

前 言

马龙河为牛栏江右岸一级支流，发源于马龙县月望乡青草坪山南麓，发源地海拔约 2400m。由北向南流经马龙县和寻甸县，在寻甸县七星乡附近汇入牛栏江。河流全长 103km，平均比降 2.4‰，流域面积 1005km²，多年平均径流量 3.74 亿 m³。车马碧水库坝址以上河长 75.8km，流域面积 595km²，多年平均流量为 6.87 m³/s，多年平均径流量为 2.17 亿 m³。

根据 2008 年 3 月编制完成的《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》以及同年 4 月编制完成的《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响报告书》，报告研究并提出了规划区的重点水源工程规划方案，方案包括调水工程规划和水源工程规划 2 部分，其中调水工程规划提出建设德泽调水工程、车马碧调水工程等项目；2008 年 12 月，云南省环境保护局对《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响报告书》进行了审查，并以“云环字[2008]318 号”文提出了审查意见；2008 年 5 月，云南省人民政府以“云政复[2008]33 号”文对《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》进行了批复，批复意见认为：牛栏江流域水资源综合利用规划修编与相关规划基本符合，开发时序合理，规划方案的实施可有效改善滇池流域水环境，解决规划区域生产生活用水需求，有利于促进区域可持续发展。车马碧调水工程等工程选址不涉及环境敏感区，选址具有合理性。

2013 年 6 月水利部水利水电规划设计总院对该《云南省曲靖车马碧水库工程项目建议书》进行了审查，并于 2014 年 3 月以“水规计[2014]1 号”文提出了审查意见；2015 年 7 月国家发改委以“发改农经[2015]1644 号”文批复了该项目建议书。

车马碧水库位于云南省曲靖市马龙县境内车马碧村上游 0.6km 处，工程的开发任务是工业供水和农业灌溉供水，并为改善受水区河道内水环境创造条件。车马碧水库工程内容包括车马碧水库枢纽和输水工程两部分，水源区为马龙河上拟建的马马碧水库，受水区为水库下游的旧县、马过河工业园区和南盘江流域曲靖灌区的麒麟区、沾益县和陆良县，输水隧洞长 29.56km，为自流供水。

车马碧水库正常蓄水位 1938.5m，死水位 1915.3m；总库容 1.24 亿 m³，正常蓄水位以下库容 1.03 亿 m³，兴利库容 8981 万 m³。车马碧水库枢纽工程由主坝、溢洪道、导流泄洪放空隧洞等建筑物组成；溢洪道布置在大坝左岸岸坡，导流泄洪放空隧洞布置在大坝左岸山体内部。大坝为混凝土面板堆石坝，最大坝高 52m，坝轴线长 214.0m。车马碧水库建设项目总征占地面积 941.59hm²，其中永久征地 859.01hm²（含

移民安置区面积 27.98 hm²）、临时征地 82.68 hm²。工程规划设计水平年生产安置人口 2353 人、搬迁安置人口 1977 人。工程总工期 54 个月，总投资 21.51 亿元。

2030 年，车马碧水库多年平均供水量 7644 万 m³，其中供本区旧县、马过河工业园供水量 169 万 m³，外调供曲靖市西城工业园区工业用水 3570 万 m³，供曲靖市农田灌溉用水 3905 万 m³（置换原西河水库、潇湘水库和莲花田水库农业灌溉供水量）。

按照《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（国家环境保护部令第 33 号）等的相关规定要求，车马碧水库工程可行性研究阶段须编制环境影响报告书。2015 年 8 月，曲靖市车马碧水库工程建设管理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”）承担车马碧水库工程环境影响报告书的编制工作。北京院随后开展了报告书编制的相关工作，对工程区域进行了现场查勘，调查收集了工程区域社会经济和自然环境资料，组织协作单位开展了生态环境现状调查和环境现状监测，并进行了专题环境影响研究和评价。在以上工作基础上，环评单位对工程区域环境现状进行了全面分析与评价，结合工程可研设计等内容，进行了全面深入的工程分析与环境影响评价，并对环境风险进行识别与分析，提出了各项环境保护及风险对策措施，制定了环境监测与管理计划，估算了环保投资并进行经济损益分析，2015 年 12 月编制完成《云南省曲靖车马碧水库工程环境影响报告书》。水利部水利水电规划设计总院于 2015 年 12 月 21~22 日在北京主持召开了本报告书的预审会，提出了补充完善意见，会后我院根据意见对报告书进行了修改完善，2016 年 5 月完成本报告。

在本报告的编制过程中，根据评价工作的需要，委托昆明邦恒环境监测有限公司开展了工程影响区的水环境、声环境、环境空气的现状监测，委托云南大学开展了陆生和水生生态调查与评价工作，委托云南省环境科学研究院开展了污染源调查工作，委托云南地质工程勘察设计院开展了地下水影响研究。本报告的编制工作同时得到了马龙县水利局、马龙县环保局、云南省院等单位的大力协助。在此向以上单位及有关人员一并致谢！

1 总则

1.1 任务由来

受曲靖市车马碧水库工程建设管理局的委托，北京院承担车马碧水库工程环境影响报告书的编制工作。委托函见附件1。

1.2 编制目的

根据车马碧水库工程特性、区域和流域环境特点以及国家和云南省有关法律法规要求，编制环境影响报告书目的在于：

- (1) 调查分析工程涉及区域的自然环境、生态环境、社会环境和环境质量状况，敏感保护对象及其环境问题，明确当地的环境功能、环境质量现状及其发展趋势。
- (2) 预测、评价工程施工、运行、移民安置、专项设施复建等工程活动对周边环境造成的影响。分析工程建设与周边敏感区域的区位关系，判别工程建设的相关符合性。
- (3) 针对工程建设给环境带来的不利影响，制定技术经济可行的对策和减免措施，充分发挥工程的经济效益、社会效益和环境效益，促进工程区生态环境的良性和可持续性发展。
- (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 编制依据

1.3.1 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》（2002年10月28日）；
- (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》（2002年8月29日修订）；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008年2月28日修订）；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2015年8月29日修订）；
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2013年6月29日修订）；

- (8) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1996年10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》（2013年6月29日修订）；
- (11) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2009年8月27日修正）；
- (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》（2011年1月8日修订）；
- (14) 《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日国务院令第253号）；
- (15) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（1996年9月30日）；
- (16) 《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》（2011年1月8日修订）；
- (17) 《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）；
- (18) 《基本农田保护条例》（1998年12月27日国务院令第257号）；
- (19) 《云南省环境保护条例》（2004年9月17日修订）；
- (20) 《云南省陆生野生动物保护条例》（1996年11月19日）；
- (21) 《云南省牛栏江保护条例》（2012年9月28日）。

1.3.2 部门规章

- (1) 《全国生态环境保护纲要》（2000年11月26日）；
- (2) 《全国主体功能区规划》（国发[2010]46号，2010年12月21日）；
- (3) 《全国生态功能区划（修编）》（2015年11月13日）；
- (4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第33号，2015年4月9日）；
- (5) 《环境影响评价公众参与暂行办法》（2006年2月14日）；
- (6) 《环境保护公众参与办法》（2015年7月13日）；
- (7) 《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）；
- (8) 《产业结构调整指导目录（2011年本）》（修正）（国家发改委令第21号，2013.5.1）；
- (9) 《国家重点保护野生植物名录（第一批）》（1999年8月）；
- (10) 《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）；
- (11) 《国家重点保护野生动物名录》（1989年1月）；
- (12) 《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）；

(13) 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）；

(14) 《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）；

(15) 《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》（1989年）；

(16) 《云南省珍稀濒危植物保护管理暂行规定》（1995年6月5日）；

(17) 《云南省珍稀保护动物名录》（1989年10月20日）；

(18) 《云南省地表水水环境功能区划（2010-2020）》（云环发[2014]34号文）；

(19) 《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）；

(20) 《全国重要江河湖泊水功能区划》（2011-2030年）；

(21) 《云南省水功能区划（第二版）》（2013年）；

(22) 《云南省主体功能区规划》（2014年）；

(23) 《云南省生态功能区划》（2009年）。

1.3.3 技术规范

(1) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2011）；

(2) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T 2.3-93）；

(3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）；

(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 大气环境》（HJ 2.2-2008）；

(6) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 601-2011）；

(7) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T 88-2003）；

(8) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2004）；

(9) 《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008）；

(10) 《开发建设项目水土流失防治标准》（GB50434-2008）；

(11) 《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）；

(12) 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）；

(13) 《地下水监测技术规范》（HJ/T164-2004）；

(14) 《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）。

1.3.4 技术文件与报告

- (1) 车马碧水库工程环境影响报告书编制委托函（附件 1）；
- (2) 《云南省曲靖市车马碧水库工程项目建议书》及其批复文件（附件 2）；
- (3) 《云南省曲靖市车马碧水库工程水土保持方案报告书》（2016 年 3 月）；
- (4) 《云南省曲靖市车马碧水库工程建设征地移民安置规划大纲》（2015 年 11 月）；
- (5) 《云南省曲靖市车马碧水库工程水资源论证报告书》（2016 年 4 月）；
- (6) 云南省环境保护厅：“关于确认云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响评价执行标准的复函”（附件 3）；
- (7) 《云南省曲靖市车马碧水库工程建设用地压覆矿产资源评估报告》（2015 年 12 月）；
- (8) 《云南省曲靖市车马碧水库工程可行性研究报告》（2016 年 4 月）；
- (9) 《云南省曲靖市车马碧水库工程淹没处理与移民安置规划设计报告》（2016 年 4 月）；
- (10) 《云南省曲靖市车马碧水库工程地质灾害危险性评估报告》（2015 年 10 月）；
- (11) 《云南省曲靖市车马碧水库工程文物调查报告》（2015 年 10 月）；
- (12) 《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》及其批复文件（附件 4）；
- (13) 《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响报告书》及其审查意见（附件 5）。

1.4 评价原则

本工程环境影响评价遵循以下基本原则：

- (1) 产业政策及相关规划符合性原则：环境影响评价应论述工程建设是否符合国家产业发展政策的相关要求，与国民经济和社会发展规划、流域规划等是否协调一致。
- (2) 生态优先原则：在工程占地处理、移民安置、环境保护措施中认真贯彻生态优先原则，做到源头和过程控制，强化后期恢复，将生态影响降低到最低程度。
- (3) 符合环境功能区划原则：工程运行期基本不产生和排放污染物，但工程施工期较长，施工期“三废一噪”的污染问题也不容忽视，施工期“三废一噪”排放应符合环境功能区划要求。
- (4) 客观性原则：对工程建设和影响可能产生的环境影响的预测和评价应客观、

公平、公正。

(5) 可持续发展原则：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) 建设与保护并重原则：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。

1.5 评价标准

根据对工程区域环境现状的初步调查、环境功能区划，并分析工程建设和运行的环境影响特征，结合国家现行的有关标准、规范的规定，经征求云南省环境保护厅意见（附件3），确定本工程环境现状与影响评价执行以下标准：

1.5.1 环境质量标准

(1) 水环境

1) 地表水

根据《云南省地表水水环境功能区划 (2010-2020) 》，调出区马龙河流域干支流、马龙河口附近的牛栏江干流段执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水标准；受水区涉及的剪彩河、白石江、南盘江江段执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类水标准。

2) 地下水

地下水执行《地下水质量标准》（GB/T14848-93）III类标准。

(2) 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。

(3) 声环境

工程区声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1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。

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	
水环境	地表水	III类/IV类	pH		6~9	主要相关项目
			DO	mg/l	5/3	
			高锰酸盐指数	mg/l	6/10	
			COD	mg/l	20/30	
			BOD ₅	mg/l	4/6	
			氨氮	mg/l	1.0/1.5	
			总磷	mg/l	0.2/0.3、 0.05（湖、库）/0.1（湖、库）	
			总氮（湖、库）	mg/l	1.0/1.5	
			挥发酚	mg/l	0.005/0.01	
			石油类	mg/l	0.05/0.5	
	粪大肠菌群	个/l	10000/20000			
	地下水	III类	pH		6.5~8.5	主要相关项目
			总硬度	mg/l	450	
			溶解性总固体	mg/l	1000	
			硫酸盐	mg/l	250	
			氯化物	mg/l	250	
			挥发酚	mg/l	0.002	
			高锰酸盐指数	mg/l	3.0	
			硝酸盐	mg/l	20	
			亚硝酸盐	mg/l	0.02	
氨氮			mg/l	0.2		
环境空气	二级	SO ₂	μg/m ³	150	24h平均	
		NO ₂	μg/m ³	80		
		CO	mg/m ³	4		
		PM ₁₀	μg/m ³	150		
		PM _{2.5}	μg/m ³	75		
声环境	1类	Leq	dB(A)	55/45	昼间/夜间	
	4a类	Leq	dB(A)	70/55		

1.5.2 污染物排放标准

(1) 水污染物排放

根据云南省环保厅的复函，施工期和运营期项目产生的生产废水和生活污水经处理后回用，禁止外排。

(2) 大气污染物排放

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。

(3) 噪声排放

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。

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
废气	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 无组织排放监控浓度限值	颗粒物	mg/m ³	1	周界外最高点
噪声	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)	Leq	dB(A)	70/55	昼/夜(施工期)
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 1类	Leq	dB(A)	60/50	昼/夜(运行期)

1.5.3 水土流失防治标准

根据项目所在地水土流失重点防治区划, 并按照《开发建设项目水土流失防治标准(GB50434-2008)》, 车马碧水库工程执行建设类项目水土流失防治一级标准。

1.6 评价等级及重点

1.6.1 评价等级

(1) 生态环境

车马碧水库工程建设征地范围包括水库淹没影响区、工程占地区, 建设征地面积 9.42km², 在 2~20km² 之间; 水库建成后库区马龙河干流回水长度 20.95km、马龙河支流白塔河回水长度 6.19km、马龙河支流车章河回水长度 8.35km, 工程占地范围内水域长度小于 50km; 建设征地范围不涉及自然保护区、世界文化和自然遗产地等特殊生态敏感区, 也不涉及风景名胜区、森林公园、地质公园、重要湿地、原始天然林等重要生态敏感区, 建设征地范围内未发现有野生保护植物和古树名木分布, 也没有野生保护动物的栖息地, 工程建设不会造成珍稀濒危物种消失; 工程运行使库区及坝下河道水文情势改变明显, 将对库区及坝下的马龙河河段水生生态产生一定的影响。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011) 的相关规定, 确定生态影响评价工作等级为二级。

(2) 水环境

①地表水

工程产生废污水主要集中在施工期, 产生的废污水主要为工程施工生产废水和施工人员生活污水。其中生产废水主要来自砂石骨料冲洗、混凝土拌和系统冲洗等, 主要污染物为 SS; 施工人员生活污水主要来自施工人员日常生活, 主要污染物为 BOD₅ 和 COD_{Cr}。估算的施工期废污水高峰产生量在 1000~5000m³/d 之间, 但废污水拟处理后回

用和综合利用，不向河道排放；废污水中主要污染物为非持久污染物，复杂程度属简单；水库坝址处马龙河多年平均流量为 $6.87\text{m}^3/\text{s}$ ，属小河；地表水水质要求为III类。根据《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T2.3-93）评价工作等级确定的有关规定，地表水环境影响评价工作等级为三级。考虑到车马碧水库工程所在马龙河流域属于牛栏江流域上游保护区中的重点污染控制区，实际评价时地表水环境影响按二级进行评价。

②地下水

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；不涉及饮用水源地及其他《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。

（3）大气环境

工程运行期间无大气污染物产生，因此，运行期大气环境影响不做评价。

工程施工期主要大气污染物为 TSP，但其排放量及排放浓度均具有不稳定性，且影响范围主要在施工场界内，因此，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008），确定大气环境影响评价工作等级为三级。

（4）声环境

工程运行期无噪声源，对声环境无影响，因此，运行期声环境不作评价。

工程区声环境功能区为 GB3098-2008 的 1 类地区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）评价工作等级划分原则，确定施工期声环境评价工作等级为二级。

1.6.2 评价重点

根据工程所处的地理位置、环境特点及工程施工和运行特点，确定环境影响评价的重点为生态环境和水环境。

1.7 评价范围

根据环境要素的评价等级和对环境的影响特征确定评价范围。

（1）生态环境

陆生生态评价范围：面积约 297.91km^2 ，从车马碧坝址下游 1km 到水库干支流回水终点之间现状水面线以上至两岸面山（第一重山）山脊线的区域以及输水线路两边各 500m 区域，以及施工占地区和移民安置区中不包含在上述范围内的区域，评价总面积约 297.91km^2 。其中重点评价范围为水库淹没区、施工占地区、移民安置区。

水生生态评价范围：调出区车马碧水库回水末端至马龙河汇牛栏江汇入口长

53.77km 的马龙河干流河段、其间支流和凤龙湾水库、马龙河汇口附近的牛栏江干流河段；受水区剪彩河、白石江至其汇南盘江汇入口河段、白石江汇口附近的南盘江干流河段。

水土保持评价范围：包括工程建设区和直接影响区，即施工征地范围内有可能造成新增水土流失的区域，如地表植被被破坏的地面、渣场、施工公路两侧及施工临建拆除区等范围，以及移民安置区。

(2) 水环境

地表水：调出区车马碧水库回水末端至马龙河汇牛栏江汇入口长 53.77km 的马龙河干流河段、其间支流和凤龙湾水库、马龙河汇口附近的牛栏江干流河段；受水区剪彩河、白石江至其汇南盘江汇入口河段、白石江汇口附近的南盘江干流河段。

地下水：地下水环境评价区包括了受水库淹没、工程开挖影响的水文地质单元及坝址下游影响范围，面积约为 450km²。

(3) 大气环境

评价范围为工程建设征地边界外 200m 范围，施工公路两侧各 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，村庄包括车马碧村、大罗贵村、川洞村、上罗贵村、土官寨村、王大屯村等。

(4) 声环境

评价范围为工程建设征地边界外 200m 范围，施工公路中心线两侧各 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，村庄包括车马碧村、大罗贵村、川洞村、上罗贵村、土官寨村、王大屯村等。

(5) 人群健康

评价范围为施工人员及施工区附近居民。

(6) 社会经济

评价范围包括工程涉及的马龙县，重点为包括工程建设征地所涉及的马龙县旧县、马过河、万家庄、通泉四个乡镇（街道办），以及麒麟区的西城街道办等；受水区马龙县马过河、旧县工业园区，曲靖灌区（含西城工业园区）。

1.8 环境保护目标

1.8.1 环境保护对象

根据调查，本工程环境影响评价范围内不涉及自然保护区、世界自然和文化遗产地、风景名胜區、森林公园等环境敏感区，也无文物保护单位、已探明的矿产资源等分布。

工程评价范围内的主要环境保护对象主要情况及与工程的关系见表 1.8-1。

表 1.8-1 工程评价范围内主要环境保护对象一览表

环境类别	环境保护对象	保护级别或性质	主要情况及与本工程的关系	主要影响时段
生态环境	6种国家Ⅱ级保护鸟类，即苍鹰、雀鹰、普通鳶、白尾鹞、鹊鹞、红隼。	国家Ⅱ级保护鸟类	陆生生态评价区有分布	施工期、运行期
	滇池金线鲃等工程河段受影响鱼类	滇池金线鲃为国家Ⅱ级保护鱼类；其它受影响鱼类为急流性或流水性鱼类	水库蓄水后，支流白塔河回水6.71km，对白塔河内分布的滇池金线鲃有一定影响；库区水文情势改变会对河段原有流水性的鱼类生存产生不利影响	运行期
水环境	地表水评价范围内水体水质	地表水Ⅲ/Ⅳ类水体		施工期、运行期
	地下水评价范围内地下水环境	地下水Ⅲ类区域		
声环境、环境空气	车马碧村	声环境1类、大气环境二级	位于枢纽区生活区西侧，直线距离约102m	施工期
	大罗贵村		位于2#弃渣场及大罗贵土料场以东，直线距离约60m	
	王大屯村		隧洞出口生产区北侧，直线距离约220m	
	川洞村		位于枢纽区右岸主干道以南，直线距离约30m	
	上罗贵村		1#施工支洞及隧洞进口大石洞渣场新建公路以北，直线距离约40m	
	土官寨村		3#支洞梨树坝渣场新建公路以南，直线距离约20m	
社会环境	马龙县的旧县、马过河、万家庄、通泉四个乡镇（街道办事处），以及麒麟区的西城街道办	移民生活水平、安置点环境	规划水平年共需搬迁安置1977人、生产安置2353人。选择了8个移民安置点，其中组内后靠集中安置点5个、本居委会内跨组集中安置点3个，共安置1711人，其余266人采取组内后靠分散安置。	移民安置
	曲靖灌区，西城工业园区，旧县、马过河工业园区	受水区	工程供本区旧县、马过河工业园水量169万m ³ ，外调供曲靖市西城工业园区工业用水3570万m ³ ，供曲靖市农田灌溉用水3905万m ³	运行期

1.8.2 环境保护要求

(1) 生态环境

保护工程评价范围内陆生生态系统完整性；采取必要的手段保护工程占地范围内的重点保护动物，尽量降低工程施工和运行对陆生动物的影响；施工结束后，尽量恢复植被以降低对陆生植物的影响。保护马龙河鱼类的水生生境，维护马龙河水生生物的多样性。采取水土保持工程措施和植物措施治理工程新增水土流失，使工程区治理后的水土保持水平达到或超过工程建设前的水平。弃渣防护程度达 95% 以上，施工区水土流失治

理程度达 97%以上，植被恢复系数达 97%以上，林草植被覆盖率高于施工前水平。

(2) 水环境

①地表水

施工期，保护评价范围内的水体水质，使其相应满足水功能区划要求的《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III、IV类水标准，施工各类废污水经处理后全部回用和综合利用，不外排。

运行期，加强车马碧水库上游区域的污染源和污染物排放控制，保证车马碧水库库区及水库下游河道水质不因工程建设而恶化；车马碧水库合理调度运行，满足水库坝下游河道生态、环境、社会等各项用水需求；工程受水区退水要满足退水区污染物总量控制要求。

②地下水

施工期和运行期，库区及工程线路区地下水水质不因工程建设和运行而降低，地下水水质满足《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）III类标准；不因工程建设运行产生环境水文地质问题，减少工程对库区泉水的影响，不因地下水位变化影响居民用水。

(3) 环境空气

加强施工管理，对施工期大气污染源进行防治，大气污染物排放满足《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要求，使评价范围内环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中二级标准。

(4) 声环境

降低交通噪声和施工噪声对工程区域声环境质量的影响，使评价范围内村庄的声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准。

(5) 社会环境

移民安置贯彻国家开发性移民的方针，即采取“前期补偿、补助与后期扶持”相结合的办法，使工程建设征地移民的生产生活达到或超过原有水平。采取各项环境保护措施，减少移民安置和专业项目复建产生的环境影响。

1.9 评价水平年

现状评价水平年为 2013~2015 年。施工期预测评价水平年为施工高峰年；运行期预测评价水平年为水库运行期前 3 年、工程设计水平年 2030 年。

1.10 环境影响评价程序

按照《建设项目环境保护管理条例》和《环境影响评价技术导则》的要求，本工程环境影响评价工作分为准备、正式工作、报告书编制三个阶段，各阶段主要工作任务如下：

（1）准备阶段

根据与环评相关的最新法规及技术规范要求对环境现状调查及工程分析，明确工程建设特性和主要环境影响，遵照国家和地方有关法律、法规和技术标准，拟定本工程环境影响评价工作计划、工作内容和工作方法，确定各环境要素的评价工作等级、主要评价内容、评价重点和评价参数。

（2）正式工作阶段

结合工程可研设计成果，进一步完善工程分析，对工程环境影响评价范围内的水环境、环境空气、声环境、陆生生态、水生生态、水资源利用等进行详细的现状调查和监测，并对工程涉及区域的社会环境现状做详细收资与调查。委托相关单位进行评价区陆生生态、水生生态、环境监测、地表水影响、地下水影响等专题调查、研究和监测工作。在此基础上进行工程地区环境现状评价和环境影响预测评价，最后完成公众参与调查工作。

（3）报告书编制阶段

在上述工作基础上，制定相应的环境保护对策措施和环境监测、环境监理及环境管理等计划，进行环保投资估算和环境影响经济损益分析；编制《云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响报告书》。环境影响评价程序见图 1.9-1。

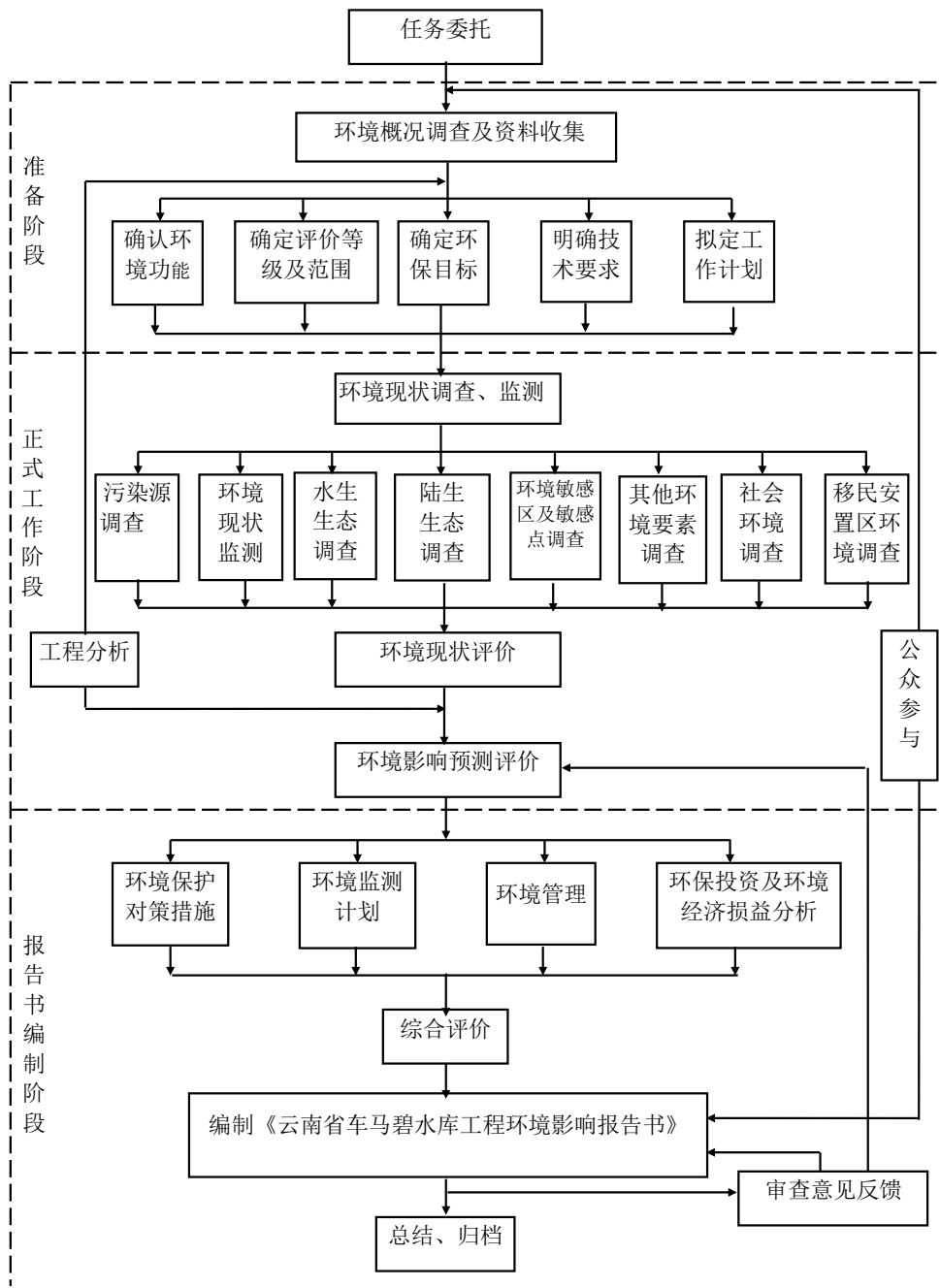


图 1.9-1 环境影响评价程序图

2 工程概况

2.1 流域规划概况

2.1.1 流域规划概况

马龙河为牛栏江上游右岸一级支流，发源于马龙县月望乡核桃大山南麓，发源地海拔约 2400m。主流大致由南向北流经水箐村、越州屯、竹园、下营等村寨后进入龙泉水库，出库后主河由南向北经大龙井、马龙县城，在大湾河村附近进入河谷并转向西流向，再经土官寨、黄坝、马保地、下罗贵等村寨后，于三家村转向西北流向，纳入车章河、白塔河到达车马碧村，后穿过马过河镇，在莫浪河交汇口下游流经凤龙湾水库，过杨梅冲、腊味等村，于寻甸县七星桥附近汇入牛栏江。河流全长 103km，集水面积 1005km²，多年平均径流量 3.66 亿 m³，平均比降 2.4‰，其中车马碧水库坝址集水面积 595km²，占马龙河集水面积的 59.2%。流域行政区划属曲靖市的马龙县和昆明市的寻甸县，其中在马龙县境内的径流面积 863km²，多年平均径流量 2.97 亿 m³，河长 80km。

流域内水系较为发育，右岸较左岸发育，右岸较大支流有桃园河、永发河、车章河和莫浪河等，左岸为白塔河及红桥河。在车马碧水库兴建后，桃园河、永发河、车章河和白塔河位于车马碧水库坝址上游河段支流，车章河和白塔河两支流直接入库。

流域内供水以蓄水工程为主，提引水量为辅（约占 6%）。总的蓄水工程总数达 338 件，总库容 6420 万 m³，兴利库容 5340 万 m³。流域内有中型水库工程 1 座（凤龙湾水库）；现有小（一）型水库 14 座，兴利库容 3103 万 m³；小（二）型水库 83 座，兴利库容 1445 万 m³；小塘坝 241 件，兴利库容 795 万 m³。马龙河流域马龙县境内水资源量 2.97 亿 m³，人均水资源量 1977m³，据统计，2013 年总用水量为 5565 万 m³，其中地表水总供水量为 5435 万 m³，地表水资源开发利用程度为 18.7%。

马龙河属牛栏江流域上游支流，位于滇中地区，其周边分布着云南省两大城市——昆明市及曲靖市，两城市均处分水岭地带，水资源较为贫乏，随着城市经济的快速发展，城市规模不断扩大，城市用需水矛盾日益增大，因而考虑从外流域调水解决城市用水短缺问题，重点研究从牛栏江调水。受云南省发展与改革委员会和省水利厅委托，2005 年 6 月，云南省院完成了《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划报告》。

规划内容主要包括三个方面：水资源保护规划、重点水源工程规划和牛栏江干流梯级水电站规划。其中水资源保护规划，主要根据牛栏江流域的水功能区划和水资源分区

对水质的要求，提出污染物控制方案和水质保护措施；重点水源工程规划，主要对牛栏江上游段以及昆明坝区、曲靖灌区和宣威坝区等水资源贫乏地区的需水要求、供水能力以及水资源配置情况等进行分析预测，规划建设苏斗河、阿浪、羊过水、下河沿等中型水库工程，并在考虑已有的掌鸠河引水、滇中调水等工程的基础上，对上述地区的车马碧、黑滩河、西泽河、德泽等主要调水工程进行总体规划，以保证规划区域在规划水平年内达到水资源供需平衡；牛栏江干流梯级水电站规划，主要对水能资源丰富的牛栏江下游河段进行水电开发，经规划推荐采用两库十级布置方案，即黄梨树、象鼻岭水库，以及黄梨树、大岩洞、象鼻岭、小岩头、罗家坪、洪石岩、天花板、凉风台、陡滩口、黄角树等十级电站，同时规划建设下官山、罩子河等中型水库。

2006年4月24日，云南省人民政府以云政复[2006]41号文对规划报告进行了批复，原则同意该规划报告。

2007年6月，云南省环境科学研究院、云南省院编制完成《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划环境影响报告书》，2007年9月30日，云南省环保局以云环字[2007]142号文“云南省环保局关于提交牛栏江流域（云南省部发）水资源综合利用规划环境影响报告书审查意见的报告”提出了审查意见。

由于滇池流域水资源紧缺，水资源重复利用率高，水质恶化不断加剧，成为国家重点治理的“三湖”（太湖、巢湖、滇池）之一。2007年6月，国家总理温家宝提出治理“三湖”，积极实施滇池引水工程后，为解决滇池流域水资源短缺制约滇池水环境改善的问题，云南省省委、省政府确定滇池补水即为解决这一问题的关键性工程。2007年9月，云南省省委、省政府在听取、研究南盘江引水方案、牛栏江引水方案及乌东德引水方案等滇池引水方案的汇报及有关专家的意见后，要求进一步开展引水滇池方案的研究。2008年1月，云南省省委、省政府再次组织有关部门和专家对牛栏江引水方案进行研究并征求意见，初步确定以牛栏江引水方案为滇池补水方案。

根据《规划报告》，牛栏江调水工程车马碧、黑滩河、西泽河、德泽的供水对象均为曲靖市，而滇池补水又十分迫切，需要从牛栏江调水，牛栏江补水滇池后，势必对曲靖市用水产生影响，需要研究采取相应的对策措施。为此，2008年2月26日，云南省水利厅以云水规计[2008]29号文“云南省水利厅关于抓紧完成牛栏江流域规划修编和滇池补水——牛栏江引水工程规划的通知”，提出对《规划报告》进行修编。

2008年3月，云南省院编制完成《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》（以下称“规划修编”），并通过了云南省水利厅组织有关单位和专家对该报告的审查。《规划修编》重点研究并提出了规划区的重点水源工程规划方案，方案包括

调水工程规划和水源工程规划 2 部分，其中调水工程规划提出建设德泽调水工程、车马碧调水工程等 6 件项目，水源工程规划新建 11 座中型水库。规划的现状基准年为 2005 年，近期水平年 2020 年，远期水平年为 2030 年。2008 年 5 月，云南省人民政府以云政复[2008]33 号文对《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》进行了批复，批复原则同意《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》，并提出“请加强对规划实施的管理工作，统筹水资源的合理开发利用和节约保护，促进牛栏江流域和相邻地区经济社会协调发展。对规划推荐的近期工程，要抓紧开展项目前期工作，力争早日建成发挥效益。要高度重视流域生态环境保护工作，确保水资源的持续利用”。

2008 年 4 月，云南省水利水电勘测设计研究院编制完成《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响补充报告》，并进行了审查，经修改完善后于 2008 年 12 月完成《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响补充报告（报批稿）》，并通过云南省环保局的审查。云南省环保局通过函审的方式征求了有关该报告的审查意见。审查意见从规划修编缘由及规划修编方案、规划方案（修编）实施产生的主要环境影响及对策措施、评价结论和规划实施中应注意的环境问题四个方面对该报告提出了意见、要求和评价，认为在落实原规划环境影响报告书和规划修编环评中提出的环境保护减缓措施及建议、优化穿越环境敏感区输水线路方案等调整意见和充分考虑引水区水资源利用要求的前提下，牛栏江流域水资源综合利用规划（修编）与环境保护是相协调的。

2.1.2 相关规划对项目环评的要求

2008 年 3 月，云南省院编制完成了《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》，同年 4 月编制完成了《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响报告书》；2008 年 12 月，云南省环境保护局对《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响报告书》进行了审查，并以“云环字[2008]318 号”文提出了审查意见；2008 年 5 月，云南省人民政府以“云政复[2008]33 号”文对《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》进行了批复。

2.1.2.1 《水资源综合利用规划修编报告》结论及对项目环评的要求

2008 年 3 月，云南省院完成了《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》，主要规划成果和结论如下：

(1) 滇池流域、曲靖灌区，水资源极度匮乏，人均水资源量均小于 1000m³，目前

开发利用程度已高，滇池流域已无开发潜力，曲靖灌区进一步开发的难度也很艰巨，本区水资源无法满足经济社会发展的需要和环境保护要求，外流域补水势在必行。

(2) 牛栏江在满足本区需水要求后，余水可向与之邻近的缺水城市--昆明市和曲靖市调水，牛栏江外调水工程有：车马碧水库、黑滩河水库、牛栏江——滇池补水工程（德泽水库）、窑上海子、西泽河调水工程，近期外调水量 8.36 亿 m^3 ，远期外调水量 7.57 亿 m^3 ，为牛栏江和相关地区经济社会可持续发展提供水资源保障。

(3) “引牛济曲”方案是解决曲靖灌区近远期缺水问题的最优方案。经对曲陆坝北边的北盘江、南边的南盘江、西边的牛栏江、东边的块块河，从水资源量、提水扬程、引水线路等作技术经济比较后，推荐从牛栏江调水方案为最优方案，“引牛济曲”工程水源有车马碧水库、黑滩河水库、德泽水库三个调水工程。

(4) 车马碧水库是“引牛济曲”调水工程的近期实施项目，其开发任务是解决南海子工业园区和曲靖经济技术开发区（西城工业园区）的工业用水，水库总库容 2.37 亿 m^3 ，为大(二)型水库。

(5) 曲靖灌区水资源配置结论：通过水资源二次平衡表明，当地水资源供需水潜力已得到充分挖潜，但仍存在较大缺口，必须实施跨流域调水。近期实施车马碧、黑滩河调水后，缺水形势得到了一定缓解，但未能根本解决缺水矛盾，还需进一步实施调水工程。远期实施德泽水库调水工程后，水资源供需才基本达到平衡，曲靖市委市政府制定的今后三十年的曲靖城市和工业园区的发展目标才不会受到水资源条件的限制。

(6) 牛栏江——滇池补水工程（德泽水库）不同水平年向昆明和曲靖的水资源分配方案。2020 水平年牛栏江——滇池补水工程向滇池补水 6.27 亿 m^3 ，曲陆坝区供需平衡，对牛栏江——滇池补水工程（德泽水库）无供水要求，德泽水库坝高 145m，总库容 4.53 亿 m^3 。2030 水平年德泽水库在总库容 4.53 亿 m^3 规模下，向曲靖灌区城市生活和工业供水 3.1 亿 m^3 ，向滇池补水 1.38 亿 m^3 ，与滇中引水工程联合向滇池补水，改善滇池水环境，达到昆明、曲靖协调发展的要求。

(7) 牛栏江上游段水资源开发利用提高和德泽水库提前实施，在 2020 年之前对下游梯级电站的影响进一步加大，到 2030 年时牛栏江——滇池补水工程调水量较原规划减少，对下游梯级电站的影响较原规划减缓。

2008 年 5 月，云南省人民政府以云政复[2008]33 号文对《牛栏江流域(云南省部分)水资源综合利用规划修编报告》进行了批复，原则同意《牛栏江流域(云南省部分)水资源综合利用规划修编报告》。

根据该报告，针对车马碧水库调水工程的建设，对车马碧水库开发的必要性、水库

在水资源配置中的作用及其开发时序等表示认同，认为车马碧水库为解决曲靖灌区近远期缺水问题的最优解决方案，通过水资源二次平衡表明，车马碧水库实施后虽未能根本解决缺水矛盾，但使缺水形势得到了一定的缓解，为牛栏江和相关地区经济社会可持续发展提供了水资源保障。规划报告中未对车马碧水库建设期间的环境保护与措施提出进一步的要求。

2.1.2.2 《水资源综合利用规划修编环评》对项目环评的要求

根据 2008 年 12 月，云南省环境保护局对《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编环境影响报告书》的批复及提出的审查意见，审查意见对方案实施产生的主要环境影响及对策措施提出了具体的要求。

对生态的影响，提出应对黑滩河输水线路、西泽河输水线路和窑上海子输水线路的走向进行调整以避让保护区的实验区；或对于靠近、经过保护区范围的输水线路均采用隧道、地下埋管方式，避免占用保护区土地。对于规划远期实施的德泽调水曲靖引水工程，要对输水线路进行充分论证，避让沾益省级自然保护区的核心区、缓冲区和实验区。

对水环境影响，规划环评里指出调水工程规划中的车马碧水库、牛栏江-滇池补水工程德泽水库规模调整后，仍为分层型水库。由于存在温跃层，如果调水水库的取水口高程较低，春夏季引水的水温将明显低于天然河流的水温；如果采用明渠引水，且水渠较长时，水温可恢复天然状况，不会对受水区农业灌溉造成大的影响。同时，在水质方面，车马碧水库断面的总氮和总磷超标，当水库形成后，有发生水库富营养化的可能；对于调水工程受水区而言，其运行对受水区的水资源利用产生的是正面的影响。

车马碧水库工程不涉及自然保护区、风景名胜区等敏感区域，对陆生生态的影响工程上采取加强施工期生态保护的宣传、监督和管理，严禁超计划占地、乱砍滥伐、偷猎和捕杀野生动物等行为，并在施工期和施工结束后，结合水土保持要求，及时进行迹地恢复，恢复生态；对水生生态的影响采取栖息地保护、建设过鱼设施、鱼类增殖放流站、下泄生态流量及对马龙河和白塔河水生生物资源定期监测等措施。对车马碧建成后水环境的影响，工程采取下泄生态流量、分层取水、库周污染源治理等措施。

2.2 工程建设必要性

2.2.1 车马碧水库是优化区域水资源配置、促进曲靖灌区经济社会发展的需要

为有效发挥曲靖市的资源优势，云南省人民政府批准实施《曲靖市现代化工业强市

及珠江源大城市建设纲要》，并据此编制完成了《曲靖市珠江源大城市总体规划纲要（2011-2030）》（曲政复[2013]50号），规划将该市建设成为滇东中心城市、云南省重要的现代化工业基地、环境优美的珠江源园林生态城市。

曲靖灌区是云南省第一大灌区，灌区内人口稠密、经济发达，城市及工农业生产用水量。但由于地处南盘江源头地区，水资源紧缺，人均水资源量仅为全省平均水平的16%。曲靖灌区现状水资源开发程度已达39.0%，随着城市发展战略的逐步实施，区域内水资源供需矛盾日益突出，城市生活和工业用水挤占农业灌溉用水、农业灌溉用水挤占河道生态环境需水的现象较为普遍。现状水平年缺水量为0.62亿 m^3 ，随着“珠江源大城市”和“工业强市”战略的实施，国民经济各部门需水大幅增加，在考虑当地各类水利设施的可供水量和节水措施的基础上，2030年曲靖灌区缺水量达3.5亿 m^3 ，缺水形势严峻。为保障区域经济社会可持续发展，必须实施外流域调水。

马龙河位于云南省滇东地区，属长江流域金沙江水系，是金沙江右岸支流牛栏江的一级支流。马龙河流域（马龙县境内）水资源量2.97亿 m^3 ，现状开发利用程度只有约18.7%，在满足曲靖市马龙县自身经济社会发展需要的同时，还有进一步开发、实现余水外调的潜力。通过区域水资源配置分析，并对北盘江、南盘江、牛栏江等水源的水资源情况及工程建设条件等进行多方面比选，推荐“引牛济曲”解决曲靖灌区近远期缺水问题，水源工程包括车马碧水库（马龙河）、黑滩河水库（黑滩河）、德泽水库（牛栏江）等三个水库，其中车马碧水库是规划近期实施项目。

根据《长江流域综合规划报告（2012~2030年）》和《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》，车马碧水库原主要工业供水对象为南海子工业园区和西城工业园区。随着独木调水工程的实施，南海子工业园区水资源供需已基本平衡，车马碧水库主要工业供水对象为西城工业园区。车马碧水库建成后，多年平均可向曲靖灌区调水7605万 m^3 ，可以有效解决灌区内西城工业园区缺水问题，并补充潇湘水库、西河水库和莲花田水库因被城市生活用水挤占所造成的农业用水缺额，对优化区域水资源配置、促进曲靖灌区经济社会发展具有十分重要的作用。

2.2.2 车马碧水库是置换优质供水水源、保证曲靖主城区和陆良县城供水安全的需要

曲靖主城区现状城市供水水源主要为潇湘水库和西河水库，陆良县城供水水源为莲花田水库，3座水库修建时均为农田灌溉为主的水库。随着曲靖灌区内城市的快速发展，城镇人口增长较快，1998年灌区城镇人口仅为27万人，至2013年灌区城镇人口增长至95万人，城镇人口是原来的3.4倍。城市生活用水大幅增长，潇湘、西河等水库功能已

被调整为城市供水为主，在挤占农业用水情况下，现状城市生活用水基本可以得到满足。随着珠江源大城市的建设，城镇人口仍将快速增长，2030 水平年城镇生活用水缺口将达到 1.37 亿 m³。潇湘水库、西河水库和莲花田水库灌溉面积 8.32 万亩，如考虑满足灌溉用水，则只能向城市生活供水 3200 万 m³。车马碧水库水质为Ⅲ~Ⅳ类，不能满足直接作为生活供水水源要求，按“优水优用、高水高用”原则，考虑自流灌溉控制高程，车马碧水库可置换灌溉面积 6.38 万亩，已成灌区地势较高的 1.94 万亩灌溉供水任务仍由原水库承担。潇湘、西河和莲花田水库主要转供城市后，可新增 3300~3900 万 m³ 的优质水量，对保障曲靖主城区和陆良县城供水安全具有十分重要的作用。

2.2.3 建设车马碧水库是保障曲靖灌区粮食安全的需要

曲靖灌区是云南省第一大灌区，灌区内的陆良县是《全国新增 1000 亿斤粮食生产能力规划（2009~2020 年）》提出的全国 800 个粮食增产县，沾益县为全国新增的 197 个粮食增产县。车马碧水库受水区西河水库灌区为粮食增产县内灌区，车马碧水库建成灌溉后，将增加粮食作物播种面积，增加粮食产量，从而保证粮食安全。

曲靖灌区现状稻谷年产量 18.35 万 t，人均稻谷产量 101kg/人，人均稻谷消耗约 130kg/人，年外购量 5.26 万 t；小麦年产量 0.81 万 t，人均小麦产量 4.5kg/人，基本上满足人均小麦消耗要求；玉米年产量 28.31 万 t，人均玉米产量 156.2kg/人，主要用于牲畜饲养、酿酒和养鱼，转换为肉禽、鱼类、酒类等食品；蔬菜年产量 64.38 万 t，人均蔬菜产量 355kg/人，人均蔬菜消耗量约 380kg/人，年外购量 4.5 万 t。2030 水平年，曲靖灌区稻谷需求量为 35 万 t，蔬菜需求量为 102.2 万 t，按照现状稻谷和蔬菜年产量计算，每年稻谷和蔬菜分别需要外购 16.6 万 t、37.8 万 t。曲靖灌区现状稻谷产量、蔬菜产量均不能满足现状需求，更不能满足 2030 水平年“珠江源大城市”人口增加对粮食的需求，必须改善农业灌溉条件，提高稻谷和蔬菜播种面积，提高稻谷和蔬菜产量，保障粮食安全供给。

现状情况下，车马碧水库受水区农业灌溉用水被城市用水挤占，由于用水得不到保障，产量较低。2030 水平年，在没有建设车马碧水库情况下，西河水库灌区和潇湘水库灌区水稻种植比例 47%，水稻种植面积 1.98 万亩，复种指数 181%，农作物播种面积 6.58 万亩；莲花田水库灌区水稻种植比例 31%，水稻播种面积 0.67 万亩，复种指数 179%，农作物总播种面积 3.09 万亩。车马碧水库建成后，灌溉供水得到保证，西河水库灌区和潇湘水库灌区水稻种植比例提高到 65%，水稻播种面积 2.74 万亩，复种指数提高到 200%，农作物总播种面积 7.26 万亩，莲花田水库灌区水稻种植比例提高到 40%，水稻播种面积 0.86 万亩，复种指数提高到 196%，农作物总播种面积 3.28 万亩。

现状情况下，水稻单产 350 kg/亩，玉米单产 230 kg/亩，麦类单产 120 kg/亩，薯类单产 1600 kg/亩，烤烟单产 70kg/亩，油菜单产 70 kg/亩，蚕豆单产 120 kg/亩，蔬菜单产 950kg/亩，桑园单产 80 kg/亩，果园单产 1100 kg/亩花卉单产 1500 kg/亩。曲靖灌区口粮以大米为主，小麦和玉米仅为少量辅食，饲料用粮主要是玉米和豆类。车马碧水库建成后，灌溉水源得到保障，恢复灌溉面积 6.38 万亩，充分灌溉后，水稻、玉米、小麦单产分别提高到 580kg/亩、460kg/亩、300kg/亩，薯类、油菜、蚕豆单产分别提高到 2500kg/亩、200kg/亩、270kg/亩，烤烟、蔬菜、桑园单产分别提高到 180kg/亩、2800kg/亩、140kg/亩，果园、花卉单产分别提高到 2000kg/亩、3000kg/亩。粮食品质结构进一步优化，为保证基本口粮供给，调整水稻与玉米种植结构，将西河灌区和潇湘灌区水稻种植比例由现状年的 47%提高到 2030 水平年的 65%，莲花田灌区水稻种植比例由现状年的 31%提高到 2030 水平年的 40%，水稻播种面积增加 0.95 万亩，稻谷年产量增加 1.16 万 t，蔬菜年产量增加 2.83 万 t，对保障灌区粮食安全具有较好的作用。

2.2.4 车马碧水库是满足马龙县经济社会发展的需要

现状马龙河流域城市生活、农村生活和工业供需已基本平衡，75%频率农业灌溉缺水 961 万 m³，缺水率 16.5%，主要表现为工程性缺水。2030 水平年，作为珠江源大城市的组成部分，因人口自然增长、工业园区的建设带来的外地人口迁入，以及城市化进程带来的农村人口迁移，马龙河流域城区人口将从现状的 4.84 万人增至 27.83 万人，为了保证新增人口粮食需求，相应增加耕地灌溉面积；同时为了满足城市人口用水和南海子、小寨及旧县等工业园区用水需求，75%保证率情况下马龙河流域需水量将从现状的 9251 万 m³增加到 2030 年的 16674 万 m³，设计水平年的城市用水需求和工业用水需求将出现较大幅度的增长。但考虑到车马碧水库水质问题，不能直接作为城市生活供水水源，按照“优水优用”原则，未来新增城市用水需求将通过近期扩建黄草坪水库、远期扩建龙泉水库供水解决；按照“高水高用”原则，新增灌溉面积主要通过强化节水措施和扩建龙泉水库、小箐等小型水库，并充分利用工业、城市回归水解决；旧县、马过河工业园区生产用水则就近从红桥河和马过河供给。由于红桥河枯期来水不足，75%保证率将缺水 228 万 m³，车马碧水库建成后，向旧县、马过河工业园区补充供水，同时通过与其他水利工程联合调度，水资源供需基本达到平衡，可以满足马龙县经济社会发展用水需求。

2.2.5 车马碧水库是改善曲靖灌区生态环境的需要

目前，曲靖灌区水资源开发利用程度已经接近 40%的水资源合理开发上限，造成南

盘江水环境不断恶化。现状普遍存在城镇用水挤占农业用水，农业用水和城镇用水又共同挤占河道生态用水，导致生态环境恶化。根据《全国水中长期供求规划技术大纲》(2012年)要求，曲靖灌区周边各水库及拦河闸生态用水按取水断面多年平均天然径流的10%计算，多年平均挤占河道生态用水约0.76亿m³。车马碧水库建设将为灌区周边水库、南盘江拦河闸和周边支流已建水库退补生态用水、改善生态环境创造条件。

综上所述，车马碧水库建成后，可有效调节马龙河径流，满足曲靖市城镇生活和西城工业园区的供水需求，满足曲靖灌区粮食安全供给需要，补充现状城市生活和工业用水挤占后的农业灌溉水量和生态环境水量，对促进区域经济社会可持续发展具有重要意义，项目建设是必要的。

2.3 工程建设任务及规模

2.3.1 工程开发任务

车马碧水库工程的开发任务是：工业供水和农业灌溉供水，并为改善受水区河道内水环境创造条件。水库建成后，将为曲靖灌区内的西城工业园区及水库下游将建设的旧县和马过河工业园区供给工业用水，解决西城工业园区工业用水的缺水问题，并为旧县和马过河工业园区的建设和发展提供工业用水水源支撑；为曲靖灌区内位置较低的灌区提供农业灌溉用水，减轻曲靖主城区和陆良县城的城市生活用水供水水源潇湘水库、西河水库和莲花田水库的供水压力；同时，为西河、潇湘和莲花田水库泄放生态基流提供支撑，为改善曲靖灌区河道内水环境创造条件。

2.3.2 工程规模

车马碧水库工程由水库枢纽工程和输水工程组成，枢纽工程为在马龙河中游、车章河与马龙河的交汇口以下车马碧村上游0.6km处修建拦河坝，输水工程为建设29.56km长的输水隧洞，隧洞出口位于西山灌区面店水库下游的白石江支流剪彩河上。车马碧水库工程为跨流域调水工程，水源区为在牛栏江流域的马龙河干流上拟建的車马碧水库，供水区包括调出区马龙河流域的车马碧水库以下计算单元（包括旧县和马龙河工业园区），以及受水区南盘江流域的曲靖灌区（包括沾曲坝片的西河水库灌区、西山灌区（西城工业园区）、潇湘水库灌区和陆良坝片的莲花田水库灌区）。

车马碧水库为大（2）型水库，工程等别为II等，大坝、溢洪道、泄洪放空隧洞等建筑物级别为2级，输水隧洞等建筑物级别为3级，水库下游生态灌溉输水管等建筑物级别为3级。水库采用100年一遇洪水标准设计、2000年一遇洪水标准校核。水库设计

洪水位 1938.8m，校核洪水位 1941.2m，正常蓄水位 1938.5m，死水位 1915.3m；水库总库容 12449 万 m³，正常蓄水位以下库容 10335 万 m³，兴利库容 8981 万 m³，死库容 1354 万 m³。

水库工程多年平均总供水量 7644 万 m³，供水区马龙河流域旧县和马过河工业园区工业用水供水量 169 万 m³；外调曲靖灌区 7475 万 m³，其中，供西城工业园区工业用水 3570 万 m³，供农田灌溉用水 3905 万 m³（包括西河水库灌区农业灌溉 1413 万 m³，潇湘水库灌区农业灌溉 1387 万 m³，供莲花田灌区农业灌溉 1105 万 m³）。

水库下游的旧县和马过河工业园区工业供水直接从库区提水后引至工业园区；外调曲靖灌区工业和农业用水通过新建长输水隧洞从库区取水自流供水，水库内水体经输水隧洞后先进入湛家屯村附近剪彩河，西城工业园区工业供水通过新建进水池、提水泵站和调节池，再通过 2.1km 长管道引至上西山水库附近的工业园区水厂，工业供水线路由西城工业园区自行建设；农业供水由剪彩河进入白石江，西河水库灌区和潇湘水库灌区可利用曲靖灌区已建渠系从白石江引水灌溉，莲花田水库灌区灌溉水量由白石江继续流入南盘江，再顺南盘江进入响水坝水库西干渠和板桥水库西干渠（两干渠已连通），通过在板桥西干渠上提水 40m 高程后灌溉。

水库输水隧洞设计流量 5.8 m³/s，其中，工业供水设计流量 1.1m³/s，农业灌溉设计流量 4.7m³/s；输水隧洞全长 29.56km。

2.4 工程特性表

车马碧水库工程特性表及项目组成表见表 2.4-1、表 2.4-2。

表 2.4-1 车马碧水库工程特性表

序号和名称	单位	数量及型式	备注
一、水文			
1. 流域面积			
全流域	km ²	1005	
坝址以上流域面积	km ²	595	
2. 多年平均天然年径流量	亿 m ³	2.17	实际入库径流 1.75 亿 m ³
3. 代表性流量			
多年平均流量	m ³ /s	6.87	
4. 泥沙			
多年平均悬移质输沙量	万 t	20.2	
多年平均含沙量	kg/m ³	0.932	
多年平均推移质输沙量	万 t	2.0	
二、水库			
1. 水库水位			
校核洪水位	m	1941.2	P=0.05%

序号和名称	单 位	数量及型式	备 注
设计洪水位	m	1938.8	P=1%
正常蓄水位	m	1938.5	
死水位	m	1915.3	
2. 正常蓄水位时水库面积	km ²	7.42	
回水长度	km	25.5	距坝址距离
3. 水库容积			
总库容	万 m ³	12449	
正常库容	万 m ³	10335	
兴利库容	万 m ³	8981	
死库容	万 m ³	1354	
4. 调节特性		多年调节	
三、工程效益指标			
1. 总供水量	万 m ³	7644	水库直供
其中：工业供水量	万 m ³	3739	
农业灌溉供水量	万 m ³	3905	
2. 灌溉面积	万亩	6.38	
四、淹没损失及工程永久占地			
1. 淹没耕地	亩	7078.07	
其中：水田	亩	4535.29	
旱地	亩	2542.78	
2. 淹没果园	亩	501.28	
3. 淹没林地	亩	2853.50	
其中：有林地	亩	2334.11	
灌木林	亩	444.24	
生态公益林	亩	75.15	
4. 搬迁移民人口(设计水平年)	人	1977	
5. 永久工程占地	亩	12463.89	
其中：耕地	亩	7358.48	
林地	亩	3097.40	
园地及其它土地	亩	701.08	
6. 施工临时占地	亩	1240.30	
其中：耕地	亩	837.11	
林地	亩	277.39	
园地	亩	639.01	
五、主要建筑物及设备			
1. 枢纽拦河坝型式		混凝土面板堆石坝	
地震基本烈度	度	VIII	动峰值 0.311g
坝顶高程	m	1943.2	
最大坝高	m	52	
坝顶长度	m	214	
主要工程量			
其中：坝基开挖土石方	m ³	175288	
2. 水库枢纽溢洪道			
堰顶高程	m	1932.5	
宽顶堰净宽	m	10	
消能型式		底流式	

序号和名称	单位	数量及型式	备注
长度	m	343.0	
3. 水库枢纽泄洪放空隧洞			
型式		竖井前有压、竖井后无压	
有压段洞径（圆形）	m	4.5	洞身长 190m
无压段断面尺寸（城门洞型）	m	4.5×6.0	洞身长 245.5m
泄洪放空隧洞进口底板高程	m	1899.39	
消能型式	m ³ /s	底流式	
4. 输水建筑物			
断面尺寸	m	2.5×3.0	
总长	m	29560	
设计流量	m ³ /s	5.8	
隧洞型式		城门洞形，无压	
进口底板高程	m	1911.50	
出口底板高程	m	1897.47	
有压段长度	m		
六、施工			
1. 主体工程工程量			
明挖土石方	万 m ³	32.06	
土石方填筑	万 m ³	56.76	
洞挖石方	万 m ³	52.60	
浆砌石方	万 m ³	0.84	
砼和钢筋混凝土	万 m ³	21.85	
2. 主要建筑材料			
水泥	万 t	12.7	
钢筋	万 t	1.7	
油料	万 t	0.56	
炸药	t	1380	
3. 所需劳动力			
平均高峰人数	人	2160	
高峰工人数	人	2802	
4. 交通			
新建进场道路	km	9.40	
进场道路改扩建	km	10.0	
新建场内道路	km	13.50	
场内道路改扩建	km	1.40	
5. 施工占地	亩	1984.5	
6. 施工总工期	月	54	
七、经济指标			
1. 工程总投资	万元	215126.72	
(1)工程部分总投资	万元	121801.56	
(2)征地移民	万元	80084.21	
(3)水土保持工程	万元	2661.07	
(4)环境保护工程	万元	22578.44	
(5)建设期贷款利息	万元	1690.81	

表 2.4-2 车马碧水库工程项目组成表

工程项目		工程组成
主体工程	车马碧水库枢纽工程	大坝、溢洪道、泄洪防空洞；大坝为混凝土面板堆石坝。
	输水工程	进口有压段、竖井段、无压段，出口；输水隧洞（总长 29.56km）。
施工辅助工程	施工导流	大坝采用枯期围堰挡水，隧洞泄流，汛期临时坝体挡水度汛；泄洪放空隧洞采用全汛期土石围堰挡水，原河道过流的导流方式。
	施工分区及施工辅企	大坝施工区、象山 1#石料场施工区、1#~11#支洞施工区、隧洞出口施工区；象山 1#石料场砂石骨料加工系统、新发村砂石骨料加工系统、混凝土拌和系统、钢木加工厂、骨料堆放场、钢筋堆放场、木材堆放场、工地试验室、施工机械停放场、水泥库、工具和材料仓库以及综合仓库等。
	施工生活营地	枢纽工程 1 个施工生活营地；输水工程 12 个施工生活营地。
	场内交通	枢纽工程新建、改扩建 9 条场内临时道路，总长 10.9km；输水隧洞新建 7 条场内临时道路，总长 4.0km，新建临时跨河桥 2 座。
	渣场、料场	共 5 个料场，14 个渣场；其中，枢纽工程 2 个石料场，1 个土料场，3 个弃渣场；输水工程 2 个石料场，11 个弃渣场。
	施工风、水、电供应	施工供电、供水、供风系统
建设征地处理及移民安置	建设征地	建设征地涉及 2 个县级行政区、6 个乡镇级行政区、16 个村/居委会、44 个村民小组、18 个农村居民点和 1 个大中型企业；工程建设征地总面积 13704.19 亩，工程建设征地及随迁区范围内影响 508 户 1900 人；工程建设影响涉及房屋包括农村居民房屋、农村工商企业房屋、农村文教卫生房屋、工业企业房屋等。
	移民安置	至规划水平年，工程生产安置人口 2353 人，其中，水库淹没影响区 2266 人、枢纽工程区 54 人、输水隧洞区 33 人；工程搬迁安置人口 543 户 1977 人；搬迁安置人口中，本村后靠集中安置 1711 人，后靠分散安置 266 人。
环保、水保工程		施工“三废一噪”防治工程、水环境保护工程、生态环境保护工程、水土保持工程（补充重要环保设施，如鱼道、鱼类增殖站，砂石料加工废水处理等）

2.5 工程总布置及主要建筑物

工程由水库枢纽和输水线路组成，水库枢纽主要建筑物有大坝、溢洪道和泄洪放空隧洞。

拦河坝为混凝土面板堆石坝，最大坝高 52m；溢洪道布置在大坝左岸岸坡，为岸边有闸控制溢洪道，全长 343m，堰型为实用堰，堰净宽 10m，控制段设置一道 10m×6m(宽×高)弧形工作闸门；泄洪放空隧洞布置在大坝左岸，平行于溢洪道布置，全长 637m，其中洞身段长 456.5m，为前段有压后段无压的隧洞，有压段为 D=4.5m 的圆形断面，长 190.0m，无压段为圆拱直墙形断面，断面尺寸 4.5m×6.0m，长 245.5m。

输水线路长 29.56km，设计输水流量 5.8m³/s。输水长隧洞进口位于三家村下马龙河河谷转弯处的左岸，距坝址河道距离约 6.2km。隧洞在面店水库下游王大屯村附近出洞，隧洞由进口有压段、竖井段、无压段组成，隧洞进口地板高程 1911.5m，出口地板高程

1897.47m，洞身长 29.522km，为圆拱直墙形断面，净断面尺寸 2.5m×3.0m，采用 C25 钢筋混凝土衬砌。无压洞身段隧洞底坡为 $i=1/2500$ ，隧洞出口与面店水库下游剪彩河河道连接，水流经剪彩河进入白石江后最终归入南盘江。

2.5.1 大坝

车马碧水库大坝按 2 级建筑物设计。大坝为混凝土面板堆石坝，坝顶高程 1943.2m，河床建基面高程 1891.2m，最大坝高 52m，坝轴线长 214.0m。

大坝坝顶宽度 8m。坝顶上游设防浪墙，下游侧设路缘石，路面为碎石沥青路面。为便于坝顶排水，设 2% 横坡倾向下游。防浪墙采用钢筋混凝土结构，为 L 型，墙底高程 1940.2m，墙顶高程 1944.2m，高于坝顶 1.0m；墙高 4m。

大坝上游坝坡坡比拟定为 1:1.4，不设马道；下游坝坡坡比 1:1.45，其中在 1927.2m、1911.2m 设有两台马道，马道宽 2.0m。大坝下游坝坡采用厚 40cm 的干砌块石护坡，为便于交通，下游坡设有 8.0m 宽的上坝混凝土踏步。

2.5.2 溢洪道

车马碧水库采用岸边式溢洪道布置于左岸坝肩，由引渠段、控制段、泄槽段、消力池段及出口护坦段组成，全长 343m，堰顶高程 1932.5m，堰净宽 10m，采用底流消能。工程采用溢洪道、泄洪隧洞联合泄洪，溢洪道采用设闸控制的泄洪方式。溢洪道校核洪水水位时，泄水建筑物总泄流量为 $665\text{m}^3/\text{s}$ ，其中泄洪隧洞最大泄量为 $210\text{m}^3/\text{s}$ ，溢洪道承担泄洪流量为 $455\text{m}^3/\text{s}$ 。

引渠段轴线长 76.5m，底板高程为 1930.90m，采用 C25 混凝土衬砌。引渠为不对称的圆弧喇叭口布置，圆弧半径为 50m，底宽由 22m 渐变为 10m。

控制段堰型选定为驼峰堰，长 27m，堰宽为 10m，堰高 1.6m，堰顶高程为 1932.5m，低于正常蓄水位 6m，闸室控制段设弧形闸门挡水，闸门尺寸 $10\text{m}\times 6.5\text{m}$ ，控制段交通桥与坝顶连接，桥面宽 6.0m，边墙顶高程与坝顶高程一致。

泄槽段长 156.65m，泄槽宽 10~7m，为整体式矩形断面，边墙、底板均采用 C35 钢筋混凝土衬砌。底板下设纵、横向排水沟。为增加底板抗滑稳定性，在泄槽底部布置 $\Phi 25\text{mm}$ 锚杆，长 4.5m，间排距 2m。

消力池段长 51m，池宽 7m，池深 2.55m，池底板高程为 1892.45m，边墙高 13m，断面为整体式矩形断面，顶部设 $0.4\text{m}\times 0.6\text{m}$ 的矩形拉杆，采用 C35 钢筋混凝土衬砌，为降低扬压力，池底板设排水孔。

出口明渠段长 32.2m，断面为矩形断面，采用 C25 钢筋混凝土衬砌。

2.5.3 泄洪放空隧洞

2.5.3.1 泄洪放空隧洞布置

泄洪放空隧洞布置于左岸，平行于溢洪道布置，泄洪隧洞与溢洪道联合泄洪，泄洪建筑物由泄洪放空隧洞、岸边有闸控制溢洪道共同组成。泄洪放空隧洞全长 637.0m，洞身段长为 456.5m。在校核洪水位时，水库最大泄洪流量为 $665\text{m}^3/\text{s}$ ，其中隧洞泄洪下泄流量为 $210\text{m}^3/\text{s}$ ；隧洞出口采用底流消能，消能防冲按 50 年一遇洪水标准设计，流量为 $203\text{m}^3/\text{s}$ 。施工期间，隧洞枯期洪水下泄流量为 $41.15\text{m}^3/\text{s}$ ，汛期最大下泄流量为 $185.02\text{m}^3/\text{s}$ 。

导流隧洞与泄洪放空洞全结合，进口底板高程为 1899.39m，在隧洞进口明渠段设拦沙坎，坎顶高程 1904.9m，出口底板高程 1894.67m。隧洞泄流采用竖井前有压、竖井后无压的型式，有压段为直径为 4.5m 的圆形断面，长 166.0m，底坡 $i=1/1000$ ；无压段为圆拱直墙型断面，断面尺寸为 $4.5\text{m}\times 6\text{m}$ （宽 \times 高），长 245.5m，底坡 $i=1/150$ ；闸门竖井段长 21m，底坡 $i=0$ ，内设 1 道平板检修闸门及 1 道弧形工作闸门，检修闸门孔口尺寸宽 \times 高= $3.7\text{m}\times 4.5\text{m}$ ，弧形闸门孔口尺寸宽 \times 高= $3.7\text{m}\times 3.7\text{m}$ 。受进口高程控制隧洞出口高程较低，低于下游水位，出口采用底流消能方式，消能防冲按 50 年一遇洪水标准设计，流量为 $203\text{m}^3/\text{s}$ 。

竖井采取分层取水方式供生态、灌溉取水，共设置 2 层，取水口底板高程分别为 1924.50m、1913.80m；取水口前设悬挂式拦污栅，拦污栅尺寸为 $2.2\text{m}\times 2.2\text{m}$ ；两个取水口共用一道 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ 的平板取水闸门。竖井平台高程与大坝坝顶高程一致为 1943.20m，闸井井高 47.4m。

2.5.3.2 生态灌溉输水管

车马碧水库工程建成后需向下游下泄生态流量，供下游 0.25 万亩农业灌溉用水及下游河道生态用水，因此，在泄洪放空隧洞内设置生态灌溉输水钢管。

生态灌溉输水钢管最大输水流量为 $2.11\text{m}^3/\text{s}$ ，其中生态用水流量为 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ ，灌溉用水流量为 $0.11\text{m}^3/\text{s}$ 。钢管管径 $\Phi 650\text{mm}$ ，进口设在弧形工作门后隧洞竖井的右侧墙上，设两层取水口分层取水，中间沿隧洞底板埋设，在出口明渠处抬升并转出明渠边墙，沿边墙延伸至消力池里程 $0+570.25\text{m}$ 处再转进消力池边墙，水历经锥形阀和消力池消能后放至马龙河河道。

生态灌溉输水管埋置于泄洪放空隧洞内，管道进口位于隧洞竖井边墙上，水库泥沙进入管道的可能性小。为了便于控制管内水流，在钢管出口设 $\Phi 650\text{mm}$ 锥形消能工作阀和事故检修阀各一套。

2.5.4 输水线路

2.5.4.1 输水隧洞

车马碧水库为跨流域引水工程，水库和受水区分属不同流域，水库区和受水区地势高程较低，中间为马龙河与南盘江的分水岭，分水岭地势较高，最低点高程约为 2065m，受水区曲靖灌区高程 1890m 左右，水库正常蓄水位为 1938.5m，水库输水采用长隧洞无压自流输水的方式。

输水隧洞由进口明渠段、有压段、竖井闸室段、洞内消能段、无压段、出口明渠段组成，最大输水流量为 $5.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ，隧洞总长 29.560km。工程从车马碧水库库内取水，进口位于库区三家村附近马龙河河谷转弯处的左岸，距坝址河道距离约 6.2km，进口高程为 1911.5m。隧洞进口明渠段长 4m，有压洞口钱设置 1 孔拦污栅，采用人工清污，进口有压洞段长 69m，断面为 $1.8\text{m}\times 1.8\text{m}$ 的矩形断面；闸室段长 12.5m，内设事故检修平闷和弧形工作闸门各一道；竖井取水采取分层取水方式，共设置 2 层，取水口底板高程分别为 1911.50m、1924.50m；取水口前设 $2.4\text{m}\times 3.5\text{m}$ 的拦污栅，为方便高水位时隧洞检修，两个取水口各设置一道 $1.8\text{m}\times 1.8\text{m}$ 的平板检修闸门，竖井闸室底板高程 1911.50m，竖井顶部平台高程为 1945.00m，与岸坡公路连接；工作闸门后为无压洞身段，无压段合计长 29440.5m，断面为 $2.5\text{m}\times 3.0\text{m}$ 的圆拱直墙形断面，顶拱圆心角 120° ，隧洞出口底板高程为 1899.73m。隧洞出口明渠段长 34m，明渠末底板高程为 1897.47m，断面为 $2.5\text{m}\times 2.5\text{m}$ 的矩形断面。输水线路落点位置在面店水库下游约 950m（河道距离）剪彩河转弯处的右岸，落点处河道河底高程为 1897.2m。

水库水量出输水隧洞后放入剪彩河，在隧洞出口河道对岸预留西城工业园区用水提水水池。西城工业园区位于输水隧洞出口附近的西山灌区内，园区高程 1880~1920m，工业供水通过车马碧水库预留进水池提水至面店水库大坝左坝肩下游的山顶处，再通过 2.1km 长管道引至上西山水库附近的工业园区水厂。工业供水线路由西城工业园区自行建设。

隧洞出口与面店水库下游河道剪彩河连接，剪彩河汇入白石江，最终白石江汇入南盘江后通过已建灌区系统进入曲靖灌区。

2.5.4.2 永久检修洞

由于输水隧洞长度达 29.56km，为方便运行管理及检修，初拟利用 6+390m 处的 3# 施工支洞（平洞）、15+103m 处的 6# 施工支洞（斜井）及 22+672m 处的 9# 施工支洞（斜井）改建为永久检修通风洞。

6#和 9#支洞为斜井，长度分别为 414m 和 401m，高差分别为 133.76m、149.41m，断面尺寸 3.5m×3.8m（宽×高）的圆拱直墙形断面，衬砌厚度 0.4m。3#施工支洞为水平支洞，长度为 894m，断面为 4.5m×4.5m（宽×高）的圆拱直墙形断面，衬砌厚度 0.4m。3#施工支洞虽为平支洞，但其底坡为 8.6%的倒坡，支洞出口高程为 1985.0m，与主洞底板交点处高程为 1908.45m，支洞出口高于主洞底板 76.55m，因此不需设闸门控制水流。上述检修洞兼作长隧洞的通风补气通道，洞口设一道钢栏栅门。

2.6 工程施工规划

2.6.1 材料供应

枢纽工程所需石料、土料根据工程区附近天然料场情况自行开采；水泥、钢材、木材可从曲靖、昆明、马龙三地采购；施工和生活用水从马龙河、车章河等取用；施工用电电源由马过河 35kV 变电站引接；枢纽区已有移动通信信号，施工期对外通讯以移动电话为主，枢纽区可结合永久管理要求开通程控电话。

输水工程所需部分砂石骨料从已开采料场外购成品料，部分从已开采料场外购毛料自行加工供应；水泥、钢材、木材可从曲靖、昆明、马龙三地采购；施工和生活用水可从沿线水库、河流、管沟等取用；隧洞沿线用电电源可从附近马过河 35kV 变电站、马龙 110kV 变电站及 10kV 农村电网线路引接；隧洞沿线大部分已有移动通信信号，附近的村、镇已开通程控电话，工程施工期对外、对内有有线通信线路可从附近的村、镇引接。

2.6.2 施工导流

大坝施工导流采用一次断流、隧洞导流方式。截流后第一个枯期由围堰挡水，导流泄洪放空隧洞泄流；第一个汛期由一期度汛坝体挡水，导流泄洪放空隧洞泄流；第二个枯期恢复上游围堰，进行面板施工，导流泄洪放空隧洞泄流。

泄洪放空隧洞进口施工跨越枯期和汛期，采用全汛期土石围堰挡水，原河道过流的导流方式。泄洪放空隧洞出口明渠较长，采用枯期土石围堰、汛期预留岩硬挡水，原河道过流的导流方式。先预留岩硬保护隧洞出口施工，明渠和护坦在枯期围堰保护下施工。

溢洪道出口消力池段拟安排在大坝截流后在大坝下游全汛期围堰保护下进行施工。

2.6.3 料场规划

2.6.3.1 枢纽工程料场

根据工程布置及料场选择原则，枢纽工程共选择石料场 2 个：象山 I#石料场、象

山Ⅱ#石料场的C区开采料场，土料场1个：大罗贵围堰土料开采料场。

象山Ⅰ#石料场位于库区，坝址东北侧的车章河与马龙河交汇口以北400~600m处的车章河左岸，距坝址运距约5km，料场分布高程为1904m~2016m，有用层储量为207.7万 m^3 ，开采不受地下水影响，需新修料场至坝址区的公路约5.0km。

象山Ⅱ#石料场位于距象山Ⅰ#石料场约200m~500m的车章河上游左、右岸，距坝址运距约5.3km。根据料场地形情况，可用料区域分布高程1945.5m~1906m，总有用层储量为10.34万 m^3 ，开采不受地下水影响，需新修料场至坝址区的公路。

大罗贵围堰土料场位于库内的大罗贵村北面，马龙河与白塔河相交三角地带的一级阶地之上，至坝址区运距约1.5km，分布高程1900m~1903m，有用层储量44.41万 m^3 ，料场有简易公路通往坝址区，有用层土料厚度均匀，开采运输条件较好。

2.6.3.2 输水工程料场

输水工程共选择石料场2个：尹堡石料场和新发村石料场。

尹堡石料场位于王家庄公社南西方向约3km处，尹堡村以西，料场分布高程2021m~2145m，分为A区和B区。A区有用层储量为197.80万 m^3 ，B区有用层储量为174.90万 m^3 。该料场现由私人开采，具备完整的砂石骨料加工系统，系统生产能力为180t/h，有土石路与旧县至王家庄的主干公路相连，方便运输至输水隧洞沿线各施工工作面，交通较为便利。

新发村石料场位于输水隧洞中部北侧煤机厂以西约700m处，直线距离输水隧洞约4.5km。料场分布高程2070m~2132m，料场分为两层，第①层推荐储量为71.25万 m^3 ，①、②两层混合开采时推荐储量为238.67万 m^3 。料场现由私人开采，生产毛石，无砂石骨料加工系统，有土石路与主干公路相连，方便运输至输水隧洞沿线各施工工作面，交通较为便利。

2.6.4 施工交通

2.6.4.1 对外交通

(1) 枢纽工程

车马碧水库工程主要采用公路为主，铁路为辅的运输方式。铁路运输可由原贵昆铁路运至马过河镇，再通过公路运输至枢纽工程，枢纽区公路网络均与旧县镇至马过河镇的X041县道和昆曲高速公路连通，对外交通方便。

工程拟从X041县道距旧县镇约2.0km处的石头冲新建道路至大坝左坝顶，作为枢纽工程的永久进场路，道路长约4.9km；从左岸坝顶至大坝下游泄洪放空隧洞出口附近

的鱼类增殖站新建长 1.5km 的永久道路。枢纽工程共需新建对外道路 6.4km，均为永久道路，公路标准为四级，施工期为泥结碎石路面，后期为混凝土路面，路基宽 6.5m，路面宽 6m。

(2) 输水线路

输水隧洞较长，对外交通布置尽量利用现有乡村路改扩建，其它无公路相连的施工点，需新建施工进场公路，经初步方案布置，需新建进场道路 9.4km，改扩建 10.0km，其中新建永久进场路 1.3km，永久改扩建 3.0km，新建临时进场路 8.1km，临时改扩建 7.0km。公路标准为四级单车道，路基宽 4.5m，路面宽 3.5m，永久路施工期为泥结碎石路面、后期为混凝土路面，临时路为泥结碎石路面；新建永久跨河桥 1 座。

表 2.6-1 输水工程各施工点对外交通主线路走向表

序号	施工点	对外交通线路	总里程 (km)	备注
1	输水隧洞进口及 1#施工支洞	昆明—马龙—土官寨—上罗贵—小石洞—施工点	134	新建 0.5km，改扩建 2.9km
2	2#施工支洞	昆明—旧县—马龙—土官寨—上罗贵—施工点	130	新建 1.7km，改扩建 2.2km
3	3#施工支洞	昆明—马龙—土官寨—施工点	123	改扩建 1.8km
4	4#施工支洞	昆明—马龙—长坡岭—施工点	116	改扩建 1.2km
5	5#施工支洞	昆明—马龙—施工点	110	新建 0.7km
6	6#施工支洞	昆明—马龙—保家营—施工点	115	改扩建 0.7km
7	7#施工支洞	昆明—马龙—高外营—施工点	118	新建 1.2km
8	8#施工支洞	昆明—马龙—高外营—施工点	119	新建 2.0km
9	9#施工支洞	昆明—马龙—南海子—大海哨—施工点	126	
10	10#施工支洞	昆明—马龙—南海子—响水河—施工点	124	新建 0.7km
11	11#施工支洞	昆明—马龙—南海子—响水河—王大屯—施工点	133	新建 1.6km，改扩建 1.2km
12	输水隧洞出口	昆明—马龙—南海子—响水河—王大屯—施工点	130	新建 1.0km

表 2.6-2 输水工程进场公路桥涵统计表

序号	项目	位置	备注
1	跨剪彩河桥	输水隧洞出口	钢筋混凝土桥，桥长20m，荷载公路-II级，净宽5.5m

2.6.4.2 场内交通

(1) 枢纽工程

场内交通主要满足建筑物开挖、填筑料上坝运输和泄洪放空隧洞施工的要求，根据地形条件，于大坝左、右岸各布置一条主干道。左岸主干道从坝址通至象山石料场，主要满足填筑料上坝运输要求；右岸主干道从泄洪放空隧洞出口通至上游大罗贵围堰土料

场，主要满足泄洪放空隧洞施工及土料运输要求。其余各施工点道路从左、右岸的主干道引接以满足施工要求。

枢纽工程布置跨河桥3座，在坝址下游的马龙河上布置1座临时跨河桥，桥长30m，宽7.5m；在石料场附近的车章河上布置1座临时跨河桥，桥长80m，宽7.5m；在导流泄洪放空隧洞进口布置1座临时跨河桥，桥长8m，宽7.5m。

枢纽工程计需新建场内临时道路9.5km，改扩建场内临时道路需1.4km，公路标准为场内公路三级，泥结碎石路面，路基宽6.5m，路面宽6m。

表 2.6-3 枢纽工程场内公路特性表

序号	公路名称	起点	终点	路基宽(m)	路面宽(m)	长度(km)	备注
1	左岸主干道	泄洪放空隧洞出口	大罗贵围堰土料场	6.5	6.0	1.40	改扩建
2	泄洪放空隧洞竖井路	左岸主干道	泄洪放空隧洞竖井	6.5	6.0	0.50	新建
3	右岸主干道	大坝下游临时桥	象山石料场	6.5	6.0	5.0	新建
4	右岸下游低线公路	右岸主干道	大坝右岸河边	6.5	6.0	0.30	新建
5	右岸上游低线公路	右岸主干道	大坝右岸河边	6.5	6.0	0.50	新建
6	加工系统1#路	车章河临时桥	砂石加工系统	6.5	6.0	0.7	新建
7	加工系统2#路	砂石加工系统	象山石料场顶部	6.5	6.0	1.30	新建
8	2#渣场路	车章河临时桥	枢纽2#弃渣场	6.5	6.0	0.80	新建
9	3#渣场路	车章河临时桥	枢纽3#弃渣场	6.5	6.0	0.40	新建
合计						10.90	

(2) 输水线路

输水隧洞各施工点场内交通均采用公路运输方式，经初步布置，需新建场内临时道路4.0km。公路标准为场内三级单车道，泥结碎石路面，路基宽4.5m，路面宽3.5m。新建临时跨河桥2座，其中，上罗贵村临时桥跨度20m，宽5.5m；梨树坝村跨马龙河临时桥跨度20m，宽5.5m。

表 2.6-4 输水工程场内公路特性表

序号	道路名称	公路等级	路基宽度(m)	路面宽度(m)	长度(km)	备注
1	大石洞渣场公路(1#施工支洞及隧洞进口)	场内三级	4.5	3.5	0.2	新建
2	梨树坝渣场公路(3#施工支洞)	场内三级	4.5	3.5	0.7	新建
3	长岭坡渣场道路(4#施工支洞)	场内三级	4.5	3.5	0.7	新建
4	保家营渣场道路(6#施工支洞)	场内三级	4.5	3.5	0.5	新建
5	杨外营渣场道路(7#施工支洞)	场内三级	4.5	3.5	0.8	新建
6	大海哨渣场道路(9#施工支洞)	场内三级	4.5	3.5	0.2	新建
7	王大屯渣场公路(11#施工支洞及隧洞出口)	场内三级	4.5	3.5	0.9	新建

2.6.5 土石方平衡及渣场布置

2.6.5.1 枢纽工程

枢纽工程建筑物土石方开挖量为 30.35 万 m^3 ，围堰拆除量为 1.74 万 m^3 ，料场剥离料为 21.85 万 m^3 。其中，利用作建筑物回填料及土石方回填料 3.94 万 m^3 ，其余 50.00 万 m^3 为弃渣料，分别弃于枢纽工程 3 个弃渣场。

土石方平衡见表 2.6-5，渣场特性见表 2.6-6。

表 2.6-5

土石方平衡表

单位: m³

类别		大坝	溢洪道	泄洪放空隧洞	围堰	象山1#石料场剥离料	象山2#石料场剥离料	土料场剥离料	合计
开挖或剥离	土石方明挖	164488	81876	35828	1190				283382
	石方洞挖			17731					17731
	石方井挖			2347					2347
	建筑物拆除				17443				17443
	小计	164488	81876	55906	18633	196463	42000	2256	561622
利用量	大坝上游覆盖任意料及围堰填筑	15902			12899				28801
	土石方回填		6446	4113					10559
	小计	15902	6446	4113	12899				39361
弃渣量		159326	148586	75430	51793	5734	174122	42000	2303
渣量分配	枢纽1#弃渣场	133727	75430	51793	5734				266684
	枢纽2#弃渣场	14859				104473	42000	2303	163635
	枢纽3#弃渣场					69649			69649
	小计	148586	75430	51793	5734	174122	42000	2303	499967

表 2.6-6

渣场特性表

弃渣场名称	弃渣自然方 (万 m ³)	渣场面积 (亩)	渣料主要来源
枢纽1#渣场	26.67	76.35	大坝、溢洪道、围堰及泄洪放空隧洞开挖料
枢纽2#渣场	16.36	85.20	大坝开挖料、象山石料场剥离料
枢纽3#渣场	6.96	44.40	象山石料场剥离料
合计	50.00	205.80	

2.6.5.2 输水工程

输水工程土石方开挖总量为 54.31 万 m³，其中利用作回填料 0.21 万 m³，其余 54.10 万 m³ 为弃渣料，分别弃于输水隧洞沿线 11 个弃渣场。土石方平衡见表 2.6-7，渣场特性见表 2.6-8。

表 2.6-7 输水工程土石方平衡表

工作面	主洞开挖量 m ³		支洞开挖量 m ³		利用量 m ³	弃渣量 m ³	渣场名称
	土石方明挖	石方洞挖	土石方明挖	石方洞挖			
隧洞进口	2220	1389				3610	大石洞渣场
1#支洞		21661	2602	3694		27958	
2#支洞		42783	2342	6295		51420	上罗贵渣场
3#支洞		45977	2623	19633		68233	梨树坝渣场
4#支洞		41553	3718	8355		53625	长坡岭渣场
5#支洞		39963	2863	7674		50499	盛家田渣场
6#支洞		38311	5311	6205		49827	保家营1#渣场
7#支洞		32428	2941	7118		42487	杨外营渣场
8#支洞		32691	2376	9585		44652	前进渣场
9#支洞		35207	2403	6011		43620	大海哨渣场
10#支洞		32532	2600	7283		42415	响水渣场
11#支洞		30879	2491	13853		47223	王大屯渣场
隧洞出口	2714	14821			2069	15466	
合计	4934	410194	32269	95706	2069	541034	

表 2.6-8 渣场特性表

弃渣场名称	弃渣自然方 (万m ³)	渣场面积 (亩)	渣料主要来源
大石洞渣场	3.16	16.05	进口、1#支洞及其所控制主洞洞挖
上罗贵渣场	5.14	19.65	2#支洞及其所控制主洞洞挖
梨树坝渣场	6.82	22.05	3#支洞及其所控制主洞洞挖
长坡岭渣场	5.36	50.85	4#支洞及其所控制主洞洞挖
盛家田渣场	5.05	27.90	5#支洞及其所控制主洞洞挖
保家营1#渣场	4.98	25.95	6#支洞及其所控制主洞洞挖
杨外营渣场	4.25	17.70	7#支洞及其所控制主洞洞挖
前进渣场	4.47	28.35	8#支洞及其所控制主洞洞挖
大海哨渣场	4.36	21.15	9#支洞及其所控制主洞洞挖
响水渣场	4.24	21.00	10#支洞及其所控制主洞洞挖
王大屯渣场	6.27	21.90	11#支洞、出口及其所控制主洞洞挖
合计	54.10	272.40	

2.6.6 施工总布置

(1) 枢纽工程

枢纽工程施工较为集中，根据施工要求分大坝施工区和石料场施工区 2 个区规划施工场地布置。在坝址下游左岸车马碧村附近设置 1 个生产生活区，大坝上游左岸平坦位置设置生产区，负责坝址区的施工；在象山 1#石料场附近布置砂石加工厂 1 座，生产区在砂石加工厂内统筹设置，负责石料场和土料场的开采、运输以及砂石加工系统的运行管理。初拟枢纽工程共设置 3 个弃渣场，其中 1#弃渣场位于坝址下游左岸冲沟，2#弃渣场位于库内大罗贵附近，3#弃渣场位于象山石料场附近。

(2) 输水工程

由于输水隧洞线路长，施工布置较为分散，施工区点多面广，根据施工需要，采取在输水隧洞进、出口、各施工支洞口分别布置施工设施分区的布置规划形式。各施工点根据施工需要布置相应的道路、施工工厂设施、渣场及生活营地等，本阶段初选了 2 个石料场，即尹堡石料场和新发村石料场，均为正在开采石料场。尹堡石料场已有砂石加工系统，生产能力满足本工程要求。在新发村附近布置 1 座砂石加工系统以供部分洞段所需砂石骨料。渣场根据地形条件和建筑物的布置方案，采取分区和就近原则选取。初拟输水工程共设置 12 个生产生活区、11 个弃渣场、1 座砂石加工厂。

2.6.7 施工工厂

2.6.7.1 枢纽工程

(1) 砂石料加工系统

枢纽工程共需制备砂石骨料约 14.66 万 m^3 (成品方)。

枢纽工程共布置一个砂石加工系统，砂石料加工系统布置在车章河与马龙河交汇口上游马龙河右岸的缓坡地上，其布置高程设于 1924.00m 以上满足度汛要求。加工方式采用颚式破碎机进行粗碎，反击式或细碎型颚式破碎机生产碎石，棒磨机加工砂，振动筛进行筛分，螺旋洗砂机进行洗砂。砂石加工系统粗碎处理能力 75t/h，成品生产能力 60t/h。

砂石骨料采用自卸汽车运输至混凝土拌和站，制备混凝土供各工作面使用。

(2) 混凝土生产系统

混凝土供应总量约 4.44 万 m^3 ，为二、三级配。

枢纽工程集中设置 3 座混凝土生产系统，布置在大坝下游左岸，混凝土骨料

由砂石加工系统加工供应。混凝土生产系统按满足混凝土高峰月浇筑强度 0.30 万 m^3 浇筑强度要求设计,系统设计生产能力 $24\text{m}^3/\text{h}$,布置两台 0.75m^3 混凝土拌和机。导流泄洪放空隧洞施工于隧洞进出口各设两台 0.50m^3 混凝土拌和机,满足其混凝土施工需要。

(3) 风、水、电系统

① 施工供风

枢纽工程施工供风分二区布置。大坝施工区为 I 区,象山石料场开采区为 II 区。枢纽工程最大供风量 $80\text{m}^3/\text{min}$ 。

② 施工供水

施工期生产用水水池共设 2 座,分别位于大坝左岸和枢纽区砂石料加工系统处,为大坝施工区及砂石料加工系统供水,供水水源为马龙河河水。

马龙河水质不符合生活用水标准要求,枢纽区生活供水拟设置机井,抽取地下水作为生活水源。

③ 施工供电

大坝枢纽区采用 10kV 输电线路进行供电,施工电源拟由马龙县境内的 35kV 马过河变电引接,架设 10kV 专用线路至各施工点,降压后使用。根据施工要求,大坝左岸、右岸、象山石料场、砂石加工系统各配置 10kV 施工变压器一座。枢纽区共需架设 10kV 输电线路 10.98km 、 10kV 施工变电所 4 座。另外,大坝布置 120kW 的柴油发电机 1 台,作为防洪抢险和基坑排水的备用电源。

2.6.7.2 输水工程

(1) 砂石加工系统

输水工程共需制备砂石骨料约 32.41 万 m^3 (成品方)。扣除从尹堡砂石料场外购供应 8.75 万 m^3 (成品方)外,需自行加工 23.66 万 m^3 (成品方)。

输水工程共布置一个砂石加工系统,砂石料加工系统布置在新发村石料场附近的 S101 省道道路旁,加工方式采用颚式破碎机进行粗碎,反击式或细碎型颚式破碎机生产碎石,棒磨机加工砂,振动筛进行筛分,螺旋洗砂机进行洗砂。砂石加工系统粗碎处理能力 $75\text{t}/\text{h}$,成品生产能力 $60\text{t}/\text{h}$ 。

各工作面的砂石骨料采用自卸汽车运输至各施工工作面,现场设置混凝土拌和站,制备混凝土供各工作面使用。

(2) 混凝土生产系统

输水工程混凝土浇筑总量约 17.4 万 m³，输水线路拟设置混凝土生产系统 12 座，分别位于各施工支洞工作面及隧洞出口工作面，其中 1#~3#支洞砂石骨料尹堡砂石料场外购成品料，供应总量为 4.79 万 m³，其余的 11.52 万 m³用量均由新发村砂石加工系统自行生产。各混凝土生产系统小时生产能力均为 20 m³/h。

(3) 风、水、电系统

① 施工供风

压缩空气系统采用分散设置的施工供风方案，在各支洞口及输水隧洞出口各布置一供风站，每一供风站各设一台 20m³/min 的固定式空压机供风。输水工程最大供风量 240m³/min。

② 施工供水

施工期生产生活用水水池共设 13 座。输水隧洞进口及 1#施工支洞、5#支洞位于马龙河旁，因马龙河水质不符合生活用水标准要求，输水隧洞进口及 1#施工支洞施工生活用水拟从附近的大石洞泉水点引接，5#支洞位于马龙县城附近，其施工生活用水拟从马龙县城自来水系统引接。

输水工程区施工供水特性见表 2.6-9

表 2.6-9 输水工程区施工供水特性表

序号	设置位置	水源	供水范围	水泵型号	台数	水池容积 (m ³)	备注
1	输水隧洞进口及1#施工支洞	马龙河	输水隧洞进口及1#施工支洞	IS80-50-250	1	20	生活用水从大石洞泉水点引接
2	2#支洞	干衡水库	2#支洞	IS80-50-250	1	20	
3	3#支洞	五大河	3#支洞	IS80-50-200	1	20	
4	4#支洞	水库	4#支洞	IS80-50-200	1	20	
5	5#支洞	马龙河	5#支洞	IS80-50-250	1	20	生活用水从马龙县城自来水系统引接
6	6#支洞	前进大沟	6#支洞	IS80-50-200	1	20	
7	7#支洞	杨外营水库	7#支洞	IS80-50-200	1	20	
8	8#支洞	前进水库	8#支洞	IS80-50-250	1	20	
9	9#支洞	附近箐沟	9#支洞	IS80-50-200	1	20	
10	10#支洞	附近箐沟	10#支洞	IS80-50-250	1	20	
11	11#支洞	面店水库	11#支洞	IS80-50-250	1	20	
12	隧洞出口	面店水库	隧洞出口	IS80-50-200	1	20	
13	新发村砂石加工系统	轿子山水库	新发村砂石加工系统	IS80-50-250	1	50	

③ 施工供电

工程施工线路较长，用户分布比较分散。输水工程施工用电用户主要有砂石加工系统、混凝土生产系统、供水系统、施工供风、施工排水、混凝土工程施工、土石方工程施工、综合加工厂及各施工区照明及生活用电。

根据施工用电负荷及施工布置，工程拟分区段引接电源电压，等级采用 10kV。

输水隧洞采用 10kV 输电线路进行供电，初步考虑从 35kV 马过河变电站引一回 10kV 专线作为水库枢纽区及 1#、2#支洞施工用电的主供电源，马龙 110kV 变电站引一回 10kV 专线作为新发村砂石料加工系统及 3#、4#、5#、6#、7#支洞施工用电的主供电源，从附近 10kV 电网引一回 10kV 专线作为 8#、9#、10#、11#支洞及输水隧洞出口施工用电的主供电源，在输水隧洞进、出口及各支洞口设一柴油发电机作为一级负荷的备用电源，并采用 10kV 电缆向隧洞内供电。输水隧洞共需架设 10kV 输电路 46.94km，10kV 施工变电所 13 座。

2.6.8 施工进度

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，工程施工总工期包括施工准备期、主体工程施工期和工程完建期，为 54 个月，其中，工程准备期 12 个月（直线工期 1 个月），主体工程施工期 53 个月。关键线路为输水隧洞施工。

初拟工程筹建期 12 个月，筹建期内主要进行工程对外交通公路修建、施工供电线路和施工变电站修建、施工通讯设施修建、施工场地征地、移民及工程招标、评标及合同签订等工作，为准备工程和主体工程的开工建设创造条件。

工程准备期计划工期为 12 个月（直线工期 1 个月），主要进行场内道路施工、场地平整、空气压缩系统、供水、供电、施工通讯系统，砂石加工系统及混凝土拌和系统的建设、主要施工工厂设施、临时房建、导流泄洪放空隧洞及围堰截流闭气前的施工等。

主体工程施工期 53 个月，输水隧洞的施工由于受施工支洞布置条件的控制，单工作面控制洞段长，成为本工程的控制性项目。控制施工总工期的关键施工项目为输水隧洞中 3# 施工支洞上游工作面施工洞段。

枢纽工程施工：枢纽工程安排在第 1 年 4 月至第 4 年 5 月完成，施工期 38 个月。其中，泄洪放空隧洞安排于第 1 年 4 月至第 2 年 7 月完成，河道截流的时间为第 2 年 12 月初；大坝安排于第 2 年 4 月至第 4 年 5 月完成，分二期填筑，大坝

下闸蓄水的时间为第4年5月底；溢洪道安排于第3年11月到第4年5月完成。

输水隧洞施工：输水线共设置11条施工支洞，布置为平洞或斜井。主洞控制段在3#施工支洞向主洞进口工作面洞段，3#施工支洞为平支洞，支洞洞身长893m，其向主洞进口方向工作面主洞长约1775.5m，施工准备2个月，施工支洞考虑1个月明挖，支洞洞挖及支护施工时间约11个月，所控制的主洞洞挖施工时间约26个月、混凝土衬砌施工时间约10个月，3#施工支洞为永久检修洞，考虑支洞永久混凝土初砌6个月的时间，回填灌浆占直线工期1个月。3#施工支洞及其所控制的上游主洞段施工时间共54个月。

本工程关键线路为：施工准备（1个月）→3#施工支洞明挖（1个月）→3#施工支洞洞挖及支护（11个月）→上游工作面方向主洞洞挖（24个月）→主洞混凝土衬砌（10个月）→检修支洞永久混凝土衬砌（6个月）→检修支洞回填灌浆（直线工期1个月），总工期54个月。

2.6.9 主要施工指标

本工程土石方明挖月平均高峰强度为49346m³/月，填筑月平均高峰强度为48042m³/月，洞挖石方月平均高峰强度21991 m³/月，施工总工日162.89万个工日，高峰人数2802人。

本工程施工总进度控制工期和主要施工特性见表2.6-10，主要建筑材料需用量表见表2.6-11，主要施工机械设备表见表2.6-12。

表 2.6-10 工程控制工期和施工特性指标表

项目		单位	数量	
工程量	土石方明挖	万m ³	32.06	
	石方洞挖	万m ³	52.60	
	混凝土浇筑	万m ³	21.85	
	土石方填筑	万m ³	56.76	
施工工期	施工工期	准备工期	月	1
		主体工程施工工期	月	53
		总工期	月	54
	控制工期	开工时间		第1年1月
		大坝截流时间		第2年12月
		大坝临时度汛体填筑完工时间		第3年5月
施工强度	土石方明挖	月平均	万m ³	1.20
		月高峰	万m ³	4.93
	石方洞	月平均	万m ³	1.31

项目		单位	数量
土石方填筑	月高峰	万m ³	2.20
	月平均	万m ³	3.55
	月高峰	万m ³	4.80

表 2.6-11 主要材料用量表

序号	项目	单位	数量	备注
1	水泥	万t	12.7	
2	钢筋	万t	1.7	
3	钢材	t	5193	
4	油料	万t	0.56	
5	炸药	t	1380	
6	砂	万m ³	15.90	
7	碎石	万m ³	31.18	
8	块石	万m ³	1.10	

表 2.6-12 主要施工机械设备表

机械名称	规格型号	单位	数量
一、土石方机械			
手持式风钻	Y30	台	40
气腿式风钻	YT28	台	160
潜孔钻	YQ-100B、YQ-150	台	15
地质钻机	XB-150	台	2
挖掘机	1m ³ 、2m ³	台	26
装岩机	LZ-60	台	10
扒渣机	ZS60	台	22
装载机	ZL40	台	12
推土机	D50A-17	台	22
振动碾	22t	台	3
振动平板夯	HZR70	台	6
二、起重运输设备			
载重汽车	8~15t	辆	30
自卸汽车	5t	辆	15
自卸汽车	10t	辆	80
自卸汽车	15t	辆	60
混凝土搅拌运输车	3m ³	辆	15
卷扬机	5~10t	台	17
汽车起重机	16t	辆	14
双筒提升机	ZJK-2/20	台	11
蓄电池机车	10~14t	台	22
矿车	4m ³	台	45
三、混凝土设备			
混凝土泵	HB30	台	5

机械名称	规格型号	单位	数量
混凝土泵	HBT60	台	16
混凝土喷射机	HP-30-74	台	38
混凝土喷射机	QPJ	台	6
振捣器	ZN35	台	100
隧洞钢模台车		套	32
混凝土拌和机	JZ500	台	10
混凝土拌和机	JZ350	台	50
四、灌浆设备			
灌浆泵	BW-250/50	台	40
灰浆搅拌机		台	80
五、砂石料加工系统			
反击破碎机	PFφ1250×1000	台	2
鄂式破碎机	600×900	台	2
鄂式破碎机	250×1000	台	2
鄂式破碎机	250×400	台	2
鄂式破碎机	400×600	台	2
棒磨机	MBS2130	台	2
螺旋洗砂机	FG-15	台	2
六、加工修理机械			
交流弧焊机	Bx ₁ -500	台	18
锻钎机		套	14
钢筋加工设备		套	14
木材加工设备		套	14
切割机		台	14
电动葫芦	1t, 3t, 5t, 10t, 15t	台	20
七、变压器			
变压器	S ₁₁ -800/10	台	2
变压器	S ₁₁ -630/10	台	4
变压器	S ₁₁ -500/10	台	5
变压器	S ₁₁ -400/10	台	5
变压器	S ₁₁ -200/10	台	1
八、水泵			
水泵	IS80-50-250	台	9
水泵	IS80-50-200	台	6
九、空气压缩机			
空气压缩机	4L-20/8	台	16

2.7 建设征地与移民安置

2.7.1 建设征地实物指标

车马碧水库工程建设征地涉及 2 个县级行政区、6 个乡镇级行政区、16 个村/居委会、44 个村民小组、18 个农村居民点和 1 个大中型企业；工程建设征地总面积 13704.19 亩，永久征地面积 12463.89 亩、施工临时占地面积 1240.30 亩；其中水库淹没影响土地总面积 11899.18 亩（淹没区 11761.83 亩、浸没区 137.35 亩），枢纽工程建设区永久征地总面积 467.74 亩、临时占地 302.90 亩，输水隧洞工程永久征地总面积 96.97 亩、临时占地 937.40 亩；工程建设影响农村居民 508 户 1900 人；影响各类房屋建筑面积 176700.33m²，其中农村居民房屋 153323.50m²、农村工商企业房屋 2775.69m²、农村文教卫房屋 498.58m²、工业企业房屋 20102.56m²。

2.7.1.1 农村实物指标

（1）土地调查指标

①永久征地

车马碧水库工程永久征收土地总面积 12463.89 亩，其中马龙县境内 12430.21 亩、麒麟区境内 33.68 亩。马龙县境内 12430.21 亩中，耕地 7324.80 亩；园地 513.21 亩；林地 3097.40 亩；住宅用地（农村宅基地）324.97 亩；交通运输用地 107.98 亩；工矿用地 132.82 亩；水域及水利设施用地 741.05 亩；其他土地 187.98 亩。麒麟区境内的 33.68 亩均为水田。

②施工临时占地

车马碧水库工程施工临时占地总面积 1240.30 亩中，其中马龙县境内 1040.70 亩、麒麟区境内 199.60 亩。马龙县境内的 1040.70 亩中，耕地 701.51 亩；园地 92.20 亩；林地 246.99 亩。麒麟区境内 199.60 亩中，耕地 135.60 亩；园地 33.60 亩；林地 30.40 亩。

（2）人口调查指标

车马碧水库工程建设征地及随迁区内影响人口 508 户 1900 人，其中淹没影响区 507 户 1895 人（农业人口 1879 人、非农业人口 16 人），枢纽工程建设区 1 户 5 人（农业人口）。现状影响总人口中，少数民族人口 41 户 145 人（其中白族 2 户 4 人、回族 3 户 8 人、拉祜族 1 户 3 人、土家族 1 户 2 人、彝族 9 户 35 人、苗

族 25 户 93 人），占影响总人口的 7.63%。

2.7.1.2 工业企业实物指标

车马碧水库工程建设征地范围内影响的工业企业设施只涉及云水机械厂的部分厂区。

2.7.1.3 专业项目实物指标

车马碧水库工程建设征地范围内涉及的专业项目包括铁路工程、道路交通工程、输变电工程、电信工程、文物古迹和矿产资源。

(1) 铁路工程设施

铁路工程涉及沪昆铁路客运专线和贵昆铁路。

① 沪昆铁路客运专线

该专线属于在建铁路客运专线（沪昆客运专线）。影响涉及 4 道桥梁工程，包括白塔铺特大桥、三家特大桥、上罗贵特大桥和马龙河 2#大桥，共影响桥梁桥墩数量 38 个。

② 贵昆铁路

该专线属于铁路客货运线路。影响涉及小车章双线桥（目前正在运营）和小车章老单线桥（目前已经废弃），其中，影响小车章双线桥桥墩 7 个，小车章老单线桥桥墩 6 个。

(2) 道路交通工程设施

影响涉及的道路交通工程包括等级公路和等级公路桥。

等级公路包括县道四级公路 2.51km；乡道四级公路 2.71km。

等级公路桥涉及 107.1m/3 座，包括 1 座中型桥，2 座小型桥。

(3) 输变电工程

工程涉及的输变电工程包括 110kV 线路、35kV 线路、10kV 线路、0.4kV 线路和 0.22kV 线路。其中，110kV 线路 0.88km，35kV 线路 2.19km，10kV 线路 13.94km，0.4kV 线路 7.91km，0.22kV 线路 4.97km。

(4) 电信工程

电信工程涉及电信公司、移动公司、联通公司和广电网络公司的线路。其中，电信光缆、电缆共 3.9km，移动电缆 2.78km、基站 1 座，联通光缆、电缆共 1.8km，广电光缆、电缆共 1.4km。

(5) 文物古迹及矿根据曲靖市文物管理调查勘探的初步调查，车马碧水库工程建设征地范围内文物设施主要有小车章小寺遗址、小车章古道、小车章高氏四合院、小车章大寺遗址和龙潭桥；根据云南岩土工程勘察院调查评估的初步结论，车马碧水库工程建设征地范围内有 1 个采石场的采矿（石）权，无探矿权。

2.7.2 农村移民安置规划

车马碧水库工程以实物指标的调查年份 2015 年为基准年，水库淹没影响区以水库蓄水年份 2020 年为规划水平年，枢纽工程建设区以工程施工年 2016 年为规划水平年。

2.7.2.1 移民安置人口

移民安置人口包括生产安置人口和搬迁安置人口两部分。

(1) 生产安置人口

车马碧水库建设征占耕地主要集中在水库库区，属于大面积连片征地，征地影响大，本阶段只分析库区淹没影响征占耕地所引起的生产安置人口。经计算，车马碧水库工程建设征地规划设计基准年生产安置人口为 2231 人，规划水平年生产安置人口为 2353 人。其中，水库淹没区规划设计基准年（2015 年）生产安置人口 2418 人，规划水平年（2020 年）生产安置人口 2266 人；枢纽区规划设计基准年（2015 年）生产安置人口 52 人，规划水平年（2016 年）生产安置人口 54 人；输水线路区规划设计基准年（2015 年）生产安置人口 31 人，规划水平年（2016 年）生产安置人口 33 人。车马碧水库工程建设征地生产安置人口见表 2.7-1。

表 2.7-1

车马碧水库工程建设征地生产安置人口计算表

建设征地区	县/区	镇/街道办	村/居委会	村民小组	总人口(人)	标准耕地(亩)		征地前人均标准耕地(亩/人)	生产安置人口(人)		
						征地前总面积	征地面积		基准年	规划水平年	
淹没影响区	马龙县	旧县	白塔	大罗贵	447	1402.24	819.83	3.14	261	274	
				西冲	285	658.67	112.06	2.31	49	52	
				张家屯	495	1366.59	646.58	2.77	235	247	
				白塔村	461	1522.02	123.46	3.31	38	40	
				白塔铺	790	1363.01	14.2	1.73	9	10	
				水井凹	174	854.66	178.72	4.93	37	39	
				小石洞	105	314.71	42.47	3	15	16	
				小计/平均	2757	7481.89	1937.32	2.72	644	678	
		合计/平均	2757	7481.89	1937.32	2.72	644	678			
		马过河	车章	大车章	741	2589.84	152.08	3.5	44	47	
				小车章	954	2983.65	622.36	3.13	199	209	
				马保地	144	352.09	258.35	2.45	106	112	
				木龙	186	352.86	141.79	1.9	75	79	
				象山	148	441.85	98.6	2.99	33	35	
				三家	107	452.16	204.45	4.24	49	52	
				小计/平均	2490	7557.18	1477.62	3.04	506	534	
			麻衣	车马碧	188	554.47	19.07	2.95	7	8	
				川洞	166	440.73	274.91	2.66	104	109	
				冯家冲	108	209.26	8.25	1.94	5	6	
				小计/平均	462	1204.46	302.22	2.61	116	123	
			何家村	河湾	460	1661.54	9.38	3.61	3	4	
				王家	398	2162.11	5.26	5.43	1	1	
				小计/平均	858	3823.65	14.64	4.46	4	5	
			合计/平均	3810	12585.28	1794.48	3.31	626	662		
			王家庄	格里	碧腾	313	488.49	271.56	1.56	174	183

建设征地区	县/区	镇/街道办	村/居委会	村民小组	总人口(人)	标准耕地(亩)		征地前人均标准耕地(亩/人)	生产安置人口(人)				
						征地前总面积	征地面积		基准年	规划水平年			
建设征地区				干冲	351	789.27	29.41	2.25	13	14			
				格里	409	1185.48	410.71	2.9	142	149			
				发腾	355	1164.06	529.41	3.28	162	170			
				黄坝	274	593.72	316.59	2.17	146	154			
				清水凹	105	254.62	106.16	2.43	44	47			
				下罗贵	136	452.85	275.92	3.34	83	87			
				中罗贵	203	567.07	143.72	2.8	52	55			
				上罗贵	193	735.69	139.7	3.82	37	39			
				小计/平均	2339	6231.26	2223.18	2.67	853	898			
				庄郎	下尹堡	491	1045.79	3.95	2.13	2	2		
					小计/平均	491	1045.79	3.95	2.13	2	2		
				龙腾	小龙腾	189	717.53	22.94	3.8	6	7		
					大龙腾	473	1549.3	42.39	3.28	13	14		
			土官寨		590	1197.33	7.16	2.03	4	5			
			小计/平均		1252	3464.16	72.48	2.77	23	26			
			合计/平均	4082	10741.2	2299.61	2.64	878	926				
			淹没影响区合计/平均					10649	30808.37	6031.42	2.9	2148	2266
			枢纽区	马龙县	马过河	麻衣	车马碧	188	554.47	113.4	2.95	39	40
							川洞	166	440.73	7.13	2.66	3	3
							小计/平均	354	995.2	120.53	2.82	42	43
合计/平均	354	995.2				120.53	2.82	42	43				
旧县	白塔	大罗贵			447	1402.24	26.4	2.82	10	11			
		小计/平均			447	1402.24	26.4	2.82	10	11			
	合计/平均	447			1402.24	26.4	2.82	10	11				
枢纽区合计/平均					801	2397.43	146.94	5.64	52	54			
输水隧洞区	马龙县	旧县	白塔	小石洞	105	314.71	13.49	3	5	5			

建设征地区	县/区	镇/街道办	村/居委会	村民小组	总人口(人)	标准耕地(亩)		征地前人均标准耕地(亩/人)	生产安置人口(人)	
						征地前总面积	征地面积		基准年	规划水平年
				小计/平均	105	314.71	13.49	3	5	5
			合计/平均		105	314.71	13.49	3	5	5
		王家庄	龙腾	土官寨	590	1197.33	19.86	2.03	10	11
				小计/平均	590	1197.33	19.86	2.03	10	11
			合计/平均		590	1197.33	19.86	2.03	10	11
		通泉	让田	让田	684	1083.88	2.04	1.58	2	2
			小计/平均		684	1083.88	2.04	1.58	2	2
			合计/平均		684	1083.88	2.04	1.58	2	2
			大海哨	响水街	218	447.17	2.04	2.05	1	1
			小计/平均		218	447.17	2.04	2.05	1	1
			合计/平均		218	447.17	2.04	2.05	1	1
	麒麟区	西城	湛大屯	王大屯	1053	2815.62	33.68	2.68	13	14
		合计/平均		1470	3630.21	33.68	4.64	13	14	
		输水隧洞区合计/平均			3067	6673.29	71.11	13.3	31	33
		总计/平均			447	39879.1	6249.46	21.84	2231	2353

（2）搬迁安置人口

车马碧水库工程搬迁安置人口涉及居住在水库淹没区的人口、浸没影响必需搬迁的人口，以及少数居住于迁移线上，但本村民小组大部分人口已外迁，而仅剩余的小部分人口（随迁区人口）。

根据实物指标调查，随迁总人口 16 户，44 人，全部为农业人口，其中大罗贵村民小组 5 户 14 人、川洞村民小组 11 户 30 人。

综上所述，车马碧水库工程规划设计基准年搬迁安置人口为 508 户 1900 人，其中建设征地区直接搬迁人口 492 户 1856 人、随迁区搬迁人口 16 户 44 人。至规划水平年的搬迁安置人口为 543 户 1977 人。

详见表 2.7-2。

表 2.7-2

车马碧水库搬迁安置人口表

行政区划			直接搬迁人口								随迁区人口		搬迁安置总人口				
县	镇/街道办	村/居委会	村民小组	淹没区		浸没区		枢纽区		小计		户数 (户)	人数 (人)	基准年		规划水平年	
				户数 (户)	人数 (人)	户数 (户)	人数 (人)	户数 (户)	人数 (人)	户数 (户)	人数 (人)			户数 (户)	人数 (人)	户数 (户)	人数 (人)
马龙县	旧县	白塔	大罗贵	118	406	6	27			124	433	5	14	129	447	136	466
			白塔村	12	47	4	14			16	61			16	61	17	63
			张家屯	25	96	4	9			29	105			29	105	31	109
			西 冲	21	79	4	19			25	98			25	98	27	101
			水井凹	5	17					5	17			5	17	6	17
			小计	181	645	18	69			199	714	5	14	204	728	217	756
	马过河	车章	小车章	87	361	7	20			94	381			94	381	99	396
			大车章			4	20			4	20			4	20	5	21
			马保地	3	14					3	14			3	14	4	15
			三 家	21	85	1	3			22	88			22	88	23	91
			小计	111	460	12	43			123	503			123	503	131	523
		麻衣	川 洞	40	136					40	136	11	30	51	166	54	173
			小计	40	136			1	5	41	141	11	30	52	171	55	178
	王家庄	格里	清水凹	9	30					9	30			9	30	10	32
			碧 腾	34	136	2	10			36	146			36	146	38	152
			黄 坝	5	22	1	4			6	26			6	26	7	27
			中罗贵	19	67	4	21			23	88			23	88	25	92
			下罗贵	23	95					23	95			23	95	25	99
			格 里	7	27					7	27			7	27	8	28
			发 腾	23	75	2	11			25	86			25	86	27	90
	小计	120	452	9	46			129	498			129	498	140	520		
	合计			452	1693	39	158	1	5	492	1856	16	44	508	1900	543	1977

2.7.2.2 移民安置规划

(1) 移民安置总体规划方案

车马碧水库建设征地主要淹没涉及马龙县的旧县、马过河、万家庄、通泉四个乡镇（街道办），以及麒麟区的西城街道办，共 13 个村委会（居民委员会）的 34 个村民小组。工程规划水平年共需搬迁安置 1977 人、生产安置 2353 人（其中库区和枢纽区 2320 人）。对需要安置的移民人口，在建设征地区环境容量分析并征求地方政府意见和移民意愿的基础上，采用就地后靠安置与本村（居）委会内集中安置相结合的安置模式。对搬迁安置人口，共布置了 8 个移民安置点，其中组内后靠集中安置点 5 个、居委会内跨组后靠集中安置点 3 个。车马碧水库工程组内后靠集中安置移民 849 人、居委会内跨组后靠集中安置移民 862 人，其余 266 人采取组内后靠分散安置的方式。生产安置措施主要采用农业安置为主，辅以自行安置的方式。农业安置采取组内配置低产旱地水浇地改造及组外有偿流转耕地、配置低产旱地改造水浇地两种方式相结合进行安置。

(2) 生产安置规划

根据移民安置总体规划方案，生产安置规划采用农业安置为主，辅以自行安置的方式。

① 自行安置方案

根据移民生产安置规划，工程采取自行安置的包括白塔铺、白塔、大车章、河湾、王家、冯家冲、干冲、下尹堡、小龙腾、大龙腾、土官寨、让田、响水街和王大屯等 14 个村民小组。

② 配置低产旱地水浇地改造安置

根据生产安置规划，对西冲、水井凹、小石洞、小车章、木龙、象山、三家、车马碧、格里、清水凹、中罗贵和上罗贵 12 个村民小组，其生产安置人口通过对组内低产旱地改造成水浇地后进行安置。

③ 组外有偿流转耕地、配置低产旱地改造水浇地安置

对大罗贵、马保地、川洞、碧腾、发腾、黄坝和下罗贵 7 个组内环境容量不足的村民小组，其生产安置人口通过组外统一流转耕地，并对组内剩余低产旱地和有偿流转的低产旱地进行水浇地改造相结合的方式进行安置。

为满足涉及各村组环境容量的要求，完成低产旱地的水浇地改造后，再配置

相应的耕园地给农业生产安置移民。车马碧水库工程需农业生产安置人口 2356 人，共需配置耕园地 5818.50 亩。其中，从组内低产旱地改造所得水浇地 3554.0 亩中调剂 2228.82 亩，组外流转耕地 3589.68 亩（其中低产旱地 2994.0 亩、水田 94.3 亩、低产旱地 151.0 亩、园地 350.38 亩），低产旱地改造所得水浇地 2994.0 亩，安置生产安置人口。

生产安置方案详见表 2.7-3。

表 2.7-3

车马碧水库工程生产安置方案

县/区	镇/街道办	村/居委会	村民小组	规划年需生产安置人口(人)	土地配置(亩)				安置标准(亩)	配置土地后影响程度	组外配置土地来源	灌溉水来源	
					组内配置水浇地	组外调剂土地							人均标准耕地
						水浇地	水田	旱地(低产)	园地				
马龙县	旧县	白塔	大罗贵	466		1431				2.82	10%	白塔、黄土坡、上三新星坝、张家屯、乌龙箐	四旗田水库
			西冲	52	96.81					2.12	8%		库区抽水
			张家屯	247			94.3	151	350.38	2.58	7%	大罗贵剩余耕地有偿流转至家基屯	库区抽水
			水井凹	39	152.42					4.44	9%		库区抽水
			小石洞	21	50.37					2.73	6%		库区抽水
	马过河	车章	小车章	209	518.33					2.82	10%		五里箐水库
			马保地	112	96.53	121				2.21	10%	大车章	五里箐水库
			木龙	79	119.92					1.72	9%		库区抽水
			象山	35	83.57					2.71	9%		库区抽水
			三家	52	176.71					3.86	8%		库区抽水
		麻衣	车马碧	48	111.88					2.65	10%		库区抽水
			川洞	112		283				2.45	7%	大车章	五里箐水库
	王家庄	格里	碧胯	183		298				1.53	2%	下尹堡, 小龙胯	桂花箐水库
			格里	149	344.69					2.63	9%		桂花箐水库
			发胯	170		475				2.97	10%	下尹堡	桂花箐水库
			黄坝	154		302				1.98	9%	上罗贵	桂花箐水库
			清水凹	47	90.75					2.19	9%		桂花箐水库
			下罗贵	87	146.89	84				3.02	9%	清水凹	桂花箐水库
			中罗贵	55	122.25					2.53	10%		桂花箐水库
			上罗贵	39	117.69					3.43	10%		桂花箐水库
	合计				2356	2228.82	2994	94.3	151	350.38			

(3) 农村移民搬迁安置规划

规划水平年车马碧水库工程总搬迁安置人口 543 户 1977 人，经对移民意愿、政府意见的征求和安置方案比选，初拟采取后靠安置的方式，包括后靠集中与后靠分散安置两种安置方式。

结合各村民小组需搬迁安置的人口规模，对旧县街道办白塔居委会的大罗贵、张家屯和西冲 3 个村民小组，马过河镇车章村委会的小车章、三家和麻衣村委会的川洞 3 个村民小组，王家庄街道办格里居委会的碧腾、清水凹、中、下罗贵 4 个村民小组，共计 10 个村民小组的搬迁人口采用后靠集中安置（其中大罗贵、川洞采取整村搬迁，清水凹、中罗贵和下罗贵 3 个组采取统一集中安置），共 8 个移民集中安置点，包括 3 个居委会内跨组后靠集中安置点和 5 个组内后靠集中安置点，共集中安置 1711 人；对旧县街道办白塔居委会的白塔村、水井凹 2 个村民小组，马过河镇车章村委会的大车章、马保地和麻衣村委会的车马碧 3 个村民小组，王家庄街道办格里居委会的黄坝、法腾、格里 3 个村民小组，共计 8 个村民小组的搬迁人口采用后靠分散安置，共安置 266 人。

其中，采取本村（居）委会内就近集中安置的包括：大罗贵村民小组在白塔本居委会内集中安置到大罗贵安置点（白塔铺以东约 0.9km），共安置 136 户 466 人；川洞村民小组在麻衣本村委会内集中安置到规划的马过河新集镇旁（冯家冲以北约 1.5km），共安置 54 户 173 人；清水凹、中罗贵和下罗贵村民小组在格里本居委会内集中安置到大麦塘安置点，共安置 60 户 223 人。

本村民小组内后靠安置的包括：除以上大罗贵等 5 个村民小组外的白塔等 13 个村民小组均在本组内后靠安置，共安置 293 户 1115 人，其中，旧县 81 户 290 人，过马河 132 户 528 人，王家庄 80 户 297 人。

移民安置方案及安置点情况详见表 2.7-4。

表 2.7-4

搬迁安置方案及安置点情况汇总表（规划水平年人口）

安置方案	镇/街道办	村/居委会	村民小组	搬迁安置人口		安置点	备注
				户数(户)	人口(人)		
后靠集中	旧县	白塔	大罗贵	136	466	小水塘	本居委会内跨组后靠集中安置
			张家屯	31	109	张家屯	本村民小组内后靠集中安置
			西冲	27	101	西冲	
		合计		194	676		
	马过河	车章	小车章	99	396	小车章	本村民小组内后靠集中安置
			三家	23	91	三家	
			小计	122	487		
		麻衣	川洞	54	173	马过河新集镇	本居委会内跨组后靠集中安置
			小计	54	173		
	合计		176	660			
	王家庄	格里	碧腾	38	152	碧腾	本村民小组内后靠分散安置
			清水凹	10	32	大麦唐	本居委会内跨组后靠集中安置
			中罗贵	25	92		
			下罗贵	25	99		
		合计		98	375		
集中安置合计		468	1711				
后靠分散	旧县	白塔	白塔村	17	63	白塔村	本村民小组内后靠分散安置
			水井凹	6	17	水井凹	
		合计		23	80		
	马过河	车章	大车章	5	21	大车章	本村民小组内后靠分散安置
			马保地	4	15	马保地	
			小计	9	36		
		麻衣	车马碧	1	5	车马碧	本村民小组内后靠分散安置
			小计	1	5		
合计		10	41				

安置方案	镇/街道办	村/居委会	村民小组	搬迁安置人口		安置点	备注
				户数(户)	人口(人)		
后靠分散	王家庄	格里	黄坝	7	27	黄坝	本村民小组内后靠分散安置
			格里	8	28	格里	
			发腾	27	90	发腾	
		合计		42	145		
分散安置合计			75	266			
总计			543	1977			

2.7.3 工程淹没涉及交通运输基础设施及处理方式

根据可研阶段建设征地移民安置成果，本工程淹没影响涉及交通运输工程有铁路工程和公路工程两类。

2.7.3.1 铁路工程设施

车马碧水库工程淹没影响涉及铁路工程主要为沪昆铁路客运专线和贵昆铁路两条。两条铁路专线基本情况简介如下：

(1) 沪昆铁路客运专线现状及淹没情况

现状：沪昆客运专线是国家《中长期铁路网规划》中“四纵四横”的快速客运通道之一，是一条东起上海，西至昆明的东西向铁路干线。全线由沪杭客运专线、杭长客运专线以及长昆客运专线组成，线路全长 2264km，设计时速 350km/h。沪昆客运专线云南段于 2010 年 12 月正式开工，是云南省第一条设计速度目标值 250km/h 以上的铁路客运专线，设计时速 300km/h，施工工期 5.5 年。由贵州盘县进入云南，经富源、曲靖、嵩明到达昆明南站，正线长 192.276km，计划于 2016 年底通车。

淹没影响情况：车马碧水库工程库区淹没涉及沪昆铁路客运专线大桥、特大桥共 4 座，分别为马龙河 2# 大桥、上罗贵特大桥、三家特大桥和白塔铺特大桥，淹没涉及铁路路桥长度合计 1.46km，淹没涉及桥墩合计 38 座。

(2) 贵昆铁路现状及淹没情况

现状：贵昆铁路贵昆铁路路段自贵州省贵阳市至云南省昆明市，1958 年 8 月开工，1970 年 12 月交付运营。该线建成后，沿线工矿企业发展快速，运量急剧增加，1980 年进行电气化改造。其中昆明至沾益段利用原有铁路改建，是中国西南地区铁路重要干线，现为八横八纵的沪昆通道的一部分。贵昆铁路六盘水至沾益段 1966 年建成单线铁路，1988 年实现电气化，运输能力已接近饱和，已无法满足日益增长的运输需求。为了扩大客货运输能力，2007 年 1 月开始对贵昆铁路六沾复线改造，重铺部分铁轨以便于列车提速，由单线建成复线。六沾复线改造全长 217km，设计时速 162km/h，于 2012 年 12 月建成通车。

淹没影响情况：车马碧水库工程库区淹没涉及贵昆铁路大桥、特大桥共 2 座，分别为小车章双线特大桥和小车章老单线大桥，淹没涉及铁路路桥长度合计 0.72km，桥墩合计 13 座。自 2012 年六沾复线改造完成后，小车章老单线路桥段已停用废弃。

车马碧水库工程淹没涉及以上两条铁路专线工程情况详见表 2.7-5。

表 2.7-5 淹没涉及铁路工程设施情况一览表

名称		结构	规模	影响长度 (m)	宽度 (m)	桥面高程 (m)	影响桥墩 (座)
沪昆客 运专线	马龙河2#大桥	预应力钢筋砼 简支梁	大桥	180	12	1984.84	9
	上罗贵特大桥	预应力钢筋砼 简支梁	特大桥	400	12	1968.15	5
	三家特大桥	预应力钢筋砼 简支梁	特大桥	280	12	1957.82	12
	白塔铺特大桥	预应力钢筋砼 简支梁	特大桥	600	12	1966.98	12
	小 计			1460			38
贵昆铁 路	小车章双线桥	预应力钢筋砼 简支梁	特大桥	604.18	12	1963.61 (轨底)	7
	小车章老单线桥	预应力钢筋砼 简支梁	大桥	112	6	1954.83	6
	小 计			716.18			13
合 计				2176.18			50

(3) 处理方式

沪昆铁路客运专线处理方式：淹没涉及的沪昆铁路客运专线大桥、特大桥，经与铁路设计单位中铁二院对接，桥梁原设计时已按 2007 年 1 月初确定的车马碧水库工程项目建议书水库正常蓄水位 1950.20m 考虑。本阶段车马碧水库正常蓄水位为 1938.5m，较原项目建议书阶段正常蓄水位下降了 11.7m，因此对淹没涉及的长沙到昆明铁路客运专线大桥不需进行防护处理。

贵昆铁路处理方式：由于此线路设计实施较早，车马碧水库工程建设需要考虑对淹没涉及的小车章双线特大桥桥墩进行防护处理；小车章老单线桥已停用废弃，无需进行补偿、防护处理，待车马碧水库库底清理时拆除。

2.7.3.2 公路工程设施

车马碧水库建设征地影响涉及公路工程主要有四级公路和农村道路，其中四级公路为王家庄~干冲、角家~车章、秧田冲~川洞、犁园哨~黄土坡 4 条（段）；农村道路（基本级）涉及主要为大罗贵村等 12 条（段），基本情况简介如下：

(1) 淹没涉及四级公路基本情况

①王家庄~干冲四级公路：该道路为县道四级公路，隶属马龙县交通运输局管辖。路面材料为水泥路面，路面宽度 6m、路基宽度 7m。车马碧水库淹没影响涉及该道路发胯坡至云水机械厂厂区门口路段 2.51km；淹没该路段跨马龙河桥梁一座（云水桥），桥梁结构为中型 T 型混凝土桥梁，桥梁长 58.6m、宽 8m，设计载重 10t，桥面高程为 1933.05m。

②角家~车章四级公路：该公路为 016 乡道四级公路，道路隶属马龙县马过镇管辖。

路面材料为水泥路面，路面宽度 5m、路基宽度 6m。车马碧水库淹没影响涉及该道路角家村至大车章村路段 1.40km；淹没该路段跨车章河小型石砌拱桥一座（车章桥），桥梁长 23.5m、宽 3.6m，设计载重 5t，桥面高程为 1941.79m。

③秧田冲～川洞四级公路：该道路为 050 乡道四级公路，隶属马龙县马过河镇管辖。路面材料为砂石路面，路面宽度 6m、路基宽度 7m。车马碧水库淹没影响涉及该道路车马碧村至川洞、大罗贵村路段 1.23km（枢纽区 0.77km、淹没区 0.46km）。

④犁园哨～黄土坡四级公路：该道路为 007 乡道四级公路，隶属马龙县旧县街道办事处管辖。路面材料为水泥路面，路面宽度 6m、路基宽度 7m。车马碧水库淹没影响涉及白塔铺村至张家屯村路段 0.08km；另外影响该路段跨白塔河桥梁一座（白塔桥），桥梁为小型 3 孔箱型桥，桥梁长 25m、宽 6.1m，设计载重 5t，桥面高程为 1944.78m。

车马碧水库工程淹没影响涉及四级公路设施基本情况详见表 2.7-6。

表 2.7-6 淹没影响四级公路设施情况一览表

路桥规模		单位	道路名称			
			王家庄～干冲	角家～车章	秧田冲～川洞	犁园哨～黄土坡
路段	公路等级		四级			
	管理等级		县级	016乡道	050乡道	007乡道
	路面材料		水泥	水泥	砂石	水泥
	路面宽度	m	6	5	6	6
	路基宽度	m	7	6	7	7
	影响路段		发腾坡至云水厂	角家村至大车章村	车马碧村至川洞村	白塔铺村至张家屯村
	影响长度	km	2.51	1.40	1.23	0.08
桥梁	结构		T型桥梁	1孔拱桥		3孔箱型桥
	规模		中	小		小
	长度	m	58.6	23.5		25
	宽度	m	8	3.6		6.1
	桥面高程	m	1933.05	1941.79		1944.78
	设计载重	t	10	5		5
备注						

(2) 处理方式

王家庄～干冲县道四级公路：需对淹没影响的发腾坡至云水机械厂厂区门口路段恢复改建。

角家～车章乡道四级公路：由于淹没影响的角家村至大车章村路段路面、桥梁桥面高程均高于水库淹没回水高程，故此该路段无需改线重建。结合库区生产安置开发方案，规划设计将该道路左右两片耕地进行土地垫高整理开发（垫高 2.0m）后，仅需对道路路基及车章桥桥墩基础进行防护，因此，对角家村至大车章村路段的路基及车章桥桥墩基地增加防护工程措施进行处理。

秧田冲~川洞乡道四级公路：淹没影响的车马碧村至川洞、大罗贵村路段主要服务于川洞村和大罗贵村两个村民小组，结合库区搬迁安置方案，川洞村和大罗贵村均搬至库外并在安置区恢复了对外交通出行道路，并计列了相应投资，因此，淹没影响的车马碧村至川洞、大罗贵村路段无需进行改建和补偿。

犁园哨~黄土坡乡道四级公路：由于淹没影响的白塔铺村至张家屯村路段路面、桥梁桥面高程均高于水库淹没回水高程，故该路段无需改线复建。为恢复周边村庄居民出行，仅需对影响道路路基及白塔河桥墩基础进行防护，因此，对白塔铺村至张家屯村路段的路基及白塔河桥墩基础增加防护工程措施进行处理。

2.8 工程运行调度

车马碧水库调度运行方式为：严格按照正常蓄水位 1938.5m、死水位 1915.3m 进行水库兴利调度。水库回落最低水位不能低于死水位 1915.3m，水库不设汛限水位，最高蓄水位不能超过正常蓄水位 1938.5 m。充分发挥车马碧水库调节能力，合理进行水量调度，保证枯水年及枯水期的供水量，减少供水破坏时间，降低破坏深度。通过对车马碧水库的科学调度运行和合理安排，在综合利用水资源和确保工程安全的前提下，首先下泄下游河道生态基流和 2500 亩耕地灌溉用水，供水优先保证本区的旧县和马过河工业园区工业供水 169 万 m^3 ，再满足调曲靖灌区恢复农田灌溉用水和西城工业园区工业供水量 7475 万 m^3 ，其中，农业灌溉供水量 3905 万 m^3 ，西城工业园区工业供水 3570 万 m^3 。

水库下泄河道生态用水的方式：每年 5~8 月考虑鱼类主要产卵期需求确定为 2.00 m^3/s ，其他月份最小生态流量按多种方法取外包综合确定为下泄 0.687 m^3/s 。当入库流量大于或等于最小生态流量时按最小生态流量下泄，小于最小生态流量时按入库流量下泄，但 5 月下泄流量不低于 0.687 m^3/s 。生态流量和下游 2500 亩耕地灌溉用水一起由导流泄洪隧洞内的生态灌溉输水钢管下放到下游河道。

水库洪水调度方式：车马碧水库下游无防洪任务，水库洪水调度的目的是保证水库自身的安全。水库不设汛限水位，洪水调节从正常蓄水位 1938.5m 起调。泄洪设施包括溢洪道和泄洪隧洞。正常蓄水位 1938.5m 水位时泄洪能力 463 m^3/s ，其中，溢洪道 261 m^3/s ，泄洪洞 203 m^3/s ，为尽量减少库区淹没，在入库洪峰低于泄洪能力情况下，“按入库流量与出库流量相等”的方式泄流，为适应洪水的变化和便于操作控制，主要结合水情测报和洪水预报，溢洪道和泄洪洞不同开启度对应的泄流能力和库水位变化情况来判断入库洪水频率并进行相应操作。洪水初起，首先通过溢洪道下泄，逐步开启溢洪道闸门，结

合水情测报和洪水预报，适时调节控制溢洪道闸门开启高度，使下泄洪量与入库洪量相等，库水位尽量维持在 1938.5m 运行；当入库洪峰超过溢洪道泄流能力 261 m³/s，泄洪洞参与泄洪，逐步开启泄洪洞闸门，结合水情测报和洪水预报，查溢洪道和泄洪洞泄流曲线，控制泄洪洞闸门开启高度，使库水位尽量维持在 1938.5m 运行；当入库洪峰流量超过 463 m³/s，溢洪道和泄洪道均全开泄洪，水库水位开始上涨，入库洪峰流量达 561m³/s（P=1%，100 年一遇）时水库水位 1938.8m，入库洪峰流量达 1123m³/s（P=0.05%，2000 年一遇）时水库水位 1941.2m。洪峰过后，直到库水位回落到正常蓄水位 1938.5m 后，依次关闭泄洪洞闸门和溢洪道闸门。

2.9 初期蓄水

本工程大坝施工导流采用一次断流、导流泄洪放空隧洞泄流，河道截流时段安排在第 2 年 12 月初，截流后通过导流泄洪放空隧洞泄流。在主河道截流期，由于导流泄洪放空隧洞进口底板高程为 1899.39m，而河床高程为 1894m，导流泄洪放空隧洞底板高程以下库容为 28.8 万 m³。根据水文专题，车马碧水库坝址断面 12 月份年均流量为 1.91m³/s，蓄水至 1899.3m 高程需 42h，若不采取生态流量下泄措施，将造成下游河道短时断流。

车马碧水库死库容为 1354 万 m³，根据施工组织设计方案，水库初期下闸蓄水时间定为第 4 年 5 月，下闸时段的流量采用 75% 保证率下的月平均流量 Q=2.16m³/s。主体设计在导流泄洪放空隧洞内设置了生态输水钢管下泄生态流量，导流隧洞与泄洪放空隧洞全结合，隧洞不封堵，水库初期蓄水期间通过生态及灌溉输水管下泄生态流量，下泄方式为每年 5~8 月流量 2.00m³/s，其他月份最小生态流量按多年平均流量 10% 确定为 0.69m³/s；当入库流量大于或等于最小生态流量时按最小生态流量下泄，小于最小生态流量时按入库流量下泄，但 5 月下泄流量不低于 0.69m³/s；水库多年平均下泄生态水量 3393 万 m³。在考虑生态流量下泄的前提下，车马碧水库初期蓄水至死库容（1354 万 m³）的蓄水时段为第 4 年 5 月至 6 月，共计 49 天，初期蓄水过程见表 2.9-1。

由于主体设计方案已考虑在坝址断面下泄生态流量，避免了坝下马龙河河道发生断流，主要蓄水时段 5~6 月的坝下河段减水率在 0~77.1% 之间，在保障了坝下马龙河的河道生态用水需求的前提下，完成初期蓄水任务。

表 2.9-1 车马碧水库初期蓄水过程分析表（P=75% 来水）

月份	5月	6月	合计
来水量 (m ³ /s)	1.99	8.72	-
下泄生态流量 (m ³ /s)	1.99	2.00	-
可供蓄水流量 (m ³ /s)	0	6.72	-

月份	5月	6月	合计
蓄水天数 (d)	31	18	49
分月蓄水量 (万m ³)	0	1045	1045
坝下河段减水率	0	77.1%	-

2.10 水资源配置方案

2.10.1 曲靖灌区概况

车马碧水库工程受水区曲靖灌区位于云南省东部，是云南省最大的灌区，曲靖市政府、沾益县政府、麒麟区政府、陆良县政府均位于其中，是曲靖市的政治、经济、文化和交通中心，行政区划包括曲靖市的沾益、麒麟、陆良三县（区）。2013年，曲靖灌区现有耕地面积 98.8 万亩，农田有效灌溉面积 70.72 万亩，农田有效灌溉程度 71.6%；总人口 151.51 万人，城镇人口 94.92 万人，农村人口 56.59 万人。

2030 水平年，随着曲靖市市政府提出的“工业强市”、“珠江源大城市”战略的实施，工业和城市规模快速发展，采取强化节水措施。在水资源二次供需平衡中，采取高强度节水、当地水挖潜等综合措施后，曲靖灌区仍存在较大的水资源供需缺口，2030 年缺水 3.49 亿 m³，其中城市生活缺水小区 5 个，缺水量 1.20 亿 m³，工业缺水小区 6 个，缺水量 1.43 亿 m³，农业灌溉缺水小区 5 个，缺水量 0.86 亿 m³。

2030 水平年，花山水库灌区 P=75% 频率工业缺水 2765 万 m³，缺水主要是因为花山煤化工工业园区用水需求大幅增长，本区又无新建水源工程解决，所以出现缺水，属资源性缺水和工程性缺水共存。

西河水库灌区 P=75% 频率城市生活缺水 1673 万 m³，工业缺水 4023 万 m³，农业缺水 1659 万 m³，属资源性缺水；城市生活和工业缺水主要是因为用水需求大副增长，而本区又无条件新建水源工程解决，所以出现大量缺水；农业灌溉缺水主要是因为城市挤占农业用水和退减生态水量造成的。

西山灌区 P=75% 频率城市生活缺水 288 万 m³，工业缺水 3624 万 m³，属资源性缺水；城市生活和工业缺水主要是因为用水需求大副增长，而本区又无条件新建水源工程，所以出现大量缺水。

潇湘水库灌区 P=75% 频率城市生活缺水 6027 万 m³，工业缺水 2753 万 m³，农业缺水 1633 万 m³，属资源性缺水；城市生活和工业缺水主要是因为用水需求大副增长，而本区又无条件新建水源工程解决，所以出现大量缺水；农业灌溉缺水主要是因为城市挤占农业用水和退减生态水量造成的。

沾曲坝联合灌区 P=75% 频率城市生活缺水 2674 万 m³，工业缺水 288 万 m³，农业灌溉缺水 1184 万 m³，属资源性缺水和工程性缺水共存。城市生活和工业缺水主要是因为用水需求大副增长，而本区又无条件新建水源工程解决，所以出现大量缺水；农业灌溉缺水主要出现在枯水期 3~5 月，现状枯水期供水主要靠花山水库，2030 水平年由于花山水库退减生态和花山水库灌区工业用水需求增长，花山水库已没有供水能力向沾曲坝联合灌区供水，所以农业灌溉出现缺水。

莲花田灌区现状年农业就存在缺水，现状缺水主要是因为本区供水不足和城市生活挤占农业造成的；2030 水平年 P=75% 频率农业灌溉缺水 1353 万 m³，缺水主要是因为水源工程供水能力不足、城市生活挤占农业和退减生态共同造成的。莲花田灌区缺水属资源性缺水和工程性缺水共存。

陆良沿江灌区 P=75% 频率城市生活缺水 1389 万 m³，工业缺水 807 万 m³，农业灌溉缺水 2758 万 m³，属资源性缺水和工程性缺水共存。城市生活和工业缺水主要是因为用水需求大副增长，而本区又无条件新建水源工程解决，所以出现大量缺水，农业灌溉缺水主要出现在枯水期 3~5 月。

2.10.2 水库受水区水资源配置方案

根据国务院已批复的《长江流域综合规划报告》(2012—2030 年)(国函 [2012] 220 号)和云南省人民政府已批复的《牛栏江流域(云南省部分)水资源综合利用规划修编报告》(云政复 [2008] 82 号文)对曲靖灌区的缺水问题推荐由“引牛济曲”工程解决，车马碧水库和黑滩河水库为近期工程，德泽水库调水为远期工程，车马碧水库水质为 IV 类，可以满足工业和农业灌溉供水水质要求。黑滩河水库水质为 II 类，德泽调水工程水质为 III 类，均满足生活、工业和农业供水水质要求。

车马碧调水工程是“引牛济曲”的首期工程，水库坝址位于牛栏江支流马龙河上，综合考虑水质、供水能力、位置及高程关系、距离及输水线路布置、调水工程实施顺序等因素，确定其主要供水对象为曲靖灌区和曲靖经济技术开发区(西城工业园区)的工业用水。

根据水资源配置方案，车马碧水库工程多年平均总供水量 7644 万 m³，供本区马龙河流域工业用水 169 万 m³；供曲靖灌区 7475 万 m³，其中供西城工业园区 3570 万 m³，供西河水库灌区农业灌溉 1413 万 m³，供潇湘水库灌区农业灌溉 1387 万 m³，供莲花田灌区农业灌溉 1105 万 m³。详见表 2.10-1。

表 2.10-1 车马碧水库 2030 水平年供水量配置方案 单位：万 m³

规划区	计算单元	工业	农业灌溉	合计
-----	------	----	------	----

规划区	计算单元	工业	农业灌溉	合计
调出区	车马碧水库以下	169		169
受水区	西河水库灌区		1413	1413
	西山灌区	3570		3570
	潇湘水库灌区		1387	1387
	莲花田灌区		1105	1105
	小计	3570	3905	7475
合计		3739	3905	7644

车马碧水库外调供曲靖灌区的工业、农业用水经输水隧洞自流供水，先后进入剪彩河、白石江、南盘江干流，通过新建进水池、提水泵站及调节池等满足工业用水，同时利用曲靖灌区已建成的灌溉系统供农业灌溉用水，共灌溉 6.38 万亩农田，此部分农田原为曲靖灌区内西河水库、潇湘水库、莲花田水库三个灌区内所处位置较低的农田，由车马碧水库承担供水后，将置换出西河水库、潇湘水库、莲花田水库的优质水源用于城市生活用水；由于曲靖灌区内的南盘江干支流生态基流长期被生活、工业和农业用水挤占，退减生态用水后将导致曲靖灌区周边的水库供水量减少，车马碧水库的兴建可为灌区周边水库、南盘江拦河闸和周边支流已建水库退还生态用水创造了条件。

3 工程分析

3.1 工程地理位置

车马碧水库位于云南省曲靖市马龙县境内车马碧村附近，水库坝址位于金沙江水系牛栏江上游一级支流马龙河干流下游，坝址以上河长 75.8km，河道平均比降 3.55‰，集水面积 595km²，流域内均属马龙县所辖，水库枢纽距马龙县城公路里程 25km，距曲靖市区公路里程 49km，距昆明公路里程 99km。工程区内有昆曲高速公路和贵昆铁路通过，交通条件便利。工程区地理位置示意图见图 3.1-1。

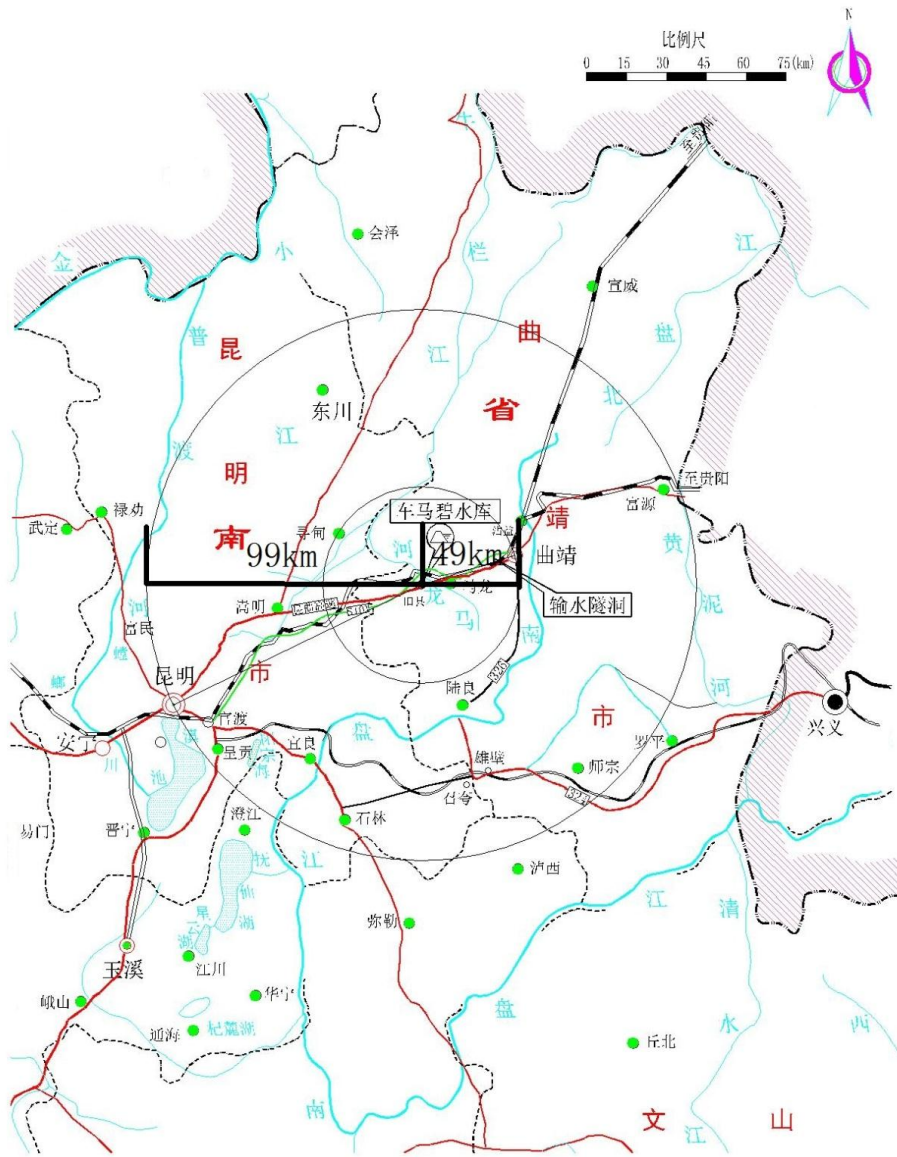


图 3.1-1 工程地理位置示意图

3.2 产业政策及相关规划相符性分析

3.2.1 产业政策符合性分析

根据国家发改委令第 21 号颁布的《产业结构调整指导目录》(2011 年本)(修

正) (2013.5.1 实施), 水利类中跨流域调水工程、城乡供水水源工程均被列为鼓励类。车马碧水库工程任务是工业供水和农业灌溉供水, 并为改善受水区河道内水环境创造条件。工程内容包括水库枢纽工程和输水线路工程两部分, 工程建成后供水对象主要为曲靖市西城工业园区(工业供水)、旧县和马过河工业园区(工业用水)和曲靖灌区的农田(灌溉供水), 多年平均供水量 7644 万 m^3 , 其中工业供水量 3739 万 m^3 , 农业供水量 3905 万 m^3 。车马碧水库建成后, 可有效调节马龙河径流, 满足工业供水和曲靖灌区农业供水要求, 满足曲靖灌区粮食安全供给需要, 为改善曲靖灌区河道内的生态环境创造条件, 对促进区域经济社会可持续发展具有重要意义。工程建设符合国家的产业政策。

3.2.2 与相关功能区划的符合性分析

3.2.2.1 与《全国主体功能区规划》的符合性分析

根据《全国主体功能区规划》(国发[2010]46号), 形成全国主体功能区的主要目的为: 统筹谋划人口分布、经济布局、国土利用和城镇化格局, 确定不同区域的主体功能逐步形成人口、经济、资源环境相协调的国土空间开发格局。

按开发方式, 将我国国土空间分为以下主体功能区:

优化开发区域—是优化进行工业化城镇化开发的城市化地区。

重点开发区域—是重点进行工业化城镇化开发的城市化地区。

限制开发区域—分为两类, 一类是农产品主产区, 一类是重点生态功能区, 是限制进行大规模高强度工业化城镇化开发的地区。

禁止开发区域—是依法设立的各级各类自然文化资源保护区域, 以及其他禁止进行工业化城镇化开发、需要特殊保护的重点生态功能区。国家层面禁止开发区域包括国家级自然保护区、世界文化自然遗产、国家级风景名胜区、国家森林公园和国家地质公园。省级层面的禁止开发区域包括省级及以下各级各类自然文化保护资源保护区域、重要水源地以及其他省级人民政府根据需要确定的禁止开发区域。

在《全国主体功能区规划》(2010)中, 项目所在的云南曲靖市属于全国 18 个国家层面的重点开发区域之一的滇中地区, 该区域位于全国“两横三纵”城市化战略格局中包昆通道纵轴的南端。滇中地区定位是: 我国连接东南亚、南

亚国家的陆路交通枢纽，面向东南亚、南亚对外开放的重要门户，全国重要的烟草、旅游、文化、能源和商贸物流基地，以化工、冶金、生物为重点的区域性资源精深加工基地。规划建设格局为构建以昆明为中心，以曲靖、玉溪和楚雄等节点城市为支撑，以主要交通轴线为纽带，一体化的滇中城市经济圈空间开发格局；其中曲靖、玉溪和楚雄等节点城市应依托资源特点和比较优势，加强产业分工协作和对接，实现优势互补、错位发展，形成民族特色和产业特色鲜明的城市。此外，滇中地区发展方向还包括：（1）完善国际运输大通道，强化面向东南亚、南亚陆路枢纽功能。加强区域内城际快速轨道交通、通信等基础设施建设，提升区域一体化水平；（2）建设优质特色农产品生产基地，发展农产品加工业，稳步提高农产品质量和效益，推进与周边国家的农业合作。

曲靖市属于云南省经济快速发展地区，近年来随着社会经济不断发展，水资源供需矛盾日益突出，水资源已成为制约曲靖灌区经济社会发展的最主要因素。车马碧水库建设的工程任务为：工业供水和农业灌溉供水，并为改善受水区河道内水环境创造条件。水库建成后多年平均供水量为 7644 万 m^3 ，其中工业供水 3739 万 m^3 、农业灌溉供水 3905 万 m^3 。工程建成后对缓解曲靖市西城工业园区的供水压力、改善曲靖灌区水环境、保障曲靖市乃至云南省粮食安全具有重要作用，在曲靖市国民经济发展中，是一项重要的基础设施工程。车马碧水库工程的实施，可在滇中引水规划总体布局框架内，有效缓解曲靖市水资源供需矛盾，对滇中地区国家重点开发区域主要节点的曲靖市工、农业发展提供有力的水资源保障条件，并在一定程度上推动曲靖市的社会基础设施建设水平，有利于实现《全国主体功能区规划》对曲靖及滇中地区的开发定位及要求。

车马碧水库工程不属于工业化城镇化开发项目，也不涉及禁止开发区域，符合《全国主体功能区规划》的主体功能区要求。

3.2.2.2 与《云南省主体功能区规划》的符合性分析

2014 年 1 月云南省人民政府颁布了《云南省主体功能区规划》。该规划是在《全国主体功能区规划》基础上，综合党的十七大、十八大文件以及十一五规划纲要、十二五规划纲要以及《国务院关于支持云南省加快建设面向西南开放重要桥头堡的意见》（国发〔2011〕11 号）、《云南省加快建设面向西南开放重要桥头堡总体规划（2012-2020 年）》等纲领性文件，推进形成云南省主体功能

区的基本依据、科学开发云南省国土空间的行动纲领和远景蓝图，是国土空间开发的战略性、基础性和约束性规划。

《云南省主体功能区规划》明确了曲靖市马龙县、麒麟区、沾益县属于云南省集中连片重点开发区域；陆良县为农产品主产区，属限制开发区；马龙县牛栏江鱼类市级自然保护区、黄草坪水源县级自然保护区、珠江源省级自然保护区、沾益海峰省级自然保护区、曲靖珠江源风景名胜区、马龙马过河省级风景名胜区为禁止开发区域。车马碧水库位于马龙县，其中坝址位于马龙县车马碧村，不涉及禁止开发区域，车马碧水库工程主要位于云南省集中连片重点开发区内。车马碧水库的建设满足《云南省主体功能区规划》提出的要求。

针对水资源开发，在《云南省主体功能区规划》的“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“二、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”，重点是建设一批大中型骨干水库工程，加快小型水库、“五小”水库、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”。

总体而言，本工程的水资源开发布局与《云南省主体功能区划》是一致的，符合发展方向。

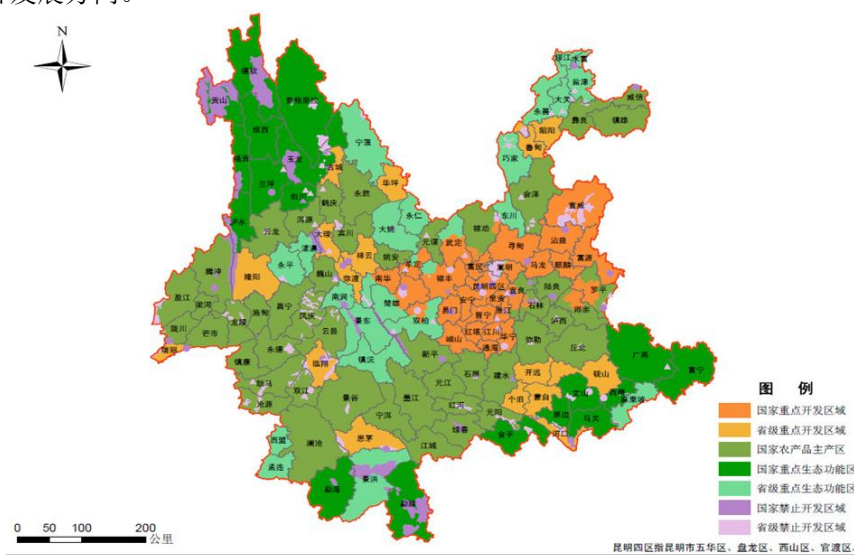


图 3.1-1 云南省主体功能区划图

3.2.2.3 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。

本工程属于非污染项目，而且工程输水线路为地下隧洞穿越形式，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；因此本工程符合《全国生态功能区划》的相关要求。

3.2.2.4 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），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。其中，曲靖市车马碧水库工程位于高原亚热带北部常绿阔叶林生态区（Ⅲ），滇中高原谷盆半湿润常绿阔叶林、暖性针叶林生态亚区（Ⅲ1），涉及牛栏江上游丘原盆地水源涵养生态功能区（Ⅲ1-10）及曲靖、陆良山原盆地城镇与农业生态功能区（Ⅲ1-11）两个三级区。

根据区划，牛栏江上游丘原盆地水源涵养生态功能区（Ⅲ1-10）属水源涵养生态功能区类别，主要生态问题是土地利用过度引起的土地退化，并存在生态系统结构单一、生态功能衰退等问题，需采取的保护措施及发展方向为：山地封山育林，提高森林覆盖，谷盆地区调整农业结构，推行清洁生产，保护农田生态环境，防止区域石漠化。曲靖、陆良山原盆地城镇与农业生态功能区（Ⅲ1-11）属农产品提供生态功能区，主要生态问题是土地利用不合理导致的土地石漠化、土壤肥力下降等问题，需采取的保护措施及发展方向为：开展生态旅游，合理利用土地，推行清洁生产，改善森林的数量，保护岩溶地貌环境和农田生态环境，防

止石漠化。

车马碧水库库区及枢纽工程布置于牛栏江上游丘原盆地水源涵养生态功能区，项目占地及淹没影响的植被主要为暖温性稀树灌木草丛及少量半湿润常绿灌丛、以云南松林为代表的暖温性针叶林，植被次生化现象突出；受损的森林植被可采取人工抚育、异地恢复等措施补偿生态影响，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因人工管理因素，还可实现封山育林、提高森林覆盖的目的。车马碧水库工程调入区主要涉及曲靖、陆良山原盆地城镇与农业生态功能区，项目利用现有灌渠等水利设施，新建工程及占地面积较少；且调水后有利于调整灌区种植结构、保护农田生态环境及改善灌区森林覆盖率，因此调水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、运行过程中的生态保护措施前提下，车马碧水库工程与《云南省生态功能区划》（2009）对项目所在生态功能区的保护与建设要求是相符的。车马碧水库工程涉及生态功能区区划及保护要求见表 3.1-1，云南省生态功能区划见图 3.1-2。

表 3.1-1

车马碧水库工程涉及生态功能区区划及保护要求表

生态区	生态亚区	生态功能区	所在区域与面积	主要生态特征	主要生态环境问题	生态环境敏感性	主要生态系统服务功能	保护措施与发展方向
Ⅲ高原亚热带北部常绿阔叶林生态区	Ⅲ1 滇中高原谷盆半湿润常绿阔叶林、暖性针叶林生态亚区	Ⅲ1-10 牛栏江上游丘原盆地水源涵养生态功能区	马龙县，嵩明、宜良、寻甸县的部分地区，面积 4783.52 km ²	以石灰岩丘原盆地地貌为主。降雨量 1000-1200 mm，植被主要为云南松林和半湿润常绿阔叶林，土壤类型主要是红壤	土地利用过度引起的土地退化	石漠化高度及中度敏感	牛栏江上游的水源涵养和生态农业建设	山地封山育林，提高森林覆盖，谷盆地区调整农业结构，推行清洁生产，保护农田生态环境，防止区域石漠化
		Ⅲ1-11 曲靖、陆良山原盆地城镇与农业生态功能区	宜良、石林、陆良县、麒麟区的大部分，沾益县南部部分地区，面积 4270.57km ²	以石灰岩盆地地貌为主，降雨量 900-1000mm。地带性植被为半湿润常绿阔叶，现存植被主要为云南松林，土壤以红壤为主	土地利用不合理导致的土地石漠化	石漠化高中度敏感	以岩溶地貌为主的生态旅游和以粮食生产为主的生态农业	开展生态旅游，合理利用土地，推行清洁生产，改善森林的数量，保护岩溶地貌环境和农田生态环境，防止石漠化

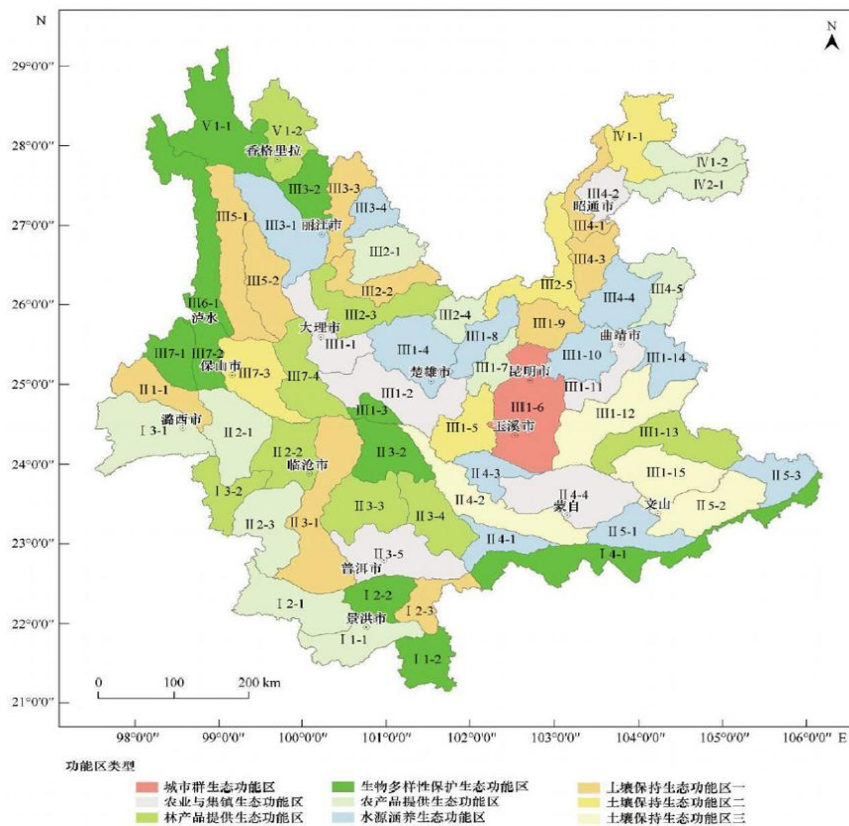


图 3.1-2 云南省生态功能区划图

3.2.2.5 与《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2012-2030 年）》的符合性分析

《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2012-2030 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—2030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6个一级优先区域和18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%。

车马碧水库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，施工期及运营期不能避免的则应采取具有针对性的、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，车马碧水库的建设与《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2012-2030年）》是相符的。

3.2.3 与相关规划的符合性分析

3.2.3.1 与《全国节水供水重大水利工程》的符合性分析

2014年5月21日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，部署加快推进节水供水重大水利工程建设，决定大幅增加国家创投引导资金促进新兴产业发展。会议提出172项节水供水重大水利工程，其中40项属于在建工程，132项正在开展前期论证工作。

云南省共有10个水利项目列入全国172项节水供水重大水利工程中，车马碧水库是云南省列入172项节水供水重大水利工程之一，水库建设对保证曲靖灌区粮食安全，保障西城工业园区工业生产用水，改善南盘江流域水生态环境具有十分重要的作用。

因此，车马碧水库的建设与《全国节水供水重大水利工程》是相符的。

3.2.3.2 与《长江流域综合规划报告（2012-2030年）》的符合性分析

2009年，水利部长江水利委员会组织编制完成的《长江流域综合规划报告》（2011~2030年），2012年底，国务院以“国函2012[220]号”文进行了批复。《长江流域综合规划报告》（2011~2030年）提出要合理配置和高效利用水资源，逐步完善全国水资源优化配置格局。在强化节水的基础上，建设一批必要的水源工程，提高流域供水保障能力，解决局部地区工程性缺水问题。

在马龙河修建车马碧水库，作为解决云南省曲靖坝区工农业缺水问题的重点水源工程之一，车马碧水库的建设与《长江流域综合规划报告》（2011~2030年）是相符的。

3.2.3.3 与《全国大型水库建设总体安排意见（2013-2015年）》的符合性分析

2009年，国家发展改革委、水利部组织编制了《全国大型水库建设总体安排意见（2013-2015年）》（发改农经[2013]1528号），将车马碧水库做为B类（完善相关工作后审批建设）项目，即项目任务基本明确，技术经济指标较为合理，在流域或区域中作用明显；项目前期工作较为充分，相关制约性因素预计可于近期内协调解决的项目。

因此，车马碧水库的建设与《全国大型水库建设总体安排意见（2013-2015年）》是相符的。

3.2.3.4 与《云南省牛栏江保护条例》的符合性分析

在2012年9月云南省人民代表大会发布的《云南省牛栏江保护条例》中，牛栏江流域实行分区保护。《云南省牛栏江保护条例》中提出牛栏江德泽水库坝址以上集水区域划为牛栏江流域上游保护区，牛栏江德泽水库坝址以下集水区域为牛栏江流域下游保护区。牛栏江流域上游保护区划分为水源保护核心区、重点污染控制区和重点水源涵养区，其中德泽水库库区和德泽水库以上牛栏江干流两岸外延1000m范围（1000m范围超过一级山脊线的，按照一级山脊线划定）划为水源保护核心区；核心区外围、牛栏江上游流域范围内的坝区以及花庄河、果马河、普沙河、弥良河、对龙河、杨林河、匡郎河、前进河、马龙河水域及两岸外延3000m的区域划为重点污染控制区；流域范围内除水源保护核心区、重点污染控制区以外的集水区域划为重点水源涵养区。具体分区详见表3.1-2。

根据牛栏江流域各保护区分区范围，车马碧水库库区、枢纽区及本流域供水对象（旧县和马过河工业园区及车马碧村附近的 0.25 万亩农田）均位于马龙河流域内，属于牛栏江流域上游保护区中的重点污染控制区，马龙河汇入的牛栏江汇口以下至德泽水库的牛栏江河段属于牛栏江流域上游保护区中的水源保护核心区。跨流域调水的调入区属南盘江流域，不涉及牛栏江流域上游保护区。

车马碧水库的建设对牛栏江上游保护区重点污染控制区产生施工影响，施工过程中采取环保措施对生产生活污废水、固废等进行集中收集和处理，废水处理后回用或综合利用不外排。水库供水后由于部分水量外调至南盘江流域，使本流域水资源量减少，马龙河汇入的牛栏江的水量也相应减少，对牛栏江流域上游保护区中的水源保护核心区段产生减水影响。但由于项目建设本身并不涉及水源保护核心区，也不存在在核心区新建、改建排污口及围河造地等行为，不属于重点水污染物排放的工业项目，且本工程属于与供水设施相关的项目，因此，车马碧水库的建设与《云南省牛栏江保护条例》是相符的。

3.2.3.5 与《牛栏江流域（云南部分）水环境保护规划（2009-2030 年）》的符合性

分析

2009 年 11 月云南省环境保护厅、云南省水利厅完成了《牛栏江流域（云南部分）水环境保护规划（2009-2030 年）（报批稿）》，该水环境保护规划报告中对牛栏江流域实行分区保护，保护区分区划分与《云南省牛栏江保护条例》是一致的。

车马碧水库属于与供水设施相关的项目，项目区内不新建、改扩建排污口，也不属于重点水污染物排放的工业项目，项目的建设符合《牛栏江流域（云南部分）水环境保护规划（2009-2030 年）》。

表 3.1-2

牛栏江流域保护区分区情况及主要保护管理条例一览表

保护区分区		范围	保护管理条例	备注
上游保护区 (德泽水库坝址以上集水区域)	核心区	德泽水库库区	水源保护核心区内除重点污染控制区、重点水源涵养区禁止的行为外, 还禁止下列行为: (一) 新建、改建、扩建排污口; (二) 围河造地、围垦河道; (三) 围堰、围网、网箱养殖; (四) 规模化畜禽养殖; (五) 损毁水利、水文、科研、气象、测量、环境监测等设施设备; (六) 挖砂、采石、取土、采矿。	项目建设内容不涉及核心区; 水库评价范围涉及(马龙河汇入牛栏江口至德泽水库段受车马碧水库建设减水影响), 但没有条理禁止行为, 满足管理条例要求。
		德泽水库以上牛栏江干流区	指德泽水库以上干流(包括干流源头矣纳岔口至嘉丽泽对龙河河段)水域及两岸外延 1000m 的范围, 区域范围超过一级山脊线的, 按照一级山脊线划定	
	重点污染控制区	水源保护核心区以外, 流域范围内的坝区以及花庄河、果马河、普沙河、弥良河、对龙河、杨林河、匡郎河、前进河、马龙河水域及两岸外延 3000m 的区域, 区域范围超过一级山脊线的, 按照一级山脊线划定。	除重点水源涵养区禁止的行为外, 还禁止下列行为: (一) 新建、扩建工业园区; (二) 新建、扩建重点水污染物排放的工业项目; (三) 新建、改建、扩建经营性陵园、公墓。	项目建设涉及重点污染控制区, 但没有条例禁止行为, 满足管理条例要求。
	重点水源涵养区	流域范围内除水源保护核心区、重点污染控制区以外的集水区域。	(一) 盗伐、滥伐林木和破坏草地; (二) 使用高毒、高残留农药; (三) 利用溶洞、渗井、渗坑、裂隙排放、倾倒含有毒有害物质的废水、废渣; (四) 向水体排放废水、倾倒工业废渣、城镇垃圾或者其他废弃物; (五) 在江河、渠道、水库最高水位线以下的滩地、岸坡堆放、存贮固体废弃物或者其他污染物; (六) 利用无防渗漏措施的沟渠、坑塘等输送或者存贮含有毒污染物的废水、含病原体的污水或者其他废	不涉及

保护区分区		范围	保护管理条例	备注
			弃物。	
下游保护区 (德泽水库 坝址以下集 水区域)	污染控制区	德泽水库坝址以下牛栏江干流水体及 河岸带以外的坝区	/	不涉及
	水源涵养区	德泽水库坝址以下流域范围内除污染 控制区以外的集水区域	/	不涉及

3.2.3.6 与《云南省水利发展十二五规划》的符合性分析

《云南省水利发展十二五规划》中提出“十二五”水利发展总体布局和主要建设任务，结合全省省情，以防洪减灾、水资源开发利用与配置、病险水库水闸除险加固、骨干水源建设、农村水利水电、水能资源管理、城市水利、水资源保护与水环境治理、水土保持生态建设和水文及水利信息化建设等为重点，提出“十二五”全省水利发展总体布局和主要任务。

车马碧水库建设可有效调节马龙河径流，满足旧县和马过河工业园区、西城工业园区的工业用水及曲靖灌区农业用水需求，满足曲靖灌区粮食安全供给需要，补充现状城市生活和工业用水挤占的农业灌溉水量和生态环境水量，属于骨干水源建设工程。

因此，车马碧水库的建设与《云南省水利发展十二五规划》是相符的。

3.2.3.7 与《云南省水中长期供求规划》的符合性分析

《云南省水中长期供求规划》的总体目标重点是解决今后一段时期云南省各流域和区域水资源配置能力空间布局问题。根据云南省实际情况，紧密结合相关规划，以国务院批复的《全国水资源综合规划》确定的配置方案和全国用水总量控制方案为依据，落实国家核定云南省 2020 年用水总量控制在 215 亿 m^3 以内、2030 年用水总量控制在 227 亿 m^3 以内的目标要求，明确未来一段时期我省供水安全保障体系建设的主要任务与措施，满足城镇化、工业化、农业现代化及生态文明建设对水资源的合理需求，重点提出保障饮水安全、粮食安全、能源安全、生态安全的供水保障措施及近期实施安排意见，为我省桥头堡建设建立供水保障体系。

《云南省水中长期供求规划》的主要任务是分析现状水供求状况和未来水供求态势；以《云南省水资源综合规划》和全国用水总量控制方案确定的我省用水总量为控制，综合调控需水结构和供水水源，规划供水水源调配方案与工程总体布局；根据流域和区域供水水源总体调配方案，科学制定重点区域供水安全保障方案；合理规划供水保障工程方案及近期实施重点；提出保障供水安全的政策措施建议。车马碧水库为该规划供水工程中 2020 年重点蓄水工程 10 件大型水库之一，水库的建设不存在重大资源环境制约因素，项目实施将提高人均供水量和耕地灌溉率，增强抗旱能力，对促进全省社会经济可持续发展具有重大意义。

因此，车马碧水库的建设与《云南省水中长期供水规划》是相符的。

3.2.3.8 与《云南省百件骨干水源工程近期建设规划（2010~2012年）》的符合性分析

根据《云南省百件骨干水源工程近期建设规划（2010~2012年）》，曲靖市车马碧水库工程已经列入了该报告规划项目中，是云南省近五年内急需开工建设的三座大型水库工程之一。

因此，车马碧水库的建设与《云南省百件骨干水源工程近期建设规划（2010~2012年）》是相符的。

3.3 工程设计方案选择的环境合理性分析

3.3.1 工程调水“三先三后”原则符合性分析

曲靖市和马龙县作为车马碧水库的受水区，遵循先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水的“三先三后”原则。

3.3.1.1 先节水后调水

（1）节水现状及潜力

农业节水方面，主要在调整作物结构、农艺及田间管理等措施节水的基础上，通过渠道防渗等提高水利用系数，局部条件较好的地区推广先进的节水灌溉技术，灌溉水利用系数从现状的0.56~0.58，提高到2030年的0.68~0.71。

城镇生活节水方面，随着经济社会发展水平的提高，人均生活用水定额逐步上升，生活节水主要从降低管网漏损率入手，改造后自用水和管网损失率由现状的30%降低到2030年的25%。

工业节水方面，在地区上考虑与农业节水、城市化发展相协调，同时考虑工业自身的产业结构布局，技术水平升级以及产品的更新换代，现状工业万元增加值需水定额分别为：高用水工业为 $200\text{m}^3/\text{万元}$ 、一般工业 $30\text{m}^3/\text{万元}$ 、烟草工业 $3\text{m}^3/\text{万元}$ ，到2030年高用水工业用水定额下降为 $121\text{m}^3/\text{万元}$ 、一般工业下降为 $20\text{m}^3/\text{万元}$ 、烟草工业下降为 $1.1\text{m}^3/\text{万元}$ ，低于全国平均的规划工业需水定额。

（2）节水目标及措施

1) 城镇生活节水

城镇生活节水要与城市化发展和人民生活水平相适应，同时考虑供水区人口和资源条件，对水资源的需求和供给加以适当限制。节水重点在城市，按城市生

活节水标准规划发展，并由城市向市镇推进；通过强化管理，建设和推广节水设施，逐步使用水定额得到控制，并使总用水增长率逐步降低，逐步将污水处理费征收标准调整到保本微利的水平。建议采取以下节水措施：

①实行计划用水和定额管理；

②全面推行节水型用水器具，禁止生产国家已明令淘汰的用水设备和器具，提高生活用水节水效率；

③加快城市供水管网技术改造，降低输配水管网漏失率，严格限制城市自来水可供区域内的各种自备水源，对原有的自备水源提高水资源费征收额度，逐步递减许可取水量直至完全取消；

④加大城镇生活污水处理和回用力度，积极推广“中水道”技术；新建的大型宾馆、饭店、文化体育设施以及办公楼、住宅区，应当按照有关规定建设中水设施；城市在新建供水设施的同时，要规划建设相应的污水处理、污水回用设施；城市大型公共建筑和公共供水管网覆盖范围外的自备水源单位，应建立中水系统；

⑤在城市工业产业布局逐步合理、产业结构逐步优化的前提下，应实现城市及郊区水务统一管理、资源统一规划、综合利用，做到上、中、下水设施统一建设、小区集中处理、大区之间连通协调、市区郊区合理串供，努力建成蓄水、集水、节水、减排、清污、回用的城市节水清洁型供用水体系。

2) 工业节水

工业节水在地区上考虑与农业节水、城市化发展相协调，按水资源供需平衡的原则实行用水总量控制，与水环境的治理、改善和保护的要求相配合，同时对工业自身的产业结构进行调整，升级技术水平，对产品更新换代。节水重点是用水大户和污染大户。按节水标准规划由点到面，逐步推进；加强节水目标规划管理和协调，逐步降低工业用水总量增长率。建议采取以下节水措施：

①控制生产力布局，促进产业结构调整，严格限制高耗水型工业项目建设，尽快形成节水型经济结构；

②拟定行业用水定额和节水标准，对企业的用水进行目标管理和考核，促进企业技术升级、工艺改革，设备更新，逐步淘汰耗水大、技术落后的工艺设备，工业用水重复率低于40%的城市，达标前不得新增工业用水量，并限制新建供水工程项目；

③推进清洁生产战略，加快污水资源化步伐，促进污水、废水处理回用。采用新型设备和新型材料，提高循环用水浓缩指标，减少取水量；

④强化企业内部用水管理和建立完善三级计量体系，加强各行业、产品种类的用水定额管理，改进不合理用水因素；加快节水技术、设备、器具及污水处理设备的研究开发，将重点节水技术研究开发列入省重点技术创新计划和科技重点攻关计划；

⑤建立和实施工业项目用水、节水评估和审核制度，开展工业节水专项研究，修订工业用水定额；建立工业节水激励和奖惩措施，通过财政补助、减免事业性收费、水资源费、超量加价水费提取一定比例资金，用于节水技术推广、示范、技术改造等。

3) 农业节水

农业节水发展应与农业产业结构调整、农村地区小城镇建设以及生态建设相协调；依据水资源条件，按不同水平年分地区实行用水的总量控制。重点是灌区的节水改造，按节水目标规划发展，加强节水目标规划的管理和协调。建议采取以下节水措施：

①以节水增产为目标对灌区进行技术改造；

②因地制宜加快发展各种节水灌溉工程；

③合理调整农业种植结构，大力发展高产高效优质的经济作物，走节水农业的路子。加强灌区用水管理，结合灌区管理改革，引入市场机制；

④建立健全各类灌区的管理机构和管理制度，加强用水定额管理，推广管灌、喷灌、微灌等农业灌溉节水技术，完善节水灌溉管理制度，建立节水管理信息系统；

⑤建立和完善以取水许可制度和水资源有偿使用制度为核心的，包括水资源论证、用水总量控制与定额管理、三同时四到位、节水产品认证等在内的水资源和节水管理制度体系；平田整地开展田间工程改造；大力推广节水农业技术；积极发展节水综合技术等；

⑥把减少渠道输水损失与减少田间灌水损失相结合，先进节水技术与常规节水技术相结合，工程节水措施与管理节水措施相结合，水利节水措施与农艺节水措施相结合，农民节水积极性与政府宏观扶持引导相结合；同时农业节水灌溉要与农村家庭联产承包责任制相适应，并注意改善生产条件与改善生态环境相结合，开展农业面源污染防治工作；开展有关农业、工程、管理节水新技术的专题研究。

4) 其他节水措施

①大范围宣传节水的重要意义，示范节水方法，促进居民的节水意识。

②推行水价改革，科学合理配置水资源，节约用水。

③鼓励使用新技术，新工艺，在政策方面给予优惠。

通过采取以上措施，提高用水效率，符合先节水后调水的原则。

3.3.1.2 先治污后通水

(1) 水源区

车马碧水库工程建成后，针对水源区工程汇水面积内水环境开展多项整治工程，包括坝址上游汇水区内村落环境综合整治工程，建设多处垃圾收集房和污水处理站，对水库工程安置点（均在坝址以上汇水区内）及水库淹没区范围内的自然村的生活垃圾和生活污水的治理；主要入库河道隔离工程，通过对农田修建生物隔离设施，构成生态屏障，对水体进行保护；生态河道治理工程，对马龙河、车章河和白塔河清除河底污染淤泥，增加调蓄能力，提高河道防洪泄洪能力，实现恢复、强化河道自净体系；马龙河旁路系统工程，建立以挺水植物表面流湿地为主体，组合少量氧化塘的旁路处理系统，通过配水等辅助手段，对马龙河河水进行均匀配水及净化。开展地方政府主导的污染源治理工程，主要包括马龙县城管网补充工程、集镇污水处理厂及配套管网工程、县城及集镇垃圾收集系统完善工程、村落环境综合整治工程、规模化养殖治理工程和农田面源综合治理工程。

(2) 受水区

车马碧水库供水对象主要为西城工业园区和马龙县工业园区的工业用水和曲靖灌区的农业用水，受水区为马龙县、麒麟区、沾益县和陆良县。对于马龙县工业园区，其生产生活废污水全部纳入污水处理厂，集中处理后全部回用或综合利用，不外排；西城工业园区的工业用水，其生产生活废污水纳入污水处理厂集中处理后，中水回用或达标排放；曲靖灌区的灌溉用水退水以回归水的形式补给给当地地下水或直接进入当地地表水体。

水源区和受水区分别采取上述措施，保证水源水质及退水水质达标排放，符合先治污后通水的原则。

3.3.1.3 先环保后用水

车马碧水库建成后向马龙县、曲靖市麒麟区、沾益县、陆良县灌区供水，优化了曲靖市的水资源配置，置换了潇湘水库、西河水库、莲花水库的供水水源，实现优水优用，补充了生态环境水量，解决了现状城镇用水和农业用水挤占河道生态用水，致使生态环境恶化的问题，为灌区周边水库、南盘江拦河闸和周边支

流已建水库退补生态用水、改善生态环境创造了条件。符合先环保后用水的原则。

3.3.2 工程规模合理性分析

项目论证过程中，对规模进行了反复的论证，规划修编阶段确定车马碧水库规模为总库容 23675 万 m³，正常库容 20106 万 m³，兴利库容 19012 万 m³；项目建议书阶段总库容为 13371 万 m³，正常库容 9783 万 m³，兴利库容 8431 万 m³。规划修编阶段到项目建议书阶段规模变化原因主要为供水对象调整和规模调整，规划修编阶段主要为工业供水，工业供水对象主要为西城片区和南海子片区，还有小部分坝下农灌用水。2013 年 3 月，在规划修编的基础上云南省院编制完成了《车马碧水库工程调出区和受水区水资源配置规划专题报告》，项目建议书阶段结合水资源配置专题供水调整为工业供水仅考虑了西城片区、马过河和旧县片区，工业用水大幅减少；同时农灌考虑了潇湘片区、西河和莲花田片区，农灌供水规模有所增加。

在项目建议书基础上编制了可研方案，经论证后，可研阶段的工程任务、坝址位置与项目建议书阶段一致，可研阶段工程规模的调整主要是随工作深度的增加，对工程区实际情况进行细化、核实，从而对建议书方案的进一步设计优化。可研阶水库的库容、正常蓄水位、死水位、坝高、坝型、供水量等进行了调整，水库总库容为 12449 万 m³，正常库容 10335 万 m³，兴利库容 8981 万 m³，死库容 1354 万 m³。水库死库容较项目建议书阶段有所降低，水位也相应降低，正常蓄水位降低 1m，对生态环境的影响也有所减小。

总体而言，车马碧水库可研阶段确定的供水规模更好地平衡了工业、农业及生态环境需水量的关系，具有更强的环境合理性。

表 3.3-1 车马碧水库各设计阶段规模调整情况

项目	单位	规划	项目建议书	可研
径流面积	km ²	592.2	595	595
死水位	m	-	1920.0	1915.3
死库容	万 m ³	1094	1640	1354
正常蓄水位	m	1950.20	1939.4	1938.5
校核洪水位	m	1952.38	1942.8	1941.6
正常库容	万 m ³	20106	9783	10335
兴利库容	万 m ³	19012	8143	8981
总库容	万 m ³	23675	13371	12449
水库来水量（多年平均）	亿 m ³	1.82	1.80	1.75

项目	单位	规划	项目建议书	可研
工业用水	万 m ³	11242	3765	3739
农业灌溉用水	万 m ³	129	3968	3905
总供水量	万 m ³	11371	7733	7644
生态用水	万 m ³	2192	4198	3393
水库损失水量	万 m ³	772	626	604
弃水量	万 m ³	3912	5292	5760
水库灌溉面积	万亩	0.23	6.38	6.38
水量利用系数		0.786	0.35	0.35
库容系数		1.04	0.37	0.38

3.3.3 坝址选择的环境合理性分析

车马碧水库坝址方案布置了上、下两个坝址进行比选，建坝河段两岸地形基本对称，相对狭窄，河道较为顺直，具备建坝条件。上坝址位于大罗贵村下游、川洞村上游之间的河段上，下坝址位于车马碧村上游 0.6km 处的河段上，两坝址相距约 800m。

从地形上看，下坝址河谷相对较窄，地形特性较好，相同供水规模时，下坝址轴线比上坝址轴线短；下坝址的布置方案溢洪道、导流泄放空隧洞长度均较上坝址方案短，总体工程量较上坝址少；下坝址大坝填筑量比上坝址少 17.8 万 m³，施工扰动面积较小，造成的水土流失影响较小；上坝址正常蓄水位为 1939.5m，下坝址正常蓄水位为 1938.50m，下坝址方案淹没土地面积和淹没影响人口较上坝址方案均有减少；经从地形地质条件、工程枢纽布置、工程量、水库淹没、施工条件、建材、工期、投资等方面进行坝址综合比较，下坝址方案较优，推荐下坝址方案。

从环保的角度分析，本工程推荐两个坝址方案均不涉及自然保护区、风景名胜區、水源保护区等环境敏感区域，工程建设不存在重大环境制约因素；两坝址施工活动和水库淹没对库内的 320 国道、沪昆高铁及贵昆铁路的路基影响基本相当，不会成为工程建设的制约性因素；下坝址方案的坝下减水河段长度略短于上坝址方案，对水环境、水生生态的影响相对上坝址方案略小；由于下坝址方案的淹没面积较少，对陆生生态的扰动包括对植被、植物资源造成的影响相对较小；上、下坝址方案大气、声环境敏感目标基本一致，对工程区大气环境、声环境的影响基本没有差异。

因此，从环境保护角度的分析，推荐的下坝址方案是环境合理的。

3.3.4 输水线路选择的环境合理性分析

3.3.4.1 输水隧洞出口方案选择的环境合理性分析

(1) 出口方案选择的环境合理性分析

车马碧水库工程为跨流域调水工程，受流域间分水岭阻隔，并考虑水库供水对象为农田灌溉和工业供水，选择开挖长隧洞将水自流引至受水区以降低水库建成后的运行成本，因此，水库采用长隧洞自流引水。结合工程区地形地貌、地质构造，考虑输水距离、受水区高程、水质和出口至各供水对象距离及输配水措施等方面的因素，本工程输水隧洞出口方案选择西河出口、白石江出口和潇湘江出口 3 个方案进行比选。

从输水隧洞长度来看：车马碧水库坝址至西河水库、面店水库和潇湘水库 3 座水库枢纽直线距离分别为 36.7km、32.9km 和 34.4km，白石江出口方案输水隧洞长度最短。

从输水隧洞出口与各供水对象距离及输配水措施来看：西河出口方案，仅西河水库灌区部分可利用曲靖灌区已建渠系灌溉，西城工业园区和潇湘水库灌区需从曲靖城区内新建引水渠道才能供水。白石江出口方案，西城工业园区就位于隧洞出口附近，车马碧水库工业供水水量直接引至工业园区，农业供水量直接放入白石江后再进入潇湘江，西河水库灌区和潇湘水库灌区农业用水均可利用曲靖灌区已建渠系引水灌溉。潇湘江出口方案，仅潇湘水库灌区可利用曲靖灌区已建渠系灌溉，西城工业园区和西河水库灌区需从曲靖城区内新建较长引水渠道才能供水。出口在白石江面店水库以下，向西城工业园区供水距离最近，可利用已建渠系向西河水库灌区和潇湘水库灌区供水，输配水措施最为简单。因此，推荐白石江出口方案为推荐方案。

从环保方面进行分析，白石江出口方案输水隧洞长度较短，且从隧洞出口至各供水对象的输配水措施简单，可以减少新建工程占地面积，减少对生态环境的影响，同时减少受水区的输配水设施的修建，避免了新建工程施工作业对周围环境带来的水、大气、声环境及弃土弃渣等带来的水土流失等方面的环境影响，同时可以减少工程投资，因此，综合分析，白石江出口方案具有环境合理性。

(2) 隧洞出口落点选择的环境合理性分析

在隧洞出口方案选择白石江出口方案的基础上，进一步对输水隧洞出口落点

进行比选。白石江上游干流建有上西山水库，支流剪彩河建有面店水库，受车马碧水库和进口高程的影响，不推荐输水线路落点进入面店水库和上西山水库库区范围。可研阶段结合地形、地质条件，初步选取了4个落点进行比选。

落点1位于上西山水库下游、白石江在上中屯村转弯处，其输水线路穿过面店水库库尾，在隧洞在施工期可能成为水库的渗漏通道。落点2位于上西山水库下游、白石江与剪彩河交汇口上游转弯处，其输水线路需穿越剪彩河河道，输水线路长度较长，且为避开村子，需穿越剪彩河左岸、王大屯村与新堡山村之间的山包，工程量大。落点3位于面店水库下游、王大屯村上游剪彩河转弯处（项目建议书阶段落点），线路长度最短，且与村庄、水库不存在相互干扰，经复核，剪彩河河道可以满足输水流量 $5.8\text{m}^3/\text{s}$ 过流的要求。落点4位于剪彩河支流湛家屯村的上游，作为剪彩河的支流，河道从湛家屯村子中间穿过，部分河段顶部盖有房屋，河道过流能力不足，存在较大的移民搬迁问题。因此，推荐落点3为推荐方案。

从环保方面进行分析，马龙河水质较差，隧洞出口不宜进入面店水库或上西山水库；落点3线路长度最短，且避免了穿越面店水库库尾、剪彩河河道、村庄等，从而避免了面店水库的渗漏问题和移民搬迁问题，避免了新增移民安置带来的环境问题及对剪彩河、面店水库等的影响，因此，输水线路出口落点3方案（在面店水库下游约950m（河道距离）剪彩河转弯处的右岸，落点高程1897.5m）具有环境合理性。

3.3.4.2 输水隧洞进口及输水线路方案选择的环境合理性分析

根据国家发改委评估意见，及项目建议书阶段水利部水规总院水工专业审查意见，本工程可研阶段根据受水区位置和高程、穿越马龙河位置、施工支洞布置条件，初选3个方案进行比选。

方案一：死水位最低方案。水库坝前位置高程可满足自流引水条件，且死水位最低，但隧洞需穿越右岸支流车章河，受车章河河底高程较低的影响，输水隧洞穿越车章河时将为明洞。本方案隧洞进口位于库区大罗贵村对岸、车章河与马龙河的交叉口处，输水隧洞进口底板高程1905.0m，总长32.46kmm。

方案二：避开沪昆高铁、少穿马龙河方案。隧洞进口位于库区三家村下马龙河河谷转弯处的左岸，可基本避开在建的沪昆高铁，并使穿越马龙河次数尽量减少。输水隧洞进口底板高程1911.5m，隧洞总长29.56km。

方案三：项目建议书阶段方案。隧洞进口位于库区下罗贵村西约370m马龙

河左岸处，取水条件、进洞条件良好，输水线路长度最短。输水隧洞进口底板高程 1918.0m，隧洞总长 29.17km。

从地质方面分析，方案一不仅线路长，并多次穿过马龙河及 2 次穿越库区，埋深较浅，穿过可溶岩区也最长，工程地质条件极为复杂，不可控因素多；方案三穿越可溶岩区长度大于方案二，加之线路前段穿过可溶岩地层时埋深较浅，上部可溶岩岩溶中等发育，透水性强~中等，隧洞开挖过程中涌水、突泥问题严重；方案一和方案三均与沪昆高铁交叉，交叉位置地质条件复杂，存在不确定风险。因此，方案二最优。

从沿线河道对输水线路的影响分析，方案一和方案三线路多次穿越马龙河，其中，方案三输水隧洞 7 次穿越马龙河，方案一 2 次穿越马龙河（其中在滑石板村附近河段为穿越车马碧水库库底，输水线路约有 180m 位于水库之下），特别是穿越车马碧水库时，洞顶围岩厚度小，地下水丰富，稳定性差，将造成施工中发生大涌水、造成大塌方，施工难度大，需加强施工临时支护措施，大幅增加排水费用。方案二输水线路在布置上仅需穿越马龙河 1 次，且穿越位置在马龙河上游，洞顶至马龙河河底埋深较大。因此，方案二较优。

从沪昆高铁对选线的影响分析，由于沪昆高铁从车马碧水库库区通过，目前正在施工，预计在 2016 年年底正式通车运行，根据 2004 年实施的《铁路安全管理条例》规定，在铁路两侧 1000m 范围内禁止从事爆破作业，因修建公共工程确需爆破的，应当与铁路运输企业协商后，采取必要的安全保护措施。方案一和方案三均与沪昆高铁存在交叉，输水线路施工将对高铁线路安全运行造成影响，需采取措施减免工程施工影响，增加工程投资。沪昆高铁设计时速 350km/h，速度较高，且为客运专线，重要性较高，为尽量减小相互干扰，水库输水线路选择走向时选择以避让为主。方案二与高铁无交叉，仅进口处距离高铁较近，在高铁线路安全保护区距离 20m 以外，根据车马碧水库工程推进计划，水库拟在 2016 年开工建设，为进一步降低对高铁的影响，输水线路进口段施工可选择先于高铁正式运行前施工完毕，对高铁影响最小。因此，从沪昆高铁对输水线路选线的影响来看，通过采取一定的措施，方案二可将高铁的影响降至最低，较优。

从工程布置和施工条件方面分析，方案一全长 30.63km，需新建、改扩建道路 22.9km，施工支洞支洞长 4.46km，弃渣 54.1 万 m³，工期 54 个月；方案二全长 29.56km，需新建、改扩建道路 23.7km，施工支洞支洞长 5.40km，弃渣 51.4 万 m³，工期 54 个月；方案三全长 28.31km，需新建、改扩建道路 30.2km，施工

支洞支洞长 4.55km，弃渣 49.4 万 m³，工期 54 个月。因此，方案三略优。

综合分析，方案一淹没影响最小，但隧洞线路最长，与沪昆高铁存在交叉，需多次穿越马龙河特别是前段需下穿车马碧水库库底，洞顶围岩厚度小，成洞难度大，施工支护、排水费用最高；方案三线路最短，但与沪昆高铁交叉且多次穿越马龙河河道，需加强施工支护措施，大幅增加排水费用，淹没影响最大、投资最高；方案二较方案三线路长 1.2km，但与沪昆高铁不存在交叉，对沪昆高铁影响最小，仅下穿马龙河一次且洞顶埋深相对较大，施工安全风险最小。因此推荐方案二。

从环保方面分析，方案二穿越马龙河河道次数最小，对马龙河水环境影响降到了最低，各方案均不存在涉及自然保护区、风景名胜区、水源保护区等敏感区域问题，各方案的淹没占地影响相差不大，对生态和水土流失的影响基本相当，均具有环境合理性，工程推荐方案二是环境合理的。

3.3.5 施工规划的环境合理性分析

3.3.5.1 料场选择及开采方案合理性分析

(1) 料场选择的合理性分析

本工程枢纽工程区共勘探有 2 个石料场（象山 1#石料场和象山 2#石料场）和 4 个土料场（大罗贵围堰土料场、大罗贵土料场、白塔铺土料场、白塔土料），枢纽区 2 个石料场均为本工程开采料场，开采土料场为大罗贵围堰土料场；输水线路区共勘探有下罗贵石料场、尹堡石料场、新发村石料场和阳光石料场 4 个石料场，尹堡石料场和新发村石料场现由私人开采，工程选择从该两处石料场购买石料。

枢纽区象山 1#石料场位于库区，坝址东北侧的车章河与马龙河交汇口以北 400~600m 处的车漳河左岸，距坝址运距约 5km，该料场具备大规模开采的条件。象山 2#石料场位于距象山 I #石料场约 200m~500m 的车章河上游左、右岸，距坝址运距约 5.3km，该料场分 A、B、C、D 四个区，C 区为一山包，易开采弱风化料作为度汛坝体最先填筑的主堆石用料，故选择象山 II #石料场的 C 区作为开采料场。大罗贵围堰土料场位于库区的大罗贵村北面，马龙河与白塔河相交三角地带的一级阶地之上，现有简易公路至坝址区，至坝址区运距约 1.5km。

开采的石料场、土料场储量和料源质量都满足要求，项目均考虑修建道路直达料场，大罗贵围堰土料场及象山 1#、2#石料场部分场区均位于淹没区内，位

于淹没区内的开采完成后水库直接蓄水淹没，淹没线以上部分开采完成后采取水土保持措施进行植被恢复。

输水工程勘探的4个石料场中，下罗贵石料场距沪昆高铁太近，对其开采对高铁安全运行难以控制。尹堡石料场、新发村石料场和阳光石料场均为正在开采生产的石料场，尹堡料场已有砂石加工系统，其生产能力满足要求，但该料场深部矿物成分含量不均匀，骨料原岩质量不稳定，其深部的取样采用砂浆棒快速法检测存在碱活性，本阶段考虑输水隧洞的部分砂石骨料从尹堡料场外购供应，部分砂石骨料及块石料从新发村石料场外购毛料进行加工供应。

料场区域分布的植被为半湿润常绿阔叶林，该植被类型较为普遍且分布广泛，工程占地会在一定程度上造成该植被面积的减少，但对于整个评价区来说，工程占地不会改变该植被类型在评价区内的分布格局和优势度，整体影响较小。料场占地不涉及重点保护植物，不涉及自然保护区、风景名胜区、世界自然文化遗产地、森林公园、水源地保护区等环境敏感区域，各料场附近无居民点分布。

因此，从环境保护的角度分析，工程料场的选址是环境合理的。

(2) 料场开采方案的合理性分析

枢纽区石料的开采无用层采用88kW推土机配合 2m^3 挖掘机装15t自卸汽车运弃。有用层开采自上而下分台阶进行，然后分台阶钻孔爆破，台阶高度12~15m，采用YQ-150型潜孔钻钻孔、人工装炸药爆破开采，石料由 2m^3 装载机装15t自卸汽车运输至砂石加工系统及各使用点。土料的开采无用层采用人工配合88kW推土机进行剥离就近堆放。有用层采用立面开采， 2m^3 挖掘机装15t自卸汽车运输至各使用点。

输水工程考虑石料场至各施工作业面的运距，隧洞进口至3#支洞工作面施工所需的砂石骨料从尹堡石料场外购供应，4#支洞至输水隧洞出口工作面施工所需的砂石骨料从新发村石料场外购毛料进行加工供应。

从环保方面分析，输水工程尽量采用外购的形式，最大程度的降低了石料开采作业中带来的大气、声等环境影响；枢纽区石料开采过程中，施工机械钻孔、爆破等可能会产生一定的阵发性噪声和瞬时噪声影响，但料场附近没有居民点分布，主要为对施工人员的影响，土料场位置临近枢纽区2#渣场，土料剥离后直接就进堆放，降低了对环境空气和水土流失的影响；综合分析，料场的开采方案具有环境合理性。

3.3.5.2 渣场布置合理性分析

车马碧水库枢纽区共布设 3 个弃渣场，其中枢纽 2#、3#弃渣场均位于库区死水位以下；输水线路区沿线设置 11 个弃渣场，一般布置在箐沟和缓坡地上。渣场选址时尽量减少了施工占地，减少了运距，避让了植被良好的地段，最大程度的减少了对陆生生态环境的破坏。

枢纽区布置的 1#弃渣场位于坝址下游左岸冲沟，弃渣场地形为沟道型，满足堆渣要求，渣场容量满足堆渣要求。枢纽 1#弃渣场下方有 1 户居民，该户居民位于征地范围内已列为搬迁对象，工程弃渣不会对该用户造成影响；位于库区内的 2#、3#弃渣场，弃渣后采取水保措施后蓄水淹没，对环境的影响较小。输水线路区利用沿线地形布置弃渣场，均为沟谷型，尽量减少占地面积，且均与输水隧洞的施工作业区就近布置，缩短了运距，降低了与施工区连接的施工道路的修建带来环境影响。

弃渣场主要占地类型为旱地、林地和园地，所占林地类型主要为暖温性落叶阔叶林及少许暖温性灌丛，林地生物多样性不高，植被的损失不会造成生物多样性的变化。弃渣场生态结构及层次都相对简单，弃渣场占地范围内不涉及重点保护植物，除枢纽 2#、3#弃渣场外，其余弃渣场均为临时占地，施工期间和结束后严格实施拦挡、边坡稳固、截排水等工程措施，并及时进行植被恢复，减少新增水土流失，及对生态环境的影响。

本工程弃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，不存在环境制约因素。枢纽 1#弃渣场下方居民点列为搬迁对象，其余渣场附近均没有企业和居民点、不影响周边公共设施的安全，不占用河道，符合河道的防洪规定，不涉及滑坡、泥石流危险地带，无环境地质问题。

因此，从环境保护的角度分析，本工程渣场的布置是环境合理的。

3.3.6 移民安置方案的环境合理性分析

3.3.6.1 生产安置方案环境合理性分析

工程规划水平年农村生产安置人口 2353 人，其中库区和枢纽区 2320 人，生产安置方式采用农业安置为主，辅以自行安置的方式。

移民生产安置方案是在符合移民安置原则的基础上，结合对征地区域环境容量、剩余土地资源以及现状土地情况调查，并通过征询地方政府意见及移民意愿后最终确定的安置方案。

通过环境容量分析，建设征地区域耕地资源较丰富，但是由于缺少水利灌溉设施，耕地利用率较低，若对这部分耕地资源善加利用，在村委会内临近村组有偿调剂耕地的方式进行土地配置基础上，并且对中低产田进行整理，提高库周交通通达率，加大水利设施投入，引进高效节水基础灌溉配套设施，由地方政府进行引导，种植高经济附加值农作物，可逐步恢复当地居民的生产生活。

从环境方面分析，该区域耕地资源较为丰富，移民生产安置并不需要新开垦耕地，只针对原有耕地资源进行调剂、流转或改造，对环境基本没有影响。

初步分析，本工程移民生产安置方案符合移民的意愿，也基本符合当地社会经济发展情况，生产安置对环境基本没有影响。移民生产安置方案是合理的。

3.3.6.2 搬迁安置方案环境合理性分析

工程规划水平年搬迁安置人口 1977 人，工程共选择了 8 个移民安置点，其中，居委会内跨组后靠集中安置点 3 个、组内后靠集中安置点 5 个。工程集中安置移民共 1711 人，包括组内后靠集中安置移民 849 人，居委会内跨组后靠集中安置 862 人；其余 266 人均采取组内后靠分散安置的安置方式。

移民搬迁安置方案是在充分征求水库淹没区和枢纽区涉及各村组移民意愿，由地方政府组织移民现场查勘后对安置点进行多方案比选，并通过各方商定而最终确定的安置方案。搬迁安置人口全部属于本村后靠集中或分散安置，后靠安置点距移民原居住地距离较近，移民仍保持了原有的社会关系，并不会产生背井离乡、故土难离之感，也不会对移民和安置区居民心理产生较大影响。

从安置点选址方面来看，安置点选址遵循因地制宜、有利生产、方便生活、地形地质条件适宜的原则，各安置点并无不适合进行移民安置的不良地质现象；安置点不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园等环境敏感区，符合环保要求。

移民搬迁安置主要环境影响是移民新居、道路、公用设施等建设过程中的水土流失问题以及安置点移民生活污水、生活垃圾等环境影响。

初步分析，移民搬迁安置方案符合移民意愿，安置点选址考虑了环境保护要求，对环境影响较小。因此，搬迁安置方案基本上是环境合理的。

3.4 工程施工分析

3.4.1 土石方开挖与弃渣

本工程总土石方开挖量 108.25 万 m^3 ，用作回填料 4.15 万 m^3 ，工程总弃渣量为 104.10 万 m^3 。

土石方开挖尤其是明挖和弃渣堆放对地表扰动较大，破坏植被，改变原有地貌景观，使土地资源失去原有的防冲、固土能力，局部形成相对易失稳、崩塌的高陡边坡，增大了潜在的水土流失危害。

本工程输水隧洞长度为 29.56km，隧洞施工可能对隧洞沿线地下水环境产生影响。

3.4.2 施工用水与废水

工程包括枢纽工程和输水工程，共布置施工工区 14 处，其中枢纽工程布置 2 处，输水工程共布置 12 处。施工期废污水排放可能对地表水环境产生影响。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，生活用水用于施工和管理人员饮用、盥洗等日常生活。施工废污水包括生产废水、隧洞和基坑排水、生活污水等，其中，生产废水主要源于砂石料加工系统废水（主要污染因子为悬浮物）和混凝土拌和系统冲洗废水（主要污染因子为悬浮物、pH）；隧洞排水源于隧洞施工过程中的施工废水和地下渗水（主要污染因子为悬浮物）；基坑排水源于施工围堰内的初期排水和经常性排水（主要污染因子为悬浮物）；生活污水主要源于施工生活区施工人员日常生活产生的污水（主要污染因子为 BOD_5 、COD）。

（1）砂石加工系统用水与废水

工程共布置 2 处砂石料加工系统，枢纽工程和输水工程各布置有 1 处，共生产砂石骨料成品料 38.32 万 m^3 。其中，枢纽工程砂石加工系统布置在车章河与马龙河交汇口上游马龙河右岸的缓坡地上，该系统共制备砂石骨料约 14.66 万 m^3 （成品方），系统设计生产能力 60t/h；输水工程砂石料加工系统布置在新发村石料场附近的 S101 省道道旁，该系统共制备砂石骨料约 23.66 万 m^3 （成品方），系统设计生产能力 60t/h。砂石骨料经过筛分后进行冲洗，废水主要污染物为悬浮物，浓度较高一般在 30000~50000mg/L。

砂石加工系统用水量较大，2 套砂石料加工系统的生产能力为 60t/h，每冲洗 1t 砂石骨料用 $1m^3$ 水， $1m^3$ 砂石骨料用 $3m^3$ 水，废水产污系数按 0.9 计，则枢纽区及输水线路区砂石料加工系统高峰废水产生量均为 $54m^3/h$ ，废水产生总量分

别为 39.58 万 m³、63.88 万 m³，共 103.46 万 m³。

(2) 混凝土拌和系统用水与废水

工程共布置 15 处混凝土生产系统，其中，枢纽区 3 处，布置在大坝下游右岸和导流泄洪防空隧洞进出口，输水工程区 12 处，1#~11#支洞施工区各布置 1 处，隧洞出口施工区布置 1 处。其中，枢纽区混凝土供应总量 4.44 万 m³，混凝土生产系统设计生产能力 24 m³/h，大坝下游右岸施工区配置 2 台 0.75m³ 拌和机三班制生产，导流泄洪防空隧洞于隧洞进出口各配置 2 台 0.50m³ 拌和机三班制生产；输水工程区混凝土供应总量 17.4 万 m³，混凝土生产系统设计生产能力 20 m³/h，每个混凝土系统各配置 1 台混凝土拌和机三班制生产。单台拌和机每次冲洗用水按 0.4m³ 计，三班制生产，每班末冲洗一次，每天冲洗 3 次，废水产污系数按 0.9 计，单台拌和机高峰期日冲洗用水量为 1.2m³/d，废水产生量约 1.08m³/d。

该系统废水产生量较小，废水中主要污染物为悬浮物、pH，悬浮物浓度约 5000mg/L，pH 一般大于 10。施工期混凝土冲洗废水排放总量为 2.14 万 m³，其中枢纽区 0.49 万 m³，输水工程区 1.65 万 m³。

(3) 修配系统用水与废水

工程共布置 2 处机械修配保养系统，枢纽施工区（大坝下游右岸）、输水隧洞工程布置有 1 处。单个修配系统高峰日用水量为 10m³/d，生产工期分别为 48 个月、54 个月，系统废水产生系数按 0.9 计，施工期总废水产生量约 2.30 万 m³。废水中主要污染物有石油类、COD_{Cr} 和悬浮物。一般情况下，石油类浓度约 10~30mg/L，COD_{Cr} 约 25~200mg/L，悬浮物约 500~4000mg/L。

(4) 输水隧洞施工用水与废水

工程输水隧洞和施工支洞施工过程中将产生隧洞排水，隧洞排水主要由施工用水和地下渗水组成，施工用水主要用于石方洞挖、混凝土养护等。隧洞反坡洞段一般在工作面设置临时集水坑，每隔 300m 设置集水井采用潜水泵分段进行抽排，将水抽至支洞与主洞交汇口集水井后，通过水泵抽排出洞外。隧洞出口正坡洞段在隧洞一侧设置排水沟，采取自流排水。废水中主要含 SS，SS 浓度约 2000mg/l。

(5) 基坑排水

水库枢纽区施工时，施工围堰内将产生初期排水和经常性排水。初期排水主要包括基坑积水、基坑渗水两部分，废水主要污染物为悬浮物。类比国内类似水利水电工程初期排水的监测结果，初期排水与河流水质基本相同，可直接排放，

对河流水质影响很小。本工程水库截流后，下游围堰滞后 2~3h 进行填筑，利用河床落差对基坑进行自流排水，因此基坑开挖抽水量不大。排水采用明式排水方式，在上、下游围堰各布置一台 200QJ50-17 型潜水泵(单机抽水量 50 m³/h，扬程 17m)进行基坑排水和坝基经常性排水。

经常性排水主要考虑围堰及基岩渗水、天然降水、施工弃水，结合国内其它工程经验来看，在防渗措施完善的情况下，基坑内的经常性排水有限，经一定时段集水后由水泵抽排，主要污染物为 SS。

(6) 生活用水与生活污水

工程共布置 13 处施工生活区，枢纽区（坝址下游左岸）、输水隧洞沿线的 1#支洞~11#支洞及隧洞施工区各布设 1 个生活区。枢纽区生活区高峰人数 1002 人，平均人数 720 人；输水工程区 1#支洞~11#支洞及隧洞施工区生活区高峰人数各 150 人，平均人数各 120 人；工程总施工人员平均人数 2160 人，高峰人数 2802 人。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。施工人员生活用水取 50L/(人 d)，施工期枢纽区生活用水总量为 5.18 万 m³，输水工程生活用水总量为 11.02 万 m³，施工期施工生活区生活用水总量为 16.20 万 m³；生活污水排放系数按取 0.8 计，施工期施工生活区总污水排放量为 12.96 万 m³，其中 BOD₅ 产生总量为 25.92t，COD 产生总量为 51.84t。

(7) 施工废污水去向

本工程施工期生产废水和生活污水经处理后回用和综合利用，不外排。施工期砂石加工系统废水、混凝土拌和系统废水、修配系统废水经处理后可回用于各自系统自身；输水隧洞施工废水、生活污水经处理后优先用作施工现场和施工道路的降尘用水、水保植物措施用水，剩余部分用于浇灌附近耕地、林地等。

3.4.3 施工燃油与废气、粉尘

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 0.56 万 t，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 189.91t，其中 CO 51.13t，CH_x 36.52t，SO₂ 47.48t，NO_x 54.78t，见表 3.4-1。

表 3.4-1

燃油废气排放量表

油料用量/万t		污染物排放量/t				
		CO	CH _x	SO ₂	NO _x	合计
第1年	0.1	9.13	6.52	8.48	9.78	33.91
第2年	0.1	9.13	6.52	8.48	9.78	33.91
第3年	0.15	13.70	9.78	12.72	14.67	50.87
第4年	0.15	13.70	9.78	12.72	14.67	50.87
第5年	0.06	5.48	3.91	5.09	5.87	20.35
合计	0.56	51.31	36.52	47.48	54.78	189.91

(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 38.32 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 5.75t。

(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。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 3.26t。

(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 1380t，炸药爆破产生的粉尘（TSP）为 276t，NO_x 为 20.70t。本工程炸药主要用于石方洞挖，产生的粉尘、NO_x 对地面环境影响较小。

工程土石方明挖 32.32 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为 22.63t。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 1.13t。

(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。本工程施工区的路面为硬质路面，运输条件好于矿山，路面的积尘远少于矿山，车辆载重量为 8~15t，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。

3.4.4 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、起重运输设备、混凝土设备、砂石加工设备、加工修理设备、灌浆设备等，其种类主要有气腿式风钻、手持式风钻、挖掘机、推土机、扒渣机、振捣器、自卸汽车、载重汽车等。

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 5t、10t、15t 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。

（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，噪声均大于 90dB(A)，噪声源强一般为 90~110dB（A）。

（3）混凝土拌和系统噪声

混凝土拌和系统噪声主要来自混凝土拌和机，噪声可达 90dB(A)。

（4）施工辅企噪声

施工辅企噪声来自钢筋加工厂、木材加工厂、机械修配厂、汽车修理厂等，噪声源强一般为 70~90dB（A）。

（5）主体工程施工噪声

主体工程施工噪声主要来自水库枢纽工程和输水隧洞洞口处的开挖、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)。

施工噪声对施工区及附近声环境质量可能产生影响。

3.4.5 固体废弃物

工程施工期高峰施工人数 2802 人，平均施工人数 2160 人，施工期施工人员将产生生活污水和生活垃圾，生活污水产生量见“3.4.2 施工用水与废水”；生活垃圾产生量以 0.8kg/(人·d) 计，估算的生活垃圾高峰日产量约 2.24t，施工期垃圾总产量约 2592.0t。

3.4.6 施工材料

工程建设所需的主要施工材料包括：水泥 12.7 万 t、钢筋 1.7 万 t、钢材 5193t、木材 0.16 万 m³、炸药 1380t、油料 0.56 万 t。

以上施工材料均就近曲靖、昆明、马龙等当地市场采购，因此，工程建设将在一定程度上促进地方经济的发展。

3.4.7 施工公路

枢纽工程对外道路合计需新建 6.4km 永久道路，枢纽工程共计需新建场内临时道路 9.5km，改扩建场内临时道路需 1.4km；输水隧洞较长，输水工程对外道路需新建进场道路 9.4km，改扩建 10.0km，需新建场内临时道路 4.0km。详见 2.6.4 节。

公路建设土石方开挖和回填改变地形地貌，破坏地表植被，很容易产生新增水土流失，因此，公路修建过程中要重点注意水土流失问题，必须严格按照公路设计施工方法和工艺进行施工，严格按照设计弃渣场弃渣。

3.4.8 施工人员

工程施工期高峰施工人数 2802 人，平均施工人数 2160 人，其中，枢纽工程区施工期高峰人数 1002 人，平均人数 720，输水线路区由于线路较长，施工区分布较为分散，单个施工区高峰人数 150 人，平均人数 120 人。枢纽工程区人群较为密集，较易发生疾病流行，需重视卫生防疫等人群健康保护工作。

3.5 建设征地分析

工程建设征占地土地总面积 13704.19 亩，共涉及 6 个乡 16 个村 44 个村民组。主要涉及马龙县和麒麟区的 2 个县级行政区域，其中马龙县主要涉及旧县街道办、马过河镇、王家庄街道办和通泉街道办 4 个乡镇行政区域，麒麟区主要涉及西城街道办 1 个乡镇行政区域。工程建设征占地涉及的村/居委会主要包括白塔、车章、麻衣、何家、格里、庄郎、龙腾和湛大屯 8 个。其中永久征占地面积 12463.89 亩、施工临时占地面积 1240.30 亩。永久征收土地总面积 12463.89 亩，耕地 7358.48 亩、园地 513.21 亩、林地 3097.40 亩、住宅用地 329.23 亩、交通运输用地 103.72 亩、工矿用地 132.82 亩、水域及水利设施用地 741.05 亩、其他土地 187.98 亩；施工临时占地总面积 1240.30 亩中，耕地 837.11 亩、园地 125.80 亩、林地 277.39 亩。工程建设征占地范围内及随迁区范围内影响人口 508 户 1900 人；影响各类房屋建筑面积 176700.33m²，其中农村居民房屋 153323.50m²、农村工商企业房屋 2775.69m²、农村文教卫房屋 498.58m²、工业企业房屋 20102.56m²。

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。

3.6 移民安置及专项改建分析

规划水平年工程因建设征占地影响需进行安置的移民中，生产安置人口为 2353 人，搬迁安置人口 1977 人。

工程移民安置采取就近后靠安置、村（居）委会集中安置相结合的形式。通过适当的经济补偿和生产扶持，移民原有的生活水平和生活方式可以得到保证，但移民安置区的环境承载负荷将有所加重。

移民安置共建设集中安置点 8 个，影响的专业项目主要有铁路、等级公路和输变电线路，影响涉及的铁路中，沪昆高铁专线大桥（特）大桥 4 座、贵昆铁路大桥 2 座（其中 1 座已废弃使用）；影响涉及的等级公路 5.22km；影响涉及的输

电线路 29.89km。在移民安置点建设及专项设施改（复）建过程中，均会对环境产生不同程度的影响。

根据各项安置活动的特点和具体情况，对于搬迁移民安置，其根底调整会影响安置区原居民的根底数量；后靠集中安置对移民的心理、社会关系等基本没有影响，村（居）委会集中安置居民基本属于整存搬迁，且安置点设在本村内，对其心理和社会关系等也基本没有影响。安置点的建设将征占一部分用地，会破坏区域植被，改变自然地貌，产生新增水土流失，对生态环境造成一定的影响。移民搬迁安置后，安置区生活污水、生活垃圾的排放，可能对区域水环境、人群健康等造成影响。

对于移民安置专项设施改复建，包括公路改复建、电力工程改建、通讯工程改建及企事业单位的处理等，在公路改复建的施工期间，会影响原公路的交通运输功能，对当地交通运输产生影响；施工过程中土石方开挖、弃渣等，会造成新增水土流失；电力、通信工程改复建的施工中，仅有少量的基础开挖对环境的影响较小；工程涉及的企事业单位共 1 家，均采用补偿的方式处理，对环境没有影响。

3.7 工程运行分析

3.7.1 水源区

3.7.1.1 水库蓄水

（1）水文情势

车马碧水库正常蓄水位 1938.5m，死水位 1915.3m，设计洪水位 1938.8m，校核洪水位 1941.2m。水库总库容 12449 万 m³，兴利库容 8981 万 m³，死库容 1354 万 m³；正常蓄水位时，库区马龙河干流回水长度 20.95km，马龙河支流白塔河回水长度 6.19km，马龙河支流车章河回水长度 8.35km。

水库蓄水后，库区水域面积、水体体积、水体深度均有不同程度的增加，库区原河流流水生境变成水库静水生境，水流减缓，泥沙在库内淤积。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，需下泄生态流量等措施减缓影响。

（2）水质

电站蓄水初期水质主要受库底残留物的影响，受库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

车马碧水库总库容 12449 万 m^3 ，正常蓄水以下库容为 10335 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，进而对水生生态系统等产生影响。

（4）水生生态

车马碧水库建成后，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、面广，水流缓，发电负荷较低时段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。

3.7.1.2 水库调水

车马碧水库建成后，水库工程多年平均总供水量 7644 万 m^3 ，其中供本区马龙河流域工业用水 169 万 m^3 ；外调供南盘江流域曲靖灌区 7475 万 m^3 ，占车马碧水库坝址断面天然来水量的 34.4%。水库调水减少马龙河流域的地表水资源量，对坝下河道水文泥沙情势、水生生境有不同程度的影响，可能对水库坝址下游的各项用水特别是下游凤龙湾电站的运行产生影响，从而对坝下河道的地表水和地下水环境以及水生生态环境产生影响。

3.7.1.3 水库管理

水库管理环境问题主要是生产、管理人员产生的生活污水、生活垃圾产生的环境影响。车马碧水库管理所定员编制为 57 人，用水量按 140L/(人·d) 计算，排水系数按 0.8，年污水排放量 0.23 万 m^3 ；生活垃圾产生量按 1kg/人·d 考虑，

生产人员日产生生活垃圾 57kg，生活污水和生活垃圾可采用与施工期相同的处理措施，对环境基本不会产生不利影响。

3.7.2 输水线路区

输水隧洞是车马碧水库与南盘江流域的连接通道，输水隧洞全长 29.56km，水库调水对输水隧洞沿线区域地下水环境可能产生影响。

3.7.3 受水区

2030 年，车马碧水库工程多年平均总供水量 7644 万 m^3 ，供本区马龙河流域工业用水 169 万 m^3 ；供曲靖灌区 7475 万 m^3 ，其中供西城工业园区工业用水 3570 万 m^3 ，供曲靖灌区农业灌溉 3905 万 m^3 ，其中供西河水库灌区农业灌溉 1413 万 m^3 ，供潇湘水库灌区农业灌溉 1387 万 m^3 ，供莲花田灌区农业灌溉 1105 万 m^3 。

车马碧水库向本流域马龙河下游的旧县和马过河工业园区进行工业供水，会导致工业园区废污水产生量增加，但根据《云南省牛栏江保护条例》（2012 年），旧县、马过河工业园区位于牛栏江上游保护区中重点污染控制区，园区工业废水零排放，经污水处理厂处理后回用，不外排，对马龙河下游水环境不会产生影响；水库向南盘江流域的曲靖灌区进行农业灌溉供水为置换供水，不会新增农业灌溉回归水，对灌区退水影响较小；水库供西城工业园区的 3570 万 m^3 工业用水将增加园区的废污水排放量，对西城工业园区退水区的水环境可能产生影响。

3.8 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：车马碧水库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，工程选择的调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；输水线路施工对地下水的影响；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，但水库调水对水源区、受水区的水资源利用产生影响，水库蓄水和调水对水源区水库库区、坝下河道的水文情势产生影响，对库区及坝下的地表水环境、水生生态等将产生影响，水库调水对受水区地表水环

境产生影响，移民安置对环境产生影响，这些环境影响将是工程环境影响评价的重点，也是应予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

车马碧水库工程为跨流域调水工程，调出区涉及马龙河流域，受水区涉及曲靖市麒麟、沾益、陆良 3 县区的南盘江流域。

(1) 调出区流域概况

车马碧水库位于牛栏江一级支流马龙河上。牛栏江为金沙江一级支流，为滇黔省际河流。牛栏江发源于寻甸县金所乡老黄山，发源地海拔 2295m，河流自源地流经寻甸、嵩明、沾益、宣威、会泽、鲁甸、巧家、昭通，于巧家县红山乡棉花地注入金沙江，汇口点高程 527m。干流总体流向为南西—北东向，河长 439.6km，河道平均比降 4.4‰，省内集水面积 11426km²。

马龙河为牛栏江右岸一级支流，干流发源于马龙县月望乡青草坪山南麓，发源地海拔约 2400m。由北向南流经水箐村、越州屯、竹园、及上、中、下营等村寨后纵贯马龙坝子，并经县城西面再往下在大湾河村附近出坝子进入河谷地带，再经土官寨、马保地、下罗贵、车马碧等村寨到达马过河镇，往下在莫浪河交汇口下游约 12km 处进入寻甸县境内，并经凤龙湾水库后过杨梅冲、腊味等村，在寻甸县七星乡附近汇入牛栏江。河流全长 103km，平均比降 2.4‰，集水面积 1005km²。

马龙河流域内水系发育较完全，支流交错纵横，库塘星罗棋布，径流区从上游至下游分布有桃园河、永发河、车章河、白塔河、红桥河和莫浪河等主要支流，支流水系多源于上游库塘季节性泄水和自然地表径流。

桃园河发源于马龙县王家庄镇翠峰山山脊，河源海拔高程 2130m，河长 23.8km，河道平均比降 6.8‰，径流面积 101km²。

永发河发源于马龙县王家庄镇青山垭口，河源海拔高程约 2170m，河长 25.8km，河道平均比降 3.4‰，径流面积 127km²。

车章河发源于马过河镇，河源海拔高程约 2100m，河长 20.9km，河道平均比降 8.5‰，径流面积 42.7km²。

莫浪河发源于马龙县上官坝村，河源海拔高程约 2130m，河长 23.3km，河

道平均比降 11‰, 径流面积 51.9km²; 左岸较大支流白塔河发源于马龙县旧县镇, 河源海拔高程 2260m, 河长 18.5km, 河道平均比降 14‰, 径流面积 29.5km²。

虹桥河发源于马龙县旧县镇已沃梁子, 河源海拔高程 2120m, 河长 35.9km, 河道平均比降 3.7‰, 径流面积 192km²。

马龙河流域支流现状情况见表 4.1-1。以上各支流中, 车章河和白塔河两支流汇口处位于车马碧水库库区。流域水系图见附图 1-3。

表 4.1-1 马龙河流域主要支流特征值表

位置	支流名称	径流面积 (km ²)	河长 (km)	河源海拔 (m)	比降 (‰)
右岸	桃园河	101	23.8	2130	6.8
	永发河	127	25.8	2170	3.4
	车章河	42.7	20.9	2100	8.5
	莫浪河	51.9	23.3	2130	11.0
左岸	白塔河	29.5	18.5	2260	14.0
	虹桥河	192	35.9	2120	3.7

带格式的: 字体: (默认) Times New Roman, 小四

(2) 受水区流域概况

南盘江是我国第四大河流珠江主源, 发源于曲靖市沾益县境内乌蒙山脉的马雄山南麓, 河源海拔 2444m。南盘江在依次流经沾益县、麒麟区、陆良县、石林县、宜良县、澄江县、华宁县、建水县、开远市、弥勒县、丘北县、泸西县、师宗县、罗平县后进入贵州省, 后于贵州省望谟县蔗香双江口与北盘江汇合。南盘江河段长 914km, 在云南省境内长 677km、集水面积为 43342km², 出境地高程 720m, 省境内落差 1724m。南盘江在云南省境内的流向大体为从源头至陆良天生关近于北南向, 天生关至宜良县境内阳宗海出口河道交汇处呈东西向, 以下至泸江口又为北南向, 泸江口至黄泥河河口处流出省境一段呈西南—东北向。

南盘江曲靖段主要支流有白浪河、西河、白石江、潇湘河、龙潭河、芳华河、麦子河等。其中受水区涉及支流潇湘河、白石江以及白石江支流剪彩河。

剪彩河为白石江支流, 在王大屯村附近汇入白石江, 白石江全长 31km, 最终汇入潇湘河。

潇湘河是南盘江右岸支流, 发源于马龙县月望乡鸭子塘村耗子冲, 向北流经三宝镇长坡村、寥廓街道文明村、潇湘村 (原潇湘乡) 后入潇湘水库, 出库后转东北流经曲靖市区, 最后于沿江乡南河口入南盘江, 全长 43km, 流域面积 380km²。

4.1.2 地质环境

4.1.2.1 区域地质

(1) 地形地貌

工程区处于长江流域与珠江流域分水岭地带,该地形分水岭自北部白石岩向东南经滥泥沟至翠峰山南折烟堆大山、阳景山、马头山延出图外,海拔 2115~2454.2m 之间,地形西高东低,群山连绵间夹山间盆地,最高点为西北部寻甸境内的凤龙山,高程 2816m,中部地势相对平缓,多为缓丘,河谷切割不大,相对高差 100~400m 之间。其间夹有马龙等多个小盆地,西北部为寻甸断拗盆地,高程 1850m;东侧的曲靖断拗盆地,高程 1860m。中西部的马龙河向西北流入牛栏江后注入金沙江,以东的潇湘河、西河向东流入南盘江后注入珠江。

(2) 地层岩性

区域出露地层分别为:震旦系、寒武系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、第三系及第四系。其中寒武系、志留系、泥盆系地层分布最广,石炭系、二叠系地层仅在西北边缘地带出露,第三系地层仅在北东角出露,震旦系地层在南东侧有极少量出露。区内岩性以碳酸盐岩、碎屑岩分布最广,次为新生界第四系松散层。

(3) 地质构造

工程区地处扬子准地台滇东台褶皱带曲靖台褶皱束牛头山隆起区,区内构造极为复杂,西、东为经向构造体系(I),中部及东部多属新华夏系构造体系(II),南有纬向构造体系片断,东南角属沾益山字型构造体系前弧东翼的一部分。区域总体夹持在经向构造体系内,西部经向构造体系主要为小江断裂带的寻甸—功山大断层(I₂),坝址距该断裂直距 16.5km;东部经向构造体系主要为磨戛—堡子上断裂带(I₁₂),坝址距该断层直距 42km。

(4) 区域地震构造稳定性及地震动参数

根据《曲靖市车马碧水库工程场地地震安全性评价报告》(云南省地震工程勘察院,2015年7月),坝址场地 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.311g,动反应谱特征周期 0.40s,对应地震基本烈度Ⅷ度。

4.1.2.2 工程地质

(1) 库区工程地质

库区地处长江流域与珠江流域分水岭地带,地形分水岭处于库区东部,库区

所在马龙河自东向西流入西部牛栏江，马龙河谷为区内最低排泄基准面，因而库区总体地势北东高，南西低，山体总体呈北东向延伸，与主构造线方向相一致，河流切割地带形成山间谷地。库盆谷地多为“U”形谷，谷地较开阔，河流蜿蜒于谷地内，河道弯曲，总体流向由南东向北西。河流蜿蜒曲折，库区谷底高程 1848~1950m，与两侧山岭相对高差 150~300m。

水库区属典型的构造侵蚀溶蚀地貌—低中山（II）；侵蚀剥蚀地貌—低中山（III）；岩溶地貌—岩溶化山地（IV）；侵蚀堆积地貌—阶地。

库区出露地层有第四系、志留系、寒武系。

库区构造线主要呈北东向展布。坝址区下游褶皱发育，为照福铺复向斜，自北西向东南依次由马过河向斜、下土桥背斜和中尹堡向斜组成。库区断裂构造主要为南东向展布的黄土坡断层（F3-1）及（F3-2）、北西向展布的土官寨断层（F4）和北东向展布的梭罗湾断层（f4）。

库区主要分布第四系松散堆积物、志留系的碎屑岩及寒武系碳酸盐岩，其物理地质现象主要表现为，冲沟、风化、崩塌，其它不良物理地质现象不发育。

库区地下水类型以裂隙水为主，次为岩溶水和孔隙水。孔隙水主要含水层为第四系（Q）冲、洪积及残坡积堆积体，以粘土及砂质粘土为主，一般厚 1~7m，河床内见少量砂砾石堆积，厚 1~3m；除砂、砾石层含孔隙潜流水较丰富外，其余含孔隙层间水或孔隙层间承压水，其富水性及水量均较弱。裂隙水库区内含水层组较多，分布较广。基本含水层 \in_{1q} 、 \in_{1c} 、 \in_{2d} 、 S_{3g}^1 等分布面积较大，库区周边尤以 S_{3g} 面积最广， \in_{1c} 次之，岩性前者以泥质岩类为主，砂质岩类次之，含风化裂隙水，富水性弱；后者以砂质岩类为主，泥质岩类次之，含层状裂隙水，多富集在构造节理密集带，富水性中等-较弱，泉水点少见，流量一般不大且季节性变化明显。岩溶水呈层状条带、块状展布于库区之内，含水层主要为 \in_{1l} 、 \in_{2s} 、 S_{3g}^2 、 S_{3m} 等灰岩、白云岩地层，因岩石成分多样不均一，相变剧烈，结构复杂，组成富水程度不一的含水层组。富水性强—中等。岩溶水的补给来源靠大气降水，部份接受马龙河水渗透补给。因受碎屑岩阻隔，岩溶水都沿接触面上富集与排泄，泉水零星分布在沟系中，组成具有补给、径流、排泄的独立水文地质单元。

（2）枢纽区工程地质

水库推荐坝址出露地层为志留系上统关底组下段第四层（ S_{3g}^{1-4} ）—第一层（ S_{3g}^{1-1} ），岩性为粉砂质钙质泥岩、泥灰岩、砂岩、粉砂质钙质页岩及泥质灰

岩等，坝基主要位于第一层（ S_{3g}^{1-1} ）粉砂质钙质页岩为主，夹薄—厚层状灰色泥质灰岩地层内。岩性以软岩为主，受地形影响，缓坡地带岩石风化相对较强，其中左岸坡强风化深度 16~25m，右岸坡强风化深度 18~35m，地基条件相对较差，适宜修建土石坝，坝基地质条件可以满足土石坝基础要求。

坝址区发育二类地貌：侵蚀剥蚀地貌—低中山地形（III）；侵蚀堆积地貌—河谷阶地。

坝址区处于新华夏系构造体系的中部，处于照福铺复向斜（ II_{31} ）之次一级中尹堡向斜南东翼，地质构造简单，无断裂通过。纵观上、下坝址区：上坝址区为单斜构造，岩层斜倾左岸，总体产状为 $S5^{\circ}\sim 34^{\circ}E$ ， $SW\angle 5^{\circ}\sim 13^{\circ}$ ；下坝址区为中尹堡向斜的次一级短轴背斜—即下坝址区为背斜，两岸岩层缓倾山内为逆向坡，右岸岩层总体产状为 $N50^{\circ}\sim 75^{\circ}E$ ， $NW\angle 2^{\circ}\sim 6^{\circ}$ ，左岸岩层总体产状为 $N5^{\circ}\sim 15^{\circ}W$ ， $SWW\angle 6^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，无大的区域断裂通过，断层少见，构造形迹以层间剪切破碎带及节理裂隙为主。

坝址区物理地质现象主要表现为小坍塌、冲沟、风化、卸荷及岩溶。

坝址区有以下三类含水(透水)层(带)，分别为第四系冲积孔隙含水(透水)层(带)、强—弱风化岩体裂隙含水(透水)层(带)、构造破碎带裂隙含水(透水)层(带)。

（3）输水线路工程地质

输水线路区内地貌景观差异明显，主要受构造、侵蚀、剥蚀、岩溶以及堆积作用控制。根据成因与形态相结合的原则，可将测区地貌分为四种地形地貌：构造侵蚀溶蚀地貌、侵蚀剥蚀地貌、岩溶地貌、湖积堆积地貌。

输水线路沿线出露地层有：寒武系、志留系、泥盆系、第三系及第四系。其中寒武系主要分布于长隧洞进口至马龙县城一带，志留系分布于 2#进水口方案（推荐）以北、3#进水口方案（比较）中部一带，泥盆系主要分布于南海子至出口一带，第三系地层仅在线路出口外出露。

工程区大地构造分区位于扬子准地台滇东台褶带之曲靖台褶带，全区基本上表现为以牛头山隆起为核心的向北东倾伏的复式背斜构造。根据区域资料分析，牛头山背斜应属晋宁运动的产物，属基底构造的后期表现。盖层构造以褶皱、断裂同等发育为特点，构造线方向以北东向为主，局部出现北西向或近东西向褶皱和断裂，曲靖附近局部尚有弧形构造。褶皱组合多见背斜窄、向斜宽的特点，但不具典型隔档式或隔槽式的组合形式。

近场区断裂构造发育，主要有近南北向、北东向 2 组共 18 条断裂，其中小

江断裂东、西支、万寿山断裂活动性最强，为全新世活动断裂；鲁冲-车乌断裂、曲靖断裂带北段之黎山断裂为晚更新世活动断裂；其它断裂大多为早-中更新世断裂。

区内水文地质条件较为复杂，除受地层岩性的基础性控制外，也受构造、地貌、气象等多种因素影响，其中构造起主导作用。根据地下水赋存条件、水理性质和水力特征，将区内地下水划分为以下几种类型：松散岩类孔隙水、基岩裂隙水、岩溶水。区内地下水主要接受大气降水补给，局部受地表水补给，向当地最低排泄基准面马龙河排泄。其补给、径流、排泄受地形地貌、地层岩性、风化程度、地质构造等条件控制。在地形平缓、岩层裂隙、溶隙发育、全强风化较厚地段，地下水补给量大。在构造复杂、地形切割强烈、沟谷密集地段，地下水径流途径短。孔隙裂隙水多以分散的隙流或片状散流形式排泄。

4.1.3 气象

马龙河流域属低纬度高原季风气候，具有冬无严寒，夏无酷暑，干冷同期，雨热同季的特点。干（旱）季（11~4月）主要受西风环流与北方干冷气流的控制，冬季当冷空气南移，如果层次较深厚时易造成寒流天气。从大的地形分析由于北部分水岭较低，冷空气易于入侵，致使一月份的平均气温较同纬度的昆明低。湿（雨）季（5~10月）主要受西南与东南暖湿气流的控制，当与南下冷空气相遇往往形成大量降水，或当冷空气与其势力均衡，或在两高压之间的高空切变线时易产生大雨、暴雨或冰雹天气。

根据流域内马龙县气象站资料统计，多年平均气温 13.6℃；最热月 7 月份的平均气温 18.7℃，极端最高温度 31.7℃；最冷月 1 月份的平均气温 6.6℃，极端最低气温 -12.6℃。日温差较大，年温差较小。多年平均日照 2183.4 小时，最多年日照 2465.8 小时，最少年日照 1773.8 小时，日照百分率为 49%。多年平均相对湿度为 74%。20cm 蒸发器多年平均蒸发量 1996.6mm，最多年蒸发量 2610.1mm（1969 年），最少年蒸发量 1671.5mm。多年平均风速 4.4m/s，多年最大风速平均值为 19m/s，极端最大风速 24m/s（定时观测值，1979 和 1980 年）。

4.1.4 水文、泥沙

（1）径流

马龙河流域属大气降水补给型河流，年径流情势与降水的年际、年内及面上

分布关系密切。

马龙河流域径流与降水相应，径流的年内变化丰枯悬殊大，6~11月（比降水滞后约10天）半年径流量占年径流量的84%。其中最丰的7~9月三个月径流量约占年径流量的53%；3、4月份径流量较小，最枯的4月份径流量仅占年径流量的1.5%。马龙河流域多年平均径流量3.74亿m³，径流量的年际变化较大，车马碧水库多年平均径流量2.17亿m³，最丰的1974年为5.11亿m³，最枯的1992年仅0.495亿m³，一般年份在1.4~3.0亿m³之间，年径流变差系数为0.45。径流量在面上的分布差异不大，多年平均产水模数为36~40万m³/km²之间。

根据水文专章设计成果，车马碧水库坝址断面多年平均天然径流量2.1666亿m³，多年平均天然流量6.87m³/s。主要断面设计径流成果见表4.1-1。

表 4.1-1 车马碧水库坝址设计天然径流成果表

断面	径流面积 (km ²)	年径流量 (亿m ³)	设计径流量(亿m ³)						
			10%	20%	25%	50%	75%	80%	90%
车马碧坝址	595	2.1666	3.38	2.87	2.69	2.04	1.50	1.39	1.11

(2) 洪水

马龙河流域处于低纬度高原季风气候区，雨季（5~10月）主要受西南与东南暖湿气流的控制，当与南下冷空气相遇往往形成大量降水。一般年份暴雨开始于6月，结束于10月，尤以7、8两月最多。洪水均由暴雨造成，与暴雨相应，洪水多发生在6~8月。由于流域呈东西向的矩形状，且坡度小，河道平缓，导致洪水过程呈现相对峰小量大的特性。车马碧水库洪水成果详见表4.1-2。

表 4.1-2 车马碧水库坝址设计年洪水成果表

峰、量	0.05%	0.33%	1%	2%	5%	10%	20%
Qm (m ³ /s)	1123	698	561	476	367	287	210
W ₂₄ 小时 (万m ³)	7120	4622	3849	3365	2723	2235	1745
W ₇₂ 小时 (万m ³)	13030	8589	7244	6396	5265	4396	3510

(3) 泥沙

车马碧水库坝址多年平均输沙量为22.2万t，其中悬移质输沙量为20.2万t，输沙率6.41kg/s，含沙量0.932kg/m³；推移质输沙量为2.0万t。

4.1.5 水文地质条件

4.1.5.1 区域水文地质

车马碧水库区域水文地质图见附图4-1。

(1) 地下水类型

地下水类型以裂隙水为主，次为岩溶水和孔隙水。分述如下：

①孔隙水

主要含水层为 Q、N₂ 等，N₂ 以粘土及砂质粘土为主；Q 主要为冲、洪积堆积。除河床、漫滩阶地砂、砾石层含孔隙潜流水较丰富外，其余含孔隙层间水或孔隙层间承压水，其富水性及水量均较弱。

其中：河流谷地型孔隙水，分布于马龙河及牛栏江沿线，含水层为第四系洪冲积砂质粘土、砾砂，组成河床河漫滩及阶地，一般厚 2~7m，泉水少见，民井开挖 5m 左右，水位 0.7~4m 不等，水量较小。寻甸及沾益—曲靖盆地内河湖冲积型孔隙水，含水层组成物为砂质粘土、砾砂、钙化、泥炭层厚达 568m 以上，含孔隙层间承压水，单位涌水量为 0.009l/s m。

②裂隙水

区内含水层组较多，分布较广。基本含水层 \in_{1q} 、 \in_{1c}^h 、 \in_{1c}^w 、 \in_{2d} 、S_{3g} 等分布面积较大，尤以 S_{3g} 面积最广（占整个区域面积 1821km² 的 15.83%），其余 S_{3y}、D_{1x}、D_{1c}、D_{2s}、D_{2h}、C_{1d}、P_{1l}、P_{2β}、P_{2χ} 等组分布零星。岩性以碎屑岩类为主，泥质岩类次之，含风化裂隙水，多富集在构造节理密集带，所见泉点流量不大，多在 0.5~2l/s。根据类型可分为层状型裂隙水及风化型裂隙水两类：

层状型裂隙水：基本含水层为 D_{2h}、 \in_{1c}^h 、 \in_{1c}^w 等组，岩性以泥质岩夹砂质岩，裂隙充填物少，连通性相对较好，该类型地下水相对稳定，富水性中等-较弱。

风化裂隙水：基本含水层为 \in_{1q} 、 \in_{2d} 、S_{3g} 等组，岩性以泥质岩为主，胶结紧密，表层风化强烈，裂隙发育，含水中等-弱，深部新鲜岩石完整，含水极弱。

③碳酸岩类裂隙岩溶含水（透）岩组

岩溶水呈层状条带、块状展布于整个测区之内，含水层主要为 Zbdn、 \in_{1l} 、 \in_{2s} 、S_{3g}²、S_{3m}、D_{2q}、D_{3zg}、C_{1b}、C_{2w}、C_{3m}、P_{1q+m} 等灰岩、白云岩地层，与工程有关的岩溶水含（透）水层为 \in_{1l} 、 \in_{2s} 、S_{3m} 层，分述如下：

Zbdn 岩溶含（透）水层组：主要分布于区域南部，占整个区域面积 1821km² 的 0.11%，月望乡大沙坡龙水库—三板桥—竹园一带，岩性为中至厚层状含泥质粉、微晶白云岩，该组岩溶中等发育，地下水活跃、富水性强-中等，区内有泉水点出露，流量为 0.17~120l/s。

∈₁l 岩溶含(透)水层组: 主要分布于区域南部, 占整个区域面积的 4.38%, 与主构造线方向一致沿北东向呈条带展布, 受 F₁₉ 等断层及褶皱的控制局部形成独立的含水块段, 岩性为中至厚层状白云岩夹泥质白云岩、砂砾屑白云岩, 该组岩溶中等发育, 地下水活跃, 富水性强-较强, 区内泉水点出露较多, 受地形、地质、构造控制多沿地势低洼或冲沟出露, 潜水流量为 0.50~16.28 l/s。

∈₂s 岩溶含(透)水层组: 分布范围与 ∈₁l 岩溶含(透)水层组基本一致, 占整个区域面积的 3.68%, 岩性为中至厚层状细晶白云岩夹薄层粉砂质、泥质灰岩, 岩溶中等发育, 富水性强—较强, 区内泉水点出露多, 流量为 0.16~16.08 l/s。

S₃m 岩溶含(透)水层组: 分布于王家村—何家村、区域北部及东北部, 占整个区域面积的 4.27%, 呈带状及透镜状展布。岩性为中至厚层状疙瘩状生物碎屑灰岩夹薄层粉砂岩, 岩溶中等发育, 地下水活跃, 富水性强-中等, 区内泉水流量为 0.17~2.11 l/s。

D₃zg、C₁b、C₂w、C₃m²、P₁q+m 等含水岩组位于区域东北部、西北部, 占整个区域面积的 3.09%, 距离库区较远, 与库区之间有砂、页岩等隔水层相隔, 对库区蓄水条件无影响。岩性为碳酸盐岩, 岩溶强烈发育, 地下水活跃, 富水性强—中等, 区内泉水流量为 0.01~477 l/s (寻甸坝子东北)。

(2) 地下水补给、径流、排泄途径

构造条件、地层岩性是划分水文地质单元的重要依据, 碳酸盐岩地层分布较广, 含水层(组)受地形地貌和构造格局的控制, 结合本区岩溶地下水点的空间分布及其补、径、排及水文地质边界条件及含水层组类型组合关系、水点的水文动态变化、水化学等综合分析, 大致形成高枳槽—马保地—上西冲(I)、干冲—小石洞—大草房(II)、小田冲—保家营(III)、高山堡(IV)、响水街(V)、冷家屯(VI)、大龙潭—土官冲(VII)、潘家田(VIII)、马金田—小龙井(IX)、大龙井(X)、老角寨—柳小田(XI)、下小屯(XII)、中小屯(XIII)共计十三个具有相对独立补给、径流、排泄条件及动态变化特征的水文地质单元。

上述 13 个水文地质单元地下水几乎都以大气降雨补给为主, 局部耕地区接受灌溉水入渗补给, 其补给量与降雨量、地形地貌、构造、岩性及岩溶发育条件等相关。高山区降雨量大, 森林茂密, 地下水获得补给量大; 地形平缓岩石裂隙、岩溶发育地段, 地下水获得补给量亦大。山坡及平缓地带构成主要补给区, 补给面积广, 其中洼地、漏斗、落水洞等形成地下水补给通道, 接受大气降雨垂直补给地下水。本区域内地下水以马龙河为排泄基准面, 汇入该区最低排泄基准

面后，整体由东向西径流最终汇入下游。

4.1.5.2 库区水文地质

(1) 地层岩性

库区出露地层主要是寒武系和志留系，另有少量第四系松散层。其中，除第四系 Q 可划分为多个岩性段外，其他均与区域地层一致。

第四系 (Q)：主要分布于库区内外地势低洼及坡地上，呈零星分布。

①坡崩积 (Q^{dl+col})：主要由碎、块石混粘土、砂组成并夹少量砂质粘土，分布于库盆及河谷内地势较陡处，厚 0.2~1.8m。

②残坡积 (Q^{dl})：主要由粉质粘土夹碎、块石组成，多分布于平缓山坡地带，面积较广，厚 0.2~6.0m。

③洪冲积 (Q^{pal})：中上部主要为褐黄色粉土，底部为薄层卵、砾石层组成。分布于库盆及河谷内，厚 0.2~5.5m。

(2) 地下水类型及动态特征

区内岩性以碳酸盐岩、碎屑岩分布最广，次为新生界第四系松散层。地下水类型以裂隙水为主，次为岩溶水和孔隙水。分述如下：

①孔隙水

主要含水层为第四系 (Q) 冲、洪积及残坡积堆积体，以粘土及砂质粘土为主，一般厚 1~7m，河床内见少量砂砾石堆积，厚 1~3m；除砂、砾石层含孔隙潜流水较丰富外，其余含孔隙层间水或孔隙层间承压水，其富水性及水量均较弱。

②裂隙水

库区内含水层组较多，分布较广。基本含水层 ϵ_{1q} 、 ϵ_{1c} 、 ϵ_{2d} 、 S_3g^1 等分布面积较大，库区周边尤以 S_3g 面积最广， ϵ_{1c} 次之，岩性前者以泥质岩类为主，砂质岩类次之，含风化裂隙水，富水性弱；后者以砂质岩类为主，泥质岩类次之，含层状裂隙水，多富集在构造节理密集带，富水性中等-较弱，泉水点少见，流量不大且季节性变化明显。

③岩溶水

岩溶水呈层状条带、块状展布于库区之内，含水层主要为 ϵ_{1l} 、 ϵ_{2s} 、 S_3m^2 等灰岩、白云岩地层，因不均一岩石多样，相变剧烈，结构复杂，组成富水程度不一的含水层组。富水性总体较强。

岩溶水的补给来源靠大气降水，部份受马龙河水渗透补给。水力坡度 0.03，浸润曲线为缓坡型。因受碎屑岩阻隔，岩溶水都沿接触面上富集与排泄，泉水零

星分布在沟系中，组成具有补给、径流、排泄的独立水文地质单元。其赋存条件及水动力状态为溶隙状缓变流，水位埋深 0.34~15.37m，动态不稳定，径流特性曲线为峰态类。

4.1.5.3 输水隧洞水文地质

输水隧洞区域水文地质图见附图 4-2。

(1) 地层岩性

隧洞通过区域主要为古生界地层，由老至新分别为：寒武系、志留系、泥盆系、及第四系，均与区域地层一致。

(2) 地下水类型

项目区水文地质条件较为复杂，在地层岩性基础上，受构造、地貌、气象等多种因素控制，其中构造起主导作用。根据地下水赋存条件、水理性质和水力特征，将区内地下水划分为以下几种类型：松散岩类孔隙水、基岩裂隙水、岩溶水，基本与区域含水层（组）及地下水类型一致。

(3) 地下水的补给、径流、排泄

区内地下水主要接受大气降水补给，局部受地表水补给，向当地最低排泄基准面马龙河排泄。其补给、径流、排泄受地形地貌、地层岩性、风化程度、地质构造等条件控制。在地形平缓、岩层裂隙、溶隙发育、全强风化较厚地段，地下水补给量大。在构造复杂、地形切割强烈、沟谷密集地段，地下水径流途径短。孔隙裂隙水多以分散的隙流或片状散流形式排泄。

4.1.5.4 地下水化学特征

评价范围内各含水层组的水化学特征与含水层组的岩性、水动力条件以及地貌、构造有密切联系，而局部地段亦受径流途径的长短和人为的影响。因而不同的含水层组的水质成份有所差别，即同一含水层组分布不同地段亦有所差异。

本区域的地下水主要是裂隙水，次为裸露型岩溶水，多呈浅部潜水，循环交替较强，化学成分比较简单，主要成分为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，其余项目 K^+ 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 F^- 含量极低。一般径流途径短，地下水径流循环交替较强烈，从已有水化学分析资料可见其物理性质较好，无色、无味、无嗅、透明，水化学类型简单，以 $\text{HCO}_3\text{-Ca Mg}$ 为主，次为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Ca Mg Na}$ 型水。局部地段和受人为影响的松散堆积孔隙水中，水化学类

型复杂，为 $\text{HCO}_3\text{ SO}_4\text{-Na+K Ca}$ 、 $\text{SO}_4\text{-Ca Mg}$ 、 $\text{Cl SO}_4\text{-Na+K Ca}$ 、 $\text{SO}_4\text{ Cl-Ca}$ 、

Cl-Ca Na 型详见。水温一般 12-17℃，矿化度一般 0.002-0.915g/L；总硬度一般 0.168-24.11 德度。而局部地段∈₂S 地层中矿化度为 1.11-2.56g/L；总硬度高达 26.35-112.43 德度；pH 值一般 7.0-8.2。

本区域以碎屑岩为主，其次为碳酸盐岩夹碎屑岩层。碳酸盐岩主要分布于坝址汇水区，碎屑岩多为条带状分布于各处。水化学特征相似，HCO₃⁻、Ca²⁺、Mg²⁺ 含量占优势，但局部地段的个别含水层组水中 SO₄²⁻、NH₄⁺、HS⁻、Na⁺、K⁺ 含量较高。个别同一含水层组分布不同地段，地下水有所差。区域地下水化学类型分布如图 4.1-1 所示。

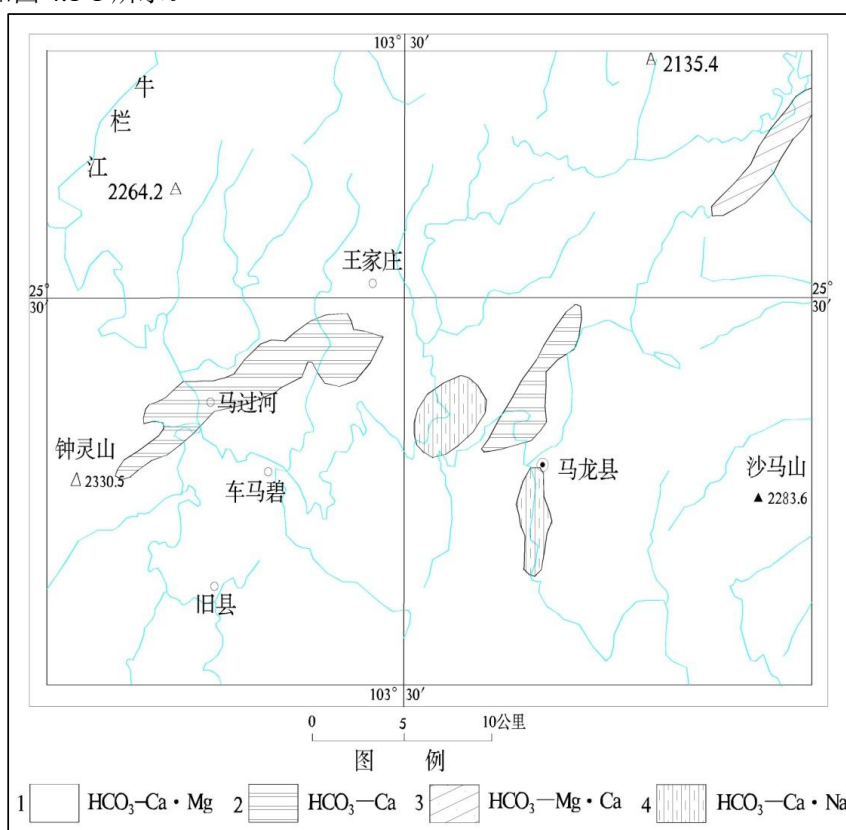


图 4.1-1 地下水化学分区图

4.1.5.5 泉、井调查情况

根据实地调查，车马碧库区及输水线路区周边有泉水和水井分布，是当地村民的生活饮用水源。在调查范围内共调查到泉水 27 处，水井 10 口，分布位置见附图 4-1。其中有 17 处泉水和 4 口水井分布在车马碧水库淹没区或淹没区附近，详见表 4.1-3、表 4.1-4、图 4.1-2。其中，W10、W13、W14、W19、W24、W25、

W26、W27 位于水库淹没区内。

表 4.1-3 车马碧水库淹没区附近泉特征统计表

编号	纬度W	经度E	流量 (l/s)	高程 (m)	是否被 淹没	地层	泉类型	饮用情况
W06	25°23'55"	103°26'15"	7.0	1959	否	∈ ₁ l	下降泉	白塔甫村
W07	25°24'07"	103°27'38"	5.0	1982	否	∈ ₁ l	上升泉	黄土坡村
W08	25°24'32"	103°27'53"	1.0	1993	否	∈ ₁ l	下降泉	小石洞村
W09	25°24'17"	103°27'33"	10.0	1956	否	∈ ₁ l	下降泉	大石洞村
W10	25°24'23"	103°27'25"	15.0	1912	是	∈ ₁ l	下降泉	三家村
W11	25°25'50"	103°26'53"	5.0	1959	否	∈ ₂ s	下降泉	象山村
W12	25°25'02"	103°26'53"	8.0	1971	否	∈ ₁ l	下降泉	木龙村
W13	25°25'27"	103°25'43"	20.0	1871	是	∈ ₂ s	下降泉	大罗贵村
W14	25°26'10"	103°27'52"	1.5	1930	是	∈ ₂ s	下降泉	—
W17	25°24'50"	103°28'22"	6.2	1955	否	∈ ₁ l	下降泉	上罗贵村
W18	25°24'60"	103°28'16"	32.0	1942	否	∈ ₁ l	下降泉	中罗贵村
W19	25°25'17"	103°27'58"	16.3	1917	是	∈ ₁ l	下降泉	下罗贵村
W22	25°25'42"	103°27'13"	2.0	1958	否	∈ ₁ l	下降泉	木龙村
W24	25°24'30"	103°27'06"	35.0	1928	是	∈ ₁ l	下降泉	水井凹村
W25	25°24'34"	103°24'46"	2.4	1935	是	∈ ₂ s	下降泉	下西冲
W26	25°24'15"	103°24'52"	2.9	1927	是	∈ ₂ s	下降泉	上西冲
W27	25°24'04"	103°25'04"	1.4	1938	是	∈ ₁ l	下降泉	白塔村

表 4.1-4 车马碧淹没区附近井特征统计表

井编号	纬度	经度	高程(m)	是否被淹没	地层	饮用情况
#01	25°26'20"	103°28'11"	1940	否	∈ ₂ s	马保地村饮用
#04	25°25'32"	103°29'24"	1981	否	∈ ₁ l	干冲村饮用
#05	25°26'00"	103°30'47"	1957	否	∈ ₁ c	土官寨村饮用
#06	25°27'04"	103°29'45"	2017	否	∈ ₂ s	小陇腾村饮用

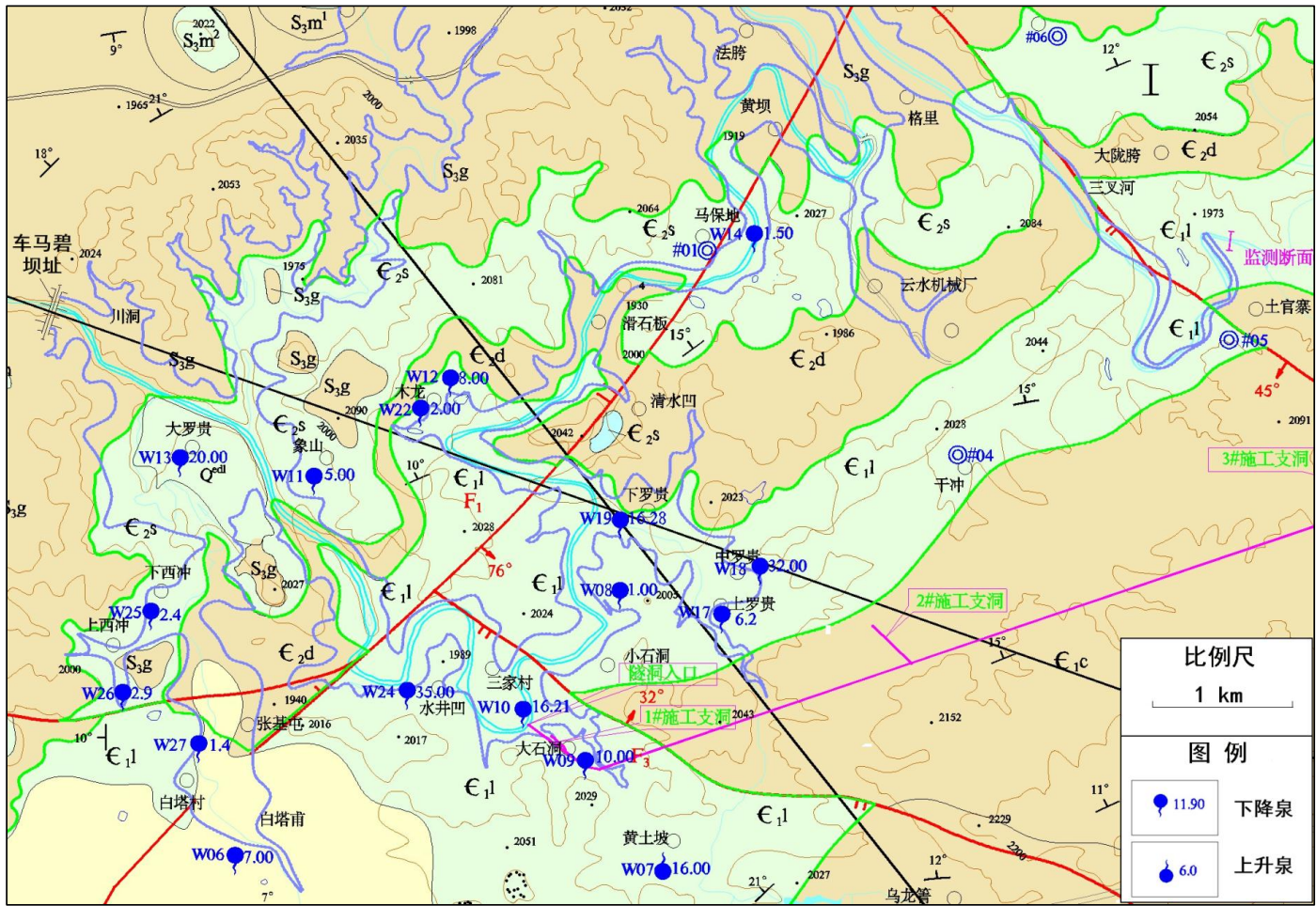


图 4.1-2 库区周边泉水及井分布图

除表 4.1-3 和表 4.1-4 中所列库区周边泉、井外，调查到的其他泉和水井分布见表 4.1-5 和表 4.1-6。

表 4.1-5 车马碧水库非淹没区泉特征统计表

编号	纬度W	经度E	流量 (l/s)	高程 (m)	是否被淹没	地层	泉类型	饮用情况
W01	25°21'59"	103°22'47"	119.60	1890	否	∈ _{1l}	下降泉	黄龙潭村
W02	25°22'05"	103°22'55"	69.43	1924	否	∈ _{1l}	下降泉	黄龙潭村
W03	25°29'07"	103°40'36"	30.14	2025	否	S _{3m}	下降泉	响水街村
W04	25°27'03"	103°38'15"	14.52	2047	否	S _{3g}	上升泉	杨官田村
W05	25°20'00"	103°23'58"	200.00	1937	否	∈ _{1l}	下降泉	大松树村、旧县村
W15	25°23'52"	103°36'55"	42.70	2042	否	∈ _{1l}	上升泉	小龙井村
W16	25°24'44"	103°31'40"	49.00	2012	否	∈ _{2s}	下降泉	下小屯村
W20	25°26'58"	103°31'33"	25.00	1972	否	∈ _{2s}	上升泉	高枳槽村、八角洞村
W21	25°28'39"	103°37'37"	15.14	2075	否	S _{3y}	下降泉	高外营村
W23	25°27'32"	103°31'23"	43.30	1979	否	∈ _{2s}	上升泉	—

表 4.1-6 车马碧非淹没区井特征统计表

井编号	纬度	经度	高程 (m)	是否被淹没	地层	饮用情况
#02	25°25'11"	103°34'58"	2031	否	∈ _{1l}	马家坝酒厂
#03	25°24'29"	103°31'57"	2031	否	∈ _{1l}	中小屯村
#07	25°26'10"	103°31'36"	2041	否	∈ _{1c}	长凹子村
#08	25°26'40"	103°33'42"	1985	否	S _{3g}	大湾河村
#09	25°27'41"	103°35'13"	2046	否	S _{3m}	小田冲村
#10	25°27'52"	103°35'50"	2058	否	S _{3y}	保家营村

4.1.6 土壤

马龙县由于地貌、气候、植被和土地利用不同，形成土壤类型多样，分布有赤红壤、红壤、黄壤、黄棕壤、紫色土、石灰土、冲积土、水稻土共 8 个土类、13 个亚类、24 个土属、62 个土种。其中红壤、黄红壤广泛分布在海拔 2320m 以下的河谷、低中山和高原面上，是马龙分布最广、面积最大的土壤类型；黄棕壤分布在 2320m 以上的中山顶部，为马龙县分布最高的山地土壤，有月望乡的奎冲班庄大山、马头山、黄草坪一线至松溪坡，猫猫洞牛露顶，延升到纳章镇的龙洞龙儿篓头山，方郎的大岩石山大青，曲宗的牛头山，纳章镇的百龙山等地带；紫色土分布较为零星，主要分布在王家庄镇、马过河镇等低中山丘陵地带。

车马碧水库项目区分布土壤主要为红壤、黄棕壤。

4.1.7 水土流失现状

根据《云南省 2004 年土壤侵蚀遥感调查报告》(云南省水利厅、云南省水科所, 2006 年), 工程区涉及麒麟区、马龙县两个行政区, 水土流失面积为 815.95km², 占土地总面积的 25.88%, 微度流失面积为 2337.31km², 占土地总面积的 74.12%。水土流失面积中轻度流失面积 684.22km², 占水土流失面积的 83.86%; 中度流失面积 131.73km², 占水土流失面积的 16.14%。工程区无强烈以上水土流失。工程区多年平均侵蚀量为 260 万 t, 年侵蚀深度为 0.61mm, 背景土壤侵蚀模数为 823.12t/km².a。

马龙县地跨长江流域与珠江流域, 其中长江流域 894.05km², 珠江流域 706.29km²。马龙县水土流失面积 421.01km², 占全县总面积 1600.34km² 的 26.31%。水土流失面积中, 轻度流失面积 343.08km², 中度流失面积 77.94km², 分别占流失面积的 81.49% 和 18.51%。全县土壤侵蚀模数为 845t/km².a, 以轻度侵蚀为主, 年侵蚀深度为 0.63mm。

麒麟区地处珠江流域, 全区水土流失面积 394.93km², 占全区总面积 1552.92km² 的 25.43%。水土流失面积中, 轻度流失面积 341.14km², 中度流失面积 53.79km², 分别占流失面积的 86.38% 和 13.62%。全区土壤侵蚀模数为 802t/km².a, 以轻度侵蚀为主, 年侵蚀深度为 0.59mm。

项目区所在地水土流失现状汇总见表 4.1-5。

表 4.1-5 项目区所在地水土流失现状汇总表 单位: km²

项目 县名	土地总 面积	微度流失面积		水土流失面积					
		面 积	占总 面积 (%)	合 计		轻 度		中 度	
				面 积	占总 面积 (%)	面 积	占流失 面积 (%)	面 积	占流 失面 积(%)
麒麟区	1552.92	1157.99	74.57	394.93	25.43	341.14	86.38	53.79	13.62
马龙县	1600.34	1179.33	73.69	421.02	26.31	343.08	81.49	77.94	18.51
合 计	3153.26	2337.31	74.12	815.95	25.88	684.22	83.86	131.73	16.14

注: 麒麟区、马龙县无强烈以上水土流失。

4.2 生态环境

为满足本工程环境影响评价需要, 委托云南大学于 2015 年对评价区陆生生

态和水生生态进行了详细的调查。评价区调查线路图见附图 4-3。

4.2.1 陆生生态

4.2.1.1 调查方法

(1) 调查范围

陆生生态的评价范围包括以下方面：

- ① 水库淹没区、浸没区、内涝区、淹没线以上至第一层山脊线范围，及库区正常蓄水位 1938.5m 海拔高程以下范围；
- ② 施工征占地范围内及征占地线外延至第一层山脊线范围；
- ③ 移民安置区征地范围，并外延至第一层山脊线范围；
- ④ 复建公路工程区，并外延至第一层山脊线范围

按照上述原则确定的车马碧水库建设项目评价区的面积为 29790.86hm²，其海拔范围介于 1880~2150m 之间。

(2) 调查方法

① 资料收集

收集工程所在地敏感保护目标及环保要求、森林资源历史调查、当地植物、动物、林业、土壤、土地利用、农业种植、生态工程建设等调查成果，并收集当地环评关于陆生生态的调查和评价成果，以及其他有关的调查和评价资料。

② 现场调查

2015 年 9~10 月，项目组在马龙县水务局工程设计人员带领下，按照工程布局图，对车马碧水库评价区进行系统的陆生生态现场调查。调查重点是车马碧水库淹没区、浸没区、内涝区、施工征占地范围、移民安置区。

③ 面积求算和制图方法

利用评价区域最新的卫星影像图片，根据野外植被调查、植物资源调查和动物资源调查的资料，对卫星影像图片进行植被解译。采用 GIS 方法，求算评价区和直接影响区内的各种植被类型的面积。根据现场调查的数据、收集到的土地利用资料，最终完成评价区的植被图、土地利用现状图、保护动植物物种分布图等材料。

4.2.1.2 植物植被

(1) 植被类型

拟建评价区的植被类型包括自然植被和人工植被两大类。评价区植被类型图见附图 4-4。

按照《云南植被》的植被分类原则及系统，根据野外调查资料，车马碧水库评价区范围的自然植被包括 4 个植被型、4 个植被亚型和 9 个群系（表 4.2-1）。

表 4.2-1 车马碧水库评价区植被类型一览表 单位：hm²

属性	植被型	植被亚型	群系	面积(hm ²)	%
自然植被	常绿阔叶林	半湿润常绿阔叶林	黄毛青冈林	354.03	1.19
	落叶阔叶林	暖温性落叶阔叶林	栓皮栎+云南松林	194.41	0.65
	暖性针叶林	暖温性针叶林	云南松林	6940.47	23.30
			云南松+黄毛青冈林		
			云南松+华山松林		
	灌丛	暖温性灌丛	滇石栎+栓皮栎林	852.55	2.86
			黄毛青冈+榿栎林		
			火棘+栲子灌丛		
			牛筋木+栲子灌丛		
	自然植被小计				8341.46
人工植被	人工用材林	人工云南松林	3836.97	12.88	
		人工柏树林			
		人工华山松林			
		人工圣诞树			
		人工柳杉林			
		人工桉树林			
		人工杨树林			
	人工经济林	人工板栗林	1054.81	3.54	
		人工桃树林			
		人工樱桃园			
农田植被（耕地）	水田植被	11827.41	39.70		
	旱地植被				
人工植被小计				16719.19	56.12
其他	水域（河道及滩涂）			707.50	2.37
	村寨及公共管理和服务社			1913.85	6.42
	公路			306.97	1.03
	荒地（未利用地）			1801.89	6.05
	其他小计			4730.21	15.88
合计				29790.86	100.00

1) 自然植被

评价区自河谷海拔高程 1895m 至 2110m，面积 29790.86hm² 范围内，自然植被包括半湿润常绿阔叶林、暖温性落叶阔叶林、暖温性针叶林、栎类灌丛和暖温性灌丛。该评价区自然植被总面积约 8341.46hm²，占评价区面积的 28.00%。评价区自然植被的主要特征详见表 4.2-2。

表 4.2-2

评价区自然植被的主要特征表

植被型	植被亚型	群系	植被组成特征	分布
常绿阔叶林	半湿润常绿阔叶林	黄毛青冈林	<p>群落乔木层高5~8m, 盖度约60%, 组成种类仅3种, 由于人为砍伐的缘故, 胸径较细, 为5~12cm。有黄毛青冈<i>Cyclobalanopsis delavayi</i>、栓皮栎<i>Quercus variabilis</i>和山合欢<i>Albizia kalkora</i>, 它们都是当地原生常绿阔叶林的典型成分。灌木层高度5m以下, 盖度约30%, 组成种类丰富, 当中有许多乔木幼树, 明显的优势种为黄毛青冈幼树<i>Cyclobalanopsis delavayi</i>, 其他还有栓皮栎<i>Quercus variabilis</i>、川梨<i>Pyrus pashia</i>、滇杨<i>Populus yunnanensis</i>、槲栎<i>Quercus aliena</i>等幼树。此外, 真正的灌木成分是金丝桃<i>Hypericum monogynum</i>、牛筋木<i>Dalbergia obtusifolia</i>、华西小石积<i>Osteomeles schwerinae</i>、木蓝<i>Indigofera tinctoria</i>、盐肤木<i>Rhus chinensis</i>、蜜蒙花<i>Buddleja Officinalis</i>、野坝子<i>Elsholtzia rugulosa</i>等。</p> <p>草本层的盖度约30%, 高0.1~1.5m。组成种类较多, 主要有细柄草<i>Capillipedium parviflorum</i>、碎米莎草<i>Cyperus iria</i>、杏叶茴芹<i>Pimpinella candolleana</i>、紫茎泽兰<i>Ageratina adenophora</i>、鬼针草<i>Bidens pilosa</i>、青茅<i>Deyeuxia arundinacea</i>、耳草<i>Hedyotis auricularia</i>、乳白香青<i>Anaphalis lactea</i>、青蒿<i>Artemisia carvifolia</i>、粘毛白酒草<i>Conyza leucantha</i>、滇蔗茅<i>Erianthus longisetosus</i>、唐松草<i>Thalictrum aquilegifolium var. sibiricum</i>、香青<i>Anaphalis sinica</i>等。</p> <p>层间植物种类和数量少, 只有藤本植物, 未见附生植物, 常见山土瓜<i>Merremia hungaiensis</i>、蜀葵叶薯蓣<i>Dioscorea althaeoides</i>、牵牛<i>Pharbitis nil</i>、绒毛鸡血藤<i>Millettia velutina</i>等。可以看出它们主要是一些非常次生的种类, 群落中缺乏附生植物的现象也正好说明群落具有明显的次生性质。</p>	<p>评价区的半湿润常绿阔叶林属于黄毛青冈群系, 仅分布于库区的砂岩上。这块砂岩地坡度20~35%, 为次生化的植被类型, 在当地分布的海拔为1912m。累计面积354.03hm², 占评价区面积的1.19%。此类植被零星分布, 面积相对较小, 坡度较陡峻。</p>
落叶阔叶林	暖温性落叶阔叶林	栓皮栎+云南松林	<p>群落乔木层高5~13m, 盖度约为70%, 组成种类3种, 由于人为影响较大, 胸径较细, 为5~25cm。有云南松<i>Pinus yunnanensis</i>、合欢<i>Albizia julibrissin</i>、栓皮栎<i>Quercus variabilis</i>。灌木层高度5m以下, 层盖度15%, 组成种类丰富。部分种类是乔木层的更新幼树, 如云南油杉<i>Populus yunnanensis</i>、合欢<i>Albizia julibrissin</i>、栓皮栎<i>Quercus variabilis</i>、川梨<i>Pyrus pashia</i>、旱冬瓜<i>Alnus nepalensis</i>等。主要的灌木成分有牛筋木<i>Dalbergia obtusifolia</i>、假地豆<i>Desmodium heterocarpon</i>、胡枝子<i>Lespedeza bicolor</i>、矮杨梅<i>Myrica nanta</i>、薄叶鼠李<i>Rhamnus leptophylla</i>、美丽马醉木<i>Pieris formosa</i>、滑竹<i>Yushania polytricha</i>、金丝桃<i>Hypericum monogynum</i>、千斤拔<i>Flemingia philippinensis</i>、胡颓子<i>Elaeagnus pungens</i>、米饭花<i>Lyonia ovalifolia</i>、喀西茄<i>Solanum khasianum</i>、茅莓<i>Rubus parvifolius</i>等。</p> <p>草本层的盖度约30%, 高度在0.2~0.9m左右。组成种类丰富, 达32余种, 主要是宽穗兔耳风<i>Ainsliaea latifolia var. platyphylla</i>、三叶草<i>Trifolium repens</i>、杏叶茴芹<i>Pimpinella candolleana</i>、紫茎泽兰<i>Ageratina adenophora</i>、钩苞大丁草<i>Gerbera delavayi</i>、画眉草<i>Eragrostis pilosa</i>、粘冠草<i>Myriactis wightii</i>、长柄山蚂蝗<i>Hylodesmum podocarpum</i>、野豌豆<i>Vicia sepium</i>、拉拉藤<i>Galium aparine var. echinpermum</i>、云南兔耳风<i>Ainsliaea yunnanensis</i>、香青<i>Anaphalis sinica</i>、矮蒿<i>Artemisia lancea</i>、鬼针草<i>Bidens pilosa</i>、白酒草<i>Conyza japonica</i>等。</p> <p>层间植物种类和数量少, 有藤本植物, 无附生植物。藤本植物有山土瓜<i>Merremia hungaiensis</i>、高山薯蓣<i>Dioscorea kamoensis</i>、含羞草叶黄檀<i>Dalbergia mimosoides</i>等。</p>	<p>评价区的暖温性落叶阔叶林属于栓皮栎+云南松林群系, 主要分布于大坝坝址上游800m处, 是次生化的植被类型。在当地分布的海拔为1918m。面积约194.41hm², 占评价区面积的0.65%。此类植被为次生化的植被, 在此种植被类型分布地地势相对较缓, 被周边的耕地包围, 受人为砍伐、采挖、放牧等影响显著。</p>

植被型	植被亚型	群系	植被组成特征	分布
暖性针叶林	暖性针叶林	云南松林	云南松+华山松林分布于评价区海拔1890~1930m范围。面积不大，野外调查了1个样方。群落乔木层高5~9m，盖度约为50%，主要由云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> 、华山松 <i>Pinus armandi</i> 、栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i> 、旱冬瓜 <i>Alnus nepalensis</i> 组成，由于人为影响较大，胸径较细，为8~18cm。灌木层高5m以下，层盖度30%，包括乔木幼树，如栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i> 、川梨 <i>Pyrus pashia</i> 、昆明朴 <i>Celtis kumningensis</i> 等。真正的灌木有火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i> 、悬钩子 <i>Rubus xichouensis</i> 、金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i> 、青麸杨 <i>Rhus potaninii</i> 、川滇蔷薇 <i>Rosa soulieana</i> 、管花木犀 <i>Osmanthus delavayi</i> 等。草本层盖度约60%，高0.2~0.7m。常见狗肝菜 <i>Dicliptera chinensis</i> 、紫茎泽兰 <i>Ageratina adenophora</i> 、钝叶土牛膝 <i>Achyranthes obtusifolia</i> 、狭叶凤尾蕨 <i>Pteris henryi</i> 、一把伞南星 <i>Arisaema erubescens</i> 、皱叶狗尾草 <i>Setaria plicata</i> 、苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i> 、细画眉草 <i>Eragrostiella lolioides</i> 、西南马陆草 <i>Eremochloa bimaculata</i> 、匍匐风轮菜 <i>Clinopodium repens</i> 等。层间植物种类和数量极少，有光亮薯蓣 <i>Dioscorea nitens</i> 、含羞草叶黄檀 <i>Dalbergia mimosoides</i> 、五叶薯蓣 <i>Dioscorea pentaphylla</i> 、云南鸡矢藤 <i>Paederia yunnanensis</i> 等。	评价区的暖温性针叶林有3个群系，分别是云南松+华山松林群系、云南松+黄毛青冈林群系和云南松林群系。是次生化的植被类型。在当地分布的海拔范围为1898-2068m。面积约6940.47hm ² ，占评价区面积的23.30%。此类植被为次生化的植被，在此种植被类型分布地地势相对较缓，被周边的耕地包围，受人为砍伐、采挖、放牧等影响显著。
		云南松+黄毛青冈林	云南松+黄毛青冈林主要分布于大坝库区前段周边，海拔1910~1970m范围。面积较小，野外调查了1个样方。乔木层高5~8m，盖度约为40%，主要由云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> 和黄毛青冈 <i>Cyclobalanopsis delavayi</i> 组成，群落中伐桩较多，中由于人为砍伐影响较大，目前所剩乔木的胸径较细，不足15cm。灌木层高度5m以下，层盖度40%，除上述乔木幼树外，主要的灌木成分有野坝子 <i>Elsholtzia rugulosa</i> 、乌鸦泡 <i>Accinium fragile</i> 、喀西茄 <i>Solanum khasianum</i> 、茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> 、滑竹 <i>Yushania polytricha</i> 等。草本层盖度约30%，高0.1~0.9m。常见西南野古草 <i>Arundinella hookeri</i> 、紫茎泽兰 <i>Ageratina adenophora</i> 、小白酒草 <i>Conyza canadensis</i> 、细画眉草 <i>Eragrostiella lolioides</i> 、宽穗兔耳风 <i>Ainsliaea latifolia</i> var. <i>Platyphylla</i> 、锈苞蒿 <i>Artemisia imponens</i> 、大花双参 <i>Triplostegia grandiflora</i> 、羊耳菊 <i>Inula cappa</i> 、西南马陆草 <i>Eremochloa bimaculata</i> 等。层间植物只发现蜀葵叶薯蓣 <i>Dalbergia mimosoides</i> 、绒毛鸡血藤 <i>Dioscorea nitens</i> 等藤本植物，数量很少。	
		云南松+华山松林	评价区云南松林分布较广泛，海拔1930~2100m。面积较大，野外调查了3个样方。乔木层高4-9m，盖度不超过为30%，主要由云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> 和云南油杉 <i>Keteleeria evelyniana</i> 组成，由于人为影响较大，胸径较细，为6-14cm。灌木层高度5m以下，层盖度范围为10%~60%，有部分乔木幼树，主要为云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> 、云南油杉 <i>Keteleeria evelyniana</i> 、黄毛青冈 <i>Cyclobalanopsis delavayi</i> 、槲栎 <i>Quercus aliena</i> 等。真正灌木成分有小铁仔 <i>Myrsine africana</i> 、柃子 <i>Cotoneaster tenuipes</i> 、三颗针 <i>Berberis diaphana</i> 、火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i> 、小叶山蚂蝗 <i>Desmodium microphyllum</i> 、勾儿茶 <i>Berchemia racemosa</i> 、矮杨梅 <i>Myrica nanta</i> 、假地豆 <i>Desmodium heterocarpon</i> 、米饭花 <i>Lyonia ovalifolia</i> 、野丁香 <i>Leptodermis potanini</i> 、马桑 <i>Coriaria nepalensis</i> 、茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> 等。草本层的盖度范围为20%~90%，高0.1~1.5m。常见牙刷草 <i>Elsholtzia bodinieri</i> 、野古草 <i>Arundinella anomala</i> 、地耳草 <i>Hypericum japonicum</i> 、酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i> 、乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i> 、香青 <i>Anaphalis sinica</i> 、鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> 、万丈深 <i>Crepis phoenix</i> 、松毛火绒草 <i>Leontopodium andersonii</i> 、金茅 <i>Eulalia speciosa</i> 、羌青还阳参 <i>Crepis napifera</i> 、毛轴莎草 <i>Cyperus pilosus</i> 、青蒿 <i>Artemisia carvifolia</i> 等。层间植物只有山土瓜 <i>Merremia hungaiensis</i> 、蜀葵叶薯蓣 <i>Dioscorea althaeoides</i> 等藤本植物，没有发现附生植物。	

植被型	植被亚型	群系	植被组成特征	分布
灌丛	暖温性灌丛	滇石栎+栓皮栎林	群落中乔木层高度范围6~9m，盖度不到10%，主要植物有槲栎 <i>Quercus aliena</i> 、云南樟 <i>Cinnamomum glanduliferum</i> 、朴树 <i>Celtis sinensis</i> 、化香 <i>Platycarya strobilacea</i> 、合欢 <i>Albizia julibrissin</i> 、猫乳 <i>Rhamnella franguloides</i> 。群落灌木层的高5m以下，盖度30%~60%。包括较多乔木幼树，如滇石栎 <i>Lithocarpus dealbatus</i> 、川梨 <i>Pyrus pashia</i> 、石楠 <i>Photinia serratifolia</i> 、野梅 <i>Urena lobata</i> 、八角枫 <i>Alangium chinense</i> 、川梨 <i>Pyrus pashia</i> 、高山栲 <i>Castanopsis delavayi</i> 等。真正的灌木种类有川滇蔷薇 <i>Rosa soulieana</i> 、小漆树 <i>Toxicodendron delavayi</i> 、小铁仔 <i>Myrsine africana</i> 、牛筋木 <i>Dalbergia obtusifolia</i> 、绣线梅 <i>Neillia thyrsinora</i> 、绣线菊 <i>Spiraea japonica</i> 、青荚叶 <i>Helwingia japonica</i> 、蜜蒙花 <i>Buddleja officinalis</i> 、小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i> 、茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> 、小雀花 <i>Campylotropis polyantha</i> 、蜜蜂花 <i>Melissa axillaris</i> 、金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i> 等。草本层的种类和数量都多，盖度30%~50%，高度0.1~2m，主要有芭蕉 <i>Musa basjoo</i> 、狗尾草 <i>Setaria viridis</i> 、板凳果 <i>Pachysandra axillaris</i> 、大叶茜草 <i>Rubia schumanniana</i> 、云南獐牙菜 <i>Swertia yunnanensis</i> 、夏枯草 <i>Prunella vulgaris</i> 、尾穗薹草 <i>Carex caudispicata</i> 、硬杆子草 <i>Capillipedium assimile</i> 、狭叶凤尾蕨 <i>Pteris henryi</i> 、青茅 <i>Deyeuxia arundinacea</i> 、西南银莲花 <i>Anemone davidii</i> 、堇菜 <i>Viola verecunda</i> 、小红参 <i>Galium elegans var. Elegans</i> 、缬草 <i>Valeriana officinalis</i> 、四方蒿 <i>Elsholtzia blanda</i> 、一把伞南星 <i>Arisaema erubescens</i> 、细柄草 <i>Capillipedium parviflorum</i> 、西南凤尾蕨 <i>Pteris wallichiana var. wallichiana</i> 、金粉蕨 <i>Onychium siliculosum</i> 、鳞毛蕨 <i>Dryopteris woodsii</i> sora、长叶天名精 <i>Carpesium longifolium</i> 、沼生拉拉藤 <i>Galium palustre</i> 、粉背蕨 <i>Aleuritopteris pseudofarinosa</i> 等。群落的层间植物不发达，藤本主要有薯蓣 <i>Dioscorea opposita</i> 、雀麦藤 <i>Bromus japonicus</i> 、野葡萄 <i>Vitis flexuosa</i> 、西南菝葜 <i>Smilax bockii</i> 、滑叶藤 <i>Clematis fasciculiflora</i> 、细茎旋花豆 <i>Cochlianthus gracilis</i> 等，而且附生植物除铁角蕨 <i>Asplenium trichomanes</i> 、瓦韦 <i>Lepisorus thunbergianus</i> 外其它几乎没有其他种类。	评价区的暖温性灌丛分布很广，但是分散，面积相对较小，累计852.55hm ² ，占评价区面积的2.86%。这种状况反映了当地植被的显著的次生性质，分成4个群系，分别是滇石栎+栓皮栎灌丛、黄毛青冈+槲栎灌丛、火棘+栒子灌丛、牛筋木+栒子灌丛。滇石栎+栓皮栎萌生灌丛分布于评价区海拔1896~1934m的范围。面积较小，野外调查了2个样方。黄毛青冈+槲栎萌生灌丛分布于评价区海拔1915~1990m的范围。面积较小，野外调查了2个样方。评价区火棘+栒子灌丛分布较广，海拔1895~2100m，面积大，野外调查了7个样方。牛筋木+栒子灌丛零星分布于评价区内，面积较小，野外调查了2个样方。
		黄毛青冈+槲栎林	群落中未发现超过5m的乔木植株。灌木层盖度60%~65%。常有较多乔木幼树，如黄毛青冈 <i>Cyclobalanopsis delavayi</i> 、白穗石栎 <i>Lithocarpus craibianus</i> 、滇石栎 <i>Lithocarpus dealbatus</i> 、槲栎 <i>Quercus aliena</i> 、栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i> 、川梨 <i>Pyrus pashia</i> 等。真正的灌木种类有栒子 <i>Cotoneaster tenuipes</i> 、昆明小檗 <i>Berberis kunmingensis</i> 、金丝桃 <i>Hypericum monogynum</i> 、毛叶花椒 <i>Zanthoxylum dungeanum var. pubescens</i> 、炮仗杜鹃 <i>Rhododendron spinuliferum</i> 、川滇蔷薇 <i>Rosa soulieana</i> 、毛枝绣线菊 <i>Spiraea martini var. Martini</i> 、地石榴 <i>Ficus tikoua</i> 、茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> 、小雀花 <i>Campylotropis polyantha</i> 、野坝子 <i>Elsholtzia rugulosa</i> 、腺毛木蓝 <i>Indigofera scabrida</i> 等。草本层的种类和数量都很多，盖度30%~50%，高度0.1~1.5m，常见多脉莎草 <i>Cyperus diffusus</i> 、西南马陆草 <i>Eremochloa bimaculata</i> 、秋分草 <i>Rhynchospermum verticillatum</i> 、三叶半夏 <i>Pinellia ternata</i> 、唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium var. sibiricum</i> 、紫茎泽兰 <i>Ageratina adenophora</i> 、薄叶旋叶香青 <i>Anaphalis contorta</i> 、青蒿 <i>Artemisia apiacea</i> 、蒿 <i>Artemisia parviflora</i> 、蕨 <i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i> 、糯米团 <i>Memoralis hirta</i> 、小红参 <i>Galium elegans</i> 、云南蒿 <i>Artemisia yunnanensis</i> 、鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> 、西南风铃草 <i>Campanula pallida</i> 、小花倒提壶 <i>Cynoglossum lanceolatum ssp. eulanceolatum</i> 、棒果马蓝 <i>Pteracanthus claviculatus</i> 、翠雀花 <i>Delphinium anthriscifolium</i> 、辣子草 <i>Galinisoga parviflora</i> 、硬杆子草 <i>Capillipedium parviflorum</i> 、旱蕨 <i>Pellaea nitidula</i> 、仙鹤草 <i>Agrimonia pilosa</i> 、石蝴蝶 <i>Petrocosmea duclouxii</i> 等。群落的层间植物少，藤本只有木防己 <i>Cocculus orbiculatus</i> 、含羞草叶黄檀 <i>Dalbergia mimosoides</i> 、何首乌 <i>Fallopia multiflora</i> ，附生植物未见。	

植被型	植被亚型	群系	植被组成特征	分布
		火棘+栲子灌丛	<p>群落中除有少量桉树<i>Eucalyptus robusta</i>外,未发现其他高度超过5m的乔木,灌木层盖度10%~85%。常常分布较多乔木幼树,如合欢<i>Albizia julibrissin</i>、滇青冈<i>Cyclobalanopsis austoglauca</i>、滇厚壳树<i>Ehretia corylifolia</i>、川梨<i>Pyrus pashia</i>、野梅<i>Urena lobata</i>、圣诞树<i>Acacia dealbata</i>、棕榈<i>Trachycarpus fortunei</i>、黄连木<i>Pistacia chinensis</i>、楝木<i>Cornus macrophylla</i>、君迁子<i>Diospyros lotus</i>等。</p> <p>真正的灌木种类有马桑<i>Coriaria nepalensis</i>、小叶女贞<i>Ligustrum quihoui</i>、匍匐栲子<i>Cotoneaster adpressus</i>、牛筋木<i>Dalbergia obtusifolia</i>、水麻<i>Debregeasia orientalis</i>、青刺尖<i>Prinsepia utilis</i>、醉鱼草<i>Buddleja lindleyana</i>、金丝桃<i>Hypericum monogynum</i>、火棘<i>Pyracantha fortuneana</i>、乌泡子<i>Rubus parkeri</i>、茅莓<i>Rubus parvifolius</i>、薄叶鼠李<i>Rhamnus leptophylla</i>、臭荚蒾<i>Viburnum foetidum</i>、毛枝绣线菊<i>Spiraea martini var. Martini</i>、光亮玉山竹<i>Yushania levigata</i>、亮毛杜鹃<i>Rhododendron microphyton</i>、金银忍冬<i>Lonicera maackii</i>、苦刺花<i>Sophora davidii</i>、盐肤木<i>Rhus chinensis</i>、小叶栲子<i>Cotoneaster microphyllus</i>等。草本层的种类和数量较多,盖度为30%~90%,高度0.1~1.5m左右,如竹节草<i>Commelina diffusa</i>、紫茎泽兰<i>Ageratina adenophora</i>、青蒿<i>Artemisia carvifolia</i>、野古草<i>Arundinella anomala</i>、细柄草<i>Capillipedium parviflorum</i>、马鞭草<i>Verbena officinalis</i>、地耳草<i>Hypericum japonicum</i>、獐牙菜<i>Swertia bimaculata</i>、大画眉草<i>Eragrostis cilianensis</i>、西南凤尾蕨<i>Pteris wallichiana</i>、土牛膝<i>Achyranthes asper</i>、千里光<i>Senecio scandens</i>、野鸡尾<i>Onychium japonicum</i>、窃衣<i>Torilis japonica</i>、凤尾蕨<i>Pteris nervosa</i>、败酱<i>Patrinia scabiosaefolia</i>等。群落的藤本植物较少,主要有铁线莲<i>Clematis florida</i>、何首乌<i>Fallopia multiflora</i>、含羞草叶黄檀<i>Dalbergia mimosoides</i>、鸡矢藤<i>Paederia scandens</i>、少果南蛇藤<i>Celastrus rosthornianus</i>等,无附生植物。</p>	
		牛筋木+栲子灌丛	<p>群落中有少量人工种植的圣诞树<i>Acacia dealbata</i>,高度超过5m,盖度不超过5%。灌木层为主林层,高度不超过5m,盖度约10%~30%。包括樱<i>Cerasus serrula</i>和川梨<i>Pyrus pashia</i>幼树,真正的灌木有火棘<i>Pyracantha fortuneana</i>、苦刺花<i>Sophora davidii</i>、牛筋木<i>Dalbergia obtusifolia</i>、青刺尖<i>Prinsepia utilis</i>、地石榴<i>Ficus tikoua</i>、盐肤木<i>Rhus chinensis</i>、三颗针<i>Berberis diaphana</i>、金丝桃<i>Hypericum monogynum</i>、狭叶火棘<i>Pyracantha angustifolia</i>、滇中绣线菊<i>Spiraea schochiana</i>、小铁仔<i>Myrsine africana</i>、小叶女贞<i>Ligustrum quihoui</i>、胡枝子<i>Lespedeza bicolor</i>、马桑<i>Coriaria nepalensis</i>、茅莓<i>Rubus parvifolius</i>、小叶山蚂蝗<i>Desmodium microphyllum</i>等。草本层的种类和数量较多,盖度60%~90%,高度0.1~1.5m,如青蒿<i>Artemisia carvifolia</i>、云南蒿<i>Artemisia yunnanensis</i>、野古草<i>Arundinella anomala</i>、滇蔗茅<i>Erianthus longisetosus</i>、茜草<i>Rubia cordifolia</i>、蕨<i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>、沼生拉拉藤<i>Galium palustre</i>、鬼针草<i>Bidens pilosa</i>、爵床<i>Rostellularia procumbens</i>、细柄草<i>Capillipedium parviflorum</i>、波斯菊<i>Cosmos bipinnata</i>、水皂角<i>Cassia mimosoides</i>、糯米团<i>Memorialis hirta</i>、百蕊草<i>Thesium chinense</i>、白茅<i>Imperata cylindrica var. major</i>等。群落的藤本植物除雀麦藤<i>Bromus japonicus</i>和蜀葵叶薯蓣<i>Dioscorea althaeoides</i>外,未发现其他种,亦没有附生植物。</p>	

2) 人工植被

评价区的人工植被面积 16719.19hm²，占评价区面积的 56.12%。包括人工用材林（人工柏树林、人工华山松林、人工柳杉林、人工圣诞树+云南松幼林、人工云南松林、人工桉树林、人工杨树林）、经济林（人工板栗林、人工桃树林、樱桃园）和耕地植被。评价区自然植被的主要特征详见表 4.2-3。

3) 评价区植被小结

综上所述，评价区各种植被类型中，面积最大的是耕地植被，其面积达到 11827.41hm²，占评价区面积的 39.70%；评价区自然植被的面积较小，为 8341.46hm²，占评价区面积的 28.00%。由此可以看出，车马碧水库所在的评价区部分是以农业生产为主的农业区。

评价区的自然植被类型虽然有半湿润常绿阔叶林、暖温性落叶阔叶林、暖温性针叶林、栎类萌生灌丛和暖温性灌丛 5 种类型，但由于工程区及评价区很多位于村寨附近，长期以来受农业生产和生活的影响，残存下来的自然植被也受到了严重的破坏，目前成为十分次生的植物群落类型，表现在组成群落的物种减少，尤其是群落中的原生成分减少，相反，群落中的外来成分增加；此外，群落的高度降低，高质量的乔木树种资源枯竭，乔木的胸径减小，密度和盖度下降，林分质量大大下降。

由于人口增加和热带经济林木产品价格的不断上涨，评价区人工植被的面积还会缓慢增加，自然植被的面积还会逐渐缩小，并且其自然植被的次生化程度还会进一步加剧。

表 4.2-3

评价区人工植被的主要特征表

植被型	群系	植被组成特征	分布
	人工云南松林	<p>群落乔木层的盖度最高达60%，以人工种植的云南松<i>Pinus yunnanensis</i>和华山松<i>Pinus armandi</i>为优势，高度为5~9m。</p> <p>灌木层高度不超过4m，盖度约20%~35%，种类主要有三颗针<i>Berberis diaphana</i>、匍匐栒子<i>Cotoneaster adpressus</i>、栒子<i>Cotoneaster tenuipes</i>、火棘<i>Pyracantha fortuneana</i>、胡颓子<i>Elaeagnus pungens</i>、川滇蔷薇<i>Rosa soulieana</i>、牛筋木<i>Dalbergia obtusifolia</i>、狭叶火棘<i>Pyracantha angustifolia</i>、茅莓<i>Rubus parvifolius</i>、野坝子<i>Elsholtzia rugulosa</i>、马桑<i>Coriaria nepalensis</i>、金丝桃<i>Hypericum monogynum</i>等。</p> <p>草本层的盖度约10%~50%，高度约0.1~2m之间。常见的种类地毯草<i>Axonopus compressus</i>、野百合<i>Crotalaria sessiflora</i>、华火绒草<i>Leontopodium sinense</i>、蕨<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>、天明精<i>Carpesium abrotanoides</i>、毛拉拉藤<i>Galium elegans</i> var. <i>javanicum</i>、仙鹤草<i>Agrimonia pilosa</i>、西南委陵菜<i>Potentilla fulgens</i>、野百合<i>Crotalaria sessiflora</i>、缬草<i>Valeriana officinalis</i>、珠光香青<i>Anaphalis margaritacea</i>、牡蒿<i>Artemisia japonica</i>、云南蒿<i>Artemisia yunnanensis</i>、异叶泽兰<i>Eupatorium heterophyllum</i>、钩苞大丁草<i>Gerbera delavayi</i>、蓝花参<i>Wahlenbergia marginata</i>、云南沿阶草<i>Ophiopogon tienensis</i>、半夏<i>Pinellia ternata</i>、鸡蛋参<i>Codonopsis convolvulacea</i>、滇香薷<i>Origanum vulgare</i>、虎掌草<i>Anemone rivularis</i>、辣子草<i>Galinsoga parviflora</i>、水皂角<i>Cassia mimosoides</i>、川续断<i>Dipsacus asperoides</i>、三角叶风毛菊<i>Saussurea deltoidea</i>、过路黄<i>Lysimachia christinae</i>、匍匐风轮菜<i>Clinopodium repens</i>等。</p> <p>层间植物有含羞草叶黄檀<i>Dalbergia mimosoides</i>、何首乌<i>Fallopia multiflora</i>、蜀葵叶薯蓣<i>Dioscorea althaeoides</i>、铁线莲<i>Clematis florida</i>、野葡萄<i>Vitis flexuosa</i>等藤本植物，未发现附生植物。</p>	评价区的人工云南松林主要分布在生活区和渣场附近，种植海拔不超过2110m，林下灌木和草本植物较多，生物多样性较丰富。
人工用材林	人工柏树林	<p>群落乔木层的盖度约30%~80%，以人工种植的冲天柏<i>Cupressus duclouxiana</i>和藏柏<i>Cbrressus torulosa</i>为优势，高度近15m。其他伴生乔木几乎没有。</p> <p>灌木层高度不超过4m，盖度约5%~70%，当地的小铁仔<i>Myrsine africana</i>、火棘<i>Pyracantha fortuneana</i>、匍匐栒子<i>Cotoneaster adpressus</i>、胡枝子<i>Lespedeza bicolor</i>、盐肤木<i>Rhus chinensis</i>、青麸杨<i>Rhus potaninii</i>、马桑<i>Coriaria nepalensis</i>、小雀花<i>Campylotropis polyantha</i>、臭荚蕒<i>Viburnum foetidum</i>、茅莓<i>Rubus parvifolius</i>较为常见。</p> <p>草本层的盖度约10%~50%，高度约0.1~2m之间。常见的种类包括蒿<i>Artemisia parviflora</i>、五节芒<i>Miscanthus floridulus</i>、楼梯草<i>Elatostema involucreatum</i>、毛拉拉藤<i>Galium elegans</i> var. <i>Javanicum</i>、土牛膝<i>Achyranthes asper</i>、具芒碎米莎草<i>Cyperus microiria</i>、西南凤尾蕨<i>Pteris wallichiana</i> var. <i>Wallichiana</i>、蹄盖蕨<i>Athyrium filix-femina</i>、锐齿凤仙花<i>Impatiens arguta</i>、水蓼<i>Polygonum hydropiper</i>、蓝钟花<i>Cyananthus hookeri</i>等种类。</p>	评价区种植柏树仅零星种植，不形成大面积的柏树林，面积较小，但评价区样地内各种柏树的盖度较高，林下其他的灌木和草本植物也较多，生物多样性较丰富。
	人工华山松林	<p>群落乔木层的盖度约70%~85%，以人工种植的华山松<i>Pinus armandi</i>为优势，高度为5~14m，中间有少量云南松<i>Pinus yunnanensis</i>伴生。</p> <p>灌木层高度不超过2m，盖度约3-10%，种类和数量都较少，以当地原生的小铁仔<i>Myrsine africana</i>、火棘<i>Pyracantha fortuneana</i>、三颗针<i>Berberis diaphana</i>、川滇蔷薇<i>Rosa soulieana</i>、小叶女贞<i>Ligustrum quihoui</i>、臭荚蕒<i>Viburnum foetidum</i>、柃木<i>Eurya japonica</i>、茅莓<i>Rubus parvifolius</i>较为常见。</p> <p>草本层的盖度约10%~15%，高度约10~50cm之间。常见的种类包括荩草<i>Arthraxon hispidus</i>、寸金草<i>Clinopodium megalanthum</i>、香薷<i>Elsholtzia ciliata</i>、锈苞蒿<i>Artemisia imponens</i>、小白酒草<i>Conyza canadensis</i>、西南凤尾蕨<i>Pteris wallichiana</i> var. <i>wallichiana</i>、锈苞蒿<i>Artemisia imponens</i>、长叶天名精<i>Carpesium longifolium</i>、川滇柴胡<i>Bupleurum candollei</i>、白茅<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>major</i>等。</p> <p>层间植物只有木藤蓼<i>Fallopia aubertii</i>，个体数量也很少。</p>	评价区的人工华山松林种植并不广泛，面积都很小。主要分布在长坡岭渣场附近，种植海拔不超过2047m。种植密度较大，郁闭度大，所以林下其他的灌木和草本植物稀少，生物多样性较为贫乏。

植被型	群系	植被组成特征	分布
人工柳杉林	人工柳杉林	群落乔木层的盖度约40%，以人工种植的柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> 为优势，高度为5~8m，中间有少量藏柏 <i>Cabrressus torulosa</i> 和圣诞树 <i>Acacia dealbata</i> 伴生。 灌木层高度不超过2m，盖度约3%，种类和数量极少，只有柃木 <i>Cotoneaster tenuipes</i> 、火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i> 、茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> 较为常见。 草本层的盖度约100%，高度约10~60cm之间。常见的种类包括青茅 <i>Deyeuxia arundinacea</i> 、野草莓 <i>Fragaria vesca</i> 、狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> 、蜈蚣草 <i>Eremochloa ciliaris</i> 、积雪草 <i>Centella asiatica</i> 、杏叶苣荬 <i>Pimpinella candolleana</i> 、蕨 <i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i> 、青蒿 <i>Artemisia apiacea</i> 、云南蒿 <i>Artemisia yunnanensis</i> 、滇香薷 <i>Origanum vulgare</i> 、姜味草 <i>Micromeria biflora</i> 等。 样地内未发现层间植物。	评价区的人工柳杉林种植面积极小，主要分布4号支洞附近，种植海拔不超过2075m，但郁闭度较大，所以林下其他的灌木和草本植物稀少，生物多样性贫乏。
	人工圣诞树+云南松幼林	群落乔木层的盖度不超过50%，以人工种植的圣诞树 <i>Acacia dealbata</i> 、华山松 <i>Pinus armandi</i> 、云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> 为主，高度均不超过11m。 灌木层高度不超过4m，盖度约15%~70%，种类主要有昆明小檗 <i>Berberis kunmingensis</i> 、小叶柃木 <i>Cotoneaster microphyllus</i> 、小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i> 、金丝桃 <i>Hypericum monogynum</i> 、火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i> 、野坝子 <i>Elsholtzia rugulosa</i> 、假地豆 <i>Desmodium heterocarpon</i> 、绣线菊 <i>Spiraea japonica</i> 、茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> 等。 草本层的盖度约20%~90%，高度约10~80cm之间。常见的种类包括矮蒿 <i>Artemisia lancea</i> 、狗尾草 <i>Setaria viridis</i> 、鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> 、密网蕨 <i>Dictyodroma heterophlebium</i> 、云南兔耳风 <i>Ainsliaea yunnanensis</i> 、珠光香青 <i>Anaphalis margaritacea</i> 、千里光 <i>Senecio scandens</i> 、积雪草 <i>Centella asiatica</i> 、耳草 <i>Hedyotis auricularia</i> 、乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i> 、粘毛白酒草 <i>Conyza leucantha</i> 、砖子苗 <i>Mariscus sumatrensis</i> 、大画眉草 <i>Eragrostis cilianensis</i> 、钩苞大丁草 <i>Gerbera delavayi</i> 、土牛膝 <i>Achyranthes asper</i> 、西南委陵菜 <i>Potentilla fulgens</i> 、白茅 <i>Imperata cylindrica var. major</i> 等。 层间植物只有山土瓜 <i>Merremia hungaiensis</i> 、蜀葵叶薯蓣 <i>Dioscorea althaeoides</i> 这两种藤本。	评价区的人工圣诞树+云南松幼林主要分布在1号支洞、7号支洞和白塔村石料场附近，种植海拔不超过2084m，但郁闭度较小，所以林下其他的灌木和草本植物较多，生物多样性较丰富。
	人工桉树林	评价区人工桉树林面积极小，仅在大罗贵渣场和1号隧洞口零星分布，周边均为耕地，海拔不超过2100m，影响不大。	
人工经济林	评价区经济林面积不大，多以村寨边零星种植为主，累计面积约1054.81hm ² ，占评价区面积的3.54%。评价区的经济林主要包括桃、樱桃、板栗等，种植规模很小。		
农田植被（耕地）	评价区以农业生产为主，耕地为评价区最主要的土地面积，共11827.41hm ² ，占评价区面积的39.70%。包括水田植被和旱地植被。 评价区的水田主要分布于坝区，及部分施工支洞及生产生活区附近，面积较小。水田主要种植水稻、烟草等；旱地主要种植油菜、玉米、马铃薯、黄豆等。 上述各种人工植被中，耕地植被为单优人工群落，缺乏生物多样性。		

(2) 植物资源

1) 评价区维管植物科属种构成

评价区环境条件相对单一，海拔高差不大，农业生产历史悠久，而耕地、园地和人工林所占比例较大，自然植被保存不多，植物资源的种类和数量相对较少。

表 4.2-4 评价区维管植物科属种数量统计表

植物类群		科数	属数	种数	
蕨类植物		11	16	22	
种子植物	裸子植物	1	1	1	
	被子植物	双子叶植物	82	211	317
		单子叶植物	11	41	69
		被子植物小计	93	252	386
种子植物小计		94	253	387	
维管植物合计		105	269	409	

2) 评价区种子植物属的区系特征

评价区有野生种子植物 253 属。其中，热带类型的属 104 属（分布区类型 2 至 7-3），占 253 属的 41.12%；温带类型的属 116 属（分布区类型 8 至 15），占 253 属的 45.84%。该数字表明，评价区温带植物区系和热带植物区系均较为明显。所有这些属中，以北温带分布的属（分布区类型 8、8-4、8-5、8-6）最为突出，计 58 属，占评价区野生种子植物总属数的 22.92%；其次为泛热带分布的属（分布区类型 2、2-1、2-2），计 51 属，占评价区总属数的 20.16%。表明评价区的植物区系与北温带亚洲植物区系和泛热带植物区系的密切联系。详见表 4.2-5。

表 4.2-5 评价区野生种子植物属的分布区类型统计表

类型编号	分布区类型	属数	%
1	世界分布	33	13.04
2	泛热带分布	47	18.58
2.1	热带亚洲、大洋洲（至新西兰）和中、南美洲（或墨西哥）间断分布	2	0.79
2.2	热带亚洲、非洲和中、南美洲间断分布。	2	0.79
3	热带亚洲和热带美洲间断分布	9	3.56
4	旧世界热带分布	9	3.56
4.1	热带亚洲、非洲（或东非、马达加斯加）和大洋洲间断分布	2	0.79
5	热带亚洲至热带大洋洲分布	6	2.37
6	热带亚洲至热带非洲分布	13	5.13
6.1	华南、西南到印度和热带非洲间断分布	1	0.40
6.2	热带亚洲和东非或马达加斯加间断分布	1	0.40
7	热带亚洲(印度-马来西亚)分布	11	4.35

类型编号	分布区类型	属数	%
7.3	缅甸、泰国至华西南分布。	1	0.40
	热带属合计（类型2-7）	104	41.12
8	北温带分布	45	17.79
8.4	北温带和南温带间断分布“全温带”	10	3.94
8.5	欧亚和南美洲温带间断分布。	2	0.79
8.6	地中海、东亚、新西兰和墨西哥-智利间断分布。	1	0.4
9	东亚和北美洲间断分布	16	6.31
10	旧世界温带分布	7	2.76
10.1	地中海区、西亚（或中亚）和东亚间断分布。	4	1.58
10.2	地中海区和喜马拉雅间断分布。	2	0.79
10.3	欧亚和南部非洲（有时也在大洋洲）间断分布。	1	0.40
11	温带亚洲分布	2	0.79
12.3	地中海区至温带-热带亚洲、大洋洲和南美洲间断分布。	1	0.40
13.2	中亚至喜马拉雅和我国西南分布。	1	0.40
14	东亚分布	11	4.35
14.1	中国-喜马拉雅分布	9	3.56
14.2	中国-日本分布	2	0.79
15	中国特有分布	2	0.79
	温带属合计（类型8-15）	116	45.84
合计		253	100.00

3) 保护植物及名木古树

按照《国家重点保护野生植物名录》（第一批，1999），评价区未发现保护植物及名木古树。

4) 特有植物

评价区记录到中国特有植物 85 种，占评价区植物种类的 20.8%。记录到云南特有植物 12 种，占评价区植物种类的 3%。

表 4.2-6 评价区云南特有植物一览表

序号	中文名	拉丁名	性状
1	滇西委陵菜	<i>Potentilla delavayi</i>	草本
2	云南过路黄	<i>Lysimachia albescens</i>	草本
3	宽穗兔耳风	<i>Ainsliaea latifolia</i> var. <i>platyphylla</i>	草本
4	滑竹	<i>Yushania polytricha</i>	灌木
5	云南沿阶草	<i>Ophiopogon tienensis</i>	草本
6	滇中绣线菊	<i>Spiraea schochiana</i>	灌木
7	昆明小檗	<i>Berberis kunmingensis</i>	灌木
8	小叶鼠李	<i>Rhamnus serpyllifolia</i>	灌木

序号	中文名	拉丁名	性状
9	细画眉草	<i>Eragrostiella lolioides</i>	草本
10	东川早熟禾	<i>Poa mairei</i>	草本
11	万丈深	<i>Crepis phoenix</i>	草本
12	昆明香茶菜	<i>Rabdosi kunmingensis</i>	草本

4.2.1.3 动物

评价区分布陆栖脊椎动物共有 225 种，隶属 4 纲、21 目、51 科、148 属。从陆栖野生动物地理区划上看，项目区处于印缅区系与中南区系，东洋界与古北界的交错地带，以东洋界物种为主要成分。

表 4.2-7 评价区陆生脊椎动物数量统计表

	目	科	属	种
两栖类	1	5	5	12
爬行类	2	6	13	16
鸟类	13	33	110	169
兽类	5	7	19	28
合计	21	51	148	225

(1) 两栖类

评价区记录到 12 种两栖动物，隶属于 1 目 5 科 6 属。以蛙科种类相对较多，计 1 属 5 种，占评价区两栖类种类的 41.67%。其次是蟾蜍科，计 1 属 3 种，占评价区两栖类种类的 25%。再次是姬蛙科，计 2 属 2 种，占评价区两栖类种类的 16.67%。其他盘舌蟾科和雨蛙科，均仅含 1 属 1 种。

两栖动物主要分布于水环境周边。车马碧水库工程区地处滇东曲靖-马龙高原岩溶丘陵地带，降水偏少，而且是历史悠久的农耕区，由于现代农业生产大量施用化肥农药，对两栖动物的影响大，种类和数量正在日趋减少。在评价区的河流生境，臭蛙、棘蛙为常见物种；在农田生境，则以蟾蜍、雨蛙和滇蛙较常见。其他的种类较少见。

(2) 爬行类

评价区记录到爬行动物 16 种，隶属于 2 目 6 科 13 属。其中，蜥蜴目计 3 科 4 属 4 种，占记录总种数的 25%；蛇目计 3 科 9 属 12 种，占总种数的 75%。就科而言，评价区爬行类以游蛇科占绝对优势，计 7 属 10 种，占评价区爬行动物种数的 62.5%。其次是石龙子科，计 2 属 2 种，占评价区爬行动物种数的 12.5%。其他 4 科，即壁虎科、鬣蜥科、眼镜蛇科和蝰科，均仅含 1 属 1 种。

在评价区的农田和村落，云南半叶趾虎和铜蜓蜥为常见种。而八线腹链蛇、

黑眉锦蛇、颈槽蛇和虎斑颈槽蛇主要栖息在灌丛、荒山荒地、农田，属较常见物种。其他物种均少见。

(3) 鸟类

根据现场观察、访问当地老百姓，以共同翻看鸟类图谱的方式咨询护林员，及参阅相关文献等，记录评价区鸟类 169 种，隶属于 13 目 33 科 110 属。评价区鸟类以雀形目种类最多，计 18 科 71 属 122 种，占评价区鸟类总种数的 72.19%；非雀形目计 15 科 39 属 47 种，占记录总种数的 27.81%。鸟类各分类阶元的数量统计见表 4.2-8。

评价区 169 种鸟类中，有留鸟 112 种，夏候鸟 18 种，冬候鸟 34 种，旅鸟 5 种。包括留鸟和夏候鸟在内的繁殖鸟占鸟类种数的 76.92%，非繁殖鸟占 23.08%。

评价区鸟类以在农耕地、村落栖息的鸠鸽科、燕科、鸦科、文鸟科和雀科鸟类最常见；在水环境及其附近栖息的鹭科、鸭科、秧鸡科、鹬科和翠鸟科鸟类较常见；在灌丛、林地栖息的杜鹃科、黄鹌鸟科、鹧鸪科、鸱科和雀鸟科鸟类少见。

表 4.2-8 鸟类各分类等级的数量统计表

序号	物种名	科名	属数	种数	占总种数的%	占总种数的%
一	鸕鷀目	鸕鷀科 Podicipedidae	1	1	0.59	0.59
二	鸕形目	鸕科 Ardeidae	5	5	2.96	2.96
三	雁形目	鸭科 Anatidae	4	5	2.96	2.96
四	隼形目	鹰科 Accipitridae	3	5	2.96	3.55
		隼科 Falconidae	1	1	0.59	
五	鸡形目	雉科 Pheasianidae	3	3	1.78	1.78
六	鹤形目	秧鸡科 Rallidae	3	3	1.78	1.78
七	鸮形目	鸮科 Scolopacidae	3	4	2.37	2.37
八	鸽形目	鸠鸽科 Columbidae	3	4	2.37	2.37
九	鹃形目	杜鹃科 Cuculidae	3	5	2.96	2.96
十	夜鹰目	夜鹰科 Caprimulgidae	1	1	0.59	0.59
十一	佛法僧目	翠鸟科 Alcedinidae	3	3	1.78	2.96
		佛法僧科 Coraciidae	1	1	0.59	
		戴胜科 Upupidae	1	1	0.59	
十二	鸢形目	啄木鸟科 Picidae	4	5	2.96	2.96
十三	雀形目	百灵科 Alaudidae	1	1	0.59	72.19
		燕科 Hirundinidae	1	2	1.18	
		鹁鸽科 Motacillidae	3	7	4.14	
		山椒鸟科 Campephagidae	2	3	1.78	
		鹎科 Pycnontidae	4	6	3.55	
		伯劳科 Laniidae	1	4	2.37	
		黄鹂科 Oriolidae	1	1	0.59	
		卷尾科 Dicruridae	1	3	1.78	
		椋鸟科 Sturnidae	2	3	1.78	
		鸦科 Corvidae	4	6	3.55	
		鹪鹩科 Troglodytidae	1	1	0.59	
		鹟科 Muscicapidae	35	58	34.32	
		山雀科 Paridae	2	5	2.96	
		鹛科 Sittidae	2	3	1.78	
		啄花鸟科 Dicaeidae	1	1	0.59	
		绣眼鸟科 Zosteropidae	1	3	1.78	
		文鸟科 Ploceidae	2	4	2.37	
雀科 Fringillidae	7	11	6.51			
		合计	110	169	100.00	100.00

(4) 兽类

根据现场调查、访问当地年长的老百姓，以共同翻看兽类图谱的方式咨询护林员，查阅历史文献资料等，确定车马碧水库工程评价区分布哺乳动物 28 种，

分属于 5 目 7 科 20 属。评价区哺乳动物以啮齿目种类最多，计 2 科 9 属 16 种，占评价区哺乳动物种数的 57.14%；食虫目含 1 科 4 属 6 种，占评价区哺乳动物种数的 21.43%；食肉目含 2 科 4 属 4 种，占评价区哺乳动物种数的 14.29%；攀鼯目和兔形目各有 1 科 1 属 1 种，各占评价区哺乳动物种数的 3.57%。

总的说来，评价区地处云南东部曲靖-马龙高原岩溶丘陵地带，是曲靖市重要的农业生产区域，区内村镇、厂矿、人口、公路分布较为集中，原生森林植被基本消失，因此评价区缺乏大型兽类的栖息、觅食、筑巢等活动环境，大型兽类已经很难见到。在农耕地和村落周边活动的鼠科、鼯鼯科，以及在云南松等次生林地活动的云南兔、树鼯和松鼠科的种类较常见。其余在评价区均属少见物种。

(5) 重点保护动物

评价区分布有 6 种国家 II 级重点保护动物，均为鸟类中的猛禽类，分别为苍鹰 *Accipiter gentilis*、雀鹰 *Accipiter nisus*、普通鵟 *Buteo buteo*、白尾鸢 *Circus cyaneus*、鹊鸂 *Circus melanoleucos*、红隼 *Falco tinnunculus*，未发现这些动物在评价区范围内筑巢繁殖。

●苍鹰 *Accipiter gentilis*

苍鹰为鹰科是中小型猛禽，栖息于针叶林、混交林和阔叶林等森林地带，也见于山施平原和丘陵地带的疏林和小块林内。苍鹰分布广泛，分布于整个北半球。选择在林密僻静处较高的树上筑巢，而且常利用旧巢。评价区缺少苍鹰筑巢所需的高大乔木，仅仅是苍鹰的部分觅食区域，偶见在评价区上空活动，在评价区属偶见种。

●雀鹰 *Accipiter nisus*

雀鹰为鹰科小型猛禽，栖息于山地、农田、林缘和居民区，常见单个栖息于树木顶端或电杆顶部等突出物上，或长时间飞翔于空中。雀鹰繁殖于欧亚大陆，往南到非洲西北部，往东到伊朗、印度、日本和中国北方；越冬地在地中海、中亚、西亚、南亚、东南亚以及中国长江以南。在中国繁殖于大兴安岭、小兴安岭、长白山、辽宁、内蒙古呼伦贝尔盟和新疆，越冬于四川、贵州、云南、广西、广东和海南岛。繁殖期 5-7 月，营巢于森林中高大乔木树冠。评价区缺少雀鹰筑巢所需的高大乔木，属少见种。

●普通鵟 *Buteo buteo*

普通鵟为鹰科属中型猛禽，主要栖息于山地森林和林缘地带，从海拔 400m 的山脚阔叶林到 2000m 的混交林和针叶林地带均有分布，常见在开阔平原、荒

漠、旷野、开垦的耕作区、林缘草地和村庄上空盘旋翱翔。以森林鼠类为食。分布于欧亚大陆，往东到远东、朝鲜和日本；越冬在繁殖地南部，最南可到南非和马来半岛。繁殖期 5-7 月，通常营巢于林缘或森林中高大的树上，尤喜针叶树。在评价区属少见种。

●白尾鹞 *Circus cyaneus*

白尾鹞为鹰科中型猛禽，栖息于低山丘陵地带，尤其是沼泽、河谷、荒野以及低山、林间沼泽和草地、农田耕地等开阔地区，冬季有时也到村屯附近的水田、草坡和疏林地活动。我国东北和新疆西部为夏候鸟、长江中下游、东南沿海、西藏南部、云南、贵州为冬候鸟，其他地方，包括香港和台湾为旅鸟或偶见冬候鸟。春季迁到东北繁殖地的时间在 3 月末至 4 月初，离开繁殖地的时间在 10-11 月。¹在评价区上空活动，属偶见种。

●鹊鹞 *Circus melanoleucos*

鹊鹞是鹰科中型猛禽，栖息于开阔河谷地带的田坝区，常见单个活动，觅食昆虫、青蛙及小形爬行动物，也捕食小形鸟类和鼠类，属农林益鸟。鹊鹞分布广，广布于北半球，我国各地均有分布。繁殖期为 5—7 月份，每窝产卵 4—5 枚，产出第一枚卵后即开始孵卵，由亲鸟轮流进行，但以雌鸟为主。孵化期约 30 天，雏鸟为晚成性，亲鸟共同抚养大约一个多月后才能离巢。在评价区上空活动，属偶见种。

●红隼 *Falco tinnunculus*

红隼是隼科小型猛禽，栖息于山地森林、森林苔原、低山丘陵、旷野、森林平原、山区植物稀疏的混合林、开垦耕地、旷野灌丛草地、林缘、林间空地、疏林和有稀疏树木生长的旷野、河谷和农田地区。分布范围很广，非洲、古北界、印度及中国；越冬于菲律宾及东南亚。属于常见留鸟及季候鸟，除干旱沙漠外遍及各地。繁殖期 5~7 月。通常营巢于悬崖、山坡岩石缝隙、土洞、树洞和喜鹊、乌鸦以及其他鸟类在树上的旧巢中。在评价区上空活动，属常见种。

4.2.1.4 生态系统完整性现状

(1) 评价区生态系统的生产力和生物量

参照相关文献，计算本评价区各植被类型（生态系统）的生物生产量和生产力，详见表 4.2-9、4.2-10。

计算表明，在评价区面积 29790.86hm² 范围内，目前累积的植物生物量约是 1859740.075 t（干重），平均每 hm² 达到约 62.43t（干重）。每年产生的生物生产

量约 220820.25 (干重 t/a), 平均每年每 hm^2 约 7.41 (干重 $\text{t/a}\cdot\text{hm}^2$)。这在云南省各地的生物量水平中属于中偏下生物量水平。其中耕地植被、灌丛植被、暖性针叶林的生物量和生产力处于最高的前三位, 反映了评价区的植被以耕地植被、次生灌丛植被及云南松林为优势的现状。

表 4.2-9 评价区不同生态系统的生物量

生态系统	面积(hm^2)	生物量(t/hm^2)	总生物量(t)	占评价区比例(%)
常绿阔叶林	354.03	125.22	44331.6366	2.38
落叶阔叶林	194.41	112.68	21906.1188	1.18
暖性针叶林	6940.47	98.02	680304.8694	36.58
灌丛	852.55	75	63941.25	3.44
人工用材林	3836.97	120	460436.4	24.76
人工经济林	1054.81	60	63288.6	3.40
耕地	11827.41	30	354822.3	19.08
未利用地(荒地)	1801.89	30	108113.4	5.81
河流	707.50	10	7075	0.38
其他(公路、建设用地)	2220.82	25	55520.5	2.99
合计	29790.86		1859740.075	100.00

表 4.2-10 评价区每年生态系统生产量表

生态系统	面积(hm^2)	净生产力($\text{t}/\text{a}\cdot\text{hm}^2$)	植被生产力(t/a)	占评价区生产量(%)
常绿阔叶林	354.03	16.81	5951.24	2.70
落叶阔叶林	194.41	13.80	2683.64	1.22
暖性针叶林	6940.47	9.74	67565.48	30.60
灌丛	852.55	8.85	7545.07	3.42
人工用材林	3836.97	8.41	32276.59	14.62
人工经济林	1054.81	8.41	8873.06	4.02
耕地	11827.41	6.50	76878.17	34.81
未利用地(荒地)	1801.89	6.50	16217.01	7.34
河流	707.50	4.00	2830.00	1.28
其他(公路、建设用地)	2220.82	---	---	---
合计	29790.86	7.41(平均)	220820.25	100.00

(2) 评价区景观生态体系

根据景观生态系统类型的特征和稳定性, 将评价区的景观生态系统类型划分为自然景观和人工景观 2 个大类、8 种景观类型, 评价区景观类别的斑块数与面积见表 4.2-11, 各类斑块优势度现状见表 4.2-12。

由表可见, 评价区内各类景观斑块数共 2789 块, 其中斑块数最多的依次是

人工林景观、天然林景观、荒地景观、水田和旱地景观、灌丛景观、建筑景观、河流景观和道路景观，其面积分别占评价区面积的 16.42%、25.14%、6.05%、39.70%、2.86%、6.42%、2.37%、1.03%。

通过对景观优势度的计算，评价区没有绝对的基质景观类型，旱地景观、水田景观和建筑(村镇)景观的优势度较高，是主要的景观。这 4 类景观共同构成了评价区的基底景观。其他景观的优势度较低，是次要景观。

表 4.2-11 评价区景观类别的斑块数与面积

景观类型		景观面积(hm ²)	百分比(%)	斑块数	比例(%)
自然景观	天然森林景观	7488.91	25.14	693	24.85
	灌丛景观	852.55	2.86	256	9.18
	小计	8341.46	28.00	949	34.03
人工景观	人工林景观	4891.78	16.42	747	26.78
	水田景观和旱地景观	11827.41	39.70	286	10.25
	河流景观	707.50	2.37	129	4.63
	道路景观	306.97	1.03	36	1.29
	建筑(村镇)景观	1913.85	6.42	241	8.64
	荒地景观	1801.89	6.05	401	14.38
	小计	21449.40	72.00	1840	65.97
合计		29790.86	100.00	2789	100.00

表 4.2-12 评价区内各类斑块优势度值现状

景观类型		密度 Rd	频率 Rf	景观比例 Lp	优势度 Do
自然景观	天然森林景观	0.25	0.24	0.25	0.25
	灌丛景观	0.09	0.14	0.03	0.07
	小计	0.34	0.38	0.28	0.32
人工景观	人工林景观	0.27	0.25	0.16	0.21
	水田景观和旱地景观	0.10	0.12	0.40	0.25
	河流景观	0.05	0.09	0.02	0.05
	道路景观	0.01	0.07	0.01	0.03
	建筑(村镇)景观	0.09	0.02	0.06	0.06
	荒地景观	0.14	0.07	0.06	0.08
	小计	0.66	0.62	0.72	0.68
合计		1.00	1.00	1.00	1.00

(3) 评价区生态系统完整性的评价

评价区各类生态系统的生物量都低于相应地带性植被生态系统的生物量，这充分表明评价区的生态系统都受到一定程度的干扰，是不完整的生态系统。由于评价区的生态系统的生物量总体上都是以低生物量为特征，因此其生态系统也是脆

弱的，在外界的干扰下易处于不稳定状态，容易进一步退化。

4.2.2 水生生态

4.2.2.1 调查方法

(1) 调查范围

车马碧水库工程水生生态调查范围包括水源区和受水区。其中，水源区包括：车马碧水库回水末端至马龙河汇牛栏江汇入口的马龙河干流河段、其间支流和凤龙湾水库、马龙河汇口附近的牛栏江干流河段；受水区河段包括：剪彩河、白石江至其汇南盘江汇入口河段、白石江汇口附近的南盘江干流河段。

(2) 调查时间

云南大学于 2015 年 7 月、9 月对车马碧水库评价区河段进行了水生生物采样。

(3) 调查方法

调查方法应按照《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014)、《内陆水域渔业自然资源调查手册》、《淡水浮游生物研究方法》进行采样和检测。

(4) 断面设置

云南大学于 2015 年 7 月、9 月对车马碧水库评价区河段进行了水生生物采样。根据控制性、代表性原则，并参考以往水生生态调查监测断面设置，水生生态调查监测在干、支流共布设 15 个断面（见附图 2）。其中干流从上游至下游依次为：1) 车马碧水库回水末端、2) 车马碧水库库中、3) 车马碧水库坝址处、4) 红桥河汇口干流下游 1km、5) 凤龙湾水库回水末端、6) 凤龙湾水库库中、7) 凤龙湾水库下游 1km、8) 马龙河汇牛栏江汇入口；支流采样点依次为：9) 车章河支流距汇口以上 2km、10) 白塔河支流距汇口以上 2km、11) 红桥河支流距汇口以上 2km、12) 莫浪河支流距汇口以上 2km；输水河道采样点依次为：13) 剪彩河、14) 剪彩河汇白石江汇口下游 1km、15) 白石江汇南盘江汇口处。采样点 GPS 坐标及采样时水温及水体透明度如表 4.2-13 所示。

表 4.2-13 水生生物采样断面 GPS 坐标及采样时水体特征

调查断面		位置	海拔 m	水温 ℃	气温 ℃	pH	透明度 cm	天气	测量时间	
水源区	马龙河	车马碧水库回水末端	25°26'11.35" 103°30'37.16"	1926	18.0	20.1	8	45	晴	10:36am 20150905
		车马碧水库库	25°26'3.43"	1898	20.0	19.8	8.0	40	晴	18:00,

调查断面		位置	海拔 m	水温 ℃	气温 ℃	pH	透明度 cm	天气	测量时间	
干流	中	103°25'44.00"							2015.7.26	
	车马碧水库坝址处	25 25 57.51" 103 25 30.35"	1871	19.5	24.0	8	40	晴	17:55am 20150904	
	红桥河汇口干流下游1km	25 27 47.47" 103 22 53.17"	1852	19.7	22.6	8	30	多云	16:19am 20150904	
	凤龙湾水库回水末端	25 28 22.76" 103 22 22.02"	1859	19.8	28.1	8	35	多云	14:37am 20150905	
	凤龙湾水库库中	25 29 35.21" 103 20 0.88"	1856	19.8	24.7	8	50	晴	15:39am 20150905	
	凤龙湾水库下游1km	25°32'11.14" 103°19'21.10"	1834	22.0	24.0	7.5	22	晴	15:25, 2015.7.26	
	马龙河汇牛栏江汇入口	25°32'26.49" 103°19'13.22"	1818	22.5	27.0	7.5	25	晴	14:10 2015.7.26	
	支流	车章河支流距汇口以上2km	25 27 4.15" 103 26 46.47"	1909	18.7	24.8	8	60	晴	12:07am 20150905
		白塔河支流距汇口以上2km	25°23'54.49" 103°26'17.06"	1939	18.5	19.0	8.0	70	晴	17:00, 2015.7.26
		红桥河支流距汇口以上2km	25 27 0.99" 103 22 41.12"	1879	19.3	21.2	8	40	晴	17:15am 20150904
		莫浪河支流距汇口以上2km	25 28 4.61" 103 22 36.79"	1861	20.0	22.8	8	50	多云	15:51am 20150904
受水区	南盘江流域	剪彩河	25 29 48.82" 103 44 53.06"	1887	19.8	21.6	8	60	多云	12:55am 20150904
		剪彩河汇白石江汇口下游1km	25 31 14.86" 103 47 33.17"	1832	19.0	19.3	8	60	多云	9:25am 20150904
		白石江汇南盘江汇口	25 28 38.15" 103 50 58.21"	1828	19.0	21.0	7.5	35	多云	10:54am 20150904

4.2.2.2 浮游植物

(1) 种类组成及特点

①种类组成

15 个采样点共检出浮游植物 7 门 141 种，分别隶属于蓝藻门、黄藻门、金藻门、硅藻门、裸藻门、甲藻门和绿藻门。

在 141 种浮游植物中，绿藻门种类最多，共有 60 种，占总数的 42.55%；其次为硅藻门物种，共有 54 种，占总数的 38.30%；其次为蓝藻门共有 19 种，占总数的 13.48 %；裸藻门共有 4 种，占总数的 2.84%；甲藻门共有 2 种，占总数的 1.42 %；黄藻门、金藻门种类较少，各门仅有 1 种，各占总数的 0.71%。（图

4.2-1 所示)

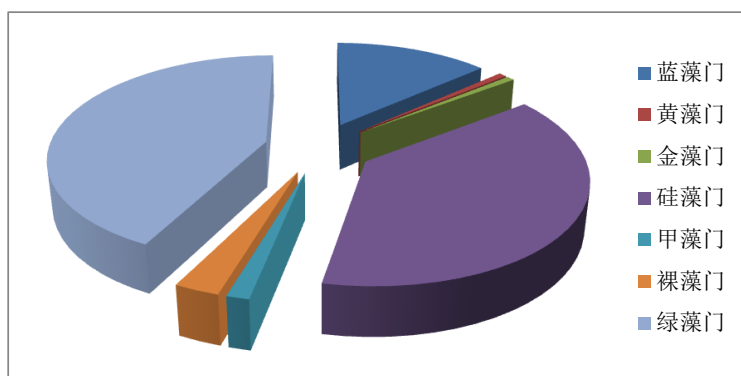


图 4.2-1 项目涉及水域浮游植物组成

②藻类组成特点

分析本次调查中所检测到的浮游植物种类组成有以下几个特点：1) 项目评价区域主要是河流环境，但在调查区域中也有凤龙湾水库等静水环境，加之还有白石江、南盘江等水流较缓的河段，故调查结果中绿藻门种类最多，与传统的河流环境中硅藻门种类最多的情况不同；2) 马龙河水体受污染程度低，藻类多以硅藻门种类为主，但支流车章河等污染较干流严重，出现了一些耐污的种类；南盘江水系中，白石江污染严重，藻类以绿藻门种类为主；3) 凤龙湾水库下游和剪彩河等河段中，受上游水库影响，藻类群落与上游水库基本一致，绿藻和蓝藻门植物占优势。

(2) 浮游植物密度与生物量

①浮游植物数量与生物量组成

马龙河流域浮游植物平均密度为 329801ind./L，其中硅藻门植物最多，为 194495 ind./L。南盘江流域浮游植物平均密度为 421439 ind./L，其中硅藻门植物最多，为 224374 ind./L。调查水体中密度最高的为凤龙湾水库库中，为 575580 ind./L，以蓝藻门植物数量最多；其次为马龙河入牛栏江汇口，为 504981 个/L，以硅藻门植物为主；第三为白石江汇南盘江汇口，为 505402 个/L，以蓝藻门植物为主。

表 4.2-14 浮游植物密度 单位：ind./L

	蓝藻门	硅藻门	甲藻门	裸藻门	绿藻门	合计
1	9672	184693	0	4691	37952	237008
2	5976	275483	0	0	106572	388031
3	10658	154920	0	0	84691	250269

	蓝藻门	硅藻门	甲藻门	裸藻门	绿藻门	合计
4	8764	134591	0	4685	65833	213873
5	205976	159820	18450	16842	84739	485827
6	275400	176540	54920	0	68720	575580
7	154600	201380	7650	0	59721	423351
8	87460	374500	0	4570	38451	504981
9	26749	265341	0	6931	26927	325948
10	5762	17544	0	0	52491	75797
11	10346	220760	0	0	46885	277991
12	14361	168370	5739	0	10494	198964
13	105483	159762	0	0	24581	289826
14	146820	245810	10270	8760	57430	469090
15	184685	267551	0	15637	37529	505402

注：各样点代码为：1、车马碧水库回水末端；2、车马碧水库库中；3、车马碧水库坝址处；4、红桥河汇口干流下游 1km；5、凤龙湾水库回水末端；6、凤龙湾水库库中；7、凤龙湾水库下游 1km；8、马龙河汇牛栏江汇入口；9、车章河支流距汇口以上 2km；10、白塔河支流距汇口以上 2km；11、红桥河支流距汇口以上 2km；12、莫浪河支流距汇口以上 2km；13、剪彩河；14、剪彩河汇白石江汇口下游 1km；15、白石江汇南盘江汇口处。

浮游植物生物量如表 4.2-15 所列，马过河流域平均浮游植物生物量为 0.2722 mg/L，南盘江流域平均浮游植物生物量为 0.2923 mg/L，其中生物量最高的为凤龙湾水库库中，为 0.5130mg/L，其次为马龙河入牛栏江汇口，为 0.4116 mg/L，最低点为白塔河，为 0.0444 mg/L。

表 4.2-15 浮游植物生物量 单位：mg/L

	蓝藻门	硅藻门	甲藻门	裸藻门	绿藻门	合计
1	0.001	0.1847	0	0.0094	0.019	0.214
2	0.0006	0.2755	0	0	0.0533	0.3294
3	0.0011	0.1549	0	0	0.0423	0.1983
4	0.0009	0.1346	0	0.0094	0.0329	0.1778
5	0.0206	0.1598	0.0923	0.0337	0.0424	0.3487
6	0.0275	0.1765	0.2746	0	0.0344	0.513
7	0.0155	0.2014	0.0383	0	0.0299	0.285
8	0.0087	0.3745	0	0.0091	0.0192	0.4116
9	0.0027	0.2653	0	0.0139	0.0135	0.2953
10	0.0006	0.0175	0	0	0.0262	0.0444
11	0.001	0.2208	0	0	0.0234	0.2452
12	0.0014	0.1684	0.0287	0	0.0052	0.2037
13	0.0105	0.1598	0	0	0.0123	0.1826

	蓝藻门	硅藻门	甲藻门	裸藻门	绿藻门	合计
14	0.0147	0.2458	0.0514	0.0175	0.0287	0.3581
15	0.0185	0.2676	0	0.0313	0.0188	0.3361

注：各样点代码为同 4.2-10。

②浮游植物密度与生物量特点

从浮游植物密度和生物量上看，有如下几个特征：1) 马龙河流域浮游植物平均密度要低于南盘江流域平均密度，提示马龙河流域水环境质量要优于南盘江流域；2) 马龙河流域浮游植物密度较低，但平均生物量与南盘江流域的平均生物量基本相当，出现这种情况可能是马龙河流域硅藻门植物占优势，但南盘江流域蓝藻门植物占优势，硅藻门植物的单位生物量要高于蓝藻门藻类。3) 凤龙湾水库下游和剪彩河等河段中，受上游水库影响，浮游植物生物量较其他自然河段藻类密度和生物量要高。

4.2.2.3 浮游动物

(1) 种类组成及特点

①种类组成

15 个采样点共检出浮游动物 102 种。其中原生动物种类 54 种，种类最多，占总种数的 52.94%；轮虫 28 种，占总种数的 27.45%；枝角类 12 种，占总种数的 11.76%；桡足类 8 种，占总种数的 7.84%（图 4.2-2）。

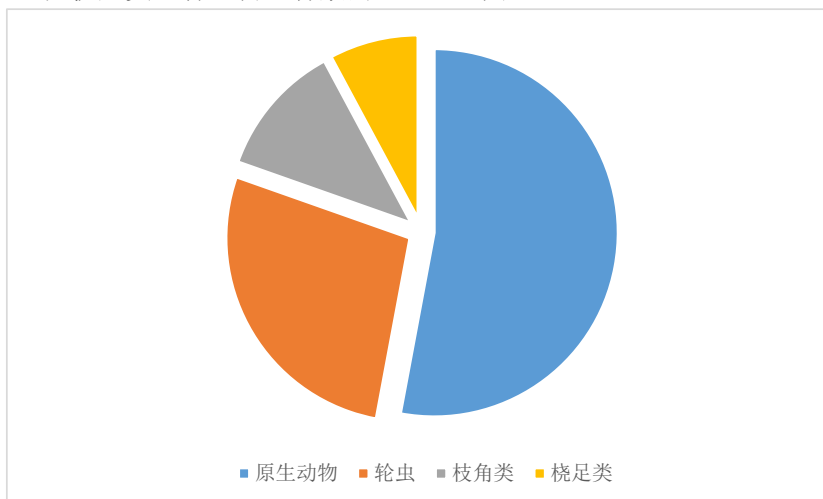


图 4.2-2 调查水域浮游动物种类组成

②组成特点

从浮游动物组成上看，有如下几个特征：1) 马龙河干流中，车马碧江段浮

游动物以筒壳虫和表壳虫为主，为典型的河流相，调查各条支流中，浮游动物也以表壳虫、砂壳虫等为主，表现为典型的河流相；2) 凤龙湾为库区，浮游动物中枝角类和桡足类较多，特别是象鼻溞和秀体溞属物种的大量出现，表现为典型的湖泊相；3) 南盘江流域的剪彩河、白石江和南盘江部分河段，浮游动物种类丰富，既有表壳虫等流水性环境的物种，也有秀体溞等静水环境中的物种，出现这种情况，一方面可能是受剪彩河上游水库的影响，另一方面也可能是该河段地势平坦，水流较缓，是喜流水性和静水性的物种都能生长。

(2) 浮游动物密度和生物量

①浮游动物密度

调查区域各断面浮游动物密度如表 4.2-16 所示，其中马龙河区域浮游动物平均密度为 301.29 个/L，其中密度最高的是凤龙湾水库库中，密度为 462 个/L，密度最低的是马龙河牛栏江汇口，密度为 149 个/L。南盘江区域浮游动物平均密度为 723.33 个/L，其中密度最高的是剪彩河白石江汇口下游，密度为 773 个/L，密度最低的是剪彩河，密度为 683 个/L。

表 4.2-16 浮游动物密度 单位: ind./L

	原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计
1	155	87	0	0	242
2	185	38	0	0	223
3	207	57	0	11	275
4	173	149	0.5	0	322.5
5	274	63	12	18	367
6	120	258	63	21	462
7	163	85	18	7	273
8	86	53	8	2	149
9	177	138	0	13	328
10	83	127	0	0	210
11	268	126	14	0	408
12	247	104	0	5	356
13	371	263	35	14	683
14	355	383	27	8	773
15	290	359	43	22	714

注：各样点代码为同 4.2-12。

②浮游动物生物量

调查区域各断面浮游动物生物量如表 4.2-17 所示，其中马龙河区域浮游动物平均生物量为 0.2870 mg/L，其中生物量最高的是凤龙湾水库库中，生物量为 1.5276 mg/L，最低的是车马碧库中，生物量为 0.0169 mg/L。南盘江区域浮游动物

平均生物量为 0.9306 mg/L，其中生物量最高的是白石江南盘江汇口，生物量为 1.1663 mg/L，最低的是剪彩河，生物量为 0.9112 mg/L。

表 4.2-17 浮游动物生物量 单位: mg/L

	原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计
1	0.0078	0.0174	0	0	0.0252
2	0.0093	0.0076	0	0	0.0169
3	0.0104	0.0114	0	0.11	0.1318
4	0.0087	0.0298	0.01	0	0.0485
5	0.0137	0.0126	0.24	0.18	0.4463
6	0.006	0.0516	1.26	0.21	1.5276
7	0.0082	0.017	0.36	0.07	0.4552
8	0.0043	0.0106	0.16	0.02	0.1949
9	0.0089	0.0276	0	0.13	0.1665
10	0.0042	0.0254	0	0	0.0296
11	0.0134	0.0252	0.28	0	0.3186
12	0.0124	0.0208	0	0.05	0.0832
13	0.0186	0.0526	0.7	0.14	0.9112
14	0.0178	0.0766	0.54	0.08	0.7144
15	0.0145	0.0718	0.86	0.22	1.1663

注：各样点代码为同 4.2-12。

③浮游动物群落特点

项目涉及水域共检出浮游动物 102 种，具有较高的多样性。其中原生动物种类 54 种，轮虫 28 种，枝角类 12 种，桡足类 8 种。马龙河河道断面以表壳虫和筒壳虫等种类占绝对优势，表现为典型的河流生境；凤龙湾库区则以桡足类和轮虫为优势种类，为典型的湖库生境群落结构。南盘江河道则既有原生动物，也有枝角类和桡足类生长，可能是受上游水库的影响，另一方面也可能是该河段地势平坦，水流较缓，是喜流水性和静水性的物种都能生长。

调查区域中，马龙河浮游动物平均密度为 301.29 个/L，生物量为 0.2870mg/L，南盘江浮游动物平均密度为 723.33 个/L，生物量为 0.9306mg/L，马龙河流域浮游动物的密度和生物量都要低于南盘江流域。

调查水域无特有或保护的浮游动物种类。

4.2.2.4 底栖动物

(1) 种类组成及其分布

在对项目涉及的水域调查中，共设置采样点 15 个，分别为车马碧水库回水末端、车马碧水库库中、车马碧水库坝址处、红桥河汇口干流下游 1km、凤龙湾

水库回水末端、凤龙湾水库库中、凤龙湾水库下游、马龙河汇牛栏江汇入口、车章河支流距汇口以上 2km、白塔河支流距汇口以上 2km、红桥河支流距汇口以上 2km、莫浪河支流距汇口以上 2km、剪彩河、剪彩河汇白石江汇口下游 1km、白石江汇南盘江汇口处。

根据实验室显微鉴定，共采集到底栖动物 39 种。其中种类最多的是节肢动物门，共有 20 种，占总种数的 54.05%，其次，是软体动物门，共有 12 种，占总种数的 30.77%；环节动物门共有 6 种，占总种数的 15.38%；扁形动物门 1 种，占总种数的 2.70%（图 4.2-3）。

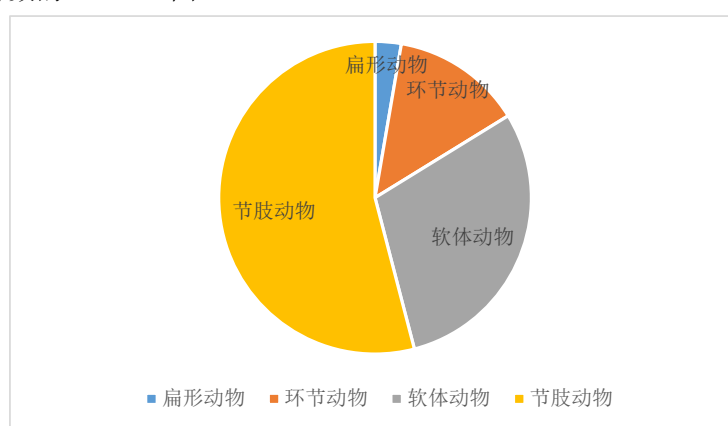


图 4.2-3 调查区域底栖动物组成

（2）底栖动物密度和生物量

调查水域底栖动物丰富，各调查断面底栖动物密度见表 4.6.5-8。其中马龙河流域平均密度为 73.83 个/m²，其中密度最高的是凤龙湾水库库尾，为 158 个/m²，密度最低的是马龙河汇牛栏江汇入口，密度为 30 个/m²。南盘江流域平均密度为 93.66 个/m²，其中密度最高的是剪彩河白石江汇口，为 138 个/m²，密度最低的是南盘江，密度为 71 个/m²。

各调查断面底栖动物生物量见表 4.6.5-9。其中马龙河流域底栖动物平均生物量为 12.8 g/m²，其中生物量最高的是凤龙湾水库库尾，为 30g/m²，生物量最低的是车章河，生物量为 4.9g/m²。南盘江流域平均生物量为 11.7 g/m²，其中生物量最高的是剪彩河白石江汇口，为 15.0 g/m²，生物量最低的是南盘江，生物量为 8.7 g/m²。

（3）底栖动物群落结构特点

本次调查中发现的大型底栖动物均为广布物种，无珍惜和保护物种。其中金苹果螺为外来物种，已经在南盘江流域广泛分布。

底栖动物是重要的水质监测类群。一些河流种，如蜉蝣、毛翅目幼虫、及短沟蜷和球蚬类均为清水指示种，在马龙河干流的车马碧河段和白塔河等支流中都有发现，说明该区域河道上游水质较好；凤龙湾库区底栖动物主要是日本沼虾，生物量较高。

南盘江流域的底栖动物密度高于马龙河流域，但生物量低于马龙河流域，出现这种情况的原因是两条河流中底栖动物的结构不同。其中马龙河中的底栖动物以水生昆虫和虾类较多，但在南盘江流域中，多是以环节动物为主，导致南盘江底栖动物密度高，但生物量低。这种差异也提示调查水体中，南盘江流域的水环境受到的污染程度要高于马龙河。

4.2.2.5 水体初级生产力

以叶绿素 a(Chla)作为水体初级生产力指标，对 15 个样点进行了现场考察采样，调查结果见表 4.2-18。

表 4.2-18 评价河段水体初级生产力(Chl.a, mg/m³)

采样地点	采样点坐标	海拔	水温(°C)	透明度(cm)	生产力(mg/m ³)	采样时间
车马碧水库回水末端	25°26'11.35" 103°30'37.16"	1926	18.0	45	0.77	10:36am 20150905
车马碧水库库中	25°26' 3.43" 103°25' 44.00"	1898	20.0	40	0.81	18:00, 2015.7.26
车马碧水库坝址处	25°25'57.51" 103°25'30.35"	1871	19.5	40	1.01	17:55am 20150904
红桥河汇口干流下游1km	25°27'47.47" 103°22'53.17"	1852	19.7	30	1.13	16:19am 20150904
凤龙湾水库回水末端	25°28'22.76" 103°22'22.02"	1859	19.8	35	1.19	14:37am 20150905
凤龙湾水库库中	25°29'35.21" 103°20'0.88"	1856	19.8	50	1.14	15:39am 20150905
凤龙湾水库下游1km	25°32' 11.14" 103°19' 21.10"	1834	22.0	22	1.16	15:25, 2015.7.26
马龙河汇牛栏江汇入口	25°32' 26.49" 103°19' 13.22"	1818	22.5	25	2.12	14:10 2015.7.26
车章河支流距汇口以上2km	25°27'4.15" 103°26'46.47"	1909	18.7	60	0.83	12:07am 20150905
白塔河支流距汇口以上2km	25°23' 54.49" 103° 26' 17.06"	1939	18.5	70	0.91	17:00, 2015.7.26
红桥河支流距汇口以上2km	25°27'0.99" 103°22'41.12"	1879	19.3	40	0.79	17:15am 20150904
莫浪河支流距汇口以上2km	25°28'4.61" 103°22'36.79"	1861	20.0	50	0.93	15:51am 20150904
剪彩河	25°29'48.82" 103°44'53.06"	1887	19.8	60	0.76	12:55am 20150904
剪彩河汇白石江汇口下游1km	25°31'14.86" 103°47'33.17"	1832	19.0	60	1.32	9:25am 20150904
白石江汇南盘江汇口	25°28'38.15" 103°50'58.21"	1828	19.0	35	1.67	10:54am 20150904

从调查结果可以看出，在所监测的 15 个样点中，以马龙河汇牛栏江汇入口样点生产力最高（2.12 mg/m³），该样点位于牛栏江与支流马龙河的交汇口上，沿河分布有多个村镇，可能由于村镇集中，面源污染相对较多，也可能上游存在其它有利于对藻的生长繁殖污染源，造成了该样点叶绿素 a 含量高的结果；最低点出现在受水区上游样点剪彩河（0.76 mg/m³），该样点可能上游附近污染源相对较少，不利于藻类的生长繁殖；从所分析的 15 个样点的样品结果看，水体生

产力的大小顺序为：马龙河汇牛栏江汇入口 (2.12 mg/m^3) > 白石江汇南盘江汇口 (1.67 mg/m^3) > 剪彩河汇白石江汇口下游 1km (1.32 mg/m^3) > 凤龙湾水库回水末端 (1.19 mg/m^3) > 凤龙湾水库下游 1km (1.16 mg/m^3) > 凤龙湾水库库中 (1.14 mg/m^3) > 红桥河汇口干流下游 1km (1.13 mg/m^3) > 车马碧水库坝址处 (1.01 mg/m^3) > 莫浪河支流距汇口以上 2km (0.93 mg/m^3) > 白塔河支流距汇口以上 2km (0.91 mg/m^3) > 车章河支流距汇口以上 2km (0.83 mg/m^3) > 车马碧水库库中 (0.81 mg/m^3) > 红桥河支流距汇口以上 2km (0.79 mg/m^3) > 车马碧水库回水末端 (0.77 mg/m^3) > 剪彩河 (0.76 mg/m^3)。可以看出，除马龙河汇牛栏江汇入口、白石江汇南盘江汇口、剪彩河汇白石江汇口下游 1km、凤龙湾水库回水末端、凤龙湾水库下游、凤龙湾水库库中、红桥河汇口干流下游 1km 等样点生产力较高外，其它样点水体生产力都不高，可以说明水中 N、P 等污染并不重。其空间分布上可以看出，水体生产力由下游到上游有逐渐降低的趋势。这与河水的水质可能存在着一一定的相关。

根据美国 EPA 分级， $\text{chla} > 10 \text{ mg/m}^3$ 富营养型； $\text{chla} 4-10 \text{ mg/m}^3$ 为中营养型； $\text{chla} < 4 \text{ mg/m}^3$ 为贫营养型；国际经济协作开发组织(OECD)推荐的标准进行评价 $\text{chla} 0.3-4.5 \text{ mg/m}^3$ 贫营养型； $\text{chla} 3.0-11 \text{ mg/m}^3$ 中营养型。根据以上两种评价体系综合分析，车马碧水库评价区所监测的 15 个样点的水体在丰水期营养均不高，按美国 EPA 标准，15 个样点水样的调查结果均为贫营养型水体。

4.2.2.6 水生维管束植物

调查 15 个水域未发现真水生植物生长。马龙河流域自然河段沿岸带有挺水植物生长，主要分布有辣蓼、莎草和一些禾本科植物，沿水面条带状分布。凤龙湾水库为静水环境，受水库水位变化影响，无沉水植物生长，在水面上偶见凤眼莲等漂浮植物，并未成片生长。南盘江流域中，仅在河段沿岸带零散分布有辣蓼、莎草和一些禾本科植物。

4.2.2.7 鱼类

(1) 种类组成

根据现场调查、访问及相关文献记载，评价区水域分布有鱼类 26 种，隶属于 6 目 10 科 25 属 (表 4-14、附表 1)，其中土著鱼类 22 种，外来鱼类 4 种 (附录)。

评价区分布的 22 种土著鱼类中，以鲤科鱼类的种类最多，有 11 种，占全部

土著鱼类种数的 50.0%；条鳅科和鳅科鱼类各有 4 种和 1 种，分别占全部土著鱼类种数的 18.2%和 4.5%；怪颌鲂科、鲃科、合鳃科、鰕虎科和鱧科鱼类各有 1 种，分别占全部土著鱼类种数的 4.5%（见表 4.2-19）。

表 4.2-19 评价区河段鱼类分科统计表

目 (order)	科 (family)	土著种数	比例 (%)	总种数
鲤形目Cypriniformes	鲤科Cyprinidae	11	50.0	14
	条鳅科 Nemacheilidae	4	18.2	4
	鳅科 Cobitidae	1	4.5	1
颌针鱼目beloniforme	怪颌鲂科Adrianichthyidae	1	4.5	1
鲮形目Cyprinodontiformes	胎鲮科Poeciliidae	0	0.0	1
鲃形目Siluriformes	鲃科Siluridae	1	4.5	1
	鱧科Bagridae	1	4.5	1
合鳃目Synbranchiformes	合鳃鱼科Synbranchidae	1	4.5	1
鲈形目Perciformes	鰕虎科Gobiidae	1	4.5	1
	塘鳢科Eleotridae	1	4.5	1
合计：6目10科25属	10科	22	100	26

根据评价区水域鱼类生境片段化现状以及评价区范围的特点，现将评价区水域分为三段，即水源区（马龙河）的车马碧水库回水末端—车马碧水库坝址段、车马碧水库坝址—马龙河汇牛栏江汇入口段和受水区的南盘江水域段，这三段的鱼类组成如表 4.2-20。

表 4.2-20 评价区水域马龙河及受水区各河段鱼类名录

鱼名	水源区（马龙河）			受水区 南盘江 水域
	车马碧水库 回水末端— 车马碧水库 坝址	车马碧水库坝址— 马龙河汇牛栏江汇 入口	凤龙湾 水库	
O1 鲤形目Cypriniformes				
F1 鲤科 Cyprinidae				
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	√	√	√	
鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	√	√	√	√
草鱼 <i>Mylopharyngodon piceus*</i>	√	√	√	√
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	√	√	√	√
棒花鱼 <i>Abbotina rivularis</i>	√	√	√	
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix*</i>		√	√	
鳊 <i>Aristichthys nobilis*</i>		√	√	
高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	√	√	√	
长身鱊 <i>Acheilognathus elongatus</i>	√	√	√	
云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>	√	√	√	
滇池金线鲃 <i>Sinocyclocheilus grahami</i>	√			
云南盘鮡 <i>Discogobio yunnanensis</i>	√	√		√

	鱼名	水源区（马龙河）			受水区
		车马碧水库回水末端—车马碧水库坝址	车马碧水库坝址—马龙河汇牛栏江汇入口	凤龙湾水库	
	鲫 <i>Carassius auratus auratus</i>		√	√	
	鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	√	√	√	
F2	条鳅科Nemacheilidae				
	横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>	√	√	√	√
	红尾副鳅 <i>Paracobitis variegatus</i>	√	√	√	√
	戴氏南鳅 <i>Schistura dabryi</i>	√	√		
	前鳍高原鳅 <i>Triplophysa anterodorsalis</i>	√			
F3	鳅科 Cobitidae				
	泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	√	√	√	√
O2	颌针鱼目BELONIFORMES				
F4	怪颌鲂科Adrianichthyidae				
	中华青鲂 <i>Oryzias sinensis</i>	√	√		
O3	鲂形目CYPRINODONTIFORMES				
F5	胎鲂科Poeciliidae				
	食蚊鱼 <i>Gambusia affinis</i> *		√	√	
O4	鲇形目Siluriformes				
F6	鲇科 Siluridae				
	鲇 <i>Silurus asotus</i>	√	√	√	√
F7	鲮科 Bagridae				
	切尾拟鲮 <i>Pseudobagrus truncatus</i>	√	√		
O5	合鳃目Synbranchiformes				
F8	合鳃鱼科Synbranchidae				
	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	√	√	√	√
O6	鲈形目Perciformes				
F9	虾虎科 Gobiidae				
	子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	√	√	√	√
F10	塘鳢科Eleotridae				
	黄黝鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i>	√	√	√	√
	总计：6目10科25属26种	23	25	20	17

注：“*”表示外来种。

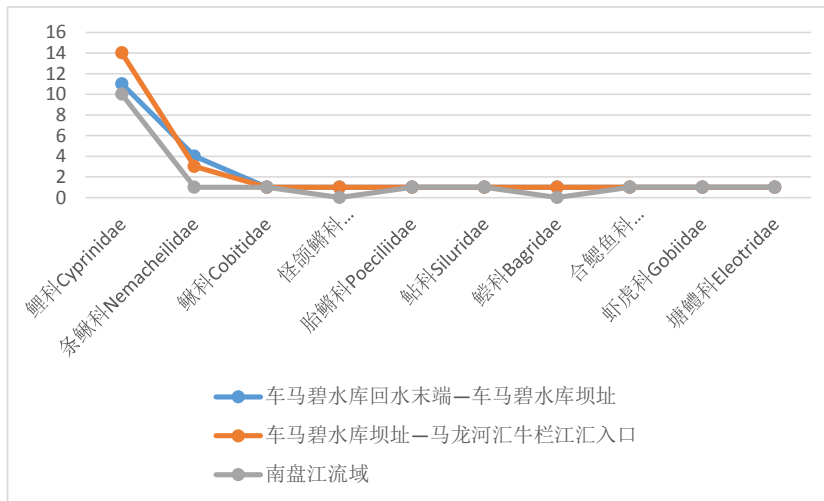


图 4.2-4 以流域为单位分科鱼类物种数对比

将评价区水域分为三段，即水源区（马龙河）的车马碧水库回水末端—车马碧水库坝址段、车马碧水库坝址—马龙河汇牛栏江汇入口段和受水区的南盘江流域段，将三段的鱼类物种数进行绘图，如图 4.2-4。三段的鱼类组成如表 4.2-13。

根据调查结果，马龙河流域从下游到上游，鱼类物种数均逐渐减少。其中下游车马碧水库坝址—马龙河汇牛栏江汇入口段鱼类物种数最为丰富，有 25 种鱼类。而上游的车马碧水库回水末端—车马碧水库坝址段鱼类物种数较少，有 23 种；受水区的南盘江水域鱼类种类最少，为 17 种。

从按科统计的鱼类样本数及物种数组成看，绝大多数评价区的鱼类在马龙河下游的车马碧水库坝址—马龙河汇牛栏江汇入口段均有分布，车马碧水库坝址—马龙河汇牛栏江汇入口段的鱼类(25 种)最为丰富，占全部鱼类物种数的 96.2%。上游车马碧水库回水末端—车马碧水库坝址段鱼类物种数(23 种)占全部鱼类物种数的 88.5%，除去 4 个外来种（草鱼、鲢、鳙、食蚊鱼），则仅占全部鱼类物种数的 73.1%。受水区的南盘江水域鱼类种类最少，为 17 种，则仅占全部鱼类物种数的 65.4%，这可能是与受水区的南盘江水域工农业发展历史久远，人为干扰较大等因素有关。

(2) 鱼类区系特点

①评价区水域鱼类区系以东亚江河平原鱼类，山地溪流鱼类为主，杂有北方冷水性鱼类，由于受到青藏高原隆升的影响较小，基本没有青藏高原鱼类区系（仅有 1 种，即前鳍高原鳅）的种类。流域内南高、北低，流域的地貌特征为滇东山原区。在这些鱼类中，云南鳅属是云贵高原特有类群，且物种分化强烈。在评价

区内，滇池金线鲃是生活于溶洞附近水域的种类。

②具有一定比例的喜流水鱼类，22种土著鱼类中，喜流水鱼类有6种，占全部土著鱼类种数的27.3%。具有一定数量的底栖性鱼类，这些鱼类在流水中底栖，包括野鲮亚科、鳅科等鱼类，它们的共同特点是口下位，一般在下颌形成角质，以便于刮食藻类，例如云南盘鮡 *Discogobio yunnanensis*。

③无长距离洄游性的鱼类。从现场调查及国内文献资料记载的情况看，评价区鱼类种类组成中无长距离洄游性鱼类。该水域内已经在干流中建成中型水库1座，支流上的小型水库若干，并且由于水库的阻隔，使河流原有连续的河流生态系统被分隔成不连续的环境单元，鱼类生境的片段化和破碎化较为严重。凤龙湾水库由于建设时期较早，对凤龙湾水库上下游河道内鱼类已形成阻隔，鱼类不存在长距离洄游的生境条件。

(3) 生态习性

评价区水域南北落差较大，水环境差异也较大，一些鱼类具有适应急流型水生生境的形态或构造特点，如云南盘鮡、暗色唇鲮等有吸盘等吸附构造。

1) 从生活类群看，可将评价区水域分布的26种鱼类划分为3类生态型：

A、急流生态型：包括云南盘鮡、云南光唇鱼等2种。

B、流水生态型：包括滇池金线鲃、红尾副鳅、横纹南鳅、前鳍高原鳅等4种。

C、缓流或静水生态型：包括草鱼、麦穗鱼、棒花鱼等20种。

此外，根据各种鱼类脱离幼年时期后所摄取的主要食物，可将鱼类的食性分为以下类别：草食性、浮游植物食性、鱼虾类食性、底栖动物食性、浮游动物食性、腐屑食性、杂食性等七类。

2) 评价区的鱼类从食性上看，可以划分为7类：

A、草食性：如草鱼。

B、浮游植物食性：如麦穗鱼。

C、浮游动物食性：鳙、鲮。

D、腐屑食性：如云南盘鮡、泥鳅等，它们的口下位，口裂较宽，近似横裂，口唇部发达，有些种类下颌前缘具有锋利的角质，适应于刮取生长于石上的藻类的摄食方式。

E、底栖动物食性：无。

F、杂食性鱼类：如金线鲃、鲤、鲫等。这些种类既摄食水生昆虫、虾类、

软体动物等动物性饵料，也摄食藻类及植物的残渣与种子等。

G、鱼虾类食性：如鲇、虾虎等。

3) 从鱼类的产卵类型划分，可将鱼类分为五类：

A、产浮性卵种类

产出的卵体积小且比重小于水，卵浮于水面，评价区没有这类鱼类。

B、产漂流性卵种类

主要生活在水体的中、上层的鱼类。繁殖季节在4~5月，产出的卵体积大，比重略大于水。如草鱼等，为外来种。

C、产粘性卵种类

主要生活在水体中、下层，繁殖季节为2~5月。产强粘性卵的种类通常生活于激流浅滩或流速较大的河槽，如麦穗鱼、棒花鱼等；产弱粘性卵的种类通常生活于静水水域水草丰富的地方，如鲤、鲫等。

D、产沉性卵种类

典型的适应浅滩流水环境的鱼类，产卵通常在早春月份或秋末，产于水温较低，水质清新的浅滩石砾之间，胚胎孵化时间长，如滇池金线鲃等。

E、其它繁殖类型

具有护卵行为的黄鳝等。

(4) 珍稀濒危、特有鱼类

在评价区水域分布的26种鱼类中，滇池金线鲃为国家Ⅱ级保护鱼类，同时也被列入《中国濒危动物红皮书》。评价区水域无特有鱼类。

(5) 主要鱼类生物学特性

1) 云南光唇鱼 *Acrossocheilus yunnanensis*

分类地位：鲤形目 Cypriniformes；鲤科 Cyprinidae；鲃亚科 Barbinae

鉴别特征：侧线鳞 45-47；围尾柄鳞 16；背鳍 iv-8；臀鳍 iii-5；胸鳍 i -15-17；腹鳍 i -8；上唇紧贴于上颌外表，两侧较厚，与上颌之间有一明显缢纹；下唇分左右两瓣，唇后沟前伸至颈部中段。



生境及生态习性：为中下层的定居性鱼类，在江河、湖泊中均能生活，常栖息于多石块的缓流水环境。性杂食，以丝状藻为主，水草次之，也食一些动物性饵料。5-7月在流水中产卵，个体不大，常见多为15-20cm。

种群现状：种群数量稀较多。在珠江水系、长江中上游均有分布，但随着电捕鱼等工具的广泛使用，对其种群量有一定影响。在本次调查中，采到的标本较少。

地理分布 分布于珠江水系、长江中上游及其支流，在牛栏江及其支流马龙河均有分布。分布较为广泛。

2) 滇池金线鲃 *Sinocyclocheilus grahami* (Regan)

分类地位：鲤形目 Cypriniformes；鲤科 Cyprinidae；鲃亚科 Barbinae

鉴别特征：侧线鳞 60-69；背鳍iv-7；臀鳍iii-5；胸鳍 i -14-16；腹鳍 i -8-9；下咽齿 3 行，2.3.4-4.3.2；体鳞细小，呈覆瓦状排列，侧线鳞较大。



生境及生态习性：栖息于该流域的龙潭，泉水等水域。幼鱼以浮游动物、水

生昆虫为主食，也食少量藻类和高等植物碎片；成鱼转食小虾和小鱼，也食浮游动物。滇池金线鲃的繁殖时间在 3-6 月，随着夏季水温的上升，水流量的增大而逐渐开始繁殖，卵产于石砾之中。滇池金线鲃的平均产卵量为(2118.4±899.1)粒。产卵量随着体长增加而增加的趋势。卵的大小与胚胎存活相关，在胚胎发育的前两天，不同批次胚胎的死亡呈现一种稳定的或低的死亡率，而后 5~7 d 不同大小的卵呈现不同的死亡率，即小的卵具有更高的死亡率，而卵径>2.0 mm 的胚胎死亡率趋于稳定；大的卵有更高的生存潜力，能保证仔鱼开口前继续完善身体器官的形成或发生所需要的能量。

种群现状：种群数量稀较少。在本次调查中，采到的标本也较少。

地理分布：当前滇池金线鲃只在评价区的白塔河中发现；在马龙河干流中没有发现；另外在牛栏江水域的其他河段有分布，滇池金线鲃的分布往往与卡斯特地形的地下水出口联系在一起。分布于滇池周围水体，牛栏江中、下游水域及马龙河水域的部分支流。

3) 云南盘鮡 *Discogobio yunnanensis*

地方名：油鱼

分类地位：鲤形目；鲤科；野鲮亚科

鉴别特征：背鳍条 iii-7-8；臀鳍条 ii-5；胸鳍条 i-14-15；腹鳍条 i-8-9。侧线鳞 38-42；侧线上鳞 5-6；侧线下鳞 3-4。围尾柄鳞 16-18。第一鳃弓外侧鳃耙 17-21。下咽齿 2 行，3.5-5.3，3.5-5.3 或 3.4-4.3。体延长，头略扁平，胸腹面平坦，背鳍以后侧扁。吻端圆钝。鼻孔上缘与眼上缘平齐，离眼较离吻端为近。眼侧上位，离鳃盖后缘较离吻端为近，眼间隔略隆起。口下位，闭合时，吻皮伸达下唇吸盘的马蹄形隆起的前缘，上颌和下颌不外露。吸盘小，其宽明显小于该处的头宽。吸盘后缘游离，呈圆弧形。吻皮边缘开裂略呈流苏状。吸盘周缘及肉质垫布满小乳突，马蹄形隆起上的乳突较大。须 2 对，吻须和口角须约等长，等于或略小于眼径。鳃膜约在眼后缘至鳃盖后缘的中点垂直线上连于鳃峡。鳃峡宽小于眼间距。



背鳍起点至吻端等于距尾鳍基或略近前者。背始外缘略内凹。臀鳍起点距尾鳍基等于距腹鳍起点前 2-4 个鳞片。胸鳍平展，与平坦的腹面平齐。腹鳍起点位于背鳍基中点的垂直下方，至胸鳍起点的距离及或不及至臀鳍末端的距离，后伸超过肛门，达或将达臀鳍起点。肛门离臀鳍起点 2 个鳞片。尾鳍叉形。

鳞片中等大，腹鳍外侧的腋鳞发达。背鳞排列不规则，变小；胸部鳞片变小，均浅埋皮下，清楚可认或排列稀疏，需在解剖镜下方可辨认。鳃耙圆钝、短小。下咽齿尖，咀嚼面长而倾斜。鳔的前室较后室为粗，后室较前室为长。腹膜灰黑色。吻端散有微小的锥形角质突。

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：个体小，种群数量不大。肉质鲜美，是群众喜食的鱼类品种。

分布：金沙江水系和珠江水系的上游。

(6) 渔获物

在本次调查的 15 个采样点中，有 10 个采样点采集到标本，10 个样点的渔获物分析如下：

1) 车马碧水库回水末端（2015 年 9 月）共采集到标本 56 尾，分属 10 种。各物种体长范围、平均值；体重范围、平均值和尾数、重量比例如下表。

表 4.2-21 车马碧水库回水末端渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
马口鱼	4.3-13.1	8.2	9.3-26.1	18.2	17.9%	15.0%
麦穗鱼	3.1-5.8	4.5	8.1-12.3	10.2	3.6%	1.7%

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
棒花鱼	3.5-6.2	5.1	8.3-14.1	12.1	16.1%	9.0%
高体鲮鱼	2.5-4.3	3.1	4.8-6.8	6.2	8.9%	2.6%
云南光唇鱼	12.3-25.6	18.2	20.5-51.0	39.3	5.4%	9.7%
鲫	13.1-27.3	20.1	23.5-68.1	46.2	14.3%	30.5%
鲤	31.3-45.2	38.3	56.1-70.3	63.8	3.6%	10.5%
前鳍高原鳅	3.2-4.3	3.6	4.6-5.4	5.1	5.4%	1.3%
泥鳅	4.6-6.3	5.4	9.1-14.1	12.4	23.2%	13.3%
鲇	30.2	30.2	78.3	78.3	1.8%	6.5%
合计					56	1212.2g

2) 车马碧水库坝址处 (2015 年 7 月) 共采集到标本 65 尾, 分属 7 种。各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如 4.2-20。

表 4.2-22 车马碧水库坝址处渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
高体鲮鱼	2.3-4.3	3.5	4.3-5.6	5.2	20.0%	9.3%
长身鲮	3.1-4.8	4.5	4.9-6.4	6.1	9.2%	5.0%
麦穗鱼	3.5-6.2	5.1	5.3-7.9	7.0	30.8%	19.3%
棒花鱼	2.5-4.3	3.1	4.8-6.8	5.1	7.7%	3.5%
云南光唇鱼	12.2-24.2	18.2	40.5-59.9	50.2	3.1%	13.8%
鲫	15.1-27.3	20.1	23.5-38.1	26.1	20.0%	46.8%
子陵吻虾虎鱼	2.3-3.2	2.6	2.1-2.8	2.6	9.2%	2.2%
合计					65	1212.2g

3) 凤龙湾水库下游 1km (2015 年 7 月) 共采集到标本 41 尾, 分属 8 种。各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-23。

表 4.2-23 凤龙湾水库下游 1km 渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
马口鱼	6.3-16.5	8.3	13.2-26.1	21.7	12.2%	37.4%
麦穗鱼	3.1-3.8	3.5	2.1-2.7	2.4	22.0%	7.4%
棒花鱼	4.5-6.2	5.1	3.3-4.9	3.8	14.6%	7.9%
横纹南鳅	2.5-4.1	3.1	1.8-3.8	2.8	12.2%	4.8%
红尾副鳅	3.2-4.6	4.2	2.6-4.2	3.3	7.3%	3.4%
云南光唇鱼	17.1-23.1	20.1	13.5-13.9	13.7	4.9%	9.4%
云南盘鮈	4.3-6.2	5.6	9.1-12.8	12.5	12.2%	21.5%
子陵吻虾虎	3.4-3.7	3.5	3.1-4.7	3.9	14.6%	8.1%
合计					41	290.1

4) 在马龙河汇牛栏江汇入口 (2015 年 7 月) 共采集到标本 90 尾, 分属 15 种。各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-24。

表 4.2-24 马龙河汇牛栏江汇入口渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
马口鱼	7.3-11.5	8.3	13.2-26.1	21.7	5.6%	10.6%
麦穗鱼	3.3-3.8	3.5	4.6-5.6	5.3	10.0%	4.7%
棒花鱼	3.5-4.2	3.8	5.3-6.9	6.2	12.2%	6.7%
高体鲢鳊	2.5-4.1	3.1	3.8-5.4	4.7	8.9%	3.7%
长身鱖	3.2-4.6	4.2	5.6-7.2	6.4	12.2%	6.9%
云南光唇鱼	17.3-22.8	20.1	13.5-13.9	13.7	2.2%	2.7%
云南盘鮡	2.3-4.2	3.7	3.1-4.8	3.6	5.6%	1.8%
鲫	7.1-16.2	12.0	21.3-30.2	26.1	14.4%	33.2%
鲤	28.3-32.6	30.1	74.5-82.1	79.2	3.3%	23.2%
横纹南鳅	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1%	0.1%
红尾副鳅	2.5-3.1	2.8	2.9-4.5	3.3	2.2%	0.6%
泥鳅	4.3-6.9	6.1	5.6-7.7	6.8	8.9%	5.3%
中华青鲮	1.3-2.0	1.6	0.2-0.4	0.3	4.4%	0.1%
食蚊鱼	1.8-2.6	2.2	0.4-0.7	0.6	7.8%	0.4%
子陵吻虾虎	1.5	1.5	0.7	0.7	1.1%	0.1%
合计					90	1023

5) 在车章河支流距汇口以上 2km (2015 年 9 月) 共采集到标本 32 尾, 分属 5 种。各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-25。

表 4.2-25 车章河支流距汇口以上 2km 渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
高体鲢鳊	2.7-4.1	3.3	3.9-5.1	4.2	9.4%	5.4%
棒花鱼	4.2-5.3	4.7	7.1-8.9	8.2	40.6%	45.4%
鲫	3.1	3.1	4.8	4.8	3.1%	2.0%
前鳍高原鳅	4.0-5.6	5.1	3.9-4.8	4.1	9.4%	5.2%
泥鳅	5.3-7.2	6.1	7.8-8.5	8.2	37.5%	41.9%
合计					32	234.7

6) 在宝塔河支流距汇口以上 2km (2015 年 7 月) 共采集到标本 8 尾, 分属 2 种。各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-26。

表 4.2-26 宝塔河支流距汇口以上 2km 渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
麦穗鱼	3.5-4.6	4.1	4.8-5.3	5.1	75.0%	68.0%
滇池金线鲃	4.5-6.2	5.4	6.7-7.7	7.2	25.0%	32.0%
合计					8	45

7) 在红桥河支流距汇口以上 2km (2015 年 9 月) 共采集到标本 11 尾, 分属 4 种。各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-27。

表 4.2-27 红桥河支流距汇口以上 2km 渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
高体鳊鱼	3.1-4.5	4.1	4.9-5.8	5.6	27.3%	16.0%
鲫	9.1-12.3	10.7	19.6-22.8	21.2	18.2%	40.3%
泥鳅	5.3-6.2	5.6	8.6-11.2	9.1	45.5%	43.3%
中华青鳉	1.5	1.5	0.4	0.4	9.1%	0.4%
合计					11	105.1

8) 在剪彩河 (2015 年 9 月) 共采集到标本 36 尾, 分属 7 种, 各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-28。

表 4.2-28 剪彩河渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
麦穗鱼	3.8-4.5	4.1	3.9-5.0	4.3	16.7%	5.1%
棒花鱼	4.2-4.6	4.3	4.1-5.6	5.2	25.0%	9.2%
高体鳊鱼	4.3-4.6	4.4	5.4-5.7	5.6	8.3%	3.3%
鲫	21.6-28.3	24.1	31.0-38.2	35.7	13.9%	35.2%
鲤	31.3-39.7	35.5	67.2-79.0	73.1	5.6%	28.8%
泥鳅	6.2-6.9	6.5	9.3-9.8	9.6	25.0%	17.0%
黄魮鱼	2.3-2.7	2.5	3.1-3.3	3.2	5.6%	1.3%
合计					36	506.9

9) 在剪彩河汇白石江汇口下游 1km (2015 年 9 月) 共采集到标本 53 尾, 分属 6 种, 各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-29。

表 4.2-29 剪彩河汇白石江汇口下游 1km 渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
麦穗鱼	5.3-6.4	5.7	5.9-6.7	6.3	15.1%	9.3%
棒花鱼	5.6-6.8	6.1	6.3-7.0	6.7	24.5%	16.1%
高体鳊鱼	4.3-5.1	4.6	5.2-6.2	5.8	9.4%	5.4%
鲫	30.2-35.1	32.3	49.2-56.1	51.4	7.5%	38.1%
泥鳅	7.5-8.3	7.9	8.3-8.9	8.6	30.2%	25.5%
子陵吻虾虎鱼	3.5-4.3	3.8	4.1-4.5	4.3	13.2%	5.6%
合计					53	539.8

10) 在白石江汇南盘江汇口处 (2015 年 9 月) 共采集到标本 55 尾, 分属 8 种, 各物种体长范围、平均值; 体重范围、平均值和尾数、重量比例如表 4.2-30。

表 4.2-30 白石江汇南盘江汇口处渔获物分析表

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
麦穗鱼	3.9-5.0	4.1	6.1-6.7	6.5	10.9%	4.7%
棒花鱼	3.6-4.8	4.1	5.3-6.4	6.0	20.0%	8.0%
高体鳊鱼	4.0-4.3	4.2	5.0-5.8	5.6	27.3%	10.2%

种类	体长 (cm)		体重 (g)		比例(%)	
	范围	平均	范围	平均	尾数	重量
鲫	12.3-21.3	19.1	29.1-56.3	43.8	9.1%	26.7%
鲤	32.6-40.0	36.3	144.2-160.4	152.3	3.6%	37.1%
泥鳅	7.2-7.9	7.6	8.0-8.4	8.2	18.2%	10.0%
子陵吻虾虎鱼	3.6-4.5	3.9	4.3-4.9	4.6	9.1%	2.8%
黄黝鱼	3.5	3.5	3.9	3.9	1.8%	0.5%
合计					55	821.5

11) 凤龙湾水库

在凤龙湾水库未采集渔获物，根据现场走访调查，凤龙湾水库鱼类种类以鲤科鱼类为主，其中以鲫、鲤、草鱼、鲢和鳙较多，且个体较大。

(7) 鱼类重要生境

评价河段处于亚热带南缘，海拔 1500~2000m，水体冬季基本不会结冰，鱼类无明显越冬场和索饵场；除凤龙湾水库下泄口附近河段水流较急外，其它河段水体流速均较缓，适于鱼类产卵，且由于马龙河干流河段整体环境差异不明显，故无法区分明显的产卵场。

对于水库淹没河段，除洪水期水量较大外，其他季节水量较小，而车马碧坝址附近河段则由于每年的农业灌溉取水，导致水量进一步减少。工程区所在马龙河流域未发现明显的、集中式的鱼类“三场”等重要的鱼类生境分布。

(8) 渔业概况

经调查，在凤龙湾水库无人工养殖情况，在库区有一些不定期的网具捕捞和垂钓活动，没有调查到渔产量等相关统计资料。

马龙河流域无职业渔民，有一些零星的网具捕捞和垂钓活动，无渔产量统计资料。主要经济捕捞鱼类种类为：鲤、鲫、草鱼、鲢、鳙、鲂等经济鱼类。

(9) 水生生态系统现状评价

评价区域内车马碧坝址及上游地区水体营养程度低，保持自然河流状态，浮游动物以原生动物、轮虫种类占绝对优势。底栖动物如蜉蝣、毛翅目幼虫、及短沟蜷和球蚬类均为清水指示种，在车马碧坝址及上游中都有发现，也反映该区域河道上游水质较好。

凤龙湾水库库区浮游植物的密度和生物量均高于上游河流。水库受水位变化影响，无沉水植物生长，漂浮植物凤眼莲等也只是零星的漂浮在水面上，并未形成群落。库区底栖动物主要是日本沼虾，生物量较高。

凤龙湾水库以下的马龙河下游地区，水生生物不同程度的受到凤龙湾水库水生生物群落的影响。下游浮游植物中出现了微囊藻等喜静水环境的物种，浮游动

物中枝角类和桡足类的数量则明显增加。

受水区南盘江流域河段的生物群落与与马龙河相差较大，底栖动物以耐污的环节动物为主，水生昆虫和软体动物较少，浮游动植物的生物量较高，结合对水体初级生产力的测定，都表明受水区南盘江河段的水质要劣于马龙河流域。将马龙河较好的水补充到受水区，有利于提高剪彩河、白石江的水质，对南盘江水质也有一定的改善作用。

所评价区域中，浮游植物、水生植物、浮游动物和底栖动物中均未发现特有或保护的种类。金苹果螺为外来物种，在受水区南盘江广泛分布，但在马龙河流域尚未调查到该物种分布，结合已发表文献及车马碧水库工程措施，预测金苹果螺通过隧道进入马龙河流域的可能性极小。

鱼类相对其余水生生物类群来说，其个体数量及物种数则相对贫乏，除了凤龙湾水库鲤、草、鲢、鳙等经济鱼类较多以外，其余水体整体以底栖、喜急流、小型鱼类为主，说明评价区水生生态系统所能支撑的顶极生物类群的规模较为有限，进一步说明了评价区水体的贫营养特征。

4.3 社会环境

4.3.1 社会经济

(1) 行政区划及人口

曲靖是云南省下辖地级市，位于云南省东部，距离省会昆明市 120km，土地面积 28904km²，地形地貌多样，是云南省重要工商城市，综合实力居云南省第二位。曲靖市辖 9 个街道，63 个镇，44 个乡，共有 232 个居民委员会，1372 个村民委员会。2013 年末总户数 200.9 万人，其中非农业人口 123.09 万人，境内居住着彝族、回族、壮族、苗族等民族。

车马碧水库项目区建设占地涉及马龙县，调入区涉及麒麟区、陆良县和沾益县。涉及的各市、区、县行政区划详见表 4.3-1。

表 4.3-1 工程涉及地区行政区划和人口

地区	行政区划/个					城镇化率/%	人口/人			
	街道办事处	镇	乡	居委会	村委会		总户数/户	总人数	非农人口	少数民族
曲靖市	9	63	44	232	1372	41.59	2009143	6418971	1230880	490324
麒麟区	5	3	3	60	59	67.5	252848	718563	345575	33373
马龙县	\	5	3	15	52	33	63962	207205	33501	16973

地区	行政区划/个					人口/人				
	街道办事处	镇	乡	居委会	村委会	城镇化率/%	总户数/户	总人数	非农人口	少数民族
陆良县	\	9	2	27	113	41	230211	676434	131601	13117
沾益县	\	3	5	28	94	42.5	128933	429613	79054	26114

(3) 社会经济

马龙河流域涉及马龙、寻甸两个县，以马龙县为主，包括马龙县通泉、月望、王家庄、马过河、旧县和寻甸县的七星、塘子共 7 个乡镇，2013 年底，流域总人口 16.40 万人，其中城镇人口 6.52 万人，农业总产值（当年价）6.78 亿元，工业总产值（当年价）51.4 亿元，国内生产总值（当年价）33.0 亿元。现有耕地面积 31.46 万亩，有效灌溉面积 13.36 万亩，有效灌溉率 42.5%，粮食作物播种面积 25.1 万亩，粮食总产量 7.62 万 t。

曲靖灌区是云南省最大的灌区，曲靖市政府、沾益县政府、麒麟区政府、陆良县政府均位于其中，是曲靖市的政治、经济、文化和交通中心，区内土壤肥沃，盛产粮食、烤烟、蚕桑和生猪等。2013 年底灌区内总人口 151.50 万人，其中城镇人口 94.92 万人，城镇化水平为 62.6%，比全省平均水平高出近 20 个百分点。GDP 总量 690.5 亿元，人均 GDP 为 45576 元，是全省平均水平的 1.8 倍，其中第一产业 91.3 亿元，第二产业 381.6 亿元，第三产业 217.5 亿元，三次产业之比为 13:55:32。区内工业发达，已建有国家级曲靖技术经济开发区，花山、西城和越州 3 个云南省重点工业园区和陆良县级重点园区，是一个以卷烟、汽车制造、机械、冶金、建材、纺织为主的新兴工业城市，拥有大中型企业 200 多家，其中曲靖卷烟厂、云维股份有限公司、曲靖电厂、滇东电业局、一汽红塔云南汽车制造有限公司、云南沾化公司等企业在全省同行业中占有重要地位，2013 年工业总产值 912.5 亿元，工业增加值 291.0 亿元。

曲靖灌区现有耕地面积 98.8 万亩，农田有效灌溉面积 70.72 万亩，农田有效灌溉程度 71.6%；2013 年粮食总产量 65.4 万 t；大小牲畜 167.3 万头，其中大牲畜 12.2 万头，小牲畜 155.1 万头。

4.3.2 区域水资源开发利用

4.3.2.1 调出区水资源开发利用现状

(1) 流域水资源特征

马龙河流域马龙县境内水资源量 2.97 亿 m^3 ，人均水资源量 1977 m^3 ，2013

年总用水量为 5565 万 m³，其中本区地表水总供水量为 5435 万 m³，地表水资源开发利用程度为 16.6%。

(2) 调出区水利工程现状

马龙河流域马龙县境内库塘星罗棋布，至 2013 年底，已建成小(一)型水库 14 件，小(二)型水库 84 件，小塘坝 241 件，蓄水工程总库容 6417 万 m³，兴利库容 5343 万 m³，现状供水能力 4734 万 m³。已建成引水工程 57 件，其中流量大于 0.3m³/s 的引水工程 37 件，流量小于 0.3m³/s 的引水工程 20 件，引水工程总引水流量 14.3m³/s，现状供水能力 1218 万 m³。已建成提水工程 48 件，装机容量 1850kW，其中装机大于 100kW 的提水工程 12 件，装机小于 100kW 的提水工程 36 件，现状供水能力 796 万 m³。调水工程 2 件，其中，黄草坪调水工程从南盘江流域调水到牛栏江，年调水量 259 万 m³，独木水库引水工程到南海子工业园区的引水工程已建成，设计年供水量 3500 万 m³；水井工程 860 眼，现状供水能力 133 万 m³。现有水利设施总供水能力为 10690 万 m³。马龙河流域马龙县已建蓄水工程见表 4.3-2。

马龙河流域（马龙县境内）2013 年水利工程总供水量为 5565 万 m³，其中蓄水工程 4120 万 m³，引水工程 710 万 m³，提水工程 235 万 m³，调水工程 370 万 m³，水井工程 130 万 m³。各类工程的供水量中，蓄水工程供水占整个水利工程供水的 74%，其次是引水占 13%，余下的提水、调水、水井工程供水量分别为 4%，7%、2%，说明马龙河流域的水资源开发利用多以径流调节的蓄水工程开发为主。

(3) 调出区用水现状

马龙河流域 2013 年总用水量为 5565 万 m³，其中农业灌溉用水 3905 万 m³，工业生产用水 910 万 m³，城镇生活用水 380 万 m³，农村人饮用水 370 万 m³；各行业用水量中，农业用水占总用水量的 70%，工业、城镇生活及农村人饮用水仅分别占总用水量的 16%、7%和 7%，马龙河流域用水主要以农业用水为主。

(4) 调出区水资源开发现状

马龙河流域马龙县境内水资源量 2.97 亿 m³，人均水资源量 1977m³，2013 年总用水量为 5565 万 m³，其中地表水总供水量为 5435 万 m³，地表水资源开发利用程度为 18.7%，流域内水资源还有进一步开发的潜力。

表 4.3-2 马龙河流域现状蓄水工程表

单元区	工程规模	件数(座)	总库容(万m ³)	兴利库容(万m ³)	现状供水能力(万m ³)
-----	------	-------	-----------------------	------------------------	--------------------------

单元区	工程规模	件数(座)	总库容(万m ³)	兴利库容(万m ³)	现状供水能力(万m ³)
坝址以上	小(一)型合计	11	2927	2467	1753
	小(二)型合计	59	1280	1053	1049
	小塘坝合计	181	733	596	603
	小计	251	4940	4115	3405
坝址以下	小(一)型合计	3	760	636	701
	小(二)型合计	24	474	393	427
	小塘坝合计	60	244	199	201
	小计	87	1478	1228	1329
小计	小(一)型合计	14	3686	3103	2454
	小(二)型合计	83	1754	1445	1476
	小塘坝合计	241	977	795	804
	小计	338	6417	5343	4734

(5) 马龙河干流评价区水资源利用现状

①车马碧水库坝址以上

车马碧水库坝址以上马龙河干流上已建有松溪坡、龙泉 2 件小(一)型水库, 龙泉水库位于坝址上游 44.5km, 松溪坡水库位于坝址上游 70.6km, 不在车马碧水库淹没影响范围。车马碧水库库区淹没涉及的右岸支流车章河中游段建有五里箐小(一)型水库, 左岸支流白塔河上游段建有四旗田小(一)型水库, 这 2 件小(一)型水库也不在车马碧水库淹没影响范围。除此之外, 车马碧水库坝址上游评价区没有其他水利工程, 也没有进行水电开发。

②车马碧水库坝址以下

车马碧水库坝址下游马龙河干流上有 1 个中型水库—凤龙湾水库。凤龙湾水库位于车马碧水库下游约 20km, 寻甸县与马龙县边界附近, 隶属昆明市寻甸县。水库始建于 1958 年“大跃进”时期, 坝型为均质土坝, 坝顶高程 1888.30m, 最大坝高 23m, 坝顶长 216m。受当时施工技术和各种条件的限制, 水库存在着严重的病险, 于 1994 年进行除险加固, 主体工程于 1996 年底全面竣工并投入运行。水库控制径流面积 957km², 多年平均来水量为 3.49 亿 m³, 水库总库容 2058m³, 兴利库容 1345 万 m³, 校核洪水位 1884.78m, 正常蓄水位 1882.0m, 汛限制水位 1878.99m(溢洪道堰顶高程), 灌溉面积 2.5 万亩, 坝后电站装机 3×500kW, 并担负着仁德坝、七星乡、河口乡的防洪任务, 是一座以灌溉、防洪为主结合发电的综合利用中型水库。

水库现有东、西干渠两条, 东干渠接低涵(进口底板高程 1871.67m)出口取水后, 沿马龙河左岸绕行经新房子、江外村、赵回村至腊味村止, 渠道长度约 7km, 灌溉左岸耕地 0.50 万亩。西干渠从库尾小坝者隧洞(进口底板高程 1875.60m)

出口取水，渠道经白排、宗额、半工田、民则祖、小可依等地后交入牛栏江上的胜利闸，渠道总长 10.1km，灌溉面积 2.0 万亩。

坝后电站兴建于 1984 年，取水口高程 1874.7m，设计水头 14m，引水设计流量 $3 \times 4.87 \text{m}^3/\text{s}$ ，多年发电量 357 万 kW.h。

除凤龙湾水库外，车马碧水库坝址以下马龙河干流无其他水利工程。

4.3.2.2 受水区水资源开发利用现状

受水区曲靖灌区位于云南省东部，行政区划包括曲靖市的沾益、麒麟、陆良三县（区）。根据车马碧水库工程可研报告，曲靖灌区分为松林坝片、沾曲坝片、越州坝片和陆良坝片 4 个片区 14 个灌区，其中，车马碧水库的受水区供水范围共涉及 2 个片区、4 个灌区，分别为沾曲坝片的西河水库灌区、西山灌区、潇湘水库灌区和陆良坝片的莲花田水库灌区。

（1）流域水资源特性

曲靖灌区水资源总量 11.54 亿 m^3 （古宁大坝断面以上），人均水资源量仅 761m^3 ，仅为全省人均水资源量的 16% 左右，属水资源紧缺地区。曲靖灌区 2013 年总用水量 47063 万 m^3 ，其中地表水供水量 45053 万 m^3 ，水资源开发程度为 39.0%，远远高于云南省现状 7.0% 的开发程度，水资源的供需矛盾将越来越突出。

（2）受水区水利工程现状

至 2013 年，曲靖灌区内已建成中型水库 11 件，小（一）型水库 31 件，小（二）型水库 100 件，小塘坝 524 件，蓄水工程总库容 47159 万 m^3 ，兴利库容 40329 万 m^3 ，现状供水能力 49113 万 m^3 。已建成引水工程 119 件，其中流量大于 $0.3 \text{m}^3/\text{s}$ 的引水工程 64 件，流量小于 $0.3 \text{m}^3/\text{s}$ 的引水工程 55 件，引水工程总引水流量 $51.3 \text{m}^3/\text{s}$ ，现状供水能力 13370 万 m^3 。已建成提水工程 232 件，其中装机大于 100kW 的提水工程 62 件，装机小于 100kW 的提水工程 170 件，提水工程总装机 21482kW，现状供水能力 4265 万 m^3 。有水井工程 309 眼，现状供水能力 2365 万 m^3 。城市污水处理回用供水 870 万 m^3 。现有水利设施总供水能力为 69983 万 m^3 。受水区曲靖灌区现状已建蓄水工程情况见表 4.3-3。

曲靖灌区水利工程 2013 年总供水量为 47063 万 m^3 ，其中蓄水工程 27980 万 m^3 ，引水工程 11675 万 m^3 ，提水工程 3573 万 m^3 ，调水工程 955 万 m^3 （独木引水工程），水井工程 2010 万 m^3 ，污水处理回用 870 万 m^3 。曲靖灌区各类工程的供水量中，蓄水工程供水占整个水利工程供水量的 59%，其次是引水占 25%，提水、调水、水井和其它工程分别为 8%、2%、4% 和 2%，说明曲靖灌区片的水

资源开发利用也以径流调节的控制性工程开发为主。

表 4.3-3 曲靖灌区现状蓄水工程表

工程类别	件数	总库容 (万m^3)	兴利库容 (万m^3)	现状供水能力 (万m^3)
中型合计	11	32915	28411	34348
小(一)型合计	31	8821	7337	9519
小(二)型合计	100	3756	3110	3479
小塘坝合计	524	1667	1471	1767
小计	666	47159	40329	49113

(3) 受水区用水现状

曲靖灌区 2013 年总用水量为 47063 万 m^3 ，其中农业灌溉用水 30303 万 m^3 ，工业生产用水 8600 万 m^3 ，城镇生活用水 6150 万 m^3 ，农村人饮用水 2010 万 m^3 。曲靖灌区各行业用水中，农业用水占总用水量的 64%，工业用水占 18%，城镇生活及农村人饮用水仅分别占 13% 和 4%。传统用水大户农业灌溉在全社会用水中的比重较云南省平均水平低近 20 个百分点，与此同时，工业和城市生活用水比重分别较全省高出 13%、7%，上述用水结构说明了曲靖灌区的社会经济发展中城市化和工业化水平已超前于云南省平均水平，城市和工业用水与农业用水矛盾正逐渐显露出来。

(4) 受水区水资源开发现状

曲靖灌区水资源总量 11.54 亿 m^3 （古宁大坝断面以上），人均水资源量仅 761 m^3 ，仅为全省人均水资源量的 16% 左右，属水资源紧缺地区。曲靖灌区 2013 年总用水量 47063 万 m^3 ，其中地表水供水量 45053 万 m^3 ，水资源开发程度为 39.0%，远远高于云南省现状 7.0% 的开发程度。特别说明的是，由于 2009~2013 年云南省全省范围发生了连续 5 年特大干旱，各水库蓄水大幅减少，2013 年虽然降水较前 4 年增加，但仍较常年偏少，受干旱的叠加效应，2013 年的供用水量比正常年份有所下降，因此现状水资源开发程度比正常年份偏小，未能真实反应水资源开发程度情况。根据 2008 年完成的《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》对 2005 年曲靖灌区水资源开发程度的分析，曲靖灌区水资源开发利用率为 41.8%，曲靖灌区正常年份水资源开发程度在 40% 以上，目前南盘江流域水资源开发利用程度已经很高，随着曲靖灌区国民经济的不断发展，水资源的供需矛盾将越来越突出。

4.3.2.3 水资源开发利用现状评价

① 水资源开发利用以河道外用水为主

规划区包括调出区马龙河流域和南盘江上游段的曲靖灌区,其中马龙河流域水系发育,地形切割,多为缓丘地貌为主,干流坡降缓仅为 2.4‰,支流源短流小,基本无水能开发的条件,流域内有马龙河河谷灌区、马龙县城及马龙化建等主要工业基地;曲靖灌区地处南盘江源头区域,南盘江贯穿整个灌区,地势平坦,是云南省的第一大灌区,并座落有云南省第二大城市曲靖市,水资源开发程度较高。整个规划区水资源开发开发利用以城乡生活、农业灌溉、工业等河道外的生活、生产及生态用水为主。

②缺水形式为工程性缺水和资源性缺水共存

马龙河流域和曲靖灌区的现状水资源供需平衡结果充分反映了规划区的水资源现状特性,即在丰水年时各地供需水基本平衡,平水年时基本平衡略有缺水,中等干旱年时普遍发生缺水,特枯水年时则严重缺水。各种年份的缺水都是季节性的,主要集中在大小春作物用水高峰期的 3~5 月,仅在个别特枯年份会出现 1~6 月缺水的情况。缺水程度与各地的经济结构、供水组成、用水水平、水资源开发程度等有关,经济较为发达的曲靖灌区,水源工程以中小型水库为主,调节控制径流的能力强,水资源开发程度高,为资源性缺水。马龙河流域水系发育,耕地分散,供水以小型水库和塘坝为主,开发程度低,水资源有待进一步开发利用,为工程性缺水。

③主要经济区水资源开发程度较高

规划区内的水资源开发程度各有很大差异,马龙河流域开发程度 17.3%,其中车马碧以上区域为 18.0%,具有进一步开发的潜力,属于工程性缺水;曲靖灌区的水资源开发程度已达 38.4%,其中沾曲坝片为 44.3%,陆良坝片更是达到 49.9%,超过了水资源开发的合理上限,在本区进一步开发的工程已很少,南盘江水环境问题已显现。从规划区域内各地的人均水资源量指标可以看出,曲靖灌区的缺水形势将会在未来逐渐加剧,资源性缺水只能依靠外流域调水工程解决,因此,曲靖灌区在规划水平年的水资源开发方式将逐渐转向跨流域调水工程建设为主。

④曲靖灌区河道生态用水挤占情况及水生态问题

曲靖灌区现状年普遍存在城镇生活和工业用水挤占农业用水和河道生态用水的情况。由于城市化进程的推进,城市用水不断增大,曲靖灌区的城镇人口规模由 2000 年以前的 27 万人增加至现在的 95 万人,而麒麟区的主要供水水源潇湘水库和西河水库,设计灌溉面积由原来的 11.51 万亩逐步减少为 7 万亩左右,

经调查分析，两水库现状城镇和工业供水共挤占农业用水 2951 万 m³。因此，城镇用水挤占农业用水，农业用水和城镇用水又共同挤占河道生态用水，最后导致生态环境恶化。经分析计算，曲靖灌区城镇和工业用水挤占农业用水 7663 万 m³；汛期和枯期均按多年平均天然流量的 10% 计算最小下泄生态流量，曲靖灌区现状共挤占河道生态水量 7616 万 m³，其中城镇用水挤占生态用水 1736 万 m³，农业用水挤占生态用水 5880 万 m³。

由于南盘江上游段曲靖灌区水资源开发利用程度过高，工农业生产生活挤占了河道基本的生态用水量，导致河道断流；曲靖灌区是曲靖市工农业经济最为发达，同时也是城市化水平最高的地区，工业和城市污水排放量大，河道水体水质下降，水生态环境不断恶化。根据调查，由于在曲靖坝区内南盘江干流上修建拦河闸拦蓄水量供农田灌溉用水，不下泄生态用水，造成闸下游河段发生断流。近年来，南盘江干流、西河、潇湘江等都发生过多次河道断流现象，断流河长 27~62km，断流时间为 60 天左右。特别是 2011 年云南省发生严重干旱以来，南盘江西桥闸断流时间最长超过了 200 天。根据水环境现状水质监测结果，南盘江水质结果均为劣 V 类，超标项主要为 COD、BOD₅、氨氮、总磷、总氮等指标，不满足水环境功能要求。

4.3.3 交通运输

车马碧水库坝址区距马龙县城公路里程 25km，距曲靖市区公路里程 49km，距昆明公路里程 99km，施工期可利用昆曲高速和 S101 省道作为进场道路。铁路运输可由贵昆铁路运至马过河镇，再通过公路运输至施工区，其中昆明至马过河镇铁路里程 110km，曲靖至马过河镇铁路里程 48km，对外交通十分方便。

4.3.4 文教卫生

近年来，随着经济的发展，马龙县教育、卫生事业健康发展，教学、医疗条件不断得到改善。2013 年末，有各类学校 150 所（含小学校点），在校学生 40275 人，教职工 2495 人，其中专任教师 2230 人，占 89.4%。全县小学学龄儿童入学率为 99.97%，初中适龄人口入学率为 99.97%，初中升学率 90.44%，其中升入普通高中的比例为 45.48%，高考上线率 100%。全县 2.66 万名农村义务教育阶段学生免费食用营养餐。投资 4116 万元，完成 2.6 万 m² 校安工程建设。

2013 年末，全县有农村文化户（文艺队）180 户（支），其中农村文艺队 60

支。文化馆 1 个，文化站 8 个，图书馆 1 个，藏书量 13000 册。档案馆 1 个，馆藏总量 3.85 万卷（册），开放档案 9169 卷（册）。

全县医疗机构 97 个，其中诊所、医务室 15 个。拥有床位总数 699 张，共有卫生工作人员 647 人，卫生技术人员 362 人。参加农村合作医疗人数 165291 人，参合率为 96.36%。

4.3.5 旅游景观

车马碧水库工程建设征地不涉及国家级、省级风景名胜区，距离工程区域较近的是马龙县马过河省级风景名胜区。

2002 年，云南省人民政府发布云政发【2002】44 号文件《云南省人民政府关于发布马龙县马过河等省级风景名胜区名单的通知》，批准成立马龙县马过河风景名胜区。马过河风景名胜区地处滇中高原马龙县境内，由马过河、万亩草场、香炉山三个片区组成，共有 37 个景点，景区面积 28km²。马过河风景名胜区以溪流平湖、陡壁峭岩、瀑布、跌水为特色，森林植被保存了滇中地区原生植被和生态景观，景区溪水、瀑布、湖泊、山花、草甸、森林及历史文化遗迹有机组合，具有较高的旅游和科研价值。根据批复，马龙县人民政府于 2014 年 11 月编制完成了《马龙县马过河风景名胜区总体规划（2015-2030）》，目前该规划正在审批过程中，根据规划内容，马过河省级风景名胜区共规划有四个景区。

（1）马过河景区

马过河景区距离马龙县城约 29km，位于马过河镇西北角，西北至马龙与寻甸交界处，东南至莫浪河陈家湾，包括东（莫浪河区域）、西（马过河风景河段区域）两部分景区，景区总面积 4.95km²。其中核心景区主要包括马过河风景河段及马龙境内河段面山区域，主要保护对象为以马过河峡谷风光（二级景源）为主的景观资源集中区，核心景区面积 0.97km²。

景区中心有马过河（马龙河下段）蜿蜒而过，马过河及两岸峡谷地貌、森林植被构成了区内最核心的景观要素。除此之外，莫浪河河段及白龙潭村苗族风情也是景区重要的景观资源。马过河景区距工程区的最近直线距离为 4.5km，不受工程建设影响。马过河景区的涉水景点位于车马碧水库下游、凤龙湾水库库区支流石板河上，车马碧水库蓄水及运行均不会对其产生影响。

（2）土官寨景区

土官寨景区，距离马龙县城约 25km，位于王家庄街道办事处南部，东、南

至王家庄街道办事处界，北至马龙河及土官寨，西至罗贵水库，景区面积 10.51 km²。

景区西北部为马龙八景之一的龙阳仙洞，东北为小石林喀斯特地貌。以龙阳仙洞、落水洞、小石林等为主要景观特征的典型喀斯特景观构成了区内最核心的景观要素。除此之外，高山森林植被、溪流叠水、土官寨彝族风情及砍斧箐苗族风情也是景区重要的景观资源。土官寨景区距工程区的最近直线距离为 6km，不受工程建设影响。

(3) 香炉山景区

香炉山景区，距离马龙县城约 22km，位于旧县街道办事处中部，东至铁山林场，北至太阳山谷，西面及南面以香炉山山体林缘为界，景区面积 2.62 km²。

景区中部为马龙八景之一的香炉倚空，香炉倚空、金鼎镇太极、香炉山神水护山、香炉寺等共同构成了香炉山景区的核心景观，而香炉山悠久的宗教文化氛围及茂密的山林植被则成为这一景区良好的文化及生态景观背景。香炉山景区距工程区的最近直线距离为 8.5km，不受工程建设影响。

(4) 天生桥景区，距离马龙县城约 41km，位于马鸣乡东南部，东至拟建旧县至石林高速，西北至中塘林场西片，西南沿干河直至咨卡村，景区面积 9.12 km²。

景区中心有咨卡河干河段蜿蜒而过，东部的天生桥及干河两侧峡谷、山林极富景观特色，是整个马过河风景名胜区内最具原生生态风貌的游览区域。天生桥景区距工程区的最近直线距离为 23km，不受工程建设影响。

综上所述，车马碧水库的建设对马过河省级风景名胜区不会产生影响。

4.3.6 人群健康

根据马龙县卫生防疫站提供的 2012~2014 年疫情统计资料，车马碧水库项目建设区没有特有的传染病、流行病、地方病及自然疫源性等疾病等病症。据最近三年资料统计，对当地人群健康影响较大的传染性疾病主要为肺结核、流腮、手足口病等常见病种，且发病率均不高。工程区 2012~2014 年传染病发病情况统计表详见表 4.3-6。

表 4.3-6 工程区 2012-2014 年传染病发病情况统计 单位：例

病种		合计																
地区	年份	发病数	死亡数	肝炎	麻疹	肺结核	伤寒	百日咳	淋病	梅毒	疟疾	痢疾	流腮	风疹	非淋	手足口病	乙脑	
旧县	2012	8	0	18	0	0	0	0	1	0	8	29	0	0	45	0	109	0

镇	2013	17	0	6	2	0	0	1	0	8	93	1	0	35	0	163	0
	2014	12	0	6	0	0	1	6	0	8	7	0	0	78	0	118	0
马过河镇	2012	7	0	9	0	0	0	2	0	1	8	0	0	18	0	45	0
	2013	9	0	3	0	0	0	2	0	0	10	0	0	21	0	45	0
	2014	2	0	8	0	0	1	3	0	1	2	0	0	20	0	37	0
王家庄镇	2012	8	1	21	1	0	0	1	0	4	216	0	0	15	0	267	0
	2013	5	0	23	0	0	0	2	0	1	126	0	0	47	0	204	0
	2014	13	0	14	0	0	1	9	0	3	7	0	0	54	0	101	0
通泉镇	2012	8	0	36	0	0	1	8	0	4	198	2	0	41	0	298	0
	2013	13	2	17	1	0	0	4	0	10	192	0	0	175	0	414	0
	2014	14	0	19	1	0	0	8	0	8	20	0	0	325	0	395	0
马鸣镇	2012	7	0	4	1	0	0	5	0	1	4	0	0	12	0	34	0
	2013	9	0	1	0	0	0	1	0	1	9	0	0	23	0	44	0
	2014	1	0	12	2	0	1	2	0	0	0	0	1	15	0	34	0
月望乡	2012	5	1	34	0	0	0	1	0	3	40	0	0	14	0	98	0
	2013	9	1	11	1	0	0	5	0	6	70	0	0	52	0	155	0
	2014	6	0	12	1	0	0	2	0	3	4	0	0	40	0	68	0

4.3.7 文物

曲靖市文物管理所于 2015 年 11 月 2 日~11 月 18 日对车马碧水库建设区域及周边 9.02km² 进行了考古调查和勘探工作，并编制完成了《曲靖市车马碧水库建设区域文物考古调查勘探技术服务评估报告》。根据评估报告，车马碧水库建设区域地面上有各类文化遗存遗迹 29 处（古遗址 4 处，古代墓群 7 处，古代建筑 11 处，古代石刻 1 处，近现代史迹及代表性建筑物 6 处），各遗存遗迹情况统计详见表 4.3-7；地下基本没有需要保护的文化遗存和遗迹。根据文物遗址遗迹情况，向上级文物主管部门请示，对车马碧水库建设区域调勘结果提出如下保护处理意见：

（1）遗址类，由于时代较晚、价值较低，不具有文物保护价值，不必要进行考古发掘，建设单位可以施工。

（2）古墓葬类，分两种情况：一是墓葬在水库淹没范围，但高出水库正常蓄水位的最高水位；二是在水库淹没区周边附近地带。上述墓葬均系有主坟，若涉及到确实需要搬迁的，当由建设单位与地方民政部门及墓主的后人处理好搬迁事宜，文物部门只在调查、勘探中均作测绘、摄影、文字记录等资料收集处理。建设单位可以施工。

（3）近现代史迹及代表性建筑物类，因距离今天历史较近，加之破坏较为严重，保存现状较差，不具有较好的历史、艺术、科学保存价值，情况类似于处理意见 1、2，故文物部门只在调查、勘探中均作测绘、摄影、文字记录等资料

收集处理。建设单位可以施工。

(4) 古建筑和古代石刻中，①房屋建筑由于价值较低，不列为文物，建议按民政部门的处置方式进行处置。②石拱桥不论在水库淹没区还是在水库大坝下游，在施工过程中禁止施工车辆通行、禁止在古桥梁周边区域进行钻探、爆破等作业；水库泄洪时会对大坝下游的白蟒河石拱桥产生威胁，建议对白蟒河石拱桥进行加固。其余本次调查、勘探中发现的其它古建筑和古代石刻，文物部门只在调查、勘探中均作测绘、摄影、文字记录等资料收集处理，建设单位可以施工。

鉴于水库影响区域内地下文物埋藏情况的复杂性和本次调查、勘探时间较为仓促，在施工过程中如发现其他文物遗存，请建设方和施工单位及时通知当地文物行政部门，并采取保护措施，以便妥善处理。

2015年11月23日，云南省文物局出具了文物保护意见书(云文考[2015]44号)，意见表明项目没有需要进一步处理的文物，同意工程选址，进行建设。

表 4.3-7 项目评价区文物点调查、勘探情况统计表

序号	类别	名称	年代	位置	与工程位置关系	是否保护	文物保护意见
1	古遗址	小车章小寺遗址	清末晚期	马过河镇小车章村内 N25° 27' 00.2" E103° 26' 46.89"	淹没区内	否	价值较低，不需要迁移保护
2		小车章大寺遗址	清末晚期	马过河镇小车章村内 N25° 27' 13.91" E103° 26' 41.49"	淹没区内	否	价值较低，不需要迁移保护
3		大罗贵姑娘洞	明清时期	旧县镇大罗贵村 N25° 25' 45" E103° 26' 13"	淹没区内	否	未发现古人类生活遗迹
4		大罗贵营盘山遗址	清中晚期	旧县镇大罗贵村 N25° 25' 16" E103° 25' 52"	部分被水库淹没，只有顶部漏出水面	否	价值较低，保存状况较差，耕土下就为生土层
5	古建筑	小车章古道	清代晚期	马过河镇小车章村内 N25° 26' 59.16" E103° 26' 46.32"	淹没区内	否	价值较低，建议原址保存
6		小车章高氏四合院	清末	马过河镇小车章村内 N25° 27' 01.05" E103° 26' 43.17"	淹没区内	否	历史艺术价值较低，不作为文物处理
7		白蟒河石拱桥	清中晚期	马过河镇白蟒河村内 N25° 25' 58.74" E103° 24' 25.96"	水库坝址下游	否	施工中禁止载重车辆通行，建议进行加固
8		赵家山小石桥	清中晚期	马过河镇赵家山村内 N25° 25' 55.21" E103° 24' 13.98"	水库坝址下游	否	施工中禁止载重车辆通行
9		高枧槽大桥	清中晚期	马过河镇高枧槽村内 N25° 27' 36.62"	淹没区外	否	保存较好、施工中禁止载重

序号	类别	名称	年代	位置	与工程位置关系	是否保护	文物保护意见
				E103° 31' 04.99"			车辆通行
10		大车章村清代古井	清初	马过河镇大车章村内 N25° 27' 18" E103° 26' 55"	淹没区内	否	价值较低, 不需要迁移保护
11		大车章龙潭桥	清中期	马过河镇大车章村内 N25° 27' 11" E103° 26' 54"	淹没区内	否	价值较低, 不需要迁移保护
12		角家村角开福宅院	清末	马过河镇角家村内 N25° 27' 19" E103° 23' 50"	淹没区外	否	保存较差, 不作为文物处理
13		庄郎小石桥	清代	王家庄镇庄郎村内 N25° 28' 41" E103° 29' 9"	淹没区外	否	施工中禁止载重车辆通行
14		庄郎姚氏宅院	清末	王家庄镇庄郎村内 N25° 28' 42" E103° 29' 10"	淹没区外	否	价值较低, 不作为文物处理
15		白塔村白塔桥	清中晚期	旧县镇白塔铺内 N25° 23' 54.9" E103° 26' 16.9"	淹没区外	否	施工中禁止载重车辆通行
16	古墓葬	小车章李氏家族祖莹	清中晚期	马过河镇小车章村内 N25° 27' 09.2" E103° 26' 09.94"	淹没区外	否	不在淹没区, 系有主坟
17		何家村何氏家族祖莹	清康熙甲戌年	马过河镇何家村内 N25° 27' 49.35" E103° 26' 30.04"	淹没区外	否	不在淹没区, 系有主坟
18		上尹堡施文炳墓	清道光三年	马过河镇上尹堡村内 N25° 28' 13.22" E103° 28' 35.30"	淹没区外	否	不在淹没区, 系有主坟
19		车马碧村杨永达墓	清乾隆乙亥年	马过河镇车马碧村内 N25° 25' 55" E103° 25' 6"	淹没区外	否	不在淹没区, 系有主坟
20		黄坝村彭氏墓地	清乾隆乙酉年	王家庄镇黄坝村内 N25° 26' 30" E103° 28' 37"	淹没区外	否	不在淹没区, 系有主坟
21		法腾村彭氏公墓	清康熙辛巳年	王家庄镇法腾村内 N25° 26' 30" E103° 28' 37"	淹没区外	否	不在淹没区, 系有主坟
22		白塔村李春发夫妇合葬墓	清光绪二十八年	旧县镇白塔村内 N25° 23' 59.82" E103° 25' 55.5"	淹没区外	否	不在淹没区
23	石刻	虎渡桥碑	清乾隆四十一年	马过河镇西 N25° 28' 32" E103° 22' 22"	水库坝址下游	否	不在淹没区
24	近现代	白蟒河村周家祖莹	1918年	马过河镇白蟒河村内 N25° 25' 58.11" E103° 24' 38.56"	水库坝址下游	否	不在淹没区, 系有主坟

序号	类别	名称	年代	位置	与工程位置关系	是否保护	文物保护意见
25	史迹及代表性建筑物	国营西南云水机械厂旧址	1970年	王家庄镇格里社区 N25° 25' 48.8" E103° 29' 25"	淹没区内	否	厂区闲置，不搬迁保护，建设中不要造成人为损毁
26		张基屯兴发桥	1929年	旧县镇张基屯村内 N25° 24' 35.19" E103° 26' 03.82"	淹没区内	否	在淹没区，建议原址保存
27		张基屯水井	1902年	旧县镇张基屯村内 N25° 24' 20.1" E103° 26' 07.8"	淹没区内	否	在淹没区，建议原址保存、不作处理
28		大车章村铁路桥	1942年	马过河镇大车章村内 N25° 27' 26" E103° 26' 49"	淹没区内	否	在淹没区，建议原址保存
29		塘子边村李起墓	1924年	马过河镇塘子边村内 N25° 28' 23" E103° 27' 48"	淹没区内	否	在淹没区，系有主坟

4.4 环境质量现状

4.4.1 水环境质量

4.4.1.1 污染源

为厘清车马碧水库集水区污染源分布及其污染现状，2015年7月，委托云南省环境科学研究院开展了“车马碧水库污染源调查及治理”专题的研究工作。

根据专题报告成果，车马碧水库坝址以上径流区内污染负荷包括点源污染和农业农村面源污染。其中，点源污染包括工业污染、集镇生活污染和规模化畜禽养殖污染；农业农村面源污染包括农村生活污染、人畜粪便污染、农田化肥污染和农田固废污染。

(1) 点源污染

① 工业污染源

根据对车马碧水库径流区内的68家正在运行的工业企业进行分析，结合现场调查，筛选出21家可能排污的工业企业。根据《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》，计算车马碧水库坝址以上这21家工业企业的废水产生量，经计算车马碧水库径流区工业废水产生量为6046.56万t/a，其中COD10258.57t/a，氨氮112.0t/a，TP28.0t/a；根据调查，径流区内所有工业企业产生的废水均经过厂区内废水处理设施处理后回用，不向外排放，故车马碧水库

集水区域工业废水入库量为零。详见表 4.4-1。

② 城镇生活污染源

车马碧水库坝址以上径流区内涉及马龙县城（通泉镇）、王家庄集镇及月望集镇共三个集镇，总人口 54297 人，其中县城通泉镇人口 46500 人，王家庄街道人口 4385 人，月望乡集镇人口 3412 人。其中马龙县城（通泉镇）建有污水处理厂接纳处理县城生活污水，目前污水处理厂正常运行，出水水质标准稳定到达一级 A 标准；王家庄、月望集镇均未建有生活污水处理设施，乡镇居民生活污水以倾倒在自家房屋的房前屋后为主。马龙县县城（通泉镇）内配套建设有马龙县城市生活垃圾处理厂。王家庄、月望集镇目前尚未建设生活垃圾处理及配套设施，垃圾经由垃圾站收集清运后破沟回填。

根据《全国水环境容量核定技术指南》和《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》（2008 年 3 月），计算出车马碧坝址以上径流区内城镇生活污水产排量，考虑污染物负荷修正，得出城镇生活污水入河量和入库量，详见表 4.4-2。

根据往年马龙县垃圾处理厂实际处理状况，马龙县城镇居民人均生活垃圾产生量按 1kg/人每天计算。生活垃圾中主要污染物含量参考云南省三湖地区相关科研课题监测，有机质含量取（COD）为 2.85%、TN 为 0.93%、TP 为 0.21%。计算得出车马碧水库坝址以上径流区城镇生活垃圾产排量，考虑污染物负荷修正，得出垃圾中污染物入河量及入库量。详见表 4.4-3。

③ 规模化畜禽养殖污染源

车马碧水库坝址以上径流区规模化养殖场分布于通泉镇、鸡头村街道、王家庄街道、马过河镇（3 个行政村）、旧县镇（1 个行政村）及月望乡，规模化养殖情况如表 4.4-4 所示。

根据《第一次全国污染源普查畜禽养殖产排污系数手册》（2008 年）西南地区相关参数为依据确定排污系数，计算规模化畜禽养殖污染物负荷，详见表 4.4-5。

表 4.4-1

车马碧水库径流区工业污染源污染物核算表

单位: t/a

序号	单位名称	产品名称	原料名称	工艺流程(名称)	规模	产污量(t/a)				末端治理 技术名称	排污量(t/a)			
						工业 废水量	COD	氨氮	TP		工业 废水量	COD	氨氮	TP
1	云南云翔玻璃有限公司	浮法玻璃、太阳能玻璃、超薄玻璃	石英砂	浮法玻璃生产线、太阳能玻璃生产线	浮法玻璃: 550t/d; 太阳能玻璃: 280t/d	6972.00	2191.20	0.00	0.00	气浮池+上浮分离	0.00	0.00	0.00	0.00
2	马龙县华光锌品厂	氧化锌	粗锌	氧化锌生产线	6000t/a	13422.00	1.08	0.00	0.00	中和法	0.00	0.00	0.00	0.00
3	马龙县鹏泉锌厂	氧化锌	粗锌	氧化锌生产线		11185.00	0.90	0.00	0.00	中和法	0.00	0.00	0.00	0.00
4	马龙仁和锌业有限公司	高纯金属锌粉、粗级氧化锌	锌精矿	电炉炼锌工艺	年产高纯金属锌粉 10000t, 年产粗级氧化锌 6000t	25680.00	3.04	0.00	0.00	中和法	0.00	0.00	0.00	0.00
5	云南曲靖呈钢钢铁(集团)有限公司	Q195 Q235 Q335 150mm×150mm× 6m-12m优质钢坯及各种规格的矩形坯; 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋系列HRB400、HRB400E、HRB500、HRB500E12mm-32mm 高强度抗震螺纹钢, HRB400、HRB400E6mm--12mm 高强度抗盘螺钢筋, HPB3006.5mm--12mm 光圆钢筋	烧结矿 球团矿 焦炭 煤粉	高炉法	年钢铁生产规模300多万t	24360000	3900	0.00	0.00	循环使用	0.00	0.00	0.00	0.00

序号	单位名称	产品名称	原料名称	工艺流程（名称）	规模	产污量（t/a）				末端治理技术名称	排污量（t/a）			
						工业废水量	COD	氨氮	TP		工业废水量	COD	氨氮	TP
6	马龙县鑫辉铁精矿粉有限公司	烧结矿	铁矿 石灰 焦粉 煤粉	带式烧结法	6000t/a	55500.00	9.24	0.00	0.00	循环使用	0.00	0.00	0.00	0.00
7	云南宏昌橡胶软木制品有限公司	棒球	软木屑	软木屑→胶水压型→表面装饰→成品	年产棒球100万粒	46.80	0.05	0.00	0.00	直排	0.00	0.00	0.00	0.00
8	马龙县明龙焦化实业有限公司*	焦炭	炼焦煤	焦炭生产线		512000.00	1040.00	112.00	0.00	厌氧/好氧生物组合,好氧生物处理工艺	0.00	0.00	0.00	0.00
9	马龙县天龙橡胶制品有限公司	再生胶	废旧轮胎	废轮胎→破碎→炼焦机→再生胶	年产再生橡胶8万t	10400.00	10.40	0.00	0.00	过滤	0.00	0.00	0.00	0.00
10	马龙县中泰陶瓷有限责任公司*	陶瓷砖片	白泥	二次烧成	400万m ² /年	28000000.0	2500.00	0.00	0.00	沉淀分离、循环利用	0.00	0.00	0.00	0.00
11	马龙福盛陶瓷有限公司*	琉璃瓦	白泥	白泥→湿法成型→高温烧结（煤气窑）→表面加工→成品	年产琉璃瓦300万件	2520000.00	225.00	0.00	0.00	沉淀分离、循环利用	0.00	0.00	0.00	0.00
12	曲靖桂源陶瓷有限公司	琉璃瓦	白泥	白泥→湿法成型→高温烧结（电炉）→表面加工→成品	年产琉璃瓦200万件	1680000.00	150.00	0.00	0.00	沉淀分离、循环利用	0.00	0.00	0.00	0.00
13	马龙县坤达陶瓷有限公司	琉璃瓦	白泥	白泥→湿法成型→高温烧结（煤气窑）→表面加工→成品	年产琉璃瓦250万件	2100000.00	187.50	0.00	0.00	沉淀分离、循环利用	0.00	0.00	0.00	0.00
14	云南省东电线路器材有限公司	电力铁塔	角钢、钢板	钢材→酸池除锈→锌池镀锌→钝化处理	年产铁加工产品及10000t镀锌	5700.00	2.10	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00

序号	单位名称	产品名称	原料名称	工艺流程（名称）	规模	产污量（t/a）				末端治理 技术名称	排污量（t/a）			
						工业 废水量	COD	氨氮	TP		工业 废水量	COD	氨氮	TP
15	马龙县正远阀门铸造有限公司	阀门铸件	废铁	废铁→金属熔炼（煤气炉）→砂模铸型→表面处理→成品	年产阀门铸件1000t	7500.00	1.30	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
16	云南马龙云华磷化工有限公司*	黄磷	磷矿	黄磷生产线	10000t/a	1150000.00	28.50	0.00	28.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
17	马龙县鑫龙铸造有限公司	铸钢件	废铁	废铁→金属熔炼（电弧炉）→砂模铸型→表面处理→成品	年产铸件1000t	1500.00	1.20	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
18	马龙县益丰铸造有限公司	铸钢件	废铁废钢	废铁废钢→粉碎机→金属熔炼（电弧炉）→金属铸型→表面处理→成品	年产铸件5000t	3000.00	4.50	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
19	马龙县再升翻沙铸造厂	电机壳	废铁废钢	废铁废钢→金属熔炼（冲天炉）→砂模铸型→表面处理→成品	年产电机壳1000t	1500.00	1.20	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
20	马龙华阳机械配件厂	电机壳	废铁废钢	废铁废钢→金属熔炼（冲天炉）→砂模铸型→表面处理→成品	年产电机壳900t	675.00	0.77	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
21	马龙县佳信农具厂	管道铸件	废铁废钢	废铁废钢→金属熔炼（电弧炉）→砂模铸型→表面处理→成品	年产管道铸件1000t	550.00	0.60	0.00	0.00	物理+化学法	0.00	0.00	0.00	0.00
合计						60465630.8	10258.6	112.00	28.00		0.00	0.00	0.00	0.00

表 4.4-2 车马碧水库集水区生活污水产排量及入河入库量 单位: t/a

类别	污染物	通泉镇	王家庄街道	月望乡	合计
产生量	污水	2206425.00	208068.25	161899.40	2576392.65
	COD	1103.21	104.03	80.95	1288.20
	TN	201.97	19.05	14.82	235.84
	TP	17.31	1.63	1.27	20.21
	NH ₃ -N	140.87	13.28	10.34	164.49
实际排放量	污水	2206425.00	208068.25	161899.40	2576392.65
	COD	431.54	83.23	64.76	579.53
	TN	120.00	16.17	12.58	148.74
	TP	5.91	1.39	1.08	8.38
	NH ₃ -N	90.88	12.96	10.09	113.93
入河量	污水	1985782.50	197664.84	134376.50	2317823.84
	COD	388.39	79.07	53.75	521.20
	TN	108.00	15.36	10.44	133.79
	TP	5.32	1.32	0.90	7.54
	NH ₃ -N	81.79	12.32	8.37	102.48
入库量	污水	1787204.25	181851.65	87344.73	2056400.63
	COD	349.55	72.74	34.94	457.23
	TN	97.20	14.13	6.79	118.11
	TP	4.78	1.22	0.58	6.59
	NH ₃ -N	73.61	11.33	5.44	90.38

表 4.4-3 车马碧水库集水区城镇生活垃圾产排量及入河入库量 单位: t/a

类别	污染物	通泉镇	王家庄街道	月望乡	合计
产生量	垃圾	16972.50	1600.53	1245.38	19818.41
	COD	483.72	45.61	35.49	564.82
	TN	157.84	14.88	11.58	184.31
	TP	35.64	3.36	2.62	41.62
排放量	垃圾	1697.25	160.05	124.54	1981.84
	COD	48.37	4.56	3.55	56.48
	TN	15.78	1.49	1.16	18.43
	TP	3.56	0.34	0.26	4.16
入河量	垃圾	1527.53	152.05	103.37	1782.94
	COD	43.53	4.33	2.95	50.81
	TN	14.21	1.41	0.96	16.58
	TP	3.21	0.32	0.22	3.74
入库量	垃圾	1374.77	139.89	67.19	1581.85
	COD	39.18	3.99	1.91	45.08
	TN	12.79	1.30	0.62	14.71
	TP	2.89	0.29	0.14	3.32

表 4.4-4 马龙河流域内规模化畜禽养殖场状况 单位: t/a

乡镇	牛		猪		羊		家禽	
	出栏量	存栏量	出栏量	存栏量	出栏量	存栏量	出栏量	存栏量
通泉镇	86	476	4282	2716	1103	4927	260490	271250
鸡头村街道	385	796	2750	3148	1131	3866	7800	10700
王家庄街道	23	102	44	56	1339	2928	2030	3030
马过河镇	22	173	1585	630	1140	2223	6434	6060
旧县镇	0	0	0	0	158	944	10000	3000
月望乡	0	0	21505	4315	0	0	0	0
合计	516	1547	30166	10865	4871	14888	286754	294040

表 4.4-5 规模化畜禽养殖污染物负荷 单位: t/a

类别	污染物	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡	合计
产生量	COD	500.58	228.16	58.59	74.48	18.81	154.48	1035.10
	TN	29.47	22.20	4.59	6.38	1.20	13.55	77.39
	TP	5.41	3.49	1.43	1.39	0.45	1.51	13.67
	NH ₃ -N	20.63	15.54	3.22	4.47	0.84	9.48	54.17
排放量	COD	500.58	228.16	58.59	74.48	18.81	154.48	1035.10
	TN	29.47	22.20	4.59	6.38	1.20	13.55	77.39
	TP	5.41	3.49	1.43	1.39	0.45	1.51	13.67
	NH ₃ -N	20.63	15.54	3.22	4.47	0.84	9.48	54.17
入河量	COD	450.52	205.34	55.66	70.75	18.81	128.22	929.31
	TN	26.52	19.98	4.36	6.06	1.20	11.25	69.37
	TP	4.87	3.14	1.36	1.32	0.45	1.25	12.39
	NH ₃ -N	18.57	13.99	3.05	4.24	0.84	7.87	48.56
入库量	COD	405.47	164.28	51.21	70.75	18.81	83.34	793.86
	TN	23.87	15.99	4.01	6.06	1.20	7.31	58.44
	TP	4.38	2.51	1.25	1.32	0.45	0.81	10.72
	NH ₃ -N	16.71	11.19	2.81	4.24	0.84	5.12	40.91

(2) 农业农村面源污染

① 农村生活污染

车马碧水库坝址以上径流区人口分布见表 4.4-6, 根据云南省污染源普查办公室及相关资料, 曲靖市农业农村面污染源污染物负荷的计算参数见表 4.4-7~9, 由此计算车马碧水库坝址以上径流区农村生活污水及生活垃圾污染负荷。

表 4.4-6 车马碧水库坝址以上径流区人口分布

乡镇	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡	合计
人口(人)	24937	15480	5765	5410	4640	24014	80246

表 4.4-7 农村人均生活污水产排系数

用水量(L/pd)	COD(g/pd)	TN(g/pd)	TP(g/pd)	NH ₃ -N(g/pd)	排放系数
60	35	8	0.7	6	0.57

表 4.4-8 农村人均生活垃圾产生系数

垃圾量(kg/pd)	有机质含量		
	COD	TN	TP
0.351	2.85%	0.93%	0.21%

表 4.4-9 农业面源污染物负荷入河、入库量修正系数

乡镇	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡
入河量修正系数	0.90	0.90	0.95	0.95	1.00	0.83
入库量修正系数	0.90	0.80	0.92	1.00	1.00	0.65

经计算，现状车马碧水库坝址以上径流区农村生活污水产生量为 100.17 万 t/a，主要污染物产生量分别为：COD 584.33t/a、TN 133.56t/a、TP 11.69t/a、NH₃-N 100.17t/a。由于马龙县乡镇各农村村落均未建污水处理设施，农村生活污水产生后全部直接排放，污染物入库量较大。结合各乡镇地理位置、沟渠情况，并根据污染物负荷修正系数，得到污水入河量为 89.33 万 t，COD 521.11t/a、TN 119.11t/a、TP 10.42t/a、NH₃-N 89.33t/a；污水入库量为 73.80 万 t，主要污染物入库量分别为：COD 430.48t/a、TN 98.40t/a、TP 8.61t/a、NH₃-N 73.80t/a。

现状车马碧水库径流区农村生活垃圾产生量 10280.72t，主要污染物产生量分别为：COD 293.00t/a、TN 95.61t/a、TP 21.59t/a。车马碧水库坝址径流区内的农村村落均未建垃圾收集与处置设施。通过调查了解到，村民一般把垃圾收集后回收利用，利用率在 80%左右。现状农村生活垃圾排放总量为 2056.14t，主要污染物排放量分别为：COD 58.60t/a、TN 19.12t/a、TP 4.32t/a。根据表 4.4-9 得到生活垃圾入河量为 1833.66t，主要污染物 COD 52.26t/a，TN 17.05t/a，TP 3.85t/a；生活垃圾入库量为 1514.79t，主要污染物入库量分别为：COD 43.17t/a、TN 14.09t/a、TP 3.18t/a。

② 人畜粪便污染

车马碧水库坝址以上径流区农村人口及畜禽养殖状况见表 4.4-10，由此可计算农业农村人畜粪便污染物负荷量。

表 4.4-10 车马碧水库坝址以上径流区农村人口及畜禽养殖状况

类别	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡	合计
人口(人)	24937	15480	5765	5410	4640	24014	80246
大牲畜(头)	2253	1434	1847	2823	1548	13917	23822
猪(头)	15228	11698	13184	13765	4352	45575	103802
羊(只)	8333	4540	11099	12052	2183	41533	79740
家禽(羽)	297509	35330	40739	28941	28787	165344	596650

2014 年车马碧水库坝址以上径流区人畜粪便产生量为 28.86 万 t，尿液产生量为 45.14 万 t，主要污染物产生量分别为：COD 10855.60t/a、TN 844.44t/a、TP 281.92t/a、NH₃-N 279.68t/a。通过调查了解到，车马碧水库坝址以上径流区内人

畜粪尿利用率超过 95%，主要利用方式是作为肥料，由此计算出车马碧水库径流区内人畜粪便污染物排放量：粪便 14431.82t/a，尿液 22569.48t/a，COD 542.78t/a、TN 42.22t/a、TP 14.10t/a、NH₃-N 13.98t/a。排放于环境中的畜禽粪尿会随降雨流失并最终进入河道和水库库区，根据入河入库修正系数，得到入河量分别为：粪便 12722.67t/a，尿液 20165.59t/a，COD 478.19t/a、TN 37.24t/a、TP 12.42t/a、NH₃-N 12.38t/a；入库量分别为：粪便 10136.17t/a，尿液 16203.25t/a，COD 379.67t/a，TN 29.71t/a，TP 9.88t/a，NH₃-N 9.97t/a。

③ 农田化肥污染

车马碧水库坝址以上径流区内农田化肥污染的产生量为肥料中的各污染物折纯量，随着雨水的冲刷，有一部分污染物流失，也即农田化肥使用的污染物排放量。车马碧水库坝址以上径流区内农田化肥施用情况见表 4.4-11，化肥中各污染物含量及流失系数见表 4.4-12。

表 4.4-11 车马碧水库坝址以上径流区农田化肥施用情况 单位：t/a

化肥种类	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡	合计
氮肥	628.03	489.69	223.81	131.54	139.14	815.14	2427.35
磷肥	133.45	93.86	39.26	45.10	97.31	153.99	562.97
复合肥	433.70	306.54	128.83	123.27	132.39	379.95	1504.68

表 4.4-12 车马碧水库坝址以上径流区农田化肥污染物含量及流失系数

化肥种类	COD	TN	TP
氮肥	0.2	0.46	0
磷肥	0.2	0	0.16
复合肥	0.2	0.15	0.15
流失率	0.15	0.15	0.0094

现状车马碧水库坝址以上径流区内农田化肥流失主要污染物产生量分别为：COD 134.85t/a、TN 201.34t/a、TP 2.97t/a。根据表 4.4-9 得到的主要污染物入河量分别为：COD 120.68t/a、TN 179.44t/a、TP 2.68t/a；主要污染物入库量分别为：COD 99.99t/a、TN 147.12t/a、TP 2.26t/a。

④ 农田固废污染

车马碧水库坝址以上径流区各乡镇农田固废中入河的主要废弃物为农作物植物残体。农作物种植情况见表 4.4-13，并由此计算农田农作物植物残体负荷量。

表 4.4-13 车马碧水库坝址以上径流区农作物种植情况 单位：亩

作物	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡	合计
小麦	6668.16	3526.91	1085.39	749.77	422.48	2422.82	14875.53
稻谷	11259.56	6970.27	2588.67	2181.66	1990.96	10708.13	35699.25

作物	通泉镇	鸡头村街道	王家庄街道	马过河镇	旧县镇	月望乡	合计
玉米	10008.50	6495.36	2524.16	2948.35	2410.90	13218.83	37606.10
大麦	8344.58	6630.33	3009.36	2254.95	2648.71	15817.40	38705.34
荞麦	8169.43	5295.72	2055.79	1877.25	1264.90	8034.24	26697.33
豆类	2602.21	2008.86	894.68	1403.71	844.95	2761.77	10516.17
薯类	13098.62	8546.46	3337.50	3382.42	2749.90	27278.75	58393.65
油菜作物	5091.82	3064.00	1105.02	417.17	247.92	7381.46	17307.38
烟叶	10008.50	8340.43	3898.43	5761.40	6577.49	15403.14	49989.38
药材类	0.00	0.00	8.41	0.00	336.46	338.94	683.82
蔬菜	3540.51	2330.21	917.11	1054.19	690.64	3678.17	12210.83
瓜果	0.00	0.00	5.61	0.00	0.00	0.00	5.61
其他	7844.16	5996.80	2653.18	2440.98	1011.92	13984.59	33931.63

车马碧水库坝址以上径流区农田植物残体产生量为 88820.35t/a，植物残体被收集以后主要用作青储饲料，利用率为 90%；废弃地膜产生量为 790.5t/a，全部经由垃圾焚烧处理。综上得到车马碧水库径流区农田固废主要污染物排放量分别为：TN 888.20t/a、TP 355.28t/a、NH₃-N 532.92t/a。根据表 4.4-9 得到主要污染物入河量分别为：TN 19.75t/a、TP 7.90t/a、NH₃-N 2.37t/a；主要污染物入库量分别为：TN 16.17t/a、TP 6.47t/a、NH₃-N 1.94t/a。

(3) 污染负荷总量汇总

车马碧水库坝址以上径流区内污染负荷包括点源污染和农业农村面源污染。其中，点源污染包括工业污染、集镇生活污染和规模化畜禽养污染；农业农村面源污染包括农村生活污染、人畜粪便污染、农田化肥污染和农田固废污染。车马碧水库坝址以上径流区内主要污染物产生总量分别为：COD 25014.47t/a、TN 2660.70t/a、TP 776.95t/a、NH₃-N 1243.44t/a；排放总量分别为 COD 2991.67t/a、TN 628.73t/a、TP 68.16t/a、NH₃-N 284.92t/a；主要污染物进入各河道总量分别为 COD 2673.56t/a、TN 592.34t/a、TP 60.94t/a、NH₃-N 255.12t/a；各污染物最终进入车马碧水库尾总量分别为：COD 2249.49t/a、TN 496.75t/a、TP 51.03t/a、NH₃-N 217.00t/a。详见表 4.4-14。

表 4.4-14 车马碧水库坝址以上径流区污染负荷量汇总表 单位：t/a

类型	来源	COD	TN	TP	NH ₃ -N	
产生量	点源	工业污染	10258.57	0.00	28.00	112.00
		集镇生活污染	1853.02	420.15	61.83	164.49
		规模化畜禽养殖	1035.10	77.39	13.67	54.17
		小计	13146.69	497.54	103.51	330.67
	面源	农村生活污染	877.33	229.17	33.28	100.17
		人畜粪便	10855.60	844.44	281.92	279.68
		农田化肥	134.85	201.34	2.97	0.00
	农田固废	0.00	888.20	355.28	532.92	

类型	来源		COD	TN	TP	NH ₃ -N
		小计	11867.78	2163.16	673.44	912.77
		合计	25014.47	2660.70	776.95	1243.44
排放量	点源	工业污染	0.00	0.00	0.00	0.00
		集镇生活污染	636.01	132.89	12.54	113.93
		规模化畜禽养殖	1035.10	77.39	13.67	54.17
		小计	1671.11	210.28	26.21	168.10
	面源	农村生活污染	642.93	152.68	16.00	100.17
		人畜粪便	542.78	42.22	14.10	13.98
		农田化肥	134.85	201.34	2.97	0.00
		农田固废	0.00	22.21	8.88	2.66
		小计	1320.56	418.45	41.95	116.82
		合计	2991.67	628.73	68.16	284.92
入河量	点源	工业污染	0.00	0.00	0.00	0.00
		集镇生活污染	572.02	150.37	11.28	102.48
		规模化畜禽养殖	929.31	69.37	12.39	48.56
		小计	1501.33	219.75	23.67	151.04
	面源	农村生活污染	573.36	136.16	14.27	89.33
		人畜粪便	478.19	37.24	12.42	12.38
		农田化肥	120.68	179.44	2.68	0.00
		农田固废	0.00	19.75	7.90	2.37
		小计	1172.23	372.59	37.27	104.08
	合计	2673.56	592.34	60.94	255.12	
入库量	点源	工业污染	0.00	0.00	0.00	0.00
		集镇生活污染	502.31	132.82	9.91	90.38
		规模化畜禽养殖	793.86	58.44	10.72	40.91
		小计	1296.17	191.26	20.63	131.29
	面源	农村生活污染	473.66	112.48	11.79	73.80
		人畜粪便污染	379.67	29.71	9.88	9.97
		农田化肥流失	99.99	147.12	2.26	0.00
		农田固废污染	0.00	16.17	6.47	1.94
		小计	953.32	305.49	30.40	85.71
	合计	2249.49	496.75	51.03	217.00	

从污染负荷的构成来看，对 COD 入库总量贡献最大的污染源是规模化畜禽养殖，占总量的 35.29%，其次是集镇生活污染、农村生活污染和人畜粪便污染，分别占总量的 22.33%、21.06%、16.88%；对 TN 入库总量贡献最大的污染源是农田化肥流失、集镇生活污染和农村生活污染，分别占总量的 29.62%、26.74% 和 22.64%，其次是规模化畜禽养殖，占 TN 污染入库总量的 11.76%；对 TP 入库总量贡献最大的污染源是农村生活污染和规模化畜禽养殖，分别占总量的 23.10% 和 21.01%，其次是集镇生活污染和人畜粪便污染，分别占总量的 19.42% 和 19.36%；对 NH₃-N 入库总量贡献最大的污染源是集镇生活污染和农村生活污染，分别占入库总量的 41.65% 和 34.01%，其次是规模化畜禽养殖，占总量的 18.85%，其他污染源合计占总量的 5.49%。

4.4.1.2 地表水环境质量

(1) 马龙河流域水质现状监测结果分析小结

①水质变化分析

根据以上各断面水质监测结果表明，马龙河县城以上河段（大龙井断面）水质较好，根据 2011 年、2012 年水质监测结果，除大龙井断面部分水期总磷超标外，其余均满足Ⅲ类水水质标准要求。

马龙河流经县城河段（利民桥断面、昆曲高速公路断面）水质较差，2011 年水质类别为劣Ⅴ类，2012 年水质类别为Ⅴ类，2013 年除 COD 为Ⅴ类外，其余均为Ⅳ类，2014 年、2015 年水质类别为Ⅳ类。主要超标项为总磷、氨氮、COD、氟化物，其中达Ⅴ类的指标是氨氮、总磷、COD。

马龙河流经县城后，随着下游支流的不断汇入，水质有所好转，但仍不能完全满足水环境功能要求。车马碧水库库区河段（土官寨断面、格里断面）和坝址断面 2011 年~2014 年水质类别为Ⅳ类，主要超标项为总磷、氨氮、COD、pH，不满足Ⅲ类水质标准。2015 年 5 月水质类别为Ⅲ类，满足水环境功能要求。2016 年 3 月水质除库尾土官寨断面挥发酚略有超标外，其余指标均满足Ⅲ类水要求。

马龙河下游河段（马过河断面、入牛栏江前 1km 断面）2011 年水质类别为劣Ⅴ类，超标项为总磷、pH；2012 年、2015 年和 2016 年水质类别为Ⅲ类，满足水环境功能要求。随着下游支流的汇入，水量增加，河流自净能力和纳污能力有所增加，水质较车马碧水库区和坝址有所好转，2012 年、2015 年和 2016 年水质均可满足水环境功能要求。

马龙河主要支流永发河、车章河、白塔河、红桥河没有常规监测数据，从 2015 年 5 月和 2016 年 3 月监测结果看，四条支流水质类别均为Ⅲ类，可满足水环境功能要求。

综上，根据 2011 年~2016 年马龙河干流、支流水质现状监测结果表明，各断面水质类别为Ⅲ类~劣Ⅴ类，马龙河全流域水质除上游源头断面外，均有部分水期达不到Ⅲ类水水质标准要求，尤其是经过马龙县城的部分河段水质较差，但随着支流的汇入，到车马碧库区水质有所好转。超标项中达劣Ⅴ类的指标为氨氮、总磷，超标原因与沿途城镇生活污水、农业面源污染有关；零星超标的氟化物、pH 超标的原因与流域部分企业排污有关。

从 2011 年~2016 年的水质变化趋势可以看出，马龙河流域水质虽有部分水期仍然达不到水环境功能要求，但从 2011 年~2016 年，水质逐年改善，2015 年

5月监测结果显示，车马碧水库库尾至下游牛栏江汇口的各干支流断面水质类别均为Ⅲ类，可以满足水环境功能区划的要求；2016年3月枯水期监测结果也仅在库尾断面挥发酚稍有超标，其余指标均可满足Ⅲ类水要求。

②设计水平年供水水质目标可达性初步分析

车马碧水库功能为农灌供水和工业供水，工业、农灌供水对水质的要求分别为Ⅳ、Ⅴ类。从车马碧坝址及汇水区监测断面近5年的水质监测结果来看，水质类别为Ⅲ类~劣Ⅴ类，存在现状水质在部分时期不满足供水水质要求的情况。

2012年9月云南省人民代表大会发布《云南省牛栏江保护条例》，将马龙河流域划入牛栏江流域上游保护区中的重点污染控制区，提出了马龙河污染防治的具体要求、指标和考核办法，并要求相关部门编制牛栏江流域水环境保护规划；今后的工作中，马龙县将根据《云南省牛栏江保护条例》和牛栏江保护规划等政策和技术文件，进一步加强马龙河水环境保护和水污染防治工作，逐步实现完善城镇生活污水收集处理、工业废水零排放等目标。近年来地方政府和环保部门对马龙河水污染防治、污染源整治力度不断加强，一些重污染企业被关停或搬迁，绝大多数工业企业已配套污水处理设施并进行处理后回用；2009年马龙县污水处理厂建成运行，有效削减了马龙县城生活污水对马龙河水质的不利影响。在以上当地政府对水污染防治整治措施实施后，从近5年水质监测变化趋势可以看出，马龙河流域水质虽有部分水期仍然达不到水环境功能要求，但水质有逐年改善的趋势。

目前，马龙河流域治理工作在措施、政策和监管方面都不断得到完善。因此，在进一步加强水环境保护工作力度、近期内实现《云南省牛栏江保护条例》规定截污目标的前提下，设计水平年2030年马龙河车马碧水库来水达到供水水质目标要求具备逐步实现的条件。

(2) 调入区水质监测成果及评价

车马碧水库工程调入区位于曲靖市沾益县南部及麒麟区、陆良县大部区域，调入区涉及南盘江上游潇湘河汇口至古宁坝区间长约86km的河段以及支流剪彩河、白石江、潇湘河。调入区评价范围地表水水环境功能执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅳ类标准。

1) 剪彩河

车马碧输水隧洞出水与剪彩河河道连接，隧洞出水直接进入剪彩河河道。根据2015年5月和2016年3月的委托监测成果，剪彩河王大屯村上游100m断面

现状水质类别为IV类，满足水环境功能要求。

2) 白石江

剪彩河在王大屯村附近汇入白石江，2015年5月和2016年3月对白石江左支流、白石江与昆沾铁路交叉口2个断面进行了采样监测，监测结果为2015年5月水质为劣V类，2016年3月左支流断面V类、交叉口断面劣V类；均不满足水环境功能要求，超标项主要为COD、BOD、氨氮、总磷、阴离子表面活性剂。白石江左支流断面为未接纳西城工业区污水河段，白石江与昆沾铁路交叉口断面为接纳西城工业区污水后河段，两断面水质超标项区别不大，因此，白石江水质超标的原因与西城工业区排污关系不大，超标主要原因可能为城镇生活污水污染、农业面源污染。

3) 潇湘江

潇湘江是南盘江右岸一级支流，根据2015年5月的监测成果，潇湘江与南盘江汇入口上游500m断面水质类别为V类，不满足水环境功能要求，超标项为COD、BOD；根据2016年3月的监测成果，断面水质类别为劣V类，不满足水环境功能要求，超标项为COD、BOD、氨氮、总磷；超标原因可能与沿途城镇生活污水、农业面源污染有关。

4) 南盘江

车马碧水库调水及灌溉退水影响所涉及的南盘江河段属南盘江花山水库出口~天生桥段，2015年5月和2016年3月对南盘江西河水库下游河流汇入口下游1km、龚家坝闸下游1km、陆良县响水坝水库坝址下游1km、沾益西平镇以下500m、陆良县阎芳桥5个断面进行了采样监测，根据监测结果，接纳西河灌区灌溉回归水的西河水库下游河流汇入口下游1km断面和接纳潇湘灌区灌溉回归水的龚家坝闸下游1km断面监测结果为劣V类，不满足水环境功能要求，超标项主要为COD、BOD、氨氮、总磷、氟化物。超标原因可能与沿途城镇生活污水、工业企业排污、农业面源污染，特别是接纳水质较差的农业灌溉回归水有关。接纳莲花田灌区灌溉回归水的陆良县阎芳桥断面2015年水质为IV类，满足水环境功能要求；2016年水质为V类，总磷略有超标，超标原因可能与接纳农业灌溉回归水有关。其余2个断面2015年和2016年监测水质类别均为IV类，满足水环境功能要求。

综上，调入区南盘江支流中仅剪彩河水水质满足水环境功能要求，白石江和潇湘河水水质为V类~劣V类，不能满足水环境功能要求；南盘江干流5个断面中有

3 个不能满足水环境功能要求；总体来看，南盘江流域相关河段受污染较严重，水质较差。

4.4.1.3 地下水环境质量

(1) 地下水水质监测

车马碧坝址上游马龙河主要位于寒武系—志留系岩溶发育区域，地下水类型主要为碳酸盐岩溶裂隙水，本次工作重点根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)要求的监测数目及分层采取水样点要求，拟选取上述区域有代表性的岩溶泉、基岩抽水井、已有地质钻探井等作为监测目标，监测水库集水范围内的地下水环境现状。

根据项目特点和可能对地下水的影响，结合区域地下水水化学特征，确定如下监测因子：选取 pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、挥发性酚类、阴离子合成洗涤剂、总磷、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、氟化物、氰化物、汞、砷、硒、镉、铬(六价)、铅、铝、高锰酸钾指数(COD_{Mn})、钾、钠、钙、镁等 29 项评价因子。

本次工作于 2015 年 8 月(丰水期)和 2016 年 3 月(枯水期)分别对区域下水水质现状进行了监测，取样监测地点见表 4.4-21；监测结果见表 4.4-22、表 4.4-23。

表 4.4-21 地下水环境监测地点一览表

编号	地理位置
W01	马龙县旧县镇高堡村委会黄龙潭村
W02	马龙县旧县镇高堡村委会黄龙潭村
W03	马龙县通泉镇大海哨村委会响水街村
W04	马龙县通泉镇杨官田村委会杨官田村
W05	马龙县旧县镇旧县委会大松树村
W06	马龙县旧县镇白塔村委会白塔甫村
W07	马龙县旧县镇白塔村委会黄土坡村
W08	马龙县旧县镇白塔村委会小石洞村
W09	马龙县旧县镇白塔村委会大石洞村
W10	马龙县马过河镇车章村委会三家村
W11	马龙县马过河镇车章村委会象山村
W12	马龙县马过河镇车章村委会木龙村
W13	马龙县旧县镇白塔村委会大罗贵村
W15	马龙县王家庄镇小龙井村
W16	马龙县通泉镇昌隆村委会小屯村
W17	马龙县王家庄镇格里村委会上罗贵村
W19	马龙县王家庄镇格里村委会下罗贵村

编号	地理位置
W20	马龙县王家庄镇高枧槽村委会八角洞村
#01	马龙县马过河镇车章村委会马保地村
#02	马龙县通泉镇马家坝村
#04	马龙县王家庄镇格里村委会干冲村
#08	马龙县旧县镇大湾河村
#09	马龙县通泉镇小田冲村

表 4.4-22

丰水期地下水水质（含抽水井）监测结果单位：mg/L，pH 除外

项目 编号	pH	高锰酸盐 指数	铝	硝酸盐	总硬度	铁	溶解性总 固体	氯化物	硫酸盐	氟化物	挥发酚类	氰化物	阴离子合成洗 涤剂	铜	铅	锌	镉	铬(六 价)	锰	砷	硒	汞	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	TP	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺ -N
W01	8.6	0.75	<0.02	0.57	113.27	<0.04	152.75	0	12	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.009	0.00015	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	18.08	10.48	5.7	7.9	<0.05	0.04	0.09
W02	8.3	0.98	<0.02	1.36	156.42	<0.04	201.36	0	16	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.008	0.00023	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	38.88	14.42	3.6	15.4	<0.05	0.02	0.12
W03	8	0.68	<0.02	0.9	178	<0.04	216.69	1.75	26	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.009	0.00021	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	69.12	1.31	8.1	2.5	<0.05	0.016	0.09
W04	8.3	1.28	<0.02	1.02	169.91	<0.04	179.41	0	26	0.2	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.005	0.008	0.00018	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00007	37.8	18.35	1.8	<0.50	<0.05	0.016	0.09
W05	8	0.45	<0.02	2.26	91.7	<0.04	184.39	1.78	20	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.006	0.00019	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	30.24	3.93	18.5	16	<0.05	0.02	0.09
W06	7.2	0.91	<0.02	2.26	140.24	<0.04	272.34	3.56	80	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.006	0.00019	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	32.4	14.42	11.4	34.8	<0.05	0.028	0.12
W07	8	0.83	<0.02	<0.06	156.42	0.08	209	1.78	24	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.008	0.00023	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.0001	54	5.24	3.8	10.9	0.21	0.016	0.06
W08	7.3	1.28	<0.02	3.16	48.54	<0.04	87.61	1.78	12	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.006	0.00009	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00006	17.28	1.31	4.1	5.8	<0.05	0.016	0.03
W09	7.9	1.06	<0.02	3.62	188.78	0.04	247.26	0	60	0.2	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.004	0.0002	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	34.56	24.9	0.9	15.6	<0.05	0.036	0.09
W10	8	0.75	<0.02	1.58	194.18	0.08	203.28	0	10	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.004	0.0002	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	42.12	21.62	2.3	1.2	<0.05	0.016	0.06
W11	7.2	0.3	<0.02	3.16	124.06	<0.04	134.67	0	10	0.2	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.004	0.0001	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	24.84	15.07	1.3	<0.50	<0.05	0.016	0.03
W12	7.5	1.58	<0.02	1.58	267	0.04	278.8	0	20	0.4	0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.007	0.00025	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	59.4	28.83	1.1	4.7	<0.05	0.024	0.09
W13	7.6	1.36	<0.02	1.58	145.56	<0.04	147.56	0	14	0.2	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.007	0.00016	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	27	19	1.2	<0.50	<0.05	0.012	0.06
W15	8	0.23	<0.02	0.45	105.18	0.12	105.18	0	8	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.006	0.00012	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	24.84	10.48	2	4.7	<0.05	0.016	0.09
W16	6.9	2.34	<0.02	0.07	26.97	<0.04	57.75	1.78	18	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.007	0.00005	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	4.32	3.93	0.6	7.6	<0.05	0.02	<0.03
W17	7.9	0.98	<0.02	<0.06	140.24	<0.04	179.62	0	16	0.1	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.004	0.00013	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	46.44	5.9	3.7	9.9	<0.05	0.012	0.09
W19	7.8	0.98	<0.02	1.58	215.75	0.08	246.77	3.56	28	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.005	0.00025	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	42.12	26.87	2.4	9.4	<0.05	0.02	0.12
W20	8.3	0.91	<0.02	1.36	145.63	<0.04	201.4	21.36	24	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.009	0.00016	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00011	32.4	15.73	2.8	17.9	<0.05	0.024	0.09
#01	8	0.91	<0.02	<0.06	536.69	0.08	791.21	5.34	400	1.3	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0037	0.012	0.00062	0.004	<0.02	<0.005	0.0005	<0.00005	137.15	47.18	2.1	53.5	<0.05	0.016	0.06
#02	6.8	1.66	<0.02	<0.06	29.67	0.16	39.37	0	10	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.005	0.00024	<0.002	0.04	<0.005	<0.0002	<0.00005	5.4	3.93	1.2	0.5	<0.05	0.016	0.25
#04	7	1.06	0.08	0.06	35.06	<0.04	44.75	0	12	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.022	0.00007	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	5.4	5.24	0.7	<0.50	<0.05	0.016	0.03
#08	8.1	4.68	0.04	0.45	124.06	<0.04	176.93	3.56	26	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.014	0.00019	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00007	37.8	7.21	0.6	13.3	<0.05	0.028	0.09
#09	7.5	0.83	<0.02	1.36	342.51	<0.04	406.41	5.34	100	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.1	0.00039	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00051	101.52	21.62	0.9	7.4	<0.05	0.028	0.09
Ⅲ类 标准	6.5~8.5	3	—	20	450	0.3	1000	250	250	1	0.002	0.05	0.3	1	0.05	1	0.01	0.05	0.1	0.05	0.01	0.001	—	—	—	—	—	0.02	0.2

备注：W01~W20 为区域泉、泉群水样；#01~#09 为基岩抽水井水样。

表 4.4-23

枯水期地下水水质（含抽水井）监测结果单位：mg/L，pH 除外

项目 编号	pH	高锰 酸盐 指数	铝	硝酸 盐	总硬 度	铁	溶解 性总 固体	氯化 物	硫酸 盐	氟化 物	挥发 酚类	氰化 物	阴离 子合 成洗 涤剂	铜	铅	锌	镉	铬(六 价)	锰	砷	硒	汞	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	TP	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺ -N
W01	7.1	1.01	<0.02	1.36	162.07	<0.04	187.79	4.15	8.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0029	0.009	0.00029	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00020	37.32	16.74	2.00	5.10	0.07	0.012	<0.03
W02	7.2	1.24	<0.02	2.03	113.45	<0.04	147.37	2.08	8.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0007	0.010	0.00015	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00022	24.34	12.80	2.10	6.20	<0.05	0.012	<0.03
W03	7.2	0.93	<0.02	0.68	210.69	<0.04	252.03	3.11	55.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0013	0.005	0.00022	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00022	61.65	13.78	0.70	3.30	<0.05	0.012	<0.03
W04	7.3	1.09	<0.02	0.79	174.22	<0.04	185.56	2.08	20.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0007	0.005	0.00007	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00016	34.07	21.66	1.80	<0.50	0.31	0.012	<0.03
W05	7.4	1.17	<0.02	2.03	222.84	<0.04	220.83	2.08	<2.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0006	0.008	0.00009	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00005	42.18	28.55	1.40	0.50	<0.05	0.020	<0.03
W06	7.2	0.93	<0.02	2.26	133.70	<0.04	162.78	5.19	8.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.003	0.00020	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00008	35.69	10.83	2.40	3.30	<0.05	0.008	<0.03
W07	6.9	1.17	<0.02	0.57	72.93	<0.04	106.05	3.11	8.00	0.20	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.002	0.00005	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00012	12.98	9.84	3.10	5.10	0.50	0.012	<0.03
W08	7.6	1.24	<0.02	1.58	230.94	<0.04	235.88	2.08	4.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.004	<0.00005	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00014	43.81	29.53	1.90	2.90	<0.05	0.012	<0.03
W09	7.6	1.09	<0.02	0.68	137.76	<0.04	150.71	0.00	<2.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.005	0.00009	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	35.69	11.81	3.30	<0.50	0.10	0.020	<0.03
W10	7.7	0.93	<0.02	1.36	194.81	<0.04	197.81	2.08	<2.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.003	0.00011	<0.002	<0.02	0.024	<0.0002	0.00007	38.94	23.63	2.10	<0.50	<0.05	0.016	<0.03
W11	7.7	1.09	<0.02	2.03	178.27	<0.04	187.83	0.00	<2.00	0.28	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.010	0.00012	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00020	34.07	22.64	1.30	<0.50	<0.05	0.012	<0.03
W12	7.2	1.01	<0.02	1.13	275.51	<0.04	292.56	1.04	20.00	0.28	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.007	0.00054	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00044	55.16	33.47	2.10	3.20	<0.05	0.016	<0.03
W13	7.6	1.09	<0.02	3.16	222.84	<0.04	245.30	1.04	24.00	0.20	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.003	0.00029	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00031	43.81	27.57	1.30	5.80	<0.05	0.012	<0.03
W15	7.6	1.71	<0.02	0.57	133.70	<0.04	155.10	2.08	8.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.003	0.00017	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00014	22.71	18.70	2.00	4.20	<0.05	0.016	<0.03
W16	7.7	1.01	<0.02	1.13	117.50	0.08	135.60	0.00	<2.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0005	0.009	0.00009	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00025	25.96	12.80	1.70	4.20	<0.05	0.012	<0.03
W17	7.3	1.62	<0.02	<0.06	97.24	<0.04	129.94	0.00	12.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.003	0.00007	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00029	25.96	7.88	3.70	6.10	0.10	<0.004	<0.03
W19	7.7	1.63	<0.02	2.03	230.94	<0.04	275.72	1.04	30.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0010	0.009	0.00021	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00020	47.05	27.57	3.30	15.10	<0.05	0.012	<0.03
W20	7.8	2.10	<0.02	0.68	222.84	<0.04	247.00	1.04	24.00	0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.004	0.00014	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00010	45.43	26.58	2.60	7.10	<0.05	0.008	<0.03
#01	7.8	1.63	<0.02	2.71	599.64	<0.04	849.38	7.27	450.00	1.12	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0020	0.014	0.00029	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00032	82.74	95.49	2.20	48.40	<0.05	0.008	<0.03
#02	7.3	2.56	<0.02	0.11	20.26	<0.04	32.10	0.00	4.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.003	0.00006	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00015	4.81	1.97	1.10	2.10	<0.05	0.008	<0.03
#04	7.4	0.85	<0.02	<0.06	40.52	<0.04	113.11	0.00	45.00	0.10	0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.0005	0.255	0.00014	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00019	6.49	5.91	2.00	19.00	<0.05	<0.004	<0.03
#08	7.1	1.09	<0.02	1.13	178.27	<0.04	231.28	17.65	24.00	<0.10	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0006	0.009	0.00013	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	0.00010	35.69	21.66	3.20	14.10	<0.05	0.012	<0.03
#09	7.8	1.17	<0.02	1.58	348.44	<0.04	358.89	7.27	50.00	2.00	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	0.0005	0.009	0.00032	<0.002	<0.02	<0.005	<0.0002	<0.00005	50.30	54.15	1.10	2.20	<0.05	0.016	<0.03
III类 标准	6.5~8.5	3	—	20	450	0.3	1000	250	250	1	0.002	0.05	0.3	1	0.05	1	0.01	0.05	0.1	0.05	0.01	0.001	—	—	—	—	—	0.02	0.2

备注：W01~W20 为区域泉、泉群水样；#01~#09 为基岩抽水井水样。

(2) 地下水质量评价

① 丰水期

通过表 4.4-22 水质分析得出：评价范围内丰水期地下水一般无色、无味、透明，水温 12~20℃，pH 值一般在 6.8~8.3 之间，相对常见的超标项为亚硝酸盐，23 个水样中有 7 个超标，超标率为 30%。水质总体达到了《地下水质量标准》(GB/T 14848-93) III 类标准。其中：

1) 泉

W01 亚硝酸盐指数为 0.040mg/L、W06 亚硝酸盐指数为 0.028mg/L、W09 亚硝酸盐指数 0.036mg/L、W12 亚硝酸盐指数为 0.024mg/L、W20 亚硝酸盐指数为 0.024mg/L；均稍超标准限值 0.02mg/l（地下水 III 类），但未超过 0.1mg/l（地下水 IV 类）。丰水期泉水样亚硝酸盐超标率为 28%，最大超标倍数为 0.8。

2) 抽水井

抽水井#01 总硬度实测指数为 536.69mg/L，稍超标准限值 450mg/L（地下水 III 类），超标倍数约 0.19，但未超标准限值 550mg/L（地下水 IV 类）；其硫酸盐实测指数为 400mg/L，稍超标准限值 250mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.60；其氟化物为 1.30mg/L，稍超标准限值为 1mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.30，但未超标准限值 2.0mg/L（地下水 IV 类）。

抽水井#08 高锰酸钾实测指数为 4.68mg/L，稍超标准限值 3.0mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.56，但未超标准限值 10mg/L（地下水 IV 类）；其亚硝酸盐实测指数为 0.028mg/L，稍超标准限值 0.02mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.4，但未超标准限值 0.1mg/L（地下水 IV 类）。

抽水井#09 亚硝酸盐实测指数为 0.028mg/L，稍超标准限值 0.02mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.4，但未超标准限值 0.1mg/L（地下水 IV 类）。

② 枯水期

通过表 4.4-23 水质分析得出：评价范围内枯水期地下水一般无色、无味、透明，水温 10~16℃，PH 值一般在 6.9~7.8 之间，总体达到了《地下水质量标准》(GB/T 14848-93) III 类标准。所有泉水水样的各评价因子均达标，抽水井水样部分因子超标：

抽水井#01 总硬度为 599.64 mg/L，超标准限值 450mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.33；其硫酸盐实测指数为 450 mg/L，超标准限值 250mg/L（地下水 III 类），超标倍数为 0.8；其氟化物实测指数为 1.12 mg/L，稍超标准限值为 1mg/L

(地下水III类), 超标倍数为 0.12, 但未超准限值 2.0mg/L (地下水IV类)。

抽水井#09 氟化物实测指数为 2.00 mg/L, 稍超标准限值为 1mg/L (地下水III类), 超标倍数为 1.0。

③总体评价

亚硝酸盐实测指数在丰季时超标, 其原因可能与季节性雨量突然增大, 水体中生物化学分解作用加强有关。由于亚硝酸盐在氧化环境很容易转化为硝酸盐, 且现状下亚硝酸盐指标均达到 (地下水IV类), 因此其对区域地下水环境影响甚小。

同时, 根据野外现场实际调查, 抽水井指数超标与其固井方式不完善, 浅地表包气带与污染孔隙水渗入有关, 各超标指数整体未超地下水IV类标准限, 满足水库向农田灌溉、工业区的实际供水功能。

4.4.2 环境空气质量

4.4.2.1 污染源

根据实地查勘, 工程区为农村地区, 无工业大气污染源, 大气污染物主要来自居民生活燃煤、交通运输产生的大气污染物, 大气污染源较少, 对环境空气质量影响较小。

4.4.2.2 环境空气质量

(1) 环境空气质量监测

2015 年, 委托昆明邦恒环境监测有限公司对工程施工区和移民安置区的环境空气质量进行了监测, 监测情况如下:

①监测点

监测点设 5 个, 分别为车马碧村 (反映坝址)、下罗贵村 (库中段、隧洞施工区状况)、土官寨村 (库尾)、王大屯村 (隧洞出口)、西山乡 (反映受水区西山乡及西城工业区大气现状)。

②监测时间

2015 年 6 月 4 日~11 日, -连续监测 7 天。

③监测项目

车马碧村、下罗贵村、土官寨村、王大屯村监测 TSP、NO₂、SO₂、PM₁₀ 四个项目; 西山乡监测 TSP、PM₁₀、B[a]P、SO₂、NO_x、CO 六个项目。

TSP、PM₁₀、B[a]P 需测 24h 均值，NO₂ (NO_x)、SO₂、CO 需测 24h 均值和 1h 均值。

④监测分析方法

监测分析方法执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的规定。各项目分析方法详见表 4.4-25。

表 4.4-25 环境空气监测分析方法

监(检)测项目	方法依据(标准号)	仪器名称及型号	仪器编号	检出限
总悬浮颗粒物	重量GB/T15432-1995	2050 型智能空气采样器XB220A 电子天平	KMBH12	1μg/m ³
可吸入颗粒物	重量法HJ 618-2011		KMBH09 KMBH08 KMBH10 KMBH18	1μg/m ³
二氧化氮	盐酸萘乙二胺分光光度法HJ479-2009	722S 可见光分光光度计	KMBH 24	6μg/m ³
二氧化硫	甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法HJ482-2009			4μg/m ³
一氧化碳	定电位电解法《空气和废气监测分析方法》	GXH-3011A 红外线气体分析器	KMBH 41	/
*苯并芘	高效液相色谱法GB/T 15439-1995	LC 1260 液相色谱仪	DEAB8096 87	0.10μg

⑤监测结果

监测结果详见表 4.4-26。

表 4.4-26 环境现状监测成果表 单位: μg/m³

监测项目	监测时间	监测地点				
		车马碧村	下罗贵村	土官寨村	王大屯村	西山乡
总悬浮颗粒物 TSP	04 日08:00~05 日08:00	90	97	79	91	84
	05 日08:00~06 日08:00	81	92	78	92	85
	06 日08:00~07 日08:00	83	93	85	81	89
	07 日08:00~08 日08:00	77	105	81	85	81
	08 日08:00~09 日08:00	91	102	76	86	92
	09 日08:00~10 日08:00	94	91	82	91	90
	10 日08:00~11 日08:00	98	98	83	81	87
苯并芘	04 日10:25~05 日08:00	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
	05 日10:40~06 日10:40	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
	06 日11:10~07 日11:10	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
	07 日11:20~08 日11:20	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
	08 日10:30~09 日10:30	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
	09 日11:05~10 日11:05	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
	10 日10:09~11 日10:09	/	/	/	/	<2.7×10 ⁻⁴
可吸入颗粒物 PM ₁₀ 24h均值	04 日08:00~05 日04:00	40	43	43	51	50
	05 日08:00~06 日04:00	37	35	41	52	54
	06 日08:00~07 日04:00	43	36	36	54	52
	07 日08:00~08 日04:00	44	34	40	50	49
	08 日08:00~09 日04:00	35	31	32	54	51

监测项目	监测时间	监测地点				
		车马碧村	下罗贵村	土官寨村	王大屯村	西山乡
	09 日08:00~10 日04:00	31	33	33	53	50
	10 日08:00~11 日04:00	29	32	37	49	53
二氧化硫24h均值	04 日08:00~05 日04:00	33	33	38	32	29
	05 日08:00~06 日04:00	34	32	36	31	33
	06 日08:00~07 日04:00	35	33	33	32	31
	07 日08:00~08 日04:00	31	38	32	30	35
	08 日08:00~09 日04:00	33	26	30	34	37
	09 日08:00~10 日04:00	37	35	37	33	37
	10 日08:00~11 日04:00	33	33	33	31	35
二氧化硫1h均值	04 日02:00~02:45	37	24	30	28	23
	08:00~08:45	29	41	33	43	32
	14:00~14:45	25	38	37	41	34
	20:00~20:45	40	30	47	30	22
	05 日02:00~02:45	35	42	30	28	47
	08:00~08:45	29	29	43	29	43
	14:00~14:45	47	21	42	45	42
	20:00~20:45	25	36	28	47	29
	06 日02:00~02:45	34	25	42	26	28
	08:00~08:45	43	36	22	42	36
	14:00~14:45	28	35	42	30	41
	20:00~20:45	42	30	28	43	42
	07 日02:00~02:45	29	41	33	35	29
	08:00~08:45	32	29	30	36	26
	14:00~14:45	36	43	27	30	22
	20:00~20:45	22	44	43	25	30
	08 日02:00~02:45	37	24	42	29	23
	08:00~08:45	37	21	34	34	44
	14:00~14:45	28	20	21	41	39
	20:00~20:45	25	38	25	30	46
	09 日02:00~02:45	37	29	37	28	25
	08:00~08:45	29	23	44	28	26
	14:00~14:45	43	41	30	27	45
	20:00~20:45	44	38	34	42	37
10 日02:00~02:45	28	33	36	38	34	
08:00~08:45	43	30	42	25	33	
14:00~14:45	30	28	25	37	36	
20:00~20:45	26	41	28	39	30	
二氧化氮24h均值	04 日08:00~05 日04:00	42	37	32	29	36
	05 日08:00~06 日04:00	31	32	31	37	32
	06 日08:00~07 日04:00	33	36	32	34	42
	07 日08:00~08 日04:00	35	31	38	42	38
	08 日08:00~09 日04:00	32	38	28	36	40
	09 日08:00~10 日04:00	34	32	36	41	35
	10 日08:00~11 日04:00	41	33	31	36	30
二氧化	04 日02:00~02:45	53	32	33	22	27

监测项目	监测时间	监测地点					
		车马碧村	下罗贵村	土官寨村	王大屯村	西山乡	
氮1h均值	08:00~08:45	36	34	51	32	34	
	14:00~14:45	36	50	20	42	41	
	20:00~20:45	44	27	23	42	44	
	05日02:00~02:45	27	36	34	23	31	
	08:00~08:45	33	34	39	24	36	
	14:00~14:45	31	27	23	44	27	
	20:00~20:45	26	36	22	35	36	
	06日02:00~02:45	21	33	27	34	32	
	08:00~08:45	25	45	35	43	47	
	14:00~14:45	36	37	40	27	35	
	20:00~20:45	44	27	24	33	36	
	07日02:00~02:45	44	36	35	41	40	
	08:00~08:45	25	35	51	32	39	
	14:00~14:45	36	27	30	39	43	
	20:00~20:45	34	26	35	47	35	
	08日02:00~02:45	27	42	24	39	35	
	08:00~08:45	43	34	33	21	41	
	14:00~14:45	36	51	32	27	40	
	20:00~20:45	26	25	26	30	27	
	09日02:00~02:45	34	23	40	41	34	
	08:00~08:45	41	33	44	44	36	
	14:00~14:45	25	39	24	36	45	
	20:00~20:45	36	34	35	27	40	
	10日02:00~02:45	34	32	23	37	39	
	08:00~08:45	36	27	27	34	41	
	14:00~14:45	44	34	33	42	33	
	20:00~20:45	45	44	35	27	27	
	一氧化碳24h均值	04日08:00~05日04:00					1.25
		05日08:00~06日04:00					1.12
		06日08:00~07日04:00					1.5
07日08:00~08日04:00						1.38	
08日08:00~09日04:00						1.25	
09日08:00~10日04:00						1.12	
10日08:00~11日04:00						1	
一氧化碳1h均值	04日02:00~03:00					1	
	08:00~09:00					1.12	
	14:00~15:00					1.5	
	20:00~21:00					1.38	
	05日02:00~03:00					0.88	
	08:00~09:00					1.12	
	14:00~15:00					1.25	
	20:00~21:00					1	
	06日02:00~03:00					1.25	
	08:00~09:00					1.38	
	14:00~15:00					1.75	

监测项目	监测时间	监测地点				
		车马碧村	下罗贵村	土官寨村	王大屯村	西山乡
	20:00~21:00					1.62
	07 日02:00~03:00					1
	08:00~09:00					1.12
	14:00~15:00					1.5
	20:00~21:00					1.38
	08 日02:00~03:00					1.12
	08:00~09:00					1.25
	14:00~15:00					1.38
	20:00~21:00					1.25
	09 日02:00~03:00					0.88
	08:00~09:00					1
	14:00~15:00					1.38
	20:00~21:00					1.25
	10 日02:00~03:00					1
	08:00~09:00					1.38
	14:00~15:00					1.62
	20:00~21:00					1.25

(2) 环境空气质量评价

①评价标准

环境空气质量评价执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准,即 TSP 24h 均值浓度限值为 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} 24h 均值浓度限值为 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, B[a]P 24h 均值浓度限值为 $0.0025\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 24h 均值浓度限值为 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 1h 均值浓度限值为 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_2 24h 均值浓度限值为 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_2 1h 均值浓度限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$, CO 24h 均值浓度限值为 $4\text{mg}/\text{m}^3$, CO 1h 均值浓度限值为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

②评价结果

评价结果详见表 4.4-27。

表 4.4-27 环境空气监测与评价结果表 单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

监测项目		监测点				
		车马碧村	下罗贵村	土官寨村	王大屯村	西山乡
TSP (24h均值)	监测值	87.714	96.857	80.571	86.714	86.857
	质量类别	一级	一级	一级	一级	一级
苯并芘(24h均值)	监测值	/	/	/	/	$<2.7\times 10^{-4}$
	质量类别					一级
PM_{10} (24h均值)	监测值	37.000	34.857	37.429	51.857	51.286
	质量类别	一级	一级	一级	二级	二级
SO_2 (24h均值)	监测值	33.714	32.857	34.143	31.857	33.857
	质量类别	一级	一级	一级	一级	一级
SO_2 (1h均值)	监测值	33.571	32.500	34.107	34.143	33.714
	质量类别	一级	一级	一级	一级	一级
NO_2 (24h均值)	监测值	35.429	34.143	32.571	36.429	36.143

监测项目	监测点					
	车马碧村	下罗贵村	土官寨村	王大屯村	西山乡	
	质量类别	一级	一级	一级	一级	
NO ₂ (1h均值)	监测值	34.929	34.286	32.071	34.464	36.464
	质量类别	一级	一级	一级	一级	一级
CO (24h均值) (mg/m ³)	监测值	/	/	/	/	1.231
	质量类别					一级
CO (1h均值) (mg/m ³)	监测值	/	/	/	/	1.250
	质量类别					一级
综合评价		一级	一级	一级	二级	二级

从表 4.4-27 中可以看出, 2015 年 6 月 4 日~11 日共 7 天连续监测中, 5 个监测点环境空气质量均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准, 其中 PM₁₀ 各监测点各 24h 均值均满足二级标准, TSP、B[a]P 各监测点各 24h 均值, 及 SO₂、NO₂、CO24h 均值、1h 均值均优于二级标准, 达一级标准。

4.4.3 声环境质量

4.4.3.1 污染源

根据实地查勘, 工程区为农村地区, 噪声源主要来自居民日常生活噪声和道路交通噪声。

4.4.3.2 声环境质量

(1) 声环境质量监测

2015 年, 委托昆明邦恒环境监测有限公司对工程施工区和移民安置区的声环境质量进行了监测, 监测情况如下:

①监测点

监测点设 5 个, 车马碧村(反映坝址)、下罗贵村(库中段、隧洞施工区状况)、土官寨村(库尾)、王大屯村(隧洞出口)、西山乡(反映受水区西山乡及西城工业区声环境现状)。

②监测时间

2015 年 6 月 4~6 日, 连续监测两天, 昼、夜各 1 个时段。具体方法依据相关技术规范。

③监测项目

等效连续 A 声级。

④监测方法

监测方法执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 的相关规定。

⑤监测结果

监测结果详见表 4.4-28。

表 4.4-28 声环境监测结果表

序号	测点点位	监(检)测时间	Leq dB(A)	L10dB (A)	L50dB (A)	L90dB (A)
1	王大屯村	04 日10:03~ 10:13	46.4	46.5	45.4	45.0
2		22:05~ 22:15	45.5	46.2	45.3	44.8
3		05 日09:04~ 09:14	45.6	48.8	43.5	42.9
4		22:10~ 22:20	46.4	47.7	44.5	42.7
5	西山乡村	04 日10:34~ 10:44	44.8	45.4	44.4	43.7
6		22:41~ 22:51	45.1	45.7	44.8	44.3
7		05 日09:36~ 09:16	45.2	45.4	43.0	42.2
8		22:41~ 22:51	44.4	44.8	40.7	39.1
9	车马碧村	04 日10:15~ 10:25	44.2	45.3	43.6	43.0
10		22:00~ 22:10	37.7	39.5	37.1	32.1
11		05 日10:01~ 10:11	45.2	46.8	45.2	42.8
12		22:32~ 22:42	39.2	40.6	38.7	38.0
13	下罗贵村	04 日10:41~ 10:51	39.6	41.2	36.6	34.9
14		22:45~ 22:55	38.8	39.9	36.8	35.4
15		05 日10:41~ 10:51	38.5	41.5	36.8	33.6
16		23:39~ 23:49	39.3	41.2	38.5	37.2
17	土官寨村	04 日11:22~ 11:32	38.7	40.9	37.3	35.4
18		23:29~ 23:39	39.2	41.9	36.1	33.8
19		05 日11:11~ 11:21	38.5	41.0	37.4	34.9
20		06 日00:19~ 00:29	39.0	41.6	38.1	35.4

(2) 声环境质量评价

①评价标准

声环境质量评价执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1类标准, 即昼间等效声级 $L_d \leq 55\text{dB(A)}$ 、夜间等效声级 $L_n \leq 45\text{dB(A)}$; 交通干线道路两侧 45m 以内区域执行 4a 类标准, 即昼间等效声级 $L_d \leq 70\text{dB(A)}$ 、夜间等效声级 $L_n \leq 55\text{dB(A)}$ 。本项目 5 个监测点中, 土官寨、王大屯点位于新建的IV级公路边约 20m, IV级公路不属于《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中定义的交通干线, 因此, 各监测点均执行 1 类标准。

②评价结果

评价结果详见表 4.4-29。

表 4.4-29 声环境现状监测与评价成果表

监测地点	监测项目	监测结果		评价结果
		2015年6月4日~6日		
		昼间	夜间	
王大屯村	Leq dB(A)	46.0	46.0	2类
西山乡村		45.0	44.8	1类

监测地点	监测项目	监测结果		评价结果
		2015年6月4日~6日		
		昼间	夜间	
车马碧村		44.7	38.5	0类
下罗贵村		39.1	39.1	0类
上官寨村		38.6	39.1	0类

表 4.4-29 的监测结果表明，5 个监测点的昼间等效声级分别为 46.0dB、45.0dB、44.7dB、39.1dB、38.6 dB，夜间等效声级分别为 46.0dB、44.8dB、38.5dB、39.1dB、39.1 dB，可见，各监测点位夜间声环境质量均优于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类标准；昼间声环境质量除王大屯村监测值为 2 类标准，超标 1.0dB，由于临近剪彩河和道路，初步分析该测点可能受道路交通噪声和河内水流声影响；其他各监测点均达到 1 类标准，且车马碧村、下罗贵村、上官寨村昼夜等效声级均优于 1 类标准，达到 0 类标准（昼间 \leq 50dB，夜间 \leq 40dB），说明工程区域声环境质量很好。

4.5 主要环境问题

（1）现状水质不满足水环境功能要求

根据 2011 年~2016 年马龙河干流、支流水质现状监测结果表明，各断面水质类别基本为 III 类~劣 V 类，马龙河全流域水质除上游源头断面外，均有部分水期达不到 III 类水水质标准要求，尤其是经过马龙县城的部分河段水质较差，但随着支流的汇入，到车马碧库区水质有所好转。超标原因主要与农业面源污染和城镇农村生活污水排放等有关。

（2）由于城市化进程的推进，城市用水不断增大，项目区出现城镇用水挤占农业用水，农业用水和城镇用水又共同挤占河道生态用水，造成下游河道断流，最后导致生态环境恶化。

（3）项目区天然植被次生化、破碎化现象明显。项目区地处农业较为发达的滇东地区，农业生产对土地资源开发利用程度较高，人类活动对生态系统及自然植被的干扰较强，导致项目区植被具有明显的次生化、破碎化特征，形成以次生自然植被与农田、人工林等人工植被为主的植被分布格局。

5 环境影响预测评价

5.1 水库调水对区域水资源利用的影响

水资源利用影响分析以 2013 年为现状水平年，2030 年为设计水平年。

5.1.1 对调出区马龙河流域水资源利用的影响

5.1.1.1 马龙河流域水资源开发利用现状

调出区马龙河流域水资源开发利用现状详见本报告 4.3.2.1 节。

5.1.1.2 2030 年马龙河流域需水量预测

(1) 城镇生活需水量预测

车马碧水库调出区现状 2013 年总人口 15.0 万人，城镇人口 6.0 万人，城镇化率 39.9%；预测到 2030 水平年总人口 34.7 万人，城镇人口 27.8 万人，城镇化率 80.1%。经综合分析，调出区马龙县现状 2013 年需水定额为 180L/人.d，2030 年为 240L/人.d。

城镇生活需水按照预测的城镇人口和需水定额计算出净需水量，再考虑供水管网漏失率以及水厂自用水和未预见水量后得城镇生活毛需水量。计算得调出区现状 2013 年城镇生活毛需水量 522 万 m³，2030 水平年毛需水量 3097 万 m³。

(2) 农村生活需水量预测

农村生活需水包括农村居民生活需水和牲畜需水，预测方法采用定额法。由于城镇化进程加快，造成农村人口数量逐年减少，经预测，调出区农村人口现状 2013 年 9.0 万人，2030 年减少为 6.9 万人。农村牲畜包括大牲畜和小牲畜，大牲畜主要是指牛、马、骡，小牲畜主要指猪、羊。调出区 2013 年有大牲畜 5.9 万头，小牲畜 33.3 万头；预测到 2030 年，大牲畜 6.1 万头，小牲畜 37.0 万头。

通过现状调查，结合水资源规划分析，现状 2013 年农村居民生活用水定额为 60 L/(人.天)，2030 水平年提高到 75 L/(人.天)。现状 2013 年牲畜需水定额大牲畜为 35L/(头.天)，小牲畜为 20L/(头.天)；2030 水平年，随着牲畜的集约化养殖程度增加，圈舍清洗等用水将增加，农村大牲畜用水定额也会有所提高，2030 水平年大牲畜为 50L/(头.天)，小牲畜为 25L/(头.天)。

通过农村居民和牲畜数量、农村居民生活和牲畜需水定额，计算农村生活需水量。经计算，调出区现状农村生活需水量为 618 万 m³，预测 2030 年需水量为 766 万 m³。

(3) 农业需水量预测

农业需水主要是灌溉用水。经量算，调出区 2013 年耕地面积 26.86 万亩，其中农田有效灌溉面积 9.90 万亩；2030 水平年耕地面积减少至 23.69 万亩，其中农田有效灌溉面积达到 10.50 万亩。根据量算得到的各计算单元区的灌溉面积、灌溉水利用系数、万亩综合用水过程线，经推算得出调出区现状 2013 年多年平均灌溉毛需水量为 5512 万 m³，P=75% 需水量 5823 万 m³；2030 水平年多年平均灌溉毛需水量为 5461 万 m³，P=75 需水量 5762 万 m³。

(4) 工业需水量预测

马龙河流域建有南海子省级重点工业园区和 4 个马龙县级工业园区；按照马龙县工业入园要求，工业企业将全部入住工业园区。工业园区需水以各工业园区规划及可研报告的需水预测成果为主，经预测，车马碧水库调出区现状 2013 年工业需水量 2379 万 m³，2030 水平年工业需水量 7026 万 m³，较现状增加 4647 万 m³。

(5) 调出区需水量预测汇总

根据前述的城市生活、农村生活、农业和工业的需水预测成果，车马碧水库调出区现状 2013 年多年平均、P=75% 保证率的总需水量现状分别为 9120 万 m³、9431 万 m³，预测到 2030 年分别为 16349 万 m³、16650 万 m³。详见表 5.1-1。

表 5.1-1 调出区各水平年需水预测成果汇总表 单位：万 m³

单元区	水平年	城镇生活	农村生活	农田		工业	合计	
				多年平均	P=75%		多年平均	P=75%
车马碧水库以上	2013年	457	416	4270	4511	2229	7372	7613
	2030年	2906	473	4265	4500	6275	13919	14154
车马碧水库以下	2013年	66	202	1242	1312	238	1748	1818
	2030年	191	292	1196	1262	751	2430	2496
合计	2013年	523	618	5512	5823	2467	9120	9431
	2030年	3097	765	5461	5762	7026	16349	16650

5.1.1.3 调出区水资源供需平衡分析

2030 年马龙河流域马龙县境内水资源配置总体格局：独木水库供南海子工业园区工业用水，黄草坪水库供马龙县城的城市生活用水，本地小型水库主要供

农业灌溉用水，车马碧水库解决旧县、马过河工业园区工业缺水。

(1) 车马碧水库以上

马龙河流域车马碧水库以上现状 2013 年，已建水利工程 P=75%可供水量 6851 万 m³，总需水量 7613 万 m³，缺水量 762 万 m³，缺水率为 10.01%，生活和工业供需已平衡，主要为农业灌溉缺水。

设计水平年 2030 年，随着社会经济的发展，城镇人口从现状的 5.20 万人增至 25 万人，南海子工业园区及县级小寨、东光工业园区的建设，有效灌溉率从现状的 36.6%提高到 45.4%，P=75%频率需水量 14154 万 m³，为现在基准年的 1.9 倍，须提出相应的供水措施来保证社会经济的可持续发展。在充分挖掘现有工程的供水潜力和强化节水措施后，对南海子工业园区、马龙县级东光和小寨工业园区其工业用水由独木水库引水工程、扩建新田水库和利用城市污水处理回用供给；考虑车马碧水库水质问题，车马碧水库不向城市生活供水，扩建黄草坪水库从龙洞河提水到水库调蓄，并扩建龙泉水库为中型水库，向马龙县城和工业园区城市生活供水；对增加的有效灌溉面积主要通过节水措施以及因地制宜修建一批小型引提工程和五小水利工程，充分利用大幅增加的工业、城市回归水解决。2030 设计水平年，各类水利工程 P=75%供水量 14033 万 m³，城镇生活、农村生活、工业和农业灌溉供需可基本平衡，现状的农业灌溉缺水得到改善。车马碧水库以上现状及工程实施后 2030 年水资源供需平衡详见表 5.1-2。

(2) 车马碧水库以下

马龙河流域车马碧水库以下现状 2013 年，已建水利工程 P=75%可供水量 1551 万 m³，总需水量 1818 万 m³，缺水量 267 万 m³，缺水率为 14.79%，生活和工业供需已平衡，但农业灌溉仍有缺水。

2030 年车马碧水库建成后，调出区还新建大石岩小(一)型水库和部分小坝塘，现状从马龙河引水灌溉的河谷区 2500 亩耕地农田灌溉用水，在车马碧水库修建后水库已经预留了下游灌区用水并与河道生态基流一起下泄，不会影响其用水，农业灌溉用水基本可以得到满足。马龙县规划建设的马过河和旧县工业园区位于马龙河支流红桥河上，主要水源为红桥河提水，汛期可以满足工业园区用水要求，枯期时缺水，P=75%缺水量 228 万 m³。经供需平衡，2030 水平年，P=75%可供水量 2268 万 m³，总需水量为 2496 万 m³，缺水量 228 万 m³，均为工业缺水。与 2013 年现状情况相比，设计水平年 2030 年如不实施车马碧水库工程，工业缺水 456 万 m³，总缺水率由现状的 14.69%上升至 18.23%；车马碧工程实施后，车马

碧水库以下农业灌溉缺水的问题得到了解决，规划新建的工业园区将有部分用水缺口，但车马碧水库以下马龙河流域总缺水量有所降低，缺水率也由 14.69% 下降到 9.13%。车马碧水库以下现状及工程实施后 2030 年水资源供需平衡详见表 5.1-3。

2030 年，由于车马碧水库等水利设施的修建，马龙河流域的水资源开发利用率由现状的 16.6% 提升至 32.2%。国际上一般认为，对一条河流的开发利用不能超过其水资源量的 40%，2030 年马龙河流域的水资源开发利用程度小于 40%，是可以接受的。

表 5.1-2 P=75% 车马碧水库以上现状及 2030 年水资源供需平衡表 单位：万 m³

项目		名称	2013年 (a)	2030年 (b)	差值 (b-a)
供水量	按工程类别	龙泉水库	225	1856	1631
		新田水库	101	593	492
		其他小(一)型水库	1430	1628	198
		小(二)型水库及坝塘	1720	1875	155
		引水工程	614	908	294
		提水工程	1061	2210	1149
		黄草坪调水工程	393	1348	955
		独木水库调水工程	1182	3500	2318
		地下水	106	95	-11
		其它	18	20	2
	合计	6851	14033	7182	
	按供水对象	城镇生活	457	2906	2449
		农村生活	416	473	57
		工业	2229	6275	4046
农业		3749	4379	630	
合计		6851	14033	7182	
需水量	城镇生活	457	2906	2449	
	农村生活	416	473	57	
	工业	2229	6275	4046	
	农业	4511	4381	-130	
	合计	7613	14033	6420	
缺水量	城镇生活	0	0	0	
	农村生活	0	0	0	
	工业	0	0	0	
	农业	762	0	-762	
	合计	762	0	-762	

表 5.1-3 P=75%车马碧水库以下现状及 2030 年水资源供需平衡表 单位：万 m³

项目	名称	2013年a	2030年		差值		
			未建车马	建车马碧	(b-a)	(c-a)	
供水量	按工程类别	小(一)型水库	669	846	846	177	177
		小(二)型水库及坝	584	681	681	97	97
		引提水工程	271	486	486	215	215
		车马碧水库工程	0	0	228	0	228
		地下水	28	27	27	-1	-1
	合计	1551	2040	2268	489	717	
	按供水对象	城镇生活	66	191	191	125	125
		农村生活	202	292	292	90	90
		工业	238	295	523	57	285
		农业	1045	1262	1262	217	217
合计		1551	2040	2268	489	717	
需水量	城镇生活	66	191	191	125	125	
	农村生活	202	292	292	90	90	
	工业	238	751	751	513	513	
	农业	1312	1262	1262	-50	-50	
	合计	1818	2496	2496	678	678	
缺水量	城镇生活	0	0	0	0	0	
	农村生活	0	0	0	0	0	
	工业	0	456	228	456	228	
	农业	267	0	0	-267	-267	
	合计	267	456	228	189	-39	

5.1.2 对受水区曲靖灌区水资源利用的影响

5.1.2.1 曲靖灌区水资源开发利用现状

受水区曲靖灌区水资源开发利用现状详见本报告 4.3.2.2 节。

5.1.2.2 2030 年曲靖灌区需水量预测

(1) 城镇生活需水量预测

受水区现状 2013 年总人口 67.2 万人，城镇人口 60.3 万人，城镇化率 89.7%；预测到 2030 水平年总人口 132.4 万人，城镇人口 127.3 万人，城镇化率 96.2%。

受水区有麒麟区、沾益县和陆良县三个城市以及部分小城镇，经综合分析，受水区中曲靖市麒麟区、沾益县现状需水定额 2013 年 205L/人.d，2030 年为 260 L/人.d；陆良县现状需水定额 2013 年 180L/人.d，2030 年为 240 L/人.d。

计算得受水区现状 2013 年城镇生活毛需水量 5981 万 m³，2030 水平年毛需水量 15342 万 m³。

(2) 农村生活需水量预测

农村生活需水包括农村居民生活需水和牲畜需水，预测方法采用定额法。由

于城镇化进程加快，造成农村人口数量逐年减少，经预测，受水区农村人口现状 2013 年 6.9 万人，设计水平年 2030 年减少为 5.1 万人。受水区 2013 年有大牲畜 3.6 万头，小牲畜 34.2 万头；预测到 2030 年，大牲畜 4.3 万头，小牲畜 39.8 万头。

通过现状调查，结合水资源规划分析，现状 2013 年农村居民生活用水定额为 60 L/(人·天)，2030 水平年提高到 75 L/(人·天)。现状 2013 年牲畜需水定额大牲畜为 35L/(头·天)，小牲畜为 20L/(头·天)；2030 水平年，随着牲畜的集约化养殖程度增加，圈舍清洗等用水将增加，农村大牲畜用水定额也会有所提高，2030 水平年大牲畜为 50L/(头·天)，小牲畜为 25L/(头·天)。

通过农村居民和牲畜数量、农村居民生活和牲畜需水定额，计算农村生活需水量。经计算，受水区现状农村生活需水量为 538 万 m³，预测 2030 年需水量为 695 万 m³。

(3) 农业需水量预测

农业需水主要是灌溉用水。经量算，受水区 2013 年耕地面积 17.41 万亩，其中农田有效灌溉面积 13.19 万亩；2030 水平年耕地面积减少至 13.74 万亩，其中农田有效灌溉面积达到 13.39 万亩。根据量算得到的各计算单元区的灌溉面积、灌溉水利用系数、万亩综合用水过程线，经推算得出受水区现状 2013 年多年平均灌溉毛需水量为 9345 万 m³，P=75%需水量 9884 万 m³；2030 水平年多年平均灌溉毛需水量为 8558 万 m³，P=75 需水量 9163 万 m³。

(4) 工业需水量预测

车马碧水库受水区工业发达，有西城省级重点工业园区和陆良县青山县级工业园区。除入住园区的工业企业外，还分布着众多大小不一的工业用水户。经预测，车马碧水库受水区现状 2013 年工业需水量 4857 万 m³，2030 水平年工业需水量 18258 万 m³，较现状增加 13401 万 m³。

(5) 受水区需水量预测汇总

根据前述的城市生活、农村生活、农业和工业的需水预测成果，车马碧水库受水区多年平均、P=75%保证率的总需水量现状分别为 20619 万 m³、21158 万 m³，预测到 2030 年分别为 37742 万 m³、38348 万 m³。详见表 5.1-4。

表 5.1-4 受水区各水平年需水预测成果汇总表 单位：万 m³

流域	单元区	水平年	城镇生活	农村生活	农田		工业	合计	
					多年平均	P=75%		多年平均	P=75%
受水区	西河库灌区	2013年	1584	114	2591	2760	2310	6599	6768
		2030年	4423	116	2550	2756	4023	11112	11318
	西山灌区	2013年	642	51	1307	1392	1127	3127	3212
		2030年	1446	79	237	257	5996	7758	7778
	潇湘库灌区	2013年	3706	220	2050	2183	1231	7207	7340
		2030年	9327	294	2118	2289	2781	14520	14691
	莲花田水库灌区	2013年	49	152	3397	3549	88	3686	3838
		2030年	146	206	3652	3861	348	4352	4561
	合计	2013年	5981	537	9345	9884	4756	20619	21158
		2030年	15342	695	8557	9163	13148	37742	38348

5.1.2.3 受水区水资源供需平衡分析

车马碧水库受水区在曲靖灌区现状 P=75%需水量 21158 万 m³，各类水利工程 P=75%供水量 15721 万 m³，缺水量 5437 万 m³，其中城市生活、农村生活供需已基本平衡，缺水主要为农业缺水，缺水量 5437 万 m³，缺水率 25.7%。

由于受水区属水资源紧缺地区，现状水资源开发利用程度已接近 40%的合理开发利用上限，本区可开发的水利工程已不多，长期以来生产生活用水挤占生态用水，造成南盘江水生态环境恶化，河道断流时间长。根据供需平衡分析，在进行生态退减（已建水利工程按退减工程断面天然平均来水 10%的生态用水）情况下，本区可开发水利工程全部开发后，P=75%供水量 15340 万 m³，缺水量 23009 万 m³，缺水率仍然高达 60.0%，除农村生活用水可以平衡外，城市生活、工业和农业灌溉还存在不同程度的缺水，其中城市生活缺水 7962 万 m³，缺水率 51.9%；工业缺水 10404 万 m³，缺水率 79.1%；农业灌溉缺水 4642 万 m³，缺水率 50.7%，西河水库灌区、潇湘水库灌区和莲花田水库灌区主要是由于灌溉用水按照优水优用的原则，3 座水库主要转供城市生活供水后造成的缺水，缺灌面积 6.38 万亩。

按照曲靖灌区的水资源总体配置，必须实施外流域调水才能支撑曲靖灌区经济社会的可持续发展。车马碧水库工程作为外流域调水工程之一，主要解决受水区农业缺水和西山灌区西城工业园区的工业缺水问题，受水区现状及规划水平年多年平均供需平衡汇总见表 5.1-5。可以看出，2030 年车马碧水库工程实施后，受水区工业缺水率由 79.13%下降为 51.57%，工业缺水有所改善；农业缺水率由 50.66%大幅降至满足农灌要求，农业灌溉缺水问题得到根本性改善。

表 5.1-5 受水区现状及规划水平年 P=75% 供需平衡汇总表 单位: 万 m³

类别		现状水平年	2030年未实施车马碧工程	2030年实施车马碧工程
供水	城镇生活	5981	7380	7380
	农村生活	537	694	694
	工业	4756	2744	6368
	农业	4447	4521	9163
	合计	15721	15340	23606
需水	城镇生活	5981	15342	15342
	农村生活	537	694	694
	工业	4756	13148	13148
	农业	9885	9163	9163
	合计	21158	38348	38348
缺水	城镇生活	0	7962	7962
	农村生活	0	0	0
	工业	0	10404	6780
	农业	5437	4642	0
	合计	5437	23009	14742
缺水率	城镇生活	0.00%	51.90%	51.90%
	农村生活	0.00%	0.00%	0.00%
	工业	0.00%	79.13%	51.57%
	农业	55.00%	50.66%	0.00%
	合计	25.70%	60.00%	38.44%

5.2 对地表水环境的影响

5.2.1 对水文情势的影响

5.2.1.1 最小下泄流量分析

车马碧水库建成后,车马碧水库坝址~凤龙湾水库库尾约 9km 的河道的水文情势将发生改变,水量减少,为维护下游河道用水需要,本工程必须下泄一定的生态流量。车马碧水库坝址~凤龙湾水库库尾的典型断面位置见表 5.2-1。

表 5.2-1 车马碧水库坝址~凤龙湾水库库尾的典型断面

断面	沿河道距坝址(km)	备注
坝址	0	
车马碧专用水文站断面	4.5	有 2005~2014 共 10 年实测日均值
红桥河汇口	5	红桥河多年平均天然流量 2.16m ³ /s
马过河村	7	
石仙人拦河坝	8.2	2500 亩耕地灌溉用水,多年平均年用水量 123 万 m ³
莫浪河汇口	9.2	多年平均天然流量 0.62m ³ /s,经调查已在凤龙湾库区

根据《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》(环办函[2006]11号文,以下简称《会议纪要》),河道生态用水需要考虑以下因素:①工农业生产及生活需水量,②维持水生生态系统稳定所需水量,③维持河道水质的最小稀释净化水量,④维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量,⑤水面蒸散量,⑥维持地下水位动态平衡补给需水,⑦航运、景观和水上娱乐环境需水量,⑧河道外生态需水量。

车马碧水库坝下马龙河河道较窄,蒸散量很小;河道无航运用水需要;马龙河在车马碧水库下游流经马过河风景名胜区,经调查其涉水景点位于凤龙湾水库库区支流石板河上,不受车马碧水库影响,所以马龙河此河段无景观用水需要;河道两岸陆生生态系统不依靠河道内水量;马龙河汇入牛栏江前会流经凤龙湾水库,凤龙湾水库对水文泥沙有调蓄作用,泥沙冲淤平衡问题在车马碧水库工程中不需考虑;坝下河道两岸地下水位的变化不大,也无相关需水量要求。所以,对车马碧水库下泄水量主要从①工农业生产及生活需水量,②维持水生生态系统稳定所需水量,③维持河道水质的最小稀释净化水量三个方面分析。

(1) 生产和生活用水量

经调查,从车马碧坝下河道内取用水主要为农业灌溉用水。水库下游河谷区现有200亩耕地从位于坝址下游约8.2km处马龙河干流的石仙人拦河坝引水灌溉。至规划水平年(2030年),从车马碧坝址~凤龙湾库尾马龙河干流河段引水的灌溉面积将增加至2500亩。水库修建后径流被拦蓄,这部分耕地将无法引水,需水库下泄灌溉水量。根据下游灌区农业用水资料计算,规划水平年(2030年)各典型年各月灌溉水量及平均灌溉流量见表5.2-2。

表 5.2-2 车马碧水库下游农田灌溉用水系列表

月份	丰水年 (P=10%)		平水年(P=50%)		枯水年(P=90%)		多年平均	
	水量 (万 m ³)	月均流量 (m ³ /s)	水量 (万 m ³)	月均流量 (m ³ /s)	水量 (万 m ³)	月均流量 (m ³ /s)	水量 (万 m ³)	月均流量 (m ³ /s)
6月	5.7	0.022	6.6	0.025	9.3	0.036	7.3	0.028
7月	5.2	0.019	8.8	0.033	11.7	0.044	6.9	0.026
8月	11.1	0.042	3.4	0.013	0.1	0.000	5.3	0.020
9月	0.6	0.002	0.9	0.003	0.5	0.002	1.1	0.004
10月	0	0	0	0	0	0	0	0
11月	13.9	0.054	11.3	0.044	6.9	0.027	10.7	0.041
12月	11.0	0.041	9.0	0.034	5.5	0.020	8.4	0.031
1月	12.9	0.048	10.5	0.039	6.4	0.024	9.8	0.036
2月	14.6	0.060	11.9	0.049	7.2	0.030	11.1	0.046
3月	19.5	0.073	16.1	0.060	9.9	0.037	14.9	0.056
4月	11.5	0.044	9.3	0.036	6.0	0.023	8.9	0.034
5月	30.7	0.115	35.1	0.131	25.5	0.095	30.9	0.115

从表 5.2-2 可以看出,各典型年 10 月车马碧水库下游河道均无灌溉用水需要,其余每个月的灌溉用水量各不相同,5 月平均灌溉用水最大。枯水年 6 月、7 月灌溉用水量大于丰水年和平水年,其余月份灌溉用水量小于丰水年和平水年。

(2) 维持水生生态系统稳定所需的水量

环保部和水利部分别对水利工程河流生态环境需水计算出台了技术规范。根据《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)》(环评函[2006]4 号文),维持河道水生生态系统稳定所需水量有水文学法(Tennant 法、最小月平均径流法)、水力学法(湿周法、R2-CROSS 法)、组合法(水文-生物分析法)、生境模拟法、组合法及生态水力学法。根据水利行业要求,河流控制断面生态环境需水量的最小值应满足《河湖生态环境需水计算规范》(SL/Z 712-2014)中 $Q_{90\%}$ (90% 频率最枯月平均值法)的计算结果。各方法在马龙河的适用性分析见表 5.2-3。

表 5.2-3 维持马龙河河道水生生态系统稳定需水量计算方法适用性分析

序号	方法	适用条件	马龙河现状情况	适用性
1	Tennant 法	河流目标管理	需要目标管理	适用
2	最小月平均径流法	干旱、半干旱区域	柯本气候分类法中的温暖带	不适用
3	湿周法	河床形状稳定的宽浅矩形和抛物线形河道	河床形状不稳定	不适用
4	R2-CROSS 法	非季节性小型河流	非季节性小型河流	适用
5	组合法	受人类影响较小的河流	受人类影响较大	不适用
6	生境模拟法	存在保护物种的河流	没有水生生物重要保护物种	不适用
7	组合法	综合性、大流域生态需水研究	小河	不适用
8	生态水力学法	大中型河流	小河	不适用
9	$Q_{90\%}$ (90% 频率最枯月平均值法)	有 30 年以上的长系列水文资料	有近 60 年的逐月水文资料	适用

根据表 5.2-3 适用性分析,采用 Tennant 法、R2-CROSS 法及 $Q_{90\%}$ 法计算车马碧坝下河道维持水生生态系统稳定所需的水量。

①Tennant 法

Tennant 法属于水文标准测定法,流量推荐值以预先确定的年平均流量百分比作为基础。Tennant 法对河流流量状态描述为“最小”的推荐流量是为多年平均流量的 10%。车马碧水库坝址处多年平均天然流量为 $6.87\text{m}^3/\text{s}$,按照 Tennant 法计算,生态基流为 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。

②R2-CROSS 法

R2-CROSS 法的水力参数标准是根据美国科罗拉多州河流的冷水鱼类需求

制定的。主要用于中小型河流的分析，对河宽 30.5m 以下的河流提出了水力参数标准，见表 5.2-4。

表 5.2-4 R2-CROSS 法确定最小流量的原始标准

河宽(m)	平均水深(m)	湿周率(%)	平均流速(m/s)
0.3~6.3	0.06	50	0.30
6.3~12.3	0.06~0.12	50	0.30
12.3~18.3	0.12~0.18	50~60	0.30
18.3~30.5	0.18~0.30	70	0.30

车马碧水库所在马龙河的河宽在 14~30m 左右，为小型河流。根据水生生态现状调查情况，车马碧水库坝下分布的鱼类有急流生态型的云南盘鮡、云南光唇鱼等，以及流水生态型的红尾副鳅、横纹南鳅、前鳍高原鳅等，没有珍稀保护鱼类分布，也没有调查到集中产卵场等鱼类重要生境。调查到的鱼类对于水生生态的要求并不严格，其中云南光唇鱼等体型相对较大的鱼类在坝下河道向凤龙湾水库库尾过渡的水深逐渐增加的河段也可调查到，表明其也可适应此生境条件。

根据鱼类调查成果，车马碧河段鱼类产卵期集中在每年的 4 月~8 月，产卵期对流速和水位有一定要求，但并不严苛。根据保护鱼类的需要，分别设定车马碧坝下满足鱼类生存和鱼类产卵要求的水力参数标准，见表 5.2-5。

表 5.2-5 车马碧坝下满足鱼类需要的水力参数标准

考虑因素	平均水深 (m)	湿周率 (%)	流速 (m/s)
鱼类生存需要	≥0.12	≥50	≥0.3
鱼类产卵需要	≥0.18	≥70	≥0.3

车马碧坝下 5km 有支流红桥河汇入，红桥河多年平均天然流量约为 2.16m³/s，汇口以下河道的水生生境将得到明显改善。因此，对维持水生生态系统稳定所需水量的分析主要考虑车马碧坝址~红桥河汇口河段。

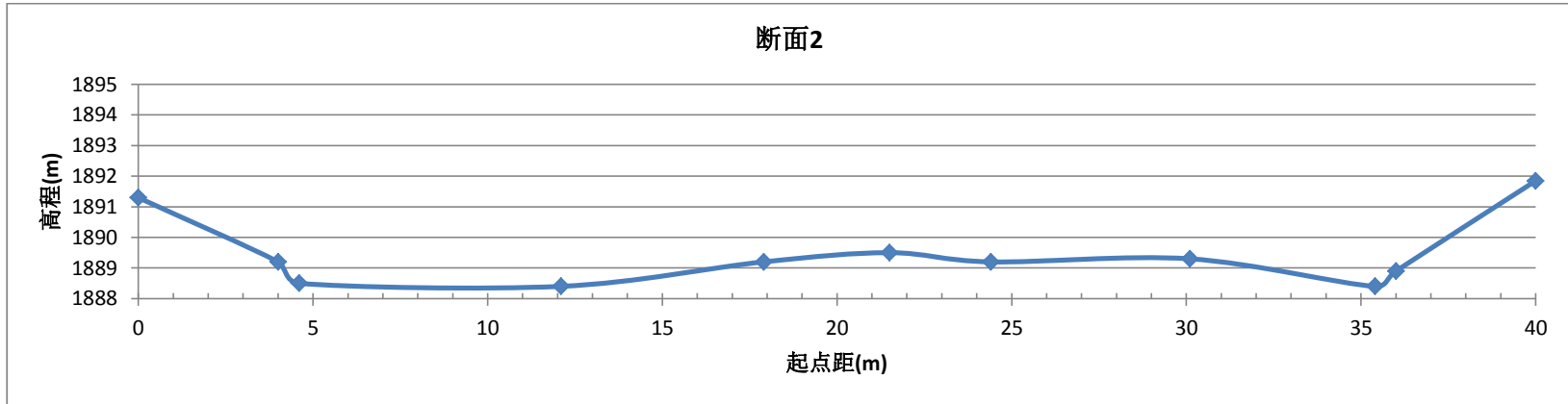
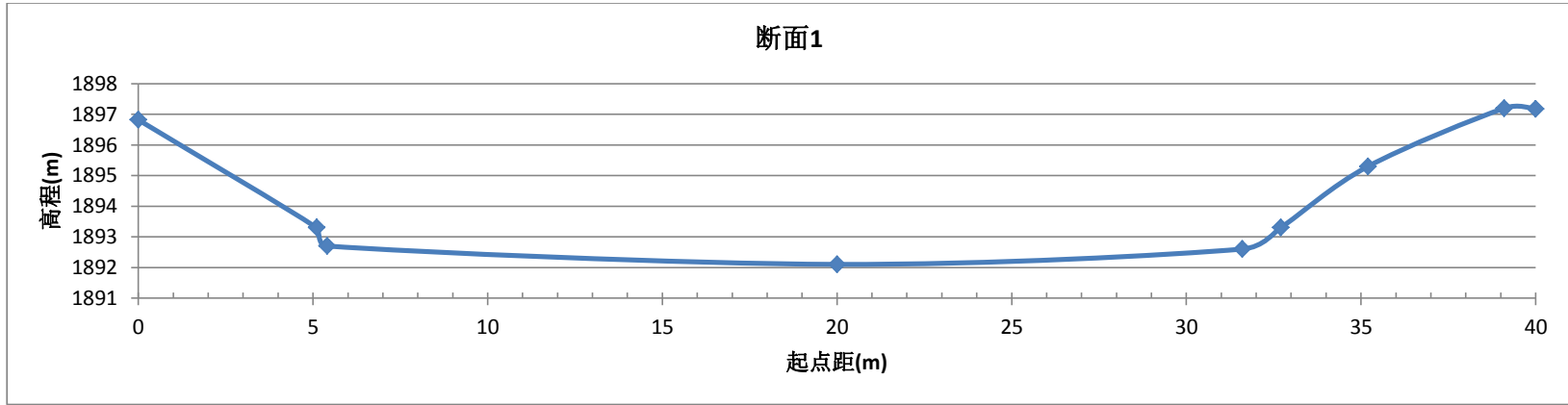
在车马碧坝址~红桥河汇口河段测量了四个断面地形，断面位置见表 5.2-6 及图 5.2-1，断面形状见图 5.2-2。

表 5.2-6 车马碧坝址~红桥河汇口测量断面间距及距坝址距离

断面编号	断面间距(km)	距坝址(km)	备注
1	0	0	坝址断面
2	1.50	1.50	
3	1.50	3.00	
4	1.48	4.48	车马碧专用水文站断面



图 5.2-1 车马碧坝址~红桥河汇口断面位置示意图



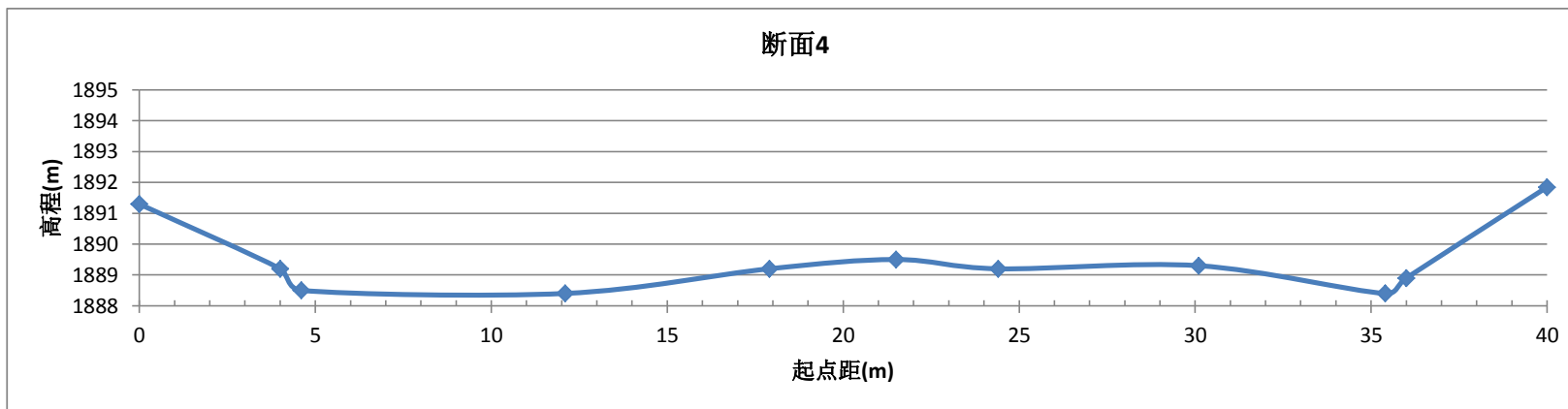
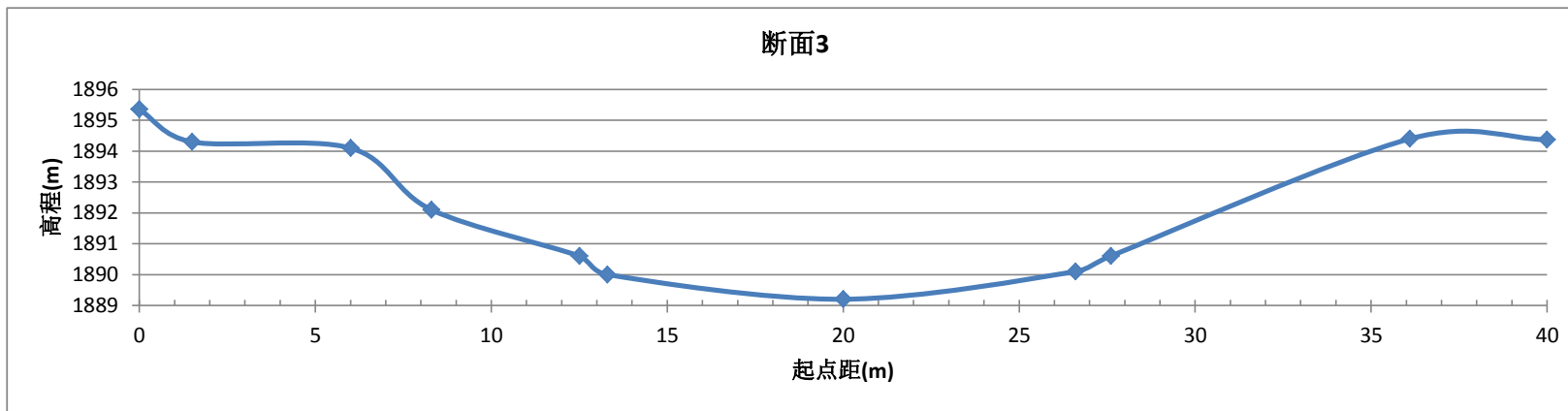


图 5.2-2 断面 1~4 形状图

根据表 5.2-5 确定的水力参数标准, 采用水力学公式, 对 1~4 断面不同流量下的水深、湿周、流速进行计算, 得到各断面鱼类一般生存需要和鱼类产卵需要的最小流量, 见表 5.2-7。

表 5.2-7 坝下断面满足鱼类生存和产卵需要的水力参数标准的最小流量

考虑因素	断面	流量(m ³ /s)	占多年平均流量百分比(%)	平均水深(m)	湿周率(%)	流速(m/s)
鱼类生存	1	0.41	6.0	0.16	50.0	0.31
	2	0.66	9.6	0.15	54.1	0.30
	3	0.63	9.1	0.23	50.0	0.39
	4	0.49	7.1	0.12	53.6	0.41
鱼类产卵	1	1.01	14.7	0.22	70.0	0.39
	2	1.37	19.9	0.20	71.2	0.36
	3	1.54	22.4	0.32	70.0	0.49
	4	2.00	29.1	0.26	70.0	0.58

从表 5.2-7 可以看出, 1~4 断面均满足表 5.2-5 中鱼类生存需要的水力参数标准的最小流量是 0.66m³/s, 占坝址处多年平均流量的 9.6%; 均满足鱼类产卵需要的水力参数标准的最小流量是 2.00m³/s, 占坝址处多年平均流量的 29.1%。

③Q_{90%}法

Q_{90%}法即 90%频率最枯月平均值法, 用每年的最枯月排频, 选择 90%频率下的最枯月平均流量作为节点基本生态环境需水量的最小值。对水文专业径流还原后的 1954 年 6 月~2014 年 5 月共 60 个水文年中每年的最枯月天然流量排频, 见表 5.2-8。

表 5.2-8 按每年最枯月坝址处天然平均流量排频表

年	最枯月	最枯月平均流量(m ³ /s)	频率
2005-2006	4月	1.88	1.6%
2003-2004	11月	1.49	3.3%
2004-2005	12月	1.37	4.9%
1962-1963	4月	1.35	6.6%
1974-1975	3月	1.30	8.2%
1956-1957	3月	1.29	9.8%
1967-1968	4月	1.25	11.5%
2011-2012	4月	1.25	13.1%
1983-1984	4月	1.23	14.8%
1968-1969	4月	1.17	16.4%
1972-1973	4月	1.13	18.0%
1969-1970	4月	1.09	19.7%
2002-2003	4月	1.05	21.3%
1954-1955	4月	1.05	23.0%
2013-2014	4月	1.05	24.6%

年	最枯月	最枯月平均流量(m ³ /s)	频率
1986-1987	3月	1.03	26.2%
2009-2010	12月	1.02	27.9%
2001-2002	4月	1.01	29.5%
1994-1995	4月	0.97	31.1%
2010-2011	2月	0.97	32.8%
1975-1976	4月	0.97	34.4%
1991-1992	4月	0.96	36.1%
1998-1999	2月	0.92	37.7%
1961-1962	4月	0.91	39.3%
2012-2013	4月	0.91	41.0%
1981-1982	3月	0.89	42.6%
1966-1967	4月	0.88	44.3%
1977-1978	1月	0.87	45.9%
1971-1972	4月	0.84	47.5%
1973-1974	4月	0.84	49.2%
1985-1986	4月	0.79	50.8%
1989-1990	4月	0.79	52.5%
2008-2009	4月	0.78	54.1%
2000-2001	11月	0.78	55.7%
1978-1979	11月	0.76	57.4%
1980-1981	4月	0.73	59.0%
1982-1983	3月	0.72	60.7%
1958-1959	4月	0.71	62.3%
1970-1971	4月	0.70	63.9%
2007-2008	4月	0.70	65.6%
1987-1988	5月	0.69	67.2%
1976-1977	4月	0.66	68.9%
1984-1985	3月	0.65	70.5%
1965-1966	4月	0.63	72.1%
1979-1980	4月	0.62	73.8%
1964-1965	4月	0.61	75.4%
1990-1991	12月	0.61	77.0%
1963-1964	4月	0.60	78.7%
1996-1997	4月	0.60	80.3%
1999-2000	4月	0.59	82.0%
1993-1994	4月	0.58	83.6%
1959-1960	4月	0.54	85.2%
1955-1956	5月	0.53	86.9%
1995-1996	4月	0.52	88.5%
1988-1989	2月	0.52	90.2%
1992-1993	3月	0.47	91.8%
1997-1998	3月	0.44	93.4%
1957-1958	5月	0.38	95.1%
2006-2007	4月	0.37	96.7%
1960-1961	4月	0.27	98.4%

表 5.2-8 的统计结果为： $Q_{90\%}=0.52\text{m}^3/\text{s}$ 。

(3) 维持河流水环境质量的 $\text{Q}_{90\%}$ 最小稀释净化需水量

采用 7Q10 法计算维持河流水环境质量的 Q_{10} 最小稀释净化需水量，即采用 90% 保证率最枯连续 7 天的平均水量作为河流最小流量设计值。车马碧坝址处的天然径流插补数据只有逐月流量，没有逐日流量。为计算最枯月连续 7 天流量，补充收集到位于坝址下游 5km 处的车马碧水文站 2005~2014 共 10 年的逐日实测流量值，统计每年最枯连续 7 天的数据，见表 5.2-9。

表 5.2-9 车马碧水文站 2005~2014 年每年最枯连续 7 天统计表

年份	日期	最枯连续7天平均流量 (m^3/s)
2005	4月11日~4月17日	0.47
2006	4月14日~4月20日	0.55
2007	3月26日~4月1日	0.86
2008	4月9日~4月15日	0.63
2009	4月18日~4月24日	0.60
2010	5月16日~5月22日	0.27
2011	12月2日~12月8日	1.25
2012	4月8日~4月14日	0.44
2013	3月4日~3月10日	0.27
2014	4月22日~4月28日	0.17

通过对表 5.2-9 分析，车马碧水文站 2005~2014 年实测最枯连续 7 天平均流量为 $0.17m^3/s$ ，可近似作为 7Q10 法的结果。

(4) 最小生态需水量的确定

车马碧坝下最小生态需水量要同时满足维持水生生态系统稳定所需水量和维持河道水质的最小稀释净化水量。即“车马碧坝下最小生态需水量= $\max\{\text{维持水生生态系统稳定所需水量, 维持河道水质的最小稀释净化水量}\}$ ”。车马碧坝下最小生态需水量计算结果见表 5.2-10。

表 5.2-10 车马碧坝下河道最小生态需水量计算结果表

类别	方法	鱼类生存需要(m^3/s)	鱼类产卵需要(m^3/s)
维持水生生态系统稳定最小需水量	Tennant法	0.687	0.687
	R2-CROSS法	0.66	2.00
	$Q_{90\%}$ 法	0.52	0.52
维持河流水环境质量需水量	7Q10法	0.17	0.17
全部满足		0.687	2.00

从表 5.2-10 中可以看出，车马碧坝下河道维持水生生态系统稳定及维持河流水环境质量所需的最小生态用水量可按鱼类生存、鱼类产卵的需要计算，分别为： $0.687m^3/s$ 、 $2.00m^3/s$ 。

(5) 最小生态需水量下泄方案

最小生态需水量下泄方案的确定还需考虑工程河段实际来水情况。车马碧水

库各典型年逐月多年平均天然流量、2030 年多年平均入库流量、车马碧专用水文站实测流量统计见表 5.2-11。其中，车马碧坝址断面集水面积占专用水文站的 96.3%，所以直接使用该水文站断面实测流量与坝址断面的天然流量和设计流量进行比较。

表 5.2-11 建库前月均、年均流量表 单位： m^3/s

时期	坝址处多年平均天然流量	坝址处设计水平年(2030年)多年平均入库流量	专用水文站实测流量(2005-2014十年平均)
6月	12.01	7.39	11.36
7月	15.88	11.20	11.59
8月	17.12	14.52	8.74
9月	12.74	11.58	6.55
10月	9.82	9.01	4.82
11月	4.78	3.72	2.64
12月	1.84	1.75	1.48
1月	1.64	1.52	1.24
2月	1.52	1.43	1.06
3月	1.27	1.33	0.81
4月	0.96	1.42	0.71
5月	2.44	1.47	1.83
全年	6.87	5.56	4.42

车马碧河段鱼类产卵期集中在每年的4月~8月。其中4月、5月处在枯水期，来水较小。根据 60 年水文资料计算的历年 4 月份车马碧水库坝址处天然平均流量、2030 年平均来水流量，并与上文计算得到的鱼类生存所需流量、鱼类产卵所需流量进行比较，按天然平均流量从小到大排序，对比图见图 5.2-3。

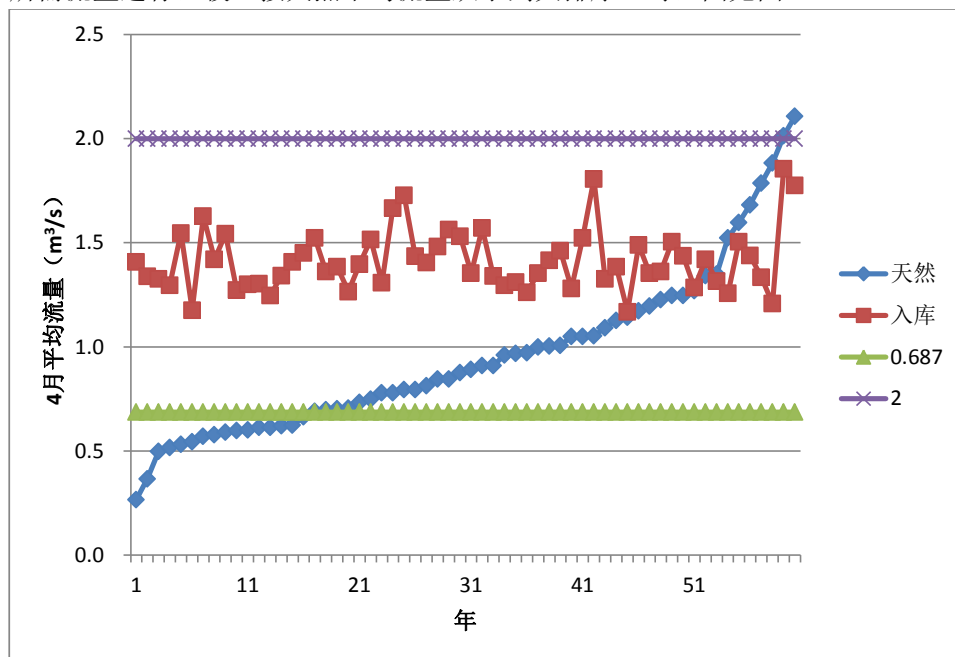


图 5.2-3 历年 4 月生态流量与天然流量和设计入库流量对比图

从图 5.2-3 可以看出，设计水平年（2030 年）车马碧 4 月份平均入库流量在 $1\text{m}^3/\text{s}\sim 2\text{m}^3/\text{s}$ 之间。从天然流量看，4 月多年平均流量为 $0.96\text{m}^3/\text{s}$ ，其中最小月流量为 $0.27\text{m}^3/\text{s}$ ，最大月流量为 $2.11\text{m}^3/\text{s}$ 。与天然流量比较，若按鱼类生存所需流量（ $0.687\text{m}^3/\text{s}$ ）下泄，对 4 月坝下河道有改善的年份比例为 27%（16/60）；若按鱼类产卵所需流量（ $2.00\text{m}^3/\text{s}$ ）下泄，对 4 月坝下河道有改善的年份比例为 97%（58/60）。工程所在河段 4 月份开始产卵的急流性鱼类有云南盘鮡，产卵期对流速和水位的要求并不严苛，并且 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 与建库前车马碧专用水文站 4 月实测平均流量 $0.71\text{m}^3/\text{s}$ 十分接近，所以，车马碧水库 4 月份的最小下泄流量确定为 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。

用相同的方法比较 5 月份生态流量、天然流量、设计入库流量，见图 5.2-4（为显示方便，隐去了天然流量超过 $5\text{m}^3/\text{s}$ 的共 6 年数据）。

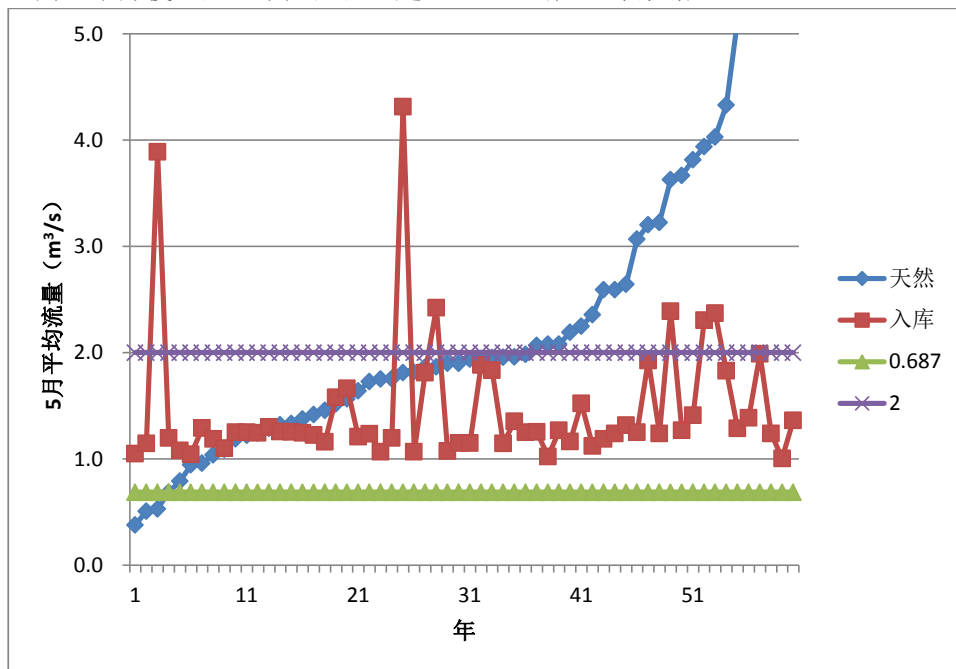


图 5.2-4 历年 5 月生态流量与天然流量和设计入库流量对比图

从表 5.2-11 可以看出，5 月份车马碧坝址处多年平均天然流量、车马碧专用水文站实测流量均较 4 月份有明显增长。而从鱼类需要分析，5 月份产卵的急流性鱼类有云南盘鮡和云南光唇鱼等，对流速和水位的要求也比 4 月份更高，需要下泄更大的流量。图 5.2-4 显示，设计水平年（2030 年）车马碧 5 月份平均入库流量维持在 $1\text{m}^3/\text{s}\sim 2\text{m}^3/\text{s}$ 之间的年份比例为 90%（54/60）。若 5 月份按照 $2.00\text{m}^3/\text{s}$

下泄生态用水，水库所需多年调节库容将过大。综合考虑，5月份的生态用水下泄原则为：在上游来水流量不小于 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ 时，下泄 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ ；在上游来水流量小于 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ 时，按实际来水流量下泄，但不低于 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。

所以，车马碧水库下泄生态基流的方案为：每年9月~翌年4月下泄 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ ；5月~8月原则上下泄 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ ，其中5月若入库流量小于 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ ，按实际入库流量下泄，但不低于 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。

车马碧水库各月实际下泄生态流量为生态基流与下游农田灌溉用水量之和。

5.2.1.2 截流及初期蓄水对水文情势的影响

(1) 截流期

本工程大坝施工采用一次断流、通过导流泄洪隧洞泄水的导流方式。截流前通过原河道泄水，主河道截流期，蓄水至导流泄洪隧洞进口高程需42h，若不采取生态流量下泄措施，将造成下游河道短时断流。为保证不断流，截流期采取水泵抽水的方式解决生态流量问题，抽水流量为 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。截流在枯水期进行，抽水下泄流量满足最小生态流量的要求。

(2) 初期蓄水

根据施工组织设计，车马碧水库初期蓄水时间定为第4年5月，主体工程设计在导流泄洪隧洞内设置了生态输水钢管下泄生态流量，水库初期蓄水期间通过生态输水管下泄生态流量，能保证初期蓄水期全过程生态流量的下泄。在通过生态输水管下泄生态流量的前提下，车马碧水库初期蓄水至死库容（1354万 m^3 ）的蓄水时段为第4年5月至6月，共计48天。

截流及初期蓄水期间的流量下泄过程符合生态流量下泄方案，对下游水文情势的影响也与运行期相似。

5.2.1.3 运行期对库区水文情势的影响

车马碧水库坝址处多年平均天然来水量 $21666\text{万}\text{m}^3$ ，设计水平年（2030年）实际入库径流量 $17521\text{万}\text{m}^3$ ，水库正常蓄水位 1938.5m ，死水位 1915.3m ，正常蓄水位以下库容 $10335\text{万}\text{m}^3$ ，部分工程特性见表5.2-12。水库建成后，库区的水深、流速等水文情势将发生显著变化。

表 5.2-12 车马碧水库工程特性表

项目	单位	数量
多年平均天然来水量	万 m^3	21666

项目	单位	数量
设计水平年（2030年）实际入库径流量	万m ³	17521
死水位	m	1915.3
正常蓄水位	m	1938.5
设计洪水位	m	1938.8
死库容	万m ³	1354/785
兴利库容	万m ³	8981/8770
正常蓄水位以下库容	万m ³	10335/9555
总库容	万m ³	12755/11974

备注：表中库容指标中，/前为淤积前原始库容，/后为泥沙 50 年淤积后库容。

（1）水深（水位）

天然情况下，车马碧水库所在的马龙河河道水深较浅，在非汛期水深一般不超过 1m。车马碧水库建成后，水库水深自库尾至坝前逐渐增加，坝前水深变化最大，正常蓄水位时坝前最大水深将达到 44m。

根据车马碧水库典型丰水年（P=10%）、平水年（P=50%）、枯水年（P=90%）各月实际入库流量及水库调度运行特性，比较建库前后坝前水位（其中建库前月均水位采用一维水力学公式根据月均流量计算得到），见表 5.2-13 及图 5.2-5。

表 5.2-13 车马碧水库不同来水条件下建库前后坝前水位对比 单位：m

	丰水年（P=10%）			平水年（P=50%）			枯水年（P=90%）		
	建库前	建库后	差值	建库前	建库后	差值	建库前	建库后	差值
6月	1894.32	1933.54	39.22	1894.31	1928.11	33.80	1894.06	1929.48	35.42
7月	1894.80	1938.50	43.70	1894.54	1934.36	39.82	1894.07	1929.23	35.16
8月	1894.65	1938.50	43.85	1894.49	1938.36	43.87	1894.10	1929.70	35.60
9月	1894.93	1938.50	43.57	1894.47	1938.50	44.03	1894.12	1930.74	36.62
10月	1894.81	1938.50	43.69	1894.06	1938.50	44.44	1894.08	1931.57	37.49
11月	1894.04	1938.50	44.46	1893.81	1937.85	44.04	1893.78	1930.70	36.92
12月	1893.84	1938.09	44.25	1893.82	1937.36	43.54	1893.78	1929.95	36.17
1月	1893.83	1937.42	43.59	1893.81	1936.61	42.80	1893.74	1928.57	34.83
2月	1893.81	1936.55	42.74	1893.80	1935.76	41.96	1893.74	1927.01	33.27
3月	1893.79	1935.38	41.59	1893.77	1934.49	40.72	1893.74	1924.98	31.24
4月	1893.81	1934.69	40.88	1893.83	1933.95	40.12	1893.76	1923.54	29.78
5月	1893.77	1931.19	37.42	1893.77	1930.88	37.11	1893.74	1915.30	21.56

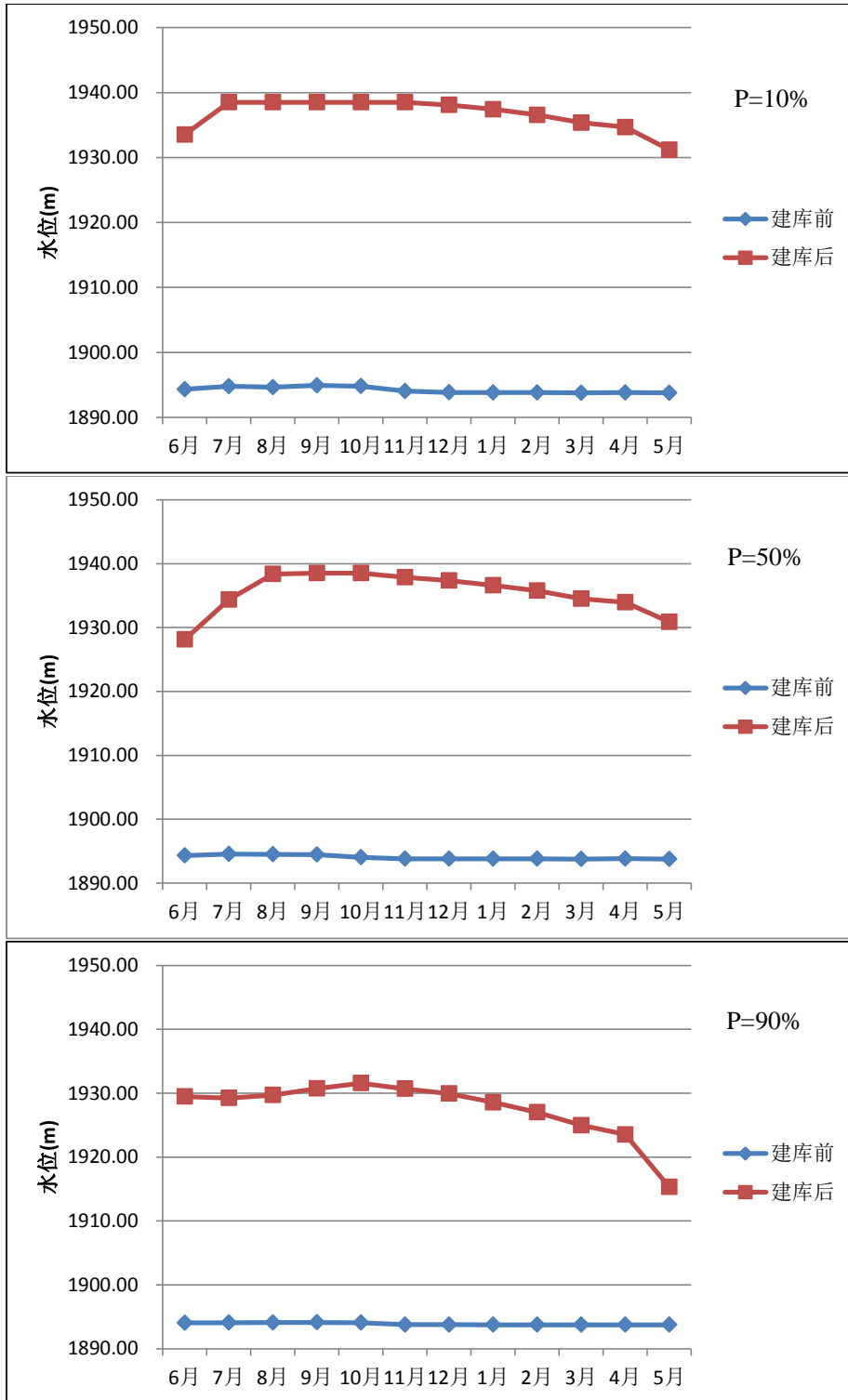


图 5.2-5 各典型年建库前后逐月坝前水位对比图

从表 5.2-13 及图 5.2-5 可以看出，建库前车马碧坝址断面各典型年逐月平均水位变化不大，在 1894m 上下浮动。建库后库水位在 4-6 月于低水位运行，由于水库的调蓄作用，年内水位变幅增大，枯水年库水位年内变幅大于平水年和丰水年。

(2) 流速

根据车马碧水库坝址断面各典型年月均流量，采用一维水力学公式计算建库前流速，见表 5.2-14。

表 5.2-14 车马碧坝址断面建库前不同来水条件下月均流速 单位：m/s

	丰水年 (P=10%)	平水年(P=50%)	枯水年(P=90%)	多年平均
6月	0.81	0.80	0.61	0.74
7月	1.11	0.96	0.62	0.87
8月	1.03	0.92	0.64	0.95
9月	1.18	0.91	0.66	0.88
10月	1.11	0.61	0.63	0.80
11月	0.60	0.43	0.41	0.58
12月	0.46	0.44	0.41	0.45
1月	0.45	0.43	0.39	0.43
2月	0.44	0.43	0.39	0.42
3月	0.42	0.41	0.39	0.42
4月	0.43	0.45	0.40	0.42
5月	0.41	0.41	0.39	0.43

从表 5.2-14 可以看出，建库前车马碧坝址枯水期（12 月~翌年 5 月）月均流速在 0.39m/s~0.46m/s 之间，多年平均流速为 0.43m/s；丰水期（6 月~11 月）月均流速最大可达 1.18m/s，多年平均流速为 0.80m/s。建库后由于水位抬升，库区水流速度自库尾至坝前逐渐减小，库尾流速接近于天然河道，坝前流速很小，接近于零。

5.2.1.4 下泄流量变化分析

车马碧水库出库流量主要由库中取水口调水流量及坝址下泄流量两部分组成。水库运行后，坝下河段水文情势变化主要体现在流量（水量）变化上。车马碧水库下泄流量包括生态流量（生态基流+灌溉引用流量）和汛期弃水。水库弃水集中在汛期(6月~11月)，设计水平年(2030年)多年平均弃水情况见表 5.2-15。

表 5.2-15 车马碧水库设计水平年（2030 年）多年平均月均、年均弃水表

时期	弃水量 (m ³)	弃水平均流量 (m ³ /s)
6月	95.2	0.37
7月	550.4	2.06
8月	1552.6	5.80
9月	1774.4	6.85

时期	弃水量 (m ³)	弃水平均流量 (m ³ /s)
10月	1432.5	5.35
11月	351.7	1.36
12月	3.5	0.01
1月	0	0
2月	0	0
3月	0	0
4月	0	0
5月	0	0
年值	5760.3	1.83

下面分别分析典型丰水年 (P=10%)、平水年 (P=50%)、枯水年 (P=90%) 和多年平均条件下, 车马碧水库天然流量、入库流量、下泄流量的变化情况。

(1) 丰水年 (P=10%)

车马碧水库建成后, 丰水年 (P=10%) 水库坝址天然流量、入库流量、下泄流量对比见表 5.2-16 及图 5.2-6。

表 5.2-16 丰水年 (P=10%) 水库坝址天然、入库、下泄流量对比表

时期	天然 (m ³ /s)	入库 (m ³ /s)	下泄 (m ³ /s)	下泄占天然	下泄占入库
6月	17.38	9.34	2.02	12%	22%
7月	26.65	22.75	8.70	33%	38%
8月	19.60	18.10	16.48	84%	91%
9月	27.55	27.29	25.45	92%	93%
10月	23.33	22.96	21.55	92%	94%
11月	6.05	4.16	1.20	20%	29%
12月	2.33	1.87	0.73	31%	39%
1月	1.97	1.76	0.74	37%	42%
2月	1.58	1.55	0.75	47%	48%
3月	1.28	1.40	0.76	59%	54%
4月	0.88	1.53	0.73	84%	48%
5月	1.73	1.24	1.35	78%	109%
年值	10.91	9.55	6.75	62%	71%

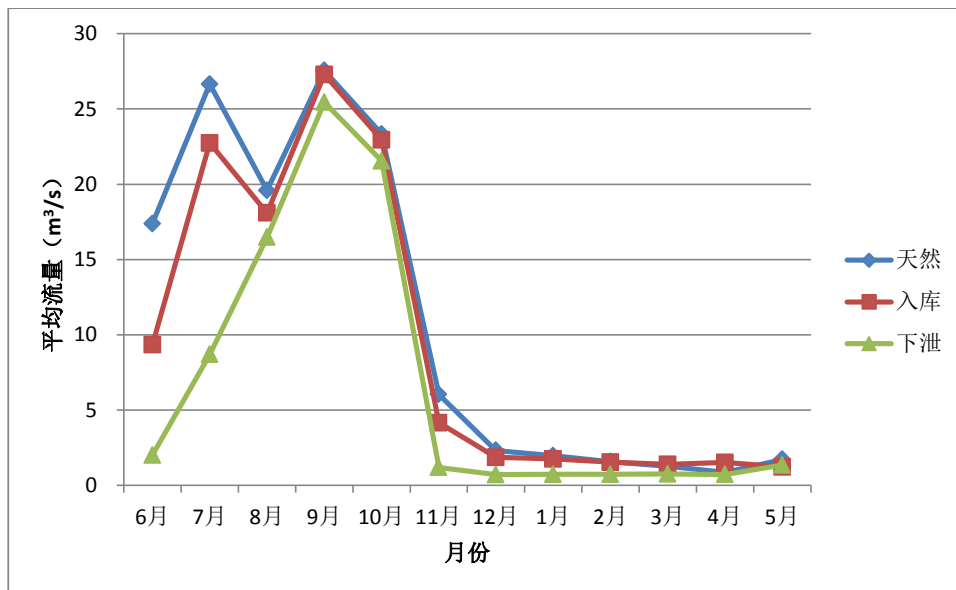


图 5.2-6 丰水年 (P=10%) 水库坝址天然流量、入库流量、下泄流量对比图

从表 5.2-16 及图 5.2-6 可以看出, 丰水年 (P=10%) 各月平均下泄流量均小于天然流量, 除 5 月外各月平均下泄流量也都小于入库流量。平均下泄减少最为明显的是 6 月份, 仅为天然流量的 12%, 入库流量的 22%。丰水年汛期弃水较大, 来水量最大的 8 月~10 月平均下泄流量均可达到入库流量的 90% 以上。5 月份平均下泄流量大于入库流量, 需依靠水库的调节库容保证下泄的生态流量。全年水库平均下泄流量占天然的 62%, 占入库的 71%。

(2) 平水年 (P=50%)

车马碧水库建成后, 平水年 (P=50%) 水库坝址天然流量、入库流量、下泄流量对比见表 5.2-17 及图 5.2-7。

表 5.2-17 平水年 (P=50%) 水库坝址天然、入库、下泄流量对比表

时期	天然 (m³/s)	入库 (m³/s)	下泄 (m³/s)	下泄占天然	下泄占入库
6月	16.24	8.95	2.03	12%	23%
7月	17.51	14.79	2.03	12%	14%
8月	13.83	13.35	6.22	45%	47%
9月	12.82	12.89	11.14	87%	86%
10月	4.23	4.35	2.93	69%	67%
11月	1.92	1.53	0.73	38%	48%
12月	1.45	1.61	0.72	50%	45%
1月	1.02	1.52	0.73	71%	48%
2月	1.11	1.48	0.74	66%	50%
3月	1.30	1.27	0.75	58%	59%
4月	0.79	1.73	0.72	91%	42%
5月	1.42	1.22	1.36	96%	111%

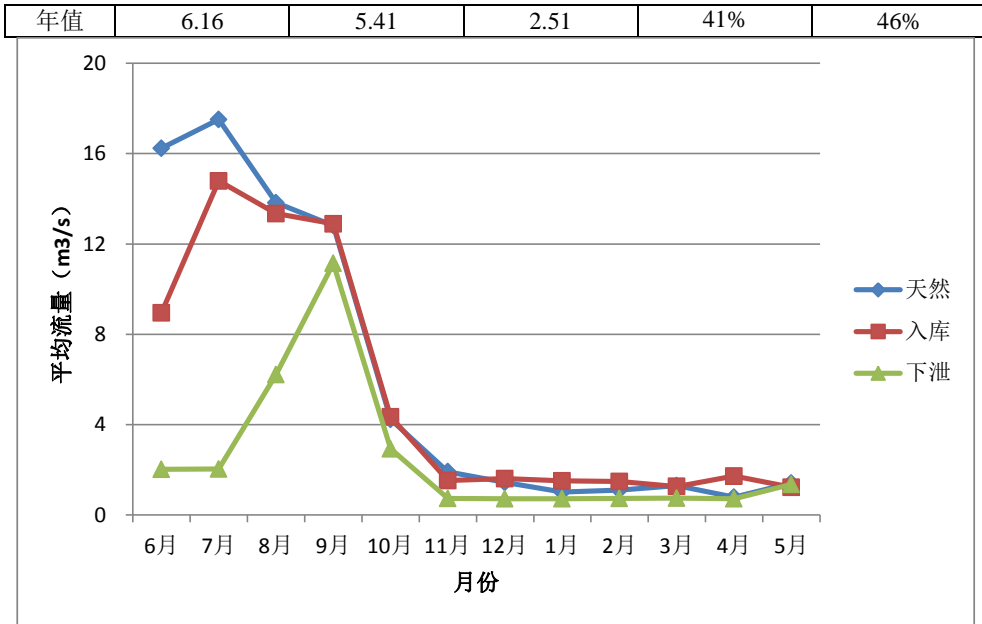


图 5.2-7 平水年 (P=50%) 水库坝址天然流量、入库流量、下泄流量对比图

从表 5.2-17 及图 5.2-7 可以看出，平水年 (P=50%) 各月平均下泄流量均小于天然流量，除 5 月外各月平均下泄流量也都小于入库流量。平均下泄减少最为明显的是 7 月份，仅为天然流量的 12%，入库流量的 14%。5 月份平均下泄流量大于入库流量，需依靠水库的调节库容保证下泄的生态流量。全年水库平均下泄流量占天然的 41%，占入库的 46%。

(3) 枯水年 (P=90%)

车马碧水库建成后，枯水年 (P=90%) 水库坝址天然流量、入库流量、下泄流量对比见表 5.2-18 及图 5.2-8。

表 5.2-18 枯水年 (P=90%) 水库坝址天然、入库、下泄流量对比表

时期	天然 (m³/s)	入库 (m³/s)	下泄 (m³/s)	下泄占天然	下泄占入库
6月	7.79	4.36	2.04	26%	47%
7月	9.84	4.52	2.05	21%	45%
8月	7.29	4.91	2.00	27%	41%
9月	6.95	5.39	0.69	10%	13%
10月	6.01	4.73	0.69	11%	15%
11月	1.50	1.31	0.73	48%	55%
12月	0.79	1.31	0.72	91%	55%
1月	0.69	1.07	0.72	105%	68%
2月	0.94	1.05	0.73	78%	70%
3月	0.91	1.08	0.74	81%	69%
4月	0.54	1.18	0.72	133%	61%
5月	0.94	1.05	1.14	121%	109%
年值	3.70	2.67	1.08	29%	41%

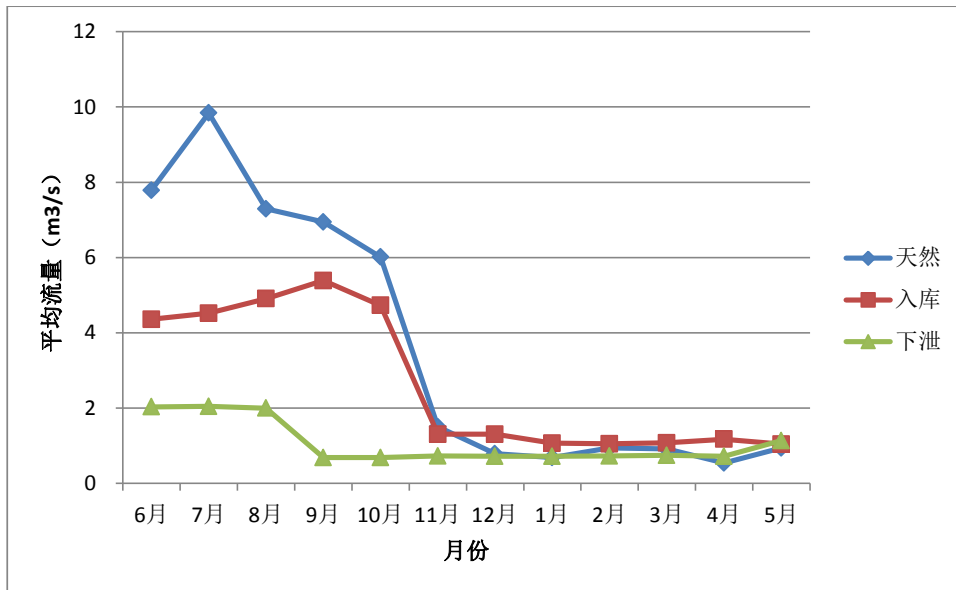


图 5.2-8 枯水年 (P=90%) 水库坝址天然流量、入库流量、下泄流量对比图

从表 5.2-18 及图 5.2-8 可以看出, 枯水年 (P=90%) 各月平均下泄流量中, 1 月、4 月、5 月较天然流量有所增加, 其余月份小于天然流量。平均下泄减少最为明显的是 7 月份, 仅为天然流量的 10%, 入库流量的 13%。5 月份平均下泄流量大于入库流量, 需依靠水库的调节库容保证下泄的生态流量。全年水库平均下泄流量占天然的 29%, 占入库的 41%。

(4) 多年平均情况

车马碧水库坝址多年平均天然流量、入库流量、下泄流量对比见表 5.2-19 及图 5.2-9。

表 5.2-19 水库坝址多年平均天然流量、入库流量、下泄流量对比表

时期	天然 (m³/s)	入库 (m³/s)	下泄 (m³/s)	下泄占天然	下泄占入库
6月	12.01	7.39	2.40	20%	32%
7月	15.88	11.20	4.08	26%	36%
8月	17.12	14.52	7.82	46%	54%
9月	12.74	11.58	7.54	59%	65%
10月	9.82	9.01	6.04	61%	67%
11月	4.78	3.72	2.09	44%	56%
12月	1.84	1.75	0.73	40%	42%
1月	1.64	1.52	0.73	44%	48%
2月	1.52	1.43	0.73	48%	51%
3月	1.27	1.33	0.74	59%	56%
4月	0.96	1.42	0.72	76%	51%
5月	2.44	1.47	1.49	61%	102%
年值	6.87	5.56	2.94	43%	53%

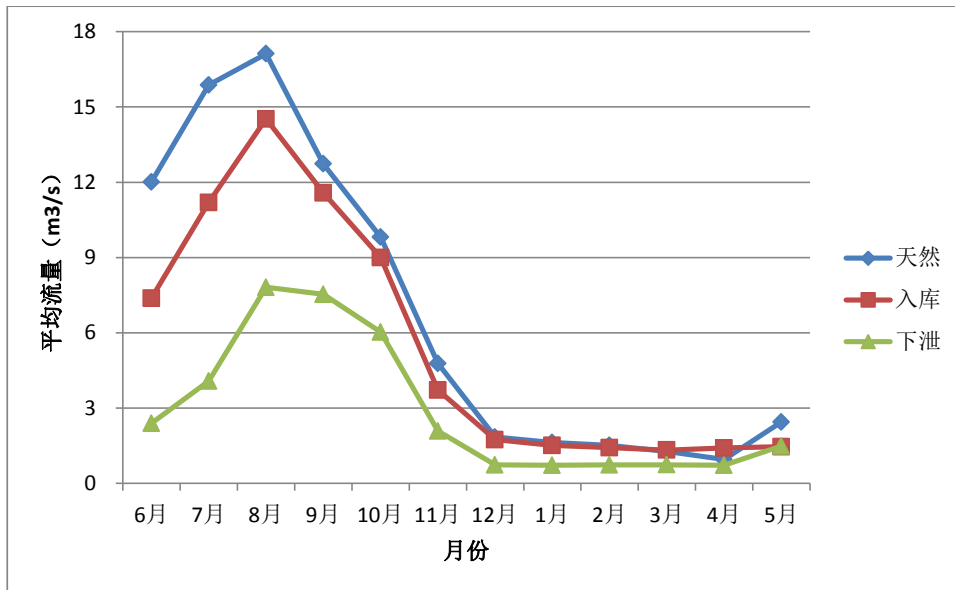


图 5.2-9 水库坝址多年平均天然流量、入库流量、下泄流量对比图

从表 5.2-19 及图 5.2-9 可以看出，车马碧水库各月多年平均下泄流量均小于天然流量，除 5 月外各月下泄流量也都小于入库流量。平均下泄减少最为明显的是 6 月份，仅为天然流量的 20%，入库流量的 32%。5 月份平均下泄流量大于入库流量，需依靠水库的调节库容保证下泄的生态流量。水库多年平均下泄流量占天然的 43%，占入库的 53%。车马碧水库的建设运行将使得坝下河道一年中各月间的流量变化趋于平缓。

5.2.1.5 运行期对坝下河道水文情势的影响

根据实地调查，凤龙湾水库回水末端位于莫浪河汇口以上，距车马碧坝址约 9km。车马碧坝址~凤龙湾库尾间的主要支流为红桥河（汇口位于车马碧坝下 5km），主要取用水设施为石仙人拦河坝灌溉取水口（车马碧坝下 8.2km），见图 5.2-1。

(1) 车马碧坝址~红桥河汇口

此河段区间无支流汇入，汇水很小，河道内流水环境仅依靠车马碧水库下泄流量维持。车马碧水库建成后，此河段内的流量变化情况与车马碧水库下泄流量变化基本一致。不同来水条件下各月平均流量、平均流速、平均水深计算结果见表 5.2-20。

从表 5.2-20 可以看出，车马碧水库建成后，坝址~红桥河汇口的马龙河河段多年平均月均流速在 0.38~0.71m/s 之间，多年平均月均水深在 0.15~0.49m 之间。

丰水年个别月份由于弃水流量明显增大,流速可接近 1m/s,平均水深可达 0.86m。

表 5.2-20

建库后车马碧坝址~红桥河汇口不同流量下河道流速和水深计算表

时期	P=10%			P=50%			P=90%			多年平均		
	平均流量 (m ³ /s)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	平均流量 (m ³ /s)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	平均流量 (m ³ /s)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	平均流量 (m ³ /s)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)
6月	2.02	0.49	0.25	2.03	0.49	0.25	2.04	0.49	0.25	2.40	0.51	0.27
7月	8.7	0.70	0.49	2.03	0.49	0.25	2.05	0.49	0.25	4.08	0.58	0.35
8月	16.48	0.84	0.66	6.22	0.66	0.44	2.00	0.49	0.25	7.82	0.71	0.49
9月	25.45	0.97	0.86	11.14	0.74	0.53	0.69	0.38	0.15	7.54	0.70	0.48
10月	21.55	0.91	0.78	2.93	0.54	0.30	0.69	0.38	0.15	6.04	0.65	0.43
11月	1.2	0.43	0.20	0.73	0.38	0.15	0.73	0.38	0.15	2.09	0.49	0.25
12月	0.73	0.38	0.15	0.72	0.38	0.15	0.72	0.38	0.15	0.73	0.38	0.15
1月	0.74	0.38	0.16	0.73	0.38	0.15	0.72	0.38	0.15	0.73	0.38	0.15
2月	0.75	0.38	0.16	0.74	0.38	0.16	0.73	0.38	0.15	0.73	0.38	0.15
3月	0.76	0.38	0.16	0.75	0.38	0.16	0.74	0.38	0.16	0.74	0.38	0.16
4月	0.73	0.38	0.15	0.72	0.38	0.15	0.72	0.38	0.15	0.72	0.38	0.15
5月	1.35	0.44	0.21	1.36	0.44	0.21	1.14	0.42	0.19	1.49	0.46	0.22
年值	6.75	0.68	0.45	2.51	0.52	0.27	1.08	0.42	0.19	2.94	0.54	0.30

(2) 红桥河汇口~凤龙湾库尾

红桥河是马龙河左岸的一级支流，发源于大坡山西南麓的几沃梁子，水流由南向北进入几沃水库（小一型水库）后流经大坝塘村转向西流经高堡屯，区间与其右岸香庐山水库所在支流交汇，之后水流由南向北流经红桥村、高峰机械厂、在下中和村汇入干流马龙河。红桥河控制径流面积 185.3km²，主河长 31.2km，流域平均坡降为 15.3%，汇口处多年平均天然流量 2.16m³/s。

红桥河上现建有小（2）型麻地冲水库，位于上中河村附近，坝址在汇口以上 3.8km。该水库始建于 1992 年竣工，主要功能是防洪和灌溉，工程效益是改善上中河村的农田灌溉，以及发展水产养殖。水库基本工程特性见表 5.2-21。

表 5.2-21 麻地冲水库基本工程特性表

基本情况	工程规模	小（2）型
	工程等别	V
	水库功能	防洪、灌溉
水库特征	校核洪水位（m）	1931.91
	设计洪水位（m）	1931.70
	正常蓄水位（m）	1931.20
	死水位（m）	1916.70
	总库容（万m ³ ）	16.59
	调节库容（万m ³ ）	14.11
	死库容（万m ³ ）	0.21
挡水建筑物	坝顶高程（m）	1933.00
	最大坝高（m）	17.80
	坝顶长度（m）	110.00
泄水建筑物	校核泄洪流量（m ³ /s）	4.00
输水涵洞	设计流量（m ³ /s）	0.49

麻地冲水库灌溉用水对红桥河汇入马龙河的流量影响显著。在红桥河上麻地冲水库以下有红桥河水文站，此站的实测流量可以代表麻地冲水库下泄及红桥河汇口的流量。收集到红桥河水文站 2012~2014 年逐月平均实测流量，见表 5.2-22。

表 5.2-22 红桥河水文站 2012~2014 年逐月平均实测流量 单位：m³/s

月份	2012	2013	2014
1月	0.185	0.190	0.446
2月	0.082	0.145	0.389
3月	0.172	0.161	0.316
4月	0.172	0.264	0.242
5月	0.149	0.609	0.404

6月	2.53	1.37	1.90
7月	2.76	0.746	3.27
8月	2.31	1.06	2.77
9月	1.27	1.34	2.97
10月	0.972	1.58	1.50
11月	0.861	0.569	0.945
12月	0.419	0.532	0.545
全年	0.992	0.716	1.31

从表 5.2-22 可以看出,红桥河汇入的流量对汇口以下的马龙河流量有补充作用,将缓解由于车马碧水库建设运行导致的坝下河段水文情势的变化。

石仙人拦河坝位于红桥河汇口以下 3.2km 的马龙河上,是当地村民为灌溉引水自建的拦河坝,左右岸各修建了一条引水渠。拦河坝长约 80m,高 1.6m,当上游壅水超过坝顶时河水自流过坝。石仙人拦河坝断面多年平均天然年径流量为 29702 万 m^3 ,多年平均天然流量 9.42 m^3/s 。

设计水平年(2030 年)石仙人拦河坝断面建库前后各典型年逐月平均流量对比见表 5.2-23。从中可以看出,除枯水年个别月份外,车马碧水库建库后,石仙人拦河坝断面的月均流量基本都可以维持在建库前的 50% 以上,多年平均流量为建库前的 68%。相对于红桥河以上河段,车马碧水库建设运行导致的流量变化有明显缓解。

车马碧坝址~石仙人拦河坝河段的灌溉用水量已经在车马碧水库下泄流量中予以考虑,灌溉流量相对于断面来水很少,规划水平年多年平均灌溉引用流量 0.04 m^3/s ,灌溉引用流量最大的月份也仅为 0.16 m^3/s ,分别仅占此断面多年平均来水流量的 0.7% 和 2.9%。为保障下游河道生态用水需要,应明确石仙人拦河坝下泄的最小生态流量。石仙人拦河坝现通过坝顶溢流的方式下泄流量,但在来水较少的时候可能存在坝前水位暂时低于坝高的情况,不能保证生态流量下泄。从“以新带老”的角度考虑,通过对石仙人拦河坝增建鱼道、生态流量专用泄放管等设施,保证生态流量下泄。石仙人拦河坝各月的最小下泄流量与当月车马碧水库下泄生态基流大小相等,即:保证石仙人拦河坝不阻拦车马碧水库下泄的生态基流。由于石仙人拦河坝坝高仅为 1.6m,基本没有调蓄功能,在实际运行时可以认为:除灌溉引用流量外石仙人拦河坝断面的全部来水均直接下泄。

凤龙湾水库的正常蓄水位为 1882m,从 2005~2014 共 10 年的运行情况来看,凤龙湾水库月均水位在 1877.76m~1881.88m 之间变化。根据河道断面测量得到的河底高程及断面间距差值计算,在凤龙湾水库位于较高水位(高于 1881.31m)运行时,凤龙湾水库的库尾可以达到石仙人拦河坝坝下;在凤龙湾水库在

2005~2014 年最低月均水位（1877.76m）运行时，凤龙湾水库的回水末端大致位于石仙人拦河坝以下 1.41km 处，距车马碧坝址 9.61km。

选取石仙人拦河坝下游 800m 处作为典型断面，断面形状见图 5.2-10，采用水力学公式计算车马碧建库后石仙人拦河坝下游河段的水力参数。对车马碧建库后 90% 枯水年扣除石仙人拦河坝以上灌溉用水后各月平均流量下的情况进行计算，结果见表 5.2-24。

表 5.2-23

设计水平年（2030 年）石仙人拦河坝断面建库前后各典型年逐月平均流量对比表

单位：m³/s

	P=10%			P=50%			P=90%			多年平均		
	建库前	建库后	建库后/ 建库前	建库前	建库后	建库后/ 建库前	建库前	建库后	建库后/ 建库前	建库前	建库后	建库后/ 建库前
6月	15.79	8.47	54%	14.97	8.05	54%	7.25	4.92	68%	11.84	6.85	58%
7月	32.63	18.59	57%	21.28	8.53	40%	8.17	5.70	70%	17.09	9.97	58%
8月	25.37	23.75	94%	18.48	11.35	61%	7.61	4.71	62%	20.88	14.17	68%
9月	37.51	35.67	95%	17.64	15.90	90%	7.97	3.27	41%	16.31	12.26	75%
10月	31.62	30.20	96%	5.92	4.50	76%	6.96	2.92	42%	12.65	9.68	77%
11月	6.40	3.44	54%	2.24	1.44	64%	1.87	1.29	69%	5.50	3.86	70%
12月	2.74	1.59	58%	2.15	1.26	59%	1.60	1.01	63%	2.43	1.42	58%
1月	2.58	1.55	60%	2.09	1.30	62%	1.27	0.92	73%	2.12	1.33	63%
2月	2.21	1.41	64%	2.07	1.32	64%	1.23	0.91	74%	1.99	1.29	65%
3月	1.94	1.30	67%	1.65	1.13	69%	1.20	0.86	72%	1.80	1.22	67%
4月	1.99	1.19	60%	2.39	1.39	58%	1.27	0.82	64%	1.77	1.08	61%
5月	1.89	2.00	106%	1.90	2.03	107%	1.23	1.33	108%	2.38	2.41	101%
年值	13.63	10.83	79%	7.76	4.86	63%	3.99	2.40	60%	8.10	5.49	68%

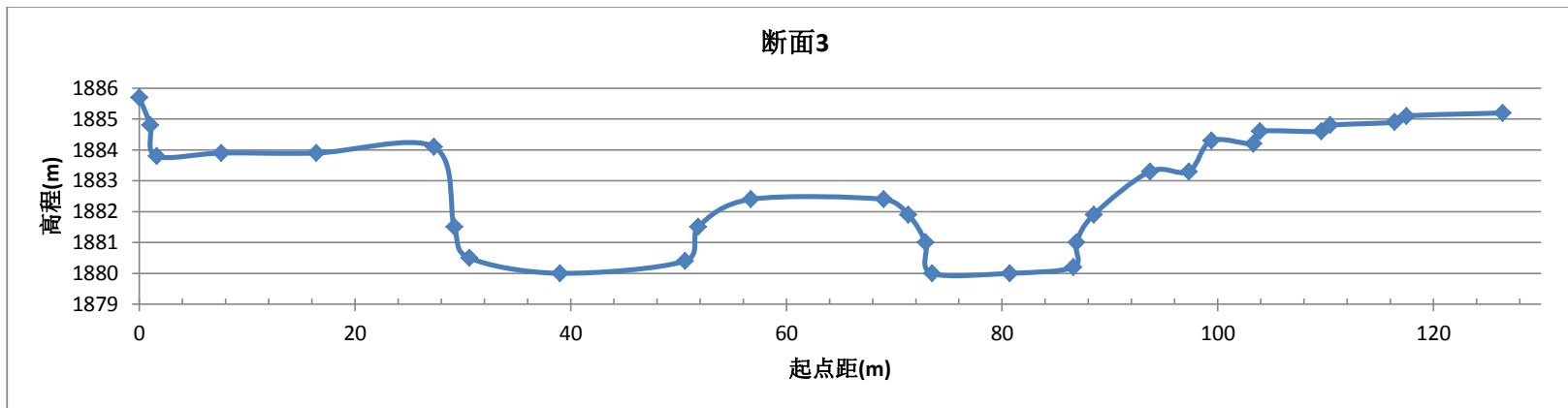


图 5.2-10 石仙人拦河坝下游断面形状图

表 5.2-24 枯水年 (P=90%) 断面 3 各月平均流量下水力参数表

月份	平均流量 (m ³ /s)	平均水深 (m)	湿周率 (%)	平均流速 (m/s)	占多年平均天然流量 (%)
6月	4.89	0.31	95.7	0.48	51.9%
7月	5.65	0.34	97.6	0.51	60.0%
8月	4.70	0.30	95.2	0.47	49.9%
9月	3.26	0.25	89.6	0.42	34.6%
10月	2.92	0.24	87.2	0.40	31.0%
11月	1.24	0.17	71.4	0.32	13.2%
12月	0.98	0.15	67.5	0.30	10.4%
1月	0.89	0.14	66.3	0.29	9.4%
2月	0.87	0.14	66.1	0.29	9.2%
3月	0.81	0.14	65.4	0.28	8.6%
4月	0.79	0.13	64.8	0.28	8.3%
5月	1.23	0.16	71.8	0.32	13.1%

与表 5.2-5 中车马碧坝下满足鱼类需要的水力参数标准进行比较, 断面 3 在枯水年 (P=90%) 的 6 月~12 月平均水深、平均流速和湿周率均满足标准要求; 1 月~4 月的平均流速及 5 月的平均水深接近标准, 其余水力参数均满足标准要求。

丰水年、平水年石仙人拦河坝各月平均下泄流量远大于枯水年, 下游断面的平均水深、平均流速、湿周率等水力参数也较枯水年增大, 可以满足表 5.2-5 的标准要求。所以, 对于石仙人拦河坝, 在扣除灌溉引用流量外的全部来水均直接下泄的情况下, 可以基本满足坝下~凤龙湾库尾间河道的生态用水需要。

5.2.1.6 为受水区现有水库泄放生态流量创造条件

车马碧水库的工程任务有“为改善受水区河道内水环境创造条件”, 具体为: “曲靖灌区内的南盘江干支流生态基流长期被生活、工业和农业用水挤占, 退减生态用水后将导致曲靖灌区周边的水库供水量减少, 车马碧水库的兴建可为西河、潇湘和莲花田水库泄放生态基流提供支撑, 为改善曲靖灌区河道内水环境创造条件。”

车马碧水库运行后, 将对曲靖灌区西河、潇湘、莲花田 3 个水库的水源有置换作用, 此 3 个水库目前调度运行均未考虑下泄生态流量。按照环保部、水利部的相关规定, 最小下泄流量一般不应低于水利工程多年平均天然流量的 10%。按多年平均天然流量的 10% 作为生态流量考虑, 西河、潇湘、莲花田 3 个水库生态用水与供水能力的关系见表 5.2-25。

表 5.2-25 置换水库生态用水与供水能力情况表

水库名称	西河水库	潇湘水库	莲花田水库
集水面积 (km ²)	150	203	66.5
多年平均径流量(万 m ³)	5642	6536	3039
兴利库容(万 m ³)	2980	3353	1758
现年供水能力(万 m ³)	4265	4435	1830
下泄生态流量 (m ³ /s)	0.179	0.207	0.096
年生态用水(万 m ³)	564	654	304
下泄生态流量后年供水能力(万 m ³)	3701	3781	1526

随着受水区城市生活用水大幅增长，各水库功能已被调整为城市供水为主，即城市生活用水挤占农业用水，农业用水又挤占生态用水。车马碧水库建成后，将提供灌溉用水以置换潇湘、西河和莲花田水库优质水源，为灌区周边水库、南盘江拦河闸和周边支流已建水库退还生态用水创造条件，改善受水区的水环境。

5.2.2 对地表水水质的影响

5.2.2.1 库区水质影响

(1) 马龙河流域污染源预测

根据马龙河流域 2015 年污染源调查成果，结合设计水平年 2030 年社会经济预测和需水量预测等的预测成果，对流域 2030 年工业、农业、生活等污染源污染物排放及入河情况进行预测。详见表 5.2-26。

表 5.2-26 2030 年车马碧水库坝址以上径流区污染负荷量预测表 单位: t/a

类型	来源	COD	TN	TP	NH ₃ -N	
产生量	点源	工业污染	28879.55	0.00	78.82	315.30
		集镇生活污染	11783.10	2671.68	393.17	1045.97
		规模化畜禽养殖	1176.93	87.99	15.54	61.59
		小计	41839.58	2759.67	487.54	1422.86
	面源	农村生活污染	997.54	260.57	37.84	113.90
		人畜粪便	12343.03	960.14	320.55	318.00
		农田化肥	157.58	235.28	3.47	0.00
		农田固废	0.00	1037.93	415.17	622.76
	小计	13498.15	2493.93	777.03	1054.66	
	合计	55337.73	5253.60	1264.57	2477.52	
排放量	点源	工业污染	0.00	0.00	0.00	0.00
		集镇生活污染	4044.30	845.03	79.74	724.47
		规模化畜禽养殖	1176.93	87.99	15.54	61.59

类型	来源		COD	TN	TP	NH ₃ -N
		小计	5221.23	933.02	95.28	786.06
	面源	农村生活污染	731.02	173.60	18.19	113.90
		人畜粪便	617.15	48.00	16.03	15.90
		农田化肥	157.58	235.28	3.47	0.00
		农田固废	0.00	25.95	10.38	3.11
		小计	1505.76	482.84	48.07	132.90
	合计	6726.99	1415.86	143.35	918.96	
入河量		工业污染	0.00	0.00	0.00	0.00
		集镇生活污染	3637.40	956.18	71.73	651.66
		规模化畜禽养殖	1056.64	78.88	14.09	55.21
		小计	4694.04	1035.06	85.82	706.87
		农村生活污染	651.92	154.82	16.23	101.57
		人畜粪便	543.71	42.34	14.12	14.08
		农田化肥	141.02	209.69	3.13	0.00
		农田固废	0.00	23.08	9.23	2.77
		小计	1336.66	429.93	42.71	118.42
	合计	6030.70	1464.99	128.53	825.29	
入库量	点源	工业污染	0.00	0.00	0.00	0.00
		集镇生活污染	3194.12	844.58	63.02	574.71
		规模化畜禽养殖	902.63	66.45	12.19	46.52
		小计	4096.75	911.03	75.21	621.23
	面源	农村生活污染	538.56	127.89	13.41	83.91
		人畜粪便污染	431.69	33.78	11.23	11.34
		农田化肥流失	116.85	171.92	2.64	0.00
		农田固废污染	0.00	18.90	7.56	2.27
		小计	1087.10	352.49	34.84	97.52
		合计	5183.85	1263.52	110.05	718.75

根据预测，到设计水平年 2030 年，调出区马龙河流域车马碧水库坝址以上主要污染物入库量分别为 COD 5183.85t、总氮 1263.52 t、总磷 110.05t、氨氮 718.75t。与现状 2015 年相比，由于城镇人口的大幅度增加，废水入库总量增加 1112.11 万 t，主要污染物排放量 COD 增加 2934.36t，总氮增加 766.77t，总磷增加 59.02t，氨氮增加 501.75t。

由于现状水质总磷总氮含量较高，部分水期总磷和氨氮出现了超标的情况，加之 2030 年由于城镇人口的大幅度增加带来的污染物入库总量增加，需进行污染源削减措施保证车马碧水库供水水质。考虑污染源削减前后两种工况进行水质预测，2030 年污染源削减前后入库主要污染物排放量详见表 5.2-27。

表 5.2-27 设计水平年污染源削减前后主要污染物入库预测表 单位 t/a

评价年	COD	TN	TP	NH ₃ -N
现状水平年	2249.49	496.75	51.03	217.00
设计水平年（污染物未削减）	5183.85	1263.52	110.05	718.75

评价年	COD	TN	TP	NH ₃ -N
设计水平年(污染物削减后)	351.21	127.11	15.31	73.15

(2) 库区水质预测

选取 COD 和氨氮两个水质指标对车马碧水库建库后的水质进行预测，预测采用导则推荐采用的狭长湖库移流衰减模式：

$$c_l = \frac{c_p Q_p}{Q_h} \exp\left(-K_1 \frac{V}{86400 Q_h}\right) + c_h$$

式中：

K_1 —湖库污染物降解系数，1/d；

V —湖库体积， m^3 ；

C_p —污水的污染物浓度，mg/L；

Q_p —污水量， m^3/s ；

C_h —湖库污染物本底浓度，mg/L；

Q_h —湖水流出量， m^3/s ；

C_l —湖库出口污染物平均浓度，mg/L。

根据《全国水环境容量核定技术指南》，结合云南省内以往工作经验，确定 COD 降解系数 $K_1=0.02/d$ 、氨氮降解系数 $K_1=0.01/d$ 。

现状水质指标选择 2015 年 5 月实测水质数据，考虑污染源预测结果，到设计水平年 2030 年，选择 75% 枯水年为典型年、水库坝址出库断面为预测断面进行预测，详见表 5.2-28。

表 5.2-28 车马碧水库 COD、氨氮预测结果一览表

项目	单位	现状	2030年污染源未削减	2030年污染源削减后
COD	mg/L	15	15.06	14.96
氨氮	mg/L	0.317	0.525	0.257

在污染源不进行削减的情况下，计算得出库区 COD 浓度为 15.06 mg/L，较现状增加 0.06mg/L，增幅为 0.40%；氨氮浓度为 0.525mg/L，较现状增加 0.208 mg/L，增幅为 65.62%；在进行污染源综合治理后，计算得出库区 COD 浓度为 14.96mg/L，较现状减少 0.04mg/L，降幅为 0.27%；氨氮浓度为 0.257mg/L，较现状减少 0.060 mg/L，降幅为 18.93%；建库后污染源削减前后两个水质指标的预测浓度值均可以

满足车马碧水库所在马龙河河段《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类水标准的要求。在采取污染源治理措施后，氨氮和 COD 指标均有所下降，水质有改善趋势。

(3) 富营养化预测

① 水库富营养化预测

富营养化发生发展是由于水体整个环境系统出现失衡，导致某种优势藻类大量繁殖生长的结果。对于不同的水域，由于区域地理特性、自然气候条件、水生生态系统和污染特性等诸多差异，会表现出不同的发生条件和出现不同的富营养化表现症状。但最主要影响因素可以归纳为三个方面：(1)总磷、总氮等营养盐相对比较充足；(2)缓慢的水流流态(主要是流速和水深)；(3)适宜的温度条件(水温 and 光照)。只有在三方面条件都比较适宜的情况下，才会出现某种优势藻类快速繁殖，发生富营养化。

本报告采用常用的迪隆(Dillon)模型预测水库富营养物质变化。其模型方程为：

$$p = \frac{L(1 - R)}{Hq}$$

式中： L ——单位面积总磷(氮)年负荷量， $L=Q_iP_i/A$ ，(g/m² a)；

q ——库水年替换率， $q=Q/V$ ， 1/a；

Q ——年出库水量，m³/a；

V ——水库水体积，m³；

H ——水库平均水深(m)；

R ——滞留系数，与单位面积负荷有关。计算公式为：

$$R=0.426exp(-0.27q_s)+0.574exp(-0.00949q_s), q_s=Q/A(Q \text{ 为年出库水量 } m^3, A \text{ 为水库面积 } m^2)。$$

车马碧水库建成后，考虑2030年污染源削减及未进行削减的情况下，对库区多年平均总氮和总磷浓度进行计算，并采用综合营养状态指数法对湖库营养状态进行评价，详见表5.2-29。

表 5.2-29 车马碧水库 TP、TN 及富营养化预测结果一览表

项目	单位	污染源未削减	污染源削减后
TP	mg/L	0.71	0.10

TN	mg/L	8.19	0.82
高锰酸盐指数	mg/L	3.9	3.9
综合营养状态指数		72.1	51.0
富营养级别		重度富营养	中营养

经过预测可知，车马碧水库建成后，在未进行污染源削减的情况下，库区多年平均总氮浓度为 8.19mg/L，总磷浓度为 0.71mg/L，总氮和总磷均为劣 V 类，完全不能满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准的要求。经过污染源治理后，库区多年平均总氮浓度为 0.82mg/L，满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准的要求；总磷浓度为 0.10 mg/L，虽然仍无法满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准的要求，但已达到了一般工业用水的 IV 类水要求，从水库供水功能上看可以满足供水要求。富营养级别方面，污染源未进行治理的情况下，库区水质将为重度富营养；经过治理后，预测库区水质将有大幅改善，为中营养。水库建成后，若经过污染源治理，总氮和总磷的浓度将高于现状监测值，经治理后，总氮总磷浓度均得到大幅下降，低于现状监测值。因此库区开展全面的污染源治理，削减上游来水总氮、总磷的浓度是十分必要的。

5.2.2.2 坝下河道纳污能力影响分析

车马碧水库投入运行后，根据水库建设对下游河道水量影响的分析知，车马碧水库建设后每年将有 7475 万 m³ 的水量调入曲靖灌区，多年平均下泄水量将减少 7475 万 m³，减少水量占水库多年平均入库水量的 42.7%。因车马碧水库坝下 20km 处有一中型水库—凤龙湾水库，因此，坝下河段纳污能力计算范围为坝下 20km 河段。

根据本项目河流水文特性、设计条件、相关资料等，确定本项目纳污能力计算模型为一维均匀混合模型，公式如下：

$$[m] = (c_s - c_o \exp(-\frac{kL}{u})) \times \exp(\frac{kL}{2u}) \times Q_r$$

式中：[m]—— 水域纳污能力（g/s）；

Cs —— 功能区水质控制目标值（mg/L）；

- C_0 —— 初始断面背景浓度 (mg/L);
- K —— 污染物综合衰减系数 (1/s);
- L —— 排污口至控制断面之间距离 (m);
- u —— 为设计流量下河道断面的平均流速 (m/s);
- Q_r —— 设计流量 (m^3/s)。

经计算得到预测河段的现状纳污能力 COD 为 1178.51t/a、氨氮为 156.63t/a、总磷 26.79t/a。项目建设完成后, 预测河段河道纳污能力为 COD784.85t/a、氨氮 108.95t/a、总磷 24.80t/a。车马碧水库建库后纳污能力为 COD4.53t/a、氨氮 151.29t/a、总磷 37.34t/a。详见表 5.2-30。

表 5.2-30 建库后河道纳污能力计算结果表 单位: t/a

预测指标	现状纳污能力a	建库后纳污能力b	差值 (b-a)
总磷	26.79	24.80	-1.99
COD	1178.51	784.85	-393.66
氨氮	156.63	108.95	-47.68

从上述工程建设前后水功能区纳污能力计算结果比较, 本次论证范围内车马碧水库工程建成后, 河道纳污能力 COD 减少了 393.66t/a, 与现状相比减少 33.4%, 氨氮减少了 47.68t/a, 与现状相比减少 30.4%, 总磷减少 1.99t/a, 与现状相比减少 7.43%。说明由于下游河段下泄水量减少, 带来该河段纳污能力降低, 工程的修建对坝下河段水环境纳污能力造成一定的影响。

5.2.2.3 受水区退水影响

(1) 工业退水

车马碧水库工业供水对象为曲靖西城工业园区和旧县、马过河工业园区。

① 西城工业园区退水

曲靖主城区建有 2 座污水处理厂, 分别为西城污水处理厂和两江口污水处理厂, 设计处理规模均为 6 万 t/日, 年污水处理能力 4380 万 m^3 , 主要处理城市生活污水, 其处理后的水部分被抽回西城工业园区作为工业用水, 其它水量排入南盘江中, 再通过南盘江上沿河设置的东风闸、丰收闸、龚家坝闸等拦蓄引水灌溉联合灌区。

目前, 曲靖西城工业园区已经具有了一半的企业规模, 车马碧水库供西城工业园区产生的退水可由离园区较近的西城污水处理厂进行处理。现状西城工业园

区每年产生退水约 1825 万 m^3 (5 万 m^3/d)，西城污水处理厂规模满足园区工业退水处理需求。无污水处理缺口存在。

随着工业园区的进一步建设，《曲靖西城工业园区总体规划》中提出在贵昆铁路以西、白石江边规划了城市第二污水处理厂，按地形情况及总规排水分区，设计水平年 2030 年曲靖西城工业规划区的污水应排至第二污水厂，第二污水处理厂的设计规模为 15 万 m^3/d 。至 2030 年，本工程向曲靖西城工业供水 3570 万 m^3 ，根据《曲靖西城工业园区总体规划》要求，西城工业园区工业退水系数取 15%，计算得曲靖西城工业园区工业退水量为 535.5 万 m^3 。

根据《曲靖西城工业园区总体规划》，至 2030 年，整个工业园区产生污水量为 12.03 万 m^3/d ，规划中要求西城工业园区企业建立生产废水处理循环回用系统，并建立污水综合处理站，污水在达到《污水综合排放标准》(GB8978—1996) 一级排放标准后全部进入第二污水厂进行处理。其中车马碧水库供曲靖西城工业园区产生退水 535.5 万 m^3 (1.47 万 m^3/d) 仅占工业园区内日污水量的 12.2%。规划水平年第二污水厂污水处理规模能满足车马碧水库供曲靖西城工业园区产生工业退水需求。不存在污水处理缺口。

② 旧县、马过河工业园区

旧县、马过河工业园区现状尚未建设。根据《云南省牛栏江保护条例》(2012 年)，旧县、马过河工业园区位于牛栏江上游保护区中重点污染控制区，园区工业废水零排放，经污水处理厂处理后回用，不外排。

园区规划报告提出马过河生物资源加工片区最高日污水量为 0.52 万 m^3/d 、旧县建材片区最高日污水量为 9.34 万 m^3/d ，在旧县建材片区、马过河生物资源加工片区共建一座污水处理厂，处理规模为 10 万 m^3/d ，占地 9 hm^2 ，污水处理厂处理规模满足要求。其中，车马碧水库供旧县、马龙工业园区多年平均供水 169 万 m^3 ，每年产生废水量 34.2 万 m^3 (0.09 m^3/d)，本工程产生的废水量仅占工业园区污水量的 0.91%。因此拟建的污水处理厂处理规模满足车马碧水库供旧县、马过河工业园区产生工业废水处理需求，2030 年不存在污水处理缺口。

综上所述，由于旧县和马过河工业园区工业废水零排放，2030 年车马碧水库供曲靖灌区工业用水产生的工业退水总量为 535.5 万 m^3 ，工业退水不能直接排入河道，需经企业单独处理，再由污水管网汇集至污水处理厂进行处理达标后才能排放。2030 年各污水处理厂规模均可以满足相应工业园区产生工业退水的需求，

不存在污水处理缺口，对退水接纳河段水质影响不大。

(2) 灌溉回归水

车马碧水库替换曲靖灌区灌溉面积 6.38 万亩，多年平均农灌供水量 3905 万 m^3 ，灌溉水经输水线路输水损失、作物吸收、田间蒸发、渗漏等，回归系数按 20% 计，将有 781.0 万 m^3 农业灌溉回归水通过田间渠系和支流，直接和间接最后回归于南盘江。车马碧水库灌区为置换灌区，其种植结构、种植方法均未改变，该灌区原来灌溉产生的回归水量和车马碧水库置换灌溉后产生的回归水量基本相同，灌溉回归水量占南盘江（陆良西桥水文站断面）多年平均径流量的 0.63%，所占比重较小，且灌溉回归水高峰期发生在 5~7 月份已进入汛期，对河道水质影响不大。

(3) 水源置换后产生的城镇生活用水退水

车马碧水库替换曲靖灌区灌溉用水后，将置换出西河水库、潇湘水库和莲花田水库总计 3905 万 m^3 的水量用于城镇生活用水。其中置换西河水库水量 1413 万 m^3 ，置换潇湘水库水量 1387 万 m^3 ，置换莲花田水库水量 1105 万 m^3 。根据规划，西河水库和潇湘水库的置换水量用于曲靖市麒麟区的城市生活供水，莲花田水库的置换水量用于曲靖市陆良县城的城镇生活供水。

根据《曲靖市城市总体规划》（2015-2030），城镇污水产生量按给水量的 80% 计算，2030 年西河水库和潇湘水库置换出每年 2800 万 m^3 用于曲靖市麒麟区的城市供水量，将产生每年 2240 万 m^3 的城市退水，此部分退水将全部进入新建的曲靖市第二污水处理厂处理。曲靖市第二污水处理厂采用二级处理工艺，设计处理规模为 15 万 m^3/d ，而本工程置换出的曲靖市麒麟区城市供水产生的退水量为 6.14 万 m^3/d ，第二污水处理厂的规模可以满足退水处理需求，不存在污水处理缺口。2030 年莲花田水库置换出每年 1105 万 m^3 用于曲靖市陆良县城的城市供水量，将产生每年 884 万 m^3 的城市退水。根据曲靖市城市规划，2030 年陆良县城的城镇生活污水均纳入陆良县城镇污水处理厂处理。陆良县城镇污水处理厂采用二级处理工艺，设计处理规模为 8.5 万 m^3/d ，而本工程置换出的莲花田水库城市供水产生的退水量为 2.42 万 m^3/d ，陆良县城镇污水处理厂的设计规模可以满足退水处理要求，不存在污水处理缺口。

综上所述，2030 年本工程置换出西河水库、潇湘水库和莲花田水库的城市供水产生的退水总量为每年 3124 万 m^3 ，生活污水退水全部进入相应污水处理厂进行

处理后达标排放，2030 年各污水处理厂规模均可以满足相应城区产生生活污水退水的需求，不存在污水处理缺口，对退水受纳河段水质影响不大。

5.2.3 对水温的影响

5.2.3.1 水库水温结构判别

车马碧水库总库容 12449 万 m³，正常蓄水以下库容为 10335 万 m³，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，进而对河流水生生态系统等产生影响。

采用《水利水电工程水文计算规范》(SL278-2002)中推荐的库水替换次数判别公式，判断水库水体水温结构：

$$\alpha = \text{多年平均年入库径流量} / \text{总库容}$$

$$\beta = \text{一次洪水量} / \text{总库容}$$

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。

车马碧水库坝多年平均径流量为 21666 万 m³，水库总库容为 12449 万 m³，年径流量与库容比为 $\alpha = 1.74$ ，根据指数法初步判断，水库的水温结构属于分层型，当遇到 $p=0.05\%$ 、24 小时洪量， $\beta = 0.50$ ；当遇到 $p=0.05\%$ 、72 小时洪量， $\beta = 0.91$ ，由此可见洪水对水库的水温分布不会产生影响。

5.2.3.2 水库水温预测模型

模型基本假定：

① 流体为不可压缩流体；

② 满足布西涅斯克假定：在密度变化不大的流体运动中，密度变化的影响只在重力项中考虑，而在控制方程的其他项中忽略其影响。

(1) 水动力学方程

连续方程

$$\frac{\partial Bu}{\partial x} + \frac{\partial Bw}{\partial z} = qB \quad (5.3-4)$$

动量方程

X 方向:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial UB}{\partial t} + \frac{\partial UUB}{\partial x} + \frac{\partial WUB}{\partial z} \\ & = gB \sin \alpha + g \cos \alpha B \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g \cos \alpha B}{\rho} \int_{\eta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B \tau_{xz}}{\partial z} + qBU_x \end{aligned} \quad (5.3-5)$$

$$Z \text{ 方向: } 0 = g \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (5.3-6)$$

状态方程

$$\rho = f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS}) \quad (5.3-7)$$

自由水面方程

$$B_\eta \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \int_{\eta}^h B u dz - \int_{\eta}^h q B dz \quad (5.3-8)$$

质量（热）输运方程

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t} + \frac{\partial UB\Phi}{\partial x} + \frac{\partial WB\Phi}{\partial z} - \frac{\partial \left(BD_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)}{\partial x} - \frac{\partial \left(BD_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)}{\partial z} = q_\Phi B + S_\Phi B \quad (5.3-9)$$

式中, B 为水体宽度, m; u 为纵向流速, m/s; w 为垂向流速, m/s; q 为侧向单位体积净入库流量, 1/s; η 为水位, m; α 为河道倾角, rad; ρ 为水体密度, kg/m³; τ_{xx} 为控制体在 x 面 x 向的湍流剪应力, N/m²; τ_{xz} 为控制体在 z 面 x 向的湍流剪应力, N/m²; u_x 为支流流速的 x 分量; $f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS})$ 为密度函数, 为水温、盐度、悬浮物浓度的函数。 B_η 为水面宽度, m; D_x 为纵向离散系数, m²/s; D_z 为垂向离散系数, m²/s; q_Φ 为单元控制体侧向热量(水质)出入流的速率, J/m³/s(mg/L/s); S_Φ 为源汇项, J/m³/s(mg/L/s)。

其中, z 方向动量方程原为:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = g \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) \quad (5.3-10)$$

模型认为在纵向尺度远大于垂向尺度的情况下, 垂向流速 \ll 纵向流速。在垂向流速很小的情况下, 垂向流速对时间和空间的偏导数也小, 湍流剪应力对空间的偏导数也小, 在忽略时变加速度项、位变加速项和湍流剪应

力项后， z 方向动量方程简化为：

$$0 = g \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \quad (5.3-11)$$

这种假定的局限在于当垂向加速度比较大时，如因夜间冷水下沉产生垂向加速度，其模拟精度将降低。

$$\text{纵向切应力 } \tau_{xx} \text{ 的计算表达式为：} \quad \frac{\tau_{xx}}{\rho} = A_x \frac{\partial u}{\partial x} \quad (5.3-12)$$

由于纵向上对流输运占主导地位，紊动切应力的影响作用相对较小，因此计算紊动切应力时纵向紊动粘性系数取为常数，即

$$A_x = \text{const.} \quad (5.3-13)$$

与纵向切应力相似，垂向切应力 τ_{xz} 的计算公式如下：

$$\frac{\tau_{xz}}{\rho} = A_z \frac{\partial u}{\partial z} \quad (5.3-14)$$

本次计算中考虑风及支流的影响，紊流模型采用公式如下。

$$\begin{cases} v_i = \kappa \left(\frac{l_m^2}{2} \right) \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{wy} e^{-2kz} + \tau_{ytributary}}{\rho v_i} \right)^2} e^{-CR_i} \\ l_m = \Delta z_{\max} \end{cases} \quad (5.3-15)$$

$$\text{其中，} R_i \text{ 为理查森数，} R_i = \frac{g \frac{\partial \rho}{\partial z}}{\rho \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2} \quad (5.3-16)$$

式中： v_i 为垂向涡流系数， m^2/s ； l_m 为混合长度， m ； x 为纵向坐标， m ； z 为垂向坐标， m ； C 为常数，假定为 0.15； κ 为范卡门常数； u_* 为剪力速度， m/s ； τ_{wy} 为因风而产生的横向剪应力， N/m^2 ； k 为波数； $\tau_{ytributary}$ 为因支流入流而产生的横向剪应力， N/m^2 ； Δz_{\max} 为垂向网格间距的最大值， m 。

(2) 水温模型

水温模型中考虑了水面热交换和河床热交换两部分。

1) 水面热交换

水面热交换主要由辐射、蒸发和传导三部分组成，由下式表达：

$$H_n = H_s + H_a - (H_e + H_c + H_{sr} + H_{ar} + H_{br}) \quad (5.3-17)$$

式中， H_n 为通过水体表面的热交换净热量， W/m^2 ； H_s 为太阳短波辐射， W/m^2 ； H_a 为大气长波辐射， W/m^2 ； H_e 为蒸发热损失， W/m^2 ； H_c 为热传导通量， W/m^2 ； H_{sr} 为反射的太阳短波辐射， W/m^2 ； H_{ar} 为反射的大气长波辐射， W/m^2 ； H_{br} 为水面长波辐射， W/m^2 。

① 蒸发热损失 H_e

水的蒸发过程需要吸收热量，蒸发热损失表达式为：

$$H_e = f(W)(e_s - e_a) \quad (5.3-18)$$

其中 $f(W)$ 为风函数：

$$f(W) = 9.2 + 0.46W^2 \quad (5.3-19)$$

式中， W 为地面 2m 高处的风速，m/s； e_s 为水面饱和蒸发压力，mmHg； e_a 为大气蒸气压，mmHg。

② 热传导通量 H_c

$$H_c = C_c f(W)(T_s - T_a) \quad (5.3-20)$$

式中， C_c 为 Bowen 常数，取为 $0.47 \text{ mmHg}/^\circ\text{C}$ ； $f(W)$ 是风函数，见(5-23)。

③ 反射的太阳短波辐射 H_{sr}

$$H_{sr} = H_s \gamma (1 - 0.0065C^2) \quad (5.3-21)$$

式中， γ 是水面反射率，文中取 0.03； C 是云层覆盖率。进入水体中的太阳辐射按比尔定律(Beer's Law)衰减：

$$H_s(z) = (1 - BETA)H_s e^{-EXH20z} \quad (5.3-22)$$

式中， $H_s(z)$ 为水深 z 米时的太阳辐射， W/m^2 ；BETA 为水面太阳辐射吸收系数；EXH20 为纯水中太阳辐射衰减系数， $1/m$ ； H_s 为水面的太阳短波辐射， W/m^2 。

④大气长波返回辐射 H_{ar}

大气长波返回辐射可用 *Stefan-Boltzman* 定律计算:

$$H_{ar} = \gamma_a \sigma \varepsilon_a (273.15 + T_a)^4 \quad (5.3-23)$$

式中, T_a [°C] 是水面气温; γ_a 是长波反射率, 取 0.03; σ 是 *Stefan-Boltzman* 常数, 为 $5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$; ε_a 为大气发射率, 晴天情况下可用 Idso 及 Jackson 公式计算得到

$$\varepsilon_a = 1 - 0.261 \exp(-0.74 \times 10^{-3} T_a^2) \quad (5.3-24)$$

在多云天气可用 Bolz 公式修正为:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_a \cdot (1 + K \cdot C^2) \quad (5.3-25)$$

式中 K 取为 0.17。

⑤水体长波的返回辐射 H_{br}

$$H_{br} = \varepsilon \sigma (T_s + 273.15)^4 \quad (5.3-26)$$

式中, ε 为水体的长波发射率, 取 0.97; T_s 为水面温度, °C。

2) 河床热交换

河床热交换公式和水面热交换公式类似:

$$H_{bw} = -K_{bw}(T_w - T_b) \quad (5.3-27)$$

式中: H_{bw} 为河床和水体之间的热交换通量, W/m^2 ; K_{bw} 为热交换系数, $\text{Wm}^{-2}\text{°C}^{-1}$; T_w 为水温, °C; T_b 为泥沙温度, °C。在以往的应用中, K_{bw} 取 $0.3 \text{Wm}^{-2}\text{°C}^{-1}$ 。 T_b 一般取年平均气温。

5.2.3.3 模型参数

模型主要参数为: 纵向涡流粘滞系数 A_x , 纵向涡流扩散系数 D_x , 风遮蔽系数 WSC , 动力遮蔽系数 $Dynsh$, 水表面太阳辐射吸收系数 $BETA$, 纯水中太阳辐射衰减系数 $EXH2O$ 。结合附近慕底河水库水温实测成果及相关参数率定成果, 并参考其他相近工程经验, 对验证后的水温模型主要参数进行了校验。综合确定模型计算参数如下:

纵向涡流粘滞系数 $A_x=1\text{m}^2/\text{s}$, 纵向涡流扩散系数 $D_x=1\text{m}^2/\text{s}$, 风遮蔽系数

WSC=1.5, 动力遮蔽系数 Dynsh=0.8, 水表面太阳辐射吸收系数 BETA=0.45, 纯水中太阳辐射衰减系数 EXH2O=0.45/m。

5.2.3.4 计算边界条件

(1) 地形资料

计算中采用车马碧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) 水文资料

根据工程可研方案, 各典型丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)水库调节运行过程见表 5.2-31。

表 5.2-31 典型丰、平、枯水年水库调节运行过程

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	入库流量	出库流量		坝前水位	入库流量	出库流量		坝前水位	入库流量	出库流量		坝前水位
		坝前	库中			坝前	库中			坝前	库中	
1月	1.76	0.74	2.46	1937.4	1.52	0.79	3.11	1936.6	1.07	0.90	2.69	1929.0
2月	1.55	0.81	2.82	1936.6	1.48	0.81	3.46	1935.8	1.05	0.91	3.12	1927.0
3月	1.40	0.87	2.98	1935.4	1.27	0.92	3.73	1934.5	1.08	0.92	3.27	1924.3
4月	1.53	0.82	2.00	1934.7	1.73	0.75	2.68	1934.0	1.18	0.89	2.18	1922.4
5月	1.24	1.50	6.30	1931.2	1.22	1.50	6.75	1930.9	1.05	1.32	4.70	1920.0
6月	9.34	2.02	2.77	1933.5	8.95	2.03	2.73	1931.0	4.36	2.04	2.32	1923.1
7月	22.75	8.70	2.29	1938.5	14.79	2.03	3.66	1936.4	4.52	2.05	2.80	1926.2
8月	18.10	16.48	1.36	1938.5	13.35	6.22	7.86	1938.5	4.91	2.00	2.57	1929.3
9月	27.29	25.45	1.61	1938.5	12.89	11.14	12.65	1938.5	5.39	0.69	1.63	1931.1
10月	22.96	21.55	1.18	1938.5	4.35	2.93	4.10	1938.5	4.73	0.69	1.17	1932.6
11月	4.16	1.20	2.70	1938.5	1.53	0.80	3.12	1937.9	1.31	0.83	2.30	1931.5
12月	1.87	0.73	2.02	1938.1	1.61	0.79	2.59	1937.4	1.31	0.88	1.79	1930.6

(3) 水温

马龙河上马龙水文站未开展水温监测, 参考昭通市彝良县双河水文站多年实测的平均水温资料(见表 5.2-32), 采用水温~气象相关关系推算出车马碧坝址处水温, 见表 5.2-33, 双河站海拔高程为 1911m, 车马碧水库为 1938.5m, 仅相差 27.5m。因

此，马龙河河道水温采用双河站的实测资料来推算合理可靠的。

表 5.2-32 双河站多年平均实测河道水温 单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值
气温	5.6	6.3	8.3	12.7	15	16.7	19.6	18.9	17.2	15.1	12	6.9	12.9

表 5.2-33 车马碧水库坝址处河道天然水温 单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值
气温	9.1	9.7	11.0	12.4	15.3	17.2	17.6	15.2	13.7	12.2	10.4	8.6	12.7

(4) 气象

马龙县气象站可代表库区的气象条件，可采用马龙县气象站观测资料。库区水温预测气象要素见表 5.3-34。

表 5.3-34 库区水温预测采用的多年平均逐月气象要素

项目	风速(m/s)	气温(℃)	相对湿度(%)	日照小时数	云量(成)
1月	2.7	7.2	70	205.6	6.4
2月	3.1	9.2	60	207.4	7.3
3月	3.0	12.8	48	246.9	7.7
4月	2.8	15.8	63	246.8	7.7
5月	2.7	17.4	62	208.8	8
6月	2.2	18.5	74	143	8.1
7月	2.2	18.7	77	140.5	6.8
8月	1.9	18.4	82	156.9	5.7
9月	1.8	16.5	81	135.3	5.7
10月	1.9	13.8	78	130.4	5.6
11月	2.3	10.3	73	170.3	5.6
12月	2.2	7.2	78	188.8	5.8

5.2.3.5 计算工况

库区水温计算见表 5.3-35。

表 5.3-35 库区水温计算工况

编号	水文条件	取水方式
1	平水年 (50%)	单层取水 ①库中取水口高程1911.5m；②坝前取水口高程为1899.39m。
2	丰水年 (10%)	
3	枯水年 (90%)	
4	平水年 (50%)	分层取水 ①库中两层取水口高程分别为1911.5m、1924.5m； ②坝前两层取水口，高程分别为1913.8m、1924.5m。
5	丰水年 (10%)	
6	枯水年 (90%)	

5.2.3.6 预测结果分析

(1) 单层取水

1) 平水年

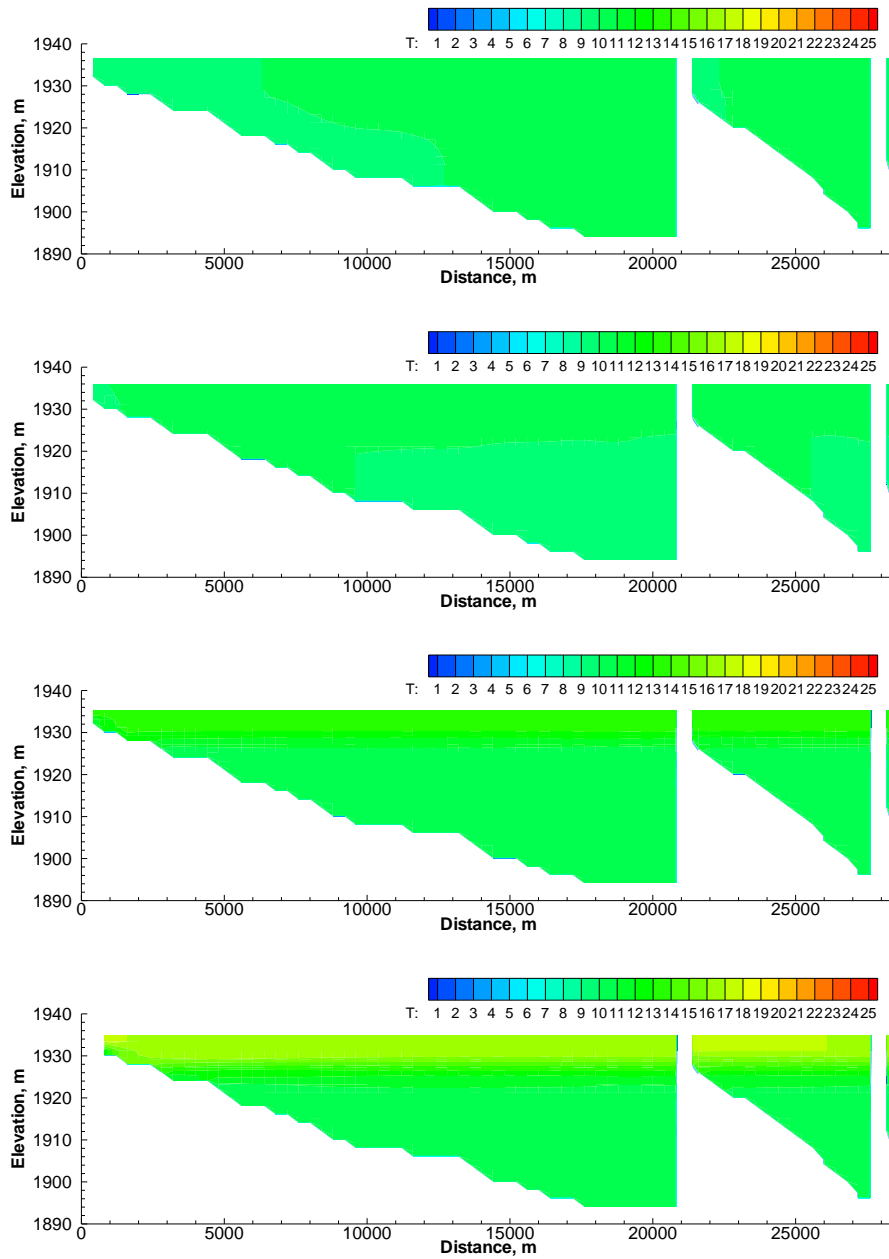
典型平水年水库运行时，坝前取水口底板高程为 1899.39m，距离水库正常蓄水位 39.11m，距离库底约 4.19m。受取水口位置偏低影响，平水年部分月份低温水现象较为明显。图 5.3-1 给出了水库库区各月 15 日水温分布图，图 5.3-2 给出了平水年各月 15 日坝前水温分布图。

1~2 月份，坝前垂向同温。库区气温在 1 月份最低，为 10.2℃，受垂向对流影响，坝前垂向同温。2 月份入库水温与气温相差不大，坝前垂向几乎同温。

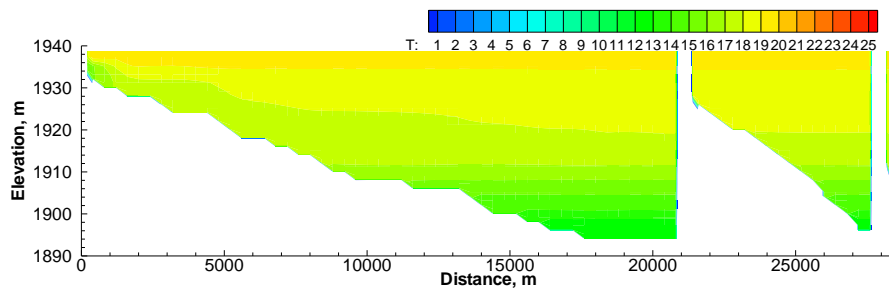
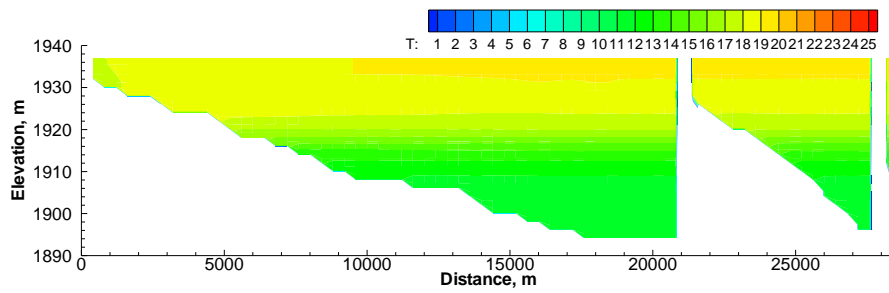
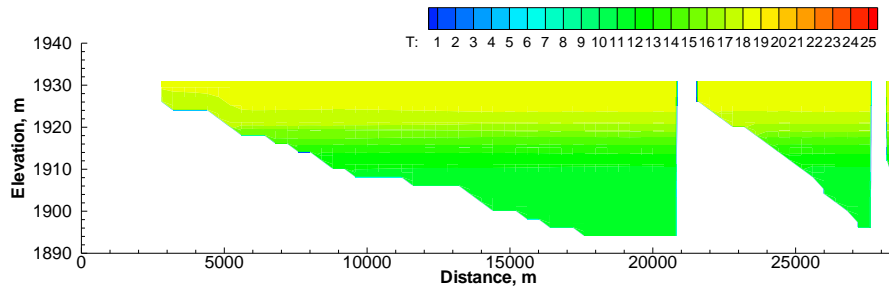
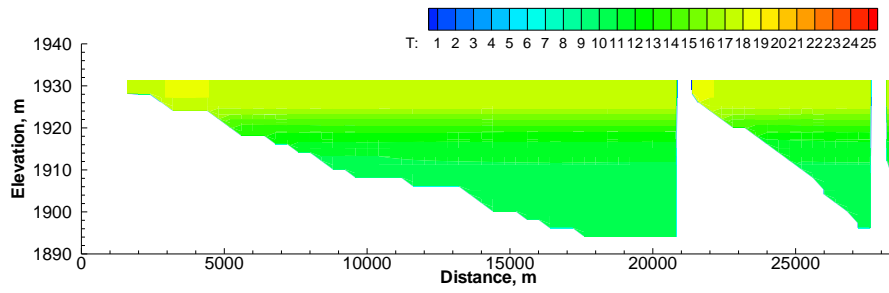
3~6 月份来流开始增加，受气温和来水水温增加影响，库区升温明显，存在较为明显的温跃层。3 月份气温增加到 12.8℃，表层水温上升至 13.7℃，表底温差为 3.5℃；4 月份气温增加到 15.8℃，表层水温上升至 17.0℃，表底温差为 6.6℃；5 月份气温和入流水温继续增加，表层水温上升至 17.9℃，库底水温为 10.6℃，表底温差加大，为 7.3℃；6 月份表层水温为 18.8℃、库底水温为 11.0℃，表底温差达到全年最大，为 7.8℃。

7~9 月份，随着气温增加，表层水温在 8 月份达到全年最高为 19.3℃，垂向热向下传递明显，温跃层逐渐下移，库底水温也得到一定程度的提高。7 月份气温为全年最高，为 18.7℃，表层水温升至 19.0℃，库底水温上升到 11.4℃，表底温差为 7.6℃。8 月份表层水温继续上升，达到全年最高为 19.3℃，底部温跃层继续向下发展，库底水温增加至 12.1℃。9 月份，出流流量开始大幅度增加，坝前垂向水温混掺剧烈，气温开始降低，表层水温为 17.6℃，库底水温为 13.4℃。

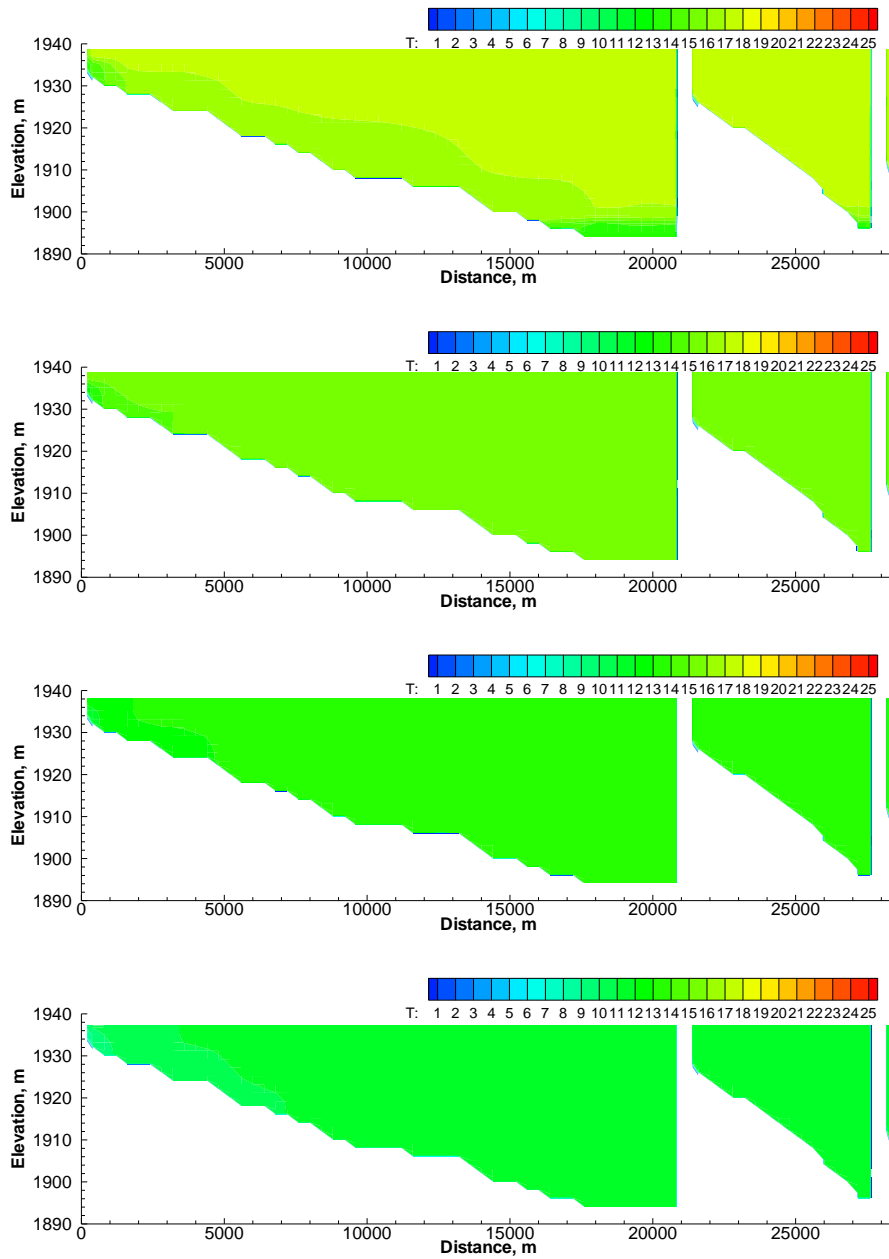
10~12 月份，气温和来流水温大幅度下降，库区开始降温。10 月份，受气温影响，库区降温明显，垂向对流明显，坝前垂线同温，库底水温进一步增加，达到全年最大，为 15.7℃；11 月份，库区继续降温，库底水温为 13.8℃，坝前垂向同温。12 月份入库水温与气温相差不大，水库坝前同温，在 12 月份水库温度降至 11.6℃。



(a) 1~4 月



(b) 5~8 月



(c) 9~12 月

图 5.3-1 平水年各月 15 日库中水温分布图

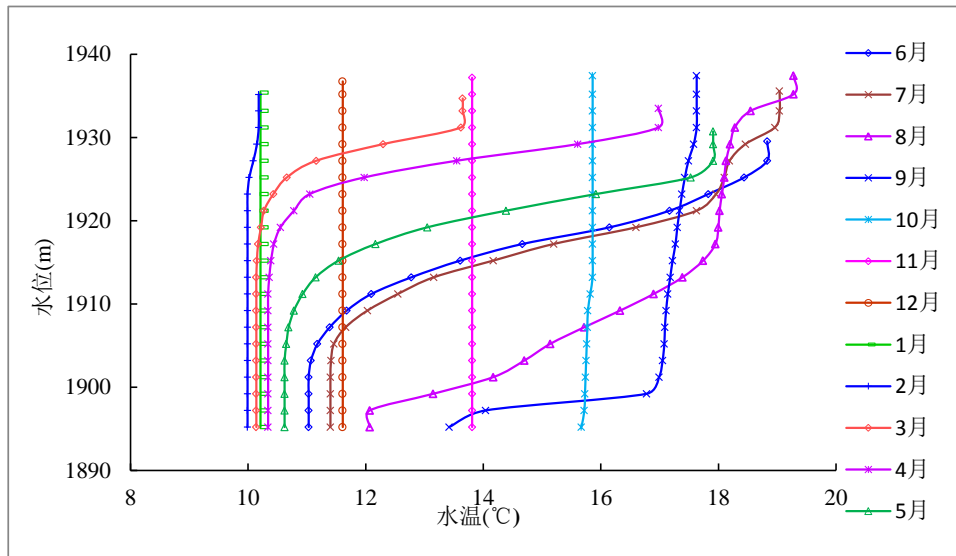


图 5.3-2 平水年各月 15 日库前垂向水温分布图

表 5.3-36 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	典型日表层水温	典型日库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1月	7.2	10.2	10.2	9.1	10.3	1.2	0.0
2月	9.2	10.2	10.0	9.7	10.0	0.3	0.2
3月	12.8	13.7	10.1	11.0	10.1	-0.9	3.5
4月	15.8	17.0	10.3	12.4	10.3	-2.1	6.6
5月	17.4	17.9	10.6	15.3	10.6	-4.7	7.3
6月	18.5	18.8	11.0	17.2	11.0	-6.2	7.8
7月	18.7	19.0	11.4	17.6	11.4	-6.2	7.6
8月	18.4	19.3	12.1	15.2	13.5	-1.7	7.2
9月	16.5	17.6	13.4	13.7	16.8	3.1	4.2
10月	13.8	15.9	15.7	12.2	15.8	3.6	0.2
11月	10.3	13.8	13.8	10.4	14.0	3.6	0.0
12月	7.2	11.6	11.6	8.6	11.8	3.2	0.0
年均	13.8	15.4	11.7	12.7	12.1	-0.6	3.7
最大值	18.7	19.3	15.7	17.6	16.8	3.6	7.8
最小值	7.2	10.2	10.0	8.6	10.0	-6.2	0.0
年内变幅	11.5	9.1	5.7	9.0	6.8	9.8	7.8

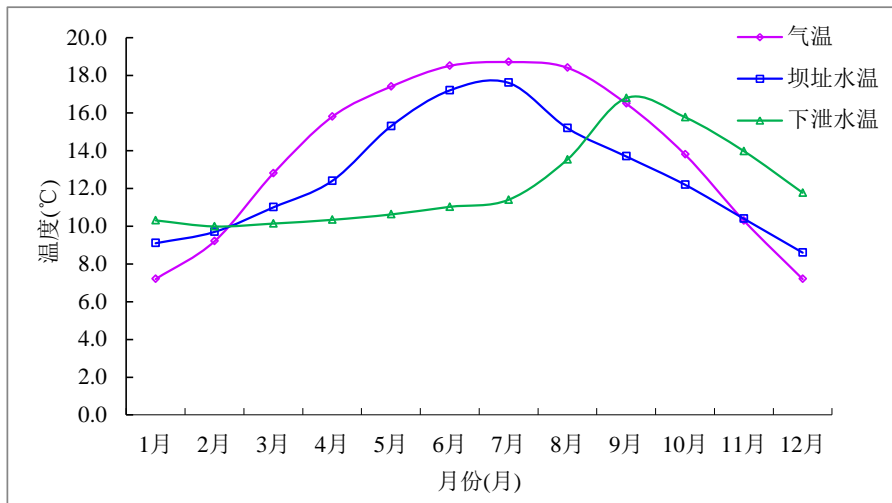


图 5.3-3 平水年下泄水温、坝址水温与气温图

表 5.3-36 和图 5.3-3 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。就表层水温而言，1 月份最低，为 10.2℃，8 月份最高为 19.3℃，年内变化了 9.1℃。1~2 月份，受入流水温和气温影响，坝前垂向同温。3~8 月份，受入流水温和升温期气象条件影响，库区水温有大幅度增加，表层水温在 8 月份达到去年最高，为 19.3℃。9 月份，入流量开始减小，气温也开始下降，库区开始降温。10 月份以后，受来流水温减小和气温降低影响，库区降温明显。

平水年水库总体呈现**过渡分层型**水温分布特征。

由于水库运行时，3~8 月份库区存在较为明显的温跃层，表底温差较大，6 月份温差最大为 7.8℃。水库运行后，部分月份存在低温水现象，3~7 月份，下泄低温水较为突出，平均降低了 3.6℃，6 月份降幅最大，为 6.2℃。其余月份，下泄水温较建库前均有不同幅度的上升，平均较建库前高了 2.5℃，10 月份升温幅度最大，为 3.6℃。年均下泄水温与建库前相比较为一致。

库中长隧洞取水口水温见表 5.3-37。从表中可以看出，3~7 月份，长隧洞取水口处水温较天然水温低，平均比天然水温低了 2.3℃，6 月份比坝址处天然水温低了 4.6℃，考虑到水温经过长距离的输水隧洞，沿程得不到恢复，对受纳河流的生态有一定的影响。

表 5.3-37 平水年长隧洞取水水温 单位：℃

月份	气温	坝址水温	隧洞出口水温	与坝址水温差值
1月	7.2	9.1	10.3	1.2
2月	9.2	9.7	10.0	0.3

3月	12.8	11.0	10.1	-0.9
4月	15.8	12.4	10.3	-2.1
5月	17.4	15.3	10.9	-3.2
6月	18.5	17.2	12.1	-4.6
7月	18.7	17.6	12.6	-0.7
8月	18.4	15.2	16.9	1.8
9月	16.5	13.7	17.0	2.1
10月	13.8	12.2	15.8	1.8
11月	10.3	10.4	14.0	1.4
12月	7.2	8.6	11.8	3.2
年均	13.8	12.7	12.7	0.0

2) 枯水年

枯水年各月月中水温分布见图 5.3-4，月均下泄水温、坝址水温和气温见表 5.3-38、图 5.3-5。

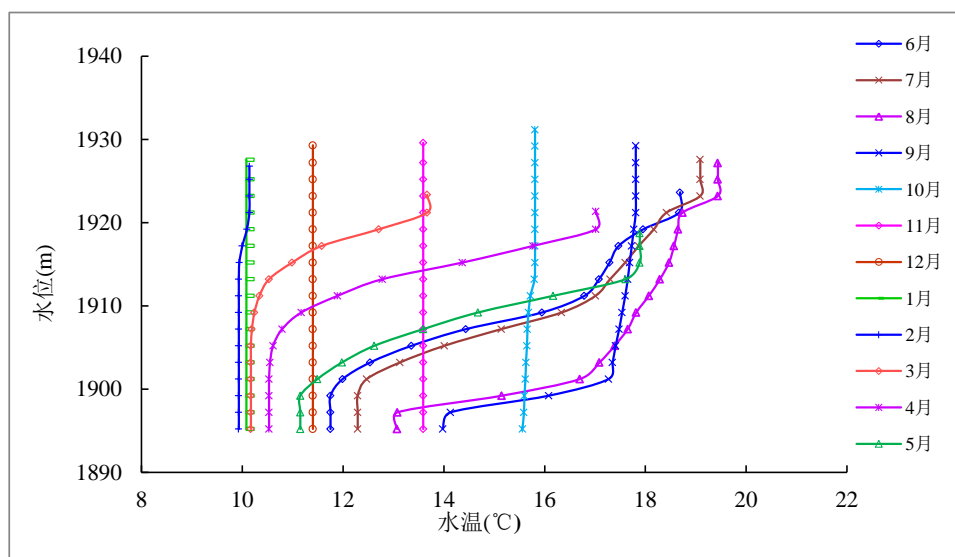


图 5.3-4 枯水年各月 15 日库前垂向水温分布图

表 5.3-38 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	典型日 表层水 温	典型日 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	7.2	10.1	10.1	9.1	10.2	1.1	0.0
2月	9.2	10.1	9.9	9.7	9.9	0.2	0.2
3月	12.8	13.7	10.2	11.0	10.2	-0.8	3.5
4月	15.8	17.0	10.5	12.4	10.5	-1.9	6.5
5月	17.4	17.9	11.2	15.3	11.4	-3.9	6.7

6月	18.5	18.7	11.8	17.2	11.9	-5.3	6.9
7月	18.7	19.1	12.3	17.6	12.5	-5.1	6.8
8月	18.4	19.4	13.1	15.2	15.6	0.4	6.4
9月	16.5	17.8	14.0	13.7	16.8	3.1	3.8
10月	13.8	15.8	15.6	12.2	15.7	3.5	0.3
11月	10.3	13.6	13.6	10.4	13.7	3.3	0.0
12月	7.2	11.4	11.4	8.6	11.6	3.0	0.0
年均	13.8	15.4	12.0	12.7	12.5	-0.2	3.4
最大值	18.7	19.4	15.6	17.6	16.8	3.5	6.9
最小值	7.2	10.1	9.9	8.6	9.9	-5.3	0.0
年内变幅	11.5	9.4	5.6	9.0	6.9	8.7	6.9

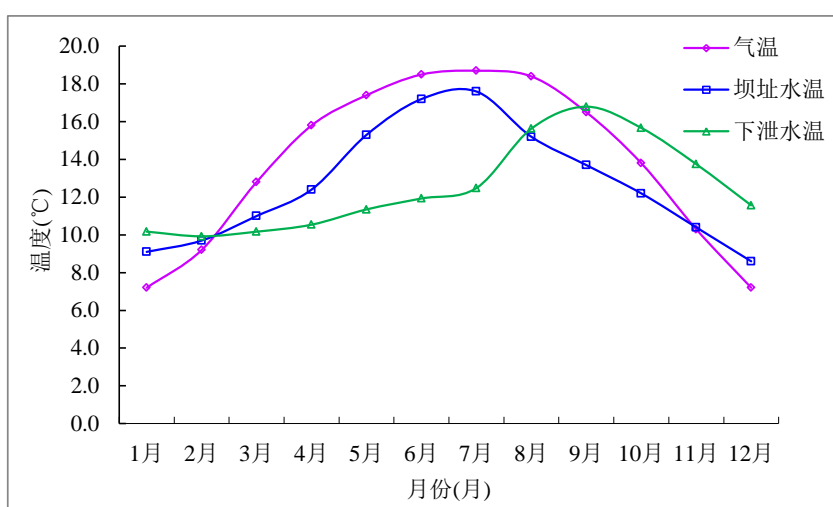


图 5.3-5 枯水年下泄水温、坝址水温与气温图

表 5.3-38 和图 5.3-5 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。就表层水温而言，1 月份最低，为 10.1℃，8 月份最高为 19.4℃，年内变化了 9.4℃。1~2 月份，受入流水温和气温影响，坝前垂向同温。3~7 月份，受入流水温和升温期气象条件影响，库区水温有大幅度增加，表层水温在 8 月份达到去年最高，为 19.4℃。9 月份，入流量开始减小，气温也开始下降，库区开始降温。10 月份以后，受来流水温减小和气温降低影响，库区降温明显。

枯水年水库呈现过渡分层型水温分布特征。

由于水库运行时，3~8 月份库区存在较为明显的温跃层，表底温差较大，6 月份温差最大为 6.9℃。水库运行后，部分月份存在低温水现象，3~7 月份，下泄低温水较为突出，平均降低了 3.4℃，6 月份降幅最大，为 5.3℃。其余月份，下泄水温较建库前均有不同幅度的上升，平均较建库前高了 2.1℃，10 月份升温幅度最大，为 3.5℃。年均下泄水温与建库前相比较为一致。

库中长隧洞取水口水温见表 5.3-39。从表中可以看出，3~7 月份，长隧洞取

水口处水温较天然水温低，平均比天然水温低了 0.5℃，7 月份比坝址处天然水温低了 0.6℃，对受纳河流的生态影响不大。

表 5.3-39 枯水年长隧洞取水水温 单位：℃

月份	气温	坝址水温	隧洞出口水温	与坝址水温差值
1月	7.2	9.1	10.2	1.1
2月	9.2	9.7	9.9	0.2
3月	12.8	11.0	10.2	-0.8
4月	15.8	12.4	11.9	-0.5
5月	17.4	15.3	15.2	-0.1
6月	18.5	17.2	16.8	-0.4
7月	18.7	17.6	17.0	-0.6
8月	18.4	15.2	18.1	2.9
9月	16.5	13.7	17.6	3.9
10月	13.8	12.2	15.7	3.5
11月	10.3	10.4	13.7	3.3
12月	7.2	8.6	11.6	3.0
年均	13.8	12.7	14.0	1.3

3) 丰水年

丰水年各月月中水温分布见图 5.3-6，月均下泄水温、坝址水温和气温见表 5.3-40、图 5.3-7。

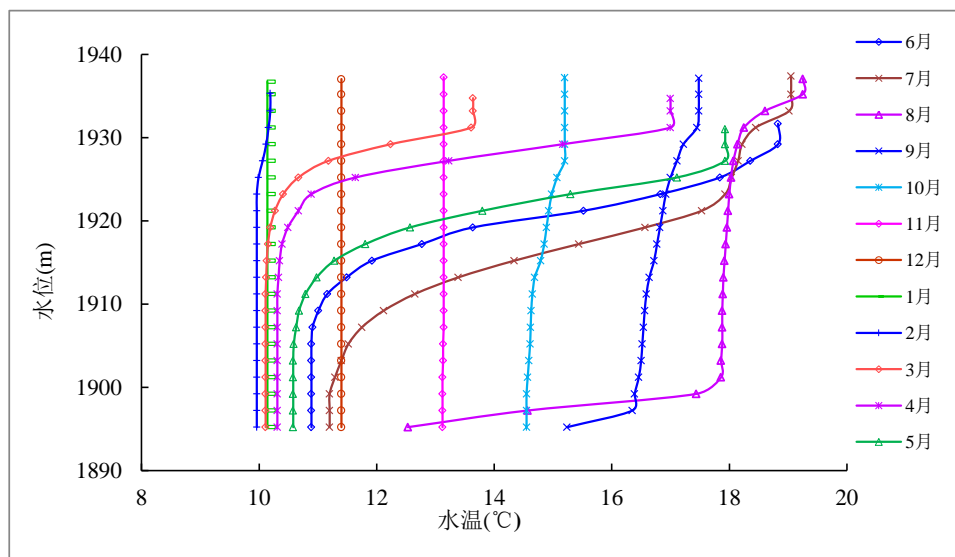


图 5.3-4 丰水年各月 15 日库前垂向水温分布图

表 5.3-40 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	典型日表层水温	典型日库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1月	7.2	10.1	10.1	9.1	10.2	1.1	0.0
2月	9.2	10.2	10.0	9.7	10.0	0.3	0.2
3月	12.8	13.6	10.1	11.0	10.1	-0.9	3.5
4月	15.8	17.0	10.3	12.4	10.3	-2.1	6.7
5月	17.4	17.9	10.6	15.3	10.6	-4.7	7.4
6月	18.5	18.8	10.9	17.2	10.9	-6.3	7.9
7月	18.7	19.1	11.2	17.6	11.7	-5.9	7.9
8月	18.4	19.3	12.5	15.2	16.8	1.6	6.7
9月	16.5	17.5	15.2	13.7	16.5	2.8	2.2
10月	13.8	15.2	14.6	12.2	14.7	2.5	0.6
11月	10.3	13.1	13.1	10.4	13.2	2.8	0.0
12月	7.2	11.4	11.4	8.6	11.5	2.9	0.0
年均	13.8	15.3	11.7	12.7	12.2	-0.5	3.6
最大值	18.7	19.3	15.2	17.6	16.8	2.9	7.9
最小值	7.2	10.1	10.0	8.6	10.0	-6.3	0.0
年内变幅	11.5	9.1	5.3	9.0	6.8	9.2	7.9

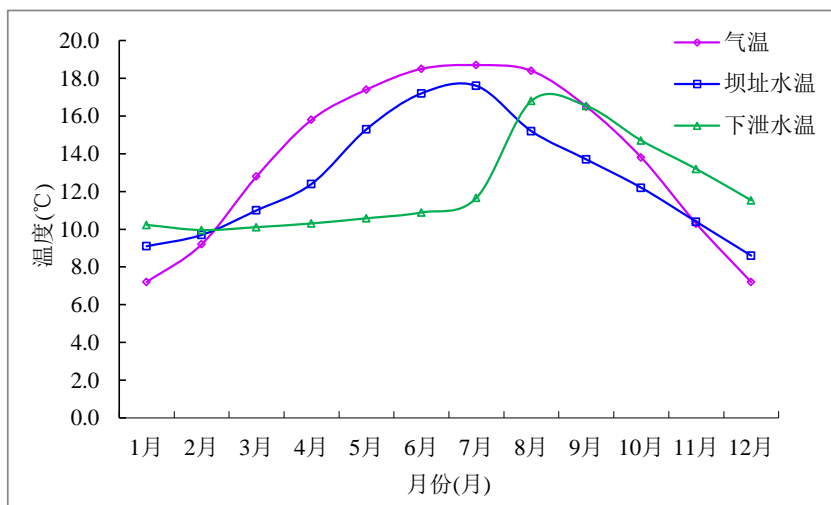


图 5.3-8 丰水年下泄水温、坝址水温与气温图

表 5.3-40 和图 5.3-8 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。就表层水温而言，1 月份最低，为 10.1℃，8 月份最高为 19.3℃，年内变化了 9.1℃。1~2 月份，受入流水温和气温影响，坝前垂向同温。3~8 月份，受入流水温和升温期气象条件影响，库区水温有大幅度增加，表层水温在 8 月份达到去年最高，为 19.3℃。9 月份，入流量开始减小，气温也开始下降，库区开始降温。10 月份以后，受来流水温减小和气温降低影响，库区降温明显。

丰水年水库呈现**过渡分层型**水温分布特征。

由于水库运行时，3~8 月份库区存在较为明显的温跃层，表底温差较大，6 月份温差最大为 7.9℃。水库运行后，部分月份存在低温水现象，3~7 月份，下泄低温水较为突出，平均降低了 4.0℃，6 月份降幅最大，为 6.3℃。其余月份，下泄水温较建库前均有不同幅度的上升，平均较建库前高了 2.0℃，12 月份升温幅度最大，为 2.9℃。年均下泄水温与建库前相比较为一致。

库中长隧洞取水口水温见表 5.3-41。从表中可以看出，3~7 月份，长隧洞取水口处水温较天然水温低，平均比天然水温低了 3.7℃，6 月份比坝址处天然水温低了 6.1℃，考虑到水温经过长距离的输水隧洞，沿程得不到恢复，对受纳河流的生态有一定的影响。

表 5.3-41 丰水年长隧洞取水水温 单位：℃

月份	气温	坝址水温	隧洞出口水温	与坝址水温差值
1月	7.2	9.1	10.2	1.1
2月	9.2	9.7	10.0	0.3
3月	12.8	11.0	10.1	-0.9
4月	15.8	12.4	10.3	-2.1
5月	17.4	15.3	10.8	-4.5
6月	18.5	17.2	11.1	-6.1
7月	18.7	17.6	12.6	-5.0
8月	18.4	15.2	17.9	2.7
9月	16.5	13.7	16.6	2.9
10月	13.8	12.2	14.7	2.5
11月	10.3	10.4	13.2	2.8
12月	7.2	8.6	11.5	2.9
年均	13.8	12.7	12.4	-0.3

各典型年升温期均存在不同程度的低温水影响，最大降温幅度为 6.3℃，发生在丰水年的 6 月，对灌溉用水和下游生态有明显影响。

5.2.3.7 水温影响减缓措施

由于车马碧水库在丰、平、枯典型水文年运行时均对下游水温存在明显的低温水效应，本工程考虑采用分层取水措施来减缓下泄低温水的影响。

为减缓车马碧水库运行对下游灌溉用水和生态的影响，考虑在低温水影响较为突出的 3~7 采用分层取水措施。

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。除 3~7 月采用分层取水改善下泄低温水的影响外，其他月份可不采用分层取水。根据水库运行调度结果，以及引水隧洞的最小淹没水深 1.5m 的要求，本阶段初步拟定的各取水口分层取水方案为：①坝前生态、灌溉取水采取分层取水方式，共设置 2 层，取水口底板高程分别为 1924.50m、1913.80m；取水口前设悬挂式拦污栅，拦污栅尺寸为 2.2m×2.2m；两个取水口共用一道 1.5m×1.5m 的平板取水闸门。②库中远距离输水隧洞采用 2 层分层取水，取水口底板高程分别为 1911.50m、1924.50m。

各典型年 3~7 月份根据水库运行水位选用适当的取水口取水，当水库运行水位在 1926m~1938.5m，选用上层取水口取水；当水库运行水位在 1926m 以下时，选择下层取水口取水。

表 5.3-42 给出了车马碧水库分层取水方案下泄水温。

表 5.3-42 各典型年车马碧水库分层取水效果对比表

月份	平水年下泄水温					枯水年下泄水温				丰水年下泄水温			
	坝址水温 (a)	单层取水 (b)	分层取水 (c)	c-b	c-a	单层取水 (d)	分层取水 (e)	e-d	e-a	单层取水 (f)	分层取水 (g)	g-f	g-a
3月	11	10.1	10.6	0.5	-0.4	10.2	10.5	0.3	-0.5	10.1	10.5	0.4	-0.5
4月	12.4	10.3	11.8	1.5	-0.6	10.5	12.3	1.8	-0.1	10.3	11.5	1.2	-0.9
5月	15.3	10.6	15.8	5.2	0.5	11.4	16.6	5.2	1.3	10.6	15.9	5.3	0.6
6月	17.2	11	17.7	6.7	0.5	11.9	16.7	4.8	-0.5	10.9	17.7	6.8	0.5
7月	17.6	11.4	17.3	5.9	-0.3	12.5	17.3	4.8	-0.3	11.7	17.3	5.6	-0.3

各典型年采用分层取水方案后，升温期低温水现象得到有效改善。平水年 3~7 月下泄水温提高 0.5~6.7℃，3~7 月低温水最大降幅缩小为 4 月的 0.6℃；枯水年采用分层取水后，3~7 月下泄水温提高 0.3~5.2℃，3~7 月低温水最大降幅缩小为 3 月的 0.5℃；丰水年采用分层取水后，3~7 月下泄水温提高 0.4~6.8℃，3~7 月低温水最大降幅缩小为 4 月的 0.9℃。

通过以上分析可以看出，采用分层取水措施后可有效改善水库下泄低温水的影响，平水年单层取水方案，6 月份水库下泄水温为 11.0℃，比坝址处天然水温低了 6.2℃，采用分层取水后，由于取水口抬高，下泄水温升高到 17.7℃，比坝址处天然水温高了 0.5℃，下泄水温改善了 6.7℃；丰水年和枯水年采用分层取水

口后，水库下泄低温水也得到明显的改善，丰水年6月水库下泄水温由10.9℃提高到17.7℃，改善了6.8℃；枯水年6月份下泄水温由11.9℃提高到16.7℃，改善了4.8℃。其他月份水库下泄低温水也得到不同程度的改善。

总体而言，分层取水对下泄水温的改善效果主要受出库流量和垂向温差控制。3~7月份，采用分层取水方案后起到了良好的低温水改善措施。

库中长隧洞取水口水温在平水年和丰水年影响较为突出，枯水年对受纳水体生态影响不大，因此库中取水口主要在库区运行水位较高（库区水位在1930.0m以上时）的丰水年和平水年使用分层取水方案，其他年份均采用单层取水。库中长隧洞取水口水温见表5.3-43。从表5.3-43中可以看出，采用分层取水措施后，平水年库中取水口水温6月份由12.1℃升高到18.0℃；丰水年6月水库下泄水温由11.1℃提高到17.4℃，改善了6.3℃；其他月份水库下泄低温水也得到不同程度的改善。

表 5.3-43 各典型车马碧水库长隧洞分层取水效果对比表

月份	平水年下泄水温					丰水年下泄水温			
	坝址水温 (a)	单层取水 (b)	分层取水 (c)	c-b	c-a	单层取水 (f)	分层取水 (g)	f-b	g-a
3月	11	10.1	10.7	0.6	-0.3	10.1	10.7	0.6	-0.3
4月	12.4	10.3	11.9	1.6	-0.5	10.3	11.5	1.2	-0.9
5月	15.3	10.9	16.3	5.4	1.0	10.8	16.8	6	1.5
6月	17.2	12.1	18	5.9	0.8	11.1	17.4	6.3	0.2
7月	17.6	12.6	17.3	4.7	-0.3	12.6	18	5.4	0.4

5.3 对地下水环境的影响

5.3.1 地下水环境影响识别与初步分析

本工程施工期、运行期会对区域地下水环境产生影响。根据环境影响识别，本工程对地下水环境的影响主要有：

- (1) 施工期生产废水和生活污水可能对地下水水质产生的影响；
- (2) 施工期导流泄洪隧洞、输水隧洞及支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用水的影响；
- (3) 运行期水库蓄水后，由于库区及周边地下水位抬升，淹没泉、井，以及可能造成土地浸没的影响；
- (4) 运行期调水后，受水区农业灌溉水源发生变化，可能造成土壤次生盐碱化以及地下水水质影响。

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016),地下水环境影响评价的一般性原则是:“对建设项目在建设期、运营期和服务期满后对地下水水质可能造成的直接影响进行分析、预测和评估,提出预防、保护或者减轻不良影响的对策和措施,制定地下水环境影响跟踪监测计划,为建设项目地下水环境保护提供科学依据”,即主要的评价对象是地下水水质。本工程对地下水水质可能产生影响的途径为施工期废污水进入地下水造成污染、运行期受水区灌溉水质变化。其中,施工期废污水均在地表产生,经过处理后基本不会进入地下水;运行期受水区灌溉水源为IV类水,符合灌溉用水要求,不会导致受水区地下水水质明显恶化。可以定性判断,本工程施工期、运行期不会对区域地下水水质产生明显不利影响。

根据本工程的环境影响识别,水库淹没区、输水隧洞沿线分布有居民生活饮用所用的泉和井等环境敏感目标。由此认为,本工程对地下水环境的不利影响主要为对地下水水位、水量的影响,以及由此导致的对泉、井等环境敏感目标的影响,需要对施工期、运行期影响范围内的地下水水流场分别进行预测。预测方法采用了数值法、解析法。

5.3.2 地下水预测数值模型

对于大型地下水流问题,需把整个渗流区进行空间离散化处理,目前最常用的方法为有限差分法,该法把渗流区分割成若干个小块或称单元,各单元根据需要,选取水文地质参数,单元形状可以不同。所有单元合在一起,就可表现出渗流区域在几何上的不规则形状和在水文地质上的非均质性。对于非稳定流还需对时间做离散化处理,将时间划分成若干个时段。

有限差分法把描述未知变量(一般为水位)在整个研究区上的连续分布的偏微分方程转变为离散分布的有限个代数方程,这些方程与定解条件一起组成方程组,利用显式有限差分法、隐式有限差分法、交替方向隐式法等方法可以得到方程组的解,这些解即为渗流区中离散点(单元的公共顶点或中心点)上未知量满足某种精度的近似值,其精度主要取决于单元格划分的精细程度。

(1) 偏微分方程

三维潜水含水层地下水稳定流运动方程:

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx} \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(K_{yy} \frac{\partial H}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_{zz} \frac{\partial H}{\partial z}) = 0$$

其中： K_{xx} ——x 方向渗透系数主值，m/d；

K_{yy} ——y 方向渗透系数主值，m/d；

K_{zz} ——z 方向渗透系数主值，m/d；

H——潜水含水层水头，m。

(2) 定解条件

解上述偏微分方程需要一系列条件，分别为初始条件和边界条件，初始条件为零时刻的边界条件。

1) 第一类边界（已知水头边界）

$$H(x, y, z, t)|_{S_i} = \varphi_i(x, y, z, t), (x, y, z) \in S_i$$

其中， $H(x, y, z, t)$ 表示三维条件下边界段 S_i 上点 (x, y, z) 在 t 时刻的水头，是 S_i 上的已知函数。

2) 第二类边界（已知流量边界）

$$K \frac{\partial H}{\partial n} \Big|_{S_i} = q_i(x, y, z, t), (x, y, z) \in S_i$$

其中， n 为边界 S_i 的外法线方向。 q_i 为已知函数，表示 S_i 上单位面积的侧向补给量。

3) 第三类边界（混合边界）

$$\frac{\partial H}{\partial n} + \alpha H = \beta$$

其中， α 、 β 为已知函数。

(3) 概念模型

项目区地处扬子准地台滇东台褶带曲靖台褶束牛头山隆起带，区内构造极为复杂，西、东为经向构造体系，中部及东部多属新华夏系构造体系，南有纬向构造体系片断，东南角属沾益山字型构造体系前弧东翼的一部分，新构造运动迹象不明显。

区内广泛出露有寒武系—志留系不同时代的碳酸盐岩及碎屑岩地层，水文地质条件相对复杂。与库区相关的碳酸盐岩内出露的地下水泉水点一般高于正常蓄水位，且两岸均存在岩溶地下水分水岭，其分水岭高程均高于正常蓄水位，属地下水补给河水，库区所在马龙河河谷为区域最低排泄基准。

水库引水隧洞入口段——k1+334m 段位于干冲—小石洞—大草房（II）水文地质单元，地层岩性为寒武系双龙潭组（ \in_1 ）碳酸盐岩夹碎屑岩层。该水文地质单元地层富水性总体较强。经已有的相关钻孔及其他研究资料，确定含水层底

板标高为 1670m。

本模型选取干冲一小石洞一大草房（II）水文地质单元地层岩性明显变化处和地表分水岭作为边界，现分述如下：

该单元北部、西部地层岩性变化明显，寒武系陡坡寺组（ \in_2d ）与龙王庙组（ \in_1l ）正常接触。龙王庙组（ \in_1l ）地层岩性以碳酸盐岩为主，岩溶较为发育，地层富水性较强；陡坡寺组（ \in_2d ）地层岩性主要为碎屑岩，整体富水性较弱，与龙王庙组（ \in_1l ）碳酸盐岩岩溶含水层水力联系较弱，相对隔水，由此模型北部、西部选取陡坡寺组（ \in_2d ）与龙王庙组（ \in_1l ）地层接触界面为模型的相对隔水边界。

该单元东部及南部整体地层岩性变化明显，寒武系沧浪铺组（ \in_1c ）与龙王庙组（ \in_1l ）正常接触。龙王庙组（ \in_1l ）地层岩性以碳酸盐岩为主，岩溶较为发育，地层富水性较强；沧浪铺组（ \in_1c ）地层岩性主要为碎屑岩，整体富水性较弱，与龙王庙组（ \in_1l ）碳酸盐岩岩溶含水层水力联系较弱，相对隔水，由此模型东部及南部主要选取寒武系沧浪铺组（ \in_1c ）与龙王庙组（ \in_1l ）地层接触界面作为相对个数边界；

此外，在南部大草房一带存近东西向地表分水岭，分水岭以北地表水、地下水、大气降雨均向东北运移；区内雨季和旱季差异明显，但是经过蒸发、地表径流、包气带截留，降雨对地下水的补给量较少，因此，模型南侧以地表分水岭作为定流量边界。

（4）干冲一小石洞一大草房（II）水文地质单元地下水流场数值模型

1) 网格剖分

将干冲一小石洞一大草房（II）水文地质单元隔水边界圈围的潜水含水层作为模型研究区域，建立一个模拟区，剖分成 $120 \times 120 \times 1$ 的网格，模型有效面积约 43.16km^2 ，见图 5.3-1。

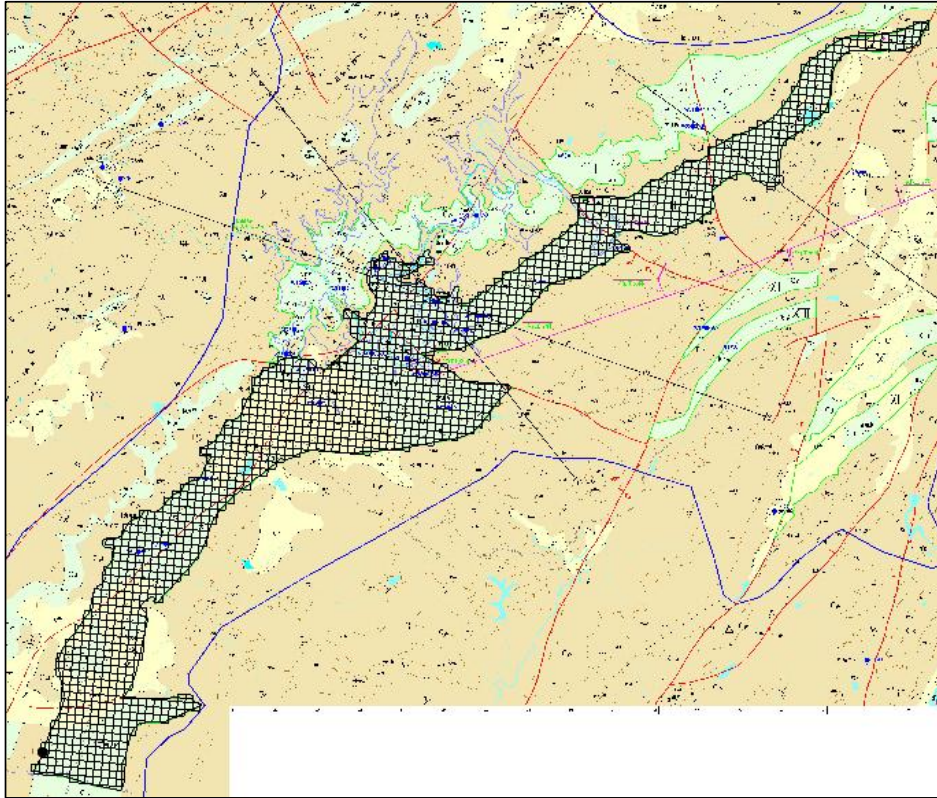


图 5.3-1 模型网格剖分示意图

依概念模型中所述，对模型边界进行赋值。将隔水边界定为流量为零的定流量边界，将南部大草房一带地表分水岭定为给定流量边界。

2) 源汇项

① 补给项

区域地下水主要接受降水补给，据统计马龙县根据流域内气象、雨量站点资料分析，各站点多年平均降水量都在 1000mm 左右，降水量在面上分布差异很小，因此当地的降水补给地下水的量为 2.74mm/d。

② 排泄项

本区地下水排泄方式主要为河流排泄，局部以泉的形式排泄。泉点高程主要通过野外实际地质调查获得。

③ 参数分区

参考研区域地层岩性、构造发育状况，依据水库库区抽放水试验等计算渗透系数情况，将模拟区分为 21 个小区域分别进行参数赋值（图 5.3-2）。

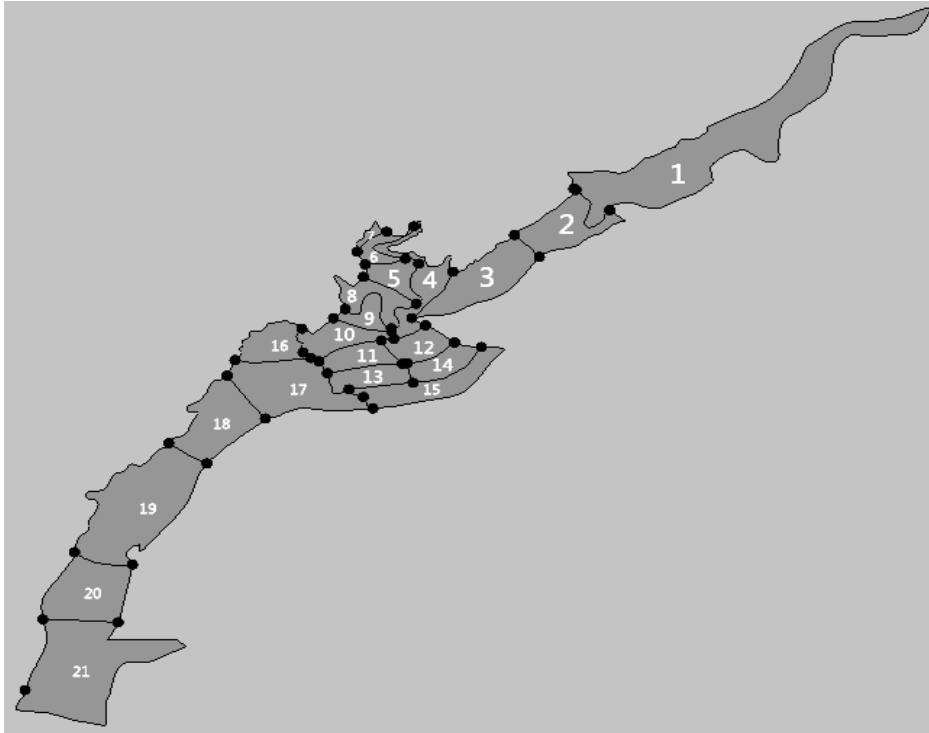


图 5.3-2 模型参数赋值分区图

本次模拟将地下水流考虑为最接近真实情况的三维流动，渗透系数按渗透主轴向分为 K_x 、 K_y 、 K_z 分别赋值，其中具体 $K_y = aK_x$ ，赋值情况见表 5.3-1。

表 5.3-1 渗透系数分区表

序号	K_x (m/d)	a ($K_y = a K_x$)	K_z (m/d)
1区	1.4	0.5753	0.35966
2区	0.3		0.07707
3区	0.02		0.005138
4区	0.2		0.05138
5区	0.5		0.12845
6区	0.1		0.02569
7区	0.001		0.0002569
8区	0.9		0.23121
9区	1.0		0.2569
10区	0.45		0.115605
11区	0.7		0.17983
12区	0.4		0.10276
13区	0.35		0.089915
14区	0.18		0.089915
15区	2.0		0.5138

16区	0.8		0.20552
17区	1.5		0.38535
18区	0.8		0.20552
19区	0.6		0.15414
20区	1.4		0.35966
21区	2.5		0.64225

根据已有的相关研究成果资料，模型范围内岩体平均孔隙度为0.25。

(5) 马龙河上游地下水天然流场模拟

整个水文地质单元没有大型水源地或其他用途大抽水量的抽水井，所以可以认为单元内地下水处于天然状态，即可以用稳定流来模拟本区地下水。

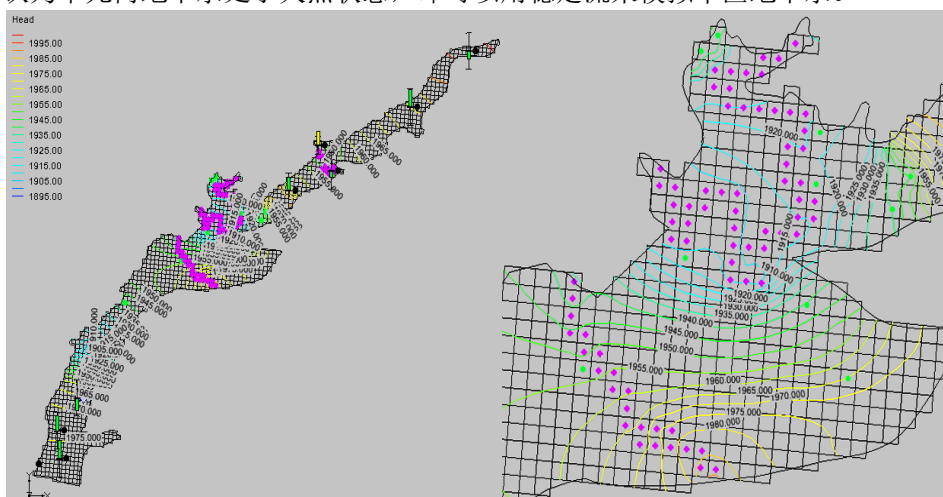


图 5.3-3 马龙河流域地下水流场模拟

据已有资料，模型初次建立时采用潜水含水层稳定流模型。

(6) 模型验证

1) 流场验证

在模拟区内可利用钻孔揭露的含水层初始水位作为模型验证依据之一，钻孔水位观测误差均设定为 2m。

根据验证，各个观测孔处计算水位均在设定误差范围内。具体如下：

依据区域上已有的相关钻孔及基井等水文地质观测资料，即 zk01、zk02、zk03、zk04、zk05、zk06、#04、#05 水文数据进行地下水天然状态下地下水流场模拟。在 zk01、#05 绝对误差小于 1，zk02、zk03、zk04、zk05、zk06、#05 绝对误差大于 1。

由于观测数据本身与实际水头也存在相对误差，所以认为该模型基本能反映相应条件下的地下水流场。观测水位拟合详细情况统计如表 5.3-2。

表 5.3-2 稳定流模型拟合情况表

钻孔编号	观测水位 (m)	计算水位 (m)	绝对误差 (m)
zk01	2000.0	1999.167	0.833
zk02	1979.3	1979.000	1.946
zk03	1947.5	1949.035	1.535
zk04	1966.9	1965.519	1.422
zk05	1972.3	1973.980	1.680
zk06	1974.0	1975.935	1.935
#04	1964.0	1965.551	1.551
#05	1957.0	1956.311	0.689

2) 水均衡验证

天然情况下,含水层的接受的多年平均补给量近似等于多年平均排泄量。在模拟区内,含水层仅接受降水补给,补给量为已知量。含水层的排泄量主要为向河流的径流量以及泉点排泄量,由于监测资料有限,地下水排泄入河流的水量难以获得,所以只能通过泉流量来衡量模型的合理性。据表 5.3-3 模型区域内泉流量约为 5936.49m³/d, 计算泉排泄量约为 5987.95m³/d。

表 5.3-3 模型区域内泉点统计表

位置	泉口高程 (m)	流量 (m ³ /d)
W01	1890	4353.62
W02	1916	22.6
W05	1937	758.8
W06	1952	231.2
W07	1965.2	37.3
W08	1993	16.4
W09	1942	8.7
W12	1941	36.04
W17	1940	120.9
W18	1945	341.1
W22	1941	9.13

综上,模型在流场和水量均衡两方面均与实际情况较为吻合,基本上能反映区域内含水层状况,可以认为本模型是合理的。

5.3.3 施工期输水隧洞涌水影响预测

输水长隧洞进口位于库区三家村附近马龙河左岸处,轴线采用直线布置,在面店水库下游 950m 处出洞。隧洞由进口有压段、竖井段、洞身无压段段组成,隧洞进口底板高程 1911.5m,出口底板高程 1897.18m,总长 29.56km,洞身为圆拱直墙型断面,断面尺寸 2.5m×3.0m。隧洞设计输水流量 5.8m³/s,出口与面点水库下游河道剪彩河连接,水流通过下游白石江最终归入南盘江。

隧洞涌水量预测的计算主要包括类比外推法、相关分析法、水均衡法、解析

法等，各种方法均有其优缺点，本次预测主要采用 Q—S 曲线法、水均衡法、比拟法和数值解析法等四种方法对①车马碧引水隧洞入口——k1+334m(F3 断层)段、②k9+400m (F6 断层)——k10+342m (F2 断层)、③k15+700m (F7 断层)——k20+887m (F8 断层)及④k20+887m (F8 断层)——k25+150m (响水街-10 号支洞)段隧洞施工涌水量进行计算，几种方法相互补充，作出评价。

其中：①段采用比拟法和数值解析法进行涌水量预测；对②、③段涌水量预测段采用 Q—S 曲线法及比拟法进行涌水量预测；对④段采用水均衡法进行涌水量预测。

5.3.3.1 第一段

为隧洞入口——k1+334m 段，该段主要采用比拟法和数值解析法进行涌水量预测。

(1) 比拟法

引水隧洞水文地质比拟法是用地质、水文地质条件相似、开采方法相同的生产井巷中积累的水文地质资料来预计设计井巷的涌水量。它是一种近似定量的预计方法，其步骤从生产井巷和设计井巷的天然渗流场特征、影响其变化的气候、水文、地形地貌的条件、影响人工渗流场变化的开采方法、井巷规模等各方面分析可比拟性，在两者具备相似的条件对生产井巷获得的各类长期观测资料进行分析，找出影响涌水量大小的几种主要因素，建立它们之间的近似关系式，用此关系式预计设计井巷的涌水量。

该法的应用前提是新建隧洞与已有隧洞的条件应基本相似，已有隧洞要有长期的水量观测资料，以保证涌水量与各影响因素之间数学表达式的可靠程度。

本次工作主要收集距项目区西南方向约 45km 的大五山隧洞 8 号支洞涌水量作为该段隧洞水文地质比拟法数据依据，大五山隧洞 8 号含水层组为龙王庙组 (ϵ_1) 碳酸盐岩类裂隙类，地下水开采降深在 40~80 之间，由于其水文地质条件与工程区车马碧隧洞隧洞入口——k1+334m 段水文地质条件较为接近，因此可以作为比拟的对象，其比拟条件对比见表 5.3-4。

表 5.3-4 水文地质条件对比表

水文地质条件	车马碧隧洞隧洞入口——k1+334m 段	大五山隧洞8号隧洞
含水层	寒武系龙王庙组 (ϵ_1) 为隧洞顶、底板直接充水含水层	寒武系龙王庙组 (ϵ_1) 为隧洞顶、底板直接充水含水层

含水介质	岩溶大多沿NE、NNE发育。裂隙大多沿NE发育。渗透系数为0.08--0.22	岩溶发育主轴方向基本上呈东北向。裂隙与岩溶发育方向基本一致。渗透系数为0.12--0.25
补给、径流、排泄	大气降水是地下水的主要补给来源。地下水在北、东两侧山坡及平缓地带接受大气降水补给，总体由北东向南西径流。地下水整体在沟谷地带汇入马龙河直接泄流排泄，局部在岩溶洼地及地势较低地区以泉的形式排泄。	大气降水是地下水的主要补给来源。矿区含水层接受降雨补给后沿裂隙、溶隙通道总体向北径流，最终于附近沟谷适宜地段以侵蚀下降泉的方式就地排泄。矿区内地表水也明显受降雨控制，四季流量变化极大。

采用比拟法公式，地下水符合紊流状态时的比拟式：

$$Q = q_0 F \sqrt{S} = Q_0 \frac{F}{F_0} \sqrt{\frac{S}{S_0}} \quad (5.3-1)$$

式中： F_0 ——已知矿井疏干面积， m^2 ；

S_0 ——已知矿井水位降， m ；

Q_0 ——已知矿井涌水量， m^3/d 。

F ——现开采矿井疏干面积， m^2 ；

S ——现开采矿井水位降， m ；

Q ——现开采矿井涌水量， m^3/d 。

本段各参数代表意义如下：

Q_0 ——大五山隧洞 8 号支洞涌水量 (m^3/d)；

q_0 ——钻孔单位面积涌水量 ($L/s \cdot m$)；

F_0 ——大五山隧洞 8 号支洞过水面积即隧洞断面周长*隧洞长度 (m^2)；

S_0 ——大五山隧洞 8 号支洞水位降深 (m)；

F 、 S 分别为车马碧水库饮水隧洞含水层寒武系龙王庙组 (\in_1) 的过水面积 (m^2) 和水位降 (m)。

计算参数具体取值：

Q_0 : 大五山隧洞 8 号支洞施工至 143.5m 时的地下水涌水量为 $3498.9m^3/d$ ；

F_0 : 大五山隧洞 8 号支洞过水面积=隧洞断面周长*隧洞长度，断面周长为 18m，长度为 143.5m，故 F_0 为 $2583m^2$ ；

S_0 : 大五山隧洞 8 号支洞水位降深为 53.76m；

F: 车马碧水库饮水隧洞含水层 \in_1 过水面积=隧洞断面周长(D)*隧洞长度(L), 断面周长为7.5m。

\in_1 地层平均水位降深约为 50m, 根据其水位降深及隧洞施工的进度, 分成九段降深进行涌水量计算预测结果见表 5.3-5。

表 5.3-5 隧洞入口——k1+334m 段涌水量计算预测

隧洞段	平均降深(m)	预测涌水量(m ³ /d)
0-100m	23	664.5
100-200m	34.5	813.9
200-300m	51	989.5
300-400m	53	1008.7
400-500m	34	807.9
500-600m	38	854.1
600-k1+73.6 m	71	5529.4
k1+73.6-k1+173.6m	67	1134.2
k1+173.6-k1+334.3m	73	1902.5
合计	—	13704.75

车马碧水库隧洞入口——k1+334m 段预测涌水量合计约为 13704.75m³/d, 但由于随着引水隧洞开挖的持续进行, 输排水工程会持续改变地下水流场, 地下水平均水位会呈现下降趋势, 每段的平均降深会较上述值小, 因此上述预测涌水量较实际涌水量偏大。

(2) 涌水量预测数值模型

采用 5.3.1 小节中建立的模型进行预测。经过水均衡的验证, 所建模型整体拟合程度较好, 基本上能反映区域内含水层状况, 同时也核实了模型边界的正确性。因而, 该模型用于水量预测可信度较高。水量预测时, 使用稳定流程序包, 表示长期开挖下隧道水位情况。输水隧洞输排水流场预测情况见图 5.3-4 及图 5.3-5。当主洞开挖至 1911m 左右时, 预测隧洞涌水量约为 10015 m³/d。

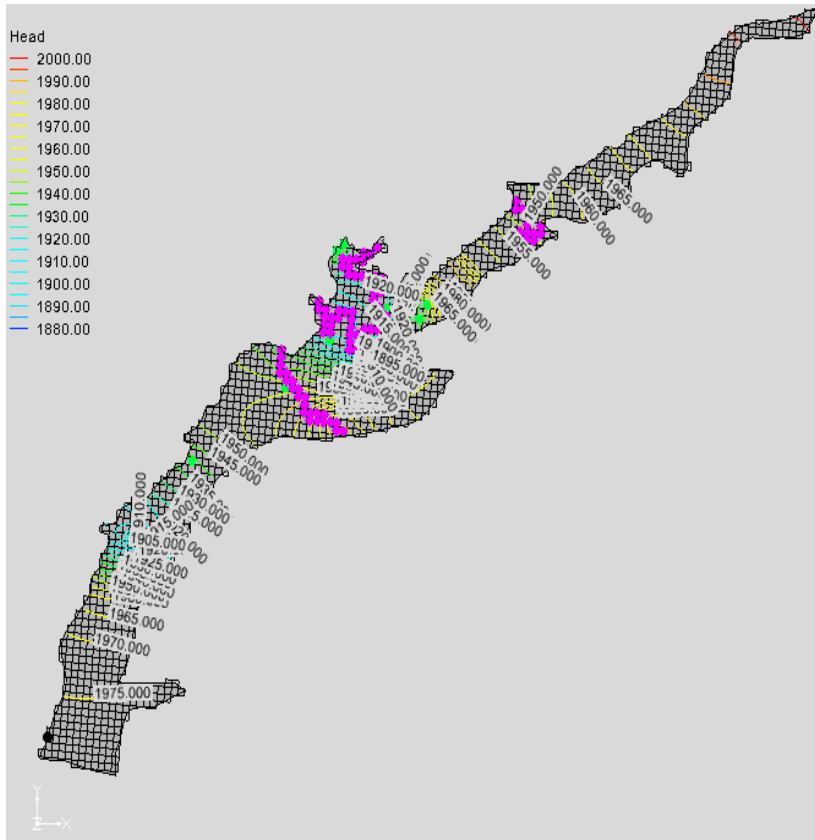


图 5.3-4 输水隧洞输排水流场整体图

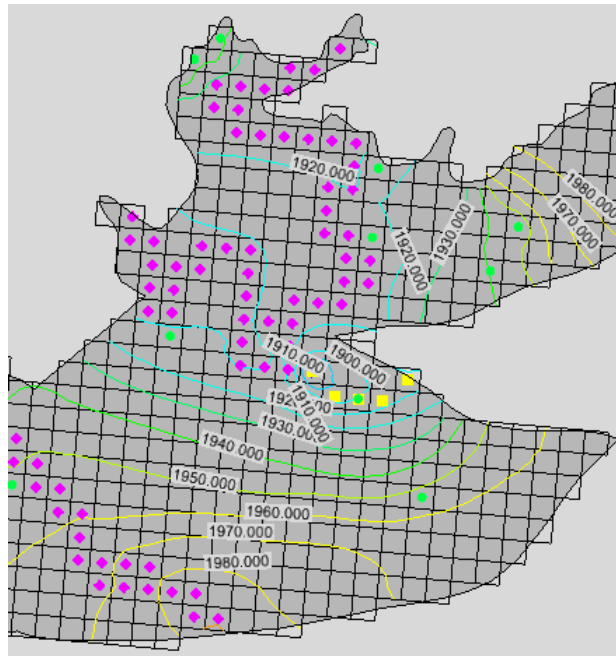


图 5.3-5 输水隧洞输排水流场局部图

5.3.3.2 第二段

为 k9+400m—k10+342m 段，采用 Q—S 曲线法及比拟法对该段隧洞进行涌水量预测

(1) Q—S 曲线法

回归外推：含水层组为寒武系双龙潭组 (\in_2s) 碳酸盐、碳酸盐夹碎屑岩裂隙溶洞类,将隧洞掘进时的涌水流量 Q 和该处水位降深 S 作为散点，进行回归分析，得出 Q-S 曲线，详见图 5.3-6。

根据 Q—S 曲线，通过建立的涌水量与降深的关系方程：

$$Q = 5033.5 \ln(s) + 1662$$

式中：S——水位降深 (m)；

Q——预测隧洞涌水量(m^3/d)

分析计算：根据涌水量与降深的关系方程，预测车马碧水库输水隧洞在寒武系双龙潭 (\in_2s) 地层 k9+400m—k10+341.5m 段，当平均输排水降深为 196.9m 时，预测隧洞涌水量约为 $28252.5m^3/d$ 。

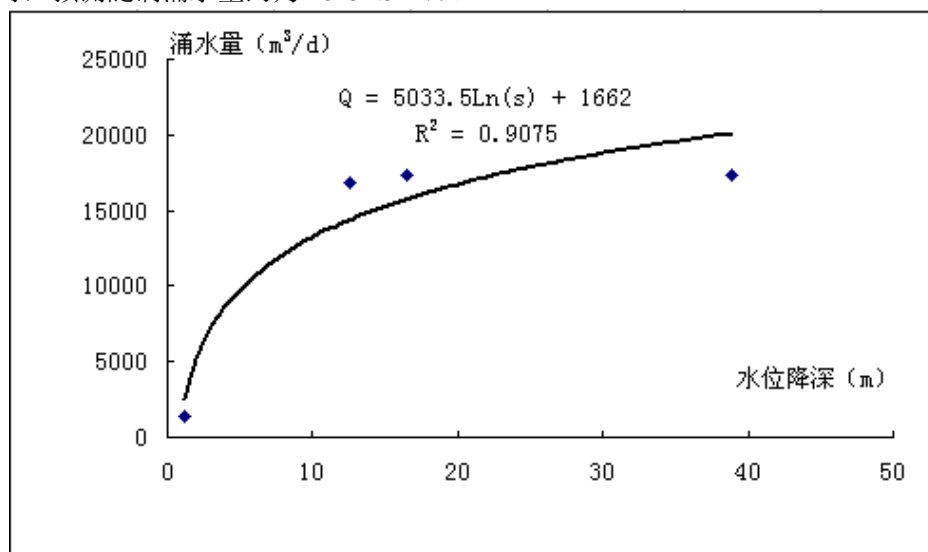


图 5.3-6 大五山 6 号支洞地下水涌水量 Q—S 曲线图

(2) 比拟法

比拟法：大五山隧洞 6 号支洞含水层组为寒武系双龙潭组 (\in_2s) 碳酸盐岩、碳酸盐岩夹碎屑岩裂隙溶洞类：支洞下斜坡度 22.25°，进口高程 2120m，主洞底板高程 1920m 左右。支洞开挖初见水位 2025.3m，随着支洞向下开挖，施工至 140m 时涌水量 $1320m^3/d$ ，270m 时涌水量达 $11380m^3/d$ ，280.5m 时涌水量

17320m³/d, 339.4m 时涌水量 17280m³/d。根据大五山隧洞 6 号支洞区域的地质、水文地质及工程地质调查,以及隧洞各种资料收集分析,大五山隧洞 6 号支洞的施工情况与车马碧饮水隧洞含水层 \in_2s 相近,因此,用大五山隧洞 6 号支洞涌水量推求车马碧饮水隧洞含水层 \in_2s 可能涌水量。

该区域隧洞地下水按埋藏条件划分,属潜水类型,地下水水流速度较快,反映为紊流运动状态,故采用紊流条件下单位涌水量比拟法。

采用公式 (5.3-1) 进行比拟,式中:

Q_0 ——大五山隧洞 6 号支洞涌水量 (m³ / d);

q_0 ——钻孔单位面积涌水量 (L/s m);

F_0 ——大五山隧洞 6 号支洞过水面积即隧洞断面周长*隧洞长度 (m²);

S_0 ——大五山隧洞 6 号支洞水位降深 (m);

F 、 S 分别为车马碧水库饮水隧洞含水层 \in_2s 的过水面积 (m²) 和水位降 (m)。

计算参数具体取值:

Q_0 : 大五山隧洞 6 号支洞施工至 339.4m 时的地下水涌水量为 17280m³/d ;

F_0 : 大五山隧洞 6 号支洞过水面积=隧洞断面周长*隧洞长度,断面周长为 18m,长度为 339.4m,故 F_0 为 6109.2m²;

S_0 : 大五山隧洞 6 号支洞水位降深为 128.5m。

隧洞 k9+400m—k10+341.5m 段,根据其平均水位降深不同,主要分成八段进行涌水量计算,计算预测结果见表 5.3-6。

表 5.3-6 k9+400m—k10+341.5m 段涌水量计算预测

隧洞段	平均降深(m)	预测涌水量(m ³ /d)
k9+400m—k9+482.1m	218.0	2268.4
k9+482.1m—k9+581.7m	196.9	3928.3
k9+581.7m—k9+690.5m	180.5	2735.4
k9+690.5m—k9+793.0m	169.2	2495.0
k9+793.0m—k9+893.0m	174.1	3703.7
k9+893.0m—k9+993.0m	164.1	4171.1
k9+993.0m—k10+93.0m	154.7	2327.5
k10+93.0m—k10+341.5m	125.9	1553.8
合计	—	23183.2

车马碧水库隧洞 k9+400m—k10+342m 段预测涌水量合计约为 23183.2m³/d,但由于随着车马碧水库输水隧洞在寒武系双龙潭 (\in_2s) 地层持续

开挖，输排水工程会改变区域地下水流场，地下水平均水位会呈现下降趋势，每段的平均降深会较上述值小，因此上述预测涌水量较实际涌水量偏大。

5.3.3.3 第三段

为 k15+700m—k20+887m 段，主要采用 Q—S 曲线法及比拟法对该段隧洞进行涌水量预测。

(1) Q—S 曲线法

分析计算同上，根据涌水量与降深的关系方程，预测车马碧水库输水隧洞在寒武系双龙潭（ \in_2s ）地层 k15+700m—k20+887.3m 段长度内，降深约为 180.2m 时，隧洞涌水量合计约为 27806.3m³/d。

(2) 比拟法

输水隧洞 k15+700m—k20+887.3m 段根据其平均水位降深不同，主要分成四段进行涌水量计算，采用公式（5.3-1）进行比拟，计算预测结果见表 5.3-7。

表 5.3-7 k15+700m—k20+887.3m 段涌水量计算预测

隧洞段	平均降深(m)	预测涌水量(m ³ /d)
k15+700m—k16+413.0m	132.4	15814.0
k19+226.9m—k19+633.7m	168.7	9966.3
k19+633.7m—k19+843.7m	180.2	5191.2
k20+744.4m—k20+887.3m	163.5	3496.9
合计	—	34468.4

车马碧水库隧洞 k15+700m—k20+887 段预测涌水量合计约为 34468.4m³/d，但由于随着车马碧水库输水隧洞在寒武系双龙潭（ \in_2s ）地层持续开挖，输排水工程会改变区域地下水流场，地下水平均水位会呈现下降趋势，每段的平均降深会较上述值小，因此上述预测涌水量较实际涌水量偏大。

5.3.3.4 第四段

为 k20+887m—k25+150m 段，采用比拟法进行涌水量预测。

引水隧洞响水街—F9 断层段：该隧洞开挖段位于水文地质单位（V），开挖地层为志留系妙高组（S_{3m}），地层岩性为灰、深灰色、黑色中层状—块状灰质白云质为主，夹泥质泥晶骨屑灰岩、白云质灰岩。地表出露区域局部可见浅平的小型洼地及溶斗，地下多见溶隙。径流模数 Md 约为 3.94-17.68L/s.km²，泉流量 Qd 约为 0.24-46.45L/s，富水性较强。

由于隧洞在志留系妙高组（S_{3m}）碳酸盐岩夹碎屑岩中开挖长度约长 400m，开挖顶板距地下水位线一般在 50m 左右，因此隧洞开挖顶板会面临较强的岩溶

渗水问题，应做好应急预案，高度重视输水排水工作。

S₃m 地层平均水位降深约为 134m，根据其水位降深，分段降深进行涌水量计算，计算预测结果见表 5.3-8。

表 5.3-8 k20+887m——k25+150m 段涌水量计算预测

隧洞段	平均降深(m)	预测涌水量(m ³ /d)
k24+62.1m—k24+162.1m	166.2	1111.9
k24+162.1m—k24+262.1m	162.3	1098.7
k24+262.1m—k24+362.1m	158.7	1086.5
k24+362.1m—k24+462.1m	155.5	1075.5
k24+462.1m—k24+562.1m	150.6	1058.4
k24+562.1m—k24+662.1m	144.6	1037.1
k24+662.1m—k24+762.1m	132.9	994.2
k24+762.1m—k24+862.1m	133.5	996.5
k24+862.1m—k24+962.1m	129.4	981.1
k24+962.1m—k25+62.1m	124.4	961.9
k25+62.1m—k25+162.1m	118.7	939.6
k25+162.1m—k25+262.1m	112.9	916.4
k25+262.1m—k25+362.1m	105.5	885.8
k25+362.1m—k25+462.1m	103.7	878.3
k25+462.1m—k25+562.1m	111.0	908.6
k25+562.1m—k25+662.1m	124.8	963.5
k25+662.1m—k25+790.3m	144.5	1329.1
合计	—	17223.1

车马碧水库隧洞 k20+887m——k25+150m 段预测涌水量合计约为 17223.1m³/d，但由于随着引水隧洞开挖的持续进行，输排水工程会改变地下水流场，地下水平均水位会呈现下降趋势，每段的平均降深会较上述值小，因此上述预测涌水量较实际涌水量偏大。

5.3.4 施工期地下水环境影响评价

工程对地下水产生影响的施工活动主要为导流泄洪隧洞、输水隧洞及其支洞等隧洞的开挖。

5.3.4.1 导流泄洪隧洞开挖影响

导流泄洪隧道施工区域没有饮用抽水井，而隧道上方区域亦未见有水田，同时隧洞顶部均做了防渗处理，隧道施工引起的地下水位变动在施工结束之后会很快恢复，因此，隧道生产排水可能产生的地下水环境问题主要为隧洞施工过程中产生的生产废水及隧洞输排水对区域地下水环境的影响。

导流泄洪隧洞布置在大坝左岸，与导流洞全结合，由进口有压段、竖井段、无压段等组成，全长 637.0m。隧洞进口底板高程 1899.39m，有压段为圆形断面，

洞径 4.5m；洞身无压段圆拱直墙型断面，断面尺寸 4.5m×6.0m。隧洞由进口明渠段、进口方形段、进口喇叭段、方形有压洞身段、检修闸门竖井段、洞身渐变段、圆型有压洞身段、出口渐变段、出口工作弧门闸室段、出口明渠扩散段段、消力池段和出口护坦段组成，洞身段长为 312.2m，全长 536.03m。

隧洞区出露地层岩性为志留系关底组下段 (S_3g^1) 深灰、黄绿色泥质页岩、粉砂岩、含砾砂岩夹少量泥质灰岩，地层厚度 52~346m。赋存地下水类型为基岩裂隙水，富水性中等，所在区域地下水整体由北、南两侧向区域地下水排泄基准面马龙河方向径流排泄。隧洞开挖地层为志留系关底组下段 (S_3g^1)，地下水类型属于基岩裂隙水。由于地层整体富水性较弱，旱季地下水位整体略高于隧道顶板，因此隧道顶板在施工地下水渗透量相对不大，对区域地下水流场改变较小。然而，雨季降水入渗将导致区域地下水水位明显抬升，则可能面临地下水位上涨、涌水量增大的问题。

5.3.4.2 输水隧洞施工对周边饮用泉的影响

输水隧洞主洞在开挖过程中的涌水量已在 5.3.2 小节进行预测。工程施工对工程区周边饮用泉主要影响区域位于 1 号支洞及输水隧洞入口区干冲一小石洞一大草房 (II) 水文地质单元三家村至大石洞村一带。

1 号支洞及输水隧洞入口开挖地层为寒武系龙王庙组 (ϵ_1l) 岩性以灰—深灰色中层一块状白云岩为主，夹泥质白云岩、灰质白云岩，白云质灰岩及粉砂岩、页岩。该区地下水类型为碳酸盐岩夹碎屑岩溶隙裂隙水，地层富水性较强。该单元地下水的补给源主要是大气降水，地下水在北、东两侧山坡及平缓地带接受大气降水补给，大气降水通过岩溶洼地和裂隙等通道进入地下，总体由北东、南西向区域地下水排泄基准面马龙河方向径流，地下水整体在沟谷地带汇入马龙河直接泄流排泄，局部在岩溶洼地及地势较低地区以 W08、W09、W10 等泉的形式排泄。

此外，有大石洞村饮用泉 W08、W09、W10 位于主洞及 1 号支洞附近，泉点出露地层为寒武系龙王庙组 (ϵ_1l)，与支洞开挖所疏排地下水为同一个含水层。

泉点接受其在南部地面降水及地下水的补给，在大石洞村马龙河边以泉点形式排泄，地下水的流向为南北向，由于汇流面积较大，泉水流量也较大，在雨季可达 10L/s 的流量。从平面上看，W08、W09、W10 泉点和矿区同处于一个水文地质单元，1 号支洞施工开挖对该泉点存在很大影响；W09、W10 泉点距 1 号支

洞和主隧洞较近，泉点与隧洞无相对隔水层，岩性也以灰岩为主，故 1 号支洞施工导致 W09、W10 泉点被疏干的可能性较大，W08 泉流量会有一定程度的减小，因此上述隧洞施工引起的地下水环境问题应得到重视。

10 号支洞及引水隧洞 k25+150m（响水街）——k25+800m（F9 断层）段，位于水文地质单位（V），开挖地层为志留系妙高组（S_{3m}）。该区地下水类型为碳酸盐岩夹碎屑岩溶隙裂隙水。该单元地下水排泄基准面响水河整体自西向东由前进水库方向从单元中部径流至面店水库。该单元地下水的补给源主要是大气降水，地下水在西侧高山区及平缓地带接受大气降水补给后，向单元东部地表河流响水河方向径流排泄，局部在岩溶洼地及地势较低地区以 W03 泉的形式排泄。

W03 泉位于隧洞北约 500m 处，泉流量约 30l/s，出露高程约 2025m，为响水街村饮用水源。泉点出露地层为志留系妙高组（S_{3m}），与隧洞开挖所疏排地下水为同一个含水层，而隧洞工程的施工排水，该区的地下水水位会呈现明显的下降，很可能对 W03 的出流流量影响，应引起一定重视。

5.3.5 运行期地下水环境影响评价

5.3.5.1 地下水流场预测模型

水库蓄水之后，库区范围内水头升高为 1938.5m，形成定水头边界，地下水天然流场发生变化，评价范围及面积依旧与地下水流场现状模拟相同，区域上的水文地质参数也未发生改变，因此，预测模型的有效计算面积及参数分区依旧与水库建成之前的地下水流场模型一致。

将马龙河水文地质单元隔水边界圈围的潜水含水层作为模型研究区域，剖分成 120×120×1 的网格，模型有效面积约 43.16km²。

当水库蓄水到 1938.5m 标高后，马龙河流域地下水流场整体较水库建成之前变化相对较大。坝址上游蓄水河道附近地下水水位由 1910m 左右抬升至 1938.5m 水平，地下水水位抬升明显；东西两侧地下水水位离蓄水河道越远，其水位抬升越小；直至东北、西南两侧山区，地下水水位抬升不明显。在马龙河上游，河流东西两侧地下水向马龙河排泄，地下水整体由北往南流动，再自东向西转流至区外，水库周围地下水向水库汇集，回水线范围内形成水头为 1938.5m 的定水头。

5.3.5.2 水库运行期对浸没区的影响

马龙河属山区河流，库内较大支流为左岸白塔河，右岸车章河，其余为树枝

状较小支流，河谷、沟谷多为“U”形谷，河道弯曲，谷地较开阔，河流蜿蜒于谷地内，河床地势平坦。库区影响范围内无矿产资源，河谷两侧 I、II 级阶地多被淹没，正常库水位以上岸坡坡度一般 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，局部 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ；地下水位埋深 $0\sim 50\text{m}$ ，特别是河谷开阔地带及山间小型盆地周边地下水埋藏较浅，多有泉水出露。库区有经常性水流的溪沟，地表水和地下水排泄通畅。

正常蓄水位以上较平缓地带为村庄、农田及耕地，河边岸底部为砂、卵砾石土，地表农田及耕地多由粘性土组成，经取样分析，粘粒含量为 $16.5\%\sim 66.5\%$ ，试验室定名以低液限粘土为主，其次为高液限粘土、粉土。

(1) 浸没地下水埋深临界值的确定

根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB50487-2008)附录 D 类，浸没地下水埋深临界值：

$$H_{cr}=H_k+\Delta H$$

H_{cr} ——浸没地下水埋深临界值 (m)；

H_k ——土的毛细水上升高度 (m)

ΔH ——安全超高值 (m)；

浸没评价只针对民居和耕地 (坡度小于 25°)，耕地细分为旱地、水田。

H_k ——土的毛细水上升高度 (m) 的确定：根据现场调查库区内村庄房屋基岩埋深较浅 (一般小于 2.5m)，表层为砂质粘土、粘土夹碎石，房屋基础部分置于全风化基岩上、强风化基岩上，根据现场探坑毛细水上升高度观测及经验值，本次评价确定强风化基岩 $H_k=0.2\text{m}$ ；全风化基岩 $H_k=0.4\sim 0.5\text{m}$ ；部分房屋基础置于砂质粘土、红粘土层上，根据现场探坑毛细水上升高度观测及经验值，确定 $H_k=0.5\sim 1.0\text{m}$ 。

ΔH ——安全超高值 (m) 确定：耕地 (田) 区，该值即植物根系层的厚度，本次取 0.5m ，稻田区可适当降低；对于村庄居民区，结合水库区村庄民宅房屋的基础形式和砌置深度，确定该值为 1.0m 。

由此，本次评价确定耕地 (田) 区和村庄居民区浸没地下水埋深临界值分别为：

河流洪冲积阶地为二元结构，地下水位位于粗颗粒层以上时，以水库正常蓄水位为起算高程，毛细水上升高度+安全超高作为浸没地下水深临界值，耕地中水田按 1.0m 、旱地按 1.5m ；民居 $1.5\sim 2.0\text{m}$ ；地下水位位于粗颗粒层之中或以下时，不发生浸没；河流洪冲积阶地为单一粗颗粒结构，不发生浸没；为单一细粒

结构，耕地按 0.5-1.0m、民居 1.5-2.0m；基岩及残坡积，可划分为相对不透水岩土，以正常高蓄水位为起算高程，耕地按 0.5-1.0m、民居 1.5-2.0m。

(2) 地下水壅水计算（解析法）公式选用

根据车马碧水库主要浸没部位的地形条件选用以下公式进行地下水位雍高计算：

①公式适用于隔水层底板水平，平缓开阔河谷。

$$y = \sqrt{\frac{L_1}{L}(h_2^2 - h_1^2) + H^2}$$

式中：y——地下水雍高后计算断面处含水层厚度。

h_1 ——水库蓄水前河流水边线处的含水层厚度。

h_2 ——水库蓄水前计算断面处的含水层厚度。

H——隔水地板至水库正常蓄水位之差。

L_1 ——平缓开阔地带后缘至计算断面处的距离。

L——河流水边线至计算断面处的距离。

②公式适用于有渗入时河间地块，两河雍水平缓河岸。

$$y = \sqrt{H_1^2 - X_1 \left\{ \frac{(H_1^2 - H_2^2)}{L_1} - \frac{L_1 - X_1}{L - X} \times \left[\frac{h^2 - h_1^2}{X} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} \right] \right\}}$$

式中：y——地下水雍高后计算断面处含水层厚度。

h_1 ——水库蓄水前其中一河流水边线处的含水层厚度。

h_2 ——水库蓄水前其中一河流水边线处的含水层厚度。

h——计算断面位置处的含水层厚度。

H_1 ——一河隔水地板至水库正常蓄水位之差。

H_2 ——一河隔水地板至水库正常蓄水位之差。

L_1 ——两河河流水边线间的距离。

L——两河河正常蓄水水位线间的距离。

X_1 ——正常蓄水水位线与岸坡交点至计算断面的距离。

X——河流水边线至计算断面的距离。

③公式适用于有渗入时河间地块，一河雍水一河不雍水。

$$y = \sqrt{H_1^2 - X_1 \left\{ \frac{(H_1^2 - h_2^2)}{L_1} - \frac{L_1 - X_1}{L - X} \times \left[\frac{h^2 - h_1^2}{X} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} \right] \right\}}$$

选用以上所列举的三个公式用于计算剖面计算出所计算的某个断面在水库

正常蓄水后的含水层厚度，根据此断面蓄水前与蓄水后的含水层厚度对比得出地下水雍高高度，绘出雍高地下水位线。

(3) 耕地（田）浸没评价

经分析计算：水田浸没位置在车章河库尾段角家村至大车章乡村公路以北—何家村（顺流右岸）长 600m 的地段；旱地内涝位置在下罗贵村东侧冲沟内回水尾部的溶蚀洼地内。据统计，正常水位线 1938.5m 时，水田浸没 31.02 亩，内涝 2.16 亩。耕园地征用线高程以下耕地（田）不进行浸没评价。

库区浸没计算成果汇总见表 5.3-9。

表 5.3-9 库区浸没计算成果汇总表

位置		正常水位线1938.5m				
村庄名称		水田（亩）	旱地（亩）	林地（亩）	农村宅基地（亩）	
浸没区	白塔	大罗贵			20.26	
		西冲			1.59	
		张基屯			2.64	
		白塔			1.64	
	车章	小车章	4.29			10.92
		大车章	13.92			5.81
		三家村				0.75
	何家	王家	9.71			
		河湾	3.10			
	格里	上、中罗贵		2.16（内涝）		9.68
		下罗贵				1.00
		碧胯				5.64
		发胯				6.20
		黄坝				5.19
		格里				4.92
		云水机械厂				27.96
	浸没区合计		31.02	2.16（内涝）		104.2

水库蓄水后，随着地下水位不断的抬高而引起水库周围地下水壅高。当库岸比较低平宽阔，且地面高程与库水位相差不大时，地下水位壅高后可能接近甚至高出地面而产生浸没；或库水向水库两侧及分水岭外侧的洼地渗漏而使该类洼地的地下水位抬高而产生浸没。

此外，由于车马碧水库淹没区、浸没影响区均被划为水库工程建设的永久性征地，因此水库运行后对淹没区产生的环境地质问题不会对居民产生危害。

5.3.5.3 水库运行对周边泉水、抽水井的影响

车马碧水库建成之后，水库正常蓄水位 1938.5m，坝址上游部分泉水、抽水井等会被淹没，见图 4.1-2、表 4.1-3、表 4.1-4。

车马碧水库蓄水到正常蓄水位 1938.5m 后, 水库淹没区淹没的村民饮用泉主要有 W10 (三家村)、W13 (大罗贵村)、W19 (下罗贵村)、W24 (水井凹村)、W25 (下西冲村)、W26 (上西冲村)、W27 (白塔村)。

上述涉及淹没饮用水点的村庄中, 只有大罗贵村 (W13) 整体搬迁, 其它三家村 (W10)、下罗贵村 (W19)、水井凹村 (W24)、下西冲村 (W25)、上西冲村 (W26)、白塔村 (W27) 等 6 个村庄均只有受水库蓄水影响严重的部分村民涉及搬迁, 因此应对村民的饮用泉点开展相应的保护措施, 保障村民生活饮水安全。

具体饮用情况简述如下:

(1) 三家村饮用泉 W10: 位于车马碧水库引水隧洞入洞附近, 出露高程约 1912m, 现状下已被修砌成圆形蓄水池、未封闭, 其旁修有抽水泵房。当水库蓄水至 1938.5m 后, 高于泉点出露高程约 26.5m, 泉 W10 不再适合作为三家村饮用水来源, 也无法在现有条件下进行加固等其他处理, 故拟在其他地段寻找合适水源。

替代方案: 拟在该村附近新建一口抽水井, 孔深拟定约 160m。

(2) 下罗贵村饮用泉 W19: 位于下罗贵村河边, 出露高程约 1917m, 当水库蓄水至 1938.5m 后, 高于泉点出露高程约 21.5m, 泉 W19 不再适合作为下罗贵村村饮用水来源。

初步替代方案: 拟在该泉点附近高处新建一口抽水井, 孔深拟定约 160m。

(3) 水井凹村饮用泉 W24: 位于水井凹村内, 出露高程约 1928m, 水库蓄水后, 泉 W24 不再适合作为水井凹村饮用水来源, 也没法在现有条件下进行加固等其他处理, 故拟在其他地段寻找合适水源。

替代方案: 拟在村内合适地段新建一口抽水井, 孔深拟定约 160m。

(4) 上西冲村饮用泉 W26: 出露高程约 1927m, 水库蓄水后, 泉 W24 不再适合作为上西冲村饮用水来源。

替代方案: 拟在村内合适地段新建一口抽水井, 孔深拟定约 160m。

其他即下西冲村 (W25) 白塔村 (W27) 等村饮用泉, 由于泉出露高程分别为 1935m、1938m, 拟在泉点附近合适地段分别新建一口抽水井, 孔深拟定约 140m。

5.3.5.4 水库供水对灌区地下水的影响

曲靖主城区现有城市供水水源潇湘水库和西河水库、陆良县城供水水源莲花田水库承担的 6.38 万亩耕地改由车马碧水库自流灌溉。

车马碧水库工程多年平均总供水量 7776 万 m^3 ，供本区马龙河流域工业用水 171 万 m^3 ；供曲靖灌区 7605 万 m^3 ，其中供西山灌区工业 3589 万 m^3 ，供西河水库灌区农业灌溉 1455 万 m^3 ，供潇湘水库灌区农业灌溉 1428 万 m^3 ，供莲花田灌区农业灌溉 1136 万 m^3 。

车马碧水库供水灌区内耕地主要为水田，因此水库供水时间基本为枯季三月中旬至六月中旬，结合灌区水资源及作物种植情况，考虑降雨、气温、日照、风速、蒸发、湿度等一系列气象资料，参考《中国主要作物需水量与灌溉》、《滇中高原红壤旱地水分平衡定位研究》、《曲靖市气象资料手册》，对水库为车马碧灌区供水后，灌区水量均衡性、地下水位变化等情况做如下简要分析及计算。

(1) 潇湘水库灌区、西河水库灌区

潇湘水库灌区 2.09 万亩耕地农业灌溉多年平均需水 1428 万 m^3 ，需由车马碧水库供水。西河水库灌区车马碧水库可自流灌溉的 2.13 万亩面积农业灌溉灌溉多年平均需水 1455 万 m^3 ，需由车马碧水库供水。综上，车马碧水库向潇湘水库灌区、西河水库灌区供水恢复灌溉面积合计为 4.22 万亩 ($28134740m^2$)，合计受水 2880 万 m^3 ，灌区受水分布见图 5.3-7。上述受水区盆地位于评价范围东部，地势平坦，标高一般在 1853-1863m 之间，呈椭圆形状，面积较广。四周群山环绕，东侧山高，西侧为较开阔平缓的丘陵。南盘江发源于沾益境内刘麦地、芹菜沟、大黑山一带，由北往南贯串整个盆地。

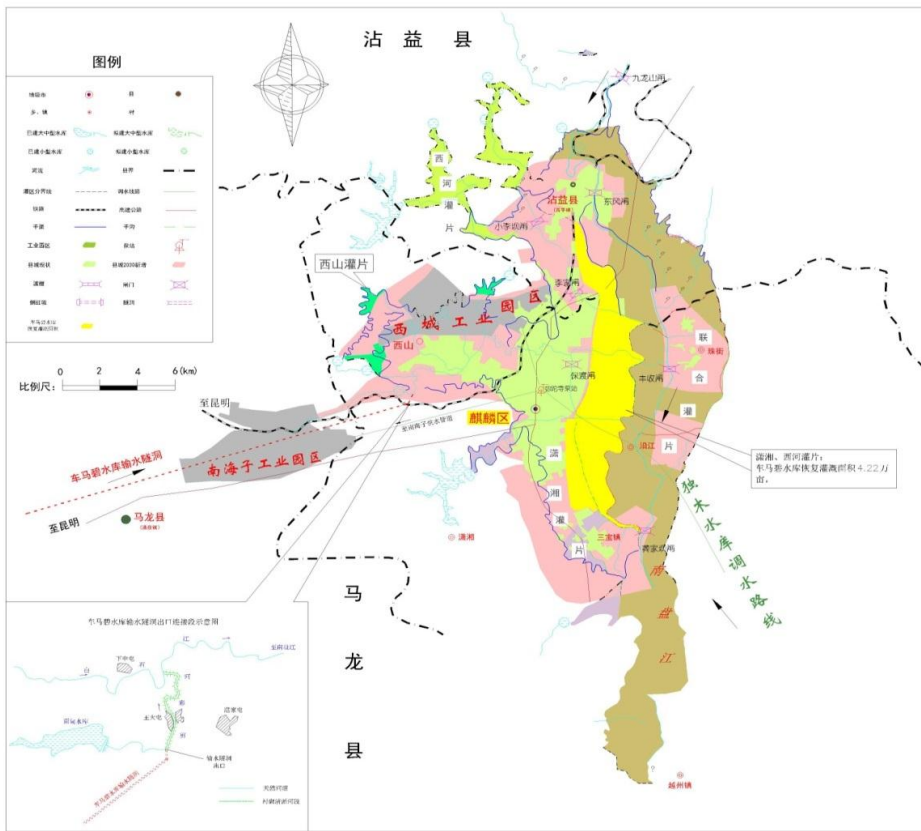


图 5.3-7 潇湘水库灌区、西河水库灌区分布图

根据沾-曲盆地已有的钻孔及区域地质资料，坝区第四系松散层厚度一般在 20~150m，最厚可达 600m。灌区上部被第四系 Q_4 冲湖积砾石、粘土层所覆盖。其中根据沾-曲灌区已有的钻孔及区域地质资料，已有钻孔揭露厚度第四系 38.85m，其中砂砾石层厚 1.25-11.6m，埋深 2.43-27.93m，松散层孔隙水水位埋深一般在 3-5m，局部具承压性。盆地基底主要以 P_1q+m 、C、 D_3zg 、 D_2q 灰岩、白云岩为主。灌区钻孔柱状图见图 5.3-8。

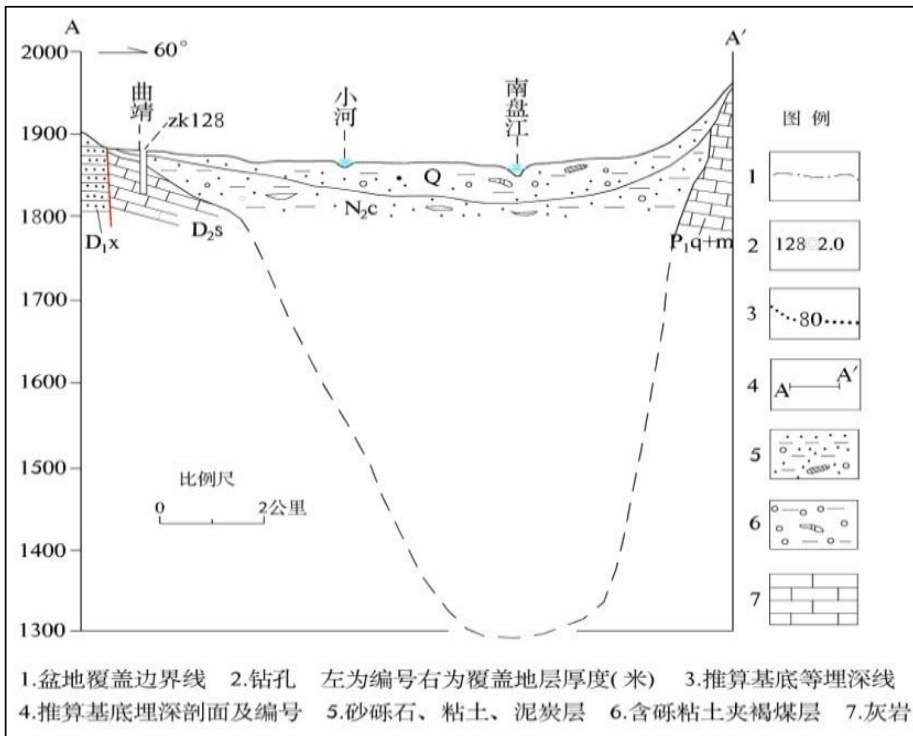


图 5.3-8 沾-曲灌区钻孔柱状图

松散层孔隙水水位埋深一般在 3~5m 左右。灌区松散层地层岩性上部以耕植土为主，厚度 0.3~1.0m；中部为粉砂、细砂岩层，厚度约 15~150m，平均渗透系数为 0.003m/d；底部以泥质粘土为主，厚度约 7~11m，平均渗透系数为 0.0002m/d；下伏基岩以可溶性碳酸盐岩为主，赋存较为丰富的岩溶地下水，平均渗透系数为 0.3m/d。由于灌区松散层底部为较厚、渗透系非常小的泥质粘土层，灌区受水通过松散层进入岩溶含水层的水量相对灌区受水总量在数量级较小，因此在此不做进一步讨论。

灌溉区受水后，将使整个受水区 4.22 万亩（28134740m²）水田一定厚度的松散层包气带饱水，同时还有一部分则通过地表蒸发等方式损耗，其余受水则最终汇入南盘江等地表河流。

松散层入渗体积量 $V_{\text{渗}}$ 采用如下进行计算：

$$V_{\text{渗}} = Q_{\text{渗}} T = KJAT$$

式中： $V_{\text{渗}}$ —灌区岩溶水的渗入体积量，m³；

$Q_{\text{渗}}$ —灌区地下水的渗入量，m³/d；

K —灌区土层的渗透系数，取 0.0025m/d；

J —水力梯度，由于渗透途径和水头差相等，因此取值 1；

A —灌区面积，取 28134740m²；

T —灌溉时间，约三个月即 120d；

灌区孔隙水水位饱水厚度与孔隙水水位抬升幅度 H 有如下式关系：

$$V_{\text{渗}}=AH\varphi$$

式中： $V_{\text{渗}}$ —灌区地下水的渗入体积量，m³；

A —灌区面积，取 28134740m²；

H —灌区孔隙水水位抬升幅度，m；

φ —孔隙度，据区域资料取 0.55；

灌区水田蒸发体积量计算见下式：

$$V_{\text{蒸发}}=F_{\text{蒸}}AT$$

式中： $V_{\text{蒸发}}$ —灌区受水的蒸发体积量，m³；

A — 灌区面积，取 4.22 万亩（28134740m²）；

$F_{\text{蒸}}$ —灌区天然平均蒸发系数，取 1.1m/a；

T —灌区受水集中时间，约取 120d；

灌区受水区松散层包气带含水量计算见下式：

$$V_{\text{包}}=Ah\varphi_{\text{饱}}$$

式中： $V_{\text{包}}$ —灌区包气带含水量，m³；

$\varphi_{\text{饱}}$ —灌区包气带饱水度，取 0.05；

h —灌区包气带饱水厚度，据曲靖坝钻探资料平均取 7.0m；

A —整个受水区面积，取 4.22 万亩（28134740m²）；

结合上述几个公式，计算所得 $V_{\text{渗}}$ 、 $V_{\text{蒸发}}$ 、 $V_{\text{包}}$ 合计水量约为 28462336.29m³，与现状下水库未供水前灌区原有受水量 28800000 m³ 相差不大。说明现状下现有灌区在 2880 万 m³ 受水条件下，所供水大部分被灌区松散层吸收，一部分通过地表正常蒸发，剩余很小部分约 337663.71m³ 受水则最终排泄入南盘江等地表河流。

（2）莲花田水库灌区

莲花田水库农业灌溉多年缺水 1136 万 m³，缺灌面积 2.16 万亩。农业灌溉缺水拟由车马碧水库解决，通过输水隧洞输水到西山灌片后，灌溉供水放进白石江，流入南盘江干流，利用河道输水到响水坝水库西干渠，从西干渠提水 10~20m 供给莲花田灌片。灌区分布图见图 5.3-9。

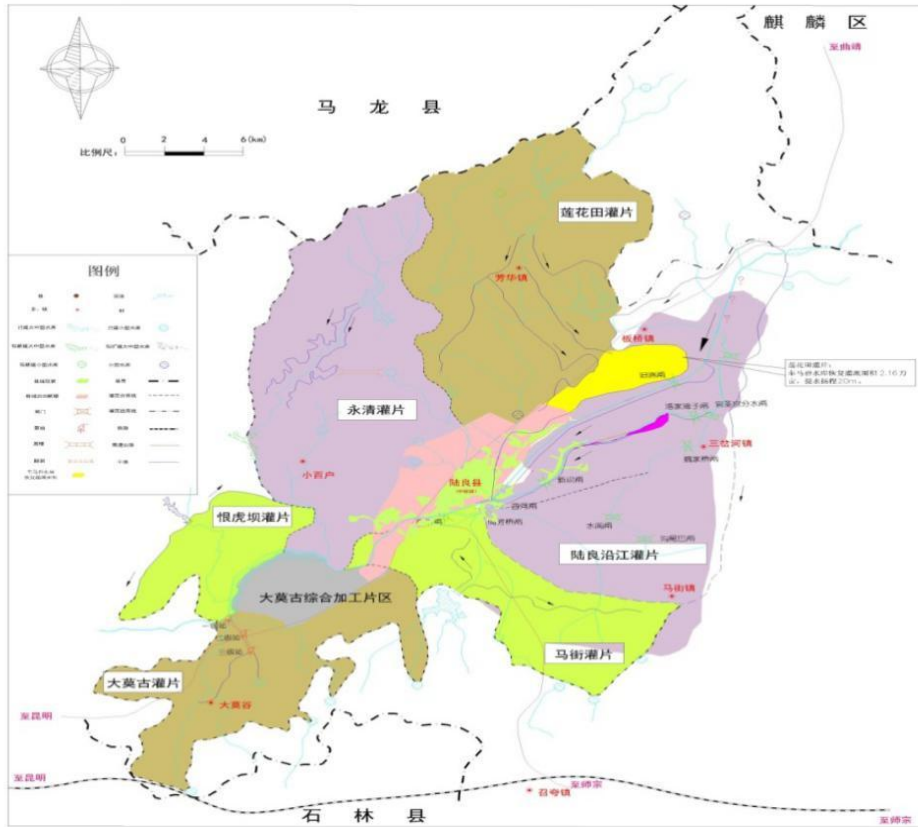


图 5.3-9 莲花田水库灌区分布图

灌溉区受水后，将使整个受水区 2.16 万亩（ 14400720m^2 ）水田一定厚度的松散层包气带饱水，同时还有一部分则通过地表蒸发等方式损耗，其余受水则最终汇入地表河流。采用相同的计算方法，所得 $V_{\text{渗}}$ 、 $V_{\text{蒸发}}$ 、 $V_{\text{包}}$ 合计水量约为 11184230.42m^3 ，与现状下水库未供水前灌区原有受水量 13530000m^3 相差不大。说明现状下现有灌区在 $1136\text{万}\text{m}^3$ 受水条件下，所供水大部分被灌区松散层吸收，一部分通过孤峰岩溶发育区直接补给地下岩溶水以泉、暗河的形式排出区外，一部分通过地表正常蒸发，剩余很小部分约 175769.58m^3 受水则最终排泄入地表河流。

此外，据《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》，现状下灌区受水水质为III类，而车马碧水库运行的目标功能为城市工业供水及农业灌溉用水，水质为IV类。调水前后灌溉用水水质均优于V类农业用水的水质标准。

灌区水源由III类水变为IV类水后，地下水水环境会受一定程度的影响。但由

于灌区的大部分受水直接经过地表蒸发作用回归大气层，还有一部分受水重新排泄入河道，只有相对较少一部分由地表水转化为地下水，在循环转化的过程中，对原有地下水环境的影响相对较小，且加之灌区周边村民一般采用水厂的自来水及深层地下水作为生活水源，因此灌区水源改变后对居民影响不大，不会产生环境水文地质问题。

5.4 对陆生生态的影响

5.4.1 对陆生植被的影响

5.4.1.1 枢纽工程占地对植被的影响

(1) 枢纽工程永久占地影响

车马碧水库主体工程枢纽区永久征地范围均位于马龙县境内，总占地面积 31.18hm^2 。枢纽工程建设永久征地总面积中，耕地 5.19hm^2 、人工林 4.18hm^2 （人工用材林 3.46hm^2 、人工经济林 0.72hm^2 ）、自然植被 6.71hm^2 ，全部是云南松林，交通运输用地 0.37hm^2 、住宅用地 0.09hm^2 、水域及水利设施用地 1.43hm^2 。

除此之外，还有管理房占地 0.74hm^2 ，全部为旱地，没有占用其他类型植被。进场公路征地区 11.13hm^2 ，占用自然植被 3.6hm^2 ，其中，天然云南松林 1.38hm^2 ，暖热性灌丛 2.22hm^2 ，未占用常绿阔叶林。鱼类增殖场共占地 1.33hm^2 ，全部是水田。枢纽工程永久征地区土地平衡情况详见表 5.4-1。

(2) 枢纽工程施工临时占地影响

车马碧水库工程大坝枢纽施工临时占地均位于马龙县境内，合计面积 20.19hm^2 ，涉及的工程项目区域为枢纽工程建设区，其中耕地 10.83hm^2 ，面积占用最大，人工林占 0.99hm^2 （包括人工用材林 0.46hm^2 、人工经济林 0.53hm^2 ）。自然植被共占 8.38hm^2 ，自然植被中，占用云南松林 3.7hm^2 、占用灌丛 4.68hm^2 ，半湿润常绿阔叶林没有被占用。

枢纽工程施工区临时占用土地平衡情况详见表 5.4-2。

枢纽工程永久占地的生态影响是不可恢复的，但由于永久占地中仅有 10.31hm^2 为自然植被（天然云南松林），占永久占地总面积的 37.31% ，仅占评价区同类植被的 0.11% ，加之占地区无保护植物分布，故对评价区植被影响很小。

在临时占地占用的土地类型中， 41.56% 为自然植被，其中天然云南松林仅占评价区同类植被的 0.05% ，暖温性灌丛仅占评价区同类植被的 0.55% ，且无珍贵

野生植物分布。临时占地一旦工程结束，可通过恢复措施，这部分临时占用的植被可以再次进行栽种。其生态影响可以逐渐恢复。故临时占地对评价区植被影响很小。

因此，枢纽工程占地对植被特别是自然植被影响很小。

表 5.4-1 车马碧水库主体工程枢纽占地对植被的影响一览表 单位：hm²

植被类型		枢纽工程建设区		小计	鱼类增殖站	进场公路	管理用地	合计	评价区同类植被	评价区同比%
		永久	临时		永久	永久	永久			
自然植被	半湿润常绿阔叶林	0	0	0	0	0	0	0	354.03	0
	天然云南松林	6.71	3.7	10.41	0	1.38	0	11.79	6940.47	0.17
	暖温性灌丛	0	4.68	4.68	0	2.22	0	6.9	852.55	0.81
	小计	6.71	8.38	15.09	0	3.6	0	18.69	8147.05	0.23
人工林	人工用材林	3.46	0.46	3.92	0	1.9	0	5.82	3836.97	0.15
	人工经济林	0.72	0.53	1.25	0	0	0	1.25	1054.81	0.12
	小计	4.18	0.99	5.17	0	1.9	0	7.07	4891.78	0.14
农田植被	水田植被	2.14	2.09	4.23	1.33	0.94	0	6.5	6743.82	0.1
	旱地植被	3.05	8.74	11.79	0	4.71	0.74	17.24	5083.59	0.34
	小计	5.19	10.83	16.02	1.33	5.64	0	22.99	11827.41	0.19
人工植被小计		9.37	11.82	21.19	1.33	7.54	0.74	30.8	16719.19	0.18
建筑用地		0.09	0	0.09	0	0	0	0.09	1913.85	0.01
交通道路		0.37	0	0.37	0	0	0	0.37	306.97	0.12
水域		1.43	0	1.43	0	0	0	1.43	707.5	0.2
其他土地（未利用地）		0	0	0	0	0	0	0	1801.89	0
总合计		17.98	20.19	38.17	1.33	11.13	0.74	51.37	29790.86	0.17

表 5.4-2 车马碧水库主体工程临时占地对植被的影响一览表单位：hm²

植被类型		临时道路	1#渣场	砂石加工系统	象山石料场	生产区	合计
自然植被	针叶林	1.3	0	0.2	2.2	0	3.7
	灌丛	1.13	1.27	0	2.29	0	4.69
	小计	2.43	1.27	0.2	4.49	0	8.39
人工植被	用材林	0.4	0	0.05	0	0	0.45
	经济林	0.53	0	0	0	0	0.53
	水田	0.73	0	0	0	1.36	2.09
	旱地	2.91	3.83	0.5	0	1.5	8.74
	小计	4.57	3.83	0.55	0	2.86	11.81
合计		6.99	5.09	0.75	4.49	2.86	20.19

5.4.1.2 输水隧洞工程占地对植被的影响

(1) 永久征地面积

车马碧水库输水隧洞工程建设区永久征地总面积 6.47hm²，其中，耕地 5.80hm²、人工林 0.39hm²（人工用材林 0.32hm²、人工经济林 0.07hm²）、自然植被 0.28hm²，全部是云南松林；未占用建筑用地，水域和交通道路。输水隧洞工程建设区永久征地区土地平衡情况详见表 5.4-2。

(2) 施工临时占地面积

车马碧水库输水隧洞工程建设区临时占地项目包括场内临时道路、弃渣场、砂石加工场地、石料场和生产生活区。合计占地面积 62.49hm²，其中耕地 44.99hm²、人工林 9.17hm²（人工用材林 1.32hm²、人工经济林 7.85hm²）、自然植被 8.35hm²，均为云南松林。枢纽工程施工区临时占用土地平衡情况详见表 5.4-2。

输水隧道工程被临时占用的自然植被共 8.35hm²，工程结束后通过植被恢复措施，和生境自然恢复过程，其群落特征及其中的生物多样性可以逐渐得到恢复。工程临时占用的人工植被为 54.16hm²。工程结束后通过恢复措施，这部分临时占用的植被可以再次进行栽种。其生态影响可以逐渐恢复。故临时占地对评价区植被影响很小。

表 5.4-2 车马碧水库输水隧洞工程建设区占地对植被的影响一览表 单位: hm²

植被类型		输水隧洞工程建设区		小计	评价区同类植被	评价区同比%
		永久	临时			
自然植被	半湿润常绿阔叶林	0	0	0	354.03	0.00
	天然云南松林	0.28	8.35	8.63	6940.47	0.12
	暖温性灌丛	0	0	0	852.55	0.00
自然植被小计		0.28	8.35	8.63	8147.05	0.11
人工植被: 人工林	人工用材林	0.32	1.32	1.64	3836.97	0.04
	人工经济林	0.07	7.85	7.92	1054.81	0.75
人工林小计		0.39	9.17	9.56	4891.78	0.20
人工植被: 农田	水田植被	2.25	6.18	8.43	6743.82	0.13
	旱地植被	3.55	38.81	42.36	5083.59	0.83
农田植被		5.8	44.99	50.79	11827.41	0.43
人工植被小计		6.18	54.16	60.34	16719.19	0.36
总合计		6.47	62.49	68.98	24866.24	0.28

5.4.1.3 水库淹没对植被的影响

根据工程设计资料和实物调查，车马碧水库库区淹没影响总面积 793.28hm²。

影响方式包括河道淹没和浸没影响。其中，以河道淹没影响为最主要的影响，其他方式的影响面积很小。

调查表明，受淹没影响的植被包括自然植被和人工植被两部分，累计面积 693.32hm²。淹没影响的自然植被包括半湿润常绿阔叶林、天然云南松林和暖温性灌丛 3 种类型，累计面积 123.91hm²，占评价区自然植被面积的 1.52%。其中，被淹没的半湿润常绿阔叶林 5.01hm²、占评价区常绿阔叶林的 1.42%；天然云南松林 89.28hm²，占评价区云南松林的 1.29%、暖温性灌丛 29.62hm²，占评价区暖温性灌丛的 3.47%。这部分植被在水库蓄水后将永久消失，使评价区自然植被的面积显著减少。

被淹没的人工植被面积 569.41hm²，占评价区同类型植被面积的 3.41%。被淹没的人工植被中，人工林淹没面积 99.75hm²，占评价区人工林的 2.04%（人工用材林 66.33hm²、人工经济林 33.42hm²）；耕地植被被淹没面积 469.66hm²，其中，旱地 169.37hm²，水田 300.28hm²，分别占阿岗水库工程淹没影响同类面积的 3.33%、4.45%，对水田影响最大。这对评价区马龙县周边社区的农业生产造成一定影响。

此外，工程淹没住宅用地共 23.48hm²，其中，农村宅基地 16.49hm²，工矿用地 6.99hm²。交通运输用地 6.83hm²、水域及水利设施用地 47.97hm²、其他土地 12.53hm²。水库淹没影响区情况详见表 5.4-3。

根据调查，车马碧水库库区浸没影响总面积为 9.15hm²。受水库浸没影响的植被为人工植被，全是耕地，为 2.21hm²（水田 2.07hm²、旱地 0.14hm²），占评价区同类型植被面积的 0.01%。此外，建筑用地受影响的共 6.94hm²，其中，农村宅基地 5.08hm²，工矿用地 1.86hm²。水库浸没影响区情况详见表 5.4-3。

水库蓄水后，由于水面蒸发量较大，库周区域湿度变大：由于水体的热容量大于陆地，局地年温度变化将变小，对极端气温的出现有一定减缓作用，有利于区域植被的生长和农业生产活动，植被特别是森林也会为栖息于其中的野生动物提供更好的生境。

水库蓄水淹没对区域的生态影响是不可恢复的，但由于淹没总面积（784.12hm²）的 72.62%为农田、旱地、人工用材林和人工经济林，这些区域野生动物种群数量不多，而且这些动物属于广布种，没有属于该地区独特的生物种群，库区也不是国家重点保护动物的主要栖息地，所栖息的野生动物本身有较强的逃逸能力，因此水库蓄水对野生动物的影响不大。

受水库淹没影响最大的是人工植被，受影响的野生植物均为一般性的、分布广泛的物种，水库蓄水淹没部分植物群落，其影响是当地的生态系统可以承受的。

表 5.4-3 车马碧水库建设淹没对植被的影响 单位：hm²

植被类型		水库淹没影响区		小计	评价区同类植被	评价区同比%	
		淹没区	浸没区				
自然植被	半湿润常绿阔叶林	5.01	0	5.01	354.03	1.42	
	天然云南松林	89.28	0	89.28	6940.47	1.29	
	暖温性灌丛	29.62	0	29.62	852.55	3.47	
	自然植被小计	123.91	0	123.91	8147.05	1.52	
人工植被	人工林	人工用材林	66.33	0	66.33	3836.97	1.73
		人工经济林	33.42	0	33.42	1054.81	3.17
		人工林小计	99.75	0	99.75	4891.78	2.04
	农田植被	水田植被	300.28	2.07	302.35	6743.82	4.48
		旱地植被	169.37	0.14	169.51	5083.59	3.33
		农田植被小计	469.66	2.21	471.86	11827.41	3.99
	人工植被小计		569.41	2.21	571.61	16719.19	3.42
建筑用地	农村宅基地	16.49	5.08	21.57			
	工矿用地	6.99	1.86	8.85			
	建筑用地小计	23.48	6.94	30.42	1913.85	1.59	
交通道路	铁路	0.99	0	0.99			
	道路	5.84	0	5.84			
	交通道路小计	6.82	0	6.83	306.97	2.22	
水域	河流	47.14	0	47.14			
	鱼塘	0.83	0	0.83			
	水域小计	47.97	0	47.97	707.50	6.78	
其他土地（未利用地）		12.53	0	12.53	1801.89	0.70	
合计		784.12	9.15	793.28	29790.86	2.66	

5.4.1.4 移民安置占地对植被的影响

现场调查表明，车马碧水库工程的移民安置占地周边的环境多为缓坡环境，其海拔范围介于 1880~2100m。移民安置占地周边土地类型中，平缓处以耕地（旱地）为主，石灰岩和缓坡则以灌丛或云南松林为主。

车马碧水库工程的移民安置累计占地面积 27.98 hm²，占用的植被类型以耕地植被为主，占用 20.15 hm²（包括水田 0.42 hm²、坡耕地 12.36 hm²、梯平地 0.47 hm²）；其次是暖温性针叶林，占用 4.08 hm²；占用人工用材林（人工圣诞树林）0.86 hm²；占用灌丛面 1.81hm²；此外占用交通运输用地 1.09 hm²。占用的植被类型及面积详见表 5.4-4。

表 5.4-4 车马碧水库建设项目移民安置点占地对植被的影响 单位: hm²

	暖温性 针叶林	人工用 材林	灌丛	水田	坡耕地	梯平地	交通运 输用地	合计
移民安置区	1.17	0.42			9.31	6.90		17.80
专项设施复建区	2.91	0.44	1.81	0.42	3.05	0.47	1.09	10.18
合计	4.08	0.86	1.81	0.42	12.36	7.37	1.09	27.98

受移民安置影响的灌丛植被主要是牛筋木+柃木灌丛及火棘+柃木灌丛，此类灌丛是当地十分次生的灌丛植被。受影响的物种主要有牛筋木、柃木、火棘、云南松、云南油杉、栓皮栎、窄叶石栎、白穗石栎、马缨花、旱冬瓜、水红木、滑竹、川梨、云南连蕊茶、地果、乌鸦果、铁仔、碎米莎草、异叶泽兰、篇蓄、野古草、鬼针草、千里光、沿阶草、拉拉藤、大叶茜草、大丁草、长毛香薷、黄褐珠光香青、莎草、砖子苗、蕨、滇龙胆、菝葜、素馨等。这些物种分布范围较广，在项目区、项目评价区以及评价区外度广泛分布，种群数量较多，本工程的移民安置对这些植物的影响不大。

总之，车马碧水库建设项目涉及移民较多，本工程水库淹没及移民安置对安置区土地资源的压力不是很大，移民安置占用的土地以占用旱地为主，其次是占用未利用地，占用自然植被面积（仅占用灌丛）较小，而且这种影响分散到多个安置点。从陆生生态的角度看，移民安置在安置期（施工期）对自然植被的影响不大。

5.4.2 对陆生植物的影响

5.4.2.1 对保护植物的影响

现场调查，车马碧水库评价区，包括主体工程施工区、水库淹没区、移民安置区未发现名木古树，未发现狭域特有植物，未发现国家级和省级保护植物，工程建设对此类植物没有影响。

5.4.2.2 对一般植物资源的影响

(1) 水库淹没的影响

水库淹没将影响到植物种类约近 150 余种，其中包括较多的阳性次生种类及外来入侵植物。库区的植株将随着工程的竣工蓄水而永久消失，如云南松 *Pinus yunnanensis*、黄毛青冈 *Cyclobalanopsis delavayi*、栓皮栎 *Quercus variabilis*、山合欢 *Albizia kalkora*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora* 等物种。由于评价区这些物种的数量较多，而且繁殖正常，因此这些物种的部份个体在淹没区消失，不会导

致这些物种的灭绝。

(2) 施工区的影响

本水库工程施工区存在约 130 种自然分布的植物种类,这部分植株有的会随工程的施工而永久消失,有的在工程结束后通过植被恢复措施和自然恢复过程,其群落特征及其中的生物多样性可以逐渐得到恢复。由于位于居民点附近,原生群落中的物种已经大部分消失,残存下来的主要是次生的种类如兔耳风 *Ainsliaea henryi*、黄毛青冈 *Cyclobalanopsis delavayi*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、鬼针草 *Bidens pilosa*、火棘 *Pyracantha fortuneana*、大白花杜鹃 *Rhododendron decorum* 等。分布于永久占地区的植株有的会随着工程施工永久消失,但是受影响种群数量极小,不会影响到它们的种群生存。而且分布于临时占区域中的物种,在工程竣工后一半左右的物种数量可以逐步更新和恢复,所以对工程区生物多样性不会造成很大影响。

上述施工区中出现的永久消失的植物种类个体主要是次生物种,在云南分布很广,不属于保护植物,也没有狭域分布的植物。这些个体在施工区极小范围内的消失不会影响到这些物种在云南的种群数量,更不会影响到它们的种群生存。而且,其中施工中永久占用的自然植被面积 207.12hm^2 ,临时占用的自然植被面积约 22.73hm^2 。虽然分布于永久占用自然植被中的植物个体将要永久消失,但是分布于临时占用自然植被内的植物个体,在工程竣工后,将可以逐步更新和恢复,即一半左右的物种数量可以逐步更新和恢复。因此,本工程施工区的施工对本区植物多样性的影响非常小。

5.4.3 工程建设对评价区生态系统稳定性影响

5.4.3.1 对评价区生态系统生物量和生产力的影响

(1) 对评价区生态系统生物量的影响

计算表明,拟建车马碧水库项目评价区总面积 29790.86hm^2 范围内,其生态系统累积的生物量约是 1859740.08t (干重),平均每 hm^2 约 62.43t (干重),处于较低水平。由于水库建设的各种工程占地,会减少评价区生态系统的生物量,对当地生态系统的物质循环和能量流动产生一定程度的负面影响,这种影响主要是永久损失影响,临时损失影响很小。

拟建车马碧水库建设项目,将要占用的土地的面积约 941.59hm^2 ,其中有植被分布的面积是 840.88hm^2 ,没有植被分布的面积是 100.73hm^2 。由于绿地面积

的减少，车马碧水库建设将使评价区生态系统永久损失的生物量约是 99052.03 t（干重）。减少的生物量是评价区生物量的 5.33 %。这部分生物量将会永久损失，对评价区的生态系统造成一定的不利影响。

表 5.4-5 项目建设后评价区生态系统生物量的损失一览表

生态系统	评价区面积(hm ²)	工程占用面积	单位面积生物量(t/hm ²)	评价区总生物量(t)	减少量(t)	减少率(%)
常绿阔叶林	354.03	5.01	125.22	44331.64	627.36	1.42
落叶阔叶林	194.41	0	112.68	21906.12	0.00	0.00
暖性针叶林	6940.47	114.08	98.02	680304.87	11182.12	1.64
灌丛	852.55	38.33	75	63941.25	2874.75	4.50
人工用材林	3836.97	74.33	120	460436.4	8919.60	1.94
人工经济林	1054.81	42.59	60	63288.6	2555.40	4.04
耕地	11827.41	566.54	30	354822.3	16996.20	4.79
未利用地(荒地)	1801.89	12.53	30	108113.4	54432.60	50.35
水域	707.5	49.4	10	7075	494.00	6.98
其他(公路、建设用地)	2220.82	38.8	25	55520.5	970.00	1.75
合计	29790.86	941.59		1859740.08	99052.03	5.33

(2) 对评价区生态系统生产力的影响

拟建车马碧水库建设，将占用的土地积 941.59 hm²。由此减少的生物生产力约是 6977.18 (t/a)（干重），评价区生态系统平均每年每公顷将减少生物生产力约 0.23t/a.hm²，即评价区生态系统生物生产力由建设前的 7.41 t/a.hm²，降低为建设后的 7.18 t/a.hm²。评价区生态系统生物生产力的损失率是 3.16 %。可见，由于拟建车马碧水库的建设，将使项目评价区生态系统生物生产力水平下降 3.16 %，一定程度上影响评价区生态系统的稳定性，但是评价区生态系统生物生产力减少的幅度有限，通过完善、提高该区域的生态保护，由车马碧水库工程建设导致这种生态系统生产力水平的降低能够得到显著的弥补。

表 5.4-6 项目建设后评价区生态系统生物生产力的损失一览表

生态系统	评价区面积(hm ²)	工程占用面积	净生产力(t/a. hm ²)	施工前植被生产力(t/a)	减少生产力(t/a)	减少率(%)
常绿阔叶林	354.03	5.01	16.81	5951.2443	84.22	1.42
落叶阔叶林	194.41	0	13.8	2682.858	0.00	0.00
暖性针叶林	6940.47	114.08	9.74	67600.1778	1111.14	1.64
灌丛	852.55	38.33	8.85	7545.0675	339.22	4.50
人工用材林	3836.97	74.33	8.41	32268.9177	625.12	1.94
人工经济林	1054.81	42.59	8.41	8870.9521	358.18	4.04
耕地	11827.41	566.54	6.5	76878.165	3682.51	4.79

未利用地(荒地)	1801.89	12.53	6.5	11712.285	81.44	0.70
水域	707.5	49.4	4	2830	197.60	6.98
其他(公路、建设 用地)	2220.82	38.8	----	----		
合计	29790.86	941.59	7.41(平均)	220750.273	6977.18	3.16

5.4.3.2 对评价区景观生态体系的影响

计算表明,拟建车马碧水库建设前,评价区自然景观包括天然森林景观、灌丛景观、河流水域景观(主要是天然河流景观),三者累计面积 9048.96 hm²,占评价区景观面积的 30.37%。项目建设后,评价区部分天然森林景观和灌丛景观因工程占用,转变为人工建筑景观和人工水域(水库)景观,而评价区原来的自然河流,基本改变为车马碧水库库区,由自然景观转变为人工景观。车马碧水库项目建设后,评价区自然景观的面积由建设前的 9048.96hm²,减少到 8184.04 hm²,减少率为-9.56%。而评价区人工景观,因为水库建设,明显增加,由建设前的 20741.90 hm²,增加到建设后 21606.80 hm²,工程建设前后评价区人工景观的比率上升了 4.17%。其中,变化最显著的集中在车马碧水库的淹没区部分。因此,由于车马碧水库的建设,评价区的景观结构发生较明显的变化。

表 4-11 项目建设前后评价区景观生态体系变化一览表 单位: hm²

景观类型	建设前		工程占用	建设后		减少率 (b-a)/a (%)	
	景观面积 a	百分比 (%)		景观面积 b	百分比 (%)		
自然景观	天然森林景观	7488.91	25.14	119.09	7369.82	24.74	-1.59
	灌丛景观	852.55	2.86	38.33	814.22	2.73	-4.50
	河流(水域)景观	707.50	2.37	47.97			
	小计	9048.96	30.37	205.39	8184.04	27.47	-9.56
人工景观	人工林景观	4891.78	16.42	116.92	4774.86	16.03	-2.39
	河流(水域)景观				1601.12	5.37	126.31
	耕地景观	11827.41	39.7	566.54	11260.87	37.80	-4.79
	道路景观	306.97	1.03	8.29	298.68	1.00	-2.70
	建筑(村镇)景观	1913.85	6.42	31.94	1881.91	6.32	-1.67
	荒草地景观	1801.89	6.05	12.53	1789.36	6.01	-0.70
小计	20741.90	69.62	736.22	21606.80	72.53	4.17	
合计	29790.86	100.00	941.59	29790.86	100.00	0.00	

5.4.3.3 对评价区生态系统完整性影响评价

如前所述,建车马碧水库建设前,评价区每年产生的实际生物生产量约 220820.25 (干重 t/a),平均每年每 hm²实际生产力约 7.41 (干重 t/a.hm²)。与按

照当地热量和降雨量水平计算的理论生产力 18.55 (干重 t/a.hm²) 进行比较 (7.41/18.55*100%), 项目建设前评价区生态系统的生产力水平仅是理论生产力水平的约 40%, 评价区目前生态系统的生产力水平处于较低的水平。

车马碧水库项目建设后, 将占用的土地积 941.59 hm²。由此减少的生物生产力约是 6977.18 (t/a) (干重), 评价区生态系统平均每年每公顷将减少生物生产力约 0.23t/a.hm², 即评价区生态系统生物生产力由建设前的 7.41 t/a.hm², 降低为建设后的 7.18 t/a.hm²。评价区生态系统生物生产力的损失率是 3.16 %。与按照当地热量和降雨量水平计算的理论生产力 18.55 (干重 t/a.hm²) 进行比较 (7.18/18.55*100%), 项目建设后评价区生态系统的生产力水平仅是理论生产力水平的约 38.70%。

拟建车马碧水库建设后, 景观结构也将发生一定变化, 最显著的变化是在车马碧水库库区, 评价区的自然景观面积明显减少, 而人工景观面积明显增加, 库区之外的其他地区, 基本没有影响。

总的来看, 拟建车马碧水库项目评价区各类生态系统的生物量都低于相应地带性植被生态系统的生物量, 评价区的生态系统都受到一定程度的干扰, 是不完整的生态系统, 评价区的生态系统的生物量总体上都是以低生物量为特征, 其生态系统也是脆弱的。由于车马碧水库的建设, 评价区的生态系统的生物量、生物生产力将有所降低, 评价区的景观结构也将发生一定变化, 使评价区较为脆弱的生态系统进一步增加, 对评价区生态系统的稳定性产生不利影响。但是, 由于工程建设前后评价区的生物量、生物生产力和景观结构的变化幅度平均约 3%左右, 变化幅度不是很大, 由车马碧水库建设所引起的、对评价区生态系统稳定性的影响程度有限, 通过工程的环保措施, 以及林业、农业、环保、水利等多部门生态环境建设的不断加强和完善, 评价区生态系统的生物生产量、生物生产力将向良性循环方向改善。

5.4.4 对陆生动物的影响

车马碧水库工程建设占地包括淹没区占地和施工区占地两部分。施工区占地又包括永久占地和临时占地两部分。永久征地范围包括主坝枢纽区、工程管理单位永久占地。项目的实施对各类脊椎动物的影响最大的是淹没区占地和永久占地, 这些被占用的部分减少和改变了各类动物的生存生境, 在这些区域生活的动物只能通过迁移来避免这种影响。

临时占地范围包括生产生活区、弃渣场、料场（土料场、料场和砂石料加工系统）以及施工临时道路。施工结束后，会逐渐恢复原有的生态环境。陆生脊椎动物还可能逐渐迁回。

5.4.4.1 工程施工期对陆生动物的影响

车马碧水库区建设区域包括大坝枢纽区、淹没区、移民安置区等。受影响的生境主要是农耕地和次生林地（次生云南松林和次生灌草丛）。这些生境是部分陆生脊椎动物的栖息地 and 活动区域。

（1）对两栖爬行类的影响

两栖动物活动范围及活动能力有限，对水和湿地的依赖性大，它们的分布仅限于有水的湿地环境。而爬行动物主要以两栖动物和鼠类为食，其分布也常常与它们的捕食对象重叠。

车马碧水库工程区地处滇东曲靖-马龙高原岩溶地区，本区属于云南省降雨量偏少干旱区域，评价区的水环境（湿地环境）除车马碧水库干流及若干较大支流和人工小型池塘外，因此基本上没有地表水，适宜两栖动物的生存空间较小，因此两栖动物的种类和数量较少。

评价区记录到两栖动物 12 种，即大蹼铃蟾、华西蟾蜍、中华大蟾蜍、黑眶蟾蜍、华西雨蛙、无指盘臭蛙、黑斑蛙、滇蛙、棘腹蛙、棘胸蛙、多疣狭口蛙、饰纹姬蛙。评价区记录到爬行动物 16 种，云南半叶趾虎、昆明攀蜥、蓝尾石龙子、铜蜓蜥、八线腹链蛇、赤练蛇、王锦蛇、黑眉锦蛇、颈棱蛇、灰鼠蛇、颈槽蛇、红脖颈槽蛇、虎斑颈槽蛇、黑线乌梢蛇、眼镜蛇、山烙铁头。其中，没有国家和云南省重点保护种类，也没有区域性狭域特有种。在评价区的森林、灌丛、河流、荒山、耕地，臭蛙、棘蛙、云南半叶趾虎、铜蜓蜥、蟾蜍、雨蛙、滇蛙、八线腹链蛇、黑眉锦蛇、颈槽蛇和虎斑颈槽蛇较常见。其他的种类较少见。

车马碧水库建设项目的实施，会占据两栖爬行动物的部分生境和栖息地，造成它们活动领域与捕食生境的丧失。

车马碧水库项目施工期的工程主要集中在水库大坝及临时道路、施工营地、三场等区域。这些区域的水环境（湿地环境）不多，两栖爬行动物较少。施工期对两栖爬行动物的影响主要表现在工程将会占用部分低凹的沟管生境，影响少数两栖爬行动物的活动空间，如施工中对所经过的溪流的挖方和填方将对两栖爬行动物，特别是对两栖动物的小生境造成破坏；同时，施工机械噪声对两栖和爬行类的栖息地声环境的破坏和对两栖和爬行动物的驱赶，会导致施工区及其周边两

栖爬行动物的减少。此外，施工人员对两栖爬行动物的捕捉，以及他们的生活活动对两栖爬行动物栖息地生境的干扰和破坏，特别是对两栖动物的繁殖活动的影响，如对繁殖场，产卵与卵的孵化，蝌蚪的生长等影响更大。

总之，车马碧水库工程施工建设对活动范围相对狭小和有限的两栖动物，特别是对进入繁殖期的两栖动物有一定影响。

(2) 对鸟类的影响

车马碧水库工程评价区范围较大，记录到和访问到的鸟类种类相对较多，计186种。其中，在农耕地、村落栖息的鸠鸽科、燕科、鸦科、文鸟科和雀科鸟类最常见；在水环境及其附近栖息的鹭科、鸭科、秧鸡科、鹬科和翠鸟科鸟类较常见；在灌丛、林地栖息的杜鹃科、黄鹌鸟科、鹧鸪科、鹇科和雀鸟科鸟类少见。

评价区记录到6种国家Ⅱ级保护鸟类，即苍鹰 *Accipiter gentilis*、雀鹰 *Accipiter nisus*、普通鵟 *Buteo buteo*、白尾鹞 *Circus cyaneus*、鹊鹞 *Circus melanoleucos*、红隼 *Falco tinnunculus*。这些鸟类的活动范围大，在觅食活动中可出现在评价区范围之内。但在评价区内未发现其适宜的繁殖生境。

鸟类是运动能力最强的动物，对环境的变化非常敏感，它们可以通过飞行，及时逃离不利环境，寻找适于栖息的生境。

施工活动中对鸟类原生境的干扰和破坏是明显的，如大坝枢纽施工会影响在水边活动的鸭科、鹭科、翠鸟科和鹧鸪科鸟类。而修建道路会干扰在农田和灌丛活动的鸠鸽科、燕科、鹧鸪科和雀科鸟类。施工机械噪声对鸟类栖息地声环境的破坏和机械噪声对鸟类的驱赶，特别是对处于繁殖期的鸟类；施工中对鸟类的栖息地小生境如由于施工中砍伐树木对鸟类巢穴的破坏。施工人员的生活活动对鸟类栖息地生境的直接和间接干扰和破坏；施工人员对鸟类的捕捉。

对鸟类的影响，主要表现为鸟类会因栖息地的部分丧失而从评价区消失；部分鸟类会因巢穴被破坏而减少，特别是对正在繁殖季节中时鸟类。结果是评价区范围内现有鸟类的种类和数量将减少。但由于水库的建立，在后期环境稳定下来以后，可能会吸引部分伴水鸟类的到来。

总之，车马碧水库的建设，将使多数鸟类的生境和栖息地有所减少，由此影响到它们在评价区的种群数量有所降低。但是由于鸟类的活动范围很广，这种影响相对较小。对多种湿地鸟类而言，水库工程建设后期，由于湿地面积增加，新的湿地生境的形成，在工程竣工后的运营期，其种群数量乃至种类将会有所增加。

(3) 对兽类的影响

如前所述，评价区分布哺乳动物 28 种。评价区没有记录到国家重点保护和云南省重点保护的兽类。总的说来，评价区地处云南东部曲靖-马龙高原岩溶丘陵地带，是马龙县重要的农业生产区域，区内村镇、厂矿、人口、公路分布较为集中，原生森林植被基本消失，因此评价区缺乏大型兽类的栖息、觅食、筑巢等活动环境，大型兽类已经很难见到。在农耕地和村落周边活动的鼯鼯科、鼠科，以及在云南松等次生林地活动的云南兔、树鼯和松鼠科的种类较常见。其余在评价区均属少见物种。

项目的实施对兽类的影响主要是水库项目占地造成部分兽类生存生境、活动区域、捕食生境的丧失。

施工活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏，主要表现在大坝的工程占地及永久性和临时性道路的施工等，这些区域的施工将不可避免地对动物的生境造成破坏。施工机械噪声对兽类的栖息地声环境的破坏和机械噪声对兽类的驱赶。

施工人员的生活活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏，施工人员对兽类造成的影响可能还有对动物的捕杀。

总的情况是，评价区无兽类中的保护动物，区内出现的较大型的兽类是花面狸，数量很少难以见到。车马碧水库工程区，包括大坝枢纽区、水库淹没区、移民区等，均不属于其主要分布区，工程建设对其产生的影响很小。车马碧水库建设对兽类的影响主要在于栖息于工程施工区和库区范围内的小型兽类，云南兔、淡灰黑齿鼯鼯、云南缺齿鼯鼯、白尾梢麝鼯、长尾大麝鼯、猪獾、鼬獾、黄鼬、赤腹松鼠、隐纹花松鼠、珀氏长吻松鼠、红颊长吻松鼠、岩松鼠、侧纹岩松鼠、中华姬鼠、小林姬鼠，以及多种鼠类（琉球小家鼠、小家鼠、锡金小鼠、北社鼠、针毛鼠、褐家鼠、屋顶鼠、黄胸鼠等），因为受到工程占地和淹没影响，生境散失，它们在评价区范围内种群数量将有所减少。但是这些小型兽类的分布很广，繁殖力很强，本工程建设对它们造成的影响不会导致这些小型兽类在评价区消失，不会影响到它们在评价区的种群繁衍。

5.4.4.2 工程运营期对陆生动物的影响

（1）对两栖爬行类的影响

水库蓄水的影响：原有的生境消失，形成新的湿地生境。

随着车马碧水库建设完成，进入运行阶段，灌溉区的水源丰富，能够充分保障农作物的生长，同时也为惠及灌溉区内其他植被，为两栖爬行动物营造了更好的水环境，捕食环境和隐蔽条件。能够吸引以农田为主要栖息地的蛙类、蛇类。

因此，可能会使该区域的两栖爬行动物的种群数量有所增加。

(2) 对鸟类的影响

车马碧水库建成后，农田生态环境的好转，农作物丰产，以及周边植被改善，将会吸引一些在农地活动的鸟类，如鸠鸽科、鹁鸽科、文鸟科和雀科鸟类；一些喜欢在农田与林缘活动的鸟类，如山椒鸟科、鹎科、伯劳科、卷尾科和鹡科鸟类也可能会有所增加；同样，一些常在农田、水渠活动的鸟类，如鹭科、秧鸡科、翠鸟科、鹁鸽科和鹡科鸟类种群数量可能也会增加。

(3) 对兽类的影响

车马碧水库建成后，生态环境的变化，会导致以农田害虫为食的鼯鼠科兽类，如淡灰黑齿鼯鼠、云南缺齿鼯鼠、长尾鼯鼠和大臭鼯鼠等数量上升；而以农作物为食的鼠类，如大齿鼠、北社鼠、针毛鼠和黄胸鼠的种群数量可能也会增加。

5.4.4.3 工程建设对珍稀保护动物的影响

(1) 对国家重点保护动物的影响

评价区内记录到的国家级保护动物有苍鹰、雀鹰、普通鵟、白尾鹞、鹊鹞、红隼等 6 种。它们主要在评价区的空中活动，它们的飞行能力极强，工程建设这种人为干扰会减少它们在评价区空中出现的频率，因此影响很小。

这几种国家重点保护动物反应灵敏，运动能力强，可及时逃避不良环境；工程建设占地面积较小，对它们的栖息生境地占用面积较小；水库施工及运行对其活动的影响不显著。

(2) 对 CITES 保护物种的影响

评价区记录到 CITES 附录 II 保护物种有眼镜蛇、苍鹰、雀鹰、普通鵟、白尾鹞、鹊鹞、红隼、画眉、树鼯等 9 种。

眼镜蛇栖息于丘陵或山麓近水处，也会在田边、路旁、坟地及菜园等地活动。偶尔可能会出现在评价区边缘，因此影响极其有限。

画眉有时会在常绿阔叶林、常绿落叶混交林、竹林和林缘疏林灌丛地带活动，但数量不多，属偶见种或少见种，因此影响不明显。

树鼯为常见物种，主要在评价区的村落和树林中活动。但它们也能及时逃离施工区，因此影响较小。

对其余物种的影响如前所述。

上述 CITES 保护物种分布在评价区周边，有能力及时逃离不利环境，因此公路施工及运行对其活动影响较小。

(3) 对特有物种的影响

评价区内有中国特有物种有大蹼铃蟾、华西蟾蜍、无指盘臭蛙、滇蛙、棘腹蛙、多疣狭口蛙、昆明攀蜥、八线腹链蛇、颈槽蛇、画眉、白领凤鹛、滇鹇、岩松鼠和侧纹岩松鼠等。

在这些特有物种中，蛙类和蛇类的活动半径小，活动能力不强。但它们的分布范围及其有限，仅仅在水源附近，工程将会涉及一些这样的生境，因此，水库工程建设对其有一定的影响。

画眉、白领凤鹛和滇鹇的活动半径大，运动能力强，能及时避开施工现场与人为干扰。因此影响不明显。

岩松鼠和侧纹岩松鼠主要在评价区的山地有树木和岩石的生境活动，是属于对外界环境变化反应灵敏的动物，能及时逃离施工现场，避开人为干扰。因此影响较小。

总之，水库工程建设对陆栖脊椎动物有一定影响，从整体上说，工程建设将使动物的栖息和活动场所缩小，如小型穴居兽类和爬行类的洞穴、鸟类巢区的生境遭到破坏后，少数动物的繁殖将有可能受到一定影响。结果迫使原栖息在这一带的动物迁往其他生境适宜的地区。两栖类动物会受到一定影响，种群在一段时间内将会有大的波动，最后随着工程建设的结束，生态环境逐渐恢复，种群又会得以恢复。整个工程的实施对野生动物影响以间接影响为主，对这些动物产生的影响不会导致其在当地的灭绝和密度大幅下降。

5.5 对水生生态的影响

5.5.1 对水生生境的影响

天然情况下，马龙河河道水深较浅，在非汛期水深一般不超过 1m，车马碧水库建成后，水库水深自库尾至坝前逐渐增加，坝前水深变化最大，正常蓄水位下最大水深将达到 44m。建库前车马碧河段月均流速在 0.50m/s~1.16m/s 之间。

对于库区河段，建库后由于水位抬升，库区水流速度自库尾至坝前逐渐减小，库尾流速接近于天然河道，坝前流速很小，基本接近于零，使原有河道流水生境变为静水生境。由于建库后坝下河道流量减少，将导致河道水面宽度变窄、水深降低，水生生境面积将减少。

对于车马碧坝址到红桥河汇口河段，在水库运行后，以月均、年均的多年平

均下泄流量为例：在 4 月~8 月，入库流量在 1.42~14.52m³/s 之间，建库后由于生态流量、灌溉用水等下泄，坝下河道流量在 0.72~7.82m³/s 之间，下泄流量占入库流量的 32%~102%，其中 5 月份多年平均下泄流量（1.49m³/s）要略高于入库流量（1.47m³/s）；在 9 月~第二年 3 月，入库流量在 1.33~11.58 m³/s 之间，坝下河道流量在 0.73~7.54m³/s 之间，下泄流量占入库流量的 42%~67%。在 4~8 月，由于生态流量等的下泄，车马碧坝址~红桥河汇口河段的平均流速在 0.38~0.71 m/s 之间，平均水位在 0.15~0.49m 之间。

对于红桥河汇口到车马碧水库库尾河段，以石仙人拦河坝下游 800m 处典型断面的年逐月平均流量为例，建库前 4~8 月多年平均流量在 1.77~20.88m³/s 之间，建库后 4~8 月多年平均流量在 1.08~14.17m³/s 之间，建库后多年平均流量约为建库前的 58%~101%，其中建库后的 5 月份多年平均流量略多于建库前；在 9 月~第二年 3 月份，建库前多年平均流量在 1.80~16.31m³/s 之间，建库后多年平均流量在 1.22~12.26 m³/s 之间，建库后多年平均流量约为建库前的 58%~77%。

5.5.2 对水生生物的影响

（1）施工期

1) 对浮游植物的影响

车马碧水库为新建水库，施工期间对浮游植物的影响主要表现为：由于工作人员的增加，项目实施区周边人口增加，环境压力增大，一些垃圾和污水也将增多。施工过程中施工用水的排放将也将增加河流的营养水平，导致局部水体高营养水平和藻类增加，特别是对坝下河段的影响较大。

2) 对浮游动物的影响

项目施工期间，坝体建设和隧道建设将破坏所在区域的河床，使区域内的挺水植物完全被掩埋而消亡。项目施工期间外来人员的增加，将导致施工和生活污水排放增加，间接导致局部区域水体污染，水生植物有可能在这些地区衰亡。

3) 对底栖动物的影响

车马碧水库工程由水库枢纽和一条输水隧洞组成，其对浮游动物的影响主要表现在：工程建设期间，水泥、石灰等建筑材料的粉末会迅速融入水体，造成局部水体的污染，并间接对底栖动物形成危害，一些对污染敏感的种类会在局部消失。

（2）运行期

1) 对浮游植物的影响

①车马碧库区

水库建成初期，库区两岸淹没区土壤中的物质进入水体中，将导致水体pH偏酸，一些喜中性和偏酸性的藻类将会得以生长。②水库建成运行后，水库水体pH将与河流中的pH相一致，库区藻类将以喜静水型藻类为主。③车马碧水库建成后，该段浮游植物种类和数量将会明显上升，提高水体的初级生产力。⑤车马碧水库为多年调节水库，靠近村镇的库汉内，不排除局部发生富营养化的可能。

②坝下河段

坝下河段由于水量减少，浮游植物的总量会下降；浮游动物的密度和生物量大小主要与水质有关，车马碧水库运行后，坝下河段浮游植物的密度和生物量与建库前相比变化不大。

③受水区

马龙河水质要优于剪彩河和白石江，输水进入后，将有利于提高剪彩河和白石江水体流动性，也有利于改善受水区的水环境质量，浮游植物总量会增加，密度和生物量变化不会太大，剪彩河和白石江中的浮游植物中耐污种类可能会有所减少，浮游植物多样性会有提高。

2) 对浮游动物的影响

①车马碧库区

车马碧蓄水初期，淹没区土壤中的各种物质融入水中，可能会使pH下降，使一些喜酸性的浮游动物迅速生长，而且浮游动物生长的速度要远远超过鱼类生长的速度，将会在短时间内大大提高浮游动物的密度，且物种多样性较高。长期运行后，库区水质与河流趋于一致，浮游动物种群组成和密度将很大程度上取决于库区水质和鱼类的结构。

②坝下河段

坝下河段由于水量减少，浮游动物的总量会下降；浮游动物的密度和生物量大小主要与水质有关，车马碧水库运行后，浮游动物的密度和生物量与建库前相比变化不大。

③受水区

对于剪彩河和白石江，由于马龙河水质要优于剪彩河和白石江，将会对受水区的水环境有一定的改善作用，浮游动物总量会增加，密度和生物量应该变化不大，剪彩河和白石江中的浮游动物耐污种可能会有所减少。

3) 对底栖动物的影响

①车马碧库区

库区蓄水运行后，水库回水将淹没原部分河段，预测这些河段形成库区后，原来喜激流的一些底栖动物，如潜蝽、齿蛉等将在库区消失，或者迁移到更上游的河道中，库区中将形成以软体动物为主的底栖动物群落。

②坝下河段

对于水库坝下河段，由于河道内水量减少，底栖动物数量会减少，由于坝下河道仍是流水环境，底栖动物种类变化不大。

③受水区

采用隧道将车马碧水库中的水调往南盘江，从调查结果看，水源区和受水区底栖动物均为广布性物种，由于调水导致物种入侵的可能性较小。

在南盘江，金苹果螺已经形成了一定数量的群落，属于入侵生物。但在本调查中，水源区马龙河流域尚未发现该入侵种分布。引水工程拟通过隧道引水，在隧道黑暗和激流环境中，金苹果螺也基本不可能从隧道中扩散到车马碧水库。

5.5.3 对鱼类的影响

5.5.3.1 施工期对鱼类资源的影响

施工期间，工程施工人员较多，各种机械在水中作业，大坝主体工程施工在坝址河段进行，声、光、电等物理因素会干扰此区域鱼类活动；围堰截流后，改由导流底孔泄水，会阻碍鱼类向上迁移；施工也会导致局部河段水质混浊，对鱼类特别是仔幼鱼的栖息不利。

5.5.3.2 运行期对鱼类的影响

(1) 对马龙河鱼类的影响

1) 阻隔影响

马龙河是马龙县境内一条流入牛栏江的支流，已建有凤龙湾水库工程。凤龙湾水库位于拟建的车马碧水库下游约 13km 处，凤龙湾水库工程建成 50 多年来，牛栏江水域的鱼类及凤龙湾坝址下游的鱼类与凤龙湾水库上游的鱼类已基本形成阻隔。

马龙河共有鱼类 26 种，土著鱼类有 22 种，在土著鱼类中没有长距离洄游性鱼类，也没有产漂流性卵鱼类，主要鱼类如麦穗鱼、棒花鱼、鲫、马口鱼等多为

草上、沙砾或石砾上产粘性卵的小型鱼类。车马碧水库建成运行后，这些鱼类在坝上、坝下江段都能完成整个生命史，所以车马碧水库的建设运行对车马碧坝址上下的鱼类影响主要表现在对大坝上下游鱼类的遗传交流产生阻隔影响。

2) 水文情势变化对鱼类的影响

① 水库运行对库区鱼类的影响

天然情况下，马龙河河道水深较浅，在非汛期水深一般不超过 1m，车马碧水库建成后，水库水深自库尾至坝前逐渐增加。建库前车马碧坝址枯水期月均流速在 0.39m/s~0.46m/s 之间，多年平均流速为 0.43m/s；丰水期月均流速最大可达 1.18m/s，多年平均流速为 0.80m/s。建库后库区水流速度自库尾至坝前逐渐减小，库尾流速接近于天然河道，坝前流速很小，基本接近于零，使原有河道流水生境变为静水生境。

车马碧水库建成后，库区一部分零散产卵场将被淹没，但库区鱼类生存空间得到彻底改善，无疑将成为鱼类良好的越冬场所。同时，在水库库岸浅水区或支流河口也将成为的鲫、马口鱼等鱼类的产卵场、育肥场，其数量将有所增加。此外，一些流水性的鱼类，如横纹南鳅、云南盘鮡等，将向库尾和支流迁移，由于适宜其生存的栖息生境减少，所以这些鱼类的资源量将有所下降。

② 对车马碧水库坝下至凤龙湾水库库尾河段鱼类的影响

车马碧水库坝下至凤龙湾水库库尾之间有主要支流红桥河汇入（汇口位于车马碧坝下 5km），以下分别对车马碧坝址~红桥河汇口河段和红桥河汇口~凤龙湾水库库尾河段的鱼类影响进行分析。

A、车马碧坝址~红桥河汇口

建库后坝址下游河道内水量减少，将会导致河道水面宽度变窄、水深变浅，水生生境面积将减少。该河道内鱼类繁殖期在 4~8 月左右，由于生态流量等的下泄，车马碧坝址~红桥河汇口河段的平均流速在 0.38~0.71 m/s 之间，平均水位在 0.15~0.49m 之间，基本可满足鱼类产卵对流速和水深的要求；但由于水生生境面积的减少，可供鱼类产卵的浅滩、洲滩等鱼类产卵场数量将减少和更加分散，而且可供鱼类摄食的饵料生物总量也将减少，因此该河段的鱼类种类和种群数量将相应较少；在鱼类组成上，该处附近（车马碧坝址处）渔获物调查到高体鱊、长身鱊、麦穗鱼、棒花鱼、云南光唇鱼、鲫、子陵吻鰕虎鱼，可对比凤龙湾水库下游 1km 的渔获物种类，将仍以麦穗鱼、棒花鱼等小型鱼类为主，也会有少量的云南光唇鱼等喜流水性的鱼类。

B、红桥河汇口~凤龙湾库尾

红桥河是马龙河左岸的一级支流，汇口处多年平均天然流量 $2.16\text{m}^3/\text{s}$ 。由于红桥河的汇入，将缓解由于车马碧水库建设运行导致的坝下河段水量减少对红桥河汇口~凤龙湾库尾河段内鱼类的不利影响。

在红桥河汇口以下 3.2km 的马龙河上现建有一座石仙人拦河坝，是当地村民为灌溉引水自建的拦河坝，左右岸各修建了一条引水渠。拦河坝长约 **80m**，高 1.6m ，当上游壅水超过坝顶时河水自流过坝。该坝对该河段的鱼类形成了阻隔影响。

根据该河段建库前和建库后流量变化的预测结果（见 5.6.1 节），车马碧水库建成后，红桥河汇口~凤龙湾库尾河段的水量同样有所减少，但减水对该河段鱼类的不利影响要弱于减水对车马碧坝址~红桥河汇口河段鱼类的影响。

该河段的鱼类种类组成和数量可参照车马碧坝址处渔获物组成，车马碧建库后，在种类组成上，仍将以马口鱼、麦穗鱼、棒花鱼等小型鱼类为主，会有少量的云南光唇鱼、云南盘鮡等喜流水性的鱼类；由于下泄流量的减少，在鱼类数量上相比于车马碧建库前仍会减少。

水文情势改变对凤龙湾水库及其坝下河段鱼类的影响见 6.3.2 节。

3) 下泄水温变化对鱼类的影响

在马龙河流域，每年的 4~10 月是鱼类的生长、繁殖旺期，如鲤、鲇、马口鱼等一般从 3 月末、4 月初开始进入产卵期，水温约 18°C 时开始产卵，受精卵在水温 $18\sim 22^\circ\text{C}$ 时孵化，7~11 月育幼，12 月至来年 3 月份鱼类越冬。

车马碧水库建成后，库区水温会出现分层现象，为减缓下泄水温过低对坝下鱼类生长、繁育的不利影响，本工程采取了分层取水措施。以平水年（车马碧水库设计水平年 $P=50\%$ ）为例进行分析，采取分层取水措施后，在鱼类的主要繁殖期 4~8 月，车马碧坝址处天然水温在 $12.4\sim 17.6^\circ\text{C}$ 之间，其中 4 月最低，7 月最高；月均下泄水温在 $11.8\sim 17.7^\circ\text{C}$ 之间；月均下泄水温与坝址处天然水温的差值在 $-0.7\sim 2.1^\circ\text{C}$ 之间，其中 4、5、6 和 7 月的月均下泄水温和天然水温差值在 1°C 以内，8 月的月均下泄水温高于天然水温 2.1°C 。

由上述数据可看出，在采取分层取水措施后，鱼类繁殖期的下泄水温跟坝址处天然水温差值多数时间在 1°C 以内，下泄水温的变化基本不会对鱼类的产卵繁殖和育幼产生影响。

4) 对珍稀濒危鱼类的影响

经水生调查，在库区支流白塔河汇口以上 2km 处捕获到滇池金线鲃鱼种 2 尾，为国家 II 级保护鱼类，其渔获物规格为体长 4.5~6.2cm。建库后，支流白塔河回水长度为 6.19km，会淹没滇池金线鲃现有的栖息生境，对其造成一定的不利影响。参照滇池分布的滇池金线鲃习性，滇池金线鲃一般在滇池近岸水域及附近汇入其的较大支流中往返迁徙，在滇池中摄食肥育，在具有流水和涌泉生境的支流中进行产卵孵化。车马碧水库运行后，水库回水会淹没采集到滇池金线鲃所在水域，会对滇池金线鲃的生存造成不利影响。另一方面，受回水影响滇池金线鲃也可能沿支流向上迁徙，成库后滇池金线鲃可能在库区进行摄食和越冬，在白塔河支流中进行产卵孵化。从滇池金线鲃的生态习性来讲，其需要一定的缓流水水域，支流汇入库区附近的流水环境基本上可以满足其繁殖、育幼、摄食等需求。

5.5.3.3 对鱼类重要生境的影响

马龙河属典型的山区河流，径流补给主要来自降水，受降雨影响，径流年际间变化较大。马龙河的一部分支流为季节性河流，枯水期常常断流。

马龙河没有洄游型鱼类，也没有典型的产漂流性卵的鱼类。22 种土著鱼类均为定居性鱼类，产粘草性卵（如鲫、鲤、麦穗鱼等）或产粘沉性卵（如马口鱼、鲃鱼、棒花鱼等）。22 种鱼类大多数是江湖常见鱼类，多栖息于缓流或静水水体。车马碧水库建成后，库区一部分产卵场将被淹没，但库区鱼类生存空间得到彻底改善，无疑将成为鱼类良好的越冬场所。同时，在水库库岸浅水区或支流河口也将成为的鲫、马口鱼等鱼类的产卵场、育肥场。因此，车马碧水库的建成，对坝上现有鱼类的“三场”是较为有利的。但水库运行后，坝下河道流量改变，使得鱼类产卵场、索饵场有分散化、小块化趋势，鱼类越冬场也会相应减少，但马龙河主要鱼类成熟个体不大，保持一定的生态流量，鲫、马口鱼、鲃等鱼类在坝下河段仍会有少量的种群。

5.5.3.4 对鱼类资源的影响

车马碧水库建成后，库区水面变宽，水流变缓，营养物质滞留，有利于浮游生物的繁衍，水体初级生产力会有所提高，有利于仔幼鱼和缓流或静水性鱼类的生长。底栖动物中原流水性种类如扁蚌、二翼蚌等会减少，适应静水或微流水的水蚯蚓、摇蚊幼虫种类和数量将会增加，随营养盐积累，底栖动物密度、生物量较前将有一定幅度的上升，对静水、缓流的底层鱼类生长、发育有利。马龙河中

的鳢、马口鱼、鲤、鲫、鲇等多为定居性种类，且多喜欢栖息于缓流或静水水体，因此，车马碧水库建成后，库区鱼类资源无疑会有较大增加。

车马碧坝址附近水深较浅，河道水深多在 1m 以下。水库运行后，相比建水库前丰水期时水库坝下流量减少，水位降低，坝下鱼类生长、繁殖的空间会有较大压缩，为维持坝下河段维持有流水生境和一定的水深，工程下泄多年平均径流量的 10%~30% 的生态流量，此情况下坝下河段仍会保持有流水环境，对坝下鱼类种类组成影响不大，但鱼类种类和资源会减少，鱼产量会降低。

总体来讲，车马碧水库建成后，从库区鱼类资源看，因蓄水后水体初级生产力提高，库区鱼类资源量会相应有所增加，尤其是鲤、鲫和外来种鲢、鳙等会增多；坝下河段由于减水影响，河段内鱼类资源会下降，对鱼类的多样性和土著鱼类的生存会有一些的不利影响。

5.5.3.5 水库引水对鱼类的影响

水库运行后，车马碧水库的水由引水隧洞进水口、经输水隧洞流往面店水库和白石江，同时，车马碧水库内部分水生生物也会不可避免的随水流进入面店水库，水生生物尤其是鱼类从一个水库进入另一个水库势必会带来一定的影响，主要表现为以下几个方面：

在鱼类组成上，马龙河流域内的鱼类与白石江水域鱼类组成基本相同，马龙河流域分布的鱼类在白石江水域中也有分布，且两者地理位置相近，鱼类种群之间没有隔离，不会对白石江的鱼类组成和生物多样性造成影响。

在鱼类数量上，能进入引水洞进水口的鱼类数量有限，对车马碧水库和白石江水域中鱼类的数量影响有限。

鱼类进入输水隧洞后可能引起机械损伤，在马龙河流域分布的鱼类都为产沉、粘性卵的鱼类，多在河滩、水草处产卵，且仔鱼等多在水的中上层活动，能进入引水洞进水口的卵苗、仔鱼等数量极其有限，所以引水对卵苗、仔鱼的影响很小。而车马碧水库内一些栖息于水底层的鱼类则可能误入引水洞进水口、进入输水隧洞，在此过程中，鱼类可能发生机械性损伤甚至死亡，但坝前水底层分布的鱼类数量有限，所以误入进水口死亡的鱼类数量有限。

综上，水库引水对鱼类的主要影响是小部分鱼类可能误入引水洞进水口后，在输水隧洞中造成机械损伤引起死亡，但影响有限。

5.5.3.6 对受水区白石江水域鱼类的影响

车马碧水库引水工程是跨流域引水，马龙河属牛栏江（金沙江）流域，而白石江属南盘江流域。马龙河、白石江是滇中相邻的两条河流，各自独立流入不同水系。根据调查，马龙河有鱼类26种，而受水区白石江有鱼类17种。二者相比，马龙河水域的土著鱼类：云南光唇鱼、滇池金线鲃、长身鱖、戴氏南鳅、红尾副鳅、前鳍高原鳅、中华青鳉、切尾拟鲮及外来种食蚊鱼等9种鱼类在白石江没有分布。白石江的15种鱼类在马龙河均有分布。在从车马碧库区向白石江引水的过程中，存在车马碧水库的鱼类通过引水隧洞进入白石江，尤其是食蚊鱼具有攻击性，对土著鱼类的生存会造成一定的影响。

考虑到上述问题，在水生生态环保措施中提出在取水口建设拦鱼栅，尽量减少鱼类的进入，而且在较长的输水隧洞中，体型较小的鱼类存活率也比较低，所以引水后鱼类由车马碧水库进入白石江的可能性较低，随受水区白石江水域鱼类的影响很小。

5.6 对水土流失的影响

5.6.1 开挖扰动地表面积

车马碧水库工程建设区内目前未建有专项水土保持设施。因此，该工程建设损坏的水土保持设施考虑由于工程占地（不计水库淹没区）破坏而使水土保持功能降低甚至丧失的部分。工程因施工建设损坏水土保持设施面积 120.31hm²，详见表 5.6-1。

5.6.2 弃渣量

根据工程土石方平衡分析评价，工程建设期土石方开挖总量 317.36 万 m³，回填利用 194.44 万 m³，弃渣 122.93 万 m³，堆放于主体工程布设的 16 个弃渣场内；表土 40.85 万 m³，堆存于各区临时堆存场，用于后期绿化覆土。

5.6.3 可能造成水土流失量

根据工程建设可能造成水土流失区域及流失面积，分析背景侵蚀模数，确定这些地区在工程建设前的水土流失量。工程建设开挖扰动可能产生的水土流失量为 53380t，新增水土流失量 46032t。详见表 5.6-2。

表 5.6-1

损坏水土保持设施的面积和数量表

单位: hm²

分区	项目名称	损坏水土保持设施面积									小计	
		水田	旱地		林地		园地	交通运输用地	建设用地	水域及水利设施用地		
			坡耕地	梯坪地	有林地	灌木林地		农村道路	宅基地			
枢纽工程 区	大坝枢纽区	1.50	1.39	0.75	7.12		0.51	0.37	0.09	1.43	13.15	
	工程永久办公生活区	1.33	0.48	0.26							2.07	
	交通道路区	永久公路	0.94	3.06	1.65	3.28	2.22					11.13
		临时道路	1.81	4.73	2.55	4.26	2.82	1.33				17.49
		小计	2.75	7.79	4.19	7.53	5.03	1.33				28.63
	料场区	石料场				2.20	2.29					4.49
	弃渣场区		2.49	1.34			1.27					5.09
	施工生产生活区	1.34	1.30	0.70	0.25							3.59
	未扰动区	0.64	0.60	0.32	3.05		0.22					4.82
		小计	6.47	11.20	6.03	17.60	6.90	1.26	0.37	0.09	1.43	51.35
输水工程 区	输水隧洞区	0.25	0.55	0.29	0.83		0.07				1.99	
	交通道路区	永久公路	2.00	1.95	1.05	0.60						5.60
		临时道路	6.20	13.72	7.39	1.70		1.80				30.80
		小计	8.20	15.67	8.44	2.30		1.80				36.40
	弃渣场区		12.31		3.39		2.49				18.18	
	施工生产生活区	1.73	7.19	3.87	3.73		4.20				20.73	
		小计	8.43	31.84	10.52	10.25		7.93				68.96
	合计	14.89	43.04	16.55	27.85	6.90	9.18	0.37	0.09	1.43	120.31	

表 5.6-2 各预测分区水土流失量预测总表

一级分区	二级分区	预测时段	背景侵蚀模数 (t/km ² ·a)	水力侵蚀			背景流失量 (t)	预测流失量 (t)	新增流失量 (t)
				扰动后侵蚀模数 (t/km ² ·a)	侵蚀面积 (hm ²)	预测时段 (a)			
枢纽工程区	大坝枢纽区	施工期	637	11643	13.11	3.17	264	4832	4568
		自然恢复期	637	10371	0.38	1.00	2	39	37
		表土临时堆存场	637	15000	0.05	3.17	1	22	21
		小计					268	4894	4626
	工程永久办公生活区	施工准备期	350	10938	2.07	0.17	1	39	37
		施工期	350	9034	2.07	2.00	14	374	360
		自然恢复期	350	679	0.58	1.00	2	4	2
		表土临时堆存场	350	15000	0.05	2.00	0	14	14
		小计					18	431	413
	交通道路区	施工准备期	1048	10959	18.13	0.17	32	338	305
		施工期	1048	4334	16.76	0.50	88	363	275
		自然恢复期	1048	615	9.52	1.00	100	59	0
		表土临时堆存场	1048	15000	1.36	4.33	62	886	824
		小计					282	1646	1364
	料场区	施工准备期	375	12418	10.82	0.50	20	672	652
		施工期	375	9822	10.81	2.67	108	2831	2723
		自然恢复期	375	830	8.27	1.00	31	69	38
		表土临时堆存场	375	15000	0.01	2.67	0	5	5
		小计					160	3576	3417
	弃渣场区	施工准备期	1617	13374	13.73	0.17	38	312	274
		施工期	1617	10600	12.82	4.33	897	5882	4985
		自然恢复期	1617	660	12.82	1.00	207	85	0
		表土临时堆存场	1617	15000	0.92	4.33	64	596	532
		小计					1207	6875	5668
	施工生产生活区	施工准备期	1225	10938	3.59	0.17	7	67	59
		施工期	1225	4695	2.89	0.50	18	68	50
		自然恢复期	1225	679	3.59	1.00	44	24	0
表土临时堆存场		1225	15000	0.70	4.33	37	453	416	
	小计					106	612	506	
	小计					2040	18034	15994	
输水工程区	输水隧洞区	施工期	1040	10371	1.99	4.50	93	929	836
		自然恢复期	1040	745	0.59	1.00	6	4	0
		小计					99	934	834
	交通道路区	施工准备期	1427	8668	28.05	0.17	68	413	345
		施工期	1427	4334	23.57	1.00	336	1022	685
		自然恢复期	1427	615	23.87	1.00	341	147	0
		表土临时堆存场	1427	15000	4.48	4.33	277	2912	2635
		小计					1022	4494	3472
	弃渣场区	施工准备期	1617	13374	18.18	0.17	50	413	363
		施工期	1617	10600	14.81	4.33	1037	6800	5762
		自然恢复期	1617	660	18.18	1.00	294	120	0
		表土临时堆存场	1617	15000	3.37	4.33	236	2186	1950
		小计					1617	9519	7902
	施工生产生活区	施工准备期	1249	10938	20.73	0.17	44	386	341
		施工期	1249	4695	16.89	0.50	105	396	291
		自然恢复期	1249	679	20.73	1.00	259	141	0
		表土临时堆存场	1249	15000	3.85	4.33	208	2499	2291
		小计					617	3422	2805
		小计					3355	18368	15013
	移民安置及专项设施复建区	移民安置区						1502	12204
专项设施复建区							451	4774	4394
小计							1953	16979	15190
	合计					7348	53380	46032	

5.7 施工期环境影响

5.7.1 对地表水环境的影响

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、隧洞和基坑排水、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；基坑排水包括施工围堰内的初期排水和经常性排水，初期排水主要由基坑积水、基坑渗水两部分组成，经常性排水主要包括坝区施工废水、降水、基坑渗水等；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。

5.7.1.1 生产废水

(1) 砂石料加工系统废水

本工程共布置了 2 处砂石料加工系统，枢纽工程区和输水线路区各 1 处，分别在车章河和马龙河汇口上游右岸和新发村石料场附近。废水主要污染物为 SS，浓度一般在 30000~50000mg/L，废水连续排放，各系统高峰期废水产生量为 54m³/h，施工期砂石料加工系统废水总排放量为 103.46 万 m³。

工程砂石料加工系统废水拟处理后全部回用，避免施工废水排放对河道水体的影响，废水处理设施正常运行情况下对周围水体水质基本没有影响。

(2) 混凝土拌和系统冲洗废水

本工程共布置 15 处混凝土生产系统，在枢纽工程集中设置 3 座混凝土生产系统，分别在大坝下游右岸和导流泄洪放空隧洞进出口处各布置 1 处，输水工程区 12 处，1#~11#支洞施工区各布置 1 处，隧洞出口施工区布置 1 处。其中，枢纽区配置 2 台 0.75m³ 拌和机三班制生产，导流泄洪放空隧洞于隧洞进出口各配置 2 台 0.50m³ 拌和机三班制生产；输水工程区每个混凝土系统各配置 1 台混凝土拌和机三班制生产。混凝土拌和机一般是每班末冲洗一次，单台混凝土拌和机每次冲洗废水按 0.4m³ 计，废水产污系数按 0.9 计，每台拌和机高峰期废水产生量约 1.08m³/d，枢纽区共 6 台拌和机日高峰废水产生量约 6.48m³/d，输水工程区日高峰废水产生量为 12.96 m³/d。废水中主要含悬浮物、pH，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 一般大于 10。施工期混凝土冲洗废水排放总量为 2.14 万 m³。

工程施工期废污水处理后全部回用，不外排，对周围水环境基本没有影响。

(3) 修配系统含油废水

工程施工过程中主要施工机械有装载机、推土机、凿岩机、钻机、自卸汽车等，施工机械在冲洗、检修、保养过程中将产生一定的含油废水，废水中主要污染物有石油类、COD_{Cr}和悬浮物。一般情况下，石油类浓度约10~30mg/L，COD_{Cr}约25~200mg/L，悬浮物约500~4000mg/L。废水排放方式为间歇性排放。如果冲洗废水进入地表水体，将影响河流水质；含油废水若就地散排，还将会改变土壤结构，不利于施工迹地恢复。

工程共布置2处机械修配保养系统，大坝枢纽区布置一处，输水线路区布置一处。工程区大的机械维修主要依托工程区附近乡镇机械修配厂，施工区内仅进行简单的小修和日常保养。机械冲洗废水为含油废水，对环境的影响较大，因此必须对废水进行分离处理，油污统一收集外运，含油废水需经处理后回用，不外排，对周围水体水质基本没有影响。

(4) 隧洞施工废水

本工程共12处施工支洞口、隧洞进口，隧洞施工废水主要由施工支洞和隧洞施工废水组成，废水中主要含SS，SS浓度约2000mg/l。根据施工总布置，隧洞出口正坡洞段在隧洞一侧设置排水沟，采取自流排水；隧洞反坡洞段一般在工作面设置临时集水坑，每隔300m设置集水井并采用潜水泵分段进行抽排，将水抽至支洞与主洞交汇口集水井后，通过水泵抽排出洞外；各支洞废水抽排出后经沉淀处理后回用和综合利用，用于降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等，不外排，对周围水体水质基本没有影响。

5.7.1.2 基坑排水

水库坝区施工时，施工围堰内将产生初期排水和经常性排水。初期排水主要包括基坑积水、基坑渗水两部分，类比国内类似水利水电工程初期排水的监测结果，初期排水与河流水质基本相同，可直接排放，对河流水质影响很小。

经常性排水主要考虑围堰及基岩渗水、天然降水、施工弃水，结合国内其它工程经验来看，在防渗措施完善的情况下，基坑内的经常性排水有限，经一定时段集水后由水泵抽排，主要污染物为SS，同时可能含有少量的油类。

本工程基坑经常性排水采取基坑内静置沉淀后优先用于降尘、浇灌附近耕地

林地或作为水保植物措施用水等，对河道水体影响有限。

5.7.1.3 生活污水

本工程共设置 13 个施工人员生活区，其中枢纽区在坝址下游左岸车马碧村附近集中设 1 个生活区，输水隧洞沿线设 12 个生活区。生活废水包括施工人员洗涤、食堂排水和卫生用水。施工期平均人数 2160 人，最高峰人数 2802 人，其中，枢纽区施工高峰人数 1002 人，输水线路区单个施工生活区施工高峰人数为 150 人，共 1800 人。施工人员生活用水取 50L/(人·d)，生活污水排放系数取 0.8 计，时变化系数取 1.4，施工期施工生活区总污水排放量为 12.96 万 m³，其中，枢纽工程区生产生活区排放量 4.15 万 m³，输水隧洞 12 个生活区共计 8.81 万 m³。生活用水高峰排放强度为 112.08 m³/d，枢纽工程区污水高峰排放量为 40.08 m³/d，输水线路区单个生活区污水排放量为 6m³/d，共 72 m³/d。

生活污水主要污染物为 BOD₅、COD_{Cr}、SS 等，其中 BOD₅ 约 200mg/L，COD_{Cr} 约 400mg/L，SS 约 220mg/L，则生活污水中排放污染物平均强度为 BOD₅ 22.42kg/d、COD_{Cr} 44.83kg/d、SS 24.66kg/d。总计产生污染量为 BOD₅ 25.92t、COD_{Cr} 51.84t、SS 28.51t。

鉴于各生活区附近地表水体的排污要求，生活污水禁止外排。工程生活污水拟处理后浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等综合利用，由于施工废水分散在各施工营地，废水经过处理综合利用后，对周围水环境基本无影响。

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。

5.7.2 对声环境的影响

5.7.2.1 敏感目标及噪声源强

(1) 敏感目标

本工程的声环境敏感目标包括施工工厂附近、爆破施工区附近以及场内公路沿线评价范围内的居民点。根据施工总布置，本次声环境影响评价的敏感目标为车马碧村、大罗贵村、川洞、上罗贵村、土官寨村、王大屯村。

各敏感目标及噪声源情况详见表 5.7-1。

(2) 噪声源强

工程对区域声环境的影响主要集中在施工期，工程运行期对声环境基本无影响。施工期噪声源主要包括爆破、钻孔、渣场料场施工作业、砂石料加工系统、其他施工工厂等产生的固定噪声和交通运输产生的流动噪声，其中岩石爆破产生的是瞬时噪声。根据实际施工情况，施工机械噪声、砂石料加工系统以及其他施工工厂的噪声源主要为施工机械或设备运行时产生的噪声，距离敏感点有较大的距离，可按照点声源进行预测，交通噪声按照线声源进行预测。

施工区主要噪声源强详见表 5.7-2，按施工道路计算参数详见表 5.7-3。

从施工总布置看，除枢纽区右岸主干道附近及 1#、3#施工道路附近分布的川洞、上罗贵、土官寨外，其它公路附近均无村庄分布。因此本次评价只针对以上几条新建道路预测噪声影响。初步估算车流量按 40 辆/h，设计时速按 30km/h 计。

表 5.7-1 声环境敏感目标一览表

敏感目标	噪声类别	产生区域	影响时段	最近居民与场界距离(m)	1m处源强(dB)
车马碧村	施工机械及企业噪声	机械加工厂	6:00~22:00	140	60~70
		混凝土拌和系统	6:00~22:00		80~110
大罗贵村	施工机械及企业噪声	2#弃渣场及大罗贵土料场	6:00~22:00	60	70~90
王大屯村		隧洞出口生产区临近王大屯村	6:00~22:00	220	/
川洞	交通噪声	枢纽区右岸主干道南侧	24h	30	/
上罗贵		1#施工支洞及隧洞进口大石洞渣场新建公路以北	24h	40	/
土官寨		3#支洞梨树坝渣场新建公路以南	24h	20	/

表 5.7-2 主要噪声源源强一览表

噪声源	参照基准点的Leq(dB)	参照基准点到噪声源的距离 (m)
挖掘机	79	1
推土机	78	1
自卸汽车	90	1
装载机	83	3
机械加工厂	70	1
钢管加工厂	84	1
混凝土搅拌机	82	1
砂石料加工系统	94	5
弃渣场	80	1

表 5.7-3 施工道路计算参数一览表

道路名称	等级	路宽(m)	路面材料	设计时速(km/h)	车流量(辆/h)
枢纽区右岸主干道	场内三级	6.5/6.0	泥结碎石	30	40
大石洞渣场公路(1#施工支洞及隧洞进口)	场内三级	4.5/3.5	泥结碎石	30	40

道路名称	等级	路宽(m)	路面材料	设计时速(km/h)	车流量(辆/h)
梨树坝渣场公路(3#施工支洞)	场内三级	4.5/3.5	泥结碎石	30	40

5.7.2.2 施工机械及企业噪声影响

(1) 砂石料加工系统噪声

整个工程施工布置有 2 套砂石料加工系统个，一处位于枢纽区，象山 1#石料场南侧 500m 的马龙河右岸，一处位于输水线路区，王家庄新发村石料场南侧约 1.1km 处，砂石料加工系统夜间不生产。系统噪声来自砂石料筛分楼，其噪声类比国内其它已建工程噪声实测值，距声源 1m 处的噪声级在 94dB(A)左右。

为预测噪声对周围环境的影响，考虑最不利情况，即忽略建筑物墙体和植被等遮挡物对噪声的衰减、空气吸收引起的衰减、地面效应引起的附加衰减，采用无指向性点声源几何发散衰减基本公式对噪声衰减进行计算。公式如下：

$$L_A(r)=L_A(r_0)-20\lg(r/r_0) \quad (5.7-1)$$

式中： $L_A(r)$ — 距声源距离 r 处的 A 声级；

$L_A(r_0)$ — 距声源距离 r_0 处的 A 声级；

r 、 r_0 — 测点与声源的距离。

从施工总布置看，新发村砂石加工系统附近没有村庄，不考虑其生产运行的噪声影响；枢纽区砂石料加工系统附近最近的村庄为其东侧 534m 处的大罗贵村。采用预测公式对噪声衰减进行预测，经计算在距声源 534m 的噪声值为 39.45 dB(A)，叠加背景噪声 39.05dB(A)后为 42.26 dB(A)，符合《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准 (昼间 ≤ 55 dB(A))。砂石料加工系统夜间不施工，不存在夜间噪声影响问题。因此，工程砂石料加工系统不会对周围村庄生活环境造成影响。

(2) 施工机械及企业噪声影响

根据施工布置，工程每个施工区内均布置一个混凝土拌合系统、金属结构拼装厂等施工企业，施工点规模小且分散，无大型综合加工厂。根据施工布置方案，枢纽工区生产区临近车马碧村，最近距离约 140m；输水隧洞区各施工支洞施工区距离村庄均较远，均在 600m 以上，基本不会对周围村庄造成影响；隧洞出口生产区临近王大屯村，最近距离约 220m；各渣场料场附近仅大罗贵土料场及 2#弃渣场临近大罗贵村，最近距离约 60m。

在各居民点周围施工时间短，因此施工机械及企业噪声影响总体有限。根据

《环境影响评价技术导则——声环境》(HJ2.4-2009), 采用固定点源噪声源计算公式计算单一机械噪声在居民点处噪声值(公式同(5.7-1)), 用声能叠加求出预测点的综合噪声级:

$$L_{\text{总}} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}\right) \quad (5.7-2)$$

式中: $L_{\text{总}}$ ——预测声级, dB;

L_i ——各叠加声级, dB;

n —— n 个声压级。

根据声环境衰减模式进行预测计算, 各施工区固定噪声预测结果见表 5.7-4。

表 5.7-4 施工区固定噪声预测结果表

噪声源	与噪声源的距离 (m)												
	20	50	60	80	100	150	200	250	300	500	140	220	600
挖掘机	53	45	43	41	39	35	33	31	29	25	36	32	23
推土机	52	44	42	40	38	34	32	30	28	24	35	31	22
自卸汽车	64	56	54	52	50	46	44	42	40	36	47	43	34
装载机	67	59	57	54	53	49	47	45	43	39	50	46	37
机械加工厂	44	36	34	32	30	26	24	22	20	16	27	23	14
钢管加工厂	58	50	48	46	44	40	38	36	34	30	41	37	28
混凝土搅拌机	56	48	46	44	42	38	36	34	32	28	39	35	26
弃渣场	54	46	44	42	40	36	34	32	30	26	37	33	24

结合各敏感点临近施工场地的施工特点, 枢纽区施工区附近的车马碧村、隧洞出口施工区附近的王大屯村的施工场地的噪声源基本相同, 预测的施工场地叠加噪声值见表 5.7-5; 枢纽区 2#渣场和大罗贵土料场作业场地预测的叠加噪声值见表 5.7-6。

表 5.7-5 枢纽区、隧洞出口区施工区各施工机械叠加噪声预测结果

与噪声源的距离 (m)	20	50	60	80	100	140	150	200	220	250	300	500	600
噪声级	69.24	61.28	59.70	57.20	55.26	52.34	51.74	49.24	48.41	47.30	45.72	41.28	39.70

表 5.7-6 2#渣场及土料场各施工机械叠加噪声预测结果

与噪声源的距离 (m)	20	50	60	80	100	150	200	250	300	500	600
噪声级	68.81	60.85	59.26	56.76	54.83	51.30	48.81	46.87	45.28	40.85	39.26

根据施工机械及施工企业噪声预测结果, 距施工生产区 500m 以上均对环境没

有影响。考虑车马碧村、王大屯村、**大罗贵村**的背景噪声值，分别为 44.70 dB(A)、46.00 dB(A)、**39.05dB(A)**，与临近施工区噪声值叠加后，预测噪声值分别为 53.03dB(A)、50.38dB(A)、**59.30dB(A)**。根据预测结果，临近枢纽区、隧洞洞口施工区的车马碧村、王大屯村的昼间噪声值均符合《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准 (昼间 ≤ 55 dB(A))，**大罗贵村昼间噪声值超标 4.30dB(A)**；王大屯村临近的 2#渣场和土料场夜间不施工，不存在夜间噪声超标问题，枢纽区和隧洞洞口施工区混凝土系统均为三班制生产，根据固定噪声预测结果，在距混凝土系统 80m 处即可达到夜间 45dB(A)的标准要求，因此，车马碧村、王大屯村夜间声环境质量不会受临近施工区夜间施工影响。综上所述，各施工区施工作业除了会对大罗贵村部分村户有一定影响，不会对周围其他村庄生活环境造成影响。

根据施工总布置，2#渣场位于大罗贵村西南侧，大罗贵土料场位于大罗贵村东南方向，受两处施工场地噪声叠加影响较大的主要为大罗贵村南侧的几户村民，需对其采取噪声防护措施。

(3) 爆破噪声

爆破噪声为阵发性声源，具有持续时间短、声强大的特点，但其影响短暂且呈局部性。结合工程规模及其他工程爆破监测结果，工程隧洞单个爆眼的噪声值选取 130dB (A)。参考其他工程对石方开挖爆破噪声的监测和调查，考虑到爆破作业的非连续性，当爆破噪声低于 120.0dB 时，人群对爆破噪声反应不明显；当爆破噪声在 120.0~129.9dB 时，人群会产生短暂惊觉，但偶尔出现可以接受；当爆破噪声大于 130.0dB 时，人们普遍有惊吓感。

根据施工总布置，工程输水线路区各施工支洞距离居民点均较远，均在 600m 以上，采用无指向性点声源几何发散衰减公式 (5.7-2) 进行预测，在距离爆眼 600m 处的噪声值为 74.44dB (A)，基本不会对周围村民造成影响。

5.7.2.3 施工道路噪声影响

根据施工总布置，工程施工道路沿线附近的居民点共 3 个，川洞、上罗贵村、土官寨村，其中，川洞位于枢纽区场内道路右岸主干道南侧约 30m 处，上罗贵村位于 1#支洞施工道路北侧约 40m 处，土官寨村位于 3#支洞施工道路南侧约 20m 处。

工程新建的枢纽区右岸主干道，长度为 5.0km，1#、3#支洞渣场道路均不足 1.0km。施工过程中物料运输涉及到各种型号的载重汽车，其产生的噪声可视为流

动声源，噪声的大小与车流量、车型、车速及路况等因素有关，根据导则相关内容，拟采用下列模型进行预测。

流动声源预测模式：

$$L_{eq}(h)_i = (\overline{L_{OE}})_i + 10 \lg \left(\frac{N_i}{v_i T} \right) + 10 \lg \left(\frac{7.5}{r} \right) + 10 \lg \left(\frac{\Psi_1 + \Psi_2}{\pi} \right) + \Delta L - 16 \quad (5.7-3)$$

式中： $L_{eq}(h)_i$ ---第*i*类车的小时等效声级，dB(A)；

$(\overline{L_{OE}})_i$ ---第*i*型车速度为 V_i , km/h；水平距离为7.5m处的能量平均A声级，dB(A)；

N_i ---昼间，夜间通过某个预测点的第*i*型车辆的平均小时交通量，辆/h；

v_i ---第*i*型车的平均行驶速度，km/h；

T ---计算等效升级的时间，1h；

Ψ_1, Ψ_2 ---预测点到有线长段两端的张角，弧度；

ΔL ---由其他因素引起的修正量，dB(A)。

根据施工组织设计，工程内部施工道路交通运输的车辆一般为8~15t的载重汽车和5t、10t、15t的自卸汽车，本工程场内施工道路设计昼间车流量为40辆/h，车速30km/h；夜间施工强度较小，昼夜车流量暂按照5:1计，夜间车流量为8辆/h，车速15km/h。根据该交通运输情况，预测距公路不同距离处的交通噪声值，交通噪声预测结果见；综合考虑敏感区环境噪声背景值、敏感区处公路交通噪声值后，各敏感点受交通噪声影响的叠加噪声值预测成果见**错误!未找到引用源。**。

表 5.7-7；综合考虑敏感区环境噪声背景值、敏感区处公路交通噪声值后，各敏感点受交通噪声影响的叠加噪声值预测成果见**错误!未找到引用源。**。

表 5.7-7 交通噪声预测成果 单位：dB(A)

道路	时段	距公路中心线不同距离处的噪声值									
		10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
枢纽区右岸主干道路 (南侧)	昼间	50.47	47.46	45.70	44.45	43.48	42.69	42.02	41.44	40.93	40.47
	夜间	36.29	33.28	31.52	30.27	29.30	28.51	27.84	27.26	26.75	26.29
1#施工支洞及大石洞 渣场新建公路(北侧)	昼间	58.84	55.83	54.07	52.82	51.85	51.06	50.39	49.81	49.29	48.84
	夜间	51.85	48.84	47.08	45.83	44.86	44.07	43.40	42.82	42.31	41.85
3#支洞梨树坝渣场新 建公路(南侧)	昼间	60.60	57.59	55.83	54.58	53.61	52.82	52.15	51.57	51.06	50.60
	夜间	53.61	50.60	48.84	47.59	46.62	45.83	45.16	44.58	44.07	43.61

表 5.7-8 交通噪声对敏感点的影响预测表 单位：dB(A)

居民点	距离(m)	背景噪声值		敏感点处公路噪声值		预测值	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间

居民点	距离 (m)	背景噪声值		敏感点处公路噪声值		预测值	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
川洞	距枢纽区右岸主干路中心线最近距离 30m	44.7	38.5	45.7	31.52	48.24	39.25
上罗贵村	距 1#施工支洞新建公路中心线最近距离 40m	39.05	39.1	52.82	45.83	53.00	46.65
土官寨村	距 3#施工支洞新建公路中心线最近距离 20m	38.6	39.1	57.59	50.6	57.64	50.90

根据各居民点处噪声预测结果，川洞昼夜噪声值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准（昼间 $\leq 55\text{dB(A)}$ ，夜间 $\leq 45\text{dB(A)}$ ）；上罗贵村昼间噪声值达标，夜间噪声值超标，超标 1.65 dB (A)；土官寨村昼夜噪声值均超标，昼间噪声值超标 2.64 dB (A)，夜间噪声值超标 5.90 dB (A)。因此，场内交通噪声可能对上罗贵村、土官寨村靠近场内公路的部分居民有轻微影响，需采取相应措施。

5.7.3 对环境空气的影响

据工程区环境空气质量现状监测结果分析，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，其中， PM_{10} 满足二级标准，TSP、 SO_2 、 NO_2 、CO 达一级标准。工程建设对大气环境的影响仅限于施工期，施工期大气污染物主要来自燃油、炸药产生的废气及砂石料加工系统、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。

(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 2 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均在 200m 以上，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。

混凝土生产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。本工程共布置了 15 个混凝土生产系统，布置在枢纽区及隧洞沿线，较为分散，各混凝土系统规模均不大，粉尘影响范围有限；枢纽区混凝土距居民点距离在 200m 以上，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)仓库设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) 开挖、爆破粉尘

工程开挖、爆破作业主要坝区及隧洞洞挖区，开挖、爆破粉尘粒径较大，易于沉降，污染范围有限。洞挖在地下进行，对地面无影响。枢纽区施工作业点距最近的居民点距离在 200m 以上，因此，开挖、爆破粉尘主要影响对象是现场施工人员。可采取洒水措施降低现场粉尘。

(3) 交通运输扬尘

公路运输在干燥天气情况下，车辆行驶容易产生扬尘，道路扬尘量与路面状况、路面清洁程度、路面湿润程度、车流量、车速、载重量等有关。工程场内交通道路中，川洞村、上罗贵村、土官寨村分布在新建道路两侧附近，约 30m，道路扬尘对面临公路侧部分房屋建筑可能产生影响，需采取降尘措施。

5.7.4 固体废弃物对环境的影响

(1) 工程弃渣

工程建设期总土石方开挖总量 108.25 万 m^3 ，回填利用 4.15 万 m^3 ，弃渣 104.10 万 m^3 。工程永久弃渣堆放于布置的 14 个弃渣场内。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。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

本工程共布置 13 个施工生活区，工程施工期高峰人数为 2802 人，按人均产生垃圾量 0.8kg 计，工程施工期产生生活垃圾总量为 2592t。

生活垃圾成分较为复杂，一般分有机垃圾和无机垃圾两类。通过类比调查，水利工程施工期间生活垃圾组成较为单一，约 60%为无机建筑垃圾，约 40%为有机垃圾。无机垃圾包括各类炉渣、煤灰和建筑废弃物等，有机垃圾包括厨房废弃物、果皮等，生活垃圾的堆放和垃圾渗滤液的排放将会对当地土地资源和植被、地表水和地下水造成污染，对周围环境和水体产生污染。此外，有机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。因此，应对生活垃圾应进行妥善处置。

5.7.5 对人群健康的影响

施工期，施工人员相对集中，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。

(1) 与卫生条件和习惯不良有关的疾病

工程动工之初，生活上的安排因陋就简，卫生设施不完善，卫生条件较差，与此相关的疾病如痢疾、肝炎等肠道性传染病将有可能发生，特别是在炎热的夏季，此类病的发病率可能会上升。

施工期，由于生产需要，大量的施工人员进驻工地，生活污水、垃圾等的排放量增加。生活污水中含有细菌、病原菌等病源微生物，垃圾的乱堆乱放将会给蚊虫孳生创造有利条件，若不采取有效措施，可能会增加肠道传染病、虫媒传染病等疾病的流行机会，对施工人员造成不利影响。

(2) 与人群密度增大有关的疾病

这类疾病主要为流行性感、肺炎等呼吸系统疾病。施工期，输水工程区施工区较为分散，各施工区施工人员相对较少，枢纽区施工人员相对集中，施工劳动强度大，作业环境较差，可能导致个人抗病能力下降，加之其居住环境较差，可能使这类疾病发病率增加。

5.8 对社会经济的影响

(1) 工程施工对社会经济的影响

工程总投资 21.5 亿元，工程所需的水泥、钢材木材等大量建筑材料拟从云南省曲靖市、昆明市、马龙县三地就近采购，工程建设过程中可促进当地建筑业、建材行业和第三产业的发展。

工程施工期 54 个月，工程建设期间需从当地雇用一定劳动力，增加地方就业机会，同时工程建设期间，大量施工及管理人员在工地，需要为他们提供运输、商贸、餐饮等服务，可为当地的村民带来一定的经济收入和就业机会。

(2) 工程建成后对社会经济的影响

本工程建设任务工业供水和农业灌溉供水，并为改善受水区河道内水环境创造条件。水库建设后，可解决曲靖坝的工农业生产缺水问题，提高现有灌区灌溉保证程度，改善水利灌溉条件，改良灌区土壤，提高土地生产力，使曲靖坝的光热和土地资源得到最大程度的利用，保障坝区社会经济的可持续发展。工程实施可退减目前曲靖坝区内的南盘江及支流各已建水源工程坝址断面现状被挤占的河道生态用水，有效恢复坝下河流自然景观及水生态系统的形态、结构与功能，有利于曲靖市水生态、水文明的建设，提升城市形象及景观质量。

5.9 对环境地质的影响

5.9.1 库区渗漏

工程区处于长江流域与珠江流域分水岭地带。库区处于中尹堡向斜东南翼，库区出露地层为寒武系和志留系，另有少量第四系松散层，组成岩石为 ϵ_1c^w 、 ϵ_2d 、 S_3g 砂、泥、页岩及 ϵ_1l 、 ϵ_2s 、 S_3m 碳酸盐岩，砂、泥、页岩含风化裂隙水，透水性差，属相对隔水层。碳酸盐岩含岩溶裂隙水，透水性相对较好，属相对含水层。库区南部、北部及库首都有砂泥岩隔水层分布；碳酸盐岩呈带状横穿库区向库外北东、南西延伸。库区四周地下水位高程均高于河水位高程，属地下水补给河水，马龙河为最低排泄基准面，不存在向库外渗漏条件。库区分布的 ϵ_1l 、 ϵ_2s 、 S_3m 层状碳酸盐岩含（透）水层， S_3m 地层在小车章—大车章库尾一带形成独立的水文地质单元，对水库蓄水有利； ϵ_1l 、 ϵ_2s 地层在库区范围内也形成了封闭独立的水文地质单元，对库区蓄水有利。砂泥岩为相对隔水层，存在地形分水岭及地下水分水岭，库水也不会向邻谷渗漏。根据实地调查，库区内及库区周边大量出露的泉点高程多高于正常蓄水位。因此，库水不存在渗漏问题，库区蓄水条件良好。

5.9.2 库岸稳定

库盆左岸多为层状同向结构边坡，岩层倾角较缓，右岸多为层状反向结构边坡，岩层倾角较缓为 $8^{\circ}\sim 14^{\circ}$ ；对岸坡有利。近坝库段、车章河右岸支流以及库区北部主要为砂、泥、页岩出露区，风化相对强，山坡较为平缓，坡度一般为 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ；上覆松散层厚度多小于 $3m$ ；库区中部—南部大面积分布碳酸盐岩，回水线主要位于碳酸

盐岩内，地貌上属于岩溶低中山。其特点是山顶平缓、 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 左右，其上发育有石芽原野、洼地、漏斗、落水洞，多有红粘土充填，其厚度在 $0.5\sim 5\text{m}$ 。山坡坡度在 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 之间，其上段稍缓，见有充填红土的石芽、溶隙及个别小型溶洞。下部较陡，沿马龙河、车章河、白塔河两岸因地形切割多形成陡崖，基岩裸露，岩溶不发育，一般无红土充填，偶见个别小型溶洞。常构成与构造线方向一致的单面坡或谷地地形。碳酸盐岩组成的库岸山坡一般较陡，局部呈陡崖且基岩裸露，岩体节理裂隙倾角也较陡，与山坡坡度一致或陡于山坡坡度，对岸坡的稳定有利，库岸稳定性好。本阶段对边坡按稳定（I）、基本稳定（II）、局部稳定性差（III）、不稳定（IV）、极不稳定（V）进行分类，I类占18%、II类占35%、III类占21%、II-III类占26%，库岸总体评价为基本稳定（II）—局部稳定性差（III），水库蓄水后，可能存在局部小规模表层强风化岩体坍塌，但不会危害水库的正常运行。

5.9.3 库区浸没

据调查库区范围内既无可供开采利用的矿产资源，也无文物古迹，因此蓄水后不存在矿产资源和文物古迹的淹没与浸没问题。但正常蓄水位以下的村庄和农田、耕地存在淹没问题，浸没高程为 $1938.5\sim 1940.5\text{ m}$ ，浸没水田面积 31.02 亩 、旱地 2.16 亩 （内涝）、宅基地 104.2 亩 。

5.9.4 水库诱发地震

库区断裂不发育，库盆内无活动性断裂，库盆介质以泥岩、粉砂岩为主，岩质软弱，岩石透水性不大，水库蓄水最深 44m ，不具备地应力聚积的条件，诱发构造型地震的可能小。

5.10 移民安置环境影响

5.10.1 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。

移民安置中，农村移民安置点建设、生产开发、公路改建等专业项目改建、水利灌溉设施以及其他配套设施建设等都将占用一定的土地，从而对陆生生态及

水土流失带来一定的影响。但同时，移民安置活动将使安置区原以灌木草丛为主的自然生态系统转变为村落生态系统，引起物种组分的变化。移民安置活动把低效益的灌木草丛、低产旱田转变为经济效益较高的农业植被和村落体系，一方面安置了移民，另一方面也提高了土地生产力。具体移民安置占地对陆生植被的影响详见第 5.4.1.4 节。

移民安置活动期间，占地、开挖、爆破、运输等施工活动干扰了原有小型兽类（如鼠类）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，但这些小型动物的适应性强，活动范围广，会因为扰动离开施工区域迁往它处，因此，对区域小型兽类基本没有影响，不会造成其数量的大量减少，更不会造成物种灭绝。安置区周边没有国家重点保护、珍稀濒危野生动物存在，移民安置对保护动物没有影响。

5.10.2 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农田水利工程建设、安置区交通道路建设、移民安置点建设等。各项建设活动都将扰动安置区的原有地貌、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，移民安置会新增安置区域的水土流失量，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。

移民安置主要为就地后靠安置与本村（居）委会内集中安置相结合的安置模式，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、通信等基础设施的改复建。集中安置点位于旧县白塔村、马过河车章村和麻衣村、王家庄镇格里村 4 个村委会 10 个村民小组，共 8 个安置点，其中组内就地后靠集中安置点 5 个，本居委会内跨组集中安置点 3 个。安置点现状有乡村公路连接至拟建安置点，道路修建主要是安置点内部巷路与外部道路的连接。

移民安置点的水土流失影响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。

5.10.3 对水环境的影响

5.10.3.1 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的建设排放的施工废水。生产废水中混凝土拌合废水具有悬浮物浓度高、水量小，间隙集中排放的特点，机械冲洗废水石油类污染物质及固体悬浮物浓度较高，由于集镇和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，由于施工区距村组较近，与安置区所在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。

5.10.3.2 运行期对水环境的影响

车马碧水库工程移民安置主要采取就地后靠安置与本居委会内跨组集中安置相结合的安置模式。安置区农村生活用水量较小，产生的生活污水量主要是人畜粪便和生活污水。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，规划水平年车马碧水库涉及搬迁安置移民人口共计 543 户 1977 人，其中，水库淹没影响区涉及移民人口 542 户 1972 人，枢纽工程区涉及移民 1 户 5 人；规划共选择集中安置点 8 个，对 10 个村民小组进行安置，安置人口 1711 人，其余 8 个村民小组选择组内后靠分散安置的方式，安置人口共 266 人。具体安置方式见 2.7.2.2 节“移民搬迁安置规划”。

根据移民安置规划，采取分散安置的白塔村、水井凹、大车章、马保地、车马碧、黄坝、格里、发腾均采取组内后靠分散安置，各村庄均距离马龙河及其支流较近，其产生的生活污水如肆意排放会对河道水质产生一定的影响。

采取跨组后靠集中安置的大罗贵村位于白塔河入马龙河汇口处，安置的小水塘安置点位于马龙河和白塔河上游方向约 3km 处，临近 007 乡道，距白塔河及马龙河较远；清水凹、中罗贵、下罗贵村位于马龙河两岸，安置的大麦塘安置点距离马龙河较远；川洞村位于水库坝址上游附近，安置的马过河新集镇安置点位于车章河上游方向的小车章村西侧约 1.3km 处，距离马龙河及车章河均较远；集中安置点人口较多，生活污水如不加处理可能形成径流，污染河道水质并对周围环境造成一定的不利影响。

采取后靠安置的有马龙河左岸支流白塔河两岸西冲村和张家屯村、右岸支流年章河上游两岸的小车章村、马龙河干流两侧的三家村和碧腾村，均采用本村后靠集中安置，各村均相应的河道距离较近，产生的生活污水如直接排放，可能会对支流白塔河、车章河及干流马龙河内水质造成影响。

生活污水中含大量的有机物质，如流入马龙河及其汇流支流会使拟建库区内BOD₅、氨氮等严重超标，恶化库内水质，同时，未经处理的生活污水直接排放也会对周边环境带来不利影响，造成蚊虫滋生等。规划采取分散安置居民污水纳入相应村组污水处理系统一同处置；集中安置点的设置污水处理设施对污水进行处理；各村周农田分布较多，安置点内生活污水处理后可用于农田灌溉等综合利用，不外排，基本不会对河道水质及周围环境产生影响。

5.10.4 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。由于各安置点分布较分散，且施工规模较小，对安置点周边环境空气和声环境的影响较小。

大气污染主要来自施工期间取土地地的开挖、地基开挖、爆破、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。

5.10.5 固体废弃物对环境的影响

根据现场调查，车马碧水库移民工程所选择安置区涉及的村庄，均没有对生活垃圾设固定的堆放场所，其中部分生活垃圾作为饲料和农肥等被就近消纳，而大部分的生活垃圾则直接堆放至村庄的道路边缘及河岸裸露处，在雨季节可能会

随暴雨等水流冲进河道，对水环境带来污染；另外在风沙较大的季节，轻质的垃圾灰尘等也会随风扬起，对居民的大气环境卫生等带来一定的污染。

根据搬迁安置人口数量，本工程规划的 8 个安置点安置移民 1711 人，另外 266 人采取组内后靠分散安置，按垃圾产生系数为 0.8 (kg/人.d) 计列，集中安置区生活垃圾日产生量共 1.37t，其中本居委会内集中安置区日产垃圾总量为 0.69t，组内后靠集中安置区日产垃圾总量为 0.68t；采取组内分散安置的 266 人，生活垃圾日产生量为 0.2t。各居民点生活垃圾若随意丢弃，会对周边环境产生不利影响，需对其进行收集并定期运送至指定的垃圾填埋场等进行处理。

各移民安置点的生活垃圾产生量详见表 5.10-1。

由于农村集中安置点主要是农村地区的农业人口，生活垃圾常以厨余等有机物为主，长期随意堆弃，将占用安置区道路旁、屋舍、农田附近的空地，影响安置区的村容村貌等景观环境，还会由于有机物的腐烂产生难闻的气味，对环境空气产生不利影响，且容易造成蚊蝇孳生，鼠类大量繁殖，增大各类疾病的传播机会，危害人体健康，对环境卫生带来不利影响。

此外，根据移民安置规划，除了小水塘安置点、马过河新集镇安置点和大麦塘安置点 3 个集中安置点均距离马龙河及其支流较远，其他 5 个后靠安置的安置点均位于河道两岸，其各安置点内生活垃圾如不妥善管理，未经收集、处理的垃圾长期堆放，垃圾内有机物腐烂不但对周围环境产生不利影响，其产生的渗滤液还可能会形成径流流入河道，污染马龙河及其支流河道内水质，从而直接或间接恶化拟建水库库内水质，同时还会对区域地下水、农田等造成污染。因此需对其进行收集并统一处理。

表 5.10-1

移民安置点生活垃圾产生量表

安置方案	镇/街道办	村/居委会	村民小组	搬迁安置		日产垃圾 (kg)	日产生垃圾体积 (m ³)	年产垃圾 (t)
				户数(户)	人口(人)			
后靠集中	旧县	白塔	大罗贵	136	466	372.80	1.24	136.07
			张家屯	31	109	87.20	0.29	31.83
			西冲	27	101	80.80	0.27	29.49
		合计	194	676	540.80	1.80	197.39	
	马过河	车章	小车章	99	396	316.80	1.06	115.63
			三家	23	91	72.80	0.24	26.57
			小计	122	487	389.60	1.30	142.20
		麻衣	川洞	54	173	138.40	0.46	50.52
			小计	54	173	138.40	0.46	50.52
		合计	176	660	528.00	1.76	192.72	
	王家庄	格里	碧腾	38	152	121.60	0.41	44.38
			清水凹	10	32	25.60	0.09	9.34
			中罗贵	25	92	73.60	0.25	26.86
			下罗贵	25	99	79.20	0.26	28.91
		合计	98	375	300.00	1.00	109.50	
	集中安置合计	468	1711	1368.80	4.56	499.61		
	后靠分散	旧县	白塔	白塔村	17	63	50.40	0.17
水井凹				6	17	13.60	0.05	4.96
合计			23	80	64.00	0.21	23.36	
马过河		车章	大车章	5	21	16.80	0.06	6.13
			马保地	4	15	12.00	0.04	4.38
			小计	9	36	28.80	0.10	10.51
		麻衣	车马碧	1	5	4.00	0.01	1.46
			小计	1	5	4.00	0.01	1.46
		合计	10	41	32.80	0.11	11.97	

安置方案	镇/街道办	村/居委会	村民小组	搬迁安置		日产垃圾 (kg)	日产生垃圾体积 (m ³)	年产垃圾 (t)
				户数(户)	人口(人)			
	王家庄	格里	黄坝	7	27	21.60	0.07	7.88
			格里	8	28	22.40	0.07	8.18
			发腾	27	90	72.00	0.24	26.28
			合计	42	145	116.00	0.39	42.34
后靠分散			分散安置合计	75	266	212.80	0.71	77.67
			总计	543	1977	1581.60	5.27	577.28

5.10.6 对社会经济的影响

水库淹没和工程占地使工程建设区总耕地面积减少,对马龙县和麒麟区所辖的旧县、马过河、王家庄、通泉、西城 5 个乡镇受影响的 16 个村 44 个村民组的农业生产产生不利影响。但随着移民生产安置安置方式的落实,工程开发建设资金的投入,会为资源开发利用提供有利条件,利于当地产业结构的调整。

移民对安置区的影响主要与安置方式有关。从对安置区人均耕地资源角度分析,采取后靠安置的移民,经环境容量分析,建设征地区域耕地资源丰富,但由于受水利灌溉设施限制,耕地利用率较低,通过对地利用率的耕地资源善加利用,在村委会内临近村组有偿调剂耕地的方式进行土地配置基础上,对中低产田进行整理,提高库周交通通达率,加大水利设施投入,引进高效节水基础灌溉配套设施,并由地方政府进行引导,种植高经济附加值农作物,可逐步恢复当地居民的生产生活。同时,库区区域经济以传统农业经济为主,工程建设和移民安置,有利于区域农业产业结构的调整,利于安置后的移民发展棚菜种植、经济田种植、中低产田改造、养殖业发展、劳动技能培训等产业项目,改善农民的生活水平,提高其经济收入,同时使安置区劳动力向高经济价值产业、乡镇企业、第三产业等非农产业转变,对库区经济的发展必将起到积极的推动作用。

5.10.7 对人群健康的影响

移民安置采取在本村后靠集中安置和后靠分散安置相结合的方式。搬迁后,安置区基础设施健全,医疗和卫生条件较搬迁前将有较大的改善,移民的生活环境质量也有所提高,不会对移民及安置区原居民健康产生不良影响。

移民搬迁可能会对个人心理产生一定的影响,如产生压抑感和不适感。但本工程搬迁安置移民均采取本村后靠的安置方式,生产安置采取农业安置为主,辅以自行安置的方式,安置后与其原有生活方式相同,且安置区离原住地相距不远,生活条件类似,生活习惯、卫生防疫等与原住地基本相同,适宜移民适应新的环境,消除搬迁造成的不适感。

安置后移民生活环境、质量都有所提高,移民安置不会增加新的传染病种。蓄水初期,由于水库淹没使鼠类等病媒物向库周人群居住区迁移,如不加强预防和监控,有可能导致自然疫源性传染病在库周爆发流行。

5.10.8 专业项目复建对环境的影响

工程专业项目复建主要包括安置区交通复建、电力与通讯线路复建等，对环境可能产生影响的主要是库周交通复建工程，其影响特点呈线性分布，影响程度和范围有限。

本工程涉及的公路工程中，仅王家庄～干冲县道四级公路的发腾坡至云水机械厂厂区门口路段需要恢复改建（约 2.51km）。复建公路建设永久征用土地，地表覆盖性质会被永久性改变，临时占地以及公路复建沿线会对地表植被造成一定程度的破坏，但均为暂时性影响，会在工程结束后通过植被恢复等措施得以恢复和减缓。

复建工程施工期间，由于施工机械设备的运作、运输车辆的行驶、装卸货物等，会对周围环境带来一定的噪声和环境空气的影响，可以通过采取降噪措施以及限制车速、洒水等防尘降尘措施予以降低和减免，不会对周围居民带来持续的不利影响，影响其日常生活；此外，由于建筑材料如易冲失的物资如黄沙、土方等露天堆放，若管理不当，易在遭遇暴雨天气时被雨水冲刷进入水体，可能会引发水土流失。

6 马龙河流域累积环境影响分析

6.1 马龙河干流已建水库概况

马龙河干流现有一座已建水库—凤龙湾水库。凤龙湾水库坝址位于车马碧水库下游约 20km 的马龙河干流上，寻甸县与马龙县边界附近，隶属昆明市寻甸县。水库始建于 1958 年“大跃进”时期，坝型为均质土坝，坝顶高程 1888.30m，最大坝高 23m，坝顶长 216m。受当时施工技术和各种条件的限制，水库存在着严重的病险，于 1994 年进行除险加固，主体工程于 1996 年底全面竣工并投入运行。水库控制径流面积 957km²，多年平均来水量为 3.49 亿 m³，水库总库容 2058m³，兴利库容 1345 万 m³，校核洪水位 1884.78m，正常蓄水位 1882.0m，汛限制水位 1878.99m（溢洪道堰项高程），灌溉面积 2.5 万亩，坝后电站装机 3×500kW，并担负着仁德坝、七星乡、河口乡的防洪任务，是一座以灌溉、防洪为主结合发电的综合利用中型水库。

水库现有东、西干渠两条，东干渠接低涵（进口底板高程 1871.67m）出口取水后，沿马龙河左岸绕行经新房子、江外村、赵回村至腊味村止，渠道长度约 7km，灌溉左岸耕地 0.50 万亩。西干渠从库尾小坝者隧洞（进口底板高程 1875.60m）出口取水，渠道经白排、宗额、半工田、民则祖、小可依等地后交入牛栏江上的胜利闸，渠道总长 10.1km，灌溉面积 2.0 万亩。坝后电站兴建于 1984 年，取水口高程 1874.7m，设计水头 14m，引水设计流量 3×4.87m³/s。

凤龙湾水库工程特性见表 6.1-1。

表 6.1-1 凤龙湾水库工程特性表

序号	名称	单位	数量
一、	水文		
1	流域面积	km ²	957
2	多年平均径流量	亿m ³	3.83
3	多年平均流量	m ³ /s	11.2
二、	水位及库容		
1	校核洪水位	m	1886.19/1884.78
2	设计洪水位	m	1883.85
3	正常蓄水位	m	1882
4	汛限制水位	m	1880/1878.99
5	死水位	m	1871.67
6	总库容	万m ³	2251
7	正常蓄水位以下库容	万m ³	1268

序号	名称	单位	数量
8	调洪库容	万m ³	2221
9	死库容	万m ³	30
三、	下泄流量		
1	设计洪水时最大泄量	m ³ /s	525
2	校核洪水时最大泄量	m ³ /s	900
四、	效益指标		
1	年毛用水量	万m ³	2514
五、	主要建筑物及设备		
(1)	挡水建筑物（主坝）		
1	坝顶高程	m	1888.3
2	最大坝高	m	23
3	坝顶长、宽	m	长216、宽5
(2)	泄水建筑物（溢洪道）		
1	堰顶高程	m	1878.99
2	消能形式	底流消能	
3	闸门形式	弧形闸门	
4	设计泄洪量	m ³ /s	460
5	校核泄洪量	m ³ /s	829
(3)	输水建筑物（低涵）		
1	进口底高程	m	1871.67
2	最大流量	m ³ /s	46.7
(4)	引水建筑物（西干渠）		
1	全长	m	9185
2	设计流量	m ³ /s	2.5

备注：/前为除险加固前特性值，/后为除险加固后特性值。

6.2 马龙河流域水环境累积影响分析

6.2.1 水文情势影响分析

6.2.1.1 凤龙湾水库运行现状

凤龙湾水库的设计任务有农田灌溉和发电，但从近些年的实际运行来看，其坝后电站已经有 10 余年不运行，基本废弃，凤龙湾水库现只保留了农业灌溉的任务，分别通过东、西两条干渠下泄灌溉流量。

凤龙湾水库站是记录凤龙湾水库坝前水位及出库流量的水文测站。为调查凤龙湾水库运行现状，从昆明市水务局收集到 2005 年~2014 年共十年的凤龙湾水库站记录的逐月平均水位及平均流量数据，分别见表 6.2-1 及表 6.2-2。

表 6.2-1

凤龙湾水库 2005~2014 年逐月平均坝前水位

单位: m

年	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
2005	1879.30	1880.51	1881.35	1881.19	1879.94	1878.81	1880.21	1879.71	1880.87	1880.64	1881.01	1881.53	1880.42
2006	1881.44	1881.38	1881.57	1881.18	1880.23	1880.58	1880.66	1878.50	1879.62	1880.87	1879.74	1880.21	1880.49
2007	1881.77	1881.61	1881.71	1881.77	1880.69	1879.49	1879.91	1881.37	1881.03	1879.89	1881.61	1881.22	1881.00
2008	1880.87	1881.22	1881.12	1881.34	1880.82	1880.81	1880.92	1879.20	1879.16	1878.50	1881.11	1880.94	1880.41
2009	1880.58	1881.19	1881.14	1881.65	1880.22	1878.36	1879.30	1878.53	1877.76	1878.10	1879.76	1881.11	1879.80
2010	1881.71	1881.61	1881.76	1881.61	1879.98	1879.66	1879.48	1878.97	1878.20	1880.58	1881.06	1881.38	1880.50
2011	1881.36	1881.37	1881.69	1881.80	1881.48	1878.12	1878.31	1878.83	1879.93	1881.21	1881.76	1881.61	1880.62
2012	1881.74	1881.70	1881.75	1881.40	1879.26	1878.55	1878.70	1878.98	1880.43	1881.06	1881.40	1881.60	1880.54
2013	1881.70	1881.80	1881.60	1881.21	1880.44	1879.48	1879.31	1879.70	1880.59	1881.24	1881.74	1881.83	1880.88
2014	1881.87	1881.88	1881.77	1881.36	1880.92	1879.59	1879.41	1879.26	1879.50	1879.61	1881.13	1881.36	1880.63
十年平均	1881.23	1881.43	1881.55	1881.45	1880.40	1879.35	1879.62	1879.31	1879.71	1880.17	1881.03	1881.28	1880.53

表 6.2-2

凤龙湾水库 2005~2014 年逐月平均出库流量

单位: m³/s

年	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
2005	4.91	4.91	5.96	6.21	7.27	7.99	20.60	11.50	23.00	16.70	6.39	9.79	10.50
2006	2.54	1.28	1.79	1.63	4.40	26.30	17.30	4.84	2.66	15.50	4.46	0	6.91
2007	1.49	1.56	1.37	1.79	7.32	7.36	16.60	36.80	12.40	4.18	1.49	2.75	8.00
2008	0.74	0.46	1.33	1.10	7.84	20.00	35.10	20.30	7.56	0.89	13.60	3.12	9.37
2009	3.24	0.55	1.22	1.06	6.12	11.10	14.60	9.02	7.06	0.04	0.54	0	4.57
2010	1.26	0.37	0.52	1.10	2.46	26.80	12.60	7.89	3.79	6.01	2.85	3.01	5.73
2011	2.75	0.49	1.24	1.67	3.85	6.08	1.33	1.11	0.58	2.15	0.39	0.48	1.85
2012	0.42	0.02	0.55	0.98	2.82	13.20	7.76	8.08	8.47	9.57	0.77	0.55	4.44
2013	0.73	0.93	0.80	0.99	3.28	5.93	2.46	2.42	4.14	6.63	0.79	0.75	2.50
2014	0.71	0.44	0.64	1.16	2.04	8.77	18.00	10.60	11.70	9.33	3.59	1.37	5.73
十年平均	2.07	1.11	1.48	1.70	4.80	13.15	15.09	15.72	9.94	7.44	3.73	2.14	6.56

从表 6.2-1 可以看出, 凤龙湾水库在 6~10 月维持在低水位运行, 11 月~翌年 5 月水位相对较高。从月均水位来看, 年内变幅在 4m 以内。

从表 6.2-2 可以看出, 凤龙湾水库的出库流量在一年内汛期(6~11 月)和非汛期(12 月~翌年 5 月)相差很大。汛期为防洪大量弃水, 月均出库流量可达 35m³/s; 而非汛期出库流量明显减少, 个别月份甚至出现出库流量为零的情况, 即凤龙湾坝址以下整月断流。

为进一步分析凤龙湾水库最近几年实际运行情况, 对 2012~2014 年凤龙湾水库站逐日平均出库流量、全年最大和最小出库流量进行统计分析, 见表 6.2-3~6.2-5。

表 6.2-3 凤龙湾水库站 2012 年逐日平均流量表 单位: m³/s

日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0	0.42	0	0.83	2.17	2.56	10.70	8.82	5.58	8.00	0	0
2	0	0	0	0.71	2.42	2.54	5.67	11.60	5.84	8.00	0	0
3	0	0	0	0.66	2.80	1.72	5.66	11.60	5.92	8.00	0	0
4	0	0	0	0.66	2.82	1.31	5.66	11.60	5.32	8.00	0	0.28
5	0	0	0	0.66	2.80	1.28	5.66	13.70	5.00	29.30	0	0.43
6	0	0	0	0.66	2.78	1.12	5.65	17.00	5.00	21.90	0	0.43
7	0	0	0	0.66	2.96	1.12	5.64	11.60	5.00	35.00	0	0.43
8	0	0	0	0.66	3.03	1.12	5.96	11.60	1.66	57.40	0	0.43
9	0	0	0	0.66	3.01	1.13	6.11	11.60	0	16.20	0	0.43
10	0	0	0	0.66	2.98	1.13	6.09	11.60	0	13.60	0	0.43
11	0	0	0	0.66	2.97	1.13	6.08	11.50	0	8.00	0	0.43
12	0	0	0.58	0.83	3.03	1.13	6.06	6.51	0	8.00	0	0.43
13	1.67	0	0.87	0.91	3.00	1.09	6.04	6.49	0	8.00	0	0.43
14	1.67	0	0.87	0.91	2.97	1.03	6.05	6.48	0	8.00	0	1.37
15	1.67	0	0.87	0.91	3.03	1.04	6.07	6.46	3.34	8.00	0	3.23
16	1.67	0	0.52	0.91	3.04	1.05	6.28	6.45	5.00	8.00	0	1.82
17	1.67	0	0.61	0.89	3.10	1.05	6.37	6.43	7.00	8.00	0	0.42
18	1.67	0	0.74	0.81	3.11	1.05	6.36	6.41	8.00	8.00	0	0.42
19	1.67	0	0.74	0.81	3.08	1.02	6.37	6.40	34.40	8.00	1.26	0.42
20	0	0	0.57	1.14	3.05	0.86	7.76	6.39	28.60	8.00	7.46	0.42
21	0	0	0.49	1.30	3.01	0.88	9.42	6.38	16.10	8.00	7.36	0.42
22	0	0	1.00	1.30	3.05	25.80	9.45	6.37	8.00	3.32	3.92	0.42
23	0	0	1.26	1.30	3.06	43.00	9.78	6.35	8.00	0	0.33	0.42
24	0	0	1.26	1.29	2.43	151.00	11.40	6.33	19.90	0	0.50	0.42
25	0	0	1.26	1.28	2.10	72.00	11.40	6.32	31.60	0	0.50	0.42
26	0	0	1.26	1.28	2.07	31.50	11.40	6.32	8.00	0	0.50	0.43
27	0	0.20	0.97	1.32	2.29	14.60	11.40	4.97	8.00	0	0.50	0.43
28	0	0	0.83	1.58	2.94	10.70	11.50	4.31	12.90	0	0.50	0.43
29	0.33	0	0.83	1.66	2.86	10.70	11.50	4.32	8.00	0	0.17	0.43

30	0.50		0.83	1.66	2.83	10.70	10.60	4.32	8.00	0	0	0.43
31	0.50		0.83		2.66		6.46	4.33		0		0.43
平均	0.42	0.02	0.55	0.98	2.82	13.2	7.76	8.08	8.47	9.57	0.77	0.55
最大	5	0.5	1.26	1.97	3.13	237	11.5	24.1	79	99	7.5	3.23
最小	0	0	0	0.66	1.97	0.86	5.62	4.31	0	0	0	0

表 6.2-4 凤龙湾水库站 2013 年逐日平均流量表 单位: m³/s

日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.43	0.93	0.93	0.50	2.02	5.46	1.50	1.69	1.59	0.42	0.39	5.86
2	0.43	0.93	0.93	0.50	2.01	34.60	1.49	3.05	1.50	0.42	0.41	0.43
3	0.43	0.93	0.93	0.50	2.00	12.80	1.49	9.97	23.50	0.42	0.43	0.43
4	0.43	0.93	0.93	0.50	2.00	9.44	1.50	7.78	35.20	12.00	0.43	0.43
5	0.43	0.93	0.70	0.50	2.00	8.80	1.50	7.33	23.00	44.30	0.43	0.43
6	0.43	0.93	1.03	0.50	2.01	8.38	1.50	3.09	14.10	16.30	5.68	0.43
7	0.43	0.93	1.03	0.50	2.16	11.80	1.50	1.73	12.10	0.40	0.43	0.43
8	0.43	0.93	1.03	0.50	2.31	19.80	1.50	1.73	3.74	0.42	0.43	0.43
9	0.43	0.93	1.03	0.50	2.73	14.90	1.50	1.74	0.58	8.17	0.43	0.43
10	0.43	0.93	0.94	0.50	2.72	9.70	1.49	1.74	0.59	0.43	0.43	0.43
11	0.43	0.93	0.52	0.83	2.71	7.41	1.49	1.74	0.60	0.43	0.43	0.43
12	0.43	0.93	0.51	1.00	2.70	5.62	1.49	1.75	0.57	5.49	0.43	0.43
13	0.44	0.93	0.85	1.00	2.69	2.94	1.49	1.75	0.39	0.43	0.44	0.43
14	1.07	0.93	1.01	1.00	2.69	0.89	1.50	1.76	0.39	0.43	0.44	0.43
15	1.85	0.93	1.01	1.00	2.69	0.90	1.50	1.76	0.39	7.61	0.44	0.43
16	0.43	0.94	1.01	1.00	2.68	0.90	1.50	1.77	0.39	0.42	5.90	0.44
17	0.43	0.94	1.01	1.00	2.67	0.99	1.50	1.77	0.40	0.42	0.43	0.44
18	1.07	0.94	0.81	1.00	2.57	1.49	1.50	1.78	0.40	0.43	0.43	0.44
19	4.19	0.94	0.71	1.00	2.13	1.49	1.53	1.78	0.40	0.43	0.43	0.44
20	1.66	0.93	0.71	1.00	2.13	1.48	1.56	1.75	0.40	6.22	0.43	0.44
21	0.42	0.93	0.71	1.00	2.13	1.48	3.91	1.58	0.41	21.60	0.43	0.44
22	0.43	0.93	0.71	0.99	2.13	1.48	9.43	1.58	0.41	10.20	0.43	0.44
23	0.43	0.93	0.71	0.99	2.13	1.48	9.25	1.58	0.41	31.00	0.43	0.44
24	0.43	0.93	0.71	0.99	2.14	1.48	9.10	1.58	0.41	0.39	0.43	4.73
25	0.43	0.93	0.71	0.99	2.16	1.48	4.42	1.58	0.41	7.94	0.43	0.43
26	0.43	0.93	0.71	1.70	8.32	1.48	1.68	1.58	0.41	9.87	0.43	0.43
27	0.43	0.93	0.71	2.05	22.50	1.49	1.68	1.59	0.41	0.38	0.44	0.44
28	0.68	0.93	0.71	2.05	7.87	4.84	1.68	1.59	0.41	7.46	0.44	0.44
29	0.93		0.57	1.96	1.56	1.50	1.69	1.59	0.41	0.39	0.44	0.44
30	0.93		0.50	2.03	1.58	1.50	1.69	1.59	0.41	0.39	0.44	0.44
31	0.93		0.50		1.59		1.69	1.59		10.30		0.44
平均	0.73	0.93	0.8	0.99	3.28	5.93	2.46	2.42	4.14	6.63	0.79	0.75
最大	4.24	0.94	1.03	2.05	41.7	44.6	9.62	11.2	37.1	68.7	71.4	72.4
最小	0.42	0.93	0.43	0.5	1.55	0.89	1.49	1.02	0.38	0.38	0.38	0.43

表 6.2-5 凤龙湾水库站 2014 年逐日平均流量表 单位: m³/s

日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

1	0.44	0.44	0.44	1.01	1.43	1.12	20.80	8.05	6.22	8.97	9.62	0.84
2	6.05	0.44	0.44	1.01	1.44	1.46	18.80	12.90	5.26	10.10	0.83	0.84
3	0.43	0.44	0.44	1.01	1.44	1.62	17.90	16.50	7.64	8.88	0.80	0.84
4	0.43	0.44	0.32	1.02	1.66	5.75	20.80	13.50	7.78	7.35	0.65	0.85
5	0.43	0.44	0.26	1.09	1.78	11.40	19.80	14.70	7.26	6.77	0.65	0.85
6	0.43	0.44	0.26	1.09	1.78	13.70	15.60	18.60	6.40	6.29	0.66	0.85
7	0.43	0.44	0.26	1.09	1.78	3.63	12.30	14.40	5.28	5.58	9.65	0.86
8	0.43	0.44	0.26	1.09	1.78	1.07	12.20	10.40	4.52	3.17	14.00	0.86
9	0.43	0.44	0.26	1.09	1.78	1.81	9.68	8.15	4.02	0.74	0.66	0.86
10	0.43	0.44	0.26	1.09	1.77	55.10	6.53	8.83	3.45	0.75	5.55	0.86
11	0.43	0.44	0.26	1.09	1.80	18.00	4.58	1.31	2.32	12.50	22.20	0.87
12	0.44	0.44	0.26	1.09	1.97	9.10	8.99	1.34	1.08	37.80	5.87	0.87
13	0.44	0.44	0.26	1.09	1.96	10.90	19.00	24.20	1.09	36.40	0.60	0.87
14	0.44	0.44	0.26	1.09	1.96	8.23	17.80	17.70	1.10	23.30	0.61	0.87
15	0.44	0.43	0.26	1.09	1.96	6.45	15.00	11.70	1.11	18.10	0.62	0.88
16	0.44	0.43	0.30	1.15	1.96	5.05	15.00	7.73	1.11	15.50	0.63	0.88
17	0.44	0.43	0.96	1.51	1.95	4.25	66.80	7.22	1.12	13.10	0.64	0.88
18	0.44	0.44	1.38	1.65	1.95	3.88	47.50	7.00	8.13	11.10	0.65	0.88
19	0.44	0.44	1.38	1.35	1.94	3.41	25.30	7.60	64.40	8.99	0.65	0.89
20	0.44	0.44	1.07	1.20	1.93	2.93	19.90	8.26	40.60	9.46	0.66	0.89
21	0.44	0.44	0.92	1.20	1.93	2.89	20.40	7.17	30.80	3.85	0.67	0.89
22	0.44	0.44	0.92	1.20	1.92	2.67	22.80	6.15	12.10	0.75	0.67	0.89
23	3.36	0.44	0.92	1.20	1.92	2.57	27.60	5.58	12.20	0.76	0.68	0.89
24	0.43	0.44	0.92	0.93	1.91	2.44	22.60	11.90	16.30	7.94	0.68	6.14
25	0.44	0.44	0.91	0.91	1.91	2.22	17.50	14.60	16.80	10.40	0.68	11.30
26	0.44	0.44	0.91	1.44	1.90	1.95	13.80	12.20	15.70	8.44	0.69	0.86
27	0.44	0.44	0.91	1.39	12.10	1.44	12.20	11.50	25.10	3.21	0.69	0.86
28	0.44	0.44	0.91	1.03	0.88	24.50	12.20	12.00	19.40	0.77	0.69	0.86
29	0.44		0.91	1.23	0.88	22.60	10.60	10.00	13.30	0.78	11.10	0.86
30	0.44		0.98	1.43	0.89	31.00	3.91	8.37	8.39	0.81	15.10	0.87
31	0.44		1.01		0.93		1.02	8.05		6.57		0.87
平均	0.71	0.44	0.64	1.16	2.04	8.77	18	10.6	11.7	9.33	3.59	1.37
最大	72.4	0.44	1.38	1.76	30.9	78.3	91.7	54.5	73.9	48.2	69	68.9
最小	0.43	0.43	0.26	0.7	0.88	1.06	0.99	1.02	0.51	0.73	0.59	0.84

从表 6.2-3~表 6.2-5 可以看出，凤龙湾水库 2012 年日均最小出库流量为零，最大日均出库流量为 $151\text{m}^3/\text{s}$ ；全年最大出库流量为 $237\text{m}^3/\text{s}$ 。2013 年日均最小出库流量为 $0.38\text{m}^3/\text{s}$ ，最大日均出库流量为 $44.3\text{m}^3/\text{s}$ ；全年最大出库流量为 $72.4\text{m}^3/\text{s}$ 。2014 年日均最小出库流量为 $0.26\text{m}^3/\text{s}$ ，最大日均出库流量为 $66.8\text{m}^3/\text{s}$ ；全年最大出库流量为 $91.7\text{m}^3/\text{s}$ 。

从每天出库流量来看，2012 年有 96 天出库流量为零，也就是说 2012 年至少有 96 天凤龙湾坝址以下河道存在断流的情况。而 2013 年和 2014 年并没有日

均出库流量为零的情况出现。建议适时开展凤龙湾水库生态流量下泄方案的专题研究工作，确定最小下泄流量及下泄方式，以改善部分时段凤龙湾坝址以下河道断流的现状。

6.2.1.2 车马碧建成后对凤龙湾水库入库流量的影响

车马碧水库具有多年调节性能，水库建成后对马龙河流量的年际调控及一个水文年间各月调控均十分明显，也会显著改变凤龙湾水库的入库流量。设计水平年（2030 年）凤龙湾水库在车马碧建库前后各典型年逐月平均入库流量对比见表 6.2-6。

从表 6.2-7 可以看出，车马碧水库建设运行后，凤龙湾水库设计水平年的多年平均入库流量由车马碧建设前的 $9.53\text{m}^3/\text{s}$ 减少到 $6.96\text{m}^3/\text{s}$ ，入库水量由 3.01 亿 m^3 减少的 2.19 亿 m^3 ，减少了 27%。枯水年比丰水年、平水年入库流量减少幅度更大。

表 6.2-6 设计水平年（2030 年）凤龙湾水库在车马碧建库前后各典型年逐月平均入库流量对比表

单位：m³/s

	P=10%			P=50%			P=90%			多年平均		
	车马碧建库前	车马碧建库后	建库后/ 建库前× 100%	车马碧建库前	车马碧建库后	建库后/ 建库前× 100%	车马碧建库前	车马碧建库后	建库后/ 建库前× 100%	车马碧建库前	车马碧建库后	建库后/ 建库前× 100%
6月	19.85	12.53	63%	18.68	11.76	63%	8.54	6.21	73%	14.38	9.39	65%
7月	38.90	24.85	64%	24.90	12.15	49%	9.56	7.08	74%	20.37	13.25	65%
8月	29.48	27.86	95%	21.31	14.17	67%	8.77	5.86	67%	24.56	17.86	73%
9月	44.18	42.34	96%	20.26	18.51	91%	8.98	4.28	48%	18.91	14.87	79%
10月	37.36	35.95	96%	6.43	5.01	78%	7.96	3.92	49%	14.70	11.73	80%
11月	7.41	4.45	60%	2.25	1.50	67%	1.84	1.33	72%	6.30	4.69	74%
12月	3.05	1.90	62%	2.32	1.47	64%	1.64	1.16	71%	2.71	1.73	64%
1月	2.78	1.77	63%	2.23	1.49	67%	1.25	1.03	82%	2.29	1.56	68%
2月	2.21	1.45	66%	2.13	1.43	67%	1.20	1.01	84%	2.08	1.45	70%
3月	2.09	1.53	73%	1.83	1.43	78%	1.43	1.23	86%	2.06	1.57	76%
4月	2.01	1.27	63%	2.62	1.63	62%	1.26	0.92	73%	1.82	1.21	67%
5月	3.00	3.22	107%	2.86	3.09	108%	2.22	2.44	110%	3.60	3.71	103%
年值	16.11	13.34	83%	9.02	6.15	68%	4.57	3.05	67%	9.53	6.96	73%

6.2.1.3 车马碧建成后对凤龙湾出库~马龙河汇口的影响

经调节计算，车马碧建库后凤龙湾水库可满足其灌区 2.5 万亩的灌溉需水要求，设计水平年（2030 年）车马碧建库前后各典型年凤龙湾各月出库径流量见表 6.2-7。从中可以看出，车马碧建成运行后，下游凤龙湾水库的各月多年平均出库流量均有所减少，多年平均出库径流量由建库前的 2.87 亿 m^3 减少到 2.09 亿 m^3 ，减少了 27%。

凤龙湾水库现状在个别时间段会出现连续 1 个月以上下泄流量为零的情况，即凤龙湾坝下河道存在长时间断流的情况。车马碧水库建成后，凤龙湾出库年径流量减少，有可能加剧凤龙湾坝下马龙河的断流。为避免此情况，从河道生态保护的角度考虑，建议对凤龙湾水库设置一定的生态基流。

马龙河在凤龙湾水库以下约 13km 汇入牛栏江，期间无支流汇入。设计水平年（2030 年）车马碧建库前后各典型年马龙河汇入牛栏江各月径流量对比见表 6.2-8。从中可以看出，除枯水年个别月份外，车马碧水库建库后，马龙河汇入牛栏江的各月径流基本都可以维持在建库前的 50% 以上，多年平均径流为建库前的 74%。

表 6.2-7 设计水平年（2030 年）车马碧建库前后各典型年凤龙湾各月出库径流量对比表

单位：万 m³

	P=10%			P=50%			P=90%			多年平均		
	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前 ×100%	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前 ×100%	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前 ×100%	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前 ×100%
6月	4339	2441	56%	4027	2232	55%	1367	765	56%	2950	1685	57%
7月	10364	6602	64%	6577	3161	48%	2430	1767	73%	5336	3397	64%
8月	7778	7344	94%	5671	3761	66%	2347	1568	67%	6509	4715	72%
9月	11444	10967	96%	5243	4790	91%	2319	1100	47%	4889	3841	79%
10月	10006	9628	96%	1722	1341	78%	2132	1049	49%	3936	3141	80%
11月	1177	410	35%	293	293	100%	293	293	100%	1133	853	75%
12月	700	393	56%	303	303	100%	303	303	100%	543	358	66%
1月	854	582	68%	548	548	100%	548	548	100%	711	573	81%
2月	624	518	83%	613	518	85%	518	518	100%	625	534	85%
3月	600	548	91%	566	548	97%	548	548	100%	640	555	87%
4月	643	538	84%	826	538	65%	538	538	100%	612	539	88%
5月	725	548	75%	642	548	85%	548	548	100%	864	694	80%
年值	49257	40519	82%	27030	18579	69%	13891	9545	69%	28748	20886	73%

表 6.2-8

设计水平年（2030 年）车马碧建库前后各典型年马龙河汇入牛栏江各月径流量对比表

单位：万 m³

	P=10%			P=50%			P=90%			多年平均		
	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前× 100%	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前× 100%	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前× 100%	车马碧 建库前	车马碧 建库后	建库后/ 建库前× 100%
6月	4538	2640	58%	4213	2418	57%	1457	855	59%	3088	1823	59%
7月	10680	6918	65%	6785	3369	50%	2547	1884	74%	5524	3586	65%
8月	8011	7577	95%	5835	3925	67%	2434	1655	68%	6712	4918	73%
9月	11761	11284	96%	5390	4937	92%	2398	1180	49%	5035	3987	79%
10月	10283	9905	96%	1772	1391	79%	2204	1121	51%	4053	3257	80%
11月	1247	479	38%	315	315	100%	310	310	100%	1188	908	76%
12月	728	421	58%	320	320	100%	312	312	100%	565	380	67%
1月	880	608	69%	566	566	100%	554	554	100%	730	592	81%
2月	643	537	84%	630	535	85%	524	524	100%	642	550	86%
3月	617	565	91%	579	560	97%	552	552	100%	655	570	87%
4月	658	552	84%	846	558	66%	541	541	100%	623	550	88%
5月	746	568	76%	663	569	86%	554	554	100%	893	723	81%
年值	50793	42056	83%	27915	19464	70%	14386	10040	70%	29708	21846	74%

6.2.2 水温影响分析

6.2.2.1 凤龙湾水库水温现状

凤龙湾水库总库容 2251 万 m^3 ，现状多年平均入库年径流量 30063 万 m^3 。采用《水利水电工程水文计算规范》(SL278-2002)中推荐的库水替换次数判别公式， $\alpha=13.4$ ，初步判断凤龙湾水库水温为不稳定分层型。根据实测还原洪水计算，凤龙湾坝址处 $P=2\%$ 、24 小时洪量为 4310 万 m^3 ，对应 $\beta=1.91$ ，即洪水会打乱凤龙湾水库的水温分层现象。

为调查凤龙湾水库库区水温分布的特征，北京院于 2016 年 4 月 27 日对凤龙湾坝前垂向水温进行了观测，观测时凤龙湾坝前水位为 1881.53m。坝前垂向水温分布情况见表 6.2-9 及图 6.2-1。

表 6.2-9 凤龙湾水库坝前水温观测结果（2016 年 4 月 27 日）

水位(m)	水深(m)	水温($^{\circ}C$)
1881.47	0.06	19.4
1880.57	0.96	19.1
1878.42	3.11	18.9
1878.01	3.52	18.9
1877.63	3.9	18.8
1876.95	4.58	18.7
1876.90	4.63	18.7
1876.85	4.68	18.6
1876.21	5.32	18.6
1875.62	5.91	18.5
1875.21	6.32	18.5
1873.47	8.06	18.4
1871.55	9.98	18.3
1869.46	12.07	18.3
1868.93	12.6	18.2

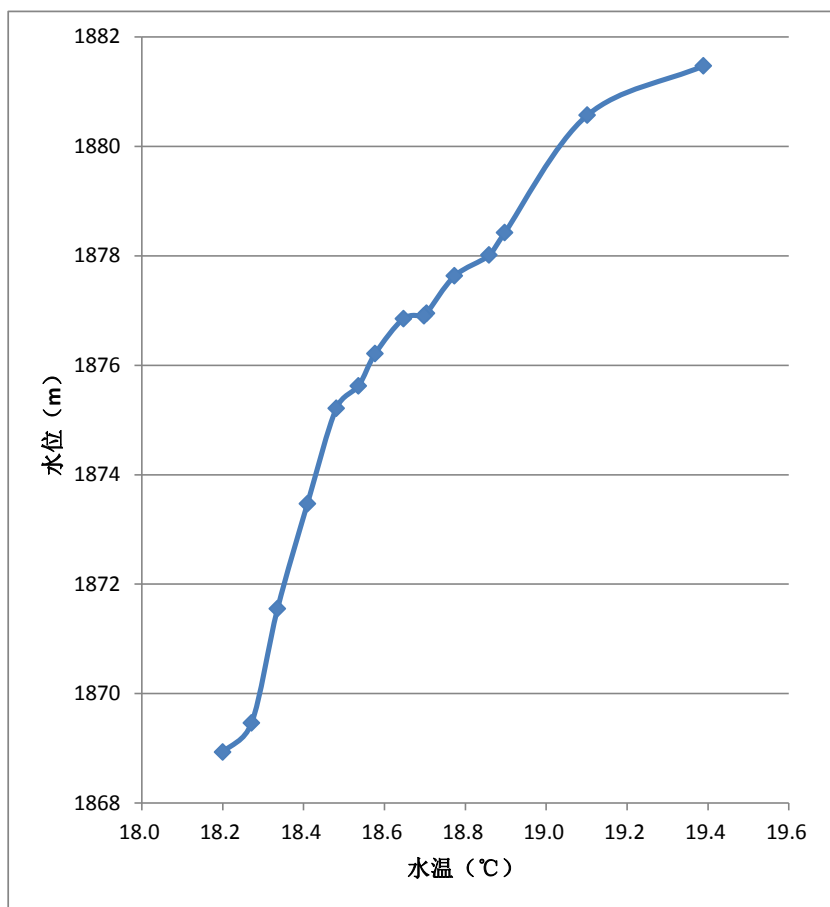


图 6.2-1 凤龙湾水库坝前水温垂向分布图（2016 年 4 月 27 日）

从此次水温观测结果可以看出，凤龙湾水库在 4 月份坝前垂线水温随水深而逐渐降低，表层和底层温度差在 1.2℃左右。观测结果与通过经验公式计算 α 值得到的水库为水温不稳定分层型的判断一致。

凤龙湾水库采用低涵取水，进水口底板高程与水库死水位一致，为 1871.67m，水库运行时可能存在夏季下泄水温较天然水温偏低，冬季下泄水温较天然水温偏高的情况。但从常年运行情况来看，凤龙湾下泄水温并未对灌区产生明显影响。

6.2.2.2 车马碧建成后对凤龙湾水库水温的影响

车马碧水库建成运行后，凤龙湾水库的入库流量、水温均会发生变化，也会对凤龙湾库区水温分布、凤龙湾下泄水温产生一定的累积影响。以平水年（车马碧水库设计水平年 $P=50\%$ ）为例进行分析。在车马碧水库大坝采取分层取水的情况下，车马碧水库平水年（ $P=50\%$ ）下泄水温与坝址天然水温对比见表 6.2-10。

表 6.2-10 车马碧水库平水年月均下泄水温与坝址天然水温对比表 单位:℃

月份	车马碧坝址气温	天然水温	月均下泄水温	差值
1月	7.2	9.1	10.4	1.2
2月	9.2	9.7	10.0	0.3
3月	12.8	11.0	10.6	-0.4
4月	15.8	12.4	11.8	-0.7
5月	17.4	15.3	15.8	0.5
6月	18.5	17.2	17.7	0.5
7月	18.7	17.6	17.3	-0.3
8月	18.4	15.2	17.3	2.1
9月	16.5	13.7	13.2	-0.5
10月	13.8	12.2	14.8	2.6
11月	10.3	10.4	13.7	3.3
12月	7.2	8.6	11.7	3.1
年均	13.8	12.7	13.7	1.0
最大值	18.7	17.6	17.7	3.3
最小值	7.2	8.6	10.0	-0.7
年内变幅	11.5	9.0	7.7	3.9

车马碧水库下泄流量包括生态基流、下游灌溉用水、弃水三部分，其中灌溉用水在凤龙湾库尾以上已经取用，不进入凤龙湾库区。所以可以认为：“凤龙湾入库流量” = “车马碧生态基流” + “车马碧弃水” + “车马碧~凤龙湾区间汇流”。平水年（P=50%）车马碧下泄流量与区间汇流分别占凤龙湾入库月均流量的比例见表 6.2-11。

表 6.2-11 平水年车马碧下泄流量与车~凤区间汇流比例统计表

时期	凤龙湾入库流量(m ³ /s)	车马碧下泄生态基流+弃水		车马碧~凤龙湾区间汇流	
		流量(m ³ /s)	占凤龙湾入库	流量(m ³ /s)	占凤龙湾入库
1月	1.49	0.69	46%	0.80	54%
2月	1.43	0.69	48%	0.74	52%
3月	1.43	0.69	48%	0.75	52%
4月	1.63	0.69	42%	0.94	58%
5月	3.09	1.22	40%	1.87	60%
6月	11.76	2.00	17%	9.76	83%
7月	12.15	2.00	16%	10.15	84%
8月	14.17	6.21	44%	7.97	56%
9月	18.51	11.14	60%	7.37	40%
10月	5.01	2.93	58%	2.08	42%
11月	1.50	0.69	46%	0.81	54%
12月	1.47	0.69	47%	0.79	53%
年值	6.15	2.47	40%	3.68	60%

凤龙湾水库库尾与车马碧水库坝址仅相距不足 10km，水位也仅相差 10m，气候条件相同，用车马碧坝址的天然水温代表车马碧水库建设前的凤龙湾入库水

温，也用其代表车马碧水库运行后车马碧~风龙湾区间汇水的水温。仅从不同水量携带不同水温并完全混合考虑，车马碧建库后，风龙湾水库入库水温变化情况见表 6.2-12。

表 6.2-12 平水年车马碧下泄流量与车~凤区间汇流完全混合后水温 单位:℃

时期	车马碧下泄生态基流+弃水		车马碧~风龙湾区间汇流		完全混合后	
	比例	水温	比例	水温	水温	与车马碧建库前差值
1月	46%	10.4	54%	9.1	9.7	0.6
2月	48%	10.0	52%	9.7	9.8	0.1
3月	48%	10.6	52%	11.0	10.8	-0.2
4月	42%	11.8	58%	12.4	12.1	-0.3
5月	40%	15.8	60%	15.3	15.5	0.2
6月	17%	17.7	83%	17.2	17.3	0.1
7月	16%	17.3	84%	17.6	17.6	0
8月	44%	17.3	56%	15.2	16.1	0.9
9月	60%	13.2	40%	13.7	13.4	-0.3
10月	58%	14.8	42%	12.2	13.7	1.5
11月	46%	13.7	54%	10.4	11.9	1.5
12月	47%	11.7	53%	8.6	10.0	1.4
年值	40%	13.7	60%	12.7	13.1	0.4
最大		17.7		17.6	17.6	1.5
最小		10.0		8.6	9.7	-0.3
变幅		7.7		9.0	7.8	1.8

仅按水温混合考虑，在车马碧水库采取分层取水的情况下，风龙湾入库水温相对于车马碧建库前仅在 3 月、4 月、9 月稍有降低，降低的幅度在 0.3℃ 以内；各月最大升温为 1.5℃，相对于车马碧下泄水温也有很大缓解。考虑到车马碧下泄流量沿程受到太阳辐射、水面蒸发、热传导等效应影响，车马碧水库建设运行对风龙湾水库入库水温的影响将比表 6.2-13 的预测结果更小。

车马碧水库建设后，风龙湾入库径流减少，多年平均年径流量从 30063 万 m³ 减少为 21935 万 m³，径流库容比 α 值也相应从 13.4 减少至 9.7，水体在水库中停留时间增大，定性判断水库水温介于不稳定分层型与稳定分层型之间。风龙湾水库采用低涵取水，进水口底板高程为 1871.67m，在车马碧水库建设后风龙湾水库下泄灌溉用水的水温也将发生一些变化，其变化趋势为：夏季下泄水温较车马碧建库前有所降低，冬季有所升高。由于缺少风龙湾水库的地形资料，无法采用数学模型对风龙湾水库库区水温分布进行计算。按经验类比判断，车马碧水库建设运行在平水年对风龙湾夏季下泄水温降低的影响作用不会超过 0.5℃，对风龙湾冬季下泄水温升高的影响作用不会超过 2℃。

6.2.3 水质影响分析

6.2.3.1 凤龙湾入库水质现状

为了解凤龙湾水库入库水质情况，在 2015 年 5 月和 2016 年 3 月的水质委托监测中，均设置了凤龙湾库尾水质监测断面，断面位于马过河镇下游 1km，两期水质监测结果见表 6.2-13。

2015 年 5 月和 2016 年 3 月的水质监测成果显示，该断面水质类别为 III 类，可以满足相关水域水质目标要求。

6.2.3.2 车马碧建成后对凤龙湾水库水质的影响

根据 5.2.2 节的分析，在进行污染源综合治理后，经计算得出车马碧水库库区 COD 浓度为 14.99mg/L，较现状减少 0.01mg/L，降幅为 0.06%；氨氮浓度为 0.308mg/L，较现状减少 0.009 mg/L，降幅为 2.84%；总氮浓度为 1.29 mg/L，较现状减少 1mg/L，降幅达到了 43.7%；仅总磷浓度有所升高，为 0.10 mg/L，较现状增加 0.07 mg/L。总体来看，车马碧水库建成后，在进行污染源综合治理后，水质整体呈改善的趋势。

车马碧水库建成后，车马碧水库坝址至凤龙湾水库库尾间左岸有一较大支流红桥河汇入，红桥河多年平均天然流量 2.16m³/s。而根据 5.2.1 节的分析，车马碧水库建成后，坝址处多年平均下泄流量为 2.94 m³/s，与红桥河多年平均天然流量相近，故成库后红桥河水质对凤龙湾入库水质有较大影响。根据 2015~2016 年对红桥河的水质现状监测，红桥河水质类别均为 III 类，完全可以满足马龙河流域水质目标要求。加之支流红桥河和马龙河干流均处在牛栏江流域上游保护区中的重点污染控制区，未来不会新增工业污染源排放入河，水质将进一步得到改善。因此车马碧水库的建设不会对凤龙湾水库的入库水质造成恶劣影响。

表 6.2-13

2015~2016 年凤龙湾水库入库水质现状监测成果表

采样时间	项 目								
	温度	流速	流量	pH	溶解氧	高锰酸盐指数	化学需氧量	五日生化需氧量	阴离子表面活性剂
	℃	m/s	m ³ /s	无量纲	mg/L				
2015 年 5 月	17	/	/	7.40	5.3	3.9	19	3.9	0.05L
2016 年 3 月	15.1	0.12	5.37	7.56	6.55	2.6	10.3	2.1	0.05L
采样时间	项 目								
	氨氮	总磷	总氮	氟化物	氰化物	挥发酚	石油类	硫化物	粪大肠菌群
	mg/L								个/L
2015 年 5 月	0.264	0.03	1.94	0.51	0.004	0.0007	0.04L	0.0093	70
2016 年 3 月	0.115	0.02	1.16	0.34	0.001	0.0025	0.05	0.005L	67
采样时间	项 目								
	铜	锌	硒	砷	汞	镉	六价铬	铅	
	mg/L								
2015 年 5 月	0.001L	0.05L	0.0003L	0.0020	0.00001L	0.0001L	0.004	0.001L	
2016 年 3 月	0.001L	0.05L	0.0003L	0.0002L	0.00001L	0.0001L	0.004L	0.001L	

注：当检测结果低于方法检出限时，标出所使用方法的检出限，并加标志位 L 表示。

6.3 马龙河流域水生生态累积影响分析

据调查,马龙河流域没有与水生生态相关的历史调查资料或文献,本节从对比凤龙湾水库运行后坝址上下游不同水生生态中水生生物和鱼类的差别入手,分析凤龙湾水库运行对该工程影响河段水生生态的影响,并依此类比预测车马碧运行后对马龙河流域水生生态的累积影响。

6.3.1 凤龙湾水库影响水域水生生态回顾性影响评价

6.3.1.1 水生生态回顾评价

根据 6.2 节内容,凤龙湾水库始建于 1958 年“大跃进”时期,坝后建有电站,现已废弃,未建过鱼设施,未泄放生态流量。从近 10 年水库运行记录来看,凤龙湾水库在 6~10 月维持在低水位运行,11 月~翌年 5 月水位相对较高,年内变幅约在 4m 以内。

根据 6.2.2.2 节,凤龙湾入库流量在 $1.43\sim 18.51\text{m}^3/\text{s}$ 之间,其中 2 和 3 月最低,9 月最高;以 2014 年为例,日均最小出库流量为 $0.26\text{m}^3/\text{s}$,最大日均出库流量为 $66.8\text{m}^3/\text{s}$,全年最大出库流量为 $91.7\text{m}^3/\text{s}$ 。凤龙湾水库的出库流量在一年内汛期和非汛期相差很大,汛期为防洪大量弃水,月均出库流量可达 $35\text{m}^3/\text{s}$;而非汛期出库流量明显减少,个别月份甚至出现出库流量为零的情况,即凤龙湾坝址以下整月断流。

从以上数据可看出,凤龙湾水库建成运行后,凤龙湾库尾仍维持有流水生态,该段河道内流量在 $1.43\sim 18.51\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化;坝下河道内的水主要来自凤龙湾水库弃水,出库流量各月变化较大,个别月份甚至有断流现象。

6.3.1.2 水生生物回顾评价

(1) 水生生物空间变化

1) 浮游植物

① 浮游植物种类数量和组成

根据各采样点浮游植物调查结果(见 4.2.2.2 节),在浮游植物种类组成上绿藻门种类最多,与传统的河流环境中硅藻门种类最多的情况不同;凤龙湾水库下游和剪彩河等河段中,受上游水库影响,藻类群落与上游水库基本一致,绿藻和蓝藻门植物占优势。

对比凤龙湾水库回水末端到马龙河汇牛栏江汇入口四个点的浮游植物种类数量和组成，凤龙湾水库回水末端、马龙河汇牛栏江汇入口和凤龙湾水库下游 1km 的浮游植物种类数量相差不大，在 38~40 种之间，而马龙河凤龙湾水库库中的浮游植物种类数量显著增多达 79 种；在浮游植物种类组成上，以绿藻门种类最多，硅藻门种类次之。

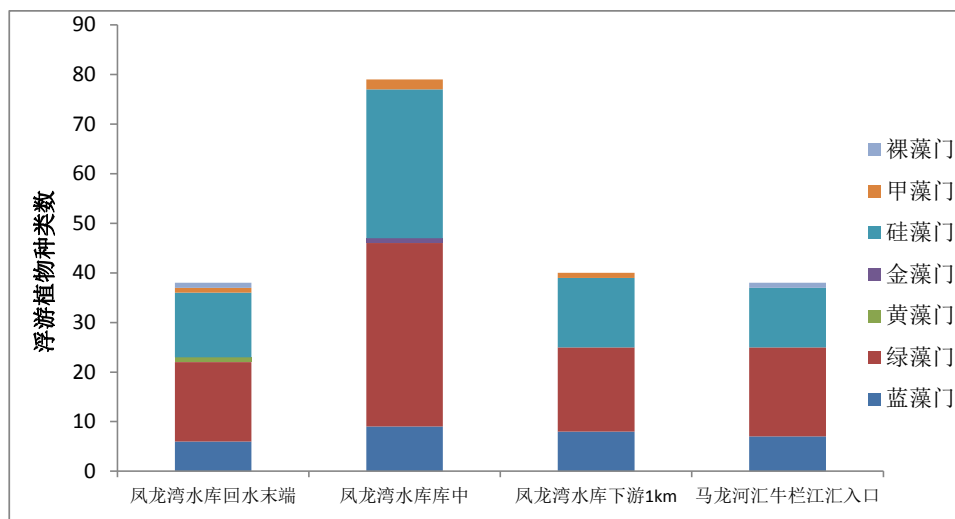


图 6.3-1 凤龙湾水库影响水域浮游植物种类数量和组成

②浮游植物密度和生物量

根据各采样点浮游植物调查结果（见 4.2.2.2 节），马龙河流域平均浮游植物生物量为 0.2722 mg/L，游植物平均密度为 329801ind./L。生物量最高的为凤龙湾水库库中，为 0.5130 mg/L，其次为马龙河入牛栏江汇口，为 0.4116mg/L（见图 6.3-2）。密度最高的为凤龙湾水库库中，为 575580 ind./L，以蓝藻门植物数量最多；其次为马龙河入牛栏江汇口，为 504981 个/L，以硅藻门植物为主（见图 6.3-3）。

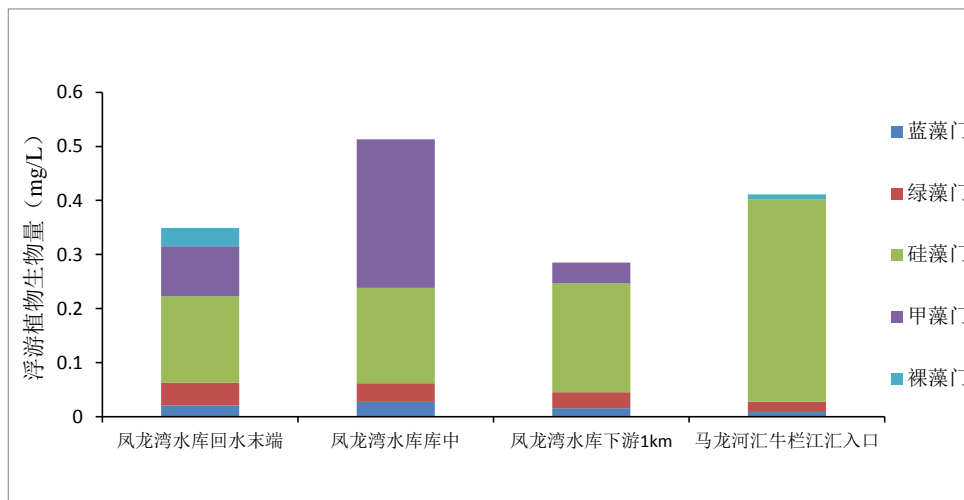


图 6.3-2 凤龙湾水库影响水域浮游植物生物量

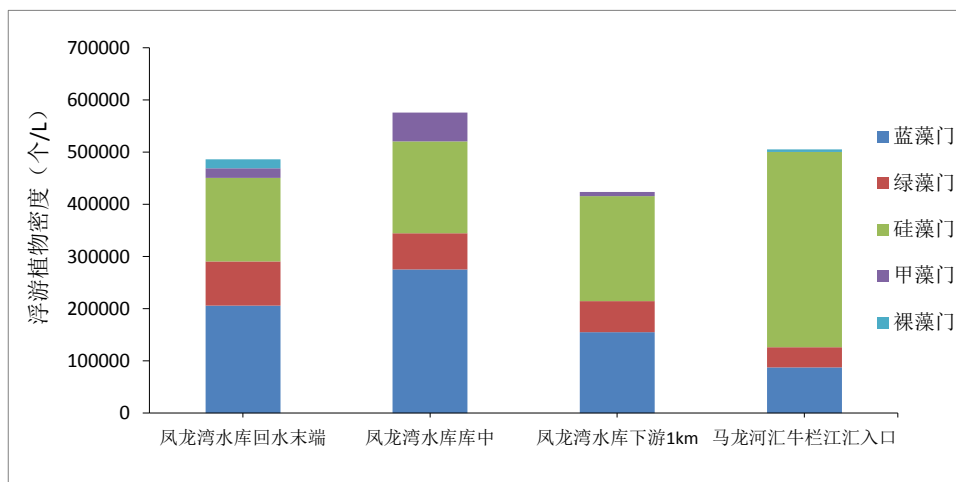


图 6.3-3 凤龙湾水库影响水域浮游植物密度

2) 浮游动物

① 浮游动物种类数量和组成

根据各采样点浮游动物调查结果（见 4.2.2.3 节），从浮游动物组成上看：马龙河干流中，车马碧江段浮游动物以筒壳虫和表壳虫为主，为典型的河流相，调查各条支流中，浮游动物也以表壳虫、砂壳虫等为主，表现为典型的河流相；凤龙湾为库区，浮游动物中枝角类和桡足类较多，特别是象鼻溞和秀体溞属物种的大量出现，表现为典型的湖泊相。

对比凤龙湾水库回水末端到马龙河汇牛栏江汇入口四个点的浮游动物种类数量和组成（见图 6.3-4），在凤龙湾水库库中调查到的浮游动物种类数量最多有 49 种，其余三个点的浮游动物种类数在 20~45 种之

间。在浮游动物种类组成上，原生动物最多，其次为轮虫类和桡足类。

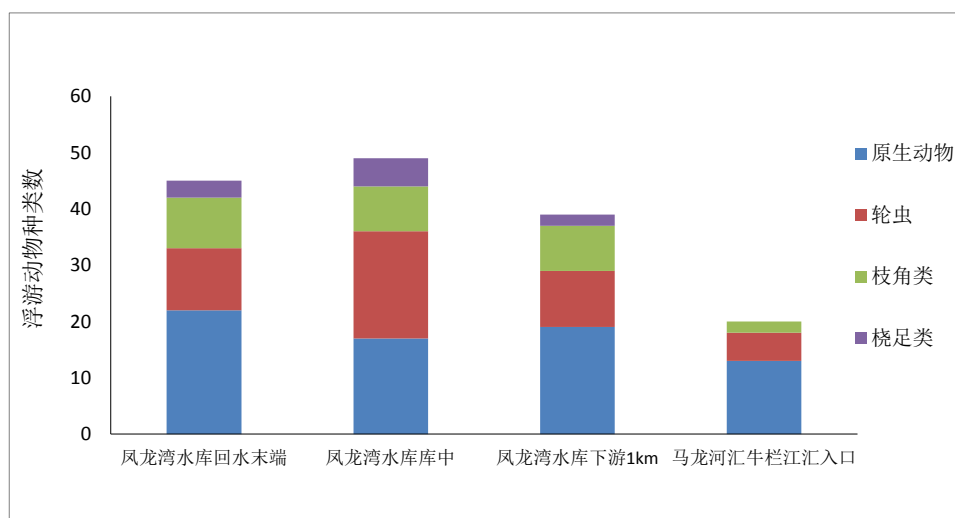


图 6.3-4 凤龙湾水库影响水域浮游动物种类数

②浮游动物密度和生物量

根据各采样点浮游植物调查结果（见 4.2.2.3 节），马龙河区域浮游动物平均密度为 301.29 个/L，平均生物量为 0.2870mg/L。密度最高的是凤龙湾水库库中，密度为 462 个/L，密度最低的是马龙河牛栏江汇口，密度为 149 个/L（见图 6.3-5）。生物量最高的是凤龙湾水库库中，生物量为 1.5276mg/L，生物量最低的是马龙河汇牛栏江汇入口，生物量为 0.1949mg/L（见图 6.3-6）。

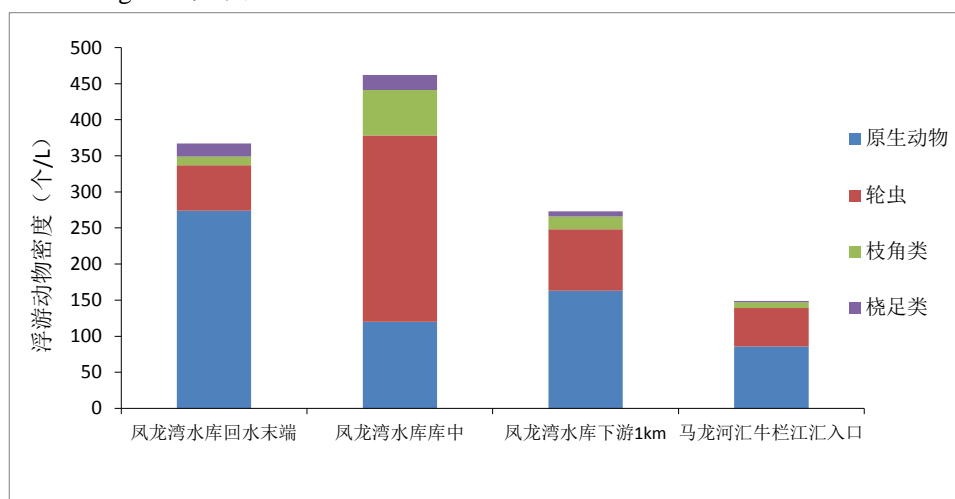


图 6.3-5 凤龙湾水库影响水域浮游动物密度

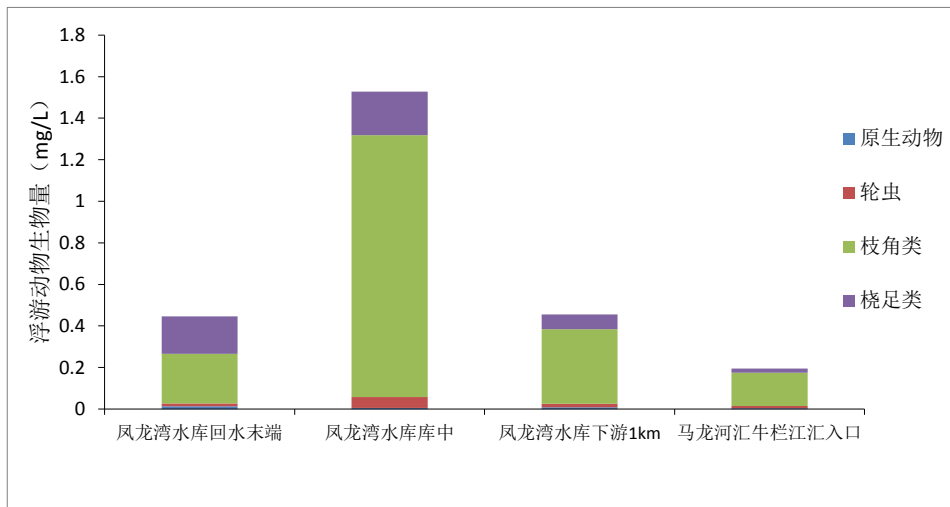


图 6.3-6 凤龙湾水库影响水域浮游动物生物量

3) 底栖动物

①底栖动物种类数量和组成

根据各采样点底栖动物调查结果（见 4.2.2.4 节），在马龙河干流的部分河段，调查到的如蜉蝣、毛翅目幼虫、短沟蜷和球蚬类较多，这些种类均为清水指示种，多出现于流水生境；而凤龙湾库区调查到的底栖动物主要是日本沼虾，其生物量较高。

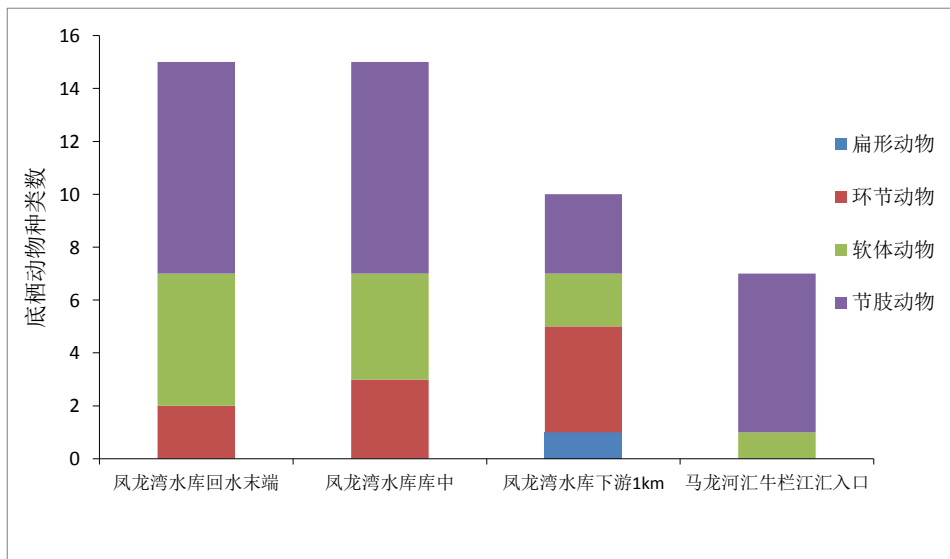


图 6.3-7 凤龙湾水库影响水域底栖动物种类数

②底栖动物密度和生物量

马龙河流域底栖动物平均密度为 73.83 个/m²，平均生物量为

12.8g/m²。以下四个采样点中，密度最高的是凤龙湾水库库尾，为 158 个/m²，密度最低的是马龙河汇牛栏江汇入口，密度为 30 个/m²（见图 6.3-8）。其中生物量最高的是凤龙湾水库库尾，为 30g/m²，生物量最低的是马龙河汇牛栏江汇入口，生物量为 5.0g/m²（见图 6.3-9）。

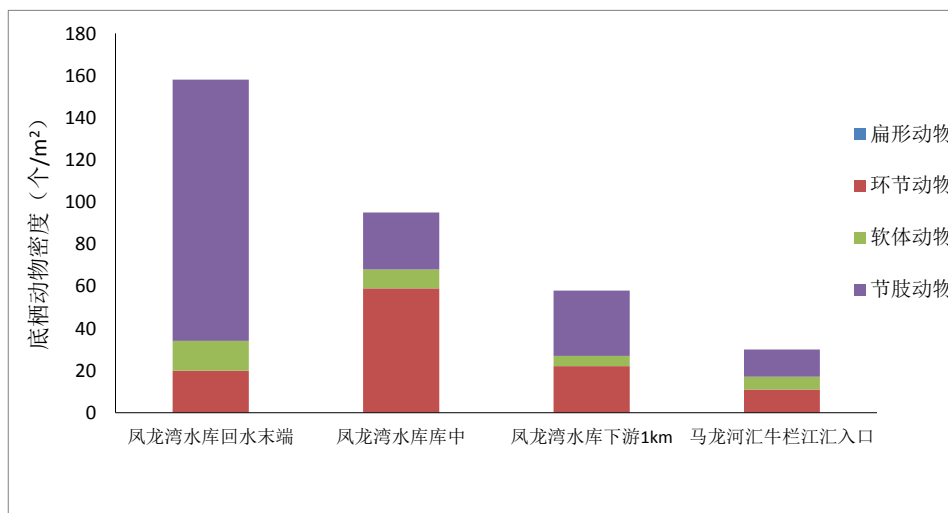


图 6.3-8 凤龙湾水库影响水域底栖动物密度

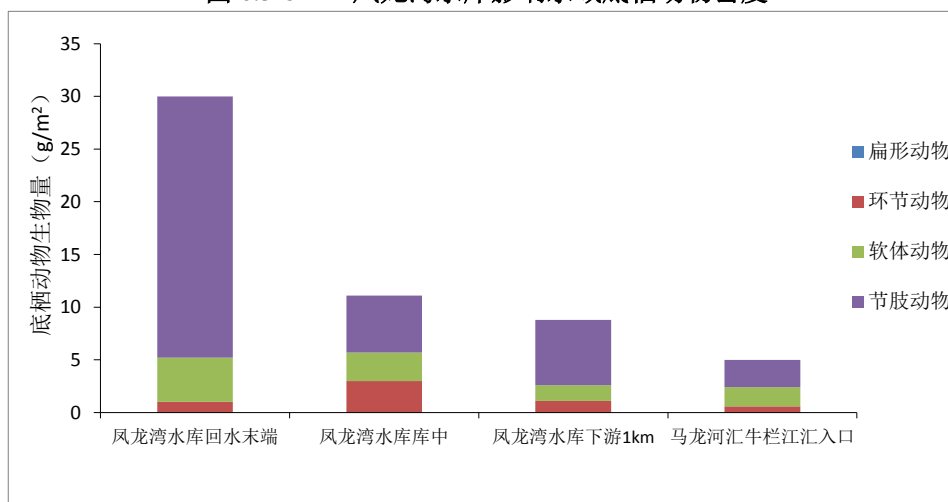


图 6.3-9 凤龙湾水库影响水域底栖动物生物量

(2) 对水生生物影响分析

凤龙湾水库库尾、凤龙湾水库库中、凤龙湾水库下游 1km 和马龙河汇牛栏江汇入口四个点的浮游植物、浮游动物和底栖动物在其种类组成、生物量和密度上都有所差别。

在凤龙湾水库建成运行后，原有河段的水生生境随之发生改变，库尾、坝下

(有断流情况)和马龙河汇牛栏江汇入口仍保持有流水生境,而库区水流则变缓或静止。随着库区水体营养盐的积累,凤龙湾水库库区的浮游植物、浮游动物的种类和现存量随之升高、水体初级生产力增加,在种类组成上静水种类增加,如浮游动物中桡足类和轮虫为优势种类,为典型的湖库生境群落结构,而河道断面以表壳虫和筒壳虫等种类占绝对优势,表现为典型的河流生境;底栖动物种类组成也发生改变,凤龙湾水库库尾、马龙河汇牛栏江汇入口等河道断面以蜉蝣、毛翅目幼虫、短沟蜷和球蚬类等多出现于流水生境的种类较多,而凤龙湾库区则日本沼虾较多。

6.3.1.3 鱼类回顾评价

(1) 鱼类空间变化

根据现场访问调查及相关文献记载,凤龙湾水库分布有鱼类 20 种,分别隶属于 5 目 9 科 20 属。其中土著鱼类 16 种,外来鱼类 4 种。凤龙湾水库未调查渔获物,根据现场走访调查,凤龙湾水库鱼类以鲫、鲤、草鱼、鲢和鳙等经济鱼类为主,数量较多且个体较大。

对比车马碧水库坝址处、凤龙湾水库下游 1km 和马龙河汇牛栏江汇入口三个采样点的渔获物(见表 6.3-1):在渔获物种类上,上述三个点的渔获物除食蚊鱼外均为土著种,高体鳊、长身鱊、麦穗鱼、棒花鱼等小型鱼类较多,也有喜流水性的云南光唇鱼、云南盘鮈、红尾副鳅等鱼类;在数量上,从上游(车马碧水库坝址处)到下游(马龙河汇牛栏江汇入口)渔获物种类逐渐增多。

相比凤龙湾所访问调查到的鱼类种类,凤龙湾水库鲫、鲤、草鱼、鲢和鳙等经济鱼类较多,而且也有草鱼、鲢和鳙外来种。

表 6.3-1 个别采样点渔获物种类情况

采样点 序号	车马碧水库坝址处	凤龙湾水库下游1km	马龙河汇牛栏江汇入口
1	高体鳊	马口鱼	马口鱼
2	长身鱊	麦穗鱼	麦穗鱼
3	麦穗鱼	棒花鱼	棒花鱼
4	棒花鱼	高体鳊	高体鳊
5	云南光唇鱼	云南光唇鱼	长身鱊
6	鲫	鲫	云南光唇鱼
7	子陵吻虾虎鱼	鲤	云南盘鮈
8		前鳍高原鳅	鲫
9		泥鳅	鲤
10		鲇	横纹南鳅

11			红尾副鳅
12			泥鳅
13			中华青鲮
14			食蚊鱼
15			子陵吻虾虎

(2) 对鱼类影响分析

根据现场访问调查及相关文献记载，凤龙湾水库分布有鱼类 20 种，鲫、鲤、草鱼、鲢和鳙等经济鱼类较多且个体较大，相比其他三点以马口鱼、麦穗鱼、棒花鱼、鲫、鲤等鱼类较多且个体较小不同。在凤龙湾水库建成后，随着水体初级生产力和饵料生物量的提高，鲫、鲤、草鱼、鲢和鳙等资源量增加，成为水库优势类群，而且库区鱼类资源也随之增加。由此可看出凤龙湾水库建设运行后水生生境的改变对鱼类的种类组成和鱼类资源产生了比较大的影响。

6.3.2 车马碧水库运行对水生生态的累积影响分析

6.3.2.1 对水生生境累积影响分析

车马碧水库建成运行后，由于调水等影响，坝下河道水量减少，水文情势也发生改变。

首先对于凤龙湾库尾以上河段：由于未受水库回水影响，其水生生境情况仍维持原状；对于库尾河段，由于水库运行、水位的变化，可能导致该河段水位较频繁的涨落。

其次对于车马碧库区及其坝下河段：库区流速变小、直到坝前逐渐接近为 0，基本变为静水生境；对于其坝下河段，下泄水量减少，但由于生态流量等下泄，仍能维持小面积的流水生境。预计下泄生态流量后，车马碧坝址~红桥河汇口河段的平均流速在 0.38~0.71 m/s 之间，平均水位在 0.15~0.49m 之间，较马龙河天然情况下水位有所下降；由于红桥河的汇入（汇口处多年平均天然流量 2.16m³/s），减水对红桥河汇口~凤龙湾库尾河段的不利影响要弱于车马碧坝址~红桥河汇口河段。

最后对于凤龙湾水库及其坝下河段：由于车马碧水库运行影响，其入库流量和出库流量均会减少。根据预测结果，车马碧水库建设运行后，凤龙湾水库设计水平年的多年平均入库流量由车马碧建设前的 9.53m³/s 减少到 6.96m³/s，入库水量由 3.01 亿 m³ 减少到 2.19 亿 m³，减少了 27%，枯水年比丰水年、平水年入库流量减少幅度更大；多年平均出库径流量由建库前的 2.87 亿 m³ 减少到 2.09 亿 m³，减少了 27%。对于凤龙湾库区，由于入库流量减少，库区生境面积将减少，

而对于坝下河段，由于出库流量减少和未设生态流量泄放措施，坝下河道的水位比现状情况下的水位将降低，并仍可能会有断流现象。

6.3.2.2 对水生生物累积影响分析

对于马龙河流域来讲，由于车马碧水库蓄水运行导致库区内营养盐滞留和积累，库区内水生生物的现存量会增加，水体初级生产力提高。而对于车马碧水库坝下和凤龙湾水库坝下的减水河段，水生生物的现存量会降低。

在水生生物种类数量和组成上，可对比凤龙湾水库影响河段水生生物的现状情况。库区水生生物种类会增加，浮游植物中绿藻门和硅藻门会成为优势类群，而且静水种类会增加，如浮游动物中枝角类和桡足类较多，特别是象鼻溞和秀体溞属种类。库区底栖动物生物量也会有所增加，种类也以适应静水种类为主。对于坝下减水河段，水生生物种类可能会有所下降，但组成上变化不大。

6.3.2.3 对鱼类累积影响分析

车马碧水库建成运行后，随着水生生境的改变，鱼类栖息条件发生变化，鱼类种类组成和数量也会相应发现变化。

首先对于凤龙湾库尾以上河段：由于其水生生境情况仍维持原状，在鱼类组成和资源量上基本维持不变，上游鱼类种类数量要少于下游。

其次对于车马碧库区及其坝下河段：在建库后，车马碧库区鲤、鲫、草、鲢、鳙会逐渐增多并成为优势类群，而如云南盘鮡、云南光唇鱼等喜流水性鱼类会退至库尾，其资源量会相对减少；库区也会变为鱼类良好的越冬场，在水库库岸浅水区或支流河口也将成为的鲫、马口鱼等鱼类的产卵场、育肥场，其数量将有所增加；而对于车马碧坝下河段，由于减水影响，鱼类资源量会整体减少，鱼类组成上，仍以麦穗鱼麦穗鱼、棒花鱼等小型鱼类为主，也会有少量的云南光唇鱼、云南盘鮡等喜流水性的鱼类。

最后对于凤龙湾水库及其坝下河段：由于入库流量减少，凤龙湾库区的鱼类资源量整体会有所下降，鱼类组成上保持不变；对于其坝下河段，由于出库流量减少和有可能出现断流的情况，相比现状情况下，会对该河段内鱼类造成不利影响，鱼类资源量会减少，鱼类组成上，仍以麦穗鱼麦穗鱼、棒花鱼等小型鱼类为主。

整体看，由于车马碧水库的建设和运行，鲤、鲫和草鱼、鲢、鳙（外来种）等经济鱼类资源量会增加，而云南光唇鱼、云南盘鮡等喜流水性的鱼类的资源量

会下降并可能迁移至库尾或支流等有流水生境的河段生存,即该流域鱼类资源量会有所增加,而鱼类的多样性会有所降低,而且对于土著鱼类的生存也会有一定的不利影响。

6.3.3 水生生态保护措施建议

通过分析凤龙湾水库建设运行和预测车马碧水库建成运行后对马龙河流域水生生态的影响,建议研究凤龙湾水库采取过鱼措施措施的可行性,恢复凤龙湾水库上下游的连通性和上下游鱼类种群的遗传交流。

7 环境风险评价

7.1 评价目的

根据原国家环保总局(90)环管字 057 号《关于对重大环境污染事故隐患进行风险评价的通知》、原国家环保总局环发[2005]152 号文《关于加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》和《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》(环发[2012]98 号)的要求,依据《建设项目环境风险评价导则》(HJ/T169-2004)技术要求,通过风险识别、风险分析和风险后果计算等开展环境风险评价,为工程设计、环境管理和环境风险防范等提供资料和依据,以达到降低危险,减少危害的目的。

7.2 主要评价内容

本工程建设对环境的影响主要为非污染生态影响,运行期基本无“三废”排放,相应环境风险主要为外源风险,本工程的施工与运行主要是增加风险发生概率或加剧风险危害。根据本工程施工及运行特点、周围环境特点以及工程与周围环境之间的关系,存在的潜在事故风险和环境风险包括施工期油库事故风险、炸药库火灾爆炸事故风险、危险品运输风险、森林火灾风险、废污水事故排放风险以及运行期库区水质污染风险等。

7.3 施工期风险

7.3.1 油库风险

(1) 风险识别

工程施工期枢纽工程区设置 1 处,输水工程 1#至 10#支洞口以及隧洞出口处各设 1 处,共 12 处临时油库。工程施工期总用油量 5800t,临时储存的油量为 129t,其中 100t 临时贮存于枢纽工程区油库,占地 2000m²;其余的储存在 1#至 10#号支洞以及隧洞出口处,根据储藏规模占地 100~150m²。临时储存用油主要为柴油,汽油在当地加油站进行加油。因此,油库主要为柴油库,汽油在当地加

油站加油。《建设项目环境风险评价技术导则》及《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2009）都没有储存区临界的相关规定。油库可能出现的环境危害的风险类型是泄漏、火灾和爆炸。

（2）源项分析

①油品特性

油库贮存的油品主要为柴油，为高闪点、易燃液体，可经吸入、食入、皮肤吸收等方式侵入人体，此外燃烧后可能产生一氧化碳等有害气体。泄露后对于地表水、土壤、大气和饮用水均可造成污染。

②事故类型分析

油库的功能主要是对柴油进行储存及加油，工艺流程包括汽车卸油、储存、发油等。根据工程的特点并调研同类型项目的事故类型，本项目主要事故类型可以分为火灾与爆炸、溢出与泄漏两大类。

根据全国统计，储罐火灾及爆炸事故发生的概率远远低于 3.1×10^{-5} 次/年，若要发生火灾与爆炸需同时满足：油类泄漏或油气蒸发、有足够空气助燃、油气与空气以一定浓度混合以及现场有明火四个条件。可能造成储油罐溢出的原因包括油罐计量仪表失灵、气障气阻及接口衔接不严密致使油类溢出。可能引发油罐泄漏的原因包括输油管道腐蚀、施工破坏、收发操作失误、管道接口不严等，从而致使跑、冒、滴、漏现象的发生。

（3）风险评价

施工油库将按照有关规范进行设计与施工，并采取有效的检测渗漏的设施，只要加强管理，按照行业操作规范作业，产生油罐溢出、泄漏事故的几率很小。

（4）风险防范措施

对油库的风险防范主要是加强油库安全设施及管理工作，主要包括：油库需严格按照规范，与附近设施设定严格的安全防护距离。在油库周围修建截油沟，并根据储油量修建集油池等。制定严格健全的油库安全管理和相关人员的培训制度，规范油料运输，储存和使用的整个过程。加强职工的岗位消防培训，增加火灾防范意识，减少因为油库火灾引起的油料外泄引起水污染事故。加强外来人员管理和设备管理，减少外在原因引起的油库风险的可能。

7.3.2 炸药库火灾、爆炸事故风险分析

(1) 风险识别

工程施工期枢纽工程设置 1 处，输水工程 1#至 11#施工支洞以及隧洞出口处各设 1 处，共 13 处临时炸药库。工程施工期共用炸药量 1635t，临时储存的炸药总量为 29.5t，其中 12.5t 临时贮存于枢纽工程区炸药库，占地面积 500m²；其余的储存在 1#至 10#号支洞以及隧洞出口处，占地面积均为 100m²。炸药均采用乳化炸药。乳化炸药主要采用硝酸铵、硝酸钠作氧化剂，其含量占 70%~80%，据 HJ/T169-2004《建设项目环境风险评价技术导则》附录 A 表 4 中硝酸铵储存区临界量为 250t，而本工程炸药库临时储蓄总量为 29.5t，远低于储存量临界量，不属于重大危险源。临时炸药库均远离村庄、施工营地及主要交通干线。炸药库可能出现的环境危害的风险类型是火灾和爆炸。

(2) 源项分析

① 乳化炸药特性

乳化炸药主要是借助乳化剂的作用，使氧化剂盐类水溶液的微滴，均匀分散在含有分散气泡或空心玻璃微珠等多孔物质的油相连续介质中，形成一种油包水型的乳胶状炸药，其主要成分有氧化剂、可燃剂、乳化剂、敏化剂、发泡剂和稳定剂等；其密度范围较宽；具有良好的抗水性能。其爆炸性能好，物理性能稳定，生产和贮存相对较为安全。

② 事故类型分析

炸药库可能发生的故事有：由管理人员违反规定，违章吸烟或未按有关规定操作造成火种，引燃炸药或触发雷管；由于静电作用而造成炸药爆炸；或由于雷电条件引发电火花而引燃炸药。

(3) 风险评价

炸药库将按照有关规范进行设计与施工，并采取有效的检测、警报设施，只要加强管理，按照行业操作规范作业，产生火灾和爆炸的几率很小。

(4) 风险防范措施

施工期炸药库作为安全、消防的重点管理区，必须采取相应的安全防范措施。首先，在炸药库设计中，应委托专业设计单位根据有关规程规范进行设计，拟考虑的安全措施包括：各类消防设施；在库内设置避雷设施和各类防静电设施；

严格按照相关设计规范，设置库内各类建筑物的安全防护距离；设置事故报警系统；按照《水电水利工程爆破施工技术规范》（GB50057-1994(2000 版)）、《爆破安全规程》（GB6722-2003）等有关规范，制定严格操作规程。其次，炸药在运输过程中须严格遵守危险货物运输的有关规定，不得将炸药与雷管混装运输，确保不造成环境危害。炸药库是整个工程施工中的安全、消防管理重点，管理严格，事故防范措施严密，根据以往水电工程施工情况，发生爆炸事故的概率很小。

7.3.3 危险品运输风险分析

（1）风险识别

本工程危险品运输主要涉及油料及炸药运输，涉及的场地涵盖公路以及场内施工道路。危险品运输可能出现的环境危害的风险类型是交通事故、火灾和爆炸。

（2）源项分析

本工程对外交通的昆曲高速和 S101 省道，均为云南省内重要的交通道路，沿线分布许多村镇。工程所利用的部分施工道路布置在牛栏江、马龙河及其支流附近，左右岸之间新建及复建了多座跨江桥梁。在危险品运输过程中如发生交通事故，导致危险品泄露，将对沿线村镇、水体造成影响。

运输罐车发生倾覆事故导致罐体破损，物质散逸，进而污染周围环境空气及水体，直接影响到附近生物生存的环境及周围村庄人员身体健康和人身安全。当危险品运输车辆在所经桥梁上出现事故，使运送的固态危险品或液态危险品泄漏，将流入地表水体，污染河流水质。

（3）风险评价

随着施工开工建设，区内机动车辆将迅速增加。一般来说，发生的交通事故中，一般性事故比重最大，重大事故较少，特大事故发生几率最小。尽管危险品运输事故中重大事故发生概率很小，但此类事故一旦发生后果严重，将引起危险品泄露，应引起高度重视。

（4）风险防范措施

针对危险品运输事故，要求公路管理部门做好应急计划，通过加强监控管理，并制定合理的危机应急处理机制体系，使污染风险降为最低。

①加强交通运输安全管理，在路口等交通事故高发地段设置警示标志；

-
- ②危险品运输采用全封闭运输，防治散落；
 - ③针对主要跨江桥梁，设置防撞栏、排水沟、事故收集池；
 - ④加强安全教育、宣传；
 - ⑤制定事故应急预案，在事故发生时将影响降至最低。

7.3.4 森林火灾风险

(1) 风险识别

马龙河流域植被茂密，工程施工区附近有林地分布，在非雨季节，遇到雷电、静电、电气火花、自燃、人为因素等很容易引发火灾。

(2) 源项分析

根据以往经验，引起森林火灾的最主要危害因素为雷电和人为因素，其中人为因素主要是在林区吸烟、野外生活等。另外，工程施工区爆破器材的使用，也是引起森林火灾的危害因素之一。

(3) 风险评价

根据工程区以往实际情况，自然因素发生森林火灾的可能性较小；工程施工期间，不允许施工人员进入施工占地范围外的林区，爆破器材管理严格，事故防范措施严密，易燃易爆器材使用时也规定了一定的安全防火范围，因此，工程施工的人为行为引起森林火灾的概率也较小。

(4) 风险防范措施

虽然发生森林火灾的概率较小，但若一旦引发火灾，将造成不可估量的损失，因此在工程施工过程中，必须采取有效的防范措施，警钟长鸣，防患于未然。

- ①严格执行野外用火和爆破的相关报批制度；
- ②严禁施工人员私自野外用火；
- ③严格控制易燃易爆器材的使用；
- ④制定和执行严格的爆破规程，爆破时采取有效隔离措施。

7.3.5 废污水事故排放风险

(1) 风险识别

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、业主营地的施工和管理

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马龙河，将会对其水质产生不良影响。

(2) 源项分析

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施工生产废水，以及施工生活区、业主营地的施工和管理人员生活产生的生活污水。其中砂石料加工系统废水量最大，高峰期产生量为 $54\text{m}^3/\text{h}$ ，其污染物悬浮物浓度较高，为 $30000\sim 50000\text{mg/L}$ ，是主要的潜在风险源。

(3) 风险评价

砂石加工系统冲洗废水事故排放的原因主要包括：水处理设备检修或故障致使设备无法运行而砂石料加工系统正常运行；废水进水水质异常，系统处理负荷能力差；水处理系统运行管理不善或闲置等。事故情况下废水若未经处理排至金沙江，将会对其水质产生不良影响。但各砂石料加工系统分布间隔较大，也有专人进行管理与定期维护。因此，工程施工期废污水事故排放对污染马龙河水水质风险较小。

(4) 风险防范措施

针对废污水事故排放，要求相关部门做好应急计划，通过加强监控管理，并制定合理的危机应急处理机制体系，使污染风险降为最低。

①按照环境保护措施设计，严格执行废污水处理措施，并保生产过程、废污水产生量与废污水处理能力合理匹配；

②加强对废污水处理设备设施及管道的维护、管理、保证水处理系统正常运行，发现故障及时修复；

③落实环境监测，一旦发现监测因子异常及时处理；

④定期清理污水池的污泥，并妥善存放、转运。

7.4 运行期风险

运行期风险主要为库区水质污染风险。

(1) 风险识别

在水库建成运行后，坝址以上径流区内污染源有可能对库区水质造成污染。

(2) 源项分析

车马碧水库坝址以上径流区内污染负荷包括点源污染和农业农村面源污染。其中，点源污染包括工业污染、集镇生活污染和规模化畜禽养殖污染；农业农村面源污染包括农村生活污染、人畜粪便污染、农田化肥污染和农田固废污染。

（3）风险评价

按照供水水质要求，车马碧水库库区水质需达到Ⅳ类水要求。由于坝址以上径流区内污染风险源分布广、管理难度大、治理成本高，水库运行期库区水质有一定的污染风险。

（4）风险防范措施

①清运车马碧水库移民安置点所涉及的 16 个自然村的农村生活垃圾，并对农村生活污水进行处理；

②对河道进行生态整治；

③对农田面源进行综合治理；

④做好底卫生清理和林木清理。

7.5 风险事故应急预案

7.5.1 事故应急预案的体系定位及应急处置程序

根据国务院《国家突发公共事件总体应急预案》确定的全国突发、以及《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》确定的云南省突发公共事件应急预案体系的划分原则，本工程应急预案体系为突发公共事件地方应急预案和云南省环境污染和生态破坏事故应急预案。突发公共事件的应急处理程序主要包括以下 4 个方面：

（1）信息报告

特别重大或者重大突发公共事件发生后，各地、各部门要立即报告，最迟不得超过 2 小时，同时通报有关地区和部门。应急处置过程中，要及时续报有关情况。

（2）先期处置

发生或即将发生突发公共事件的信息得到核实后，在尚未划定突发公共事件级别之前，事发地人民政府和有关单位要迅速采取措施控制事态发展，并及时

向上级人民政府报告。

(3) 应急响应

对于先期处置未能有效控制事态的特别重大、重大突发公共事件，要及时启动相关预案，由省级相关专门应急指挥机构或省政府工作组统一指挥或指导有关地区、部门开展处置工作。

现场应急指挥机构负责现场的应急处置工作。

需要多个省级相关部门共同参与处置的突发公共事件，由该类突发公共事件的业务主管部门牵头，其他部门予以协助。

(4) 应急结束

特别重大突发公共事件应急处置工作结束，或者相关危险因素消除后，现场应急指挥机构予以撤销。

7.5.2 事故应急预案

本工程的建设必然伴随潜在的危害，如果防范措施水平高，则事故的概率必然会降低，但仍然存在发生事故的可能。一旦发生事故，需要采取上述工程应急防范措施，控制和减小事故危害。并需制订应急预案，实施相关措施。

本工程突发事故涉及云南省曲靖市，根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本工程事故应急应纳入云南省突发公共事件应急预案体系中，并据此确定本工程应急预案。

(1) 应急计划区

本工程应急计划区包括：A. 加油站区；B. 环境保护目标区，主要是周边居民点和水域。

应急事件包括火灾、爆炸、溢油事故等。

(2) 应急组织机构、人员

① 应急领导机构

应急总领导机构为云南省人民政府突发公共事件应急委员会，作为协调指挥机构，统一领导突发公共事件的应急处置工作。

地区应急领导机构由曲靖市分管环保的县长、环保局及其它相关各协作部门负责人组成。

施工现场成立安全风险应急领导小组，由建设单位分管环保的正职领导作

为小组长，小组成员由环境保护管理办公室负责人、各承包商单位分管环保的领导组成。

②现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，一般由公安局、安监局或环保局负责。

③应急救援人员

应急救援人员包括：

A 危险源控制组，主要是负责在紧急状态下的现场抢险作业，及时控制危险源，由工程建设单位和承包商单位消防、安全部门组成，必要时包括地方专业防护队伍；

B 伤员抢救组，负责现场伤员的搜救和紧急处理，并护送伤员到医疗点救治，由事故责任单位和施工区医疗机构负责。

C 医疗救护组，负责对受伤人员进行紧急救治并护送重伤人员至医院作进一步治疗，由施工区医疗机构负责，当地医院协作。

D 消防组，负责现场灭火、设备容器的冷却、喷水隔爆、抢救伤员及事故后对被污染区域的清洗工作，人员由工程建设单位、承包商消防人员和当地公安消防队伍组成。

E 安全疏散组，负责对现场及周围人员进行防护指导、疏散人员、现场周围物资的转移，由工程建设单位和承包商安全监督部门、安全保卫人员和当地政府人员组成。

F 安全警戒组，负责布置安全警戒，禁止无关人员、车辆进入危险区域，在人员疏散区域进行治安巡逻，由工程建设单位和承包商安全保卫人员、当地公安部门负责。

G 物资供应组，负责组织抢险物资、工器具和后勤生活物资的市场供应，组织运送抢险物资和人员，由工程建设单位和当地县政府负责。

H 环境监测组，负责对大气、水质、土壤等进行环境应急监测，确定影响区域范围和危险物质浓度，对事故造成的环境影响做出正确评估，为指挥人员决策和消除事故污染提供依据，并负责对事故现场危险物质的处置，由工程建设单位和承包商单位环境保护管理办公室和当地环保局负责。

I 专家咨询组，负责对事故应急救援提出方案和安全措施，现场指导救援

工作，参与事故的调查分析并制定防范措施，由工程建设单位和承包商单位安全监督部门、当地各相关部门技术专家组成，由领导机构负责组织。

J 综合协调组，负责综合协调、信息沟通、事故新闻和应急公告发布，由工程建设单位、当地宣传部门组成。

K 善后处理组，负责现场处置、伤亡善后工作，由工程建设单位、当地政府相关部门组成。

应急程序见图 7.5-1。

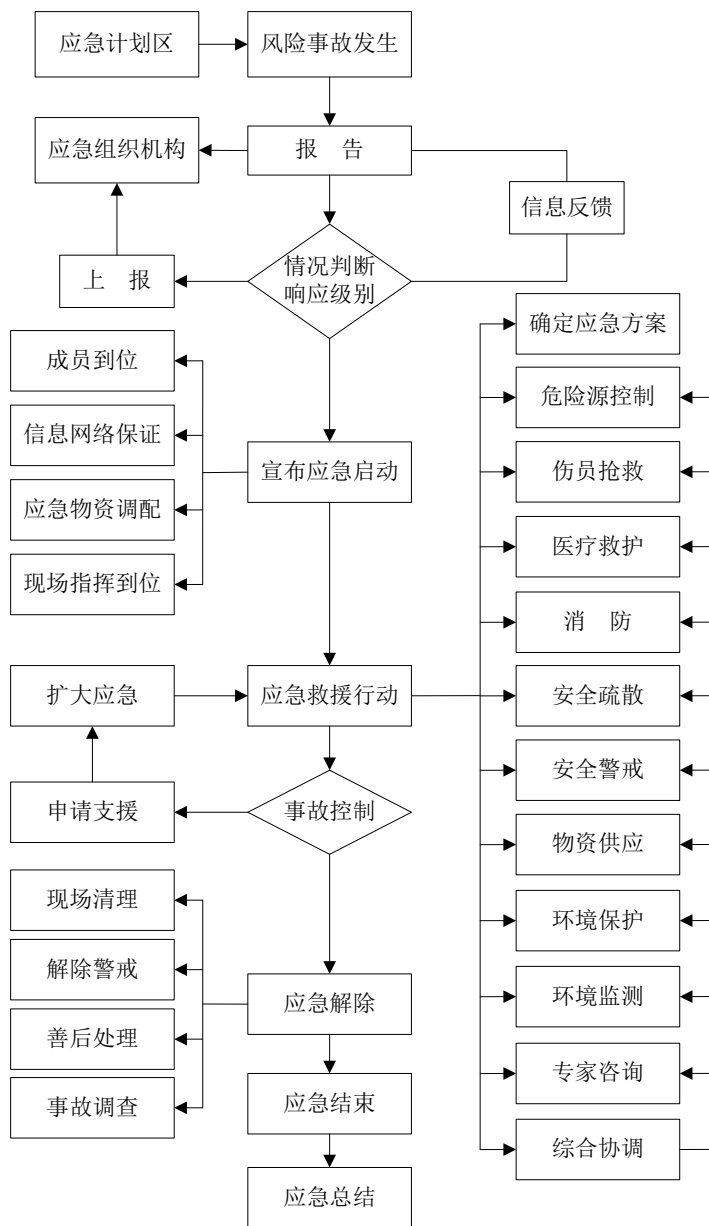


图 7.5-7.5-1 车马碧水库事故应急程序图

④预案分级响应

事故分为以下 4 个等级：特别重大(I 级)，重大(II 级)，较大(III 级)，一般(IV 级)。针对不同事故等级，实行分级响应。

事故发生时，立即启动并实施本部门应急预案，I 级、II 级响应：现场指

挥在事故应急领导机构的统一领导下，具体安排组织重、特大事故应急救援预案的组织和实施；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展抢险救援工作；根据事故险情，对应急工作中发生的争议采取紧急处理措施；根据预案实施过程中存在的问题和险情的变化，及时对预案进行调整、修订、补充和完善，确保人员各尽其职、救援工作灵活开展；根据现场险情，在技术支撑下，科学组织人员和物资疏散工作；现场应急指挥与应急领导机构要保持密切联系，定期通报事故现场的态势，配合上级部门进行事故调查处理工作，做好稳定社会秩序和伤亡人员的善后及安抚工作，适时发布公告，将危机的原因责任及处理决定公布于众，接受社会的监督。III级、IV级响应：各相关职能部门按照各自职责开展应急处置工作，防止事故扩大、蔓延，保证信息渠道畅通，及时向领导机构通报情况。

因环境污染事故存在不可预见、作用时间较长、容易衍生发展的特点，现场指挥可根据现场实际情况随时将响应等级升级或降级。

⑤应急救援保障

主要包括专用消防水池、消火栓、灭火器、防火堤、消防车、消防水收集系统、溢油控制应急设备和器材。

⑥报警、通讯联络方式

A 报警方式：在施工封闭管理区内设置报警电话，设置施工区火灾报警器；当地火警电话 119。

B 应急通讯：应急领导机构与现场指挥通过对讲机、电话进行联系；现场指挥与应急救援人员通过对讲机进行联系；应急过程中对讲机均使用一频道（消防频道）；如无线通讯中断，应急领导机构和现场指挥可组织人员进行人工联络。

C 信息报送程序：发生环境风险事故时，必须及时上报，按程序报建设单位环境保护管理办公室和安全监督部门后，报告应急领导机构和其它相关部门、上级部门，报送方式可采用电话、传真、直接派人、书面文件等。

⑦应急监测、救援及控制措施

环境监测组负责人带领环境监测人员及应急查询资料到达现场，对事故原因、性质进行初步分析、取样、送样、并做好样品快速检测工作，及时提供监测数据、污染物种类、性质、控制方法及防护、处理意见，并发布应急监测简报，

对事故发生后周围的安全防护距离、应急人员进出现场的要求、群众的疏散范围和路线等提供科学依据，确保群众和救援人员的安全防护。

⑧应急防护措施

危险源控制组和消防组对事故现场进行调查取证，对事故类型、发生时间、污染源、主要污染物、影响范围和程度等进行调查分析，形成初步意见，反馈现场指挥和应急领导机构。

安全警戒组在事故区域设置警戒标识，禁止无关人员进入。各小组协作，由专业人员负责，及时控制危险源，切断其传播途径，控制防火、防爆区域，对污染源及时进行处置，防止污染扩散，物资供应组及时提供所需各项物资和设备。

⑨人员疏散、撤离组织计划

受灾区域内被围困人员由安全疏散组负责搜救；警戒区域内无关人员由建设单位配合安全疏散组实施紧急疏散。

当事故可能危及周边地区较大范围人员安全时，现场指挥应综合专家组及有关部门的意见，及时向领导小组提出实施群体性人员紧急疏散的建议，建议应当明确疏散的范围、时间与方向。

现场指挥应当及时发布事故信息，经领导小组批准，及时发布周边地区人员紧急疏散的公告；当地政府及各有关部门，应当按照领导小组的指令，及时、有序、全面、安全地实施人员疏散，妥善解决疏散人员的临时生活保障问题。

⑩事故应急救援关闭程序与恢复措施

整个应急处置和救援工作完成后，即事件现场得到控制，事件条件已经消除；污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内；事件所造成的危害已被彻底消除，无续发可能；事件现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要；采取了必要的防护措施已能保证公众免受再次危害，并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。经现场指挥提议、领导小组批准，由现场指挥宣布解除应急状态，并发布有关信息。

工程建设单位协同有关部门做好现场清洁与清理，消除危害因素。

善后处理组针对事故对人体、动植物、土壤、水体、空气造成的现实危害和可能的危害，提供处置建议等相关技术支持，并对事故现场和周边环境进行跟踪监测，直至符合国家环境保护标准。做好事故调查处理。

⑪应急培训计划

为了确保应急计划的有效性和可操作性，必须预先对计划中所涉及的人员、设备器材进行训练和保养，使参加应急行动的每一个人都能做到应知应会、熟练掌握。

每年定期组织应急人员培训，使受培训人员能掌握使用和维护、保养各种应急设备和器材，并具有在指挥人员指导下完成应急反应的能力。

定期进行一次应急演习，在模拟的事故状态下，检查应急机构，应急队伍，应急设备和器材，应急通讯等各方面的实战船能力。通过演习，发现工作中薄弱环节，并修改、完善应急计划。

⑫公众教育和信息

对可能发生事故的附近区域居民进行宣传教育，并发布相关信息。

8 环境保护措施

8.1 地表水环境保护措施

8.1.1 施工期水环境保护措施

8.1.1.1 砂石料加工系统废水处理

(1) 废水概况

本工程共设置 2 套砂石料加工系统，枢纽区和输水工程区各设置 1 套，各系统高峰期废水产生量均为 $54\text{m}^3/\text{h}$ ，施工期废水排放量分别为 39.58 万 m^3 、63.88 万 m^3 ，总排放量为 103.46 万 m^3 。废水主要污染物为 SS，浓度一般在 30000~50000mg/L。

(2) 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，采用 DH 高效(旋流)污水净化法对废水进行处理，该工艺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。

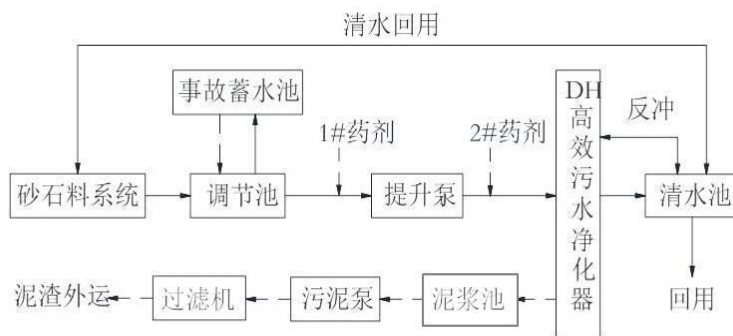


图 8.1-1 DH 高效(旋流)污水净化法处理工艺流程图

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。

单个砂石料加工系统废水处理工程的主要工艺参数及设备见表 8.1-1。

表 8.1-1 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 54	
	调节池	停留时间	h	0.5
		有效容积	m^3	27
		尺寸(内部)	$m \times m \times m$	6.5×5.5×1.0
		数量	个	1
	事故蓄水池	停留时间	h	1
		有效容积	m^3	54
		尺寸(内部)	$m \times m \times m$	7.0×6.0×1.5
		数量	个	1
	污泥池	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	42
		尺寸(内部)	$m \times m \times m$	5.0×3.0×1.0
		数量	个	1
清水池	有效容积	m^3	54	
	尺寸(内部)	$m \times m \times m$	7.0×6.0×1.5	
	数量	个	1	
主要设备	高效污水净化器	台	DH-SSQ-60型1台	
	混凝器	台	DH-SSQ-60型1台	
	一体化加药装置	套	DHJ-60型1套	
	提升泵(渣浆泵)	台	100ZJ-I-A33型1台	

项目	名称	单位	参数值
	污泥泵（渣浆泵）	台	80ZJ-I-A33型1台
	搅拌电机	台	BLD-17-9-3型2台
	电磁流量计	台	DN200型2台
	加药泵	台	2台
	反冲洗泵	台	1台
	搅拌器	台	MFS1100/MFS1500型2台
	管道、阀门、控制柜、电缆	台套	1套
	真空带式过滤机	台	1台

（3）主要土建工程量

工程枢纽区和输水线路区砂石料加工系统废水的处理设计土建工程量总量估算见表 8.1-2。

表 8.1-2 砂石料加工系统废水处理土建工程量

项目	土石方开挖 (m ³)	土方开挖 (m ³)	石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	C10混凝土 (m ³)	C25混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
数量	818.81	545.87	272.94	215.88	44.29	156.30	19.29

（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 混凝土生产系统废水处理

（1）废水概况

工程共布置 15 座混凝土生产系统，其中，枢纽区 3 座，布置在大坝下游右岸及导流泄洪放空隧洞进出口，输水工程区 12 座，1#~11#支洞施工区各布置 1 座，隧洞出口施工区布置 1 座。枢纽工程施工区、输水工程施工区混凝土生产系统高峰废水产生量分别为 6.48m³/d、12.96m³/d，总废水排放量分别为 0.49 万 m³、1.65 万 m³，废水中主要含悬浮物、pH，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 一般大于 10。

根据本工程废污水排放要求，混凝土生产系统废水拟处理后全部回用，要求处理后的水质满足回用要求。

（2）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。

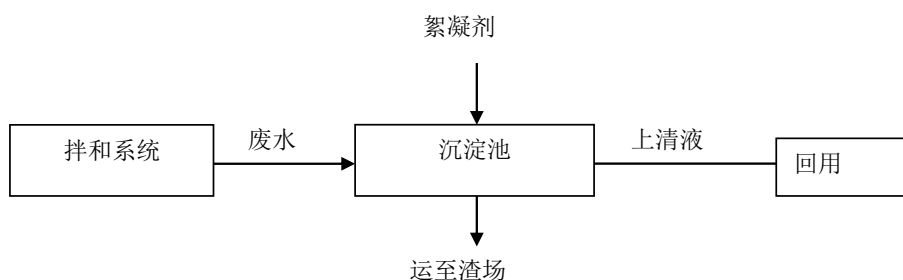


图 8.1-2 混凝土拌和系统废水处理工艺流程图

本工程共设 15 个混凝土废水处理设施，其中，输水线路区每处混凝土生产系统设 1 个废水处理沉淀池，共计 12 个；枢纽工程区共 3 个混凝土生产系统，设 3 个废水处理沉淀池。单个沉淀池有效容积为 0.8m^3 ，沉淀池尺寸为 1.0m (长) \times 1.0m (宽) \times 1.0m (高)；输水线路区 12 个，1#~11#各支洞洞口及隧洞出口处各 1 个，单个沉淀池有效容积为 0.4m^3 ，沉淀池尺寸为 1.0m (长) \times 1.0m (宽) \times 0.6m (高)。

枢纽区单座混凝土系统及隧洞单座混凝土系统废水处理工程的主要工艺参数及设备见表 8.1-3。

表 8.1-3 混凝土系统废水处理主要工艺参数及主要设备表

项目	名称	单位	枢纽区单座混凝土 废水处理系统	隧洞区单座混凝土 废水处理系统	
工艺 参数	设计流量	$\text{m}^3/\text{班}$	0.4	0.4	
	沉淀池	停留时间	h	8	8
		有效容积	m^3	0.8	0.4
		尺寸	$\text{m}\times\text{m}\times\text{m}$	$1.0\times 1.0\times 1.0$	$1.0\times 1.0\times 0.6$
	数量	个	1	1	
	泵	型号 \times 台	80ZJ-I-A33 \times 1	80ZJ-I-A33 \times 1	

(3) 主要土建工程量

混凝土拌和系统废水处理设计土建工程量估算见表 8.1-4。

表 8.1-4 混凝土拌和系统废水处理土建工程量

项目	土石方开 挖 (m^3)	土方开挖 (m^3)	石方开挖 (m^3)	土石方回 填 (m^3)	C10混凝土 (m^3)	C25混凝土 (m^3)	钢筋 (t)
隧洞单座	7.371	4.91	2.46	5.61	0.28	1.77	0.22
枢纽区单座	12.28	8.18	4.09	9.73	0.28	2.33	0.29

项目	土石方开挖 (m ³)	土方开挖 (m ³)	石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	C10混凝土 (m ³)	C25混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
合计 (共15处)	125.28	83.52	41.76	96.47	4.23	28.23	3.48

(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 机修和冲洗废水处理

(1) 废水概况

本项目在枢纽区及输水工程区分别设置 1 处机械维修和保养场。施工期机械大修均依托各施工点附近的市县进行，施工工区内仅设置简单的小修、保养设施，期间机械修配保养系统产生废水量很少，一般情况下，废水中主要污染物石油类浓度约 10~30mg/L，COD_{Cr} 约 25~200mg/L，悬浮物约 500~4000mg/L。

机械冲洗废水为含油废水，需对废水进行分离处理，油污统一收集外运，含油废水经处理后回用，不外排。

(2) 处理工艺

针对修配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，废水处理选用沉淀池+小型隔油池，见流程图 8.1-3。

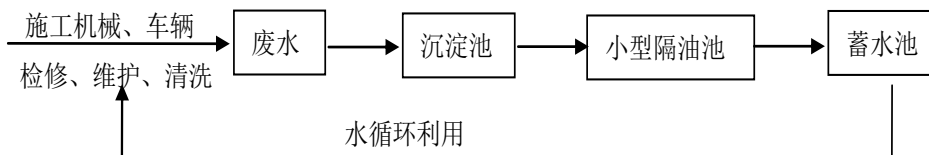


图 8.1-3 含油废水处理工艺流程图

工艺特点及处理效果：先利用自然上浮法进行油水分离，再利用焦炭过滤器进行过滤处理，处理效果好，构造简单，管理方便，除油效果稳定。对含汽油、柴油、煤油污水有较好的处理效果。油污废水经处理后完全回用于机械车辆的冲洗用水，不外排；每周清理一次油污及油泥，废油和油泥应委托有资质的单位进行处置。

单个机械修配系统废水处理工程的主要工艺参数及设备见表 8.1-5。

表 8.1-5 机械修配系统废水处理主要工艺参数及主要设备表

项目		单位	单个系统
工艺参数	设计流量	m ³ /d	9
	调节池	停留时间	h
			8

项目		单位	单个系统		
		有效容积	m ³	9	
		尺寸(内部)	m×m×m	3.0×3.0×1.2	
		数量	个	1	
	清水池	停留时间	h	8	
		有效容积	m ³	9	
		尺寸(内部)	m×m×m	3.0×3.0×1.2	
		数量	个	1	
		事故蓄水池	停留时间	h	8
			有效容积	m ³	9
	尺寸(内部)		m×m×m	3.0×3.0×1.2	
		数量	个	1	
		设备	高效油水分离器	型号×台	YSF-1×1
		清水泵	台	1	

(3) 主要土建工程量

混凝土拌和系统废水处理设计土建工程量估算见表 8.1-6。

表 8.1-6 机械修配系统废水处理土建工程量

项目	土石方开挖 (m ³)	土方开挖 (m ³)	石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	C10混凝土 (m ³)	C25混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
单个机械修配系统	120.21	80.13	40.07	68.18	4.99	24.23	2.99
合计 (共2处)	240.42	160.26	80.13	136.35	9.99	48.45	5.98

(4) 运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：注意对废水处理系统中过滤器的维护；及时清理处理的油污及油泥，妥善储存并委托有资质的单位进行处置。

8.1.1.4 隧洞施工废水处理

(1) 废水概况

隧洞施工废水考虑采用洞内设排水沟、集水井、水泵分级抽出的方法，隧洞反坡洞段一般在工作面设置临时集水坑，每隔 300m 设置集水井采用潜水泵分段进行抽排，将水抽至支洞与主洞交汇口集水井后，通过水泵抽排出洞外；隧洞正坡洞段在隧洞一侧设置排水沟，采取自流排水。洞内积水抽至洞口并排出，废水中主要污染物为 SS，SS 浓度约 2000mg/l。

隧洞排水处理后拟用于降尘、水保植物措施用水、浇灌附近林地或耕地等综合利用。

(2) 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。在各隧洞出口设沉淀池，沉淀时间约 8h，必要时投加絮凝剂。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。

本阶段隧洞出口沉淀池容积按 15m^3 考虑，单个沉淀池尺寸为 3.0m (长) $\times 2.5\text{m}$ (宽) $\times 2\text{m}$ (高)，拟在 1#~11#支洞口及隧洞出口各布设 1 个沉淀池，共 12 个。

(3) 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 基坑废水处理

(1) 排水概况

在大坝基坑开挖时，将产生基坑渗水和降水、施工弃水等组成基坑经常性排水，主要污染物为 SS，浓度一般在 500mg/l 左右，产生量较少。

(2) 处理方案

工程所在马龙河河段为 III 类水体，从国内类似工程实际施工经验来看，基坑排水可直接向施工围堰内投加絮凝剂，静置 2h 后抽出用于降尘、浇灌附近耕地或作为水土保持措施用水，不外排。

8.1.1.6 生活污水处理

(1) 生活污水概况

本工程共设置 13 个施工人员生活区，其中枢纽区在坝址下游左岸车马碧村附近集中设 1 个生活区，输水隧洞沿线设 12 个生活区。生活区生活污水主要来源于施工期施工人员生活用水和粪便的排放。施工期施工生活区总污水排放量为 12.96万 m^3 ，其中，枢纽工程生活区污水高峰排放量为 $40.08\text{ m}^3/\text{d}$ 。生活污水主要污染物为 BOD_5 、 COD_{Cr} 、SS 等，其中 BOD_5 约 200mg/L ， COD_{Cr} 约 400mg/L ，SS 约 220mg/L 。

根据本工程施工废污水排放要求，生活污水拟处理后作为水土保持措施用水或用于浇灌附近耕地、林地等，不外排。

(2) 处理方案

本工程生活区主要分布在枢纽区和输水工程区两个区域，枢纽工程区的施工人数较多，生活区规模相对较大，容纳的施工人数也较多，拟在枢纽工程生活区选用成套生活污水处理设备进行处理，工艺流程图详见图 8.1-4，并配置水冲刷

所 4 座。输水工程沿线在各个施工支洞、隧洞出各布置 1 个生活区，各生活区规模较小，拟采用在每个生活区配备 1 座化粪池进行处理。

(3) 处理工艺

① 成套污水处理设备工艺流程

选用生活污水处理成套设备，其工艺流程图：

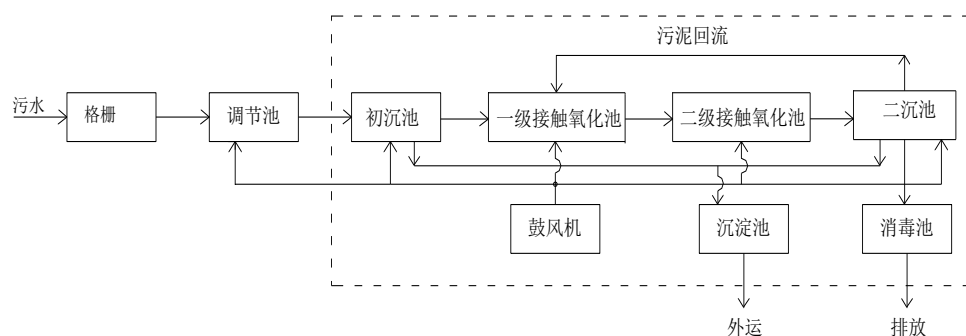


图 8.1-4 生活污水处理工艺流程图

初沉池：用以沉淀不溶性悬浮物，采用竖流式斜管沉淀池，表面负荷 $1.5\sim 3.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，停留时间为 $1\sim 1.5\text{h}$ ，沉淀污泥用气提装置进入污泥池。

接触氧化池：经初沉后的污水自流入该池进行生化处理，该池共分二级，总停留时间不小于 6h ，池内挂净性填料或填装多面空心球，曝气装置为微孔曝气器，气水比为 $(0\sim 16): 1$ 。

二沉池：生化处理后污水自流入二沉池，采用竖流式沉淀池，表面负荷为 $0.9\sim 1.2\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，停留时间为 $1.5\sim 2.0\text{h}$ ，沉淀污泥被气提装置抽部分送至污泥池，部分回流到接触氧化池。

污泥池：初沉池污泥和二沉池的部分污泥在该池得到初步浓缩，浓缩后的污泥含水率较小，可用粪车抽出免费外送附近居民用于农田施肥等。

鼓风机房：2~3 台鼓风机（其中 1 备用），风机进出口部位配有消音设备，可设于地面或地下。

电控制柜：电控制柜设于地面控制室，配有 PLC 控制系统，对风机、水泵及空气提升装置进行自动运行控制，也可手动控制。风机与水泵备用设备每隔 8h 自动切换一次。

② 成套设备处理效果

对于所选用的生活污水处理成套设备而言，根据已实施的水电工程施工期生活污水处理设备的监测结果，在进水水质为 $\text{BOD}_5\leq 250\text{mg/L}$ 、 $\text{COD}_{\text{Cr}}\leq 450\text{mg/L}$ 、

SS≤300mg/L 的条件下，出水水质可达 BOD₅≤10mg/L、COD_{Cr}≤50mg/L、SS≤20mg/L，能够达到本工程对生活污水处理的目标值。

③枢纽区生活污水处理工程的主要工艺参数及设备见表 8.1-7。

表 8.1-7 生活污水处理主要工艺参数及主要设备表

项目		单位	单个系统	
工艺参数	设计流量	m ³ /h	2.5	
	调节池	停留时间	h	8
		有效容积	m ³	20
		尺寸（内部）	m×m×m	5.0×4.0×1.2
		数量	个	1
设备	一体化设备	套	1	

（3）主要土建工程量

枢纽区生活污水处理设计土建工程量估算见表 8.1-8。

表 8.1-8 枢纽区生活污水处理土建工程量

项目	土石方开挖 (m ³)	土方开挖 (m ³)	石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	C10混凝土 (m ³)	C25混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
枢纽区生活区	66.24	44.16	22.08	30.60	3.42	13.41	1.66

（4）运行管理与维护

地面控制室需一名管理人员，在上岗前由设备厂家负责其技术管理培训。操作人员应严格按照操作技术规程，进行正确的操作和定期的维护，发现问题及时向环境管理部门汇报解决。

（5）化粪池设计

输水工程区施工生活区各建 1 座化粪池，考虑到本工程施工区平均人数为 120 人，工区分散，施工区生活污水规模较少，因此本阶段设计化粪池规模一致。化粪池采用浆砌块石衬砌。以 50L/人·d 的排放定额设计，化粪池的有效容积设计为 2m³，设计尺寸为 2.0m(长)×1.0m(宽)×1.0m(高)。

在运行过程中注意定期清掏和灭菌消毒，清掏周期为 3 个月，聘请当地村民进行清掏，可运至附近农田作为农肥。

8.1.2 运行期水环境保护措施

根据水质预测结果，至设计水平年，需对车马碧水库径流区内的污染源进行治理，入库污染源经削减后，库区水质可以达到供水目标的IV类水要求。

8.1.2.1 纳入本工程的污染源治理措施

（1）安置点污染防治工程

通过工程的实施，车马碧水库移民安置点所涉及的 16 个自然村的农村生活垃圾清运率达到 100%，农村生活污水收集率 90% 以上。16 个安置点（白塔村、张家屯、西冲、水井凹、大车章、马保地、三家、车马碧、碧跨、黄坝、格里、发跨、大罗贵、小车章、川洞、清水凹、中罗贵、下罗贵）农村生活污水经处理后尾水达到一级 A 标。

① 生活垃圾收集处置工程设计

根据自然村的规模大小，在各村内设置垃圾收集点，配备相应的保洁人员和垃圾集中的小型运输工具，再通过集镇专用垃圾运输车对各个村的生活垃圾进行清运，清运至垃圾中转站，最后送至县城垃圾填埋场，进行卫生填埋。

农户产生的生活垃圾经农户分拣，35% 的垃圾以户为单位由各家自行送往村内的垃圾收集房，其余生活垃圾进行堆肥处理。各自然村设置一名垃圾清运人员，并向清运人员支付一定的报酬，由清运人员定时对垃圾进行清运。

由于项目区自然村人口居住相对城镇较为分散，单位服务面积内日产生垃圾量较低，自然村垃圾收集点的数量只能根据各村人口及居住分布情况进行设计。垃圾收集点的数量设置原则上按小于 400 人的自然村设置 1 座垃圾收集点，400~800 人的自然村设置 2 座，800 人以上的自然村，按 1 座/200 人的原则设置垃圾收集房。垃圾收集点根据当地情况，在主要人流集中地及公共场所如村落市场、学校、小广场、主要道路旁设置。

因此本项目将建设 18 座垃圾收集房，同时配备 18 辆运输车辆和 36 套垃圾清运设施。垃圾收集房采用土建构筑物，以当地民居形式风格为主，其结构形式、尺寸规格、功能主要尺寸规格见表 8.1-1。

表 8.1-1 垃圾收集房建设规格表

结构形式	规格尺寸(m)	功能要求
砖混结构	4.0×2.5×3，单层	1.垃圾倾倒入口 2.垃圾清运口 3.防雨水冲淋 4.通风

② 农村生活污水收集处理工程

农村生活污水按照分散处理的要求，采用“氧化塘+快渗池”处理工艺，尾水稳定达到一级 A 标，用于农田灌溉。污水处理系统选择于村落下游的农田区域，由于采用的是生态化处理工艺，沟渠收集污水，为了减少农田灌溉水的混入，降低排水系统投资，建设地点的选择尽量靠近村落。

污水通过管道自流进入生态化粪池，在化粪池入口处设置简易格栅，除去水

中垃圾及悬浮物，水体表面满铺生态浮床，一方面防止臭味散发，另一方面促进厌氧发酵。之后流入二级微曝气氧化塘。采用太阳能解层曝气机，使水体上下循环，消除温差和自然分层，高效增氧，快速改善水体的污染，将表层超饱和溶解氧，循环打入水下，消除水体自然分层，利用低曝气理论高效去除水中氨氮等营养物质。微曝气氧化塘出水通过水泵（采用太阳能水泵）提升进入生物过滤池，利用生物过滤单元截留水中悬浮物，并高效去除水中氨氮。尾水进入快渗池。快渗池结构设计采用目前较为先进的短程滴滤布水方式，均匀高效，具有流程短、负荷高、出水水质好等优点。湿地基质上种植兼具净水和景观功能的水生植物和陆生花卉植物，与环境融合。最后尾水流入稳定塘后，外排。具体见图 8.1-5。

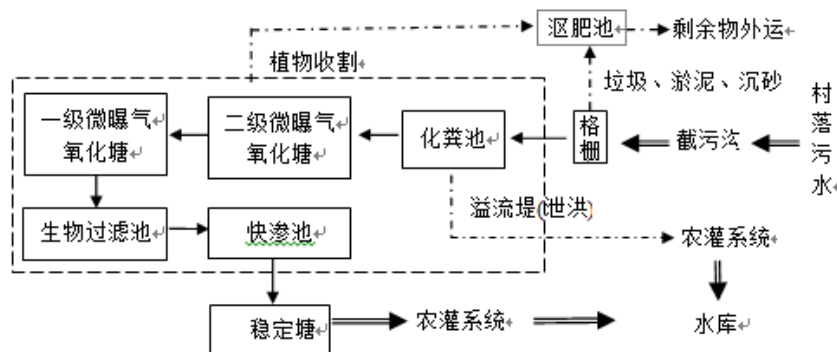


图 8.1-5 工艺流程图

本设计中对氧化塘+快渗池处理系统的总体设计参数见表 8.1-2。

表 8.1-2 工艺总体设计参数表

序号	项目	设计参数	备注
1. 总体参数			
1.1	出水水质	(GB18918-2002)一级A标	
1.2	平均水力负荷	0.12m ³ /m ² .d	
1.3	工艺停留时间	14.50d	
2. 生态化粪池（按雨季规模计算，旱季规模核算）			
2.1	有效水深	1.8m	
2.3	设计平均停留时间	3.00d	
2.4	水头损失	10cm	
3. 一级微曝气氧化塘			
3.1	有效水深	1.0m	
3.2	设计平均停留时间	3.00d	
3.3	水头损失	7cm	
4. 二级微曝气氧化塘			
4.1	有效水深	1.0m	
4.2	设计平均停留时间	3.00d	
4.3	水头损失	7cm	
5. 生态滤池			

序号	项目	设计参数	备注
5.1	有效水深	1.0m	
5.2	设计平均停留时间	1.00d	
5.3	水头损失	10cm	
6.快渗池			
6.1	有效水深	0.7m	
6.2	设计平均停留时间	1.5d	
6.3	水头损失	20cm	
7.稳定塘			
7.1	有效水深	1.5m	
7.2	设计平均停留时间	2.00d	
7.3	水头损失	10cm	

根据规模计算,本项目将建设 40m³/d 氧化塘+快渗池污水处理站 2 座, 50m³/d 氧化塘+快渗池污水处理站 2 座, 建设 10m³/d 氧化塘污水处理站 5 座和 20m³/d 氧化塘污水处理站 7 座。

(3) 主要入库河道隔离工程

针对主要入库河道垃圾乱丢和放牧现象突出的特点,主要入库河道隔离工程通过在马龙河、车章河和白塔河至车马碧水库库尾上延 1km 河道外延 10m 边界范围上,退出所涉及的农田修建生物隔离设施,形成以乔木、灌木和草本植物合理配植的方式构成一道复合型的生态屏障,防止人类活动对水源保护和管理的干扰,拦截污染物直接进入水体现象发生。这种生态屏障的功能主要有 4 方面:①退出农田,减少农田面源;②阻拦陆地上的固体废物进入水体;③通过植物根系,尤其是高大乔木的深根系保土固岸,减少水土流失和一定程度防止滑坡等地质灾害;④通过植物和土壤微生物的生长代谢,消耗、转移氮、磷等农业面源性污染物,滞留、富集重金属离子和农药等,减少进入水体的污染总量。

主要入库河道隔离工程在马龙河、车章河和白塔河至车马碧水库库尾上延 1km 河道外延 10m 范围内进行布局,该区域长 3km,占地 3 万 m²。根据车马碧水库净流区的特点,采取乔灌混林的生物隔离工程进行隔离。其中乔木选用松树、杉树和冬瓜树,共计 119 亩,采用打塘种植,塘的规格为 0.4×0.4×0.5m=0.08m³, 107 株/亩,共 11791 株;灌木选用速生薪炭林,共计 119 亩,采用打塘种植,塘的规格为 0.4×0.4×0.5m=0.08m³, 167 株/亩,共 128818 株;同时在四周设立红色醒目标志牌。具体工程量见表 8.1-3。

表 8.1-3 工程量统计表

项目	边界长 (km)	边界面积 (万m ²)	松树 (株)	杉树 (株)	冬瓜树 (株)	灌木 (株)	标志牌 (块)
马龙河	1	1	534	534	534	17526	3

白塔河	1	1	534	534	534	17526	3
车章河	1	1	534	534	534	17526	3
合计	3	3	1603	1603	1603	52577	9

(4) 生态河道综合整治工程

马龙河、车章河和白塔河两侧农田面积较大，表层土、砂、石等结构松散，降水集中，从而有一定程度的水土流失存在，主要集中在河道两岸岸坡。降雨期土壤，泥沙随雨水大量流失，土壤中的有机物、TN 和 TP 等成分大部分溶解于水或以流失土粒为载体直接进入河道水体。一方面减弱了水域和林地水源涵养生态功能，流失的大量泥沙抬高河床，进入库区，淤积库塘，降低了水库工程效益，在很大程度上影响影响了河道行洪能力和调蓄能力，另一方面河道沿线构成两岸的土层稳定性总体较差，抗冲刷能力差。河道现状极不规则、过水断面宽窄不一，两岸多处地段垮塌、淤积严重，导致水流不畅。因此应加强清淤和河道生态修复。生态河道综合整治工程的目标是清除马龙河、车章河和白塔河河底污染淤泥，增加调蓄能力，提高河道防洪泄洪能力，实现恢复、强化河道的自净体系。

① 清淤工程

A 清淤范围

清淤工程选择在马龙河、车章河和白塔河至车马碧水库库尾上延 1km 河道淤积最严重的下游开展，清淤长度共计 1700m，清淤深度为 0.5~2m，各条河道清淤深度见表 8.1-4。

表 8.1-4 河道清淤范围

序号	河道	长度 (m)	平均河宽 (m)	平均清淤深度 (m)	清淤工程量 (m ³)
1	马龙河	800	12	1	9600
2	车章河	500	8	1	4000
3	白塔河	400	7	1	2800
4	合计	1700			16400

B 清淤方式

针对马龙河、车章河和白塔河在枯水季水量较小、水深较浅，且河道仅 3~10m 宽，清淤船只无法在河道通行，施工条件上不满足水下清淤；因本项目的实施是在干旱条件下进行，河水流量较小，且河道上已有控制闸，便于分段抽水，因此本工程推荐采用干河清淤，但需注意对两岸护坡的保护，避免对河道护坡造成较大影响。

由于清淤河道宽窄不一，地形条件复杂，而清淤量又比较大，因此，在有机机械清淤条件的河道，应尽量用机械清淤，无条件时，采用人工清淤的方式。本项目选用履带式挖掘机。

② 河道生态修复工程

本工程采取河道生态修复河段为马龙河、车章河和白塔河从车马碧水库库尾上延 1km 的河道破损地段，其中马龙河为 800m，车章河 600m 和白塔河 400m。

河道断面改造在原河道基础之上进行，不减少原河道宽度，局部有所加宽。

施工方法为先进进行河道清淤及清基，之后土方回填碾压至设计河堤高程，密实度不小于 0.90，形成河道施工工作面；再进行木桩的施工，之后开挖河道，最后河底抛填块石。采取打木桩的方式加固河堤，选用松树木桩，其最小端头外径不小于 10cm。河道绿化带宽度不小于 1.5m。河道绿化带乔木与灌木间植，护坡铺种草皮，河道生态修复 1800m。

河道断面设计见图 8.1-6。

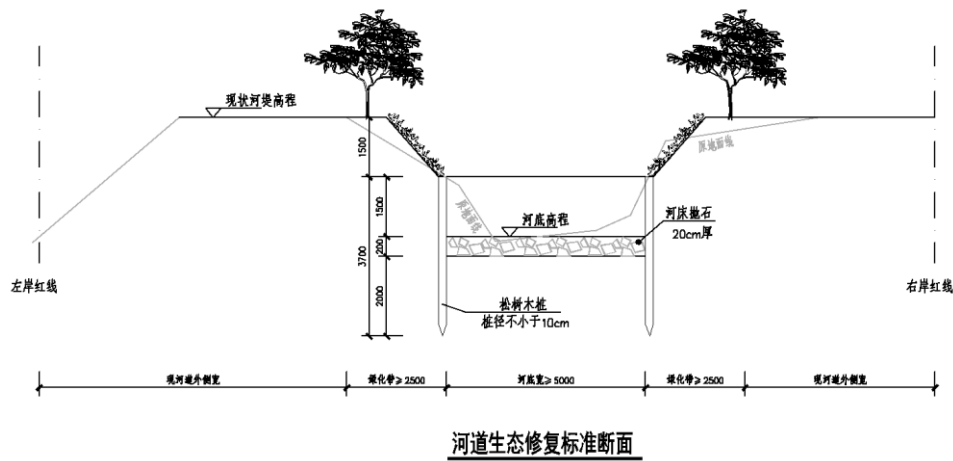


图 8.1-6 河道断面设计图

本项目的实施，根据测量计算，将去除底泥中 TN362.4t，TP50.2t，有机质 17860t，减少垃圾入库量 548t/a，每年减少入库 TN15.37t，TP0.88t，COD131.09t，从而减少入库污染负荷，减少了污染源。

(5) 马龙河旁路系统工程

马龙河旁路系统位于马龙河中段，汇集了车马碧水库 70% 的农田径流，流域内大部分污染物流经此处，汇入车马碧水库，是污染物入库的重要通道。因此在“源头减排、过程控源和末端修复”的治理思路下，本项目在过程中削减入库污染物。

马龙河旁路系统工程以河流末端减污为主要目标，兼顾生态恢复，建立以挺水植物表面流湿地为主体，组合少量氧化塘的旁路处理系统，通过配水等辅助手

段，对马龙河河水进行均匀配水及净化。工艺流程见图 8.1-7。

河水进入拦污沉砂池中，漂浮垃圾得以拦截，河流带来的泥砂得以沉降，然后进入植物氧化塘，此段其对污染物的去除主要通过三种途径：一是助凝沉淀的作用，漂浮植物分泌类似助凝剂的物质向水中释放，使悬浮、胶体态的污染物得以加速沉淀去除；二是漂浮植物对有机物及 N、P 营养物质的吸收作用；三是氧化塘内厌氧菌、兼性菌的微生物作用，分解大分子有机物，使水体得以均质化处理，有机利于后续潜流湿地的净化。

太阳能氧化塘是污染物去除效率较高的关键工段，经过初步处理的河水在此段进一步通过物理、化学和生物的三重协同作用，进一步去除污染物，太阳能氧化塘通过太阳能搅拌系统能够形成好氧、厌氧、缺氧的空间环境，N、P 营养物质主要在此段得以去除。

多级表层流湿地对污染物的去除主要通过大面积水生植物(挺水和部分沉水植物)的吸收、浅层流形成的好氧塘作用机理、根茎及土壤拦滤作用等完成。

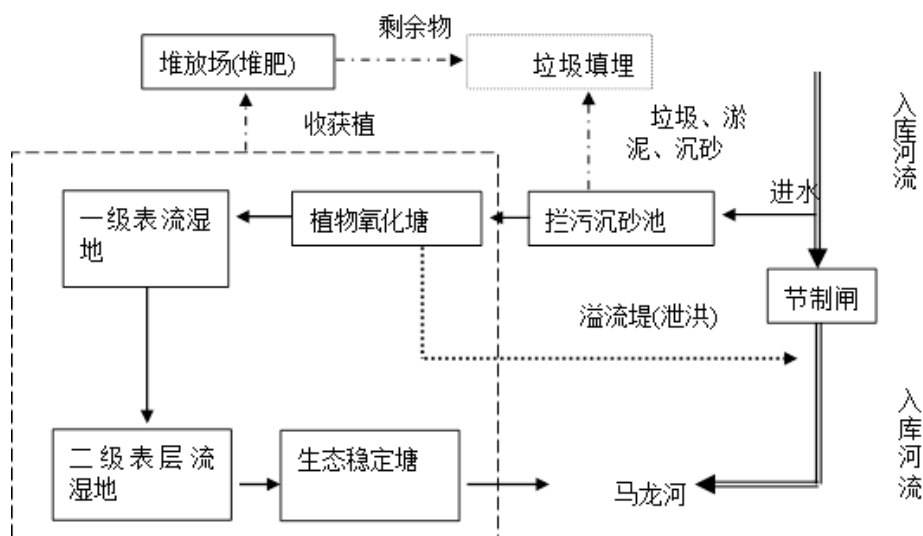


图 8.1-7 旁路系统工程工艺流程图

根据现场土地情况，依据类似工程水利负荷，马龙河建设规模为 $100000\text{m}^3/\text{d}$ ，车章河建设规模为 $10000\text{m}^3/\text{d}$ ，白塔河建设规模为 $10000\text{m}^3/\text{d}$ ，工程量统计见表 8.1-5~8.1-6。

表 8.1-5 马龙河旁路系统工程量表

序号	工程内容	工程单位	工程量	单价(元)	工程造价(万元)
一	曝气塘系统工程				
1.1	太阳能水生态修复系统	台	16	350000	560
1.2	生态浮床工程	m ²	14400	60	86.4
二	表流湿地系统工程				
2.1	湿地水生植被系统构建工程	m ²	100,000	50	500
三	兼性塘系统工程				
3.1	太阳能水生态修复系统	台	4	350,000	140
四	生态塘系统工程				
4.1	水生植被系统构建工程	m ²	9,600	60	57.6
4.2	底栖动物系统构建工程	m ²	32,000	35	112
五	景观工程				
5.1	休闲亭	座	2	60,000	12
5.2	亲水平台	座	8	40,000	32
5.3	木桥	座	10	12,000	12
5.4	休闲廊架	座	6	46,000	27.6
5.5	木质休闲平台	座	2	32,000	6.4
5.6	管护道路	m	4974	649.4	323.01
5.7	景观苗木				300
5.7.1	云南樱花, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	1500	344.86	51.73
5.7.2	滇朴, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	1700	210.86	35.85
5.7.3	小叶榕, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	2300	174.86	40.22
5.7.4	水杉, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	1700	224.86	38.23
5.7.5	香樟, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	2420	351.56	85.08
5.7.6	慈竹, 竹类	株	36000	15.28	55.01
5.7.7	芦苇, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	698000	0.67	46.77
5.7.8	长苞香蒲, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	262000	2.04	53.45
5.7.9	菖蒲, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	290666	2.24	65.11
5.7.10	水葱, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	552000	0.67	36.98
5.7.11	旱伞竹, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	242000	1.24	30.01
5.7.12	再力花, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	24000	21.42	51.41
5.7.13	睡莲, 浮叶植物	丛	30008	30.05	90.17
六	配套工程				
6.1	挖土方	m ³	140370.98	19.5	273.72
6.2	回填土方	m ³	378696	12	454.44
6.3	节制闸	座	2	4,800	0.96

序号	工程内容	工程单位	工程量	单价(元)	工程造价(万元)
6.4	溢流堰	座	12	3,000	3.6
6.5	拦污栅	道	2	15,000	3
七	合计				3584.73

表 8.1-6 车章河和白塔河旁路系统工程量表

序号	工程内容	工程单位	工程量	单价(元)	工程造价(万元)
一	曝气塘系统工程				
1.1	太阳能水生态修复系统	台	4	350000	140
1.2	生态浮床工程	m ²	2880	60	17.28
二	表流湿地系统工程				
2.1	湿地水生植被系统构建工程	m ²	200,000	50	1000
三	兼性塘系统工程				
3.1	太阳能水生态修复系统	台	1	350,000	35
四	生态塘系统工程				
4.1	水生植被系统构建工程	m ²	1,920	60	11.52
4.2	底栖动物系统构建工程	m ²	6,400	35	22.4
五	景观工程				
5.1	休闲亭	座	1	60,000	6
5.2	亲水平台	座	2	40,000	8
5.3	木桥	座	2	12,000	2.4
5.4	休闲廊架	座	2	46,000	9.2
5.5	木质休闲平台	座	1	32,000	3.2
5.6	管护道路	m	994.8	649.4	64.60
5.7	景观苗木				60
5.7.1	云南樱花, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	300	344.86	10.35
5.7.2	滇朴, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	340	210.86	7.17
5.7.3	小叶榕, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	460	174.86	8.04
5.7.4	水杉, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	340	224.86	7.65
5.7.5	香樟, 乔木, Φ=5cm,H3-4m	株	484	351.56	17.02
5.7.6	慈竹, 竹类	株	7200	15.28	11.00
5.7.7	芦苇, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	139600	0.67	9.35
5.7.8	长苞香蒲, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	52400	2.04	10.69
5.7.9	菖蒲, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	58133.2	2.24	13.02
5.7.10	水葱, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	110400	0.67	7.40
5.7.11	旱伞竹, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	48400	1.24	6.00
5.7.12	再力花, 挺水植物, 株高 1.0-1.5m	丛	4800	21.42	10.28

序号	工程内容	工程单位	工程量	单价(元)	工程造价(万元)
5.7.13	睡莲, 浮叶植物	丛	6001.6	30.05	18.03
六	配套工程				
6.1	挖土方	m ³	28074.196	19.5	54.74
6.2	回填土方	m ³	75739.2	12	90.89
6.3	节制闸	座	2	4,800	0.96
6.4	溢流堰	座	3	3,000	0.9
6.5	拦污栅	道	1	15,000	1.5
七	合计				1664.59

8.1.2.2 地方政府主导的污染源治理工程

(1) 马龙县城管网补充及中水回用工程

依托现有污水处理厂,在原有排水管网的基础上,对县城排水管网进行补充,对庭院内的雨、污管道改造,对应接入市政道路上的雨水和污水管;雨水直接沿雨水管道排入河道中。同时在污水处理厂建设深度处理及提升设施和高位水池,配套中水回用管网,使70%的尾水回用于城市绿化,其余尾水排入河道。

管网补充工程项目需新建管道 31782m;其中新建污水管道 16348m,规格 DN300~DN500;新建雨水管道 15434m,规格 DN300~DN500;改建合流管道 1295m,规格为DN800。在污水处理厂建设深度处理及提升设施和1座高位水池,建设中水回用管道 9500m,规格 DN300~DN500。本项目直接工程费为 6500 万元,由地方政府承担。

(2) 集镇污水处理厂及配套管网工程

治理范围为王家庄集镇和月望镇,现有人口为 4385 人和 3412 人。通过项目的实施,实现雨污完全分流,污水收集率 90%,将原直接排入河道的污水收集并处理达到一级 A 标后,40%的尾水回用于城市绿化,其余尾水排入河道,有效削减进入河道的污染物质。

经论证,两镇排水系统采用不完全分流制,只设有污水排水系统,没有完整的雨水排放系统。污水通过排水系统,排入污水处理厂处理后排入水体。而雨水则沿现有雨水系统排泄到水体中。新建一座污水处理厂,设计处理规模为 500m³/d,采用复合生化(A/O+接触氧化)+离子纤维滤布滤池组合工艺,出水标准应按《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB/18918-2002)一级 A 标执行。项目建设投资为 3500 万元,其中王家庄为 2100 万元,月望镇为 1400 万元,由地方政府承担。

(3) 县城及集镇垃圾收集系统完善工程

按源头控污的思路，针对马龙县城通泉镇、王家庄和月望镇垃圾收集率低的问题开展垃圾收集系统完善工程建设，使生活垃圾收集率由现有的 50% 提升至 90%，提升县城及集镇人居环境，控制污染排放量，以保护车马碧水库水质。

对于居民生活垃圾采用小型垃圾清运勾臂车与移动垃圾箱相配套的方法进行垃圾收集，流程图见 7.1-8。工程量汇总详见表 8.1-7。

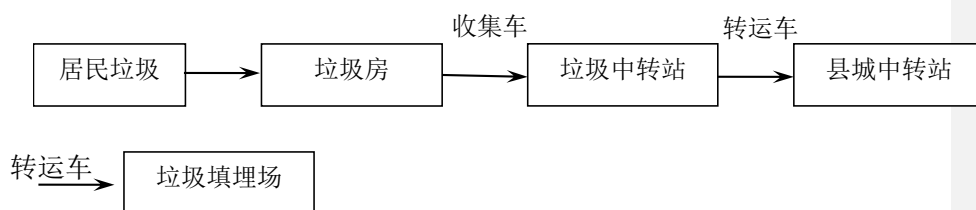


图 8.1-8 生活垃圾清运转流程图

表 8.1-7 工程量汇总表

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	地坑式垃圾转运设备	5.2t	套	3	成套设备
2	小型垃圾收集钩臂车	8t	辆	3	与地坑式垃圾转运设备配套
3	垃圾转运车	6.8t	辆	3	用于垃圾的装载
4	垃圾收集房	4.0×4×2.4, 单层	个	12	
5	垃圾中转站		座	3	

(4) 村落环境综合整治工程

对车马碧水库径流区范围的 328 个自然村开展村落整治。通过项目的实施，使农村生活垃圾清运率达到 100%，农村生活污水收集率 90% 以上，农村生活污水处理率 90% 以上。村落环境综合整治工程包括垃圾收集清运系统、农村生活污水设施设置和生态公厕建设工程。

垃圾收集清运系统根据自然村的规模大小，在各村内设置垃圾收集点，并在村委会所在村落设置垃圾收集房，配备相应的保洁人员和垃圾集中的小型运输工具，再通过集镇专用垃圾运输车对各个村的生活垃圾进行清运，清运至垃圾中转站，在转运站内，将收集来的垃圾直接投入集装箱内并压缩，待装满后由提升塔吊装上垃圾集装箱转运车，运往县城垃圾中转站，最后送至县城垃圾填埋场，进行卫生填埋。农村生活污水设施采用“氧化塘+快渗池”处理工艺，尾水稳定达

到一级 A 标，用于农田灌溉。

本项目对人口聚集处的居民粪便处置，拟采用以生物净化公厕为主的收集形式。本次设计的生物净化公厕为水冲式厕所，主要为 C 型 12 蹲位，配套建设化粪池，粪便污水以重力流的方式在化粪池中进行厌氧分解，处理后的废水可进入村中的排污系统，进入湿地进行处理，同时在化粪池上设取粪孔，鼓励农民取用作为农田用肥，以减少湿地的处理负荷。

(5) 规模化养殖治理工程

径流区规模化畜禽养殖场有 10 家，10 家规模化养殖场粪便处理方式主要是通过收集以后直接还田用做肥料，养殖场基本没有完善的处理设施，水污染严重，加强监管的同时，采取分散就地处理的方式进行治理，生产工艺如图 8.1-10。

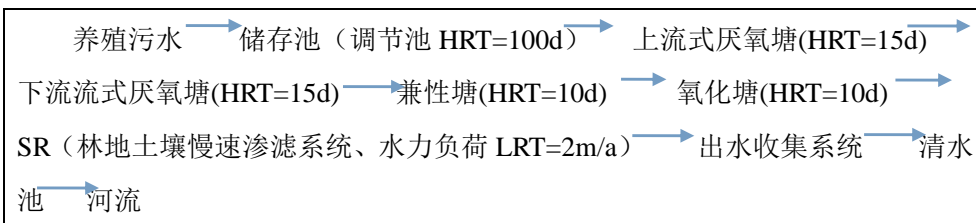


图 8.1-10 规模化畜禽养殖污染控制图

设计处理养殖业高浓度粪尿水 $85\text{m}^3/\text{d}$ ，出水水质控制在地面水 II~III；出水致病微生物下降 98%，重金属去除率 99%，达到饮用水水源区控制目标。设计参数如表 8.1-7 所示。

表 8.1-7 规模化养殖场设计参数

养殖规模 (头)	规模 (m^3/d)	多塘预处理系统面积 (亩)	SR林地慢速渗滤系统面积 (亩)	出水收集系统面积 (亩)	$\Phi 300$ 出水花管长度 (m)	多塘预处理系统土方量 (m^3)	SR林地慢速渗滤系统土方量 (m^3)	出水花管挖方、填方	储存池 (m^3)	清水池 (m^3)
猪 5000	25	0.78	6.85	0.29	1216	1110	219	584	1900	1900
猪 3000	15	0.468	4.11	0.174	729.6	666	131.4	350.4	1200	1200
猪 4000	20	0.624	5.48	0.232	972.8	888	175.2	467.2	1400	1400
猪 2000	10	0.312	2.74	0.116	486.4	444	87.6	233.6	700	700
猪 1000	5	0.156	1.37	0.058	243.2	222	43.8	116.8	500	500
猪 300	2	0.1	0.65	0.027	125	111	21.9	58.4	250	250

养殖规模(头)	规模(m ³ /d)	多塘预处理系统面积(亩)	SR林地慢速渗透系统面积(亩)	出水收集系统面积(亩)	Φ300出水花管长度(m)	多塘预处理系统土方量(m ³)	SR林地慢速渗透系统土方量(m ³)	出水花管挖方、填方	储存池(m ³)	清水池(m ³)
猪200	2	0.1	0.65	0.027	125	111	21.9	58.4	250	250
猪300	2	0.1	0.65	0.027	125	111	21.9	58.4	250	250
猪300	2	0.1	0.65	0.027	125	111	21.9	58.4	250	250
猪300	2	0.1	0.65	0.027	125	111	21.9	58.4	250	250

(6) 农田面源综合治理工程

本工程主要通过农业高效节水灌溉来有效削减源头减排量。

在车马碧水库 33.66 万亩农田中 30.3 万亩农田开展农业高效节水灌溉项目，使农业灌溉节水率达到 20%，化肥农药施用量减少率 50%，逐步建立完善有利于推动高效节水的运行管理机制，从而基本实现“早能灌、涝能排”和灌溉“少用水、高利用、低排放”，使农业生产条件明显改善，农业水肥利用率明显提高，农田排放水质明显好转。

工程内容主要包括建设过滤沉沙池、铺设主干管、安装射频 IC 卡灌溉供水计量管理系统、闸阀井、田间微喷灌设施、提水泵站、蓄水池、排水沟、管理房。与此同时建立用水总量控制的初始水权分配机制、节水农业的水价形成和激励约束机制、产权明晰的工程建设与运行管理机制、节水减排监控评价机制、节水减排合同管理机制、组建用水合作社。

工程投资为 75740 万元，由地方政府承担。

通过项目和地方政府的污染源治理方案的实施，可削减 COD、TN、TP 和 NH₃-N 分别为 1898.28 t/a、369.65 t/a、35.72 t/a、143.85t/a，工程实施后库区水质将达到供水目标的IV类水要求。

8.1.2.3 库底清理措施

为保证库底清洁、库水水质和库周人群健康，必须严格按《水利水电工程水库库底清理设计规范》(SL644-2014)等相关规范要求清库。在清库前制定详细的清库方案，清库完成后蓄水前报请验收，确保符合规范要求。从保护库区的水质角度，则重点需做好库底卫生清理和林木清理。

① 水库库底卫生清理，范围为居民迁移线以下(不含影响区)，清理对象

包括所有可能对水体污染的固体、液体废弃物，可分为常规（一般）污染源、传染性污染源、生物类污染源、一般固体废物、危险废物等；

② 水库的林木清理，范围为正常蓄水位以下，清理对象为园地、林地中的各类林木、零星树木及其残余的易漂浮物；

③ 水库建（构）筑物的清理，范围为居民迁移线以下，清理对象为建构（构）筑物和易漂浮物，以及清理范围内大体积建筑物和构筑物残留体。

根据本阶段库底清理的初步规划，车马碧水库工程库区共需清理建（构）筑物 16370.67m²、清理林地 2853.5 亩、清理园地 501.28 亩、清理迹地 7.37km²、清理零星林木 50395 株、清理粪池 509 处、清理畜牧栏 12323.51m²、清理坟墓 174 冢、清理易漂浮物 7.84km²、灭鼠 507 户。此部分投资计入移民安置费用中。

8.1.2.4 受水区水环境保护措施

（1）节水措施

① 工业节水

工业节水在地区上不仅应考虑与农业节水、城市化发展相协调，按水资源供需平衡的原则实行业用水总量控制，而且应与水环境的治理、改善和保护的要求相配合，同时考虑工业自身的产业结构调整、技术水平升级以及产品的更新换代。节水重点是用水大户和污染大户。应按节水标准规划由点到面，逐步推进；加强节水目标规划管理和协调，工业用水总量增长率应做到逐步降低，考虑到马龙河流域和受水区曲靖灌区的工业经济规模还处于快速发展阶段，因此预计要到 2050 水平年才能逐渐实现零增长。基本对策如下：

一是控制生产布局，促进产业结构调整，严格限制高耗水型工业项目建设，尽快形成节水型经济结构；

二是拟定行业用水定额和节水标准，对企业的用水进行目标管理和考核，促进企业技术升级、工艺改革，设备更新，逐步淘汰耗水大、技术落后的工艺设备，工业用水重复率低于 40% 的城市，达标前不得新增工业用水量，并限制新建供水工程项目；

三是推进清洁生产战略，加快污水资源化步伐，促进污水、废水处理回用。采用新型设备和新型材料，提高循环用水浓缩指标，减少取水量；

四是强化企业内部用水管理和建立完善三级计量体系，加强各行业、产品种类的用水定额管理，改进不合理用水因素；加快节水技术、设备、器具及污水处理设备的研究开发，重点节水技术研究开发应列入省重点技术创新计划和科技重

点攻关计划。

此外，建立和实施工业项目用水、节水评估和审核制度，开展工业节水专项研究，修订工业用水定额。应建立工业节水激励和奖惩措施，通过财政补助、减免事业性收费、水资源费、超量加价水费提取一定比例资金，用于节水技术推广、示范、技术改造等。

② 农业节水

农业节水发展应与农业产业结构调整、农村地区小城镇建设以及生态建设相协调；依据水资源条件，按不同水平年分地区实行用水的总量控制。重点是灌区的节水改造，按节水目标规划发展，同时加强节水目标规划的管理和协调。基本对策如下：

一是以节水增产为目标对灌区进行技术改造；

二是因地制宜加快发展各种节水灌溉工程；

三是合理调整农业种植结构，大力发展高产高效优质的经济作物，走节水农业的路子。加强灌区用水管理，结合灌区管理改革，引入市场机制；

四是建立健全各类灌区的管理机构和管理制度，加强用水定额管理，推广管灌、喷灌、微灌等农业灌溉节水技术，完善节水灌溉管理制度，建立节水管理信息系统；

五是建立和完善以取水许可制度和水资源有偿使用制度为核心的，包括水资源论证、用水总量控制与定额管理、三同时四到位、节水产品认证等在内的水资源和节水管理制度体系；平田整地开展田间工程改造；大力推广节水农业技术；积极发展节水综合技术等。

应把减少渠道输水损失与减少田间灌水损失相结合，先进节水技术与常规节水技术相结合，工程节水措施与管理节水措施相结合，水利节水措施与农艺节水措施相结合，农民节水积极性与政府宏观扶持引导相结合。同时农业节水灌溉要与农村家庭联产承包责任制相适应，并注意改善生产条件与改善生态环境相结合，开展农业面源污染防治工作。开展有关农业、工程、管理节水新技术的专题研究。

（2）治理措施

① 工业退水

1) 旧县、马过河工业园区

根据《马龙县工业园区总体规划修编》（2012年），旧县工业园区北起长坡岭昆沾铁路，东至马澄公路，南到曹家房至高堡屯村一线，西至马阴山，占地面

积 4000hm²。以建材产业为主，物流产业为辅，实行“控制总量、调整结构、上大放小，限制、淘汰、改造、提高”的发展方针，推进适用新技术，加强资源综合利用，积极开发新型建筑、墙体材料。马过河工业园区位于高峰机械厂的旧厂址，园区的环境优美，交通便利，周边无污染源，占地面积 200hm²。规划充分整合马龙县县域资源。近期重点发展生物资源加工产业。

旧县建材片区、马过河生物资源加工片区共建一座污水处理厂，规模为 10 万 m³/d，占地 9hm²。根据《马龙县工业园区总体规划修编》中的要求，规划区内污水不得直接排入河道，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 标准后方可排入河道。污水经过本区域的污水管道汇集后，流至污水处理厂集中处理。污水提升泵站待城市用地竖向规划确定后，在污水管网设计阶段根据管道埋深确定。但根据《云南省牛栏江保护条例》(2012 年)，旧县、马过河工业园区位于牛栏江上游保护区中重点污染控制区，园区工业废水需实现零排放，故旧县、马过河工业园区工业废水最终的处理方案是经污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)标准中的一级 A 标准后回用，不外排。

2) 西城工业园区

根据《曲靖西城工业园区总体规划》，曲靖西城工业园区选择有色金属综合利用及深加工产业、机电产业、新型建材产业、生物技术产业、其它产业和物流产业五个主导产业。至 2020 年，工业区规划控制面积约 2038 hm²，其中工业用地 1085 hm²。

西城工业园区采取的水环境控制措施主要包括：

A 入园企业应建立生产废水处理循环回用系统，并应建立污水综合处理站，达到《污水综合排放标准》(GB8978—1996)一级排放标准后排放。

B 进入园区的企业应当采用原材料利用效率高、污染物排放量少的清洁生产工艺，并加强管理，减少水污染的产生。

C 各单位不得向区内水体排放污水，倾倒工业废渣、城市垃圾和其他废弃物；禁止向水体排放油渍、酸液、碱液或者剧毒废液；禁止在水体清洁装贮过油类或有毒污染的车辆和容器。

D 排放含病原体的污水，必须经过消毒处理，符合国家有关标准后排放。

② 农业回归水

农业回归水分散排放到南盘江中，可能会给南盘江水质带来不利影响。由于

农灌退水较分散,不易收集集中处理,为减少农灌退水对白石江及南盘江的影响,应合理灌溉时间,灌溉高峰期应合理控制农药、化肥的施用量,进一步降低农灌退水的影响。

③ 水源置换后的城镇生活用水退水

本工程实施后,置换出西河水库、潇湘水库和莲花田水库共计 3905 万 m^3 的水量用于曲靖市麒麟区及曲靖市陆良县的城镇生活用水,生活用水退水全部进入相应污水处理厂进行处理后达标排放,设计水平年各污水处理厂规模均可以满足相应城区产生生活污水退水的需求,不存在污水处理缺口。根据曲靖市城市规划,到设计水平年,曲靖市主城区及陆良县的生活用水退水治理措施主要包括:

A 将曲靖市中心城区麒麟区和陆良县城的排水系统改造为雨污分流制。对已建成的雨污合流系统,应随着城市的改造和资金的投入,逐渐改为雨污分流系统,个别难以改造的地区可将雨污合流系统改造成截流式合流系统,旱季将污水全部送入污水处理厂,雨季将混合污水送入污水处理厂处理,其超出部分通过溢流井直接排入水体,至 2030 年应形成完整的雨污分流制。

B 至 2030 年曲靖市共设置污水处理厂 6 座。其中曲靖市第二污水处理厂和陆良县城镇污水处理厂负责本工程置换水源产生的城镇生活用水退水的处理。两污水处理厂均采用二级处理工艺,处理后出水满足《污水综合排放标准》(GB8978—1996)一级排放标准后排放。

C 加强中水回用设施建设。至 2030 年,曲靖市主城区麒麟区的中水回用率达到 80%,规划建成两江口再生水厂、西城再生水厂两座再生水厂。中水管网及设施与供水管网规划同等考虑。

8.1.3 生态流量泄放措施及在线监测设施

(1) 车马碧水库生态流量泄放措施

①截流期

截流前通过原河道泄水,主河道截流期,蓄水至导流泄洪隧洞进口高程需 42h。截流期采取抽水泵抽水的方式解决生态流量问题,抽水流量为 $0.687m^3/s$ 。

②初期蓄水

车马碧水库初期下闸蓄水时间定为第 4 年 5 月,主体工程设计在导流泄洪隧洞内设置了生态输水钢管下泄生态流量,导流隧洞与泄洪隧洞全结合,隧洞不封堵,水库初期蓄水期间通过生态输水管下泄生态流量,能保证初期蓄水期全过程

生态流量的下放。

③运行期

水库运行期主要通过导流泄洪隧洞内的生态输水钢管下泄生态流量。生态灌溉输水钢管进水口底板高程 1899.39m，钢管管径为 $\Phi 670\text{mm}$ ，在水库位于死水位时可以下泄不小于 $2.24\text{m}^3/\text{s}$ 的流量，满足生态流量的要求。生态灌溉输水钢管进口设在事故检修门后、弧形工作门前隧洞的侧墙上，中间沿隧洞底板埋设，在出口明渠（里程 0+490.00m）处抬升并转出明渠边墙，沿消力池边墙延伸至马龙河河道。生态灌溉输水管进口设有闸门，管内安装一台流量计，通过闸门控制下泄流量。

车马碧鱼道设计流量 $0.27\text{m}^3/\text{s}$ ，根据库区水位不同鱼道流量也会变化。鱼道内设置一个流量计，在鱼道正常运行时，监测通过鱼道下泄的流量，同时控制生态灌溉输水管的下泄流量，使二者之和满足当月生态流量下泄的要求。

(2) 石仙人拦河坝生态流量泄放保障措施

石仙人拦河坝处生态流量通过生态鱼道和生态流量泄放管共同下泄。其中，通过生态鱼道常年下泄 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ ；在设计最小下泄流量大于 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 的月份，通过两个并排的生态流量泄放管下泄剩余流量。生态流量泄放管布置在右岸，鱼道同侧，每个泄放管均由喇叭形进口、直线段 1、闸阀、直线段 2 组成，工程量及投资估算见表 8.1-8。直线段管径为 $\Phi 550\text{mm}$ ，在上下游水头差大于 1.1m 时，两管共下泄流量不小于 $1.313\text{m}^3/\text{s}$ 。泄放管的两段钢管由蝶阀连接，从拦河坝坝顶控制蝶阀开启或关闭，蝶阀用混凝土砌筑保护，加锁由指定管理员负责维护管理。

表 8.1-8 石仙人拦河坝生态流量泄放管工程量及投资估算表

项目	数量	单位	系数	工程量	综合单价（元）	合计（万元）
土方开挖	38.27	m^3	1.1	42	20	0.08
石方开挖	153.09	m^3	1.1	168	55	0.93
浆砌石	95.68	m^3	1.1	105	330	3.47
混凝土回填及蝶阀防护	103.68	m^3	1.1	114	400	4.56
钢管重量	5.01	t	1.05	5.261	12000	6.31
蝶阀	2	个	1	2	10000	2.00
钢筋	0.2	t	1.05	0.21	5000	0.11
灌浆	49.4	m	1.1	54	380	2.06
合计	/	/	/	/	/	19.53

(3) 生态流量在线监测设施

为监控运行期河道生态需水量下泄，在车马碧水库大坝消力池下游 100m、

以及石仙人拦河坝鱼道进口下游 50m 处，分别布置一个河道生态需水量在线监控装置，并与相关监管部门联网，以加强对工程生态需水量下泄的监管。初拟采用河道生态需水量监测系统——超声波流量计进行在线监测。

8.1.4 低温水减缓措施

根据 5.2.3 节分析，单层取水方案，各典型年升温期均存在不同程度的低温水影响，以平水年为例，3~7 月份，下泄水温分别比坝址处天然水温低了 0.9℃、2.1℃、4.7℃、6.2℃、6.2℃，对下游生态和灌溉用水有明显影响。

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。除 3~7 月采用分层取水改善下泄低温水的影响外，其他月份可不采用分层取水。根据水库运行调度结果，以及引水隧洞的最小淹没水深 1.5m 的要求，本阶段初步拟定的各取水口分层取水方案为：

① 为保证坝址下游 0.25 万亩农田的灌溉用水及坝下河道的生态流量，在泄洪放空隧洞内设置生态灌溉输水钢管，进口设在弧形工作门后隧洞竖井的右侧墙上。坝前竖井生态、灌溉取水采取分层取水方式，共设置 2 层，取水口底板高程分别为 1924.50m、1913.80m；取水口前设悬挂式拦污栅，拦污栅尺寸为 2.2m×2.2m；两个取水口共用一道 1.5m×1.5m 的平板取水闸门。

② 库中长距离输水隧洞采用 2 层分层取水，取水口底板高程分别为 1911.50m、1924.50m。取水口前设 2.4m×3.5m 的拦污栅，为方便高水位时隧洞检修，两个取水口各设置一道 1.8m×1.8m 的平板检修闸门。

各典型年 3~7 月份根据水库运行水位选用适当的取水口取水，当水库运行水位在 1926m~1938.5m，选用上层取水口取水；当水库运行水位在 1926m 以下时，选择下层取水口取水。

根据 5.3.2 节分析，各典型水文年车马碧水库采用分层取水方案后，下泄低温水现象得到了有效缓解。

平水年单层取水方案，6 月份水库下泄水温为 11.0℃，比坝址处天然水温低了 6.2℃，采用分层取水后，由于取水口抬高，下泄水温升高到 17.7℃，比坝址处天然水温高了 0.5℃，下泄水温改善了 6.7℃；丰水年和枯水年采用分层取水口后，水库下泄低温水也得到明显的改善，丰水年 6 月水库下泄水温由 10.9℃提高到 17.7℃，改善了 6.8℃；枯水年 6 月份下泄水温由 11.9℃提高到 16.7℃，改善了 4.8℃。其他月份水库下泄低温水也得到不同程度的改善。

库中取水口，采用分层取水口，低温水也得到明显改善。

8.2 陆生生态保护措施

8.2.1 生态影响的防护

8.2.1.1 生态保护的宣传

建设单位在工程施工期需认真做好生态保护的宣传和监督工作，如印发宣传册、制作宣传栏、定期开展宣传活动等。绝不能超计划占用林地、耕地及其他用地；施工过程中，注意加强对施工人员的管理和宣传教育，提高他们保护环境、保护野生动物的意识和觉悟，严令禁止偷猎和捕杀野生动物，禁止乱砍滥伐，做到文明施工。施工期间若遇到野生动物，应注意对其即刻采取适当的保护措施，必要时进行临时人工饲养或上报上级部门处理，不使其受到捕杀和伤害等在内的各种威胁。

8.2.1.2 生态影响的避让和减缓

施工产生的生态影响可通过以下一些具体的措施使之得到部分甚至全部避免：

(1) 严格按照施工设计占地，不增加新的占地，减小植被受影响面积。严禁施工人员和器械超出施工区域对工地周边的植被、植物物种造成破坏。

(2) 施工过程中注意对动、植物的保护，不砍伐林木搭建工棚。施工期间，严格执行国家有关野生动物保护的法规，使它们能够在各自分布区内满足食物、水、隐蔽等基本要求，尽量减少人为干扰，做到不捕杀鸟、不毒杀鸟、不捡拾鸟卵，保护幼鸟，同时禁止猎捕、套捕和毒杀其它动物。施工区内的乔、灌木植物，在施工前可先掘起并临时移植到它处，最后再返回补植到临时占地区。临时占地中的乔木、灌木等植物，如不影响正常施工，应保留，并采取标示、网罩等形式保护之，使之在施工后能继续存活。

(3) 施工过程中应极力避免将污染物如油污、垃圾等排放入水体。

(4) 进行表土剥离。在开挖过程中，保留被破坏植被区域的表层土壤，用于临时性占地植被恢复，只要有肥沃的本地土壤，本地的植被可以较快地自然恢复。

(5) 施工结束后，应督促施工单位及时拆除临时建筑物，妥善处理建筑和

生活垃圾，清理和平整场地，对裸露的地面必须及时采取人工辅助措施恢复植被覆盖。

(6) 施工过程中部分因占地和工程建设本身而产生的生态影响，若不能完全避免时，则应尽可能削减。对于施工渣场占地，应本着节约用地的原则，尽可能少占地，不得已占地时，则应考虑到日后生态恢复时的平整土地要求等。

(7) 水库建成投入运行后，要加强野生动物的保护管理。保护鸟类的生存环境、取食区域、繁殖条件、迁徙通道等，是保护鸟类的重要工作。消除对鸟类的不利因素，加强对工作人员环境保护意识的教育。

8.2.1.3 生态管理

实施生态管理，目的在于在对工程项目的生态影响进行系统和科学的评价基础上，应用生态优化准则，做出使生态负面影响减少到最小的施工和运营管理选择。生态管理的目标是通过实施有效的管理、协调和监督，尽可能减少施工过程中产生的环境过度破坏的现象，以及尽可能避免会导致产生生态负面影响的工程行为的发生。

8.2.2 生态影响的恢复

根据工程施工进度，施工期和施工结束后，对部分永久占地和全部临时占地及时进行植被恢复、绿化美化或复耕，恢复生态，具体措施与水土保持植物措施一致，详见“8.5 水土保持措施”。

8.2.3 生态影响的补偿

工程区永久占地受损害的自然植被主要是云南松林，自然植被的损害是不可恢复的，建设单位应按照国家 and 地方相应的标准缴纳森林植被恢复费，用于森林和灌丛植被的恢复。此外，还应缴纳建设征地区补偿费、土地复垦费、耕地开垦费、耕地占用税、水土流失补偿费等。

8.3 水生生态保护措施

8.3.1 保护目标与主要保护对象

车马碧工程水生生态保护目标为：维护马龙河水生生物多样性和长期保持一定的鱼类种群规模。主要保护对象为滇池金线鲃以及受工程影响较大的云南光唇

鱼、云南盘鮡、前鳍高原鳅等土著鱼类。

8.3.2 本工程的水生生物及鱼类措施保护体系

车马碧工程施工期和运行期主要保护对象为滇池金线鲃、云南光唇鱼、云南盘鮡、前鳍高原鳅等土著鱼类，结合鱼类的生物学及生态学特性，提出了栖息地保护、增殖放流、过鱼设施、科学研究、渔政管理、长期监测等措施，以此形成鱼类保护措施体系（见表 8.3-1）。

表 8.3-1 车马碧水库鱼类保护措施体系

	序号	措施名称	保护对象	主要作用
施 工 期	1	宣传、管理	施工江段鱼类	减轻水库建设期间机械作业、建筑物料清洗、坑基排水、施工人员人为破坏等因素对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响。
	2	水质保护		
运 行 期	1	栖息地支流保护	主要保护对象为滇池金线鲃和受工程影响较大的云南光唇鱼、云南盘鮡和前期高原鳅等鱼类	为受影响鱼类提供一定的替代生境，使鱼类在其内可以完成产卵、育幼等生活史过程。
	2	鱼道		减轻阻隔影响，促进鱼类种群基因交流。
	3	增殖放流		通过补充鱼类种群数量，恢复鱼类资源。
	4	科研（滇池金线鲃栖息生境保护研究；前鳍高原鳅人工繁殖与苗种培育技术研究等）		研究鱼类栖息生境特点、生态学、生物学和人工繁殖等，为鱼类栖息生境保护、过鱼设施建设和运行、增殖放流提供技术支持。
	5	水生态系统长期监测	车马碧库区及栖息地保护河段水生态系统健康	对库区及栖息地保护河段水质、浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生植物、鱼类种群变化趋势进行长期跟踪监测，掌握大坝建设对水生态系统的影响，对藻类水华等水生态异常事件提前预警。
	6	加强管理：对保留栖息地的干流河段和支流实行全年禁渔；加强水质保护；加强渔政管理，禁止毒鱼、电鱼等滥捕酷捕行为	工程影响河段鱼类资源	加强管理，保护鱼类资源及鱼类重要栖息生境

8.3.3 施工期保护措施

车马碧水库工程施工时，各种机械在水中作业，声、光、电等物理因素对施

工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响；建设期进行建筑材料的清洗和基坑排水会造成坝址局部河段水体混浊，透明度下降，水质下降，对鱼类，特别是仔幼鱼的栖息不利。因此提出以下管理措施

1) 加强施工人员鱼类保护宣传

在工程建设期间应对入驻的施工人员进行鱼类保护的宣传，避免鱼类资源的人为破坏和损失。

2) 水质保护

加强工程区域的环境管理，严格控制和避免新的污染源产生，防止水库大坝建设期间水质污染对鱼类区系、资源量造成不利影响。

8.3.4 运行期保护措施

8.3.4.1 栖息地保护措施

栖息地保护是重要的鱼类保护措施之一，尤其是在本工程中，受水文情势改变影响，云南光唇鱼、云南盘鮡、前期高原鳅等流水性鱼类受影响较大。

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、云南盘鮡、前鳍高原鳅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。

(1) 干、支流现状

马龙河发源于马龙县月望乡松溪坡村一带山脉，主河道全长 103km，其中马龙境内长 80km，发源地海拔 2400m，下游汇流河口海拔 1866m，平均比降 2.0‰，径流面积 1005km²，多年平均径流量 3.74 亿 m³。在车马碧水库回水末端现场调查到鱼类 10 种，分别为马口鱼、麦穗鱼、棒花鱼、高体鳊、云南光唇鱼、鲫、鲤、前鳍高原鳅、泥鳅、鲃。车马碧水库回水末端浮游植物生物量为 0.214 mg/L，浮游动物生物量为 0.0252 mg/L，底栖动物生物量为 15.6g/m²。

白塔河是马龙河左岸的一级支流，发源于磨盘山东麓，水流从源头进入四旗田水库（小一型水库）后汇入马龙河。白塔河控制径流面积 43.9km²，主河长 19.5km，流域平均坡降为 17.1‰。在支流白塔河现场调查到鱼类 2 种，分别为国家 II 级保护鱼类滇池金线鲃和麦穗鱼。白塔河浮游植物生物量为 0.0444 mg/L，

浮游动物生物量为 0.0296 mg/L，底栖动物生物量为 14.8 g/m²。

车章河发源于马过河镇，河源海拔高程约 2100m，河长 20.9km，河道平均比降 8.5%，径流面积 42.7km²。车章河中游段建有五里箐小（一）型水库。车章河现场调查到高体鳊、棒花鱼、鲫、前鳍高原鳅、泥鳅共 5 种鱼类。车章河浮游植物生物量为 0.2953 mg/L，浮游动物生物量为 0.1665 mg/L，底栖动物生物量为 4.9 g/m²。

红桥河发源于马龙县旧县镇己沃梁子，河源海拔高程 2120m，河长 35.9km，河道平均比降 3.7%，径流面积 192km²。红桥河上现建有小（2）型麻地冲水库，位于上中河村附近，坝址在汇口以上 3.8km。红桥河现场调查到高体鳊、鲫、泥鳅、中华青鳉共 4 种鱼类。红桥河浮游植物生物量为 0.2452 mg/L，浮游动物生物量为 0.3186 mg/L，底栖动物生物量为 10.7 g/m²。

莫浪河发源于马龙县上官坝村，河源海拔高程约 2130m，河长 23.3km，河道平均比降 11%，径流面积 51.9km²。在水生生态调查期间，莫浪河没有调查到渔获物。莫浪河浮游植物生物量为 0.2037mg/L，浮游动物生物量为 0.0832mg/L，底栖动物生物量为 10.2g/m²。

（2）干支流栖息地保护河段选择

①干流

根据水生生态影响预测结果，在车马碧水库建成后，车马碧水库回水20.95km，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在库尾以上具流水生境的河段分布较多。根据现场水生生态调查，车马碧水库回水末端共调查到鱼类10种，约占马龙河土著鱼类种类的45.5%，鱼类种类较丰富。因此可将车马碧水库回水末端部分河段作为鱼类栖息地保护河段，供鱼类产卵、繁殖和越冬。

②支流

在车马碧工程影响河段，较大汇入支流有车章河、白塔河、红桥河和莫浪河，其中车章河和白塔河为入库支流，红桥河和莫浪河为坝下汇入支流。

从四条支流的渔获物调查结果来看，莫浪河无渔获物；车章河调查到鱼类5种，分别为高体鳊、棒花鱼、鲫、前鳍高原鳅和泥鳅；白塔河调查到鱼类2种，分别为麦穗鱼和滇池金线鲃；红桥河调查到鱼类4种，分别为高体鳊、鲫、泥鳅和中华青鳉。车章河调查到的鱼类最多，白塔河有国家Ⅱ级保护鱼类滇池金线

鲃分布。从支流鱼类饵料生物（水生生物资源量）来看，白塔河底栖动物生物量最高，红桥河浮游动物生物量最高，车章河浮游植物生物量最高。

综合以上四条支流情况，车章河、白塔河、红桥河相比莫浪河鱼类要多，都具有一定的鱼类饵料生物资源量可供鱼类摄食。四条支流中，除白塔河外其余支流分布的鱼类多为棒花鱼、麦穗鱼、马口鱼等小型鱼类，受工程影响相对较小，而白塔河中所分布的滇池金线鲃为国家Ⅱ级保护鱼类，滇池金线鲃生存和繁殖对生境要求较高，考虑上述因素拟将白塔河作为本工程支流栖息地保护河段，以保护滇池金线鲃栖息生境。

（3）栖息地保护措施

1) 保护范围

①干流

在车马碧回水末端上游有一土官寨村，干流栖息地保护范围选为土官寨村上游5.5km范围内的马龙河干流。栖息地保护范围见图8.3-1。



图8.3-1 马龙河干流栖息地保护河段示意图

②支流

白塔河支流栖息地保护范围为支流汇口至四旗田水库坝址16km的河段。支流白塔河栖息地保护河段范围见图8.3-2。



图8.3-2 (1) 支流白塔河生境现状



图8.3-2 (2) 支流白塔河栖息地保护河段示意图

2) 保护目标

将土官寨村上游5.5km范围内的马龙河干流作为干流栖息地保护河段，为受影响鱼类和增殖放流鱼类提供繁殖、育幼和越冬场所，使受影响鱼类维持一定的种群规模。

将支流白塔河作为栖息地保护河段，作为马龙河部分替代生境进行保护，为受影响鱼类提供部分繁殖、育幼场所，同时鱼类可到库区进行越冬。主要目的是对滇池金线鲃的繁殖和育幼等重要栖息生境进行保护，同时也为其它鱼类提供栖息场所。

3) 保护措施

结合干流河支流白塔河现状和受人为活动的影响程度，其保护措施应以管理措施为主。

①白塔河河道清理和连通性恢复

在对白塔河实地踏勘过程中，发现白塔河河道中有少量漂浮垃圾，在滇池金线鲃捕捞点的上游建有如下图的小坝，若将白塔河列为栖息地保护河流后，小坝将影响河道的连通性和鱼类的迁徙。



图8.3-3 支流白塔河所建小坝现状图

根据白塔河现状和鱼类对生境的需求，建议将白塔河列为栖息地保护河流后，对白塔河河道进行清理，同时建设过鱼措施。

过鱼措施可选择管道式鱼道，可参照日本 Kii River 上滚水坝所建的管道鱼道（见图 8.3-4 和图 8.3-5），该鱼道安装简易，工程量小，对周边环境影响较小且具有一定的过鱼效果。



图 8.3-4 Kii River 滚水坝所建管道式鱼道（引自日本 Kii River）



图 8.3-5 Kii River 滚水坝管道式鱼道鱼类通过效果（引自日本 Kii River）

②水质保护和管理

马龙河干流和支流白塔河的现状水质为Ⅲ类水体，在本工程运行期应禁止任何废污水向栖息地河流内排放并加强管理，为水生生物生存创造良好的环境。

③加强渔政管理

建立栖息地后,应加强对栖息地的渔政管理,应禁止在该区域进行渔业捕捞,特别是要禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为,禁止任何破坏河道及沿岸带生境的行为。

④进行长期维护和巡视

建立栖息地后,应形成长期、有效的维护和巡视制度,加强对该干支流的巡视和维护,及时发现栖息地内可能与阻塞、损坏的河段并加以维护。

(4) 科研和监测

开展滇池金线鲃栖息生境保护研究,对滇池金线鲃栖息生境的水体形态特征、水文条件、水质条件等进行研究。

建立栖息地后,应对支流栖息地保护河段进行长期的水质、鱼类和水生生物、重要生境等生态环境监测,为栖息地及鱼类保护提供数据依据。

8.3.4.2 过鱼设施

本工程影响河段内的土著种类中,无长距离洄游鱼类,无产漂流性卵鱼类,因此本工程建设对鱼类的阻隔影响主要表现为阻碍大坝上、下鱼类种群间的基因交流,将导致坝上、坝下鱼类种群间产生遗传分化甚至丧失遗传多样性。因此,建议本工程建设过鱼设施,主要用于帮助鱼类上下迁徙,使大坝上、下种群之间可以进行基因交流,减缓工程阻隔对鱼类的不利影响。

(1) 过鱼对象

原则上空间迁徙受工程影响的所有鱼类都应是本工程的过鱼对象。根据本工程影响区鱼类资源现状,建议将云南光唇鱼、云南盘鮈和前鳍高原鳅资源量较多的鱼类作为主要过鱼对象,其它土著种类作为兼顾过鱼对象。

(2) 过鱼季节

过鱼季节主要选择在鱼类繁殖期,根据本工程过鱼对象的繁殖时间,将主要过鱼季节定为4~8月。

(3) 过鱼设施方案选择

1) 过鱼设施方案比选

结合本工程特性、布置和现有过鱼设施适用性选取适宜的过鱼设施。车马碧水库最大坝高52.0m,坝顶高程1943.2m,正常蓄水位1938.5m,下泄最小生态流量 $0.69\text{m}^3/\text{s}$ 时,坝下河道水位为1893.6m,大坝上下水位差为44.9m。参考国外和

国内已建过鱼设施情况，鱼道一般用于中低水头大坝，升鱼机一般应用于高坝，集运鱼系统（本工程采用坝下固定集鱼平台集鱼）一般应用在上下游水位差超过60m的大坝。

参考国内外大坝已建的过鱼设施类型，首先将鱼道作为本工程过鱼设施方案之一；本工程集运鱼系统方案是在坝下建设固定集鱼平台进行集鱼，其布置对周边其它建（构）筑物的影响较小，所以也将其作为过鱼设施方案之一；另外，本工程不属于高坝，升鱼机暂不考虑，所以本工程拟对鱼道和集运鱼系统两种过鱼设施方案进行比选，以选出合适的过鱼设施。

①鱼道

鱼道通常是通过设置隔板将上下游水位差分为若干级，利用消能减速以及控制水流流量等措施来创造适合于鱼类上溯的流态，一般应用于中低水头的大坝，我国修建的过鱼设施中鱼道应用较多。

鱼道的优点在于不需要人工操作，可持续过鱼，因此运行费用低。缺点是坝体较高时，鱼道设计长度一般较长，造价高，并且鱼类在鱼道中上溯需要消耗很大能量，因此需建比较多的休息池或改善鱼道池室内流态和流速，以便鱼类恢复和能够继续上溯。

本工程河段内鱼类体型一般较小，鱼类极限流速较低，鱼道设计流速不能太大，所以鱼道底坡取0.015，据此计算出鱼道有效长度值为2961.75m。参考大坝布置，鱼道布置于河流左岸，鱼道进口布置于泄洪放空隧洞下游位置，坝下左岸布置有生产区、生活区和1#渣场，若布置鱼道会对工程布置有影响。

A、设计参数

车马碧水库最大坝高52.0m，坝顶高程1943.2m，正常蓄水位1938.5m，下泄最小生态流量 $0.69\text{m}^3/\text{s}$ 时，坝下河道水位为1893.6m，大坝上下水位差为44.9m。考虑到鱼类生态习性和可通过性，暂采用垂直竖缝式鱼道。

a、鱼类极限流速

因没有进行鱼类游泳能力试验，利用公式： $v=1.98\sqrt{L}$ （m/s），对鱼类的极限流速进行估算。

根据渔获物结果，不同调查点中主要过鱼对象云南光唇鱼的平均体长在18.2~20.1cm，云南盘鮡的平均体长在3.7~5.6cm，前鳍高原鳅的平均体长在3.6cm；根据文献资料记载，云南盘鮡体长在6.0~13.0cm之间。综合考虑实际所过鱼对象的大小，鱼类体长（L）取10cm，则鱼类极限流速为0.6m/s。

b、隔板水位差 Δh

隔板水位差按公式： $\Delta h = \frac{v^2}{2g\psi^2}$ 进行计算。

其中，鱼道设计流速 v 取0.6 m/s，重力加速度 g 取9.8m/s²，隔板流速系数取 ψ 0.85，则 Δh 为0.025m。

c、鱼道池室净宽和净长

鱼道净宽取1m；池室净长 l 取池室净宽的1.5倍，取值为1.5m。

d、鱼道底坡

鱼道底坡可按公式： $I = \frac{\Delta h}{l+d}$ 进行计算。

其中，隔板厚度 d 取0.15m，池室净长 l 取1.5m，则鱼道底坡 I 为0.015。

e、鱼道池室数量

鱼道池室数量可按公式： $n = \frac{H}{\Delta h} - 1$ 进行计算。

其中，鱼道最大设计水位差 H 取44.9m，则鱼道池室数量 n 为1795个。

f、鱼道内流量

垂直竖缝式鱼道内流量可按公式： $Q = \frac{2}{3}\mu s h_0^{3/2} \sqrt{2g}$ 进行计算。

其中，池室内下游水深 h_0 取1.5m，竖缝宽 s 取0.2m，流量系数 μ 取0.25，则鱼道内流量 Q 为0.27m³/s。

g、鱼道有效长度

鱼道有效长度可按公式： $L = n(1+d) + m(\Delta l + d)$ 进行计算。

其中，考虑到鱼道里水流流速较小，暂不设休息池；则鱼道有效长度为2961.75m。

B、设施布置

鱼道进口应布置在坝下水流平稳、有鱼类集聚的地方，参考大坝布置，鱼道布置于河流左岸，鱼道进口布置于导流泄洪隧洞下游约50m位置。坝下左岸布置有生产区、生活区和1#渣场，若布置鱼道会对工程布置有影响。

a、鱼道进口设置

以月均、年均的多年平均下泄流量为例，在4月~8月，坝下河道流量在0.72~7.82m³/s之间，则坝下水位在1893.6m~1894.2m之间，水位变幅为0.6m，设置一个鱼道进口即可，鱼道底板高程为1892.6m。

b、鱼道出口设置

根据车马碧水库2030年月末库水位预测结果，考察从1954~2014年60年长序

列中车马碧水库在4~8月最大水位变幅差值,见图8.3-6(1),该差值在3.81~21.22m间变化,其中库区水位变幅小于8m的有28年(占46.7%),小于9m的有40年(占66.7%),小于10m的有45年(占75.0%)。对1954~2014年60年长序列中车马碧水库在4~8月的各水位出现的频率进行统计,其中水位大于或等于1928.5m出现的总的概率为78%(见图8.3-6(2))。

鱼道出口设置应适应库区水位变化。水库正常蓄水位为1938.5m,死水位为1915.3m,水位差为23.2m,未设汛限水位;在过鱼季节的库区水位变幅出现的最大值为21.22m;若按23.2m或21.22m的水位变幅差来设置鱼道出口,则所需鱼道出口较多。综合考虑,在过鱼季节,鱼类上溯一般集中在某些时间段,鱼道不一定需要在全时间段都满足鱼类上溯要求。所以鱼道出口设置可考虑库区水位主要的运行区间,此处选取出现概率大于6%的水位,分别为1928.5m~1934.5m和1938.5m(见图8.3-6(2)),选取上述作为鱼道出口设置的设计水位,每2m设一出口,则需设4个鱼道出口,鱼道出口底板高程分别为1928m、1930m、1932m和1937m。

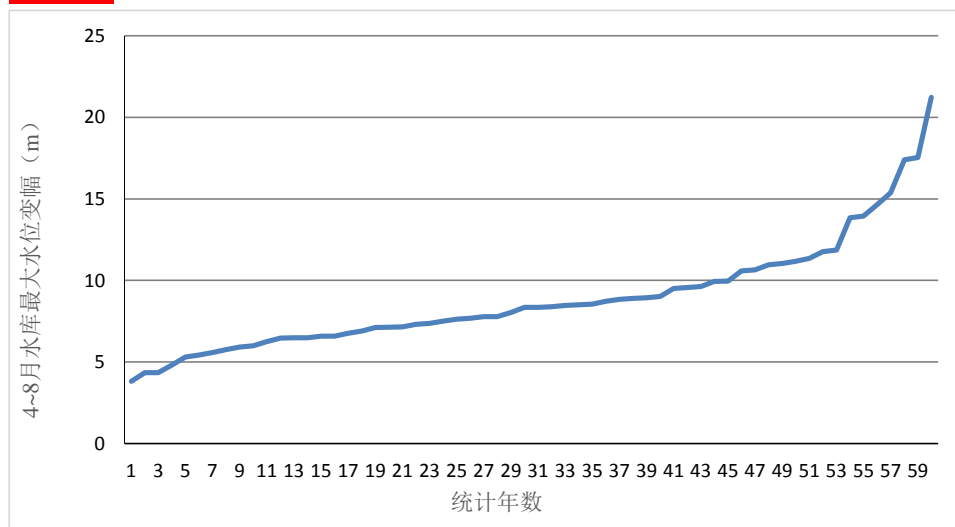


图 8.3-6 (1) 车马碧水库 2030 年 4~8 月末库水位最大变幅

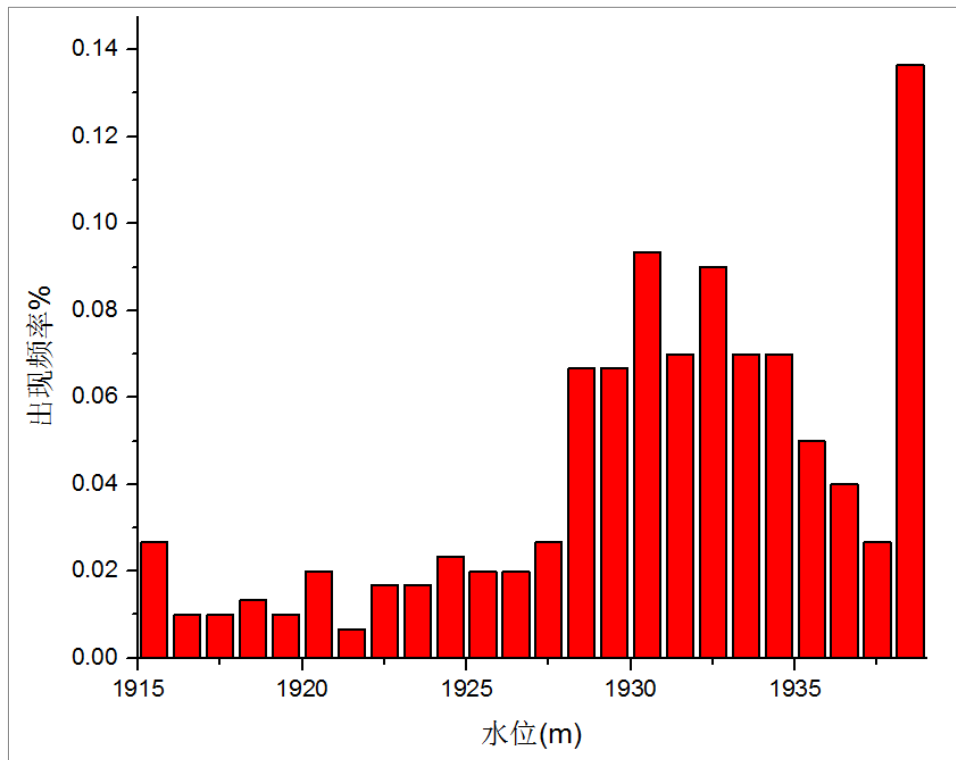


图 8.3-6 (2) 车马碧水库 2030 年 4-8 月末库水位出现频率分布图

车马碧水库工程鱼道平面布置图见附图8-6；鱼道结构平面图及纵剖图见附图8-7。

C、工程量及投资

鱼道工程中建筑工程、金属结构设备及安装工程两部分的总投资估算为5233.31万元，见表8.3-2。其中建筑工程估算投资为5210.01万元，见表8.3-3；金属结构设备及安装工程估算投资为23.29万元，见表8.3-4。

表 8.3-2 鱼道工程部分总估算表

序号	工程或费用名称	建安工程费	设备购置费	独立费用	合计(万元)
1	第一部分 建筑工程				5210.01
1.1	鱼道工程	5210.01			5210.01
2	第二部分 金属结构设备及安装工程				23.29
1.2	鱼道金属结构设备及安装工程	4.61	18.68		23.29
3	第三部分 独立费用				0.00
4	第四部分 基本预备费				0.00
	工程部分投资合计	5214.62	18.68		5233.31

表 7.3-3 鱼道建筑工程估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)
	第一部分 建筑工程				5210.01
1	鱼道工程				5210.01
1.1	土方开挖 (运 1.5km 至弃渣场)	m ³	326700	15.52	507.04
1.2	石方开挖 (运 1.5km 至弃渣场)	m ³	762300	45.56	3473.04
1.3	石渣料回填	m ³	18424	22.57	41.58
1.4	C25 混凝土	m ³	10585	502.52	531.92
1.5	钢筋制作安装	t	423	5692.17	240.78
1.6	喷混凝土	m ³	1480	824.82	122.07
1.7	地面砂浆锚杆 L=6m, Φ25	根	3085	192.41	59.36
1.8	普通平面钢模板	m ²	42340	55.32	234.22

表 8.3-4 鱼道金属结构及安装工程估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单 价 (元)		合 计 (万元)	
				设备	安装	设备	安装
	第三部分: 金属结构设备安装工程					18.68	4.61
	鱼道工程					18.68	4.61
1	闸门设备及安装工程					5.82	1.73
1.1	平板闸门 自重 1.5t	t	3	10000.00	2557.19	3.00	0.77
1.2	闸门埋件	t	2.2	9000.00	4191.23	1.98	0.92
1.3	加重块	t	1	4500.00	429.85	0.45	0.04
1.4	小计					5.43	1.73
1.5	综合运杂费用 (7.19%)					0.39	0.00
2	启闭设备及安装工程					12.86	2.88
1.1	启闭机 自重 1t	台	2	60000.00	14396.18	12.00	2.88
1.2	小计					12.00	2.88
1.3	综合运杂费用 (7.19%)					0.86	0.00

②集运鱼系统

集运鱼系统一般由集鱼平台、运鱼船等组成,其布置基本不干扰工程总体布置,但在连续性过鱼、操作性方面有所欠缺。

本工程集运鱼系统考虑了鱼类上行和下行,其中上行是在坝下设置固定集鱼

平台集鱼，再通过活鱼运输车运至坝上放流；下行是在库区设置深水网箱进行集鱼，通过转运鱼船和活鱼运输车转运所集鱼类至坝下并放流。

a、设计参数

集运鱼系统的坝下集鱼平台布置在导流泄洪隧洞下游位置(位置要求水流平稳、不受泄洪影响)。集鱼平台主要由集鱼槽及其连接的集鱼池组成，集鱼平台通过轨道与坝下左岸的岸边码头连接。

集鱼槽采用竖缝式(类似鱼道一部分)，总长19.4m，进鱼口端为喇叭型开口。集鱼槽池室长度(lb)为1.80m、池室宽度(b)为1.5m、竖缝宽度(s)为0.3m、最小水深(hmin)为0.60m、坡比1/67。集鱼槽通过坝下消力池供水，保持出口流速在0.6m/s左右以形成诱鱼水流，吸引鱼类进入。经计算，下泄0.69 m³s生态流量时，坝下水位为1893.6m，所以集鱼槽底板高程设置为1893.00m，保证集鱼槽内有一定的水深。

集鱼槽后接集鱼池，集鱼池净尺寸为长2.6m，宽1.2m，其内沉有集鱼箱。集鱼池底板高程为1891.30m，集鱼池上方建有升降设备和控制台。为防止水库泄洪对升降等机电设备造成影响，根据坝下消能防冲水位1899.60m(P=2%)、设计洪水位1899.70m(P=1%)和校核洪水位1900.60m(P=0.05%)数据，升降设备的控制台底高程为1901.10m。

集鱼池内的鱼由赶鱼栅赶至集鱼箱，集鱼箱再由升降设备提起后通过轨道运送到左岸的岸边码头。该码头长120.0m，宽80.0m，用于集鱼箱转运和运鱼车停靠。

集鱼箱内的鱼转至运鱼车的运鱼箱后，由现有公路运送至库区码头。库区码头平台长120.0m，宽50.0m，码头底板高程为1943.0m。码头停靠有运鱼船，车马碧库区正常蓄水位1938.5m，死水位1915.3m，为适应库区水位变幅并将运鱼箱由码头顺利转运至运鱼船，由码头建有约218m长斜坡向下延伸至库区，斜坡底板高程为1913.0m。

b、设施布置

根据本工程布置，固定集鱼平台拟设于大坝下游左岸、导流泄洪隧洞下游约45m的位置。固定集鱼平台由一段集鱼槽和其后接的集鱼池组成，集鱼池上方建有升降设施和控制台。

固定集鱼平台通过轨道连接于左岸坝下码头，该码头建于坝下左岸高程为1906.6m的原生活区位置。左岸坝下码头通过现有的公路连接坝上库区码头。

库区码头位于库区左岸、大坝上游约220m的位置。可停放运鱼车、转运运鱼箱和停靠运鱼船。

车马碧水库工程集运鱼系统坝下平面布置图见附图8-8；下游集运鱼系统平面图及纵剖图见附图8-9；上游码头平面布置图及纵剖图见附图8-10

c、工程量及投资

对车马碧集运鱼系统工程量和投资进行估算，坝下固定集鱼平台、坝下码头、坝上码头和集运鱼设备的工程投资约为846.28万元，见表8.3-5。其中，坝下固定集鱼平台和下游码头工程量见表8.3-6，上游码头工程量见表8.3-7。

表8.3-5 集运鱼系统工程量及投资汇总表

序号	项目	工程量				投资	
		单位	上游 工程量	下游 工程量	合计	单价（元）	合计（万元）
一	坝下固定集鱼平台和上下游码头						
1	土方明挖	m ³	1199.3	1011.3	2210.5	24.00	5.31
2	石方明挖	m ³	2798.3	2359.6	5157.9	66.00	34.04
3	C30混凝土	m ³	359.7	197.2	556.9	600.00	33.41
4	钢筋	t	45.8	23.0	68.7	5580.00	38.36
5	喷混凝土	m ³	116.8	91.1	208.0	756.00	15.72
6	锚杆L=4.5m'	根	323.0	489.0	812.0	252.00	20.46
7	锚杆L=9m'	根	69.0		69.0	486.00	3.35
8	锚索 L=20m	根	15.0		15.0	24000.00	36.00
9	固结灌浆	m	6364.8		6364.8	720.00	458.27
10	钢材	t	15.0	10.0	25.0	5580.00	13.95
11	电动葫芦	台	2.0	4.0	6.0	36000.00	21.60
12	抽水泵	台		1.0	1.0	54000.00	5.40
13	M10浆砌石	m ³		1273.0	1273.0	396.00	50.41
二	集、运鱼设备						
1	活鱼运输车	辆			2		30.00
2	运鱼船	艘			1		50.00
3	深水网箱	套			1		20.00
	合计						846.28

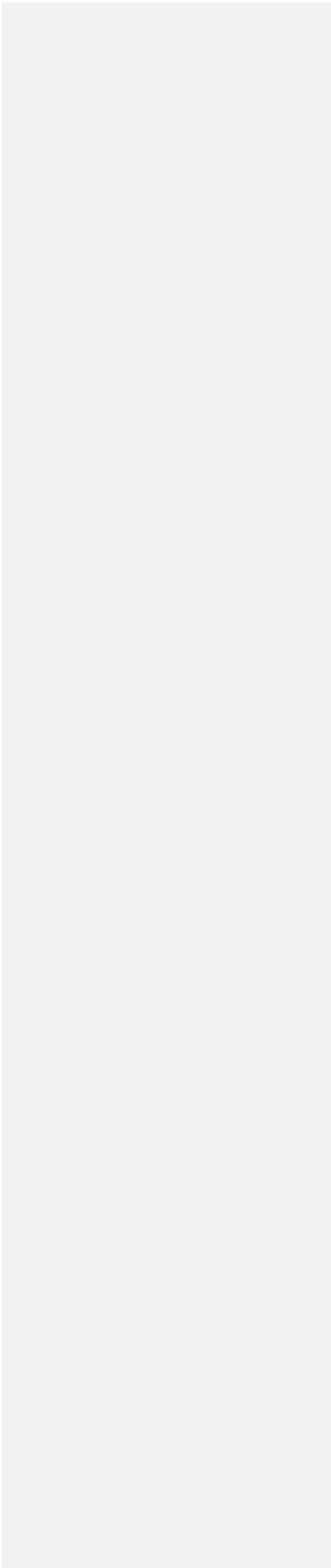


表 8.3-6 坝下固定集鱼平台和下游码头工程量汇总表

序号	项目	工程量	单位
1	土石方明挖		
1.1	集鱼槽	805.7	m ³
1.2	集鱼井	2428.9	m ⁴
1.3	运鱼桥	83.9	m ³
1.4	下游运鱼码头	52.3	m ³
	合计	3370.8	m ³
2	C30 混凝土		
2.1	集鱼槽	52.2	m ³
2.2	集鱼井	99.4	m ³
2.3	运鱼桥	9.5	m ³
2.4	下游运鱼码头	36.0	m ³
	合计	197.2	m ³
3	钢筋	23.0	t
4	喷混凝土		
4.1	集鱼槽	29.7	
4.2	集鱼井	61.4	
	合计	91.1	m ³
5	锚杆		
5.1	集鱼槽	13.0	根
5.2	集鱼井	391.0	根
5.3	运鱼桥	38.0	根
5.4	下游运鱼码头	47.0	根
	合计	489.0	根
6	钢材	10.0	t
7	电动葫芦	4.0	台
8	抽水泵	1.0	台
9	M10 浆砌石		
9.1	集鱼槽	283.0	m ³
9.2	集鱼井	0.0	m ³
9.3	运鱼桥	462.0	m ³
9.4	下游运鱼码头	528.0	m ³
	合计	1273.0	M

表 8.3-7 上游码头工程量汇总表

序号	项目	工程量	单位
	上游平台		
1	土石方明挖		
1.1	上游平台	3310.9	
1.2	其他桥墩	686.7	
	合计	3997.6	m ³
2	C30 混凝土		
	上游平台	32.7	
	桥台	52.3	
	吊车梁	13.1	
	平台框架柱	69.8	
	桥墩	43.6	
	桥下框架柱	43.6	
	其他桥墩	104.6	
	楼梯及桥面	187.5	
	合计	359.7	m ³
3	钢筋	45.8	t
4	喷混凝土		
	上游平台	29.2	
	其他桥墩	87.6	
	合计	116.8	m ³
5	锚杆	323.0	根
		69.0	根
6	锚索	15.0	
7	固结灌浆	6364.8	m
8	钢材	15.0	t
9	电动葫芦	2.0	台

2) 过鱼方案比选结果

结合工程特性和布置，分别对鱼道方案和集运鱼系统方案的过鱼设施布置、设施参数、工程量和投资进行了初步设计和估算。下面从两种方案的过鱼效果、布置和施工条件、运行管理和投资四方面对两种过鱼设施进行比选。

①过鱼效果

集鱼方面：鱼道和集运鱼系统的坝下固定集鱼平台都是采用固定的进口利用一定的流速来诱集鱼，其中集运鱼系统的坝下固定集鱼平台需要采用水泵供水，鱼道内的水由库区流入；

过鱼方面：鱼在鱼道内自行上溯、可连续过鱼，由于本工程过鱼对象体型较小，克流能力较弱，所设计出的鱼道底坡较缓、长度较大，鱼要通过鱼道会对鱼的体力要求较高，另外对鱼道池室设计要求也较高，要求鱼道池室内竖缝间主流

的两侧有较缓流速，可供鱼类休息；而集运鱼系统在鱼进入坝下固定集鱼平台集鱼槽后，需通过赶鱼栅将鱼赶入集鱼池收集，之后使用活鱼运输车转运鱼过坝。

从过鱼效果看，鱼道可供鱼类自行上溯，其过鱼效果要优于集运鱼系统。

②布置和施工条件

鱼道初步估算长度为2961.75m，因此其占地面积较多，鱼道布置于左岸会对周边其他工程布置有影响，而集运鱼系统包括坝下固定集鱼平台和上下游码头，占地相对较小，对大坝周边其他工程布置影响也较小，另外鱼道施工条件也要相对较难。因此从布置和施工条件来看，集运鱼系统较优。

③运行管理

鱼道运行管理相对较易，靠鱼主动上溯、可连续过鱼；而集运鱼系统则对运行管理要求较高，从集鱼、使用活鱼运输车转运鱼到库区放流一系列环节都需要人工操作和管理，因此需制定严格、完善的管理制度以保证集运鱼系统正常运转。因此从过鱼设施建成后的运行管理来看，鱼道相对较优。

④从过鱼设施投资看，经估算鱼道投资为5233.31万元，集运鱼系统投资为846.28万元，在投资方面集运鱼系统较优。

综合比较上述两种过鱼方案，鱼道在过鱼效果和运行管理方面占优，集鱼系统在布置和投资方面占优，过鱼设施建设的最终目的是过鱼并维持大坝上下游鱼类种群之间的基因交流，因此综合考虑推荐鱼道作为本工程的过鱼措施。

（4）鱼道运行管理

水库日常运行需制定鱼道的操作规程，包括《日常运行方案》、《工作人员岗位职责》、《生产管理操作规程》、《观测统计规程》等。

鱼道运行时需建立日常操作和值班制度，确保过鱼季节人员、设备的到位，保障过鱼设施有效运行和相关观测记录到位。

运行期应开展鱼道过鱼效果的观测统计，内容包括过鱼时间、尾数、鱼种、长度、天气、气温、水温、鱼道内流速、上下游水位等。统计时摄像机需同步拍摄过鱼情况的录像，便于辨别核实和后续研究。

（5）科研及监测

在过鱼设施建设前，需开展鱼道相关研究，研究内容包括坝下流场分布试验、鱼道模型试验和过鱼对象游泳能力试验三项，以作为鱼道设计依据。

在鱼道运行后，应制定完善的规章制度和操作手册，确保鱼道在过鱼季节可良好运行。运行期还应开展过鱼效果的观测统计，内容包括过鱼时间、尾数、鱼

种、长度、天气、气温、水温等。统计时摄像机需同步拍摄集鱼情况的录像，便于辨别核实和后续研究。

8.3.4.3 石仙人拦河坝过鱼设施

石仙人拦河坝位于车马碧坝址下游 8.2km 处，用于周围农田灌溉。石仙人拦河坝由块石堆砌而成，坝长 80m，坝高 1.6m 左右，坝两端修有引水渠。考虑到恢复河流的连通性，拟在石仙人拦河坝修建过鱼设施。



图8.3-7 石仙人拦河坝现状图



图8.3-8 石仙人拦河坝现状图

过鱼设施型式采用仿生态鱼道，位于河道的主河床处。

(1) 设施布置及设计参数

仿生态鱼道设计水头差1.6m，鱼道坡比取1:75，则鱼道长度为120m。鱼道最大设计水深0.6m，鱼道内布置仿生态卵石（通过在鱼道内间隔一定长度设置不同大小的卵石或鹅卵石替代“挡板”，形成各池室）。该鱼道采用钢筋混凝土矩形断面，断面尺寸为3.0m×0.6m（宽×高），侧壁壁厚0.3m，池底厚度0.3~0.5m；鱼道下游末端与河道主河床衔接。

(2) 工程量及投资

对仿生态鱼道的工程量及投资进行估算，仿生态鱼道的投资约为55.24万元。

表8.3-8 仿生态鱼道工程量及其投资估算

序号	项目	数量	单位	综合单价（元）	合计（万元）
1	卵石	144	m ³	600	8.64
2	混凝土	177.6	m ³	600	10.66
3	浆砌石基础	576	m ³	396	22.81
4	开挖	1344	m ³	24	3.23
5	钢筋	17.76	t	5580	9.91
	合计				55.24

(3) 下游河道整治

从图 8.3-4(2)中可看出, 石仙人拦河坝下游河道较宽阔, 但河道内碎石等分散堆积, 并由于河道流量较小, 导致河道没有明显的主流, 若修建仿生态鱼道后, 可能会使鱼类寻找不到鱼道入口。因此对石仙人拦河坝下游河道 100m 范围内进行整治, 清除部分堆积碎石, 形成较明显主河道供鱼类沿河道上溯。

石仙人拦河坝鱼道平面布置及纵断面示意图见附图 8-11。

8.3.4.4 增殖放流措施

鱼类增殖放流可在一定程度上缓解水电工程对鱼类资源的不利影响, 是水电工程保护鱼类资源重要措施之一, 对鱼类种群数量恢复有一定的积极作用。

(1) 放流对象

根据放流对象选择原则, 即放流对象的选择应遵循“统筹兼顾”“突出重点”的原则, 结合流域鱼类资源保护以及相关放流工作基础, 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。

在本工程影响河段, 珍稀濒危鱼类有滇池金线鲃, 而且滇池金线鲃的人工繁殖和苗种培育技术已成熟, 可作为优先选择的放流对象; 另外由于水库蓄水后, 库区水文情势发生改变, 原有的流水生境变为水库生境, 鱼类流水栖息生境萎缩, 对于适应急流性生境和流水生境的云南盘鮡、云南光唇鱼和前鳍高原鳅等生存无疑会造成不利影响, 属于受工程影响程度大的鱼类, 也应作为增殖放流对象; 再综合考虑工程影响河段鱼类资源量等因素, 拟将滇池金线鲃、云南盘鮡、云南光唇鱼和前鳍高原鳅作为增殖放流对象。

滇池金线鲃、云南盘鮡、云南光唇鱼由于已有的人工繁殖和苗种培育经验, 因此可作为近期放流对象; 前鳍高原鳅因人工繁殖和苗种培育技术未有成熟技术, 所以将其作为远期放流对象。

(2) 放流规模

放流规模应根据放流水域生境条件、生态承载力、放流对象的种群生存力等因素, 综合分析确定。具体根据《水库鱼产力评价标准》(SL563-2011) 计算放流水域的鱼产力, 结合放流水域生境条件、渔获物比例等来确定每种放流鱼类的放流数量。根据《水库鱼产力评价标准》, 鱼产力计算所需参考值见表 8.3-9。

表 8.3-9 鱼产力计算所需参考值

放流地点	车马碧库区	车马碧水库库尾河段	白塔河
水体面积(km ²)	7.42	0.5	0.3

浮游植物平均生物量(mg/L)		0.28	0.35	0.05
浮游动物平均生物量(mg/L)		0.46	0.45	0.03
底栖动物平均生物量(g/m ³)	软体动物	1.5	4.2	5.1
	水生昆虫	6.2	24.8	9
	寡毛类	1.1	1	0.7

经计算，滇池金线鲃放流数量为4万尾/年，放流规格为全长3~6cm和1冬龄；云南盘鮡放流数量为3万尾/年，放流规格为全长3-5cm之间和1冬龄；云南光唇鱼放流数量为4.5万尾/年，放流规格为全长3-4cm之间和1冬龄；前鳍高原鳅放流数量为4.5万尾/年，放流规格为体长2cm和1冬龄。详见表8.3-10。

表 8.3-10 车马碧水库鱼类增殖放流站放流种类、规格与数量

项目	种类	放流数量(万尾)		合计
		全长3~6cm	1冬龄	(万尾/年)
近期放流	滇池金线鲃	2.0	2.0	4
	云南盘鮡	1.5	1.5	3
	云南光唇鱼	2.0	2.5	4.5
远期放流	前鳍高原鳅	2.0	2.5	4.5
合计		7.5	8.5	16

(3) 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。

鱼类增殖放流站工艺流程见图8.3-9。

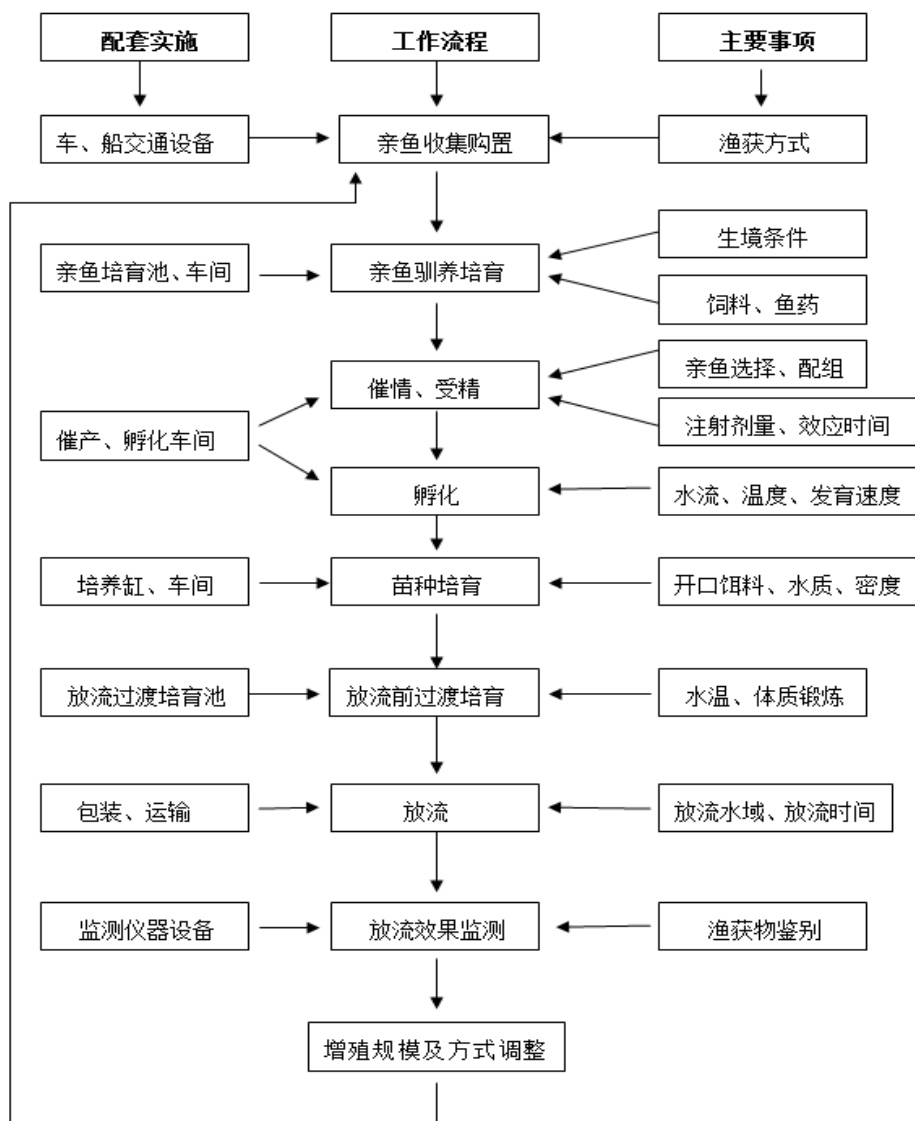


图8.3-9 增殖放流站技术工作流程

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 8.3-11。

表 8.3-11 鱼类增殖放流站养殖模式表

养殖模式	水源要求	控制能力	水质可控性	弃水产生量	占地	造价	适用性
循环水	适用于对水质要	温控、溶	可控制，水	少	较少	高	适用

养殖	求高及流水性或静水性种类；水量需求较小	氧	质良好				
流水养殖	适用于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	适用
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	不适用

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，会有混有鱼类粪便、饲料残饵的养殖废水排出，按当地环保部门要求，马龙河禁止任何废污水排放，结合以上三种养殖模式的特点，本增殖站选择循环水养殖模式，用水量少，对水的利用率高，废水产生量少，废水再经增殖站内废水处理设施处理后用于绿化、洒水，基本可达到无废水排放。

②养殖建（构）筑物和设施

本增殖站建筑物包括综合楼、催产孵化车间、鱼苗培育车间、鱼种培育车间等，各建筑物数量及规格见表8.3-12。养殖设施包括催产池、孵化槽、尤先科孵化器、开口苗培育缸、苗种培育缸等，其规格和数量可见表8.3-13。

表8.3-12 增殖站建（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
仓库	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	1.8	100
亲鱼培育池	个	12	10	5	1.8	600
饵料培育池	个	4	5	3	1	60
催产池	个	2	R=1.5		1.2	14.13

表 8.3-13 增殖站养殖设施

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	50	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
	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亲鱼池

亲鱼池用于亲鱼和后备亲鱼的培育，数量共有12个，其规格为10m×5m×1.8m，水深1.5m，放于室外，亲鱼池上方设有遮阳棚。亲鱼池采用一套循环水系统供水。

④催产孵化车间

催产孵化车间一座，其规格为25m×16m，用于亲鱼催产、受精卵孵化和开口苗培育。车间内安装有催产池两个，规格为直径3.0m，高1.2m；孵化槽8个，规格为2.0m×5m×1.8m；尤先科孵化器3个，规格为3.26m×0.85m×0.89m；开口苗培育缸50个，规格为直径1.0m、高1.0m、水深0.7m；鱼苗培育缸6个，规格为直径1.5m、高1.2m、水深1.0m。

车间内配备有循环水系统一套。

⑤鱼苗培育车间

鱼苗培育车间一座，用于鱼苗培育，其规格为36m×16m。其内设置有鱼苗培育缸30个，规格为直径3.0m、高1.2m、水深1.0m。

车间内配备有循环水系统一套，用于向鱼苗培育缸供水。

⑥鱼种培育车间

鱼种培育车间一座，用于鱼种培育，其规格为36m×16m。其内设置有鱼种培育缸30个，规格为直径3.0m、高1.2m、水深1.0m。

车间内配备有循环水系统一套，用于向鱼种培育缸供水。

⑦饵料培育池

饵料培育池用于鱼苗开口饵料培育和亲鱼动物性饵料培育。饵料培育池放于室外，其规格为5m×3m×1m，水深0.7m，数量为4个。

⑧综合楼、仓库、实验设施

综合楼一座，长30m，宽15m，用于站内人员办公、住宿以及增殖站实验、科研、展示、宣传用。其中实验室内配置显微镜、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。

仓库一座，长20m，宽10m，用于增殖站内鱼类饲料存储。

交通设备包括运输船、活鱼运输车、越野车。

(4) 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。选定的站址应交通方便、便于管理、地形开阔、利于工程布置。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。

站址宜选择在抗渗性能良好的基础上，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。

所选水源应水质良好、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。

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。

②站址比选

为选定车马碧鱼类增殖放流站站址，结合工程附近的地形条件、水源条件、用地条件、日后增殖站运行管理条件等，初拟了两处增殖站站址进行比选。

站址 1：增殖站所选站址 1 位于大坝下游约 700m 的左岸河滩地，可见图 8.3-10 和图 8.3-11 中所示增殖站站址 1。

站址 2：增殖站所选站址 2 位于大坝左坝肩、紧邻水库管理所旁，可见图 8.3-10 和图 8.3-11 中所示增殖站站址 2。

从可用占地面积比较：本工程增殖放流站初步确定的放流规模为 20 万尾/年，保守估算增殖站用地面积为 15~20 亩。站址 1 可提供面积为 20 亩，站址 2 可提供面积为 16 亩，从满足增殖站用地条件来讲，两者均可满足现阶段增殖站用地要求。

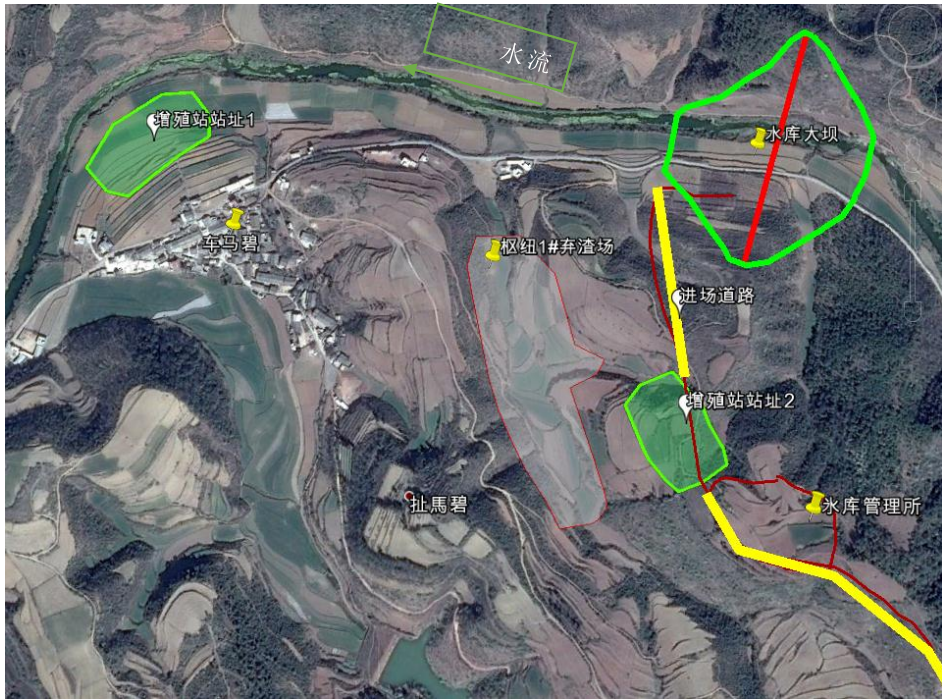


图 8.3-10 增殖站站址位置示意图

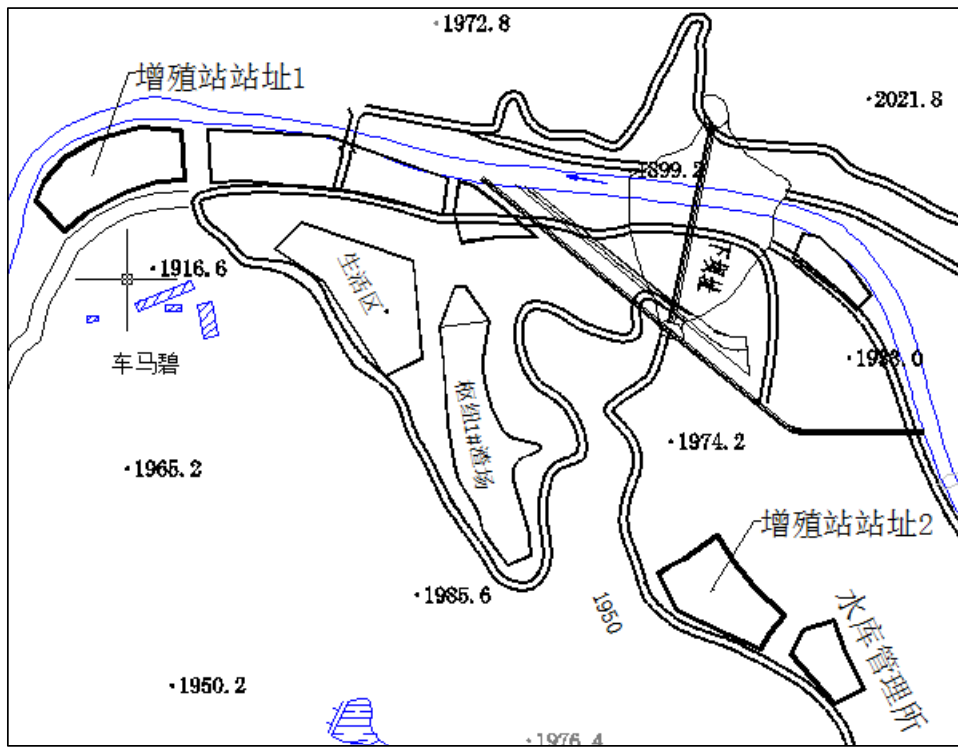


图 8.3-11 增殖站站址位置示意图

从水源条件比较：增殖站建于站址 1，其水源可从隧洞接管道由库区供水，

水自流入增殖站；增殖站建于站址 2，其水源从库区取水，需在库区岸边建泵站，抽提高程约 30m。另外，根据车马碧水库坝址处断面的水质监测结果，马龙河水质相较《国家渔业水质标准》（GB11607-89）中所要求的渔业用水水质指标，部分月份的氨氮、总磷和总氮超标，其中氨氮对鱼类有毒性影响，所以下一阶段还需根据水质检测结果和渔业养殖用水要求，考虑是否打井、使用井水作为增殖站的主供水水源或备用水源。从水源条件比较，站址 1 的取水条件要优于站址 2。

从地形和建设条件比较：增殖站站址 1 位于岸边滩地，地形平缓，场平处理相对容易；站址 2 处地形为坡地，场地内高差接近 25m，土石方挖填工程量大，场平处理相对较难；另外，考虑到站址 1 可能在汛期受到洪水影响，增殖站岸边一侧需要建设挡墙以防洪。站址 1 建设条件相对较易。

从交通条件比较：站址 1 附近有公路可达，交通方便，公路也可直达水库管理所；站址 2 位于新建进场公路下方，交通方便。站址 1 和站址 2 的交通都较便利。

从管理运行条件比较：站址 1 与水库管理所直线距离约 700m，通过公路到达水库管理所约 1200m；站址 2 紧邻水库管理所。从管理便利性来讲，增殖站位于站址 2 管理相对较便利。

综合以上条件比较（见表 8.3-14），初步推荐站址 1 作为本工程鱼类增殖放流站的站址。

表 8.3-14 车马碧鱼类增殖放流站站址 1 和站址 2 条件比较

项目	鱼类增殖站站址一	鱼类增殖站站址二	比较
地理位置	距离坝址约700m的河道左岸滩地	水库左岸坝肩山包、水库管理所旁	
水源	可从库区供水，同时考虑井水供水	抽提库区内水，同时考虑井水供水	站址1优
用地面积	20亩，可满足增殖站用地	16亩，可满足增殖站用地	站址1优
地形、建设条件	地势平缓，为耕地。建设较易，需建防洪挡墙	坡地，场地内高差接近25m。土石方开挖回填量大，建设相对较难	站址1优
交通	现有公路可达，交通方便	位于新建进场公路下方，交通方便	相同
管理运行	到达水库管理所约1200m，管理相对便利	位于水库管理所旁，管理便利	站址二优
综合推荐	推荐站址1作为本工程鱼类增殖放流站的站址		

车马碧水库工程鱼类增殖站内养殖建（构）筑物布置示意图见附图8-12。

（5）科研

科研项目包括三项：前鳍高原鳅的人工繁殖和苗种大规模培育技术；苗种放流技术。

前鳍高原鳅人工繁育技术：包括亲鱼的选择标准、人工催产、受精方法、孵化条件研究等。该部分研究主要保证放流种类受精卵的获得，并孵化出膜。

前鳍高原鳅苗种培育技术：包括培育方法、病害防治、放流适宜规格等。该技术保证快速、高效地将仔鱼培育至放流规格。

放流技术：包括标志方法选择、适宜放流规格、地点、时间等。该项目主要是为了评估增殖放流的效果。放流技术研究中还必须制定规范的放流程序，如放流前在库区中暂养的时间、位置等。

(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3~6cm的鱼种和1冬龄的鱼种。放流地点主要选择在库尾河段，库区进行少量放流。

(7) 投资

估算车马碧水库工程鱼类增殖放流站的总投资为2098.36万元。

(8) 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。

8.3.4.5 拦鱼措施

车马碧水库引水期间，因输水时取水口处有一定的流速，会吸引鱼类接近取水口，发生鱼类逃逸和死亡的现象，针对此种情况，可在进水口处设置细目拦鱼栅网，防止鱼类误入。

结合工程进水口进行细目拦鱼栅网的设计，细目拦鱼栅网安装在进水口，大小尺寸与进水口的尺寸相同，结构要求易安装、控制和维修，拦鱼栅网的网目大小设置应以拦截 10cm 以上的鱼为主。

8.3.4.6 管理措施

从施工期到运行期都应加强对水质、水生生物及其栖息生境的保护和管理。

在水质保护方面，应禁止任河废污水排入栖息地支流保护河段及马龙河。

在支流栖息地生境保护方面，应加强对其周边巡视，严禁任何破坏河道沿岸带生境及严禁任何破坏河道行为，加强对栖息地生境的维护。

在渔政管理方面，应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，保证鱼类能长期维持一定规模的自然种群，对于支流栖息地河段应该全

年禁止捕捞。

8.4 地下水环境保护措施

8.4.1 污染源控制措施

项目地下水污染防治措施按照“源头控制、分区防治、污染监控、应急响应”相结合的原则，从污染物的产生、入渗、扩散、应急响应进行控制。为了减小其对周边地下水和库区水质的危害，现提出以下环境保护措施：

(1) 在水库施工期和运行期，对库区集水范围内泉点进行长期观测，定期监测其流量和水质的变化。分别监测丰水期、枯水期泉点流量的动态变化，以及水质的变化，可由水库建设单位和相关监测单位共同完成。

(2) 在做到污染防治的基础上，项目施工期、运营期正常工况和服务期满后均不会对地下水产生影响；在项目运营期发生事故的情况下，泄漏的污染物会对地下水产生影响。因此，在项目运行过程中，应遵循相关的安全规范，严格按照规定的安全制度运行，防止事故的发生。

8.4.2 施工期地下水涌水预防及保护措施

施工期隧洞开挖将可能破坏区域内的地下水均衡，如果存在隐伏断层，一旦打通，可能造成隧洞掘进过程中出现涌水现象，并导致顶部两侧居民饮用水井水位下降或干涸，从而对工程区地下水环境造成一定程度的不利影响。其保护措施有：

(1) 施工方案应贯彻“以堵为主、限量排放、有效利用”的原则。

(2) 防水施工，超前预报，尽量减少对井水及泉水的影响。

(3) 在穿越层、断裂带以及节理裂隙发育的地下水发育地段，采用超前注浆或结合地形、富水情况采用径向注浆堵水；对地下水较丰富路段，加密环向盲沟间距，限量排放。

(4) 隧洞施工应制定完善的施工方案，对围岩进行超前预注浆处理，加固围岩、形成止水帷幕，注浆效果达到预处理要求后方可继续开挖。加强对软弱围岩和断层破碎带的支护，严密监测隧洞水量与位移量。

(5) 施工期和运营初期，应在隧洞周围、断裂带、地表出露泉点等处设监测点，对外排水变化情况进行监督性监测。

(6) 施工期应加强对 W03、W08、W09、W10 等可能受到影响泉点的监测，

同时预留应急预备金作为居民生活、生产用水受工程影响的补偿。若发现引起地下水位变化和影响植被生长时,应及时改进和完善施工方案,同时采取必要的经济补偿措施;若发现因隧洞施工造成饮用的泉水水量减少时,应及时优化隧洞施工方案,并在水量恢复以前采取水车运水供给或新建饮水井等措施。

8.4.3 水库淹没周边泉水、抽水井的替代措施

车马碧水库蓄水到正常蓄水位后,水库淹没区淹没的村民饮用泉主要有 W10 (三家村)、W13 (大罗贵村)、W19 (下罗贵村)、W24 (水井凹村)、W25 (下西冲村)、W26 (上西冲村)、W27 (白塔村)。根据建设征地及移民安置方案,涉及淹没饮用水点的村庄中,只有大罗贵村(W13)整体搬迁,其它三家村(W10)、下罗贵村(W19)、水井凹村(W24)、下西冲村(W25)、上西冲村(W26)、白塔村(W27)等6个村庄均只有受水库蓄水影响严重的部分村民涉及搬迁,因此应对村民的饮用泉点开展相应的保护措施,保障村民生活饮水安全。

拟新建6口水井作为村民生活饮用水源:在三家村附近新建一口抽水井,孔深拟定约160m;下罗贵村饮用泉附近高处新建一口抽水井,孔深拟定约160m;水井凹村内合适地段新建一口抽水井,孔深拟定约160m;上西冲村内合适地段新建一口抽水井,孔深拟定约160m;下西冲村泉点附近合适地段新建一口抽水井,孔深拟定约140m;白塔村泉点附近合适地段新建一口抽水井,孔深拟定约140m。

6口水井孔深合计约920m。水井开孔孔径不低于150mm,终孔孔径不低于110mm。水井成井时,上部做止水防渗处理,防止可能污染的浅层地表水进入抽水井内;中部下入滤管、抽水泵,为水井主要取水段;底部做有一段沉沙段。

8.5 水土保持措施

8.5.1 水土流失防治责任范围

云南省曲靖市车马碧水库工程水土流失防治责任范围包括项目建设区和直接影响区,面积为1001.25hm²,其中项目建设区941.59hm²,直接影响区59.68hm²。工程水土流失防治责任范围详见表8.5-1。

8.5.2 水土流失防治分区及水土保持措施总体布局

根据车马碧水库工程的水土流失预测和主体工程分析评价结果,以及水土流失防治分区和防治内容,确定不同的防治区采用不同的防治措施及布局,做到重点治理与面上治理相结合,永久工程和临时工程相结合,工程措施与植物措施相结合,治理措施与复耕利用相结合,统筹布局各类水保措施,形成完整的水土流失防治措施体系及总体布局,详见图 8.5-1。

表 8.5-1

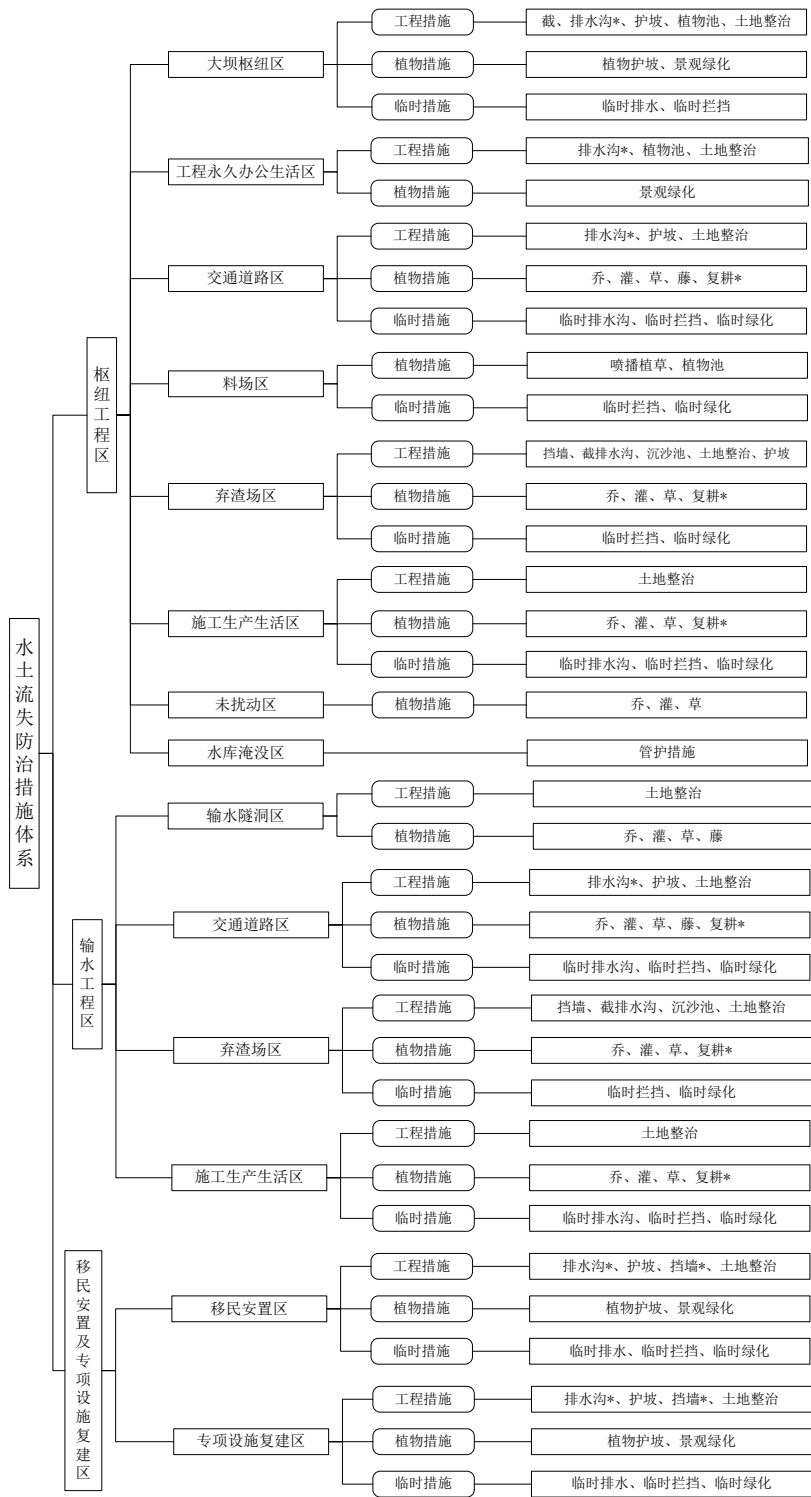
水土流失防治责任范围表

单位: hm²

分区	项目名称	项目建设区										直接影响区	总计		
		水田	旱地		林地		园地	交通运输用地	建设用地		水域及水利设施用地			小计	
			坡耕地	梯坪地	有林地	灌木林地		农村道路	宅基地	工矿用地					
枢纽工程区	大坝枢纽区	1.50	1.39	0.75	7.12		0.51	0.37	0.09		1.43	13.15		13.15	
	工程永久办公生活区	1.33			0.61							2.07	0.27	2.34	
	交通道路区	永久公路	0.94	3.06	1.65	3.28	2.22						11.13	5.76	16.89
		临时道路	1.81	4.73	2.55	4.26	2.82	1.33					6.99	8.54	15.53
		小计	2.75	7.79	4.19	7.53	5.03	1.33					18.13	14.30	32.43
	料场区	石料场				2.20	2.29						4.49	1.27	5.76
	弃渣场区		2.49	1.34			1.27						5.09	1.35	6.45
	施工生产生活区	1.34	1.30	0.70	0.25								3.59	1.58	5.16
	水库淹没区	302.35	110.09	59.28	160.62	29.62	33.42	6.82	23.44	9.89	60.50	839.82	29.32	869.14	
	未扰动区	0.64	0.60	0.32	3.05		0.22						4.82		4.82
小计	309.91	123.65	66.58	181.39	38.21	35.48	7.20	23.53	9.89	61.94	844.63	29.32	873.96		
输水工程区	输水隧洞区	0.25	0.55	0.29	0.83		0.07					1.99	1.42	3.41	
	交通道路区	永久公路	2.00	1.95	1.05	0.60							5.60	4.68	10.28
		临时道路	6.20	13.72	7.39	1.70		1.80					22.45	8.01	30.46
		小计	8.20	15.67	8.44	2.30		1.80					28.05	12.69	40.74
	弃渣场区		12.31		3.39		2.49						18.18	8.37	26.55
	施工生产生活区	1.73	7.19	3.87	3.73		4.20						20.73	2.73	23.47
小计	10.18	35.71	12.60	10.25		8.56						68.96	25.21	94.17	
移民安置及专项设施复建区	移民安置区		12.82	6.90								17.80	2.67	20.47	
	专项设施复建区	1.00	3.05	0.47	4.02	1.94		0.99				10.18	2.47	12.65	
	小计	1.00	15.87	7.37	4.02	1.94		0.99				27.98	5.14	33.12	
合计		321.09	175.23	86.56	195.66	40.15	44.04	8.19	23.53	9.89	61.94	941.59	59.68	1001.25	

1、本表格中弃渣场面积不含枢纽 2#、3#弃渣场面积，枢纽 2#、3#弃渣场占地已含在淹没区内，本工程不重复计列其面积；

2、本表格中不包含土石料场面积和位于正常蓄水位以下的石料场面积，这部分占地已含在淹没区内，不再重复计列其面积。



说明：“*”为主体工程已有

图 8.5-1

水土流失防治措施体系图

8.5.3 水土保持措施典型设计

(1) 大坝枢纽区

对于工程运行期，建筑物覆盖及其挡拦等都具有水保功能，水土流失渐趋微弱。对工程本身的防护方面，主体报告已从工程本身稳定出发，设计了一些相应的防护措施（截水沟、排水沟），截、排水措施能满足主体工程的排水要求；主体工程设计了大坝区边坡的 C20 喷混凝土护坡措施，由于单一的工程护坡措施不能满足水土保持要求，因此本区水土流失防治主要任务是在工程施工期通过水土保持临时防护、场区植物措施来控制水土流失。大坝枢纽区工程措施工程量见表 8.5-2，植物措施工程量见表 8.5-3，临时措施工程量见表 8.5-4。

表 8.5-2 大坝枢纽区工程措施量统计表

区域	植物池		土地整治		
	长度	浆砌砖	面积	表土覆土（运距 100m）	表土覆土（运距 500m）
	m	m ³	hm ²	m ³	m ³
溢洪道回填平台			0.18	540	
大坝区右坝肩	35	6	0.02		82
溢洪道引渠段边坡	95	15	0.04		176
导流泄洪放空隧洞	242	39	0.08		380

表 8.5-3 大坝区边坡植物措施量统计表

区域	回填平台绿化				边坡施工影响区植被恢复				植物池				
	植被恢复	苗木量			植被恢复	苗木量			植被恢复	苗木量			
		小叶女贞	葛藤	狗牙根		杨梅	金竹	葛藤		狗牙根	小叶女贞	葛藤	狗牙根
	hm ²	株	株	kg	hm ²	株	丛	株	kg	hm ²	株	株	kg
溢洪道回填平台	0.18	473	1040	15									
大坝区右坝肩					0.02	26	26	105	2	0.01	26	74	1
溢洪道引渠段边坡					0.04	53	53	200	3	0.01	35	200	1
导流泄洪放空隧洞					0.08	105	105	508	7	0.03	89	508	3
小计	0.18	473	1040	15	0.14	184	184	813	12	0.06	150	781	5

表 8.5-4 大坝枢纽区临时措施工程量统计表

区域	临时挡墙			临时排水		
	长	编织袋填装	编织袋拆除	长	开挖土量	铺彩条布
	m	m ³	m ³	m	m ³	m ²
施工边坡	129	128	128			
临时堆料场	44	43	43	87	23	124
合计	173	171	171	87	23	124

(2) 工程永久办公区

工程永久办公生活区指的是工程永久管理所和鱼类增殖站征地区域，车马碧水库工程管理区规划占地面积为 0.61hm²，鱼类增殖站占地面积为 1.30hm²。工程

永久办公生活区的绿化除满足水土保持要求外，按一级标准进行植被恢复，要通过植物造景体现美感，对于建筑物周边空地，种植各种树形美观、有观赏价值的乔木、灌木，并在乔灌树种下栽植绿化草坪。

本方案新增场区景观绿化措施，管理区除建筑物及场地硬化面积外能进行绿化的面积约 0.58hm²，绿化覆土 1752m³，绿化覆土来源于本区主体清表。苗木栽种前应进行假植，对苗木进行临时性保护，乔木苗（苗高≥2m）栽种后采取支撑、绑扎等保护性措施。

绿化乔木推荐树种：天竺桂、云南樟、小叶榕、清香木、紫薇。绿化灌木推荐树种：小叶女贞、苏铁、黄槐、五色梅。

表 8.5-5 工程永久办公生活区植物措施量统计表

分区	园林绿化										
	面积	草坪	天竺桂	云南樟	小叶榕	清香木	紫薇	苏铁	黄槐	五色梅	小叶女贞
	m ²	m ²	株	株	株	株	株	株	株	株	株
工程永久办公生活区	5840	5840	61	61	74	74	92	12	213	491	390

(3) 弃渣场区

弃渣场区的工程措施包括土地整治、渣场下部布设挡墙、布置截水沟和沉砂池、在堆渣坡顶和马道布置排水沟、堆渣结束并平整后在堆渣坡面采用网格梁护坡。弃渣场区工程措施工程量详见表 8.5-6~8。

表 8.5-6 弃渣场挡墙工程量表

编号	渣场名称	挡墙类型	挡墙					
			断面	长度	土石方开挖	土方回填	浆砌石	干砌石
				m	m ³	m ³	m ³	m ³
1	枢纽1#渣场	浆砌石挡墙	I型	34	63	11	125	
2	枢纽2#渣场	干砌石挡墙	II型	1245				1452
3	枢纽3#渣场	干砌石挡墙	II型	434				506
小计				1713	63	11	125	1958

表 8.5-7 弃渣场区截（排）水沟、沉砂池工程量表

位置	措施	工程量					
		数量	长度	土方开挖	土方回填	M7.5浆砌石	砂浆抹面
		座	m	m ³	m ³	m ³	m ²
枢纽1#弃渣场	排洪沟		690	1222	672	660	2251
	截水沟		778	676	323	186	388
	马道排水		133	79	26	12	20

位置	措施	工程量					
		数量	长度	土方开挖	土方回填	M7.5浆砌石	砂浆抹面
		座	m	m ³	m ³	m ³	m ²
	沟						
	沉沙池	1		28	4	12	42
合计		1	1601	2005	1026	871	2702

表 8.5-8 弃渣场区网格梁护坡工程量表

区域	网格梁护坡					
	面积	土方开挖	Φ80风钻钻浆孔	C25混凝土	Φ75PVC管(3m)	28锚杆(4.5m)
	m ²	m ³	m	m ³	根	根
枢纽1#弃渣场	4000	1053	810	830	270	68

渣场植物措施主要包括施工结束后，平整场地，将原剥离土层回填覆盖并保留一定的排水坡度，采用林草结合的方式来恢复植被（三级绿化），在整个渣场内撒播草籽，在渣场平台区域种植乔、灌木，渣场坡面网格内进行撒播种草，选择狗牙根和戟叶酸模。根据措施布设情况，弃渣场区植物措施工程量为：植被恢复 1.27hm²，需栽植旱冬瓜 2277 株，栽植火棘 2277 株，撒播狗牙根 578kg，假植旱冬瓜 2277 株，假植火棘 2277 株，撒播木豆 34kg，撒播戟叶酸模 21kg。

渣场临时拦挡采用编织土袋分层错位堆砌，按“品”字形紧密排列，临时拦挡采用编织袋挡墙，砌筑断面为梯形断面，高度 1.0m，顶宽 0.6m，底宽 1.4m，两侧坡面 1: 0.4。弃渣场表土临时拦挡共修建编织袋挡墙 143m，土方工程量 160m³；临时绿化 0.61hm²，撒播狗牙根 54kg。

8.6 环境空气保护措施

8.6.1 施工工厂粉尘控制

(1) 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。

(2) 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。

8.6.2 施工开挖、爆破粉尘控制

(1) 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) 配置洒水车，在大坝、隧洞口等多粉尘作业面配备人员及设备，非雨日每日洒水降尘，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。

8.6.3 交通扬尘控制

(1) 在施工期要配备专门的洒水用车，无雨日对施工车辆行驶的路面进行洒水降尘，每天洒水 4~5 次，对于临近川洞村、上罗贵村、土官寨村等附近有居民点分布的路段，适当增大日洒水次数，每天洒水 6~7 次，确保周围居民点的环境空气质量得到有效控制。

(2) 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。

(3) 做好公路绿化，依不同路段情况，可在绿化区段栽植乔木、灌木等。

8.6.4 燃油废弃防治措施

(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。

8.6.5 敏感点的保护

在车马碧、大罗贵、川洞、上罗贵、土官寨、王大屯附近应避免在大风天气

作业，增加敏感点附近工区及道路的洒水次数；本工程敏感点主要位于施工“三场”、新建输水线路支洞口和施工道路两侧，在道路附近各村庄及单位团体应设置限速标志，并要求施工车辆驾驶人员在经过村子时应缓慢行驶，派专人定时清扫路面，维持路面平整和洁净。

8.7 声环境保护措施

8.7.1 防治措施

本工程声环境保护措施主要针对施工期产生的噪声，运行期基本不产生噪声。

(1) 噪声源控制：严格选择噪声值符合国家环境保护标准的施工机械、选用低噪的施工机械和施工工艺，并加强施工机械和车辆的维护和保养，做好施工道路养护工作，对振动大的机械设备使用减振基座或减振垫，减振降噪。

(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，合理布置砂石料加工系统、混凝土拌和系统等，远离居民点，对搅拌机、振捣器安装消声器。

(4) 合理安排施工时间，避免夜间爆破，距离村庄评价范围内的工程区禁止夜间施工，并尽量避免在中午 12:00~14:00 时段内进行高噪声作业。

(5) 禁鸣和限速措施。加强道路维护，及时清理路面坠物，保持路面平整干净。在村庄路段应设置禁止鸣笛和减速慢行的标示牌，提示运输车辆从村舍中穿过时限速禁鸣，避免夜间大量运输。对 1[#]、3[#]支洞场内公路附近的上罗贵村、土官寨村内受交通噪声轻微影响的居民，拟设置隔声屏障，分别在 1[#]、3[#]支洞施工道路靠近居民点侧设置隔声屏障。

8.7.2 敏感点的保护措施

根据施工机械及企业作业噪声预测结果，大罗贵村受 2#弃渣场及大罗贵土料场的施工机械及企业作业噪声影响，昼间噪声值为 59.30dB(A)，超出《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准(昼间≤55dB(A)) 4.30dB(A)，根据施工布置，大罗贵村南侧的村民会受到一定的施工噪声影响，应严格控制出入渣场车辆车速、

优化施工布置，将产生噪声大的施工机械设备布置远离居民点的位置，并选用低噪施工机械和施工工艺，尽量控制噪声源强，减振降噪，降低对大罗贵村的影响，同时选取为受影响的村民设置隔声窗。

根据施工道路交通噪声预测结果，各敏感居民点中，川洞昼夜噪声值均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1类标准(昼间 $\leq 55\text{dB(A)}$ ，夜间 $\leq 45\text{dB(A)}$)；上罗贵村夜间噪声值超标，超标 1.65 dB (A)；土官寨村昼夜噪声值均超标，昼间噪声值超标 2.64 dB (A)，夜间噪声值超标 5.90 dB (A)。因此，场内交通噪声可能对上罗贵村、土官寨村靠近场内公路的部分居民有轻微影响，需采取相应措施。建议土官寨村附近 3#支洞施工道路夜间不进行物料运输，同时，拟在 1#支洞施工公路上罗贵村路段设置高 2m 长 100m 隔声屏障，3#支洞施工道路土官寨村路段设置高 2m 长距离居民点侧各设置 300m 隔声屏障，对居民点进行防护。

8.8 固体废物处理措施

8.8.1 弃渣处理措施

工程共规划有 14 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。施工废渣按建筑废料和弃土石进行分类处理，对淹没及占地拆除建筑废料等应尽量回收使用，减少资源浪费并避免其投入自然环境中对环境造成破坏，弃土石直接运往指定的弃渣场按照水保方案中的要求进行堆放，以免新增水土流失。工程枢纽区共设置 3 个弃渣场，其中 1#弃渣场位于坝址下游左岸冲沟，2#弃渣场位于库内大罗贵附近，3#弃渣场象山石料场附近；输水工程区共设置 11 个弃渣场。具体弃渣的堆放方案、处理措施见水土保持方案。

8.8.2 生活垃圾处理措施

施工期生活垃圾高峰日产量约 2.24t，施工期垃圾总产量约 2592.00t。

本工程施工生产生活区布置较为分散，工程拟采取将生活垃圾收集后统一处理。施工期，在枢纽区生活营地附近设一垃圾收集池，并在各施工生活区设置垃圾桶，根据垃圾产生量，枢纽工程区垃圾日高峰产量 0.80t，输水线路区垃圾日高峰产量 0.12t；拟在枢纽工程区共配备 240L 容量的垃圾桶 11 个，输水线路区各生产生活区分别配备 240L 容量的垃圾桶 2 个，共 24 个；工程共配备垃圾共 35 个。

由专人负责对日常垃圾清扫集中至垃圾桶内，并清运至垃圾收集池，再委托当地环卫部门定期清运至其生活垃圾处理场进行处理。

工程运营期，永久性的生活营地如生活办公区、水库管理所等，除安置足够数量的垃圾桶外，还需修建以水泥抹面的垃圾坑集中堆放垃圾，聘请专职人员负责营地内的卫生工作，每日进行清扫，收集后委托当地环卫部门运往当地垃圾卫生填埋场处置。

8.9 人群健康保护措施

施工期人群健康保护主要针对施工人员和管理人员，其保护内容主要为：

(1) 施工区卫生清理

在施工前期，做好施工营地清理和消毒工作，结合场地平整，对施工营地原有的厕所、蓄圈、垃圾堆等进行消毒，同时清理固体废物。

加强在施工区的卫生管理和卫生宣传教育，普及卫生常识。定期检查和消灭与传播疾病有关的媒介生物，如蚊虫、鼠、苍蝇等。特别要加强灭鼠工作，每季度进行一次，选用灭害灵灭蚊、灭蝇，每年两次。施工区的厕所应经常清扫，定期清运到处理场所，并用杀虫剂喷洒，进行灭蚊灭蝇，避免传染病流行。

(2) 环境卫生及食品卫生管理

①施工期加强对各施工人员生活区、办公区饮用水源、公共餐饮场所、垃圾堆放点、公共厕所等地的环境卫生管理，定期进行卫生检查，除日常清理外，每月至少集中清理2次。

②定期对各生活区的饮用水供水水质进行监测，以保证饮用水水质达标。

③从事餐饮工作的人员必须取得卫生许可证，并定期进行体检，有传染病带菌者要撤离其岗位。

④成立专门的清洁队伍，负责施工区、办公区、生活区的清扫工作，并根据办公生活区的布置，分设垃圾桶（箱）。

⑤公共卫生设施应达到国家卫生标准和要求。

(3) 施工人员疾病防治

施工人员进场前必须进行卫生检疫，如发现新入境传染病患者，须对患者隔离治疗，切断传播途径；对10%的施工人员进行体检，在工程施工高峰年对10%的施工人群抽查检疫，以了解施工人员健康状况，预防疾病流行；在施工人员相

对集中的地点设立医疗点，配备常用的治疗药品，开展简单治疗和工伤事故紧急处理。

施工区各施工单位和工程管理部门应明确卫生防疫责任人，负责管理范围内的卫生防疫工作并通过广播、墙报、印发宣传手册等多种形式，对施工人员进行饮食卫生宣传教育，提高施工人员自我预防疾病的健康意识。

8.10 移民安置区环境保护措施

结合移民安置点防污工程设计，在工程移民安置点所涉及的 18 个村民小组分别建立建立污水处理系统、垃圾处理设施等。

针对移民安置区的生活垃圾处理，在移民安置区配置垃圾收集点、垃圾收集房等处理设施，生活垃圾经收集后由当地政府统一处理。同时对移民加强宣传教育和管理工作，严禁生活垃圾乱丢乱弃。

农村生活污水按照分散处理的要求，对农村生活产生的人畜粪便、有机生活垃圾进行资源化处理，建设生态化粪池，生活污水与化粪池内污水采用“氧化塘+快渗池”处理工艺，尾水用于农田灌溉，以免对安置区周围环境卫生及水库径流区地表水环境、土壤环境等造成不利影响。

8.10.1 移民安置区供水工程

根据对安置点附近居民现有饮水方式及可供水情况调查，供水根据安置点位置选择从邻近水厂接入供水，或就近从周边村组接入供水。对于供水基础设施的建设，应加快农村饮水安全工程建设，提高饮水质量，尽量采取集中打井，或使用自来水集中供水，以保证居民饮用水安全。

8.10.2 移民安置区生活污水处理措施

依托安置区基础设施建设，按照分散处理的要求，分别采用“氧化塘”和“氧化塘+快渗池”处理工艺，其中“氧化塘+快渗池”尾水稳定达到一级 A 标，用于农田灌溉，“氧化塘”尾水污染物大幅削减，用于农田灌溉。各安置点的具体工艺设计及设计参数详见 8.1.2.1 节。根据设计成果，本工程将建设 40m³/d 氧化塘+快渗池污水处理站 2 座，50m³/d 氧化塘+快渗池污水处理站 2 座，建设 10m³/d 氧化塘污水处理站 5 座和 20m³/d 氧化塘污水处理站 7 座。具体设计工程量详见表 8.10-1。

表 8.10-1 安置点生活污水处理设施设计工程量表

序号	村民小组	户数	人口	污水排放量 (m ³ /d)	处理规模	处理工艺
1	大罗贵	136	466	48	50	氧化塘+快渗池
2	白塔村	17	63	8	10	氧化塘
3	张家屯	31	109	13	20	氧化塘
4	西冲	27	101	12	20	氧化塘
5	水井凹	6	17	2	10	
6	小车章	99	396	48	50	氧化塘+快渗池
7	大车章	5	21	3	20	氧化塘
8	马保地	4	15	2	20	氧化塘
9	三家	23	91	11	20	氧化塘
10	川洞	54	173	21	40	氧化塘+快渗池
11	车马碧	1	5	1	10	氧化塘
12	碧胯	38	152	18	20	氧化塘
13	黄坝	7	27	3	10	氧化塘
14	清水凹、中罗贵、下罗贵	60	223	27	40	氧化塘+快渗池
15	格里	8	28	3	10	氧化塘
16	发胯	27	90	11	20	氧化塘
17	合计	543	1977			

8.10.3 移民安置区生活垃圾处理措施

在移民安置区配置垃圾收集点、垃圾收集房收集，由当地政府统一处理。同时对移民加强宣传教育和管理工作，严禁生活垃圾乱丢乱弃。

由于项目区安置点人口居住相对城镇较为分散，单位服务面积内日产生垃圾量较低，山区自然村垃圾收集点的数量根据各村人口及居住分布情况进行设计。设置原则按小于 400 人的自然村设置 1 座垃圾收集点，400~800 人的自然村设置 2 座垃圾收集点，800 人以上的自然村，按 1 座/200 人的原则设置垃圾收集房。垃圾收集点根据当地情况，在主要人流集中地及公共场所如村落市场、学校、小广场、主要道路旁设置，共设置 18 个垃圾收集房。具体垃圾收集点、垃圾收集房的设计详见 8.1.2.1 节，主要工程量见表 8.10-2。

表 8.10-2 移民安置点生活垃圾收集设施工程量表

序号	村民小组	户数	人口	垃圾房
1	大罗贵	136	466	2
2	白塔村	17	63	1
3	张家屯	31	109	1
4	西冲	27	101	1
5	水井凹	6	17	1
6	小车章	99	396	2
7	大车章	5	21	1
8	马保地	4	15	1
9	三家	23	91	1
10	川洞	54	173	1
11	车马碧	1	5	1
12	碧胯	38	152	1
13	黄坝	7	27	1
14	清水凹、中罗贵、下罗贵	60	223	1
15	格里	8	28	1
16	发胯	27	90	1
17	合计	543	1977	18

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、水土保持等监测，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，具体检测方式可有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地表水、施工废污水、生活饮用水、地下水等。

①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，应对地表水水质进行监测。地表水监测技术要求见表 9.1-1。

表 9.1-1 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	车马碧水库坝址上游1km处	水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、COD _{Cr} 、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54个月	每年丰水期（8月）、平水期（12月）、枯水期（3月）各监测1次
	车马碧水库坝址下游1km处			
	马龙河上游24km土官寨处			

各监测项目的分析方法执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的相关规定，其中悬浮物的分析方法执行 GB 11901-89 的规定。

②施工废污水监测

为掌握工程施工期处理设施的运行情况和处理效果，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，其要求见表 9.1-2。

表 9.1-2 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	位于枢纽工程区和新发村的2个砂石加工系统废水处理系统，进、出水口，共4个点	悬浮物、废水流量	系统生产期	每季度测一次
隧洞排水水质	坝址左岸泄洪放空隧洞以及3#、6#、11#支洞口处4个隧洞排水处理系统进、出水口，共8个点	悬浮物、pH、石油类、废水流量	隧洞施工期	
混凝土拌和系统废水水质	坝址下游右岸混凝土拌和废水处理设施进、出水口，共2个点	悬浮物、pH、废水流量	系统生产期	
施工生活区生活污水水质	枢纽工程、5#支洞、8#支洞以及输水口生产区4个生活污水处理系统进、出水口，共8个点	BOD ₅ 、COD、悬浮物、氨氮、TP、动植物油、粪大肠菌群、阴离子表面活性剂、废水流量	生活区使用期	

各监测项目的分析方法执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的相关规定，其中悬浮物的分析方法执行 GB 11901-89 的规定。

③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。生活饮用水监测技术要求见表 9.1-3。

表 9.1-3 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
生活饮用水水质	枢纽工程、5#支洞、8#支洞以及输水口生产区4个施工生活区用水供水处	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	每季度测一次

生活饮用水的分析方法执行《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750-2006)中的相关规定。

④ 地下水监测

依据本工程对地下水影响的特点，结合项目区区域水文地质条件，重点监测水库集水范围内岩溶区地下水水环境的变化，对有代表性的泉 W03、W07、W12 进行长期监测，监测点详及监测要求情见表 9.1-4。

表 9.1-4 地下水监测点及监测要求一览表

编号	位置	纬度	经度	高程 (m)	监测项目	监测时段	监测频次
W03	响水街村	25°29'07"N	103°40'36"E	2025	流量、水质	施工期、运行期	每季度一次
W07	黄土坡村	25°24'07"N	103°27'38"E	1982			
W12	木龙村	25°25'02"N	103°26'53"E	1971			

其中水质监测项目为 pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、挥发性酚类、阴离子合成洗涤剂、总磷、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、氟化物、氰化物、汞、砷、硒、镉、铬(六价)、铅、铝、粪大肠菌群、矿化度、高锰酸盐指数、钾、钠、钙、镁。共计 31 项。

(2) 运行期水温、水质监测

为掌握运行期水库水温、水质及水库下游河道水温、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水温、地表水水质进行监测，监测技术要求见表 9.1-5。

表 9.1-5 运行期水温、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
车马碧水库水温	水库坝前	水温（表层0~5m，每1m测1点；中层5~20m，每5m测1点；底层大于20m，每10m测1点）	水库运行后的前5年	每月中旬1次
车马碧水库水质	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、高锰酸钾指数、BOD ₅ 、氨氮、总磷、总氮、氯化物、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、粪大肠杆菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰共28项	水库运行期，长期监测	每月1次
水库下游河道水温	水库坝址下游1km处、8km处	水温	水库运行后的前5年	每月中旬1次，与水库坝前水温监测同步
水库下游河道水质	水库坝址下游1km处、8km处	水温、pH、DO、高锰酸盐指数、BOD ₅ 、氨氮、总磷、总氮共8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》（GB3838-2002）、《地下水质量标准》（GB/T14848-93）。

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	车马碧村、大罗贵村、川洞村、上罗贵村、土官寨村、王大屯村各设一个监测点，共6个监测点	TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 的日均值	整个施工期，共54个月	每半年监测1次，每次连续5天

各监测项目的采样、分析方法应执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）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》（GB3096-2008）的规定。

表 9.1-7 声环境监测技术要求

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	车马碧村、大罗贵村、川洞村、上罗贵村、土官寨村、王大屯村各设一个监测点，共6个监测点	昼、夜等效声级	整个施工期，共54个月	每半年监测1次，每次1天

9.1.3.4 生态监测

(1) 水土保持监测

(2) 生态调查

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 9.1-8。

表 9.1-8 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，工程占地区及周围200m范围	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度和多度；陆生动物种类、数量和出现频率等	施工期	施工高峰年调查1次
	车马碧水库库周区、输水线路区	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度和多度；陆生动物种类、数量和出现频率等	运行前	水库运行第一年和第三年的8月份各调查一次，共2次
水生生态	车马碧水库输水口处与马龙河河口间的马龙河干流	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，	施工期在施工高峰年和竣工验收前各调查1次，共2次
	车马碧水库输水口处与马龙河河口间的马龙河干流、支流明水河	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	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》(SL167-96)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

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。为监控运行期河道生态需水量下泄，车马碧水库采取在车马碧水库大坝消力池下游 100m、以

及石仙人拦河坝鱼道进口下游 50m 处，分别布置一个河道生态需水量在线监控装置，并与相关监管部门联网，以加强对工程生态需水量下泄的监管。初拟采用河道生态需水量监测系统——超声波流量计进行在线监测。

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。车马碧水库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。主要包括以下工作内容：

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“9.3 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) 负责落实环保经费及环境监测工作的正常实施，做好环境信息统计；

(3) 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

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。

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单位开展环境监理。

根据工程规模和施工规划,施工期环境保护监理单位拟设专职监理人员 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。本项目环境监理由云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和施工期环境监理。

(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单位关于建设项目设计文件环保核查报告。

(2) 施工期环境监理

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。

9.4 水土保持监理

9.4.1 监理单位

水土保持工程监理由业主以委托或招标的方式选择具有相应资质的机构进行施工期水土保持工程监理。监理单位中标（或接受委托）后，应按照监理合同的要求，编写监理规划和监理实施细则，并报业主审批。业主审批后，监理人员应严格执行，履行自己应承担的职责，为水土保持工程保质、按期和限额完成提供服务。

9.4.2 监理职责

（1）依据合同相关内容，监督施工单位切实履行其水土保持责任。组织设计的单位向施工单位进行设计交底，审核施工单位组织设计，经批准后施工单位方可进行开工申请。同时，在施工过程中，建立工程材料检验和复验制度，建立工序质量检查和技术复核制度。

（2）对施工组织落实情况，监理工程师以监理日志、月报和年报的形式进行记录，说明施工进度、施工质量、资金使用及存在的问题、处理意见、有价值的经验等，全面控制水土保持工程的实施。监理月报、年报应报水行政主管部门备案。

（3）协调建设单位和施工单位、建设单位与相应水行政主管部门之间有关水土保持措施实施、水土保持监测等方面的工作。

9.4.3 监理制度

包括信息管理制度、水土保持监理例会制度、指令文件及技术文件审批制度等。

10 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析

10.1 环境保护投资估算

10.1.1 编制依据

(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 编制原则

- (1) 国家环保局第 253 号令《建设项目环境保护管理条例》；
- (2) 国家环保局（87）国环字第 002 号令《建设项目环境保护设计规定》；
- (3) 水利水电工程环境保护概估算编制规程（SL359—2006）；
- (4) 国家计委、国家环境保护总局计价格[2002]125 号《关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》（2002.1）；
- (5) 《云南省环境监测专业服务收费标准》；
- (6) 单价采用国家现行有关政策与现行物价。

10.1.3 环保投资估算

车马碧水库环保总投资 22578.44 万元。详见表 10.1-1。

表 10.1-1 车马碧水库环保投资估算表

序号	工程费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）	备注
(一)	环境保护措施				16439.52	
一	水环境保护措施				8591.31	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
1	污染源治理措施	项	1	85717800	8571.78	
2	石仙人坝生态流量泄放设施	项	1	195282.58	19.53	
二	生态保护措施费				7812.91	
1	车马碧鱼道	项	1	52333100	5233.31	
2	石仙人坝仿生态鱼道	项	1	552400	55.24	
3	石仙人坝下游河道治理	项	1	80000	8.00	
4	鱼类增殖站	座	1	20983600	2098.36	
5	鱼类栖息地	项	1	2000000	200.00	
6	取水口拦鱼措施	项	1	80000	8.00	拦鱼栅
7	水生生态科研投资	项	1	2000000	200.00	
8	野生动植物保护费	项	1	100000	10.00	
三	水库管理局环保措施费				35.30	
1	地理式生活污水处理系统	套	1	250000	25.00	
2	化粪池	座	1	50000	5.00	
3	垃圾桶	个	6	500	0.30	
4	垃圾房	座	1	50000	5.00	
(二)	环境监测措施				470.70	
一	水质监测费				341.20	
1	施工期水质监测				331.20	
①	地表水监测	点*次	54	8000	43.20	3个断面、54个月、每季度1次
②	生活废水监测	点*次	144	6000	86.40	8个断面、54个月、每季度1次
③	生产废水监测	点*次	252	4000	100.80	14个断面、54个月、每季度1次
④	地下水监测	点*次	54	8000	43.20	3个断面、54个月、每季度1次
⑤	生活饮用水	点*次	72	8000	57.60	4个断面、54个月、每季度1次
2	鱼类增殖站进水监测	项目	1	100000	10.00	
二	大气监测	点位	45	10000	45	
三	噪声监测	点位	45	1000	4.5	
四	水生生物监测				45.00	
五	陆生生态监测费				35.00	
第一~第二部分合计					16910.22	
(三)	环境保护仪器设备及安装				435.48	
一	生态流量在线监测系统	套	2	300000	60	
二	环境保护设备				375.48	
1	施工废污水处理设备				329.60	
(1)	砂石加工系统废水处理设备	套	2	1250000	250.00	高效污水净化器、泵、过滤器等

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
(2)	混凝土拌和系统废水处理设备	台	15	10000	15.00	泵
(3)	修配系统废水处理设备	套	2	15000	3.00	高效油水分离器、泵
(4)	隧洞施工废水处理设备	台	12	8000	9.60	泵
(5)	生活污水处理设备	套	1	200000	20.00	一体化处理设备、泵
(6)	冲水厕所	座	4	50000	20.00	
(7)	化粪池	座	12	10000	12.00	泵、环保厕所及设备安装调试费
2	粉尘防治				45.00	
(1)	洒水车	辆	3	100000	30.00	
(2)	除尘器	台	15	10000	15.00	
3	生活垃圾收集、处理	个	35	250	0.88	垃圾桶
第一~第三部分合计					17345.70	
(四)	环境保护临时措施				678.94	
一	施工废污水处理				529.95	
1	砂石料加工系统废水处理	项	2		338.00	土建及运行费
2	混凝土生产废水处理工程	项	15		6.67	
3	机修废水处理工程	项	2		9.38	
4	隧洞施工废水处理设备	项	12	30000	36.00	
5	基坑排水处理	项	1	50000	5.00	
6	生活污水处理	项			14.90	
(1)	生活污水处理工程	项	1		8.90	
(2)	生活污水处理工程	项	12	5000	6.00	
7	地下水	项	1	1200000	120.00	
二	大气环境保护工程				58.35	
1	洒水降尘人工费	人·月	162	1500	24.30	
2	洒水车运行费	辆·年	14	25000	33.75	
3	交通标志牌	个	10	300	0.30	
三	声环境保护工程				37.50	
1	隔声屏	m	300	1000	30.00	
2	隔声窗	m ²	50	1500	7.50	
四	固体废物处理				53.14	
1	生活垃圾清扫	人·月	216	1500	32.40	
2	生活垃圾外运处理	t	2592	80	20.74	
第一~第四部分合计					18024.64	
(五)	环境保护独立费用				2501.22	
一	建设管理费				885.99	
1	环境管理经常费				360.49	取第一~第四部分和的2%
2	环保设施竣工验收费				165.00	
3	环保宣传及技术培训费				360.49	取第一~第四部分和的2%

序号	工程费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
三	环境监理费				236.00	
1	现场监理费	人.年	6*4.5	8	216.00	
2	环境监理其他费	项	1	200000	20.00	
三	科研勘测设计费				1379.23	
1	环境影响评价费				478.00	
2	环保勘测设计费				901.23	取第一~第四部分和的5%
第一~第五部分合计					20525.86	
(六)	环境保护预备费				2052.59	取第一~第五部分和的10%
合计					22578.44	水保工程投资另计

10.2 环境影响经济损益分析

工程建设由于水库淹没、工程占地和工程施工污染物质排放等方面对工程区域环境质量和环境资源造成一定程度的损失和影响。在工程建设过程中，实施了相应的减免和改善措施，使不利影响可在很大程度上得到减小和避免。

车马碧水库工程建设，可提供曲靖坝 6.38 万亩农田灌溉用水及西城工业园区用水，保证坝下马龙河流域 0.25 万亩农田及旧县工业园区用水，并退减目前曲靖坝区已建水源工程坝址断面现状被挤占的河道生态用水，为地方经济发展提供保障。水库建设具有较好的社会效益和经济效益。

本工程为非污染生态工程，具有运行年限长、环境损失补偿大多为一次性投入的特点，建成后，在环境损失方面的补偿随着时间的增加基本不需追加投资，随着工程的运行，环境效益将不断增大。因此，在环境费用——效益方面，工程具有较优越的经济指标。

11 公众参与

11.1 公众参与目的、原则和方式

(1) 目的

公众参与是环境影响评价工作的重要组成部分，根据《中华人民共和国环境影响评价法》及环保部《环境影响评价公众参与暂行办法》，在车马碧水库工程环境影响评价工作中开展了公众参与工作，让公众更好地了解该工程的建设情况、工程特点和与工程有关的环境问题，广泛听取社会各界对该工程建设环境影响与生态保护的意见与建议，使环境影响评价更加民主化、公众化，在该工程建设中尽可能考虑与采纳公众的合理化建议，使工程建设与地区的生态环境保护相协调，达到区域可持续发展的目的。

车马碧水库工程的实施可能会影响该地区各社会团体以及个人的工作和生活，工程的建设对当地社会环境和生态环境会产生一定影响。本工程的公众参与是建设单位、评价单位与当地社会团体以及受工程影响的居民之间的双向交流，通过开展公众参与可以让当地社会团体和公众了解工程的情况和工程实施可能引起的环境问题，并充分征询工程涉及地区各方面、各阶层对工程实施的意见。本工程的实施应充分考虑公众的看法和意见，发挥公众监督的作用，进一步完善环境保护工作，使环境保护措施的制定和实施更具针对性和可操作性。通过以上工作，使车马碧水库工程最大限度的发挥社会、经济和环境的综合效益。

(2) 原则

公众参与调查方式以针对性和随机性相结合的原则进行，以达到公正无偏，不带有调查者倾向和个人感情等主观问题。

(3) 方式

公众调查通过当地人民政府，采取邀请相关社会团体代表和受影响民众参与听证会讨论、发放调查表、随机征询、交谈等几种形式，向项目所在地或与本工程有直接或间接关系的社会各界，如政府机关工作人员（包括人大、政协等）、乡（村）干部、企业工人、农民、教师等征求意见和建议，并广泛收集该工程在勘探设计和施工过程中，各设计、建设单位以及施工单位和地方政府之间进行协商、意见交换及公众参与的记录。

本工程环评公众参与方式主要有以下几种：

(1) 对工程所在地社会团体和工程区及周边居民采用发放问卷进行集中调查,共发放调查表格 354 份,其中社会团体问卷 54 份;个人问卷 300 份。收集以上人员对该工程建设的态度、意见和建议,并将主要意见落实到环境影响评价和环境保护措施中。

(2) 在工程设计过程中,就工程开发任务等设计依据听取当地政府及行业主管部门的看法和建议;当地政府和行业主管部门直接参与工程区域环境现状调查。

(3) 根据《环境影响评价公众参与暂行办法》中的有关要求,分别于 2015 年 7 月 16 日~25 日,2015 年 12 月 2 日~12 月 11 日就项目建设基本情况、可能产生的主要环境影响及拟采取的保护措施等建设项目主要信息通过张贴公示、政府网站公示等方式进行了信息公示。在公示期间,未收到任何反馈意见。

11.2 公众参与的实现过程

公众参与贯穿于工程可研阶段环境影响评价工作的整个过程之中。公众参与主要通过张贴环境影响评价信息公告,利用网络媒体告示,开展问卷调查等方式实现。

11.2.1 环境影响评价信息公告

11.2.1.1 第一次信息公示

2015 年 7 月 16 日~7 月 25 日,工程建设单位曲靖市车马碧水库工程建设管理局在工程涉及的马龙县旧县镇、马过河镇、王家庄镇及白塔社区、车章村、麻衣村和曲靖市、麒麟区、经开区张贴公告了《云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响评价第一次公众参与信息公告》,公布了车马碧库工程建设项目基本情况、建设单位基本情况、环境影响评价单位基本情况、环境影响评价的工作程序和主要工作内容、征求公众意见的主要事项以及公众提出意见的主要方式等,见表 11.2-1。

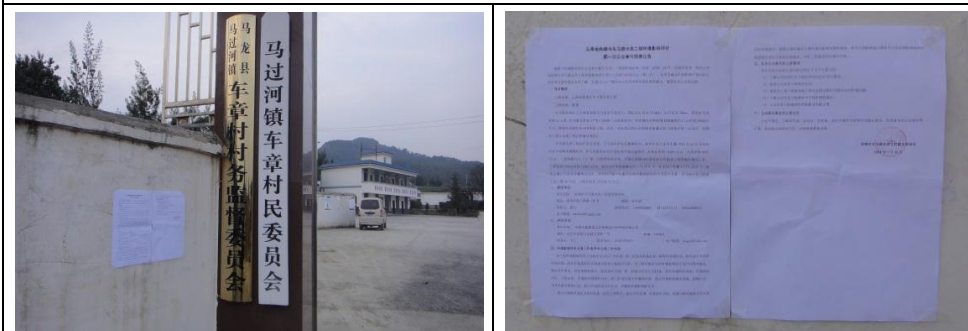
表 11.2-1

第一次现场公示

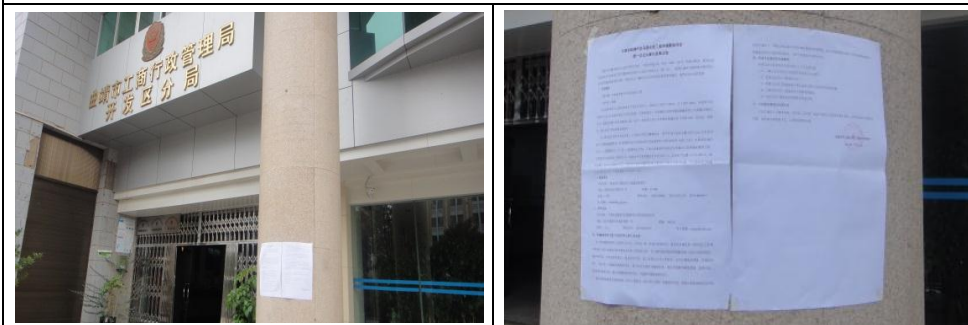
马龙县白塔社区第一次现场公示



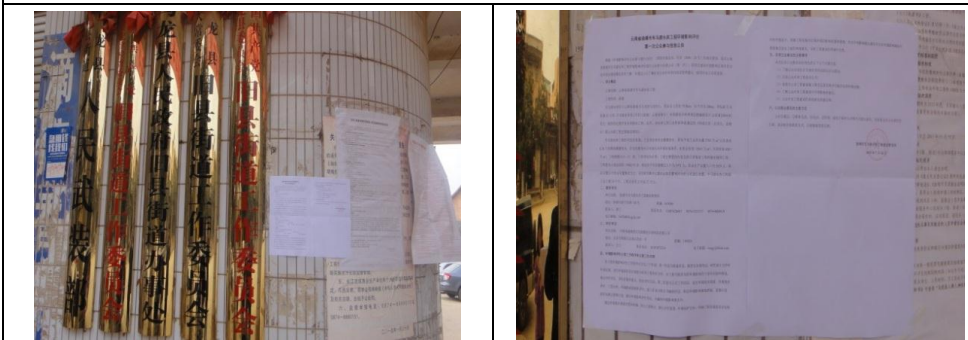
马龙县车章社区第一次现场公示



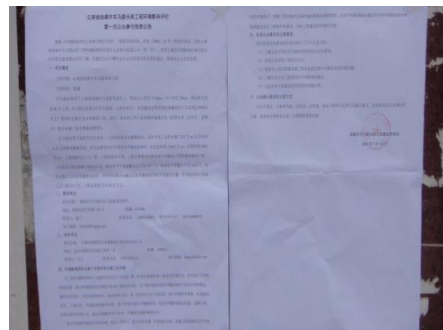
曲靖市经开区第一次现场公示



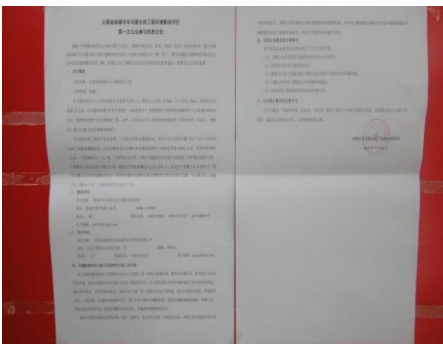
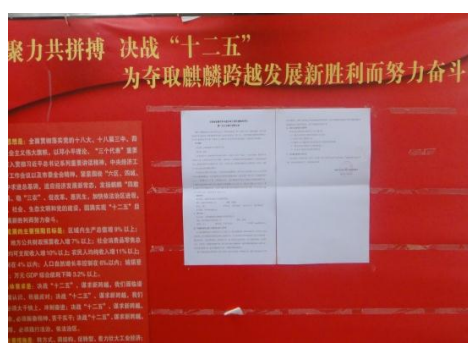
马龙县旧县镇第一次现场公示



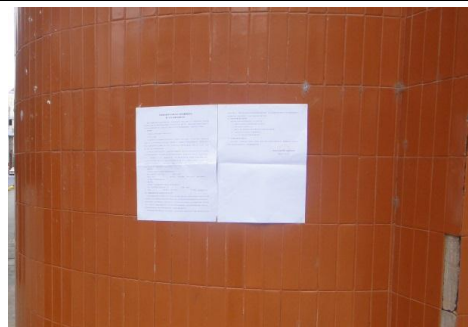
马龙县马过河镇第一次现场公示



曲靖市麒麟区第一次现场公示



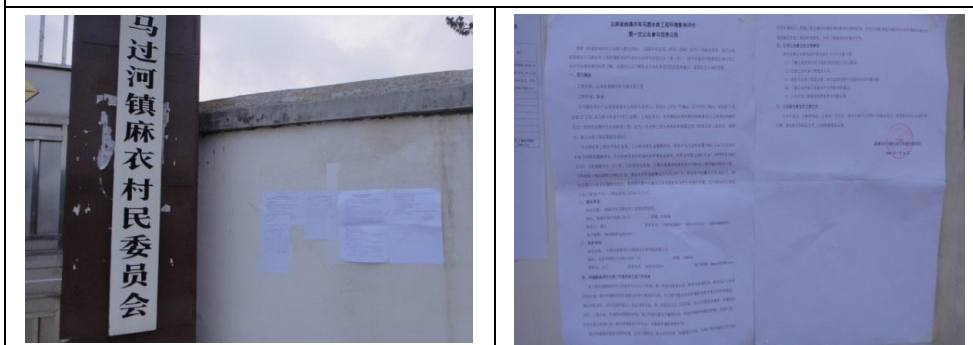
曲靖市第一次现场公示



马龙县王家庄镇第一次现场公示



马龙县马过河镇麻衣村第一次现场公示



11.2.1.2 第二次信息公示

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》的有关规定，为便于公众了解曲靖市车马碧水库工程建设及其可能产生环境影响的基本情况，并对其提出意见和建议，2015年12月，在曲靖市和马龙县对“车马碧水库工程环境影响评价”进行了第二次公示，本次采取的公示方式有两种，包括在受工程直接和间接影响的乡镇和村委会的政府告知栏张贴“车马碧水库工程环境影响评价第二次信息公告”告示；在曲靖市政府网站上发布公告等。

(1) 张贴第二次信息公告

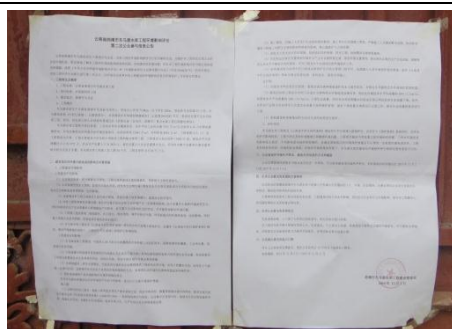
2015年12月2日~12月11日在工程涉及的马龙县旧县镇、马过河镇、王家庄镇及白塔社区、车章村、格里社区、何家村、庄朗社区和曲靖市、麒麟区分别张贴了《云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响评价第二次公众参与信息公告》，主要的公示内容包括：车马碧水库建设项目概况、建设项目周围环境现状、环境影响对策措施、环境影响评价结论、公众查阅报告书简本的方式和期限、征求公众意见的具体形式以及公众提出意见的起止时间等。在信息公示期间，评价机构及建设单位均未收到非政府组织、媒体、研究机构、专家学者及社会公众等的反馈意见，部分公示的张贴现场情况见表 11.2-2。

表 11.2-2

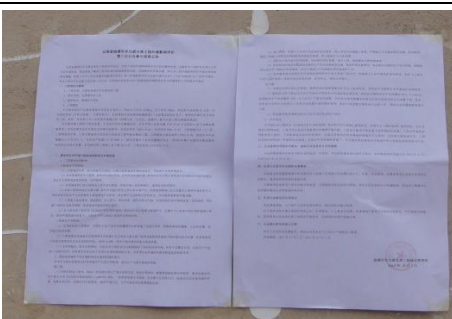
第二次现场公示信息

白塔社区第二次现场公示	
	
车章社区第二次现场公示	
	
格里社区第二次现场公示	
	
旧县镇第二次现场公示	
	

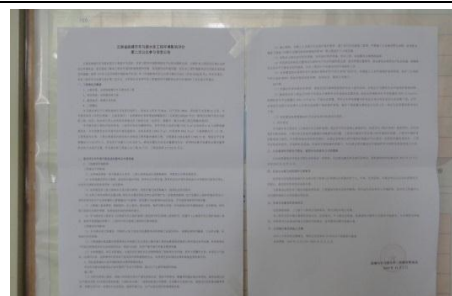
马过河镇第二次现场公示



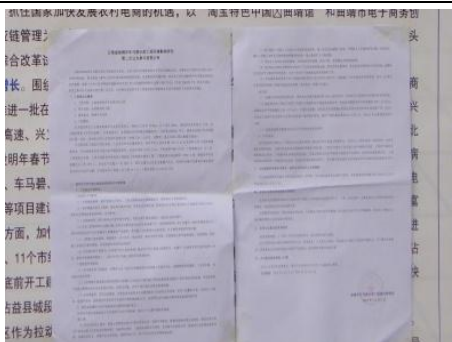
何家村第二次现场公示



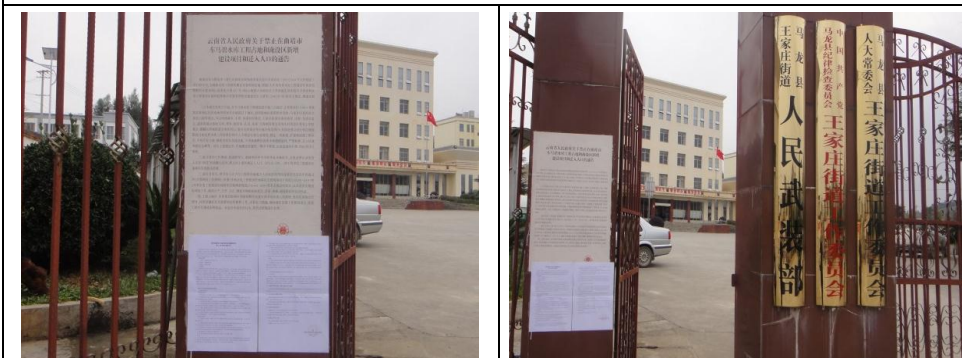
麒麟区第二次现场公示



曲靖市第二次现场公示



王家庄镇第二次现场公示



庄朗社区第二次现场公示



(2) 政府网站第二次公告

2015年12月14日，建设单位在曲靖市水务局政府网站上发布了《云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响评价第二次公众参与信息公告》的公告信息，信息信息公告网站链接：

http://xxgk.yn.gov.cn/Z_M_004/Info_Detail.aspx?DocumentKeyID=95D17AC4E278470DAFD10F2AD305FC1F

第二次信息公告较第一次公告更为详细地公布了车马碧水库工程建设项目概况、项目周围环境现状、环境影响对策措施、环境影响评价结论、报告书简本查阅的方式和期限、公众反馈意见的形式及时限等，公告后未收到非政府组织、媒体、研究机构、专家学者及社会公众等的反馈意见，公告详细信息截图见图11.2-1。

今天是：2015年12月17日 星期四

请输入关键字 搜索

您的位置：首页 > 通知公告

展开基本信息

云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响评价第二次公众参与信息公告

索引号：530300-008433-20151214-0001

发布时间：2015-12-14 17:05:27

[打印] [关闭]

云南省曲靖市车马碧水库位于曲靖市马龙县，目前工程的环境影响报告书已初步编制完成，为维护本工程所在区域公众的合法环境权益，更全面地了解本工程对环境的影响程度和范围，发现潜在的环境问题，弥补本工程环境影响评价可能出现的疏忽和遗漏，按照《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发2006[28号]）的有关规定，对本工程环评公众参与进行第二次公示，以听取社会各界对本工程建设的环境影响及有关环境保护工作的意见和建议。

您的位置：首页 > 通知公告

展开基本信息

云南省曲靖市车马碧水库工程环境影响评价第二次公众参与信息公告

索引号：530300-008433-20151214-0001

发布时间：2015-12-14 17:05:27

[打印] [关闭]

云南省曲靖市车马碧水库位于曲靖市马龙县，目前工程的环境影响报告书已初步编制完成，为维护本工程所在区域公众的合法环境权益，更全面地了解本工程对环境的影响程度和范围，发现潜在的环境问题，弥补本工程环境影响评价可能出现的疏忽和遗漏，按照《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发2006[28号]）的有关规定，对本工程环评公众参与进行第二次公示，以听取社会各界对本工程建设的环境影响及有关环境保护工作的意见和建议。

一、工程情况及概要

- 1、工程名称：云南省曲靖市车马碧水库工程
- 2、项目性质：水资源利用工程
- 3、建设地点：曲靖市马龙县
- 4、工程概况

车马碧水库位于云南省曲靖市马龙县马龙河上，坝址以上河长75.8km，以下河长28km，坝址距马龙县城25公里。车马碧水库是《牛栏江流域（云南省部分）水资源综合利用规划修编报告》（云政复[2008]82号文）推荐的近期开发水利枢纽工程。此外，该水库已列入水利部审查通过的《西南五省（自治区、直辖市）重点水源工程近期建设规划》。

车马碧水库工程的开发任务是：工业供水和农业灌溉供水，多年平均工业供水量3760万m³以及承担6.38万亩耕地灌溉供水，并为改善受水区河道内水环境创造条件。水库总库容12755万m³，兴利库容8981万m³，工程规模为Ⅱ型，工程等级为Ⅱ等，工程主要建设内容包括大坝枢纽工程和输水隧洞工程。工程建设占地总面积13982.53亩，规划水平年直接搬迁人口为1971人，农业生产安置人口为2629人，移民安置以大农业安置模式为主，采用本村后靠、跨村本镇内外迁安置以及跨镇本县内外迁安置相结合的方式进行安置。车马碧水库工程施工总工期54个月，工程总投资215126.72万元。

二、建设项目对环境可能造成的影响及对策措施

1、工程建设环境影响

工程建设不利影响：

- (1) 水库淹没将使一部分植被永久消失，工程占地将造成区域植被破坏，导致部分生物资源损失。
- (2) 水库修建改变水文情势，造成坝后减水河段，改变水生生物生境，原有的水生生物区系组成与分布格局可能发生变化，对水生生物特别是鱼类带来一定的影响。
- (3) 水库淹没和工程占地将永久丧失部分耕地，导致区域土地资源减少，造成社会经济损失。
- (4) 水库工程带来移民安置问题。移民对安置区的社会和生态环境产生一定程度的影响，加大安置区土地和环境承受压力，同时对移民的生产生活质量和人群健康也产生影响。若安置不当会影响社会的安定，并可能带来新的环境问题。
- (5) 工程施工造成景观、植被破坏，水土流失，废水排放，噪声及粉尘污染，对局部地区的环境将造成一定的影响。同时施工现场生活条件简陋，容易造成传染性疾病的流行。
- (6) 车马碧水库工程涉及《云南省牛栏江保护条例》规定的牛栏江流域上游保护区，在遵守《云南省牛栏江保护条例》规定、做好环保措施的前提下，工程对牛栏江流域上游保护区影响较轻。

工程建设有利影响：

- (1) 车马碧水库工程建设，可提供6.38万亩农田的灌溉用水和西城工业园区用水，保障曲靖坝的灌溉、工业供水，促进地方经济发展。
- (2) 工程修建后将减退目前曲靖坝区内南盘江及支流各已建水源工程坝址断面现状被挤占的河道生态用水量，有效恢复坝下河流自然景观及水生生态系统的形态、结构与功能，有利于提升城市形象及景观质量。
- (3) 水库修建后，库区水面增加，为适宜该生境的水生动植物提供了较好的生存环境，有利于其繁衍生息；对库区小气候有一定调节作用，这种调节作用有利于库周农作物和植物的生长，对库周生态环境的改善和恢复起到积极作用。

2、预防或者减轻不良环境影响的对策和措施的要点

针对车马碧水库建设运行对环境所产生的不利影响，提出以下主要环境保护措施。

三、公众查阅环评报告书简本、索取补充信息的方式和期限

公众如需查阅环评报告书简本或其他进一步资料，可致电建设单位或环评单位，资料索取的时间建议在2015年12月11日至2015年12月20日。

四、征求公众意见的范围和主要事项

征求意见的范围是曲靖市车马碧水库工程调入区和受水区范围内的个人、专家、社会团体、企事业单位以及项目直接涉及的群众、基层组织和其他利益相关者。

主要事项包括您对本工程总体看法和态度；工程建设对您生活有何影响；项目运行后会有什么环境影响；您对本工程最关心的问题有哪些以及其他建议等内容。

五、征求公众意见的具体形式

发放调查表格，上门请个人和单位团体填写，然后回收并统计结果。

在工程涉及的乡镇主要场所发布公示，征求意见。个人意见以信函、传真或电子邮件方式提供书面意见，可不留姓名和地址。团体意见以信函或传真方式提供书面意见，注明团体名称并加盖公章。

六、公众提出意见的方式和期限

对以上公告如有反馈意见，请在公告发布后10天内与下述联系人联系。

环评单位名称： 中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司 地址：北京市朝阳区定福庄西街一号 邮编：100024

联系人：全工 联系电话：01051972219 电子邮箱：tongy@bhidi.com

建设单位名称： 曲靖市车马碧水库工程建设管理局 地址：曲靖市南宁西路138号 邮编：655000

联系人：浦仕坤 联系电话：13887428683 0874-3335317 0874-8889919 电子邮箱：344764081qq@.com

公众提出意见的起止时间： 2015年12月11日~2015年12月20日

曲靖市车马碧水库工程建设管理局

2015年 12月11日

图 11.2-1 车马碧水库工程第二次网络公示

11.2.2 问卷调查

建设单位于 2015 年 7 月末至 2015 年 11 月开展了曲靖市车马碧水库工程公众参与的问卷调查。问卷调查发放的对象分团体和个人，调查问卷主要对工程项目概况、主要环境影响及采取的相关环保措施做出了简要的介绍，并设置了工程建设与公众切身利益相关的问题。工程问卷调查的数量（团体、个人）、回收率等见表 11.2-3。

表 11.2-3 公众参与问卷调查数量情况统计表

调查项目	调查对象	发放问卷份数	收回有效问卷份数	回收率 (%)
问卷调查	团体	54	54	100
	个人	300	300	100

11.2.2.1 公众参与的主体

(1) 受影响单位团体公共代表

调查的团体代表主要指受工程直接和间接影响的曲靖市麒麟区、经开区、陆良县及马龙县受水库工程建设直接影响的各个乡镇的政府及社会团体，车马碧水库工程的勘测设计、移民安置、环境影响评价等均需要各政府机构的参与和支持，同时也需要他们的组织和沟通。

(2) 受直接影响个人

主要是指受水库工程直接影响的个人，主要为受水库淹没影响的移民，以及受工程施工建设影响的施工区附近的居民。

(3) 受间接影响个人

由于水库建设而产生大量的移民，移民安置区短期内要接纳大量移民入迁，其原居民的生产生活将会受到一定的影响。因此安置区居民受工程建设间接影响，将作为公众参与个人调查的主体。

11.2.2.2 调查对象

(1) 团体部分

在本次公众参与的问卷调查中，针对工程所涉及到的团体，共发放团体问卷 54 份，回收 54 份，回收率 100%。包括车马碧水库工程涉及的曲靖市麒麟区、经开区、陆良县、马龙县及涉及的村民委员会。具体参与调查的对象名单详见表 11.2-4。

表 11.2-4 公众参与调查对象统计表（团体部分）

序号	行政区	社会团体
1	曲靖市	曲靖市人民政府
2	曲靖市	中国人民政治协商会议云南省曲靖市委员会
3	曲靖市	曲靖市环境保护局
4	曲靖市	曲靖市林业局
5	曲靖市	曲靖市发展和改革委员会
6	曲靖市	曲靖市住房和城乡建设局
7	曲靖市	曲靖市国土资源局
8	曲靖市	曲靖市水务局
9	曲靖市	曲靖市经济技术开发区管理委员会
10	曲靖市麒麟区	中国人民政治协商会议云南省曲靖市麒麟区委员会
11	曲靖市麒麟区	曲靖市麒麟区人民政府
12	曲靖市麒麟区	曲靖市麒麟区住房和城乡建设局
13	曲靖市麒麟区	曲靖市麒麟区国土资源局麒麟分局
14	曲靖市麒麟区	曲靖市麒麟区水务局
15	曲靖市麒麟区	曲靖市麒麟区林业局
16	曲靖市陆良县	中国人民政治协商会议云南省陆良县委员会
17	曲靖市陆良县	陆良县林业局
18	曲靖市陆良县	陆良县环境保护局
19	曲靖市陆良县	陆良县住房和城乡建设局
20	曲靖市陆良县	陆良县发展和改革委员会
21	曲靖市陆良县	陆良县国土资源局
22	曲靖市陆良县	陆良县水务局
23	曲靖市陆良县	陆良县人民政府
24	曲靖市马龙县	中国人民政治协商会议云南省马龙县委员会
25	曲靖市马龙县	马龙县人民政府
26	曲靖市马龙县	马龙县水务局
27	曲靖市马龙县	马龙县住房和城乡建设局
28	曲靖市马龙县	马龙县林业局
29	曲靖市马龙县	马龙县发展和改革局
30	曲靖市马龙县	马龙县环境保护局
31	曲靖市马龙县	马龙县国土资源局
32	曲靖市马龙县	马龙县人民代表大会常务委员会
33	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道龙腾社区居民委员会
34	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道国土和城镇规划建设服务中心
35	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道林业站
36	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道王家庄社区居民委员会
37	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道格里社区居民委员会
38	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道庄郎社区居民委员会
39	曲靖市马龙县	马龙县人民政府王家庄街道办事处
40	曲靖市马龙县	马龙县王家庄街道水务所
41	曲靖市马龙县	马过河镇车章村民委员会
42	曲靖市马龙县	马过河镇麻衣村民委员会
43	曲靖市马龙县	马龙县马过河镇环境保护所
44	曲靖市马龙县	马过河镇国土和城镇规划建设服务中心
45	曲靖市马龙县	马过河镇林业站
46	曲靖市马龙县	马过河镇水务所
47	曲靖市马龙县	马龙县国土资源局马过河国土资源所

序号	行政区	社会团体
48	曲靖市马龙县	马龙县马过河镇人民政府
49	曲靖市马龙县	马龙县国土资源局旧县国土资源所
50	曲靖市马龙县	马龙县旧县街道林业站
51	曲靖市马龙县	马龙县人民政府旧县街道办事处
52	曲靖市马龙县	马龙县旧县街道水务所
53	曲靖市马龙县	马龙县旧县街道国土和城镇规划建设服务中心
54	曲靖市马龙县	马龙县旧县街道白塔社区居民委员会

(2) 个人部分

共发放个人调查问卷 300 份，回收 300 份，回收率 100%。调查对象主要包括受车马碧水库工程淹没占地影响的王家庄镇、马过河镇、旧县镇 3 个镇 16 个村小组，各村组参与情况见表 11.2-5，个人信息统计见表 11.2-6。

表 11.2-5 公众参与调查对象各村组发放份数统计表（个人部分）

县	发放地点		发放份数	回收份数	百分比 (%)	
	乡（镇、街道）	村委会（社区） 组（村）				
马龙县	王家庄镇	王家庄街道办事处		14	14	100
		格里村委会	碧腾村	35	35	100
			格里村	14	14	100
			下罗贵村	16	16	100
			中罗贵村	9	9	100
			上罗贵村	9	9	100
			发腾居民组	7	7	100
			清水凹居民组	11	11	100
			黄坝居民组	13	13	100
			干冲居民组	12	12	100
	小计			140	140	100
	马过河镇	麻衣村委会	川洞村	20	20	100
		车章村委会	小车章村	51	51	100
		小计		71	71	100
	旧县镇	白塔社区	大罗贵村	16	16	100
			白塔村	19	19	100
			水井凹村	5	5	100
			张家屯村	16	16	100
			西冲村	15	15	100
	小计			71	71	100
	马龙县发改局			2	2	100
	马龙县地方公路管理局			1	1	100
	马龙县鸡头村街道水务所			1	1	100
马龙县马鸣乡人民政府			1	1	100	
马龙县马鸣乡人民政府			1	1	100	
马龙县第三纪工委			1	1	100	
马龙县移民发改局			1	1	100	
马龙县财政局			1	1	100	
马龙县委农办			1	1	100	

发放地点				发放份数	回收份数	百分比 (%)
县	乡(镇、街道)	村委会(社区)	组(村)			
		马龙县鸡头村街道办事处		1	1	100
		马龙县旧县街道水务所		1	1	100
		马龙县滨河北路188号		1	1	100
		马龙县住房和城乡建设局		1	1	100
		王家庄街道王家庄中学		1	1	100
		王家庄街道办事处安监站		1	1	100
		马龙县王家庄水泥厂		1	1	100
		马龙县旧县街道水务所		1	1	100
		小计		88	60	100
		总计		268	268	100

表 11.2-6 公众参与调查对象个人信息统计表(个人部分)

调查项目		调查结果(%)	
		个数	百分比(%)
性别	①男	252	84.0
	②女	46	15.3
	③未填	2	0.7
文化程度	①大专及以上学历	25	8.3
	②高中	28	9.3
	③初中	157	52.3
	④小学及以下	86	28.7
	未填	4	1.3
年龄段	①30岁以下	29	9.7
	②30~40岁	89	29.7
	③40~50岁	105	35.0
	④50~60岁	44	14.7
	⑤60岁以上	25	8.3
	未填	8	2.7
民族	①汉族	268	89.3
	②回族	2	0.7
	③彝族	13	4.3
	④苗族	15	5.0
	未填	2	0.7
与工程位置 关系	①移民	172	57.3
	②施工区周边居民	52	17.3
	③安置区居民	38	12.7
	④其他人员	28	9.3
	未填	10	3.3

11.2.2.3 调查结果分析

在本次调查中,受调查的团体和个人都很积极的参与调查,填写问卷,对工

程建设与社会经济及他们的个人利益的利弊关系比较关心,同时对工程建设可能产生的环境影响也比较关注。

(1) 团体部分

收回的 54 份团体问卷统计结果详见表 11.2-7。

表 11.2-7 公众参与调查结果统计表（团体部分）

序号	调查项目	调查结果		备注	
		个数	百分比 (%)		
1	贵单位或团体认为该工程的建设对当地社会经济发展、提高居民生活水平的影响如何？	①有较大促进作用	43	79.63	
		②有一定促进作用	11	20.37	
		③没有促进作用	0	0	
2	贵单位或团体认为当地最突出的社会环境问题是什 么？	①经济落后	4	7.41	
		②饮水困难	5	9.26	
		③工业用水保障率低	5	9.26	
		④灌溉保障率低	25	46.3	
		⑤干旱、洪涝灾害	15	27.78	
		⑥其他	0	0	
3	贵单位或团体人为该工程 区域目前的环境质量如 何？	①很好	22	40.74	
		②较好	20	37.04	
		③一般	12	22.22	
		④较差	0	0	
		⑤差	0	0	
4	您认为水库建设涉及的河 段和区域目前存在的主要 环境问题是？（多选）	①植被破坏	17	27.0	
		②工业、企业废污水污染	11	17.5	
		③大气污染	1	1.6	
		④城镇及农村生活、禽畜养 殖污水污染	13	20.6	
		⑤水土流失	21	33.3	
		⑥噪声污染	0	0	
		⑦石漠化	0	0	
		⑧其他	0	0	
5	贵单位或团体认为该工程 的建设会对自然环境产生 哪些不利影响？	①水污染	0	0	
		②植被破坏	15	19.2	
		③水土流失	12	15.4	
		④水文情势变化	5	6.4	
		⑤鱼类生境影响	2	2.6	
		⑥矿产资源压覆	5	6.4	
		⑦土地淹没和占用	14	17.9	
		⑧噪声、粉尘对人群健康的 影响	8	10.3	
		⑨需要安置大量移民	17	21.8	
		⑩其他	0	0.0	
6	从贵部门的管理角度，本工 程的建设及运行中急需解 决的环境问题有哪些？	①移民安置问题	5	9.26	
		②加强生态保护，水土保持	4	7.41	
		③解决上游城镇生活污水 对水质的影响	2	3.7	

序号	调查项目	调查结果		备注	
		个数	百分比 (%)		
		④水库建成后加强管理,保障水质	1	1.85	
		⑤无	42	77.78	
7	在移民安置中,贵单位最关心的问题?	①水源保证及质量	28	51.85	其他:移民安置点是否受地质灾害的威胁
		②废水管网的建设	6	11.11	
		③生活污水、垃圾如何处理	19	35.19	
		④其他	1	1.85	
8	贵单位认为移民搬迁后的收入水平和生活质量将如何变化?	①得到改善或提高	54	100	
		②下降	0	0	
		③不确定	0	0	
9	贵单位或团体认为该工程的建设对区域社会、经济、环境协调发展的利弊?	①利大于弊	54	100	
		②弊大于利	0	0	
10	贵单位或团体是否赞成该工程建设?如不赞成,请说明理由	①赞成	54	100	
		②不赞成	0	0	
11	请贵单位或团体谈谈工程施工期间和运行期间在环境保护方面的建议和要求	①促进水循环可持续发展	1	1.85	
		②将环评报告中的环保措施落实到实处	1	1.85	
		③加强森林植被保护和水土保持	6	11.11	
		④加强施工管理	1	1.85	
		⑤解决上游生活污水的污染问题,保护水生态环境	3	5.56	
		⑥完善移民安置点的配套设施	1	1.85	
		⑦无	41	75.93	

从统计结果看,100%的调查单位或团体认为该工程建设对区域环境的影响利大于弊,且能在一定程度上促进当地社会经济发展和提高居民生活水平,54个调查单位或团体均赞成该工程建设。

调查单位或团体认为当地最突出的社会环境问题依次是灌溉保证率低(46.3%)、干旱洪涝灾害(27.78%)、饮水困难(9.26%)、工业用水保障率低(9.26%)及经济落后(7.41%)。

调查的团体中,均认为水库工程涉及河段的生态环境现状较好;认为目前存在的主要环境问题是水土流失(38.89%)和植被破坏(31.48%),其次是工业、企业废水污染(20.37%)和城镇及农村生活、禽畜养殖污水污染(24.07%)

针对车马碧水库工程建设带来的不利影响问题调查中,受访团体认为工程建

设带来的不利影响主要是需要安置大量移民（31.48%）、植被破坏（27.78%）、土地淹没和占用（25.93%）和水土流失（22.22%）。其中有 13 家受访单位对工程建设和运行中需要注意和解决的问题和施工期间和运行期间需要注意的环境保护方面的问题提出了宝贵的意见（意见汇总见表 11.2-5 中对应部分）。

针对移民安置的问题调查中，受调查团体最关心的环境问题是水源质量，比例占 51.85%；其次是生活污水和生活垃圾的处理情况、给排水管网建设，所占比例 35.19%、11.11%；调查中 100%的团体认为移民搬迁后收入和生活质量会得到改善或提高。

（2）个人部分

在公众参与个人部分的调查中，要求填写群众的个人基本信息资料，以及对问卷问题的回答，并可以自由发表他们对工程建设的个人意见和看法，其中对个人信息资料的统计在调查对象的个人部分中已予以明确。本次对个人问卷的调查问题设置中，根据调查对象的不同，为受工程直接影响的移民、施工区附近居民设置了相关问题，为受工程间接影响的安置区居民设置了与之相关的问题。问卷问题的调查统计结果具体见表 11.2-8。

表 11.2-8 公众参与调查结果统计表（个人部分）

序号	调查项目	调查结果		
		个数	百分比	
1	您对本工程的了解程度	①了解	150	50.0
		②不了解	34	11.3
		③听说过	116	38.7
2	您认为该工程能提高曲靖市的供水保障吗？	①能	256	85.3
		②不能	27	9.0
		③不清楚	17	5.7
3	您认为该项目对当地经济发展的作用	①很大	230	76.7
		②较大	57	19.0
		③不大	13	4.3
4	您认为该项目所在地的环境质量现状如何？	①非常好	65	21.7
		②好	160	53.3
		③一般	71	23.7
		④不好	4	1.3
5	您认为水库建设涉及的河段和区域目前存在的主要环境问题是？（多选）	①植被破坏	131	21.5
		②工业、企业废污水污染	129	21.1
		③大气污染	152	24.9
		④城镇及农村生活、禽畜养殖	120	19.7
		⑤水土流失	10	1.6
		⑥噪声污染	10	1.6
		⑦石漠化	57	9.3
		⑧其他	1	0.2
6	您认为该工程的建设会对环境可能产生哪些负面作用？	①水污染	39	6.4
		②植被破坏	126	20.5
		③水土流失	47	7.7
		④水文情势变化	71	11.6
		⑤鱼类生境影响	53	8.6
		⑥矿产资源压覆	51	8.3
		⑦土地淹没和占用	127	20.7
		⑧噪声、粉尘对人群健康的影	15	2.4
		⑨需要安置大量移民	85	13.8
		⑩其他	0	0.0
7	您认为下列哪项影响对您的生活影响较大？	①耕地资源占用	277	64.3
		②植被破坏	82	19.0
		③废气	7	1.6
		④噪声	12	2.8
		⑤废污水	17	3.9
		⑥水土流失	36	8.4
8	如果你是本项目的移民，且因工程建设需要进行搬迁安置，您是不愿意的理由？	①愿意	201	67
		②不愿意	99	33
	移民后，您最担心的问题是？	搬迁至外地，收入无法保障、	52	17.3
		①收入保障	253	53.0
		②生产条件	124	26.0
9	如果工程建设使部分居民搬迁	③生活环境不适应	100	21.0
		④其他	0	0.0
		①愿意	177	59

序号	调查项目	调查结果		
		个数	百分比	
	到您的村组，您是否愿意？（外	②不愿意	123	41
	不愿意的理由？	土地面积较小，外来人员增多，	68	22.7
	工程移民搬迁到您的村组后你 你最担心的问题是？	①人均耕地面积减少	254	59.2
		②环境卫生条件变差	81	18.9
		③社会治安受到影响	94	21.9
④其他		0	0.0	
10	就工程带来的社会效益和环境 代价而言，您更看重哪一项？	①社会效益	76	21.5
		②环境代价	77	21.8
		③社会效益和环境代价并重	200	56.7
11	您认为目前提出的环境保护措 施能否有效弥补或减轻工程建 设带来的不利影响？	①能	203	67.7
		②不能	7	2.3
		③不清楚	90	30.0
12	您是否支持云南省曲靖市车马 碧水库工程的建设？	①支持	269	89.7
		②不支持	0	0.0
		③无所谓	31	10.3
13	您对本项目建设有何建议或要 求？	项目建设与移民安置工作统筹	4	1.3
		无	296	98.7

从统计结果看，89.7%的调查群众支持本工程的建设，其余 10.3%对项目建
设持无所谓的态度。

接受调查的 300 位个人中，88.7%的人对曲靖市车马碧水库工程有一定了解。
85.3%的人认为车马碧水库工程的建设能提高曲靖市的供水保障，并有 95.7%的
个人认为该项目的建设对当地经济发展的作用很大或较大。

在受调查的个人中，75%的认为水库建设涉及的河段生态环境现状较好，23.7%
的人则认为现状环境一般，只有个别人认为较差或不清楚；认为目前存在的主要
环境问题依次是：大气污染（24.9%）、植被破坏（21.5%）、工业、企业废污
水污染（21.1%）、城镇及农村生活、禽畜养殖污水污染（19.7%）、石漠化（9.3%）、
水土流失（1.6%）、噪声污染（1.6%）。

针对水库建设对当地产生的不利影响的调查中，41.2%的人认为工程建设带
来的主要不利影响是植被破坏、土地淹没和占用，13.8%的个人认为主要产出的
不利影响是需要安置大量移民。调查群众认为耕地资源占用（64.3%）及植被破
坏（19%）对其生活影响最大。

移民问题的调查中，调查接受众人设置两组问题，针对淹没区居民及施工
区附近居民的受影响情况设置的两个问题中，对于工程建设占用其房屋或耕地的
居民，67%的居民愿意搬迁，33%的居民不愿意搬迁，理由主要为：搬迁至外地，
收入无法保障、生活环境无法适应，难以生存。收入保障成为移民后最担心的问
题，比例占 53%，其余居民担心搬迁后生活环境不适应或生产条件的问题；针对
安置区居民的受影响情况设置的两个问题的调查中，显示 59%的受调查居民表示
愿意接受部分移民的入迁，但移民入迁后他们最为担心的问题是人均耕地面积
的减少，比例占 59.2%，也有相当一部分人担心社会治安受到影响（21.9%）和环
境卫生条件变差（18.9%）。

就工程带来的社会效益和环境代价而言，56.7%的调查群众认为环境代价和
社会效益并重，21.8%的调查群众更看重环境代价，21.5%的调查群众更看重环
境代价。

67.7%的调查群众认为目前提出的环保措施能有效弥补或减轻工程建设带来
的不利环境影响，30%调查群众表示不清楚目前提出的环保措施的有效性，仅 2.3%
的调查群众否定目前提出的环保措施的有效性。

受调查群众中仅有 4 人对本项目建设提出了个人建议或要求，主要为：项目
建设与移民安置工作统筹规划、统一建设，做好移民安置工作。

11.3 公众参与结论

本项目工程的公众参与活动面广，参与形式多样，参与对象多元化，取得了比较满意的公众参与效果。通过环境影响评价信息公告、网络等媒体公告、专题研究、问卷调查等方式，获得了较全面的公众认识、意见和建议，为全面、客观地分析项目环境影响、制定有效的环境保护措施，改善项目环境管理提供了有力的支持。

通过环境影响评价信息公告，广大社会公众可以充分了解项目建设和环境影响评价的相关情况、征求公众意见的主要事项以及公众提出意见的主要方式等内容。在公告过程中，没有收到社会公众等的意见和建议。

公众在对工程建设的积极作用表示肯定的同时，受调查社会团体及个人也对项目建设提出了一些建议和要求，主要为：做好移民安置工作及完善移民安置点的配套设施建设、加强森林植被保护、水土保持和施工管理并将环评报告中的环保措施落实到实处、解决上游生活污水的污染问题、促进水循环可持续发展。

对于公众参与意见，我们在环评过程中逐一进行了沟通、反馈、解决和落实，并针对与主体工程相关的问题与各相关专业进行了沟通，共同协商解决，就本工程对环境的不利影响有针对性地提出了环境保护对策措施和环境监测计划、环境管理制度。因此，在本报告书中基本回答了公众关心的环境问题。

表 11.3-1 公众参与处理结果表

关注的问题	处理结果
做好移民安置工作及完善移民安置点的配套设施建设	按照国家和云南省的有关法规，依据相关技术规范、规范与标准，作出切实可行的移民安置规划方案。在规划过程中认真贯彻开发性移民方针，同时结合地方区域发展规划综合考虑，正确处理国家、集体、个人三者利益，合理开发库区资源，全面规划，因地制宜的调整产业结构，尊重当地移民风俗习惯，认真听取移民安置意愿及相关合理要求，多渠道、多门路安置移民。
加强森林植被保护、水土保持和施工管理并将环评报告中的环保措施落实到实处	采取工程措施和植物措施防治水土流失，进行植被恢复，提高施工人员环保意识，强化施工环境监测。
解决上游生活污水的污染问题、促进水循环可持续发展	编制了“车马碧水库污染源调查及治理”专题，对马龙河流域车马碧水库集水区污染源分布及其污染现状进行了详细调查，分析流域主要污染特征并提出污染分类治理方案。

从本次公众参与调查的方式方案，调查的对象，及调查问卷的统计结果来看，车马碧水库环境影响评价的公众参与调查严格按照《环境影响评价公众参与暂行

办法》、《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98号）以及《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98号文）的有关规定进行，具有合法性；同时，向公众公告的项目环境影响评价的工程信息详细，各承担单位基本情况介绍可靠，环境评价的工作顺序和主要的工作内容全面，并公布了公众提出与反馈个人意见的主要方式，具有有效性；在调查的过程中对参与调查的对象选择上，各涉及的乡镇政府、村民委员会等部门均参与了调查，调查对象以移民和安置区居民为主，具有较好的代表性，工程涉及的群众信息也较为全面，个人的性别、年龄、文化程度、民族等选择的调查比例适当，并留有受调查对象的电话和住址，具有代表性和真实性；所有调查表及各次的相关公告照片等均已保留，便于查阅。

综上所述，车马碧水库工程环境影响评价公众参与具有合法性、有效性、代表性以及真实性。

12 结论和建议

12.1 工程概况

车马碧水库位于云南省曲靖市马龙县境内车马碧村附近，水库坝址位于金沙江水系牛栏江上游一级支流马龙河干流下游。坝址以上河长 75.8km，控制面积 595km²。水库枢纽距马龙县城约 10km，距曲靖市麒麟区 49km。工程区内有昆曲高速公路和贵昆铁路通过，交通条件便利。

车马碧水库工程的开发任务是：工业供水和农业灌溉供水，并为改善受水区河道内水环境创造条件。水库建成后，将为曲靖灌区内的西城工业园区及水库下游将建设的旧县和马过河工业园区供给工业用水，解决西城工业园区工业用水的缺水问题，并为旧县和马过河工业园区的建设和发展提供工业用水水源支撑；为曲靖灌区内位置较低的灌区提供农业灌溉用水，减轻曲靖主城区和陆良县城的城市生活用水供水水源潇湘水库、西河水库和莲花田水库的供水压力；同时，为西河、潇湘和莲花田水库泄放生态基流提供支撑，为改善曲靖灌区河道内水环境创造条件。

车马碧水库工程为跨流域调水工程，水源区为在牛栏江流域的马龙河干流上拟建的车马碧水库，供水区包括调出区马龙河流域的车马碧水库以下计算单元（包括旧县和马过河工业园区），受水区南盘江流域的曲靖灌区（包括沾曲坝片的西河水库灌区、西山灌区（西城工业园区）、潇湘水库灌区和陆良坝片的莲花田水库灌区）。车马碧水库工程由水库枢纽工程和输水工程组成，枢纽工程为在马龙河中游、车章河与马龙河的交汇口以下车马碧村上游 0.6km 处修建拦河坝，输水工程为建设 29.56km 长的输水隧洞，隧洞出口位于西山灌区面店水库下游的白石江支流剪彩河上。

水库下游的旧县和马过河工业园区工业供水直接从库区提水后引至工业园区；外调曲靖灌区工业和农业用水通过新建长输水隧洞从库区取水自流供水，水库内水体经输水隧洞后先进入湛家屯村附近剪彩河，西城工业园区工业供水通过新建进水池、提水泵站和调节池，再通过 2.1km 长管道引至上山水库附近的工业园区水厂，工业供水线路由西城工业园区自行建设；农业供水由剪彩河进入白石江，西河水库灌区和潇湘水库灌区可利用曲靖灌区已建渠系从白石江引水灌溉，莲花田水库灌区灌溉水量由白石江继续流入南盘江，再顺南盘江进入响水坝水库

西干渠和板桥水库西干渠（两干渠已连通），通过在板桥西干渠上提水 40m 高程后用于灌溉。

车马碧水库为大（2）型水库，工程等别为 II 等，大坝、溢洪道、泄洪放空隧洞等建筑物级别为 2 级，输水隧洞等建筑物级别为 3 级，水库下游生态灌溉输水管等建筑物级别为 3 级。水库采用 100 年一遇洪水标准设计、2000 年一遇洪水标准校核。水库设计洪水位 1938.8m，校核洪水位 1941.2m，正常蓄水位 1938.5m，死水位 1915.3m；水库总库容 12449 万 m³，正常蓄水位以下库容 10335 万 m³，兴利库容 8981 万 m³，死库容 1354 万 m³；水库工程多年平均总供水量 7644 万 m³，供水区马龙河流域旧县和马过河工业园区工业用水供水量 169 万 m³；外调曲靖灌区 7475 万 m³，其中，供西城工业园区工业用水 3570 万 m³，供农田灌溉用水 3905 万 m³，包括供西河水库灌区农业灌溉 1413 万 m³，供潇湘水库灌区农业灌溉 1387 万 m³，供莲花田灌区农业灌溉 1105 万 m³。

水库输水隧洞设计流量 5.8 m³/s，其中，工业供水设计流量 1.1m³/s，农业灌溉设计流量 4.7m³/s；输水隧洞全长 29.56km。

工程土石方开挖总量 108.25 万 m³（自然方），弃渣量 104.10 万 m³（松方），设 14 处弃渣场，枢纽区 3 处，输水线路区 11 处。工程施工总工期 54 个月，施工期高峰施工人员 2802 人、平均施工人员 2160 人。

车马碧水库工程建设征地涉及 2 个县级行政区、6 个乡镇行政区、16 个村/居委会、44 个村民小组、18 个农村居民点和 1 个大中型企业；工程建设项目总征地面积 913.61hm²，其中永久征地 830.93hm²、临时征地 82.69 hm²；规划水平年生产安置人口 2353 人，搬迁人口 1977 人；设置移民安置点 8 个。

工程总投资 215126.72 万元，其中环境保护措施静态投资 22578.44 万元，约占工程静态投资的 10.50%。

12.2 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：车马碧水库工程建设符合国家产业政策要求，与地方相关规划也是协调一致的。工程建设是十分必要的，工程选择的调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，但水库调水对水源区、受水区的水资源利用产生影响。水库蓄水会对水源区水库库区、坝下河道的水文情势、水生生境产生影响；水库调水减少马龙河流域的地表水资源量，对坝下河道水文泥沙情势、水生生境产生一定影响，同时可能对坝下的各项用水尤其是下游风龙湾电站的运行产生影响，从而对坝下河道的地表水环境、水生生态环境等将产生影响；水库调水对受水区、退水区的水环境可能产生影响。水库运行期对地表水环境产生影响及移民安置对周围环境产生影响是主要的、长远的。

12.3 主要环境影响及对策措施

12.3.1 水库调水对区域水资源利用的影响

(1) 区域水资源利用现状及存在的问题

马龙河流域马龙县境内水资源量 2.97 亿 m^3 ，人均水资源量 1977 m^3 ，2013 年总用水量为 5565 万 m^3 ，其中地表水总供水量为 5435 万 m^3 ，地表水资源开发利用程度为 18.7%，流域内水资源还有进一步开发的潜力。

曲靖灌区水资源总量 11.54 亿 m^3 ，人均水资源量仅 761 m^3 ，仅为全省人均水资源量的 16%左右，属水资源紧缺地区。曲靖灌区 2013 年总用水量 47063 万 m^3 ，其中地表水供水量 45053 万 m^3 ，水资源开发程度为 39.0%，远远高于云南省现状 7.0%的开发程度。目前南盘江流域水资源开发利用程度已经很高，随着曲靖灌区国民经济的不断发展，水资源的供需矛盾将越来越突出。曲靖灌区现状年普遍存在城镇用水挤占农业用水，农业用水和城镇用水又共同挤占河道生态用水，最后导致生态环境恶化。经分析计算，曲靖灌区现状共挤占河道生态水量 7616 万 m^3 ，其中城镇用水挤占生态用水 1736 万 m^3 ，农业用水挤占生态用水 5880 万 m^3 。

(2) 对区域水资源利用的影响

① 对调出区马龙河流域水资源利用的影响

马龙河流域车马碧水库以上现状 2013 年，已建水利工程 P=75%可供水量 6851 万 m^3 ，总需水量 7613 万 m^3 ，缺水量 762 万 m^3 ，缺水率为 10.01%，生活和工业供需已平衡，主要为农业灌溉缺水。在兴建改扩建各水利设施后，2030 设计水平年，各类水利工程 P=75%供水量 14033 万 m^3 ，城镇生活、农村生活、工业和农业灌溉供需可基本平衡，现状的农业灌溉缺水得到根本改善。

马龙河流域车马碧水库以下现状 2013 年, 已建水利工程 P=75%可供水量 1551 万 m³, 总需水量 1818 万 m³, 缺水量 267 万 m³, 缺水率为 14.79%, 生活和工业供需已平衡, 但农业灌溉仍有缺水。2030 水平年, P=75%可供水量 2268 万 m³, 总需水量为 2496 万 m³, 缺水量 228 万 m³, 均为工业缺水。与 2013 年现状情况相比, 设计水平年 2030 年工程实施后, 车马碧水库以下农业灌溉缺水的问题得到了解决, 规划新建的工业园区将有部分用水缺口, 但车马碧水库以下马龙河流域总缺水量有所降低, 缺水率也由 14.79%下降到 9.13%。

设计水平年, 由于车马碧水库等水利设施的修建, 马龙河流域的水资源开发利用由现状的 16.6%提升至 32.2%。国际上一般认为, 对一条河流的开发利用不能超过其水资源量的 40%, 设计水平年马龙河流域的水资源开发利用程度小于 40%, 是可以接受的。

② 对受水区曲靖灌区水资源利用的影响

车马碧水库受水区在曲靖灌区现状多年平均需水量 21158 万 m³, 各类水利工程 P=75%供水 15721 万 m³, 缺水量 5437 万 m³, 其中城市生活、农村生活供需已基本平衡, 缺水主要为农业缺水, 缺水量 5437 万 m³, 缺水率 25.7%。

根据供需平衡分析, 在进行生态退减情况下, 本区可开发水利工程全部开发后, 未实施车马碧水库工程时, 设计水平年 2030 年, P=75%供水 15340 万 m³, 缺水量 23009 万 m³, 缺水率仍然高达 60.0%; 设计水平年车马碧水库工程实施后, 受水区工业缺水率由 79.13%下降为 51.57%, 工业缺水有所改善; 农业缺水率由 50.66%大幅降至满足农灌要求, 农业灌溉缺水问题得到根本性改善。工程的实施, 还为受水区已建的水利工程退还被挤占生态用水计划的实现提供了条件。

12.3.2 对水文情势的影响

车马碧水库建成后, 水库水深自库尾至坝前逐渐增加, 坝前水深变化最大, 最大水深约 44m。建库前车马碧坝址枯水期月均流速在 0.39m/s~0.46m/s 之间, 多年平均流速为 0.43m/s; 丰水期月均流速最大可达 1.18m/s, 多年平均流速为 0.80m/s。建库后由于水位抬升, 库区水流速度自库尾至坝前逐渐减小, 库尾流速接近于天然河道, 坝前流速很小, 接近于零。

车马碧水库下泄流量包括生态流量(生态基流+灌溉引用流量)和汛期弃水。其中生态基流的下泄方案为: 每年 9 月~翌年 4 月下泄 0.687m³/s; 5 月~8 月原则上下泄 2.00m³/s, 其中 5 月若入库流量小于 2.00m³/s, 按实际入库流量下泄, 但

不低于 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。

车马碧水库建库运行后，下泄水量较建库前有所减少。从设计水平年的不同典型年来看，丰水年（ $P=10\%$ ）、平水年（ $P=50\%$ ）、枯水年（ $P=90\%$ ）、多年平均的年均下泄流量分别为建库前的 71%、46%、41%、53%。从多年平均的各月来看，除 5 月外各月下泄流量都小于建库前，平均下泄减少最为明显的是 6 月份，仅为建库前流量的 32%。

车马碧水库坝址~凤龙湾水库库尾河段内会对河道内水文情势产生影响的断面主要有支流红桥河、灌溉取水设施石仙人拦河坝等。车马碧水库建成后，坝址~红桥河汇口的马龙河河段多年平均月均流速在 $0.38\sim 0.71\text{m/s}$ 之间，多年平均月均水深在 $0.15\sim 0.49\text{m}$ 之间。丰水年个别月份由于弃水流量明显增大，流速可接近 1m/s ，平均水深可达 0.86m 。石仙人拦河坝断面的月均流量基本都可以维持在建库前的 50% 以上，多年平均流量为建库前的 68%。在红桥河以下河段，车马碧水库建设运行导致的流量变化有明显缓解。

车马碧水库建设运行同样对凤龙湾水库出入库流量、马龙河汇入牛栏江的径流量产生影响。凤龙湾水库设计水平年的多年平均入库流量由车马碧建设前的 $9.53\text{m}^3/\text{s}$ 减少到 $6.96\text{m}^3/\text{s}$ ，入库水量由 3.01 亿 m^3 减少到 2.19 亿 m^3 ，减少了 27%；多年平均出库径流量由建库前的 2.87 亿 m^3 减少到 2.09 亿 m^3 ，同样减少了 27%。马龙河汇入牛栏江的多年平均径流量由车马碧建库前的 2.97 亿 m^3 减少到 2.18 亿 m^3 ，减少了 26%。

车马碧水库建设运行对坝址~红桥河汇口河段流量影响以及由此带来的流速、水深等水文情势的影响较大，在红桥河汇入后有所缓解。在车马碧水库、石仙人拦河坝均实施适当的生态流量下泄方案的情况下，可以将对水文情势的负面影响控制在可以接受的范围。

12.3.3 对地表水环境的影响

（1）地表水环境现状

车马碧水库坝址以上径流区内污染负荷包括点源污染和农业农村面源污染。其中，点源污染包括工业污染、集镇生活污染和规模化畜禽养殖污染；农业农村面源污染包括农村生活污染、人畜粪便污染、农田化肥污染和农田固废污染。各污染物最终进入车马碧水库库尾总量分别为：COD 2249.49t/a、TN 496.75t/a、TP 51.03t/a、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 217.00t/a。

本次评价收集了马龙县环境监测站于 2011-2015 年对马龙河流域 6 个常规监测断面的水质监测资料，同时于 2015 年 5 月委托昆明邦恒环境监测有限公司、2016 年 3 月委托云南众测检测技术服务有限公司对马龙河干流、主要支流以及调入区涉及的剪彩河、白石江、潇湘河、南盘江共 20 个断面进行了水质监测。调出区评价范围地表水水环境功能执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准。监测结果显示，调出区车马碧水库库区河段和坝址断面 2011 年~2014 年水质类别为 IV 类，主要超标项为总磷、氨氮、COD、pH，不满足河段 III 类水质标准的要求。2015 年 5 月水质类别为 III 类，满足水环境功能要求。2016 年 3 月水质除库尾土官寨断面挥发酚略有超标外，其余指标均满足 III 类水要求。马龙河主要支流永发河、车章河、白塔河、红桥河没有常规监测数据，从 2015 年 5 月和 2016 年 3 月监测结果看，四条支流水质类别均为 III 类，可满足水环境功能要求。调出区评价范围地表水水环境功能执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV 类标准。根据 2015 年 5 月和 2016 年 3 月监测结果，受水区隧洞出口剪彩河现状水质类别为 IV 类，满足水环境功能要求；白石江和潇湘河水质为 V 类~劣 V 类，不能满足水环境功能要求；南盘江干流 5 个断面中有 3 个不能满足水环境功能要求。

(2) 地表水环境影响

① 对地表水水质的影响

经预测，到设计水平年 2030 年，在进行污染源综合治理后，计算得出库区 COD 浓度为 14.96mg/L，较现状减少 0.04mg/L，降幅为 0.27%；氨氮浓度为 0.257mg/L，较现状减少 0.060 mg/L，降幅为 18.93%；设计水平年两个水质指标的预测浓度值均可以满足车马碧水库所在马龙河河段《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水标准的要求。建库后经过污染源治理后，库区多年平均总氮浓度为 0.82mg/L，满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准的要求；总磷浓度为 0.10 mg/L，虽然仍无法满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准的要求，但已达到了一般工业用水的 IV 类水要求。富营养级别方面，污染源未进行治理的情况下，库区水质将为重度富营养；经过治理后，预测库区水质将有大幅改善，为中营养。水库建成后，若经过污染源治理，总氮和总磷的浓度将高于现状监测值，经治理后，总氮总磷浓度均得到大幅下降，低于现状监测值。因此库区开展全面的污染源治理，削减上游来水总氮、总磷的浓度是十分必要的。

车马碧水库工程建成后，河道纳污能力 COD 减少了 393.66t/a，与现状相比减少 33.4%，氨氮减少了 47.68t/a，与现状相比减少 30.4%，总磷减少 1.99t/a，与现状相比减少 7.43%。说明由于下游河段下泄水量减少，带来该河段纳污能力降低，工程的修建对坝下河段水环境造成一定的影响。

车马碧水库工业退水总量为 535.5 万 m³，工业退水经企业单独处理，再由污水管网汇集至污水处理厂进行处理达标后排放。规划水平年各污水处理厂规模均可以满足相应工业园区产生工业退水的需求，对退水接纳河段水质影响不大。车马碧水库农灌回归水总量为 781.0 万 m³。由于车马碧水库灌区为置换灌区，其种植结构、种植方法均未改变，该灌区原来灌溉产生的回归水量和车马碧水库置换灌溉后产生的回归水量基本相同，回归水量没有增加，污染负荷也没有增加，因此本工程实施后产生的农业灌溉回归水对沿线河流的水环境基本不产生新增环境影响。设计水平年本工程置换出西河水库、潇湘水库和莲花田水库的城市供水产生的退水总量为每年 3124 万 m³，生活污水退水全部进入相应污水处理厂进行处理后达标排放，设计水平年各污水处理厂规模均可以满足相应城区产生生活污水退水的需求，不存在污水处理缺口，对退水接纳河段水质影响不大。

② 对水温的影响

根据 α - β 指数法判断，建库后，车马碧水库水温结构为过渡分层型。水库单层取水情况下，各典型年存在明显的低温水效应。

平水年 3~7 月份，下泄低温水较为突出，平均降低了 3.6℃，6 月份降幅最大，为 6.2℃。其余月份，下泄水温较建库前均有不同幅度的上升，平均较建库前高了 2.5℃，10 月份升温幅度最大，为 3.6℃。年均下泄水温与建库前相比较为一致。库中长隧洞取水口处水温较天然水温低，平均比天然水温低了 2.3℃，6 月份比坝址处天然水温低了 4.6℃。

枯水年 3~7 月份，下泄低温水较为突出，平均降低了 3.4℃，6 月份降幅最大，为 5.3℃。其余月份，下泄水温较建库前均有不同幅度的上升，平均较建库前高了 2.1℃，10 月份升温幅度最大，为 3.5℃。年均下泄水温与建库前相比较为一致。长隧洞取水口处水温较天然水温低，平均比天然水温低了 0.5℃，7 月份比坝址处天然水温低了 0.6℃，对接纳河流的生态影响不大。

丰水年 3~7 月份，下泄低温水较为突出，平均降低了 4.0℃，6 月份降幅最大，为 6.3℃。其余月份，下泄水温较建库前均有不同幅度的上升，平均较建库前高了 2.0℃，12 月份升温幅度最大，为 2.9℃。年均下泄水温与建库前相比较

为一致。长隧洞取水口处水温较天然水温低，平均比天然水温低了 3.7℃，6 月份比坝址处天然水温低了 6.1℃，考虑到水温经过长距离的输水隧洞，沿程得不到恢复，对受纳河流的生态有一定的影响。

各典型年采用分层取水方案后，低温水现象得到有效改善。平水年 3~7 月下泄水温提高 0.5~6.7℃，3~7 月低温水最大降幅缩小为 4 月的 0.6℃；枯水年采用分层取水后，3~7 月下泄水温提高 0.3~5.2℃，3~7 月低温水最大降幅缩小为 3 月的 0.5℃；丰水年采用分层取水后，3~7 月下泄水温提高 0.4~6.8℃，3~7 月低温水最大降幅缩小为 4 月的 0.9℃。库中长隧洞采用分层取水措施后，隧洞取水口处低温水也得到一定程度的改善。

按车马碧下泄水温与车马碧~凤龙湾区间汇水的水温完全混合考虑，在车马碧水库采取分层取水的情况下，凤龙湾入库水温相对于车马碧建库前仅在 3 月、4 月、9 月稍有降低，降低的幅度在 0.3℃ 以内；各月最大升温为 1.5℃，相对于车马碧下泄水温也有很大缓解。

车马碧水库建设后，凤龙湾水库下泄灌溉用水的水温也将发生一些变化，其变化趋势为：夏季下泄水温较车马碧建库前有所降低，冬季有所升高。需关注特殊年份的灌溉季节下泄低温水对农业灌溉的影响。

(3) 地表水环境保护措施

① 水质保护措施

车马碧水库移民安置点所涉及的 16 个自然村的农村生活垃圾清运率达到 100%，农村生活污水收集率 60% 以上。其中人口较少的 12 个安置点（白塔村、张家屯、西冲、水井凹、大车章、马保地、三家、车马碧、碧跨、黄坝、格里、发跨）农村生活污水处理率 60% 以上，人口较多的 4 个安置点（大罗贵、小车章、川洞、清水凹、中罗贵、下罗贵）农村生活污水处理率达到 80% 以上。

开展主要入库河道隔离工程，在马龙河、车章河和白塔河至车马碧水库库尾上延 1km 河道外延 10m 范围内进行布局，该区域长 3km，占地 3 万 m²。根据车马碧水库净流区的特点，采取生物隔离工程进行隔离，采用乔灌混林，其中乔木以松、杉、东瓜为主，灌木则以速生薪炭林为主，同时在四周设立红色醒目标志牌。

马龙河、车章河和白塔河清除河底污染淤泥，增加调蓄能力，提高河道防洪泄洪能力，实现恢复、强化河道自净体系的目标。河道清淤长度共计 1700m，清淤深度为 0.5~2m，河道清淤总量为 16400 m³。河道绿化带宽度不小于 1.5m。

河道绿化带乔木与灌木间植，护坡铺种草皮，河道生态修复 1800m。

开展马龙河旁路系统工程，以河流末端减污为主要目标，兼顾生态恢复，建立以挺水植物表面流湿地为主体，组合少量氧化塘的旁路处理系统，通过配水等辅助手段，对马龙河河水进行均匀配水及净化。

开展地方政府主导的污染源治理工程，主要包括马龙县城管网补充工程、集镇污水处理厂及配套管网工程、县城及集镇垃圾收集系统完善工程、村落环境综合整治工程、规模化养殖治理工程和农田面源综合治理工程。

受水区水环境保护措施主要包括工业、农业节水措施、工业退水及农业回归水的治理措施。

② 河道内生态流量保障措施

车马碧水库下泄流量包括生态流量(生态基流+灌溉引用流量)和汛期弃水。其中生态基流的下泄方案为：每年 9 月~翌年 4 月下泄 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ ；5 月~8 月原则上下泄 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ ，其中 5 月若入库流量小于 $2.00\text{m}^3/\text{s}$ ，按实际入库流量下泄，但不低于 $0.687\text{m}^3/\text{s}$ 。生态流量通过鱼道和生态灌溉输水钢管共同下泄，并在下游进行实时流量在线监测。

石仙人拦河坝坝顶溢流的方式下泄流量，但在来水较少的时候可能存在坝前水位暂时低于坝高的情况，不能保证生态流量下泄。通过对石仙人拦河坝增建鱼道、生态流量专用泄放管等设施，保证生态流量下泄。石仙人拦河坝各月的最小下泄流量与当月车马碧水库下泄生态基流大小相等，即：保证石仙人拦河坝不阻拦车马碧水库下泄的生态基流，并在下游进行实时流量在线监测。

③ 低温水缓解措施

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。除 3~7 月采用分层取水改善下泄低温水的影响外，其他月份可不采用分层取水。根据水库运行调度结果，以及引水隧洞的最小淹没水深 1.5m 的要求，本阶段初步拟定的各取水口分层取水方案为：

坝前竖井生态、灌溉取水采取分层取水方式，共设置 2 层，取水口底板高程分别为 1924.50m、1913.80m；取水口前设悬挂式拦污栅，拦污栅尺寸为 $2.2\text{m} \times 2.2\text{m}$ ；两个取水口共用一道 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 的平板取水闸门。

库中长距离输水隧洞采用 2 层分层取水，取水口底板高程分别为 1911.50m、1924.50m。取水口前设 $2.4\text{m} \times 3.5\text{m}$ 的拦污栅，为方便高水位时隧洞检修，两个取水口各设置一道 $1.8\text{m} \times 1.8\text{m}$ 的平板检修闸门。

12.3.4 地下水环境影响

工程施工期地下隧洞开挖可能会对隧洞周边大石洞村、响水街村饮用泉产生影响，造成地下水位下降。需加强对地下水位的监测，若发现因隧洞施工造成饮用的地下水水量减少时，应及时优化隧洞施工方案，并在水量恢复以前采取水车运水供给以及离开影响区新建水井等措施。

车马碧水库蓄水到正常蓄水位后，将淹没三家村、大罗贵村、下罗贵村、水井凹村、下西冲村、上西冲村、白塔村的村民饮用泉或井，拟新建 6 口水井作为村民生活饮用水源。

12.3.5 陆生生态环境影响

(1) 陆生生态现状

车马碧水库评价区范围的自然植被包括 4 个植被型、4 个植被亚型和 9 个群系，包括半湿润常绿阔叶林、暖温性落叶阔叶林、暖温性针叶林、栎类灌丛和暖温性灌丛。评价区自然植被总面积约 8341.46hm²，占评价区面积的 28.00%。评价区未发现保护植物及名木古树。

评价区耕地植被、灌丛植被、暖性针叶林的生物量和生产力处于最高的前三位，反映了评价区的植被以耕地植被、次生灌丛植被及云南松林为优势的现状。通过对景观优势度的计算，评价区没有绝对的基质景观类型，旱地景观、水田景观和建筑(村镇)景观的优势度较高，是主要的景观。这 4 类景观共同构成了评价区的基底景观。

评价区分布陆栖脊椎动物共有 225 种，隶属 4 纲、21 目、52 科、148 属。评价区分布有 6 种国家 II 级重点保护动物，均为鸟类中的猛禽类，分别为苍鹰、雀鹰、普通鵟、白尾鹞、鹊鹞、红隼，未发现这些动物在评价区范围内筑巢繁殖。评价区缺乏狭域分布的特有种类。

(2) 陆生生态环境影响

枢纽工程永久占地的生态影响是不可恢复的，但由于永久占地中仅有 10.31 hm²为自然植被（天然云南松林），占永久占地总面积的 37.31%，仅占评价区同类植被的 0.11%，加之占地区无保护植物分布，故对评价区植被影响很小。在临时占地占用的土地类型中，36.65%为自然植被，其中天然云南松林仅占评价区同类植被的 0.08%，暖温性灌丛仅占评价区同类植被的 0.75%，且无珍贵野生植物分布。临时占地一旦工程结束，可通过恢复措施，这部分临时占用的植被可以再

次进行栽种。其生态影响可以逐渐恢复。故临时占地对评价区植被影响很小。

受水库淹没影响的植被包括自然植被和人工植被两部分，累计面积 693.32hm²。淹没影响的自然植被包括半湿润常绿阔叶林、天然云南松林和暖温性灌丛 3 种类型，累计面积 123.91hm²，占评价区自然植被面积的 1.17%。其中，被淹没的半湿润常绿阔叶林 5.01hm²、占评价区常绿阔叶林的 0.75%；天然云南松林 89.28hm²，占评价区云南松林的 1.02%、暖温性灌丛 29.62hm²，占评价区暖温性灌丛的 2.5%。被淹没的人工植被面积 569.41hm²，占评价区同类型植被面积的 2.45%。受水库淹没影响最大的是人工植被，野生植物均为一般性的、分布广泛的种群，库区淹没只占很小的一部分，水库蓄水淹没部分植物群落，其影响是当地的生态系统可以承受的。

工程施工建设对活动范围相对狭小和有限的两栖动物，特别是对进入繁殖期的两栖动物有一定影响。车马碧水库的建设将使多数鸟类的生境和栖息地有所减少，由此影响到它们在评价区的种群数量有所降低。但是由于鸟类的活动范围很广，这种影响相对较小。对多种湿地鸟类而言，水库工程建设后期，由于湿地面积增加，新的湿地生境的形成，在工程竣工后的运营期，其种群数量乃至种类将会有所增加。车马碧水库建设对兽类的影响主要在于栖息于工程施工区和库区范围内的小型兽类，因为受到工程占地和淹没影响，生境散失，它们在评价区范围内种群数量将有所减少。但是这些小型兽类的分布很广，繁殖力很强，本工程建设对它们造成的影响不会导致这些小型兽类在评价区消失，不会影响到它们在评价区的种群繁衍。

(3) 陆生生态环境保护措施

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。

12.3.6 水生生态环境影响

(1) 水生生态环境现状

据 2015 年水生生态调查成果，工程水生生态评价区有浮游植物 7 门 141 种，浮游植物组成以绿藻门为主，其次为硅藻门、蓝藻门，其它种类偶见；分布的水生维管束植物主要有辣蓼、莎草和一些禾本科植物；浮游动物 102 种；底栖动物 39 种；鱼类 26 种，其中土著鱼类 22 种，外来种 4 种，有国家 II 级保护鱼类滇

池金线鲃一种（在支流白塔河调查到），无特有鱼类。

（2）水生生态环境影响

车马碧水库建成运行后，车马碧库区流速减小，基本变为静水生境；其坝下河段受减水影响，河道水位下降、流量减少，但由于生态流量等下泄，仍能维持小面积的流水生境。对于凤龙湾水库，由于车马碧水库影响，其入库流量和出库流量均会减少；而对于坝下河段，由于出库流量减少和未设生态流量泄放措施，坝下河道的比现状情况下的水位将降低，并仍可能会有断流现象。

对于马龙河流域来讲，由于车马碧水库蓄水运行导致库区内营养盐滞留和积累，库区内水生生物的现存量会增加，水体初级生产力提高，该段河流的整体水生生物现存量会较之前有所增加。而对于车马碧水库坝下和凤龙湾水库坝下的减水河段，水生生物的现存量会降低。

车马碧水库建成运行后，随着水生生境的改变，鱼类栖息条件发生变化，鱼类种类组成和数量也会相应发现变化。车马碧水库运行后，库区鲤、鲫、草、鲢、鳙会逐渐增多并成为优势类群，而如云南盘鮡、云南光唇鱼等喜流水性鱼类会退至库尾，其资源量会相对减少；库区也会变为鱼类良好的越冬场，在水库库岸浅水区或支流河口也将成为的鲫、马口鱼等鱼类的产卵场、育肥场，其数量将有所增加；而对于车马碧坝下河段，由于减水影响，鱼类资源量会整体减少。凤龙湾水库及其坝下河段，由于入库流量和出库流量减少，凤龙湾库区及其坝下河道内的鱼类资源量整体会有所下降，

整体看，由于车马碧水库的建设和运行，库区内鲤、鲫、草、鲢、鳙等经济鱼类资源量会增加，而云南光唇鱼、云南盘鮡等喜流水性的土著鱼类的资源量会下降并可能迁移至库尾或支流等有流水生境的河段生存，即该流域鱼类资源量会有所增加，而鱼类的多样性会有所降低，而且对于土著鱼类的生存也是会有一些的不利影响。

对于受水区的剪彩河、白石江和南盘江部分河段，由于河道水量增加，对河流水生生境有一定的改善作用，水生生物和鱼类的资源量会有小幅增加。

（3）水生生态保护措施

将部分干流河段和白塔河河段作为栖息地保护河段，以保护滇池金线鲃栖息生境；建设鱼道以维持大坝上下鱼类种群的基因交流；建设鱼类增殖放流站，对滇池金线鲃、云南光唇鱼、云南盘鮡和前鳍高原鳅进行增殖放流；水库初期蓄水和运行期确保下泄生态流量；对马龙河及白塔河水生生物资源定期监测。

12.3.7 施工期环境影响

(1) 施工区环境现状

工程施工分为枢纽施工区和输水隧洞区,施工区附近地表水为马龙河,大气、声环境敏感目标有车马碧村、大罗贵村、川洞村、上罗贵村、土官寨村、王大屯村等居民点。

根据工程区 2015 年 6 月声环境和环境空气质量监测结果,在进行现状监测的王大屯村、西山乡村、车马碧村、下罗贵村、土官寨村 5 个监测点中,除王大屯村处的昼间现状声环境质量超标达 2 类标准,其余 4 个监测点的声环境质量均能满足工程区所在声环境功能区执行的《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准要求;各监测点环境空气质量均可满足《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 二级标准要求。

(2) 施工环境影响

① 施工废污水影响

施工生产废水、生活污水均处理后回用和综合利用,不外排,对地表水环境没有影响;基坑排水处理后优先用于降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等,不外排,对地表水环境影响较小。

② 噪声影响

施工噪声源主要包括各类施工机械和施工企业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,砂石料加工系统噪声对附近无居民点,不会对周围环境产生不利影响;枢纽工程生产区施工机械及企业噪声不会对附近车马碧村造成不利影响;输水隧洞区各施工支洞(1#~11#支洞)及隧洞出口生产区距离周围居民点较远,其施工机械及企业噪声不会周围村庄声环境造成不利影响;枢纽工程区 2#渣场及大罗贵土料场施工机械及企业噪声会对附近大罗贵村的声环境造成不利影响;场内交通噪声对上罗贵村、土官寨村靠近场内公路的部分居民噪声一定影响,需采取相应措施。

③ 环境空气影响

施工期大气污染物主要来自燃油、炸药产生的废气及砂石料加工系统、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,川洞村、上罗贵村、土官寨村部分居民可能受场内交通扬尘的影

响。

④固体废物影响

施工期，施工弃渣和生活垃圾如不妥善处置，可能对环境产生不利影响。

⑤对人群健康的影响

施工期因环境卫生、人群密度等方面的变化可能对施工人员人群健康产生影响，其中输水线路区各施工区之间距离较远，施工人员分布较为分散，人群密度变化不大，枢纽工程区施工人员相对密集，可能会对施工人员的人群健康造成影响，应注意防范。

(3) 对策措施

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、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；隧洞施工废水经沉淀处理后用于降尘、水保植物措施用水、浇灌附近林地或耕地等；基坑排水用于降尘、浇灌附近耕地或作为水保植物措施用水；生活污水枢纽区采用成套生活污水处理设备，输水区采用化粪池处理，处理后作为水保植物措施用水或浇灌附近林地、耕地等。

施工机械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；优化施工布置，使施工强噪声源尽量远离居民点布置；合理安排施工时间，避免夜间爆破；砂石料加工系统设置隔声罩；道路两侧有居民点的交通道路设限速禁鸣标志牌；为大罗贵村受影响村民设置隔声窗对其进行防护；建议土官寨村附近 3#支洞施工道路夜间不进行物料运输，拟在 1#支洞施工公路上罗贵村路段设置高 2m 长 100m 隔声屏障，3#支洞施工道路土官寨村路段设置高 2m 长距离居民点侧各设置 300m 隔声屏障，对居民点进行防护。

砂石料加工系统、混凝土生产系统安装除尘设备；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；无雨日对施工现场和道路洒水降尘。

施工弃渣堆放至规定的渣场，对渣场采取水保工程措施与植物措施进行防护。生活垃圾收集后清运至马龙县生活垃圾处理场进行处理。

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。

12.3.8 移民安置环境影响

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。移民搬迁后，移民生活污水的排放、生活垃圾的堆弃会对周围环境产生不利影响。拟在安置点修建“氧化塘”和“氧化塘+快渗池”等生活污水处理设备对生活污水进行处理，在各安置点修建垃圾收集房、垃圾收集点收集垃圾。

12.4 环境监测与管理

环境监测计划包括施工期的水质（生活饮用水、地表水、地下水、施工废水）监测、环境空气监测、声环境监测、水土保持监测、生态调查和运行期的水温水质监测、生态流量监测、水土保持监测等监测计划。

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。

12.5 环保投资

本工程环境保护措施静态投资 22578.44 万元，占工程静态投资的 10.50%。

12.6 综合评价结论

综上所述，车马碧水库工程建设符合国家产业政策，工程建成后将为曲靖灌区内的西城工业园区及水库下游将建设的旧县和马过河工业园区供给工业用水，解决西城工业园区工业用水的缺水问题，并为旧县和马过河工业园区的建设和发展提供工业用水水源支撑；为曲靖灌区内位置较低的灌区提供农业灌溉用水，减轻曲靖主城区和陆良县城的城市生活用水供水水源潇湘水库、西河水库和莲花田水库的供水压力；同时，为西河、潇湘和莲花田水库泄放生态基流提供支撑，为改善曲靖灌区河道内水环境创造条件；具有明显的社会效益、经济效益和环境效益。工程对环境的有利影响是主要的，不利影响是次要的，并可通过采取相应的环保措施予以减缓。工程建设不涉及自然保护区、世界自然和文化遗产地、风景名胜區、森林公园等环境敏感区，不存在环境制约因素，从环境保护角度分析，工程建设是可行的。

12.7 建议

(1) 评价区近年来水质存在不满足水环境功能要求的情况，应对水库上游及径流区污染源进行削减，并加强工业电源的集中整治，杜绝偷排水现象，加强监督管理。

(2) 对水库上游及径流区集中养殖场、农业面源进行集中治理，保障径流区水质安全。

目 录

前 言	I
1 总则.....	3
1.1 任务由来.....	3
1.2 编制目的.....	3
1.3 编制依据.....	3
1.4 评价原则.....	6
1.5 评价标准.....	7
1.6 评价等级及重点.....	9
1.7 评价范围.....	10
1.8 环境保护目标.....	11
1.9 评价水平年.....	13
1.10 环境影响评价程序.....	13
2 工程概况.....	16
2.1 流域规划概况.....	16
2.2 工程建设必要性.....	20
2.3 工程建设任务及规模.....	24
2.4 工程特性表.....	25
2.5 工程总布置及主要建筑物.....	28
2.6 工程施工规划.....	32
2.7 建设征地与移民安置.....	46
2.8 工程运行调度.....	63
2.9 初期蓄水.....	64
2.10 水资源配置方案.....	65
3 工程分析.....	68
3.1 工程地理位置.....	68

3.2	产业政策及相关规划相符性分析.....	69
3.3	工程设计方案选择的环境合理性分析.....	83
3.4	工程施工分析.....	95
3.5	建设征地分析.....	101
3.6	移民安置及专项改建分析.....	102
3.7	工程运行分析.....	103
3.8	工程分析结论.....	105
4	环境现状.....	107
4.1	自然环境.....	107
4.2	生态环境.....	122
4.3	社会环境.....	164
4.4	环境质量现状.....	177
4.5	主要环境问题.....	203
5	环境影响预测评价.....	204
5.1	水库调水对区域水资源利用的影响.....	204
5.2	对地表水环境的影响.....	211
5.3	对地下水环境的影响.....	267
5.4	对陆生生态的影响.....	294
5.5	对水生生态的影响.....	308
5.6	对水土流失的影响.....	316
5.7	施工期环境影响.....	319
5.8	对社会经济的影响.....	329
5.9	对环境地质的影响.....	330
5.10	移民安置环境影响.....	331
6	马龙河流域累积环境影响分析.....	340
6.1	马龙河干流已建水库概况.....	340
6.2	马龙河流域水环境累积影响分析.....	341
6.3	马龙河流域水生生态累积影响分析.....	357

7	环境风险评价	367
7.1	评价目的.....	367
7.2	主要评价内容.....	367
7.3	施工期风险.....	367
7.4	运行期风险.....	372
7.5	风险事故应急预案.....	373
8	环境保护措施	381
8.1	地表水环境保护措施.....	381
8.2	陆生生态保护措施.....	408
8.3	水生生态保护措施.....	409
8.4	地下水环境保护措施.....	441
8.5	水土保持措施.....	442
8.6	环境空气保护措施.....	448
8.7	声环境保护措施.....	450
8.8	固体废物处理措施.....	451
8.9	人群健康保护措施.....	452
8.10	移民安置区环境保护措施.....	453
9	环境监测与管理	456
9.1	环境监测.....	456
9.2	环境管理.....	461
9.3	环境监理.....	465
9.4	水土保持监理.....	467
10	环境保护投资估算与环境影响经济损益分析	469
10.1	环境保护投资估算.....	469
10.2	环境影响经济损益分析.....	472
11	公众参与	473
11.1	公众参与目的、原则和方式.....	473
11.2	公众参与的实现过程.....	474

11.3	公众参与结论.....	494
12	结论和建议.....	496
12.1	工程概况.....	496
12.2	工程分析结论.....	497
12.3	主要环境影响及对策措施.....	498
12.4	环境监测与管理.....	510
12.5	环保投资.....	510
12.6	综合评价结论.....	510
12.7	建议.....	511

附图：

附图 1-1 车马碧水库工程环境影响评价范围图

附图 1-2 车马碧水库工程主要环境保护对象分布图

附图 2-5 车马碧水库工程施工总进度计划表

国环评证甲字
第 1015 号

云南省曲靖市车马碧水库工程

环境影响报告书

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

2016年6月