝达电站库区和猴爬岩电站库区,另外以勒村龙潭、古登寨龙潭等可作为金线鲃、云南盘鮑等洞穴鱼类的越冬场所。清水河水利枢纽工程投入运行后,虽然干流水量有所减少,但由于电站库区水深较深,对猫街电站库区、坝达电站库区和猴爬岩电站库区作为鱼类越冬场所影响不大。对于以勒村龙潭,其位置处于坝址上游,本工程蓄水后,会淹没该区域,会对其有一定的影响,但形成的清水河水利枢纽库区也可作为鱼类良好的越冬场。而古登寨龙潭位于本工程库尾河段以上,不会对其产生影响。

(6) 对珍稀保护鱼类的影响

在所调查区域内,被列入云南省地方重点保护野生动物名录的有1种,即:暗色唇鲮。根据现场调查结果,暗色唇鲮分布于坝达电站库区以下的清水江下游水域,距工程区的距离较远(约50km)。

坝达电站位于石葵河汇口与清水江汇口之间,根据水文情势预测结果,年际变化看,石葵河汇入断面至清水江河口断面的年均流量变化率在-21.49%(枯水年)~-3.67%(丰水年)之间,河流水量有所减少。从河流生态承载力分析,由于本工程的调度运行导致坝达库区以下河段水量减少,从而会导致暗色唇鲮的资源量会有一定的下降,影响较小。

6.7.2 输水线路区

6.7.2.1 泵站对取水水库水生生态的影响

根据输水工程布局情况,天星泵站、红舍克泵站等泵站工程采取了水库取水方式,其中天星泵站是在干龙潭水库右岸建设泵房、引水渠等设施从库区取水,红舍克泵站、康新寨泵站、马鞭稍泵站、笼陶泵站等取水方式是在库岸边设置泵船取水。

在施工期,天星泵站由于需建设引水渠等设施,施工过程中会对涉水的施工周边区域的底质形成扰动,造成水体混浊,对该区域的底栖动物及水生生物均会造成

不利影响，另外施工过程中的噪音也会对鱼类造成影响，但鱼类会主动游离该区域，对鱼类影响不大。红舍克泵站、康新寨泵站等是采用泵船取水，泵船在岸边组装，对泵船所在区域水生生态造成的影响较小。

在运行期，泵站抽水的卷吸作用可能会抽吸鱼卵或是附近活动能力弱的鱼苗、小型鱼类，但经调查库区鱼类主要为人工养殖的经济鱼类草鱼、鲤等和小规格的野杂鱼类，以此判断，泵站抽水对库区鱼类不利影响较小。

6.7.2.2 管桥、倒虹吸施工对穿越河流水生生态影响

根据输水线路工程跨河建筑物布置方式，平老（跨南丘河）、居那革东（跨南丘河）和居那革西（跨以堵冲）三处采用管桥跨河，另外有 29 处穿越小河沟处采用倒虹吸方式跨河。

三处管桥施工不需要修建围堰，其中居那革东管桥有一处桩基位于靠近右岸的河床内，采用在右岸向河床内填筑人工岛，在河床左岸扩挖的方式进行施工导流，从三处管桥施工方式来看，对施工区域内河流产生水生生态影响的主要为革东管桥靠近右岸桩基施工时的填筑人工岛和左岸扩挖行为，影响主要集中在施工期，施工行为会导致附近水体悬浮物上升，破坏河床底质，对施工水域附近的底栖动物、水生生物、水生植物以及沿岸带植物等均会产生影响。施工期结束后，上述不利影响会逐渐消失。

倒虹吸工程施工时需要导流，主要导流方式为分期导流，先后在左（或右）岸填筑围堰、开挖和敷设管道。倒虹吸工程施工时，会占用水域生境，施工行为会导致附近水体悬浮物上升，破坏河床底质，对施工水域附近的底栖动物、水生生物、水生植物以及沿岸带植物等均会产生不利影响。施工期结束后，上述不利影响会逐渐消失。

6.7.2.3 输水对调蓄水库鱼类的影响

7 座调蓄水库由于受人为影响较大，鱼类主要以人工养殖的经济鱼类和一些常见的小型野杂鱼类为主，如：鲤、鲫、草鱼、麦穗鱼、泥鳅等，这些鱼类分布范围广，适应能力强，7 座调蓄水库均没有发现狭域分布的特有鱼类。调水区未发现外来种鱼类，而且输水线路管道较长，鱼类成活率较低，即使在调水过程中有鱼类进入调蓄水库，由于调蓄水库鱼类组成受人为影响较大，所以也不会对调蓄水库鱼类产生影响。

6.8 陆生生态环境影响

6.8.1 对植被的影响

6.8.1.1 对植被面积的影响

(1) 水源区

水源区对植被的影响为水库运行后淹没植被影响，经统计，受淹没影响的植被包括自然植被和人工植被两部分，面积为 466.1hm²，占评价区面积的 2.21%。受淹没影响的自然植被包括暖性石灰岩灌丛、暖温性针叶林和稀树灌木草丛，淹没面积分别为 66.19 hm²、48.74 hm²、7.35 hm²，分别占比 2.12%、1.5%和 0.4%。受淹没影响的人工植被包括水田、旱地和园地，淹没面积分别为 122.97 hm²、171.72 hm²和 0.03 hm²，分别占比 8.27%、1.66%和 0.06%。受淹没植被面积统计见表 6.8-1

总体来讲，受影响面积占整个评价区植被面积的比为 2.21%，水库淹没对陆生植被影响较小。

表 6.8-1 受水库淹没占地类型及面积统计表

植被类型	评价区 面积 (hm ²)	水库淹没区		水库淹没影响区		合计	
		面积(hm ²)	占评价区该 类型面积百 分比(%)	面积 (hm ²)	占评价区该 类型面积百 分比(%)	面积 (hm ²)	占评价区该 类型面积百 分比(%)
半湿润常绿阔叶林	83.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
暖温性针叶林	3245.58	48.74	1.50	0.00	0.00	48.74	1.50
暖性落叶阔叶林	61.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
暖性石灰岩灌丛	3116.32	66.19	2.12	0.00	0.00	66.19	2.12
稀树灌木草丛	1858.82	7.35	0.40	0.00	0.00	7.35	0.40
人工杉木林	10.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
人工桉树林	44.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
园地	57.79	0.03	0.06	0.00	0.00	0.03	0.06
水田	1486.19	122.97	8.27	0.00	0.00	122.97	8.27
旱地	10329.42	171.72	1.66	2.03	0.02	173.76	1.68
水体	307.98	19.39	6.30	0.00	0.00	19.39	6.30
住宅用地	516.53	26.72	5.17	0.96	0.19	27.68	5.36
合计	21117.77	463.13	2.19	2.99	0.01	466.12	2.21

(2) 枢纽区

枢纽工程区对植被的影响为工程施工占地造成枢纽工程区植被面积的减少，

枢纽区工程占地分为永久占地和临时占地，枢纽工程区永久占地面积为 120.49 hm²，临时占地面积为 88.91 hm²。枢纽工程区占地类型及面积统计表详见表 6.8-2。

表 6.8-2 枢纽工程区占地类型及面积统计表

占地属性	植被类型	评价区面积 (hm ²)	枢纽工程区	
			面积(hm ²)	占评价区 该类型面 积百分比 (%)
永久占地	半湿润常绿阔叶林	83.16	0	0
	暖温性针叶林	3245.58	20.91	0.64
	暖性落叶阔叶林	61.72	0	0
	暖性石灰岩灌丛	3116.32	16.55	0.53
	稀树灌木草丛	1858.82	0	0
	人工杉木林	10.2	0	0
	人工桉树林	44.05	0	0
	园地	57.79	0	0
	水田	1486.19	11.36	0.76
	旱地	10329.42	62.48	0.6
	水体	307.98	2.12	0.69
	建筑用地	516.53	7.06	1.37
	小计	21117.77	120.49	0.57
临时占地	半湿润常绿阔叶林	83.16	0	0
	暖温性针叶林	3245.58	6.41	0.2
	暖性落叶阔叶林	61.72	0	0
	暖性石灰岩灌丛	3116.32	30.42	0.98
	稀树灌木草丛	1858.82	0.53	0.03
	人工杉木林	10.2	0	0
	人工桉树林	44.05	0	0
	园地	57.79	0.05	0.08
	水田	1486.19	0	0
	旱地	10329.42	50.37	0.49
	水体	307.98	0	0
	建筑用地	516.53	1.13	0.22
	小计	21117.77	88.91	0.42
合计	209.4		0.99	

由表 6.8-2 可知，永久占地中，主要占地类型为旱地，面积为 62.48hm²，占比 0.6%、暖温性针叶林次之，面积为 20.91hm²，占比为 0.64%，其余占地植被按面

积大小依次为暖性石灰岩灌丛、水田、建筑用地和少量水体，面积分别为 16.55 hm^2 、 11.36 hm^2 、 7.06 hm^2 和 2.12 hm^2 ，分别占比 0.53%、0.76%、1.37%和 0.69%。

临时占地中，占用旱地面积最大，为 50.37 hm^2 ，占比 0.49%，其次为暖性石灰岩灌丛，面积为 30.42 hm^2 ，占比 0.98%，其余植被按面积大小依次为暖温性针叶林、建筑用地、稀树灌木草丛和园地，面积分别为 6.41 hm^2 、 1.13 hm^2 、 0.53 hm^2 和 0.05 hm^2 ，分别占比 0.2%、0.22%、0.03%和 0.08%。

总体说来，枢纽区建设征地影响植被面积相对较小，占整个评价区植被面积的 0.99%，且影响到的植被类型都是评价区广泛分布的类型，工程施工占地对植被的影响以临时占地为主。临时占地影响的植被在施工结束后可以通过人工措施进行植被恢复，因此，除征地损失外，工程建设征地不会对评价区植被类型造成明显影响。

(3) 输水管线区

输水管线区对植被的影响为输水管线施工占地造成植被面积的减少，输水管线区工程占地分为永久占地和临时占地，永久占地面积为 136.38 hm^2 ，临时占地面积为 461.68 hm^2 。输水管线区占地类型及面积统计表详见表 6.8-3。

由表 6.8-3 可知，永久占地中，主要占地类型为旱地，面积为 72.71 hm^2 ，占比 0.7%、暖温性针叶林次之，面积为 44.49 hm^2 ，占比为 1.37%，其余占地植被按面积大小依次为暖性石灰岩灌丛、水田、稀树灌木草丛、园地和建筑用地，面积分别为 8.75 hm^2 、 6.56 hm^2 、 2.7 hm^2 、 0.86 hm^2 和 0.31 hm^2 ，分别占比 0.28%、0.44%、0.15%、1.5%和 0.06%。

临时占地中，占用旱地面积最大，为 315.73 hm^2 ，占比 3.06%，其次为暖温性针叶林，面积为 68.83 hm^2 ，占比 2.12%，其余植被按面积大小依次为水田、园地、暖性石灰岩灌丛、稀树草本灌丛和建筑用地，面积分别为 45.42 hm^2 、 12.13 hm^2 、 10.42 hm^2 、 7.31 hm^2 和 1.84 hm^2 ，分别占比 3.06%、20.99%、0.33%、0.39%和 0.36%。

总体说来，输水管线建设征地影响植被面积相对较小，占整个评价区植被面积的 2.83%，且影响到的植被类型都是评价区广泛分布的类型，施工占地对植被的影响以临时占地为主。临时占地影响的植被在施工结束后可以通过人工措施进行植被恢复，因此，除征地损失外，建设征地不会对评价区植被类型造成明显影响。

表 6.8-3 输水管线区占地类型及面积统计表

占地属性	植被类型	评价区面积(hm ²)	输水管线区	
			面积(hm ²)	占评价区该类型面积百分比(%)
永久占地	半湿润常绿阔叶林	83.16	0	0
	暖温性针叶林	3245.58	44.49	1.37
	暖性落叶阔叶林	61.72	0	0
	暖性石灰岩灌丛	3116.32	8.75	0.28
	稀树灌木草丛	1858.82	2.7	0.15
	人工杉木林	10.2	0	0
	人工桉树林	44.05	0	0
	园地	57.79	0.86	1.5
	水田	1486.19	6.56	0.44
	旱地	10329.42	72.71	0.7
	水体	307.98	0	0
	建筑用地	516.53	0.31	0.06
	小计	21117.77	136.38	0.65
临时占地	半湿润常绿阔叶林	83.16	0	0
	暖温性针叶林	3245.58	68.83	2.12
	暖性落叶阔叶林	61.72	0	0
	暖性石灰岩灌丛	3116.32	10.42	0.33
	稀树灌木草丛	1858.82	7.31	0.39
	人工杉木林	10.2	0	0
	人工桉树林	44.05	0	0
	园地	57.79	12.13	20.99
	水田	1486.19	45.42	3.06
	旱地	10329.42	315.73	3.06
	水体	307.98	0	0
	建筑用地	516.53	1.84	0.36
	小计	21117.77	461.68	2.19
合计			209.4	0.99

6.8.1.2 对植被生产量的影响

(1) 施工期

施工期对植被生产力的影响分为永久占地和临时占地对植被生产力的影响，施工期总占地导致植被面积减少为 807.46hm²，造成植被生产量损失为 5662.53t/a，占评价区总生产量的 3.94%。其中永久占地导致植被面积减少 256.87 hm²，生产量损失为 1859.56 t/a，占评价区总生产量的 1.29%，从面积减少数量来看，永久占地中旱地面积减少最大，减少面积为 135.2 hm²，生产量损失为 675.98 t/a，占评价区

总生产量的 1.31%，从占评价区总生产量损失比例来看，暖温性针叶林损失最大，损失量占评价区总生产量的 2.01%。

临时占地导致植被面积减少 550.59 hm²，生产量损失 3802.96 t/a，占评价区总生产量的 2.65%。从植被面积减少数量来看，旱地仍是减少数量最大，减少面积为 366.10 hm²，生产量损失为 1830.49 t/a，占评价区总生产量的 3.54%。从占评价区总生产量损失比例来看，园地损失最大，损失量占评价区总生产量的 21.06%。

植被生产力损失主要是永久占地导致植被面积减少造成，但从生产量比例来看，永久占地导致的损失量不大。临时占地造成生产量的损失在工程实施完成后通过有效植被恢复手段会得到恢复，在一定程度上可以弥补临时占用造成的生产量损失。植被生产量损失详见表 6.8-4。

（2）运行期

水库淹没区各植被类型的生产量见表 6.8-4，淹没区的总生产量损失为 4330.26 t/a，占评价区总生产量的 3.01%。

从生产量损失大小来看，从大到小依次为水田、旱地、暖温性针叶林、暖性石灰岩灌丛、水体、建筑用地、稀树灌木草丛和园地，损失量分别为 2459.40 t/a、868.79 t/a、487.39 t/a、330.97 t/a、77.57 t/a、69.21 t/a、36.76 t/a 和 0.17 t/a。

从占评价区总生产量的损失比例来看，从大到小依次为水田、水体、建筑用地、暖性石灰岩灌丛、旱地、暖温叶性针叶林、稀树灌木草丛和园地，占比大小分别为 8.27%、6.30%、5.36%、2.12%、1.68%、1.5%、0.4%和 0.06%。

总体而言，水库淹没导致评价区总生产量损失为 3.01%，占比不大，工程对评价区内自然体系的影响是可以承受的。

表 6.8-4 施工期生物生产量损失统计表

类型	单位面积 生产力 t/hm ² ·a	评价区		永久占地			临时占地			总占地		
		面积 hm ²	生产量 t/a	面积 hm ²	生产量 t/a	占评价区总 生产量%	面积 hm ²	生产量 t/a	占评价区总 生产量%	面积 hm ²	生产量 t/a	占评价区 总生产量%
半湿润常绿 阔叶林	12	83.16	997.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
暖温性针叶林	10	3245.58	32455.8	65.40	653.96	2.01	75.24	752.36	2.32	140.63	1406.32	4.33
暖性落叶阔叶林	9	61.72	555.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
暖性石灰岩灌丛	5	3116.32	15581.6	25.30	126.50	0.81	40.85	204.23	1.31	66.15	330.73	2.12
稀树灌木草丛	5	1858.82	9294.1	2.70	13.48	0.15	7.85	39.23	0.42	10.54	52.71	0.57
人工杉木林	11	10.2	112.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
人工桉树林	12	44.05	528.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
园地	5	57.79	288.95	0.86	4.32	1.50	12.17	60.86	21.06	13.04	65.19	22.56
水田	20	1486.19	29723.8	17.92	358.39	1.21	45.42	908.35	3.06	63.34	1266.73	4.26
旱地	5	10329.42	51647.1	135.20	675.98	1.31	366.10	1830.49	3.54	501.29	2506.47	4.85
水体	4	307.98	1231.92	2.12	8.49	0.69	0.00	0.00	0.00	2.12	8.49	0.69
建筑用地	2.5	516.53	1291.33	7.37	18.44	1.43	2.98	7.44	0.58	10.35	25.88	2.00
合计	——	21117.76	143708.8	256.87	1859.56	1.29	550.59	3802.96	2.65	807.46	5662.53	3.94

表 6.8-5 水库淹没区各植被类型生产量统计表

类型	单位面积 生产力 (t/hm ² ·a)	评价区		淹没区			淹没影响区			合计		
		面积 (hm ²)	生产量 (t/a)	面积 (hm ²)	生产量 (t/a)	占评价区 总生产量 (%)	面积 (hm ²)	生产量 (t/a)	占评价区 总生产量 (%)	面积 (hm ²)	生产量 (t/a)	占评价区 总生产量 (%)
半湿润常 绿阔叶林	12	83.16	997.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
暖温性 针叶林	10	3245.58	32455.8	48.74	487.39	1.50	0.00	0.00	0.00	48.74	487.39	1.50
暖性落叶 阔叶林	9	61.72	555.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
暖性石灰 岩灌丛	5	3116.32	15581.6	66.19	330.97	2.12	0.00	0.00	0.00	66.19	330.97	2.12
稀树灌木 草丛	5	1858.82	9294.1	7.35	36.76	0.40	0.00	0.00	0.00	7.35	36.76	0.40
人工杉木 林	11	10.2	112.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
人工桉树 林	12	44.05	528.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
园地	5	57.79	288.95	0.03	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.17	0.06
水田	20	1486.19	29723.8	122.97	2459.40	8.27	0.00	0.00	0.00	122.97	2459.40	8.27
旱地	5	10329.42	51647.1	171.72	858.62	1.66	2.03	10.17	0.02	173.76	868.79	1.68
水体	4	307.98	1231.92	19.39	77.57	6.30	0.00	0.00	0.00	19.39	77.57	6.30
建筑用地	2.5	516.53	1291.33	26.72	66.81	5.17	0.96	2.40	0.19	27.68	69.21	5.36
合计	——	21117.76	143708. 8	463.13	4317.69	3.00	2.99	12.57	0.01	466.12	4330.26	3.01

6.8.2 对植物的影响

(1) 对植物资源的影响

工程建设过程中，枢纽施工区及输水线路施工场地、渣场、料场等地的现有植被将遭受破坏，但这种减少不致使区域植物物种的灭绝，只是使某些物种的种群数量减少且受施工影响的植物均为该区域广泛分布的种类，工程施工对区域植物资源不会产生明显的影响。

水库建成蓄水后，库区的植被和其中的植物将全部被淹没，但淹没区内的植被主要为暖性石灰岩灌丛和水田，均为该区域常见种类，所以水库淹没不会导致区域物种的灭绝和种群数量的明显减少，水库蓄水将使库周地区的水分条件得到改善，有利于库周地区植被的恢复和植物的生长。

(2) 对国家 II 级重点保护植物的影响

经调查，评价区内发现国家 II 级重点保护植物野生榉树共计 32 株，主要集中分布在水库库区以勒村小组、兴隆村小组、白沙湾村小组，以及枢纽区平老村小组和普底村拉脚村小组附近的村子附近的林中或林缘，且多为散生大树。其中分布于水库库区以勒村小组、兴隆村小组、白沙湾村小组的共计 25 株榉树将因为水库建设形成的水体所淹没，蓄水前需采取迁地保护措施。工程对国家重点保护野生植物影响情况见

表 6.8-6。

表 6.8-6 工程对国家重点保护野生植物影响情况表

序号	物种	位置	经纬度坐标	海拔	与工程关系	影响方式
1	榉树	平老村	104.384655E, 23.906427N	1360	工程枢纽区	物料运输造成影响
2		平老村	104.384624E, 23.906306N	1360		
3		平老村	104.384625E, 23.906488N	1365		
4		拉脚村	104.401306E, 23.902558N	1380		
5		拉脚村	104.401275E, 23.902533N	1380		
6		拉脚村	104.399836E, 23.903254N	1380		
7		拉脚村	104.399316E, 23.902832N	1385		
8	榉树	兴隆村	104.365112E, 23.872493N	1385	水库淹没区	被淹没
9		兴隆村	104.365267E, 23.872650N	1385		
10		兴隆村	104.365099E, 23.872157N	1380		
11		兴隆村	104.365828E, 23.871205N	1385		
12		兴隆村	104.364581E, 23.871107N	1385		
13		白沙湾村	104.361232E, 23.864321N	1378		

序号	物种	位置	经纬度坐标	海拔	与工程关系	影响方式
14		以勒村	104.357328E, 23.896618 N	1385		
15		以勒村	104.357468E, 23.896765 N	1385		
16		以勒村	104.357795E, 23.896991 N	1385		
17		以勒村	104.358263E, 23.897011 N	1385		
18		以勒村	104.358680E, 23.897114 N	1385		
19		以勒村	104.356712E, 23.987928N	1390		
20		以勒村	104.356760E, 23.987854N	1390		
21		以勒村	104.356690E, 23.988212N	1390		
22		以勒村	104.354394E, 23.895500E	1390		
23		以勒村	104.354351E, 23.895598E	1390		
24		以勒村	104.354378E, 23.896010E	1390		
25		以勒村	104.354126E, 23.896275E	1390		
26		以勒村	104.354153E, 23.896506E	1390		
27		以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		
28		以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		
29		以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		
30		以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		
31		以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		
32		以勒村	104.354319E, 23.895701E	1390		

(3) 对古树名木的影响

计调查发现在兴隆村、古登寨村及以勒村有 10 株大树分布，均为漆树科黄连木属(*Pistacia*)黄连木(*Pistacia chinensis* Bunge)。其中 8 株古树位于正常蓄水位以下，将会被工程建设后形成的水库所淹没，工程对古树名木影响见表 6.7-7。

表 6.8-7 工程对古树名木影响情况表

序号	物种	位置	经纬度坐标	海拔	与工程关系	影响方式
1	黄连木	兴隆村	104.364812E, 23.870945N	1375	水库淹没区	直接影响
2	黄连木	兴隆村	104.364823E, 23.871086N	1375		
3	黄连木	兴隆村	104.365531E, 23.871139N	1380		
4	黄连木	兴隆村	104.365756E, 23.871284E	1380		
5	黄连木	白沙湾村	104.361232E, 23.864321N	1378		
6	黄连木	古登寨村	104.357493E, 23.896656 N	1385		
7	黄连木	以勒村	104.355413E, 23.894978E	1390		
8	黄连木	以勒村	104.354805E, 23.894899E	1391		

6.8.3 对动物的影响

(1) 施工期影响

施工活动将导致部分动物生境改变，由于占地、开挖、搭建和施工人员活动等

干扰因素以及植被的破坏或噪音的干扰等，这些变化将影响此范围内的陆生动物的迁移途径、栖息区域、觅食范围等，从而对动物的分布和活动产生一定的影响，使原来较大面积范围内的连续生境逐渐被分成多个小生境，甚至会引起生境的局部丧失。

对不同动物种类而言，直接影响在于生境的改变和与干扰，因此动物更多的表现为直接逃离干扰源，而进入临近安全或干扰较小的生境中，鸟类和哺乳动物活动能力较强，施工期间，会在施工期区有明显的种类减少和种群数量下降现象，而在分布区的临近相似生境中，会出现动物种类增加和种群数量增多的现象，相比而言两栖爬行动物运动能力相对较弱，项目施工的直接干扰，该类动物种类和数量在施工区会出现逐渐的减少。

总体来看，施工期由于干扰的加剧、生境的丧失等原因，对适应人为干扰能力较弱的湿地和灌草丛中适应人为干扰能力较弱的物种相对影响较大，同时施工会引起分布于直接施工区的昼行性鸟类和兽类明显下降或消失现象的发生，相比而言，夜行性的两栖爬行动物受到影响相对较小。

(2) 水库淹没影响

水库蓄水后库区范围水位的上涨，导致部分动物生境改变，如原来适宜两栖类生存的浅水环境和近水的灌丛、林地大部分被淹没或征占，迫使生活于此的两栖类被迫转移到新的生境；使部分鸟类丧失栖息、觅食环境；淹没部分兽类洞穴等。鸟类和兽类迁徙能力较强，活动范围较广泛，可以通过寻找替代生境避免灾害，水库蓄水并不会造成这些动物的生活环境完全丧失，因此水库蓄水对他们影响较小，两栖类和爬行类迁移能力较弱，水库蓄水可能导致部分两栖类和爬行类的分布区向周围转移，部分种类的种群数量可能会有所下降。

(3) 重点保护野生动物的影响

评价区发现国家Ⅱ级重点保护野生动物有6种，分别为(黑) 鸢(*Milvus migrans govinda* Sykes) 和普通鵟(*Buteo buteo japonicus*)、黑翅鸢(*Elanus caeruleus*)、雀鹰(*Accipiter nisus*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、红隼(*Falco tinnunculus*)。工程的施工和运营会带来一定程度的生态环境的扰动和生境的占用，从而对这些重点保护野生动物产生一定的影响。但评价区并不是它们的主要分布区域，工程建设区仅是它们觅食区域的一个部分，因这些动物都具有较强的活动能力，调查区域内的其它森林及灌草丛环境大多可成为这些鸟类的替代生境。工程对重点野生动物影响见

表 6.8-8。

表 6.8-8 工程对国家 II 级重点野生动物影响情况表

中文名 拉丁名	区系 类型	数量 级	保护级别	分布区域	动物影响	
					施工影响	运营期
1. 黑翅鸢 <i>Elanuscaeruleus</i>	广布种	+	国家 II 级	活动范围 较大, 在 清水河流 域及水库 淹没区两 岸山林	施工噪声、扬 尘、废气、灯 光等对施工区 周围环境产生 干扰, 从而影 响鸟类的栖 息, 但这些鸟 类都为猛禽, 其性甚机警, 善于飞翔, 在 环境受到干扰 时会迅速迁移 到其他相同或 相似生境中, 工程对其影响 较小。	水库蓄水使 栖息地受到 一定面积的 损失, 善于 飞翔, 容易 找到其它适 宜栖息的生 境, 也更容易 找到食物, 因而对 其影响甚 小。
2.(黑) 鸢 <i>Milvus migrans govinda</i>	广布种	+	国家 II 级			
3. 普通鵟 <i>Buteo buteo japonicus</i>	古北种	+	国家 II 级			
4. 雀鹰 <i>Accipiter nisus</i>	广布种	+	国家 II 级			
5. 松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	广布种	+	国家 II 级			
6. 红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	广布种	+	国家 II 级			

6.8.4 对景观生态的影响

水库蓄水前后各类缀块密度、频率、景观比例和优势度值计算结果见表 6.8-9。由表 6.8-9 可以看出, 评价区陆生植被未发生显著的变化, 仍可以维持现状, 保证生态系统功能的延续和对外界干扰的抵御。与各类缀块优势度现状相比, 从景观要素的基本构成上看, 未出现本质的变化, 项目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。

淹没前后各植被/土地利用类型的优势度值排序没有变化, 旱地、暖温性针叶林、暖性石灰岩灌丛和稀树灌木草丛仍是优势度较高的类型。因此, 水库蓄水后, 各类景观缀块类型的优势度变化都不显著, 表明工程施工和运行对自然体系的景观组成没有重大影响。

表 6.8-9 工程建设前后各类缀块密度、频率、景观比例和优势度值统计表

景观类型	工程建设前				工程建设后				建设前后变化			
	Rd	Rf	Lp	Do	Rd	Rf	Lp	Do	Rd	Rf	Lp	Do
半湿润常绿阔叶林	0.4	3.97	0.39	1.29	0.4	3.97	0.39	1.29	0	0	0	0
暖温性针叶林	25.07	67.46	15.37	30.82	25.33	63.49	15.13	29.77	-0.26	3.97	0.24	1.05
暖性落叶阔叶林	0.2	1.98	0.29	0.69	0.2	1.98	0.29	0.69	0	0	0	0
暖性石灰岩灌丛	13.4	55.56	14.76	24.62	13.69	51.59	14.44	23.54	-0.29	3.97	0.32	1.08
稀树灌木草丛	9.89	57.94	8.8	21.36	9.96	53.17	8.77	20.17	-0.07	4.77	0.03	1.19
人工杉木林	0.32	1.98	0.05	0.6	0.32	1.98	0.05	0.6	0	0	0	0
人工桉树林	0.63	1.98	0.21	0.76	0.64	1.98	0.21	0.76	-0.01	0	0	0
园地	1.7	14.29	0.27	4.13	1.45	12.7	0.27	3.67	0.25	1.59	0	0.46
水田	5.69	30.95	7.04	12.68	5.5	27.78	6.45	11.55	0.19	3.17	0.59	1.13
旱地	37.41	85.32	48.91	55.14	36.97	78.57	48.09	52.93	0.44	6.75	0.82	2.21
水体	2.45	25.79	1.46	7.79	2.49	35.71	3.78	11.44	-0.04	-9.92	-2.32	-3.65
建筑用地	2.85	23.81	2.45	7.89	3.05	24.21	2.48	8.06	-0.2	-0.4	-0.03	-0.17

6.9 工程施工期环境影响

6.9.1 对地表水环境影响

施工期施工废污水排放可能对地表水环境产生影响。施工废污水包括生产废水、隧洞排水、基坑排水、生活污水等，其中，生产废水主要有砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统冲洗废水、修配系统含油废水等；隧洞排水包括隧洞施工过程中的施工废水和地下渗水；生活污水主要为施工生活区施工人员日常生活产生的污水。

(1) 生产废水

① 砂石料加工系统废水

本工程在枢纽施工区布置了一个砂石料加工系统，废水高峰产生量为 $85\text{m}^3/\text{h}$ ，总废水量约 54.8万 m^3 ，废水主要污染物为 SS，浓度一般在 $30000\sim 50000\text{mg/L}$ 。

从砂石料加工系统布置位置与水环境功能要求来看，工程影响区受纳水体地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即 $\text{SS}\leq 70\text{mg/L}$ ，满足此排放标准的废水完全可以回用，因此，砂石料加工系统废水拟处理后全部回用，既可减少施工用新水量，又可避免施工废水排放对河道水质的影响。

② 凝土拌和系统冲洗废水

本工程配置 1 座混凝土拌和楼。混凝土搅拌机一般是每班末冲洗一次，本工程混凝土搅拌拌和系统每次冲洗废水约为 0.8m^3 ，系统生产采用三班制，则每台搅拌机废水产生量为 $2.4\text{m}^3/\text{d}$ 。废水中主要含悬浮物，pH 值也较高，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 值在 11 左右。

工程影响区受纳水体地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即 $\text{SS}\leq 70\text{mg/L}$ ，满足此排放标准的废水完全可以回用。因此，混凝土拌和系统废水拟处理后全部回用于系统自身。

③ 修配系统含油废水

工程设置 1 处机械综合保修厂，负责工区小型机修汽修及车辆冲洗等。修配系统废水产生量少，一般情况下，石油类浓度约 $10\sim 30\text{mg/L}$ ，COD 约 $25\sim 200\text{mg/L}$ ，SS 约 $500\sim 4000\text{mg/L}$ ，废水拟处理后全部回用于车辆冲洗。

④ 隧洞施工废水

隧洞排水区附近地表水功能区与混凝土拌和系统、修配系统一致，隧洞排水拟处理后优先用于施工区道路降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水土保持措施用水等，不外排。

⑤ 基坑排水

根据施工组织设计，本工程主坝工程存在初期基坑排水。初期排水经抽水井抽提后，经排水沟静置后排至附近河流。初期排水水质与河流水质基本相同，不会增加对河流水质的污染。

根据已建工程监测资料，经常性基坑排含混凝土浇筑和养护形成的碱性水，pH 值在 11 左右，主要污染物为悬浮物，浓度约 2000mg/L。经常性基坑排水拟处理后用于施工区道路降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水土保持措施用水等，不外排。

(2) 生活污水

本工程布置 1 处施工生活区。施工期生活污水排放总量为 21.02 万 m³，高峰日产生量为 180m³/d。生活污水中污染物主要为 BOD₅、COD、SS 等，其中 BOD₅ 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。

结合施工布置与周围水体水环境功能要求，工程影响区受纳水体地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准，即 SS≤70mg/L、BOD₅≤20mg/L、COD≤100mg/L，满足此排放标准的废水完全可以用于浇灌附近林地和耕地或作为水土保持措施用水等，因此生活污水拟处理后浇灌附近林地和耕地或作为水土保持措施用水等。

总体来看，施工生产废水、生活污水均处理后回用和综合利用，不外排，对地表水环境基本没有影响。

6.9.2 对声环境影响

6.9.2.1 敏感目标

根据施工总布置，本次声环境影响评价的敏感目标为交通沿线居民点平老村、水塘村、天星村，砂石料加工系统附近及场内交通沿线居民点扭克村。各敏感目标位置详见表 6.9-1。

表 6.9-1 敏感目标与噪声源距离一览表

序号	敏感目标	噪声源	与噪声源距离 (m)
1	平老村	右岸对外连接路交通噪声	11
2	石板房水塘村	输水工程珠琳方向临时交通路交通噪声	30
3	天星村	输水工程丘北方向临时交通路交通噪声	25
4	扭克村	8#临时路交通噪声	16
		砂石料加工系统噪声	300

注：与交通噪声源的距离为敏感目标与道路中心线的距离。

6.9.2.2 噪声源强

固定噪声源情况详见 3.3.6 节，各道路设计参数详见表 2.7-1 表 2.7-2，其中本工程车型全部按照大型车进行预测

本工程爆破只在白天进行，爆破噪声属偶发噪声，具有瞬时性和突发性，对坝址及料场居民日常生活的影响是短暂、瞬时的；夜间不进行爆破作业，因此不对其夜间偶发噪声进行影响预测。

6.9.2.3 预测模式

(1) 交通噪声影响预测

噪声预测采用《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009)推荐的公路交通运输噪声预测基本模式：

●i 型车辆行驶于昼间或夜间，预测点接受到的小时交通噪声值

$$(LAeq)_i = L_{0i} + 10 \lg \left(\frac{N_i}{v_i T} \right) + \Delta L_{\text{距离}} + \Delta L_{\text{地面}} + \Delta L_{\text{障碍物}} - 16$$

式中：

$(LAeq)_i$ —i 车型，通常分为大、中、小三种车型，施工期公路主要增加的车辆为大型车辆，车辆的小时等效声级，dB(A)；

L_{0i} —该车型车辆在参照点(7.5m 处)的平均辐射噪声级，dB(A)；

N_i —该车型车辆的小时车流量，辆/h；

v_i —该车型车辆的平均行驶速度，km/h；

T —计算等效声级的时间，取 1h；

$\Delta L_{\text{距离}}$ —距噪声等效行车线距离为 r 的预测点处的距离衰减量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{障碍物}}$ —噪声传播途中障碍物的障碍衰减量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{地面}}$ —地面吸收引起的交通噪声衰减量，dB(A)。

- 各型车辆昼间或夜间使预测点接受到的交通噪声值

$$(L_{Aeq})_{交} = 10 \lg [100.1 (L_{Aeq})_{大} + 100.1 (L_{Aeq})_{中} + 100.1 (L_{Aeq})_{小}] + \Delta L_1$$

式中：

$(L_{Aeq})_{交}$ —— 公路交通噪声小时等效声级，dB(A)；

ΔL_1 —— 公路弯曲或有限长路段引起的交通噪声修正量，dB(A)。

- 环境噪声级计算

$$L_{Aeq环} = 10 \lg [100.1 L_{Aeq交} + 100.1 L_{Aeq背}]$$

(2) 施工活动噪声

根据《环境影响评价技术导则声环境》(HJ/T2.4-2009)，固定点源噪声预测采用以下公式：

$$LA(r) = LA(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中：LA(r) — 距声源 r (m) 处的 A 声级，dB；

LA(r₀) — 测点 r₀ 处的 A 声级，dB；

r — 测点与声源的距离，m。

(3) 噪声综合预测

用声能迭加求出预测点的噪声级：

式中：L_总 —— 预测声级，dB(A)；

Li —— 各迭加声级，dB(A)；

n —— n 个声压级。

6.9.2.4 交通噪声预测

本工程施工期间交通道路对附近声环境敏感目标影响较大主要为 8#临时公路、输水工程珠琳方向、输水工程丘北方向临时公路及坝址右岸对外连接交通公路，公路车速按昼间 30km/h，夜间 20km/h 计算。声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中声环境功能区 2 类标准，其相应的环境噪声限值，即昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)。由于在高峰期，坝区、厂区施工区可能昼夜施工，因此昼夜均会产生交通噪声。根据施工总布置，并叠加背景值，交通噪声对各敏感点的噪声预测值见表 6.9-2。

表 6.9-2 声环境敏感点的叠加影响分析表

敏感点	噪声源	噪声贡献值 dB (A)		背景噪声 dB (A)		噪声叠加 dB (A)		达标、超标情况 dB (A)	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
平老村	对外交通	62.29	52.29	51.80	42.80	62.67	52.76	超标 2.67	超标 2.76
水塘村	临时交通	56.30	45.76	53.10	43.70	58.00	47.86	达标	达标
天星村	临时交通	57.49	46.95	54.70	46.20	58.30	49.01	达标	达标
扭克村	临时交通	55.08	49.85	50.60	44.80	56.41	51.03	达标	超标 1.03

交通流动噪声影响对象为沿途居民, 根据预测, 平老村临近进场道路的居民点受施工期交通运输噪声影响, 昼、夜间声环境叠加值分别超标 2.67、2.76dB (A); 扭克村临近 8#临时公路的一户居民受施工期交通运输噪声影响, 夜间声环境预测叠加值超标 1.03 dB (A)。

6.9.2.5 砂石料加工系统噪声预测

根据工程施工总布置, 砂石料加工系统附近分布有扭克村, 经分析, 在仅考虑几何发散衰减情况下, 砂石加工系统噪声影响预测结果详见表 6.9-3。

表 6.9-3 砂石加工系统噪声影响范围预测结果 单位: dB (A)

声源	源强	距声源不同距离的噪声预测值							
		10m	50m	90m	100m	200m	300m	400m	500m
砂石料加工系统	110	90	76.02	70.92	70	63.98	60.46	57.96	56.02

根据施工总布置, 砂石料加工系统附近主要的声环境敏感目标为扭克村, 最近距离约 300m, 且砂石料加工系统与扭克村中间有 30m 高的地势阻隔, 因此, 砂石料加工系统噪声不会对扭克村居民正常生活产生影响。

6.9.3 对环境空气影响

6.9.3.1 敏感目标

根据施工总布置, 本工程的环境空气敏感目标为交通沿线居民点平老村、水塘村、天星村, 砂石料加工系统附近及场内交通沿线居民点扭克村, 混凝土拌和系统

附近居民点有平老村。各敏感目标位置详见表 6.9-4。

表 6.9-4 敏感目标与大气污染源距离一览表

序号	敏感目标	大气污染源	与大气污染源距离 (m)
1	丘北县平老村	右岸对外连接路运输/混凝土拌和系统生产	11/60
2	石板房水塘村	输水工程珠琳方向临时交通运输	30
3	天星乡天星村	输水工程丘北方向临时交通运输	25
4	丘北县扭克村	8#临时路交通运输	16
5	丘北县扭克村	砂石料加工系统生产	300

6.9.3.2 影响预测

根据工程区环境空气质量现状监测结果分析，目前工程区环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。工程建设对大气环境的影响主要在施工期，施工期大气污染物主要来自砂石料加工系统、混凝土拌和系统、开挖与爆破等产生的粉尘和交通扬尘，主要污染物为 TSP 等。工程区大气环境敏感点中，施工道路沿线、枢纽工程施工区附近平老村少量居民点受影响较为严重。

（1）砂石加工、混凝土生产粉尘

砂石加工系统在粗碎、筛分、中碎、细碎、制砂、运输等过程中均会产生粉尘。本工程设置一套砂石加工系统，砂石料加工系统粉尘粒径较大，易于沉降，污染范围有限。砂石加工系统距其最近的居民点距离为扭克村，距离约 300m，且砂石料加工系统与扭克村中间有 30m 高的地势阻隔，影响有限。系统粉尘主要对现场工作人员产生影响，为降低系统粉尘对现场工作人员的影响，系统应安装除尘设备，并辅以洒水降尘，以降低现场粉尘。

混凝土拌和系统粉尘产生在水泥、粉煤灰、骨料的运输、装卸及进料过程中。本工程在大坝下游左岸布置区，布置 1 座混凝土生产系统配以小型移动式搅拌机，混凝土生产系统与最近居民点距离 60m，影响较小。系统粉尘主要对现场工作人员产生影响。为降低系统粉尘对现场工作人员的影响，混凝土生产系统在袋装水泥（粉煤灰）仓库和贮罐顶部装设有脉冲袋式除尘器作为除尘设备，并辅以洒水降尘，以降低现场粉尘。

（2）交通运输扬尘

在道路局部地段积尘较多的地方，载重车辆经过时会掀起扬尘。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 10~70m、高 4~5m 的空间内,3min 后较大颗粒即沉降至地面,微细颗粒(所占比重较小)在空中停留时间较长。根据泸定水电站施工期 TSP 实测资料,未采取有效降尘措施时,施工道路两侧日均值 TSP 可达 0.3~0.6mg/m³,超过《环境空气质量标准》(GB3095-1996)二级标准。

根据对施工期交通道路与敏感保护目标的位置关系分析,交通公路沿途分布四个居民点,在交通扬尘影响范围内,TSP 通常超过《环境空气质量标准》(GB3095-1996)二级标准,最大超标 0.3mg/m³,道路交通运输产生的扬尘将对这些敏感点产生较大影响,应采取降尘措施。

6.9.4 固体废弃物影响

(1) 弃渣影响

工程共设 16 处弃渣场,弃渣总量约 552.83 万 m³,弃渣将按设计要求堆放于指定的渣场。

弃渣对环境的影响主要表现为对景观的影响和新增水土流失。各渣场将按照水土保持要求采取相应的工程措施和植物措施,经采取措施后,弃渣对景观基本上没有大的影响,也不会产生大的水土流失问题。

(2) 生活垃圾影响

施工期,施工生活区共产生垃圾 3611t,生活垃圾高峰日产量约为 2.5t。

生活垃圾成分较为复杂,一般分有机垃圾和无机垃圾两类。无机垃圾包括各类炉渣、煤灰和建筑废弃物等,如不及时处理,则破坏景观,污染空气、土壤和水。有机垃圾包括厨房废弃物、果皮等,这类垃圾含有大量的有机物质,容易腐烂,特别在高温季节,乱堆乱放的生活垃圾为蚊子、苍蝇及鼠类的孳生提供了良好的场所,有的还可能含有某种病原菌,加大了疾病的传播机率,故其危害较大。因此,对生活垃圾应进行妥善处置。

(3) 危险废物

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。

工程施工期,车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自

动变速器油、齿轮油等废润滑油为《国家危险废物名录》(环境保护部令 第 39 号)规定的危险废物。废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废油若处理不当,渗入地面会对土壤造成污染,进入水体会对水体造成污染。建设单位应按照有关法律法规要求妥善收集、贮存、运输、处置项目产生的危险废物,避免对周围环境或者人体健康造成有害影响。

6.9.5 土壤环境影响

6.9.5.1 施工期影响

施工期对土壤环境的影响主要表现在两方面,一是施工期工程开挖、剥离表土,引起表层土壤破坏和土地物质的移动、流失。本工程石料场、永久建筑物占地等剥离表土 1.2 万 m^3 ,直接导致这些区域表土丧失,而表土经过运输、机械翻动、堆存,土壤的结构、孔隙率等均发生变化。但根据水利水电工程经验,施工期产生的临时表土仍可用于绿化覆土,采取土地平整、沟槽改造及撒播草种等复垦措施后还可用于农业生产。二是施工期生产物料流失、生产生活污水处理设施渗漏、机械设备跑冒漏滴等导致 pH、COD、氨氮、总磷、石油类进入土壤表层,主要发生在施工生产生活区局部,通过场地硬化、加强施工物料的防流失和污水处理池防渗,以及机械设备的检修和正确使用,上述因施工生产导致的浅层地表土壤污染可以得到减免。

6.9.5.2 运行期影响

运行期水库蓄水后可能造成周边土壤的盐化现象,对水库蓄水可能引起的盐化影响采用《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ1964-2018)中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

(1) 土壤盐化综合评价法

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ1964-2018),采用以下公式计算土壤盐化综合评分值(Sa),具体如下:

$$Sa = \sum_{i=1}^n Wx_i \times Ix_i$$

n 表示影响因素指标数目;

Ix_i 表示影响因素 i 指标评分；

Wx_i 表示影响因素 i 指标权重。

(2) 土壤盐化影响因素赋值

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018），土壤盐化影响因素赋值情况见表 6.9-5。

表 6.9-5 土壤盐化因素赋值表

影响因素	分值				权重
	0 分	2 分	4 分	6 分	
地下水位埋深（GWD）/(m)	$GWD \geq 2.5$	$1.5 \leq GWD < 2.5$	$1.0 \leq GWD < 2.5$	$GWD < 1$	0.35
干燥度（蒸降比值）/(EPR)	$EPR < 1.2$	$1.2 \leq EPR < 2.5$	$2.5 \leq EPR < 6$	$EPR \geq 6$	0.25
土壤本底含盐量（SSC）/(g/Kg)	$SSC < 1$	$1 \leq SSC < 2$	$2 \leq SSC < 4$	$SSC \geq 4$	0.15
地下水溶解性总固体（TDS）/(g/L)	$TDS < 1$	$1 \leq TDS < 2$	$2 \leq TDS < 5$	$TDS \geq 5$	0.15
土壤质地	黏土	砂土	壤土	砂壤、粉土、砂粉土	0.1

工程区地下水位埋深较大，常年地下水位平均埋深一般为 20~60m，水库运行以后，不会造成工程区地下水埋深降低，因此土壤盐化影响赋值为 0 分。

工程区多年平均降水量为 1151mm，多年平均蒸发量为 1034mm，干燥度（多年平均水面蒸发量与降水量的比值）为 0.90，土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据土壤环境质量监测结果，工程区土壤含盐量在 0.1~0.8 g/Kg， $SSC < 1$ ，土壤盐化影响赋值为 0 分。根据土壤环境质量监测结果，工程区地下水溶解性总固体在 0.29~0.59 g/L，土壤盐化影响赋值为 0 分。根据土壤理化特性调查结果，工程区土壤类型主要为壤土，土壤盐化赋值为 4 分。

(3) 土壤盐化影响因预测

根据本项目土壤盐化影响因素赋值及权重，本项目的土壤盐化综合评分值 $Sa=0.4 < 1$ 。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）中的土壤盐化预测表，本项目建成后周边土壤不会发生盐化现象。

6.9.6 人群健康影响

施工期，施工人员集中，生活区产生的生活污水、生活垃圾，若处理不当，将

会对生活区及周边的卫生环境产生影响，污染水环境，污染水源，同时为苍蝇、蚊虫等的大量孳生提供了环境，导致传染病极易发生，施工人员的健康受到影响。

6.10 移民安置环境影响

6.10.1 对生态的影响

移民安置对生态的影响主要源于移民安置区占地、安置区建设过程中的开挖、弃渣等对地表植被的影响。

移民安置点占地现状为林地、耕地（旱地），移民安置活动期间，占地、开挖、运输等施工活动干扰了原有动物的生存环境，地表扰动和各种人为活动将对周边动物的栖息环境造成一定的干扰，但鸟类和小型兽类的适应性强，活动范围广，会因为扰动离开施工区域迁往它处，因此，对区域鸟类和小型兽类影响较小，不会造成其数量的大量减少，更不会造成物种灭绝。

6.10.2 对水土流失的影响

依据建设类型，移民安置过程中可能产生水土流失的建设活动包括交通道路建设、移民集中安置点建设等。各项建设活动都将扰动原有地貌、破坏原地表植被、形成新的开挖面，并将改变土地的利用方式，同时产生一定的弃渣。因此，移民安置会新增工程区域的水土流失量，在一定程度上加剧区域的水土流失过程，对水土保持有一定的不利影响。

移民主要集中在瓦窑冲、普底村、炭房、以勒、小龙白 5 个安置点，对水土流失的影响主要来源于移民集中安置点的新居建设和公路、通信等基础设施的复建。移民安置点共征用土地总面积约 752.7 亩，主要占用林地、耕地（旱地）。水土流失主要发生在移民新居建设、公路建设等环节，特别是公路建设工程中，会产生一定量的工程弃渣，如弃渣不加以防护，就会产生水土流失。

6.10.3 对水环境的影响

6.10.3.1 施工期对水环境的影响

施工期对环境的影响源主要是移民集中安置点建设过程中排放的施工生产废水。生产废水中混凝土拌和废水具有悬浮物浓度高、水量小，间隙集中排放的特点。

由于集中安置点规模不大,生产废水排放量小,基本不会产生径流,对地表水体水质影响较小。另外,施工人员的生活污水的处理,由于施工区在村组范围内,与附近村组的生活污水一同处理,不会对周边环境及水体造成不利影响。

6.10.3.2 运行期对水环境的影响

本工程移民安置区农村生活用水量较小,产生的生活污水主要来自人畜粪便。如果不对生活污水进行集中处理,肆意排放会对周围环境等造成一定的影响。根据移民安置规划,规划水平年搬迁安置移民人口共计 2816 人,规划建设集中安置点 5 个,共集中安置 2693 人,安置点生活污水产生量见表 6.10-1。

表 6.10-1 移民安置点生活污水产生量

安置点	安置人口 (人)	用水量 (m ³ /d)	生活污水产生量 (m ³ /d)
瓦窑冲	377	56.55	45.24
普底村	595	89.25	71.4
炭房	538	80.7	64.56
以勒	900	135	108
小龙白	283	42.45	33.96

各安置点生活污水若直接排放均会对周边环境及地表水体产生不利影响,需进行处理。为防止移民安置区农村生活污水对周边环境及地表水体产生不利影响。

6.10.4 对环境空气和声环境的影响

移民安置工程对环境空气和声环境的影响,主要发生在安置区建设的施工期间。

大气污染主要来自施工期间地基开挖、混凝土系统及施工机械运输过程中的扬尘,但由于建设规模较小,且地势较为宽阔,适于扬尘等的疏散,不会对周围大气环境及安置区所在村组带来不利影响;施工机械设备使用的柴油或汽油,燃油排放的 SO₂、CO₂ 等污染物,但这部分污染物量十分小,不会造成不利影响。

噪声污染主要是施工期材料运输过程中车辆产生的流动噪声以及施工机械运行时产生的固定噪声,各噪声源产生噪声程度不同。据实测资料,机械设备噪声一般均在 80~110dB(A)之间,超过国家环境噪声标准。因此,施工过程中将会对施工人员及周围居民产生一定的噪声影响,可能会在施工高峰时段影响到周围村民的

日常生活，但建设区域较为集中，规模小，影响范围不大。

6.10.5 固体废物的影响

工程建设集中安置点 5 个，共集中安置人口 2693 人，生活垃圾产生量约为 2.2t/d。总体上生活垃圾产生量较少。但是若不做好垃圾收集与处理的工作，任其散乱堆置，将会影响集中安置区的环境卫生，危害居民的身心健康。

6.10.6 专业项目复建工程对环境的影响

复建主要包括库周交通复建、电力线路、通讯线路复建等，对环境可能产生影响的主要是公路复建工程。经规划复建道路全长 36.29km，主要占用林地。

根据移民安置规划，复建交通设施基本沿库周分散布置，工程规划相对较小，对周围环境影响较小。复建公路等级较低，运行期主要行驶农用车和小型车辆，且车流量较低，运行过程中的噪声及粉尘污染对沿线村庄影响较小。

7 环境风险分析

7.1 环境风险评价目的与程序

环境风险是指突发性事故对环境（或健康）的危害程度。环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，建设项目建设和运行期间可能发生的突发性事件或事故，引起有毒有害和易燃易爆等物质泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

根据环境保护部环发[2012]77 号文《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》的要求，参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018) 和《外来物种环境风险评估技术导则》(HJ 624-2011)，通过风险调查、风险识别、风险事故分析和风险预测与评价等开展环境风险评价，为工程设计和环境管理提供资料和依据，以达到降低危险，减少危害的目的。

7.2 环境风险识别

本工程的环境风险主要表现在施工期及运行期某种突发性事故对相关区域的不利影响或危害，根据分析，风险源主要包括以下方面：

（1）施工期

工程油料、炸药在丘北县或砚山县购买，现场不设置油库、炸药库。因此，本工程涉及的施工期环境风险主要为施工期废污水事故排放风险。

施工生产废水主要包括砂石加工系统冲洗废水、混凝土拌和系统冲洗废水、机械修配系统含油废水等，生活污水主要是施工生活区的施工和管理人员生活产生的污水。工程正常情况下不对外排放废污水，事故情况下废水若未经处理排至水体，将会对其水质产生不良影响。

（2）运行期

运行期主要可能发生的环境风险为库区水质污染风险。

清水河水库在建成以后将承担城乡生活和工业供水、农业灌溉等供水任务，水质应满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中Ⅲ类标准的要求。运行期，水库基本没有“三废”排放，但由于水库上游清水河及其支流流经砚山、丘北、广南三

县，沿河两岸有生活污水处理厂、工业企业以及国道、县道、乡道等公路分布，在水库运行期可能出现的环境风险类型为废污水事故排放和交通运输事故排放。

7.3 环境风险分析

7.3.1 施工期

砂石加工系统废水是施工区最大的水污染源，工程设置 1 处砂石料加工系统，废水主要污染物为 SS，浓度一般在 30000~50000mg/L，系统高峰期废水产生量为 85m³/h，施工期砂石料加工系统废水总量 54.8 万 m³，是主要潜在风险源；其次枢纽区施工期间人员较为密集，施工生活区高峰人数为 1600 人，生活污水日高峰排放量为 180m³/d，若发生事故排放，污水中含有较高浓度的 COD 和 BOD₅，直接排入河道会对河道水质带来一定影响。

(1) 生产废水

以砂石加工系统废水主要污染因子 SS 为预测因子。选择砂石加工系统废水未经处理溢出为预测工况。选用一维模型计算公式如下：

$$C_0 = \frac{C_p Q_p + Q_b C_b}{Q_p + Q_b}$$

$$C = C_0 \exp \left[-K_3 \frac{x}{86400u} \right]$$

式中 C 为完全混合后的污染物浓度，mg/L；

C_0 为初始断面浓度，mg/L；

x 为沿河段的纵向距离，m；

u 为沿河道断面平均流速，m/s；

Q_p 为废水排放流量，m³/s；

C_p 为废水污染物浓度，mg/L；

Q_b 为河水流量，m³/s；

C_b 为河水污染物浓度，mg/L。

采取枯水年最枯月水流量，河水流量为 1.41m³/s，根据 2018 年枯水期水库坝址处水质监测结果，河水中 SS 取 15mg/L。废水排放流量为 0.03m³/s，废水排放浓度采取 50000 mg/L。 K_3 参考河道整治工程中悬浮物输移扩散数值模拟研究中的取

值取为 $5d^{-1}$ 。

砂石料加工系统废水事故排放预测结果见表 7.3-1。

表 7.3-1 砂石料加工系统废水事故排放预测结果						
距离 (km)	1	2	4	6	8	10
SS 浓度 (mg/L)	833	829	819	810	800	791

(2) 生活污水

① 预测因子

生活废水中的主要污染物为 COD 和 BOD₅，因此预测因子选择 COD 和 BOD₅。

② 预测工况

预测工况为生活污水发生事故排放。

③ 预测模式

预测模式采取砂石加工系统废水事故排放相同模式。

④ 参数选取

根据 2018 年枯水期水库坝址处水质监测结果，河道中的 COD 浓度取为 12.7mg/L，BOD₅ 浓度取为 2.9mg/L。生活污水中的废水流量为 0.004 m³/s，生活污水中的 BOD₅ 取 200mg/L、COD 取 400mg/L。

⑤ 预测结果

经计算，生活污水事故排放后，河道完全混合后初始断面 COD 的浓度为 13.2mg/L，BOD₅ 的浓度为 3.2mg/L。

(3) 风险评价结果

根据预测结果可知，砂石加工系统废水在未做任何处理下事故排放，将造成河段 SS 浓度大幅度增加，国家有关水环境质量标准中只有《渔业水质标准》（GB11607-89）对 SS 有规定：人为增加的量不得满足 10mg/L。据水生调查，清水河鱼类资源丰富，部分鱼类喜在水体清澈的环境中生存，因此砂石料废水未经处理事故排放下将影响河道里的生存环境，对部分鱼类的生存可能造成威胁。

经预测，生活污水事故排放工况下，清水河水质仍可满足Ⅲ类水质标准，因此，工程施工期生活污水事故排放对污染清水河水质风险较小。

7.3.2 运行期

(1) 废污水事故排放

砚山、丘北、广南三县为农业县，也分布有部分工业产业。砚山、丘北、广南三县均有污水处理厂，处理能力 1.5 万 t/天，污水处理能力均达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的相关要求后排入清水河及其支流。但在非正常工况下，生活污水、企业废污水处理设施、污水收集管网和污水处理厂出现故障时，废污水会直接排入清水河及其支流，从而直接影响到清水河水库的水质。

(2) 交通运输事故风险

清水河水库建成后将在库周恢复公路，该道路与对外交通公路连接，有一定车流量。在车辆运输途中，存在化学品、燃油等在运输过程中因交通事故倾斜入库区造成水体污染的环境风险。载有危险化学品的运输车辆在库周交通公路发生交通事故会造成有毒有害物质的泄漏，易发生污染水库水质的污染事故。

(3) 风险评价

清水河流域内工业企业、生活污水处理厂应严格执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的废污水排放标准，及时对废污水处理设备进行检修、维护，若发生废污水事故排放事故应执行应急防控措施，以减少废污水事故排放发生的几率。此外，根据《环境风险评价》资料进行类比分析，危险品运输事故发生概率很低，危险品运输的环境风险值的可接受程度为 $10^{-6}/a$ 。综合各方面因素考虑，由于清水河水库上游存在污染源，且库周道路可能运输危险品，因此运行期库区水质存在一定风险。

7.4 环境风险防范措施

7.4.1 施工期

施工期污废水处理装置正常运行情况下不会发生事故排放，一旦发生事故，需要采取相应的应急防范措施，控制和减小事故危害。

为防止施工废水事故排放，应加强施工废污水的处理，处理后的废水全部回用和再生综合利用。一旦发生事故，应立即停止砂石料加工等施工生产，从源头上控制废污水的产生，待环保设施恢复正常后才可进行施工。废污水处理系统运行管理

人员应加强对处理系统的巡视和水质监控，及时发现问题。为避免废水处理设施故障或废水事故排放时废水直接流入受纳水体的水质污染，拟建 1 座事故水池，以满足系统高峰期废水排放容量。

7.4.2 运行期

为保证水库运行期库区和坝下河道水质能满足供水、灌溉等供水任务的要求，应执行以下风险防范措施：

- （1）依照《产业结构调整指导目录》的规定，对流域内的企业实施产业升级、节能降耗和清洁生产审核，淘汰落后产能、关停不符合环保政策的企业；
- （2）加强废污水处理设施运行的管理和监督，保障污水处理设施的正常运行；
- （3）各工业企业、生活污水处理厂应设置满足处理标准的事故收集水池，避免事故排放对地表水体的直接污染，并制定全面的应急预案；
- （4）强化区域内危险品运输管理，由地方交通局建立本地区危险货物运输调度和货运代理网络，对货运代理和承运单位实施资格认证。危险运输品的运输应实行“准运证”、“驾驶证”和“押运员”三位一体的制度，并为承运车辆进行统一标识，定点检测；
- （5）强化有关危险品运输的法规教育、培训，从事危险品运输的驾驶员和管理人员，应严格遵守有关危险品运输安全技术规定和相关规程，学习并掌握国家有关部门颁布的法律法规。

8 环境保护措施

8.1 地表水水环境保护措施

8.1.1 施工期地表水环境保护措施

施工期水环境保护措施主要是施工废污水的处理措施。根据施工分区布置及施工区附近地表水功能、施工废污水主要污染物特征，对各区不同的废污水采取因地制宜、分别处理的方式，在各废污水排放口分别设置水处理系统，废污水处理系统设置情况见表 8.1-1。

表 8.1-1 施工期废污水处理系统设置情况

项目		废污水来源	废污水处理系统位置	废污水处理后去向
生产废水	砂石加工系统废水	砂石加工系统	系统占地区内	回用于砂石加工系统自身
	混凝土拌和系统废水	混凝土拌和系统	系统占地区内	回用于混凝土拌和系统自身
	机械修配系统废水	机械修配系统	系统占地区内	回用于修配系统自身
	隧洞施工废水	引水隧洞施工废水	隧洞施工区	用于降尘、浇灌附近林地或耕地、水保植物措施用水等
	基坑排水	初期基坑排水	基坑积水、围堰渗水、降水汇水	经排水沟静置后排至附近河流
经常性基坑排水		围堰及基坑渗水、降水汇水、施工弃水	用于降尘、浇灌附近林地或耕地、水保植物措施用水等，剩余部分在满足排放标准后排放。	
生活污水		施工生活营地	生活区占地区	水保植物措施用水、浇灌耕地林地

8.1.1.1 砂石料加工系统废水

(1) 废水概况

本工程布置 1 处砂石料加工系统，砂石加工系统废水高峰产生量为 85t/h，废水总量为 54.8 万 m³，废水主要污染物为悬浮物，浓度约 30000~50000mg/L。

(2) 处理目标

砂石料加工系统布置在石料场西北侧，清水河干流水质目标为 III 类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准，即 $SS \leq 70\text{mg/L}$ ，满足此排放标准的废水完全可以回用，既可减少施工用新水量，又可避免施工废水排放对河道水体的影响，因此，处理后的水质以满足回用要求为原则。

(3) 处理工艺

根据本工程砂石加工系统废水特点及处理目标，结合国内同类工程砂石加工废水处理经验，拟采用 DH 高效(旋流)污水净化法对废水进行处理，该法的核心部分是高效污水净化器，其利用直流混凝、微絮凝造粒、离心分离、动态把关过滤和压缩沉淀的原理，将污水净化中的混凝反应、离心分离、重力沉降、动态过滤、污泥浓缩等处理技术有机组合集成在一起，在同一罐体内短时间(20~30min)完成污水的多级净化，处理后的出水中 SS 浓度为 10~50mg/L。废水处理工艺流程如图 8.1-1。

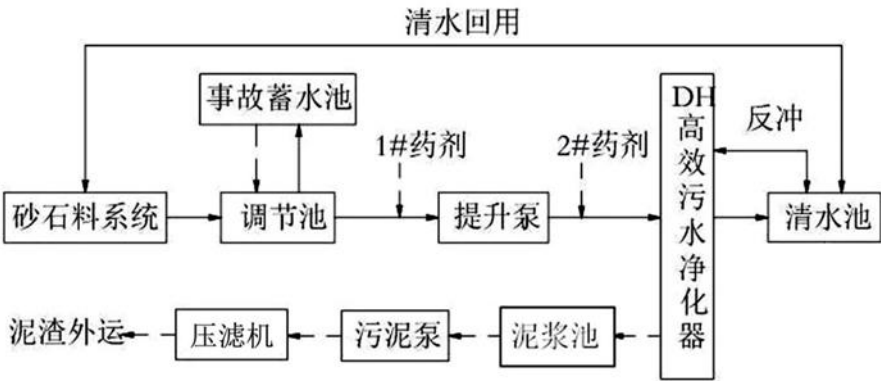


图 8.1-1 DH 高效(旋流)污水净化法处理工艺流程图

砂石料冲洗废水进入调节池，经泵抽至净化器，同时利用负压原理将药剂与废水一并吸入管道中初步混合后进入 DH 高效(旋流)污水净化器，在净化器内经混凝反应、离心分离、重力分离、动态过滤及泥浆浓缩等过程，从净化器顶端将净化后的清水排出送入清水池，接着对清水进行回用或利用其进行反冲洗，从而实现废水的循环利用，不向外排放。而浓缩后的泥浆从底部定时或连续排出流至泥浆池，再用一台渣浆泵抽至压滤机脱水，脱水后的泥渣就近外运至渣场堆放。经过一段时间的运行，要开启反冲洗泵进行反冲洗。在废水处理系统出现故障时或废水短时间内超过系统处理能力时，可将废水暂时排放至事故蓄水池，在废水处理系统恢复正常运行前，应暂停砂石料系统的运行。

本工程砂石料废水处理系统主要工艺参数及设备详见表 8.1-2。

表 8.1-2 砂石料加工系统废水处理主要工艺参数及主要设备表

项目	名称	单位	参数值
工艺参数	设计流量	m ³ /h	85
	调节池	停留时间	min
		有效容积	m ³
		尺寸	m×m×m
		数量	个
	事故蓄水池	停留时间	min
		有效容积	m ³
		尺寸	m×m×m
		数量	个
	沉渣池	停留时间	h
		有效容积	m ³
		尺寸	m×m×m
		数量	个
	清水池	有效容积	m ³
		尺寸	m×m×m
		数量	个
设备	高效污水净化器	台	DH-SSQ-50 型 2 台
	混凝器	台	DH-HNQ-50 型 2 台
	一体化加药装置	套	DHJ-50 型 2 套
	电磁流量计	台	DN50 型 2 台
	搅拌电机	台	BLD-17-9-3 型 4 台
	净化器废水提升泵（渣浆泵）	台	100ZJ-I-A33 型 3 台，2 用 1 备
	泵（渣浆泵）	台	65ZJ-I-A30 型 3 台，2 用 1 备
	潜水泵	台	150WQ160-15-15 型 3 台，2 用 1 备
	回用水泵	台	3 台，2 用 1 备
	搅拌器	台	QJB4/6-320/3-980 型 3 台，2 用 1 备
	搅拌器	台	GSJ-2500 型 3 台，2 用 1 备
	电气控制系统	套	2 套
	真空带式过滤机	台	2 台

（4）运行管理与维护

该废水处理系统运行管理的主要内容包括：废水处理系统中水泵等相关设备的检修；及时清理调节池内沉淀物以及泥浆池中的泥渣，清理出来的泥渣等就近运至渣场堆放。

组织处理设备管理维护人员上岗前接受专项技术操作培训，以便对电器仪表设备进行正确、规范的操作与维护，并严格制订操作规程，保证废水处理设备的良好运行。

8.1.1.2 混凝土拌和系统废水

（1）废水概况

本工程布置 1 处混凝土拌和系统，高峰期废水产生量约 $2.4\text{m}^3/\text{d}$ 。该系统废水产生量较小，废水中主要污染物为悬浮物和 pH，悬浮物浓度约 5000mg/L ，pH 约 11，施工期混凝土冲洗废水排放总量为 0.4万 m^3 。

（2）处理目标

本工程混凝土拌和系统布置区附近地表水水质目标为 III 类，综合考虑混凝土拌和系统布置位置和水环境功能要求，混凝土拌和废水拟处理后全部回用于自身系统。

（3）处理工艺

针对混凝土拌和系统废水产生量及其污染成分、处理目标，考虑经济适用的原则，废水处理选用沉淀法，见流程图 8.1-2。

拌和系统的冲洗废水每台班末排入沉淀池，停留时间取 8h，即每台班末的冲洗废水在沉淀池内沉淀至下一台班末，必要时投加絮凝剂。沉淀池上清液回用于混凝土拌和系统，不向外排放。

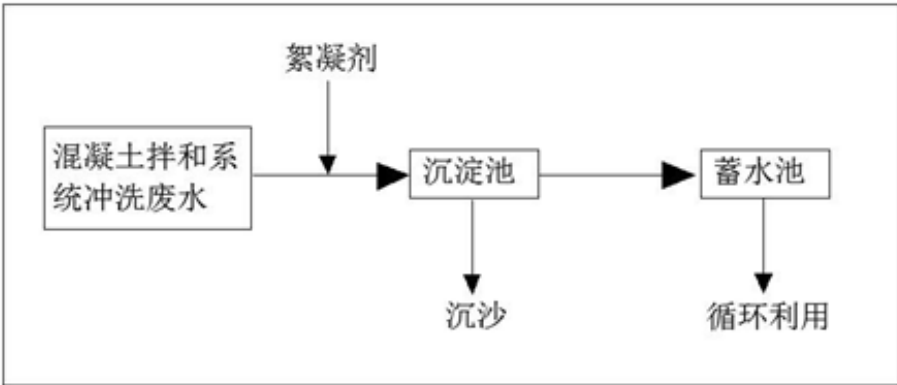


图 8.1-2 混凝土拌和系统废水处理工艺流程图

本工程设计 1 座沉淀池，沉淀池尺寸详见表 8.1-3。

表 8.1-3 混凝土拌和系统废水沉淀池主要参数表

名称		单位	参数值
混凝土拌和系统	停留时间	h	8
	有效容积	m ³	1.2
	尺寸	m×m× m	1.2×1.0×1.0

(4) 运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

8.1.1.3 修配系统废水

根据机械修配系统布置及附近受纳水体水质目标、排污要求，修配系统废水处理后回用于系统自身，要求处理后的水质满足回用要求。

(1) 处理方案

根据修配系统废水量及污染物、处理目标，坝址区修配系统废水采用 YSF-Q 型高效油水分离器进行处理，流程见图 8.1-3。

为收集含油废水，需在系统进水口前设置沉淀池，沉淀池同时还具有一定调节作用，并兼做事故池，处理后的废水不向外排放，将作为车辆冲洗用水等。

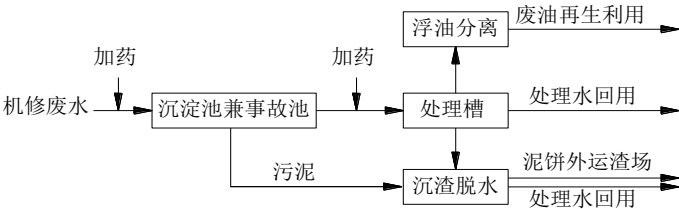


图 8.1-3 机械修配系统废水处理工艺流程图

沉淀池采用平流式，考虑到事故储存功能，停留时间 3h，油水分离器选择 SYF-Q 型成套处理设备。修配系统废水处理主要参数表及设备详见表 8.1-4。

(2) 运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：废水处理系统中水泵等设备的检修；及时清理调节池内沉淀物，并将清理出来的沉渣运至渣场堆放。

表 8.1-4 修配系统废水处理主要参数表及设备表

项目	名称	单位	参数值
施工区	沉淀池	停留时间	h
		有效容积	m ³
		尺寸	m×m× m
	SYF-Q 型成套处理设备	处理能力	m ³ /h

8.1.1.4 隧洞施工废水

根据隧洞出口布置及附近受纳水体水质目标、排污要求等，隧洞排水处理后拟用于降尘、水土保持措施用水、浇灌附近林地或耕地等。

(1) 处理方案

针对隧洞排水量及其污染成分、处理目标，按照经济适用的原则，隧洞排水采用沉淀法进行处理，工艺流程见图 8.1-4。

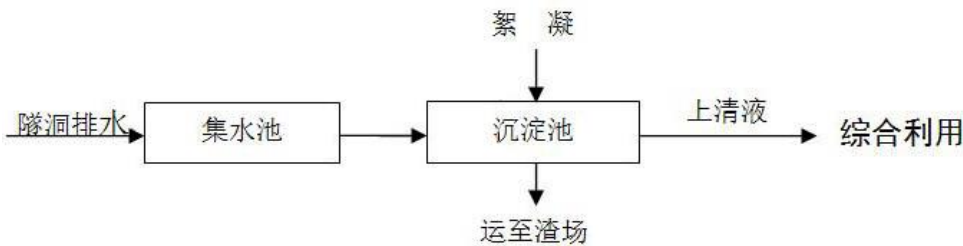


图 8.1-4 隧洞排水处理工艺流程图

在隧洞出口设集水池，集水池废水通过管道进入沉淀池，沉淀时间约 8h，必要时投加絮凝剂，引水隧洞沉淀池 10m³。隧洞排水处理后用于降尘、水土保持措施用水、浇灌附近林地或耕地等。

(2) 运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

8.1.1.5 基坑废水

(1) 废水概况

基坑排水包括初期基坑排水及经常性基坑排水两部分。初期基坑排水与河流

水质基本相同，不会增加对江河水质的污染水质。经常性基坑排含混凝土浇筑和养护形成的碱性水，pH 值在 11 左右，悬浮物浓度约 2000mg/L。本工程基坑排水主要产生于主坝工程基坑。

(2) 处理目标

初期基坑排水由抽水井抽提后，经排水沟静置沉淀，排至附近河流。经常性基坑排水拟处理后用于施工区道路降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等。

(3) 处理工艺

针对排水量及其污染成分、排放地点水质要求等，按照经济适用的原则，选择在基坑内静置沉淀法处理经常性排水，沉淀时间约 8h，必要时投加酸性絮凝剂。由于经常性基坑排水水量较大，剩余部分在满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准 ($SS \leq 70\text{mg/L}$, pH: 6~9) 后可以排入地表水体。

(4) 运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理基坑沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

8.1.1.6 生活污水

(1) 废水概况

本工程坝址区设置 1 个施工生活区，生活区生活污水主要来源于施工期施工人员生活污水和粪便的排放。生活污水主要污染物为 BOD_5 、COD、SS 等，其中 BOD_5 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。施工期生活污水排放总量为 21.02 万 m^3 。

(2) 处理目标

本工程施工生活区生活污水处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准，实现就近浇灌耕地、林地等综合利用。

(3) 处理方案

施工生活区生活污水拟采用成套污水处理设备进行处理，处理设备主体工艺采用 MBR 膜生物处理工艺（详见图 8.1-5），设计处理规模为 $10.0\text{m}^3/\text{h}$ 。

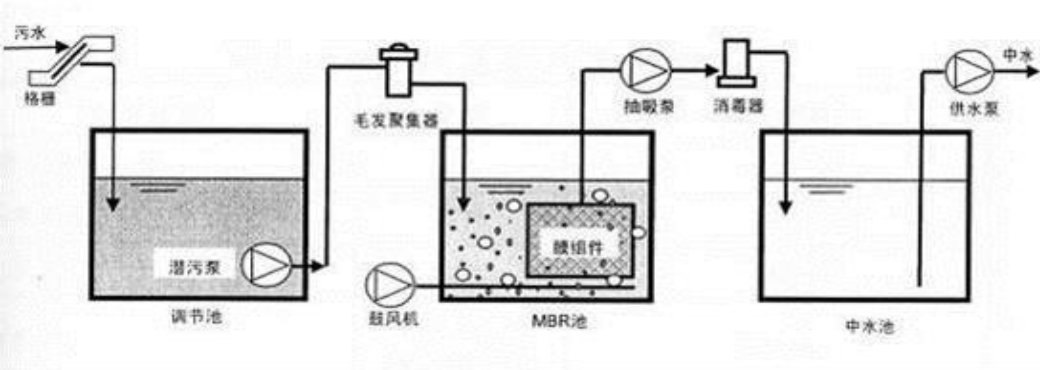


图 8.1-5 生活污水处理工艺流程图

(4) 主要的工艺参数

生活污水处理系统的建设，将通过招投标的方式进行委托承包，中标的承包人负责污水处理系统建设，生活污水处理系统主要参数及设备见表 8.1-5。

表 8.1-5 生活污水处理系统主要参数及设备表

项目	名称		单位	参数值
施工营地	设计流量		m³/h	10
	调节池	停留时间	h	8
		有效容积	m³	80
		尺寸	m×m× m	4.0×4.0×5.0
	一体式 MBR 膜生物 反应器污水处理设备	处理能力	m³/h	10
	中水池	停留时间	h	8
		有效容积	m³	80
		尺寸	m×m× m	4.0×4.0×5.0
	事故池	停留时间	h	4
		有效容积	m³	40
		尺寸	m×m× m	2.0×2.0×1.0

8.1.2 运行期地表水环境保护措施

根据水污染控制规划方案，并结合 2035 年水污染防治目标，统筹共 14 项规划建设项目，总投资 130523 万元，具体工程项目见附表。其中 A：点源污染控制

项目总投资 123000 万元，项目 12 项，来自砚山县、丘北县、广南县县域总体规划，由政府投资建设；B：面源污染控制项目总投资 7523 万元，项目 77 项，由相应县政府负责投资建设，见表 8.1-6。

表 8.1-6 规划项目及投资一览表

项目编号	项目类别	项目数（个）	投资（万元）
A	点源污染控制	12	123000
B	面源污染控制	77	7523
总计		89	130523

上述工程项目的实施，可为确保 2035 年断面水质达到Ⅲ类水限值要求，为流域水质长治久安奠定基础。

8.1.2.1 点源污染控制措施

建议加强水质变差流域工业废水和城镇生活污水处理厂的提标扩容改造工作，增加一定的中水回用率，提高污水处理厂处理规模，增强对主要污染物的削减能力，以改善水质恶化河段水体质量，确保流域水质达标。根据清水河水质模拟结果及纳污能力分析成果，针对污染严重区域提出污水处理厂改进措施，具体成果见表 8.1-7。

8.1.2.2 面源污染物控制措施

（1）农村散排

加快农村环境综合整治。以乡镇行政区域为单元，实行农村污水处理统一规划、统一建设、统一管理，有条件的乡镇积极推进城镇污水处理设施和服务向农村延伸。推进对临住户采取户用污水处理系统，包括隔油池、厌氧池两个部分，隔油池对污水中得油渣进行初步的隔离，隔油池出水后进入厌氧池进行初步的沉淀，生活污水经隔油池、厌氧池初步处理后，污水中污染物质得以大幅度降低，污水得以有效降解处置。该处理系统投资及运行成本低且能降低水体 COD、氨氮等的含量，改善水体表观效果，实现了逐步净化水质的设想。另外设置生活垃圾收集清运设施，防止河道周边居民生活垃圾乱丢乱放及大量垃圾流入河道。

（3）畜禽养殖

推进生态健康养殖，制定重点流域禁养区、限养区划定方案，依法关闭或搬迁禁养区内的畜禽养殖场（小区）和养殖专业户。推行标准化规模养殖，配套建设粪

便污水贮存、处理、利用设施，改进养殖设施和养殖工艺，完善技术装备条件，鼓励和支持散养密集区实行畜禽粪污分户收集、集中处理。推广畜禽粪便污水综合利用技术模式，规范和引导畜禽养殖场做好养殖废弃物资源化利用。散户养殖畜禽规模小，产生粪便数量小，建议将畜禽粪便直接作为肥料处理，同时为散户养殖配套沼气池发酵，既可以为养殖户提供清洁的能源，又可以节约电、煤、木柴等资源，沼渣和沼液还可以作为肥料使用，为养殖户创造经济效益。

预测年面源污染控制建设项目见表 8.1-8，其中实现规划区农村散排生活污水削减 20%；畜禽养殖污染负荷削减 50%。

8.1.2.3 其他治理措施

（1）加强流域水生态和运行管理

加强生态建设和环境保护，大力发展生态经济，积极培育生态文化，全面推进生态文明建设。加强水土保持和水生态保护，恢复河道两岸的自然生态景观，科学合理地布置输水河道的主流、护岸、滩地等生态功能区域。

建立运行管理制度，建立河道管理协调委员会，建立县乡联网，公安司法参与、水政监察大队办案、管理单位联防队员巡查的执法管理网络，定期对河道进行巡检，同时搜集渠系实时工情、水情信息并进行阶段性分析，从而为输水河道的安全运行提供可靠的数据支撑，针对不同运行安全程度要求，的河道可采取分级管理的对策，明确各级河道的责任主体，将定期全面巡检与重点区域分级巡检相结合，从而构建输水河道的多级联动安全管护制度。

（2）建立重点区域流域跨县、市联防联控机制

实行跨市界断面、市界分水线联防联控。建立“信息互通、数据共享、联防联控”的环境联合监测、联合执法体系。对重点监测断面、超标断面等所在的各县局分别要与上下游环保部门之间要定期互通跨界河流水质情况，水闸防污调度情况，共同商讨跨界水污染防治工作，联合制定环境应急联动机制和流域跨界突发环境事件应急预案，做好预警预报工作，切实保障汛期水环境安全。

表 8.1-7

点源污染控制项目

序号	项目名称		项目现阶段建设情况	规划建设内容及依据 (清水河水库建设前)		河道达标新增建设内容 (清水河水库建成后)	计划完工时间	总投资估算(万元)	资金来源	所在区域
				建设内容	建设依据					
1	城镇生活污水处理防治	砚山县城生活污水处理厂	已建成 15000t/d 污水处理厂, 处理标准为一级 A 标, 污水收集率 80%	建设 37000t/d 污水处理厂, 处理标准为一级 A 标	《云南省文山州砚山县城总体规划 (2016-2030)》	提高污水收集率至 100%; 增加 40%中水回用率; 提高 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的处理标准至 3mg/L, 提高 TN 的处理标准至 8mg/L。	2030 年	20000	国家、省、市财政资金	砚山受水区
2		干河乡生活污水处理厂	未建成污水处理厂	建设 1000t/d 污水处理厂, 处理标准为一级 A 标	《云南省文山州砚山县城总体规划 (2016-2030)》	扩建污水处理厂规模至 2000t/d; 提高污水收集率至 100%。	2030 年	4000	砚山县政府投资	库尾以上公革河
3		者腊乡生活污水处理厂	未建成污水处理厂	建设 1000t/d 污水处理厂, 处理标准为一级 A 标	《云南省文山州砚山县城总体规划 (2016-2030)》	扩建污水处理厂规模至 2000t/d; 提高污水收集率至 100%。	2030 年	4000	砚山县政府投资	库尾以上公革河
4		阿猛镇生活污水处理厂	未建成污水处理厂	建设 1500t/d 污水处理厂, 处理标准为一级 A 标	《云南省文山州砚山县城总体规划 (2016-	扩建污水处理厂规模至 2500t/d; 提高污水收集率至 100%。	2030 年	5000	砚山县政府投资	库尾以上公革河

序号	项目名称	项目现阶段建设情况	规划建设内容及依据 (清水河水库建设前)		河道达标新增建设内容 (清水河水库建成后)	计划完工时间	总投资估算（万元）	资金来源	所在区域	
			建设内容	建设依据						
				2030)》						
5		维摩乡生活污水处理厂	未建成污水处理厂	建设 1600t/d 污水处理厂，处理标准为一级 A 标	《云南省文山州砚山县城总体规划（2016-2030）》	提高污水收集率至 100%。	2030 年	5000	砚山县政府投资	维摩片受水区
6		天星乡生活污水处理厂	未建成污水处理厂	建设 3000t/d 污水处理厂，处理标准为一级 A 标	《丘北县总体规划报告》	新建天星树皮片污水处理厂，污水收集率为 100%。	2030 年	6000	丘北县政府投资	天星树皮片受水区
7		珠琳镇生活污水处理厂	未建成污水处理厂	建设 1500t/d 污水处理厂，处理标准为一级 A 标	《广南县总体规划报告》	新建珠琳镇污水处理厂，污水收集率为 100%；增加 40%中水回用率。	2030 年	2000	广南县政府投资	珠琳片受水区
1	工业污染治理	砚山县工业园污水处理厂	承接产业加工区未建成污水处理厂，污水直接排入公革河	建设 15000t/d 污水处理厂，处理标准为一级 A 标	《砚山工业园区总体规划【修编】（2014-2030）环境影响报告书》	中水回用率提至 90%；提高 NH ₃ -N 的处理标准至 2mg/L，提高 TN 的处理标准至 5mg/L。	2030 年	10000	国家、省、市财政资金	砚山受水区
2		珠琳工业园污水处	未建成污水处理厂	建设 10000t/d 污水处理厂，	《广南农特色产品加工和商	处理标准提高至一级 A 标准；中水回用率从	2030 年	7000	广南县政府投资	珠琳片受水区

序号	项目名称	项目现阶段建设情况	规划建设内容及依据 (清水河水库建设前)		河道达标新增建设内容 (清水河水库建成后)	计划完工时间	总投资估算(万元)	资金来源	所在区域
			建设内容	建设依据					
	理厂		处理标准为一 级 B 标	贸物流园区总 体规划修编 (2016- 2035)》	40%提至 60%。				
3	丘北工业 园南部污 水处理厂	未建成污 水处理厂	建设 35000t/d 污水处理厂， 处理标准为一 级 A 标	《丘北工业园 区总体规划 【修编】》	/	2030 年	25000	国家、 省、市财 政资金	丘北受水区
4	丘北工业 园中部污 水处理厂	未建成污 水处理厂	建设 20000t/d 污水处理厂， 处理标准为一 级 A 标	《丘北工业园 区总体规划 【修编】》	/	2030 年	15000	国家、 省、市财 政资金	丘北受水区
5	普者黑物 流园区污 水处理厂	未建成污 水处理厂	建设 25000t/d 污水处理厂， 处理标准为一 级 A 标	《丘北普者黑 火车站物流园 区控制性详细 规划》	/	2030 年	20000	国家、 省、市财 政资金	丘北受水区

表 8.1-8

面源污染物控制项目

序号	项目名称		投资估算 （万元）	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
1	安置点 污水处理设施	以勒安置点污水处理设施（110m³/d）	120	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
2		普底、碳房安置点污水处理设施（80m³/d）	200	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
3		瓦窑冲安置点污水处理设施（50m³/d）	80	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
4		小白龙安置点污水处理设施（40m³/d）	60	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
5		所有安置点生活垃圾处理设施	23.2	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
6	农村散 排污水 处理设施	城脚村污水收集处理工程	400	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
7		那哈村污水收集处理工程	400	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
8		龙潭寨村污水收集处理工程	400	2030 年	清水江（文山州段）“ 一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
9		大新寨村污水收集处理工程	300	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
10		董洪村污水收集处理工程	200	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
11		克丘村污水收集处理	150	2030 年	清水江（文山州段）“一河一策”方	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以

序号	项目名称	投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
	工程			案(2018~2020年)		上)
12	龙脉村污水收集处理工程	200	2030年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
13	老干河污水收集处理工程	450	2030年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
14	沙都卡村污水收集处理工程	200	2030年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
15	白沙湾污水收集处理工程	200	2030年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
16	南江污水收集处理工程	300	2030年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020年)	丘北县政府投资	坝址下游
17	法白村污水收集处理工程	300	2030年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020年)	丘北县政府投资	坝址下游
18	俩勒一体化生活污水处理措施	100	2030年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
19	听湖村一体化生活污水处理措施	100	2030年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
20	大青龙一体化生活污水处理措施	150	2030年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
21	布革一体化生活污水处理措施	100	2030年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)
22	坝岗一体化生活污水处理措施	100	2030年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以上)

序号	项目名称	投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
23	小新寨一体化生活污水处理措施	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
24	阿有村一体化生活污水处理措施 (80m³/d)	150	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
25	上公革村一体化生活污水处理措施 (80m³/d)	150	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
26	中公革村一体化生活污水处理措施	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
27	下公革村一体化生活污水处理措施 (40m³/d)	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
28	龙墨下新寨一体化生活污水处理措施 (40m³/d)	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
29	龙溪上寨一体化生活污水处理措施 (40m³/d)	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
30	龙溪大寨一体化生活污水处理措施 (40m³/d)	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
31	茨菇寨一体化生活污	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以

序号	项目名称	投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
	水处理措施 (40m ³ /d)					上)
32	新发寨村一体化生活 污水处理措施 (80m ³ /d)	100	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
33	古登新寨一体化生活 污水处理措施 (40m ³ /d)	150	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
34	阿革卡下寨一体化生 活污水处理措施 (40m ³ /d)	150	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
35	俩勒村生活垃圾收集 处理工程	40	2030 年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020 年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
36	听湖村生活垃圾收集 处理工程	40	2030 年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020 年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
37	城脚村生活垃圾收集 处理工程	40	2030 年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020 年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
38	大青龙村生活垃圾收 集处理工程	30	2030 年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020 年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
39	革布村生活垃圾收集 处理工程	30	2030 年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020 年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
40	坝岗村生活垃圾收集 处理工程	30	2030 年	清水江(文山州段) “一河一策”方案(2018~2020 年)	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)

序号	项目名称	投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
41	那哈村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
42	龙潭寨生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
43	大新寨村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
44	董洪村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
45	克丘村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
46	上公革、中公革生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
47	龙脉村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
48	干河村生活垃圾收集处理工程	40	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
49	龙溪、茨茹、陆家寨村生活垃圾收集处理工程	60	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
50	河边村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
51	居那革村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）

序号	项目名称	投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
52	白沙湾村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
53	阿革卡下寨生活垃圾收集处理工程	25	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
54	平老村生活垃圾收集处理工程	20	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	丘北县政府投资	坝址下游
55	法白村生活垃圾收集处理工程	30	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	丘北县政府投资	坝址下游
56	开展禁养区、限养区和适养区畜禽养殖调查，关停或转迁禁养区所有畜禽养殖场	800	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
57	俩勒畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水江（文山州段） “一河一策”方案（2018~2020 年）	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
58	听湖村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
59	城脚村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
60	大青龙村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
61	革布村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
62	坝岗村畜禽散养粪便	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以

序号	项目名称	投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
	污染防治工程					上)
63	那哈村畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
64	龙潭寨畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
65	大新寨村畜禽散养粪 便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
66	董洪村畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
67	克丘村畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
68	上公革、中公革畜禽 散养粪便污染防治工 程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
69	龙脉村畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
70	干河村畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
71	龙溪、茨茹、陆家寨 村畜禽散养粪便污染 防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)
72	河边村畜禽散养粪便 污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区(坝址以 上)

序号	项目名称		投资估算 (万元)	计划完工 时间	项目来源	资金来源	项目实施区域
73		居那革村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
74		白沙湾村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
75		阿革卡下寨畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	砚山县政府投资	水库径流区（坝址以上）
76		平老村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	丘北县政府投资	坝址下游
77		法白村畜禽散养粪便污染防治工程	5	2030 年	清水河要求	丘北县政府投资	坝址下游

8.1.2.4 划分饮用水水源地

水库建成后，作为供水水源地，应按照《中华人民共和国水法》和《中华人民共和国水污染防治法》的相关要求，组织相关部门对水源区进行水源保护区的划分。根据国家环境保护部《饮用水水源地保护区划分技术规范》（HJ/T 338-2007），饮用水水源地保护区一般划分为一、二级保护区，必要时增设准保护区，其中：

一级保护区：取水口半径 500m 范围内的水域面积，取水口侧正常水位线以上 200m 范围内的陆域；

二级保护区：一级保护区外径向距离不小于 2000m 区域的水域面积但不超过水面范围，水库周边山脊线以内（一级保护区以外）及入库河流上溯 3000m 的汇水区域。

建设水源涵养生态区，并提出水源涵养生态建设区长期污染预防的措施方案。

8.1.3 生态流量泄放措施

(1) 水库初期蓄水期生态流量下泄措施

根据施工组织设计，清水河水库导流隧洞下闸计划于第 4 年 11 月初进行，下闸时起蓄水位为 1314.5m，与导流洞底板高程（底板高程为 1314.5m）平齐。初期蓄水期间，水库调度优先保证坝下河生态用水量，当来水不能满足下游用水需水量时，水库调度采用来多少泄放多少的原则，优先满足生态用水。当水库遇保证率为 75%的枯水年时，242 天水库蓄到死水位 1350m，期间采用利用导流洞闸室的旁通管向下游下泄生态流量；251 天水库蓄到最低发电水位 1358.3m，利用坝后电站生态放水管泄放生态流量，以保证下游生态用水要求；336 天水库蓄到正常蓄水位 1392m，期间利用坝后电站下泄生态流量。当水库遇保证率 50%年份时，226 天水库蓄到死水位 1350m，期间采用利用导流洞闸室的旁通管向下游下泄生态流量；240 天水库蓄到最低发电水位 1358.3m，利用坝后电站生态放水管泄放生态，以保证下游生态用水要求；306 天水库蓄到正常蓄水位 1392m，期间利用坝后电站下泄生态流量。

通过以上分析可知，水库初期蓄水期间坝下河道不会发生断流风险。

(2) 水库正常运行期生态流量下泄措施

为保证大坝下游河段的河道生态用水要求，正常情况下，生态流量由坝后生态

电站泄放生态流量。

(3) 机组检修时生态流量下泄措施

考虑到机组检修及其它特殊情况，通过设置一个 DN800 的备用生态流量放水管，发电机组检修时，生态流量可通过备用生态放水管下泄到下游河道。生态流量泄放措施见附图 8-2。

8.1.4 低温水减缓措施

根据 6.3.1 节分析，典型平、丰、枯水年水库在 3~7 月份均存在不同程度的低温水下泄。平水年 3~7 月份水库下泄水温比坝址处天然水温分别低了 0.5℃、3.8℃、5.0℃、3.0℃和 0.2℃；丰水年 3~7 月份水库下泄水温比坝址处天然水温分别低了 0.7℃、4.1℃、5.5℃、3.4℃和 0.4℃；枯水年 3~6 月份水库下泄水温比坝址处天然水温分别低了 0.5℃、3.7℃、4.5℃、2.4℃，水库下泄低温水对下游生态和灌溉用水有明显不利生态影响。

为减缓水库下泄低温水不利生态影响，根据下游水生保护需要和水温计算分析结果，在 3~7 月有分层取水需求，其他月份可不采用分层取水。根据水库运行调度结果，以及引水发电隧洞的最小淹没水深 2.0m 的要求，工程采用叠梁门分层取水方案和多层分层取水方案进行比选。叠梁门取水方案结构布置图见附图 8-3，五层固定取水口方案结构布置图见附图 8-4。

(1) 叠梁门分层取水方案

本工程塔式进水口肩负向电站及平老泵站的取水功能，采用一体式结构，分层取水型式。塔式进水口长 22.0m，桩号为引 0+000.000~引 0+022.000。自上游依次布置拦污栅、叠梁门、开敞式叠梁门库、事故检修门。拦污栅门槽中心线桩号引 0+003.300，叠梁门槽中心线桩号引 0+006.500，叠梁门库槽中心线桩号引 0+012.800，进水流道宽度为 6.0m，边墩厚 3.0m，总宽 12.0m。进水流道顺水流方向净距为 3.5m。水库正常水位 1392.00m，叠梁门顶高程 1391.00m，底板高程 1343.00m，高 52.00m，每节高 4.0m，共 12 节。门顶最小过流水深取 2.0m，最大水深为 6.0m，即门顶水深低于 2.0m，需提出一节叠梁门；门顶水深高于 6.0m，需放下一节叠梁门。叠梁门库的底高程 1355.50m，至塔顶高程 1395.50m，库深 40.00m，可满足叠梁门存放。

塔式进水口进口为平底喇叭口型，顶部采用半径为 2.0m 的圆曲线和 1:3 压坡由 6.50m 渐缩为 4.0m 的孔高；两侧以 1:1.5 的坡度由 6.0m 渐缩为 4.0m 的孔宽，

并由半径为1.0m的圆曲线连接,进水口孔口尺寸4.0×4.0m。底板高程为1343.00m,厚2.5m。塔式进水口顶设门机操作平台,高程1398.50 m,与大坝坝顶同高。

分层取水叠梁门和事故检修闸门由设置在闸顶的电动葫芦控制,实现闸门在门槽和门库间运行。

初拟叠梁门调度方案为:水库水位超过1389.0m时,11层门叶挡水,叠梁门顶高程为1387.0m,此为第1层取水;水库水位在1385.0~1389.0m时,吊起最上面一节门,10层门叶挡水,门顶高程1383.0m,此为第2层取水;.....;水库水位在1349.0~1353.0m时,吊起第10节叠梁门,仅1层门叶挡水,门顶高程1347.0m,此为第11层取水;水库水位低于1349.0m时,不能启用叠梁门挡水,此为12层取水。清水河水库各运行水位下的叠梁门运用方式见表8.1-9。

表 8.1-9 叠梁门运行调节方式

采用门叶数	门顶高程 m	要求水位范围 m	淹没水深 m
11	1387.0	1389.0≤L	2.0~
10	1383.0	1385.0≤L<1389.0	2.0~6.0
9	1379.0	1381.0≤L<1385.0	2.0~6.0
8	1375.0	1377.0≤L<1381.0	2.0~6.0
7	1371.0	1373.0≤L<1377.0	2.0~6.0
6	1367.0	1369.0≤L<1373.0	2.0~6.0
5	1363.0	1365.0≤L<1369.0	2.0~6.0
4	1359.0	1361.0≤L<1365.0	2.0~6.0
3	1355.0	1357.0≤L<1361.0	2.0~6.0
2	1351.0	1353.0≤L<1357.0	2.0~6.0
1	1347.0	1349.0≤L<1353.0	2.0~6.0
0	1343.0(发电引水底板)	-	-

图 8.1-1 比较了清水河水库采用叠梁门取水方案时各典型水文年的下泄水温。

表8.1-10、图8.1-2列出了叠梁门取水时下泄水温与坝址天然水温的具体差异。由于分层取水措施的采用,水库下泄低温水现象得到了明显改善。最大低温水降幅在单层取水时为5.0℃(平)、5.5℃(丰)、4.5℃(枯),叠梁门取水时相应月份已比天然水温高1.3℃(平)、1.1℃(丰)、1.2℃(枯)。

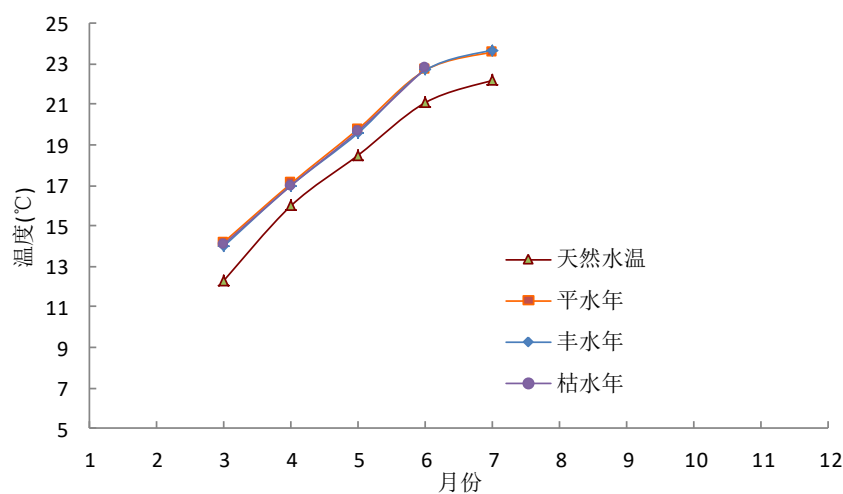


图 8.1-1 清水河水库叠梁门取水时下泄水温比较

表 8.1-10、图 8.1-3 对比了叠梁门取水相对于单层取水的低温水改善效果。采用分层取水措施后，平、丰、枯水文年的下泄水温分别比单层取水时提高了 1.6-6.3℃(平)、1.9-6.6℃(丰)、2.3-5.7℃(枯)。

表 8.1-10 清水河水库叠梁门取水与单层取水的下泄水温对比（℃）

月份	天然水温	平水 年 下泄	丰水 年 下泄	枯水年 下泄	与天然水温的差异			与单层取水的差异		
					平	丰	枯	平	丰	枯
3 月	12.3	14.2	14.0	14.1	1.9	1.7	1.8	2.4	2.4	2.3
4 月	16.0	17.1	17.0	17.0	1.1	1.0	1.0	4.9	5.1	4.7
5 月	18.5	19.8	19.6	19.7	1.3	1.1	1.2	6.3	6.6	5.7
6 月	21.1	22.7	22.7	22.8	1.6	1.6	1.7	4.6	5.0	4.1
7 月	22.2	23.6	23.7	-	1.4	1.5	-	1.6	1.9	-

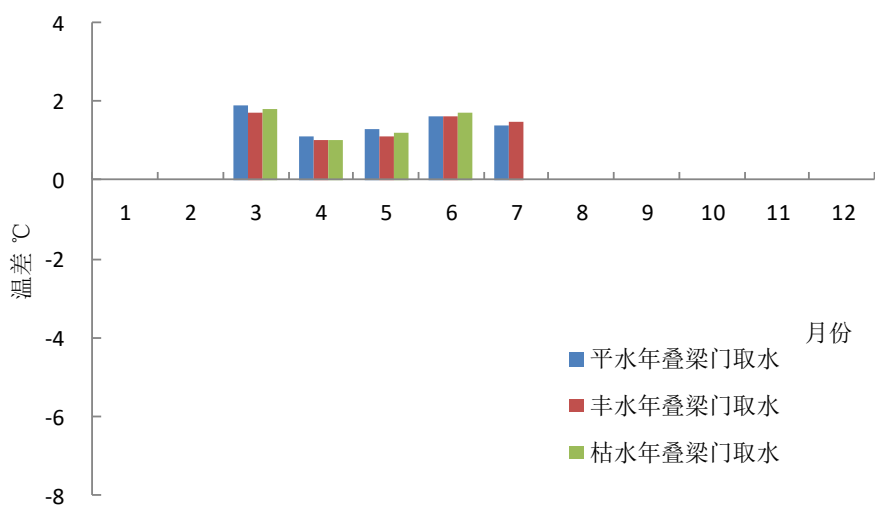


图 8.1-2 清水河水库叠梁门取水与天然水温的差异

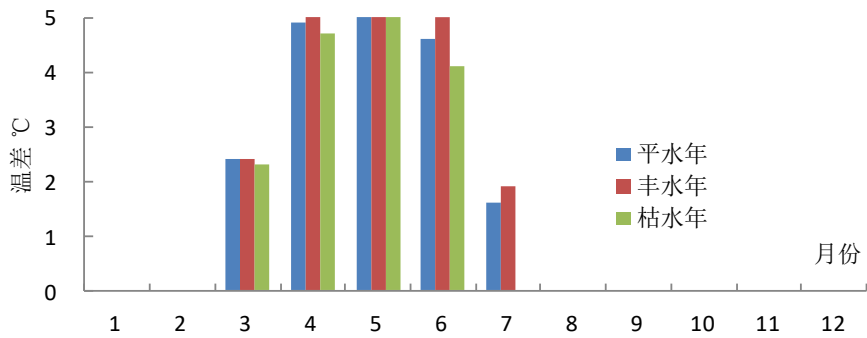


图 8.1-3 清水河水库叠梁门取水的下泄水温改善效果

表 8.1-11 对比了叠梁门取水时下泄水温到达特征水温 18.5℃的延迟时间。各工况下泄水温到达 18.5℃的时间比天然水温提前了 10-13 天，比单层取水时提前了 42-49 天。总体来看，叠梁门取水可显著减缓下泄水温的延迟效应。

表 8.1-11 清水河水库叠梁门取水时下泄水温延迟时间对比

项目	特征水温 18.5℃		
	到达 18.5℃的时间	延迟或提前时间	比单层取水提前时间
天然水温	5 月 12 日	-	-
平水年	4 月 29 日	提前 13 天	49 天
丰水年	5 月 2 日	提前 10 天	47 天
枯水年	5 月 2 日	提前 10 天	42 天

(2) 五层取水口方案

进水塔采用五层孔口分层取水，孔口上下垂直布置，第一层进水口底板高程为 1382.0m，第二层进水口底板高程为 1372.0m，第三层进水口底板高程为 1362.0m，第四层进水口底板高程为 1352.0m，第五层进水口底板高程为 1343.0m。各层进水口均为 1 孔，拦污栅宽度为 6m，第一到第五层的孔口宽度和高度均为 4.0m，各层进水口后接竖向流道，水流由竖向流道经事故闸门进入取水发电隧洞。拦污栅、事故闸门布置同叠梁门分层取水方案。

当库水位在 1388.0m 以上时，开启第一层闸门，关闭第二到第五层取水闸门，水流经过第一层取水闸门流入取水发电隧洞，以保证取水库表层水，当库水位消落至 1388.0m 以下 1378.0m 以上时开启第二层取水闸门，关闭第一层、第三层到第五层取水闸门，水流经过第二层取水闸门流入取水发电隧洞，当库水位消落至

1378.0m 以下 1368.0m 以上时开启第三层取水闸门，关闭第一层、第二层、第四层和第五层取水闸门，水流经过第三层取水闸门流入取水发电隧洞，当库水位消落至 1368.0m 以下 1358.0m 以上时开启第四层取水闸门，关闭第一层到第三层和第五层取水闸门，水流经过第四层取水闸门流入取水发电隧洞，当库水位消落至 1358.0m 高程以下时开启第五层取水闸门，关闭第一层到第四层取水闸门，水流经过第五层取水闸门流入取水发电隧洞。

进水口为平底喇叭口型，流道顶部采用半径为 1m 的 1/4 圆形曲线；进口两侧宽度以 1:2.5 的坡度由 6.0m 渐缩为 4.0m。进水塔底板顶高程为 1343.00m，底板底高程为 1341.0m，底板厚度为 3.0m。

表 8.1-12 对比了清水河水库五层孔口方案的下泄水温。各典型水文年清水河水库采用五层孔口方案取水后，下泄水温的春季低温水现象得到了有效缓解。

平水年采用叠梁门后，3-7 月下泄水温提高 1.6-6.3℃，5 月仍有 1.4℃的低温水降幅；丰水年采用叠梁门后，3-7 月下泄水温提高 1.1-4.3℃，4、5 月仍有 0.4℃、1.2℃的低温水降幅；枯水年采用叠梁门后，3-6 月下泄水温提高 1.7-3.4℃，4、5 月仍有 1.2℃、1.1℃的低温水降幅。

表 8.1-12		五层孔口分层取水效果对比								单位：℃			
月份	坝址	平水年下泄水温				丰水年下泄水温				枯水年下泄水温			
	现状水温	单层取水	五层孔口	c-b	c-a	单层取水	五层孔口	g-f	g-a	单层取水	五层孔口	k-j	k-a
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
3 月	12.3	11.8	13.2	1.4	0.9	11.6	12.7	1.1	0.4	11.8	13.5	1.7	1.2
4 月	16.0	12.2	16.0	3.8	0.0	11.9	15.6	3.7	-0.4	12.3	14.8	2.5	-1.2
5 月	18.5	13.5	17.1	3.6	-1.4	13.0	17.3	4.3	-1.2	14.0	17.4	3.4	-1.1
6 月	21.1	18.1	21.4	3.3	0.3	17.7	21.2	3.5	0.1	18.7	21.3	2.6	0.2
7 月	22.2	22.0	23.1	1.1	0.9	21.8	23.2	1.4	1.0	-	-	-	-

(3) 分层取水推荐方案

表 8.1-3 对比了五层孔口与叠梁门的水温改善效果。由于叠梁门的取水高程更为灵活，因而在各典型水文年运行条件下，叠梁门的取水效果均优于五层孔口方案，平、丰、枯水文年的下泄水温分别比五层孔口偏高 0.5-2.7℃、0.5-2.3℃、0.6-2.3℃。

表 8.1-13 五层孔口与叠梁门的对比 单位: °C										
月份	坝址 现状 水温	平水年下泄水温			丰水年下泄水温			枯水年下泄水温		
		五层 取水	叠梁 门	c-b	五层 取水	叠梁 门	g-f	五层 取水	叠梁 门	k-j
		a	b	c	d	f	g	h	j	l
3 月	12.3	13.2	14.2	1.0	12.7	14.0	1.3	13.5	14.1	0.6
4 月	16.0	16.0	17.1	1.1	15.6	17.0	1.4	14.8	17.0	2.2
5 月	18.5	17.1	19.8	2.7	17.3	19.6	2.3	17.4	19.7	2.3
6 月	21.1	21.4	22.7	1.3	21.2	22.7	1.5	21.3	22.8	1.5
7 月	22.2	23.1	23.6	0.5	23.2	23.7	0.5			

综上，本阶段推荐采用叠梁门分层取水方案。

8.2地下水环境保护措施

8.2.1 源头控制措施

为了保护地下水环境，采取措施从源头上控制对地下水水位和水质的影响。科学施工，降低施工涌水量；清洁施工，减少施工过程中机械用油、生活垃圾等污染物的产生量。从设计、管理各种工艺设备和物料运输、贮存上，防止和减少污染物的跑冒滴漏。

(1) 隧洞工程对地下水环境影响的防护措施

隧洞施工前加强水文地质勘察，必要时对其进行专项水文地质勘察研究，查清隧洞对环境影响的方式、途径和程度。主要勘察地下水的分布、类型、贮存、补给、径流、排泄条件及隧洞顶部地表水体情况，以及地下水、地表水的利用情况等。

加强综合超前地质预报，探明掌子面前方地质条件，以便采取有效的施工措施，避免施工中突发涌水。隧洞施工采用“短进尺，快循环，弱爆破，少扰动，紧封闭”的施工方法。为防止隧洞开挖过程中出现高压涌水，隧洞施工中要贯彻以“疏”和“堵”为主，“堵”排相结合的原则，对揭露的暗河管道以“疏”为主，对开挖后洞壁渗涌水或经超前钻探探明以及已经涌出工作面的大量地下水，大量溶隙（洞）充填物，富水的松散破碎带等以“堵”为主，尽量保持地下水的原始渗径，从而减少地下水的工

程性流失,通过疏、堵措施处理后仍然存在的少量地下水,或其它散存不便处理的少量地下水,在不大影响当地生产生活泉流的情况下,予以限量排放的最后措施。施工中要做到“先探水、预注浆、后开挖、补注浆、再衬砌”施工工序。对于探水孔涌水量 $>10\text{m}^3/\text{h}$,采取帷幕注浆;对于涌水量虽 $<10\text{m}^3/\text{h}$,但别个单孔出水量 $>2\text{m}^3/\text{h}$ 时,对这些探孔进行局部注浆,对开挖后有水则进行顶水注浆。在可溶岩与非可溶岩接触带则采用径向注浆。

施工中加强支护,做到边掘进边衬砌,在初期衬砌后及时铺设防水板,并进行二次复合式衬砌;在水平施工缝或环形施工缝使用橡胶止水带止水工艺。主要考虑防治方案包括:

①引排方案:对于位于地下水位以下的隧洞施工,为确保下游用水需求与隧洞施工与运营安全,在隧洞施工期间应先设置引排水管道对地下水进行引排,减少地下水对隧洞施工的影响。

②注浆堵水方案:如果溶洞规模较大,溶洞内部充填了大量的填充物且含有丰富的地下水,一旦揭露开,可能发生大规律的突水和突泥,严重影响施工安全,并且大量排放地下水影响当地生态环境及居民用水需求,则应采用“以堵为主,限量排放”的原则,采取全断面注浆堵水加固的方法。通过注浆加固,限制排水量,保证隧洞洞室稳定,确保施工及运营安全,实现有效控制排放,减少和防止水资源流失。洞内注浆方案的选择可根据隧洞岩溶发育地段的不同工程地质、水文地质情况进行初步选定,施工中再结合超前地质预测预报等措施综合分析的成果,确定合理的注浆方案。

③清浊分流方案:隧洞施工排水系统排出的地下水应采取清污分流;生产污水必须经过一定的处理后方可排放,防止对地表水、地下水水质产生影响;清洁水则可以作为施工用水循环使用。在特殊情况下,经过一定的处理达标后,还可以作为工程区的应急备用水源或直接排入当地原有输水渠道。

(2) 供水工程区地下水污染防治措施

沿线输水隧洞采用衬砌结构,地下水的渗入主要是由于衬砌产生裂缝所致。产生裂缝的原因有:混凝土的硬化热和干燥收缩引起的应变,受喷射混凝土的制约,是裂缝产生的主要原因;其次,膨胀性岩石边墙,遇水引起局部下沉,使拱部拉裂;仰拱与衬砌的结合部往往是结构上的受力弱点等。因此,衬砌裂缝的防治可以有效的防止污染因子的入渗。其防治措施有:

①以锚杆加固围岩；

②锚杆加钢筋网喷射混凝土加固围岩；

③对软弱程度不大的围岩及裂隙进行注浆加固和封堵裂隙，使弱岩加强、水道堵塞，从而起到抗渗防漏作用，避免衬砌混凝土开裂漏水；

④在衬砌和喷射混凝土之间加隔离材料或改进衬砌混凝土的质量，也可在特定位置设置诱发裂缝的裂缝，以减少整体的裂缝。

（3）灌区土壤次生沼泽化防护措施

灌区灌溉后将补给地下水，抬高区域地下水位，在地形地低洼处注意排灌工程配套，建立农田林网，改善农田生态环境，使土地盐渍化、沼泽化显著减少、减弱。

（4）灌区灌溉回归水影响防治措施

灌溉区域提倡绿色农业生产，提倡使用高效、低残留的农药、化肥。科学施用农药、化肥，发展绿色农业，倡导标准化农业生产。采取有效的控制措施及科学的管理方法后，化肥的使用对灌区土壤的影响降至最低。对于农药要科学合理使用，推广生物防治新技术和新产品，推广用无公害环保型农药，加强生物防治等环境保护措施，遵从相关技术导则规定的使用量和使用方式，使灌区农药的使用对灌区水质影响最小。

（5）枢纽区地下水污染防治措施

枢纽区地下水的保护应以预防为主，生产废（污）水应进行处理后回用，严禁直接外排，同时应优化施工布置，施工生产设施及生活区不能直接设在灰岩和白云岩分布区，以及可能存在岩溶管道的地方，生产区和生活区需采用粘土和混凝土等填实，做好防渗措施。污废水处理设施须进行定期检查，及时发现并采取相应措施（如堵住泄漏管道、采用防渗墙等）减少和杜绝其冒滴漏现象，杜绝形成持续的污染源，使其对周边地下水的影响降至最小。

8.2.2 应急处理措施

8.2.2.1 风险应急预案

（1）水质应急

地下水污染事故的应急措施应在制定的安全管理体制的基础上，与其它应急预案相协调。应急预案应包括以下内容：

应急预案的制定机构；应急预案的日常协调和指挥机构；相关部门在应急预案

中的职责和分工；地下水环境保护目标的确定和潜在污染可能性评估；应急救援组织状况和人员，装备情况。应急救援组织的训练和演习；特大环境事故的紧急处置措施，人员疏散措施，工程抢险措施，现场医疗急救措施。特大环境事故的社会支持和援助；特大环境事故应急救援的经费保障。

(2) 水量应急。隧洞施工期，密切监测附近村庄地下水位等变化，若出现隧洞大量涌水且附近村庄(平老村)地下水水位明显变化时，一方面启动施工应急预案，确保施工安全，另一方面，关注村庄用水情况并通过拉水车应急供水等保证村庄用水安全。

8.2.2.2 处理措施

(1) 当发生异常情况时，按照装置制定的环境事故应急预案，启动应急预案。在第一时间尽快上报主管领导，启动周围社会预案，密切关注地下水变化情况。

(2) 组织专业队伍负责查找地下水环境事故发生地点，分析事故原因，尽量将紧急时间局部化，如可能应予以消除，尽量缩小地下水环境事故对人和财产的影响。减小事故后果的手段，包括切断生产装置或设施。

(3) 对事故现场进行调查，监测，处理。对事故后果进行评估，采取紧急措施制止事故的扩散，扩大，并制定防止类似事件发生的措施。

(4) 如果本单位力量不足，需要及时请求社会应急力量协助。

(5) 隧洞施工过程中，在某段施工影响到周边居民集中供水水源井时，采用运水车及时为村民提供生活用水。需要施工前，掌握输水线路沿线居民人数及供水情况，制定具体的应急供水方案。

(6) 平老村的地下水在导流洞和取水发电洞施工过程中会受到影响，要做好水量应急预案。在供水紧急的情况下，要安排拉水车到附近的 S2、S3 泉点拉水应急。

8.3 陆生生态保护措施

8.3.1 陆生植物保护措施

8.3.1.1 生态影响的避让措施

根据本工程特点，采取以下生态影响的避免措施：

(1) 水库枢纽区及供水线路区的施工占地在设计时尽量避免和减少对林地和

耕地的占用，特别是供水管道的布设时，要尽量避免和减少占用灌区林地和耕地。

(2) 项目取、弃土场的设置要在最大限度地做到挖填平衡之后，减少土石方远距离纵向调运数量，尽可能地减轻在施工过程中因土石方运输造成的扬尘污染以及雨季施工潜在的水土流失和对植被的破坏。

(3) 在优化取、弃土场选址和土石方纵向调运的基础上，项目取、弃土场的具体设置情况通过立地条件分析确定，有效地防止施工事故和人为生态植被破坏等问题。

(4) 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环境保护教育；严禁施工人员随意砍伐树木。

8.3.1.2 生态影响的减缓措施

生态影响的减缓措施是对难以避免的不利生态影响采取一定措施减轻受影响的范围和程度。生态影响的减缓通常是采取先进的生态设计方法减少损失。根据工程特点，建议采用以下生态影响的减缓措施。

(1) 施工人员应在施工的征地范围内活动，尽量减轻非施工因素对周围植被的占用与压踏。

(2) 为了防止施工占地表层土的损耗，要求将施工开挖地表面 30cm 厚的表层土剥离，进行留存。待施工结束后用于施工场地平整，进行绿化。

(3) 设置警示牌：施工期间，在各主要施工区及植被较好的位置设置生态保护警示牌。警示牌上标明工程施工区范围，禁止越界施工占地或砍伐林木，尽量减少占地造成的植被损失。

8.3.1.3 重点保护植物古树名木保护措施

通过对国家级重点保护植物的影响分析得知：库区内的 25 株榉树和 8 株黄连木需采取移栽方法，位于枢纽区平老村小组和普底村拉脚村小组的 7 株榉木和以勒村小学旁的 2 株黄连木采取就地保护的措施。榉树和黄连木移栽地点选择业主营地、鱼类增殖站或移民安置区的以勒村安置点、小龙白安置点、瓦窑冲安置点等移栽前，组织专人负责进行被移栽树木的移植地点考察，明确移栽位置，并征得林业主管部门的认可，并委托专门施工单位实施移栽。移栽后实行挂牌保护，落实保护责任制，明确专人管理，加强养护。榉树及黄连木移栽的注意事项：

(1) 就近移栽。如果移栽距离太远，则土壤性质差别太大，会使移植的树木“水

土不服”。此外，运输太远，容易引起大树枝干和根部风干脱水，长途运输的颠簸易使土球破碎，此外，长途运输会增大运输成本。

(2) 榉树移栽时间应选择在春季。春季气温回升，榉树较快进入生长，对伤口的愈合、新根的生长、新芽的产生较为有利，同时，观察大树生长的状况也容易得多，可及时发现问题，及时补救。

(3) 切根与剪枝。由于根部切断较多，大树吸收水分能力减弱，应此必须进行剪枝，且力度要大。考虑到运输方便等应素，甚至截短为光秃，仅留主干即可。

(4) 挖掘在移植前一两天，根据土壤干湿情况进行适当浇水，以防挖掘后土壤过干而使土球松散。主根不可太短，否则虹吸作用会使养分从主根流失。土球的厚度一般不小于土球直径的 $2/3$ 。起挖时遇到粗大根系可用手锯锯断，不可用锹斧硬砍。土球要用草绳包扎。无论采取何种方法包扎都以“紧”为准则。

(5) 栽植栽植前挖好土坑。如果地下水位较高，挖坑深 1.3 米左右，底部铺 0.3 米厚的砂及砖石，起到透气与渗水作用。移栽前用生根粉调和涂抹树根伤口，然后逐步回填土。回填中不断用水搅拌，直到成泥浆状。10 分钟左右水会下渗，再回填土。土壤应既能满足树木排水要求，又与土球紧密接触。

8.3.2 陆生动物保护措施

8.3.2.1 生态影响的避让措施

(1) 提高施工人员的保护意识，严禁捕猎野生动物。在施工的过程中，施工人员必须遵守《中华人民共和国野生动物保护法》，严禁在施工区及其周围捕猎野生动物，特别是国家重点保护野生动物。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，在动物经常出入的地方要加强巡护，对故意捕获野生动物的个人和组织要加大打击力度，确保野生动物的保护落实到每一个环节。

(2) 弃渣场、料场、施工场地、临时便道等临时占地，尽量避开植被较好的区域，严禁越界施工，尽量少破坏动物生境。

(3) 施工时的废水严禁不经处理的直接排放，建筑物及其他材料堆放好，建议采取临时防风、防雨设施；对施工运输车辆应采取遮挡措施，尤其是运输水泥等材料时，避免废水、废渣及废弃对周围动物生境的破坏。

(4) 施工作业期，要避开动物活动的高峰期。野生鸟类和兽类大多是晨昏或夜

间觅食，正午是鸟类休息的时间。为了减少工程施工对野生动物的惊扰，应做好施工时间的计划。

(5) 施工期间，在各主要施工作业区设置生态保护警示牌。警示牌上标明工程施工区范围，禁止越界施工占地或砍伐林木、禁止捕猎野生动物，尽量减少占地造成的植被损失和对野生动物的伤害。

8.3.2.2 生态影响的减缓措施

(1) 在工程施工过程中，要采用有效方法去除油污，合理处理生产废水、弃渣及施工人员生活污水等污染物，严禁直接排入附近水域，避免污染两栖爬行类、涉禽以及傍水型鸟类的生境。施工期间的废水达标处理后回用或排放。生活污水采用化粪池进行处理，委托地方环卫部门定期清运，不外排。含油污水收集后经隔油池和油水分离器处理，出水排放，废油由有相关资质的单位回收处理。基坑废水采用向基坑中投加絮凝剂进行絮凝沉淀和酸性中和的方法，基坑废水静置沉淀后外排。

(2) 施工期间加强料场、弃渣场防护，防止水土流失。加强施工人员的各类卫生管理，避免生活污水的直接排放，减少水体污染。

(3) 鉴于鸟类对噪声、振动和施工灯光特殊要求，施工尽可能在白天进行，晚上做到少施工或不施工；严禁高噪声设备在夜间施工，尽量减少鸣笛。

(4) 对施工期产生的扬尘污染，需严格执行以下措施加以消减，减缓扬尘对鸟类的影响。配备洒水车，定期在易产生扬尘污染的土石路面和多粉尘施工区洒水降尘；选用燃油效率高、尾气排放量小的施工机械和车辆；爆破前向预爆体表面洒水，湿润表面，最大限度地减少粉尘的产生量；散装水泥采用罐装封闭运输，避免运输期间的漏洒现象。

(5) 施工期间，在各主要施工作业区设置生态保护警示牌。警示牌上标明工程施工区范围，禁止越界施工占地或砍伐林木、禁止捕猎野生动物，尽量减少占地造成的植被损失和对野生动物的伤害。

8.3.2.3 重点保护动物的保护措施

对于 6 种国家重点保护动物，除了进行一般动物的避让、减缓等保护措施外，还要重点加强有关野生动物法律法规宣传工作，在主要的施工区和施工人员的生活区设立野生动物保护的宣传栏，对重点保护动物做重点标示及说明，包括动物图片、保护级别、保护意义等。针对本工程对重点保护动物所产生的影响建议采取的

保护措施见表 8.3-1。

表 8.3-1 重点保护的动物保护措施一览表

中文名 拉丁名	保护级别	分布	保护措施
1. 黑翅鸢 <i>Elanuscaeruleus</i>	国家Ⅱ级	栖息于有树木和灌木的开阔原野、农田、疏林和草原地区	严禁施工人员猎杀、上树破坏鸟巢，施工区夜晚减少施工，减少噪声、施工灯光对鸟类的影响。
2.(黑) 鸢 <i>Milvus migrans govinda</i>	国家Ⅱ级	主要分布在开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带，也常在城郊、村屯、田野和湖泊上空活动。	
3.普通鵟 <i>Buteo buteo japonicus</i>	国家Ⅱ级	活动范围较大，在评价区主要分布在山地森林和林缘地带，在村落附近也有分布。	
4. 雀鹰 <i>Accipiter nisus</i>	国家Ⅱ级	栖息于针叶林、混交林、阔叶林等山地森林和林缘地带。	
5. 松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	国家Ⅱ级	栖息于山地针叶林和混交林中。	
6. 红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	国家Ⅱ级	主要分布山地森林、森林苔原、低山丘陵、旷野、山区植物稀疏的混合林、疏林农田地区。	

8.3.3 生态环境修复与补偿

(1) 根据当地的气候特点，选择适宜的林草种植物种类，如滇青冈、滇油杉、云南松、杉木等本地物种对评价区内生态环境和景观进行恢复，应控制建筑斑块的扩张，重建植被斑块。

(2) 在景观及植被恢复时，必须根据立地条件的不同，采取不同的植被恢复措施。如在侵蚀冲沟两侧等坡度较大的坡地，土壤较干旱，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；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。

(3) 供水管道填挖方边坡设计应加强生态防护和美化设计的配合协调，根据地形、地质条件及坡面植被覆盖情况，有条件的尽可能直接种植树木、草坪及灌木防护绿化，尽可能恢复自然植被、掩盖施工痕迹，保护生态环境，使之与自然环境和风景相协调。

(4) 对因工程建设占地、开挖、堆渣等破坏的植被进行补偿，并待工程完建后采取种植林、灌、草相结合的植被恢复措施，使工程影响区植被覆盖率不低于工程

建设前的水平。

(5) 结合工程的水保工程及植物措施，因地制宜对施工营地进行绿化景观恢复。同时加强植物检疫，尽可能避免工程过程将入侵植物带入，一旦发现应在早期就应及时组织人力将其清除。

(6) 在施工中应保持原有山林，尽量减少砍伐，工后植树，回填应尽量恢复至原地面，并植草植树绿化，加快生态恢复。

8.4水生生态保护措施

8.4.1 鱼类及水生生物保护措施体系

(1) 保护目标及主要保护对象

为减缓清水河水利枢纽工程建设对工程影响水域鱼类及水生生物的影响，维护和恢复水生生物多样性，长期保持一定的鱼类种群规模，需建立完善的、系统的鱼类及水生生物保护措施体系。

主要保护对象优先选择受工程影响的保护鱼类，其次选择有重要经济价值的鱼类，因此将受工程影响的保护鱼类暗色唇鲮，具有经济价值的花鲮和云南光唇鱼，以及喀斯特地质条件下的特有鱼类狭孔金线鲃作为主要保护对象，兼顾保护其他鱼类。

(2) 保护措施体系

根据清水河水利枢纽工程特性、其建设对鱼类及水生生物的影响，结合清水河水利枢纽工程影响河段鱼类生物学及生态学特征，提出包括栖息地保护、过鱼设施、增殖放流、渔政管理等鱼类保护措施体系，见表 8.4-1。

表 8.4-1 清水河水利枢纽工程工程鱼类保护措施体系

	序号	措施名称	保护对象	具体措施
施工期	1	加强宣传及监管，建立鱼类保护应急机制	施工区河段所有鱼类	1、制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌； 2、建立和完善鱼类资源保护的规章； 3、加强监管； 4、建立鱼类保护应急机制；
运行期	1	栖息地保护	花鲮、云南光唇鱼、云南盘鮠、狭孔金线鲃以及其他鱼类	为受影响鱼类保留或提供部分替代生境，使鱼类在其内可以完成生活史过程。

	2	过鱼设施	云南光唇鱼、花鲢、云南盘鮈和狭孔金线鲃	修建鱼道，减缓大坝阻隔效应，促进大坝上下种群间的遗传基因交流。
	3	鱼类增殖放流	暗色唇鲮、云南光唇鱼、花鲢、狭孔金线鲃	在管理用地范围内建设 1 座增殖放流站，维护和恢复鱼类生物多样性。
	5	加强宣传教育和渔政管理	清水江流域所有鱼类	加强宣传教育，加强渔政能力建设

8.4.2 施工期鱼类保护措施

- （1）施工期间，加强宣传，制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌，增强施工人员的环保意识。
- （2）建立和完善鱼类资源保护的规章，严禁施工人员下河捕捞。
- （3）加强监管，严格按环保要求施工，施工生产废水和生活污水按环保要求进行处
- （4）建立鱼类保护应急机制。对施工围堰内的鱼类及时进行捕捞、暂养或放归；需要进行水下爆破的，事先需对影响水域采用声、电或网具等手段驱赶鱼类，以免鱼类受到爆破的波及；在初期蓄水时，坝下河段水量明显减少，出现减水情况，鱼类会较集中搁浅，应事先安排人员巡查，禁止初期蓄水期坝下减水河段捕鱼，对搁浅的鱼类及时采取救护措施，运行至库尾及坝下河段内适宜生境放流，以保护鱼类资源。

8.4.3 栖息地保护

栖息地保护是重要的鱼类保护措施之一，本工程所在清水江河段，受水文情势改变和淹没影响，云南光唇鱼、云南盘鮈等流水性鱼类和洞穴鱼类狭孔金线鲃受影响较大。工程河段内鱼类多为产粘沉性卵鱼类，对繁殖条件要求不严苛。水库形成后，流水生境萎缩，云南光唇鱼、云南盘鮈等可能在水库库尾流水河段、支流回水上游的流水河段找到其适宜的栖息繁殖水域，库区支流流水河段将会是库区内适应流水生境鱼类新的重要产卵水域。因此，可选择适宜的、与干流连通的支流作为栖息地保护河段，为鱼类提供栖息和产卵场所。

8.4.3.1 干支流现状

- （1）水库库尾以上河段

清水江为南盘江右岸的一级支流，发源于砚山县的回龙水库，全长 229km。清水江南支为南丘河，北支为清水河，南丘河、清水河汇合后称清水江。南丘河发源于砚山县回龙水库，五十年代早期在回龙水库下游建成了听湖水库，其中干河镇以上称公革河。境内多为岩溶地貌。河流沿岸有村庄零散分布，两岸多农田。从清水河水利枢纽工程回水末端和其上游古登寨支流汇口附近渔获物调查和历史记录来看，鱼类有云南光唇鱼、云南盘鮡等适应流水生境鱼类和狭孔金线鲃、部分鳅科鱼类等。

（2）清水河水利枢纽工程坝下干流河段

清水河水利枢纽工程坝下干流河段内为流水和缓流交替状态，各电站库尾内为静水缓流状态，河床底质以沙砾石、沙泥质为主。在坝址下游约 14km 处为支流清水河汇口，存在一处小型鱼类产卵场，在清水河汇口下游约 2km 处为小龙潭电站发电尾水出口，清水河汇口下游约 5km 处为格雷一级电站坝址，其下依次建有格雷二级电站、猴爬岩电站、坝达电站、猫街电站 5 座水电站，5 座水电站坝下减水现象不明显。其中在格雷二级电站下游（距清水河汇口下游约 12.3km）处有一道天然瀑布，落差 27m 左右。在鱼类种类上有广西爬鳅、条纹爬岩鳅、横纹南鳅、云南光唇鱼、鲃等。

（3）支流

在本工程库尾以上和本工程坝址至格雷一级电站之间，支流主要有古登寨支流、以勒村支流、以甲村支流和清水河支流。

古登寨支流上游为龙潭地下水出口，水流量季节变化大。鱼类种类较少，有狭孔金线鲃、条纹小鲃、云南盘鮡等。

以勒村和以甲村支流水流量小，上游为村庄、农田，偶尔有一些小型鱼类进入该支流。

清水河支流（坝下约 13 km），多年平均流量 11.2m³/s，流经丘北县县城，周围乡镇较多，人口密度大。清水河上已建两个梯级电站碧松就电站（0.32MW）和小龙潭电站（30MW），碧松就电站为引水式开发，小龙潭电站为混合式开发，河流连通性受阻。其中，小龙潭电站坝址位于清水河下游，厂房位于清水江干流清水河汇口下游约 2km 位置。

8.4.3.2 干支流栖息地保护河段选择

根据水生生态影响预测结果，在清水河水利枢纽工程建成后，水库回水 12km，

原有河段内存在流水生境的河段萎缩，云南光唇鱼、云南盘鮈等流水性鱼类会向库尾以上具流水生境的河段迁徙。在库尾以上 3km 处，有古登寨支流汇入，古登寨支流上游为龙潭地下水出口，生境较特殊，分布有洞穴鱼类狭孔金线鲃。古登寨支流汇口以上 6km 的干流河段，周边未有村庄分布，受人为干扰较少；再往上游，干流两岸有村庄散布。从库尾以上干流生境条件、鱼类分布和周边环境条件来考虑，将库尾至库尾以上 9km 的干流河段和古登寨支流作为栖息地保护河段，为适应流水生境鱼类提供栖息地，同时保护龙潭特殊生境，使洞穴鱼类可以维持一定的种群规模。

对于清水河水利枢纽工程坝址至格雷一级电站之间的干流河段，清水河汇口区域存在一处小型鱼类产卵场，建库后虽然会受到水文情势变化的影响，但仍能维持一定的产卵场功能，另外坝下河段仍能保持流水生境供适应缓流水生境的小规模鱼类种群生存，所以该段河流仍有保护价值。由于清水河汇口下游 2km 后的河段两岸村庄逐渐增多，因此拟将坝址以下至清水河汇口以下 2km 的 16km 河段作为栖息地保护河段，同时将清水河汇口以上 1km 的支流清水河作为栖息地保护河段，形成小区域干支流栖息地保护格局。

因此本工程栖息地保护范围为库尾至库尾以上 9km 的干流河段和古登寨支流，坝址下游 16km 干流河段和清水河汇口以上 1km 的支流清水河。见图 8.4-1。

本工程栖息地保护措施，再结合从清水河流域角度出发提出的支流石葵河和支流者中河栖息地保护，对于清水河流域鱼类的保护将起到积极的作用。

8.4.3.3 栖息地保护措施

（1）环境综合整治

建议将河源区设为常年禁捕区，设立地理标志区界。同时维护栖息地保护河段周边的自然环境，避免人为干扰对栖息地保护河段水生生境的破坏。

（2）强化渔政管理

建议当地渔政部门加强渔政管理力量，扩大宣传力度，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，取缔迷魂阵、布围子等有害渔具。

（3）水生生态监测

开展长期的水质、鱼类和水生生物等生态环境监测，为掌握栖息地鱼类资源的变化情况提供依据。

（4）限制开发

对栖息地保护河段应尽量禁止相关水资源、水能资源开发的工程建设。若需建设项目，则必须在充分论证工程对鱼类资源的影响基础上，提出切实可行的减缓措施，并获得相关环保部门、渔业部门的同意，方可开展工作。

8.4.4 过鱼设施

（1）过鱼设施建设的必要性

经调查，清水河水利枢纽工程影响河段没有长距离洄游鱼类，但存在短距离洄游鱼类云南光唇鱼，建坝后会对其洄游、迁徙产生阻隔作用。另外，大坝阻隔会影响上下游鱼类种群的基因交流，种群数量较大的鱼类，群体间将出现遗传分化，种群数量较少的物种将逐步丧失遗传多样性，危及物种长期生存，导致种群灭绝的概率增加。

根据《中华人民共和国水法》第三章第二十七条规定“在水生生物洄游通道修建永久性拦河闸坝，建设单位应当同时修建过鱼设施，或者经国务院授权的部门批准采取其他补救措施”。《中华人民共和国渔业法》第四章第三十二条规定，“在鱼、虾、蟹洄游通道建闸、筑坝，对渔业资源有严重影响的，建设单位应当建造过鱼设施或者采取其他补救措施”。2006年1月9日原国家环境保护总局办公厅下发了《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》（环办函[2006]11号），会议纪要要求“在珍稀保护、特有、具有重要经济价值的鱼类洄游通道建闸、筑坝，须采取过鱼措施。对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝措施。同时应重视掌握各种鱼类生态习性和水电水利工程对鱼类影响的研究，加强过鱼措施实际效果的监测，并据此不断修改过鱼设施设计，调整改建过鱼设施，优化运行管理。”增殖放流无法达到促进上下游鱼类基因和种质资源交流的目的，且放流种类有限，因此以增殖放流替代过鱼措施不适宜。

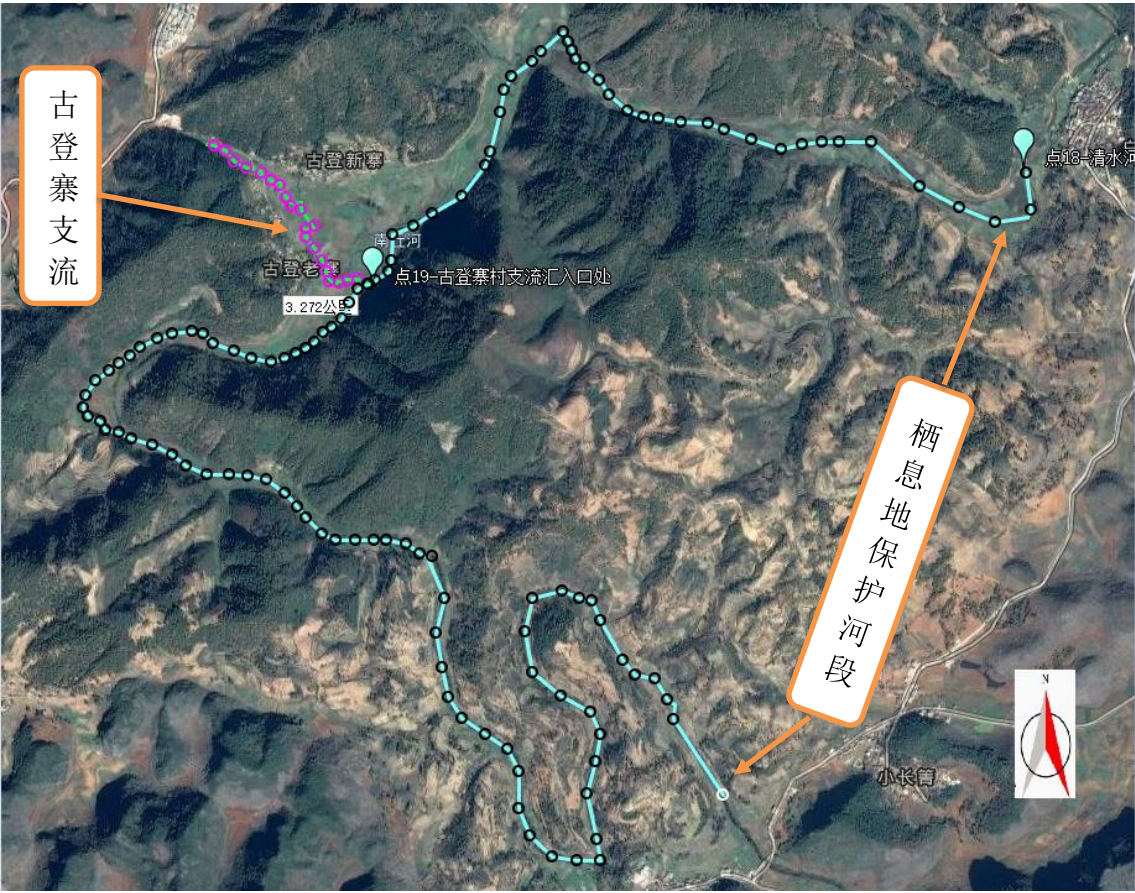


图 8.4-1 坝址上游栖息地保护河段位置图



图 8.4-2 坝址下游栖息地保护河段位置图

因此，本工程有必要修建过鱼措施，减缓大坝对鱼类的阻隔影响，维持坝址上下鱼类种群之间的基因交流，维持一定的鱼类种群规模。

（2）过鱼设施比选

清水河水库正常蓄水位为 1392m，死水位为 1350m，坝下水位在 1314.0m 左右，正常蓄水位和坝下水位差值为 78m。国内外主要水利工程过鱼设施选型包括鱼道、升鱼机、集运鱼系统等，需根据工程条件、过鱼种类习性和布置条件选择合适的过鱼设施。各种过鱼设施的特点比较见表 8.4-2。

表 8.4-2 常见上行过鱼设施优缺点及适用范围比较

	优点	缺点	主要应用领域
鱼道	消能效果好 结构稳定 占地相对较小 连续过鱼	不易改造 工程量较大	中低水头大坝
升鱼机	鱼类体力消耗小 过鱼实现自动化，人为因素小	不能过鱼连续 操作复杂 运行费用高	高水头大坝
集运鱼系统	工作地点灵活 对主体工程影响小	操作复杂 对鱼类存在伤害 需要组织专门运鱼队伍， 运行费用高	中高水头大坝

A、鱼道

过鱼设施中，鱼道需要开阔的地形以满足长度的需要，但本工程上下游水头差近 78m，所在地两岸地形陡峻，不具备绕坝布置的地形条件。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。综合来说，本工程不适合布置鱼道。

B、升鱼机

升鱼机和集运鱼系统优点是节省占地，投资小，一般运用在中高水头的大坝上，但缺点是不能实现连续过鱼，效率较低且运行维护费用较高。本工程属于高水头大坝，升鱼机需要采用机械提升，大坝为面板堆石坝，下游坡面设置“之”字形上坝路，不宜布置斜坡式和垂直式升鱼滑道。本工程不适合布置升鱼机。

C、集运鱼系统

集运鱼系统为下游集鱼后通过车或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。集运鱼系统可采用集运鱼船或建设固定集鱼平台进行集鱼，集鱼方式较灵活，但具有操作不连续，运行管理费用较高，且存在一定的人为干扰等缺点，但从集运鱼系统组成、布置、运行方式及对本工程适用性来看较适合本工程。

集运鱼系统主要集鱼设施分为集运鱼船和固定集鱼平台，其中集运鱼船受河道水深影响运行困难，且水库没有设置船闸过坝，受上下游河道不予推荐。坝下固定集鱼平台集鱼后采用机械提升的方式提升于平台上，再采取活鱼运输车转运，不

涉及主体工程，工程布置、建设难度较低，既可以较好适应坝下水位的变化，又可以解决鱼类游泳能力不强不能连续通过较长过鱼通道的问题；对于清水河分布的鱼类来说，个体偏小，无长距离溯河习性，坝下河段鱼类资源量有限，采用集运鱼系统完全可满足过鱼需求。

综合上述过鱼设施优缺点和对本工程的适用性，同时考虑到本工程所在江段鱼类资源量少，不必要连续运行过鱼，所以选择集运鱼系统作为本工程过鱼设施。

(3) 过鱼对象和过鱼季节

过鱼对象优先选择珍稀保护鱼类，其次选择特有鱼类、具有重要经济价值的鱼类。本工程所在江段（清水河水利枢纽工程库尾至下一级电站之间江段）内，无珍稀保护鱼类，狭孔金线鲃为喀斯特地质条件下的一种特有鱼类，具有经济价值的鱼类有云南光唇鱼、花鲢和云南盘鮈等。根据过鱼对象选择原则，本工程选择云南光唇鱼、花鲢、云南盘鮈和狭孔金线鲃作为过鱼对象，兼顾其他土著鱼类。

过鱼季节主要根据鱼类的主要繁殖期而定，本工程所在江段鱼类的产卵期为3月~7月，所以过鱼季节定为3~7月。

(4) 集运鱼系统布置

集运鱼系统布置主要考虑坝下流场、鱼类上溯生态特点、集鱼需求、工程布置条件等。

1) 坝下流场计算

过鱼设施进口宜布置于电站尾水、生态放水口等经常有水流下泄处，位置鱼类上溯的最上游处。在现有条件下，对坝下流场进行计算，以初步确定集运鱼系统位置。

采用 MIKE 21FM 模型水动力模对不同工况下坝下流场进行了计算，计算工况如错误!未找到引用源。所示：各工况计算结果分析如下：

表 8.4-1 计算工况表		
工况序号	工况说明	1#机组流量 (m³/s)
工况 1	1#机组发电	1.67
工况 2	1#、2#机组满发	3.35
工况 3	1#、2#、3# 满发	11.9

① 工况 1

工况 1 下坝下流场分布图见图 8.4-1 所示，由图 8.4 1 可知，尾水渠附近范围流速在 1~1.5m/s，尾水渠下游主河道流速在 0~0.6m/s。

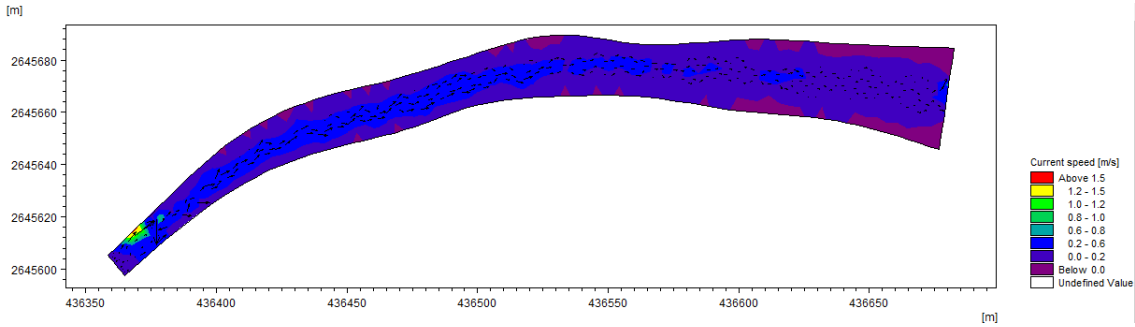


图 8.4-1 工况 1 坝下流速分布图

② 工况 2

工况 2 下坝下流场分布图见错误!未找到引用源。由图 8.4-2 可知，尾水渠附近范围流速在 1~1.5m/s，尾水渠下游主河道流速在 0~1m/s。

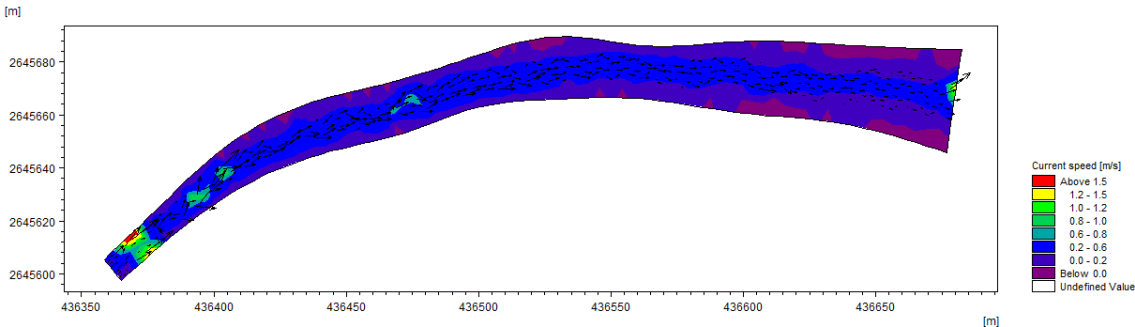


图 8.4-2 工况 2 坝下流速分布图

③ 工况 3

工况 3 下坝下流场分布图见错误!未找到引用源。所示，由图 8.4-3 可知，尾水渠附近范围流速在 1~2m/s，尾水渠下游主河道流速在 0.4~1.2m/s。

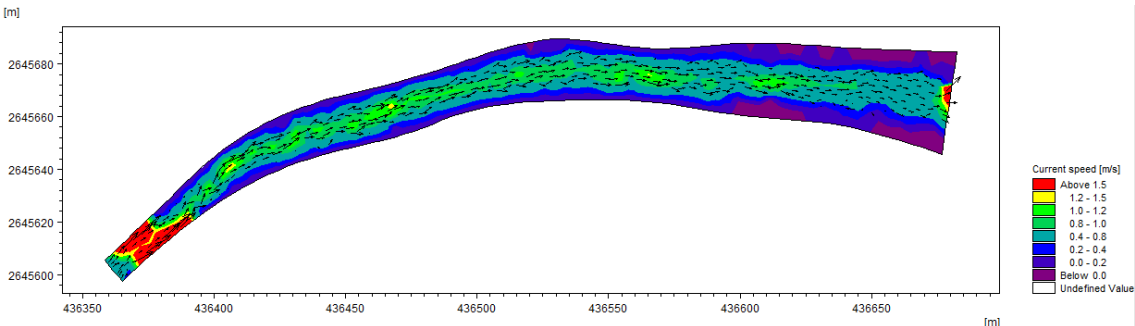


图 8.4-3 工况 3 坝下流速分布图

2) 固定集鱼平台布置

根据坝下流场计算成果，升鱼机诱鱼口宜布置在尾水渠下游约 50m 下游，具体位置待初步设计阶段进一步论证。本工程升鱼机按功能划分为五个组成部分，分

别为集鱼系统、转运系统、放流系统、分拣观察室和自动化运行管理系统。其中集鱼系统应布置在坝下有水流且鱼类能上溯至最上游的位置，本工程运行后，会一直有生态流量下泄，河道水流分布较平均，鱼类可能上溯至坝下；另外从坝下流速分布图看，高流速带偏左岸；转运和放流系统需根据大坝工程条件进行布置，满足鱼类（利用运鱼箱运输）自动转运的需求，目前坝址右岸布置有溢洪道，转运系统在右岸布置较困难；综合以上条件考虑，将本工程升鱼机布置在河道左岸。

集鱼系统主要用于诱集鱼，布置于坝下左岸。对于转运系统，大坝为面板堆石坝，下游坡面设置“之”字形上坝路，不宜布置斜坡式和垂直式升鱼滑道，主要采用敷设轨道、利用运鱼车进行转运鱼；运鱼车达到坝上后，再利用坝上的回转吊车，将运鱼箱吊运至库区进行放流。

（4）集鱼系统设计

1）集鱼系统设计

本工程集鱼系统附近河道流量较小，水深小于 1m，不适合在河道内布置集鱼船，因此选用坝下固定集鱼平台进行集鱼。固定集鱼平台采用集鱼通道进行诱集鱼，从坝下流速分布图看，工况一、工况二和工况三左岸流速偏高，集鱼通道末端设 Y 字形丁坝，可引导尾水渠水流进入集鱼通道形成诱鱼水流。集鱼通道进口底高程 1308.0m，与主河床走向大致平行衔接。集鱼通道长 27.8m，净宽 2.0m。从集鱼通道进口至上游，依次为赶鱼池、集鱼池、引水池，依次设检修闸门、赶鱼栅、集鱼斗、固定栅、进水控制闸门。其中，检修闸门设于集鱼通道进口处；赶鱼栅设于赶鱼池内，用于赶鱼至集鱼池；集鱼池尺寸为 2.0×1.5m（长×宽），下部沉有集鱼斗，当赶鱼栅将鱼赶至集鱼池后，提升集鱼斗，集鱼斗尺寸为 1.8×1.2×1.0m（长×宽×高）；集鱼池上游设有固定栅，防止鱼再向上游游动；进水控制闸门设于集鱼通道末端，用于控制进水流量和调节集鱼通道内的诱鱼流速。集鱼池上方设置垂直排架及卷扬机起吊系统，用于将集鱼斗吊至分拣观察室，在分拣观察室内对鱼进行统计、测量后，将鱼转至载有运鱼箱的运鱼车。

根据《水电工程过鱼设施设计规范》NB/T35054-2015，过鱼设施设计运行水位应根据坝（闸）上下游可能出现的水位变动情况合理选择。上游设计水位范围可选择在过鱼季节电站的正常运行水位和死水位之间，下游设计水位可选择生态流量的下游河道水位，为 1309.45m。集鱼通道正常运行水位为 1.45m。

2）转运系统

转运系统主要由运鱼车和运鱼箱组成。运鱼箱配有过滤、充氧以及溶氧、pH 值检测等设备，用于保证鱼类在长途运输过程中处于成活状态，另外运鱼箱装有定位系统，可实时显示运鱼箱位置，用于管理和监控鱼类放流情况。以美国的下贝克坝为例，采用专用的运鱼车进行运鱼放流，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）。

3) 放流系统

放流系统的功能为在保证鱼类安全健康的前提下将鱼类在放流地点进行放流。确定放流地点应遵循以下原则：

- a、放流地点处在鱼类洄游线路上；
- b、具有适合主要过鱼种类的生境；
- c、无水质污染水域；
- d、无人为或船只干扰水域；
- e、有一定流速引导的水域。

同时根据目标鱼类的生活习性、当地水文、水质特点以及周边环境特点确定放流时段。放流地点河段应有一定的流速，通常应大于鱼类的感应流速，以便目标鱼类放流后能继续上溯。同时，放流地点的选择还应综合考虑库区干支流栖息地的分布情况。

清水河集运鱼系统主要过鱼对象以适宜流水或静水缓流的鱼类为主，清水河水库建成后，坝址上游库区段不适宜主要过鱼对象的生境条件，建议将放流地点选择在库尾附近河段或支流未淹没区。经比选，清水河坝址以上未淹没支流水量较小，不具备鱼类上溯条件，因此放流地点布置在干流最适宜，拟选择库尾附近白沙湾作为本工程放流地点。

运鱼车经库周公路运至白沙湾村附近，依托白沙湾现有道路修建放流平台，根据《水利水电工程施工交通设计规范》（SL667-2014）（附表 B.1.1）的规定，结合运输量及运输强度要求，确定放鱼道路为四级公路，车辆荷载为公路-II 级，放流道路设计长度约 565m。

为使运鱼车中的鱼类能够顺畅放流入江水中，在运鱼车上设有放流滑道，放流滑道与运鱼车上的卸鱼闸相接，打开卸鱼闸，运鱼车中的水和鱼一起从卸鱼闸和放流滑道排出，进入放流水域的江水中。

4) 分拣观察室

分拣观察室主要用于供运行人员办公（集运鱼系统管理控制、鱼类统计记录等），放置集运鱼系统控制设备等。

5) 自动化运行管理系统

集运鱼系统运行环节较多，除控制设备运行外，还需对所过的鱼进行统计记录、对升鱼机流速、水位等进行监测，并需根据坝下水位的变化条件调节鱼道内的运行水位和诱鱼流速等，一般需要若干人员进行操作，耗费人工和时间，因此本过鱼设施加装一套自动化运行管理系统，以替代人工对升鱼机进行控制。

自动化运行管理系统具备集运鱼系统设备的自动控制功能，集运鱼系统内水位、流速等数据监测功能，鱼类的计数等功能，运行记录功能。通过自动化运行管理系统对升鱼机运行进行控制管理，从而更高效地完成过鱼，减少人为干预。

（6）运行管理

1) 管理机构设置

过鱼设施属清水河水利枢纽工程的组成部分，应统一纳入工程的日常运行管理之中。本工程建成后需配置专业技术人员，负责日常运行和管理，包括设备保养、观测统计、相关基础研究等。

2) 集运鱼系统运行调度

集运鱼系统的调度运行和管理应由专人负责进行管理，为减少运行管理人员和方便操作，实现自动化和集控度，本过鱼设施配备集运鱼自动运行管理系统，以实现集运鱼设备的自动控制、监测数据的记录统计等。调度运行的内容主要有：

- a、根据下游水位调节鱼道内运行水位；
- b、根据流速监测结果调节进、补水流量；
- c、根据洪水情况调整集运鱼系统运行状态；

d、根据清水河水利枢纽工程运行情况、不同生态流量下泄情况与在以上条件下集运鱼系统集诱鱼的效果，优化生态流量下泄方案和集运鱼系统运行的方案，提出不同工况下以过鱼设施过鱼最佳为目标的机组调度方式。

3)、集运鱼系统观测评估

在集运鱼系统运行期间，还应做好集运鱼系统的观测评估工作，对其过鱼效果进行观测、记录和统计分析，并对设施的运行状态进行评估，主要工作内容如下：

- a、集鱼系统鱼道的流速水位监测

在诱鱼口、集鱼池分别设置 1 套水位计和流速监测设备，用于过鱼设施水位和流速监测。并配置 1 套手持流速仪，用于各断面的巡测。

b、过鱼时间、种类及数量等统计

记录各时段鱼类进入鱼道的数量、种类情况，同时统计最有利的进鱼条件、进口水流、水深、光照以及进鱼口周围水域的水位、流速情况等。定量统计逐日的过坝数量、种类及规格。鱼类种类识别计数等采用鱼类智能识别计数系统实现。

c、鱼类在不同流态下的行为

观测记录设施诱鱼口附近水域、鱼道内、集鱼池、集鱼箱中的鱼类行为，结合环境条件分析鱼类对微生境的响应关系，总结不同鱼类的集运鱼策略。

d、鱼类转运及放流情况

运鱼车安装在线监控系统，用于监控运鱼车运鱼和放流实施情况。逐日记录运鱼设施的转运时间、数量、种类、规格、转运过程中的损伤情况等；记录放鱼水域位置及其水温、流速等，鱼类投放后的活动情况等。评估集鱼和放鱼的位置是否合适，集运鱼的种类和效果，主要影响因素等。

e、建立完善观测评估档案管理制度

做好上述观测评估内容记录，定期对过鱼设施的运行效果进行评估。

(7) 集运鱼系统工程量

集运鱼系统工程量见表 11.6-7~11.6-10。

表 11.6-7 集运鱼系统水工建筑工程

序号	项目	单位	工程量
1	土方开挖	m ³	384.30
2	石方明挖	m ³	1449.00
3	模板	m ²	13213.17
4	底板混凝土 C25(二)	m ³	1831.38
5	墩墙混凝土 C25(二)	m ³	2461.21
6	顶板混凝土 C25(二)	m ³	13.23
7	板梁柱混凝土 C30(二)	m ³	510.36
8	二期混凝土 C30(二)	m ³	39.99
9	素混凝土垫层 C15	m ³	429.09
10	钢筋	T	245.54
11	钢结构	T	12.60
12	橡胶止水	M	235.83
13	高压闭孔板	m ²	169.68
14	不锈钢栏杆，1.2m 高	M	505.24

序号	项目	单位	工程量
15	钢梯	T	31.50
16	桥橡胶支座	个	8.00
17	启闭机房	m ²	126.00
18	桥	M	40.00
19	细部结构	m ³	5285.27

表 11.6-8 集运鱼系统金属结构工程量

编号	工程或费用名称	单位	数量
	金属结构设备安装工程		
一	集鱼通道工程		
(一)	闸门等设备及安装工程		
	集鱼进口工作闸门 单重 4t	t	4
	埋件 单重 12t	t	12
	集鱼出口工作闸门 单重 4t	t	4
	埋件 单重 12t	t	12
	集鱼出口固定栅 单重 4.5t	t	85
	埋件 单重 10t	t	40
	赶鱼栅	套	1
	集鱼箱	t	5
	埋件 单重 15t	t	8
	小计		
	综合运杂费用 (6.2%)		
(二)	启闭设备及安装工程		
	固定卷扬机 100kN 2t	台	1
	固定卷扬机 160kN 3t	台	2
	移动电动葫芦 100kN 2t	台	1
	驱动小车	台	1
	小计		
	综合运杂费用 (6.2%)		
(三)	集运鱼设备及安装工程		
	圆孔隔板	台	1
	进口装置	台	1
	防逃逸装置	台	1
	运鱼车	台	2
	诱鱼灯	台	1

表 11.6-9 集运鱼系统放流平台工程量表

序号	项目名称	单位	工程量
1	土方开挖	m ³	4725
2	石方开挖	m ³	11025
3	土石方填筑	m ³	2100
4	8cm 沥青混凝土面层	m ²	4106
5	20cm 水稳基层	m ²	4400
6	20cm 厚级配碎石基层	m ²	4400
7	边沟	M	683
8	浆砌石挡土墙	m ³	2100
9	钢筋混凝土圆管涵	M	63
10	波形梁钢护栏	M	630
11	交通标志牌	个	4

表 11.6-10 集运鱼系统机电设备及监控系统工程量表

编号	工程或费用名称	单位	数量
	第二部分：机电设备及安装工程		
一	集鱼平台设备及安装工程		
(一)	电气一次		
	箱式变电站 S13-100/10 10±2×2.5%/0.4kV	座	1
	高压电缆 ZR-YJV22-8.7/15-3x95	m	1000
	0.6/1kV 电力电缆	km	1
	400V 动力箱	个	2
	照明箱	个	2
	户内照明灯具	盏	10
	钢材	t	2
	防火堵料	t	1
	小计		
	综合运杂费用 (6.2%)		
(二)	电气二次		
	集鱼进口工作闸门控制柜	台套	1
	集鱼出口工作闸门控制柜	台套	1
	赶鱼栅控制箱	台套	1
(三)	集运鱼系统监测与辅助设备		
	升鱼机自动运行管理系统	台套	1
	鱼类智能识别计数系统	台套	1
	水下视频	台套	2
	安全监控系统	台套	1
	水温监控系统	台套	1

编号	工程或费用名称	单位	数量
	流速、水位监控系统	台套	3
	流量监控系统	台套	1
	运鱼车在线监控	台套	1

8.4.5 增殖放流

考虑工程建成后引起的水文情势变化等因素对鱼类的影响，为弥补鱼类资源的损失，维持受影响江段鱼类自然种群的规模，建设增殖放流站一座，对受影响的鱼类进行增殖放流。

（1）增殖放流任务

鱼类增殖放流站的主要工作任务是：进行野生亲本捕捞、运输、驯养，实施人工繁殖和苗种培育，提供苗种进行放流，以减缓清水河水利枢纽工程建设对鱼类的影响。

（2）放流对象

放流对象的确定应根据鱼类亲本的可获得性、人工驯养繁殖技术基础以及放流水域生境条件，合理确定放流对象。

以“统筹兼顾”“突出重点”为原则，优先选择珍稀濒危、特有鱼类以及受影响程度大且难以形成自然种群的鱼类。

依据以上原则，初步选定放流对象为受工程减水影响且为保护鱼类的暗色唇鲮，受工程影响的经济鱼类云南光唇鱼、花鲮，受工程影响且为喀斯特地质条件下的特有鱼类狭孔金线鲃。其中暗色唇鲮、云南光唇鱼、花鲮作为近期放流鱼类；狭孔金线鲃因人工繁育技术不成熟，需开展相关繁育科研，作为远期放流对象。

（3）放流规模计算

根据饵料基础估算放流规模，计算公式参考《水库鱼产力评价标准》（SL563-2011）。

清水河枢纽工程影响区水体鱼产力主要由浮游植物、浮游动物、底栖动物和水生维管束植物提供。相关计算公式如下：

$$F_{\text{浮游植物}} = B_G(P/B)aV \times 100/k \quad (1)$$

$$F_{\text{浮游动物}} = B_{Zp}(P/B)aV \times 100/k \quad (2)$$

$$F_{\text{底栖动物}} = B_{Zb}(P/B)aS/k \quad (3)$$

$$F_{\text{水生维管束植物}} = Pa/k \tag{4}$$

式中：

- $F_{\text{浮游植物}}$ ——浮游植物提供的鱼产力，t；
- B_G ——浮游植物年平均生物量，mg/L；
- P/B ——该类饵料生物年生产量与年平均生物量之比；
- a ——鱼类对该类饵料生物最大利用率；
- V ——水库表层 10 米以内库容， 10^8m^3 ；
- S ——养殖面积， km^2 ；
- k ——鱼类对该类饵料生物的饵料系数；
- $F_{\text{浮游动物}}$ ——浮游动物提供的鱼产力，t；
- B_{Zp} ——浮游动物年平均生物量，mg/L；
- $F_{\text{底栖动物}}$ ——底栖动物提供的鱼产力，t；
- B_{Zb} ——底栖动物年平均生物量，g/ m^2 ；
- $F_{\text{水生维管束植物}}$ ——水生维管束植物提供的鱼产力，t；
- P_a ——水生维管束植物年净生产量，g/ m^2 。

经计算，浮游植物鱼产力 4.06t，浮游动物鱼产力 18.77t，底栖动物鱼产力 7.73t，合计 30.56t。

表 8.4-3 基础饵料鱼产力计算表

分类	生物量 B	P/B	a	V (10^8m^3)	K	S(km^2)	鱼产力 (t)
浮游植物	0.43mg/L	70	30%	0.46	100	-	4.15
浮游动物	0.8mg/L	20	40%	0.46	10	-	22.08
底栖动物	11.84g/ m^2	3	25%	-	5	4.57	8.12
合计	-	-	-	-	-	-	34.35

计算出来的鱼产力是为了合理利用放流水域饵料生物资源，确定适宜的鱼类放流数量。

我国水库的放养多以青鱼、草鱼、鲢、鳙四大家鱼为主。就放养水库渔获物统计分析的结果看，除四大家鱼外，其它天然鱼类产量多占水库渔产总量的 10%~30%。因此，放流规模的取值还应考虑其他天然鱼类资源量。从清水河水利枢纽工程影响区水生生态调查渔获物的统计结果看，放流鱼类在各调查点渔获物中的比例在 2.4%（以勒村调查点，狭孔金线鲃）~89%（石葵河调查点，花鲢）之间不等，同时考

虑其他鱼类资源量，本增殖站放流规模按鱼产力的 45%进行计算。

本工程放流鱼类成活率取 30%，放流鱼类成鱼个体按 0.3kg/尾计，则鱼类放流数量（N）为 17 万尾。

$$N=34.35 \times 45\% \times 1000 \div 0.3 \div 0.3 \approx 17 \text{ 万尾}$$

考虑放流对象生态习性和受本工程建设运行影响的程度，确定暗色唇鲮放流 4 万尾/年，云南光唇鱼和花鲮各放流 5 万尾/年，狭孔金线鲃放流 3 万尾/年。随着增殖放流工作开展和渔业资源恢复，可根据鱼类增殖放流效果评价对放流规模和种类进行优化调整。

鱼类增殖放流种类、数量和规格见表表 8.4-4。

表 8.4-4 清水河水利枢纽工程鱼类增殖站放流种类、数量和规格

增殖放流种类	放流数量(万尾/年)		合计
	全长 4~6cm	1 冬龄	(万尾/年)
暗色唇鲮	2	2	4
云南光唇鱼	2.5	2.5	5
花鲮	2.5	2.5	5
狭孔金线鲃	1.5	1.5	3
合计	8.5	8.5	17

（4）生产工艺设计

鱼类增殖放流站生产工艺流程包括苗种生产和放流。苗种生产包括亲鱼收集、亲鱼驯养培育、催产、开口苗培育、鱼苗培育和鱼种培育；苗种放流包括苗种放流前过渡培育、放流前检验检疫、放流标记和放流。

1) 养殖模式

养殖生产工艺可根据需要采用循环水养殖、流水养殖或静水养殖模式。一般根据放流对象的生态习性，并综合考虑水源和场地条件、用水量以及工程所在区域水环境功能区划等来确定。各养殖模式特点及本站养殖生产工艺比选见表 8.4-5。

表 8.4-5 鱼类增殖放流站养殖模式

养殖模式	水源要求	控制能力	水质可控性	弃水产生产量	占地	造价
循环水养殖	适用对水质要求高及流水性或静水性种类；水量需求较小	温控、溶氧	可控制，水质良好	少	较少	高
流水养殖	适用对水质要求较高及流水性或静水性种类；水量需求较大	无	不可调节	多	一般	较高

静水养殖	适用于对水质要求较低及静水性种类；水量需求不大	无	不可调节	少	大	低
------	-------------------------	---	------	---	---	---

由上表可知，静水养殖适用于用地宽裕、取水方便且放流对象适应静水养殖的鱼类，废水产生量少。流水养殖中也包括微流水养殖，可用于适缓流或急流鱼类的养殖，养殖密度大、废水产生量多，循环水养殖在用地较少的情况下适用，废水产生量少。

在鱼类养殖过程中需排出混有鱼类粪便、饲料残饵的养殖废水，清水江地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准需执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，结合以上三种养殖模式的弃水产生量、工艺特点及鱼类生态习性，亲鱼采用微流水养殖模式，催产孵化和鱼苗、鱼种培育均采用循环水养殖模式。鱼池等养殖排放水经处理后进行绿化和达标排放。

2) 养殖建（构）筑物和养殖设施

根据鱼类生态习性、养殖技术条件和养殖规模等，估算亲鱼和苗种培育所需的养殖建（构）筑物，建（构）筑物见表 8.4-6，养殖设备等见表 8.4-7。

表 8.4-6 增殖放流站建（构）筑物

项目	单位	数量	规格			
			长（m）	宽（m）	高（m）	面积（m ² ）
综合楼（二层）	座	1	30	15	8	600
催产孵化车间	座	1	25	16	5	400
鱼苗培育车间	座	1	36	16	5	576
鱼种培育车间	座	1	36	16	5	576
污水处理站	座	1	20	10	5	200
蓄水池	座	1	12	12	3.5	144
隔离防疫池	个	2	10	5	2	100
亲鱼培育池	个	12	10	5	2	600
催产池	个	2	R=1.5		1.2	14.13

表 8.4-7 增殖站养殖设备

项目	单位	单位	数量	规格		
				长（m）	宽（m）	高（m）
催产孵化车间	催产池	个	2	R=1.5		1.2
	孵化槽	个	8	2.0	0.8	0.6
	尤先科孵化器	个	3	3.26	0.85	0.89
	开口苗培育缸	个	40	R=0.5		1.0
	鱼苗培育缸	个	6	R=1.5		1.2
	养殖循环水系统	套	1	-	-	-
鱼苗培育车间	鱼苗培育缸	个	30	R=1.5		1.2

项目	单位	单位	数量	规格		
				长 (m)	宽 (m)	高 (m)
	养殖循环水系统	套	1	-	-	-
鱼种培育车间	鱼种培育缸	个	30	R=1.5		1.2
	养殖循环水系统	套	1	-	-	-

3) 实验、交通设备

鱼类的生长与养殖水体的水质密切相关，所以对水质的监测与控制十分重要。另外在亲鱼养殖、鱼苗培育等阶段，对鱼的生长状况监测也十分必要。因此可建立小型实验室一个，需配置显微镜、解剖镜、天平、分光光度计、测水体理化指标的相关试剂、药品与仪器等，所配仪器与药品、试剂需满足水质理化指标的日常测定、亲鱼和苗种的发育观察、鱼病的鉴定等。

交通设备包括运输船、活鱼运输车、越野车。

(5) 站址选择

1) 站址选择原则

鱼类增殖放流站站址应从水源、水文气象、地质、用地规模和交通条件等方面进行比选。

①场址处地质条件良好，满足建设养殖车间、养殖水池的基础要求，鱼类增殖放流站站址应与主体工程施工或其他建设用地相协调。

②站址宜选择在抗渗性能良好的基地上，避开山洪、滑坡、泥石流等自然灾害影响的地段。鱼类增殖放流站必须具有可靠的防洪、排水措施。

③取水方便，水量充沛。当单一水源不能满足要求时，可采取多水源或调蓄等措施。

④场地规则、平整，便于养殖车间等设施的布置。

⑤为便于管理和明确管理责任，鱼类增殖放流站原则上应在业主管理用地范围内。

⑥场地不与施工布置冲突。

⑦交通方便，便于运输车辆进出。

2) 站址选择

根据养殖规模，估算增殖站占地需 15~20 亩左右。再考虑交通条件、建设条件和取水条件等，选择坝下右岸溢洪道东侧临河地块作为本增殖建设位置（见图 8.4-2），该地块面积约 15 亩。

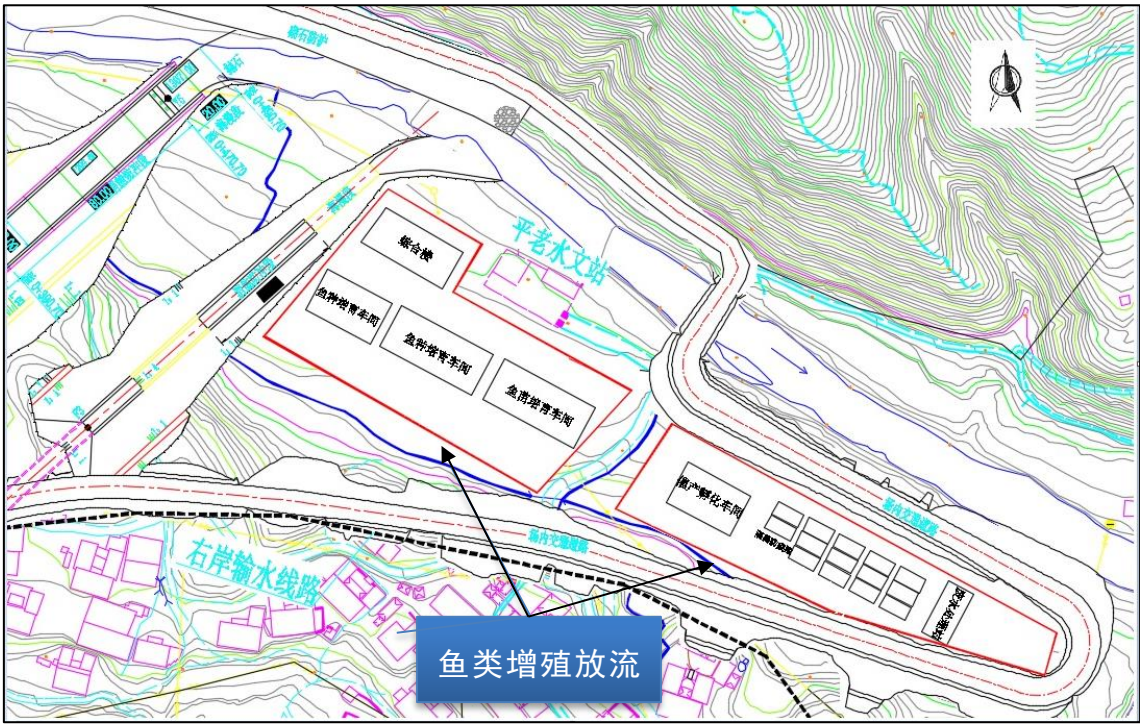


图 8.4-2 清水河水利枢纽工程增殖放流站建设位置

该地块北面为南丘河，可在河内建设大口井抽水作为本增殖站水源；地块东、南、北三面建有永久道路，交通方便，便于亲鱼、苗种等运输放流；该位置地形相对其他位置较平整，也有利于本增殖站建设；而且该地块在工程管理范围内，便于管理。因此，将该地块作为本增殖站建设位置。

(6) 放流方案

1) 放流过渡培育

鱼类运输、放流需进行消毒处理和过渡培育。

鱼类运输过程中对鱼体的影响主要是鱼体擦伤，因此，运输到达放流地点时应预防鱼体发生细菌性疾病，一般采用漂白粉液消毒。

放流鱼种从人工养殖水体进入天然水体需要一定的适应期，可以采用过渡培育，以便提高放流鱼种的成活率。过渡培育选择在库湾、水深 3m~5m 的水域，设置鱼种网箱或围网进行过渡培育，过渡培育时间一般为 10 天~15 天。

2) 放流运输

放流运输技术关乎放流效果，为了提高运输成活率和放流效果，放流运输应注意以下几点：

A、运输方式：鱼苗袋充氧包装运输和专用活鱼车 2 种运输方式。前者适合规

格较小的苗种运输，后者适合个体较大的鱼类苗种运输。鉴于放流鱼类个体较小，宜以鱼苗袋充氧运输。

B、运输前进行锻炼。

C、运输用具准备、操作人员的训练。

3) 放流标记

国外现今广泛用的标记技术主要有编码金属标(CWT)、荧光标记(VIE)、微卫星标记及耳石标记。CWT 标记的优点是不易脱落，VIE 标记可适用于不同体型大小的水生生物个体且价格便宜、保留率高、肉眼可识别，微卫星标记可靠、识别率高且不会对鱼体造成任何伤害、适合放流量大的水生生物群体，耳石标记是采用溶液浸泡，对鱼类耳石进行应该标记，一次性可标记的鱼类数量多，且有较好的标记效果。结合本站放流鱼类规格、生物学特性、放流数量等，建议可选择 CWT 标记、VIE 标记和耳石标记。

4) 放流时间和地点

放流时间选择在鱼苗繁育出的第一年秋季以及第二年的春季进行放流，分别放流 4~6cm 的鱼种和 1 冬龄的鱼种。云南光唇鱼、花鲢花放流地点主要选择在库尾河段、库区，狭孔金线鲃放流地点主要选择在库尾河段，暗色唇鲮放流地点主要选择在坝达电站下游河段。

(7) 放流效果监测

水体理化指标：水温、pH、盐度、浊度、硬度、碱度、SiO₂、DO、TP、TN 等。

饵料生物：浮游植物（叶绿素 a 含量）、着生藻类、浮游动物和底栖动物的种类和数量。

鱼类资源：鱼类的种类组成与比例、时空分布、种群结构、资源现状，主要监测放流鱼类种类的种群变化情况，以此分析评价增殖放流效果。

(8) 投资

鱼类增殖放流站工程量见表 8.4-8，估算清水河水利枢纽工程鱼类增殖放流站的投资为 3100 万元。

表 8.4-8 清水河水利枢纽工程鱼类增殖放流站工程量汇总表

序号	一级项目	二级项目	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)
1	施工辅助工程					130
1.1		施工及建设管理房屋 建筑工程	项	1	700000	70
1.2		其他施工辅助工程	项	1	600000	60
2	建筑工程					1703
2.1		总平工程	项	1	400000 0	400
2.2		蓄水池	个	1	800000	80
2.3		各类鱼池	个	14	45000	63
2.4		站内建筑物工程	m ²	235 0	4000	940
2.5		取水建筑物工程	项	1	800000	80
2.6		场内给排水工程	项	1	600000	60
2.7		道路工程	项	1	500000	50
2.8		绿化工程	项	1	300000	30
3	增殖站设备和安 装工程					797
3.1		室内循环水处理设备	套	3	100000 0	300
3.2		孵化槽	个	8	5000	4
3.3		尤先科孵化器	个	3	30000	9
3.4		开口苗培育缸	个	40	6000	24
3.5		苗种培育缸	个	60	10000	60
3.6		实验设备	套	1	500000	50
3.7		运输船	艘	1	300000	30
3.8		活鱼运输车	辆	1	300000	30
3.9		工具车	辆	1	300000	30
3.10		给排水设备及安装工程	项	1	100000 0	100
3.11		电气设备及安装工程	项	1	100000 0	100
3.12		取水泵站设备及安装工程	项	1	600000	60

4	环境保护和水土保持工程		项	1	200000	20
5	科研费					200
			项	1	200000 0	200
6	运行管理					250
		运行管理费	项/年	1	250000 0	250
7	合计					3100

8.4.6 拦鱼措施

在调水过程中，会发生鱼类误入或被动吸入泵站取水口，造成鱼类资源损失。为降低鱼类进入或吸入泵站取水口的情况，应在泵站取水口设置铁栅栏或金属丝网，阻止鱼类进入。

8.4.7 宣传教育和渔政管理

（1）加强宣传教育

加强宣传教育，增强守法意识。相关部门大力开展以宾馆、饭店、个体工商户为重点的渔业资源保护宣传，加强宣传教育力度，提高群众法制观念和守法意识。教育渔民遵守渔业法规，采用合法的渔具渔网，对违反者进行处罚。捕获产卵鱼、珍稀鱼类应尽快送交有关部门或暂养放归河流。维护河水洁净，对乱倒污水及有毒物者应给予处罚。

（2）渔政管理

加强渔政管理是保护水生生物及鱼类资源的重要手段。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。具体为：

规定捕捞标准，一般以首次性成熟的体长、体重或年龄为其可捕规格，以保证鱼类维持一定的补充群体和快速生长期；

限制渔具、渔法的类型和规格，对网目 4cm 以下的网具应坚决取缔，以保证幼鱼不被捕起；严格禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等非法捕捞方式；

根据鱼类资源现状及资源增长潜力，实行限额捕捞，并限制捕捞作业范围，以免捕捞能力过大对渔业资源的破坏，从而保证流域渔业的可持续发展。

8.5 环境空气保护措施

8.5.1 施工场地粉尘控制

(1) 砂石加工系统应采用湿法破碎的低尘工艺，安装除尘设施，以减少粉尘的产生，并在现场及系统附近洒水降尘，降低粉尘影响时间和范围。

(2) 混凝土生产系统应尽量采用全封闭混凝土生产系统，选用自动化拌和楼以减少粉尘的飞扬，水泥输送选用螺旋输送机，管道接口密封，在袋装水泥（粉煤灰）仓库和贮罐顶部装设脉冲袋式除尘器作为除尘设备，以降低现场粉尘，并在现场及附近洒水降尘，降低粉尘影响时间和范围。

8.5.2 施工开挖、爆破粉尘削减与控制

(1) 选用低尘工艺，工程爆破方式应优先选择凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破技术等，以减少粉尘产生量。

(2) 凿裂、钻孔、爆破应采用湿法作业，以降低粉尘。

(3) 隧洞开挖爆破时需注意洞内通风，保持空气流畅；并在各工作面现场洒水降尘。

(4) 爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，爆破时应尽量采用草袋覆盖爆破面，减少粉尘的排放量。

(5) 工程配置洒水车 1 辆，根据工程区施工时序安排，对施工开挖、爆破粉尘的区域，如大坝、隧洞口等多粉尘作业面实施洒水降尘。非雨日每日进行洒水降尘，以加速粉尘沉降、减小粉尘影响时间与范围。

(6) 施工弃土弃渣等及时清运至弃渣场堆放处理。

8.5.3 交通扬尘控制

(1) 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。在公路附近居民点分布较近路段增加洒水频率。

(2) 降低车速，在施工道路居民点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。

(3) 在运输水泥、粉煤灰等材料时采取储罐、密封运输方式，运送渣土等应遮盖运输，防止沿程遗撒；严禁超载。

(4) 做好公路绿化，依不同路段情况，可绿化区段栽植乔木、灌木等。

8.5.4 燃油废气防治措施

(1) 施工现场的机械及运输车辆使用国家规定的标准燃油。

(2) 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、排放尾气超标的老、旧车辆，及时更新。

(3) 机械及运输车辆要定时保养，调整到最佳状态运行。

8.6 声环境保护措施

8.6.1 噪声源控制

(1) 选用低噪声机械设备，同时加强施工设备的维护和保养，对振动大的机械设备使用减振基座或减振垫，从根本上降低噪声源强。

(2) 施工单位必须选用符合国家有关环保标准的施工车辆，如运输车辆噪声应符合《汽车定置噪声限值》(GB16170-1996)和《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》(GB1495-2002)等。

(3) 优化施工布置，施工强噪声源如砂石料加工系统、混凝土拌和系统尽量远离居民点布置。

(4) 合理安排施工时间，避免夜间爆破，通过控制一次起爆的总导爆索量、总炸药量和起爆方式降低振动及噪声，控制爆破抛头方向，避免正面爆破噪声指向敏感点。

(5) 在分布有平老村、扭克村居民点的路段两侧设置交通标志牌，提醒过往车辆限速禁鸣，可降噪约 3~5dB。

8.6.2 传播途径控制

(1) 砂石料加工设备设置隔声罩，阻隔机器向外辐射噪声，隔声罩完全密闭，安装必要的工作窗和工作门，并做好连接部分的密闭。隔声罩的隔声量约 5~20dB，

隔声罩为钢框架结构，采用彩钢板制作，内装隔声材料，其内外墙与顶部均为彩钢夹芯板，两面厚度各为 0.5mm 左右，其芯材为聚苯乙烯泡沫塑料。

(2) 在平老村临近交通公路一侧设置一处声屏障。声屏障选择金属和复合材料结构，根据相关资料该结构为世界各国普遍使用，材料可加工成各种形式，安置简易，易于景观设计。工程采用高度 5m，倒 L 型声屏障结构，减噪效果约 12dB，可有效改善受保护敏感点声环境。施工结束后为避免影响周围景观应及时拆除声屏障。

(3) 加强道路的养护、维修和清洁工作，同时做好运输车辆的维修保养，降低车辆行驶速度，可有效降低交通噪声。对可能产生扬尘的材料进行封闭运输，防止泄漏；对车辆行驶路面洒水降尘，做好公路绿化。

8.7 固体废物处理措施

8.7.1 弃渣处理措施

工程施工规划有 16 个弃渣场，施工弃渣必须堆放至规定的渣场，施工中严禁随意弃渣。为避免堆渣滑塌产生新增水土流失，针对各渣场的特点，采取工程措施与植物措施相结合的方法，对各渣场进行防护。

8.7.2 生活垃圾处理措施

施工期生活垃圾高峰日产量约 2.5t，施工期垃圾总产量约 3611t。

目前国内外城市生活垃圾的处理方法主要有四种：卫生填埋、焚烧、堆肥、综合处理。根据垃圾成分特点和产生量以及时段分析，独立采取焚烧、堆肥、综合处理不适合处理施工期生活垃圾，因此，提出以下备选方案：

方案一：垃圾统一收集后，随工程区附近的天星乡垃圾填埋场处理。

方案二：在施工区兴建垃圾卫生填埋场。

方案三：将生活垃圾进行分拣，菜叶、果皮、剩饭等厨余垃圾作牲畜饲料或用于堆肥，塑料制品回收集中处理，余下的少量建筑物废渣等无机物就近运至渣场堆放。

对以上方案进行分析，具体如下：

方案一：本工程施工期生活垃圾运至工程区附近的天星乡垃圾填埋场处理。

方案二：兴建垃圾卫生填埋场，要满足环保要求，从填埋场的选址、填埋场的设计、运行管理及封场处理等都有严格要求，投资较大，实际操作复杂，难度较大。

方案三：将生活垃圾进行分拣后处理的方法，实际操作也比较复杂，可操作性差。

通过以上分析，施工期生活垃圾处理属于临时工程，生活垃圾总量不大，方案二对本工程来说基本上是不可行的；方案三实际操作复杂，可操作性差；方案一操作简单、运行方便。根据上述分析目前暂定方案为纳入天星乡生活垃圾处理体系中处理本工程生活垃圾。

生活垃圾处理具体操作如下：施工期，在生活营地附近设置垃圾收集池，并在施工生活区设置垃圾桶，清扫后的生活垃圾集中至垃圾桶内，垃圾桶内的垃圾由清洁人员集中至垃圾收集池，再由专人定期清运至天星乡生活垃圾填埋场进行处理。

运行期管理人员生活垃圾集中堆放、及时清运、统一处理，可以以合同形式委托当地环卫部门实施，纳入市政管理系统。

8.7.3 危险废物处置措施

工程施工期车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油为危险废物。

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，产生危险废物的单位，必须按照国家有关规定制定危险废物管理计划，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报。

（1）危险废物的收集与贮存

工程车辆、机械维修产生的废润滑油应统一及时收集、妥善贮存。

在中心仓库附近选取一处场地修建危险废物暂存库用来贮存废润滑油。危险废物暂存库应选在地质结构稳定、底部高于地下水最高水位、避免建在易遭受严重自然灾害如洪水等影响的地区。

将废润滑油装入容器内、禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。装载危险废物的容器内须留足够空间，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。并在盛装危险废物的容器上，粘贴符合《危险废物贮存污染控制标准》附录 A 所示的标签。

（2）危险废物的运输与处置

危险废物的运输与处置应委托具有危险废物处置资质的机构统一进行。每周由有危险废物处置资质的机构将工程区收集、贮存的危险废物运往处置场。运输、处置费用由建设单位承担。

8.8 土壤环境保护措施

8.8.1 源头控制措施

(1) 施工期和运行期各类污废水、固体废弃物按照“8.1 地表水环境保护措施”和“8.7.4 固体废弃物处理措施”进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

(2) 对工程区内耕地、园地、林地地块进行表土剥离，并运往表土堆存场集中堆置防护，用于后期植被恢复。

(3) 加强施工机械设备的维护保养，减少机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

(4) 运行期加强库周水环境管理，确保水库库区水质良好，避免水质污染进而造成土壤酸化、碱化和盐化现象。

8.8.2 过程防控措施

加强运行期库区周边土壤含盐量和地下水水位的监测，若出现因本项目建设造成土壤盐化现象，应采取排水排盐或降低地下水位的措施。对于排水排盐措施，可通过设置暗管进行排水排盐，配合种植盐分吸收植物改良土壤；对于降低地下水措施，可适当抽取地下水降低地下水水位。

8.9 人群健康保护措施

施工区应定期进行虫媒灭杀等环境卫生清理工作，对施工人员进行体检，加强食品卫生和环境卫生的管理工作。

8.10 移民安置区环境保护措施

8.10.1 移民安置区生活污水处理措施

根据移民安置规划，建设集中安置点 5 个，安置 2693 人，生活污水主要污染

物为BOD₅、COD、SS等,其中BOD₅约200mg/L,COD约400mg/L,SS约220mg/L。安置点生活污水采用成套污水处理设备处理,处理设备主体工艺采用MBR膜生物处理工艺,生活污水处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准,实现就近浇灌耕地、林地等综合利用。安置点生活污水处理系统主要参数见表8.10-1。

表 8.10-1 安置点生活污水处理系统主要参数

安置点名称	项目		单位	参数值
瓦窑冲/小龙白	设计流量		m ³ /d	50/40
	调节池	停留时间	d	1
		有效容积	m ³	50/40
		尺寸	m×m×m	4.0×4.0×3.5/4.0×4.0×2.5
	一体式MBR膜生物反应器污水处理设备	处理能力	m ³ /d	50/40
	中水池	停留时间	d	1
		有效容积	m ³	50/40
		尺寸	m×m×m	4.0×4.0×3.5/4.0×4.0×2.5
普底村、炭房	设计流量		m ³ /d	80
	调节池	停留时间	h	12
		有效容积	m ³	40
		尺寸	m×m×m	4.0×4.0×2.5
	一体式MBR膜生物反应器污水处理设备	处理能力	m ³ /d	80
	中水池	停留时间	d	0.5
		有效容积	m ³	40
		尺寸	m×m×m	4.0×4.0×2.5
以勒	设计流量		m ³ /d	110
	调节池	停留时间	d	0.5
		有效容积	m ³	55
		尺寸	m×m×m	4.0×4.0×3.5
	一体式MBR膜生物反应器污水处理设备	处理能力	m ³ /d	110
	中水池	停留时间	d	0.5

安置点名称	项目		单位	参数值
		有效容积	m ³	55
		尺寸	m×m× m	4.0×4.0×3.5

8.10.2 移民安置区生活垃圾处理措施

拟在各移民安置区配套设置垃圾桶和垃圾收集池，生活垃圾经收集后外运至附近天星乡垃圾填埋场统一处理。同时对移民加强宣传教育和管理，严禁生活垃圾乱丢乱弃。

本工程共建设集中安置点 5 个，集中安置人口 2693 人。根据预测结果，集中安置移民日产垃圾量共计 2.2t/d，在安置点共配备 240L 垃圾桶 30 个，每个安置点建设一个垃圾集中收集池，共建设 5 个，并安排专人每周清运垃圾。

9 环境监测与管理

9.1 环境监测

9.1.1 监测目的

环境监测是环境管理的重要基础工作，是开展环境科学研究、防止环境破坏和防治污染的重要依据。

环境监测主要目的是：

- (1) 开展水质、大气、噪声、土壤、生态、生态流量和水温等监测，掌握工程建设及运行各阶段的环境质量状况和环境因子的变化规律。
- (2) 为本工程的环境保护提供基础资料，也为类似工程开展环境保护工作提供借鉴。

9.1.2 监测机构

工程环境监测应充分利用地方环境保护、水土保持等部门的现有技术人员和设备，具体监测方式可由建设单位以委托或招标的方式选择监测单位，承担本工程的环境监测任务。

9.1.3 监测规划

9.1.3.1 水质监测

(1) 施工期水质监测

施工期水质监测内容包括施工废污水、地表水、地下水等。

① 施工废污水监测

为掌握工程施工期处理设施的运行情况 & 处理效果，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，需进行施工废污水监测。施工废污水的监测技术要求见表 9.1-1。

表 9.1-1 施工废污水监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
砂石加工系统 废水水质	砂石加工系统废水处理系 统进、出水口，共 2 个点	悬浮物	系统生产期	系统使用期间每 季度监测一期，

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
				每期监测 1 天， 取 9:00、15:00 两 个水样
混凝土拌和系 统废水水质	1 处混凝土拌和废水处理 设施进、出水口，共 2 个 点	悬浮物、pH	系统生产期	同上
修配系统废水 水质	1 个修配废水处理设施 进、出水口，2 个点	悬浮物、石油类、 BOD ₅	系统使用期	同上
隧洞排水水质	3 处隧洞排水处理系统 进、出水口，共 6 个点	悬浮物、pH、石油 类	隧洞施工期	同上
施工生活区生 活污水水质	业主营地和大坝施工区营 地生活污水处理系统进、 出水口，共 4 个点	BOD ₅ 、COD、悬 浮物、氨氮、粪大 肠菌群	生活区使用 期	每季度一次，每 期监测 1 天，取 20:00 取样

各监测项目的分析方法执行《地表水环境质量标准》(3838-2002) 中的相关规定，其中悬浮物的分析方法执行 11901-89 的规定。

② 地表水监测

为掌握工程施工对地表水的影响程度和影响范围，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，应对地表水水质进行监测。地表水监测技术要求见表 9.1-2。

表 9.1-2 地表水水质监测技术要求

监测对象	监测断面	监测项目	监测时段	监测频次
地表水水质	清水河水库库尾断 面和清水河水库坝 址断面，共 2 个断 面	水温、pH、悬浮物、溶解氧、 高锰酸盐指数、COD、 BOD ₅ 、氨氮、总磷、石油 类、阴离子合成洗涤剂、粪大 肠菌群共 12 项指标	整个施工 期，共 48 个月	每年丰水期(8 月)、平水期 (11 月)、枯水 期(2 月) 各监测 1 次，每次 1 天

地表水水质各监测项目的分析方法按《环境监测技术规范》及《地表水环境质量标准》中规定的分析方法进行。

③ 施工期地下水监测

施工期，对引水隧洞区附近地下水的水位、水温和水质等进行监测，每年监测 4 次，每次监测 2 天。详见表 9.1-3。

表 9.1-3 施工期地下水监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
地下水水位、水质	在平老、独弄新寨、扭克、小鱼塘各设 1 个点位，共 4 个点位	水位、水温、pH、BOD ₅ 、石油类、总硬度、硫酸盐、硝酸盐氯化物共 10 项指标	整个施工期，共 48 个月	每季度监测 1 次、每次监测 1 天。

各监测项目的分析方法执行《地表水环境质量标准》(3838-2002) 中的相关规定，其中悬浮物的分析方法执行 11901-89 的规定。

④施工期生活饮用水监测

为保证施工生活饮用水符合卫生标准，保障施工人员的身体健康，有必要进行饮用水水质监测。布置生活区；下闸后，利用业主营地建设，就近布置生活区。生活饮用水监测技术要求见表 9.1-4。

生活饮用水的分析方法执行《生活饮用水标准检验方法》(/ 5750-2006) 中的相关规定。

表 9.1-4 施工期生活饮用水水质监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
饮用水水质	业主营地、大坝施工区营地 2 处	色度、混浊度、PH、铝、铁、锰、铜、锌、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度、耗氧量、挥发酚类、阴离子合成洗涤剂、砷、镉、六价铬、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、总大肠菌群、菌落总数共 26 项指标	施工生活区使用时段	每月一次，每次监测 1 天。

(2) 运行期水质监测

为掌握运行期水库水质及水库下游河道水质等的变化情况，保证工程供水水质，验证环境影响预测评价结果，应在工程运行期对库区和下游河道的地表水水质进行监测，另外在库区取水口设置水质自动监测站 1 处。监测技术要求见

表 9.1-5。

表 9.1-5 运行期水质监测技术要求

监测对象	监测断面	监测项目	监测时段	监测频次
清水河水库水质(含生活饮用地表水源地补充监测项目)	库尾、库中、取水口处各设 1 个断面	水温、pH、SS、透明度、总硬度、叶绿素 a、DO、高锰酸盐指数、BOD ₅ 、氨氮、总磷、总氮、氟化物、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰等共 28 项	水库运行期，长期监测	每月 1 次
水库下游河道水质	水库坝址下游 1 处	水温、pH、DO、高锰酸盐指数、BOD ₅ 、氨氮、总磷共 7 项	水库运行后的前 5 年	每年丰、平、枯水期各 1 次

各监测项目的分析方法执行《地表水环境质量标准》(3838-2002)、《地下水质量标准》(14848-93) 的相关规定。

9.1.3.2 环境空气质量监测

为掌握工程施工对工程区环境空气质量的影响情况，验证环境影响预测结果，有必要进行环境空气质量监测。监测技术要求见表 9.1-6。

表 9.1-6 环境空气质量监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
工程区环境空气质量	丘北县平老村、扭克村、天星乡天星村、石板房水塘村，共 4 个点	TSP、PM ₁₀ 的日均值	整个施工期，共 48 个月	每季度 1 次，每次连续监测 7 天

各监测项目的采样、分析方法应执行《环境空气质量标准》(3095-2012) 的相关规定。

9.1.3.3 声环境质量监测

为掌握工程施工对工程区声环境质量的影响情况，验证环境影响预测结果，有必

要进行声环境质量监测。监测技术要求见

表 9.1-7。

噪声等效声级测量执行《声环境质量标准》(3096-2008) 的规定。

表 9.1-7 声环境质量监测技术要求

监测对象	监 测 点	监测项目	监测时段	监测频次
工程区声环境质量	丘北县平老村、扭克村、天星乡天星村、石板房水塘村	昼、夜等效声级	整个施工期，共 48 个月	每季度 1 次，每次 1 天

1.1.1.1 土壤环境监测计划

① 调查目的

了解施工期土壤环境受影响情况，以便及时采取土壤防控措施。

② 监测位置、项目及时间

工程施工期及运行期监测点位、监测项目、监测周期、时段和频率分别见表

表 9.1-8 施工期土壤环境监测计划一览表

监测对象	监测点	监测项目	监测频次
工程区土壤环境质量	清水河水库坝址	pH、盐度、镉、汞、砷、六价铬、铜、铅、汞、镍	施工高峰期监测一次
	库尾古登新寨农用地		
	砂石加工系统旁建设用地	pH、镉、汞、砷、六价铬、铜、铅、汞、镍	

表 9.1-9 运行期土壤环境监测计划一览表

监测对象	监测点	监测项目	监测频次
工程区土壤环境质量	清水河水库坝址	pH、盐度、镉、汞、砷、六价铬、铜、铅、汞、镍	验收后 3~5 年监测一次。
	库尾古登新寨农用地		
	砂石加工系统旁建设用地	pH、镉、汞、砷、六价铬、铜、铅、汞、镍	

③ 监测位置、项目及时间

工程施工期及运行期各点位土壤取样均取表层样点，在 0~0.2m 取样，表层样监测点的土壤监测取样方法参照 HJ/T166 执行，监测取样方法按照《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 的要求执行，分析方法按照《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）的相关规定执行。

9.1.3.4 生态监测

为了解工程建设对陆生、水生生态的影响，验证环境影响预测结果，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，应对陆生、水生生态进行调查。调查要求见表 9.1-10。

表 9.1-10 生态调查技术要求

调查对象	调查范围	调查内容	调查时段	调查频次
陆生生态	水库淹没区、施工占地范围及输水管线两侧 200m 范围	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度、多度；陆生动物的种类、数量、出现频率等	施工期	施工高峰年调查 1 次。
	清水河水库库周区	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度、多度；陆生动物的种类、数量、出现频率等	运行期	水库运行第三年的 8 月份调查一次
水生生态	听湖水库~入南盘江汇口之间的干流及主要支流	浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼类等的种类、数量、分布、重要生境	施工期、运行期	施工期在施工高峰年和竣工验收前各调查 1 次，共 2 次；运行期每 2 年调查 1 次，连续 10 年

陆生生态调查方法采用样线调查与样方调查相结合的方法，水生生态调查参照《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014) 和《内陆水域渔业自然资源调查规范》，采用现场采样、捕捞的方法，并通过查阅历史资料、访问当地群众等方法对调查结果进行修正。

9.1.3.5 生态流量在线监测

(1) 监测目的

为保证生态流量下泄措施的有效运行，需对工程不同阶段生态流量下泄情况

进行实时监控,同时可为生态流量对下游水环境、水生生态等影响研究提供基础资料。

(2) 监测断面布设

水库运行期采用生态流量泄放管下泄生态流量。运行过程中一旦出现机组检修,用备用放水管泄放生态流量。为监控运行期生态流量下泄,在坝后生态机组尾水下游 100m 处,布置生态流量在线监控装置,并与相关监管部门联网,以加强对工程生态流量下泄的监管。

(3) 监测方案与技术要求

综合目前常用的流量测量方法,初拟采用生态流量监测系统——超声波流量计进行在线监测。

(4) 监测时间

为满足水库初期蓄水阶段的生态流量下泄要求,生态流量在线监测系统需在水库初期蓄水前安装完毕,并确保能够正常运行。

9.1.3.6 水温观测计划

(1) 库区水温观测

1) 观测目的

通过监测库区水温情况,为研究水库热效应和水库水温结构变化以及对水环境、水生生态及珍稀保护鱼类的影响提供基础资料。

2) 断面布置

①布设原则

能较好反映入库水温以及库区水温结构与沿程变化,便于实施和管理。采取人工定期观测和在线连续观测相结合的方式。

②观测断面及垂线布设

根据以上断面布设原则,在清水河水库库尾与库中以及坝前共布设了 3 个水温观测断面。其中,水库蓄水前,河道水温无分层现象,各断面均只在中泓处设置 1 条观测垂线;水库蓄水后,库尾断面也只在中泓处设 1 条观测垂线,库中和坝前断面则分别设左、中、右 3 条观测垂线。库区水温观测采取人工定期观测和在线连续观测相结合的方式。其中,坝前水温采用在线实时观测方式,与主体工程环境量监测结合开展;蓄水前各断面及蓄水后的库尾和库中断面则采用人工定期观测的

方式。

(2) 分层取水措施水温恢复效果观测

1) 观测目的

通过观测水库来水天然水温与下泄水温及其对比情况，分析分层取水措施对提升下泄水温的效果，从而为优化分层取水方案及运行方式提供基础数据。

2) 观测断面及垂线布设

分层取水水温影响减缓效果观测需观测天然来流水温、坝前库表水温、引水隧洞取水口水温以及下泄水温。其中，天然来流水温和坝前库表水温可直接采用库区水温观测结果，无需另行观测；取水口水温结合坝前水温在线观测系统，根据分层取水方案的各运行取水高程，对坝前右岸水温观测垂线的垂向水温观测布点提出相关要求，两者相结合进行观测；下泄水温则单独布设在线观测点位，具体如下：

下泄水温在线观测点布设在电站厂房尾水出口处。共计布设 1 个下泄水温观测点。

(3) 观测技术要求

下泄水温在线观测从水库蓄水后开始观测，水温观测设备的观测精度应达到 0.1°C 。数据采集为实时采集，通过建设单位和主管部门的数据接收终端收集观测数据。

1) 人工定期观测技术要求

水库蓄水前的各断面以及水库蓄水后的库尾断面，均在中泓线水面下 0.5m 设个观测点。水库蓄水后的库中断面各观测垂线，分别在水面下 0.5m 处测表层水温；以下每隔 2m 水深测一个水温值，直至等温层，在等温层处可加大测距；距底 0.5m 处测库底水温。

水温观测周期为水库蓄水前 5 年和蓄水后 5 年进行连续观测，分别在每年各月中旬左右分别观测 1 次。

2) 坝前水温在线连续观测技术要求

拟在水面下 0.5m 处测表层水温，距底 0.5m 处测库底水温；温跃层每隔 2~5 m 水深测 1 个水温值，等温层每隔 5~10m 水深测 1 个水温值。坝前水温在线观测从水库蓄水后开始观测，各观测点的数据采集为实时数据采集；

3) 水温恢复效果观测技术要求

在发电厂房尾水出口处和取水口各布设一个在线水温监测点，测点的数据采

集为实时数据采集。

9.2 环境管理

9.2.1 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。清水河水利枢纽工程环境管理目的在于保证工程各项环境保护措施的顺利实施，使工程施工和运行产生的不利环境影响得到减免，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

9.2.2 环境管理原则

(1) 预防为主、防治结合的原则

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，必须依据我国的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，有针对性地解决出现的问题。

9.2.3 环境管理目标

(1) 保证工程各项环境保护措施按照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) 预防污染事故的发生，保证各类污染物达标排放、合理回用，使工程区及其附近的水环境、环境空气和声环境质量达到环境功能区划要求的标准。

(3) 水土流失和生态破坏得到有效控制,并通过采取措施恢复原有的水土保持功能和生态环境质量。

(4) 做好施工区卫生防疫工作,完善疫情管理体系,控制施工人群传染病发病率,避免传染病爆发和蔓延。

(5) 理顺工程建设与环境保护的关系,保障工程建设的顺利进行,促进工区环境美化,争创环保优秀工程。

9.2.4 环境管理体系

工程环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

外部管理是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,依法对工程各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。

内部管理是指建设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,并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。

内部管理分施工期和运行期两个阶段。

施工期内部管理由建设单位负责,对工程施工期环境保护措施进行优化、组织和实施,保证达到国家建设项目环境保护要求与地方环保部门要求。施工期内部环境管理体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成,通过各自成立的相应机构对工程建设的环保负责。

运行期由工程运行管理单位负责,对环境保护措施进行优化、组织和实施。

9.2.5 环境管理职责

9.2.5.1 施工期

(1) 建设单位

工程开工前建设单位应设置“环境保护领导小组”和“环境保护办公室”。

“环境保护领导小组”成员由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位等各有关单位的主要领导组成,其中建设单位主要领导任主要负责人,负责确定工程环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

“环境保护办公室”为工程施工期“环境保护领导小组”的常设办事机构,设专职

人员 1 人。具体负责和落实工程建设过程中环境保护管理工作，其主要职责包括：

- ① 通过开展调查研究，确定适合本工程的环境保护方针和经济技术政策，确立环境保护目标，并结合工程施工方案予以分解；
- ② 制定、贯彻工程环境保护的有关规定、办法、细则，并处理执行过程中的有关事宜；
- ③ 组织编制工程环境保护总体规划和年度计划，组织规划和计划的全面实施，做好环境保护年度预决算，配合财务部门对环境保护资金进行计划管理；
- ④ 委托进行环保专项设计，检查设计进度，组织设计成果的验收和审查，并保证各项环境保护措施的有效实施；
- ⑤ 依照法律、规定和方法，对整个工程各项环境保护措施的实施情况进行监督和管理，实施环境质量一票否决制；
- ⑥ 协调各有关部门之间的关系，听取和处理各环境管理机构提交的有关事宜和汇报，不定期向上级环境保护行政主管部门汇报工作；
- ⑦ 督促承包商环境管理机构的工作，内部处理环境违法、违规行为，表彰先进事迹；
- ⑧ 检查督促接受委托的环境监测部门监测工作的正常实施，加强环境信息统计，建立环境资料数据库；
- ⑨ 完善内部规章制度，搞好环境管理的日常工作，作好档案、资料收集、整理等工作。

(2) 施工单位

施工期的废污水处理、声环境保护、环境空气保护、固体废物处理、生态环境保护等环境保护费用应由施工单位承担，并在招标文件中明确。施工单位应确保措施到位，落实相关费用。

各施工承包单位在进场后均应设置“环境保护办公室”，设专职人员 1~2 人，实施工程招标文件中或设计文件中规定的环境保护对策措施，及时处理施工过程中出现的环境问题，接受有关部门对环保工作的监督和管理。主要包括以下内容工作：

- ① 制定环境保护年度工作计划和编写环境保护工作月、季及年度工作报告；
- ② 检查所承担的环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题；
- ③ 核算年度环境保护经费的使用情况；

④接受环保管理办公室和环境监理单位的监督，报告承包合同中环保条款的执行情况。

(3) 监理单位

为了更加有效地实施工程环境保护管理，成立工程环境监理部，参与工程环境管理。环境监理部的机构组织、监理内容和监理制度见“8. 环境监理”。

(4) 设计单位

根据国家法律法规、环境保护主管部门要求、环境影响报告书和批复等有关文件，从环境保护角度优化工程设计，选用对环境影响小的设计方案，反馈于建设单位和施工单位。

9.2.5.2 运行期

工程建成运行后，在工程管理部门中设置“环境保护办公室”，设兼职人员 1 人，具体负责和落实工程建成运行后的环境保护管理工作，其主要职责包括：

(1) 根据相关的环境保护法律、法规及技术标准，确定工程运行期环境保护方针和环境保护目标，制定运行期环境保护管理办法；

(2) 负责与当地政府或渔政主管部门进行沟通协调，落实栖息地保护河段监管、宣传措施及经费；

(3) 负责落实环保经费及环境监测工作的正常实施；特别是，做好环境信息统计；

(4) 协调处理运行期工程影响区出现的各项环境问题。

9.2.6 环境管理制度

9.2.6.1 环境保护责任制

在环境保护管理体系中，建立环境保护责任制，明确各环境管理机构的环境保护责任。

9.2.6.2 分级管理制度

建立环境保护责任制，将环境保护列入施工招标，在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治设施与环境保护措施条款，由各施工承包单位负责组织实施，由环境监理部门负责定期检查，并将检查结果上报建设单位环境保护办公室及环境保护领导小组，并对检查中所发现的问题督促施工单位整改。

9.2.6.3 监测和报告制度

环境监测是环境管理部门获取施工区环境质量信息的重要手段，是进行环境管理的主要依据。从节约经费开支和保证成果质量的角度出发，建议采用合同管理的方式，委托当地具备相应监测资质的单位，对工程施工区及周围的环境质量按环境监测计划要求进行定期监测。并对监测成果实行月报、年报和定期编制环境质量报告书以及年审的制度。同时，应根据环境监测成果，对环保措施进行相应调整，以确保环境质量符合国家标准和地方确定的功能区划要求。

9.2.6.4 “三同时”制度

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》，工程建设过程中的污染防治设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。有关“三同时”项目必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。

根据《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的要求，项目建设与环境保护应实行“三同时”，本项目竣工环境保护验收汇总见表 9.2-1~表 9.2-2。

表 9.2-1 清水河水库蓄水阶段环境保护验收主要内容一览表

阶段	重点位置		主要内容
施工期	枢纽区	砂石加工系统	废水处理回用设施运行状况，是否不外排；防尘抑尘设备是否配置齐全，场界粉尘是否达标；降噪设备是否配置齐全，场界噪声是否达标；水土保持措施效果和水土保持监测。
		混凝土拌和系统	废水处理回用设施运行状况，是否不外排；防尘抑尘设备是否配置齐全，场界粉尘是否达标；降噪设备是否配置齐全，场界噪声是否达标；水土保持措施效果和水土保持监测。
		机械修配系统	废水处理设施运行状况，是否不外排，进出口处主要污染物浓度，废水处理率。
		生活营地	生活污水处理设施运行状况，进出口处主要污染物浓度，污水处理率；生活垃圾是否分选、集中运输次数、费用；水土保持措施效果。
		渣场	洒水降尘频率；大气环境和声环境质量；水土保持措施效果和水土保持监测；生态修复情况。
		场内交通道路	限速禁鸣措施的效果，声环境质量；洒水降尘频率，大气环境质量；道路维护状况；水土保持措施效果和水土保持监测；生态修复情况。
		环境管理体系	是否设环境保护管理机构，相关管理、监理、监测

			人员、制度、报告是否完备；是否设置环境管理机构及体系；是否设置环境监理；是否进行施工期间的环境监测。环境保护投资是否到位。
		其他单项环保工程	鱼类增殖放流站是否正常运行，放流效果；鱼道土建工程是否建成；环境保护宣传措施是否完善；环境保护总体设计报告；专项环境保护工程招标设计、施工图设计工作是否完善。
	库区		初期蓄水期水环境质量；下泄流量措施是否保障；水库蓄水前动物搜救及辅助迁移是否同步运行，效果；鱼类支流保护措施是否进一步落实；环境保护投资是否到位。 下闸蓄水验收。
	移民安置区		生活污水处理措施是否建成运行，运行效果；垃圾收运体系是否完备；供水设施是否定期消毒；水土保持措施效果和水土保持监测。环境监理及环境监测报告；环境保护投资落实情况。

表 9.2-2 清水河水库工竣工环境保护验收主要内容一览表

阶段	重点位置	主要内容
工程竣工验收	枢纽区	迹地清理；生态修复； 水土保持措施及效果； 鱼类增殖放流站运行效果； 鱼道运行效果； 环境监理总结报告； 环境监测总结报告； 工程竣工验收总结报告； 水土保持竣工验收总结报告； 环境保护投资落实情况。
	库区、坝下河道	鱼类栖息地保护措施落实及运行情况； 鱼类保护措施及初步效果； 生态流量下泄； 库区水环境质量； 库区及坝下水环境监测及效果； 环境监理及环境监测； 环境保护投资落实情况。
	移民安置区(初期蓄水后的安置点)	同前阶段

9.2.6.5 突发事故处理制度

工程施工期间，如发生污染事故及其它突发性环境事件，除应立即启动应急预案，采取补救措施外，施工单位还要及时通报可能受到影响的地区和居民，并报建

设单位环保部门与地方环境保护行政主管部门，接受调查处理。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行政或经济处罚，触犯国家有关法律者，移交司法部门处理。并防止以后类似事故的发生。

9.2.6.6 报告制度

日常环境管理中所有要求、通报、整改通知及评议等，均采取书面文件或函件形式来往。施工承包商定期向工程建设环境保护办公室和环境监理部提交环境月、半年及年报，涉及环境保护各项内容的实施执行情况及所发生问题的改正方案和处理结果，阶段性总结。环境监理部定期向工程建设环境保护办公室报告施工区环境保护状况和监理工作进展，提交监理月、半年及年报。环境监测单位定期向工程建设环境保护办公室提交环境监测报告，环保管理办公室应委托有关技术单位对工程施工期进行环境评估，提出评估季报和年报。

9.3 环境监理

工程施工期应实施环境监理制度，以便对各项环保措施的实施进度、质量及实施效果等进行监督控制，及时处理和解决可能出现的环境污染和生态破坏事件。

9.3.1 机构设置与工作方式

建设单位应当在建设项目开工建设前，通过招投标等方式委托环境监理机构开展环境监理。

根据工程规模和施工规划，施工期环境保护监理部门拟设专职监理人员 2 人、兼职人员 1~2 人。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治理，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。

环境保护行政主管部门按照审批权限，对其审批的建设项目环境监理进行监督管理。本项目环境监理由海南省环境保护厅进行监督管理。

9.3.2 工作内容

环境监理包括建设项目设计文件环保核查、施工期环境监理。

(1) 设计文件环保核查

设计文件环保核查是对建设项目的的设计文件符合环境影响评价及其批准文件要求情况的检查。在项目开工建设前环境监理需完成设计文件环保核查并及时向项目建设单位提交设计文件环保核查报告；建设单位应当在建设项目开工建设时，向环境保护行政主管部门报告并提交环境监理机构关于建设项目设计文件环保核查报告。

(2) 施工期的环境监理

施工期环境监理的工作范围包括施工区、料场、弃渣场及所有因工程建设可能造成环境污染和生态破坏的区域。施工环境监理的主要职责为：

①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、检查承包商或环保措施实施单位对施工区环保措施的实施进度、质量及效果。

②指导、检查、督促各施工承包单位环境保护办公室的设立和正常运行。

③根据实际情况，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清洁生产等环保方面的改进意见，以保证方案满足环保要求。

④审查承包商提出的环境保护措施的工艺流程、施工方法、设备清单及各项环保指标。

⑤加强现场的监控，重点监督检查生产废水、生活污水收集和处理系统的施工质量、运行情况。对在监理过程中发现的环境问题，以书面形式通知责任单位进行限期处理改进。

⑥对承包商施工过程及施工结束后的现场，依据环境保护要求进行检查和质量评定。

9.3.3 监理工作制度

环境监理工程师每天根据工作情况作出监理记录；每月编制环境监理月报，每半年编制一份环境保护工作总结报告，进行阶段性总结。在建设项目开工、试生产和竣工环境保护验收前分别向项目建设单位提交阶段环境监理报告。在建设项目通过竣工环境保护验收后移交环境监理档案资料。

10 环境保护投资估算及环境影响经济损益分析

10.1 环境保护投资估算

10.1.1 编制原则

(1) “谁污染，谁治理，谁开发，谁保护”的原则。对于既保护环境又为主体工程服务，以及为减轻或消除因工程兴建对环境造成的不利影响而采取的环境保护、环境监测、环境工程管理等措施，移民安置工程环境保护措施，其所需的投资均列入工程环境保护投资；水土保持投资、主体工程部分的具有环境保护功能的投资单独计列，不列入环境保护投资。

(2) “突出重点”原则。对受工程影响较大、公众关注度较高的环境因子进行重点保护，并在投资上予以体现。

(3) “一次性补偿”原则。对工程所造成的难以恢复的环境损失，采取替代补偿或应该补偿标准给予一次性合理补偿。

10.1.2 编制依据

(1) 《水利水电工程环境保护概估算编制规程》(359-2006) 。

(2) 关于发布《水利建筑工程预算定额》、《水利建筑工程概算定额》、《水利工程施工机械台时费定额》及《水利工程设计概(估) 算编制规定》的通知(水利部文件水总[2002]116 号) 。

(3) 国家计委、建设部关于发布《工程勘察设计收费管理规定》的通知(计价格[2002]10 号) 。

(4) 国家计委、国家环境保护总局《关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》(计价格[2002]125 号) 。

(5) 环保设备采用市场现行价。

(6) 环境保护设计资料；本阶段的设计工程量、设计图纸、施工方法、施工总进度等资料。

10.1.3 投资项目划分及费用构成

根据《水利水电工程环境保护概估算编制规程》(SL 359-2006)，结合工程实际情况，本工程环境保护项目划分为环境保护措施、环境监测措施、环境保护仪器设备及安装、环境保护临时措施、环境保护独立费用五部分，以及以上五部分之外的环境保护预备费。水土保持投资计入水土保持专项投资。

第一部分：环境保护措施

包括防止、减免或减缓工程对环境不利影响和满足工程环境功能要求而兴建的环境保护措施，主要有水质保护、水温恢复、生态保护、移民安置环境保护措施、公路复建环保措施、生态需水等。

第二部分：环境监测措施

主要是指施工期开展的环境监测，包括水质监测、环境空气质量监测、声环境质量监测、生态调查。

第三部分：环境保护仪器设备与安装

主要是指为保护环境所需的仪器设备及安装，包括环境保护设备和环境监测仪器设备。

第四部分：环境保护临时措施

主要是指工程施工过程中，为保护施工区及其周围环境和人群健康所采取的临时措施，包括施工废污水处理、噪声防治、固体废物处理、环境空气质量控制、人群健康保护、地下水影响减缓等临时措施。

第五部分：环境保护独立费用

包括环境保护建设管理费、环境监理费、科研勘测设计咨询费。

基本预备费主要是指为解决工程施工过程中，经批准的环境保护设计变更增加的投资及解决意外环境事故而采取的措施所增加的工程项目和费用。

10.1.4 环保投资估算

按照上述原则计算，清水河工程环境保护工程静态投资 17091.44 万元(含过鱼设施投资 2978 万元)，其中枢纽工程环保投资 9820.92 万元，输水线路环保投资为 294.16 万元，环境保护独立费用 5145.13 万元。环境保护投资估算见表 10.1-1。

表 10.1-1 清水河水利枢纽工程环境保护投资估算

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
第一部分	枢纽工程环境保护投资				9820.92	
1	环境保护措施				6811.58	
1.1	水质保护				64.00	
(1)	污水处理工程				40.00	
	水库管理处生活污水 污水处理	套	1	400000	40.00	土建费，设备延用 施工期设备
(2)	水源地污染源治 理与防治				24.00	
	一体化生活污水 处理措施 (40m ³ /d) 及配 套管网	项	11	1000000	1100.00	由当地政府统筹， 不计入本工程
	一体化生活污水 处理措施 (80m ³ /d) 及配 套管网	项	5	1500000	750.00	由当地政府统筹， 不计入本工程
	生活垃圾收集系 统	项	16	50000	80.00	由当地政府统筹， 不计入本工程
	水源地警示牌	个	80	3000	24.00	
1.2	水温恢复					
	分层取水措施					计入主体工程
1.3	生态保护				6254.38	
(1)	陆生生态保护				197.00	
	陆生生态保护宣 传与培训	次	4	20000	8.00	
	珍稀保护植物移 栽	棵	35	50000	175.00	
	珍稀保护植物就 地保护	棵	7	20000	14.00	
(2)	水生生物保护				6057.38	
	栖息地保护与修 复	项	1	4000000	400.00	
	鱼类增殖站	座	1	29780000	2978.00	
	过鱼设施	项	1	25793800	2579.38	
	取水口拦鱼设施	项	1	1000000	100.00	
1.4	移民安置环境保 护措施				493.20	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
(1)	生活污水处理				460.00	
	污水处理设施 (110m ³ /d)	套	1	1200000	120.00	以勒安置点
	污水处理设施 (80m ³ /d)	套	2	1000000	200.00	普底、炭房安置点
	污水处理设施 (50m ³ /d)	套	1	800000	80.00	瓦窑冲安置点
	污水处理设施 (40m ³ /d)	套	1	600000	60.00	小龙白安置点
(2)	生活垃圾处理				23.20	
	垃圾桶	个	80	400	3.20	
	垃圾收集池	个	8	25000	20.00	
(3)	复建及防护工程 环保措施	项	2	50000	10.00	
1.5	生态需水				0.00	
	生态流量泄放设 施					计入主体工程
2	环境监测费				578.40	
2.1	水质监测				326.40	
	施工饮用水水质 监测	样·次	96	8000	76.80	工期 48 个月
	施工废污水监测	样·次	256	8000	204.80	
	施工期地表水监 测	样·次	24	8000	19.20	
	施工期地下水监 测	样·次	32	8000	25.60	
2.2	大气监测	点·次	64	3000	19.20	
2.3	噪声监测	点·次	64	2000	12.80	
2.4	生态调查				220.00	
	陆生生态调查	次	2	500000	100.00	施工高峰年调查 1 次和竣工验收前 1 次
	水生生态调查	次	2	600000	120.00	施工高峰年调查 1 次和竣工验收前 1 次
第 1~第 2 部					7389.98	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
分合计						
3	环境保护仪器设备及安装				1086.56	
3.1	环境保护设备				846.56	
(1)	施工废污水处理设备				791.00	
	砂石料加工系统 废水处理设备	套	1	5000000	500.00	
	坝址区混凝土拌 和系统废水处理 设备	套	1	200000	20.00	
	坝址区修配系统 废水处理设备	台	1	500000	50.00	
	隧洞施工废水处 理设备	台	3	20000	6.00	
	基坑排水处理	套	1	50000	5.00	
	生活污水处理系 统 (1.5m³/h)	套	1	600000	60.00	业主营地
	生活污水处理系 统 (5m³/h)	套	1	1500000	150.00	施工营地
(2)	粉尘防治				30.00	
	洒水车	量	1	300000	30.00	
(3)	生活垃圾收集、 处理				25.56	
	垃圾桶	个	20	480	0.96	
	垃圾运输车	辆	1	246000	24.60	
3.2	环境监测仪器设 备				240.00	
(1)	河道生态需水量 在线监测系统	项	1	500000	50.00	
(2)	水温监测设备	项	2	500000	100.00	
(3)	水质在线监控设 备	项	2	450000	90.00	
第 1~3 部分 合计					8476.54	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
4	环境保护临时措施				1344.38	
4.1	施工废污水处理				720.00	
	砂石料加工系统 废水处理	项	1	3000000.00	300.00	土建及运行费
	坝址区混凝土拌 和系统废水处理	项	1	700000.00	70.00	
	坝址区修配系统 废水处理设备	项	1	300000.00	30.00	
	隧洞施工废水处 理	项	3	800000.00	240.00	
	基坑废水处理	项	1	50000.00	5.00	
	生活污水处理系 统 (1.5m³/h)	项	1	250000.00	25.00	土建工程
	生活污水处理系 统 (5m³/h)	项	1	500000.00	50.00	土建工程
4.2	噪声防治				263.50	
	限速禁鸣标志牌	套	10	500.00	0.50	
	声屏障	m	1000	2500.00	250.00	
	绿化隔声带	m	100	650.00	6.50	
	施工临时围挡	m	100	650.00	6.50	
4.3	固体废物处理				93.28	
	生活垃圾清扫	人·月	96	2500.00	24.00	
	生活垃圾外运处 理	t	2464	200.00	49.28	
	垃圾收集池	个	8	25000.00	20.00	
4.4	环境空气质量控 制				77.60	
	洒水降尘人工费	人·月	96	3000.00	28.80	
	道路清扫人工费	人·月	96	3000.00	28.80	
	洒水车运行费	年·辆	4	50000.00	20.00	
4.5	人群健康保护				190.00	
	施工人员体检	人	1500	500.00	75.00	
	施工区卫生清理	项	1	100000.00	10.00	
	环境卫生和食品 卫生管理	项	1	50000.00	5.00	
	其他应急工程	项	1	1000000.00	100.00	
第1~第4部分合计					9820.92	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
第二部分	输水线路环境保护投资				294.16	
1	生态保护				0.00	计入枢纽工程生态保护措施
2	环境保护仪器设备及安装				190.30	
(1)	施工废污水处理设备				104.00	
	管线区混凝土拌和废水处理设备	台	26	10000	26.00	
	管线区修配系统废水处理设备	台	13	50000	65.00	依托主体工程机械修配系统
	管线区小型隔油池设备	台	13	10000	13.00	
(2)	粉尘防治				60.00	
	洒水车	量	2	300000	60.00	
(3)	生活垃圾收集、处理				26.3	
	垃圾桶	个	26	500	1.30	
	垃圾运输车	辆	1	250000	25	
3	环境保护临时措施				103.86	
3.1	噪声防治				2.50	
	限速禁鸣标志牌	套	50	500.00	2.50	
3.2	固体废物处理				52.56	
	生活垃圾外运处理	t	2628	200.00	52.56	
3.3	环境空气质量控制				48.80	
	洒水降尘人工费	人·月	48	3000.00	14.40	
	道路清扫人工费	人·月	48	3000.00	14.40	
	洒水车运行费	年·辆	4	50000.00	20.00	
第一～第二部分合计					10115.08	
第三部分	环境保护独立费用				5145.13	
一	环境保护建设管理费				704.60	
	环境管理经常费				202.30	取第一～第二部分和的 2%

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
	环保设施竣工验收 收费				300.00	
	环保宣传及技术 培训费				202.30	取第一~第二部分 和的 2%
二	环境监理费	年	4	1200000	480.00	200000/人·年, 共 6 人
三	科研勘测设计费				3960.53	
1	科学研究试验费				1980.00	
(1)	过鱼种类行为学	项	1	800000	80.00	
(2)	过鱼设施水工模 型试验及物理模 型试验	项	1	1200000	120.00	
(3)	鱼类增殖放流效 果研究	项	1	800000	80.00	
(4)	鱼类栖息地保护 相关技术研究	项	1	700000	70.00	
(5)	过鱼设施集鱼过 鱼效果研究	项	1	1300000	130.00	
(6)	其他专项设计费				1500.00	
	受水区水污染治 理规划	项	1	2000000	200.00	
	岩溶地区地下水 保护研究专题	项	1	3000000	300.00	
	饮用水源地划分 方案	项	1	1500000	150.00	
	施工期环境风险 应急预案	项	1	800000	80.00	
	环境影响后评价	项	1	3500000	350.00	
	库区水环境影响 跟踪评估	项	1	2700000	270.00	
	鱼类栖息地保护 规划	项	1	1500000	150.00	
2	环境影响评价费				600.00	
3	环保勘测设计费				1380.53	
(1)	工程勘测费				182.31	
(2)	工程设计费				364.62	
(3)	鱼类增殖放流站 设计费				446.70	
(4)	集鱼系统设计费				386.91	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
第一~第三部分合计					15260.21	
	基本预备费				1831.23	取第一~第三部分 和的 12%
	环保静态总投资				17091.44	

10.2 环境影响经济损益分析

10.2.1 主要环境效益

(1) 经济效益

清水河水利枢纽工程任务是以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。因此，工程建成后将产生明显的经济效益。

(2) 社会效益

施工期，工程建设资金的投入将带动地方相关产业的发展，施工人员的投入将增加地方就业机会。

工程建设有效解决了砚山县城和当地村镇缺水问题，提高了生活供水安全保障程度；清水河水库建成后，可解决砚山县工业园区、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区和珠琳特色产品加工和物流片区四个工业园区发展的缺水问题，为特殊贫困地区经济发展提供水源保障；水库的建设，可解决灌区缺水问题，进而有助于提高三七、八角、草果、油桐、辣椒、烟叶、蔬菜、花生等经济效益较高的农特产品和经济作物种植比例，提高农民收入水平，从而促进区域脱贫进程。

综上所述，清水河水利枢纽的建设具有明显的社会效益。

(3) 生态环境效益

滇桂黔石漠化片区是全国石漠化问题最严重的地区，砚山县、丘北县、广南县等三县均为石漠化综合治理重点县。清水河水利枢纽工程建成后，可在保证当地现有小型水库生态基流下泄，提高当地农民收入水平，有助于减轻毁林开荒现象、坡耕地退耕还林和减轻水土流失，是推动石漠化片区综合治理，改善区域生态环境的需要。

10.2.2 主要环境损失

在经济损益分析中，尽量以对工程不利影响所采取的防护措施和补救措施的费用作为反映工程影响效应大小的尺度，从而计算其损失值。在本工程的环境损失中，可以货币化体现的环境损失主要包括建设征地及移民安置补偿投资、环境保护措施费用、水土保持措施费用。

10.2.3 环境损益分析

通过环保措施采取前后的环境效果对比可看出，如不采取环保措施，各环境要素基本上将受到中等程度以上的不利影响，而环保措施的实施，可以最大限度地减免工程兴建对环境的不利影响，其费用产生的环境效果明显，可避免因环境损失而造成的潜在经济损失。因此，本工程的环境保护费用在经济上具有合理性和可行性。

从可量化环境损失及环境经济效益来看，环境损失大于环境效益。但本工程以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。工程的经济效益、社会效益、环境效益目前大部分难以量化，从长远看，工程的环境效益是大于环境损失的。

11 环境影响评价结论

11.1 工程概况

云南省文山州清水河水利枢纽工程位于云南省文山州北部，坝址位于清水江支流南丘河平老村上游约 700m 处，水库淹没涉及丘北县和砚山县。清水河水利枢纽为《水利改革发展“十三五”规划》规划项目，已列入《云南省水利改革发展“十三五”规划》、《云南省供水安全保障网规划》、《南盘江流域综合规划》以及《文山壮族苗族自治州水网规划（2016-2030 年）》等规划。水库坝址以上径流面积为 1539km²，多年平均天然径流量 3.52 亿 m³，多年平均流量为 11.15m³/s。清水河水利枢纽工程是《南盘江流域综合规划》规划新建的 30 座重点水源工程之一，工程开发任务以城乡生活和工业供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。工程供水对象包括砚山县城，砚山工业园区、丘北工业园区、丘北普者黑火车站物流园区、广南珠琳农特产品加工和物流片区等 4 个园区，5 个乡镇 15.5 万人的村镇生活用水和 19.6 万亩灌溉面积。水库多年平均供水量 9156 万 m³，其中，向砚山县城供水 1707 万 m³，向工业园区供水 2860 万 m³，向村镇生活供水 808 万 m³，向农业灌溉供水 3781 万 m³。

工程由清水河水库和输水工程组成，水库主要建筑物有挡水建筑物、泄水建筑物及发电厂房等；输水工程主要建筑物有输水隧洞、输水管道、泵站以及交叉建筑物等。清水河水库正常蓄水位 1392.0m，相应库容为 11717 万 m³，死水位 1350.0m，对应死库容 1083 万 m³，总库容 12640 万 m³，兴利库容为 10633 万 m³，具有多年调节性能。电站装机 7MW（2×1.2MW+1×4.6MW），多年平均发电量 2187 万 kW·h，装机利用小时 3124h。取水发电隧洞设计流量 11.9m³/s，进水口底板高程为 1343.0m。

工程土石方开挖总量 868.68 万 m³（实方），弃渣 552.83 万 m³（实方）。枢纽工程共规划料场 1 处石料场和 1 处土料场，弃渣场 3 个；输水线路规划弃渣场 13 个。工程征占土地总面积 19103.80 亩，永久征收 10844.90 亩，临时征用 8258.90 亩。规划水平年生产安置总人口为 2577 人（水库淹没影响区 1552 人，枢纽工程区 357 人，输水线路区 668 人），搬迁安置人口 2816 人，采取集中安置和分散安置相结合的安置方式，共设 5 个集中安置点。

工程施工总工期 48 个月，环保静态总投资 17091.44 万元，占工程总投资的 3.42%。

11.2 工程分析结论

通过工程分析，结合工程区的环境现状特征，可以认为：清水河水利枢纽工程建设符合国家产业政策要求，符合国家与地方相关规划。工程建设是十分必要的，工程选择的供水规模等设计方案是环境合理的。

工程施工期的环境影响主要有：工程占地对地表植被、陆生动植物等生态环境的影响；工程开挖与弃渣堆放产生的水土流失问题；施工“三废一噪”对环境的影响。施工期环境影响是暂时的、局部的。

工程运行基本不产生污染物，但水库调水对流域水资源利用产生影响，水库蓄水和调水对水库库区、坝下河道的水文泥沙情势、水温、水质、水生生态等将产生影响，这些将是工程环境影响评价的重点，也是应予采取环境保护措施的重点。

11.3 流域环境影响回顾

清水江干流已开发水利水电工程回龙水库、听湖水库、格雷一级、格雷二级、猴爬岩、坝达、猫街等电站，总装机容量 8.57 万 kW，年均发电量 3.77 亿 kW·h。

回龙水库和听湖水库修建较早，无生态流量泄放措施，格雷一级、格雷二级坝下存在减脱水河段，不利于下游生态环境，猴爬岩电站已按要求采用泄流底孔和溢流表孔下泄生态流量，可缓解坝下生态不利影响。坝达和猫街电站为坝后式开发，不会造成河道出现脱水河段，河道不会出现断流情况。

距清水河汇口下游约 12.3km 处有落差达 27m 左右的瀑布，已形成天然阻隔，阻隔了天然河道的自然连通性，干流梯级电站的开发进一步加剧了阻隔的影响。

为缓解已建水利水电工程对水环境及水生生态的影响，建议未采取生态流量泄放措施的电站尽快采取环保措施保障下游河道生态需水要求，增加栖息地保护、建设过鱼措施和进行鱼类增殖放流，以减缓工程对鱼类的阻隔影响，补偿鱼类资源损失。

11.4 主要环境影响及对策措施

11.4.1 地表水环境

11.4.1.1 主要环境影响

(1) 流域水资源开发利用影响

清水江流域水资源总量为 21.54 亿 m^3 ，清水河水利枢纽工程坝址处多年平均径流量为 3.52 亿 m^3 ，总供水量为 1.76 亿 m^3 ，水资源开发利用率不高，仅为 8.17%。清水河水利枢纽工程多年平均出库供水量为 9156 万 m^3 ，其中：生活供水量为 3181 万 m^3 ，工业供水量为 2194 万 m^3 ，农业灌溉供水量为 3781 万 m^3 。至规划水平年 2035 年，流域多年平均总供水量为 2.68 亿 m^3 ，地表水资源开发利用率将由现状的 8.17% 提高到 12.42%，其中本工程的贡献程度为 4.25%。

(2) 水文情势影响

清水河水利枢纽工程建设运行后，坝下河段在典型丰、平、枯水年均出现不同程度径流减少，但随着坝下最大支流——清水河的汇入，水库调节运行对清水河汇入口以下河段影响不大。

① 丰水年 6~7 月、12 月，受水库调节影响，坝址断面减水比例均在 50% 以上，但随着坝下支流的入汇，对水文情势的不利影响沿程能够得到一定程度的缓解，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 30.59%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 8.54%。

② 平水年 6~7 月，坝址断面减水比例均在 70% 以上，随着坝下支流的入汇，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 39.0%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 15.22%。

③ 枯水年 1~5 月，水库坝址处设计来流量小于下游生态流量，水库进行生态补水，使得下泄水量满足生态流量要求；7~10 月，受水库调节影响，坝址断面减水比例均在 60% 以上，随着坝下支流的入汇，至清水河河口断面，最大减水比例已经缩小为 52.71%，至清水江入南盘江汇口断面，最大减水比例已经缩小为 25.12%。

总体来讲，清水河水利枢纽工程建设运行后，枯水年较丰水年和平水年对水文情势的影响相对较大，但基本不会对南盘江的水文情势产生不利影响。

(3) 水温影响

单层取水工况下，典型平、丰和枯水年水库在 3~7 月份均在不同程度的低温水下泄情况。平水年，3~7 月份水库下泄水温比天然水温分别低了 0.5℃、3.8℃、5.0℃、3.0℃和 0.2℃，平均低了 2.5℃，5 月降幅最大，为 5.0℃，最大日均降幅为 6.8℃，发生在 5 月 19 日，8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.2℃，12 月温升幅度最大，为 6.1℃；丰水年 3~7 月份水库下泄水温比天然水温分别低了 0.7℃、4.1℃、5.5℃、3.4℃和 0.4℃，平均低了 2.8℃，5 月降幅最大，为 5.5℃，最大日均降幅为 7.4℃，发生在 5 月 19 日，8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.7℃，12 月温升幅度最大，为 5.4℃；枯水年 3~6 月份水库下泄水温比天然水温分别低了 0.5℃、3.7℃、4.5℃和 2.4℃，平均低了 2.8℃，5 月降幅最大，为 4.5℃，最大日均降幅为 6.2℃，发生在 5 月 19 日，8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.9℃，12 月温升幅度最大，为 6.1℃。不同典型年年均下泄水温与建库前相比较为一致。

清水河水库采用叠梁门方案取水后，下泄水温的春季低温水现象得到了有效缓解。平水年采用叠梁门后，3-7 月下泄水温提高 1.6-6.3℃；丰水年采用叠梁门后，3-7 月下泄水温提高 1.9-6.6℃；枯水年采用叠梁门后，3-6 月下泄水温提高 2.3-5.7℃。各典型年采用叠梁门后水库的下泄水温均不存在低温水现象。

(4) 水质影响

1) 水质现状

清水河水库坝址断面，库中断面以及库尾断面的监测水质均达到了Ⅲ类水质的要求。坝址下游各入江口的监测断面如：法白小河，清水河，者中河入清水江断面水质均达到Ⅲ类水质的要求。格雷一级、二级电站断面也均达到Ⅲ类水质的要求。

2) 水污染防治规划实施后水域水质

① 砚山片区退水范围为公革河，来流水质较好，砚山县城排污断面污染负荷削减较大，河流水质浓度上升幅度一般，在乡镇集排点源位置水质浓度略有上升，面源污染削减较多，水质浓度从上游到下游河道有逐渐降低的趋势。古登寨小河汇入处，水质有一定幅度上升。COD、TP 在各典型年沿程均满足Ⅲ类水质标准；NH₃-N 在枯水年枯期砚山县及干乡河位置略微超过Ⅲ类水质标准外，其他时期均满足Ⅲ类水质标准；TN 在各典型年的汛期均能达到Ⅲ类水质标准，其余时期在砚山县位置后均超过Ⅲ类水质标准。

② 维摩片区退水范围主要为古登寨小河，古登寨小河水质较好，NH₃-N、TP 浓度在各典型年的汛期、枯期均满足Ⅲ类水质标准；COD 浓度在各典型年的枯期

略微超过Ⅲ类水质标准，在各典型年的汛期均满足Ⅲ类水质标准。

③库区范围中，丰水年枯期、汛期 COD、NH₃-N、TN 和 TP 均满足Ⅲ类水质要求。平水年枯期、汛期 COD、NH₃-N、TN 和 TP 均满足Ⅲ类水质要求；枯水年枯期、汛期 COD、NH₃-N、TN 和 TP 均满足Ⅲ类水质要求。从库区立面二维图上可以可出，由于来流污染负荷及面源的影响，各典型年在枯期库尾部分水质较差，在汛期距水面 20m 范围内水质较差，但各水质要素的断面平均浓度在整个库区内能满足Ⅲ类水标准。

④坝下游入流水质很好，污染因子浓度很低，受区间面源影响浓度沿程保持不变或略有上升，支流法白小河汇入后，浓度有较大升高随后有降低趋势，各典型年的汛期、枯期各污染因子均能满足Ⅲ类水标准。

⑤珠琳片区板榔河来流水质较好，珠琳镇污水处理厂及工业园区污水处理厂排放污水汇入后，浓度有较大升高随后有沿程降解减少的趋势。COD、NH₃-N、TP 在各典型年基本能满足Ⅲ类水标准。

⑥天星树皮片区法白小河水质一般，天星树皮片区污染负荷仍较大。NH₃-N、TP 在各典型年的汛期、枯期均满足Ⅲ类水质标准；COD 在丰水年、平水年的汛期、枯期满足Ⅲ类水质标准，但在枯水年的汛期、枯期略微超过Ⅲ类水质标准。

⑦丘北工业园区受水区退水进入清水河，清水河水质较好，清水河受水区污染负荷较小，各典型年的汛期、枯期均满足Ⅲ类水质标准。

水污染治理措施落实后可为确保 2035 年断面水质达到Ⅲ类水限值要求，为流域水质长治久安奠定基础。

11.4.1.2 水环境保护措施

(1) 施工期水环境保护措施

施工生产废水、生活污水均处理后回用和综合利用，其中砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统废水、机械保修厂修配系统废水分别经 DH 高效（旋流）污水净化法、沉淀法、油水分离法处理后，回用于系统自身；隧洞施工废水和基坑排水经沉淀处理后用于降尘、水土保持措施用水、浇灌附近林地或耕地等；生活污水经成套处理设备处理后作为水土保持措施用水或浇灌附近林地、耕地等。

(2) 低温水减缓措施

为降低水库下泄低温水对下游水生生态和农田灌溉的影响，水库主体工程设计采用叠梁门取水方案，叠梁门顶高程 1391.00m，底板高程 1343.00m，高 52.00m，

每节高 4.0m，共 12 节。门顶最小过流水深取 2.0m，最大水深为 6.0m，即门顶水深低于 2.0m，需提出一节叠梁门；门顶水深高于 6.0m，需放下一节叠梁门。通过叠梁门的灵活运行，尽量取表层水，进一步减轻低温水对下游生态的不利影响。

(3) 生态流量泄放措施

清水河水利枢纽工程 12 月~翌年 3 月下泄生态流量为 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ (为坝址处多年平均流量的 15.0%)，鱼类产卵期(4~5 月)下泄生态流量为 $2.35\text{m}^3/\text{s}$ ，6~11 月份不应低于 $3.35\text{m}^3/\text{s}$ (为坝址处多年平均流量的 30.0%)。

正常情况下，生态流量由坝后生态电站泄放生态流量。考虑到机组检修及其它特殊情况，通过设置一个 DN800 的备用生态流量放水管，发电机组检修时，生态流量可通过备用生态放水管下泄到下游河道。

(4) 水污染防治规划

针对评价范围内预测年的水污染分析，提出对应的水污染控制规划方案，主要分为点源控制、面源控制。通过实现城镇生活污水及各工业园区工业废水 100%收集处理；通过提高预测年县城、乡镇污水处理厂的处理标准，增加中水回用率，并新建珠琳镇、天星乡污水处理厂，实现污水处理达标排放，缓解河道水质；通过建设农村生活污水处理设施、生活垃圾处理设施及畜禽养殖污染处理设施，实现农村散排污染负荷削减 20%，畜禽养殖污染负荷削减 50%。具体措施主要包括污水处理厂的新建、提标扩容，增加中水回用以及农村生活污染处理设施、畜禽养殖处理设施建设等两类共 89 项规划建设项目，总投资 130523 万元。其中点源污染控制项目总投资 123000 万元，项目 12 项，来自砚山县、丘北县、广南县县域总体规划，由政府投资建设；面源污染控制项目总投资 7523 万元，项目 77 项，由建设区域县政府负责投资建设。

通过对实施水污染治理工程后清水河的水质模型模拟分析，规划区 2035 年各典型污染物实现了高于 30% 的总削减目标，满足了规划目标要求。同时，通过实施水污染治理工程，规划区 2035 年总水体纳污能力均为正，实现了区域水环境状况的改善。

11.4.2 地下水环境

(1) 地下水环境现状

丰水期石板房灌区水塘村饮用水井浑浊度超标，天星乡天星村村民饮用氨氮

和硝酸盐氮超标，分别超标约 0.26 和 0.32 倍，原因可能是丰水期雨量充沛，导致面源污染物进入地表水体，而工程区地表水与地下水联系密切。其余指标均满足满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准。总体来看，工程区地下水水质较好，基本满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准。

(2) 地下水环境影响预测分析

工程内地下水类型主要为松散层孔隙水、基岩裂隙水、岩溶水，以大气降水入渗补给为主。经预测，工程施工期导流洞地下水影响范围涉及平老村，但不影响平老村生活饮用水，工程运行期会导致以勒暗河水位升高约 12m，影响长度约 1250m，但以勒暗河周边无环境敏感点，且不会对以勒暗河水质造成影响。运行期工程淹没一处泉眼，但该处泉不作为集中饮用水源，也不作为灌溉取水水源。工程做好防渗前提下对地下水影响很小。根据相关灌溉回归水对灌区地下水的研究成果，灌区地下水位和土壤含水率的变化主要受降雨的影响。灌区的主要补给源为降雨补给，灌溉回归水对地下水的补给影响较小，不会明显引起地下水位的变化。

(3) 对策措施

施工过程中重视提前预报，必要时对其进行专项水文地质勘察研究，加强综合超前地质预报，合理安排施工时间，隧洞开挖尽量在非雨季地下水位较低时进行，并及时做好支护、防渗和排水措施。施工期间加强对平老村水井水位的监测。对可能产生污废水的地方采取地面硬化、防渗处理等措施。对污废水进行集中处理，做好污废水处理设备的运行和维护，减少和杜绝处理设施的跑冒滴漏现象，防止或减少污废水下渗。加强施工期和运行期的地下水监测，包括周边暗河的监测，做好工程运行期的地下水水质、水位的监测工作等。

11.5 水生生态环境

(1) 水生生态环境现状

根据 2017 年 9 月、2018 年 4 月和 2019 年 9 月共 3 次水生生态现状调查，清水江流域共有鱼类 4 目 12 科 41 种，其中暗色唇鲮被列入云南省重点保护野生动物名录和《中国濒危动物红皮书》，分布在坝达电站库区及下游。

清水江流域较大且集中的产卵场主要位于支流石葵河中段（距清水河水库下河段坝址下游约 33km），在清水河汇干流汇口水域存在一处较小的鱼类产卵场。该江段鱼类以产沉黏性卵为主，对产卵场条件要求不严苛，产卵场规模均较小且较分

散。

（2）水生生态环境影响

清水河水利枢纽工程建成运行后，大坝将阻隔坝上下游鱼类的种群交流，对鱼类资源产生一定的不利影响。大坝建设使鱼类生境和种类产生变化，库区喜流水性或缓流水习性的鱼类生存空间得到改善，如鲫、棒花鱼和麦穗鱼等资源量将增加；喜流水生境的鱼类如云南光唇鱼、云南盘鮈和部分鳅科鱼类等将向库尾迁移，其资源量将有所下降。库区将会成为鱼类良好的越冬场，在库岸水草生长的浅水区域将会成为鲤、鲫等产粘性卵鱼类的产卵场。对于清水河水利枢纽工程近坝下河段，由于水量减少，鱼类资源量将减少。

（3）水生生态保护措施

采取栖息地保护、过鱼设施、鱼类增殖放流和渔政管理等水生生态保护措施减缓工程建设对水生生态的影响。

①栖息地保护

将清水河水利枢纽工程库尾至库尾以上 9km 的干流河段和古登寨支流，以及坝址下游 16km 干流河段和清水河汇口以上 1km 的支流清水河划为栖息地保护河段，设置界碑，常年禁止一切渔业活动，以保护鱼类资源。

②过鱼设施

建设集运鱼系统以减缓工程建设对鱼类的阻隔影响，维持坝址上下鱼类种群之间的基因交流，维持一定的鱼类种群规模。集运鱼系统布置于大坝左岸，主要由集鱼系统、转运系统、放流系统等组成。

集鱼系统采用固定集鱼平台进行诱集鱼，固定集鱼平台主要由集鱼通道和分拣观察室组成。从集鱼通道进口至上游，依次为赶鱼池、集鱼池、引水池，依次设检修闸门、赶鱼栅、集鱼斗、固定栅、进水控制闸门，集鱼池上方设置垂直排架及卷扬机起吊系统。转运系统主要由运鱼车和运鱼箱组成。运鱼车经库周公路运至库尾附近白沙湾进行放流。

③鱼类增殖放流

规划在坝下右岸溢洪道东侧临河地块建设 1 座鱼类增殖放流站，占地约 15 亩。亲鱼采用微流水养殖模式，苗种采用循环水养殖模式，放流规模为 17 万尾/年，放流对象为暗色唇鲮（4 万尾/年）、云南光唇鱼（5 万尾/年）、花鲮（5 万尾/年）、狭孔金线鲃（3 万尾/年）。放流地点主要选择在库尾河段、库区、坝达电站下游等位

置。运行期开展放流效果监测。

④渔政管理

加强宣传教育和渔政管理等。

11.6 陆生生态环境

(1) 陆生生态现状

评价区植被类型面积为 20293.25 hm^2 ，旱地是评价区内分布面积最大的植被，面积为 10329.42 hm^2 ，占总面积的 48.91%，暖温性针叶林是分布面积最大的一类自然植被，也是评价区内分布面积第二的植被类型，面积为 3245.58 hm^2 ，评价区共有维管植物 118 科，302 属，400 种。调查发现评价区分布国家 II 级重点保护植物榉树 1 种，调查发现 32 株，位于水库淹没区 25 株。此外还调查发现评价区分布 10 株古树-黄连木，位于水库淹没区 8 株。调查发现评价区内两栖类 12 种，爬行类 18 种，鸟类 77 种和兽类 17 种国家二级保护陆生野生动物 6 种。

(2) 影响预测评价

①对植被植物的的影响

工程对植被的影响主要是施工占地和水库淹没导致植被面积减少的影响。工程施工占地面积占整个评价区植被面积的 3.25%，水库淹没面积占整个评价区植被面积的比为 2.21%。且影响到的植被类型都是评价区广泛分布的类型，工程建设征地不会对评价区植被类型造成明显影响。

工程对植物的影响主要是水库蓄水将淹没 25 株国家 II 级重点保护植物榉树和 8 株古树-黄连木。

②对陆生动物的影响

施工期间，施工开挖、回填、弃渣堆放等施工活动均破坏植被，动物的生境条件也受到相应的破坏；同时，施工开挖、爆破等活动产生的噪声降低了施工区环境质量，尤其是施工噪声对鸟类和哺乳类造成惊吓，迫使它们迁离原来的栖息地，导致施工区鸟类和哺乳类种类减少，种群数量下降。

运行期，随着植被的逐渐恢复，施工期受影响的动物也将逐渐回归，在新的栖息地上开始生活。水库为两栖类的栖息和繁殖创造了适宜生境，相应两栖动物种类和数量也将增加；水库形成可丰富鸟类的物种多样性和种群数量，有利于水禽的栖息、取食和繁殖。

③对景观生态的影响

工程建设对区域自然景观体系中基质组分的异质化程度影响不大，各植被类型优势度变化不大，在景观结构中的地位并未发生本质性的变化。工程施工占地造成评价区生物生产量降低 5662.53 t/a，占整个评价区生产量的 3.94%，水库淹没造成评价区生物生产量降低 4330.26 t/a，占整个评价区生产量的 3.01%。工程建设对生物生产量的影响相对较小，工程实施后通过有效植被恢复手段会得到恢复，从而在一定程度上降低了工程施工造成的生产量损失。

(3) 对策措施

采取避让和生态补偿等措施减缓工程占地对植被的影响损失，对受水库淹没影响的 25 株桦树、8 株黄连木进行移栽，并制定相关移植保护方案。

加强施工期生态保护的宣传和监督、管理，严禁超计划占地，严禁乱砍滥伐，严禁偷猎和捕杀野生动物，文明施工。施工期和施工结束后，结合水土保持要求，对各类施工迹地绿化美化或复耕，恢复生态。

11.7 移民安置环境

移民安置和专项设施复(改)建施工过程中，对水土流失、水环境、环境空气、声环境会产生短暂的影响。移民安置完成后，移民生活污水、生活垃圾排放对环境会产生影响，安置点生活污水采用成套污水处理设备处理，处理设备主体工艺采用 MBR 膜生物处理工艺，生活污水处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准，实现就近浇灌耕地、林地等综合利用。各安置点设垃圾桶、垃圾收集池收集生活垃圾。

11.8 声环境与大气环境

(1) 声环境影响及保护措施

施工噪声源主要包括各类施工机械的固定连续声源噪声、爆破等间歇式瞬时噪声、交通噪声等。预测结果表明，在未采取措施的情况下，受施工期交通运输噪声影响，平老村、扭克村临近道路的居民点声环境预测叠加值略有超标，昼间最大超标倍数 2.76dB (A)，夜间最大超标倍数 1.03dB (A)。

优化施工布置，选用低噪声机械设备，同时加强施工设备的维护和保养；选用符合国家有关环保标准的施工车辆；合理安排施工时间；在对外交通、施工道路两

侧，分布有平老村、扭克村居民点的路段设置交通标志牌；在平老村临近公路处设置一处声屏障，施工结束后为避免影响周围景观应及时拆除声屏障。

（2）大气环境影响及保护措施

施工期大气污染物主要来自砂石料加工系统、混凝土拌和系统、开挖与爆破等产生的粉尘和交通扬尘，主要污染物为 TSP 等。施工期大气污染物的排放将造成施工区及施工公路沿线局部大气污染。工程区大气环境敏感点中，道路附近平老村、水塘村、天星村、扭克村居民点可能受交通扬尘及施工粉尘的影响。

配备洒水车 1 辆，定时对施工作业面、道路进行洒水降尘工作，在公路附近居民点分布较近路段增加洒水频率。降低车速，在施工道路居民点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。

11.9 其他环境影响及保护措施

（1）固体废物影响及保护措施

施工期生活垃圾总产生量约 3611t，生活垃圾如不妥善处理，可能对环境产生不利影响。

施工期，在生活营地附近设置垃圾收集池，并在施工生活区设置垃圾桶，清扫后的生活垃圾集中至垃圾桶内，垃圾桶内的垃圾由清洁人员集中至垃圾收集池，再由专人定期清运至天星乡生活垃圾填埋场进行处理。

（2）土壤环境影响及保护措施

1) 环境质量现状

土壤环境现状监测结果表明：评价区土壤无酸化、碱化、土壤未盐化；监测点位监测指标均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中的风险筛选值及《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》（GB 15618-2018）中的风险筛选值，土壤环境质量现状较好。

2) 环境影响预测

采用《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”对工程运行期土壤环境进行预测，结果表明：本项目的土壤盐化综合评分值 $Sa=0.4 < 1$ ，本项目建成后周边土壤不会发生盐化现象。

3) 主要环保措施

施工期和运行期各类污废水，固体废弃物按照“地表水环境保护措施”和“固体

废弃物处理措施”进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

对工程区内耕地、园地、林地地块进行表土剥离，并运往表土堆存场集中堆置防护，用于后期植被恢复。

(3) 对人群健康的影响及保护措施

施工期，施工人员集中，生活区产生的生活污水、生活垃圾，若处理不当，将会对生活区及周边的卫生环境产生影响，污染水环境，污染水源，同时为苍蝇、蚊虫等的大量孳生提供了环境，导致传染病极易发生，施工人员的健康受到影响。

施工区应定期进行虫媒灭杀等环境卫生清理工作，对施工人员进行体检，加强食品卫生和环境卫生的管理工作。

11.10 环境监测与管理

环境监测计划包括施工期的水质（地表水、施工废污水、地下水）监测、生态流量监测、环境空气监测、声环境监测、土壤环境监测、生态调查、水温监测和运行期的水温水质监测、生态流量监测、土壤环境监测等监测计划。

工程内部环境管理施工期由建设单位负责，建设单位和施工单位分级管理，运行期由地方环境保护行政主管部门及建设单位共同负责组织实施，施工期实施环境监理制度。

11.11 公众参与

环境影响报告书编制过程中，建设单位严格按照《环境影响评价公众参与办法》（环发[2006]28号文）的有关规定，及时公开项目环境影响评价信息，征求公众意见。

2017年12月22日，建设单位在工程建设区所属行政区文山壮族苗族自治州人民政府网站上，进行了本工程环境影响评价首次网上公示。首次公示期间未收到任何公众意见及反馈。

环境影响报告书征求意见稿完成后，2019年11月29日在文山壮族苗族自治州人民政府网站上，进行第二次网上公示，公开征求意见稿全本及相关信息，公示期为10个工作日。在第二次网上公示的同时，在文山日报上，分别于2019年12月2日、12月4日分两次连续刊登了第二次公示信息，征求与本工程环境影响评价有关的意见。还于2019年11月28日在维摩乡政府、天星乡等便于公众知悉的地点张贴

公示公告了第二次公示信息，征求与本工程环境影响评价有关的意见。第二次公示期间未收到任何公众意见及反馈。

环境影响报告书（送审稿）完成后，2020年3月23日在文山壮族苗族自治州人民政府网站上进行了第三次网上公示。第三次公示后未收到任何公众意见及反馈。

11.12 环保投资

清水河水利枢纽工程环保工程静态总投资 17091.44 万元，占工程总投资的 3.42%。

11.13 综合评价结论

云南省文山州清水河水利枢纽工程建设符合国家产业政策，工程建成后可有效解决文山州境内典型干旱带的城乡生活和工农业生产的水资源短缺问题，促进少数民族地区的经济发展，加快脱贫致富的步伐，提高当地人民的生活水平，有利于生态环境的保护，具有明显的社会效益、经济效益和环境效益。工程建设将对区域水环境、生态环境、环境空气、声环境等方面造成一定程度的破坏和影响，但在采取相应的生态环境保护措施后，不利影响将得到有效减缓。因此，从环境保护角度分析，本工程不存在重大环境制约因素，工程建设是可行的。

文山州水务局关于委托开展《云南省文山州清水河水利枢纽环境影响报告书》编制工作的函

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司：

为全面贯彻实施《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》的有关规定，按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号），文山州水务局通过规定程序和要求，特委托贵公司开展《云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书》编制工作，请贵公司加快推进《云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书》，确保《云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书》顺利报批。


文山州水务局
2017年12月18日

关于云南省文山州清水河水利枢纽工程 环境影响报告书委托单位情况的说明

生态环境部：

2017年12月，云南省文山州水务局委托中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司（以下简称“北京院”）开展云南省文山州清水河水利枢纽工程环境影响报告书的编制工作，当时清水河水利枢纽工程项目未设置法人机构，暂由州水务局负责项目前期工作。

2018年9月19日，文山州人民政府以文政办发[2018]207号文明确成立文山州清水河大型水库工程建设指挥部（信用代码：11532600MB1548537P），作为项目法人单位统筹负责清水河水利枢纽工程前期各项工作，文山州清水河大型水库工程建设指挥部隶属于州水务局管理。

因此，存在环评委托函的建设单位名称与全国建设项目环评统一审批系统及环评报告中的建设单位名称不一致。

特此说明！

文山州清水河大型水库
工程建设指挥部

2020年3月31日



文山州清水河大型水库工程建设指挥部

关于建设项目名称不一致的情况说明

生态环境部：

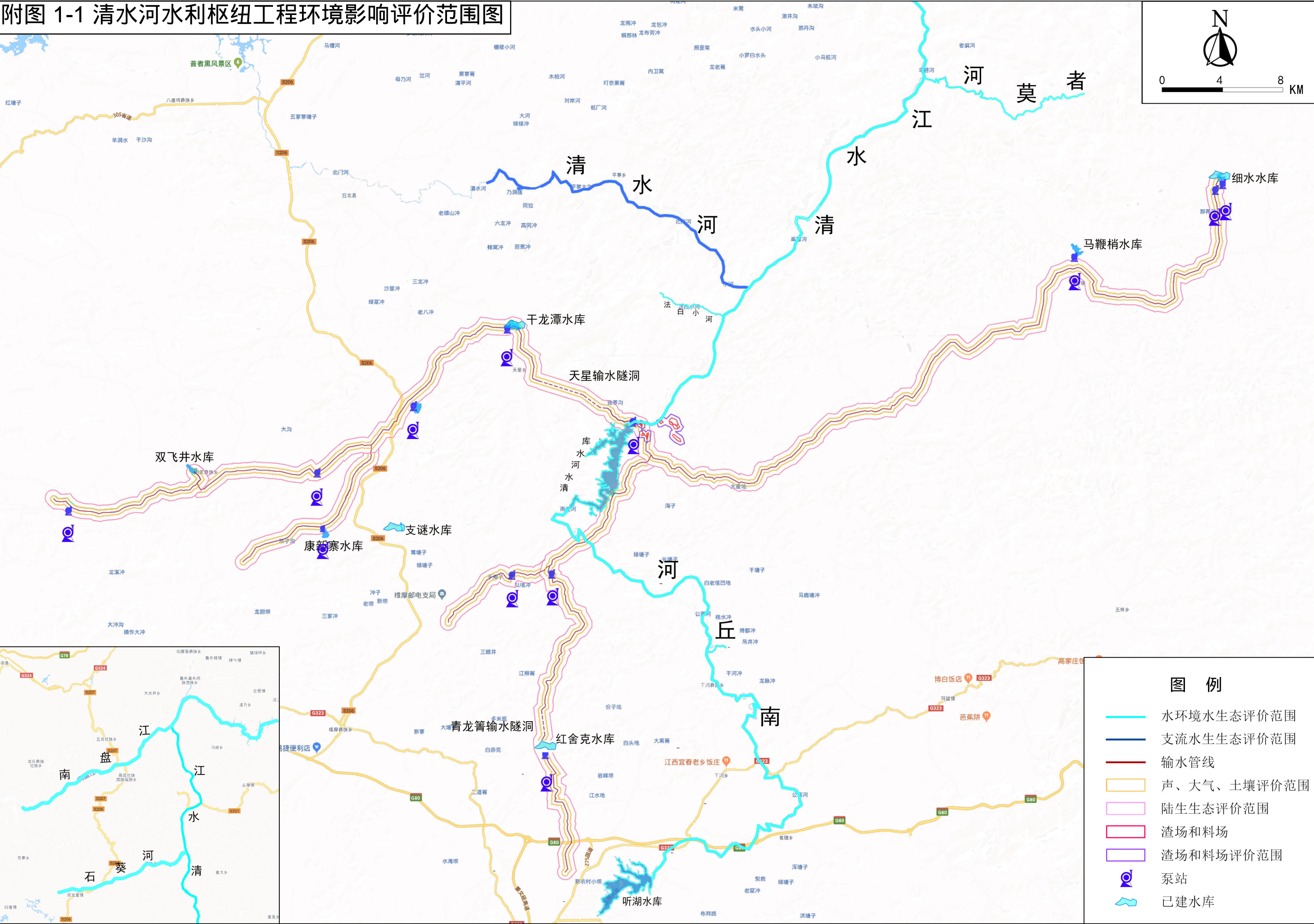
2020年3月17日，根据《云南省文山清水河水利枢纽工程可行性研究报告》，我单位在环境影响评价信用平台上填写建设项目名称为：“云南省文山清水河水利枢纽工程”。2020年3月24日，国家发展和改革委员会在全国投资项目在线审批监管平台上核准项目名称为：“云南省文山州清水河水利枢纽工程”。两者项目名称不一致，但为同一建设项目，特此说明。

文山州清水河大型水库
工程建设指挥部

2020年3月30日



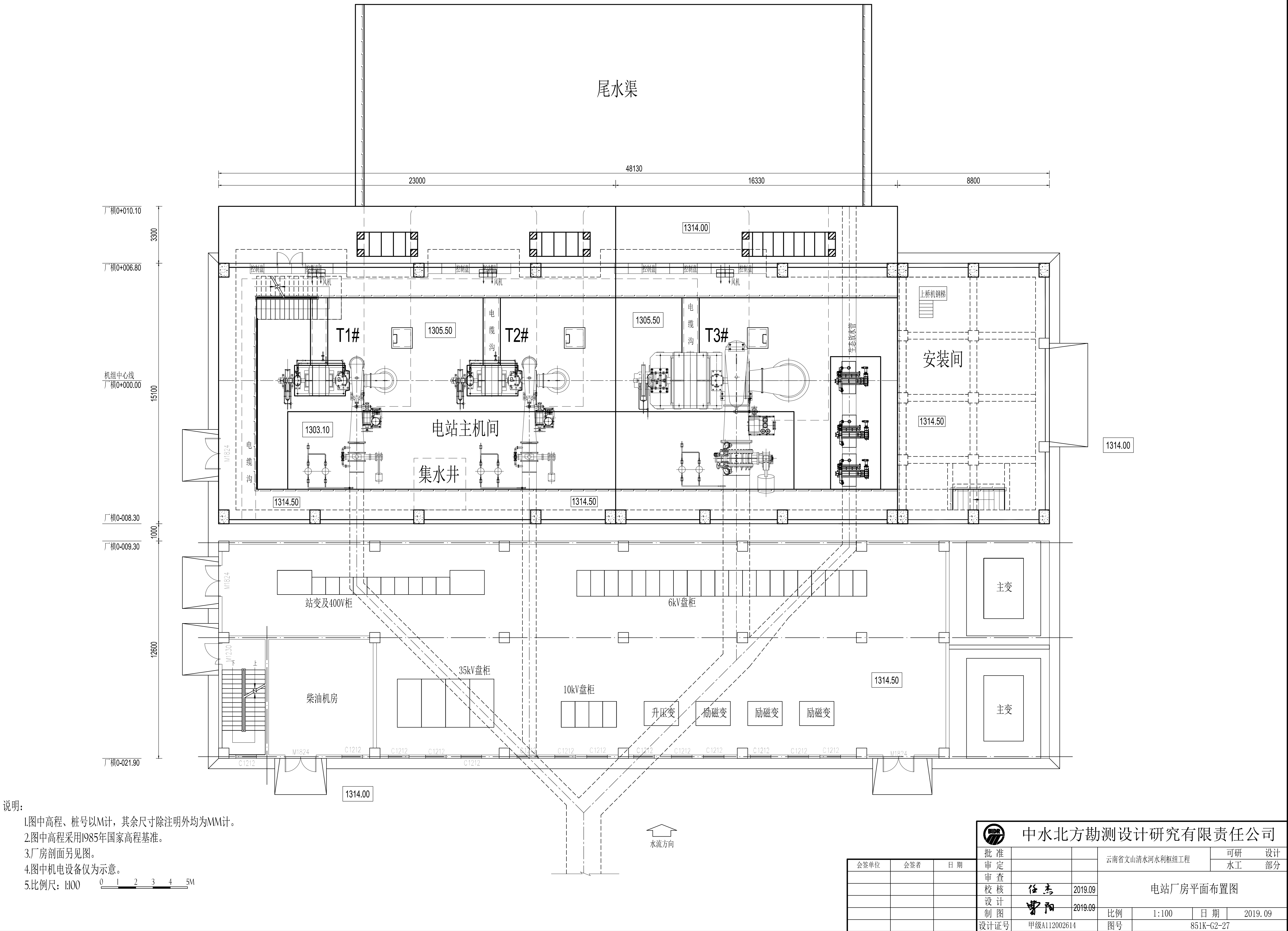
附图 1-1 清水河水利枢纽工程环境影响评价范围图



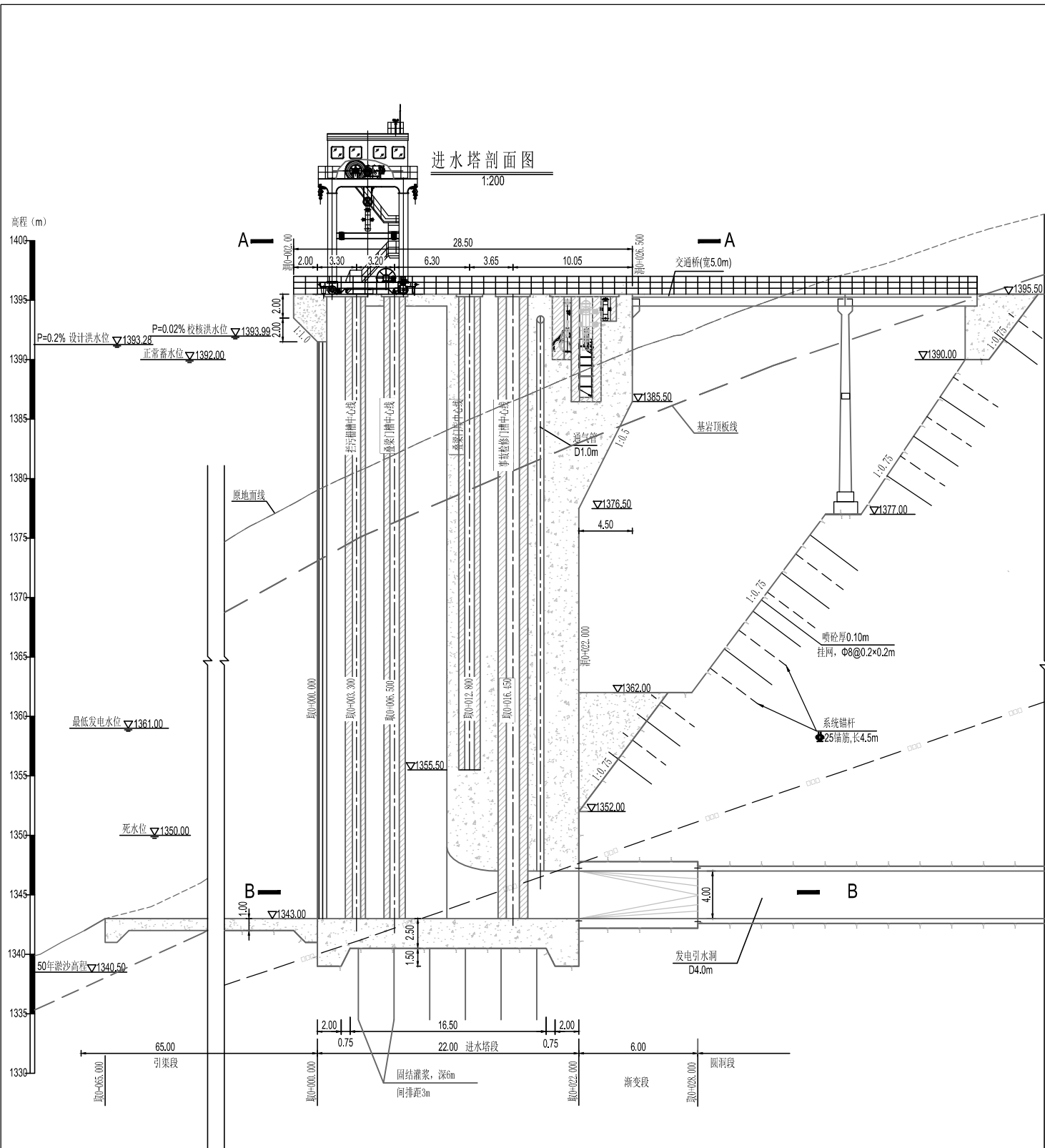
附图2-1 清水河水利枢纽工程地理位置图



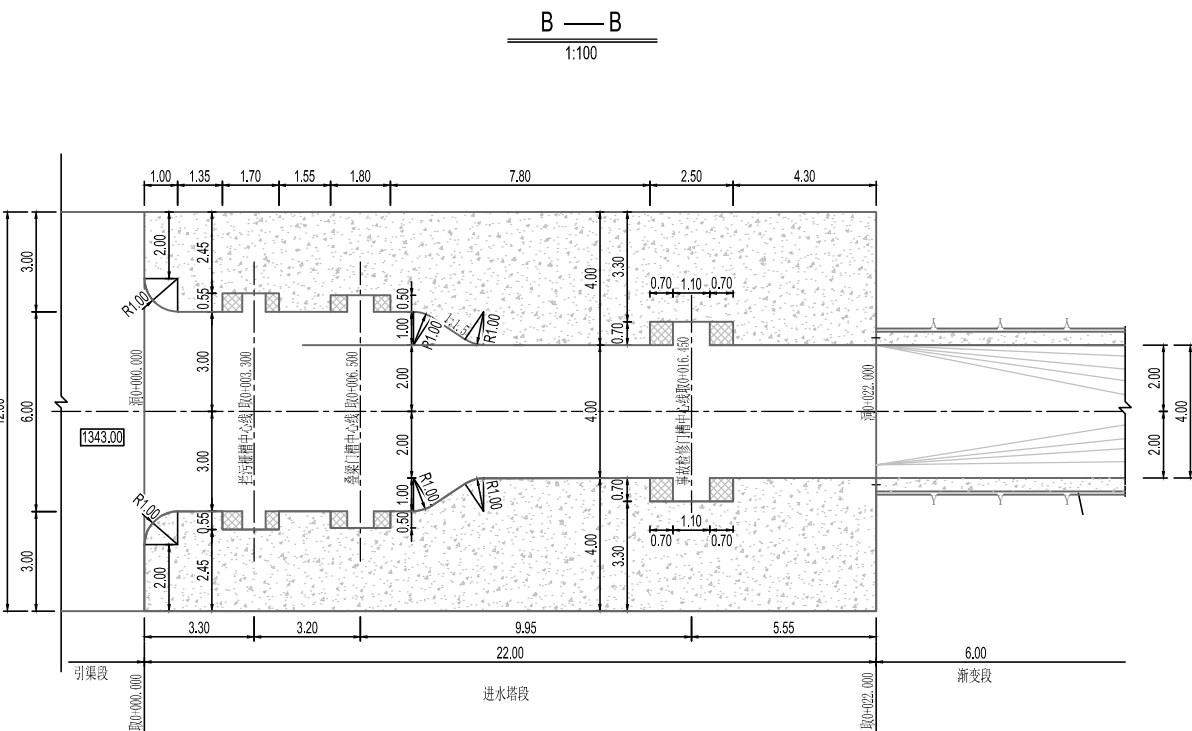
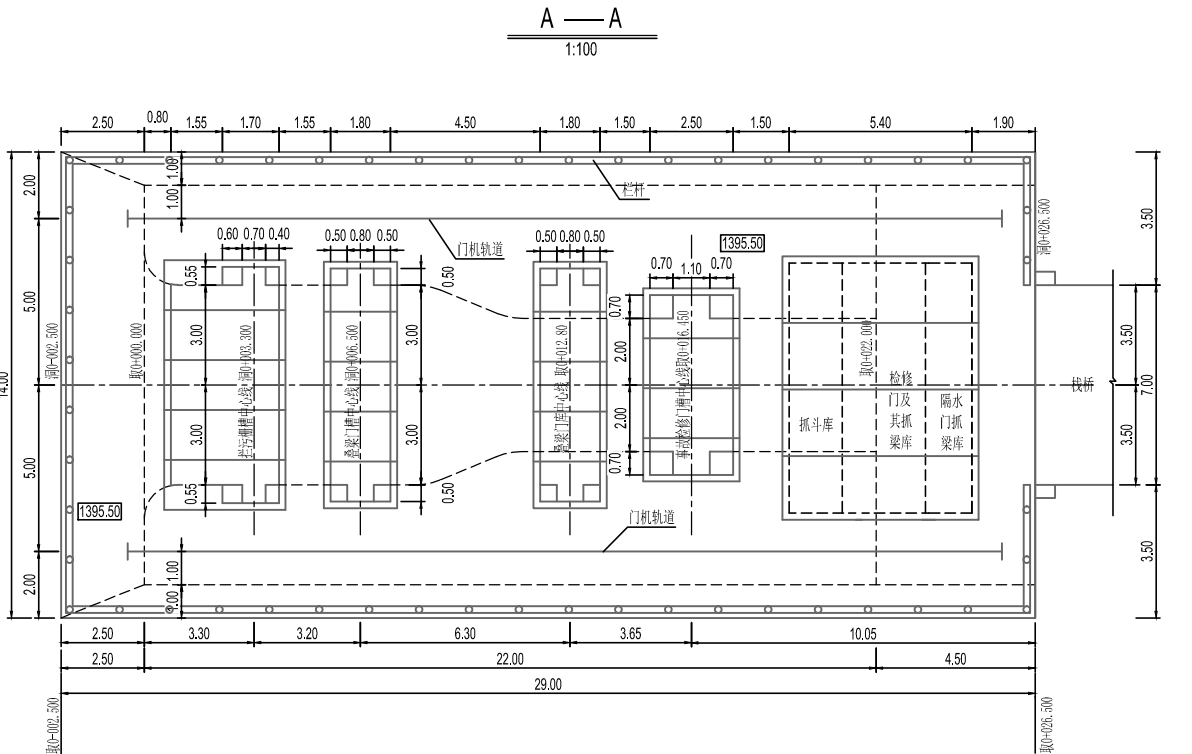
附图8-2 生态电站平面布置图



附图8-3 叠梁门分层取水纵剖面图（推荐方案）

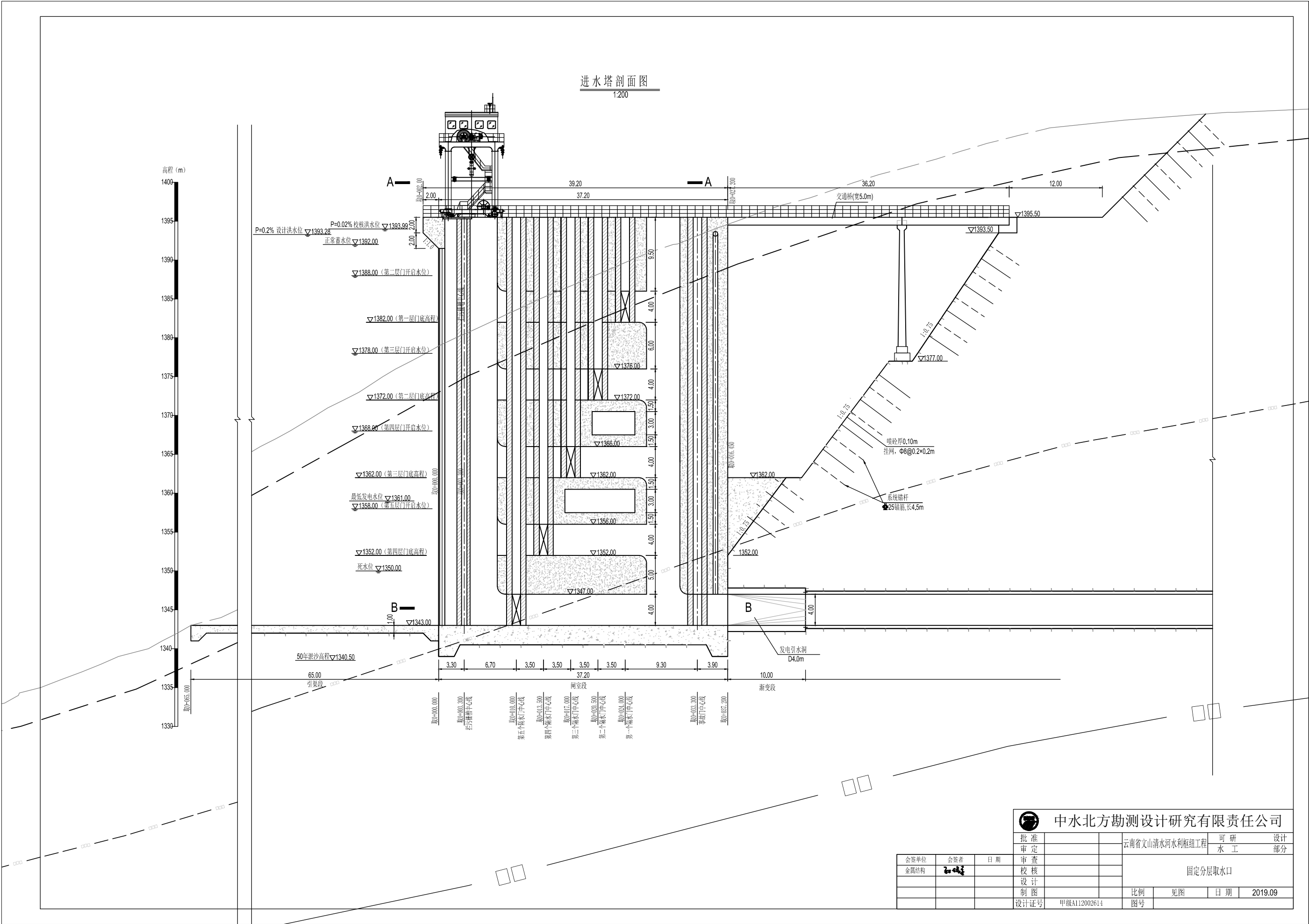


说明:
1.本图系1985年国家基准高程。
2.图中高程、桩号、尺寸单位均以米计。
3.比例尺:
1:200 0 2 4 6 8 10m
1:100 0 1 2 3 4 5m



中水北方勘测设计研究有限责任公司			
批准		云南省文山清水河水利枢纽工程	可研设计
审定			水工部分
会签单位	会签者	日期	审查
金属结构	张		校核
			设计
			制图
设计证号	甲级A112002614	比例	见图
		图号	851K-G2-15

附图8-4 固定分层取水口纵剖面图（比选方案）





建设项目环评审批基础信息表

填表单位（盖章）：		文山州清水河大型水库工程建设指挥部				填表人（签字）：		邱文哲		项目经办人（签字）：		刘德齐	
建 设 项 目	项目名称		云南省文山州清水河水利枢纽工程				建设内容、规模		建设内容：清水河水利枢纽工程建设内容主要包括清水河水库工程和输水工程，清水河水库工程主要由挡水建筑物、泄水建筑物和发电厂房等建筑物组成。输水工程主要建筑物包括输水隧洞、输水管道、泵站以及交叉建筑物等。 规模：清水河水库为Ⅱ等大(2)型水库，水库总库容为1.264亿m³，正常蓄水位为1392.00m，调节库容10633万m³；输水线路水平投影干线总长130.21km，分干线总长32.77km，支线总长为52.62km。				
	项目代码 ¹		2020-000052-76-01-001177										
	建设地点		云南省文山州丘北县										
	项目建设周期（月）		48.0				计划开工时间		2020年12月				
	环境影响评价行业类别		水库工程				预计投产时间		2026年1月				
	建设性质		新建（迁建）				国民经济行业类型 ²		E4821 水源及供水设施工程建筑				
	现有工程排污许可证编号（改、扩建项目）						项目申请类别		新申项目				
	规划环评开展情况		已开展并通过审查				规划环评文件名		《南盘江流域综合规划环境影响报告书》				
	规划环评审查机关		生态环境部				规划环评审查意见文号		环审〔2016〕171				
	建设地点中心坐标 ³ （非线性工程）		经度	104.3729	纬度	23.9095	环境影响评价文件类别		环境影响报告书				
	建设地点坐标（线性工程）		起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度（千米）		
总投资（万元）		499099.00				环保投资（万元）		17091.44		所占比例（%）	3.42%		
建 设 单 位	单位名称		文山州清水河大型水库工程建设指挥部		法人代表	王宗斌	评价单位	单位名称	中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司		证书编号	2016035110352014110703000943	
	统一社会信用代码（组织机构代码）		11532600MB1548537P		技术负责人	刘俊方		环评文件项目负责人	刘飞		联系电话	010-51972235	
	通讯地址		云南省文山市瑞禾路118号		联系电话	0876-2154192		通讯地址	北京市朝阳区定福庄西街一号				
污 染 物 排 放 量	污染物		现有工程（已建+在建）		本工程（拟建或调整变更）		总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）				排放方式		
			①实际排放量（吨/年）	②许可排放量（吨/年）	③预测排放量（吨/年）	④“以新带老”削减量（吨/年）	⑤区域平衡替代本工程削减量 ⁴ （吨/年）	⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）				
	废水	废水量(万吨/年)							0.000	0.000	☉ 不排放 ○ 间接排放： <input type="checkbox"/> 市政管网 <input type="checkbox"/> 集中式工业污水处理厂 ○ 直接排放： 受纳水体_____		
		COD							0.000	0.000			
		氨氮							0.000	0.000			
		总磷							0.000	0.000			
		总氮							0.000	0.000			
	废气	废气量（万标立方米/年）							0.000	0.000	/		
		二氧化硫							0.000	0.000			
		氮氧化物							0.000	0.000			
		颗粒物							0.000	0.000			
		挥发性有机物							0.000	0.000			
	项目涉及保护区与风景名胜区的 情况		影响及主要措施		名称	级别	主要保护对象（目标）	工程影响情况	是否占用	占用面积（公顷）	生态防护措施		
生态保护目标										<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选） <input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选） <input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选） <input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			
自然保护区					/		否						
饮用水水源保护区（地表）					/		否						
饮用水水源保护区（地下）					/		否						
风景名胜区				/		否							

注：1、同级经济部门审批核发的唯一项目代码
2、分类依据：国民经济行业分类(GB/T 4754-2011)
3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标
4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量
5、⑦=③-④-⑤，⑥=②-④+③