海南省北门江天角潭水利枢纽工程

环境影响报告书

建设单位：海南省发展控股有限公司

编制单位：中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

2016 年 11 月



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司
住　　所：北京市朝阳区定福庄西街1号
法定代表人：郝荣国
证书等级：甲级
证书编号：国环评证甲　字第　1015　号
有效期：至2019年1月23日
评价范围：环境影响报告书类别——甲级：农林水利***
一般项目环境影响报告表***

仅限《海南省北门江天角潭水利枢纽工程环境影响报告书》使用
2016年11月14日

证书管理专用章
（复印无效）

项目名称：海南省北门江天角潭水利枢纽工程

文件类型：环境影响报告书

适用的评价范围：农林水利

法定代表人：　　（签章）

主持编制机构：　　（签章）

批准：康建民
核定：金　弈 AA10150080700
审查：刘桂华 A10150020700
校核：钟治国 A10150120700
评价项目负责人：刘桂华 A10150020700

海南省北门江天角潭水利枢纽工程 环境影响报告书编制人员名单表

编制主持人		姓名	职（执）业资格证书编号	登记（注册证）编号	专业类别	本人签名
		刘桂华	0001444	A10150020700	农林水利	
主要编制人员情况	序号	姓名	职（执）业资格证书编号	登记（注册证）编号	编制内容	本人签名
	1	金　弈	0004213	A10150080700	技术审查	
	2	谭奇林	0004211	A10150110700	技术审查	
	3	钟治国	0006853	A10150120700	总则、环境风险	
	4	靳亚东	0004236	A10150070700	环境现状	
	5	秦中平	0004264	A10150050900	工程概况、工程分析	
	6	刘书宝	0004241	A10150030900	影响预测	
	7	王朝阳	0004233	A10150010900	公众参与	
	8	董化宏	0004303	A10150101000	环境保护措施	
	9	敬大捷	0004234	A10150091000	环保投资与环境经济损益分析	
	10	彭天魁	0004235	A10150040700	环境监测与管理	
	11	崔如	00017652	A101501405	结论	

目 录

前 言 1

1 总则 1

1.1 任务由来 1

1.2 编制目的 1

1.3 编制依据 1

1.4 评价原则 5

1.5 评价标准 5

1.6 评价等级及重点 8

1.7 评价范围 9

1.8 环境保护目标 10

1.9 评价水平年 13

1.10 环境影响评价程序 13

2 工程概况 15

2.1 流域规划及开发利用情况 15

2.2 流域环境保护及规划环评情况 17

2.3 工程建设必要性 19

2.4 工程任务、规模 21

2.5 工程项目组成及特性表 23

2.6 工程总布置及主要建筑物 30

2.7 工程施工规划 33

2.8 建设征地与移民安置 42

2.9 工程运行调度 51

2.10 灌区工程总体布局 59
3 工程分析 64
3.1 规划符合性分析 64
3.2 工程水资源配置环境合理性分析 72
3.3 工程设计方案环境合理性分析 84
3.4 工程施工分析 88
3.5 建设征地分析 94
3.6 移民安置及专项改建工程分析 94
3.7 工程运行分析 96
3.8 工程分析结论 98
4 环境现状 100
4.1 自然环境 100
4.2 生态环境 106
4.3 水土流失和水土保持现状 184
4.4 社会环境 185
4.5 环境质量现状 191
4.6 环境敏感区 235
4.7 儋州市生活垃圾填埋场及焚烧发电厂 235
4.8 区域主要环境问题 237
5 环境影响预测评价 239
5.1 水库供水对区域水资源利用的影响 239
5.2 对水文情势的影响 245
5.3 对地表水环境的影响 288
5.4 对地下水环境的影响 406

5.5 对水生生态的影响 409
5.6 对陆生生态的影响 417
5.7 对红树林等生态系统的影响 424
5.8 对水土流失的影响 428
5.9 施工期环境影响 429
5.10 对环境地质的影响 439
5.11 移民安置环境影响 440
5.12 对社会经济的影响 443
6 环境风险分析 445
6.1 评价目的 445
6.2 主要评价内容 445
6.3 施工期风险 445
6.4 运行期风险 449
6.5 风险事故应急预案 450
7 环境保护措施 457
7.1 地表水环境保护措施 457
7.2 水生生态保护措施 480
7.3 陆生生态保护措施 511
7.4 河口红树林等生态系统保护措施 513
7.5 水土保持措施 516
7.6 环境空气保护措施 519
7.7 声环境保护措施 521
7.8 固体废物处理措施 523
7.9 人群健康保护措施 524

7.10 移民安置保护措施 525
8 环境监测与管理 529
8.1 环境监测 529
8.2 环境管理 537
8.3 环境监理 544
8.4 水土保持监理 545
9 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析 547
9.1 环境保护投资估算 547
9.2 环境影响经济损益分析 552
10 公众参与 554
10.1 公众参与目的 554
10.2 公众参与的实现过程 554
10.3 公众参与结论 567
11 结论与建议 569
11.1 工程概况 569
11.2 工程分析结论 569
11.3 主要环境影响及对策措施 570
11.4 环境监测与管理 580
11.5 环保投资 580
11.6 公众参与 580
11.7 综合评价结论 581
11.8 建议 581
附录一 评价区植物群落样方表 582
附录二 评价区植物名录 599

附录三 评价区陆生脊椎动物名录..... 616

附件 1 委托函
附件 2 规划环评审查意见

附图 1 天角潭工程地理位置示意图
附图 2 北门江流域水系及梯级开发布局图
附图 3 天角潭水利枢纽工程环境影响评价范围图
附图 4 天角潭水利枢纽工程环境敏感目标及外环境关系图
附图 5 海南岛及近岸海域生态保护红线图

前 言

海南省北门江天角潭水利枢纽工程位于儋州市北门江中游河段，坝址以上流域面积 400km^2，坝址处多年平均径流量 2.82 亿 m^3，多年平均流量 8.94m^3/s。

近年来，随着儋州市社会经济高速发展，对水资源的需求愈发庞大。由于北门江流域缺乏对水资源的调节能力，区域内用水主要依靠南渡江流域的松涛水库进行补水，北门江的水资源开发利用程度较低，区域日益增长的社会经济发展速度与流域水资源开发利用矛盾日益突出。2009 年，受海南省水务厅委托，中水珠江规划勘测设计有限公司编制完成了《海南省北门江流域规划报告》（以下简称规划报告），规划中确定了北门江流域的开发任务，提出了流域梯级开发方案，并将天角潭水利枢纽作为流域开发利用的重要工程和近期开发项目，重点对天角潭水利枢纽的开发布局进行了研究。至 2012 年，规划报告中规划的梯级开发中有 8 级水电站均已建成，而天角潭水利枢纽工程作为松涛灌区规划水源工程及流域规划控制性工程一直未开发建设。2009 年 12 月，海南国际旅游岛建设上升为国家战略，儋州及洋浦经济开发区社会经济发展水平及当地的需水情况，对天角潭水利枢纽的开工建设提出了迫切需求。

受海南省水务厅的委托，2015 年 9 月海南省水利水电勘测设计研究院（以下简称“海南省院”）编制完成了《海南省北门江流域规划报告（修编）》（以下简称“规划修编报告”），通过对整个流域水资源供需平衡和配置，推荐流域及区域综合开发建设的最佳方案是在北门江流域中下游即现天角潭水陂上游建设大型综合性水利枢纽工程——天角潭水利枢纽工程。2016 年 4 月，海南省发改委下发《关于批复海南省北门江流域规划报告（修编）的函》（琼发改农经函[2016]944 号），意见提出“加快推进天角潭水利枢纽工程前期工作，力争项目早日开工建设”。

2015 年 12 月，海南省水务厅委托北京院承担北门江流域规划环境影响评价工作。接受任务后，北京院随即开展了规划环评编制工作，2016 年 10 月，北京院编制完成《海南省北门江流域规划（修编）环境影响报告书》，11 月 2 日~3 日，海南省生态环境保护厅在海口市召开了该报告技术审查会，并提出了审查意见。

2015 年 12 月 24~27 日，水利部水利水电规划设计总院（以下简称“水规总院”）在海口市组织召开天角潭水利枢纽工程项目建议书审查会。28 日，总院以“水总设[2016]104 号”文，签发“水规总院关于提交海南省北门江天角潭水利枢纽工程项目

建议书审查意见的函”。海南省院随即开展了可行性研究阶段的工作，并于 2016 年 5 月编制完成《海南省北门江天角潭水利枢纽工程可行性研究报告》、《海南省北门江天角潭水利枢纽工程水土保持方案报告书》、《海南省北门江天角潭水利枢纽工程移民安置规划报告》及《海南省北门江天角潭水利枢纽工程社会稳定风险分析报告》。2016 年 6 月 6~8 日，水规总院在北京组织召开可研报告及水土保持方案审查会，并出具了初步的审查意见。

天角潭水利枢纽由水源工程和洋浦供水管线组成。水源工程枢纽建筑物包括 1 座主坝和 3 座副坝，其中主坝为碾压混凝土重力坝，由拦河坝段、溢流坝段等组成，溢流坝段布置在河道主槽位置，3 座副坝均为碾压土石坝，枢纽布置方案为溢流坝+左岸引水式厂房。工程将拆除现天角潭水陂，于渠首电站尾水出口新建长为 168m 的天角潭总干渠。北门江流域来水经天角潭水利枢纽工程调蓄后，由引水隧洞放灌溉、供水流量至天角潭总干渠，总干分水至东西岸干渠引水灌溉及供水，于东岸干渠右岸设天角潭泵站加压供水供洋浦与沿途乡镇—东成镇及中和镇，同时在隧洞出口设电站二处。

天角潭水利枢纽工程等别属Ⅱ等，工程规模为大（2）型。水库正常蓄水位为 58.0m，对应库容为 16278 万 m^3；设计洪水位为 58.61m，对应库容为 17081 万 m^3；校核洪水位为 60.55m，对应库容为 19775 万 m^3，发电厂房装机为 5000kW（含二级电站装机 2000 kW）。天角潭水利枢纽工程任务以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。水库多年平均供水量为 14522 万 m^3，其中城乡生活供水量为 8025 万 m^3，农业灌溉供水量为 6497 万 m^3。

根据《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》等相关要求，天角潭水利枢纽工程建设单位海南省发展控股有限公司于 2016 年 3 月委托中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司（以下简称“北京院”）开展工程可行性研究阶段环境影响报告书编制工作。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，并进行了相关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，于 2016 年 6

月编制完成了《海南省北门江天角潭水利枢纽工程环境影响报告书》（预审稿）。水利部水利水电规划设计总院于7月7日-8日在北京主持召开了该报告书预审会，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。

在本报告的编制过程中，北京院委托海南省中南标质量科学研究院开展了工程区环境现状监测工作，委托中山大学生命科学学院开展了水生生态调查与评价工作，委托海南大学环境与植物学院开展了陆生生态调查与评价工作，委托四川大学开展了水温及河口水环境影响专题研究，委托海南大学开展了红树林生态系统影响专题研究，委托海南海沁天诚技术监测服务有限公司开展了儋州市垃圾填埋场土壤环境监测。此外，2016年9月，建设单位委托海南国为亿科环境有限公司开展了天角潭水库工程污染源调查及污染防治规划工作。2016年8月儋州市环卫局委托中国城市建设研究院有限公司编制了《儋州市现有生活垃圾填埋场搬迁及新建生活垃圾填埋场工程评估报告》，9月13日，海南省住房和城乡建设厅以“琼建城函[2016]570号”文对评估报告提出了审查意见，同意该项目评估报告，认为儋州市生活垃圾填埋场的搬迁将保障天角潭水利枢纽工程的供水水质安全，同时也是儋州市改善环境卫生和促进经济发展的需要，搬迁垃圾填埋场是必要的。目前，儋州市环卫局委托城建院开展了垃圾填埋场搬迁及新建工作的可行性研究工作。

环评报告编制过程中得到了海南省水务厅、海南省环保厅、儋州市人民政府各级部门、海南省发展控股有限公司、海南省院的大力支持，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

受海南省发展控股有限公司委托，北京院承担天角潭水利枢纽工程环境影响报告书的编制工作。

1.2编制目的

根据工程特性、工程区及周边的环境特点，以及国家和海南省有关法律法规要求，编制环境影响报告书的目的在于：

（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现状，明确敏感保护目标及存在的环境问题。

（2）预测评价工程建设及运行对环境造成的影响。

（3）针对工程建设给环境带来的不利影响，制定对策和减免措施，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》，2016 年 7 月 2 日修订；

（3）《中华人民共和国水法》，2002 年 8 月 29 日修订；

（4）《中华人民共和国水土保持法》，2010 年 12 月 25 日修订；

（5）《中华人民共和国野生动物保护法》，2016 年 7 月 2 日修正；

（6）《中华人民共和国土地管理法》，2004 年 8 月 28 日修改；

（7）《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日修改；

（8）《中华人民共和国文物保护法》，2013 年 6 月 29 日修订；

（9）《中华人民共和国水污染防治法》，2008 年 2 月 28 日修订；

（10）《中华人民共和国大气污染防治法》，2015 年 8 月 29 日修订；

（11）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，1996 年 10 月 29 日；

（12）《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；

（13）《中华人民共和国自然保护区条例》，2011 年 1 月 8 日修订；

（14）《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；

（15）《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；

（16）《中华人民共和国野生植物保护条例》，1996 年 9 月 30 日；

（17）《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；

（18）《基本农田保护条例》，1998 年 12 月 27 日国务院令第 257 号；

（19）《海南省环境保护条例》，2012 年 7 月 17 日实施；

（20）《海南省自然保护区管理条例》，2014 年 9 月 26 日修订；

（21）《海南省饮用水水源地保护条例》，2013 年 5 月 30 日；

（22）《海南省林地管理条例》，2003 年 6 月 12 日；

（23）《海南省红树林保护规定》，2011 年 7 月 22 日修订；

（24）《海南省基本农田保护规定》，2000 年 12 月 1 日；

（25）《海南省古树名木保护管理规定》，2013 年 7 月 30 日；

（26）《海南省生态保护红线管理规定》，2016 年 7 月 29 日。

1.3.2 部门规章

（1）《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 年 2 月 16 日）；

（2）《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；

（3）《环境影响评价公众参与暂行办法》，2006 年 2 月 14 日；

（4）《环境保护公众参与办法》，2015 年 7 月 13 日；

（5）《全国主体功能区规划》，2011 年 6 月；

（6）《全国生态功能区划（修编版）》，2015 年 11 月 13 日；

（7）《国务院办公厅关于加强饮用水安全保障工作的通知》（国办发[2005]45 号），2005 年 8 月 17 日；

（8）《国务院办公厅关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国办发[2012]3号）；

（9）《国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》（国办发[2013]2 号）；

（10）《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》（国办发[2015]17 号），2015 年 4 月 2 日；

（11）《饮用水水源保护区污染防治管理规定》，2010 年 12 月 22 日修正；

（12）《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；

（13）《国家重点保护野生动物名录》，1989 年 1 月；

（14）《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；

（15）《国务院关于海南省海洋功能区划（2011-2020）的批复》（国函[2012]181号）；

（16）《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》（琼府[2016]90号），2016 年 9 月；

（17）《海南省人民政府关于印发海南省城镇内河（湖）水污染治理三年行动方案的通知》（琼府[2015]74 号），2015 年 9 月；

（18）《海南省人民政府办公厅关于印发海南省实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》（琼府办[2014]112 号）；

（19）《海南省水污染防治行动计划实施方案》，2015 年 12 月 21 日；

（20）《海南省省级重点保护陆生野生动物名录》，2006 年 12 月 18 日；

（21）《海南省省级重点保护野生植物名录》，2006 年 12 月 18 日；

（22）《海南岛水环境功能区划》，2004 年 11 月；

（23）《海南省水功能区划》，2005 年 5 月；

（24）《海南省生态功能区划》，2005 年 6 月；

（25）《儋州市城市总体规划（2012-2030）》，2011 年 12 月；

（26）《儋州市土地利用总体规划（2006-2020）》，2012 年修订；

（27）《儋州市旅游总体规划（2010-2025）》。

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 大气环境》(HJ 2.2-2008)；

（3）《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ/T 2.3-1993)；

（4）《环境影响评价技术导则 声环境)》(HJ 2.4-2009)；

（5）《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)；

（6）《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T 88-2003)；

（7）《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)；

（8）《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》(GB 50433-2008)；

（10）《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)；

（11）《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)；

（12）关于印发《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》的函（环评函[2006]4 号）；

（13）《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z 712-2014 ）；

（14）《水利水电工程鱼道设计导则》（SL609-2013）；

（15）《水电工程过鱼设施设计规范》（NB/T 35054-2015）。

1.3.4 技术文件与报告

（1）海南省北门江天角潭水利枢纽工程环境影响报告书编制委托函；

（2）《北门江流域规划（修编）环境影响报告书》及其审查意见；

（3）《海南省北门江天角潭水利枢纽工程项目建议书》及其审查意见；

（4）《海南省北门江天角潭水利枢纽工程可行性研究报告》及其审查意见（海南省水利水电勘测设计研究院，2016 年 5 月）；

（5）《海南省北门江天角潭水利枢纽工程建设用地压覆矿产资源评估报告》；

（6）《海南省北门江天角潭水利枢纽工程建设区域文物影响评估报告》及批复；

（7）《海南省北门江天角潭水利枢纽工程水土保持方案报告书》；

（8）《海南省北门江天角潭水利枢纽工程水资源论证报告书》。

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、流域综合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：工程运行期产生和排放的污染物主要为工程供水利用后产生的退水；工程施工期较长，施工期“三废一噪”的污染问题也不容忽视，工程供水产生的退水和施工期“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：对工程环境影响的评价，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条件下进行，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调查、环境功能区划，并经海南省生态环境保护厅确认，确定本工程环评执行的评价标准。

1.5.1 环境质量标准

（1）地表水环境

根据《海南岛水环境功能区划》（2004），北门江干流地表水环境功能区划见表 1.5-1。经海南省生态环境保护厅确认，工程所在区域北门江河段地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准。

表 1.5-1　　北门江地表水环境功能区划

序号	水域	长度（km) /面积	规划主导功能	功能区类型	水质目标	现状使用功能	现状水质类别	备注
1	源头--沙河水库	10.1	源头水	源头水保护区	Ⅰ	源头水	Ⅱ	高标准保护
2	沙河水库	5.4km^2	农业用水	农业用水区	Ⅲ	农业用水、工业用水、景观用水	Ⅲ	不降低现状水质，高标准保护，兼有饮用、景观娱乐用水
3	沙河水库--侨植桥	21.2	工业用水	工业用水区	Ⅲ	工业用水、农业用水	Ⅲ	不降低现状水质，高标准保护，兼有农业用水
4	侨植桥--中和桥	18.8	工业用水	工业用水区	Ⅲ	工业用水、农业用水	Ⅲ	不降低现状水质，高标准保护，兼有农业用水
5	中和桥以下	12.1	景观用水	景观用水区	Ⅳ	景观用水	Ⅳ	不降低现状水质，高标准保护

（2）地下水环境

工程区地下水环境质量执行《地下水质量标准》（GB/T14848-93）中Ⅲ类水质标准。

（3）环境空气

工程区按农村地区考虑，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中一级标准。

（4）声环境

工程区可按乡村居住环境考虑，声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类标准。

（5）土壤环境

工程区土壤环境属于适用于一般农田、蔬菜地、茶园果园、牧场等土壤，执行《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级标准。

1.5.2 污染物排放标准

（1）水污染物排放

工程所在河段施工期水污染物排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 一级标准；运行期禁止水污染物排放。

（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）；运行期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类标准。

1.5.3 水土流失防治标准

本项目水土流失防治标准执行建设类项目一级防治标准，设计水平年水土流失防治目标值见表 1.5-2。

表 1.5-2　　水土流失防治目标值表

防治指标	标准规定		按降水量修正	按土壤侵蚀强度修正	按地形修正	采用标准	
	施工期	试运行期				施工期	试运行期
扰动土地整治率（%）	*	95				*	95
水土流失总治理度（%）	*	95	+2			*	97
土壤流失控制比	0.7	0.8		+0.2		0.7	1.0
拦渣率（%）	95	95				95	95
林草植被恢复率（%）	*	97	+2			*	99
林草覆盖率（%）	*	25	+2			*	27

注：“*”表示指标值应根据批准的水土保持方案措施实施进度，通过动态监测获得，并作为竣工验收的依据之一。

1.6评价等级及重点

1.6.1 评价等级

（1）生态环境

天角潭水利枢纽工程建设征地范围包括枢纽工程建设区、水库淹没影响区和移民安置区，建设征地面积 15.83km^2，在 2~20km^2 之间；水库建成后库区北门江干流回水长度 14.2km，工程占地范围内水域长度小于 50km；工程建设征地虽不直接占用新英湾红树林自然保护区，但水库调水将对河口红树林生态系统产生一定影响，此外不涉及其他自然保护区、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；工程运行使库区及坝下河道水文情势改变明显，评价工作等级上调一级。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一级。

（2）水环境

①地表水

天角潭水利枢纽工程施工期排放的废污水量＜1000m^3/d；废污水中主要污染物为非持久污染物，复杂程度属简单，坝址处多年平均流量 8.94m^3/s，水域规模为小河，工程所在河段水环境功能为Ⅲ类要求。

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，施工期地表水环境影响评价工作等级为三级；考虑到天角潭水库工程为饮用水水源工程，确定运行期地表水环境影响评价等级为二级。

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；不涉及地下水饮用水源地及其他《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》

（HJ 2.2-2008），确定大气环境影响评价工作等级为三级。

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。

（4）声环境

工程区声环境功能区为 GB3096-2008 的 1 类地区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）评价工作等级划分原则，确定声环境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，工程各要素评价范围见附图 3。

（1）生态环境

陆生生态评价范围：天角潭水库库尾上游 500m 至北门江入海口之间北门江流域范围，以及供水管线区周边 500m 范围。重点为工程建设征地范围（包括枢纽工程建设区和水库淹没影响区）、移民安置区。

水生生态评价范围：从天角潭水库库尾的东风电站坝址至入海口约 40km 干流河段，主要支流南茶河、巴黎河、太平河等，入海口附近海域，以及木棠镇的周宅水库和大域水库。

（2）水环境

地表水为天角潭水库回水末端上游东风电站厂房至北门江进入新英湾汇口处、库区主要支流巴黎河以及洋浦经济开发区和天角潭灌区退水区域。

地下水环境评价范围为枢纽工程区、水库区、北门江河口区及退水区。

（3）环境空气

评价范围为工程建设征地边界外 200m 范围，施工道路两侧各 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。

（4）声环境

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

（5）社会环境

评价范围为工程建设征地影响区、移民安置区、供水区，包括西联农场、西培农场、洋浦开发区、中和镇、东成镇、天角潭灌区等。

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有屋基村白鹭市级自然保护区、新英湾红树林自然保护区，但工程建设征地范围不涉及保护区范围，也不涉及其他类型的环境敏感区，工程评价范围内主要环境保护对象主要情况及其与工程的关系见表 1.8-1 及附图 4。

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	与本工程的关系及主要情况	保护要求
水环境	地表水评价范围内水体水质	天角潭水库库区及工程所在北门江河段	满足 GB3838-2002 中III类标准
	受水区退水水域	洋浦开发区退水及天角潭灌区黄沙支渠退水进入琼州海峡，中和镇、东成镇、其他灌区退水进入北门江下游	北门江下游水质满足 GB3838-2002 中III类标准，洋浦开发区退水区域满足 GB3097-1997 中 IV 类标准，黄沙支渠退水区域满足 GB3097-1997 中 II 类标准
	地下水评价范围内地下水环境	工程区周边，重点关注天角潭坝址附近生产基地饮用水井、供水管线沿线赛脚老村居民引用水井等	水质满足 GB/T14848-93 中III类标准
生态环境	河口红树林等生态环境	分布在工程坝址下游 25km 河口区域，生长 11 种红树林植物	红树林生态系统生长繁殖不受天角潭工程建设、运行影响
	龙血树、海南大风子等海南生省级保护植物及古树名木	工程占地范围内分布有 1 株海南大风子、45 株龙血树，1 株“橡胶王”	最大程度减缓工程建设对工程占地范围内动植物的影响
	12 种国家 II 级重点保护动物，39 种海南省保护动物	工程施工、水库淹没影响其生境	
	花鳗鲡、台细鳊、锯齿海南鲻、海南石鲋、条纹刺鲃等鱼类及其生境	水库蓄水后，对流域内分布的洄游性、喜流水性鱼类有一定影响；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	保护北门江鱼类的水生生境，维护北门江水生生物的多样性
声环境、环境空气	西联农场、羊宅村	受施工期交通噪声、扬尘等影响，包括西联农场新丰村、奋斗队、猛进队、五星分场、光明队及羊宅村	声环境满足 GB3096-2008 中 1 类标准；环境空气满足 GB3095-2012 中一级标准
社会环境	西联农场、西培农场	规划水平年共需搬迁安置 2066 人	使工程建设征地移民的生产生活达到或超过原有水平
生态敏感区/环境敏感区	屋基村白鹭市级自然保护区	位于工程评价范围内，距离工程较远，不受工程建设运行影响边界距离天角潭水利枢纽约 10km；主要保护对象为白鹭及其生境，位于洛基镇，面积 25hm^2，建于 1992 年 4 月。	无
	新英湾红树林市级自然保护区	分布在工程坝址下游 25km 河口区域，面积 115.4hm^2，主要保护对象为红树林生态系统，成立于 1992 年 4 月	保护红树林植物正常生长、繁育

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植物，尽量降低工程施工和运行对动植物的影响；施工结束后，尽量恢复植被以降低对陆生植物的影响。保护北门江鱼类及其生境，维护水生生物的多样性。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 99％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，使其满足水功能区划要求的《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水标准，施工各类废污水经处理后尽可能回用和综合利用，不能利用的应满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

运行期，对天角潭水库划分水源保护区，加强水库上游区域的污染源治理和污染物排放控制，保证天角潭水库库区饮用水水源一级保护区满足地表水Ⅱ类水标准，二级保护区、准保护区及水库下游河道水质满足水功能区划要求的地表水Ⅲ类水标准；天角潭水库合理调度运行，满足水库坝下游河道生态、环境、社会等各项用水需求；水库及电站现场运行管理产生的废污水经处理后尽可能综合利用；工程各受水区退水要满足退水区污染物总量控制要求。

②地下水

水库库周居民生产生活不因水库蓄水而受到影响，左岸引水隧洞周边居民生产生活不因工程开挖而受到影响，水库下游河道两岸居民生产生活不因水库运行而受到影响；水库向各受水区供水后，各受水区要严格控制地下水开采量。

（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》（GB3095-2012）标准要求。

（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 2014~2016 年。施工期预测评价水平年为施工高峰年。工程主体设计水平年为 2040 年，考虑时间跨度较久，运行期水质预测评价水平年分为 3 个阶段：水库建成后 2020 年、近期水平年 2030 年、远期水平年 2040 年，其余要素评价水平年为 2040 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。环境影响评价程序见图 1.10-1。

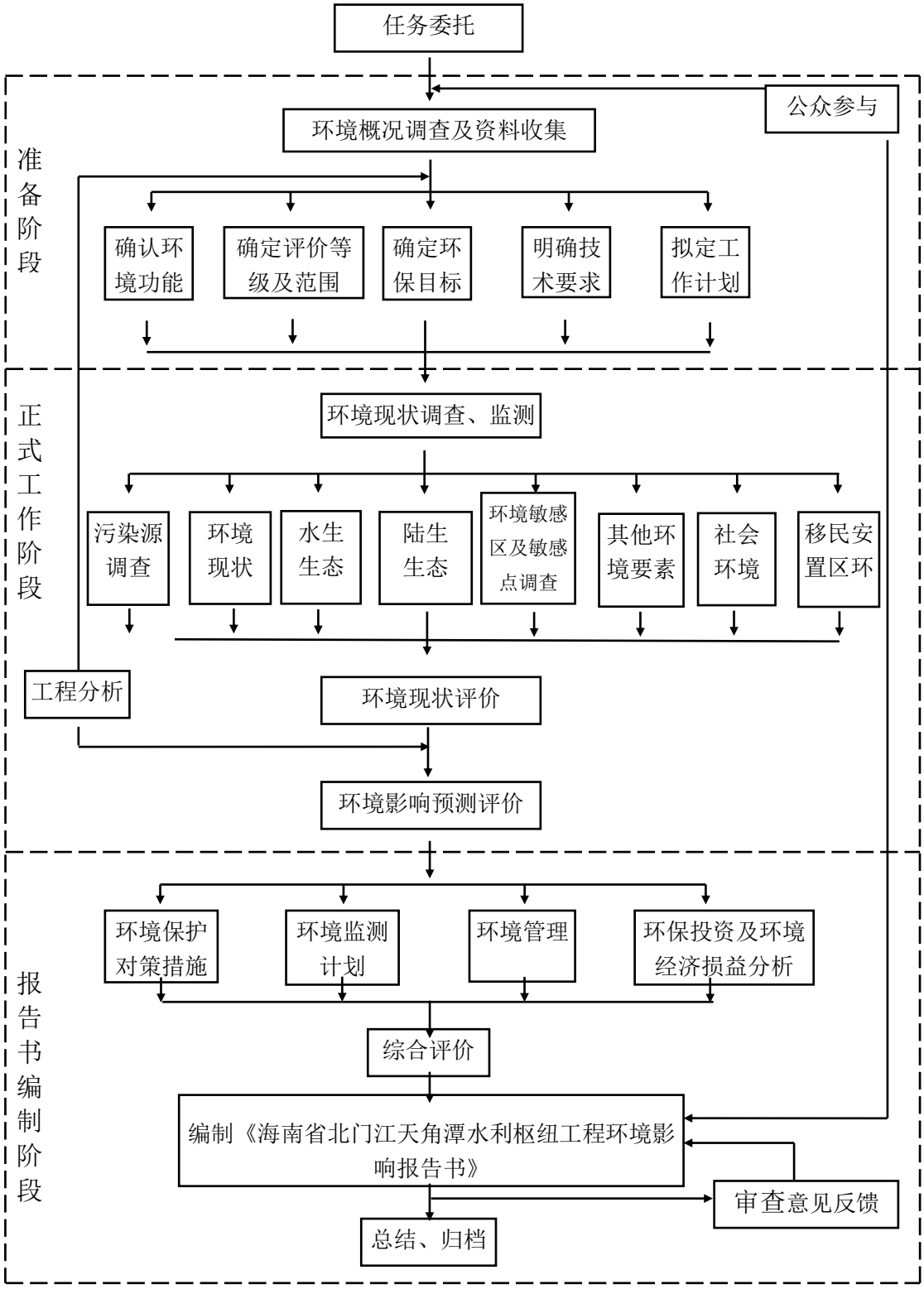


图 1.10-1　环境影响评价程序图

2 工程概况

2.1 流域规划及开发利用情况

北门江流域水利水电开发较早，自上世纪 50 年代起北门江干流从上游至下游相继建成沙河水库（1980 年）、牙拉河一级（1983 年）、燎原（1977 年）、牙拉河三级（1965 年）、牙拉河四级（1979 年）、东风（1959 年，目前已废弃）、西联（1976 年）、两院（1982 年）、西庆（1975 年）以及天角潭水陂（1956 年）两处水利工程和 9 个梯级水电工程，总装机 6.26MW，多年平均发电量 2273 万 kW·h。除沙河水库坝后电站为多年调节外，其他电站均为径流式电站。

支流南茶河上建有南茶水库。流域未开展水利水电开发规划，也未开展规划环评工作。随着区域社会经济发展和人口增加，流域面临新的用水要求，2009 年中水珠江规划勘测设计有限公司开展并完成了《海南省北门江流域规划报告》（以下简称“09 规划报告”），09 规划报告提出沙河水库坝后、牙拉河一级、燎原、牙拉河三级、牙拉河四级、东风、西联、两院及中型水库-天角潭水库等 9 级规划开发方案，其中除天角潭水库以外的其它 8 个梯级水电站均已建成，而天角潭水库工程作为松涛灌区规划水源工程及流域规划控制性工程一直未开发建设。根据新形式下社会经济发展需要，2014 年 11 月受海南省水务厅的委托，海南省水利水电勘测设计研究院承担了《海南省北门江流域规划报告（修编）》（以下简称“规划修编报告”）编制工作，提出了天角潭上、中、下坝址三个建设方案，并根据各方案的淹没补偿投资进行了方案调整，最终提出了天角潭中坝址 54.00m 正常蓄水位方案作为推荐方案（以下简称天角潭水利枢纽），于 2015 年 9 月底完成规划修编报告（送审稿），该报告提出的北门江干流梯级开发方案为沙河水库坝后、牙拉河一级、燎原、牙拉河三级、牙拉河四级、天角潭水库（大(2)型水库）、天角潭坝后电站及天角潭二级电站的 7 个梯级电站和 1 个大（2）型水库开发格局。2016 年海南省发展和改革委员会以《关于批复海南省北门江流域规划报告（修编）的函》（琼发改农经函 2016[944]号）对规划修编报告进行批复，提出“在强化节水的基础上，建设必要的水源工程，加快推进天角潭水利枢纽工程，保障儋州及洋浦经济开发区的供水安全”。

干流沙河水库控制集雨面积 83.7km^2，正常蓄水位 135.88m，相应库容 3569 万

m^3，死水位 122.88m，相应库容 204 万 m^3，调节库容 3365 万 m^3，是一座以灌溉为主，兼有发电等效益的中型水库工程。天角潭水陂控制集雨面积 408.9km^2，正常蓄水位 27.88m，相应库容 532 万 m^3，死水位 19.76m，相应库容 34 万 m^3，调节库容 671 万 m^3，总库容 1237 万 m^3。支流上的小（1）型水库主要有南茶水库，南茶水库控制集雨面积 26.1km^2，正常蓄水位 145.5m，相应库容 150 万 m^3，死水位 143.4m，相应库容 12 万 m^3，调节库容 38 万 m^3，总库容 200 万 m^3。

天角潭水陂位于北门江中游，于 1956 年 11 月份动工，1957 年 1 月份竣工，其工程任务为引水灌溉天角潭灌区，坝高 16.5m，左岸为通天式双孔明流进水闸，右岸为明流式双孔箱涵进水闸。天角潭灌区位于儋州市少雨干旱的中北部地区，包括东成镇、中和镇、新州镇、木棠镇、光村镇、三都镇、峨蔓镇等七个镇；灌区土地总面积 31.19 万亩，耕地面积为 16.90 万亩，设计灌溉面积 10.50 万亩，现实际灌溉面积 5.252 万亩，设计引水流量 13m^3/s。

规划工程天角潭水利枢纽推荐坝址位于天角潭水陂上游 500m，东经 109°27'、北纬 19°38'，工程任务以城镇供水、农业灌溉为主，结合发电等综合利用。

北门江流域规划情况见表 2.1-1。

表 2.1-1　　北门江流域规划(修编)及开发利用情况表

序号	梯级电站(水库)名称	装机(库容)	水库规模	干、支流	备注
1	沙河水库	1237 万 m^3	中型	干流	已建
2	沙河水库坝后水电站	640 kW	-	干流	已建
3	牙拉河一级水电站	500 kW	-	干流	已建
4	燎原水电站	320 kW	-	干流	已建
5	牙拉河三级水电站	1320 kW	-	干流	已建
6	牙拉河四级水电站	1000 kW	-	干流	已建
7	东风水电站	200	-	干流	已建
8	西联水电站	160	-	干流	已建
9	两院水电站	820	-	干流	已建
10	西庆水电站	1300(增装 200kW)	-	干流	已建，未列入规划
11	天角潭水利枢纽	1.95 亿 m^3	大（2）	干流	新建
12	天角潭渠首电站	3000kW	-	干流	新建
13	天角潭生态电站	2000kW	-	干流	新建
14	天角潭水陂	-	-	干流	已建，未列入规划
15	南茶水库	200.00 万 m^3	小（1）	支流	已建

2.2流域环境保护及规划环评情况

2.2.1 规划环评工作介绍

北门江流域水利水电开发较早，当时流域未开展水利水电开发规划，也未开展规划环评工作。2009 年，中水珠江规划勘测设计有限公司编制完成了《海南省北门江流域规划报告》，规划提出拟在北门江中下游兴建天角潭中型水库，至 2012 年，《海南省北门江流域规划报告》中规划的天角潭水库工程作为松涛灌区规划水源工程及流域规划控制性工程一直未开发建设。受社会经济发展用水要求 2014 年 11 月海南省水务厅委托海南省水利水电勘测设计研究院开展北门江流域规划修编工作，北京院同步承担了北门江流域规划（修编）环境影响评价工作，北京院于 2016 年 11 月完成《海南省北门江流域规划（修编）环境影响报告书》并通过了海南省生态环境保护厅的审查，海南省生态环境保护厅以关于北门江流域规划（修编）环境影响报告书审查意见的函（琼环函 [2016]1678 号）的形式对北门江流域规划（修编）环境影响报告书进行了批复。

2.2.2 规划环评主要结论

根据《海南省北门江流域规划（修编）环境影响报告书》，北门江流域综合规划实施后，社会、经济和环境效益显著。

防洪、治涝与水土保持规划实施后，提高流域防洪标准，保障人民生命财产安全及社会安定，促进经济社会发展，流域水土流失情况也得到综合治理，对促进区域生态建设、改善当地人民的生产生活条件十分有利。

供水、灌溉规划实施后，提高了城乡饮水安全保障程度，提高了灌区灌溉用水保证率，为人民安居乐业及农业丰产奠定了基础。

水力发电和重大水工程规划实施，可加快水能资源开发，促进能源结构的调整和优化，推动社会经济快速发展。

水资源与水生态环境保护规划实施后，可保障北门江水体水质和生态环境用水，满足生活、生产和生态用水的水量和水质要求，对流域生态环境的恢复和保护起到重要作用。

流域水利管理规划时候，实现水质、水量和水生态环境信息的监测和采集，

提高科技支撑能力，实现流域全方位统一管理。

规划实施的不利影响主要为：规划天角潭水库工程时候，将改变北门江部分河段的水文情势，以及水库淹没影响，水生生境连通性影响等。

总体上，北门江流域规划坚持科学发展观，坚持“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路，统筹保护与开发，协调生态与发展，平衡总体与局部，兼顾当前与长远，规划实施对生态环境的有利影响是主要的。在认真落实水资源保护、水生态保护、水土保持规划及各项环境保护对策措施，并开展相关敏感区专题研究、采取保护措施后，不利环境影响可以得到预防或减缓。规划的实施将有利于促进流域经济、社会、环境全面协调可持续发展。

2.2.3 规划环评针对项目提出的主要环保措施落实情况

为确保规划待建工程—天角潭水利枢纽工程顺利实施，保障库区水质以及减缓天角潭水库对坝下生态的不利影响,《北门江流域规划（修编）环境影响报告书》针对规划待建工程—天角潭水利枢纽工程提出了相关环保措施。项目环评针对琼环函 [2016]1678 号中关于进一步做好《规划》实施的环境保护工作要求，逐一予以落实。

规划环评针对本工程提出的相关环保措施及落实情况见表 2.2-1。

表 2.2-1　规划环评针对本工程提出的环保措施及落实情况表

序号	审查意见要求	落实情况
1	科学实施水资源开发利用，拆除天角潭水陂，取消拟建的天角潭水陂电站；天角潭水利工程坝下最小下泄生态流量满足河口红树林生长、繁殖等需要和维护北门江流域河道生态健康要求。	项目可研阶段主体工程设计中，对天角潭水陂进行拆除，并优化了设计方案，取消了天角潭水陂电站。针对天角潭水利枢纽工程提出了生态流量下泄方案要求，同时主体工程设计时专门针对生态流量泄放设置了两台生态机组泄放生态流量，并设有旁通管供机组检修时下泄生态流量。
2	尽快编制《北门江流域水污染综合防治规划》，确保规划实施后供水饮水安全和国家控制断面中和桥水质达到国家考核目标。	2016 年 8 月委托海南国为亿科环境有限公司开展天角潭水利枢纽工程污染源调查及污染控制防治方案编制工作，方案在污染源调查的基础上，有针对性提出流域治污截污方案，相关环保措施确保在天角潭水库蓄水前全部投产使用，并列入儋州市环保规划。
3	落实儋州市现有垃圾填埋厂搬迁和场地修复工作。	2016 年 7 月，儋州市环卫局委托中国城市建设研究院有限公司海南分院编制了《儋州市现有生活垃圾填埋场及新建生活垃圾填埋场工程评估报告》,报告书针对现有生活垃圾填埋场、渗滤液处理站搬迁以及搬迁后

序号	审查意见要求	落实情况
		场地修复治理均提出了严格的环保要求，确保水库蓄水前填埋场搬迁及场地修复工作完成。
4	加强流域水质水量以及生态系统的监测与预警	项目环评提出工程建成后安装库区水质在线监测系统、坝下生态流量在线监测系统等措施。
5	严守生态红线，加强流域生态系统保护。	水生生态保护措施：(1) 新建鱼道，恢复河流连通性；(2) 新建一座鱼类增殖站；(3) 划定支流—太平河作为栖息地河段进行保护。 陆生生态保护措施：移栽了 45 株龙血树、1 株海南大风子和 1 株“橡胶王”。 新英湾红树林自然保护区保护措施：开展了《海南省北门江天角潭水利枢纽河口水环境专题研究》和《海南省天角潭水利枢纽红树林影响专题研究》两个专题研究，针对红树林提出了人工种植、保证生态流量、退塘还林等保护措施。
6	低温水减缓措施	主体工程设计采用 10×3m 叠梁门分层取水方案和高低取水孔分层取水方案进行比选，最终推荐采用叠梁门分层取水方案。

2.3工程建设必要性

2.3.1 完善琼北地区水资源配置的需要

天角潭水利枢纽工程位于北门江流域，是松涛灌区内的规划水源工程，对松涛灌区范围内的水资源配置起着支撑作用。而松涛灌区自 20 世纪 60 年代以来，曾经进行过多次规划，并以当时的基准年和经济社会现状和发展水平确定了规划新建水源工程的规模与供水任务。

随着松涛灌区范围内 5 个市县社会经济迅速发展，区内市县区域新的战略定位，原规划成果已不能满足发展要求，加之南渡江引水工程、迈湾水利枢纽工程等大型蓄引水工程建设，考虑《海南省总体规划》的区域发展战略及水资源配置研究的需要，纳入考虑文昌市、琼海市、定安县、屯昌县等 4 个市县，在大范围内对水资源供需平衡进行分析，迫切需要研究新的水资源配置方案。

1992 年，水利部珠江水利委员会勘测设计院编制完成的《松涛灌区续建配套工程总体规划报告》中对松涛灌区内的北门江、春江、光村水、排浦水、红洋水、文澜江、马袅河、花场河等均进行了水资源利用规划。对北门江流域，规划在天角潭水坝下游约 4.5km 处兴建天角潭水利枢纽，集水面积 316.4km^2，正常蓄水位

32.5m，兴利库容 6340 万 m^3。水库建成后除可保证天角潭灌区 8.83 万亩农田的灌溉用水外，尚可供水洋浦港，同时规划在下游的太平水兴建幸福水库，作为松林岭渠道的调节水库。

因此，为完善琼北地区水资源配置，提高琼北地区水资源利用率，兴建天角潭水利枢纽是十分必要和迫切的。

2.3.2 北门江流域综合开发利用的需要

北门江流域已建有 5 座蓄水工程，其中包括 1 座中型水库，4 座小型水库，分别是沙河水库、那旦、角要、火烧坡和南茶水库。蓄水工程总库容 6967 万 m³，兴利库容 3701 万 m³，其中沙河水库总库容 6360 万 m³，兴利库容 3365 万 m³，其他 4 座小型水库总兴利库容只有 336 万 m^3，只有沙河水库兴利库容的 10%。由于北门江流域蓄水工程规模普遍较小，调蓄能力不足，现状每年仍需松涛水库向北门江流域补水。随着流域经济社会快速发展，北门江流域治理开发程度远远不能满足北门江流域及邻近地区经济社会发展的需要，主要表现在：①北门江流域下游及其邻近地区工农业用水供需矛盾日益突出，灌溉工程配套建设进度急需加快。② 洋浦开发区缺水问题日益显著。③ 干旱问题突出。④ 水生态问题出现恶化现象。

北门江流域水资源开发利用程度为 18.3%，仅建成中型及以上水库 1 座，流域水资源开发利用率低，工程性缺水严重，远不能满足流域及周边地区经济社会发展及用水需求，迫切需要在北门江中下河段兴建大型综合性关键控制性水利枢纽工程，对水资源进行有效调节和优化配置。

天角潭水利枢纽具有供水、灌溉、水力发电等综合利用功能，在满足流域和区域水资源配置的同时，增加枯期径流，可提高下游农田灌溉用水保证率，扩大灌溉面积，提高粮食产量，同时通过布置两级电站增加发电效益。综合分析，为合理利用北门江水资源、加强北门江流域综合治理，在北门江修建具有综合利用功能的大型控制性工程天角潭水利枢纽是十分必要的。

2.3.3 儋州及洋浦经济区供水安全保障的迫切需要

洋浦经济开发区为国家级经济开发区，现状供水水源为松涛水库。根据多个规划预测结果，至 2020 年及 2030 年，洋浦经济开发区缺水严重，而区域内没有

大型蓄引提工程，只能实行跨流域调水。现状实施的为松涛水库二期供水工程，取水规模为 45 万 m^3/d，即至 2020 年前，洋浦经济开发区从松涛水库的取水规模将达到 70 万 m^3/d。根据对整个琼北地区水资源供需平衡和分析结果，松涛灌区至 2030 年，将不能再向洋浦经济开发区增供水量，且从水源供水可靠性来说，双水源保障程度更高。从洋浦经济开发区区域水资源情况看，可为其供水的水源有松涛水库、天角潭水利枢纽、杨桥江水库、规划扩建的春江水库，其中的春江水库规划作为滨海新区及海花岛的供水水源，根据前期工作杨桥江水库建设移民投资很大且水量满足不了要求。根据《洋浦第二水源规划论证报告》等历次相关规划，未来拟在松涛水库水源供水基础上，从北门江天角潭水利枢纽调水实现多水源联合供水，规划天角潭水利枢纽为大（2）型水库，水源保障程度较高。

天角潭水利枢纽工程建成后，可有效发挥大型水库的调蓄作用，向洋浦经济开发区进行城乡供水；发展和改善现有水田灌溉面积，提高土地生产能力与经济效益；合理开发利用水力资源进行发电。该工程具有较好的水源条件，所控制的受水区基本可自流供水。项目建设有利于提高灌区农业综合生产能力，缓解松涛灌区的用水矛盾，以水资源的可持续利用保障区域经济社会的可持续发展。因此，建设该项目是必要的。

2.4工程任务、规模

2.4.1 工程地理位置

天角潭水利枢纽工程坝址位于海南省儋州市境内的北门江干流天角潭水陂上游 500m 处，距离儋州市区 19.1km，距离洋浦经济开发区 30.9km。工程地理位置见附图 1。

2.4.2 工程建设任务

天角潭水利枢纽工程是松涛灌区内续建配套的水源工程，对于缓解整个松涛灌区未来用水矛盾意义重大，是琼北地区重要水源工程。根据《海南省北门江流域规划报告（修编）》和《关于提交海南省北门江天角潭水利枢纽工程项目建议书审查意见的函（水总设[2016]104 号）》，确定本工程的主要任务以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。

(1) 城乡供水

天角潭水利枢纽工程建成后，通过新建的天角潭总干渠和东岸干渠经天角潭泵站加压后通过输水管道供洋浦经济开发区与沿途的东成镇及中和镇，保障两个乡镇与一个经济开发区的城乡生活用水，年供水总量 8025 万 m^3，提高沿途乡镇城乡生活用水保障程度，解决洋浦供水不足和单一水源保证率低的问题。

(2) 农业灌溉

天角潭水利枢纽建成后，北门江流域来水经天角潭水利枢纽工程调蓄后，由引水隧洞放灌溉流量、供水流量至天角潭总干渠，总干渠分水至东西干渠引水灌溉，保障下游天角潭灌区的需水要求，并可将天角潭灌区的设计灌溉面积增加至 11.42 万亩，其中现状保灌溉面积 4.58 万亩、改善灌溉面积 3.58 万亩、新增灌溉面积 3.26 万亩。

(3) 水力发电

天角潭水利枢纽工程建成后，利用城镇工业和生活供水、灌溉、环境用水和弃水发电。水电站装机容量为 5000kW，多年平均发电量 2056 万 kW•h，有效弥补工程建设淹没 3 座（西庆水电站（1300kW），西联洛南水电站（400kW），两院（660kW）），影响 1 座电站（东风水电站，原装机 200 kW，目前已经废弃）的电量损失。

2.4.3 工程规模

天角潭水利枢纽工程等别属Ⅱ等，工程规模为大（2）型水库。水库正常蓄水位为 58.0m，对应库容为 16278 万 m^3；设计洪水位为 58.61m，对应库容为 17081 万 m^3；校核洪水位为 60.55m，对应库容为 19775 万 m^3；发电厂房装机为 5000kW（含二级电站装机 2000 kW）。

工程现状年为 2014 年，设计水平年 2040 年，设计水平年天角潭水利枢纽多年平均供水量为 14522 万 m^3，其中城乡生活供水量为 8025 万 m^3，农业灌溉供水量为 6497 万 m^3，见图 2.4-1。

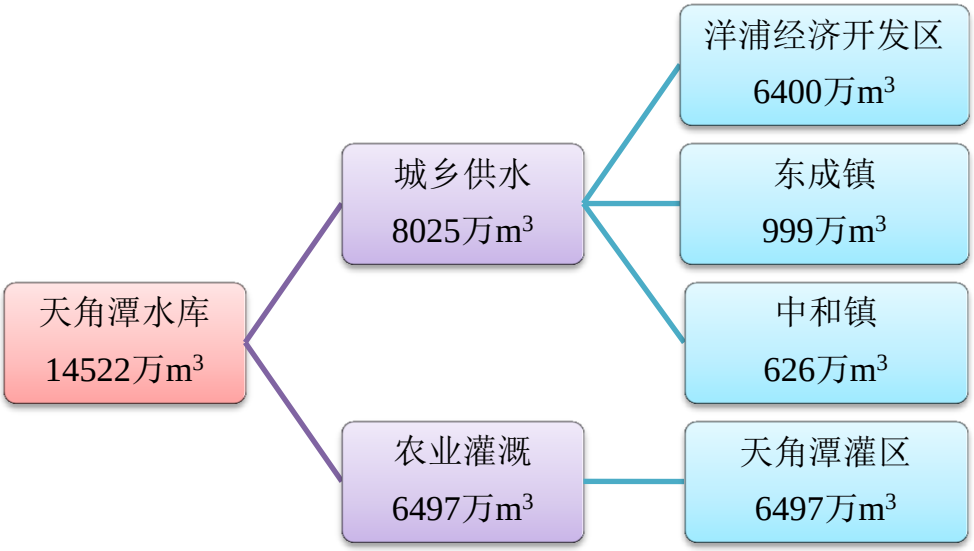


图 2.4-1 天角潭水库设计水平年 2040 年供水概化图

2.5工程项目组成及特性表

天角潭水利枢纽工程项目组成由主体枢纽区的永久工程和临时工程、建设征地及移民安置和环保工程等项目组成，各项目的构成详见表 2.4-1。

表 2.4-1 天角潭水利枢纽工程项目组成表

工程项目			项目组成
主体工程	永久工程	挡水建筑物	1 座主坝和 3 座副坝
		泄水建筑物	3 孔 12m×9m（宽×高）的溢流表孔
		引水建筑物	引水隧洞
		厂区建筑物	一、二级电站厂房
	临时工程	导流方式	一次拦断河床、隧洞导流
		料场	洋四漏石料场，规划开采量 57.73 万 m^3
		渣场	6 个渣场，总占地 1902.16 亩，最终弃渣量 126.62 万 m^3
		办公及生活设施	4 个施工生活区，共占地 16900m^2
		储运工程	综合仓库 4 座、炸药库 1 座
		施工企业	砂石料加工系统 1 座、凝土拌和系统 1 座、其他各类施工工厂。
		场内临时交通	场内交通道路规划临时道路总长 51.08km，其中大坝区为 11.92km，供水管线区为 39.12km，新增临时占地面积为 356.1 亩
引水工程	引水渠道、天角潭渡槽、泵站及管道工程		新建天角潭总干渠 168m（含节制闸、泄水闸各 1 座）、东岸干渠 350m（含节制闸和分水闸各一座）、新建西岸干渠分水闸一座、新建天角潭渡槽、新建天角潭泵站及压力管道工程 39.12km 。

工程项目		项目组成
进场公路工程	进场公路及场内永久道路	7 条，总长 11.83km
移民安置	移民安置	规划水平年 2020 年库区农村生产安置人口为 367 人，国营农场规划水平年搬迁总人口 2066 人。 专业项目：交通道路（新建四级公路 0.1km，改造机耕道路 2.5km，垫高 0.2km，复建 12km）、输变电设施、通讯设施、水利水电设施等。
环境保护工程	生态流量泄放工程	生态电站、开挖生态渠道
	低温水减缓措施	分层取水设计
	水生生态保护工程	1 座鱼类增殖放流站、过鱼设施、栖息地保护措施等
	施工废(污)水处理工程	1 座砂石料加工系统废水处理站、1 座混凝土生产系统废水处理站、4 座生活污水处理站等
	水土保持工程	工程措施、植物措施、临时措施
	移民安置环境保护工程	采用人工湿地工艺处理生活污水
	其它环境保护工程	儋州市生活垃圾填埋场搬迁工程、声屏障工程、安全警示牌、保护植物移栽、红树林人工保护等

天角潭水利枢纽工程特性见表 2.4-2。

表 2.4-2　　天角潭水利枢纽工程特性表

序号及名称	单位	数量	备　　注
一、水文			
1. 流域面积			
全流域	km^2	621	
坝址以上	km^2	400	
2. 利用的水文系列			
径流	年	56	大溪桥站 1959~2014 年实测资料
3. 多年平均年径流	亿 m^3	2.82	
4. 代表性流量			
多年平均流量	m^3/s	8.94	
实测最大流量	m^3/s	/	
实测最小流量	m^3/s	/	
调查历史最大流量	m^3/s	/	
正常运用（设计）洪水标准（P=1%）及流量	m^3/s	2506	
非常运用（校核）洪水标准（P=0.1%）及流量	m^3/s	3583	

序号及名称	单位	数量	备　　注
施工导流标准（P= 10 ％）及流量	m^3/s	1450	
5. 洪量			
实测最大洪量（1d）	亿 m^3	/	
设计洪水洪量（1d）（1%）	亿 m^3	1.143	
校核洪水洪量（1d）（0.1%）	亿 m^3	1.681	
实测最大洪量（3d）	亿 m^3	/	
设计洪水洪量（3d）（1%）	亿 m^3	1.475	
校核洪水洪量（3d）（0.1%）	亿 m^3	2.120	
6. 泥沙			
多年平均悬移质年输沙量	万 t	3.57	
多年平均含沙量	kg/m^3	0.13	
多年平均推移质年输沙量	万 t	0.71	
二、工程规模			
1. 水库			
校核洪水位（P=0.1％）	m	60.09	
校核洪水位（P=0.05％）	m	60.55	
设计洪水位（P=1％）	m	58.61	
正常蓄水位	m	58.00	
死水位	m	29.00	
校核总库容	亿 m^3	1.9070	
校核总库容	亿 m^3	1.9775	
正常蓄水位以下库容	亿 m^3	1.6278	
调节库容	亿 m^3	1.5394	
死库容	亿 m^3	0.0884	
正常蓄水位时水库面积	km^2	13.80	
回水长度	km	14.2	
库容系数		0.55	
调节特性		多年	
设计洪水位时最大泄量	m^3/s	1910	
相应下游水位	m	25.85	
校核洪水位时最大泄量	m^3/s	2390	
相应下游水位	m	26.49	
2. 灌溉工程			
水库设计灌溉面积	万亩	11.42	
设计灌溉保证率 P	%	80	
年均用水总量	万 m^3	6497	
设计引水流量	m^3/s	2.53	
3. 城乡生活及工业供水工程			
年供水总量	万 m^3	8025	

序号及名称	单位	数量	备　　注
日供水量	万 m^3/日	22	
设计引水流量	m^3/s	2.54	
供水保证率	%	95	
年引水时间	d	365	
引水线路长度	km	39.12	
泵站总装机容量	kW	1250×3	2（主）1（备）
总扬程	m	59	
年抽水用电量	万 kW．h	2260	运行 2 台
设计取水位	m	23.8	
4. 发电工程			
1）渠首电站			
装机容量	kW	3000	
多年平均发电量	万 kW.h	1376	
年利用小时	h	4550	
2）生态电站			
装机容量	kW	2000	
多年平均发电量	万 kW.h	680	
年利用小时	h	3400	
三、淹没损失及工程永久占地			
(一)库区			
1. 淹没土地（P= 20％）		20985.20	
水田	亩	1297.99	
旱地	亩	855.49	
园地	亩	15068.01	
林地	亩	765.63	
2. 迁移人口（P= 5％）基准年	人	1985	
3. 淹没区房屋	m^2		
主房	m^2	63392.47	
杂房	m^2	9455.17	
4. 淹没区公路及机耕路长度	km	49.58	
5. 淹没区输电线长度	km	55.56	
（二）枢纽区			
1. 影响搬迁人口	人	0	
2. 拆迁房屋	m^2	0	
四、主要建筑物及设施			
1. 拦河挡水建筑物（主坝）			

序号及名称	单位	数量	备　　注
型式		重力坝	
地基特性		弱风化片岩	
地震基本烈度	度	7 度	
坝顶高程	m	62	
最大坝高	m	52	
坝顶长度	m	294.5	
2. 副坝			
型式		分区土石坝	
地基特性		全、弱风化砂岩	
地震基本烈度	度	7 度	
坝顶高程	m	61.5	
最大坝高	m	27.0	
坝顶长度	m	474	
3. 泄水建筑物			
型式		溢流表孔	
地基特性		弱风化片岩	
堰顶高程	m	50	
闸孔孔数	孔	3	
闸孔尺寸	m×m	12×9	
消能方式		挑流消能	
闸门型式		弧形闸门	
设计泄洪流量	m^3/s	1910	
校核泄洪流量	m^3/s	2390	
3. 引水建筑物			
渠首、生态电站			
进水口底坎高程	m	24.0	
引水道型式		隧洞进水口	
长度	m/根	338/1	
尺寸（钢管内径）	m	2.8	
4. 输水建筑物			
设计流量	m^3/s	2.54	
输水道型式		管道	
长度	km	39.12	
断面尺寸	m	φ1.8	
5. 厂房			
1）渠首电站			
型式			
主厂房尺寸（长×宽）	m	38.80×24.74	
水轮机安装高程	m	25.00	

序号及名称	单位	数量	备　　注
2）生态电站			
型式			
主厂房尺寸（长×宽）	m	37.42×24.74	
水轮机安装高程	m	15.20	
6. 主要机电设备			
1）渠首电站			
水轮机台数	台	2	
型号		HLA551C-WJ-100	
发电机台数	台	2	
型号		SFW1550-14/1730	
单机容量	kW	1500	
2）生态电站			
水轮机台数	台	2	
型号		HLA551-WJ-88	
发电机台数	台	2	
型号		SFW-K1500-8/1730 SFW-K500-6/990	
单机容量	kW	1500/500	
7. 输电线			
电压	kV	35	
回路数	回路	1	
输电距离	km	/	
五、施工			
1. 主体工程			
土方开挖	万 m^3	111.13	
石方开挖	万 m^3	102.23	
土方洞挖	万 m^3	0.03	
石方洞挖	万 m^3	0.42	
土方填筑	万 m^3	86.22	
砂砾石填筑	万 m^3	9.56	
混凝土浇筑	万 m^3	39.48	
混凝土衬砌	万 m^3	0.03	
喷混凝土	万 m^3	0.14	
钢筋制作与安装	万 t	1.32	
帷幕灌浆	万 m	1.72	
固结灌浆	万 m	1.57	
回填灌浆	万 m^3	0.30	
接触灌浆	万 m^3	0.13	
排水孔	万 m	2.07	
草皮护坡	万 m^2	1.92	

序号及名称	单位	数量	备　　注
砂浆锚杆	万根	0.71	
2. 主要建筑材料			
木材	m^3	63.91	
水泥	万 t	1.58	
钢材	万 t	0.89	钢材含钢筋、锚杆、锚筋
3. 所需劳动力			
总工时	万工时	9610.67	
平均高峰人数	人	1000	
高峰人数	人	2200	
5. 施工动力及来源			
供电	kW	3000	
6. 对外交通（公路）			
距离	km	66	
运量	万 t	10.7	
7. 施工导流			
方式		分期导流	
标准		10 年一遇	
8. 施工期限			
准备工期	月	6	
发电工期	月	34	
总工期	月	40	
六、环保工程			
1.水环境			
生态机组(二级电站)	台	2	装机 1500kW、500 kW
生态渠道	m	460	防止出现脱水河段
叠梁门		1	3m×10，共 10 层
砂石料废水处理系统	套	1	
生活污水处理系统	套	3	
机械修配系统废水处理系统	套	2	
沉淀池	个	10	主要用于混凝土拌合系统废水、隧洞废水、基坑废水处理
2.水生生态			
鱼类增殖站	座	1	
过鱼设施	座	1	
栖息地保护	项	1	
七、经济指标			
1. 总投资	万元	437181.83	
静态总投资	万元	433296.83	
贷款利息	万元	3885	
1）工程总投资	万元	104844.01	

序号及名称	单位	数量	备　　注
2）水库淹没及工程占地总投资	万元	297111.6	
3）水土保持费	万元	5447.23	
4）环境保护投资	万元	40796.50	
2. 综合利用经济指标			
水库单位库容投资	元/m3	28.15	
单位供水量投资	元/m3	29.84	
水电单位千瓦投资	元/kW	10142	
经济内部收益率	%	8.61	
财务内部收益率	%	0.08	
上网电价	元/kW.h	0.38	
出库城乡供水价	元/m^3	1.6	
出库灌溉水费	元/m^3	0.15	

2.6工程总布置及主要建筑物

2.6.1 枢纽工程总体布局

本工程水库坝型采用碾压混凝土重力坝，枢纽水源工程布置方案为溢流坝+左岸引水式厂房。

北门江流域来水经天角潭水利枢纽工程调蓄后，由引水隧洞放灌溉、供水流量至天角潭总干渠，总干分水至东西岸干渠引水灌溉及供水，于东岸干渠 0+350 右岸设天角潭泵站加压供水供洋浦与沿途乡镇—东成镇及中和镇，同时在隧洞出口设电站二处。枢纽工程总体布置见附图 6。

枢纽由水源工程及引水工程组成，其中水源工程建筑物包括挡水主坝、副坝、引水隧洞、电站厂房；供水工程包括输水的天角潭总干 0.168km、东岸干渠 0.35km，引供水的天角潭泵站及压力管道。

水源工程挡水建筑物包括 1 座主坝和 3 座副坝，其中主坝为碾压混凝土重力坝，由拦河坝段、溢流坝段等组成，溢流坝段布置在河道在主槽位置，3 座副坝均为土石坝。

主坝坝顶总长 294.5m，坝顶宽度为 6m，坝顶高程 62.0m，河床建基面高程为 10m，最大坝高 52.0m。主坝共分为 11 个坝段，自左至右依次编号为 1#~11#，其中左岸 1#~3#挡水坝段长 81.5m；4#~5#溢流坝段长 52m，中孔分缝；右岸 6#~11#

挡水坝段长 161m。泄洪方式采用 3 孔 12m×9m（宽×高）的溢流表孔泄洪，堰顶高程为 50.0m，设弧形工作门和平板检修门。下游采用挑流消能。河床坝段坝基置于微风化层上部及弱风化层中下部，建基高程 10.0m，开挖深度约为 12m。河床非溢流坝段坝基基本位于弱风化层中部和上部。坝体混凝土采用全面碾压，大坝断面二级配碾压砼防渗层最大厚度为 3m。坝基进行固结灌浆处理。基础防渗河床、两岸坝基及副坝均采用帷幕灌浆处理，帷幕灌浆长度 0.4776 万 m，帷幕底线最低高程为-15m，帷幕下游设排水孔和排水廊道。

副坝由 3 座副坝组成，副坝分别位于左、右岸的低矮山丘处，其中左岸有 2 处垭口，右岸有 1 处垭口。1#~2#副坝分别位于中坝址左岸坝肩至天角潭坝头管养站之间的两处垭口， 3#副坝位于中坝址右岸在 105m 高程山头与右坝肩之间。2#副坝左坝肩紧接管理区平台的右侧，绕过 70m 高程山头，之后转一角度接右坝肩，转角为 54°。1#、3#副坝采用粘土心墙坝、2#副坝采用均质土坝。副坝坝顶宽度 6m，坝顶高程 61.5m，防浪墙顶高程 62.7m，最大坝高为 27m，坝顶长度为 474m，上游坝坡自上而下 1:2.3、1:2.5，下游坝坡 1:1.75。

主坝上坝道路位于下游左岸，与左坝肩相连，进电站厂区道路由左岸上坝公路拐向下游进入厂区。工程管理房位于主坝左岸坝肩管理区平台，高程 70.0m。

引水隧洞布置在左岸，由挡水坝上游左侧横穿左坝肩山体至下游水电站压力钢管进口。由进口闸室段、洞身段和出口段组成。在隧洞出口接压力钢管，分设 4 条岔管引入渠首及生态发电厂房，设二条旁通管分别放水入渠首电站尾水配水池及锥形阀消能调节后归河。引水隧洞进水口底坎高程 24.0m，压力钢管采用一机一管。渠首电站布置在主坝下游左岸，为引水式厂房，装机容量 2×1500kW，总装机容量 3000 kW，由主机间、安装间和副厂房等组成。生态电站布置于原水陂下游左岸，亦为引水式厂房，装机容量 1×1500 kW+1×500 kW，总装机 2000 kW，由主机间、安装间和副厂房等组成。

过鱼设施包括鱼道进口、池室式鱼道、鱼道出口。鱼道进口布置在生态电站厂房尾水下游，与电站空箱式防洪墙相结合，将鱼道进口及一定长度的池室式鱼道嵌入墙内。生态电站单机发电时尾水水位为 13.70m，据此设置鱼道进口底高程 12.50m，设置 2 个尺寸为 2m×2m（宽×高）进鱼口，进鱼口分别设置检修闸门，每孔进鱼口顶部设置喷洒水装置，以加强诱鱼效果。池室式鱼道总长宽 2488m，采用绕岸式布置，其中暗涵段有三处，总长为 125m，分段长度为 45m、41m 和 39m，

分别穿过天角潭西岸干渠、2#副坝上坝路和 2#副坝，暗涵段断面尺寸为 2.0×2.0m（宽×高），壁厚 0.5m，在暗涵内设置照明设施。池室底宽 2m，长 3m，高 2m，底坡取 1:50，每隔 20 个标准池室设一个休息池，休息池长取 6m。竖缝宽度取 0.3m，缝口方向与隔板呈 45°，竖缝处流速为 0.8m/s。鱼道出口布置在 2#副坝左侧山体，绕岸布置，长度 342.8m，池室鱼道边墙顶高程为 62.00m。鱼道开挖永久边坡坡比 1:1，边坡支护措施为挂网⌀6.5@20cm 喷 C20 砼厚 10cm 及系统锚杆⌀18@3×3m，L=4m。鱼道出口共布置四个，高程分别为 50.5m、52.0m、54.5m、56.50m，出口均设 2m×2m-12m 工作闸门及拦污设施。

供水工程取水路线：天角潭水利枢纽枢纽→天角潭总干渠→天角潭渡槽→天角潭东岸干渠→天角潭泵站→引水管线→洋浦水厂出水池。供水工程前段利用新建的天角潭总干渠 168m 及东岸干渠 0.35km，中段在东岸干渠天角潭渡槽后渠道右岸、089 乡道与东岸干渠交叉处新建天角潭泵站提水，尾段原水经泵站加压后通过 DN1800 输水管道（39.12km）向项目区供水，供水管线平面布置见附图 7。

拆除天角潭水陂，于渠首电站尾水出口新建天角潭总干渠长 168m，总干渠设计流量 12.1m³/s，东岸干渠自总干渠分水后采用天角潭渡槽跨过北门江（供水及灌溉流量共 8.58m³/s），于东岸干渠桩号 0+350 右岸布置提水泵站通过压力管道供水供水点，引水流量 $Q_{引}$为 2.53m³/s。泵房采用分基型泵房。泵站内安装 3 台单级双吸中开式离心泵（两用一备，单台水泵的流量 Qp=5100m³/s，扬程 Hp=60.0m，功率 N=1250kW），设计流量为 2.53m³/s。泵站由节制闸、进水池、泵房、出水池及输水管道组成。

2.6.2 泵站及供水管线

(1) 天角潭泵站

天角潭泵站布置在天角潭水利枢纽下游 500m 附近，位于东岸干渠右岸，主泵房采用分基型泵房。泵站内安装 3 台离心泵（两用一备，单台单级双吸中开式离心泵的流量 Qp=5100 m^3/s，扬程 Hp=60.00m，功率 N=1250kW）。

泵站由进水池、泵房、输水管道、出水口等组成。进水池采用梯形，侧向进水，池进口设置一道拦污栅和检修槽，进口槛高程为 22.5m，进口段长 2.5m，进口检修闸长 6m；进水池底高程为 18.80m，底板为 C25 钢筋混凝土，池四周布置护栏。泵房宽 15.0m，长 45m，采用 C25 钢筋混凝土底板。泵站出水口位于洋浦

新水厂，距泵房 39.12km。

副厂房与泵房相连布置，布置有高低压配电室、泵站变电房、控制室和交接班室等。职工管理房布置在泵站左侧的综合楼内。

(2) 供水管线

天角潭泵站至那洋公路段供水管道沿着新建的临时道路布置，其余段供水管线沿那洋公路左侧布置（原有洋浦第二原水管线左侧），管道采用预应力钢筒混凝土输水管（PCCPDE1800×6000×115），采用双胶圈连接（0.8Mpa），管线总长 39.12km，沿途依次经过原新村管理站和春兰管理站及黎屋管理站，在管理站附近设置联通管与原洋浦第二原水管线（PCCP，DN2000）连接，并设置检修阀及流量监控设施。

2.7工程施工规划

2.7.1 施工导流

施工导流采用一次拦断河床、隧洞导流方式，导流建筑物包括围堰施工右岸预降水位明渠及陡槽、一枯一汛期进水口围堰、隧洞出口及渠道电站厂房围堰、永久隧洞、一枯天角潭渡槽（兼生态电站）施工围堰、二枯主坝上下游全断面围堰、大坝导流底孔、二枯主坝下游支流导流明渠。具体导流程序如下：

施工准备期（第 1 年 5 月~第 1 年 10 月）利用原河床过流，完成场内交通道路、铺助企业等。

一枯、汛期间（第 1 年 11 月-第 2 年 10 月）利用原河床过流，完成引水建筑物进水口、永久隧洞、渠首电站厂房施工围堰填筑及主体建筑施工；另外第 1 年 11 月-第 2 年 1 月期间，利用右岸河床导流，完成生态电站及天角潭渡槽左岸部分围堰填筑及主体建筑施工，第 2 年 2 月-第 2 年 4 月期间，利用左岸河床导流，完成天角潭渡槽右岸部分围堰填筑及主体建筑施工；第 2 年 7 月-第 2 年 10 月期间完成大部分主坝常水位以上左右岸坡土石方开挖；第 1 年 11 月-第 2 年 10 月期间完成 1#~3#副坝主体大部分施工及部分供水明渠、管压力管线铺设，提水泵站完成施工。

二枯期间（第 2 年 11 月-第 3 年 5 月）利用已建好的引水隧洞导流，上、下游一次拦断河床围堰挡水，继续完成主坝常水位以上部分土石方开挖及主要完成常

水位以下坝基土石方开挖，随后对 1#~10#坝段坝体混凝土施工，并于 4#~5#溢流坝段预留 2 个导流底孔，在汛期来临之前，1#~10#坝段需要浇筑至满足度汛要求的 45m 高程，同时完成全部土石副坝施工及部分压力管道铺设。施工期间利用引水隧洞向下游照常供水。此后坝体施工不受洪水影响，直至预留的 2 个底孔封堵完毕。

二汛期间（第 3 年 6 月初～第 3 年 10 月底）利用主坝 4#~5#坝段预留 2 孔底孔导流度汛，坝体临时拦洪断面挡水，同时继续主坝 1#~11#主体坝体上升浇筑至 54m，同时完成部分压力管道铺设。施工期间利用引水隧洞向下游照常供水。

三枯期间（第 3 年 11 月-第 4 年 5 月），继续完成主坝各个坝段浇筑至坝顶 62m 高程，2 月底前完成大坝混凝土浇注，并于 3 月初导流底孔下闸蓄水，5 月底前完成导流底孔封堵施工及完成弧形闸门安装、调试及供水管线工程，施工期间利用引水隧洞向下游照常供水。

后期（第 4 年 6 月～第 4 年 8 月工程竣工）水库继续蓄水，汛期利用溢流坝段导流度汛，直至工程竣工。

2.7.2 料场规划

根据施工比选，工程土料场选择洋四漏土料场即石料场可用剥离层。

砂砾料小部分通过小型采砂船于光辉砂料场抽砂至右岸，然后运至坝址，这部分抽采细砂主要用于大坝回填砼及鱼道浇筑砼等使用，开采量为 2.69 万 m^3；其它建筑用砂 31.4 万 m^3 采用洋四漏石料场的花岗岩加工人工砂石骨料满足工程的需要。

石料场中除了 2.69 万 m^3 细砂采自光辉砂料场外，其它砂石料均采用洋四漏石料场的花岗岩自开采加工，开采 57.76 万 m^3，该石料场占地 77.98 亩，均处于库区永久占地范围，不需要新增占地。

根据项目可研，工程建筑物土方开挖总量为 100.44 万 m^3（自然方），石方开挖总量为 115.07 万 m^3（自然方），全风化料及石渣料可全部利用工程开挖料。

2.7.3 施工交通

2.7.3.1 对外交通现状

本工程对外交通以公路运输为主，充分依托现有各级公路，工程物资进场可

利用国道 G98、省道 308 和省道 306，满足外来物资运输交通要求。现有乡村道路和机耕道路与省道 308 连接。天角潭水陂等外道路至 3#副坝坝址有的机耕道路，同时左岸现状也有乡村道路至 1#副坝，其余主、副坝均没有道路通坝址。

供水管线区压力管道首段 5.4km 段没有沿线道路路，但沿均有乡村道路与省道 308 连接，后段压力管线均沿着省道 308 及洋浦经济开发区市政道路侧布置，可满足对外交通要求。

2.7.3.2 永久进场及场内道路

本阶段将枢纽永久对外交通公路布置在枢纽左岸至 1#副坝坝址处及右岸 3#副坝坝址处，永久进场公路及场内道路规划如表 2.7-1 所示。

表 2.7-1　　永久进场公路及场内公路布置特性表

公路编号	起点	终点	起点高程	终点高程	公路长度	回车平台	
			m	m	km	位置	高程
1#进库道路	S308国道路口	猛进队分叉口	原高程	45.60	5.70	--	--
2#进库道路	猛进队分叉口	3#副坝下游	45.60	38.00	1.00	--	--
3#进库道路	猛进队分叉口	5#场内公路	45.60	61.40	2.64	--	--
1#场内道路	2#进库公路	主坝右坝平台	38.00	63.00	0.31	终点	63.00
2#场内道路	主坝左坝头	2#副坝右坝头	62	61.50	0.23	起点 终点	62 61.50
3#场内道路	主坝左坝头	管理区平台	62	70.00	0.18	起点 终点	62 70.00
4#场内道路	2#副坝右坝头	管理区平台	61.50	70.00	0.27	起点 终点	61.50 70.00
5#场内道路	2#副坝左坝头	1#副坝右坝头	61.50	61.50	0.63	起点 终点	61.50 61.50
6#场内道路	5#场内公路	坝后电站厂房	61.40	30.00	0.77	起点	61.40
7#场内道路	3#进库公路	二级电站厂房	25.00	20.50	0.10	--	--

2.7.3.3 场内临时交通运输

场内交通规划临时道路总长 51.08km，其中大坝区临时道路长为 11.92km，结合永久占地布置后，另外新增临时占地 46.5 亩；供水管线区临时道路为 39.12km，新增临时占地面积为 309.6 亩。场内临时道路规划见表 2.7-2。

表 2.7-2　　场内临时交通道路规划表

工区		编号	高程（m）	长度（km）	路面宽度（m）	备注	
大坝区	右岸	1#路	105～50	4	8	扩建，泥结石路面	连接 1#进库公路及石料场，其中 1km 位于库区，原路部分不需要另外征地
		2#路	25～30	1.6	8	新建，泥结石路面	连接 1#进库公路及水陂右岸上游
		3#路	30～30	1	8	新建，泥结石路面	连接右岸 2#进库公路通往主坝右岸坝基、上下游二枯围堰，不需要另外征地
		4#路	45～45	0.5	8	新建，泥结石路面	连接右岸 2#进库公路通往主坝右岸坝肩，不需要另外征地
		5#路	27~45	2.65	8	扩建，泥结石路面	连接 1#施工道路 均位于库区，不需要另外征地
		右岸上坝公路				永久道路	
	左岸	6#路	54～40	0.4	8	新建，泥结石路面	连接左岸 3#场内上坝公路通往 1#弃渣场及 1#副坝坝基,不需要另外征地
		7#路	40～30	0.8	8	新建，泥结石路面	连接电站进场道路通往主坝左岸坝基、上下游枯围堰,不需要另外征地
		8#路	30～45	0.5	8	新建，泥结石路面	连接 7#临时施工道路通往主坝左岸坝坝肩及渠首进水口,不需要另外征地
		9#路	64～45	0.5	4	新建，泥结石路面	连接左岸 5#上坝公路通往炸药库,0.3km 位于库区，不需要另外占地
		左岸上坝公路				永久道路	
	跨河	4 级公路桥			7	现有公路桥	
		二枯下游围堰顶			10	运用于时段高峰月主坝基础开挖及砼浇筑	

工区	编号	高程（m）	长度（km）	路面宽度（m）	备注	
	大坝区临时道路合计		6.65	8	扩建临时道路	
			0.5	4	新建临时道路	
			4.8	8	新建临时道路	
	新增临时道路总长			km	11.95	
	新增临时道路总占地			亩	176.25	
	新增临时道路需要增加征地			亩	46.50	部分道路位于库区及永久占地
供水管线区	压力管线沿线施工临时道路合计		33.72	3.5	新建，泥结石路面	管线开挖沿线运输道路
			5.4	5	新建，泥结石路面	管道安装及沿线运输道路
	新增临时道路总长			km	39.12	
	新增临时道路总占地			亩	309.60	
	新增临时道路需要增加征地			亩	309.60	

2.7.4 土石方平衡及弃渣场布置

本工程总开挖土石方共计 374.89 万 m^3（包导流工程及水陂拆除、天然砂开采、石料场开挖，以下均以压实方计）。其中主要建筑物土方开挖 82.42 万 m^3，石方开挖 152.86 万 m^3；围堰导流土石方开挖 2.76 万 m^3，围堰土石方拆除 2.14 万 m^3；河道天然砂料开采 2.69 万 m^3；石料场覆盖层土料开挖 22.1 万 m^3，强风化料开挖 30.1 万 m^3，石方（含骨料）开挖量 79.81 万 m^3。

总土石方填筑量 248.26 万 m^3（包施工导流及块石、碎石、砂等骨料），其中导流工程土石方填筑为 14.60 万 m^3，块石及碎石、砂等料填筑为 0.83 万 m^3；主要建筑物工程土石方填筑为 151.17 万 m^3，块石及碎石、砂等料填筑为 81.66 万 m^3。

工程总弃渣量为 126.62 万 m^3，其中土方弃渣量为 58.51 万 m^3，石方弃渣量为 68.11 万 m^3。

为了减少弃渣占地，弃渣场规划根据枢纽建筑物布置、地形条件、方便弃渣、结合永久占地及场地平整相结合进行布置，共布置了 6 处弃渣区域。

表 2.7-3　　本工程弃渣场布置规划表

弃渣	位置		总实方	实方弃渣	松方弃渣	弃渣占地	新增临时占地	备注

场			万 m^3	万 m^3	万 m^3	亩	亩	
1#弃渣场	1#副坝后边低洼地	石方	17.14	26.14		136.56	95	部分位于永久占地范围（兼转料场），填筑至高程46.3m。
		土方	8.99					
2#弃渣场	3#副坝后边原库区支沟	石方	5.88	6.10		22.50	0	利用库区淹没范围，不需另外征地（兼转料场），填筑至高程 29m。
		土方	0.22					
3#弃渣场	3#副坝前边库区低洼地	石方	5.77	5.77		34.06	0	利用库区淹没范围，不需另外征地（兼转料场），填筑至高程 29m。
		土方						
4#弃渣场	上游库区西联农场光辉队低洼地	石方	9.22	9.22		88.67	0	利用库区淹没范围，不需另外征地，填筑至高程29m。
		土方						
5#弃渣场	石料场下方低洼地	石方	30.10		61.35	78.50	0	位于库区淹没范围，不需另外征地。
		土方	16.74					
供水管沿线摊平区	供水管沿线临时占地	石方	0.00		50.94	1541.88	0	利用管线永久占地、临时沿线堆料场、施工道路及临时开挖占地，不需另外征地。
		土方	32.56					
合计			126.62	47.23	112.29	1902.16	95	

2.7.5 施工总布置

根据本枢纽布置的特点、施工导流方式及施工程序，结合坝区两岸的地形条件、交通线路进行规划，力求将与主体工程有关的施工设施靠近坝址设置，缩短运距及运行周期，相互关联的设施尽量布置在一起，物资仓库等尽量靠近物资进场方向布置，为减少临时征地费用，力求将临时施工设施结合弃渣场使用，同时

尽量安排于库区和永久征地范围以内。

工程施工布置分为坝址区及管线区，管线区沿线约 10km 设置一处施工营区，分别为东成镇营区、花兰村营区及羊地村营区 3 处。

2.7.5.1 砂石料加工系统

根据本工程料场位置及特点，结合施工用电考虑，砂石骨料系统布置于大坝左岸 1#副坝下游混凝土拌和系统附近。

根据施工总进度安排，本工程系统生产规模按大坝区和管线区满足高峰月平均混凝土浇筑强度 4.0 万 m^3 设计，系统按月工作二十五天设计，细骨料每天二班生产，每天 14 小时，粗骨料每天三班生产，每天 20 小时，系统小时毛料处理能力为 300t/h。高峰月加工砂石骨料：粗碎 300t/h（考虑筛洗损失等因素），筛洗 300t/h，其中人工制砂为 117t/h。

该砂石料系统建筑面积 600m^2，总占地面积 6000m^2，共处理砂石约 118 万 t。

2.7.5.2 混凝土拌和系统

大坝区混凝土拌和系统布置在左岸 2#副坝下游附近，拟设置 1 座 HL115-3F1500 和 HL50-2F1000 拌和楼，分别生产碾压混凝土和常态混凝土。其中 HL115-3F1500 型混凝土拌和楼主要用于生产碾压混凝土，小时生产能力为 115m^3/h，HL50-2F1000 型混凝土拌和楼主要用于生产常态混凝土，小时生产能力为 50m^3/h。大坝区混凝土拌和系统建筑面积为 300m^2，总占地面积 1000m^2。

供水管线区主要建筑物天角潭渡槽及提水泵站各工作面混凝土浇筑强度不超过 10m^3/h，由于位于大坝区附近，可采用大坝区混凝土拌合系统供应。对于压力管线检修井及镇墩，由于施工点分散，混凝土规模较小，混凝土浇筑强度不超过 10m^3/h，混凝土生产主要以 JG250 型移动式的混凝土搅拌机为主，分段施工，分段布置。

2.7.5.3 综合加工厂及机修厂

工程施工期间需在工地设置相应的钢筋加工厂、木材加工厂、修钎厂、机械加工厂和停放场、金结拼装场和机电设备安装场。

综合加工系统主要包括：钢筋加工厂、木材加工厂、修钎厂等，主要承担工程所需的钢筋的半成品和成品、木模板和细木制品的生产加工任务以及各类工程机械的修配任务。

根据施工组织设计，坝址区综合加工厂及机修厂布置在 1#渣场上，管线区 3 个营区内仅布置小型钢筋加工厂、木材加工厂和机械修配厂等。

2.7.5.4 风、水、电系统

（1）供风系统

根据本工程枢纽布置特点，本工程于主坝左岸、引水隧洞及渠首电站厂房附近设空压站 1 座，大坝右岸设空压站 1 座，生态电站及天角潭渡槽设空压站 1 座，设计总供风量 220m^3/min。

（2）供水系统

本阶段考虑用北门江河水作为取水水源，根据施工总体布置及各系统用水要求，大坝区共布置 3 套供水系统，分别位于左岸坝顶管理区平台附近、右岸坝顶上坝公路附近、原水陂上游处右岸。

供水管线区施工战线长，供水分散布置，于东成镇营区、花兰村营区及羊地村营区处各设置一座蓄水池。

（3）供电系统

工程大坝区施工期供电分别按坝区左岸、坝区右岸 2 块系统布置，用采用电永临结合方式，利用施工准备期预先完成电站 35kV 输出线路，设置施工供电设施，线路长约 15km，并在坝区设置临时变压器 1 座，并配备 250kW 柴油发电机一台。

供水管线区由于施工线路较长，施工期用电分散，天角潭渡槽及提水泵站，各个施工点合计高峰负荷约 200kW，施工用电结合坝区施工供电系统用电，而明渠及压力管线施工采用移动式柴油发电机供电，共 20 台。东成镇营区、花兰村营区及羊地村营区各点高峰负荷约 200kW，用电连接附近乡村村 10kV 线路，各线路长约 1km，并各配备降压变压器一台。

2.7.5.5 施工生活区

大坝区施工生活区布置水陂下游右岸永久进库公路处附近，临时生活区建筑面积 6000m^2，占地面积 8000m^2；临时办公区建筑面积 1500m^2，临时办公区占地面积 2000m^2。供水管线区 3 处施工营区以生活、办公为主，生活区占地面积均为 1500m^2，办公区占地面积均为 800m^2。

2.7.6 施工占地

本工程施工总占地为 2217.79 亩，其中大坝区施工总占地 655.01 亩，部分施工占地与永久占地相结合，需要新增临时占地为 156.80 亩；供水管线区施工总占地 1562.58 亩，需要新增临时占地为 1562.58 亩，详见表 2.7-4。

表 2.7-4　　本工程施工占地基本情况表　　单位：亩

		大坝区			供水管线区		
序号	部位	占地面积	需要新征地面积	备注	占地面积	需要新征地面积	备注
1	临时施工道路	176.25	46.50	部分位于库区淹没线，不需要另外征地	309.60	309.60	
2	施工辅助企业、仓库及生活设施	40.50	15.30	部分结合 1#弃渣场共用	20.70	20.70	
3	土料场	0.00	0.00	不开采		0.00	
4	石料场	77.98	0.00	位于库区淹没线以下，不需另外征地		0.00	
5	弃渣场	360.29	95.00	部分利用库区淹没范围		0.00	压力管线临时沿线堆料区、道路及临时开挖占地。
6	压力管线临时开挖				586.80	586.80	
7	临时堆料场			结合弃渣场	645.48	645.48	
合计		655.01	156.80		1562.58	1562.58	

2.7.7 施工进度

工程施工总进度划分为工程筹建期、工程准备期、主体工程施工期及工程完建期共四个阶段。

根据施工总体进度安排，本工程工程筹建期 6 个月，施工总工期为 40 个月（不含工程筹建期），其中施工准备期 6 个月，主体工程施工期 31 个月，工程完建期 3 个月。

2.8建设征地与移民安置

2.8.1 建设征地范围及实物指标

本工程水库淹没影响范围涉及儋州市垃圾填埋场；那大镇 4 个村委会及镇管洛基先锋农场，大成镇国有土地，侨植 4 个连队；东成镇大坡村委会；国营西培、西联农场 23 个连队；中国热带农业科学院试验场 4 个连队、林业厅儋州林场 1 个管护站。枢纽工程建设区影响范围涉及那大镇；东成镇大坡村委会；大成镇国有土地；国营西培、西联农场 2 个连队；供水管线工程占地涉及儋州市东成镇、木棠镇、中和镇、洋浦经济开发区。

水库淹没影响区土地面积 20985.20 亩，其中水库影响区（20 亩以下孤岛）面积 81.56 亩。工程枢纽区永久建设征用土地面积 954.90 亩，临时建设征用土地面积 156.81 亩。供水管道区永久建设征用土地面积 7.18 亩，供水管道区临时建设征用土地面积 1562.58 亩。合计总面积 23666.67 亩。

工程建设征地涉及搬迁现状人口为 418 户 1985 人，全部为农场人口。工程枢纽区不涉及农村移民搬迁人口。

工程水库淹没影响道路 49.58km，其中四级公路 9.03km，机耕道 40.55km，小型桥梁 3 座；建设征地涉及影响通讯线路 42.20km；涉及淹没影响水利水电设施建设征地涉及淹没小型水电站 3 座，分别为西庆水电站（1300kW），西联水电站（400kW），两院水电站（660kW），回水末端终点涉及水电站 1 座，即东风水电站（原装机 200kW，已废弃）；小学 1 座；儋州市垃圾处理场渗滤液处理站一座；王牌橡胶树 1 株；儋州市娄青岭中心陵园大门。供水管道区涉及低压线路 5.2km，通讯设施 8.05km，交通道路 12km。

根据海南省国土环境资源厅《关于海南北门江天角潭水利枢纽工程项目压覆矿产资源和地质灾害情况的复函》琼国土环资函[2016]717 号，该建设项目用地库尾河道压覆已探明的儋州市侨植农场六队石灰岩矿，位于居民区。

建设征地实物指标见表 2.8-1、表 2.8-2、表 2.8-3。

表 2.8-1　　本工程建设征地水库淹没影响区实物调查统计表

序号	项目	单位	合计	58m 水库淹没区影响实物调查统计表										影响区实物调查统计表		
					儋州市				海南省农垦投资控股集团有限公司			中国热带	林业厅	海南省农垦投资控股集团有限公司		
一	行政区及人口			淹没区合计	儋州合计	大成镇	那大镇	侨值农场	农垦合计	西联农场	西培农场	试验场	儋州林场	影响区合计	西联农场	西培分场
1	搬迁人口（规划水平年）	人	2066	2066	0	0	0	0	2066	689	1377	0	0	0	0	0
2	生产安置人口（规划水平年）	人	367	367	367	7	327	33								
二	地类面积		20985.2	20903.6	3374.78	809.54	2378.8	186.40	16685.05	5776.21	10908.84	837.22	6.58	81.56	0.00	81.56
1	耕地	亩	2153.48	2153.48	670.35	51.28	619.07	0.00	1472.25	302.96	1169.29	9.08	1.81			
1.1	水田	亩	1297.99	1297.99	209.81	0.00	209.81	0.00	1077.45	124.16	953.29	8.92	1.81			
1.2	旱地	亩	855.49	855.49	460.53	51.28	409.25	0.00	394.80	178.80	215.99	0.16	0.00			
2	园地	亩	15068.0	14986.8	1905.20	617.70	1200.7	86.76	12656.28	4422.90	8233.38	420.59	4.77	81.17	0.00	81.17
2.1	果园	亩	209.84	198.21	0.00	0.00	0.00	0.00	198.21	97.04	101.17	0.00	0.00	11.62	0.00	11.62
2.2	其他园地	亩	14858.1	14788.6	1905.20	617.70	1200.7	86.76	12458.07	4325.86	8132.21	420.59	4.77	69.54	0.00	69.54
3	林地	亩	765.63	765.59	98.79	45.35	32.47	20.97	526.23	108.44	417.79	140.57	0.00	0.04	0.00	0.04
3.1	有林地	亩	392.29	392.26	84.84	45.35	19.04	20.46	177.07	58.38	118.69	130.35	0.00	0.04	0.00	0.04
3.2	灌木林地	亩	100.57	100.57	0.78	0.00	0.27	0.51	99.79	1.10	98.70	0.00	0.00			

序号	项目	单位	合计	58m 水库淹没区影响实物调查统计表										影响区实物调查统计表		
					儋州市				海南省农垦投资控股集团有限公司			中国热带	林业厅	海南省农垦投资控股集团有限公司		
3.3	其他林地		272.77	272.77	13.17	0.00	13.17	0.00	249.37	48.97	200.41	10.22	0.00			
4	草地	亩	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
5	商服用地	亩	0.00	0.00	0.00				0.00							
6	工矿仓储用地	亩	0.00	0.00	0.00				0.00							
7	住宅用地	亩	318.32	317.96	5.26	2.23	3.03	0.00	311.93	96.27	215.65	0.78	0.00	0.36	0.00	0.36
8	公共管理与公共服	亩	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
9	特殊用地	亩	3.38	3.38	3.38	0.00	3.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
10	交通运输用地	亩	45.82	45.82	8.13	0.17	7.96	0.00	35.85	7.65	28.21	1.85	0.00			
11	水域及水利设施用	亩	2613.08	2613.08	666.20	92.82	494.71	78.67	1682.52	837.99	844.53	264.36	0.00			
12	其它土地	亩	17.48	17.48	17.48	0.00	17.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
三	青苗/林木面积		18320.2	18238.6	2666.29	723.22	1848.6	94.45	15098.83	4893.82	10205.01	466.96	6.58	81.56	0.00	81.56
四	专项设施															
1	输变电线路	km	55.56	55.56	0.00				40.56	15.73	24.83	15.00				
2	通讯设施	km	42.20	42.20	0.00				34.70	12.67	22.04	7.50				
3	交通道路	km	49.58	49.58	3.83	1.13	1.50	1.20	41.65	26.00	15.65	4.10				
4	渠道	km	0.00	0.00	0.00				0.00							

序号	项目	单位	合计	58m 水库淹没区影响实物调查统计表										影响区实物调查统计表			
					儋州市				海南省农垦投资控股集团有限公司			中国热带	林业厅	海南省农垦投资控股集团有限公司			
5	水电站	KW	2360.00	2360.00	0.00				1700.00	400.00	1300.00	660.00					
6	拦河坝（浆砌石）	m	390.00	390.00	0.00				272.00	128.00	144.00	118.00					
7	娄青园中心陵园大	处	1.00	1.00	1.00		1.00										

表 2.8-2　　本工程建设征地枢纽建设区和供水工程区实物调查统计表

序号	项目	单位	中坝址方案															
			枢纽建设区		儋州合计		那大镇		大成镇		东成镇		农垦合计		西联农场		西培西庆分场	
			永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时
一	土地分类	亩	954.90	156.81	472.66	119.46	0.00	9.25	437.41	110.21	35.26	0.00	482.24	37.35	450.38	37.35	31.86	0.00
1	耕地	亩	108.37	7.73	0.40	7.73			0.40	7.73	0.00	0.00	107.97	0.00	107.97	0.00	0.00	0.00
	水田	亩	1.78	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00
	旱地	亩	106.59	7.73	0.40	7.73			0.40	7.73	0.00	0.00	106.19	0.00	106.19	0.00	0.00	0.00
2	园地	亩	609.29	149.06	311.22	111.71	0.00	9.25	284.43	102.46	26.80	0.00	298.07	37.35	266.21	37.35	31.86	0.00
	果园	亩	0.00	0.00	0.00	0.00							0.00	0.00				
	其他园地	亩	609.29	149.06	311.22	111.71		9.25	284.43	102.46	26.80	0.00	298.07	37.35	266.21	37.35	31.86	0.00
3	林地	亩	135.43	0.00	134.88	0.00			134.28	0.00	0.60	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00
	有林地	亩	134.88	0.00	134.88	0.00			134.28	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	灌木林地	亩	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00		
	其他林地	亩	0.55	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00
4	住宅用地	亩	11.24	0.02	7.30	0.02			0.01	0.02	7.29	0.00	3.94	0.00	3.94	0.00	0.00	0.00

序号	项目	单位	中坝址方案															
			枢纽建设区		儋州合计		那大镇		大成镇		东成镇		农垦合计		西联农场		西培西庆分场	
			永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时
5	交通运输用地	亩	0.00	0.00	0.00	0.00												
6	水域及水利设施用地	亩	80.06	0.00	8.35	0.00			7.79	0.00	0.56	0.00	71.71	0.00	71.71	0.00	0.00	0.00
7	其它土地	亩	10.51	0.00	10.51	0.00			10.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二	专项设施				0.00	0.00												
1	输变电线路	km			0.00	0.00												
2	通讯设施	km			0.00	0.00												
3	交通道路	km			0.00	0.00												

2.8-3 供水工程区实物调查统计表

序号	项目	单位	中坝址方案											
			供水工程占地		东成镇		木棠镇		中和镇		洋浦经济开发区		西联农场	
			永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时
一	土地分类	亩	7.18	1562.58	0.00	549.62	0.00	388.62	0.00	291.30	0.00	333.05	7.18	0.00
1	耕地	亩	5.21	531.29	0.00	112.08	0.00	224.40	0.00	100.47	0.00	94.34	5.21	0.00
	水田	亩	0.00	411.58	0.00	78.74	0.00	168.23	0.00	92.86	0.00	71.75	0.00	0.00
	旱地	亩	5.21	119.71	0.00	33.35	0.00	56.17	0.00	7.61	0.00	22.59	5.21	0.00
2	园地	亩	1.97	90.17	0.00	90.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97	0.00
	果园	亩	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	其他园地	亩	1.97	90.17	0.00	90.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97	0.00
3	林地	亩	0.00	565.51	0.00	188.68	0.00	88.53	0.00	158.25	0.00	130.05	0.00	0.00
	有林地	亩	0.00	502.21	0.00	173.81	0.00	64.75	0.00	158.25	0.00	105.39	0.00	0.00

序号	项目	单位	中坝址方案											
			供水工程占地		东成镇		木棠镇		中和镇		洋浦经济开发区		西联农场	
			永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时	永久	临时
	灌木林地	亩	0.00	16.94	0.00	10.33	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	6.18	0.00	0.00
	其他林地	亩	0.00	46.36	0.00	4.54	0.00	23.35	0.00	0.00	0.00	18.48	0.00	0.00
4	住宅用地	亩	0.00	294.16	0.00	116.60	0.00	70.13	0.00	3.02	0.00	104.42	0.00	0.00
5	交通运输用地	亩	0.00	72.92	0.00	40.89	0.00	1.09	0.00	29.57	0.00	1.37	0.00	0.00
6	水域及水利设施用地	亩	0.00	8.54	0.00	1.20	0.00	4.47	0.00	0.00	0.00	2.87	0.00	0.00
7	其它土地	亩	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二	专项设施		0	0										
1	输变电线路	km		5.20				1.00		2.70		1.50		
2	通讯设施	km		8.05	0.00	0.00		1.65		3.80		2.60		
3	交通道路	km	0.00	12.00	0.00	3.50	0.00	3.50	0.00	2.00	0.00	3.00		

2.8.2 农村移民安置规划

2.8.2.1 安置任务

根据实物指标调查时限以及相关基础资料调查时间，确定建设征地移民安置规划设计基准年为2015年。据天角潭水利枢纽工程施工进度及时间安排，结合建设征地实物调查时间，确定枢纽工程建设区规划水平年为2016年，水库淹没影响区规划水平年为2020年。

（1）生产安置人口

根据移民安置规划，工程基准年库区农村生产安置人口为353人，农村涉及生产安置人口全部为儋州市，其中那大镇314人；东成镇7人；侨植农场32人。规划水平年2020年库区农村生产安置人口为367人，其中那大镇327人；东成镇7人；侨植农场33人。

（2）搬迁安置人口

本工程建设征地不涉及农村居民点，农村无搬迁人口。

2.8.2.2 生产安置

通过库区范围内的环境容量分析计算，涉及征地各村组村内环境容量满足，无需出村调剂土地安置，各村组采取货币一次性补偿安置的方式。

2.8.3 农垦移民安置规划

1.1.1.1 安置任务

农场建设征地移民安置规划设计基准年与农村部分一致为2015年，枢纽工程建设区规划水平年为2016年，水库淹没影响区规划水平年为2020年。

（1）生产安置人口

本工程农场不计算生产安置人口，生产安置由农场自行安置。

（2）搬迁安置人口

天角潭水库枢纽工程建设区征地不涉及居民点，无搬迁人口。水库区淹没影响需搬迁基准年总人口为418户1985人,其中直接淹没影响人口406户1934人，淹没影响区人口12户51人。搬迁人口涉及到2个国营农场，分别为国营西联农场和国营西培农场。规划水平年2020年搬迁总人口435户2066人，其中西联农

场 139 户 689 人，淹没影响人口 296 户 1377 人。

2.8.3.1 生产安置

农场具体的生产安置方案由农场内部自行安置。

2.8.3.2 搬迁安置

规划水平年需要安置 2066 人，采取集中安置、就地后靠安置和自行投亲靠友安置 3 种方式，规划建设集中安置点 3 个，集中安置 1979 人。

2.8.3.3 安置点

西联农场五星分场安置点位于西联农场五星分场东 860m，坝址上游，距离天角潭坝址约 4.1km，现状为橡胶园，安置点占地面积约 91.93 亩，安置 136 户 681 人。

井口村路口安置点位于西庆农场场部东南约 1km，坝址上游，距离天角潭坝址约 10km，现状为私人承包土地，安置点占地面积 103.14 亩，安置 170 户 764 人。

5 队路口安置点临近井口村路口安置点，坝址上游，距离天角潭坝址约 10km，现状为私人承包土地，安置点占地面积 72.09 亩，安置 116 户 534 人。

2.8.4 专业项目复建

2.8.4.1 交通设施

天角潭水利枢纽建设征地涉及道路 61.58km，其中四级公路 11.03km，机耕路 50.55km，桥梁 3 座。规划迁改建道路全长 14.8km（其中新建四级公路 0.1km，改造机耕道路 2.5km，垫高 0.2km，复建 12km）；新建桥梁 3 座共 91m；规划修建渡口 20 座。

根据移民安置规划，复建交通设施基本沿库周分散布置，主要复建路段为侨植 8 队附近的迁改建四级公路 1.15km，西庆 22 队南的迁改建四级公路 2.5km 以及前改建机耕路 1.55km，其他路段规模均在 200m 以下。

2.8.4.2 通信设施

建设征地涉及影响通讯线路 50.25km，其中影响架空通讯线路 38.23km，直埋通讯线路 12.02km。淹没影响的通讯设施大部分是通往淹没库区内的居民点，水库淹没后，原居民点将搬迁至新址，淹没的通讯线路将拆除，不做迁改处理。工程

区供水管道征用的通讯设施，做迁改处理，考虑往外迁移，迁改建长度 8.05km。

2.8.4.3 输变电设施

建设征地涉及影响输变电线路 46.76km，变压器 14 个。规划迁改建 220kV 高压线路 0.6km，10kV 线路 1.3km，低压线路 5.2km。

2.8.4.4 水利水电工程设施

工程建设淹没水电站 3 座，影响 1 座，以及相应拦河坝。淹没西庆水电站、两院水电站、西联水电站，影响东风水电站。除东风水电站及拦河坝不进行赔偿处理，其余均规划进行一次性赔偿。

2.8.4.5 文物古迹与矿产资源

根据海南省文物局《关于对天角潭水利枢纽项目库区用地考古考古工作意见的复函》琼文物[2016]17 号项目用地范围内未发现有文物价值的文化遗产，同意天角潭水利枢纽项目在工程所在区域开工建设。

根据海南省国土环境资源厅《关于海南北门江天角潭水利枢纽工程项目压覆矿产资源和地质灾害情况的复函》琼国土环资函[2016]717 号，该建设项目用地库尾河道压覆已探明的儋州市侨植农场六队石灰岩矿。根据移民安置规划，压覆的石灰岩矿位于水库库尾侨植农场六队地区，矿区位于侨植农场居民区，该矿产资源无法开采。

2.8.4.6 企业事业单位

天角潭水利枢纽工程库区淹没涉及西培农场南正小学一座，位于西培农场 23 队，隶属儋州市教育局，目前该小学学生有一百多人，计划撤除进行一次性补偿。

工程水库淹没涉及儋州市垃圾处理场配套设施渗滤液处理站 1 座。垃圾处理场位于儋州市那大城区西北部，对那大城区、洋浦开发区及周边生活垃圾进行无害化处理，于 2010 年 5 月投入使用，库容量 68 万 m^3。根据专题报告分析，需对儋州市垃圾处理场进行迁建处理。

2.8.5 防护工程

根据地质专业提出的处理意见，结合征求当地居民及农场的意见和实地的实际情况，本阶段对侨植 8 队、拖牛岭队居民点做护岸工程，防护库岸总长 640m，

采取的护岸措施主要为格槟挡墙形式。

2.9工程运行调度

2.9.1 调度原则

2.9.1.1 沙河、天角潭与松涛水库调度原则

根据《琼北片区水资源供需分析与配置研究》提出“北门江流域应立足于自身予以解决，遇到特枯水年份适当调用松涛水库的水”。根据琼北地区水资源配置方案以及未来松涛水库的水量配置方向，确定对于天角潭水利枢纽工程的受水区，进行调度时，优先使用天角潭水库供水、同时与沙河水库联合调度，在天角潭水库与沙河水库联合调度不足的部分，或遇到特殊干旱年以及连续干旱年的情况，利用松涛水库调节能力强的优势由其补足。

2.9.1.2 沙河水库与天角潭水库联合调度原则

沙河水库和天角潭水库的联合调度时，优先使用天角潭水库水量，不足由沙河补充，沙河水库运行前提是维持现状沙河水库多年运行水位。根据沙河水库多年运行记录，常水位维持在 134.72m 左右，相应库容为 2605 万 m^3，本阶段拟定沙河水库调度原则为：在连续枯水年之前，蓄水至正常蓄水位，利用兴利库容与天角潭联合，满足受水区需水要求，在年内用水高峰期的供水削峰，削峰量 30%。

2.9.1.3 天角潭水库兴利调度原则

从保证率及供水量等角度最终确定为天角潭水利枢纽以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用。灌溉供水综合保证率取 80%，城镇用水保证率取 95%，本阶段兴利调度原则如下。

（1）天角潭灌区的供水立足于由天角潭水库承担，只在连续干旱年等极不利的情况下，向松涛灌区提需求；城乡生活供水按照最大程度供水量考虑。

（2）在进行水资源配置时，优先利用当地水利设施供水，然后利用天角潭水库水量，不足部分由沙河水库补给，天角潭水库与沙河水库联合调度，发挥最大供水能力后，受水区不足的部分由松涛水库承担。

（3）本阶段根据工程任务，结合《水利工程水利计算规范》（SL 104-2015），“允许灌溉破坏深度应根据当地降雨条件、作物种植结构分析确定，不宜大于 50%”、

“城乡供水工程供水量不足时，其破坏深度不应大于 30%，并优先考虑居民生活用水要求”，正常年份，生态基流、城乡生活及农业灌溉各用水部门按需求供水；灌溉超标准年份，保证生态基流和城乡生活供水，减少农业灌溉供水量，灌区用水按 50%供给；供水超标准年份，保证生态基流，城乡生活按 70%给水，灌区用水按 50%供给。

2.9.2 多年运行特性

径流：根据对 1961 年 6 月~2014 年 5 月坝址径流分析计算，天然径流多年平均流量为 8.94m³/s，最大月平均流量为 9 月份 23.28m³/s，最小月平均流量为 3 月份 1.80m³/s，沙河水库~天角潭水库区间多年平均流量为 6.89m³/s，水库建成后，扣除沙河水库及天角潭水库蒸发渗漏损失后，坝址处净入库流量为 8.33m³/s，多年平均供水流量为 4.60m³/s，生态基流与弃水下放河道多年平均流量为 2.77m³/s，最大月平均下泄流量为 17.74m³/s，最小月平均流量为 0.90m³/s，最大及最小月份下泄流量均超过该月多年平均流量的 50%。

水位：天角潭水库多年平均水库水位为 53.05m，53 年中水库 24 年蓄满，蓄满率为 45%。沙河水库多年平均水库水位为 134.49m，与现行多年运行水位 134.72m 接近，53 年中水库 44 年蓄满，蓄满率为 83%，53 年中 3 年消落至死水位，即特枯水年和连续枯水期末，说明在与天角潭水库联合调度中，沙河水库主要起到用水高峰期削峰和连续枯水年及特枯水年保证下泄的调度原则，天角潭水库运行水位过程线见图 2.9-1。

供水量：2040 水平年天角潭水利枢纽多年平均供水量为 1.45 亿 m³，其中灌溉供水 6497 亿 m³，二三产与生活供水量为 8025 亿 m³。调算过程中灌溉供水破坏年份为 10 年，破坏深度 50%，保证率达 80%，满足灌溉设计保证率要求，多年平均需水量为 2.29m³/s，实际给水量为 2.06m³/s，水量保证程度为 90%；工业与生活供水破坏 29 个月，破坏深度 30%，历时保证率 95.3%，需水量为 2.58m³/s，供给量为 2.545m³/s，水量保证程度为 98.6%，满足设计保证率要求。对于下游河道内基流，按照下泄原则，分汛期和非汛期不同，不足时来多少泄多少。

出力及发电量：渠首电站装机利用小时数 4550 小时，保证出力 1370kW；生态电站装机利用小时 3400 小时，保证出力 350kW。渠首电站最大月平均出力 2600kW，历时保证率 80%月平均出力 1370kW；生态电站最大月平均出力 920kW，

历时保证率80%月平均出力350kW。经计算，电站多年平均发电量为2056万kW•h，其中渠首电站1376万kW•h，生态电站680万kW•h。

2.9.3 水库径流调节成果

水库径流调节计算成果见表2.9-1。经过1961年6月~2014年5月共53年长系列径流调节计算可得：水库多年平均可供水量为1.45亿m^3，53年中水库24年蓄满，蓄满率为45%。

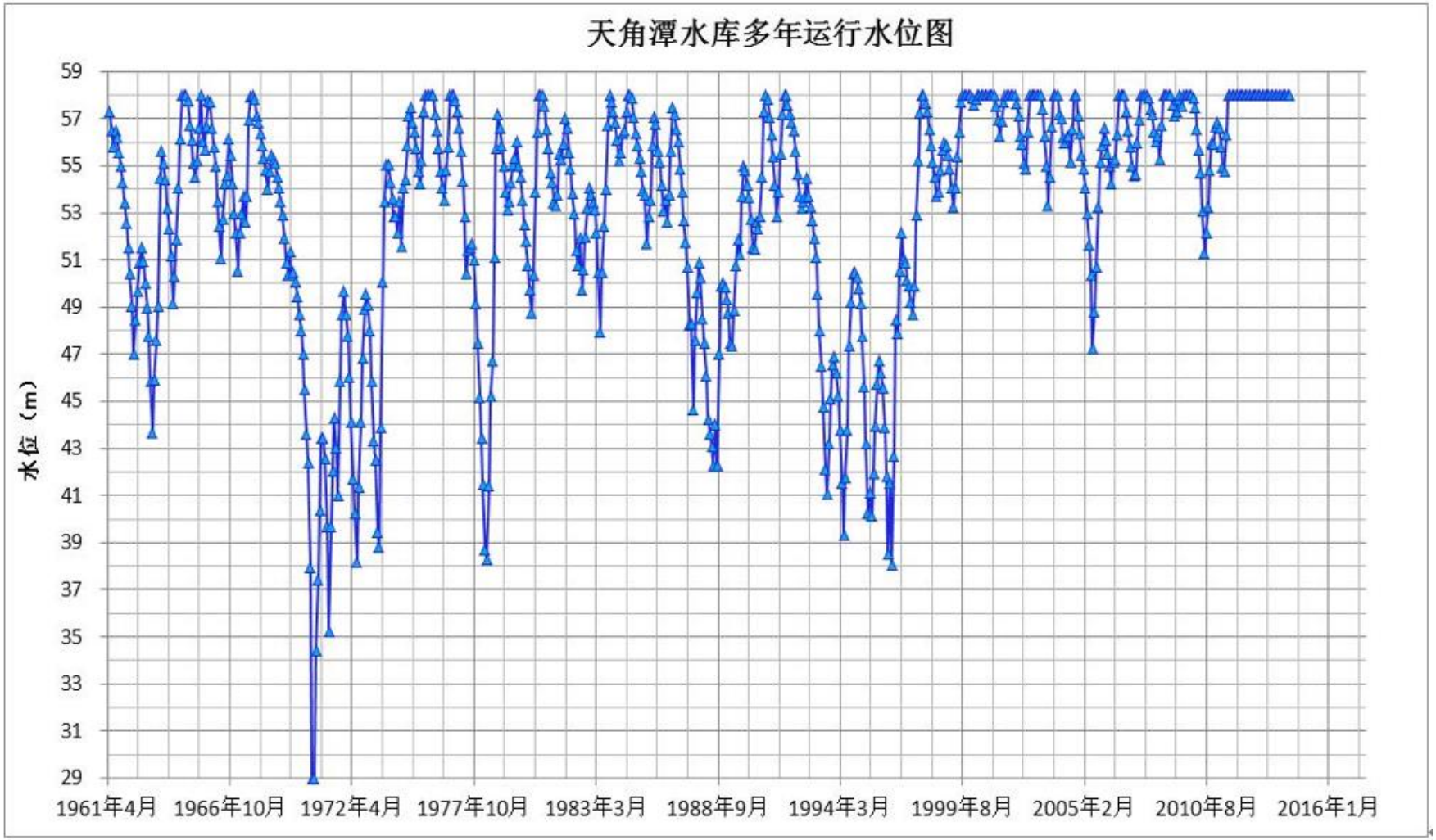


图 2.9-1　天角潭水利枢纽工程多年运行水位图

表 2.9-1 天角潭水库正常蓄水位 58.00m 水库径流调节计算成果表

年份	坝址处来水量			蒸发渗漏损失	生态下泄	受水区需水量			需天角潭水利设施供水			天角潭供水量			需松涛水库补水		天角潭破坏	天角潭弃水量
	区间来水	沙河下泄	小计			城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	合计	城乡生活和二三产	农业灌溉		
1961	5072	4647	9718	2247	4310	32833	9847	42680	8132	9847	17979	8132	4923	13055	24701	4923	4924	0
1962	12088	3358	15446	1416	4793	32833	9915	42748	8132	9915	18047	8132	4958	13089	24701	4958	4958	0
1963	29772	7325	37097	1573	5538	32833	7664	40497	8132	7664	15796	8132	7664	15796	24701	0	0	0
1964	32437	9040	41478	2262	5673	32833	7322	40155	8132	7322	15454	8132	7322	15454	24701	0	0	5181
1965	16471	6019	22490	2308	5597	32833	9524	42357	8132	9524	17656	8132	9524	17656	24701	0	0	215
1966	17564	3147	20711	1910	5334	32833	8753	41586	8132	8753	16885	8132	8753	16884	24701	0	0	0
1967	19553	6101	25654	2217	5221	32833	6431	39264	8132	6431	14563	6505	3216	9721	26328	3216	4842	222
1968	9844	3615	13460	2002	4644	32833	8224	41058	8132	8224	16356	6099	4112	10211	26734	4112	6145	0
1969	6626	2883	9509	1276	4806	32833	8082	40915	8132	8082	16214	5896	4041	9937	26937	4041	6277	0
1970	19044	3819	22864	484	5232	32833	7558	40391	8132	7558	15690	8132	7558	15690	24701	0	0	0
1971	17148	5802	22950	885	5628	32833	7094	39927	8132	7094	15226	8132	7094	15225	24701	0	0	0
1972	18562	5497	24059	895	5673	32833	7672	40505	8132	7672	15804	8132	7672	15804	24701	0	0	0
1973	36422	9924	46345	1256	5673	32833	5574	38407	8132	5574	13706	8132	5574	13706	24701	0	0	0
1974	18698	5737	24435	1985	5619	32833	6440	39273	8132	6440	14572	8132	6440	14572	24701	0	0	0
1975	29863	9145	39009	2230	5670	32833	7292	40125	8132	7292	15424	8132	7292	15424	24701	0	0	7802

年份	坝址处来水量			蒸发渗漏损失	生态下泄	受水区需水量			需天角潭水利设施供水			天角潭供水量			需松涛水库补水		天角潭破坏	天角潭弃水量
	区间来水	沙河下泄	小计			城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	合计	城乡生活和二三产	农业灌溉		
1976	26190	8556	34746	2205	5339	32833	7733	40566	8132	7733	15865	8132	7733	15865	24701	0	0	4298
1977	12473	3148	15620	1295	4788	32833	7892	40725	8132	7892	16024	8132	7892	16024	24701	0	0	0
1978	34956	9700	44656	1519	5673	32833	6288	39121	8132	6288	14420	8132	6288	14419	24701	0	0	0
1979	11084	3229	14313	1754	4852	32833	8092	40925	8132	8092	16224	8132	4046	12178	24701	4046	4046	0
1980	35800	11034	46834	2083	5663	32833	7554	40387	8132	7554	15686	8132	7554	15686	24701	0	0	5487
1981	13725	4216	17941	1912	5276	32833	7879	40712	8132	7879	16011	8132	7879	16010	24701	0	0	0
1982	16760	4324	21083	1585	5350	32833	5920	38753	8132	5920	14052	8132	5920	14052	24701	0	0	0
1983	23727	6553	30280	1948	5298	32833	7849	40682	8132	7849	15981	8132	7849	15981	24701	0	0	280
1984	17617	5074	22691	2193	5673	32833	5742	38575	8132	5742	13874	8132	5742	13873	24701	0	0	3272
1985	18551	5309	23859	1949	5640	32833	7929	40762	8132	7929	16061	8132	7929	16061	24701	0	0	0
1986	14696	4952	19648	1996	5055	32833	7097	39930	8132	7097	15229	8132	7097	15229	24701	0	0	0
1987	11837	3325	15161	1188	5496	32833	9015	41848	8132	9015	17147	8132	9015	17147	24701	0	0	0
1988	22461	5695	28156	963	5673	32833	6359	39192	8132	6359	14491	8132	6359	14491	24701	0	0	0
1989	18408	5505	23913	1526	5673	32833	5719	38552	8132	5719	13851	8132	5719	13851	24701	0	0	0
1990	22905	7796	30700	2040	5427	32833	9105	41938	8132	9105	17237	8132	9105	17237	24701	0	0	501
1991	20742	5313	26056	2107	5378	32833	6828	39661	8132	6828	14960	8132	6828	14960	24701	0	0	1509
1992	7428	3069	10497	1594	4998	32833	6719	39553	8132	6719	14851	8132	3360	11492	24701	3360	3359	0

年份	坝址处来水量			蒸发渗漏损失	生态下泄	受水区需水量			需天角潭水利设施供水			天角潭供水量			需松涛水库补水		天角潭破坏	天角潭弃水量
	区间来水	沙河下泄	小计			城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	合计	城乡生活和二三产	农业灌溉		
1993	9949	2771	12720	809	4681	32833	7407	40240	8132	7407	15539	8132	3703	11835	24701	3703	3704	0
1994	19392	5031	24423	1018	5376	32833	7222	40055	8132	7222	15354	8132	7222	15354	24701	0	0	0
1995	14978	4084	19063	681	5207	32833	5916	38749	8132	5916	14048	8132	5916	14048	24701	0	0	0
1996	24951	6258	31209	991	5673	32833	6191	39024	8132	6191	14323	8132	6191	14323	24701	0	0	0
1997	26610	7975	34585	1848	5631	32833	6187	39020	8132	6187	14319	8132	3250	11382	24701	2936	2937	625
1998	11695	3498	15193	1858	5316	32833	6982	39815	8132	6982	15114	8132	3491	11623	24701	3491	3491	0
1999	26330	6170	32500	2085	5673	32833	4275	37108	8132	4275	12407	8132	4275	12407	24701	0	0	7916
2000	27318	9456	36774	2310	5516	32833	4871	37705	8132	4871	13003	8132	4871	13003	24701	0	0	14081
2001	29265	8911	38176	2225	5673	32833	5838	38671	8132	5838	13970	8132	5838	13970	24701	0	0	10775
2002	28425	8239	36664	2234	5673	32833	8101	40934	8132	8101	16233	8132	8101	16233	24701	0	0	8801
2003	21096	5570	26666	2198	5673	32833	7772	40605	8132	7772	15904	8132	7772	15904	24701	0	0	3477
2004	13522	4967	18488	2162	5109	32833	8215	41048	8132	8215	16347	8132	8215	16347	24701	0	0	773
2005	21501	5804	27305	1730	5569	32833	8497	41330	8132	8497	16629	8132	8497	16629	24701	0	0	0
2006	21045	6159	27204	2185	5563	32833	7107	39940	8132	7107	15239	8132	7107	15239	24701	0	0	5329
2007	26879	7500	34379	2191	5673	32833	6294	39127	8132	6294	14426	8132	6294	14426	24701	0	0	6682
2008	27139	7171	34310	2169	5368	32833	6933	39766	8132	6933	15065	8132	6933	15065	24701	0	0	6729
2009	33268	11531	44799	2347	4961	32833	7108	39941	8132	7108	15240	8132	7108	15240	24701	0	0	12858

年份	坝址处来水量			蒸发渗漏损失	生态下泄	受水区需水量			需天角潭水利设施供水			天角潭供水量			需松涛水库补水		天角潭破坏	天角潭弃水量
	区间来水	沙河下泄	小计			城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	小计	城乡生活和二三产	农业灌溉	合计	城乡生活和二三产	农业灌溉		
2010	18464	4640	23104	1843	4600	32833	6101	38934	8132	6101	14233	8132	6101	14233	24701	0	0	0
2011	47053	12451	59504	2288	5673	32833	7503	40336	8132	7503	15635	8132	7503	15634	24701	0	0	21014
2012	42342	12499	54841	2530	5673	32833	7002	39835	8132	7002	15134	8132	7002	15134	24701	0	0	25625
2013	41621	12334	53956	2391	5673	32833	6305	39138	8132	6305	14437	8132	6305	14437	24701	0	0	25436
均值	21724	6337	28061	1790	5370	32833	7225	40058	8132	7225	15357	8021	6493	14512	24812	732	845	3375

2.10 灌区工程总体布局

天角潭水利枢纽灌区位于海南省儋州市中北部的北门江流域，沿北门江东南向西北伸展，呈狭长形，北门江从灌区中间穿越，整体地势随北门江自东南向西北缓慢降低，由低山丘陵区进入滨海平原区，灌区包括东成、中和、新州、木棠、光村、三都、峨蔓镇等七个镇。原规划灌区设计灌溉面积为 10.50 万亩，根据可研报告，天角潭灌区设计灌溉面积为 11.42 万亩，其中西岸干渠控制新洲、新英、中和等镇区 4.22 亩灌溉面积，东岸干渠控制木棠、东成、光村等镇区 7.20 万亩灌溉面积。

2.10.1灌区渠道现状介绍

天角潭水陂为天角潭灌区的渠首工程，天角潭水陂位于北门江中游，建于 1956 年，1957 年竣工，为非真空流线型浆砌石溢流坝，最大坝高 15.1m，总长 110m；天角潭东岸干渠全长为 32.2km，原渠首设计流量 8.6m^3/s，加大流量 10.75m^3/s，干渠重要的两条支渠为黄沙、三都支渠，黄沙支渠长 19.9km 公里，三都支渠长 16.8km；天角潭西岸干渠全长 18.64km，渠首设计流量 3.5m^3/s，加大流量 4.38m^3/s，共有 6 条支渠，总长 18.6km。

原东岸干渠灌面主要在沿北门江的右岸侧低海拔的平原地区，从渠首至拟建泵站位置，渠线均夹在省道 S308（那大至洋浦）和北门江干流之间，沿着等高线蜿蜒曲折往北依次穿过东成、中和、新州、木棠等乡镇。渠首段 2.5km 的右岸山体较高，有 150m 左右为单边渠道。过了傍山渠道之后，渠道两侧地势豁然开阔，渠道两侧均分布有水田和坡地。渠道断面型式以梯形为主，衬砌厚度 6~8cm，现已破损严重。

2.10.2本工程灌区总体布置

（1）规划原则

天角潭灌区沿着北门江东南向西北伸展，呈狭长形，灌区包括东成镇、中和镇、新州镇、木棠镇、光村镇、三都镇、峨蔓镇等七个镇。天角潭灌区以北门江为界分为东岸干渠灌溉系统、西岸干渠灌溉系统。两岸灌渠取水头部均位于总干渠，水源为上游天角潭水利枢纽工程蓄水。

灌区规划原则是充分利用现有的灌溉系统，新建总干渠 0.168km（包括一座小型节制闸和一座小型泄水闸）、天角潭渡槽一座、新建东岸干渠 350m（包括一座小型节制闸和一座小型分水闸）以及西岸干渠分水闸一座；对已有的东、西岸灌渠进行整治、防渗加固。根据复核后规划设计流量进行断面复核，对灌区干渠不合理，不安全的咽喉渠段进行裁弯取直改建和防渗加固，对原有的建筑物能用则用，不能用的拆除重建，以保证农田灌溉用水，发挥最大灌溉效益。灌区分布见附图 10。

（2）灌区渠道总体布置

天角潭水利枢纽工程灌区总布局：来水经水库调蓄后，由引水隧洞放灌溉流量至总干渠，再分水至东西岸干渠引水灌溉。1）天角潭总干渠

天角潭总干渠位于北门江流域左侧，从天角潭水利枢纽工程引水隧洞末端进水至总干渠，总干渠长度为 168m，渠道宽 3.45m，比降为 1/1000，采用梯形明渠断面，渠深 2.28m，坡比 1:1，渠底为 C25 砼，厚 10cm。渠顶左右两侧宽度均为 4.0m，外坡坡比 1:1.5，采用草皮护坡。总干渠设计流量除考虑东、西岸干渠总灌溉流量 8.1m³ /s 外，还考虑供水流量 2.55m³ /s，设计流量共计 10.65m³ /s，加大流量为 13.31m^3/s。渠道沿等高线开挖，沿着北门江流域走向至渠首渡槽和西岸干渠分水处。

2）天角潭渡槽

新建天角潭渡槽位于天角潭水陂下游 180m 处，跨越北门江干流。采用“U：型断面，槽身半径 R=1.8m，槽身段长 180m，支架采用简支排架支承，排架最大高度 9.5m，设计流量为 7.65m^3/s，加大流量为 9.56m^3/s。

3）天角潭东岸干渠

天角潭东岸干渠位于北门江右侧，从天角潭水陂右岸（东岸）进水闸取水，渠首高程为 22.90m，渠道沿等高线开挖，比较弯曲，规划设计灌溉面积 7.20 万亩，规划设计流量 5.10m ³s。东岸干渠沿着北门江右岸向西北方向行走 4.5km 到井村后，转向东行走至大村渡槽，然后转向西北方向行走，流经高荣、寨脚、高崖碧、银村（蚂蝗岭地段）、新村、灵春、横山、至潭泮分水闸止。东岸干渠全长 32.2km，比降为 1/10000，计划配套、防渗硬化渠道 10.1km，渠道改线硬化防渗 5.41km，改建银村渡槽长 492m，共硬化防渗、配套、改线 15.51km，（其中改线 5.41km）。新建东岸干渠总长 350m，设计流量为 7.65 m^3/s，加大流量 9.45 m^3/s，渠道比降为

1/10000。

4）天角潭西岸干渠

天角潭西岸干渠位于北门江左侧，从天角潭水陂左岸（西岸）进水闸取水，渠首高程为 22.75m，渠道走向基本和北门江平行，规划设计灌溉面积 4.22 万亩，规划设计流量为 3.00m³/s。西岸干渠沿北门江左岸向西北方向行走，途径养马、大坡、中心村、周坊、书村、里仁，至 14.5km 到水井村后，转向西流往高弟、冯家园、高山，至盐场支渠止。西岸干渠全长 18.64km（已硬化防渗 3.61km），比降为 1/5000～1/3000，计划配套硬化防渗 9.16km。

5）水闸

①节制闸

渠首的泄水闸和节制闸为联合布置，节制闸为开敞式，单闸孔净宽一般为 1.0～2.5m，闸孔高为 1.0～2.5m，单宽流量为 0.5～6m^3/s.m，1～2 孔布置。

节制闸预留上下游 2 道检修闸门槽，在闸顶设过闸交通桥和框架启闭机房；泄水闸只预留上游 1 道检修闸门槽，在闸上游设过闸交通桥和渠顶连接，闸顶设框架启闭机房。工作闸门选用相应规格的成品铸铁平面滑动闸门，启闭设备选用手电两用螺杆启闭机，装设于闸顶启闭机房中，操作电源采用就近电网接入方式。

②泄水闸

泄水闸由进口连接段、闸室、陡坡、消力池及其出口护砌等部分组成。泄水闸单宽流量为 1.0～5m3/s.m， 1～2 孔布置。闸前进口连接段为圆弧型直墙，直墙和底板为 M7.5 浆砌石，底板厚 35cm。闸室为 C25 钢筋砼整体结构，整体平底板厚 80cm，中墩厚度 100cm，边墩为重力式砼挡土墙。闸室顶部为 C25 钢筋砼 2 层双向框架结构启闭机房，闸室上游设 C25 钢筋砼简支板桥与渠顶连接。闸室出口陡坡段为矩形断面，底板 M7.5 浆砌石，厚 35cm，面层用 C20 砼衬砌厚 15cm。陡坡末端接消能防冲设施，消能方式根据下游地质情况选用挑流或底流式，消能池为挖深式，断面为矩形，C20 钢筋砼，池深和底板厚度及长度由消力池消能防冲计算确定，底板设排水孔和反滤层。消力池出口设用 M7.5 浆砌石衬砌的海漫，厚 35cm，长度一般取 5.0～10m。

③干渠分水闸

分水闸为分水建筑物，根据调节下一级渠道的用水调度的需要，在干渠和分干渠上根据分水流量的大小。

干渠和分干渠上的分水闸一般为开敞式布置，采用 C25 钢筋砼整体式闸室，闸室顶设置框架启闭机室，安装手电两用螺杆启闭机，电源从就近电网接入。

消力池计算条件是当干渠通过加大流量，支渠引取设计流量时的水位差计算池长和池深。

分水闸均设成品铸铁面滑动闸门，支渠分水闸用侧摇式手动螺杆启闭机操作，安装在顶部的启闭机房中。闸室和矩形涵洞为整体现浇 C25 钢筋砼结构，顶部设 3×2.1m 启闭机房，启闭平台高出干渠堤顶 0.1m，启闭机房为砖混结构，闸底板为厚 50cm 的 C25 砼，矩形涵洞宽度为 0.5~1m，高 1~1.2m，厚度为 0.3~0.45m，C25 钢筋砼整体现浇结构。消力池和渐变段均用 M7.5 浆砌石，裸露面用 M10 水泥砂浆批挡，厚 2cm。

（3）渠道改造

按渠道地质情况及流量大小采用不同断面形式。总干渠采用梯形砼断面；东岸干渠采用梯形砼断面；西岸干渠采用复合断面（浆砌石直墙，砼护坡）、梯形砼断面。

天角潭灌区骨干工程需改建、配套防渗便化干渠 33.87km（其中改线 5.41km）。需改建、新建渠系建筑物 223 宗，其中：渡槽 14 宗，渠下涵 16 宗，分水闸 4 座，跌水 1 宗，陡坡 2 宗，交通桥 7 宗，人行桥 60 宗，节制闸 3 宗，斗门 115 宗。

田间工程规划是农田基本建设的重要内容，灌区的主要地貌为滨海平原，含少量丘陵。本阶段选择平原进行规划设计，布置田间灌溉系统、排水系统、进行田间土地平整、道路及林带规划设计。田间工程主要建筑物有配水建筑物、联接建筑物、交叉建筑物、量水建筑物等。

在灌溉系统布置中，斗渠、农渠设计采用 U 型槽预制件。设计流量 0.02 m³/s～0.03m³/s，采用 UD20，0.03 m³/s～0.05m³/s，采用 UD30，0.05m³/s～0.075m³/s，采用 UD40；排水系统排水流量小于 5m³/s，为 5 级建筑物，按 10 年一遇标准计算洪水，按各区的排涝模数进行排水量的计算，采用梯形断面，边坡为 1:1，采用 0.3m 厚的浆砌石护坡。

大坝枢纽工程、泵站和供水管线、灌区工程中的新建天角潭总干渠 168m 和新建东岸干渠 350m、天角潭渡槽以及 5 座小型水闸（总干渠 2 座小型水闸、东岸干渠 2 座小型水闸、西岸干渠一座）一并纳入本项目，其他灌区工程均不纳入本项目投资中，因此本次环评重点关注大坝枢纽工程、泵站和供水管线工程以及天角

潭总干渠等工程建设对区域环境的影响，灌区其他工程不纳入本次环评。

3 工程分析

3.1 规划符合性分析

3.1.1 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、综合利用水利枢纽工程均被列为鼓励类。天角潭水库工程任务以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾发电等综合利用，工程建成后供水对象主要为洋浦经济开发区、中和镇、东成镇（城镇供水）和天角潭灌区的农田（灌溉供水），多年平均供水量 14522 万 m^3，其中城乡生活供水量 8025 万 m^3，农业供水量 6497 万 m^3。天角潭水库建成后，可有效调节北门江径流，满足洋浦经济开发区城镇生活供水需求，提高天角潭灌区灌溉面积和灌溉保证率，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。

3.1.2 与主体功能区划及生态功能区划的相符性分析

3.1.2.1 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》，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中，工程所在区域为国家层面的重点开发区域—北部湾地区。该区域位于全国“两横三纵”城市化战略格局中沿海通道纵轴的南端，区域的功能地位是：我国面向东盟国家对外开放的重要门户，中国—东盟自由贸易区的前沿地带和桥头堡，区域性的物流基地、商贸基地、加工制造基地和信息交流中心。发展方向包括“以海南岛为依托，合理规划、科学利用滨海资源，建设国际旅游岛……发展以旅游业为主导的现代服务业，将海南东部沿海地区打造成国家级休闲度假海岸。重化工业严格限定在洋浦、东方工业园区。”

在北部湾地区，未来必将实现城市建设及经济的快速发展，以及人口的迅速聚集，将导致水资源供需矛盾日益突出，而天角潭水利枢纽工程的兴建，可以为北部湾地区尤其是洋浦经济开发区的可持续发展提供水资源保障，符合该区域主题功能定位。

天角潭水利枢纽工程的建设不涉及国家级限制开发区及禁止开发区域，符合《全国主体功能区规划》的主体功能区要求。

3.1.2.2 与海南省主体功能区规划的符合性分析

根据《海南省主体功能区规划》，按照开发方式，全省功能区分为重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域三类。天角潭水利枢纽工程所在区域属于国家限制开发区域中的国家级农产品主产区。

工程所在国家级农产品主产区的功能定位为：国家冬季瓜菜生产基地、天然橡胶基地、南繁育制种基地、热带水果和花卉基地、水产养殖与海洋捕捞基地，海南经济发展的一张王牌，保障农产品供给安全的重要区域……。天角潭水利工程的建设，符合该区域的发展方向“加强水利设施建设，加快大中型灌区、排灌泵站配套改造以及水源工程建设。鼓励和支持开展小型农田水利设施建设、小流域综合治理……加强农业基础设施建设，改善农业生产条件，强化农业防灾减灾能力建设……”。

此外，天角潭水利枢纽工程的建设不涉及区划中 19 个国家级禁止开发区域和 35 处省级禁止开发区域。工程建设符合《海南主体功能区划》的要求。

3.1.2.3 与《全国生态功能区划》的相符性分析

根据《全国生态功能区划》（修编版），天角潭水利枢纽工程建设区域位于全国生态功能区划 II-01-27，属于海南环岛平原台地农产品提供功能区。农产品提供

功能区主要指以提供粮食、肉类、蛋、奶、水产品和棉、油等农产品为主的长期从事农业生产的地区。该类型区生态保护的主要方向为严格保护基本农田，培养土壤肥力；加强农田基本建设，增强抗自然灾害的能力；加强水利建设，大力发展节水农业……等等。

本工程属于非污染项目，水库建成后可有效缓解儋州市及天角潭灌区的水资源供需矛盾，有效改善天角潭灌区的灌溉效率，有利于区域的生态环境保护，符合全国生态功能区划要求。

3.1.2.4 与海南省生态功能区划的符合性分析

根据《海南省生态功能区划》，洋浦经济开发区属于“I-4-5：海南岛海岸带生态区-西部海积阶地与沙丘岸生态亚区-儋州和洋浦工业发展生态功能区”，产业发展方向为农产品加工业、水产养殖、捕捞业、油气化工业、浆纸、造纸等工业。工程建设区儋州东部属于“II-1-1：海南环岛台地、平原生态区-琼西北热带季雨林生态亚区-临高儋州平原农业发展生态功能区”，产业发展方向为热带高效农业、农产品加工业、饮料食品等产业。天角潭水利枢纽工程为洋浦经济开发区及中部地区供水，符合海南省生态功能区划。

3.1.2.5 与海南省生态保护红线管理规定的符合性分析

《海南省生态保护红线管理规定》（2016 年 9 月）第十条规定“下列重点生态功能区、生态环境敏感区和脆弱区等区域应当划入生态保护红线：（一）自然保护区等重要生物多样性保护区，饮用水水源保护区等重要水源保护和涵养区，重要水土保持区，重要防洪调蓄区；（二）森林公园、湿地公园、地质公园等旅游功能保护区；（三）海岸带自然岸线及邻近海域；（四）海洋特别保护区，重要入海河口，红树林、珊瑚礁和海草床集中分布区，潟湖等；（五）其他具有重要生态功能或者生态环境敏感、脆弱的区域，包括：公益林、天然林、水产种质资源保护区、重要渔业水域等。”第十一条规定“按照保护和管理的严格程度，生态保护红线区划分为Ⅰ类生态保护红线区和Ⅱ类生态保护红线区。具有极重要生物多样性保护、水土保持、水源涵养等生态服务功能的区域以及海岸带、海洋生态环境极敏感、脆弱区域，应当划为Ⅰ类生态保护红线区，至少包括：自然保护区的核心区和缓冲区、饮用水水源一级保护区、野生近缘种分布区、领海基点保护范围等区域。未纳入Ⅰ类部分的生态保护红线区，为Ⅱ类生态保护红线区。”

第十九条规定“除下列情形外，Ⅰ类生态保护红线区内禁止各类开发建设活动：（一）经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设；（二）农村居民生活点、农(林)场场部(队)及其居民在不扩大现有用地规模前提下进行生产生活设施改造。第二十条规定“Ⅱ类生态保护红线区内禁止工业、矿产资源开发、商品房建设、规模化养殖及其它破坏生态和污染环境的建设项目。确需在Ⅱ类生态保护红线区内进行下列开发建设活动的，应当符合省和市、县、自治县总体规划：（一）经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设；（二）湿地公园、地质公园、森林公园等经依法批准、不破坏生态环境和景观的配套旅游服务设施建设；（三）经依法批准的休闲农业、生态旅游项目及其配套设施建设；（四）经依法批准的河砂、海砂开采活动；（五）军事等特殊用途设施建设；（六）其他经依法批准，与生态环境保护要求不相抵触，资源消耗低、环境影响小的项目建设。

第二十一条规定“生态保护红线区内的自然保护区、饮用水水源保护区等各类保护区域，相关保护规定与本规定不一致的，按照最严格的保护规定执行。”第二十三条规定“本规定实施前，生态保护红线区内已依法批准对生态环境有不利影响的建设项目，应当根据对生态环境影响的程度，分别采取下列方式进行处理：（一）对已建成或者在建的项目，县级以上人民政府应当建立退出机制，引导项目进行改造或者产业转型升级，逐步调整为与生态环境不相抵触的适宜用途；（二）对尚未开工的项目，应当调整为资源消耗低、环境影响小的项目，并严格控制开发强度和用地功能。

根据海南省生态保护红线图（见附图 5），天角潭水利枢纽工程建设不涉及 I 类生态红线区，工程所在北门江干流河道范围属于 II 类生态保护红线区。天角潭水利枢纽工程属于“经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目”，不属于禁止开发的工业、矿产资源开发、商品房建设、规模化养殖及其它破坏生态和污染环境的建设项目，符合在 II 类生态保护红线区内进行开发建设的规定。

因此，本工程的建设符合海南省生态保护红线管理规定。

3.1.3 与相关规划的相符性分析

3.1.3.1 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。

天角潭水库是海南省列入 172 项节水供水重大水利工程之一，水库建设对解决琼北地区工程性缺水、完善琼北地区水资源配置具有十分重要的作用。

因此，天角潭水库的建设与《全国节水供水重大水利工程》是相符的。

3.1.3.2 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），将天角潭水库作为 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，天角潭水库的建设与《全国大型水库建设总体安排意见（2013-2015 年）》是相符的。

3.1.3.3 与《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》相符性分析

2016 年 3 月 16 日，十二届全国人大四次会议审查通过了《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。纲要在第七篇构筑现代基础设施网络中提出“强化水安全保障：加快完善水利基础设施网络，推进水资源科学发展、合理调配、高效利用，全面提升水安全保障能力。一、优化水资源配置格局，科学论证、稳步推进一批重大引调水工程、河湖水系连通骨干工程和重点水源等工程建设，统筹加强中小型水利设施建设，加快构筑多水源互联互调、安全可靠的城乡区域用水保障网。因地制宜实施抗旱水源工程，加强城市应急和备用水源建设。科学开发利用地表水及各类非常规水源，严格控制地下水开采。推进江河流域系统整治，维持基本生态用水需求，增强保水储水能力……”。天角潭水利枢纽工程是松涛灌区规划的重要水源工程，是完善琼北地区水利基础设施网络的必要工程，是北门江流域控制性水利枢纽工程，是解决儋州市尤其是洋浦经济开发区工程性缺水的重要水库工程，工程已列入国务院确定的 172 项节水供水重大水利工程。

3.1.3.4 与国家对海南省发展政策相符性分析

2009 年 12 月，国务院发布了《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》（国发〔2009〕44 号），其中提出“做好天角潭、迈湾等水库前期工作，基本解决海南岛的工程性缺水问题”。因此，天角潭水库的建设符合国家对海南省发展政策。

3.1.3.5 与北门江流域规划及规划环评的相符性分析

（1）与流域规划的相符性分析

2016 年 5 月，海南省发改委批复了《海南省北门江流域规划报告（修编）》。规划提出：“根据北门江利于水资源综合利用要求，拟定北门江干流天角潭水陂以上的中上游河段梯级的开发任务为发电为主；天角潭水陂附近河段内布置以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾防洪，结合发电及其大型水库——天角潭水库进行北门江流域水资源的控制与调节，在满足现状情况下的天角潭灌区灌溉供水的前提下向洋浦经济开发区进行供水，以减轻松涛水库的供水压力；天角潭水库坝址以下至入海口河段天然落差较小，地势平缓，布置梯级所产生的淹没较大，故不再对该河段进行梯级布置”。

作为流域规划重大水工程，规划报告提出天角潭水利枢纽工程任务以城镇供水、农业灌溉为主，兼顾防洪，结合发电等综合利用。工程建成后，水库沿途供水中和镇、东成镇、天角潭灌区，并通过在中和镇设引水口供水洋浦经济开发区，年供水量合计 14913 万 m^3。

与规划阶段相比，可行性研究阶段，随着设计深度的增加和设计优化，有如下改变：

①天角潭水库不再承担防洪任务

流域规划报告中部署了“堤库结合”的防洪模式，将现有河段防洪标准不足 5 年一遇提高至 5 年一遇的基础上，结合天角潭水库预留防洪库容，将下游防洪标准提高至 10 年一遇，有效解决下游防洪问题。可行性研究阶段，结合下游河段正在建设的堤防工程，对河段防洪方案重新复核。复核结果表明，下游河岸存在一段出槽淹没耕地的情况，但由于出槽河段防洪保护对象无乡村，均为农田，且农田面积不大，故可研阶段不再考虑天角潭承担防洪任务。

②供水量及正常蓄水位改变

根据规划报告，至规划水平年 2030 年，向洋浦等乡镇供水 8606 万 m^3；天角

潭灌区设计灌溉面积增加至 10.50 万亩，灌溉供水 6307 万 m^3，水库总供水 14913 万 m^3；至可行性研究阶段，设计水平年调整为 2040 年，向洋浦等乡镇供水 8025 万 m^3，天角潭设计灌面增至 11.42 万亩，灌溉供水 6497 万 m^3，总供水量 14522 万 m^3。结合水平年及供水对象需水情况改变，工程供水规模有所改变。为满足水量需求，水库正常蓄水位由规划阶段的 54.00m 调至 58.00m。

③供水方式优化

规划阶段，北门江流域来水经天角潭水利枢纽工程调蓄后，由引水隧洞放水至天角潭水陂，在东西两岸布置引水口设东西干渠引水灌溉，水库控泄水量与中和区间来水相互补偿调节，在中和镇设闸引水供洋浦与沿途乡镇—东成镇及中和镇，同时在坝后及水陂下游各设电站一处。可研阶段，考虑中和闸感潮顶托对供水水质的影响、天角潭~中和水闸区间污染情况、水库方案及库闸联合供水方案技术经济比选，推荐供水方案改为天角潭水库+全管供水方案。从天角潭水利枢纽新建取水泵站，原水经泵站提升后，由压力管道沿那洋公路（原有洋浦第二原水管线左侧）输水至洋浦水厂，管线总长 39.12km，同时管道沿线预留东成镇、中和镇的供水水量。可研阶段取水路线：天角潭水利枢纽枢纽→天角潭总干渠→天角潭东岸干渠→天角潭泵站→引水管线→洋浦水厂出水池。

④流域梯级开发方案

北门江上游来水经已建 9 级水电站，从上至下依次为沙河水库坝后电站、牙拉河一级水电站、燎原水电站、牙拉河三级水电站、牙拉河四级水电站、东风水电站、西联水电站、两院水电站、西庆水电站。规划工程天角潭水库建成后，西联、两院、西庆 3 个电站将被淹没，天角潭水库水量由引水隧洞放水至天角潭水陂，同时在坝后及水陂下游各设电站一处。即北门江流域干流梯级规划开发方案为：从上游至下游沙河坝后电站、牙拉河一级、燎原、牙拉河三级、牙拉河四级、东风、天角潭坝后、天角潭水陂电站等 8 级。

可研阶段，考虑天角潭水陂运行四十多年从未加固、结构严重老化、陂体多处破损等安全因素，为恢复河道连通性还需修建过鱼设施，因此将天角潭水陂拆除。同时正常蓄水位升高增加影响东风水电站，因此流域干流梯级开发方案变为：沙河坝后电站、牙拉河一级、燎原、牙拉河三级、牙拉河四级、天角潭渠首电站、天角潭生态电站等 7 级。

综上，天角潭水利枢纽工程开发任务、坝址位置、开发方式等基本与规划阶

段保持一致，在可研工作的基础上对天角潭工程方案进行了优化，工程建设符合北门江流域规划。

（2）与流域规划环评的相符性分析

《海南省北门江流域规划（修编）环境影响报告书》于 2016 年 10 月编制完成，同年11月召开了专家评审会，11月11日，海南省生态环保厅以“琼环函[2016]1678”号文下发了该报告书的审查意见。结合报告书内容及专家评审意见，海南省环保厅对流域规划实施过程中的环境保护工作提出了意见，其中，涉及天角潭水利枢纽工程的部分意见包括：

“（一）科学实施水资源开发利用。……应拆除天角潭水陂，取消拟建的天角潭水陂电站……各重点控制断面水质满足功能区要求……天角潭水利工程……等拦河坝最小下泄生态流量满足河口红树林生长、繁殖等需要和维护北门江流域河道生态环境健康要求。

（二）采取强有力措施进行流域水污染整治。1、尽快组织编制《北门江流域水污染防治规划》……全流域必须大幅度消减污染源负荷，确保《规划》实施后供水饮水安全和国家控制断面中和桥水质达到国家考核目标等基本要求。2、落实现有儋州市垃圾填埋场搬迁与场地修复等工作。……确保天角潭水利工程建成后其水质满足供水与饮用水质安全要求。如垃圾填埋场搬迁与修复不满足相关要求，天角潭水库不得蓄水。3、加强对流域水质水量及生态系统的监测与预警。

（三）严守生态红线，加强流域生态系统保护。严禁在新英湾红树林自然保护区、屋基村白鹭鸟自然保护区的核心区、缓冲区内进行任何开发建设，在自然保护区实验区内和生态保护红线区不得开展与其保护无关的开发建设活动。加强北门江流域花鳗鲡等珍稀、濒危鱼类和海南石鲋、条纹刺鲃等特有鱼类产卵场、栖息地的保护，将太平河划为鱼类栖息地予以重点保护；开展北门江流域渔业科学研究，建设兼顾全流域鱼类的增殖放流站……天角潭水利枢纽工程按照相关要求建设生态环境设施。在河口地区实施退塘还林，及时开展红树林生态系统生境繁育生长及河口生态调查演变研究……”

天角潭水利枢纽工程在可研阶段充分考虑了规划环评及其审查意见提出的各项要求。工程枢纽布局方面，拆除了天角潭水陂，并通过生态电站泄放生态流量，以满足河口红树林生态系统及坝下北门江河段生态环境需求。为保证工程建成后天角潭库区及坝下水质达到相应水质标准，儋州市环卫局委托中国城市建设研究

院有限公司编制了《儋州市现有生活垃圾填埋场搬迁及新建生活垃圾填埋场工程评估报告》，制定了搬迁及场地修复方案、实施时间等；建设单位委托海南国为亿科环境有限公司编制了《天角潭水利枢纽工程水环境污染源调查及治理方案》专题报告，通过提出污染源削减措施及其他工程措施，可以保证天角潭水库供水与饮用水质安全。工程建设征地不涉及自然保护区范围，开展了河口红树林影响研究专题，并提出了建立鱼类栖息地、修建过鱼设施和鱼类增殖站等水生生态保护措施。因此，工程建设符合规划环评要求。

3.1.3.6 与地方水利政策相符性分析

2016 年 5 月，依托省域“多规合一”试点，海南省编制完成了《海南省总体规划》（中间稿），在基础设施“五网”的“水网”中，进一步明确了天角潭水利枢纽工程的建设任务；《海南省政府工作报告全文》（2016 年）中提出“扩大和优化投资，抓好重点项目建设。开工新建一批…推动迈湾、天角潭水利枢纽工程、国家现代农业南田示范区、南繁基地建设、航天科普中心等重点项目按时开工建设。”《海南省水网建设规划》（中间稿）将天角潭水利枢纽工程作为“十三五”期间建设的重大水利工程，对琼北地区水资源配置起到关键性作用。工程建设符合地方水利政策。

3.1.3.7 与《儋州市城市总体规划（2011-2030）》符合性分析

《儋州市城市总体规划（2011-2030）》第 64 条提出：“新建天角潭水库，与沙河水库联合运行，使年供水量达到 15560 万 m^3”；第 65 条提出“中远期利用天角潭、杨桥江两座中型水库作为洋浦经济开发区的备用水源和补充水源。”因此，工程建设符合城市总体规划内容。

3.2工程水资源配置环境合理性分析

3.2.1 调水规模环境合理性分析

（1）受水区缺水量

受水区设计水平年包含沙河水库在内的当地水利设施可供水量为 2.48 亿 m^3，比现状情况下增供水量 1.10 亿 m^3，不包含沙河水库在内的当地水利设施可供水量为 1.97 亿 m^3，均不能满足受水区用水需求，需建设的天角潭水库满足用水要求。

（2）可供调配水量

根据水资源配置结果，至2040年规划水平年，在考虑流域用水耗水和生态基流基础上，按水资源开发利用率40%考虑，北门江流域总的可利用水资源量为1.76亿m^3，扣除流域内已建水利工程供水量，天角潭水利枢纽工程年可调水量为1.54亿m^3，根据本阶段径流调节计算成果，工程建成后，年均可供水量为1.45亿m^3。

从供水保证率、最大破坏深度及时长来看，调算过程中灌溉供水破坏年份为11年，破坏深度50%，保证率达80%，满足灌溉设计保证率要求，多年平均需水量为2.29m^3/s，实际给水量为2.03m^3/s，水量保证程度为88.6%；工业与生活供水破坏42个月，破坏深度30%，历时保证率接近95%，需水量为2.32m^3/s，供给量为2.27m^3/s，水量保证程度为97.8%，满足设计保证率要求。对于下游河道内基流，按照下泄原则，分汛期和非汛期不同，不足时来多少泄多少。

（3）调水对流域水资源量的影响

工程建成运行后，多年平均供水量1.45亿m^3，加上流域内原水利工程，至规划水平年，总的水资源开发利用量为1.67亿m^3，占流域水资源总量的39%，低于公认的河流本身的开发利用率 40%的上限，总体而言，工程引水量占北门江流域水资源总量较大，对下游水资源状况将不可避免产生影响，但作为整个琼北地区水资源配置的必不可少的关键性工程，对支撑整个区域经济社会发展地位重要。

3.2.2 工程调水“三先三后”原则符合性分析

天角潭水利枢纽工程向洋浦经济开发区供水属于跨流域引调水工程，根据国家有关要求，调水工程需遵守“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。在调水之前，首先应做好工程区的节水、治污和环保规划。“三先三后”原则将节约用水放在第一位，建立节水型社会。调水区水源水质和输水线路区污染情况，关系到受水区水质是否满足供水、灌溉等功能，关系到引调水工程能否发挥效益、实现既定目标，因此要求事先做好水源地和输水线路区的水环境保护措施。调水后将增加受水区污水量和污染物排放总量，因此需要事先做好受水区的农田灌溉回归水和生活污水退水处理措施，解决因退水增加可能导致的水质污染，再输水至用水户。“三先三后”是实现水资源可持续利用的根本保障。

3.2.2.1 先节水后调水

工程受水区包括洋浦经济开发区、中和镇、东成镇及天角潭灌区。受水区应将节约用水放在第一位，大力推行各种节水措施，发展节水型农业、工业和服务业，建立节水型社会。工程受水区目前并未编制节水型社会建设的相关规划，根据《海南省“十三五”节水型社会建设规划》，在农业、工业、生活及非常规水源利用方面，将采取以下措施。

（1）在农业节水方面，提出要以提高农业用水效率和效益为核心，通过调整农业种植结构，加快现有灌区续建配套和节水改造，大力发展田间节水和节水农艺，因地制宜建设高效节水示范工程，实现农业节水增效和农民增收。天角潭灌区属于原松涛灌区天角潭系统，是大型灌区续建配套和节水改造项目。

（2）在工业节水方面，规划采取合理调整产业结构和布局，推行集约化生产，促进节水减排，加强用水管理，提高工业用水重复利用率和中水回用率，提高工业节水水平。受水区洋浦是国家级经济开发区，工业产值占到全省工业产值的近40%，优先发展以以油气储备、石油化工、制浆造纸和港口物流为主导产业，加快推进配套加工和综合服务业为辅助产业，提升优化以高科技为支撑的新型工业。到2020年，全市三次产业结构调整至1:70:29。

（3）在生活节水方面，规划采取加快城市供水管网改造，大力推广节水器具等，“十三五”期间将进行管网完善、改造和升级，受水区洋浦经济开发区生活用水节水器具普及率提高至95%以上，东成镇及中和镇达到80%以上，进一步加强生活用水管理，全面开展节水创建工作。

（4）规划非常规水源利用。在洋浦经济开发区，大力推广海水直流冷却和海水循环冷却技术，对园区内企业进行海水直流冷却项目扶持，逐步扩大利用规模和范围；推进废污水集中处理再生利用，至2020年再生水利用率达到15%；因地制宜开展雨水集蓄利用示范，在工业园区和旅游景区，开展雨水集蓄利用示范，减少常规水源的利用量；推广建设道路、屋顶收集雨水系统，用于河湖景观和绿化。在滨水公园或广场，推广采用透水结构地面，防止城市地面过度硬化。以海绵城市理念进行工业园区和镇区建设，将雨水利用与天然洼地、公园的河湖等湿地保护和湿地恢复相结合，为雨水集蓄预留空间。

3.2.2.2 先治污后通水

（1）儋州市污染治理规划

儋州市域内的乡镇规划新建的污水处理厂或处理站处理级别为二级处理标准，出水标准执行《污水综合排放标准（GB8978-1996）》中的一级 A 排放标准。主城区与滨海新区为集中污水处理片区，木棠镇、东成镇、八一镇、兰洋镇、海头镇、中和镇、王五镇、新州镇、峨蔓镇、光村镇、大成镇、西培镇、南丰镇各规划新建小型污水处理厂，为污水分散处理片区。大型旅游景区单独建设污水处理站。

（2）水源区污染防治规划

天角潭水利枢纽建成后，《海南省总体规划》（生态红线专篇）中明确将饮用水水源地一级、二级保护区划为禁止性红线，准保护区划为限制性红线，并提出了相应的管控措施。

《海南省北门江流域规划（修编）》中，提出了流域水资源保护对策与措施，其中在天角潭建成后作为引水水源地中，明确提出了水源地管理措施。

①项目实施后，尽快划定饮用水水源保护区，并纳入全省生态红线。

②对饮用水水源保护区要树立保护优先、预防为主、防治结合的管理原则，确保饮用水源保护区的水质符合规定的标准。

③儋州市成立饮用水水源保护区领导小组，并设置保护区专门管理机构，负责保护区日常管理工作和对周围污染源的监控管理工作，积极有效地落实各项保护规划措施，确保水源地区域水质安全。在地表饮用水源保护区边界建设隔离防护工程，特别是人类活动较多的区域，采用钢丝网将一级水源保护区圈围，并设置严禁事项的告示牌，防止人类不合理活动对水源保护区水质造成影响。

④环境监测管理部门应加强对饮用水水源地水质的监测，建立监测预警体系，对重点污染源和重要水质断面进行实时监测，以便及时发现、跟踪突发性水污染事故；制定饮用水源保护区环境污染事故应急预案和保障对策，一旦发生饮用水源环境污染事故，及时按照预案进行处理。

（3）受水区污染防治规划

①加强水生态保护红线管控。严格执行《海南省总体规划》要求，划定水源保护与水源涵养、水土保持、防洪调蓄、海岸带等生态保护红线区，将饮用水源保护区、主要河流两岸 50 米、湖库周边 100～400 米、重要湿地等划入生态保护红线范围，实施严格的水生态环境保护措施，严格控制生态保护红线区的开发活动。

②保障饮用水水源安全。加强集中式饮用水水源保护区规范化建设,依法清理、

取缔全省集中式饮用水水源保护区内违法建筑和排污口，对水质出现超标的饮用水源地开展综合整治，确保水质稳定达标。加强松涛水库、大隆水库等重点饮用水源地水质监控，到 2017 年，新建 11 个饮用水源水质自动监控系统，城市（镇）集中式饮用水源地水质达标率达到 100%。

③实施城镇内河（湖）治理。落实《海南省城镇内河（湖）水污染治理三年行动方案》，开展排查污染源，实行“一河一策”，制定针对性的治理行动方案；集中开展打击偷排漏排、非法采砂、垃圾入河、非法养殖等水污染违法专项行动；实施污水治理河道清淤、垃圾收集、工业废水、养殖、种植业面源、水土流失治理、河道非法采砂、湿地保护、生态恢复、水环境监测建设等整治工作，对全省已明确的 64 个城镇内河（湖）污染水体进行集中专项治理，每半年通过政府门户网站向社会公布治理情况。到 2018 年，治理范围内城镇内河及流经城镇河段消除劣 V 类水体，力争达到Ⅳ类及以上水质，内湖消除劣 V 类水体，全省城镇内河（湖）水环境质量总体明显改善。

④狠抓城镇生活污染治理。加强城镇生活污水处理设施建设。推进污水处理厂提标升级，因地制宜改造部分现有城镇污水处理设施，对于排水去向北门江流域城镇污水处理设施，应于 2017 年年底前全面达到一级 A 排放标准。建成区水体水质达不到地表水Ⅳ类标准的城市，新建城镇污水处理设施要执行一级 A 排放标准，其它污水处理厂要在 2020 年年底前全部达到相应的排放标准。到 2020 年，所有市县和重点镇必须具备污水收集处理能力，儋州市污水处理率达到 95%，重点镇污水处理率达到 65%。“十三五”期间，将建设镇级污水处理厂 15 座，实现建制镇污水处理厂全覆盖；扩建污水处理一厂规模至 3 万 m^3/d。

加快配套污水收集管网建设。按照老城区优先、统筹结合旧城改造和道路建设同步施工的原则，制定城市污水管网建设和改造实施计划。加快在建污水处理厂管网项目建设，现有合流制排水系统应加快实施雨污分流改造，难以改造的，应采取截流、调蓄和治理等措施。制定房地产开发建设和污水管网配套建设管理办法，明确污水管网建设和入网许可必须与主体工程同时进行，严禁向旅游景区或整治的内河（湖）直排生活污水。到 2020 年年底前建成区污水基本实现全收集、全处理。

推进城镇污水厂污泥处理处置。全面推进污泥处置设施建设，禁止处理处置不达标污泥进入耕地，非法污泥堆放点一律予以取缔。到 2017 年现有污水处理厂

污泥处理处置设施基本完成达标改造，市县污泥无害化处理处置率应于 2020 年年底前达到 90%以上。

⑤推进农业农村污染源防治。防治畜禽养殖污染。划定养殖禁养区、限养区和适养区，2017 年年底前，依法逐步关闭或搬迁禁养区内所有的畜禽养殖场（小区）和养殖专业户。现有规模化养殖场要配套建设粪便污水贮存、处理、利用设施，自 2016 年起，新建、改建、扩建规模化畜禽养殖场（小区）要实施雨污分流、粪便污水资源化利用。2020 年年底前完成所有规模化养殖场治理任务。

⑥控制农业种植业面源污染。开展重要粮食基地、瓜菜基地和水果基地的面源污染监测和评估。发展绿色农业和有机农业，减少农业面源污染。推行测土配方施肥技术，研究制定农药、化肥使用种类目录和使用技术指南，提高废弃物的综合利用水平，降低农药、化肥、农膜污染的影响。到 2020 年，测土配方施肥技术推广覆盖率达到 90%以上，化肥利用率提高到 40%以上，农作物病虫害统防统治覆盖率达到 40%以上。

⑦开展重点行业水污染整治工程。开展造纸、农副食品加工、原料药制造、氮肥、农药、电镀等重点行业水污染专项调查，实施清洁化改造。2017 年年底前，造纸行业力争完成纸浆无元素氯漂白改造或采取其他低污染制浆技术，新建、改建、扩建造纸、氮肥、有色金属、农副食品加工、农药等项目实行主要污染物排放等量或减量置换。

⑧集中治理产业园区水污染。针对产业园区污水集中处理设施开展排查，制定产业园区污水集中处理设施建设计划。产业园区必须配套污水集中处理厂和污水管网建设，工业废水必须经预处理达到集中处理要求，方可进入污水集中处理设施，新建、升级产业园区应同步规划、建设污水、垃圾集中处理等污染治理设施。

⑨推进工业循环用水。完善再生水利用设施，鼓励金海纸浆、海南炼化等高耗水企业废水深度处理回用，具备使用再生水条件但未充分利用的制浆造纸、制糖、化工、钢铁、火电等项目，不得批准其新增取水许可。到 2020 年，电力、造纸、石油化工等高耗水行业达到先进定额标准。工业生产、城市绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水，要优先使用再生水。

⑩建立水功能区水质达标管理机制。明确各类水体水质保护目标，逐一排查达标状况。未达到水质目标要求的地区要制定达标方案，将治污任务逐一落实到

汇水范围内的排污单位，明确防治措施及达标时限，将方案报省人民政府备案，自 2016 年起，定期向社会公布。对水质不达标的区域实施挂牌督办，必要时采取区域限批措施。

3.2.2.3 先环保后用水

天角潭水库建成后，将首先保证水源区北门江天角潭水库坝下河段生态用水。经论证确定枯水期（11 月至翌年 4 月）按照坝址处多年平均流量的 10%，即 0.9m^3/s，推荐生态基流量；丰水期（5~10 月）按照坝址处多年平均的 30%，即 2.7 m^3/s 下泄生态基流量。在天角潭水库供水的水量平衡中，以河道生态需水量为约束条件，首先保障河道内生态需水量，再进行河道外用水及外流域供水配置，以供定需。工程运行后，水源区生态环境的稳定和可持续发展将能够得到保障。

天角潭水库建成后向东成镇、中和镇供水，将有效控制东成镇、中和镇地下水取用量，对保护涵养地下水有积极作用。

综上，天角潭水库建成后，水源区生态环境能够实现可持续发展，受水区地下水环境能够得到改善，符合先环保后用水的原则。

3.2.3 水资源配置与“最严格水资源管理制度要求”的符合性分析

根据《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》（中发[20111 号]）、《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发[2012]3 号）和《国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》（国办发[2013]2 号）要求，海南省人民政府办公厅在 2014 年 8 月发布了《海南省人民政府办公厅关于印发海南省实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》（琼府办[2014]112 号），明确划定了海南省各市县 2015 年、2020 年及 2030 年的用水总量控制目标、用水效率控制目标及主要江河水库功能区水质达标率控制目标，见表 3.2-1~3.2-4。

3.2.3.1 用水总量分析

根据用水总量控制要求，至 2030 年，儋州用水总量控制为 5.274 亿 m^3，洋浦用水总量控制为 2.017 亿 m^3，见表 3.2-1。

表 3.2-1　海南省各市县用水总量控制目标—儋州市　单位：亿 m^3

行政分区	2015 年	2020 年	2030 年
儋州市	6.342	6.402	7.291
①儋州	4.946	4.970	5.274
②洋浦	1.396	1.432	2.017

由于工程的现状水平年为 2014 年，因此，需对 2015 年、2020 年、2030 年 3 个年份的洋浦开发区及儋州的用水总量控制指标分别进行分析。

天角潭水利枢纽工程设计水平年为 2040 年，为了充分与“三条红线”衔接，反应倒逼机制，在进行整个琼北地区及受水区经济社会发展需水预测计算时，以 2020 年、2030 年等设计水平年不超过“三条红线”规定的相关指标为控制。

（1）洋浦经济开发区用水总量指标符合性分析

根据工程规模需水预测，至 2020 年、2030 年，洋浦经济开发区用水户净需水量分别为 30.66 万 m^3/d、47.93 万 m^3/d，按照需求全部满足来计算用水总量，分别为 1.1191、1.7494 亿 m^3。洋浦经济开发区现状供水水源为松涛水库，目前已建成供水工程的取水规模为 25 万 m^3/d，在建供水工程二期取水规模为 45 万 m^3/d，可以满足 2030 年洋浦经济开发区的需水要求。在天角潭水库建成后，与松涛水库联合供水时为互补关系，即优先使用天角潭水库供水，不足部分由松涛水库供给，松涛水库留有更多水量配置至整个琼北地区。由于工程的设计水平年为 2040 年，在 2020 年及 2030 年时，工程与松涛水库联合互补对洋浦经济开发区供水，总供水量满足经济社会发展需水要求。洋浦经济开发区不同水平年用水量与“三条红线”指标值见表 3.2-2，从 2020 年及 2030 年的结果来看，洋浦经济开发区整体用水指标均符合“三条红线”确定的用水总量要求。

表 3.2-2　洋浦经济开发区用水总量控制对比表　单位：亿 m^3

年份	用水量			相比 2015 年用水年均增供水量			“三条红线”指标	超标情况
	城乡生活及二三产	农业灌溉	小计	城乡生活及二三产	农业灌溉	小计		
2015	0.9125	0.1377	1.0502	—	—	—	1.396	未超标
2020	1.1191	0	1.1191	0.0689	0	0.0689	1.432	未超标
2030	1.7494	0	1.7494	0.6992	0	0.6992	2.017	未超标

（2）儋州用水总量指标符合性分析

天角潭水利枢纽工程建成后，主要受水区在儋州境内为东成镇及中和镇城乡生活及二三产供水及天角潭灌区的灌溉水量，两个供水对象现状均有供水，为复核工程建成后对用水总量的影响，本报告主要从增量角度分析。

①东成与中和镇的城乡生活及二三产

根据预测，2015 年、2020 年、2030 年，两个乡镇城乡生活及二三产的净供（需）水量分别为 2.47、2.94、3.78 万 m^3/d，即 902、1075、1378 万 m^3/年，2020 年、2030 年、相比 2015 年的增量分别为 173、476 万 m^3/年。

②天角潭灌区农业灌溉

根据《海南省水资源公报》，2015 年儋州市全市耕地面积 78.93 万亩，农业灌溉供水量为 4.0800 亿 m^3。根据《海南省北门江天角潭水利枢纽工程可行性研究报告》及琼北地区水资源供需平衡分析和配置专题研究，现状水平年，沙河水库联合天角潭水陂可向天角潭灌区年均灌溉供水量为 5024 万 m^3/年，工程建成后，农业灌溉供水量为 6497 万 m^3/年，增量为 1473 万 m^3/年。

为分析工程建成后对儋州市用水总量的影响，2020、2030 年儋州市的用水量按 2015 年基础上加增供水量考虑，具体见表 3.2-3。从比较结果来看，工程建成发挥效益后，可以为儋州市增加供水量，但总体未超过“三条红线”规定的用水总量指标，且各水平年均留有余量，为区内其他水利工程建设留有空间。

表 3.2-3　　儋州用水总量控制对比表　　单位：亿 m^3

年份	工程建成后各水平年相比 2015 年增供水量			儋州用水量	“三条红线”指标	超标情况
	城乡生活及二三产	农业灌溉	小计			
2015	—	—	—	4.6998	4.946	未超标
2020	0.0173	0.1473	0.1646	4.8644	4.97	未超标
2030	0.0476	0.1473	0.1949	4.8947	5.274	未超标

3.2.3.2 用水效率分析

《海南省人民政府办公厅关于印发海南省实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》（琼府办[2014]112 号）中明确了 2015 年万元工业增加值用水量、农田灌溉水有效利用系数 2 个指标控制目标，各市县 2015 年后的用水效率控制目标，综合考虑国家产业政策、区域发展布局和物价等因素，结合国民经济和社会发展

五年规划另行规定。目前，2020 年及 2030 年的指标尚未正式印发，表中所列指标为初步成果。在进行工程受水区需水预测时，城乡生活及二三产相关指标均采用或优于三条红线的约束指标，对比结果见表 3.2-4；由于儋州市为农业大市，且为松涛灌区的主要区域之一，农业灌溉水有效利用系数指标相对低于全省平均水平，天角潭水利枢纽工程建成后，灌区灌溉用水主要来源于天角潭水库，工程设计报告按照从末级渠系向坝址推求的方法，计算出灌溉水利用系数，至规划水平年 2040 年，在各级渠系防渗工程建成后，灌溉水利用系数可达 0.67，远高于 2030 年儋州市控制目标值，具体见表 3.2-4。从表中对比情况来看，天角潭水利枢纽工程建成后，用水效率双指标均与“三条红线”确定的目标相符。

表 3.2-4　用水效率指标对比表

年份	洋浦经济开发区						儋州					
	万元工业增加值用水量			农田灌溉水有效利用系数			万元工业增加值用水量			农田灌溉水有效利用系数		
	“三条红线”指标	天角潭取值	超标情况	“三条红线”指标	天角潭取值	超标情况	“三条红线”指标	天角潭取值	超标情况	“三条红线”指标	天角潭取值	超标情况
2015	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.515	—	—
2020	29.6	29.6	不超标	—	—	—	153.91	153.91	不超标	0.520	—	—
2030	25.87	25.87	不超标	—	—	—	75.98	75.98	不超标	0.546	0.67	不超标
2040	—	20	—	—	—	—	—	30	—	—	0.67	—

3.2.3.3 水功能区限制纳污分析

该指标考核的对象为 24 个列入全国重要水功能区名录的水功能区，2015 年海南省主要江河水库水功能区达标率为 100%。海南省共有水功能区 66 个，天角潭所在的北门江流域有 3 个：一级区—北门江源头保护区、二级区—北门江儋州农业用水区及北门江儋州工业农业用水区。

根据儋州市主要江河水库水功能区水质达标率控制目标，至 2030 年，儋州市水质达标率为 87.50%，见表 3.2-5。

表 3.2-5　海南省各市县主要江河水库水功能区水质达标率控制目标—儋州市

行政分区	2015 年	2020 年	2030 年
儋州市	89.00%	87.50%	87.50%

根据水环境影响预测结果，工程建成年份 2020 年及设计水平年 2040 年，天角潭水库库区水质均可达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类水质，坝下河段断面均可 100%达标。

为达到北门江流域水环境功能要求，本报告提出了那大污水处理厂提标改造、库区污染源控制等保护措施。在严格落实以上环保措施的基础上，天角潭水库水资源配置方案可以满足水功能区限制纳污红线要求。

3.2.4 工程建设与松涛水库水资源配置符合性分析

松涛水库为琼北地区最重要的水源工程，工程可研阶段进行了《琼北地区水资源配置专题研究》，研究针对松涛水库和松涛灌区单独分析，确定与天角潭水利枢纽工程水利联系边界。根据研究报告，2040 年琼北片区需水量为 40.49 亿 m^3，可供水量为 31.54 亿 m^3，缺水率为 16.4%，其中灌溉缺水 6.71 亿 m^3，城镇生产生活缺水 2.17 亿 m^3。可见随着经济社会进一步发展，现状水利设施不能满足用水要求，各片区缺水量进一步加大。

从供需平衡结果来看，需要开辟新的水源工程来满足日益增长的需水要求。根据对原规划水源工程建设条件的分析，目前具备条件的仅有天角潭、利拉岭水库。天角潭水利枢纽工程建成后，可以增加供水量 14381 万 m^3，发展灌面 11.42 万亩，向洋浦经济开发区及两个乡镇日供水量达到 22 万 m^3/d。工程建成后，洋浦经济开发区供水优先采用天角潭水库，不足部分由松涛水库补足，置换出松涛水

库水量，发挥其调蓄作用，用于琼北地区水资源配置，满足经济社会发展的需水要求。

对于松涛灌区，要立足种植结构调整、节水型社会建设，以松涛水库为核心，加快灌区的续建配套与节水改造建设，建设天角潭水库，加强本片区水资源利用同时，按照松涛水库能力，优先保障新建松涛西干渠、琼西北供水和澄迈、临高、儋州用水要求，引入迈湾水库水源保障海口片。

松涛水库水资源配置方案为：松涛水库供水对象为海口市、澄迈县、临高县和儋州市。随着天角潭、迈湾水利枢纽的建设，海口及北门江流域用水保障不断提高，天角潭水库和迈湾水库未建成前，松涛灌区立足自身节水型社会建设，按照原规划向各市县供水。未来松涛水库的水首先保障松涛西干渠、松涛东干渠澄迈、临高和儋州的用水要求，北门江流域应立足于自身予以解决，遇到特枯水年份适当调用松涛水库的水，海口片区应立足于南渡江引水工程和迈湾水库保障自身水源。

3.3工程设计方案环境合理性分析

3.3.1 水库坝址选择的环境合理性分析

天角潭水利枢纽项目建议书阶段共规划了上、中、下三个坝址，分别位于现状天角潭水陂上游 1.6km、上游 0.5km 和下游 4.5km 处。考虑天角潭规划坝址（中坝址）下游 5km 以下河段河床不对称，冲沟发育，两岸地势平缓，两岸耕地及村落多，建坝条件差，可研阶段放弃下坝址方案，重点对中、上坝方案坝址进行比选。

天角潭两个坝址均位于北门江中下游河道上，中坝址正常蓄水位 58.0m、上坝址正常蓄水位 60.5m。其间没有较大支流，两岸主要是农场橡胶林，无文物和企业等，上、中坝址淹没上游梯级小水电均为 4 座。上坝址与中坝址均不涉及环境敏感区，对环境的最大影响因素在于上坝址完全淹没距离上坝址 5km 的儋州市生活垃圾处理场及儋州市蒌青岭中心陵园的 1/4 园区，而中坝址局部淹没距离中坝址 4.5km 的儋州市生活垃圾处理场渗滤液处理池。为解除垃圾填埋场对水库水源的风险影响，海南省政府已明确同意搬迁垃圾填埋场。

总体来看，中坝址正常蓄水位略低于上坝址，产生的淹没影响也略小于上坝

址；上坝址还涉及淹没儋州市蒌青岭中心陵园的部分园区。但中坝址方案的 1#副坝占地范围有 1 株海南大风子和 15 株龙血树，均为海南省保护植物，工程施工前将移栽至水库管理所。因此，从环境角度考虑，推荐中坝址方案是环境合理的。

3.3.2 施工规划的环境合理性分析

3.3.2.1 料场环境合理性分析

砂石料：工程本阶段小部分用砂通过小型采砂船于光辉砂料场抽砂至右岸，然后运至坝址，这部分抽采细砂主要用于大坝回填砼及鱼道浇筑砼等使用，开采量为 2.69 万 m^3；其它建筑用砂 31.4 万 m^3，采用洋四漏石料场的花岗岩加工人工砂石骨料满足工程的需要。洋四漏石料场位于洛基镇槟榔村委会洋四漏队，该石料场分布在洋四漏队西北侧约 300m～700m）及西联农场光明队西南侧约 200m～500m。料场地面高程约 28.0m～80.0m，地表植被发育，主要种植橡胶林。主要开采区料场地表覆盖层深度 0.6m～4.5m，其下伏全、强花岗岩深度 2.2m～15.2m，可作为料场利用。石料场有简易公路通往坝址，该料场距坝址约 9.5km。料场位于水库淹没永久征地范围内，不需要新增征地。

土料：工程不单独设置土料场，利用洋四漏石料场可用剥离层作为土料来源。很大程度减少了工程占地范围，也降低了对环境的不利影响。

本工程土料、砂料、石料的开采均不涉及环境敏感区及珍稀保护动植物，也在一定程度内尽量节约料源开采，且将料场布置在水库淹没永久征地范围内，节省了土地占用，最大程度的降低了对环境的影响，是环境合理的。

3.3.2.2 渣场布置环境合理性分析

根据土石方平衡结果，本工程弃渣 126.62 万 m^3（实方），其中 46.84 万 m^3 为石料场表层覆盖层及强风化料等无用料；大坝区主体施工开挖、进库公路及场地平整开挖料弃渣量为 45.22 万 m^3；供水管线区主要弃渣为压力力管线段，弃渣量为 32.56 万 m^3。

为了尽量减少弃渣新增占地，土石方平衡中原则上尽量利用水库死水位库容堆渣，同时考虑上游围堰后期拆除时，滞留原处摊平，不再拆除外运弃渣，总共摊平量为 11.24 万 m^3。

为了减少弃渣占地，弃渣场规划根据枢纽建筑物布置、地形条件、方便弃渣、

结合永久占地及场地平整相结合进行布置，共布置了 6 处弃渣场区。

1#弃渣场位于 1#副坝后面的天然凹地，由于设置 1#副坝后，该区排水通道被堵，地势较低，内部积水将无法自排，采用该区作为弃渣场，容量较大，堆渣填平后可解决积水难排问题，同时靠近枢纽建筑物，施工工厂设施可结合布置，同时也可利用部分永久管理范围，减少临时占地。该弃渣场可满足大坝区大部分弃渣量堆弃，弃渣面积为136.56亩，弃渣量约为实方26.14万m^3，弃渣顶高程为26.3m。

2#弃渣场位于 3#副坝后面的原天角潭水陂上游右侧天然冲沟处，利用原正常蓄水位 25.2m 以下库容弃渣，不需要另外新增占地，弃渣面积 22.5 亩，弃渣量约为实方 6.1 万 m^3，弃渣顶高程为 25m，主要承担 3#副坝及主坝右坝肩部分弃渣。

3#弃渣场位于 3#副坝前面的库区河沟边死水位以下低洼区域，不需要另外新增占地，弃渣面积 34.06 亩，弃渣量约为实方 5.77 万 m^3，弃渣顶高程为 29m，主要承担 3#副坝及主坝右坝肩部分弃渣。

4#弃渣场位于上游库区西联农场光辉队河沟边死水位以下区域，不需要另外新增占地，弃渣面积 88.67 亩，弃渣量约为实方 9.22 万 m^3，弃渣顶高程为 29m，主要承担主坝右坝肩部分弃渣。

5#弃渣场库区石料场下方低洼地，主要承担石料场覆盖层无用料弃渣，弃渣面积为 78.5 亩，弃渣量约为实方 46.84 万 m^3。该弃渣场位于库区淹没线以下，不需要另外新增占地。

6#弃渣区域利用管线沿线临时堆料、施工道路及临时开挖占地平摊弃渣，不需另外征地，主要承担压力管道弃渣，该弃渣量沿线均匀分散、量小，因此不再集中弃渣处理，沿着管线平摊弃渣，可减少弃渣占地及运距。

弃渣场的占地类型主要为橡胶林和园地，大部分均为人工植被。所占地区生物多样性不高，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级都相对简单，弃渣场占地范围内不涉及重点保护植物。渣场占地均为临时占地或淹没区，施工期间和结束后实施拦挡、边坡稳固、截排水等工程措施，并及时进行植被恢复等，减少新增水土流失，及对生态环境的影响。

工程渣场的选址均不涉及自然保护区、风景名胜区的环境敏感区，不存在环境制约因素。渣场附近没有企业和居民点、不影响周边公共设施的安全，不占用原河道，符合河道的行洪防洪规定，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。

3.3.2.3 施工交通及施工总布置环境合理性分析

工程在布设施工设施时，考虑将施工设施靠近坝址设置，缩短运距及运行周期，相互关联的设施尽量布置在一起，物资仓库等尽量靠近物资进场方向布置，同时为减少占用临时征地，将临时施工设施结合弃渣场使用，并尽量安排在库区和永久征地范围以内。

施工总布置占地大部分为橡胶林地或其他人工植被。工程布置主要噪声源坝址区、砂石料加工、混凝土拌和等远离居民区，不会对周边环境产生噪声影响。仅在进场公路和供水管线附近有少量居民点。在采取施工期临时措施后，不会对居民生产生活环境产生重大不利影响。

3.3.3 移民安置方案的环境合理性分析

（1）生产安置方案环境合理性分析

根据移民安置规划，2020 年库区农村生产安置人口为 367 人，各村组采取货币一次性补偿安置的方式，不再调整土地。农场不计算生产安置人口，生产安置由农场自行安置。

从环境方面来看，以一次性补偿安置、自行安置的方式进行生产安置，不需新开垦耕地，对环境基本没有影响。

（2）搬迁安置方案环境合理性分析

规划水平年国营农场需搬迁 2066 人，采取集中安置、就地后靠安置和自行投亲靠友安置 3 种方式，大部分移民选择集中安置，规划建设集中安置点 3 处。

3 处集中安置点中大部分移民均在本农场内进行安置，安置后移民的社会关系变化不大，安置方案充分考虑了移民意愿，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，安置点靠近西联农场五星分场场部、西庆场部，水、电、路、公用设施等相对齐全。此外，移民安置点均位于人类活动比较频繁的区域，不涉及自然保护区、森林公园等环境敏感区，符合环保要求。

根据现阶段移民安置点设计，安置点主要占用橡胶园和耕园地，不占自然植被，对生态环境影响较小。生活垃圾集中收集，纳入儋州市生活垃圾处理体系。

安置点距离天角潭水库相对较近，因此在各安置点分别建设生活污水处理站，生活污水处理后用于周边农田及林地灌溉。

初步分析，安置点选址考虑了环境保护要求，对环境影响较小，搬迁安置方案基本上是合理的。

3.4工程施工分析

3.4.1 土石方开挖与弃渣

本工程总开挖土石方共计 374.89 万 m^3，其中主要建筑物土方开挖 82.42 万 m^3，石方开挖 152.86 万 m^3；围堰导流土石方开挖 2.76 万 m^3，围堰土石方拆除 2.14 万 m^3；河道天然砂料开采 2.69 万 m^3；石料场覆盖层土料开挖 22.1 万 m^3，强风化料开挖 30.1 万 m^3，石方（含骨料）开挖量 79.81 万 m^3。总土石方填筑量 248.26 万 m^3（包施工导流及块石、碎石、砂等骨料），其中导流工程土石方填筑为 14.60 万 m^3，块石及碎石、砂等料填筑为 0.83 万 m^3；主要建筑物工程土石方填筑为 151.17 万 m^3，块石及碎石、砂等料填筑为 81.66 万 m^3。

工程总弃渣量为 126.62 万 m^3，其中土方弃渣量为 58.51 万 m^3，石方弃渣量为 68.11 万 m^3。枢纽区规划布置 6 个弃渣场，施工开挖及产生的弃渣对施工区及附近生态环境可能产生影响。

3.4.2 施工导流

本工程采取一次拦断河床、隧洞导流方式，在此期间河段水文条件（河面宽度，流速）改变，但流量与天然来流量相同，水文情势变化只是围堰挡水附近河段，范围较小，对下游影响不大。

施工期间利用引水隧洞向下游照常供水，整个导流过程对下游水文情势影响相对较大的时段是从第 4 年 3 月初下闸蓄水开始，下闸蓄水期间利用引水隧洞向下游放灌溉及生态流量，保证下闸蓄水期间下游河道不断流及灌溉任务。

3.4.3 施工用水与废水

施工期用水包括生产用水和生活用水，其中生产用水主要用于砂石骨料冲洗、混凝土拌和与养护、土石方开挖、填筑等施工部位以及修配系统用水。以上施工

用水除部分被消耗外，大部分成为生产废水。生活用水用于施工和管理人员饮用、盥洗等日常生活。

（1）砂石加工系统用水与废水

根据施工组织设计，本工程在大坝左岸 1#副坝下游混凝土拌合系统附近布置 1 套砂石加工系统，共需生产人工骨料 77.25 万 m^3。

砂石料加工系统在筛分冲洗骨料以及制砂过程中将产生大量冲洗废水，每生产 1t 砂石料产品，综合用水 1.5m^3，则施工期砂石料加工系统冲洗用水总量为 180 万 m^3。废水中悬浮物浓度较高，根据本工程砂石料料源特征以及以往工程的实测结果，悬浮物浓度一般在 30000～50000mg/L。废水经处理后回用，考虑砂石料、骨料自身带走以及渗漏、蒸发等因素损耗 15%。砂石加工系统生产能力及用废水情况见表 3.4-1。

表 3.4-1　　砂石加工系统生产能力及用水一览表

系统名称	高峰月设计生产能力(t/h)	系统高峰用水量(m^3/h)	废水量(m^3/h)	回用水量(m^3/h)	废水总量(万 m^3)
砂石料加工系统	300	450	382.5	275.4	153

（2）混凝土拌和系统用水与废水

根据施工组织设计，大坝区混凝土总量 36.64 万 m^3，碾压混凝土 16.43 万 m^3，常态混凝土 20.21 万 m^3，常态砼浇筑高峰强度为 1.15 万 m^3/月，碾压砼浇筑高峰强度为 3.35 万 m^3/月。本工程布置 2 座混凝土拌和楼，生产能力分别为 115m^3/h、50m^3/h。供水管线区混凝土拌和，分段施工，分段布置废水产生量较小。

混凝土拌和系统废水主要来源于每台班洗罐用水量。混凝土搅拌机一般是每班末冲洗一次，单台混凝土搅拌机每次冲洗废水根据搅拌机大小不同而不同，本工程混凝土搅拌机每次冲洗废水约为 0.6~0.8m^3，系统生产采用三班制，则每台搅拌机废水产生量为 1.8~2.4m^3/d，则大坝区混凝土系统高峰废水量为 4.8 m^3/d，废水总量约为 0.5 万 m^3。废水中主要含悬浮物，pH 值也较高，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 值在 11 左右。

（3）修配系统用水与废水

施工期机修汽修废水主要来自于机械、汽车的冲洗及修理废水，废水中主要污染物有石油类、COD 和悬浮物，石油类浓度约 10~30mg/L，COD 约 25~200mg/L，悬浮物约 500~4000mg/L。参照《环境影响评价技术手册水利水电工程》，汽车冲洗设计用水量为 400L/辆•次，冲洗时间为 15min/辆•次，1h 可冲洗 4 辆汽车，一

天高峰冲洗时间 4h 计，产污率以 90%计，则高峰日废水量为 5.8m^3/d。

（4）隧洞施工用水与废水

隧洞施工用水主要来源于石方洞挖、混凝土养护等。工程隧洞施工主要为引水隧洞（338m），工程量相对较小，施工产生废水量较小。废水中主要含 SS，SS 浓度约 2000mg/l。

（5）基坑排水

基坑排水包括初期基坑排水及经常性基坑排水两部分。初期基坑排水主要包括围堰闭气后的基坑积水、围堰堰体、堰基、岸坡渗水以及降雨汇水。经常性基坑排水包括基坑渗水、施工弃水及降雨汇水。

进水口基坑排水初期排水总量约 0.5 万 m^3，计划采用三班制、2 天排干，经常性排水强度为 30m^3/h。渠首电站基坑排水初期排水总量约 0.5 万 m^3，计划采用三班制、2 天排干，经常性排水强度为 30m^3/h。天角潭渡槽一期工程基坑排水初期排水总量约 0.2 万 m^3，计划采用三班制、1 天排干，经常性排水强度为 10m^3/h。天角潭渡槽二期工程基坑排水初期排水总量约 0.2 万 m^3，计划采用三班制、1 天排干，经常性排水强度为 20m^3/h。主坝工程基坑排水初期各排水总量约 0.5 万 m^3，计划采用三班制、1 天排干，经常性排水强度为 100m^3/h。

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

（6）生活用水与生活污水

施工期生活污水来源于施工人员和建设管理人员生活用水。本工程大坝区施工生活区布置水陂下游右岸永久进库公路处附近，供水管线区设 3 处营区，分别为东成镇营区、花兰村营区及羊地村营区。施工期生活区将产生生活污水，生活污水主要污染物为 BOD_5、COD、SS 等，其中 BOD_5 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。施工人员生活用水量为 150L/人•d，污水排放系数以 0.8 计算，则施工生活区分布及生活污水排放情况如表 3.4-2 所示。

施工废污水排放可能对工程区地表水环境产生影响。

表 3.4-2　　施工生活区生活用水与废水产生情况

名称	平均人数	高峰人数	施工工期	高峰用水量	高峰排放量	污水排放总量	处理站规模
	（人/d）	（人/d）	（月）	（m^3/d）	（m^3/d）	(万 m^3）	（m^3/h）
大坝区	650	1000	40	150	120	9.4	10.0
管线区	150	250	31	37.5	30	1.7	3 套 1m^3/h
合计	800	1250		187.5	150	11.1	13

3.4.4 施工燃油与废气、粉尘

施工期对大气环境产生影响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

工程施工过程中需使用大量的大型燃油机械设备及运输车辆，因此在使用过程中会产生 NO_x、CO 等废气。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。根据《环境保护实用数据手册》，柴油发动机大气污染物排放系数 NO_x 为 21.9g/L、CO 为 33.3g/L。工程耗油量约 5500t，基本上为柴油，则 NO_x 排放量为 150.6t、CO 排放量为 228.9t。

（2）砂石加工系统粉尘

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分和运输过程中均会产生粉尘污染。据国内有关工程实际监测资料分析，砂石加工系统粉尘排放系数在无措施情况下，一般为 0.77kg/t 产品（含破碎、筛选、运输等）。本工程砂石加工系统生产成品料约 120 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 18t。

（3）混凝土拌和系统粉尘

混凝土拌和系统产生的大气污染物主要是粉尘，粉尘主要产生在水泥、骨料的运输、装卸及进料过程中。本工程水泥用量 8.23 万 t、粉煤灰 1.977 万 t，混凝土骨料用量约 120 万 t，在无防尘措施的情况下，粉尘排放系数约 0.91kg/t；采取离心通风机和袋式除尘器除尘后的粉尘排放系数约 0.005kg/t，施工期共排放粉尘约 6.5t。

（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 920t，炸药爆破产生的粉尘（TSP）约 184t，NO_X 约 14t。爆破属于瞬间源，影响范围主要集中在爆破源附近。

工程土石方开挖总计 374.89 万 m^3，大部分为明挖，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 m^3，估算出在未采取降尘措施情况下土石方明挖粉尘排放量约为 262.4t。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 13.1t。

（5）交通运输扬尘

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

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

施工废气和粉尘的排放对施工区及附近环境空气质量可能产生影响。

3.4.5 机械设备与噪声

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

（1）交通噪声

施工场内道路主要来往车辆为载重量 10t、15t、20t、25t 级自卸汽车，车辆运输会产生交通噪声。交通噪声声源呈线形分布，属流动声源，源强与行车速度和车流量密切相关，一般在 70~90dB（A）之间。

根据施工组织设计，1#进库道路沿线分布有居民点 3 处，养殖场 1 处；1#临时施工道路沿线分布有居民点 3 处，施工期交通噪声将会对道路沿线居民点产生影响。

（2）砂石加工系统噪声

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

（3）主体工程施工噪声

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

（4）料场开挖噪声

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

（5）施工辅企噪声

施工辅企噪声来自钢筋加工厂、木材加工厂、机械修配厂、汽车修理厂等，噪声源强一般为70~80dB（A）。

（6）管线区噪声

根据施工组织设计，管线区 3 个营区主要布置施工生活及办公用房，钢筋加工厂及木材加工厂等设施规模较小，会有一定噪声影响，但范围较小。管道沿线施工在开挖及管道安装过程中也将产生噪声。

施工噪声对施工区及附近声环境质量可能产生影响。

3.4.6 固体废弃物

施工期施工人员将产生生活垃圾，生活垃圾产生量以1.0kg/（人•d）计，高峰期生活垃圾产量为1.25t/d，整个施工期生活垃圾产生总量为920t，见表3.4-3。

表3.4-3　　施工期生活垃圾产生量一览表

名称	平均人数	高峰人数	施工工期	高峰生活垃圾产生量	生活垃圾总量
	（人/d）	（人/d）	（月）	（t/d）	（t）
大坝区	650	1000	40	1	780
管线区	150	250	31	0.25	140
合计	800	1250		1.25	920

3.5建设征地分析

工程征占地土地总面积 23666.67 亩，永久征收 21947.28 亩，临时征用 1719.39 亩，如表 3.5-1 所示。

表 3.5-1　　本工程建设征地情况表　　单位：亩

项目	水库淹没影响区区	枢纽工程建设区		供水管道区		合计
		永久占地	临时占地	永久占地	临时占地	
总面积	20985.20	954.90	156.81	7.18	1562.58	23666.67
耕地	2124.69	108.37	7.73	5.21	531.29	2777.29
园地	15068.01	609.29	149.06	1.97	90.17	15918.5
林地	765.63	135.43	0	0	565.51	1466.57
住宅用地	318.32	11.24	0.02	0	294.16	623.74
特殊用地	3.38	0	0	0	0	3.38
交通运输用地	45.82	0	0	0	72.92	118.74
水域及水利设施用地	2613.08	80.06	0	0	8.54	2701.68
其他土地	46.27	10.51	0	0	0	56.78

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工程分析

3.6.1 移民安置影响源分析

国营农场规划水平年需要搬迁安置 2066 人，其中集中安置 1979 人，规划集中安置点 3 个。安置点建设主要占用橡胶园及耕地，建设过程中产生粉尘、噪声，将对周边村庄产生一定影响。移民搬迁安置后将产生生活污水及垃圾，需采取相

应措施处理。

3.6.2 公路复建影响源分析

规划迁改建道路全长 14.8km，其中新建四级公路 0.1km，改造机耕道路 2.5km，垫高 0.2km，复建 12km。根据移民安置规划，复建交通设施基本沿库周分散布置，主要复建路段为侨植 8 队附近的迁改建四级公路 1.15km，西庆 22 队南的迁改建四级公路 2.5km 以及前改建机耕路 1.55km，其他路段规模均在 200m 以下，工程规划相对较小。在公路复建过程中，会对环境产生一定程度的影响。

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

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

3.6.3 防护工程影响源分析

工程对侨植 8 队、拖牛岭队居民点做护岸工程，防护库岸总长 640m，采取护岸措施主要为格槟挡墙形式，防护工程施工期将对周围大气环境、声环境产生一定影响。

3.6.4 移民安置环境影响

根据各项移民安置及复建工程特点和具体情况，对其可能产生的环境影响进行简要分析。分析结果见表 3.6-1。

表 3.6-1　　移民安置活动环境影响简表

移民安置活动			可能产生的环境影响
生产安置	农村移民采取货币一次性补偿安置，国营农场自行安置		不需新开垦耕地，对环境基本没有影响。
移民搬迁安置	国营农场移民搬迁	规划水平年搬迁安置人口 2066 人，集中安置点布置在西联农场和西培农场	移民在原农场内安置，安置后移民的社会关系影响较小。
	集中安置点移民新居、公共设施建设	规划用地面积约 267 亩	破坏植被，改变自然地貌，产生新增水土流失。

移民安置活动			可能产生的环境影响
	移民搬迁安置后		生活污水、生活垃圾的排放，可能对水环境、人群健康等造成影响
专项设施改建	公路改（复）建、防护工程	迁改建道路 14.8km，防护工程 640m	施工过程中土石方开挖、弃渣等，破坏植被，造成新增水土流失，并对生态环境造成影响；施工期噪声、粉尘影响；建成后可改善交通状况，有利于交通运输；运行期噪声影响等。
	电力通信工程改建	迁改建电力线路 7.1km，迁改建通信线路 8.05km	施工中少量的基础开挖对环境影响很小。
企业事业单位处理		对影响的水利水电工程、南正小学按一次性赔偿处理，儋州市垃圾处理场进行迁建	一次性补偿处理对环境没有影响，儋州市垃圾处理场迁建对环境影响较大。

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

天角潭水库正常蓄水位 58.0m，死水位 29.0m，设计洪水位 58.61m，校核洪水位 60.55m。水库总库容 19775 万 m^3，兴利库容 18891 万 m^3，死库容 884 万 m^3；正常蓄水位时，库区北门江干流回水长度 14.2km，北门江支流巴黎河回水长度 7.2km，库区右岸支流回水长度 6.0km。

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

水库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。水库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

天角潭水库总库容 19775 万 m^3，正常蓄水以下库容为 16278 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

天角潭水库建成后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，河流的水动力学过程将发生较大的变化，水库库尾区域接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域水深、面阔，水流变缓，呈现湖泊水动力学特征；水库中间河段水域介于河流和湖泊之间，属于过渡段。水文情势的变化将对库区的水生生境、浮游动植物和底栖动物带来影响。由于大坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，鱼类生境的片段化和破碎化导致形成大小不同的异质种群，种群间基因不能交流，使各水生生物种群将受到不同程度的影响。

（5）其他

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

此外，水库蓄水可能引起滑坡、浸没等环境地质问题。

3.7.1.2 水库调水

天角潭水库建成后，水库工程多年平均总供水量 14522 万 m^3，其中城乡供水 8025 万 m^3，天角潭灌区供水 6497 万 m^3。水库调水减少北门江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新英湾红树林的生境产生影响，对坝下河道的地表水环境以及水生生态环境产生影响。

3.7.1.3 发电

天角潭水库建成后，利用城镇工业和生活供水、灌溉、环境用水和弃水发电。经过技术经济比较初步选定水电站装机容量为 5000kW，多年平均发电量 2056 万 kW ħ，有效弥补了工程建设淹没 3 座电站的电量损失。

3.7.1.4 水库管理

水库管理环境问题主要是少量的生产、管理人员产生的生活污水、生活垃圾产生的环境影响，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 供水管线区

北门江流域来水经天角潭水利枢纽工程调蓄后，由引水隧洞放水灌溉、供水流量至天角潭总干渠，总干分水至东西岸干渠引水灌溉及供水，于东岸干渠右岸设天角潭泵站加压供水供洋浦与沿途乡镇—东成镇及中和镇，供水管线全长39.12km。泵站及供水管线的修建可能会对地表植被产生一定影响，产生一定的水土流失量。

运行期天角潭泵站会产生噪声，对泵站附近声环境有一定的影响。

3.7.3 受水区

2030 年及 2040 年，天角潭水库工程多年平均总供水量 14522 万 m^3。向流域内中和镇、东成镇城乡供水 2722 万 m^3，流域外洋浦经济开发区城乡供水 4563 万 m^3；向天角潭灌区供水 6497 万 m^3。

受水区中和镇、东成镇退水进入北门江流域下游，洋浦经济开发区及天角潭灌区退水基本进入新英湾及洋浦周边海域，可能会对北门江下游水质及退水海域产生一定影响。

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：天角潭水水利枢纽工程建设符合国家产业政策要求，与国家及地方相关规划也是协调一致的。工程建设是十分必要的，工程选择的供水规模等设计方案是环境合理的。

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

工程运行基本不产生污染物，但水库蓄水对水库库区、坝下河道的水文泥沙情势、水温、水质、水生生态等将产生影响，水库供水产生的退水会对受水区污

水受纳河流产生影响，移民安置及专项实施复建也将对环境产生影响，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

北门江流域位于海南岛西北部，东经 109°18′～109°39′和北纬 19°24′～19°48′之间。北门江流域集雨面积为 621km²；干流河长 67km，干流平均坡降 2.1‰，流域最高峰为儋州市的纱帽岭，海拔高程为 751.9m。北门江海拔高程在 100m 以上的面积 203km²；占 32.7%；海拔高程在 100m 以下的面积 418km²；占 67.3%。北门江从东南向西北流，河宽约为 63m～200m，上游河床略窄，下游略宽。地形总的趋势东南高，西北低，由东南内陆向西北沿海逐渐降低。流域上游属丘陵区，高程大多小于 200m，河道狭窄，坡降陡，流速大，两岸零星（断续）有冲积阶地分布；下游属阶地和海滨平原区，地势平坦，河道宽浅，比降平缓，洪枯水位变化大。流域内植被覆盖较好，主要为橡胶林地。

北门江流域迂回弯曲，有东西两源，其中西支沙河为干流，发源于儋州市的纱帽岭，向北流经西培农场至沙河村从左岸汇入牙拉河，流域面积 84.7km²；东支为南茶河，发源于莲花岭，向北流经南洋农场、新村至牙拉河苗圃从右岸汇入牙拉河，流域面积 110km²；河长 19.4km，干流平均坡降 4.3‰。东西两支于儋州市沙河村汇合后称牙拉河，再北流与巴黎河汇合后始称北门江，经长坡、东成、中和等乡镇，于新英湾出海。沿途小支流较多，较大的分叉支流主要位于西庆二十五队、西联光明队以及天角潭水陂附近。

巴黎河是北门江一级支流，发源于西培农场培连队，流经西庆农场后从左岸汇入北门江，流域面积 72.0km²；河长 17.3km，干流平均坡降 6.4‰。

北门江流域水系具体情况见表 4.1-1，北门江流域水系图见附图 2。

表 4.1-1　　北门江干、支流基本情况表

支流级别	河流名称	发源地	出口地	集水面积（km²）	河长（km）	坡降（‰）	年均径流（亿 m³）	占北门江流域面积（%）
一级	南茶河	莲花岭	沙河村	110	19.4	4.3	0.7746	17.7
	巴黎河	西培农场培连队	西庆农场五一新点	72.0	17	6.4	0.5070	11.6
北门江		纱帽岭	新英湾	621	67	2.1	4.37	100

4.1.2 气象

北门江属热带海洋季风气候区，受季风影响大，四季不分明，气温较高，多年平均气温 23.4℃，极端最高气温 39.8℃，极端最低气温 3.5℃。流域多年平均降水量为 1560mm，降水年内分配不均匀 ，每年 6 月～11 月为雨季，降水量约占全年的 84%以上，降水年际变化较大，具有明显的丰枯水年之分。流域内降水分布不均匀，儋县、长坡气象观测站分别位于本流域的上、下游，上游降水量较大，为 1818mm，下游降水量较小，为 1367mm。流域多年平均蒸发量为 1370mm(E601)，小于多年平均降水量，干旱指数小于 1。流域多年平均风力 2～3 级，多年平均风速 3.60m/s，多年平均最大风速 13.8m/s，实测最大风速 26.0m/s。每年 5～10 月为台风季节，多年平均受台风影响 2～3 次。流域内主要站雨量特征值统计见表 4.1-2。

表 4.1-2　　主要站雨量特征值统计表

站名	年降水量(mm)				
	多年平均	最大	出现年份	最小	出现年份
儋县	1818	2511	1964	1104	1959
长坡	1367	1875	1967	800	1968

4.1.3 水文、泥沙

4.1.3.1 径流

（1）北门江流域径流

北门江流域径流主要来源于降水，多年平均降水量为 1560mm。径流年际变化较大，大水年(2012 年)是小水年(1959 年)的 9.3 倍；年内分配也极不均匀，6~11 月水量占年总量的 89.9%，其中 9 月份水量占年总量的 27.0%；12 月~次年 5 月仅占年水量的 10.1%，其中 3 月份水量最少，占年水量的 1.0%。根据设计成果，天角潭坝址多年平均流量 8.94m³/s，多年平均径流量为 2.82 亿 m³；北门江河口多年平均流量 13.86m³/s，多年平均径流量 4.37 亿 m³。流域各断面各频率年平均流量成果见表 4.1-3，逐月平均流量成果见表 4.1-4。

表 4.1-3　　流域各断面各频率年平均流量成果表　　单位：m^3/s

坝址	均值	Cv	Cs/Cv	5%	10%	25%	50%	75%	80%	90%	95%
沙河水库坝址	1.84	0.44	2.0	3.34	2.92	2.30	1.72	1.25	1.15	0.91	0.74
沙河水库坝址~天角潭坝址区间	7.11	0.44	2.0	12.91	11.30	8.90	6.66	4.83	4.44	3.51	2.85
天角潭坝址	8.94	0.44	2.0	16.24	14.20	11.19	8.37	6.07	5.58	4.41	3.59

表 4.1-4　　北门江流域各断面逐月平均流量表　　单位：m^3/s

各断面	月份												年平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

沙河水库坝址	0.61	0.46	0.36	0.45	1.00	1.90	2.23	3.38	4.79	4.17	1.80	0.98	1.84
沙河水库坝址~天角潭坝址区间	2.36	1.77	1.38	1.70	3.81	7.35	8.58	13.00	18.50	16.13	6.95	3.77	7.11
天角潭坝址	2.97	2.24	1.75	2.16	4.85	9.23	10.81	16.38	23.25	20.23	8.72	4.73	8.94

（2）松涛水库径流

天角潭水库属松涛灌区的结瓜水库，其供水任务和供水量需松涛灌区供水工程联合调度后确定，而松涛水库为松涛灌区的龙头水库，其设计正常蓄水位 190.0m，行李库容 20.83 亿 m^3，总库容为 33.4 亿 m^3，因此需对松涛水库径流进行计算。松涛水库坝址各频率年平均流量成果表见表 4.1-5。

表 4.1-5　　松涛水库坝址各频率年平均流量成果表　　单位：m^3/s

坝址	均值	Cv	Cs/Cv	5%	10%	25%	50%	75%	80%	90%	95%
松涛水库	51.89	0.36	2.0	85.94	76.80	62.98	49.67	38.38	35.88	29.85	25.43

4.1.3.2 北门江流域洪水

北门江流域暴雨发生在 4~11 月份，以 5~10 月份居多。常见的暴雨中心在流域的上游纱帽岭山区。流域受台风影响多年平均为 2～3 次，暴雨具有雨量集中、强度大，延续时间长、时空分布不均等特点。暴雨历时多为 1d 或 2d，个别站 3d。一场降雨过程 2~3d，最长 7~10d。

热带风暴与强热带风暴是造成北门江河流大洪水的主要天气系统，洪水过程具有历时短、流量变幅大，水位陡涨陡落的特性。本流域洪水发生在 5～11 月，较集中于 8～10 月，洪水过程历时 3~5 天，洪量较集中于 1 天。

根据相连流域大溪桥站 1958~1996 年的 39 年最大洪水中，由热带低压至强热带风暴的洪水有 35 次，约占 90%，其它天气系统仅 4 次。特大洪水常是以强热带风暴系统为主，与其他天气系统配合造成。如 1996 年 9 月的大洪水，为 96 年 18 号强热带风暴进入南海时，副热带高压稳定且有冷空气到达西南，造成台风移速减慢，造成本岛西北部特大暴雨。

4.1.3.3 北门江流域泥沙

北门江流域没有实测泥沙资料，2005 年由海南省水务局和中国水利水电科学研究院完成的《海南省水资源综合规划》，根据海南省现有水文测站的泥沙观测资

料，比拟推算海南省各分区泥沙悬移质泥沙输沙模数，本流域所在的西北部地区悬移质泥沙输沙模数为 89.2t/km²，天角潭坝址多年平均输沙量为 3.57 万 t，推移质泥沙按悬移质泥沙量的 20%计算为 0.71 万 t，年输沙总量为 4.28 万 t。由于水库为大（2）型，库面开阔，泄洪较少，洪水进入水库后流速减慢，水流挟沙能力减小，泥沙淤积量较大。按悬移质泥沙淤积比为 70%，推移质全部淤积，则年泥沙淤积量为 3.21 万 t，水库按 100 年运用总淤沙量为 321 万 t，约等于 247 万 m³。天角潭水库死库容为 884 万 m³，远大于 100 年的泥沙淤积量，对水库正常运行没有影响。

4.1.3.4 北门江河口潮水及感潮河段长度

北门江为独流入海河流，河口段易受潮水影响，潮汐特性为全日潮型。流域内没有潮位观测站，距离较近的有东方潮位站和海口秀英站，北门江河口位于两潮位站中间，平均年最大潮位取两者均值 2.16m。通过多年平均高潮位与河底高程比较法、水面线推算法，推算出的感潮河段分界线均为萍塘村断面。

图 4.1-1　　感潮河段分界线萍塘村断面（红线）

4.1.4 地质环境



工程场地在区域地质构造上隶属华南沿海华力西褶皱系（Ⅲ），区内断裂构造十分发育，按走向主要分为北东向、北西向和东西向三组，最近的断裂带红岭－军营断裂带自中坝址下游 160m 通过；王五－文教断裂带位于下坝址下游约 5km；潭爷断裂带位于大坝右侧，距水库约 20km；库盆内未发现挽近期活动断裂分布。红岭－军营断裂带、王五－文教断裂带、潭爷断裂带在晚更新世以来未有活动，近场区不多于一次的M≥7级强烈地震，区域构造稳定性较差。根据（GB18306-2001）《中国地震动峰值加速度区划图》，本工程区坝址及库区地震动峰值加速度为0.10g，相应地震基本烈度为Ⅶ度。

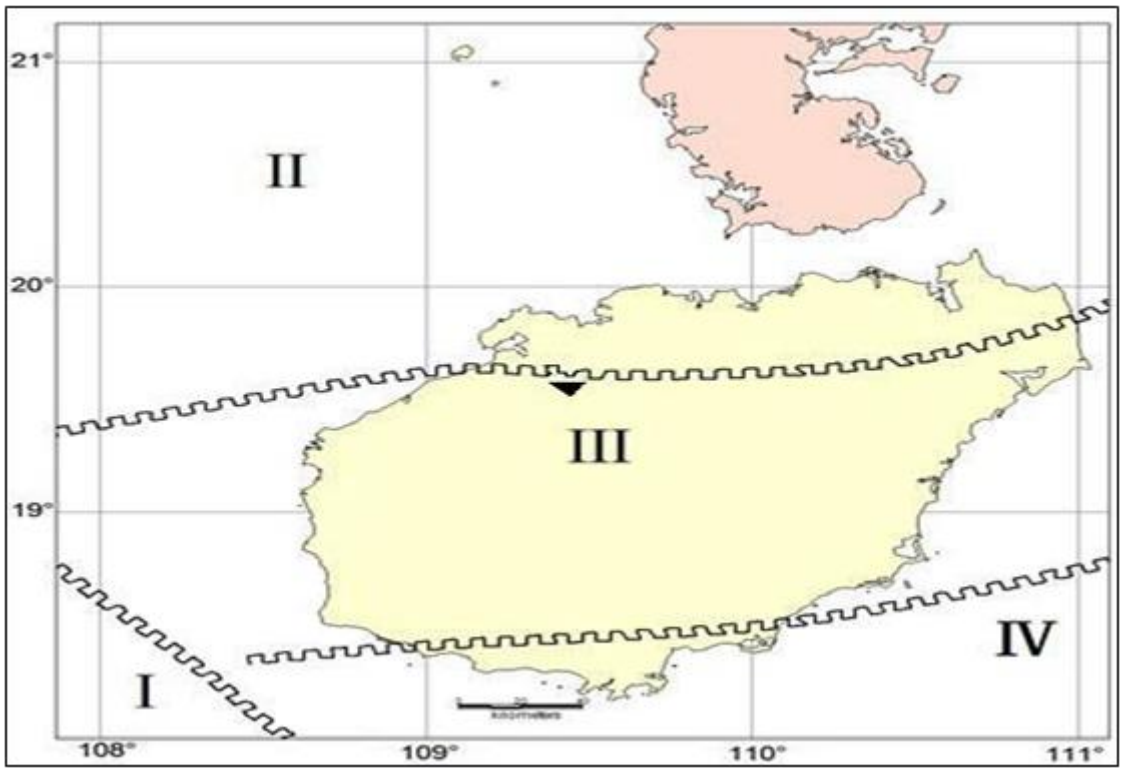


图 4.1-1　区域大地构造单元划分图

（1）水库区

库区两岸为丘陵地貌，坝址左右岸均分布有低垭口单薄地形，存在库岸渗漏和渗透稳定问题，库盆主要为花岗岩、砂岩、千枚岩类非可溶性岩类组成，其渗透性弱，属相对隔水层，水库不存在永久渗漏问题。水库正常蓄水后，不会产生大规模的边坡失稳现象。库坝区地处片岩及粉砂岩分布的Ⅶ度区，最近的红岭－军营断裂带位于中坝址 160m；王五－文教断裂带位于下坝址下游，距下坝址约 5km；潭爷断裂带位于大坝右侧，距水库约 20km；库盆内未发现挽近期活动断裂分布，红岭－军营断裂带、王五－文教断裂带、潭爷断裂带在晚更新世以来未有活动。根据《天角潭水利枢纽水库诱发地震可能性预测》，天角潭水利枢纽区水库蓄水以后诱发构造型水库地震的可能性极小，但不排除在个别局部的地段诱发零星重力卸荷型微震、极微震的可能。

（2）枢纽区

坝址选址区河段属儋州-昌江花岗岩、变质岩、砂岩丘陵区地貌，区域内水系发达，天角潭水陂上游河谷呈“V”型，两岸山体植被茂盛。冲沟发育，且切割较深。左岸山体高程 40m~120m，坡角 15°~50°；右岸山体高程高程 50m~100m，坡角 15°~40°。水陂下游河谷两岸山体高程相对较低，大部分为 21m～61m，坡

角 15°~30°。

坝段区出露地层主要有有古生界志留系（S），中生界白垩系（K）及第四系松散堆积物（Q），此外还有一些脉岩分布。坝段有区域大断裂带红岭－军营断裂带（F12）通过。据野外调查及钻探发现，坝段发育有小规模近北西向正断层。本区地下水主要有第四系孔隙含水层和基岩裂隙含水层两种类型，均接受大气降水补给，并向河流排泄。坝段两岸风化均较深，且风化不均，左岸全风化层厚度 0.0m～10.0m，强风化层厚度 1.20m～17.00m；右岸全风化层厚度 0.0m～10.10m，强风化层厚度 0m～9.8m；河床部位基岩一般为弱风化岩体。

（3）供水管线区

工程沿线 3.50m 以上的土层主要除强风化玄武岩、弱风化玄武岩及弱风化砂岩开挖存在一定的难度外，其余土层均易于开挖，路线情况如下：

K0+000～K3+000 段沿线开挖的地层主要为砂岩残坡积粉质粘土、全风化砂岩及弱风化砂岩，其中砂岩残坡积粉质粘土及全风化砂岩便于开挖，弱风化砂岩应采用风镐或爆破开挖；基槽可采用 1:0.75 放坡开挖。

K3+000～K17+200 段沿线开挖的地层为素填土、冲洪积粉质粘土和中砂、中更新统中砂、粉砂、粉质粘土及砾砂，基槽可采用 1:0.75 放坡开挖，同时应采用砂袋压坡脚、木桩支护等必要的支护措施，；K 16+500～17+250 段开挖范围内地层为中砂和砾砂层，富水性好，为强含水层，建议采用帷幕止水结合坑内井孔降水的方法进行降水。同时由于该区域水土流失较为严重，工程施工时应尽可能减少形成陡坎、陡坡等，避免水土流失严重，同时对开挖时的地表水进行抽排、引排。

K17+200～K39+200 段沿线开挖地层为素填土、冲洪积粉质粘土、残积粉质粘土，强风化玄武岩和弱风化玄武岩。其中素填土、粉质粘土便于开挖，强风化玄武岩可采用尖锹结合镐进行开挖、弱风化玄武岩应采用风镐或爆破开挖。

4.2生态环境

4.2.1 陆生生态

为满足本项目环评工作需要，北京院特委托海南大学环境与植物学院于 2016 年 1 月、2 月共进行了两次陆生生态实地调查。

4.2.1.1 调查范围、方法与路线、时间

（1）调查范围

天角潭水库上游 500m 至北门江入海口之间流域范围，以及洋浦供水管线周边 500m 范围。重点调查了工程水库淹没区、施工占地区。

（2）调查内容

调查内容包括：植被类型、陆生植物、陆生动物、景观结构、生态系统类型和自然生产力等。

（3）调查方法

调查方法采用现场实地调查，并与查阅历史资料相结合的方法。

①基础资料收集

收集整理评价区及邻近地区，包括区域自然环境资料、当地林业、环保、生态功能区划、主体功能区划、生态敏感区等资料，以及相关科研院所在评价区的历史研究资料等。

②野外实地考察

A、GPS 地面类型取样

GPS 样点是卫星遥感影像判读植被类型和土地利用类型的基础，根据室内判读的植被与土地利用类型初图，现场核实判读的正误率，并对每个 GPS 取样点作如下记录：①海拔表读出海拔值（注意相应植被类型的垂直变化）；②记录样点植被类型（群系、群系组或植被亚型），特别是类型发生变化的地方要做准确详细的记录；③记录样点优势植物（5 种左右）和重要物种如珍稀濒危植物、药材或动物；④拍摄典型植被特征（外貌与结构）；⑤在视野广阔清晰之处，拍摄周围植被或景观的照片，GPS 样点上作详细的表述。

B、群落调查

根据评价区域的植被状况，用典型抽样法布设若干条垂直方向的分支样线。调查时沿分支样线由低向高行进，直至评价区域的上限。在样线上布设若干个 20m×20m 的乔木样方（人工乔木样方为 10 m×10 m）、5m×5m 的灌木样方、2m×2m 的高草样方和 1m×1m 的低草样方，进行植物群落样方调查。群落样方布设遵循三条原则：①在每一种群落类型内的典型地段，布设一个至数个样方；②在植被调查样线的起点、终点须布设一个至数个样方；③在植物群落类型（群系级别）发生变化的地点，布设一个至数个样方。

对每个群落样方用 GPS 精确定位，记录样方所处部位、坡形、坡向和坡度。在每个群落样方的四个角和中心设置 5m×5m 的灌木小样方和 1m×1m 的草本小样方，分别调查记录灌木层和草本层种类组成、盖度、高度。

结合工程布设情况，在评价区域内沿现有道路设置调查主样线，设置若干条垂直方向和水平方向的、贯穿工程影响区域不同生境的支样线。样方的设置采取典型抽样法；在样方上记录植物种类、分布海拔、数量、生境等相关信息，对珍稀特有物种应用 GPS 进行定位。进行样方调查时，填写《植物样方调查表》，包括样方的物种种类、数量、经纬度、海拔和生境状况等内容。物种识别主要依靠野外现场鉴定，对鉴定有困难的物种细部进行拍摄照片、记录物种的形态学特征、物候等方式，回到驻地后再进行准确鉴定；不采集任何植物器官制作标本。

C、植物种类调查

在调查过程中，确定评价区内的植物种类、经济植物的种类及资源状况、珍稀濒危植物的种类及生存状况等。实地调查采取路线调查与重点调查相结合的方法，对于没有原生植被的区域采取路线调查，在重点施工区域（如坝址、采石区和淹没区等）以及植被状况良好的区域实行重点调查；对资源植物和珍稀濒危植物调查采取野外调查和民间访问、市场调查相结合的方法进行。对有疑问、经济植物和珍稀濒危植物还要采集凭证标本和拍摄照片。

D、动物调查

北门江流域位于海南岛西北部沿海低地及丘陵地带，评价区在陆生脊椎动物地理区划上属于海南岛亚区沿海低地省成分，陆栖脊椎动物生境基本类型为橡胶为主的人工林生境，灌草丛生境，水田、浅水湿地、水库和入海口红树林组成的湿地动物生境，农田旱地、村落动物及残存的少量次生林动物生境类型构成。

动物调查主要用样线法，辅以样方进行，调查样线穿过评价区的各种生境。由于不同类群栖息地生境有差别，样线的选择有所不同。哺乳类和鸟类可在一条样线中同时调查，大中型哺乳类主要观察地面上的痕迹，如：巢穴、食迹、足迹、粪便、皮毛等，鸟类主要通过野外观察记录和鸣声辨别，小型哺乳类主要采取铗日法；两栖类与水有很大关系，样线的布设沿河道和水塘设置；爬行类的样线布设除了占地区外，在库区范围、移民安置区及居民聚居地周围均进行调查。

大型兽类、鸟类、爬行类和两栖类都用路线法进行调查，但由于不同类群栖息地生境有差别，样线的选择有所不同。大型兽类和鸟类可以在一条样线中同时

调查，调查时 1-2 人一组，大型兽类主要观察地上的遗迹，如食迹、足迹、粪便（有时遗迹也在树上能见到，如熊类的食迹）、皮毛，有时也可能在山上、树上见到兽类实体。鸟类主要观察实体，时间上在凌晨和黄昏进行；发现国家Ⅰ、Ⅱ级重点保护动物时，用 GPS 进行定位。此外，对部分大、中型兽类采用访问法调查，主要是访问对兽类有一定识别经验的老人以及与林业相关的野外工作人员，对照相关动物图鉴及动物实体照片来判定兽类物种。由于调查时容易受到调查季节和调查时间的影响，还补充对大中型哺乳类、珍稀保护鸟类或大型鸟类的访问调查，结合资料查阅，进行分析整理和确认。在调查中发现的珍稀保护动物实体和痕迹位置均用 GPS 定点并记录分布生境、海拔等信息。

E、生物量的估算

生物量的估算根据样地调查估算样地生物量，以及评价区及其近邻区域已发表成果，使用遥感影像对评价区和工程占地区的生物量进行估算。

F、生态系统调查

以野外 GPS 定点的植物群落学调查结果、历史调查资料资料，参考卫星遥感照片解译结果，利用 3S 技术制作评价区的植被分布图。归并各类森林群落、灌丛群落、草地群落等，制作出包含主要生态系统类型和分布现状图。据此计算生态系统组成、结构等特征。

G、生态制图

采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的地理信息技术（Geographical Information Technology），进行地面类型的数字化判读，完成数字化的植被图和土地利用类型图，进行生态系统质量和生态环境质量的定性和定量评价。

4.2.1.2 植被现状

（1）植被类型

参考中国植被等专著，评价区自然植被可划分为 5 大类，热带低地雨林、灌丛、草丛、河滩植被和红树林 5 个植被类型，12 个群落类群。人工植被 4 个植被类型，5 个类群，见表 4.2-1。

表 4.2-1　　评价区植被分类体系

Ⅰ.自然植被
1. 热带低地雨林
（1）竹节树+鹊肾树+潺槁木姜 群落
（2）厚皮树+土坛树+刺竹 群落
（3）白楸+鸭脚木+大果榕 群落
2.灌丛
（4）水柳+水竹+鹊肾 群落
（5）白楸+构树+山黄麻 群落
（6）火筒树+山黄麻+鱼尾葵 群落
3.草丛
（7）光荚含羞草+斑茅+飞机草 群落
（8）猪屎豆+香附子+地毯草 群落
（9）假臭草+黄花稔+野甘草 群落
（10）飞机草+加拿大蓬+一点红 群落
4.河滩植被
（11）水竹+蔓生莠竹+水龙 群落
5.红树林
（12）红树+桐花树+白骨壤 群落
Ⅱ.人工植被
1.防护林
（1）桉树、相思或木麻黄混交林
2.经济林
（2）橡胶林
3.园地作物
（3）果园（香蕉、菠萝等）
4.农田作物
（4）水田作物
（5）旱地作物

评价区域的植被由自然植被与人工植被组成，自然植被由红树林、次生热带低地雨林、次生灌丛、草地等组成；人工植被由人工防护林、橡胶林、果园和农田作物等组成。该区域的人工植被占绝大多数，其中橡胶林为主要景观要素，依次为桉树、相思等混交林、农田作物、果园。自然次生林仅分布在个别村落周边和人工林林缘，所占的比例极小，且植物种类组成较简单、森林结构也较单一。

（2）植被分布规律

评价区属海南省热带雨林、季雨林地带，水平地带为雨林、热带低地雨林，

区内山地特征不发育，植被垂直分异程度差。

因地势平缓，区域人为种植等活动频繁且历史悠久，区内植被受干扰强烈，人工植被分布面积大；区内自然植被受损严重，分布面积很小，且次生性强，常见由次生灌丛、草丛或河滩植被等组成，局部地段有少量次生半常绿热带低地雨林。

（3）主要植被类型特征

①人工植被

A. 热带低地雨林

a．竹节树+鹊肾树+潺槁木姜 群落

这一群落类型是北门江沿岸村庄周边有特色的植被类型（见图 4.2-1，受人为及土壤及地形的影响，属自然半自然状态，多数与农耕地镶嵌分布，不同地段植物组成略有区别，但总体上说，植物群落外貌终年常绿，连成片分布的地段群落覆盖率达 70%，与农耕地镶嵌分布的森林群落覆盖率为 30%，该地区的植物群落高度为 8m，群落结构比较简单，一般可分为乔木层、灌木层和草本层 3 层。

调查区域内，该植物群落结构较为稀疏，但植物群落组成成分相对丰富，10m×10m 样方内有 12 种，群落常见植物为鹊肾树、暗罗、土蜜树、苦楝、假苞、野芋、露兜、华南毛蕨、海芋、飞机草、黑面神、许树、刺竹、酒柄箭、牛筋果、细叶裸实、潺槁木姜、马樱丹、鬼针草（详见附录）。群落次生性明显，群落外缘有外来植物分布现象。



图 4.2-1　竹节树+鹊肾树+潺槁木姜群落 (N19.770528°E109.332392°)

b．厚皮树+土坛树+刺竹 群落

该植物群落主要分布在靠近儋州湾附近的人工桉树林的外围，群落外貌不连续，群落结构组成成份较简单。群落高 6m-7m，盖度在 60%-80%，群落可划分为乔木层、灌木层和草本层 3 层。群落内物种不多，10m×10m 样方内有 9 种。

群落优势种为厚皮树、土坛树、刺竹，常见植物有细叶裸实、基及树、银柴和细基丸等演替早期树种树种；草本和藤本植物种类主要有野葛、越南悬钩子、黄花稔、飞机草、毛蕨等。

c．白楸+鸭脚木+大果榕 群落

该群落是由湿润雨林被破坏后自然恢复形成的次生性森林植被类型，主要散布在那旦水库周边橡胶林的外围，受到破坏程度严重。群落外貌不连续，结构较稀疏，群落优势植物为白楸、大果榕、鸭脚木、山黄麻等，群落高 5m 左右，群落盖度为 50%-70%，有的地段只是 30%~40%了。

群落多由木本物种组成，10m×10m 样方内有 12 种，其中木本植物 9 种。常见的植物还有山黄麻、构树、对叶榕、银柴、翻白叶、黄毛楹木、潺槁木姜等演替早期树种或演替中期树种；林下常见的灌木或草本植物主要有粽叶芦、毛瓣鸡血藤、眼镜豆、破布叶等。

B. 灌丛

a.水柳+水竹+鹊肾 河沟群落

以水柳为优势的灌丛是海南淡水环境的主要植物群落类型，在海南多条江河都有分布。与其它河段不同的是这一群落的主要伴生种是水竹，而不是水油甘，水油甘显零星分布。这一灌丛类型主要分布在河道边上，群落高在 2m 以下，群落盖度一般为 50%-60%，群落分层不明显，多为灌草层混生为 1 层。

群落内灌木植物和草本植物少，5m×5m 样方内有 7 种，以水柳、牛筋藤 、鹊肾、野牡丹占优势，其他常见植物有光荚含羞草、凤尾蕨、井边茜、金盏银盘、三叶鬼针草、水蔗草、散穗黑莎草、割鸡芒、海南叶下珠等多种。

b.白楸+构树+山黄麻 群落

该植物群落主要分布在靠近天角潭水利枢纽坝址区人工橡胶林的边缘，群落外貌不连续，群落结构组成成分复杂。群落高在 5m 以下，盖度 60%-80%，群落物种相对较多，5m×5m 样方内有 18 种。

群落优势种主要为白楸、山黄麻和构树，常见植物有赤才、倒吊笔、箭檵花

椒、对叶榕、谷木、潺槁木姜、白背叶、光滑黄皮等演替早期树种或演替中期树种；常见草本和藤本植物种类主要有山芝麻、排钱草、梵天花、飞机草、斑茅、毛相思子、马樱丹等多种。

c.火筒树+山黄麻+鱼尾葵 群落

该群落分布于天角潭水利枢纽工程 1 号副坝橡胶林边缘，为长期人为活动的反复干扰破坏而形成，群落中偶有呈小乔状的火筒树、山黄麻、鱼尾葵等分布，呈丛状，冠幅一般为 3m×2m 左右。该群落高在 3m-5m，盖度大，在 90%以上，划分为灌木层和草本层 2 层。群落物种不很多，5m×5m 样方内有 11 种。

灌木层盖度一般在 40%左右，高度一般在 2m 左右，常见种类有刺竹、裸花紫珠、龙眼睛等。群落草本植物较简单富，盖度可达 50%左右，高度在 0.8m 左右，主要由斑茅、乌蔹莓、掌叶山猪菜、红藤、牛筋藤等种类组成。

d.光荚含羞草+斑茅+飞机草群落

该群落是一种非地带性植被类型，在人类活动干扰频繁的地段常见，这类植被中外来种往往较多，局部常常会由入侵种形成单优群落。群落次生性极强，常从次生裸地自然演替而成，一般地段弃荒几年后便可形成本群落类型。该群落主要分布于工程区域内的村庄附近、工程沿线弃荒地、未建用地等，群落外貌黄绿色，群落盖度在 80%-90%，群落可划分为乔灌层、草本层 2 层。

乔灌层乔木稀疏，郁闭度约为 0.1 左右，主要种类有光荚含羞草、苦楝等，树高一般在 3-7m，100m^2 内约有 2-3 株乔木；灌木呈丛状，盖度为 50%左右，高度 2m 左右，主要种类有马樱丹、土蜜树等。群落草本植物种类较多，并多为外来入侵种，草本层盖度可达 40%左右，高度一般在 lm 左右，高矮不一，杂乱无章，一般以大型外来入侵种飞机草、假臭草等为优势，此外常见的还有斑茅、白茅、铺地黍、牛筋草、大黍、狗尾草、假俭草、鹧鸪草、地毯草等旱生性草本，河滩水沟边则以湿生性草本如蔓生莠竹、水蔗草、棕叶狗尾草、弓果黍、飘拂草等。

C.草丛

评价区域内的次生草地群落主要有 3 个：猪屎豆+香附子+地毯草群落、假臭草+黄花稔+野甘草群落、飞机草+加拿大蓬+一点红群落，这些群落主要分布于北门江流域的中下游地段，多位于村落外围及防风林带的前沿，群落常受放牧行为扰动，从而形成以禾草类为主的草丛类型，群落以草本植物为绝对优势，草本植物组成以豆科、菊科、锦葵科、莎草科和禾本科等为优势，盖度一般在 60%左右，

高度一般在 0.3m 以下。

群落组成物种复杂，常见有猪屎豆、黄花稔、梵天花、飞机草、加拿大蓬、一点红等，草滩则多为禾本科和莎草科的草本，如竹节草、千金子、铺地黍、蔓生莠竹、水蔗草、茅根、牛筋草、香附子、风车草等；群落内缘局部多为高草类，如斑茅、大黍、芒、五节芒、鬼针草、草龙、倒扣草、白花鬼针草、钻形紫苑、胜红蓟、假臭草等。其他还有蓼科、藜科、苋科等的一些种类，如空心莲子草、水蓼、辣蓼、土荆芥等。

此外，还偶见有南美蟛蜞菊、葛藤、野芋、海芋等大型和蔓性草本。

D.河滩地植被

a.水竹+蔓生莠竹+水龙群落

本群落主要分布于北门江流域的中上游河滩边上，受人类生活污水和工厂污水的双重影响，北门江流域目前两岸泥滩地多弃荒，形成沼生性草丛，且由于污染，一些原该在热带沼泽地生长的种类如田葱草、谷精草等不见踪影，现状植被以一些常见的耐污染种类和一些外来入侵种为主组成。群落盖度一般在 80%左右，高度在 0.4m 左右，常见的高草类有芦竹、水竹、象草、大黍、斑茅、草龙、海芋等，矮草主要以蔓生莠竹为优势，其它还有水龙、千金子、铺地黍、水蔗草、白茅、空心莲子草、风车草、野芋、水蓼等（图 4.2-2），局部河段充满水葫芦为优势的湿生群落（图 4.2-3）。



图 4.2-2 河滩地植被（N19.597351°E109.477459°）



图 4.2-3 水葫芦（ N19.624073°E109.458052°）

E.红树林

a．红树+桐花树+白骨壤 群落

该地区的红树林集中分布于儋州湾的淤泥海岸带区域。红树林群落外貌整齐，为灌木型（图 4.2-4）。总体来看，该植物群落分布于流域下游入海口一带，群落盖度大，在 90%以上，高在 4-5m，群落组成物种不多，但该群落结构简单，仅灌木层 1 层。

灌木层平均树高为 4 m-5m，覆盖率较高，大于 90%。层内物种不多（5m×5m 样方内有 6 种），由小乔木或灌木物种组成，未见草丛植物，常见种类有红树、白骨壤、桐花树、榄李、许树、黄槿等，其中以红树、桐花为优势种，白骨壤、榄李等为伴生种，许树和黄槿多分布在淤泥与岸边砖红壤的过渡带。



图 4.2-4　红树林植被（N19.768400°E109.260986°）

②人工植被类型组成、结构及分布特点

这一地段的人工植被主要有橡胶林和人工用材林如：桉树林、相思林、木麻黄林等，果园和农田作物等构成。

A.防护林

a.桉树、相思或木麻黄混交林

人工用材林是工程区域内主要的生态公益林类型，包括河岸防护林、公路防护林、农田防护林等，也是区域内主要低丘台地的主要森林类型，基本呈块状或带状混交模式，本报告将这些林分划分为一个群落类型，即木麻黄、桉树、马占相思混交林。该植被主要分布于北门江流域的中下游地段，均为人工林，其中以桉树占多数，按树林主要为尾叶按，偶有窿缘按、赤按、柠檬按等种类，相思则主要有大叶相思、马占相思和台湾相思等。树高一般在 10m 左右，胸径一般在 12-25cm，郁闭度在 0.6 左右。

本群落外貌常绿，林相较整齐，一般可分乔、灌、草 3 层，上层乔木一般以尾叶桉、窿缘按、马占相思、台湾相思或木麻黄等为优势，一般乔木仅一层，林缘偶有自然生长的黄牛木、厚皮树、细基丸、潺槁木姜子、对叶榕等，树高一般较矮，仅 4-6m 左右，胸径也一般仅 4-8cm。群落灌木层盖度 40%左右，以桃金娘、赤才、九节、银柴、鹊肾树、坡柳、细叶裸实、了哥王、酒柄簕等为优势，其它还有黑面神、山芝麻、鸦胆子、马樱丹等。草本植物较少，盖度在 20%左右，主

要有山菅兰、乌毛蕨、飞机草、假臭草、黄花稔等。群落还常有玉叶金花、百眼藤、鸡矢藤、菝葜、粗叶悬钩子、越南悬钩子、猪肚木等藤本或蔓性灌木分布（图4.2-5）。



图 4.2-5　桉树林（N19.669530°E109.424416°）

B.经济林

经济林是研究主要人工植被之一，是人们为获取经济利益为人工种植的各种木本植物，本区域主要有橡胶林。

a.橡胶林

该植被主要分布于北门江流域的上游地段，特别是在天角潭一带的橡胶林种植时间较长，多数树龄约 15-20 年左右。总体上说，橡胶树发育正常，这一地区属于海南的较宜胶地区，受台风影响。橡胶种植株行距多为 3 x 3m，树高为 8-10m，胸径为 15-20cm。

橡胶林林下植物有的地方覆盖率较高，有的地方几乎没有林下覆盖植物。有林下植物的橡胶林，常见的橡胶林下植物有飞机草、马樱丹、假马鞭、乌蔹莓、凤尾草、磨盘草、野牡丹、九节、三麻秆、对叶榕、马樱丹、悬钩子、疏刺花椒、假益智等（图 4.2-6）。



图 4.2-6 橡胶林（N19.635768°E109.453543°）

C.园地

评价区主要有香蕉园、菠萝园、苗圃地等园地作物。

a.果园（香蕉、菠萝等）

香蕉园地是该地区种植面积较大的人工植被，其次为菠萝园。多分布在评价区天角潭主坝和副坝的周围。香蕉园地的株行距多为 2m×2m，林下常见分布的物种为：牛筋草、银胶菊、香附草、白花鬼针草、番石榴、大青、假臭草、巴西含羞草、马唐、牛筋草、梵天花（图 4.2-7）。





图 4.2-7 园地

D.农田作物

农田作物也是工程区的主要植被类型之一，主要分布于北门江流域的中下游地区，主要有各类的蔬菜、瓜果、辣椒、番薯等作物（图 4.2-8），是工程区内各镇的主要经济作物；此外，本区域农田作物主要为旱地，分布面积较大，主要种植甘蔗、木薯、胡椒等作物。



图 4.2-8 农田作物

（2）植被现状及其生物量

评价区植被分布面积 44134.70 hm^2，占评价区面积的 85.38%，其中自然植被占评价区面积的 6.98%、人工植被占评价区面积的 78.40%。

自然植被中，灌丛和草丛分布面积较大，为 1655.23hm^2 和 1457.72 hm^2，占评价区总面积的 3.20%和 2.82%；红树林分布面积次之，为 333.32 hm^2，占评价区总面积的 0.64%；其他自然植被类群分布面积相对较小。

人工植被中，橡胶林（橡胶园）分布面积大，为 20712.08hm^2，占评价区总面积的 40.07%；农田和防护林分布面积次之，分布面积分别为 9154.00hm^2 和 9642.98hm^2；分别占评价区面积的 17.71%和 18.66%，果园分布面积较小，占评价区面积的 1.97%。

天角潭水利枢纽陆生生态调查范围内植被现状见表 4.2-2。

表 4.2-2　　天角潭水利枢纽工程陆生生态评价区植被现状

性质	植被类型	面积（hm^2）	比例（%）
自然植被	热带低地雨林	34.65	0.07
	红树林	333.32	0.64
	灌丛	1457.72	2.82
	草丛	1655.23	3.20
	河滩植被	126.04	0.24
	小计	3606.96	6.98
人工植被	农田作物	9154.00	17.71
	防护林	9642.98	18.66
	橡胶园	20712.08	40.07
	果园	1018.68	1.97
	小计	40527.74	78.40
共计		44134.70	85.38
非植被地物		7556.30	14.62
合计		51691.01	100

（3）植被生产力和生物量

评价区生物生产力和生物量均以主要植被类型的生产力为依据进行分析。

①生物生产力

评价区总生物生产力为 303942.80 t/a，以人工植被系统生产力输出为主，其生产力为 286872.42t/a，占总生产力的 94.38%；自然植被输出量相对较少，17070.38 t/a，占总生物生产力的 5.62 %。详见表 4.2-3。

表 4.2-3　　评价区植被生产力估算

性质	植被类型	单位面积生产力（t/hm^2.a）	生产力（t/a）	比例（%）
自然植被	热带低地雨林	16.00	554.40	0.18
	红树林	13.00	4333.16	1.43
	灌丛	6.00	8746.32	2.88
	草丛	2.00	3310.46	1.09
	河滩植被	1.00	126.04	0.04
	小计	——	17070.38	5.62
人工植被	农田作物	3.00	27462.00	9.04
	防护林	5.00	48214.90	15.86
	橡胶林	10.00	207120.80	68.14
	果园	4.00	4074.72	1.34
	小计	——	286872.42	94.38
共计		——	303942.80	100.00
非植被地物		——	——	——
合计		——	303942.80	100.00

综上分析，评价区以人工植被生产力为主，其中又以橡胶林生产力输出为主要贡献者，其生物生产力输出量约占评价区输出量占 68%左右。

②生物量

评价区总生物量为 1804686.05t，其中以人工植被系统生物量为主，其生物量为 1743917.31t，占总生产力的 96.63%；自然植被输出量相对较少，60768.74t，占总生物生产力的 3.37%。详见表 4.2-4。

表 4.2-4　　评价区生物量情况

性质	植被类型	单位面积生物量（t/hm^2）	生物量（t）	比例（%）
自然植被	热带低地雨林	135.90	4708.94	0.26
	红树林	58.22	19405.89	1.08
	灌丛	11.86	17288.56	0.96
	草丛	10.82	17909.59	0.99
	河滩植被	11.55	1455.76	0.08
	小计		60768.74	3.37
人工植被	农田作物	11.50	105271.00	5.83
	防护林	35.90	346182.98	19.18
	经济林	60.20	1246867.22	69.09
	果园	44.76	45596.12	2.53
	小计		1743917.31	96.63

性质	植被类型	单位面积生物量（t/hm^2）	生物量（t）	比例（%）
共计		——	1804686.05	100.00
非植被地物		——	——	——
合计		——	1804686.05	100.00

（4）植被现状评价小结

评价区自然植被受损严重，几乎被人工植被和人工建筑物替代，仅保护区或局部地段残存少量自然植被。区内植被自然分布面积 3606.96 hm^2，仅占评价区面积的 6.98%，人工植被分布面积 40527.74hm^2，占评价区面积的 78.40%。

总体上，评价区植被总体质量不高，表现出明显的次生性和人工干预特性，但评价区水热条件优越，植被自然恢复能力相对较强。

4.2.1.3 植物资源现状

（1）植物物种组成

根据本次路线调查和典型样方调查的记录材料，结合前人在此区域的工作基础资料，对本工程所涉范围内的植物资源统计分析。

评价区共有维管束植物 99 科 282 属 584 种，以被子植物占绝对优势，有 567 种，占总种数的 97.09 %，其中又以双子叶植物为主，占被子植物的 78.16%；而较原始的蕨类植物较贫乏，占总种数的 2.56%；评价区没有裸子植物野生种，仅有 2 个栽培种，具体组成见表 4.2-5。

表 4.2-5　　评价区维管束植物组成表

植物类群		科	属	种
蕨类植物		9	9	15
裸子植物		2	2	2
被子植物	双子叶	76	289	443
	单子叶	12	74	124
合计		99	374	584

（2）植物区系分析

①属种系统高

本区系组成具有较高的属种系统，其属种比约为 1:2。

②栽培植物丰富

本区栽培植物丰富，有 80 种，占总种数的 13.69%。其中，栽培种类最多的是葫芦科 7 种，依次为蝶形花科有 6 种，含羞草科有 5 种，苏木科、桃金娘科、夹竹桃科和茄科各有 4 种。研究植物区系组成特点表明，评价区植被受人为干扰影

响严重，植物组成体现出明显的次生性和栽培性。此外，在菊科、禾亚科等科中外来入侵植物所占比例也较大。

③种子植物属的区系特征

评价区内种子植物区系所属的地理成分有 10 个类型，共 365 属。除世界分布属 27 个外，其它 9 个地理成分共 338 属，其中，以泛热带分布属最多，为 126 属，占总属数的 37.28%；热带亚洲和热带美洲间断分布 30 属，占总属数的 8.88%；旧世界热带分布 51 属，占总属数的 15.09%；热带亚洲和热带大洋洲分布 32 属，占总属数的 9.47%；热带亚洲和热带非洲分布 33 属，占总属数的 9.76%；热带亚洲分布 47 属，占总属数的 13.91%；北温带分布 8 属，占总属数的 2.37%；东亚和北美间断分布 5 属，占总属数的 1.48%；旧世界温带分布 6 属，占总属数的 1.78%。 评价区未见中国特有分布属，并以热带成分占绝对优势，约占总属数的 94.39%。

表 4.2-6　　评价区植物区系组成情况

地理成分（吴征镒，1991）	属数	占总数%
1. 世界分布	27	--
2. 泛热带分布	126	37.28
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	30	8.88
4. 旧世界热带分布	51	15.09
5. 热带亚洲和热带大洋洲分布	32	9.47
6. 热带亚洲和热带非洲分布	33	9.76
7. 热带亚洲分布	47	13.91
8. 北温带分布	8	2.37
9. 东亚和北美间断分布	5	1.48
10. 旧世界温带分布	6	1.78
11. 温带亚洲分布	0	0.00
12. 地中海、西亚至中亚分布	0	0.00
13.中亚分布	0	0.00
14.东亚分布	0	0.00
15.中国特有分布		
合计（除世界分布属外）	338	100.00
总　计	365	--

（3）珍稀植物与古树名木

①保护植物

野外调查发现，评价区分布有 11 种海南省重点保护野生植物，有海南大风子、龙血树、卤蕨，以及榄李、红海榄、木榄、海莲、角果木、秋茄树、竹节树、红

树等红树林植物（评价区分布有白木香、降香黄檀等人工栽培种，不纳入保护范围）。评价区内保护植物及具体分布情况见表 4.2-7、附图 15。

表 4.2-7　　评价区保护植物与工程的位置关系

序号	植物种名	经纬度	保护级别	数量	与工程关系
1	龙血树 *Dracaena angustifolia*	N19.636118°　E109.460908°	省级	5	不涉及
2	龙血树 *Dracaena angustifolia*	N19.635904°　E109.453066	省级	30	位于淹没区内
3	龙血树 *Dracaena angustifolia*	N19.632421°　E109.442364°	省级	15	1#副坝占用
4	卤蕨 *Acrostichum aureum*	N19.761286°　E109.312161°	省级	一小片	不涉及
5	海南大风子 *Hydnocarpus hainanensis*	N19.632362°　E109.442784°	省级	1	1#副坝占用
6	竹节树 *Carallia brachiata Merr*	N19°46'13.90" E109°19'56.61"	省级	5 株	不涉及
7	红树 *Rhizophora apiculata Bl*	N19°46' 6.416"　E109°15' 39.766"	省级	成片	不涉及
8	榄李 *Lumnitzera racemosa Willd*	N19°46' 7.663" E109°15' 38.520"、N19°46' 31.898" E109°18' 7.302"	省级	成片	不涉及
9	红海榄 *Rhizophora stylosa*	N19°46' 13.232"　E109°15' 29.768"、N19°46' 50.698"　E109°18' 1.000"	省级	成片	不涉及
10	木榄 *Bruguiera gymnorrhiza Savigny*	N19°46' 49.040" E109°18' 1.980"、N19°46' 11.006" E109°15' 24.243"	省级	成片	不涉及
11	海莲 *B.sexanguia Poir*	N19°46' 11.983" E109°15' 37.297"、N19°46' 51.572" E109°17' 59.721"	省级	成片	不涉及
12	角果木 *Ceriops tagal C.B.Bob*	N19°46' 9.956" E109°15' 13.107"	省级	成片	不涉及
13	秋茄树 *Kandelia obovata*	N19°46' 9.394" E109°15' 22.508"、N19°46' 51.963" E109°17' 57.725"	省级	成片	不涉及

其中，有 45 株龙血树及 1 株海南大风子位于工程建设征地范围内，现场照片见图 4.2-8 及图 4.2-9。



图 4.2-8 海南大风子



图 4.2-9 龙血树

②古树名木

按照全国绿化委员会、国家林业局文件（全绿字[2001]15 号）及《海南省名木

古树保护管理规定》对古树名木的界定，古树指树龄在 100 年以上的树木；名木指在历史上或社会上有重大影响的中外历代名人、领袖人物所植或者具有极其重要的历史、文化价值、纪念意义的树木。古树名木的分级及标准：古树分为国家 I、II、III 级，国家 I 级古树树龄 500 年以上，国家 II 级古树 300-499 年，国家 III 级古树 100-299 年。国家级名木不受年龄限制，不分级。

根据野外调查和资料调研，评价区分布有名木古树 15 株，其中分布在两院试验场一队的名木“橡胶王”位于拟建天角潭水库的淹没区内（见图 4.2-10）。该橡胶王为上世纪 50 年代我国橡胶树育种工作者挑选的第一批高产实生母树之一，现仅存此一株，但未在当地林业局古树名木档案中备案。其余古树名木均距规划各工程较远。评价区名木古树与工程的位置关系详见表 4.2-8 及附图 16。

表 4.2-8　　评价区名木古树与规划工程的位置关系

序号	植物种名	经纬度	古树级别\名木	数量	与天角潭工程位置关系
1	高山榕 F. altissima	N 19 °31' 24.542" E109 °24' 41.590"	三级	1	不涉及
2	高山榕 F. altissima	N 19 °47' 3.111" E109 °25' 1.797"	三级	5	不涉及
3	见血封喉 Antiaris toxicaria Lesch	N 19 °44' 51.673" E 109 °24' 39.916"	一级	1	不涉及
4	见血封喉 Antiaris toxicaria Lesch	N19 °47'3.111" E109 °25' 1.797"	三级	2	不涉及
5	细叶榕 Ficus microcarpa	N 19 °46' 59.224" E109 °25' 2.366"	三级	1	不涉及
6	滑桃树 Trewia nudiflora Linn	N19 °44'34.019" E109 °21' 10.948"	名木	1	不涉及
7	芒果树 Mangifera indica L	N19 °44'33.631" E109 °21'10.078"	名木	1	不涉及
8	荔枝 Litchi chinensis Sonn	N19 °44'33.834" E109 °21'11.886"	名木	1	不涉及
9	牛角瓜 Calotropis gigantea (L .) Dry.ex Ait.f.	N19 °44'34.420" E109 °21'11.183"	名木	1	不涉及
10	橡胶(橡胶王) Hevea brasiliensis	N19 °33' 39.400" E109 °30'26.600"	未列入儋州市名木名录，但其有历史及经济价值，按名木考虑	1	天角潭水库淹没区



图 4.2-10　两院试验场橡胶王

（4）植物资源评价小结

评价区共有维管束植物 99 科 282 属 584 种，以被子植物占绝对优势，有 567 种，占总种数的 97.09 %，植物较为丰富，但外来物种和栽培种多。在植物区系成分上，评价区以热带成分为主；在保护物种上，评价区保护物种不多，除卤蕨等草本型植物外，其他保护物种已经难成群落，这与评价区人为剧烈干扰剧烈，雨林和热带低地雨林等重要植被损毁密切相关。

4.2.1.4 陆生动物现状

（1）动物物种组成

通过实地动物调查、走访和文献资料查询，评价区及周边共有陆生脊椎动物 4 纲 21 目 59 科 120 种，其中保护物种 51 种，见表 4.2-9。

表 4.2-9　　评价区陆生脊椎动物物种组成

动物类群	目	科	种	保护物种
两栖类	1	7	10	
爬行类	1	8	24	省级 5 种
鸟类	14	35	72	国家 II 级 11 种、省级 25 种
哺乳类	5	9	14	省级 5 种
合计	21	59	120	

（2）两栖类动物

①物种组成

评价区共有两栖动物 1 目 7 科 10 种，占海南两栖动物的 25.6%，由于评价区位于海南西北部沿海丘陵地带，流域及两侧区域动物生境组成动物生境组成简单，具有人工林、灌草丛及湿地等类型，且该区处于沿海低地省区系，因此两栖动物组成上具有明显的沿海低地省成分。静水类型两栖动物组成具有明显的优势，其中黑眶蟾蜍、泽蛙、斑腿泛树蛙、花姬蛙和饰纹姬蛙为评价区优势物种。

②生态习性

静水型种类：栖息于河流及边缘浅水湿地附近，主要食物为附近环境中的昆虫或蠕虫类。华南雨蛙、泽蛙、沼蛙、台北蛙、斑腿泛树蛙、花姬蛙、饰纹姬蛙和花细狭口蛙等属于该种类型。泽蛙、沼蛙、斑腿泛树蛙、花姬蛙和饰纹姬蛙为当地优势物种，白天遇见率相对较低，白天多隐蔽于草丛或石头等隐蔽物下，夜间活动十分活跃。这些种类适应能力相对较强，可生存于人为干扰生境中。

旱地或林下种类：栖息于相对较为干燥的草地或林下的种类，成体多分布于平地或林下潮湿地带，而到繁殖期则进入到附近的静水塘进行繁殖产卵。如黑眶蟾蜍。白天隐蔽于草丛或其他隐蔽物下，夜晚出来活动。黑眶蟾蜍在整个评价区内平地和林下几乎都可以见到的普遍种类，而且比较适应人为干扰环境，此期处于繁殖时间。

③区系组成

评价区共记录 10 种两栖动物，全部属于东洋界物种，其中东洋型物种 9 种，占 90.0%；南中国型 1 种、比例甚小；11 种为中部山地省和沿海低地省共有种。

（3）爬行类动物

①物种组成

评价区共有爬行动物 1 目 8 科 24 种，占海南爬行动物种类的 20.8%。爬行动物与两栖动物相似，缺乏中部山区省成分，且分布的种类大多数都是对人为干扰适应能力较强的物种。评价区以中国壁虎、疣尾蜥虎、锯尾蜥虎、变色树蜥、长尾南蜥、多线南蜥、南滑蜥、渔游蛇、草腹链蛇、乌游蛇、紫沙蛇、中国水蛇、福建竹叶青为优势物种，表现出明显的人工林、灌草丛和湿地动物群落的特点。

②生态习性

水栖种类：评价区内水环境资源丰富，蛇亚目中的游蛇科中的渔游蛇、中国

水蛇、铅色水蛇、乌游蛇属于与水联系较为密切的种类，捕食和隐蔽等很多生命活动都在水中进行，主要吃食水中的一些鱼、蛙和附近的昆虫，白天可见，但夜间活动较为频繁。这些类群是比较适应人为干扰的种类，遇到强度的人为干扰会马上进行逃离或隐蔽，直接从水中游走或迅速上岸逃脱或潜入水中。人为干扰变小或消失后再进行正常的活动。

陆地种类：爬行类中除上述蛇类外都属于陆生种类。而这些种类大多数是适应人为干扰能力较强的类群，要求生存环境空间资源不是很严格、相对较小。中国壁虎、疣尾蜥虎、锯尾蜥虎、变色树蜥、长尾南蜥、多线南蜥、南滑蜥、草腹链蛇、福建竹叶青为优势物种。

夜行性类群：壁虎科、海南睑虎、台湾小头蛇、舟山眼镜蛇、眼镜王蛇、银环蛇和竹叶青、钩盲蛇的种类主要在夜间进行活动，壁虎科取食附近的蚊虫或小的飞虫，白天隐蔽于石头缝隙或树干的缝隙亦或隐蔽于民居的附近，壁虎科在评价区分布多集中于住宅或林地附近。钩盲蛇喜低下生活，眼退化，多吃蚯蚓等地下蠕虫，且分布相对较广，人为干扰强度较高环境中亦可生活。海南睑虎生活于林地大石头附近，筑巢于石壁附近；小头蛇和银环蛇生活于草丛附近；舟山眼镜蛇、眼镜王蛇和竹叶青生活于林地或灌草丛生境。海南睑虎、舟山眼镜蛇、眼镜王蛇、银环蛇等适应人为干扰能力较弱。

昼行性类群：鬣蜥科、石龙子科、蜥蜴科、红脖颈槽蛇、崇安斜鳞蛇、滑鼠蛇等属于该类群。主要在白天进行活动，并对热量具有严格的要求，一般在上午阳光比较充足的时候进行晒太阳行为，只有将身体的热量达到一定程度才进行其他活动，如摄食等。此类动物多选择在相对比较开阔、阳光投射性强的道路两侧或能直接接受阳光辐射的灌草丛附近、或地面类型生境。由于这类动物多生活于边缘或交错生境附近。斑飞蜥、台湾地蜥、红脖颈槽蛇、崇安斜鳞蛇、滑鼠蛇等在评价区的林地或边缘草地分布，适应人为干扰能力相对较弱。

③区系组成

评价区共记录 24 种爬行动物，全部属于东洋界物种，其中东洋型物种 17 种，占 70.83%；南中国型 7 种、占 29.17%。全部为中部山地省和沿海低地省成分共有种。

（4）鸟类

①物种组成

评价区鸟类 14 目 35 科 72 种，占海南鸟类的 18.05%，非雀形目鸟类种类稍多于雀形目鸟类物种。其中白鹭、池鹭、牛背鹭、栗树鸭、金眶鸻、矶鹬、扇尾沙锥、珠颈斑鸠、褐翅鸦鹃、普通夜鹰、小白腰雨燕、白胸翡翠、普通翠鸟、戴胜、白鹡鸰、灰鹡鸰、家燕、白头鹎、棕背伯劳、黑卷尾、八哥、丝光椋鸟、鹊鸲、乌鶲、黄眉柳莺、北灰鹟、黄腹鹪莺、纯色鹪莺、大山雀、黄腹花蜜鸟、暗绿绣眼鸟、斑文鸟、白腰文鸟为当地优势物种，评价区以雀形目鸟类为主要优势类群，并夹杂其他目鸟类优势物种，具有明显的人工林、湿地动物和村落动物群落的特征。

②生态习性

游禽类：主要生活于河流及水库区域，小鸊鹈、栗树鸭和须浮鸥属于该类群，可以在水面进行游泳和潜水的种类，食物为水中的鱼虾等资源，白天活动，容易受到人为干扰影响。

涉禽类：主要生活于水边、在浅水区域进行取食但不能潜水的种类，如鹳形目鹭科、鸻形目鸻科和鹬科、鹤形目秧鸡科等都属于该类群，白天活动，主要食物为浅水区域的鱼、虾及附近的昆虫等，该类群易受人为干扰的影响，一般在距离 100m 为该类群的警戒距离，人为干扰接触过近（约 50m），则直接采取飞翔的方式进行躲避干扰或远离干扰源。

陆禽类：以鸽形目鸠鸽科和鸡形目雉科为代表，主要活动在林下地面进行取食、繁殖等。珠颈斑鸠、山斑鸠或火斑鸠适应人为干扰能力较强，白天活动，夜晚休息和隐蔽，主要以乔木的种子等为食，性杂食，在规划区分布丰富，该种也是城市鸟类类群中最为常见的种类。鹌鹑则分布于灌草丛，这些都适应人为干扰能力相对较弱的物种。

攀禽类：以鹃形目、雨燕目、佛法僧目、夜鹰目、鴷形目的鸟类为代表，足适合在树木上攀缘和栖息，食物种类多样。褐翅鸦鹃、小鸦鹃、绿嘴地鹃是灌草丛常见物种，食性杂，适应人为干扰能力较弱。佛法僧目翠鸟类群以鱼类为食，白天活动，翠鸟科多集中分布于水环境附近，与食物分布密切相关，翠鸟类群是湿地鸟类群落中最为明显的成分，这些鸟类都是对干扰比较敏感的动物，与干扰能保持一定的距离，但距离过近会直接引起该类群动物逃离安全地带。雨燕目以空中飞翔的昆虫为食，是城市和村落鸟类群落中常见种类。戴胜为灌丛鸟类，适应人为干扰能力强；夜鹰为夜行性，对干扰适应相对较弱。

猛禽类：以隼形目鹰科、隼科和鸮形目鸱鸮科为代表，性凶猛、食肉。松雀鹰为昼行性猛禽，常分布于橡胶林地，而领角鸮、黄嘴角鸮、鹰鸮则分布于林地且为夜行性物种，可见于人为干扰林地生境中。而鹗、黑耳鸢、蛇雕、游隼则多分布于林地或水库边缘人为干扰较小生境中，红隼和黑翅鸢则常取食活动于开阔的人为干扰生境中。但这些猛禽类繁殖都位于干扰较低的山地或林地中。

鸣禽类：以雀形目为代表，种类和栖息环境差异较大，鸣声响亮，食物多样化。在适应人为干扰能力上，鸣禽类大致分为适应力较弱和适应力较强的类群。

适应人为干扰能力较弱的物种：赤红山椒鸟、灰喉山椒鸟、褐胸噪鹛等适应人为干扰能力相对较弱，常分布于干扰较小的林地或灌草丛生境。

适应人为干扰能力较强的物种：上述物种之外绝大多数都属于这种类型，人为干扰生境可提供其部分食物来源，一般生活在开阔地带的林缘或道路两侧的灌丛、地面或水边等地带，且大多数为当地优势物种。鹡鸰科等常见于荒草地和坑塘湿地附近，取食昆虫，性胆小，飞行具有明显的波浪状，边飞边鸣叫；家燕几乎全区分布，常营巢于居民区附近，食物为空中飞行的昆虫，常停留于村落附近的电线上；白头鹎是该区十分丰富的一个类群，几乎任何地方都可见其踪迹，胆大，食物多为昆虫，树果等；八哥和丝光椋鸟具有一定分布的物种，常成群结对在一起，是鸟类中比较适应人为环境和人为干扰的类群之一，在许多城市繁华地区都能见其活动踪迹；棕背伯劳和黑卷尾几乎在全区的枯木枝、树尖、木桩等独立而醒目的地方都可见，食物为昆虫、蛙等，棕背伯劳常将食物插入树枝上，胆大，喜欢在相对开阔地方活动。乌鸫和鹊鸲十分常见，常停留于电线或居民区附近地面上或建筑上，食性杂，胆大。黑喉石即鸟、黄腹鹪莺常分布于荒草地或路边灌丛，食物为昆虫；暗绿绣眼鸟、黄腹花蜜鸟、黄眉柳莺、斑文鸟常成群或混群活动，食虫、食蜜或食谷物。

③区系组成

评价区共记录 72 种鸟类，其中东洋型物种 33 种、南中国型 5 种，东洋界物种成分占评价区鸟类总数的 52.8%；广布种 16 种、全北型 4 种、古北型 13 种、季风型 1 种、东北型 5，因此，古北界物种成分 39 种，占评价区鸟类总数的 54.2%。

在居留情况上，留鸟 51 种，占 66.2%，冬候鸟 21 种，评价区鸟类区系组成上主要以人工林、灌草丛组成的留鸟类群所构成。

（5）哺乳类

①物种组成

评价区共有兽类 5 目 9 科 14 种，占海南陆栖兽类种类的 18.4%。评价区缺乏对于环境质量要求较高的大、中型兽类，且在物种分布上表现出明显的人工林动物群落的特点，以臭鼩、大菊头蝠、普通伏翼、隐纹花松鼠、黄胸鼠和黑家鼠为当地优势物种，全部为适应人为干扰能力较强的物种。

②生态习性

夜行性类群：臭鼩、棕果蝠、豹猫、黄胸鼠和黑家鼠属于该类群，其中臭鼩、棕果蝠、鼠科都是适应人为干扰能力较强的物种，主要活动时间为夜间。臭鼩貌似老鼠，但上吻尖而突出下唇，主要食物为地下的蠕虫或植物根茎；黄胸鼠和黑家鼠食性杂，具有家野两性，白天和夜间都可见其行踪，主要为夜间活动；棕果蝠食物为花或果实，常分布于村落或水果丰富区域。豹猫分布于评价区林地附近，适应人为干扰能力较弱、肉食性。

昼行性类群：隐纹花松鼠、赤腹松鼠属于该类群，食性杂，水果、坚果、昆虫都是其食物来源，隐纹花松鼠分布广泛，经常活动于人为干扰生境中，人为干扰距离相对小也能适应的类群；而赤腹松鼠相对适应人为干扰能力较弱，分布于评价区的次生林区域。

晨昏性类群：蝙蝠类除棕果蝠之外种类、树鼩属于该类群，白天隐蔽，清晨和黄昏进行活动。蝙蝠类食物为清晨和黄昏飞翔的昆虫，常隐蔽于废弃住宅或建筑缝隙或石洞中，在城市和村落都可分布，由于活动节律的不同，因此对人为干扰能力适应较强；树鼩食性杂，性胆小，对人为干扰适应能力较弱，分布于评价区林地区域。

③区系组成

评价区共记录 14 种兽类，其中东洋型物种 12 种、南中国型 1 种，东洋界物种成分占绝对优势，占 92.9%；古北界季风型 1 种，比例甚低、占 7.1%。全部为中部山地省成分和沿海低地省成分共有种，且充分体现了人工林、村落动物区系的特征。

（6）保护动物

评价区及周边共记录重点保护动物 47 种，占评价区动物种类的 40.2%。其中国家Ⅱ级重点保护动物有 11 种，即松雀鹰、蛇雕、黑耳鸢、黑翅鸢、游隼、红隼、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、领角鸮、黄嘴角鸮、鹰鸮；海南省重点保护陆生脊椎动物 36

种，分别为斑飞蜥、海南睑虎、滑鼠蛇、舟山眼镜蛇、眼镜王蛇、银环蛇、白鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、栗苇开鸟、栗树鸭、鹌鹑、白胸苦恶鸟、黑水鸡、金眶鸻、矶鹬、扇尾沙锥、鹤鹬、泽鹬、白腰草鹬、白腰杓鹬、珠颈斑鸠、火斑鸠、绿嘴地鹃、白头鹎、八哥、丝光椋鸟、乌鸫、蓝矶鸫、褐胸噪鹛、棕果蝠、树鼩、豹猫、隐纹花松鼠和赤腹松鼠。其出现地点详见表 4.2-10。

表 4.2-10　　评价区保护动物现出地点

中文名及学名	保护级别	分布生境	地理坐标
斑飞蜥 *Draco maculatus*	海南省级	鹅城林地	N19°33′59″，09°29′59″
海南睑虎 *Goniurosaurus hainanensis*	海南省级	沙河水库林地	N19°29′54″，E109°31′24″
滑鼠蛇 *Ptyas mucosus*	海南省级	沙河水库灌草丛	N19°29′03″，E109°31′12″
舟山眼镜蛇 *Naja atra*	海南省级	鹅城边缘林地	N19°33′59″，E109°30′13″
眼镜王蛇 *Ophiophagus hannah*	海南省级	鹅城边缘林地	N19°34′14″，E109°30′02″
银环蛇 *Bungarus multicinctus*	海南省级	长坡草丛	N19°42'31″，E109°25'37"
小白鹭 *Egretta garzetta*	海南省级	全区水田、河流及库区湿地	N19°44'55"，E109°21'22" N19°45'49"，E109°20'06" N19°29'28"，E109°31'17" N19°37'22"，E109°27'31"
池鹭 *Ardeola bacchus*	海南省级	全区水田、河流及库区湿地	N19°44'55"，E109°21'22" N19°45'49"，E109°20'06" N19°29'28"，E109°31'17" N19°37'22"，E109°27'31"
牛背鹭 *Bubulcus ibis*	海南省级	全区农田旱地及水田河流	N19°45'06"，E109°21'15" N19°44'55"，E109°21'22" N19°45'49"，E109°20'06" N19°29'28"，E109°31'17" N19°37'22"，E109°27'31"
苍鹭 *Ardea cinerea*	海南省级	入海口湿地	N19°45'49"，E109°18'01"
栗苇开鸟 *Ixobrychus cinnamomeus*	海南省级	吴村附近河流	N19°43'14"，E109°24'57"
栗树鸭 *Dendrocygna javanica*	海南省级	中和水闸及副坝水塘	N19°44'56"，E109°21'22" N19°38'06"，E109°27'13"
松雀鹰 *Accipiter virgatus*	国家Ⅱ级	天角潭水陂橡胶林及农场水塔电线杆	N19°38'24"，E109°26'49" N19°38'09"，E109°26'34"
蛇雕 *Spilornis cheela*	国家Ⅱ级	老水坝农场水塔	N19°38'09"，E109°26'34"

中文名及学名	保护级别	分布生境	地理坐标
黑耳鸢 *Milvus migrans*	国家Ⅱ级	库区上游林地上空	N19°37'49"，E109°27'21"
黑翅鸢 *Elanus caeruleus*	国家Ⅱ级	全区旱地林地边缘	N19°38'32"，E109°26'52" N19°44'55"，E109°21'19" N19°45'02"，E109°21'24"
游隼 *Falco peregrinus*	国家Ⅱ级	库区上游林地	N19°37'25"，E109°27'24"
红隼 *Falco tinnunculus*	国家Ⅱ级	吴村附近旱地	N19°43'19"，E109°24'48"
鹌鹑 *Coturnix coturnix*	海南省级	长坡附近草地	N19°41'34"，E109°25'23"
白胸苦恶鸟 *Amaurornis phoenicurus*	海南省级	大坡栏附近河流草地	N19°41'03"，E109°25'25"
黑水鸡 *Gallinula chloropus*	海南省级	白马井附近养殖区卤厥	N19°46'01"，E109°18'39"
金眶鸻 *Charadrius dubius*	海南省级	全区水田及河流库区	N19°44'55"，E109°21'22" N19°45'49"，E109°20'06" N19°29'28"，E109°31'17" N19°37'22"，E109°27'31"
矶鹬 *Actitis hypoleucos*	海南省级	全区水田及河流库区	N19°44'55"，E109°21'22" N19°45'49"，E109°20'06" N19°29'28"，E109°31'17" N19°37'22"，E109°27'31"
扇尾沙锥 *Capella gallinago*	海南省级	全区水田及河流库区	N19°44'55"，E109°21'22" N19°45'49"，E109°20'06" N19°29'28"，E109°31'17" N19°37'22"，E109°27'31"
鹤鹬 *Tringa erythropus*	海南省级	山村及下游红树林	N19°46'07"，E109°15'18" N19°46'08"，E109°18'38"
泽鹬 *Tringa stagnatilis*	海南省级	下游红树林	N19°46'08"，E109°18'38"
白腰草鹬 *Tringa ochropus*	海南省级	下游红树林	N19°46'08"，E109°18'38"
白腰杓鹬 *Numenius arquata*	海南省级	下游红树林	N19°46'08"，E109°18'38"
珠颈斑鸠 *Streptopelia chinensis*	海南省级	全区村落	N19°45'08"，E109°21'14" N19°46'11"，E109°15'20" N19°41'55"，E109°25'32" N19°38'34"，E109°26'48" N19°37'24"，E109°27'36"
火斑鸠 *Streptopelia tranquebarica*	海南省级	长村附近旱地	N19°44'56"，E109°21'17"

中文名及学名	保护级别	分布生境	地理坐标
褐翅鸦鹃 *Centropus sincnsis*	国家Ⅱ级	全区灌丛	N19°44'56"，E109°21'18" N19°46'02"，E109°18'40" N19°46'12"，E109°15'12" N19°44'45"，E109°21'21" N19°40'11"，E109°25'20"
小鸦鹃 *Centropus toulou*	国家Ⅱ级	大坡栏附近灌丛	N19°41'03"，E109°25'18"
绿嘴地鹃 *Phaenicophaeus tristis*	海南省级	长坡附近灌丛	N19°41'37"，E109°25'19"
领角鸮 *Otus bakkamoena*	国家Ⅱ级	长坡人工林	N19°41'40"，E109°25'21"
黄嘴角鸮 *Otus spilocephalus*	国家Ⅱ级	鹅城林地	N19°34'09"，E109°30'02"
鹰鸮 *Ninox scutulata*	国家Ⅱ级	鹅城林地	N19°34'09"，E109°30'02"
白头鹎 *Pycnonotus sinensis*	海南省级	全区	N19°45'08"，E109°21'14" N19°46'11"，E109°15'20" N19°41'55"，E109°25'32" N19°38'34"，E109°26'48" N19°37'24"，E109°27'36"
八哥 *Acridotheres cristatellus*	海南省级	全区村落	N19°45'08"，E109°21'14" N19°46'11"，E109°15'20" N19°41'55"，E109°25'32" N19°38'34"，E109°26'48" N19°37'24"，E109°27'36"
丝光椋鸟 *Sturnus sericeus*	海南省级	全区村落及人工林	N19°45'08"，E109°21'14" N19°46'11"，E109°15'20" N19°41'55"，E109°25'32" N19°38'34"，E109°26'48" N19°37'24"，E109°27'36"
乌鶇 *Turdus merula*	海南省级	全区村落	N19°45'08"，E109°21'14" N19°46'11"，E109°15'20" N19°41'55"，E109°25'32" N19°38'34"，E109°26'48" N19°37'24"，E109°27'36"
蓝矶鶇 *Monticola solitarius*	海南省级	长村附近河流边缘	N19°41'39"，E109°25'25"
褐胸噪鹛 *Garrulax maesi*	海南省级	叉村灌丛	N19°40'12"，E109°25'19"
棕果蝠 *Rousettus leschenaulti*	海南省级	郭郎村村落	N19°48'13"，E109°19'42"

中文名及学名	保护级别	分布生境	地理坐标
树鼩 *Tupaia belangeri*	海南省级	长村村落	N19°45'07"，E109°21'14"
豹猫 *Prionailurus bengalensis*	海南省级	鹅城林地	N19°34'17"，E109°30'08"
隐纹花松鼠 *Tamiops swinhoei*	海南省级	全区	N19°45'08"，E109°21'14" N19°46'11"，E109°15'20" N19°41'55"，E109°25'32" N19°38'34"，E109°26'48" N19°37'24"，E109°27'36"
赤腹松鼠 *Callosciurus erythraeus*	海南省级	鹅城林地	N19°34'16"，E109°30'08"

其中 11 种国家Ⅱ级重点保护动物的生态习性及分布如下：

松雀鹰：小型猛禽，体长 28~38cm。雄鸟上体黑灰色，喉白色，喉中央有一条宽阔而粗著的黑色中央纹，其余下体白色或灰白色，具褐色或棕红色斑，通常栖息于海拔 2800 公尺以下的山地针叶林、阔叶林和混交林中，冬季时则会到海拔较低的山区活动性机警，人很难接近，常单独生活。喜在 6～13 米高的乔木上筑巢，以树枝编成皿状。主要捕食鼠类、小鸟、昆虫等动物。国外分布：印度、东南亚、菲律宾及大巽他群岛。国内分布：内蒙古东北部、东北山地、西藏南部至陕西、四川、云南、广西、广东、福建、海南。

蛇雕：全长 61~73cm，大中型鹰类。头顶具黑色杂白的圆形羽冠，覆盖后头。上体暗褐色，下体土黄色，颏、喉具暗褐色细横纹，腹部有黑白两色虫眼斑。飞羽暗褐色，羽端具白色羽缘;尾黑色，中间有一条宽的淡褐色带斑:尾下覆羽白色。喙灰绿色，蜡膜黄色。跗跖及趾黄色，爪黑色。多成对活动。栖居于深山高大密林中，喜在林地及林缘活动，在高空盘旋飞翔，发出似啸声的鸣叫。以蛇、蛙、蜥蜴等为食，也吃鼠和鸟类、蟹及其他甲壳动物。用树枝筑巢于高大树上。每年 3~5 月份繁殖，产卵一枚，卵色乳白或黄白色杂以红棕色污渍。营巢于高树上，用树枝搭成平台式的巢，内铺绿叶。以小型两栖类、爬行类以及鸟类为食。分布于泰国、缅甸、印度、巴基斯坦、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚和中国。

黑耳鸢：体型略大的猛禽，体长约 65cm，体羽深褐色，尾略显分叉，腿爪灰白色有黑爪尖。飞行时初级飞羽基部具明显的浅色次端斑纹。似黑鸢但耳羽黑色，体型较大，翼上斑块较白。虹膜褐色;嘴灰色，蜡膜蓝灰;脚灰色。一般栖息于开阔的平原、草地、荒原和低山丘陵地带，也常在城郊、村庄、田野、港湾、湖泊上

空活动，以小鸟、鼠类、蛇、蛙、鱼、蜥蜴和昆虫等动物性食物为食，偶尔也吃家禽和腐尸，是大自然中的清道夫。广泛分布于亚洲北部至日本。

黑翅鸢：小型猛禽，体长约 33cm。上体蓝灰色，下体白色。眼先和眼周具黑斑，肩部亦有黑斑，飞翔时初级飞羽下面黑色，和白色的下体形成鲜明对照。尾较短，平尾，中间稍凹，呈浅叉状。脚黄色，嘴黑色。常在空中翱翔，间或进行滑翔。白天常见停息在大树树梢或电线杆上，当有小鸟和昆虫飞过时，才突然猛冲过去扑食。飞翔的高度较低，采用盘旋、翱翔等方式。一般单独活动，活动在白天，多在早晨和黄昏进行。主要以田间的鼠类、昆虫、小鸟、野兔、昆虫和爬行动物等为食。分布于中国、摩洛哥、阿尔及利亚、埃及，好望角、马达加斯加，阿富汗、印度、斯里兰卡、越南、缅甸、印度尼西亚、菲律宾等地，也见于葡萄牙、匈牙利、德国等欧洲南部国家。

游隼：中型猛禽，体长 41~50cm 米。翅长而尖，眼周黄色，颊有一粗著的垂直向下的黑色髭纹，头至后颈灰黑色，其余上体蓝灰色，尾具数条黑色横带。下体白色，上胸有黑色细斑点，下胸至尾下覆羽密被黑色横斑。飞翔时翼下和尾下白色，密布白色横带，常在鼓翼飞翔时穿插着滑翔，也常在空中翱翔，野外容易识别。幼鸟上体暗褐色，下体淡黄褐色，胸、腹具黑褐色纵纹。主要栖息于山地、丘陵、半荒漠、沼泽与湖泊沿岸地带，也到开阔的农田、耕地和村屯附近活动。分布甚广，几乎遍布于世界各地。

红隼：是隼科的小型猛禽之一。喙较短，先端两侧有齿突，基部不被蜡膜或须状羽;鼻孔圆形，自鼻孔向内可见一柱状骨棍;翅长而狭尖，扇翅节奏快;尾较细长。飞行快速，善于在飞行中追捕猎物。栖息于山地和旷野中，多单个或成对活动，飞行较高。以猎食时有翱翔习性而著名。吃大型昆虫、鸟和小哺乳动物。呈现两性色型差异，雄鸟的颜色更鲜艳。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。甚常见留鸟及季候鸟，除干旱沙漠外遍及各地。

褐翅鸦鹃：中型鸟类，体长 40-52cm，嘴粗厚、黑色，尾长而宽，凸尾，通体除两翅、肩和肩内侧为栗色外全为黑色。褐翅鸦鹃广泛分布于东亚、南亚、东南亚地区，栖息于 1000m 以下的低山丘陵和平原地区的林缘灌丛、稀树草坡、河谷灌丛、草丛和芦苇丛中，单个或成对活动，善于隐蔽，飞行时急扑双翅，尾羽张开，上下摆动，主要以动物性食物为食，有时还吃一些杂草种子和果实等植物性食物。

小鸦鹃：中型鸟类，体长 30-40cm，外形似褐翅鸦鹃，通体黑色，肩和翅栗色，但体型较褐翅鸦鹃小，且翼下覆羽为红褐色或栗色。小鸦鹃为留鸟，通常栖息于草地、灌木丛和矮树丛地带，喜单独或成对活动，主要以昆虫和小型动物为食，也吃少量植物果实与种子。小鸦鹃广泛分布于南亚、东亚和东南亚地区。

领角鸮：小型鸮类，体长 20~27cm。外形和红角鸮非常相似，但它后颈基部有一显著的翎领。上体通常为灰褐色或沙褐色，并杂有暗色虫蠹状斑和黑色羽干纹；下体白色或皮黄色，缀有淡褐色波状横斑和黑色羽干纹，前额和眉纹皮黄白色或灰白色。主要栖息于山地阔叶林和混交林中，也出现于山麓林缘和村寨附近树林内。主要以鼠类、甲虫、蝗虫、鞘翅目昆虫为食。中国主要分布于黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、陕西、河南、江苏、江西、安徽、福建、广东、广西、云南、贵州、四川、香港、台湾和海南岛。

黄嘴角鸮：小型鸟类，体长 18-21cm。的茶黄褐色角鸮。眼黄色，嘴奶油色，特征为无明显的纵纹或横斑，仅肩部具一排硕大的三角形白色点斑。主要栖息于海拔 2000 米以下的山地常绿阔叶林和混交林中,有时也到山脚林缘地带。夜行性，在夜晚和黄昏活动，白天多躲藏在阴暗的树叶丛间或洞穴中。以鼠类、蜥蜴、大的昆虫和昆虫幼虫为食。分布于喜马拉雅山脉、印度次大陆的东北部、中国南部、东南亚、苏门答腊及北婆罗洲。

鹰鸮：体长 22-32cm，无明显的脸盘和领翎，眼先具黑须。迁徙。眼大，深色，似鹰，故名。喙坚强而钩曲。嘴基蜡膜为硬须掩盖。翅的外形不一，第五枚次级飞羽缺。尾短圆，尾羽 12 枚。脚强健有力，常全部被羽，第四趾能向后反转，以利攀缘。爪大而锐。尾脂腺裸出。无副羽。耳孔周缘具耳羽，有助于夜间分辨声响与夜间定位。栖息于山地阔叶林中，喜欢在夜间和晨昏活动，飞行迅捷无声，捕食昆虫、小鼠和小鸟等。营巢于树洞或岩隙中。雏鸟晚成性。分布于中国、俄罗斯东部、日本、朝鲜、印度、斯里兰卡、中南半岛、马来半岛、菲律宾和印度尼西亚。

（7）动物资源小结

①评价区动物以适应人类干扰的类群为主

评价区位于海南省西北部沿海低地区域，动物群落组成上可分为人工林动物群落、灌草丛动物群落、旱地农田动物群落、村落动物群落、湿地动物群落及残存村落附近的次生林动物群落。

人工林动物群落：主要分布于评价区的橡胶和槟榔等人工林地，绝大多数都是适应人为干扰能力较强的物种，如黑眶蟾蜍、泽蛙、花姬蛙、疣尾蜥虎、中国壁虎、变色树蜥、长尾南蜥、多线南蜥、钩盲蛇、白头鹎、丝光椋鸟、八哥、领角鸮、松雀鹰、黄眉柳莺、黄腹花蜜鸟、珠颈斑鸠、棕背伯劳、鹊鸲、斑文鸟、隐纹花松鼠、黄胸鼠等是人工林动物群落的物种组成。

灌草丛动物群落：主要分布于评价区河流两岸的灌草丛生境中，绝大多数适应人为干扰能力较强，如黑眶蟾蜍、泽蛙、花姬蛙、变色树蜥、钩盲蛇、草腹链蛇、戴胜、白鹡鸰、灰鹡鸰、黄鹡鸰、八哥、黑卷尾、白头鹎、棕背伯劳、黄腹鹪莺、黑喉石即等物种；也有部分适应人为干扰能力较弱的物种分布，如褐翅鸦鹃、小鸦鹃、绿嘴地鹃、褐胸噪鹛等。

旱地农田动物群落：主要分布于评价区河流两岸的旱地和农田生境中，绝大多数为适应人为干扰能力较强的物种构成，如黑眶蟾蜍、泽蛙、花姬蛙、变色树蜥、钩盲蛇、白鹡鸰、黄鹡鸰、树鹨、林鹨、珠颈斑鸠、火斑鸠、棕背伯劳、八哥、白头鹎、纯色鹪莺、黄胸鼠等。

村落动物群落：分布于评价区村落附近，绝大多数为人为干扰适应能力较强的物种。黑眶蟾蜍、中国壁虎、疣尾蜥虎、变色树蜥、珠颈斑鸠、白鹡鸰、家燕、白头鹎、棕背伯劳、乌鸫、鹊鸲、臭鹩、隐纹花松鼠、蝙蝠类、黄胸鼠和黑家鼠等组成，都是适应人为干扰能力较强的物种。

湿地动物群落：主要分布于评价区河流及水库区域，华南雨蛙、泽蛙、沼蛙、斑腿泛树蛙、花姬蛙、饰纹姬蛙、渔游蛇、中国水蛇、铅色水蛇、乌游蛇、白鹭、大白鹭、池鹭、苍鹭、栗苇开鸟、矶鹬、金眶鸻、扇尾沙锥、白胸翡翠、普通翠鸟等是湿地动物群落的主要成分，其中白鹭、大白鹭、池鹭、苍鹭、栗苇开鸟、矶鹬、金眶鸻、扇尾沙锥适应人为干扰能力较弱。

残存的村落附近次生林动物群落：由于其残存于村落附近，受到人为干扰相对也较大，基本以村落动物群落构成为主体，黑眶蟾蜍、中国壁虎、疣尾蜥虎、变色树蜥、珠颈斑鸠、白鹡鸰、家燕、白头鹎、棕背伯劳、乌鸫、鹊鸲、臭鹩、隐纹花松鼠、蝙蝠类、黄胸鼠和黑家鼠等组成，都是适应人为干扰能力较强的物种，缺乏成片典型次生林动物群落的物种组成的特点，大型或适应人为干扰能力较弱的物种和重点保护动物缺失。

综上分析，评价区动物以适应人类干扰的类群为主。

②保护物种多，但总群数量不大，且适应人为扰动能力相对较强

国家Ⅱ级重点保护动物有 11 种，即松雀鹰、蛇雕、黑耳鸢、黑翅鸢、游隼、红隼、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、领角鸮、黄嘴角鸮、鹰鸮；海南省重点保护陆生脊椎动物 36 种，分别为斑飞蜥、海南睑虎、滑鼠蛇、舟山眼镜蛇、眼镜王蛇、银环蛇、白鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、栗苇开鸟、栗树鸭、鹌鹑、白胸苦恶鸟、黑水鸡、金眶鸻、矶鹬、扇尾沙锥、鹤鹬、泽鹬、白腰草鹬、白腰杓鹬、珠颈斑鸠、火斑鸠、绿嘴地鹃、白头鹎、八哥、丝光椋鸟、乌鸫、蓝矶鸫、褐胸噪鹛、棕果蝠、树鼩、豹猫、隐纹花松鼠和赤腹松鼠。

4.2.1.5 土地利用现状

遥感判读和实际调查的结果表明，评价区分布有 7 种土地利用类型，为耕地、有林地、灌木林地、草地、建设用地、水域和园地，见表 4.2-11。在各类用地中，园地面积最大，有 21730.76 hm^2，有林地和耕地次之，分别达到 10010.95hm^2 和 9154.00hm^2。有林地虽然分布一定的面积，但是以人工林和次生林为主，林地总体质量相对较差。其他用地类型分布面积相对较小，不足评价区 10%。

表 4.2-11　　评价区土地利用现状

土地利用类型	面积（hm^2）	比例（%）
耕地	9154.00	17.71
有林地	10010.95	19.37
灌木林地	1583.77	3.06
草地	1655.23	3.20
建设用地	4597.23	8.89
水域	2959.07	5.72
园地	21730.76	42.04
合计	51691.01	100.00

4.2.1.6 景观及生态系统

评价区自然生态系统由红树林生态系统、热带低地雨林生态系统、灌丛生态系统、草丛生态系统、河滩地生态系统和水域生态系统 6 类构成，人工生态系统包括农田生态系统、果园生态系统、人工林生态系统、人工建设用地生态系统 4 类。评价区内生态系统类型较少，各类型分布面积差异明显，且物种数量不多（物种较为丰富的区域主要集中在保护区等生态敏感区内）、生态系统多样性指数偏低是评价区生态系统现状的明显特征。

（1）红树林生态系统

评价区内红树林生态系统总面积为 328.98 hm^2，占评价区总面积的 0.47%，是评价区内分布面积较小的生态系统类型。区域内红树林生态系统由红树+桐花树+白骨壤群落组成，集中分布于儋州湾的淤泥海岸带区域。红树林群落外貌整齐，为灌木型，该植物群落分布于流域下游入海口一带，群落组成物种不多，结构简单，仅灌木层 1 层。层内物种不多由小乔木或灌木物种组成，未见草丛植物。虽然评价区内红树林生态系统相对于该区域的地带性植被（热带低地雨林）的生态系统结构较简单。但由于该生态系统主要位于保护区内，人为干扰相对较少。因此，它仍是评价区内功能最强、生物多样性综合指数最高、结构最为完善的生态系统类型，评价区内分布的绝大部分鸟类在红树林生态系统中均有分布。评价区的红树林生态系统的物质和能量交流频繁，内部食物链丰富而且彼此交叉成结构复杂的食物网，表现出最高的稳定性。

（2）热带低地雨林生态系统

评价区内热带低地雨林生态系统总面积为 57.24 hm^2，占评价区总面积的 0.08%，是评价区内分布面积最小的生态系统类型。由于人为干扰强烈，区域内热带低地雨林生态系统由竹节树+鹊肾树+潺槁木姜群落、厚皮树+土坛树+刺竹群落和白楸+鸭脚木+大果榕群落组成。竹节树+鹊肾树+潺槁木姜群落类型是北门江沿岸村庄周边有特色的植被类型，植物群落外貌终年常绿，群落结构比较简单，一般可分为乔木层、灌木层和草本层 3 层。群落组成成分相对丰富，群落外缘有外来植物分布现象；厚皮树+土坛树+刺竹群落主要分布在靠近儋州湾附近的人工桉树林的外围，群落外貌不连续，群落结构组成成份较简单。群落内物种不多；白楸+鸭脚木+大果榕群落是由湿润雨林被破坏后自然恢复形成的次生性森林植被类型，主要散布在那旦水库周边橡胶林的外围，受到破坏程度严重。群落外貌不连续，结构较稀疏。虽然受人类活动干扰，评价区热带低地雨林生态系统结构较简单。但是相对于农田生态系统、灌丛生态系统等，它仍是评价区内功能较强、生物多样性综合指数较高、结构较为完善的生态系统类型，评价区内分布的绝大部分兽类、鸟类和爬行类在热带低地雨林生态系统中均有分布。评价区的热带低地雨林生态系统的物质和能量交流转换，内部食物链丰富而且彼此交叉成食物网，表现出相对的稳定性。

（3）灌丛生态系统

灌丛生态系统主要分布于评价区森林林缘、耕地边和河滩地，为次生类型，由水柳+水竹+鹊肾河沟群落、白楸+构树+山黄麻群落、火筒树+山黄麻+鱼尾葵 群落和光荚含羞草+斑茅+飞机草群落组成。评价区内灌丛生态系统面积为 2178.6 hm^2，约占评价区总面积的 3.14%，分布面积居第四位。灌丛生态系统内植物物种数少、层次简单、植被覆盖率较红树林和热带低地雨林低，由此表现出的抗干扰能力和稳定性也低于红树林和热带低地雨林生态系统。但灌丛仍为爬行类、鼠类、鸟类等中小型动物提供了觅食和隐蔽场所；另外，鸟类中的鸡形目种类也偏爱在灌丛中出没。灌丛生态系统与森林生态系统在评价区内彼此间物质循环和能量流动关系密切，森林生态系统一旦被毁坏，将退化为灌丛生态系统，并在相当长的时间内继续存在；人类干扰和地质灾害消失后，灌丛将在自然状态下经过较漫长的岁月逐步演替为森林生态系统。

（4）草丛生态系统

评价区草丛生态系统为过渡型生态系统，种类组成和结构较为单一，分布面积为 1342.9 hm^2，占评价区的 1.93%，对评价区生态系统结构和功能的影响小。

（5）河滩地生态系统

河滩地生态系统面积为 140.22 hm^2，仅占评价区总面积的 0.20%，主要由水竹+蔓生莠竹+水龙群落组成。河滩地生态系统主要分布于北门江流域的中上游河滩边上，以一些常见的耐污染种类和一些外来入侵种为主组成。河滩地生态系统为部两栖类、水鸟等提供了栖息场所，构成了湿地生态系统的重要一环。

（6）水域生态系统

评价区水域生态系统面积为 3609.18 hm^2，仅占评价区总面积的 5.20%，主要由北门江干支流以及零散的人工塘库等类型组成。其特点是北门江主河道及其主要支流（南茶河、巴黎河等）较开阔、水流量大、流速慢；其它小支流水面窄，水流量小，流速慢；塘库面积小，容积少，水质差，贮水主要用于周边耕地灌溉。评价区水域生态系统是区内两栖类、水禽及涉禽等鸟类和小型哺乳类饮水的地方，经常活动于水域（河流）生态系统中的动物主要是两栖类、鱼类以及一些以水域环境栖息的鸟类。水域生态系统是重要的水源地，对其他生态系统的维持和分布有调控作用。

（7）人工构筑物生态系统

人工构筑物生态系统的定义是一个由城市、集镇、村落聚居地、零散民房及

其附近环境复合而成的，是集物质循环与生态进化及其共同的自然环境和人工环境于一体的复杂系统，在评价区分布面积为 6337.97 hm^2，占评价区总面积的 9.13%。由于目前农村劳动力主要集中于城镇，因此，评价区内的村寨民房居住率不高，常年居住人口数量也极大下降。此外，道路等线状建筑物是评价区与周边及区内物资、人员流动运输的重要通道，而该生态系统自身的高连通性是建立在对其他生态系统切割、阻隔的基础之上的。

（8）农田生态系统

农田生态系统主要包括当地农民生产生活范围内的旱地、水田等，在评价区内分布面积为 10295.48 hm^2，占评价区总面积的 14.83%，是评价区内面积较大的生态系统类型。由于农田生态系统受人类干扰较为强烈，活动于其中的动物种类相对较少，以黑斑侧褶蛙、沼水蛙、中华蟾蜍、乌梢蛇、短尾蝮、微尾鼩、黑线姬鼠、白头鹎、家燕及啮齿类动物等小型动物为主。

（9）果园生态系统

评价区果园生态系统种类组成和结构较为单一，组成物种主要有荔枝、龙眼、菠萝蜜和椰子等，分布面积为 1314.24 hm^2，占评价区的 1.89%，对评价区生态系统结构和功能的影响较小。

（10）人工林生态系统

评价区内人工林生态系统总面积为 43814.05 hm^2，占评价区总面积的 63.12%，是评价区内分布面积最大的生态系统类型。区域内人工林生态系统由经济林和防护林等组成，其中多数为人工经济林性质，主要以橡胶和桉树为代表，评价区人工林生态系统结构单一，林冠层多为一层，通常种植密度也很大，林下灌木草本稀疏。人工林生态系统系统运行的目的不是为维持自身的平衡，而是为满足人类的需要，对区内其他生态系统的维持和分布有防护作用，见表 4.2-12。

表 4.2-12　　评价区内各类生态系统分布现状

生态系统类型	斑块数（块）	斑块比例（%）	面积（hm^2）	面积比例（%）
建设用地	1293	24.35	6337.97	9.13
农田	810	15.25	10295.48	14.83
红树林	81	1.53	328.98	0.47
热带低地雨林	25	0.47	57.24	0.08
灌丛	582	10.96	2178.6	3.14
草丛	308	5.80	1342.9	1.93
果园	159	2.99	1314.24	1.89

生态系统类型	斑块数（块）	斑块比例（%）	面积（hm^2）	面积比例（%）
河滩地	216	4.07	140.22	0.20
水域	559	10.53	3609.18	5.20
人工林	1278	24.06	43814.05	63.12
合计	5311	100.00	69418.86	100.00

综上分析，评价区农田生态系统和人工林生态系统在评价区分布最为广泛，农田以旱地、水田为主，人工林地的面积最大，类型较单一，起源也多为经济林或防护林性质，反映出该区域长期人为影响强度大，生态系统人工干预性质较强的特点。

4.2.2 水生生态

为全面掌握北门江流域水生生境、水生生物及鱼类现状，特委托中山大学于2016年3月10日~3月25日、2016年8月5日~8月8日对天角潭水利枢纽工程影响江段水生生态进行了2次调查。

4.2.2.1 调查范围及断面设置

（1）调查范围

以工程影响区域为重点，兼顾全面的原则，将调查区域设为：从天角潭水库库尾的东风电站坝址至入海口约40km北门江干流河段，包括主要支流南茶河、巴黎河、太平河等，入海口附近海域，以及木棠镇的周宅水库和大域水库。

（2）断面设置

1）根据控制性、代表性原则，断面设置情况如表 4.2-13所示，采样断面布置示意图见附图12。

表 4.2-13　　水生生态调查断面布置情况

断面类别		断面名称	断面序号
干流断面	下游	入海口附近海水区（咸水区）	1
		北门江入海口（左，咸淡水混合区）	2
		北门江入海口（右，咸淡水混合区）	3
		中和镇附近河段	4
		太平河汇口以下2km	5
	中上游	天角潭水陂坝下	6
		天角潭水陂坝前	7
		天角潭水库坝址处	8

断面类别		断面名称		断面序号
		天角潭水库库区		9
		西联水电站坝下		10
		西联水电站坝前		11
支流断面		南茶河	南茶水库库区	12
			南茶水库坝下	13
		太平河		14
		巴黎河	红专水库库区	15
			红专水库坝下	16
灌区		周宅水库（木棠镇）		17
		大域水库（木棠镇）		18

2）水生生态调查断面基本情况见表 4.2-14。

表 4.2-14　　各调查断面基本情况

序号	断面名	水深(m)	透明度(m)	水温(℃)	盐度‰	pH	溶解氧(mg/L)	TDS(mg/L)
1	北门江入海口（咸水区）	0.40	0.40	25.5	23.60	5.14	5.53	24.22
2	北门江入海口（左，咸淡水）	1.50	0.55	25.2	6.15	5.28	4.80	7.033
3	北门江入海口（右，咸淡水）	1.64	0.49	25.7	6.04	5.22	4.91	6.837
4	中和镇附近河段	2.52	0.27	22.3	0.09	5.52	6.59	0.152
5	太平河交汇以下 2km	0.20	0.20	27.4	0.06	5.19	6.42	0.084
6	天角潭水陂坝下	2.40	0.24	22.6	0.10	5.71	6.81	0.140
7	天角潭水陂坝前	4.00	0.20	25.6	0.10	5.80	9.30	0.138
8	天角潭水库坝址处			23.1	0.10	5.89	7.79	0.142
9	天角潭水库库区			22.8	0.10	5.85	7.81	0.144
10	西联电站坝下	0.65	0.46	23.5	0.04	6.47	6.90	0.052
11	西联水电站坝前	1.16	0.46	24.7	0.04	6.50	7.38	0.043
12	南茶水库库区	4.80	2.70	22.5	0.04	5.72	7.35	0.051
13	南茶水库坝下	0.30	0.10	25.1	0.12	5.76	3.92	0.164
14	太平河	0.45	0.45	30.2	0.11	5.30	5.17	0.147
15	红专水库库区	5.65	2.40	22.1	0.05	5.53	7.21	0.058
16	红专水库坝下	0.37	0.15	25.6	0.13	5.59	4.06	0.157
17	周宅水库（木棠镇）			27.0	0.09	6.81	7.53	0.071
18	大域水库（木棠镇）			25.2	0.04	6.74	7.61	0.060

3）现场采样情况(部分调查断面)：

西联水电站坝下：

晴；水温：23.5℃；透明度：0.46m；水深：0.65m；盐度：0.04‰；pH：6.50；溶解氧：7.90 mg/L；TDS（溶解性固体总量）：0.051mg/L。




南茶水库坝下（N 19.49784，E 109.56402）

晴；水温：25.1℃；透明度：0.10 m；水深：0.32m；盐度：0.12‰；pH：5.76；溶解氧：3.92 mg/L；TDS：0.164mg/L。




天角潭水陂坝前（N 19.63973，E 109.44912）

晴；水温：25.6℃；透明度：0.20 m；水深：4.00m；盐度：0.10‰；pH：5.71；溶解氧：9.30 mg/L；TDS：0.138mg/L。




天角潭水陂坝下（N 19.64008，E 109.44854）

晴；水温：22.6℃；透明度：0.24 m；水深：2.40m；盐度：0.10‰；pH：5.84；溶解氧：6.81 mg/L；TDS：0.140mg/L。




太平河交汇处 2km（N 19.71600，E 109.46400）

晴；水温：27.4℃；透明度：0.20 m；水深：0.20m；盐度：0.06‰；pH：5.19；溶解氧：6.42 mg/L；TDS：0.084mg/L。




太平河（N 19.8000，E 109.6000）

晴；水温：30.2℃；透明度：0.45 m；水深：0.45m；盐度：0.11‰；pH：5.30；溶解氧：5.17 mg/L；TDS：0.147mg/L。




北门江入海口（咸淡水）（N 19.75686，E 109.31290）

晴；水温：25.2℃；透明度：0.55 m；水深：1.50m；盐度：6.15‰；pH：5.28；溶解氧：4.80 mg/L；TDS：7.033mg/L。

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">北门江入海口（咸水）（N 19.77245，E 109.29428）
晴；水温：25.5℃；透明度：0.40 m；水深：0.40m；盐度：23.60‰；pH：4.64；溶解氧：5.53 mg/L；TDS：24.220mg/L。</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

（3）调查内容

1）水生生境调查

水生生境调查包括调查水域的水温、溶解氧、pH 值、透明度、流速、河流底质等。

2）浮游生物、底栖动物和水生维管束植物调查

浮游生物、底栖动物和水生维管束植物的种类、分布密度、生物量、优势种。

3）鱼类资源调查

鱼类种类组成、栖息范围、生活水层、食性、繁殖习性和洄游习性；珍稀、特有和主要经济鱼类的种类组成、分布、栖息范围、生态习性；各江段渔获物的种类组成、种群结构、相对数量比例、相对重量比例；鱼类早期资源调查。

4）鱼类重要生境调查

“三场”分布区域、范围、产卵场的产卵时间、繁殖规模。

4.2.2.2 调查方法

（1）浮游生物

1）浮游植物采集

包括定性采集和定量采集。定性采集采用 25 号筛绢制成的浮游生物网在水中拖曳采集。定量采集则采用 5000mL 采水器取上、中、下层水样，经充分混合后，取 1000mL 水样（根据江水泥沙含量、浮游植物数量等实际情况决定取样量，并采用泥沙分离的方法），加入鲁哥氏液固定，经过 48h 静置沉淀，浓缩至约 100mL，保存待检。

以下为定量采集的详细介绍：

①采样层次

视水体深浅而定，如水深在 3m 以内、水团混和良好的水体，可只采表层（0.5m）水样；水深 3-10m 的水体，应至少分别取表层（0.5m）和底层（离底 0.5m）两个水样；水深大于 10m，更应增加层次，每隔 2-5m 距离采集 1 个样品。为了减少工作量，也可采取分层采样，各层等量混合成 1 个水样的方法。

②采样固定

计数用水样应立即用 10mL 鲁哥氏液加以固定（固定剂量为水样的 1%）。需长期保存样品，再在水样中加入 5mL 左右福尔马林液。在定量采集后，同时用 25 号筛绢制成的浮游生物网进行定性采集，专门供观察鉴定种类用。采样时间应尽量在一天的相近时间，例如在上午的 8-10 时。

③沉淀和浓缩

沉淀和浓缩需要在筒形分液漏斗中进行，但在野外一般采用分级沉淀方法。根据理论推算最微小的浮游植物的下沉速度约为每 0.3cm/h，例如分液漏斗中水柱高度为 20cm，则需沉淀 60h。但一般浮游藻类小于 50μm，再经过固定后，下沉较快，所以静置沉淀时间一般可为 48h。有时在野外条件下，为节省时间，也可采取分级沉淀方法，即先在直径较大的容器（如 1L 水样瓶）中经 24h 的静置沉淀，然后用细小玻璃管（直径小于 2mm）借虹吸方法缓慢地吸去 1/5-2/5 的上层的清液，注意不能搅动或吸出浮在表面和沉淀的藻类（虹吸管在水中的一端可用 25 号筛绢封盖）、再静置沉淀 24h，再吸去部分上清液。如此重复，使水样浓缩到 100mL 左右。然后仔细保存，以便带回室内做进一步处理。并在样品瓶上写明采样日期、采样点、采水量等。

2）浮游动物采集

用采水器在水面以下每隔 1m 采 5L 混合水样，根据河流、湖泊的泥沙含量、浮游动物数量等实际情况决定取样量，一般取样量在 20L-50L 之间，现场采用 25 号筛绢制成的浮游生物网过滤，将样品装入 200mL 透明样品瓶中，以无水乙醇或者 1%甲醛固定。

3）浮游生物样品观察及数据处理

室内先将样品浓缩、定量至约 100mL，摇匀后吸取 10mL 样品置于沉降杯内，浮游植物在显微镜下按视野法计数、浮游动物则全片计数，每个样品计数 2 次,取其平均值，每次计数结果与平均值之差应在 15％以内，否则增加计数次数。

每升水样中浮游植物数量的计算公式如下：

$$N=\frac{C_S}{F_S \cdot F_n} \cdot \frac{V}{v} \cdot P_n$$

公式中： N——1L 水中浮游植物的密度（cells/L）；

Cs——沉降杯的面积（mm^2）；

Fs——视野面积（mm^2）；

Fn——每片计数过的视野数；

V——1L 水样经浓缩后的体积（mL）；

v——沉降杯的容积(mL)；

Pn——计数所得细胞数(cell)。

每升水样中浮游动物数量的计算公式如下：

$$A = \frac{V_c}{V_s \times V_m} \times D$$

公式中： A——1L 水中浮游动物的丰度（ind./L）；

Vc——水样浓缩后的体积（mL）；

Vs——采样体积（L）；

Vm——镜检体积（mL）；

D——计数所得个体数（ind.）。

（2）底栖动物

1）样品采集

底栖动物分三大类水生昆虫、寡毛类、软体动物。依据断面长度布设采样点，用 Petersen 氏底泥采集器采集定量样品，每个采样点采 2～3 份泥样。软体动物定性样品用 D 形踢网（kick-net）进行采集，水生昆虫、寡毛类动物定性样品的采集同于定量样品。砾石底质无法用采泥器挖取的，捞取砾石用 60 目筛绢网筛洗或直接翻起石块在水流下方用筛绢网捞取。

2）样品处理和保存

①洗涤和分拣

将泥样倒入塑料盆中，仔细刷下砾石上附着的底栖动物，用 40 目分样筛筛拣出大型动物，剩余杂物全部装入塑料袋中，加少许清水带回室内，在白色解剖盘中用细吸管、尖嘴镊和解剖针进行分拣。

②保存

软体动物放入 5％甲醛或 75％乙醇溶液中进行保存；水生昆虫用 5％固定数小时后再用 75％乙醇保存；寡毛类动物先放入加清水的培养皿中，并缓缓滴数滴 75％乙醇麻醉，待其身体完全舒展后再用 5％甲固定，于 75％乙醇保存。

3）计量和鉴定

①计量

按种类计数（损坏标本一般只统计头部），再换算成 ind./m^2。软体动物用电子称称重，水生昆虫和寡毛类动物用扭力天平称重，再换算成 g/m^2。

②鉴定

软体动物鉴定到种，水生昆虫（除摇蚊幼虫）至少到科；寡毛类和摇蚊幼虫至少到属。

（3）鱼类

收集流域内鱼类资源的有关资料，并对收集到的资料进行初步整理。采集各种鱼类的标本，应选用新鲜、鳞片和鳍条完整无缺、包含不同大小的鱼制作标本。每种鱼的标本数量宜为 10-20 尾，稀少或特有种类的标本应尽量多采集。

采集方法主要有 3 种：

①结合渔业生产捕捞鱼类标本；

②从鱼市收购站购买标本，但要了解其捕捞水域基本情况；

④非渔业区域可根据监测工作需要进行专门捕捞采集。

在野外采集到鱼样后，应尽快处理和保存，样品鱼要新鲜，体型完整，固定前要详细观察记录鱼体各部分的颜色。如果当天分析，冷冻保存即可，否则加入3g 硼砂和 50mL 10%福尔马林溶液固定。体长超过 7.5cm 的鱼，要打开体腔，使固定剂浸入内脏器官。在鱼体僵硬前，注意将鱼体各部及鳍条的形状摆正，最好用纱布包裹后浸入固定液中保存。

4.2.2.3 水生生境

（1）西联电站坝址至天角潭水陂河段

西联电站坝址至天角潭水陂河段属于低山丘陵区，流水河段水流相对较急。该河段已建有天角潭水陂、西庆水电站、两院水电站，天然河段已被已建电站分割成多个库区缓流水及坝下减脱水河段。天角潭坝址断面位于天角潭水陂库区内，现状水深约 6~8m 左右，水面宽大约 50~80m，水体流速较缓。河道两岸植被完整（图 4.2-11）。



天角潭水陂



待建天角潭坝址河段



西庆电站



西庆电站坝下



两院电站坝前



西联电站

图 4.2-11　西联电站坝址至天角潭水陂河段水生生境现状

（2）天角潭水陂至入海口河段

天角潭水陂以下河段属阶地和海滨平原区，地势平坦，该河段坡降小，河道宽浅，水流较缓，较上游水面加宽，以缓流生境为主，两岸以耕地为主（图 4.2-10）。



中和镇附近河段



入海口分支 1



入海口分支 2



入海口分支 3

图 4.2-10　天角潭水陂至入海口河段水生生境现状

（3）入海口处

河口冲淡区为大面积的人工养殖塘，水流分散，难以汇集成河（图 4.2-11），人为干扰较大，鱼类分布较少，实际调查中除鲢、鳙、草鱼外，未采集到其它鱼类。



入海口处人工养殖区



养殖池塘

图 4.2-11 北门江入海口处水生生境现状

4.2.2.4 浮游植物

（1）种类组成

本次调查共检出浮游植物 121 种（属），以绿藻门种类最为丰富，共有 60 种（属），占全部检出种类的 49.6%，其次为甲藻门和硅藻门，分别为 23 和 19 种（属），其余裸藻门 8 种（属）、蓝藻门 7 种（属）和隐藻门 4 种（属），占全部检出种类的 12.4%（图 4.2-12）。

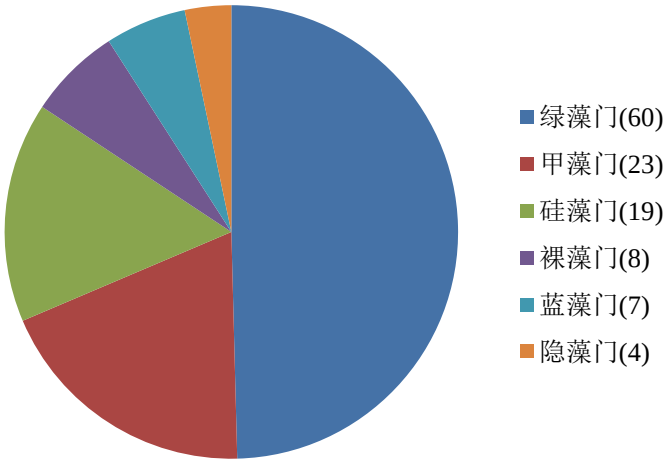


图 4.2-12 调查区浮游植物门类组成

总体而言，已建水库库区的浮游植物种类数基本高于北门江干流和支流，支流检出种类数高于干流。检出种类数最多的为南茶水库，共有 37 种（属）。水库和支流的绿藻门浮游植物种类数相对丰度基本高于干流；干流的浮游植物以绿藻门、甲藻门和硅藻门为主；入海口以绿藻门和蓝藻门为主。（图 4.2-13）

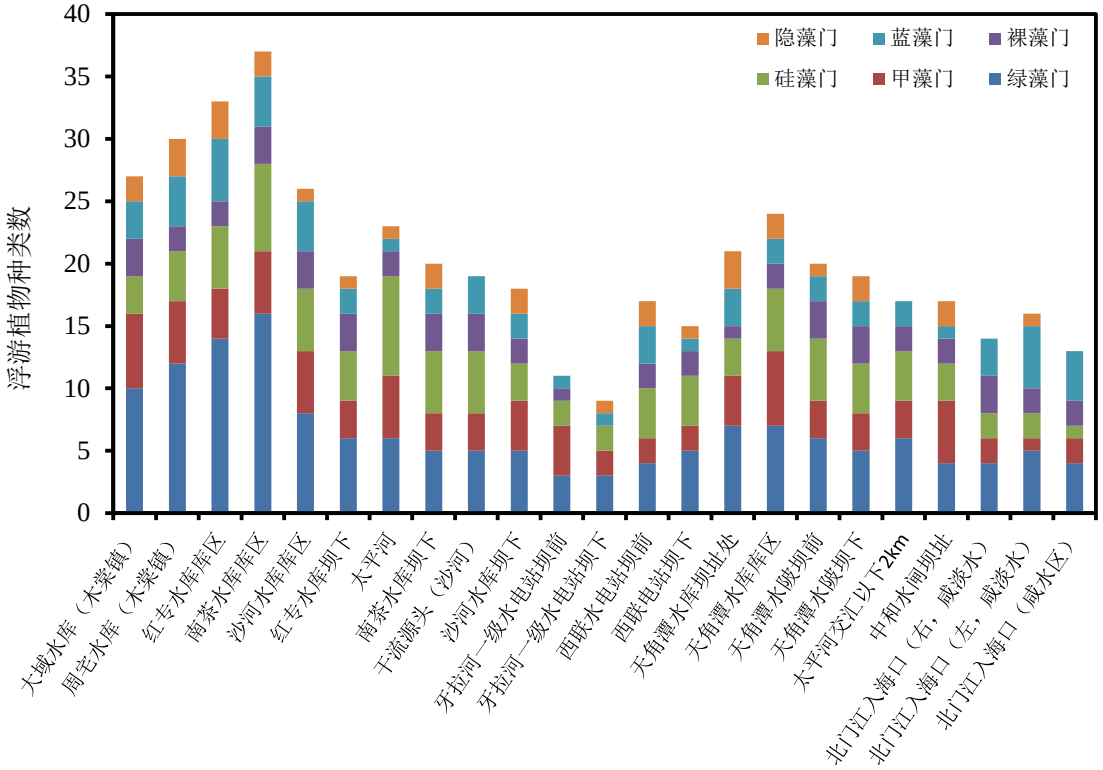


图 4.2-13　调查区各断面浮游植物门类组成

（2）密度和生物量组成

本次调查中，各断面浮游植物密度在 3.25×10^5cells/L~4.84×10^6cells/L 之间，最高的为南茶水库。水库的浮游植物密度总体高于干流和支流，浮游植物群落的密度组成以绿藻-甲藻型为主，水库的硅藻比例低于干、支流，而支流太平河呈现绿藻-硅藻型，入海口为绿藻-蓝藻型。（图 4.2-14）

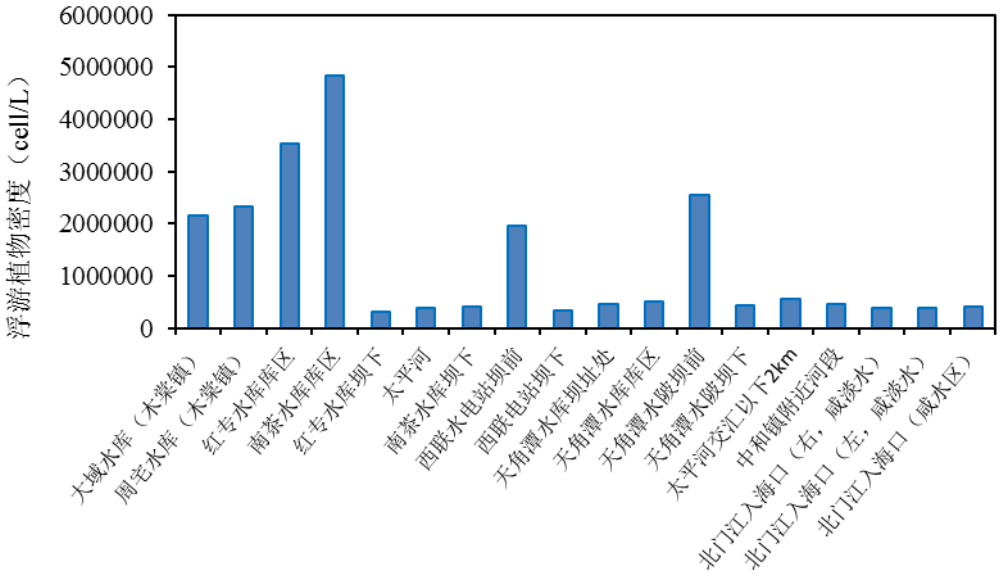


图 4.2-14　调查区各断面浮游植物密度组成

浮游植物群落的生物量在 0.54-3.68mg/L 之间，以甲藻-硅藻型为主，各断面浮游植物平均生物量为 1.58mg/L。干流和支流各断面硅藻生物量较高，而水库的生物量组成以绿藻门为主，入海口为绿藻-蓝藻型（图 4.2-15）。

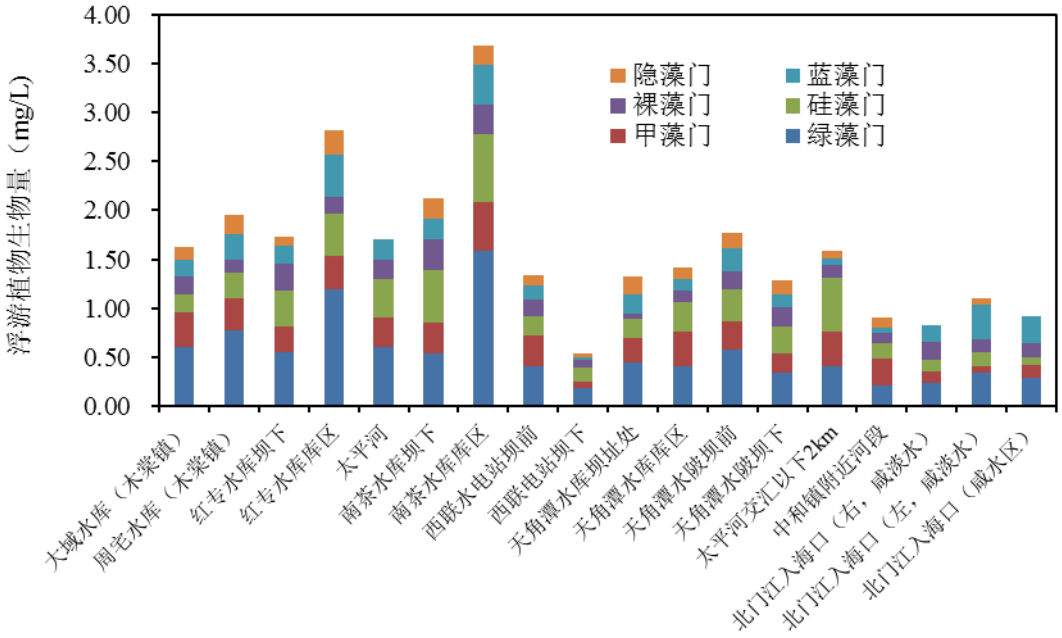


图 4.2-15　调查区各断面浮游植物生物量组成

（3）现状评价

1）水生态状况及水库富营养化评价标准

采用生物多样性指数、均匀度指数对水生态状况进行评价，以湖泊营养类型的藻类生物学标准进行水库富营养化评价。

①Shannon-Weaner 生物多样性指数：

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i lnP_i$$

公式中：*H'* —为种类多样性指数；

S—样品中的种类总数；

Pi —第 i 种的个体数与总体数的比值。

评价标准：*H'*≥3，水生态状况良好；3＞*H'*≥2，水生态状况较好；2＞*H'*≥1，水生态状况一般；1＞*H'*，水生态状况较差。

②均匀度指数：

$$J = H'/lnS$$

公式中：*J*—均匀度

H'—生物多样性指数

S—样品中的种类总数

评价标准：1≥*J*≥0.8，水生态状况良好；0.8＞*J*≥0.5，水生态状况较好；0.5＞*J*≥0.3，水生态状况一般；0.3＞*J*≥0，水生态状况较差。

③湖泊营养类型的藻类生物学标准（表 4.2-15）

表 4.2-15　　湖泊营养类型评价的藻类生物学指标与标准

评价指标	评价标准						
	极贫营养	贫营养	贫中营养	中营养	中富营养	富营养	极富营养
细胞密度(×10^6cells/L)	≤0.5	≤1.0	1-9	10-40	41-80	81-99	≥100
种群结构	甲藻、金藻、硅藻		蓝藻、绿藻、硅藻			蓝藻、硅藻、绿藻、裸藻	

2）评价结果

干流各调查断面浮游植物 Shannon-Weaner 生物多样性指数均在 1-2 之间，水生态状况一般；支流各断面中，南茶河的多样性指数稍高，大于 2，太平河和巴黎河的多样性指数在 1-2 之间（图 4.2-16）。

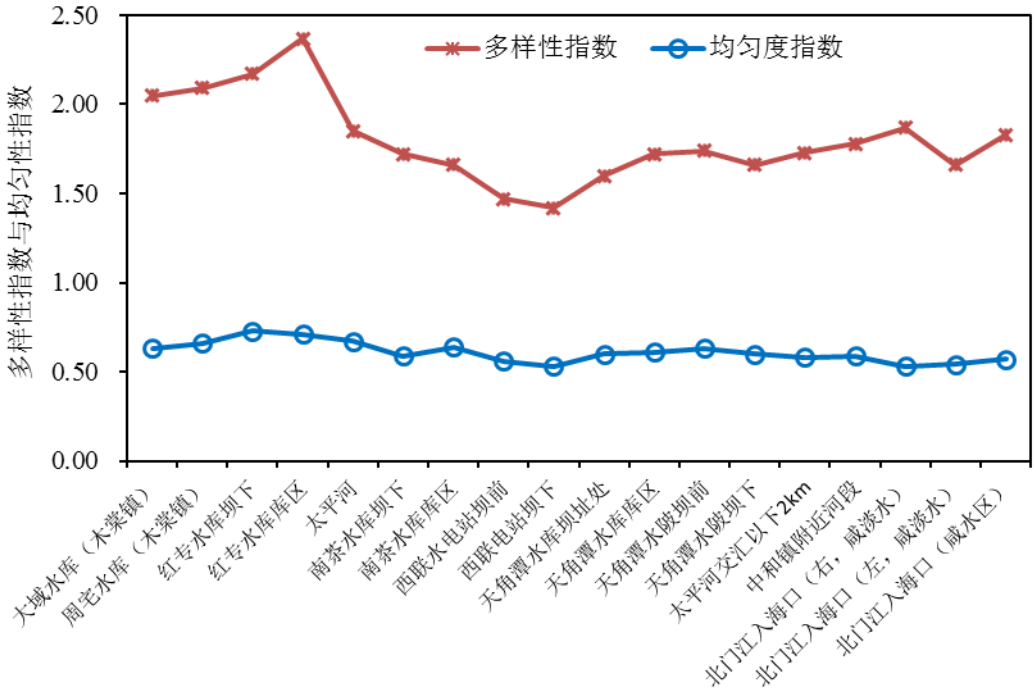


图 4.2-16　调查区各断面浮游植物多样性指数及均匀度指数

根据浮游植物密度和群落组成等藻类生物学指标，各坝前库区的湖泊营养类型如下：南茶水库浮游植物密度为 4.84×10^6cells/L，种群密度结构为绿藻-甲藻类型，为贫中营养状态；红专水库浮游植物密度 3.53×10^6cells/L，种群密度结构为绿藻-甲藻类型，为贫中营养状态；周宅水库浮游植物密度为 2.34×10^6cells/L，种群密度结构为绿藻-甲藻类型，为贫中营养状态；大域水库浮游植物密度为 2.17×10^6cells/L，种群密度结构为绿藻-甲藻类型，为贫中营养状态。西联水电站坝前浮游植物密度为 1.95×10^6cells/L，种群密度结构为绿藻-甲藻类型，为贫中营养状态；天角潭水陂坝前浮游植物密度为 2.54×10^6cells/L，种群密度结构为绿藻-甲藻类型，为贫中营养状态。

大多数断面的优势种为贫中营养型指示种，入海口三个断面的优势种为中富营养型指示种。从南茶至中和水闸，浮游植物的密度和生物量总体呈现逐渐下降的趋势，除入海口外，支流各断面的浮游植物密度和生物量均较相近。入海口 3 个断面浮游植物种群密度结构为绿藻-蓝藻类型，为中富营养状态。

4.2.2.5 浮游动物

（1）种类组成

本次调查共检出浮游动物 39 种（属），以轮虫类最为丰富，共有 24 种（属），占全部种类的 61.5%，其次为原生动物类，共有 8 种（属），枝角类 3 种（属）、桡足类种 2（属）、其他大型无脊椎动物 2 种（属），占全部种类的 5.1%。（图 4.2-17）

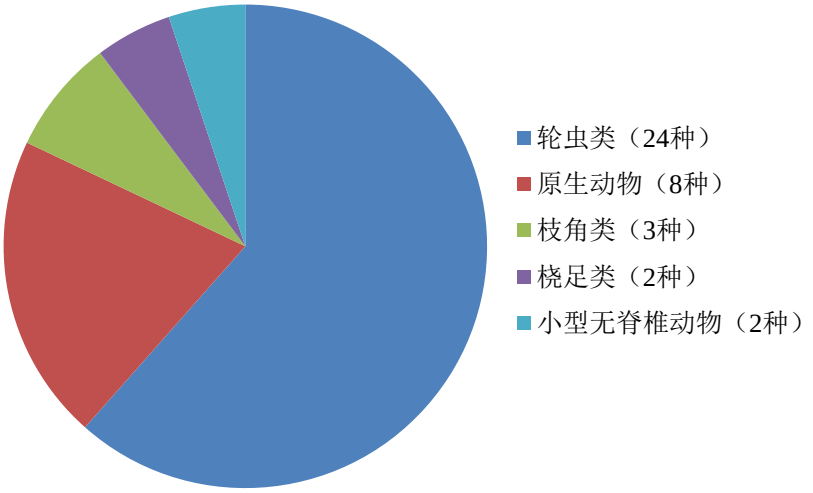


图 4.2-17　调查区浮游动物种类组成

各断面检出浮游动物种类数在 5-23 种（属）之间，检出种类数最多的为红专水库库区断面，各水库库区检出浮游动物种类数在 16-21 种（属）之间，仅稍高于干流和支流。各断面的浮游动物以轮虫为主，其次为原生动物。（图 4.2-18）

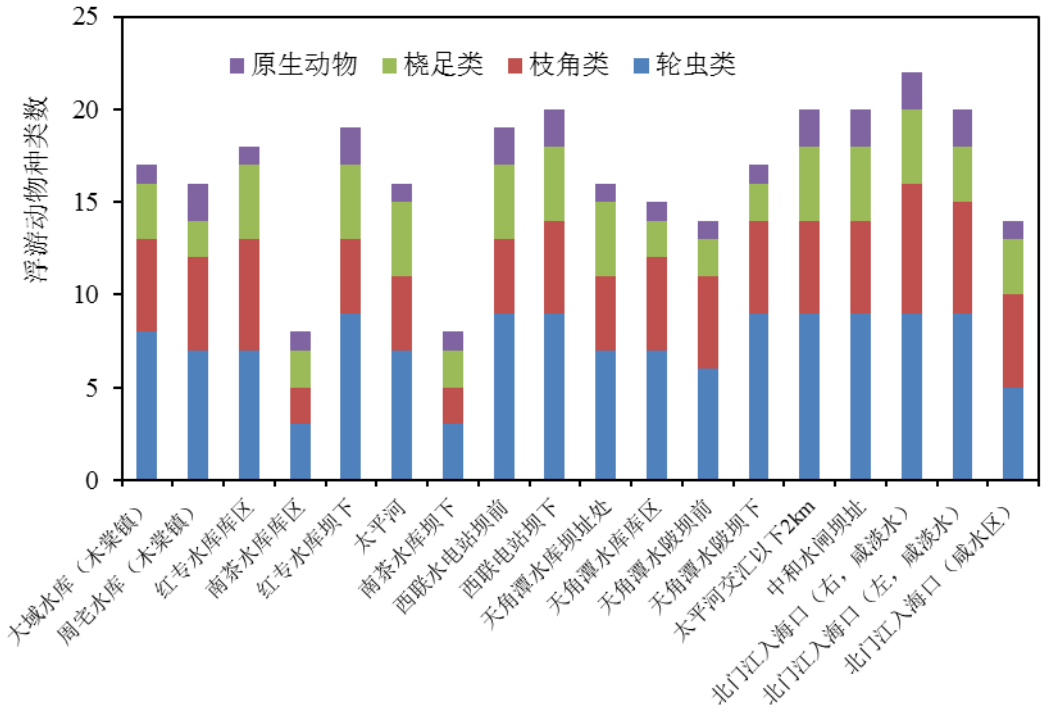


图 4.2-18　调查区各断面浮游动物种类组成

（2）丰度和生物量组成

本次调查中，各断面浮游动物丰度在 16.63-75.41 ind./L 之间，丰度最低的为太平河断面，最高的为红专水库库区。各断面浮游动物平均密度为 44.17ind./L。浮游动物以轮虫为主（图 4.2-19）。

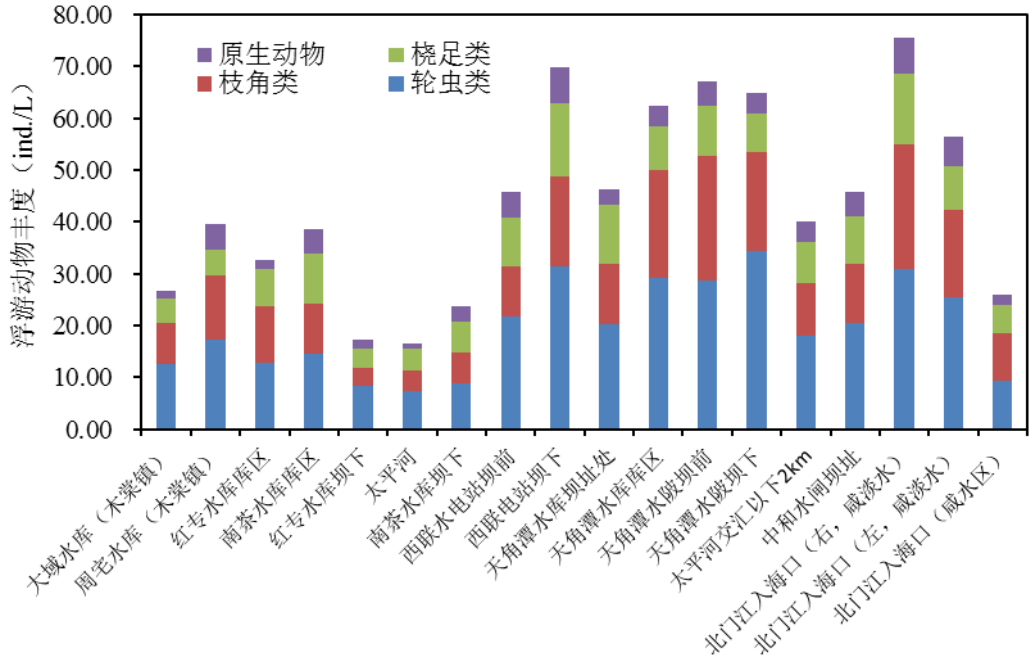


图 4.2-19　调查区各断面浮游动物丰度组成

各断面浮游动物的生物量在 12.73-207.56 ug/L 之间，各断面浮游动物平均生物量为 95.13ug/L。群落组成以大型甲壳类为主，只有牙拉河一级水电站坝下以轮虫为主。（图 4.2-20）

各断面（除入海口 3 个断面）的优势种以轮虫和原生动物为主，轮虫为长圆腔轮虫、叉角拟聚花轮虫；原生动物为表壳虫。各水库库区的优势种以前节晶囊轮虫为主；入海口 3 个断面的优势种以臂尾轮虫为主。

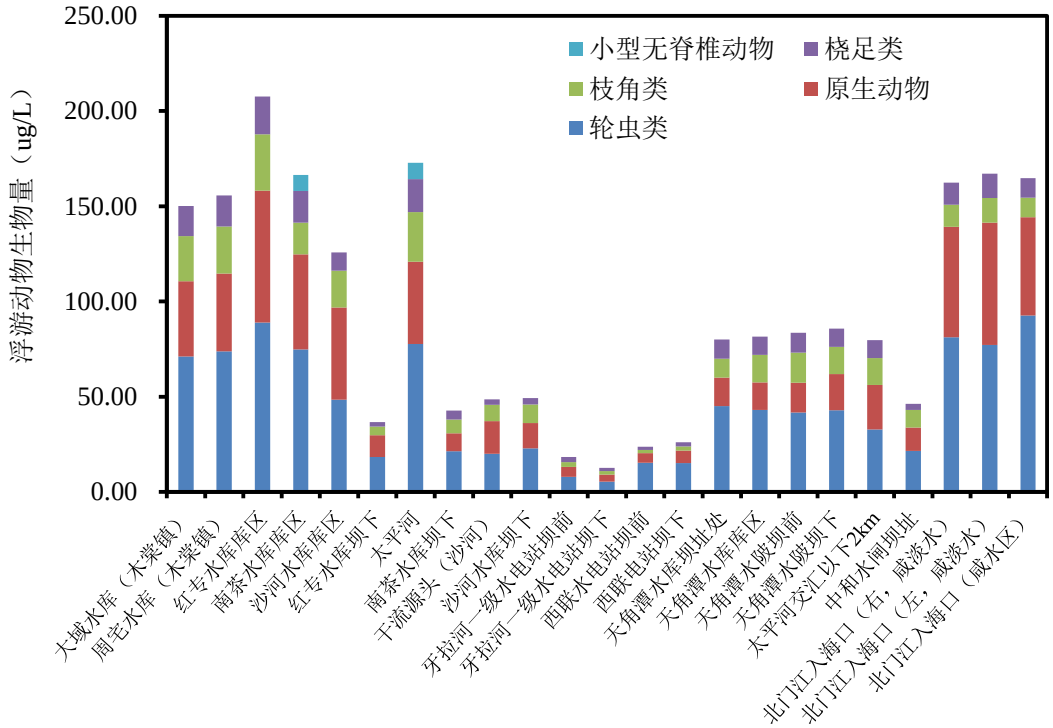


图 4.2-20　调查区各断面浮游动物生物量组成

（3）现状评价

1）水生态状况评价标准

采用生物多样性指数、均匀度指数对水生态状况进行评价，评价的方法与浮游植物一致。

2）评价结果

有 9 个断面的浮游动物的 Shannon-Weaner 生物多样性指数大于 2，水生态状况较好；多样性指数在 1-2 之间的断面有 9 个，为太平河交汇以下 2km、南茶水库坝下和红专水库坝下，水生态状况一般。有 8 个断面均匀度指数大于 0.8，水生态状况良好，10 个断面在 0.5-0.8 之间，生态状况一般。（图 4.2-21）

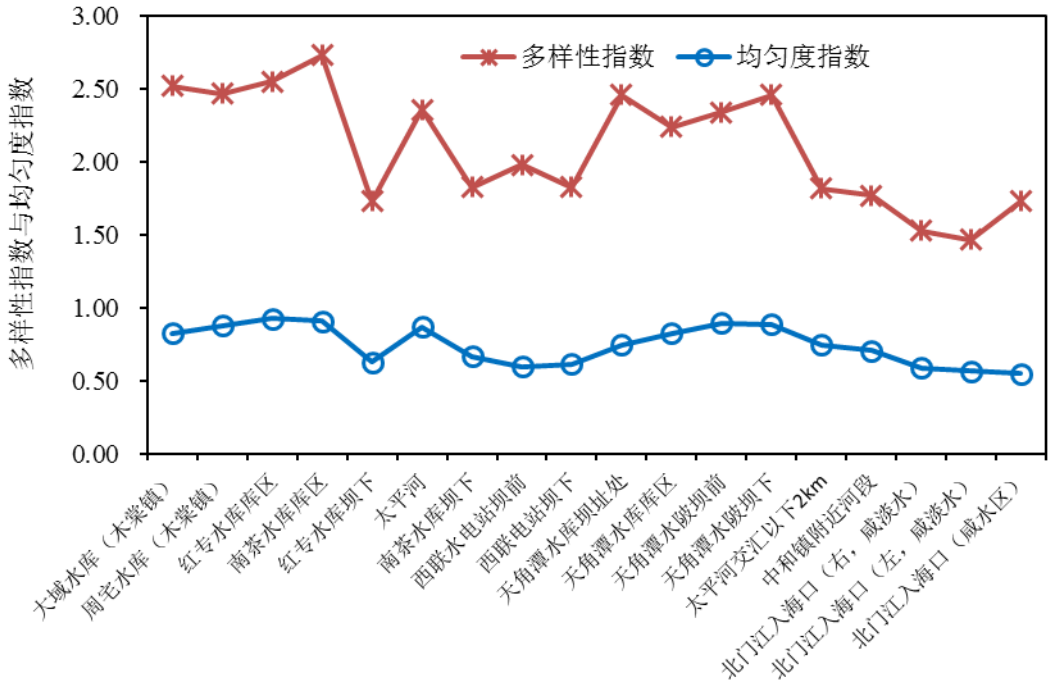


图 4.2-21　调查区各断面浮游动物多样性指数及均匀度指数

北门江各断面浮游动物丰度较低，群落组成以轮虫和原生动物类为主，其中轮虫类又以长圆腔轮虫、叉角拟聚花轮虫和臂尾轮虫为主，枝角类的种类较少，主要为小型的沿岸带或底栖种类，缺乏高效滤食浮游植物的大型枝角类，符合南亚热带水体中浮游动物小型化的特征。各个水库库区的枝角类种类数和丰度比例均比其他河流断面低，浮游动物对浮游植物的滤食力更低，尤其周宅水库浮游植物密度较高，达 2.34×10^{6}cells/L，但浮游动物丰度极低，仅为 5.79 ind./L，枝角类检出种类少、丰度低，浮游动物群落结构不健康。

4.2.2.6 底栖动物

（1）种类组成

本次调查共检出底栖动物 7 种，软体动物门、节肢动物门和环节动物门各为 3 种、2 种和 2 种。其中软体动物门双壳纲 2 种、腹足纲 1 种；节肢动物门昆虫纲双翅目 1 种，软甲纲十足目 1 种；环节动物门寡毛纲近孔寡毛目 1 种，星虫纲 1 种。（图 4.2-22）

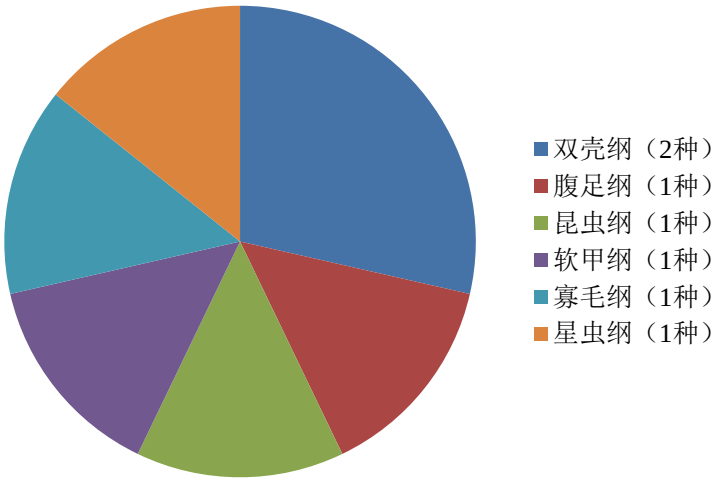


图 4.2-22　调查区各断面底栖动物门类组成

本次调查各断面采集到的底栖动物种类不多，平均检出种类数仅为 2 种。（图 4.2-23）

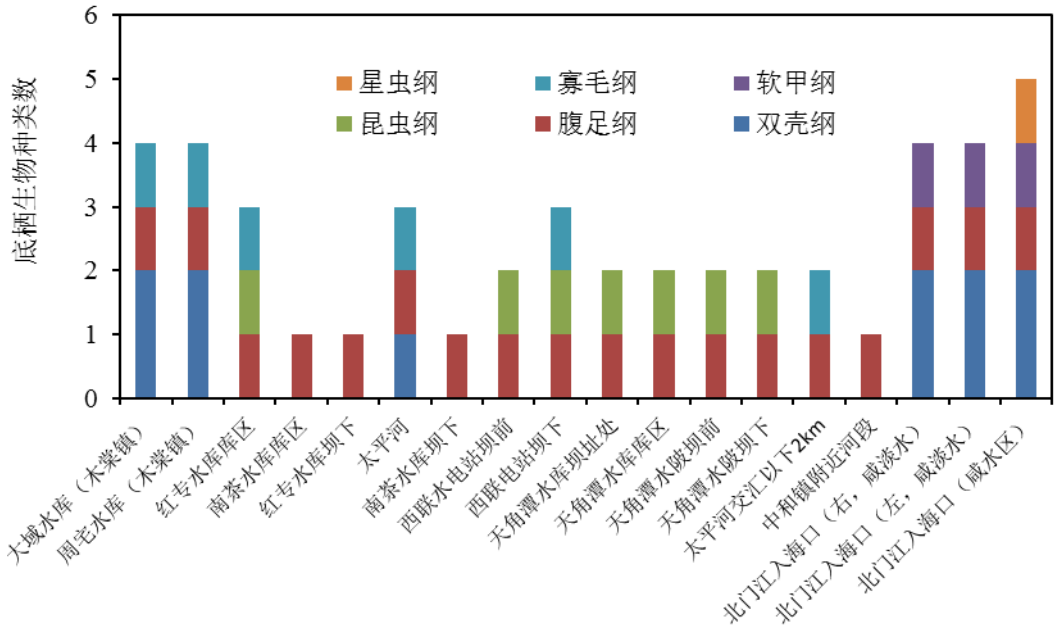


图 4.2-23　调查区各断面底栖动物门类组成

（2）密度和生物量组成

本次调查中，各断面底栖生物的密度在 4-30ind./m^2 之间，最高的为入海口（咸水区），在所有断面中，最低的为西联水电站坝下，为 4 ind./m^2。（图 4.2-24）

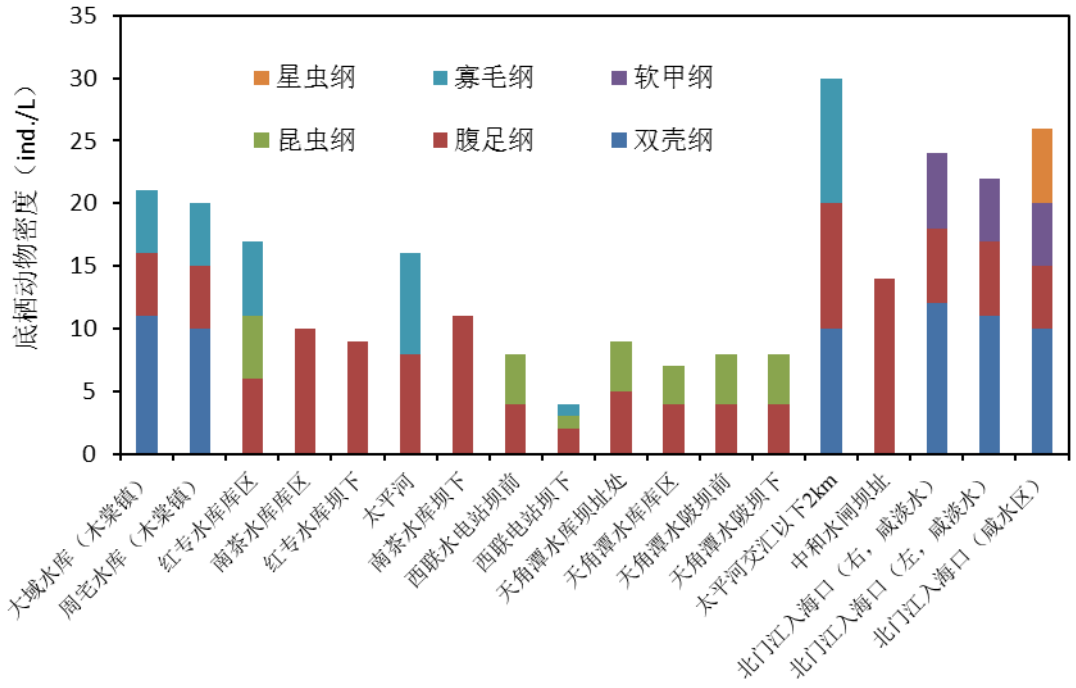


图 4.2-24　调查区各断面底栖动物密度组成

各断面底栖动物的生物量在 2.18-156.9 g/m^2 之间，入海口（咸水区）以星虫纲为主，牙拉河一级水电站坝下以腹足纲为主，其他以双壳纲为主。（图 4.2-25）

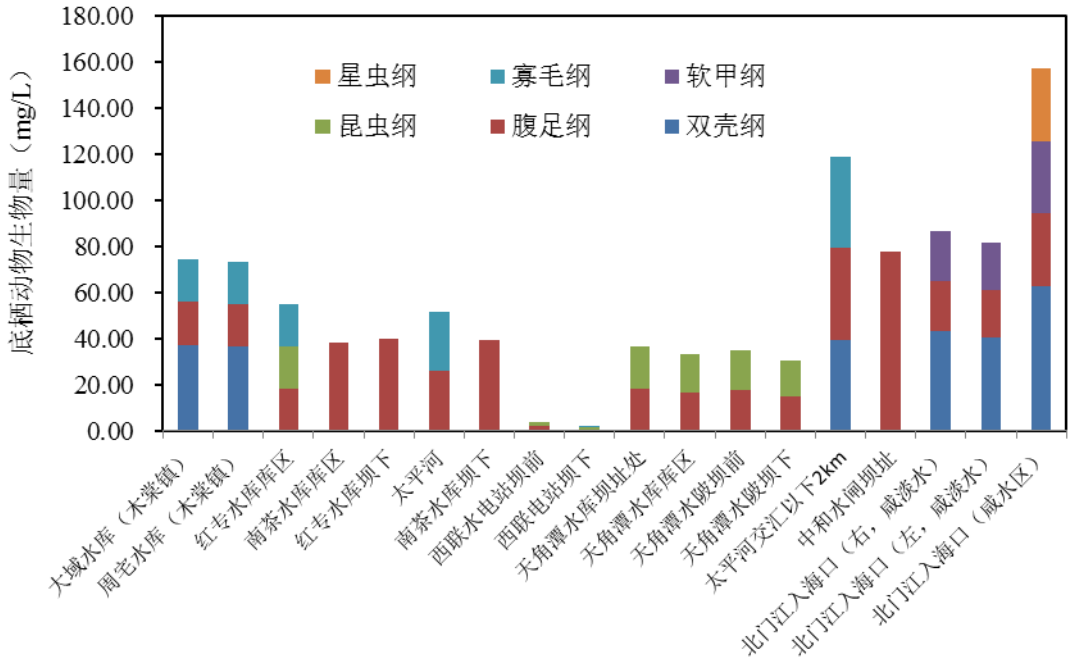


图 4.2-25　调查区各断面底栖动物生物量组成

（3）现状评价

本次调查采集到的底栖动物种类和数量都较少，其中软体动物门和环节动物门在检出断面中占绝对优势。常见的水生昆虫只观察到摇蚊幼虫。底栖动物的丰富度与采样点处的底质状况、水文环境和水质状况有一定的联系：它们一般生活于水体流速比较缓慢，透明度较高，有机质比较丰富而底质多为细小沙石和淤泥的水体中，一般多营腐食或吞食性营养。天角潭所在干流流域凤尾莲大量生长，影响底栖生物的生存。

4.2.2.7 **鱼类**

（1）鱼类组成

根据资料记载，结合现场调查，北门江流域分布淡水鱼类 52 种（表 4.2-16），其中国家 II 级保护动物 1 种为花鳗鲡（*Anguilla marmorata*），列入《中国物种红色名录》鱼类有 3 种，为花鳗鲡、台细鳊（*Rasboinus formosae*）、锯齿海南鲌（*Hainania serrata*），海南特有种 2 种分别为海南石鮰（*Pseudoperilampus hainanesis*）和条纹刺鲃（*Puntius semifasciolatus*）。

表 4.2-16　　北门江流域淡水鱼类历史记录表

编号	种名	资料记载	现场捕获	国家 II 级保护	濒危种	省特有种
1	白鲢（*Hypophthalmichthys molitrix*）	√				
2	斑鳢（*Channa maculata* ）	√	√			
3	草鱼（*Ctenopharyngodon idellus*）	√				
4	叉尾斗鱼（*Macropodus opercularis*）	√				
5	唇鲭（*Hemibarbus labeo*）	√				
6	大刺鳅（*Mastacembelus armatus*）	√				
7	东方墨头鱼（*Garra orientalis*）	√				
8	辐纹鳜鱼（*Siniperrca whiteheadi*）	√				
9	光倒刺鲃（*Spinibarbus hollandi*）	√				
10	海南红鲌（*Erythroculter reeurviceps*）	√				
11	海南华鳊（*Sinibrama melrosei*）	√				
12	海南石鮰（*Pseudoperilampus hainanesis*）	√				√
13	海南细齿塘鳢鱼（*Philypnus chalmersi*）	√				
14	海南异鱲（*Parazacco spilurus fasciatus*）	√				
15	虹彩光唇鱼（*Acrossocheilus iridescens*）	√				
16	胡子鲇（*Clarias fuscus*）	√	√			
17	花带条鳅（*Noemacheilus fasciolatus*）	√				
18	黄鳝（*Monopeterus albus*）	√				
19	黄尾鲴（*Xenocypris davidi*）	√				
20	鲫（*Carassius auratus*）	√				

编号	种名	资料记载	现场捕获	国家 II 级保护	濒危种	省特有种
21	嘉积棒花鱼（*Abbottina kachekensis*）	√				
22	锯齿海南鮡（*Hainania serrata*）	√			√	
23	锯倒刺鲃（*Spinibarbus denticulatus*）	√				
24	宽额鳢（*Channa gachua*）	√				
25	鲤（*Cyprinus carpio*）	√	√			
26	三角鲤（*Cyprinus multitaeniata*）	√	√			
27	鲮鱼（*Cirrhinus molitorella*）	√				
28	美丽条鳅（*Botia pulchra wu*）	√				
29	南方白甲鱼（*Onychostoma gerlachi*）	√				
30	南方马口鱼（*Opsariichthys bidens Gunther*）	√				
31	泥鳅（*Misgurnus an guillicaudatus*）	√				
32	拟细鲫（*Nicholsicypris normalis*）	√				
33	爬岩鳅（*Beaufortia leveretti*）	√				
34	攀鲈（*Anabas testudineus*）	√				
35	盆唇华鲮（*Sinilabeo discognathoides*）	√				
36	青鱼（*Mylopharyngodon piceus*）	√				
37	台细鳊（*Rasboinus formosae*）	√			√	
38	头条波鱼（*Rasbora cephalotaenia steineri*）	√				
39	纹唇鱼（*Osteochilus vittatus*）	√				
40	细黄颡鱼（*Pseudobagrus virgatus*）	√				
41	条纹刺鲃（*Puntius semifasciolatus*）	√				√
42	浅细鳊（*Rasborinus lineatus*）	√				
43	鳙（*Aristichthys nobilis*）	√				
44	月鳢（*Channa asiatica*）	√				
45	越南鲇（*Silurus cochinchinensis*）	√				
46	中华花鳅（*Cobitis sinensis*）	√				
47	中间黄颡鱼（*Pseudobagrus intermedius*）	√				
48	子陵栉鰕虎鱼（*Ctenogobius giurinus*）	√				
49	花鳗鲡（*Anguilla marmorata*）	√		√		
50	条鳡（*Hemiculter leucisculus*）		√			
51	尼罗罗非鱼（*Tilapia nilotica*）		√			
52	下口鲇（*Hypostomus plecostomus*）		√			

此次调查捕获到的淡水鱼类共 10 种，其中尼罗罗非鱼和下口鲇为外来种，未捕获到珍稀濒危和特有鱼类。鲤形目鲤科鱼类 6 种，为鲤、三角鲤、条鳡、草鱼、鲢和鳙；鲈形目丽鱼科鱼类 1 种，为尼罗罗非鱼；鲈形目鳢科鱼类 1 种，为斑鳢；鲇形目甲鲇科鱼类 1 种，为下口鲇；鲇形目胡子鲇科鱼类 1 种，为胡子鲇。大域

水库和周宅水库以鲢和鳙等人工养殖种类为主，由于为个体户养殖，采样困难，未进行定量分析。

（2）北门江淡水种类鱼类生态习性特点

1）根据鱼类的栖息环境特点，将北门江鱼类大致分为以下 2 个类群：

①急流类群

适于在急流水体中生活，部分种类具特化的吸盘或类似吸盘的附着结构，以附着藻类及有机碎屑等为食，也有少数头部不具特化的吸附结构但习惯于生活于激流的种类，或以藻类有机碎屑或以小型鱼类及软体动物等为食。有爬岩鳅、台细鳊、浅细鳊等。

②静水或缓流水类群

主要生活在静水缓流水环境中，它们或以水底砾石等物体表面附着藻类为食，或以有机碎屑为食，或以底栖无脊椎动物为食，或以水草为食，或以鱼虾类为食，甚或为杂食性，是原河段种类最多的类群，也是主要标志性类群。有鲤、三角鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、斑鳢、胡子鲇、下口鲇等。

2）按照食性，北门江河段的淡水鱼类可以分为以下 3 个类群：

①植食性

摄食植物性的食物，即以高等水生维管束植物或低等藻类为食。

这类鱼类有鲢、草鱼、鳙等。

②肉食性

以动物性食物为主，又可分为 3 个亚类型。

A、凶猛肉食性，通常以较大的活脊椎动物为食，其中主要是鱼类；

B、温和肉食性，主要以水中的无脊椎动物为食；

C、浮游动物食性，以浮游甲壳类，如桡足类、枝角类为主食。

这类鱼类有胡子鲇、斑鳢。

③杂食性

对动植物性食物都能取食的鱼类。这类鱼类有鲤、三角鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、下口鲇等。

3）北门江河段淡水鱼类的繁殖类型可以分为以下 4 类：

①产漂流性卵鱼类，有鲢、鳙、草鱼、下口鲇等。鲢栖息在缓流水水域的上层，一般在 4-5 月份产卵。鳙栖息在静水水域的中上层，一般在 5-6 月产卵。草鱼

栖息在缓流水水域的水域的中下层，在 4-7 月份产卵，一般集中在 5 月份。

②产粘性卵鱼类，有鲤、鲫、三角鲤、条鳚、尼罗罗非鱼、胡子鲇等。

③产粘沉性卵鱼类，有海南华鳊、光倒刺鲃、海南红鲌等。

④产浮性卵鱼类，有花鳗鲡等。

北门江淡水种类生态习性见表 4.2-17。

表 4.2-17　　北门江淡水鱼类生态习性

编号	种类	濒危	特有鱼类	洄游鱼类	生境			食性			产卵类型			
					急流	缓流	静水	植食	肉食	杂食	漂流	粘性	粘沉	浮性
1	鲢			√		√		√			√			
2	斑鳢						√			√		√		
3	草鱼			√		√		√			√			
4	叉尾斗鱼					√				√				√
5	唇鲹					√				√		√		
6	大刺鳅					√				√			√	
7	东方墨头鱼					√				√		√		
8	辐纹鳜鱼					√			√					√
9	光倒刺鲃					√				√			√	
10	海南红鲌					√			√				√	
11	海南华鳊						√			√			√	
12	海南石鮒		√			√				√				√
13	海南细齿塘鳢						√			√				√
14	海南异鱲		√			√				√			√	
15	虹彩光唇鱼					√				√			√	
16	胡子鲇						√			√		√		
17	花带条鳅					√				√			√	
18	黄鳝						√			√		√		
19	黄尾鲴					√				√		√		
20	鲫						√			√		√		
21	嘉积棒花鱼					√				√		√		
22	锯齿海南鲻	√				√		√				√		
23	锯倒刺鲃					√				√			√	
24	宽额鳢						√			√		√		
25	鲤						√			√		√		
26	鲮鱼					√				√		√		
27	美丽条鳅					√				√			√	
28	南方白甲鱼					√				√			√	
29	南方马口鱼					√				√			√	

编号	种类	濒危	特有鱼类	洄游鱼类	生境			食性			产卵类型			
					急流	缓流	静水	植食	肉食	杂食	漂流	粘性	粘沉	浮性
30	泥鳅						√			√			√	
31	拟细鲫					√				√			√	
32	爬岩鳅				√					√			√	
33	攀鲈						√			√		√		
34	盆唇华鲮				√			√				√		
35	青鱼			√		√		√			√			
36	台细鳊	√			√					√		√		
37	头条波鱼					√				√			√	
38	纹唇鱼					√				√		√		
39	细黄颡鱼					√				√		√		
40	条纹刺鲃					√				√				√
41	浅细鳊				√					√		√		
42	鳙			√		√		√			√			
43	月鳢						√			√		√		
44	越南鲇						√			√		√		
45	中华花鳅					√				√			√	
46	中间黄颡鱼					√				√		√		
47	子陵栉鰕虎鱼						√			√		√		
48	花鳗鲡	√		√			√			√				√
49	条鳡					√				√		√		
50	尼罗罗非鱼					√				√		√		
51	下口鲇					√				√	√			
52	三角鲤					√				√		√		

（2）渔获物

调查区共采集到鱼类标本 134 尾，共属于 10 种：鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、胡子鲶、斑鳢、三角鲤、下口鲇、鲢、鳙、草鱼。花鳗鲡在渔获物中没有发现。渔获物数量上主要种类为鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、三角鲤、鲢等（见表 4.2-18，表 4.2-19，表 4.2-20，表 4.2-21）。

表 4.2-18　　渔获物统计表

编号	种类	历史记录	本次调查	渔获断面	数量比例	第一次	第二次
1	鲤	√	√	太平河	0.24	√	√
2	条鳡	√	√	天角潭水陂、太平河	0.21	√	
3	三角鲤	√	√	天角潭水陂	0.13	√	

4	尼罗罗非鱼	√	√	天角潭水陂、太平河	0.13	√	
5	下口鲇	√	√	天角潭水陂	0.06	√	
6	胡子鲇	√	√	太平河	0.04	√	
7	斑鳢	√	√	太平河	0.02	√	
8	鲢	√	√	太平河、河口区	0.10		√
9	鳙	√	√	太平河、河口区	0.06		√
10	草鱼	√	√	河口区	0.02		√

表 4.2-19　　天角潭水陂渔获物组成情况

编号	物种	尾数	尾数(%)	总重（g）	总重(%)	体重(g)		体长(cm)	
						平均值	范围	平均值	范围
1	条鳡	6	16.2	121.9	2.0	20.32±1.21	18.7-21.7	9.78±0.63	8.9-10.5
2	三角鲤	16	43.3	313.6	5.2	19.60±1.20	17.7-21.5	8.99±0.94	7.5-10.7
3	尼罗罗非鱼	7	18.9	1307.6	21.5	186.80±19.57	139.1-238.7	24.59±4.02	18.8-33.6
4	下口鲇	8	21.6	4340.6	71.3	542.58±99.87	351.7-712.5	47.44±4.58	39.3-58.5

表 4.2-20　　太平河渔获物组成情况

编号	物种	尾数	尾数（%）	总重	总重（%）	体重（g）		体长（cm）	
						平均值	范围	平均值	范围
1	鲤	21	35.0	4657.8	30.4	221.8±83.70	65.3-342.1	25.92±8.84	11.9-37.5
2	条鳡	9	15.0	188.9	1.2	20.99±2.02	17.6-24.7	10.36±1.51	8.6-13.8
3	尼罗罗非鱼	9	15.0	1961.8	12.8	217.98±85.93	71.7-338.7	25.42±9.12	11.8-37.4
4	胡子鲶	5	8.3	1145.6	7.5	229.12±35.90	186.1-281.4	30.6±3.98	25.2-35.9
5	斑鳢	2	3.4	714.6	4.7	357.3±53.60	319.4-395.2	28.85±4.17	25.9-31.8
6	鲢	9	15.0	3504.3	22.8	584.05±87.87	495.2-707.5	41.35±5.79	32.9-48.5
7	鳙	5	8.3	3159.7	20.6	631.94±68.96	521.7-712.8	45.18±4.08	39.9-50.5

入海口受新英湾养殖区的影响，养殖污水直接排入北门江流域河口区，造成入海口富营养化状况严重，水质恶化且腥臭，水体存在缺氧现象，影响鱼类的生存，鱼类资源稀少，现场渔获物主要为鲤、鲢、鳙、草鱼和条鳡，见表 4.2-21。

表 4.2-21　　河口区渔获物组成情况

编号	物种	尾数	尾数（%）	总重	总重（%）	体重（g）		体长（cm）	
						平均值	范围	平均值	范围
1	鲤	9	37.5	1967.8	29.0	218.64±92.72	96.7-347.5	25.56±10.42	12.1-39.5
2	条鳡	7	29.2	147.7	2.2	21.10±1.90	19.3-23.5	10.41±0.84	9.3-11.7
3	鲢	3	12.5	1762.4	26.0	587.47±88.91	525.9-689.4	41.47±4.63	38.4-46.8
4	鳙	2	8.3	1219.8	18.0	609.9±20.79	595.2-624.6	39.0±0.99	38.3-39.7
5	草鱼	3	12.5	1686.8	24.8	562.27±43.47	520.3-607.1	37.23±2.08	35.4-39.5

（3）鱼类重要生境

1）产卵场

北门江流域现状分布鱼类种类少，两次渔获物调查仅捕获 10 种，鱼类资源量也相对较少。根据鱼类的生物学习性、实地调查采集的标本、咨询当地捕捞渔民、渔业部门与渔业专家获得的资料，并结合北门江流域生境的特点综合分析，目前北门江流域没有大型的鱼类产卵场，太平河交汇处附近河段分布有一处小型产卵场（图 4.2-26），产卵鱼类为鲤、尼罗罗非鱼、胡子鲇等产粘性的鱼类。

与天角潭工程的关系：天角潭坝址位于支流太平河上游 11km 的北门江干流，与该处产卵场均无直接或间接关系。



图 4.2-26　太平河产卵场及典型生境现状

在调查中并未捕捞到漂流性卵，在采样期间多次进行鱼卵的收集，但由于受到鱼类繁殖习性、季节、水流等多方面因素的限制，采集到鱼卵较少，主要是鲤鱼卵。

2）索饵场与越冬场

所调查流域没有发现鱼类饵料集中的水域，鱼类摄食行为较为分散，没有形成集中的索饵场。

在调查工作中，发现有鲢、鳙和草鱼 3 种洄游鱼类。鲢、鳙和草鱼属于越冬洄游鱼类；北门江流域地处亚热带，冬季平均气温约 19℃，不存在鱼类越冬场。

（4）保护鱼类现状

本次在调查区未捕获到珍稀濒危及特有鱼类。根据资料显示，北门江分布有国家 II 级保护鱼类花鳗鲡，列入《中国物种红色名录》鱼类有 3 种，为花鳗鲡、台细鳊、锯齿海南鲶，海南省特有种 2 种分别为海南石鮅和条纹刺鲃。

1）花鳗鲡

分类地位：鳗鲡目 Anguilliformes、鳗鲡科 Anguillidae、鳗鲡属 Anguilla

花鳗鲡分布较广，在非洲、澳洲、亚洲一些地方有分布。我国长江下游及江浙、福建、台湾、广东、海南、广西等有分布。花鳗鲡体呈圆筒形，尾稍侧扁，腹缘平直，头背缘稍呈弧形，吻端稍平扁，眼较小，眼间隔较宽。口大，前方口裂伸至眼后缘，鳃孔小。紧靠胸鳍基部前下方。体被细鳞．各鳞互相垂直交叉，呈席纹状。埋于皮下，侧线完全且平直，起点在胸鳃前上方，行于体中侧偏下方，侧线孔间距离较大。胸鳍短，后缘圆形，尾鳍末端稍尖，肛门在臀鳍起点前方。体背侧密布黄色斑块和斑点，腹部白色，胸鳍边缘黄色，其余各鳍有较多蓝绿色斑块。



花鳗鲡是降河洄游鱼类，幼鱼生长于河口、沼泽、河溪、湖、塘、水库内，长成年的花鳗鲡于冬季降河洄游到江河口附近性腺才开始发育，而后进入深海产卵繁殖。每年 3～4 月幼鳗开始进入河口溯河觅食生长，在河溪中营穴居生活。花鳗鲡最大个体达 2.3 米以上，重 40-50 千克，摄食小鱼、虾、贝类，为较凶猛肉食性鱼类。花鳗鲡溯游可攀越一定高度，涉水进入山溪河谷。

近年来，花鳗鲡在北门江已极少见，渔获物调查中难以采到；在沿北门江的农贸市场的调查中也获悉花鳗鲡难寻踪迹，其现状可能分布范围如表 4.2-22 所示。花鳗鲡种群小，其人工繁殖技术尚未攻克，有关花鳗鲡的研究大多是一些调查性与基础研究。

表 4.2-22　　北门江花鳗鲡现状分布情况表

江段	分布情况
天角潭水陂以下的北门江河段	有（少见）
天角潭水陂以上的北门江河段	无

2）台细鳊



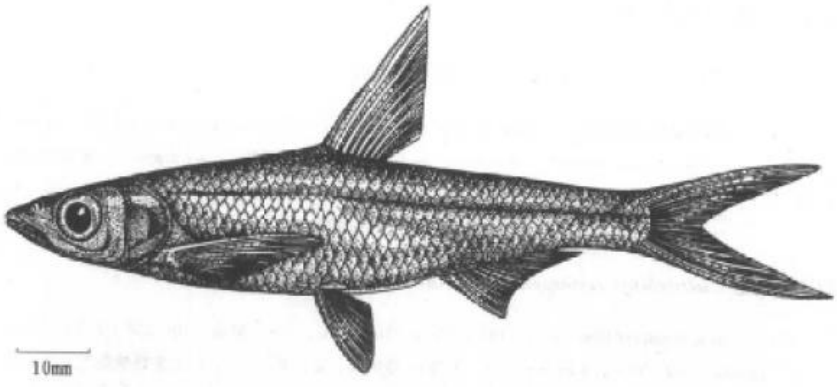
分类地位：鲤形目 Cypriniformes，鲤科 Cyprinidae，鮈亚科 Culterinae，细鳊属 Rasborinus

体长而侧扁，背缘隆起，自腹鳍基部自肛门之间具腹棱。侧线完全或断续，前半段下弯。生活于缓流或静水水体，数量少。体呈长棱形，侧扁，头后背不显著隆起，腹鳍基至肛门具棱。头小，尖细。吻短而钝，突出。口亚上位，斜裂。无须。眼大，位于头中央偏前。鳞薄而易脱落。侧线位于体中轴之下，前端微下弯，侧线鳞 45-47。背鳍位后；胸鳍末端尖；腹鳍短；臀鳍条多，基部长；尾鳍深叉状。体背灰色，下侧面和腹部银白，体侧中轴有灰色纵纹，尾鳍灰色，其它鳍微透明。

主要分布在台湾省，此外，在海南岛部分水系、广西钦州（钦江）、广西藤县至云南罗平县的西江中也有分布。近年来由于南方的小河溪受自然和人为因素的作用，造成原有环境条件的改变，使台细鳊的生长、繁殖受到很大的影响。

本次调查未发现，在北门江分布现状资源量极少。

3）锯齿海南鲌



分类地位：鲤形目 Cypriniformes，鲤科 Cyprinidae，鮈亚科 Culterinae，海南鲌属 Hainania

体长形，侧扁，背部平直，腹部略呈弧形，自腹鳍甚至肛门具腹棱。头尖形，侧扁，头长约等于体高。吻尖，其长比眼径稍大或相等。眼较大，侧位，眼间距，眼间距等于或稍大于眼径。口端位，口裂斜。

为我国特有，分布于海南岛，分布于海南岛大部分水系。本次调查未发现，在北门江分布现状资源量极少。

4）条纹刺鲃

分类地位：鲤形目 Cypriniformes、鲤科 Cyprinidae、刺鲃属 Spinibarbus

个体小，体略高，稍侧扁。头小，头长远小于体高。吻短而钝，稍突出，吻皮止于上唇的基部，前眶骨前缘有一缺刻。口小，亚下位，上颌末端止于鼻孔的垂直线的下方。唇薄而光滑，上唇紧包上颌；下唇两侧较肥厚，唇后沟中断。口角须 1 对，短于眼径。



本次调查未发现，在北门江分布现状资源量极少。

5）海南石鲋

分类地位：鲤形目 Cypriniformes、鲤科 Cyprinidae

个体小，喜缓流生境，杂食性，产浮性卵，北门江现状资源量少。

本次调查未发现，在北门江分布现状资源量极少。

（5）鱼类资源现状及变化原因

近年来北门江流域的鱼类资源已经显著衰退，鱼类种类和数量明显减少。从调查中了解到，鲤等种类是主要优势种。干流中，三角鲤和条鳡为主要优势种；太平河等支流中，鲤为主要优势种，其他一些种类包括条鳡、胡子鲇、斑鳢等。支流中鱼类的种类和数量明显高于干流。近年来，北门江流域受外来鱼类影响严重，尼罗罗非鱼和下口鲇有逐渐成为优势种的趋势。

目前，北门江鱼类资源相对贫乏，鱼类种类和种群资源量已十分微小，也不存在某个有大群体占相对较大比例的种类。由于总体资源贫乏，北门江流域居民

已经极少从事捕捞生产者行业。北门江流域鱼类资源量小有多方面的原因：一是生境特征，水浅且江面窄，没有丰富的河网，这些限制了鱼类的栖息和摄食；二是北门江流域存在一定程度的水污染；三是修建水利水电工程、过度捕捞和电鱼等人类活动。

4.2.3 河口红树林等生态系统

北门江河口地区处于海水与淡水交接的区域，显现出与陆域地区不同的生态性状，河口附近分布有红树林生态系统、半红树林生态系统及滨江丛林植被生态系统。考虑到这些生态系统的特殊性和重要性，本报告中单独进行分析。为掌握这些生态系统的环境现状，我院委托海南大学于 2016 年 9 月进行了现场调查。

4.2.3.1 红树林

红树林是生长在热带、亚热带低能海岸潮间带上部，受周期性潮水浸淹，以红树林植物为主体的常绿灌木或乔木组成的潮滩湿地木本生物群落。它生长于陆地与海洋交界带的滩涂浅滩，是陆地向海洋过度的特殊生态系统。其突出特征是根系发达，形成支柱根及各种形式的呼吸根，能在海水中生长。红树林生长的环境很不稳定，海水的涨落对它的威胁很大，涨潮时，树干全被海水淹没，树冠在水面上荡漾；退潮后，棵棵树木又挺立在海滩上，形成了奇特的景观。为了适应海岸潮间带的生存环境，部分红树林植物进化出了独特的“胎生”现象。胎生指果实（种子）成熟后留在母树上，并迅速长出长达 20~30cm 的胚根，然后由母体脱落，随潮水飘荡，插入泥潭里，扎根并长成新个体。

我国共有红树植物 37 种，分属 20 科、25 属，主要分布在海南、广西、广东、福建、浙江、台湾等沿海地区。

红树林具有生态效益、药用价值，还有“海岸卫士”的称号，具有抵御风浪袭击的能力，可保护堤岸稳固、保护人民生命财产安全。而近几十年来我国红树林面积锐减，主要由于围海造地、围海养殖、人为砍伐等因素造成。

4.2.3.2 北门江河口红树林生态系统的分布规律

北门江沿河口、河岸分布的红树林、半红树林和滨江丛林的分布主要驱动因子是河水盐度因子。红树林从海湾、河口可分布到新村（距离河口约 5.2km）一带，半红树林在红树林分布的区域偏向陆域一侧，但沿河道往上游分布较红树林要远

得多，可到达中和镇一带（距离河口约 9.5km），然后开始出现基本为淡水环境的滨江丛林（见图 4.2-27）。

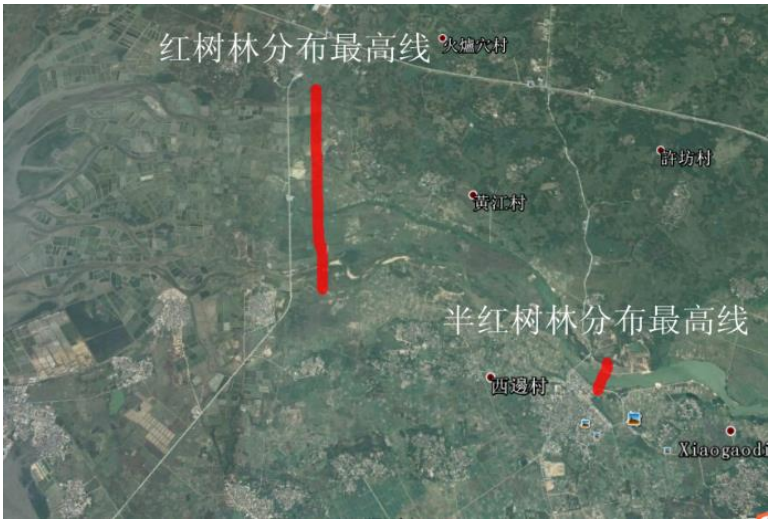


图 4.2-27 北门江流域红树林、半红树林分布最高线

红树林分布最高的类型主要是桐花树群落，有红海榄和海漆伴生，半红树林植物主要有水黄皮、许树、阔苞菊等；半红树林分布最高的类型主要是水黄皮小片丛；滨江丛林主要类型由滑桃树、小刺竹群落和玉蕊群落等构成。在该流域还分布有中国发育最好的玉蕊林，为北门江最美丽的淡水水上森林景观（图 4.2-28）。



图 4.2-28 滨江丛林（沿江或支流深绿部分）

在图 4.2-28 中，可看到沿北门江干流砂质岸边分布的滨江丛林（深绿部分），亦可看到从七里村往西南流入北门江干流的小支流分布有大片的玉蕊林（深绿色部分，该森林围绕七村后，向西南伸上北门干流），这是海南淡水森林的奇观。

4.2.3.3 植物组成与群落特征

（1）滨江丛林

北门江的滨江丛林主要类型由滑桃树、小刺竹群落和玉蕊群落等构成，前者常见的植物还有有水柳、水竹、鹊肾、构树、蔓生莠竹等；后者以玉蕊为优势，伴生有滑桃树、乌墨、鹊肾（水不到达的区域）、水翁、对叶榕（水不到达的区域）、鱼木、水黄皮等多种植物。

（2）半红树林

北门江的半红树林分布的范围较广，在红树林分布的区域，偏向陆域砂质土壤都有分布，往北门江上游方向可分到中和镇一带河岸边，距离出海口约 15km，距离河口约 9.5km。半红树植物主要有马鞭草科的许树，锦葵科的黄槿，夹竹桃科的海芒果，蝶形花科的水黄皮，菊科的阔苞菊和蝶形花科的鱼藤等，共 6 个种，占海南半红树植物 16 种的 37.5%。非红树林、半红树林植物水竹、厚藤、露兜、海刀豆、长春花、一点红、鳢肠、大尾摇等湿生、半湿生或典型海岸陆生植物等伴生于红树林水域或陆域的外缘，共同构成新英湾及北门江河口河岸景观。但是，从野外调查记录来看，该区域的半红树林发育相对较差，多呈片丛或单一植株分布，这与滩涂相对较窄，没有半红树林的发展空间有密切的关系。目前半红树林群落多分布在沿海滩涂上和养殖虾塘周边。能成片丛的半红树林群落主要以水黄皮或黄槿为绝对优势，生长近岸边的滩涂或海岸内缘的阶地和小丘上，地势较高，土壤为砂质壤土，坚实，表土薄而略粘，呈棕灰色。

①水黄皮，黄槿半红树林群落

植物群落外貌灰绿色，林高大，立木分两层，第一层高 3.5-4.5m，覆盖度 50%，主要以水黄皮占优势，伴生有黄槿、海杧果等。第二层高 2.5-3.0m，主要以黄槿和海杧果的幼树为主，林中混生有许树。与半红树林伴生的其它植物还有长春花、一点红、坡柳、多刺山黄皮、积雪草、对叶榕、倒吊笔、土牛膝、厚藤、鳢肠、斑茅、大尾摇等非半红树林植物种类。

②黄槿，许树，阔苞菊群落

植物群落以黄槿为优势，林高 2.0~4.0m，覆盖度 40%，零星伴生有榄李、水黄皮。主要伴生植物有许树、阔苞菊、厚藤、坡柳、马缨丹、对叶榕、梵天花、海马齿苋、鬼针草、土牛膝、金腰箭等种类。

（3）红树林

依据海南大学完成的 2008 年国家海洋局“908”项目中的海南海岸植被调查结果、北门江流域规划陆生生态影响评价专题研究及本次环评中对北门江河口区红树林的专题调查结果，发现该地区红树林的植物组成主要有红树科的红海榄、木榄、海莲、角果木、秋茄树；大戟科的海漆；紫金牛科的桐花树；马鞭草科的白骨壤；使君子科的榄李；卤蕨科的卤蕨；爵床科的老鼠簕等 11 个红树林树种，占全国红树林树种的 42.3%。

北门江流域的红树林的分布区域主要在新英湾、河口和部分河道滩涂上（图 4.2-29）。由于分布海湾、河口岸边及河岸边的红树林较为破碎，小斑块很多，很难全部勾画出来，图中仅主要表示面积较大的红树林斑块。从图 4.2-29 中可以清楚地看到红树林分布在由河流冲剧下的泥沙形成的滩涂上，从冠英村、山村、新英、南岸村、兰田村、坡郎村一带的红树林分布较好，其中冠英村、山村等一带的红树林受北门江的影响，而南岸村、兰田村、坡郎村、新英一带的红树林受春江河的影响较大一些。



图 **4.2-29** 新英湾、北门江河口红树林分布图（红色部分）

在北门江流域内，从出海口岬角起，沿着河道向上游，直到 8~11.5km 处，红树林仍然发育良好，主要有桐花树、红海榄、海漆等的分布，到 12km 内有零星分布，主要为桐花树。带有红树林、半红树林特性的卤蕨可广泛分布在这些区域内被盐渍化了的农田湿地中。综合分析历史资料和现状调查成果，该地区主要的红树林植物群落有如下几个类群：（1）红海榄，桐花树，白骨壤群落；（2）海漆，白骨壤，角果木群落；（3）角果木，榄李，桐花树群落；（4）榄李，白骨壤，海漆群落。各群落特性如下：

①红海榄，桐花树，白骨壤群落

该群落广泛分布于新英湾的淤泥海岸带区域，为新英湾最主要的红树林类型。该群落主要受低潮位影响。群落外貌整齐，主要为灌木型。总体来看，植物群落

组成与结构还是比较复杂多样，但局部的优势种还是比较明显，沿着潮位的变化，从低到高，主要分布有红海榄、木榄、白骨壤、桐花树、榄李，然后为半红树植物许树、黄槿等。不同的小区域，其群落组成与结构略有不同。例如，有局部区域没有木榄的分布，但是总体是以红海榄、木榄、桐花树为优势种，有的区域主要是红树和桐花树为优势，但有时局部形成单一的红海榄群落。除以上优势种外，常见白骨壤、榄李等伴生种，有时可发现有海莲、角果木、秋茄树和海漆等植物分布，许树和黄槿多分布在淤泥与岸边砖红壤的过渡带。该群落平均树高为 4m，最高不超过 5.5m，覆盖率较高，大于 90%，是一个较为稳定的红树林生态系统。

②海漆，白骨壤，角果木群落

本群落分布较广，主要分布在河口附近的的海踢村、山村等附近，受中高潮位海水的影响。该群落林高有 2-4m，在海岸边以零碎状分布，群落外貌灰绿色，局部形成白骨壤单优势群落。总体上是群落向海一侧外围乔木以角果木为优势，向陆一侧与白骨壤和海漆为优势。整个群落结构并不很复杂，乔木主要以海漆占优势；林中偶尔混生有红树。灌木层主要以白骨壤、角果木占为优势，混生有榄李等。向陆一侧外围海岸上还分布有一些半红树物种，如黄槿、许树、海杠果、榄仁树等等。覆盖率较高，大于 90%。

③角果木，桐花树，榄李群落

该群落生长一样生长在中高潮位线海湾内或河道上，海水盐度较低地段的滩涂上。本群落黄绿色，常由低矮的角果木组成单优林，有时混生榄李等种类，林高 1~3m，主干不明显，每株平均胸径有 2.0~4.5cm，植株成丛状，树冠平整而稠密，覆盖度达 90%；有时分布有少量海莲、海漆。灌木层主要以榄李、桐花树为主。

④桐花树群落

该群落分布在高潮位线近岸滩涂上或河滩上。从河口到黄玉村、小薛村一带以东 1.2km 左右还有分布（从河口起到最高红树林分布点约 5.2km），调查到最偏向上游河道有桐花树分布的坐标点是 N19°46'23.7"，E109°19'09.4"，零星分布有红海榄、海漆、榄李和卤蕨等红树林植物，同时分布有水黄皮、黄槿、许树等半红树林植物。

4.2.3.4 北门江河口红树林主要组成植物的生物学与生态学特性分析

北门江河口红树林主要组成植物红海榄、木榄、海莲、角果木、秋茄、白骨

壤、桐花树、海漆、榄李、老鼠簕、卤蕨等 11 个红树林树种。结合调查结果分析得知，在 11 种红树林植物中，目前红海榄、木榄和白骨壤、桐花树、榄李等 5 种红树林植物种群发育较好，其它 6 种发育一般，或呈零星分布。

（1）红海榄（*Rhizophora stylosa*），灌木或小乔木，对环境条件要求不苛刻，除沙滩和珊瑚岛地形外，沿海盐滩都可以生长，对抵御海浪冲击比其他同属种要强。花果期秋冬季，胎生苗至翌年 6-8 月成熟，红海榄胚轴萌根的最佳盐度条件为 20‰左右的高盐度。在新英湾红海榄常出现在滩涂前沿及出海河滩，土壤深厚，有细沙淤泥，盐度 9.5-24‰。

（2）木榄（*Bruguiera gymnorrhiza*），乔木或灌木；花果期几全年。10-15‰的低盐度海水对木榄胚轴萌根和发芽有明显促进作用，大于 15‰，不利于木榄胚轴萌根和发芽。

（3）海莲（*Bruguiera sexangula*），乔木或灌木，花果期秋冬季至次年春季。结果表明，生长基盐度 20‰以上，海莲繁殖体的萌苗时间推迟，成活率降低，随着盐度的提高，幼苗高生长量降低，叶片变小，海莲幼苗适宜生长的盐度范围在 15‰以下，盐度为 5‰的处理下，幼苗生长最旺盛，盐度超过 25‰后生长受抑制。

（4）角果木（*Ceriops tagal*），为常绿灌木，夏末秋初开花，盛花期在秋季，次年 1-4 月为盛果期，6-8 月为胚轴成熟脱落期。角果木嗜热、喜光，耐盐性中等，胚轴萌根发芽的最适盐度在 10‰右。适合生长于淡水河口受海水浸淹的泥滩或微带粘性的砂质壤土，在只有大潮、特大潮才淹及的高潮岸带也能生长。不同苗期的幼苗对盐度的适应能力有差异，通常 4 片叶以下的幼苗盐度宜控制在 10‰以下，4 片叶以上的幼苗盐度控制在 15‰以下，因此，幼苗前期应该适当增加淡水浇灌次数和用量。

（5）秋茄（*Kandelia obovata*），灌木或小乔木，花果期几全年。喜生于海湾淤泥冲积深厚的泥滩，在一定立地条件上，常组成单优势种灌木群落，它既适于生长在盐度较高的海滩，又能生长于淡水泛滥的地区，且能耐淹，往往在涨潮时淹没过半或几达顶端而无碍。但其胚轴在淡水和 5‰~35‰盐度范围内发芽率和生根率都很高，在 90%以上，没有明显的差异，但高浓度的人工海水（35‰）对芽的生长有一定的抑制作用淡水条件下，秋茄胚轴的生根数较少。其幼苗的最适生长盐度为 5‰~10‰，10‰~20‰盐度可生长，20‰~30‰盐度或淡水处理下，秋茄幼苗生长明显受抑。

（6）白骨壤（*Avicennia marina*），灌木，花果期 7~10 月。对土壤适应性较好，可在河口湾泥滩，也可分布到半泥沙至沙质海滩，自然分布多在土壤盐度 5‰~20‰的环境中，个别可达 25‰左右；在盐度 25‰以上的海滩，可适合种植白骨壤。

（7）桐花树（*Aegiceras corniculatum*），灌木，花果期 12 月至翌年 1~2 月。桐花树苗木比白骨壤的苗木适应高盐度环境更差一些，桐花树苗木在盐度为 30‰时，会出现死亡，反而是在淡水环境中能存活和生长，表现出桐花树对淡水环境较强的适应性。进一步的实验结果表明桐花树苗木在盐度为 0~5‰时，生长良好，在盐度 5‰时长势最好，幼苗在 20‰盐度处理下，苗木出现死亡，增高小，叶片有脱落，生长缓慢。

（8）海漆（*Excoecaria agallocha*），常绿乔木，花果期 1~9 月。盐度为 5‰最好，15‰明显下降，25‰以上很差。不同盐度下海漆种子萌发的实验，发现在低盐度下发芽各项生理指标与淡水培育下差别不大；在中等盐度时各项指标低于低盐度的；而高盐度培育下萌发率最低，最终抑制生长导致死亡。

（9）榄李（*Lumnitzera racemosa*），常绿灌木或小乔木，花果 12 月至翌年 3 月。喜生长于海滩偏向陆域一侧，要有海水，但是又不能太深。榄李苗木在盐度 7.5~15‰条件下苗木综合生理指标和生长较好，在盐度为 0‰或 30‰苗木综合生理指标和生长较差。

（10）老鼠簕（*Acanthus ilicifolius*），直立灌木（草本），花期：4~5 月，果期：5~6 月等。如果提高盐度会推迟老鼠簕种子的萌根及萌苗时间，幼苗在盐度 5‰时发育较好，盐度 15‰-25‰时，萌根率与萌苗率降低，幼苗根系活力下降，幼苗生物量明显下降。

（11）卤蕨（*Acrostichum aureum*），草本，植株高可达 2m。根状茎直立，顶端密被褐棕色的阔披针形鳞片，为海岸潮汐带间沼泽植物。有的学者把它归入半红树林植物，有的归入红树林植物，有一定的争议。因此，也可看出它需要一定的盐份，但也能生长在淡水环境中。目前在北门江流域主要是生长在被盐渍化的弃荒农田中。

从以上分析，分布在北门江河口区域内的红树林植物对盐度的适应性强弱为白骨壤>红海榄>角果木>榄李>秋茄>桐花树>木榄>海莲>海漆>老鼠簕>卤蕨。有学者进一步研究，桐花树在海湾和淡水域均生长良好，但在真正的淡水环境中却不能良好生长，主要的原因是，桐花树在淡水域生长的另一个基本条件是 pH7.0；海

漆、榄李和老鼠簕 3 种非胎生红树植物适应盐度的能力由强到弱依次是海漆、榄李和老鼠簕。

另外，半红树林植物水黄皮、海芒果等可以在盐分浓度（盐质量/土壤质量）低于 8‰时维持生长，黄槿等可在盐分浓度（盐质量/土壤质量）低于 4‰时生长。水黄皮、海芒果耐盐性优于黄槿。

4.2.3.5 河口红树林生态系统现状面临问题

经过资料收集和现场调查，可发现北门江河口地区红树林等生态系统正在经受多方面因素的威胁，岸边强开发带来的工业及农田污染，海鸭养殖的污染，以及大量的人工养殖池把本来面积不大的红树林四分五裂，红树林景观破碎化严重，特别是近几年出现了红树林伴生种的暴发，严重影响了该地区红树林生态系统。调查发现鱼藤通过攀援覆盖，蔓延成灾，导致连片红树林植物生长“告急”，鱼藤“疯长”已经成为对红树林生态系统新的威胁（见图 4.2-30）。



图 4.2-30　河口附近海鸭养殖、人工养殖池及受到鱼藤“入侵”的红树林

4.3水土流失和水土保持现状

4.3.1 水土流失现状

根据《土壤侵蚀分类分级标准》，工程所在区域属南方红壤丘陵区，土壤允许流失量为500t/（km²•a）。根据水利部办公厅办水保[2013]188号文“关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》的通知”和海南省水务厅（原海南省水利局）、海南省国土环境资源厅《关于划分水土流失重点防治区的公告》，工程区所在的儋州市、洋浦经济开发区不属于国家级水土流失重点预防区和重点治理区，属于海南省省级水土流失重点治理区。

根据2013年海南省第一次水利普查水土保持情况普查成果报告可知，儋州市微度侵蚀面积3146.12km²，占水土流失总面积的92.53%；轻度侵蚀面积79.88km²，占水土流失总面积的2.35%；中度侵蚀面积122.25km²，占水土流失总面积的3.60%；强烈侵蚀面积32.61km²，占水土流失总面积的0.96%；极强烈侵蚀面积9.28km²，占水土流失总面积的0.27%；剧烈侵蚀面积9.86km²，占水土流失总面积的0.29%。整体上儋州市水土流失相对较轻，具体详见表4.3-1。

表4.3-1　　儋州市水土流失现状统计表

水土流失强度分布	水土流失面积（km²）	占水土流失总面积的百分比
微度	3146.12	92.53%
轻度	79.88	2.35%
中度	122.25	3.60%
强烈	32.61	0.96%
极强烈	9.28	0.27%
剧烈	9.86	0.29%
合计	3400	100.00%

根据工程区水土流失现状调查，由于本工程各枢纽建筑物及施工临时设施占地均布置在北门江两岸阶地上，占地类型主要为耕地、园地和林地等。工程区水土流失以水力侵蚀为主，侵蚀强度以轻度侵蚀为主，水土流失形式主要有面蚀、细沟侵蚀。

4.3.2 水土保持状况

从2000年开始，儋州市启动了小流域水土流失治理工程，并获得了国债资金

的支持，至今已完成了小流域的治理总面积约 28.5km^2。

据统计，治理工程已完成投资约 1095 万元，其中包括中央、省、市财政投入和群众投工投劳折款。针对儋州市土壤疏松、水土流失面积大的特点，海南省水务厅、林业厅采取了工程措施（开挖挡土坝）与生物措施（人工造林）相结合的治理方案，分期对蚂蝗岭进行综合治理。目前，已造林 3 万多亩，选用了耐旱、涵水、固沙力强且能够改良土壤的马占相思和桉树等树种，并在行间种植覆盖物，以减弱洪水的冲刷力。

通过现场调查，评价区所在地水土保持工作做得较好，在开发建设项目控制水土流失及小流域治理方面较为成功的水土保持措施主要有：①路基边坡采用土工格栅、排水系统等工程措施；②在可绿化的边坡采用液压喷播植草等护坡方式进行边坡防护；③在道路两侧可绿化地带栽植绿化灌木等行道树；④小流域综合治理大力发展水保林、经济林、灌木林及乔灌草相结合的立体绿化模式等。栽植的水保树种主要有：桉树、木麻黄、马占相思、扶桑、黄心梅、海南杜鹃等乔、灌木及各种藤本植物等，草本植物主要有大叶油草、狗牙根等。经过近年来的努力，海南省儋州水土流失治理工程初显成效，水土流失现象得到了初步遏制。

4.4社会环境

4.4.1 行政区划及人口

天角潭水利枢纽工程位于海南省儋州市境内的北门江流域干流，工程枢纽及淹没区涉及儋州市那大镇、大成镇、东成镇、西联农场和西培农场等。

儋州市属海南省地级市，是海南省第四个地级市，位于海南岛的西北部，濒临北部湾，陆地面积 3400km^2，市人民政府驻那大镇。2014 年儋州市户籍人口 104.84 万人，其中非农业人口为 65.33 万人，农村人口为 39.51 万人，总人数占全省 916.34 万人的 11.4%。

儋州市是海南西部的经济、交通、通信和文化中心，海南洋浦经济开发区和中国热带农业科学院、海南大学儋州校区（原华南热带农业大学）均在其境内。儋州市下辖 16 个镇，10 个国营农场、行政村 275 个、自然村 1434 个，乡镇包括那大镇、和庆镇、南丰镇、大成镇、雅星镇、兰洋镇、光村镇、木棠镇、海头镇、峨蔓镇、三都镇、王五镇、白马井镇、中和镇、排浦镇、东成镇、新州镇。国营

农场包括西培农场、西华农场、西庆农场、西流农场、西联农场、蓝洋农场、新盈农场、八一农场、龙山农场、红岭农场。2015 年撤销县级儋州市，设立地级儋州市。

那大镇位于儋州市东部，地理坐标为北纬 19°31'、东经 109°34',，现为儋州市委、市政府所在地，是儋州市的政治、经济、文化中心，是岛西重镇，交通枢纽。土地面积 239km^2，辖 31 个村（居）委会、6 个镇办农场、120 个自然村、123 个村民小组，全镇常住人口 30 万，是海南省人口最多的县市驻地镇。城区规划面积 38.4 km^2。

大成镇位于海南省儋州市中部，地理坐标为北纬 19°31'、东经 109°33'，距儋州市政府所在地那大镇 20km。土地面积 404.40 km^2，辖 21 村（居）委会、139 个自然村、205 个村民小组，全镇人口 3.39 万。

东成镇东成镇位于海南省儋州市东北部，地理坐标为北纬 19°40′，东经 109°28′，距市政府所在地那大镇 22.5km。土地面积 226.5km^2，辖 20 个村（居）委会、109 个自然村、170 个村民小组，全镇人口 6.4 万。

西联农场创建于 1952 年，位于海南省儋州市市郊，毗邻洋浦开发区，西联农场是一个以生产天然橡胶和改性橡胶木为主，集农工商建运为一体的大中型国有企业。下辖 7 个监管区，52 个生产队，1 个橡胶示范基地，8 家工厂，4 家公司，1 家医院和 6 所小学，1 所中学。职工 5052 人，拥有土地 15.8 万亩，固定资产 3.1 亿多元（未含土地开发价值）。现已植胶 8.2 万亩，造林 3 万亩，水稻 3500 亩和万余亩热带经济作物及淡水养殖基地。

西培农场位于海南省西部儋州市境内，距儋州市区约 13km，现有国有划拨土地面积 350835.22 亩。全场职工自营经济用地 5.23 万亩，总人口 51557 人。下属有 5 个分场，47 个基层生产队和 10 家二级企业，职工中心医院 1 所，初级中学 1 所，完全小学 12 所。

4.4.2 社会经济

2014 年，儋州市生产总值 215.16 亿元（不含洋浦），按可比价格计算，比上年增长 10.5%，其中，第一产业增加值 99.84 亿元，比上年增长 2.6%；第二产业增加值 28.74 亿元，比上年增长 1.2%；第三产业增加值 86.58 亿元，比上年增长 25.4%。一、二、三次产业结构依次为 46.4:13.3:40.2。儋州生产总值占全省 3500.72 亿元的

6.15%，其中第一产业占全省 809.52 亿元的 12.33%，可见儋州市是农业大市（县）。

2014 年洋浦经济开发区生产总值 224.69 亿元，其中，第一产业 1.98 亿元，第二产业 144.45 亿元，第三产业 78.00 亿元，一、二、三次产业结构依次为 46.4:13.3:40.2。

4.4.3 交通运输

天角潭水利枢纽工程大坝区位于海南省儋州市境内的北门江干流，大坝坝址距东成镇 19km，距儋州县城那大镇 25km，距洋浦经济开发区 48km，距海口市 132km，距三亚市 262km。该工程区对外交通以陆路为主，且较为方便。海口市至三亚市的 G98 高速公路穿过儋州市东成镇，由东成镇转入省道 308，在省道 308 与省道 306 交叉处有等外道路到天角潭水陂右岸（西联农场猛进队），该段道路连接在建跨江大桥至左岸乡村道路。

4.4.4 北门江流域水资源开发利用现状

目前，北门江流域已建有蓄水工程有：1 座中型水库和 4 座小型水库，分别是沙河水库、那旦、角要、火烧坡和南茶水库。蓄水工程总库容 7114 万 m^3，兴利库容 3856 万 m^3，其中作为中型水库的沙河水库总库容 6360 万 m^3，兴利库容 3365 万 m^3。北门江干流已建 9 级电站，总装机容量为 6260kW。从上游自下游的顺序依次是沙河水库坝后、牙拉河一级、燎源、牙拉河三级、牙拉河四级、东风、西联、两院、西庆水电站，除沙河水库坝后电站为多年调节外，其他电站均为径流式梯级电站。北门江流域水利工程分布见附图 2。

北门江水利工程是以灌溉为主要任务，其中上游的沙河水库是北门江干流的主要蓄水工程，结合下游的天角潭水陂抬高水位，引水灌溉农田。其中沙河水库位于儋州市南部的北门江支流沙河上，1958 年建成并发挥效益。沙河水库是一宗以灌溉为主，结合防洪、供水、发电、养殖、旅游等综合利用的多年调节中型水利工程。

沙河水库坝址以上集雨面积 83.7km^2；水库多年平均来水量 6430 万 m^3。水库正常蓄水位为 135.88m，相应正常库容 3569.3 万 m^3；校核洪水位 139.49m，相应总库容 5882.0 万 m^3；最大坝高为 27.0m。发电装机 640kW。天角潭水陂位于北门江中游，于 1956 年 11 月份动工，1957 年 1 月份竣工，其工程任务为引水灌溉天角潭灌区，坝高 16.5m，左岸为通天式双孔明流进水闸，右岸为明流式双孔箱涵进

水闸。天角潭灌区位于儋州市少雨干旱的中北部地区，包括东成镇、中和镇、新州镇、木棠镇、光村镇、三都镇、峨蔓镇等七个镇；灌区土地总面积 31.19 万亩，耕地面积为 16.90 万亩，设计灌溉面积 10.50 万亩，现实际灌溉面积 5.252 万亩，设计引水流量 13m³/s。

4.4.5 天角潭灌区土地利用现状

天角潭灌区位于儋州市中北部，耕地分布于北门江下游两岸，属于滨海平源地区，根据国土二调数据，灌区内土地总面积为 26.62 万亩，耕地面积为 15.48 万亩。

（1）灌区农业发展现状

天角潭灌区一直以来都是以种植业为主，主要种植粮油作物和热带作物。灌区内因农田缺水，早造大部分农业缺水灌溉，晚造依靠雨季降雨抢种收获，但产量低，不能稳产高产，与粮食相关的禽蓄养殖业发展不起来。

整个灌区地处低纬度，属于热带季风岛屿性气候，日照时间长，气候温和，四季如春是天然的大温室，适合农作物生长，长坡洋、井里坡、新中洋、新地坡、高荣坡、崖碧洋、七里坡等田洋都在灌区内，占耕地面积 69%以上。近几年随着人民生活水平的提高，灌区瓜菜种植面积逐年扩大，成为全市高效农业及无公害蔬菜生产的重要基地。

（2）灌区土地利用现状

采用分级渠道控制面积实地访问调查和在 1/10000 地形图上量算两种方法，得出天角潭灌区土地总面积为 26.62 万亩，耕地面积为 15.48 万亩，占灌区土地面积的 58.2%，现状灌区的灌溉面积为 5.252 万亩。灌区东、西岸灌溉系统控灌面积如表 4.4-1 和表 4.4-2。

表 4.4-1　　天角潭灌区范围内现状土地利用情况表 1

地类	面积（亩）	所占比例
耕地	154776	58.2%
园地	752	0.3%
林地	64509	24.2%
草地	7853	3.0%
工矿仓储用地	1863	0.7%
住宅用地	21147	7.9%
公用管理与公共服务用地	664	0.2%

地类	面积（亩）	所占比例
交通运输用地	726	0.3%
水域及水利设施用地	8306	3.1%
其他土地	5557	2.1%
合计	266153	100.0%

表 4.4-2　　天角潭灌区现状土地利用情况表 2

分区	渠系		土地面积（万亩）					现状灌溉面积（万亩）
			合计	耕地面积			其它（万亩）	
				小计	旱地	水田		
天角潭灌区	西岸干渠系统		7.78	4.50	2.28	2.22	3.282	2.682
	东岸干渠系统	干渠	8.38	4.44	1.16	3.28	3.940	1.362
		黄沙分渠	10.46	6.54	1.03	5.52	3.920	1.208
		小计	18.84	10.98	2.18	10.22	7.860	2.570
	合计		26.62	15.48	4.46	12.44	11.14	5.252
其中：北门江流域	西岸干渠系统		6.22	3.60	2.23	1.36	2.625	2.628
	东岸干渠系统	干渠	6.29	3.33	1.01	2.32	2.955	1.185
		黄沙分渠	0	0	0	0	0.00	0
		小计	6.29	3.33	1.01	2.32	2.955	1.185
	合计		12.51	6.93	3.24	3.69	5.581	3.813

（3）灌区土壤组成及分布

天角潭灌区地质属第四系海相地层，土壤主要为水稻土及砖红性红壤土，土壤一般含有机质 0.44%～2.1%，含氮量 0.0016%～0.11%，土地肥沃，土地资源开发潜力大。

天角潭灌区东岸干渠控制面积多为砖红性红壤土及玄武风化红壤和黄色砖红壤，少部分火山灰沉积土和砂壤土；天角潭灌区西岸干渠控制面积多为砖红性红壤土及少部分滨海沉积砂壤土。地势平缓、土地肥沃，植被覆盖良好，水土流失少，适宜种植各种农作物。

（4）存在问题

①灌区渠系配套不完善，灌溉水利用系数低，有效灌溉面积少

天角潭灌区水源现在主要由天角潭水陂引水和沙河水库联合供水，分东、西岸两干渠。

天角潭灌区东岸干渠，位于北门江流域右侧，从天角潭水陂右岸（东岸）进水闸取水，渠首高程为 23.380m，渠道沿等高线开挖，规划设计灌溉面积为 5.412 万亩，现实际灌溉面积为 2.570 万亩。

天角潭灌区西岸干渠，位于北门江流域左侧，从天角潭水陂左岸（西岸）进水闸取水，渠首高程为 20.715m，渠道沿等高线开挖，规划设计灌溉面积为 5.088 万亩，现实际灌溉面积为 2.682 万亩。

目前，整个灌溉干支渠道完好率较低，灌区田间工程配套不完整，且原有水利工程老化，排灌系统不合理，排灌不分家，漫排串灌现象严重，不仅浪费水资源，而且不能合理用水、科学用水，也不能保肥，造成灌区大部分农田产量低，粮食产量徘徊不前，影响着农村经济的发展

②灌溉保证率低，产业结构布局不尽合理

由于灌区灌溉保证率低，亩均粮食产量仅为，为了更好的满足粮食自给，不得不加大粮食作物的种植面积，经济作物种植面积明显偏小，现状水平年粮经比为 51；49，经济作物所占比重小于粮食作物，不能满足农民增收的诉求。灌区目前的种植结构中，经济价值较低的作物比重过大，高附加值的作物尚未规模化种植；农业生产力的布局还不合理，地区优势尚未充分发挥，作物品种结构单一。

4.4.6 受水区用水基本情况

洋浦经济开发区由于所属地理位置特殊性，自身没有可供城市供水的水源，只能靠区外调水解决。洋浦供水工程于 1998 年 9 月通过初步设计审查，随即进入施工图设计，该工程一期设计规模为 25 万 m^3/d，单管输水，管材采用 DN1600 钢管，全长 56.5km，取水水源为南茶水库（松涛灌区总干渠从库区穿过），于 1998 年 11 月正式开工，2005 年完工。至今，洋浦经济开发区城乡供水由该管线供水，供水规模为 25m^3/d。随着洋浦经济社会发展需求，于 2011 年 11 月 编制《洋浦第二原水管线工程初步设计（报批稿）》，并向海南省水务厅提出《关于审批洋浦第二原水管线工程初步设计的请示》（洋浦控股[2011]273 号），总供水规模为 70 万 m^3/d（包含洋浦原水一期 25 万 m^3/d），供水范围包括：洋浦经济开发区、供水管线沿途的儋州木棠工业园区、东成镇、中和镇。于 2011 年 11 月开始施工，现属于正在施工阶段。预测至 2040 年，洋浦经济开发区日需水量为 85.3 万 m^3，总供水规模为 70 万 m^3/d 已不能满足其发展要求。

根据《海南省儋州市东成地区农村饮水安全工程初步设计说明书》，东成镇镇区由东成水厂供水，取水水源为太平水，供水规模为 0.25 万 m3/d，其他村庄居民均靠自打水井取水饮用，存在饮水安全问题。同时，该报告提出“由于上游的养猪场向太平河中排放生成废水，致使东成水厂水源受到污染，已不适合作为水厂供水工程水源。”由该报告水源论证中确定，选择那洋输水管道水作为水源，那洋输水管道水源为松涛水库。

根据《海南省儋州市中和地区农村饮水安全工程初步设计说明书》，中和镇镇区由中和水厂供水，取水水源为地下水，供水规模为 0.34 万 m^3/d，其他村庄居民均靠自打水井取水饮用，村庄饮水安全问题。同时，该报告提出“由于浅层地下水收到不同程度的污染，出厂水质不达标，水厂处理后的饮用水经儋州市卫生防疫站水质监测结果显示出厂水锰含量为 0.34mg/L，未达到《生活饮用水水质标准》，已不适合作为水厂供水工程水源。”

根据《海南省北门江流域规划（修编）》中提出：至设计水平年，规划新建天角潭水利枢纽工程，作为儋州市中和镇和东成镇新的供水水源，替代现状供水水源。

天角潭灌区是松涛灌区 22 个系统之一，原设计灌溉面积 8.83 万亩，但由于规划天角潭水库一直未建设，现状灌区的灌溉用水主要是沙河水库和天角潭水陂联合调度，但沙河水库调蓄能力不足及天角潭水陂没有调节能力，使得松涛水库通过西干渠补水 4000～5000 万 m^3，仅能满足天角潭灌区内 5.25 万亩耕地的灌溉需求。沙河水库与天角潭水陂联合调度方式为天角潭灌区需要灌溉时由沙河水库放水至水陂，通过东西干渠进行自流灌溉。根据基准年径流调节计算，年均供水量为 5024 万 m^3，其中松涛西干渠年均补水量为 4000 万 m^3。

4.5环境质量现状

4.5.1 水环境质量

4.5.1.1 地表水质量

为进一步了解北门江工程河段水质情况，本次环评特委托监测于 2016 年 2 月、2016 年 6 月开展了两期水质现状监测工作，水质环境总体优良。

4.5.2 环境空气质量

区域处于农村地区，环境空气质量较好。

4.5.3 声环境质量

工程区为农村地区，声环境质量较好。

4.6儋州市生活垃圾填埋场及焚烧发电厂

4.6.1 儋州市生活垃圾填埋场

儋州市现有生活垃圾填埋场 1 座，位于儋州市那大-东成公路 18km 处，距那大镇 22km。垃圾填埋场建于 2008 年 9 月，2010 年 5 月投入试运行，主要收集儋州市城区、洋浦经济开发区及周边地区的垃圾。填埋场设计处理规模 280t/d，库容量 68 万 m^3，设计使用年限 6 年，由卫生填埋库区、渗滤液处理系统、生活管理区及辅助设施、公用工程设施等组成。垃圾填埋工艺采用斜坡作业法，由低往高按单元分层进行垃圾填埋。配套建设的渗滤液处理系统采用生化+膜法工艺进行处理，渗滤液处理达标后排入北门江右岸一级支流腰青岭小溪。

4.6.2 儋州市生活垃圾焚烧发电厂

为改善儋州市生活垃圾处理现状，提高垃圾收运率及对垃圾无害化处置的要求，儋州市拟建设儋州市生活垃圾焚烧发电厂，厂址紧邻垃圾填埋场东侧，利用垃圾焚烧处理的余热发电。

拟建垃圾焚烧发电厂日焚烧处理生活垃圾 750t，拟分两期建设。一期建设规模 500t/d，二期建设规模 250 t/d，项目运营期 30 年（含建设期 2 年）。

4.7区域主要环境问题

北门江流域虽然经过几十年来的治理开发，在灌溉、发电、供水等方面取得了一定成就。但随着流域经济社会的快速发展，治理开发程度远远不能满足北门江流域及邻近地区经济社会的需要，北门江流域在环境方面主要存在如下几方面问题：

（1）水环境问题日渐凸显

北门江流域至今未划定流域管理和保护范围，且对流域排污执法不严。根据调查，近几年，随着流域上游那大镇的发展，上游排污量增加，水质由前几年的Ⅱ类及以上演变为近几年的部分指标如氨氮等劣于Ⅲ类的现象。目前，北门江流域各市县及开发区集中污水处理厂建设快，但污水管网建设仍满足不了要求，污水处理率仍偏低。

北门江流域农业生产较为发达，化肥和农药造成面源污染日趋严重，同时畜禽养殖业在流域内已构成一个新兴污染源，其污染负荷较大，在水污染防治中不容忽视。由于此类面源污染影响较大，水质评价结果已显示出流域丰水期初期的河流水质状况要劣于枯水期的。

（2）流域内人工植被

流域内植物区系以热带成分为主，但由于人口密集、人为活动剧烈，原生的雨林和热带低地雨林等植被已被人工植被橡胶林、农田等替代，流域生态系统人工干预性极强。

（3）小型水电站开发利用对水生态产生了一定影响

目前，北门江流域已建有梯级水电站 9 座，小水电梯级开发对在某种程度上改变了原河道的水的自然生存流态方式，造成河段水流减少，甚至部分河段断流现象，对河流水文过程、泥沙输送、水生动物以及河流两岸的自然景观都有很大的影响。

5 环境影响预测评价

5.1 水库供水对区域水资源利用的影响

水资源利用影响分析以 2014 年为现状水平年， 2040 年为设计水平年。

5.1.1 对水源区北门江水资源利用的影响

5.1.1.1 北门江流域水资源开发利用现状

（1）供水工程

北门江流域内现有中型水库一座，即位于北门江上游的沙河水库，有效库容为 3365 万 m³；小型水库 4 座，分别是南茶、那旦、角要、火烧坡水库，总有效库容 336 万 m³；塘坝有效库容 60 万 m³。沙河水库为松涛西干渠上的补水水库，属于中型水库，建于儋州市那大城区以南约 5km 的北门江上游一级支流牙拉河下游上，位于那大镇沙河村附近，坝址上游集雨面积 83.7km²。沙河水库是一宗以灌溉为主、兼有发电、防洪等综合效益的工程。水库的灌溉功能主要通过和天角潭水陂联合调度承担天角潭灌区的灌溉任务。

北门江流域现状条件下引水工程总引水规模为 30m³/s，其中，天角潭水陂的引水规模为 15m³/s，设计年供水能力为 1300 万 m³。沙河水库设计引水流量 13m³/s。现状运行条件下，每年 4～5 月份，松涛水库通过西干渠补水 4000～5000 万 m^3。

儋州市北门江流域现状条件下提水工程多为机电井，总提水规模约为 0.5m³/s，设计年供水能力为 895 万 m³；均为农村人畜用水。

（2）灌溉工程

北门江流域内的灌溉工程除了小型水库工程外，主要的灌溉工程是天角潭灌区。天角潭灌区包括东成、中和、新州、木棠、光村、三都、峨蔓镇等七个镇，灌区土地总面积 31.19 万亩，耕地面积为 16.9 万亩，是儋州市主要商品粮产区和经济作物及冬季瓜菜生产基地。现状天角潭灌区的有效灌溉面积为 5.252 万亩，供水水源现由天角潭水陂引水和沙河水库补水联合供水，沙河水库补水除自身来水外，还需松涛水库每年通过西干渠补水。

（3）防洪工程

北门江流经 8 个乡镇、3 个国营农场，天角潭水陂以下的北门江中下游地区为

阶地和海滨平原区，河道平缓，落差较小，存在一定的防洪排涝问题。

北门江流域天角潭水陂下游两岸村庄（长坡镇、东成镇、中和镇和新州镇）经常受淹，且下游基本上没有防洪堤，仅中和镇右岸有一段防洪堤。

（4）水电工程

干流现状工程多以水电开发为主，水力资源开发利用程度相对较高，总装机6260kW，多年平均发电量2273万kW·h。已建成了沙河水库坝后电站、牙拉河一级水电站、燎原水电站、牙拉河三级水电站、牙拉河四级水电站、东风水电站、西联水电站、两院水电站、西庆水电站，除沙河水库坝后电站为多年调节外，其余都是径流式电站。

5.1.1.2 水源区北门江流域供需平衡分析及水资源利用变化

（1）天角潭坝址处来水量和用水量分析

天角潭水利枢纽坝址处多年平均流量为8.94m³/s，多年平均径流量为2.82亿m³，占全流域多年平均径流量的64.5%。

天角潭水利枢纽工程实施后，多年平均供水量1.45亿m^3，占坝址处多年平均径流量的51.4%。具体情况见表 5.1-1。

表 5.1-1　　北门江流域坝址处用水量变化情况

水库建设前后	坝址处用水量（亿m^3）	坝址处多年平均径流量	比例（%）	备注
2014（天角潭水库建设前）	0.13	2.82	4.6	天角潭水陂设计供水量
2040（天角潭水库建设后）	1.45	2.82	51.4	
增量	1.32	-	46.8	

（2）北门江流域水资源利用率变化情况

2014年，流域内水利设施（不含松涛水库）供水量为4725万m^3，仅占地表水资源量的10.8%，现状水资源开发利用程度较低。

天角潭水库建成后，首先满足洋浦经济开发区、中和镇、东成镇的城镇用水，即至设计水平年2040年平均供水量8025万m^3；其次满足天角潭灌区农业灌溉供水量，年均供水6497万m^3。工程建成后多年平均供水量合计14522万m^3，加上流域内原水利工程，总的水资源开发利用量为1.67亿m^3，北门江流域水资源利用率从现状的18.3%增加至38.2%，低于国际公认的河流开发利用率40%的上限值。

5.1.1.3 对坝址下游用水的影响分析

坝址下游主要有长坡镇、东成镇、中和镇等城镇，城镇居民供水多采用集中供水方式，农村供水由于村庄分散，饮水不便，缺水面广，多数农村以挖大口井、手压井等分散式供水为主，少数农村采取集中式供水，但其工程设施简陋，水源是未经处理而直接供水的简易自来水。目前，仅那大自来水厂设备完善，供水的水量及水质基本可以保障外，其他乡镇的自来水厂设施简单，供水不同程度分别存在供水管道老化、供水规模小、供水能力不足、供水水源单一，水体水质污染严重等问题；沿海的新州镇等地区还普遍存在饮用水不符合饮用水标准的问题。

通过建设天角潭水利枢纽工程，可大大缓解下游地区城乡供水问题，为中和镇、东成镇提供安全水源。

5.1.2 对受水区水资源利用的影响

5.1.2.1 工程受水区需水量预测

（1）洋浦经济开发区需水量预测

根据水资源论证报告，采用万元 GDP 耗水量预测洋浦经济开发区需水量。

根据《洋浦主要经济指标“十三五”测算》成果中，提出“预计 2020 年，工业总产值达到 1500 亿元，批发业销售额达到 2000 亿元，其他行业按年均增长 5%计算，地区生产总值达到 450 亿元”。根据《海南省各市县最严格水资源管理制度控制目标》，提出“至 2020 年，洋浦经济开发区万元工业增加值用水量为 29.60m³/万元；2030 年，洋浦经济开发区万元工业增加值用水量为 25.87m³/万元。”2014～2020，洋浦经济开发区第二、三产业需水指标为 30、20m³/万元；2020～2030 年，第二、三产业需水指标为 25、10m³/万元；2030～2040 年，第二、三产业需水指标为 20.8m³/万元。

根据对不同水平年洋浦经济开发区需水预测成果，本次确定至 2040 年开发区净需水规模为 85.26 万 m³/d，即 31120 万 m^3/a。

（2）中和镇、东成镇城镇需水量预测

天角潭水利枢纽工程供水对象涉及儋州市 2 个乡镇，分别为中和镇和东成镇。截至到 2014 年末，中和镇和东成镇的城镇人口分别为 1.08、1.60 万人，第二产业增加值分别为 0.71、1.31 亿元，第三产业增加值分别为 1.88、2.56 亿元。

根据上述基础数据及相关规划分析，预测至 2040 年，中和镇和东成镇人口城镇人口分别为 2.20、3.28 万人，第二产业增加值分别为 7.56、13.66 亿元，第三产业增加值分别为 19.66、26.80 亿元。

根据前述乡镇人口、第二、三产业发展指标及需水指标预测成果，至 2040 年，居民生活需水量分别为 169 万 m^3、251 万 m^3，第二产业需水量分别为 224 万 m^3、410 万 m^3，第三产业需水量分别为 155 万 m^3、214 万 m^3。

即中和镇、东成镇至 2040 年净需水量为 1449 万 m^3。

（3）城镇需水量总计

根据上述章节对洋浦经济开发区和东成、中和镇需水预测成果，确定天角潭受水区供水对象计算至枢纽断面的需水量，为 90 万 m^3/d，即 32850 万 m^3/a，见表 5.1-2。

表 5.1-2　　受水区城镇供水需水规模情况表　　单位：万 m^3/d

需水对象	用水户净需水量				输水损失	至枢纽断面毛需水量
	生活	二产	三产	小计		
洋浦经济开发区	10.56	58.92	6.65	76.12	9.13	85
中和镇	0.49	0.61	0.42	1.53	0.18	1.7
东成镇	0.73	1.12	0.59	2.44	0.29	2.7
合计	11.79	60.65	7.66	80.10	9.61	90

（4）天角潭灌区灌溉需水量预测

天角潭灌区现状有效灌面 5.25 万亩，至设计水平年设计灌面 11.42 万亩，其中东岸干渠 7.20 万亩，西岸干渠 4.22 亩，东、西岸干渠灌溉水利用系数分别为 0.64、0.67。天角潭灌区灌面分渠道见表 5.1-3。

表 5.1-3　　天角潭灌区灌面分渠道表　　单位：亩

渠道名称		设计灌面				
		耕地		园地		合计
		水田	旱地	果园	其他园地	
东岸干渠	东干渠	8349	1018	4.65	230.33	9602
	黄沙支渠	22117	17437	8.66	85.5	39670
	三都支渠	9782	2753			12534
	七里支渠	9914	250			10164
	小计	50162	21458	13.31	315.83	71971

渠道名称		设计灌面				
		耕地		园地		合计
		水田	旱地	果园	其他园地	
西岸干渠	西干渠	5796	3553		202.48	9551
	1#	7903	86			7989
	2#	1362	118			1480
	3#	2332	345			2677
	4#	14969	5533			20502
	小计	32362	9635	0	202.48	42199
合计		82523	31094	13	518	114170

由灌溉面积乘综合灌溉过程线推算得出至设计水平年多年平均毛需水量。经计算，设计水平年全灌区多年平均灌溉净需水量为 6036 万 m³，毛需水量 7589 万 m³；P=80%年份灌溉净需水量为 5564 万 m³，毛需水量为 8292 万 m³。

（5）受水区需水量合计

根据需水预测成果，天角潭枢纽工程受水区内 2040 年毛需水量为 40439 万 m^3，其中城乡毛需水量为 32850 万 m^3，农业灌溉多年平均需水量为 7589 万 m^3。

5.1.2.2 **水资源供需平衡分析**

从供需平衡分析可知，灌区现有水利工程已不能满足现状需水要求，未来随着地区经济社会的发展，各部门的需水要求将进一步扩大。为了充分利用灌区大量宝贵的耕地资源，本阶段推荐灌区灌溉面积扩大至 11.42 万亩。根据受水区设计水平年 2040 年城乡生活及工业和灌溉需水量，结合当地水利工程可供水量的分析论证，进行受水区水资源供需平衡分析计算。

设计水平年的水资源供需平衡是指在没有考虑天角潭建设的情况下，在考虑节水、治污和当地水挖潜等措施前提下，通过各种措施实现增加供水，减少缺水量，确定灌区需天角潭水库的补水量。

（1）需水

设计水平年灌区需水是指在农业、城镇生活和工业考虑节水情况下的需水，农业灌溉需水量为设计水平年设计灌面乘以农业灌溉定额，城乡生活和工业需水量是考虑各种节水措施和再生水利用后的指标乘以需水对象所得，

天角潭枢纽工程受水区内2040年总需水量为40439万m³，其中城乡生活及工业年均需水量32850万m³，灌溉需水量7589万m³。

（2）当地水利设施供水

设计水平年平衡分析的基础是水资源的优化配置。首先充分利用当地水利设施，对灌区内水利设施先进行续建配套和节水改造，恢复其设计灌面，有条件的扩大其灌溉面积。对于城乡供水充分考虑其供水管网改造。

（3）松涛水库供水的计算条件

根据调查，现状情况下，松涛西灌区通过补水沙河水库，联合天角潭水陂对天角潭灌区进行灌溉，同时向洋浦经济开发区日供水量25万m^3，在建二期供水45万m^3/d，在进行解决缺水的最小供水和灌溉调节库容分析时，按照松涛水库供水量70万m^3/d计算，不足部分由天角潭水库补充，工程建成后，考虑到未来松涛水库配置方案，天角潭水利枢纽工程在经济的规模下，按最大可供水量考虑，受水区的水量优先由天角潭水库与沙河水库联合调度，不足部分由松涛水库补足，置换出的水量配置到琼北其他地区。

（4）计算结果及分析

2014现状水平年，受水区毛需水20572万m^3，供水来源包括当地小微型水源工程、松涛水库、沙河水库+天角潭水陂调度，可供水量合计13847万m^3，缺水6725万m^3，缺水率32.69%；至设计水平年2040年，若不建设天角潭水库，受水区毛需水40439万m^3，供水来源中由于建设了洋浦第二原水工程，松涛水库供水增加至25550万m^3，可供水量合计30497万m^3，缺水9942万m^3，缺水率24.59%；至2040年，若建设天角潭水库，受水区毛需水量不变，仍为40439万m^3，供水来源包括当地小微型水源工程、松涛水库、沙河水库+天角潭水库调度，可供水量合计39250万m^3，缺水1189万m^3，缺水率2.94%。具体见表5.1-4。

由此可见，天角潭水库建成后，可较大程度解决受水区工程性缺水问题，有效降低了受水区的缺水率。

表 5.1-4　　受水区水资源供需平衡表　　单位：万 m^3

项目		类别	2014	2040 未建设天角潭	2040 天角潭建设后
毛需水量		小计	20572	40439	40439
		城乡生活及二三产	14368	32850	32850
		农业灌溉	6204	7589	7589
可供水量	当地小微型水源工程可供水量	小计	138	363	363
		城乡生活及二三产	0	0	0
		农业灌溉	138	363	363
	松涛水库毛供水量	小计	9125	25550	24365
		城乡生活及二三产	9125	25550	24365
		农业灌溉	0	0	0
	沙河水库+天角潭水陂/水库毛供水量	小计	4584	4584	14522
		城乡生活及二三产	0	0	8025
		农业灌溉	4584	4584	6497
缺水量		小计	6725	9942	1189
		城乡生活及二三产	5243	7300	460
		农业灌溉	1482	2642	729
缺水率		小计	32.69%	24.59%	2.94%
		城乡生活及二三产	36.49%	22.22%	1.40%
		农业灌溉	23.89%	34.81%	9.61%

5.2对水文情势的影响

5.2.1 坝下需水分析

水库建成后，坝址下游河道将产生一定长度的减水河段，河段内需要一定的水量维持基本用水需求。因此，天角潭水库需下泄一定的水量满足其坝下河道内和河道外用水需求。

对于北门江而言，其水量要满足以下几个方面：①维持水生生态系统稳定所需要的水量；②维持河流水环境质量的最小稀释净化水量；③调节气候所需的水

面蒸散发量；④维持地下水位动态平衡所需要的补给水量⑤航运、景观和水上娱乐环境需水量；⑥工农业生产及生活需水量。这六个方面需水量互相补充、动态平衡。

5.2.1.1 河道内生态需水量

(1) 维持水生生态系统稳定所需的水量

水库坝下河段受人为干扰影响较大，生境破坏较为严重，现状未调查到国家级、省级保护鱼类，也无大型鱼类集中产卵场和越冬场分布，鱼类种类组成相对简单，主要以小型鲤鱼和鲫鱼为主，要保证这些鱼类正常的生长发育繁殖，必须提供一定的水量。

(2) 维持河流水环境质量的最小稀释净化需水量

天角潭坝址下游河段污染较为严重，主要污染负荷以生活污染、畜禽养殖污染及农药和化肥污染为主，还有少量未经处理的工业废水污染。

水库建成后，坝下河道水量减少，纳污能力降低，为保证建库后坝下河段的水环境质量不下降，因此需要考虑维持河流水环境功能所需水量。

(3) 水面蒸发量

天角潭坝下河段地处热带海洋季风气候区，气候较为湿润，加之河流水面较窄，水面蒸发所损耗的水量相对于河流水量而言很少，故水面蒸发量可以不考虑。

(4) 地下水补给量

根据天角潭库区和坝下河段的地形地质条件，天角潭水库库区属于中低山峡谷地形，地下水分水岭高于正常蓄水位，地形封闭良好，水库蓄水后，库水不存在渗漏问题。因此，不存在维持地下水位动态平衡所需的补给水量。

(5) 航运、景观和水上娱乐需水量

北门江水量较小，不具备划船、游泳及垂钓等水上娱乐条件，也无通航条件。因此，不需要考虑航运、景观和水上娱乐用水要求。

5.2.1.2 河道外需水量

天角潭水库坝下河道外需水量主要为农田灌溉用水、居民生产生活用水及工业生产用水，该部分用水需求作为水库主要的工程任务，由水库直接提供，不再单独考虑。

5.2.1.3 用水需求综合分析

综合以上分析，天角潭水库坝下河道生态需水量主要考虑维持坝下河段水生生物系统稳定性和维持坝下河道水环境质量所需的水量。

5.2.2 坝下河道内生态需水量确定

北门江流域干流已建成沙河水库坝后、牙拉河一级、燎源、牙拉河三级、牙拉河四级、东风（已废弃）、西联、两院和西庆水电站九个梯级水站电站，以及天角潭水陂两处水利工程。梯级水利水电工程中除沙河水库具有多年调节性能外，其他梯级均无调节性能。现状主要由沙河水库和天角潭水陂联合调节承担天角潭灌区灌溉用水供水任务，其余梯级电站均以水力发电为主，无供水功能。天角潭水利枢纽工程建成后，天角潭水陂将会彻底拆除，届时北门江流域将由沙河水库和天角潭水库共同承担流域供水、灌溉任务。

天角潭水库建成后，水库调节势必对坝址下游河道的水文情势产生不利影响，因此水库需要下泄一定的生态流量维持坝下河段生态环境质量稳定。天角潭水库坝址多年平均天然来流量为 8.94 m^3/s（不考虑上游沙河水库调节影响），建成后，受上游沙河水库调节影响，坝址多年平均实际来流量仅为 6.77 m^3/s。本节在分析天角潭水库坝下河段生态流量时，从恢复和保护全流域生态环境的角度出发，本着“生态优先”原则，以坝址断面天然来流量（8.94 m^3/s）为基准流量，确定坝下河段生态环境需水量。

根据《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z712-2014）和环保部“关于印发《水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》的函”(环评函[2006]4 号)（以下简称“技术指南”），为维护河段水生生态系统稳定，水利水电工程必须下泄一定的生态流量。本次环评采用 Tennent 法、7Q10 法、湿周法以及 R2-CROSS 法综合确定天角潭水库坝下河道生态流量。

(1) 维持水生生态系统稳定最小需水量

1) Tennant 法

根据 Tennant 法的标准，河道内流量为多年平均流量的 10%时，是大多数水生生物生存所需的最小水量，此时水生状况处于“差”的状态。河道内流量为多年平均流量的 30%时，能保持大多数水生动物有良好的栖息条件，其中对于鱼类产卵育幼期，河流水生状况处于“开始退化”情况，对于枯水期，河流水生状况可以达到“非

常好的状况”。

天角潭坝址处多年平均流量为 8.94m^3/s，属于小河，当坝下河道流量为其多年平均流量的 10%时，即 0.9m^3/s，可满足河道的基本功能，但水生状况处于“差”的状态；当为多年平均流量的 30%时，即 2.7m^3/s，可以满足大多数鱼类生存需求。

结合 Tennant 法标准和坝下河段的特征，并综合考虑《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》(环办函[2006]11 号)的指导意见“维持水生生态系统稳定所需水量一般不应小于河道控制断面多年平均流量的 10%(当多年平均流量大于 80m^3/s 时按 5%取用)，在生态系统有更多更高需要时应加大流量”，分别以坝址处多年平均流量的 10%(0.9m^3/s)和 30%(2.7m^3/s)作为坝下河段枯水期(11 月～次年 4 月)和丰水期(5～10 月) Tennant 法推荐的生态流量。

2) 湿周法

湿周法采用湿周作为栖息地的质量指标，通过建立浅滩断面湿周与流量关系的曲线，取曲线上第一个拐点对应的流量作为最小生态基流量的推荐值。

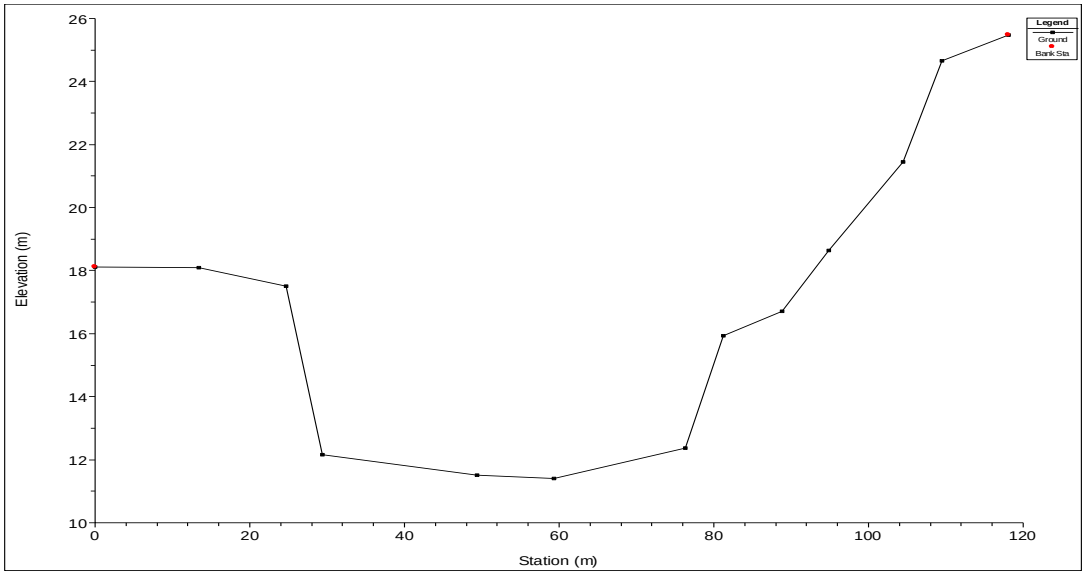
北门江天然流量过程年内分配极不均匀，6~11 月水量占年总量的 89.9%，其中 9 月份水量占年总量的 27.0%；12 月~次年 5 月仅占年水量的 10.1%，其中 3 月份水量最少，占年水量的 1.0%。而湿周法主要用于确定目标物种敏感期的生态流量，用其结果作为推荐天角潭水库坝下河段全年最小生态流量显然不太合适，因此本报告结合北门江天然河流的水文情势变化特征，采用湿周法确定坝下河段丰水期（5~10 月）的最小生态流量。

应用湿周法首先对坝下河段进行一维数值模拟，选择浅滩断面进行分析。目前关于深潭、浅滩等河道水流类型尚无明确的分类标准。本报告采用深泓线回归法判定了坝下河段深潭、浅滩断面。坝址至河口共有 22 个实测大断面，选择浅滩特征明显的 6 个断面作为湿周法计算的控制断面，确定生态流量。各控制断面位置见表 5.2-1、断面示意图见图 5.2-1。

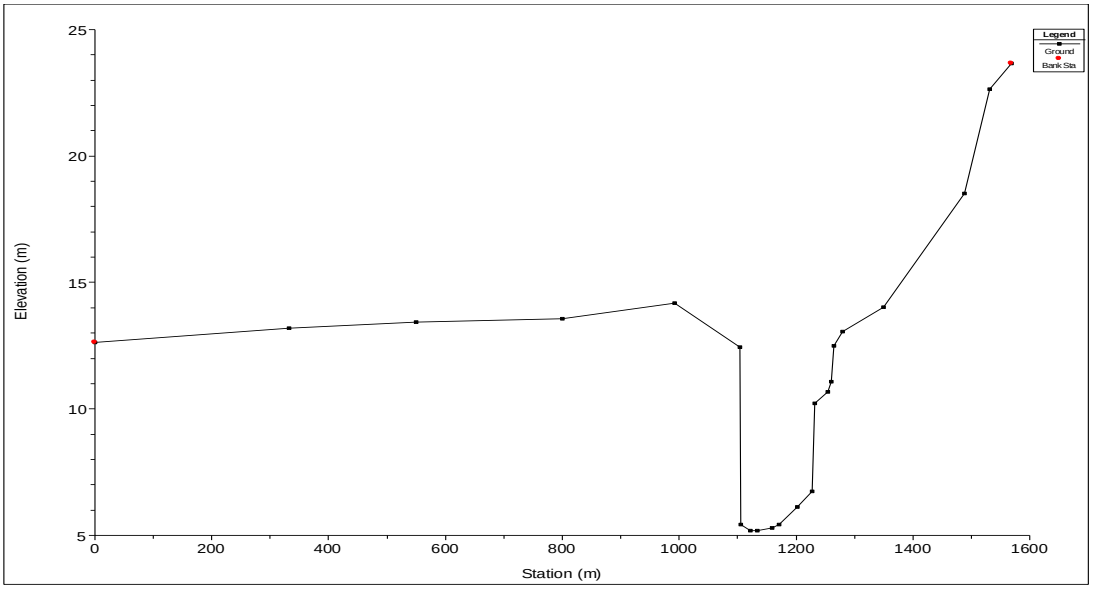
表 5.2-1 典型控制断面位置分布表

断面编号	断面类型	断面位置
1#	浅滩	天角潭坝址下游 1.1km
2#	浅滩	天角潭坝址下游 10.5km
3#	浅滩	天角潭坝址下游 11.4km
4#	浅滩	天角潭坝址下游 15.2km
5#	浅滩	天角潭坝址下游 19.8km

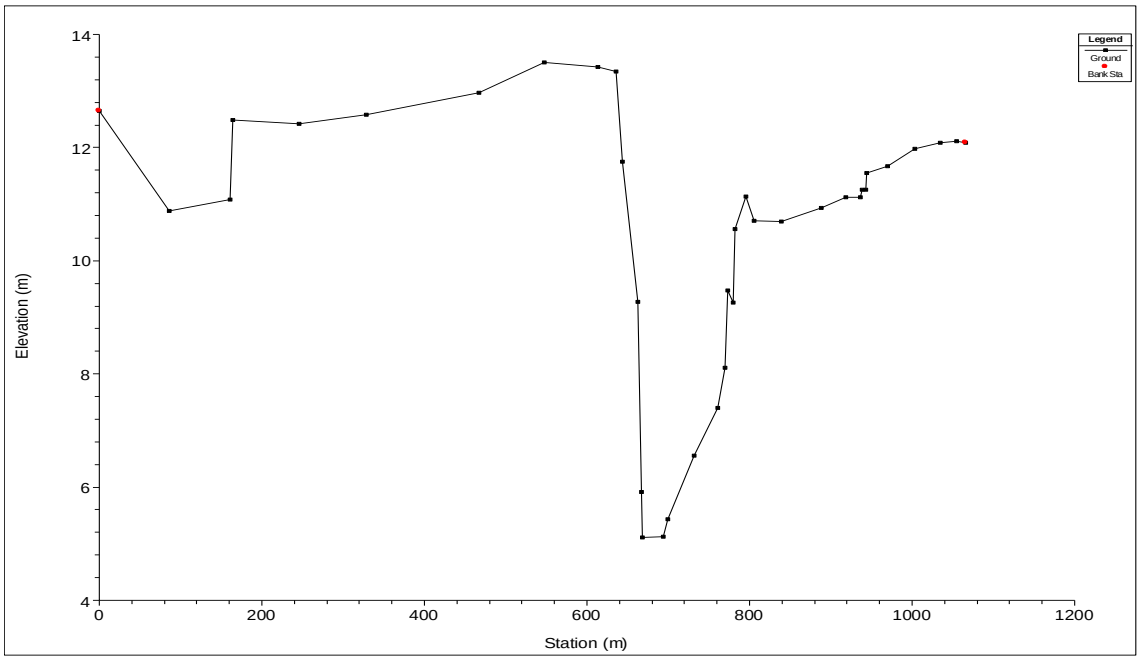
6#	浅滩	天角潭坝址下游 20.3km
7#	浅滩	天角潭坝址下游 20.8km



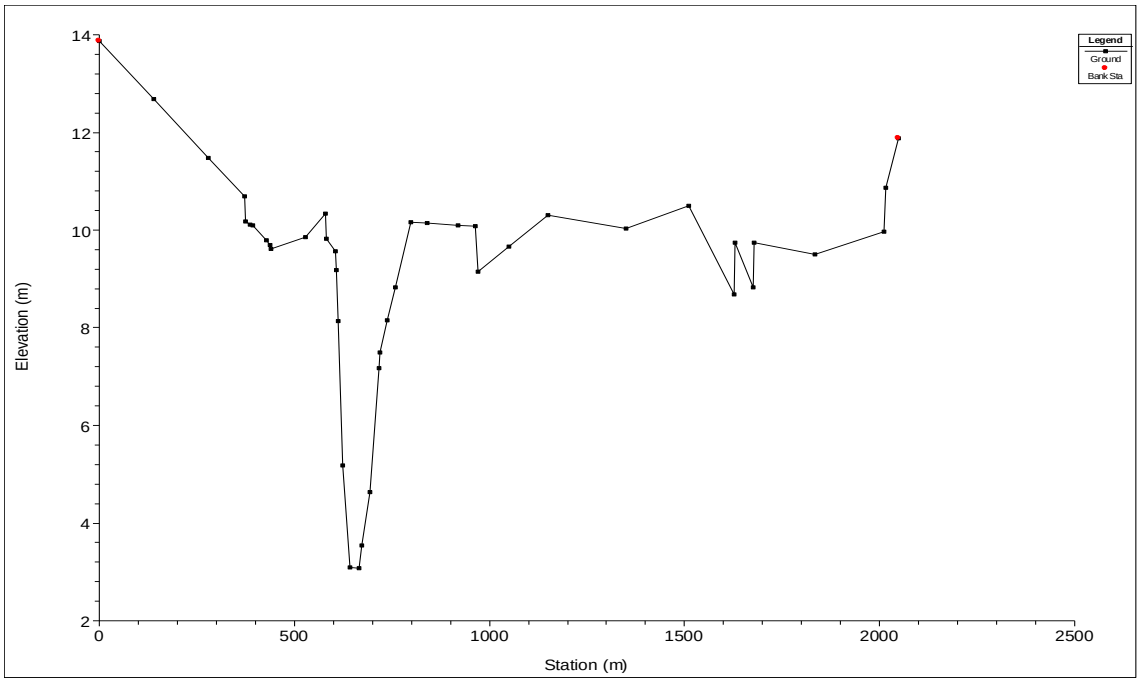
(1) 1#断面



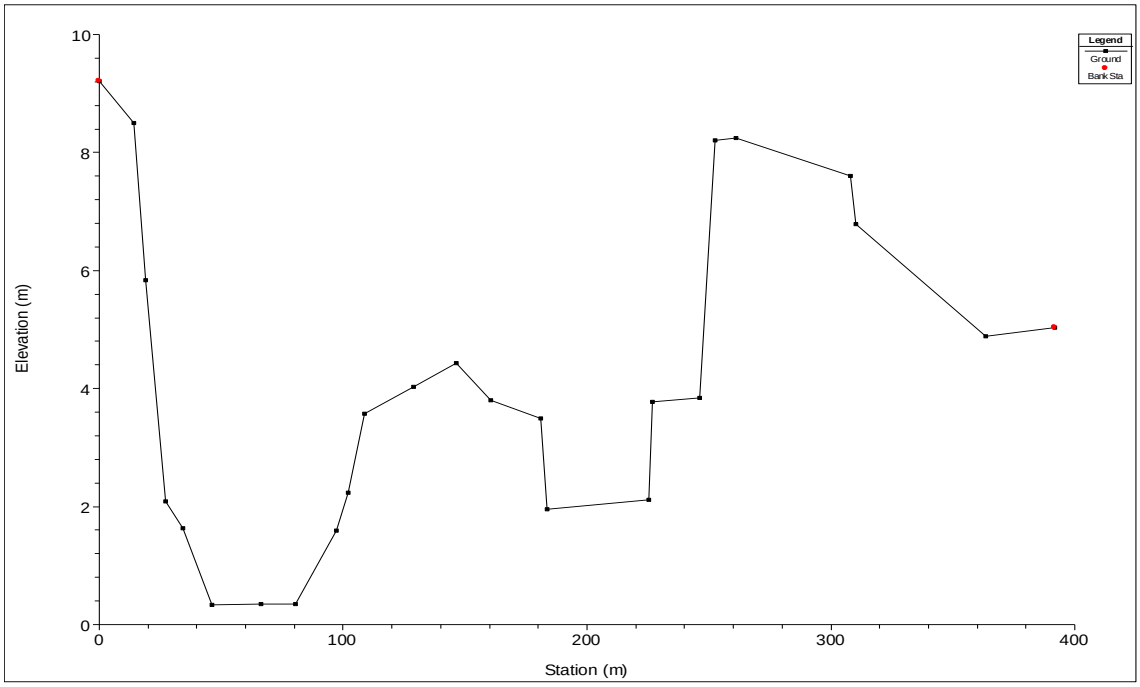
(2) 2#断面


Legend
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
14
12
10
8
6
4
0
200
400
600
800
1000
1200

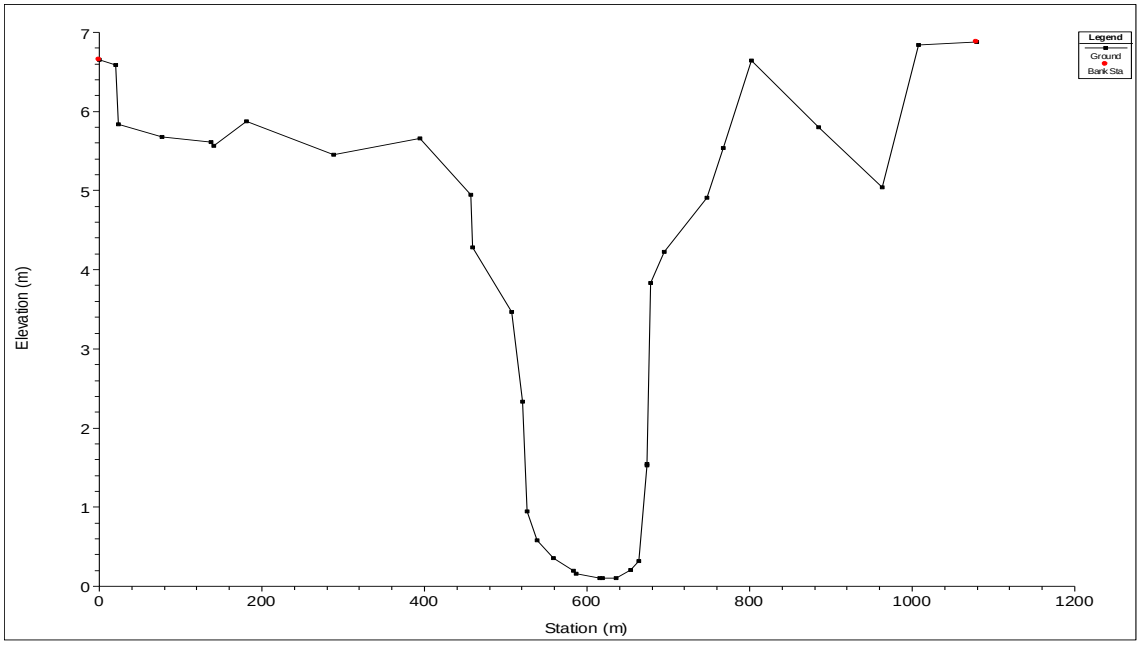
(3) 3#断面


Legend
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
14
12
10
8
6
4
2
0
500
1000
1500
2000
2500

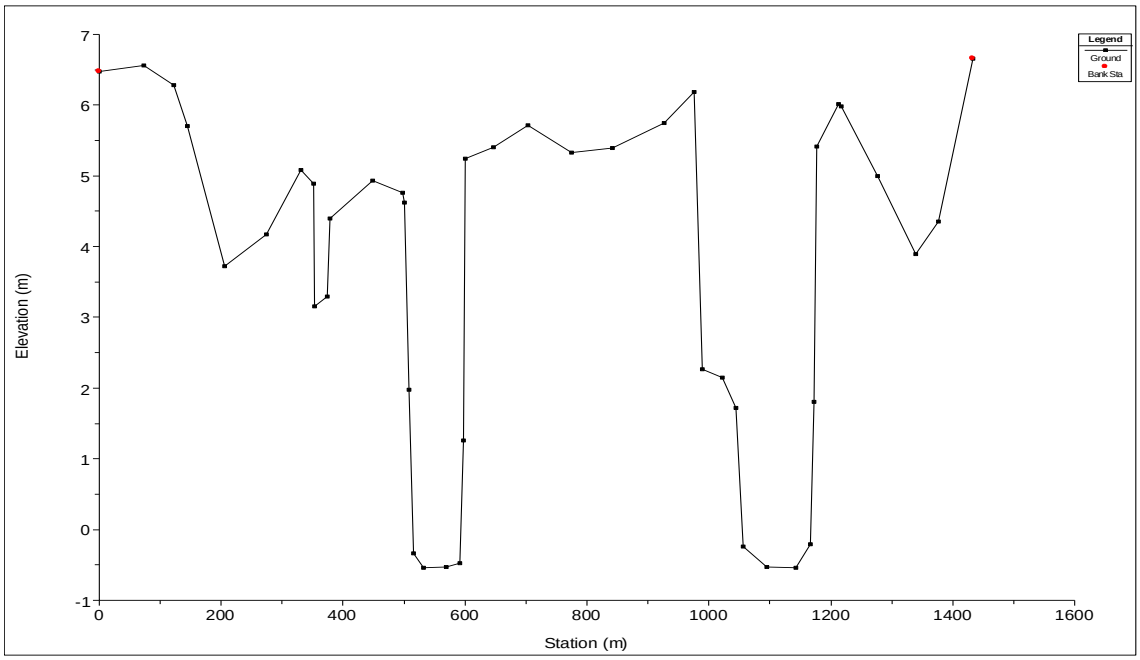
(4) 4#断面


Legend
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
2
4
6
8
10
0
100
200
300
400

(5) 5#断面


Legend
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
0
200
400
600
800
1000
1200

(6) 6#断面



(7) 7#断面

图 5.2-1　典型断面示意图

根据一维水力学计算结果， 1#~7#断面相对流量~相对湿周关系曲线见图 5.2-2~图 5.2-8，采用曲线上斜率为 1 的对应的点作为拐点，各断面拐点处对应的流量见表 5.2-2。

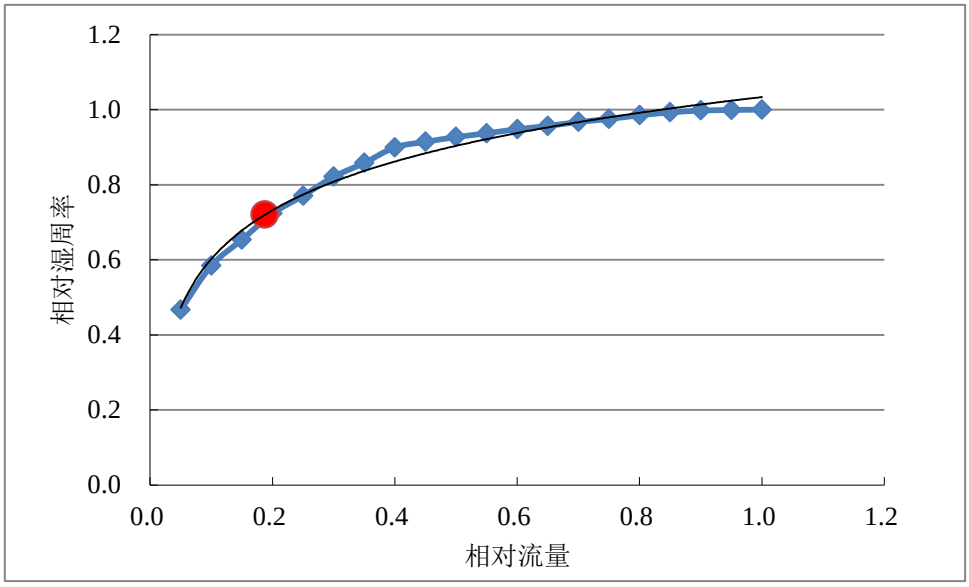


图 5.2-2　1#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

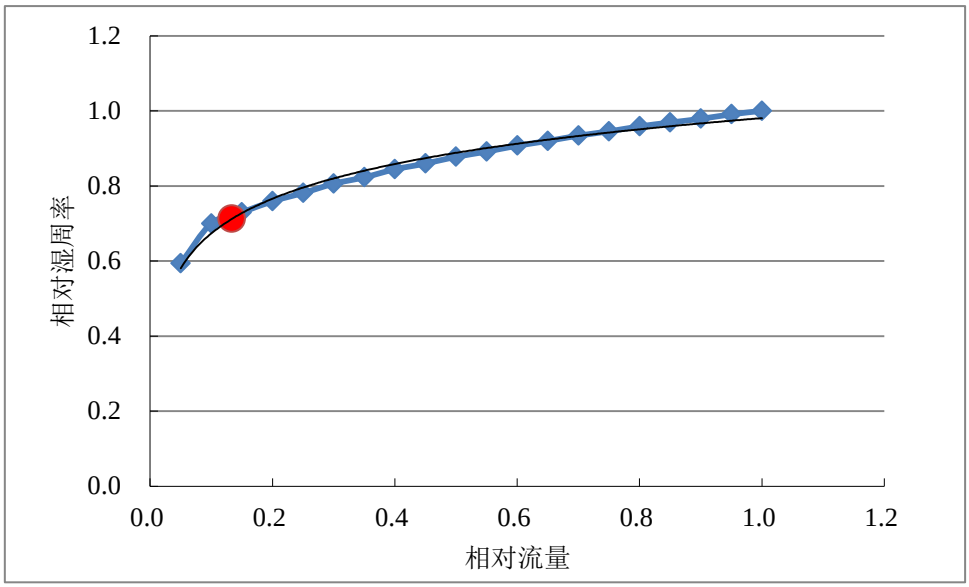


图 5.2-3　2#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

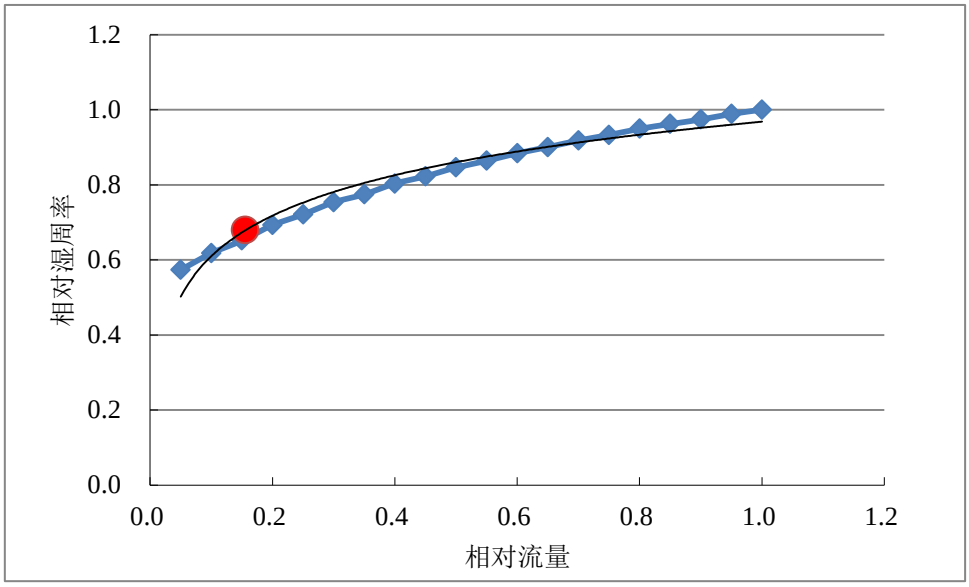


图 5.2-4　3#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

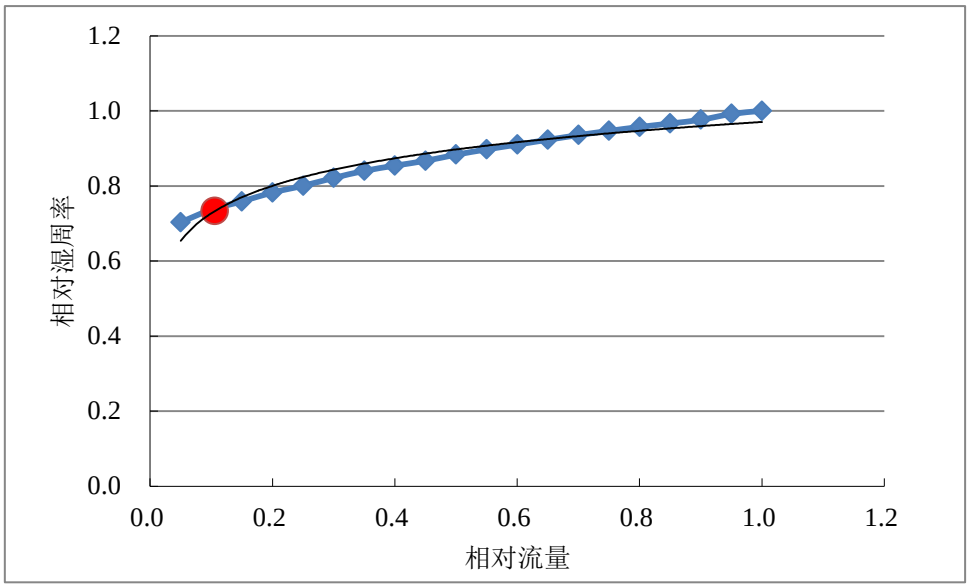


图 5.2-5　4#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

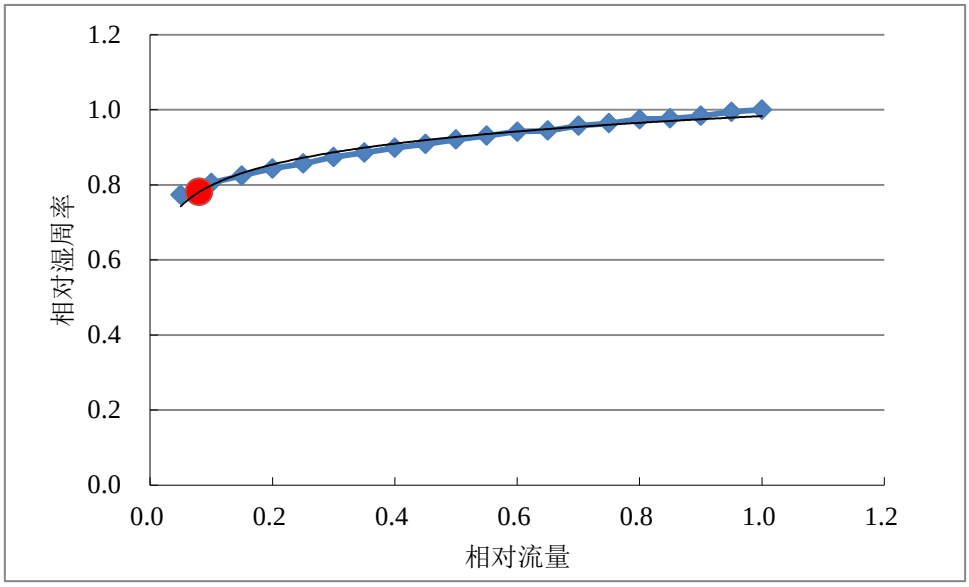


图 5.2-6　5#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

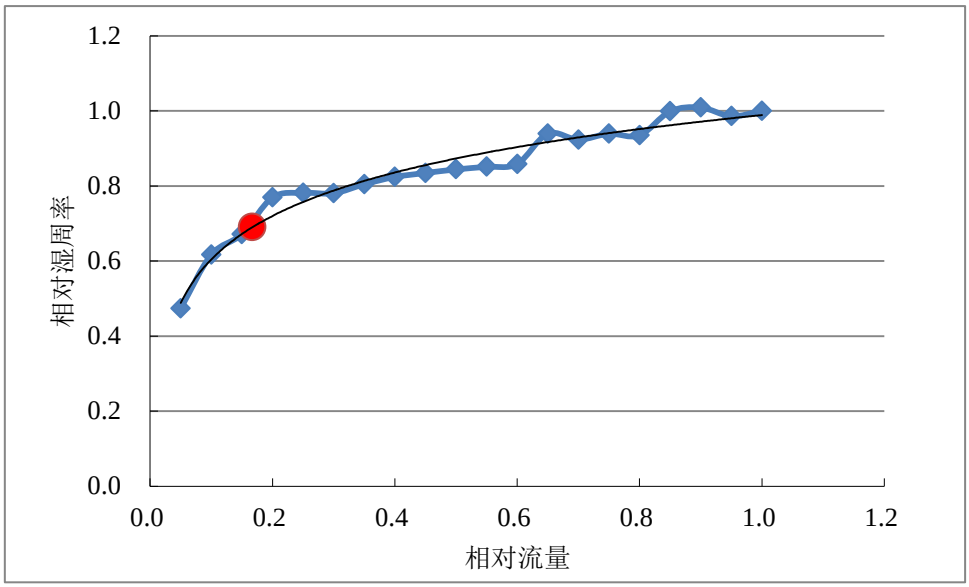


图 5.2-7　6#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

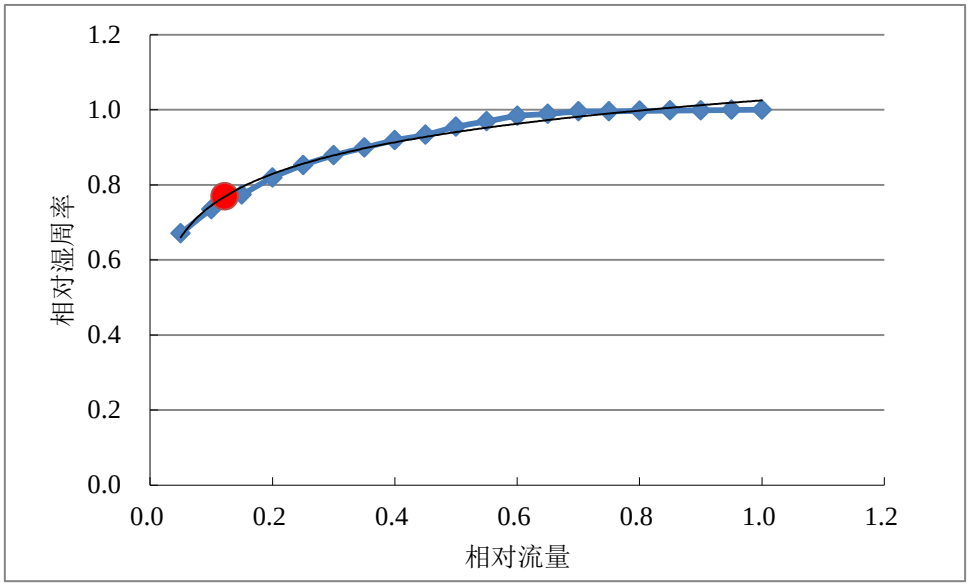


图 5.2-8　7#断面相对流量~相对湿周关系曲线图

表 5.2-2　各典型断面相对流量~相对湿周关系曲线图拐点处对应流量

断面编号	拟合方程	拐点对应流量(m^3/s)	占坝址处多年平均流量百分比(%)
1#	y = 0.1874ln(x) + 1.0334 R ²= 0.9842	1.67	18.7
2#	y = 0.1335ln(x) + 0.9806 R ²= 0.9856	1.20	13.4
3#	y = 0.1557ln(x) + 0.9681 R ²= 0.9582	1.39	15.6
4#	y = 0.1058ln(x) + 0.9705	0.95	10.6

断面编号	拟合方程	拐点对应流量(m^3/s)	占坝址处多年平均流量百分比(%)
	R^2= 0.9481		
5#	y = 0.0802ln(x) + 0.983 R^2= 0.9667	0.72	8.0
6#	y = 0.1671ln(x) + 0.9888 R^2= 0.9664	1.49	16.7
7#	y = 0.1218ln(x) + 1.0249 R^2= 0.982	1.09	12.2

取各典型断面外包线流量作为丰水期（5~10 月份）的生态流量，为 1.67m^3/s，占坝址处多年平均流量的 18.7%。

3) R2-Cross 法法

R2-Cross 法主要用于中小型河流的分析，仅对河宽 30.5m 以下的河流提出了水力参数标准，见表 5.2-3。

表 5.2-3　　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

天角潭坝下至入海口河段为阶地和海滨平原区，地势平坦，河道宽浅，比降平缓，丰枯季节变化大特征明显。R2-Cross 法原始水力标准对北门江流域不太适用。为客观反映天角潭坝下河段的水力特性，本报告首先计算了多年平均流量下（8.94m^3/s）各典型断面的平均水深、平均流速和水面宽（表 5.2-4），多年平均流量下对应的水面线见表 5.2-4，在此基础上对 R2-Cross 法的参数标准进行修订。

表 5.2-4　　多年平均流量下各典型断面水力参数统计表

断面编号	平均水深(m)	平均流速(m^3/s)	水面宽(m)	对应流量(m^3/s)
1#	0.65	0.29	47.38	8.94
2#	0.68	0.14	96.87	8.94
3#	0.67	0.26	50.91	8.94
4#	0.39	0.69	33.56	8.94
5#	0.52	0.36	47.94	8.94
6#	0.11	1.03	81.52	8.94
7#	0.32	0.15	190.39	8.94

为体现北门江天然河流丰枯比变化大的特征及缓静流水力生境特点，本报告结合多年平均流量工况下各典型断面的水力参数计算成果，对 R2-Cross 法的水力参数标准进行修订，见表 5.2-5。

表 5.2-5　　北门江流域鱼类生存的水力参数标准

时期	平均水深（m）	湿周率（%）	流速（m/s）
枯水期（11 月~次年 4 月）	≥0.15	≥60	≥0.10
丰水期（5~10 月）	≥0.20	≥60	≥0.15

选择 1#、3#、5#作为 R2-Cross 法的控制断面，根据河道水力计算成果，结合表 5.2-5 中的水力标准，确定不同时段满足鱼类生存的水力参数标准所需的流量，见表 5.2-6。

表 5.2-6　　不同时期满足各水力参数标准所需流量结果表

项目	枯水期（11 月~次年 4 月）		丰水期（5~10 月）	
	流量大小(m^3/s)	占坝址多年平均流量百分比(%)	流量大小(m^3/s)	占坝址多年平均流量百分比(%)
1#	0.9	10	1.8	20
3#	0.9	10	2.2	25
5#	0.9	10	1.8	20

表 5.2-6 给出了不同时期 R2-Cross 法的计算成果，从中可以看出，枯水期 3 个典型断面的生态流量大小均为 0.90m^3/s，生态需水量的制约参数为平均水深，故各断面外包线.00m^3/s 作为坝下河段枯水期 R2-Cross 法推荐的生态流量；丰水期 3 个典型断面的生态流量分别为 1.80m^3/s 、2.20m^3/s 、1.80m^3/s，生态需水量的制约参数也为平均水深，取 3 个断面的最大值 2.2m^3/s 作为坝下河段丰水期 R2-Cross 法推荐的生态流量。

(2) 维持河流水环境质量需水量

7Q10 法一般采用 90%保证率最枯月平均流量作为维持河流水环境质量需水量。

天角潭水库坝址处多年 90%保证率最枯月平均流量为 0.28m^3/s，故维持坝下河道水环境质量的最小需水量为 0.28m^3/s，为坝址处多年平均流量的 3.1%。

(3) 坝下河道内生态需水量确定

不同方法计算的生态流量见表 5.2-7。

表 5.2-7　　不同方法计算结果与坝址处多年月均流量对比关系表

项目	坝址处多年天然月均流量(m^3/s)	坝址处多年实际流量(m^3/s)	Tennant 法	占多年实际月均百分比(%)	湿周法	占多年实际月均百分比(%)	R2-Cross 法	占多年实际月均百分比(%)	7Q10 法	占多年实际月均百分比(%)
1 月	2.97	1.89	0.90	47.70	-	/	0.90	47.70	0.28	14.84
2 月	2.24	1.36	0.90	66.32	-	/	0.90	66.32	0.28	20.63
3 月	1.75	0.93	0.90	96.99	-	/	0.90	96.99	0.28	30.17
4 月	2.16	1.20	0.90	75.01	-	/	0.90	75.01	0.28	23.34
5 月	4.85	3.52	2.70	76.60	1.70	48.23	2.20	62.42	0.28	7.94
6 月	9.23	7.31	2.70	36.91	1.70	23.24	2.20	30.08	0.28	3.83
7 月	10.81	8.27	2.70	32.64	1.70	20.55	2.20	26.60	0.28	3.39
8 月	16.38	13.02	2.70	20.73	1.70	13.05	2.20	16.89	0.28	2.15
9 月	23.25	18.08	2.70	14.93	1.70	9.40	2.20	12.17	0.28	1.55
10 月	20.23	15.86	2.70	17.02	1.70	10.72	2.20	13.87	0.28	1.77
11 月	8.72	6.49	0.90	13.86	-	/	0.90	13.86	0.28	4.31
12 月	4.73	3.31	0.90	27.22	-	/	0.90	27.22	0.28	8.47
平均	8.94	6.77	1.80	43.83	1.70	20.87	1.55	40.76	0.28	10.20

根据表 5.2-7 可知，北门江天然流量年内分配极不均匀，6~11 月水量占年总量的89.9%，其中9月份水量占年总量的27.0%；12月~次年5月仅占年水量的10.1%，其中 3 月份水量最少，占年水量的 1.0%。

根据上表，取不同方法的外包线确定坝下河段生态流量，枯水期（11 月至翌年 4 月）生态流量为 0.9m^3/s，占坝址处多年平均实际来流量的比例为 13.5%，占坝址多年平均天然流量比例为 10%；丰水期（5~10 月）生态流量为 2.7 m^3/s，占坝址多年平均实际来流量的比例为 39.9%，占坝址断面多年平均天然来流量比例为30%。当水库枯水期来流量小于生态流量时，水库不蓄水，按照“来多少放多少”的原则泄放生态流量。

(4) 坝下河道最小生态流量保障分析

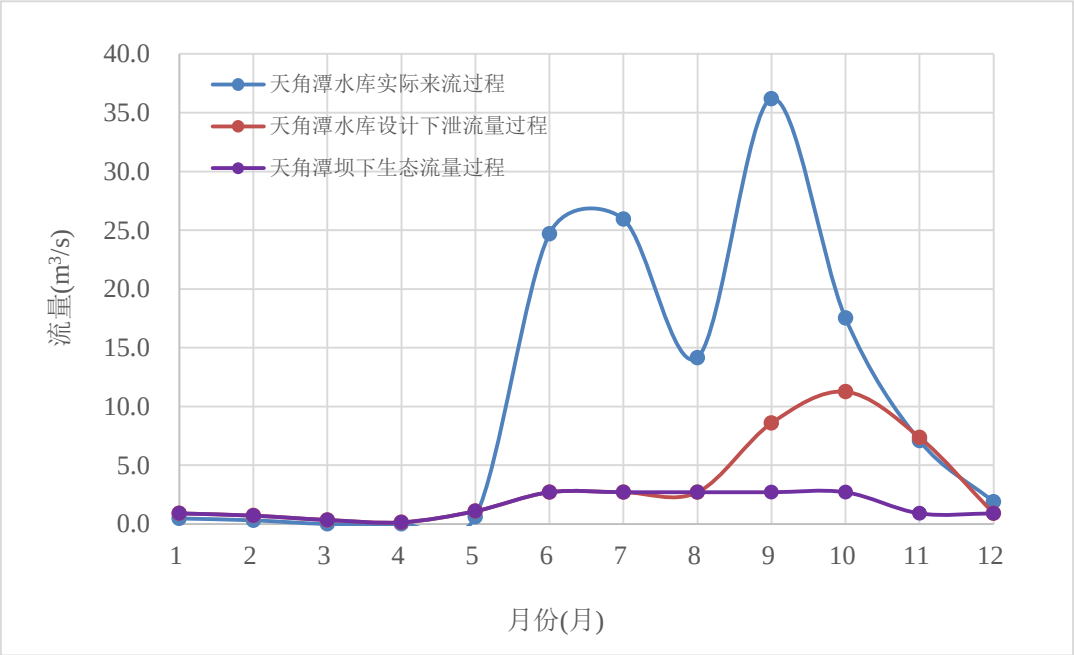
天角潭水库的调度原则为优先保障下游河道生态环境用水量，再满足城乡供水、灌溉用水需求。根据可研报告的成果，典型丰（P=10%，1980 年）、平（P=50%，1991 年）、枯水年（P=90%，1968 年）水库逐月下泄流量见表 5.2-8 、图 5.2-9。

表 5.2-8　　天角潭水库各典型年逐月下泄流量情况表

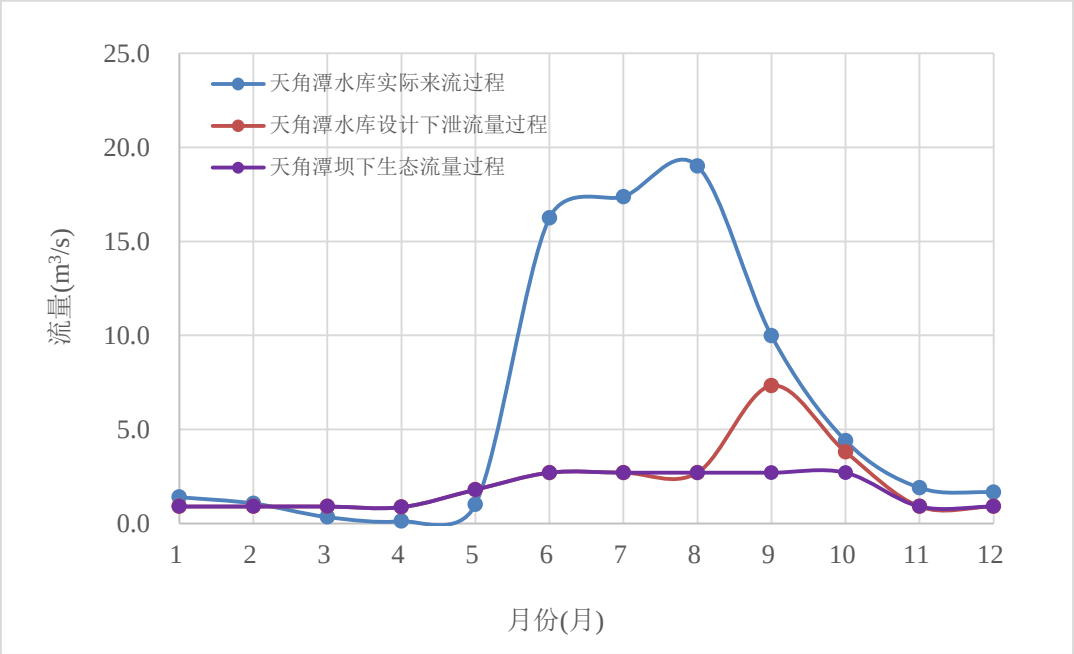
单位：m^3/s

典型年	时段	天角潭坝址天然径流	实际入库流量(沙河水库调节影响)	天角潭水库下泄流量（生态水量+弃水）	供水过程	
					生产、生活供水	农业灌溉实际给水量
P=10%(1980 年)	1 月	0.96	0.47	4.67	2.58	1.19
	2 月	0.71	0.31	4.18	2.58	0.89
	3 月	0.34	0.00	5.39	2.58	2.47
	4 月	0.14	0.00	5.24	2.58	2.52
	5 月	1.09	0.61	5.36	2.58	1.69
	6 月	32.12	24.69	6.96	2.58	1.68
	7 月	33.82	25.94	7.33	2.58	2.05
	8 月	18.61	14.15	9.27	2.58	3.99
	9 月	47.48	36.19	11.16	2.58	0.00
	10 月	23.20	17.51	15.15	2.58	1.32
	11 月	10.00	7.09	11.87	2.58	1.92
	12 月	3.14	1.89	5.63	2.58	2.15
P=50%(1991 年)	1 月	2.35	1.40	5.44	2.58	1.96
	2 月	1.93	1.06	6.64	2.58	3.16
	3 月	1.13	0.34	7.52	2.58	4.04
	4 月	0.87	0.12	8.76	2.58	5.32
	5 月	1.79	1.01	9.70	2.58	5.32

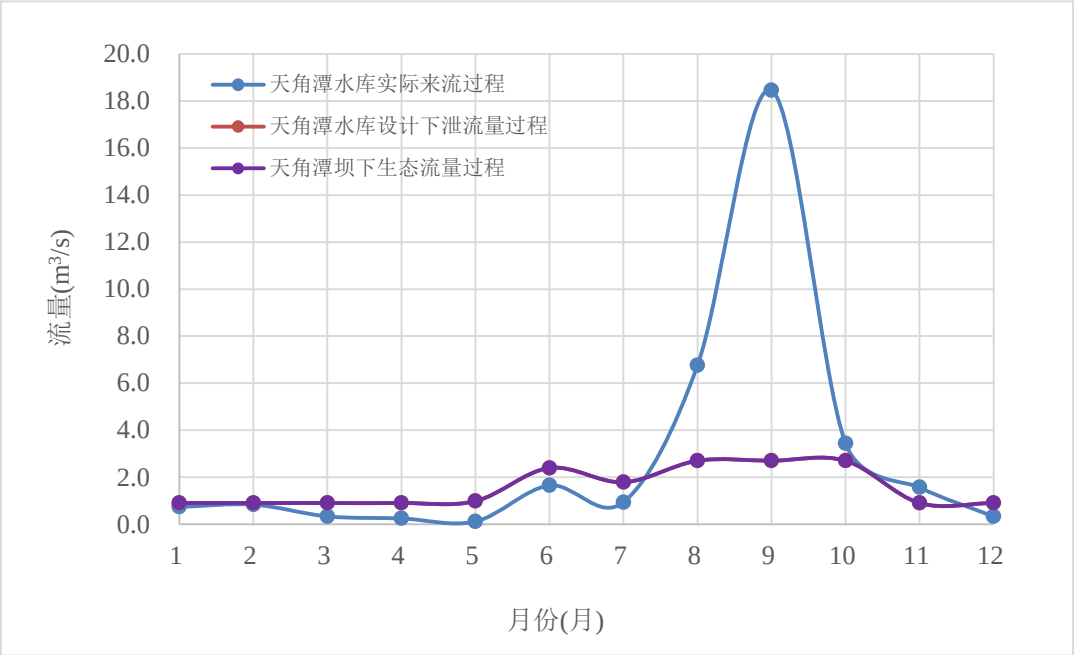
	6 月	21.24	16.24	6.49	2.58	1.21
	7 月	22.89	17.37	8.76	2.58	3.48
	8 月	24.95	19.01	7.02	2.58	1.74
	9 月	13.30	9.98	13.44	2.58	3.53
	10 月	5.98	4.40	6.67	2.58	0.28
	11 月	3.12	1.90	5.40	2.58	1.92
	12 月	2.67	1.65	4.41	2.58	0.93
P=90% (1968 年)	1 月	1.61	0.73	3.83	1.81	1.13
	2 月	1.57	0.83	3.19	1.81	0.48
	3 月	1.05	0.33	4.05	1.81	1.35
	4 月	0.98	0.24	4.73	1.81	2.02
	5 月	0.98	0.11	4.58	1.81	1.80
	6 月	2.39	1.65	5.50	1.81	1.30
	7 月	1.78	0.94	5.86	1.81	2.27
	8 月	8.87	6.75	5.38	2.58	0.10
	9 月	24.18	18.46	5.61	2.58	0.33
	10 月	4.68	3.44	5.61	1.81	1.10
	11 月	2.60	1.57	3.64	1.81	0.94
	12 月	0.97	0.33	4.11	1.81	1.41



(a) 丰水年（10%）



(b) 平水年（50%）



(c) 枯水年（90%）

图 5.2-9 各典型年水库生态流量下泄过程与水库设计流量下泄过程对比关系图

从表 5.2-8 可以看出，各典型年水库设计下泄流量过程均大于最小生态流量，当水库来流量小于生态流量时，水库按照来多少泄多少的原则，水库兴利调节优先考虑了下泄生态流量，坝下河道生态环境需水量能够得到保障。

5.2.3 工程施工期及初期蓄水对坝下河道水文情势的影响

现状天角潭水利枢纽坝址下游无大规模工业用水要求，但现状天角潭水陂有灌溉供水任务，为了满足下游灌溉任务及生态用水要求，为此需采取措施保证施工过程及下闸蓄水期间下泄灌溉及生态流量，需要下放灌溉及生态流量，二者合计最大流量为10.55m^3/s。施工期及初期蓄水下泄灌溉及生态流量过程见表5.2-9。

表5.2-9　　施工期及初期蓄水灌溉及生态流量下放方式说明表

相应建筑物施工	进水口、隧洞、电站、总干渠及天角潭渡槽	主坝施工				完建期
导流时段	一枯一汛（第1年11月～第2年10月）	二枯（第2年11月～第3年5月）	二汛（第3年6月～第3年10月）	三枯（第3年11月～第4年2月）	三枯（第4年3月～第4年5月）	第4年6月～第4年8月
挡水建筑物	原天角潭水陂	主坝上游施工围堰	临时坝体挡水	临时坝体挡水	临时坝体挡水	坝体挡水
左岸输水建筑物	临时埋置预制砼管Φ1.6m	利用新建引水隧洞至总干渠分水至原西干渠泄放灌溉流量，利用新建引水隧洞至生态电站旁通管泄放生态流量。				
右岸输水建筑物	原东干渠进水闸及渠道	利用新建天角潭渡槽分水至原东干渠泄放灌溉流量				
期间设计下放流量（m^3/s）	10.55	8.06	10.55	6.56	8.06	10.55
上游常水位（m）	25.2	26.6	26.6	26.6	26.6	蓄水位

根据施工总进度安排，本工程计划于第4年3月初下闸蓄水，下闸蓄水期间利用引水隧洞向下游放灌溉及生态流量，保证下闸蓄水期间下游河道不断流及灌溉任务。起蓄水位为26.6m，高于引水隧洞进水口底板高程24.0m，这一时段通过引水隧洞下泄向下游河道生态需水量、灌溉流量，大小为8.06m^3/s，保证下闸蓄水期间下游河道不断流及灌溉任务，导流底孔封堵期间均在枯水期内，不受施工洪水影响。

5.2.4 运行期对水文情势的影响

5.2.4.1 库区水文情势影响分析

(1) 库区水域形态变化

天角潭水库坝址位于天角潭水陂坝址上游约 500m，即天角潭坝址断面恰好位于现状天角潭水陂库区内，现状天角潭水库坝址断面水深约 6~8m 左右，水面宽大约 50~80m，水体流速较缓。天角潭水库建成后，现天角潭水陂已拆除，而新建的天角潭水库正常蓄水位 58.0m 时干流回水长度 14.2m，支流巴黎河河回水长约 7.3km，右岸支流回水长度约 6.0km，坝前最大水深 37.5m，比天然河道水位抬高约 37m（未考虑水陂影响），坝前水面宽度约 320m，库水面面积 13.8km^2，水库正常蓄水位时相应库容 16278 万 m^3。由于河谷区水面变宽，库区水体流速将明显减缓，使库区河段水域环境从河道缓流型转为湖泊缓流型。

(2) 典型断面水深、流速及水面宽变化

天角潭水库建成后，与天然情况相比，近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段流速变化较小。以天角潭水库库区典型断面（坝址断面，库中断面和库尾断面）为代表，分析水库建成前后的的水深、水面宽和流速变化情况。

① 建库前

建库前，库区各代表断面平均水深、流速、水面宽情况见表 5.2-9~表 5.2-11，从表中可以看出，丰水年，库尾断面平均水深在 0.02~0.67m 之间变化，平均流速在 0.14~0.67m/s 之间变化，水面宽在 36.86~64.08m 之间变化；库中断面平均水深在 0.02~0.36m 之间变化，平均流速在 0.13~1.88m/s 之间变化，水面宽在 47.01~53.92m 之间变化；坝址断面平均水深在 0.02~0.43m 之间变化，平均流速在 0.12~1.12m/s 之间变化，水面宽在 46.54~64.27m 之间变化；平水年，库尾断面平均水深在 0.02~0.57m 之间变化，平均流速在 0.17~0.84m/s 之间变化，水面宽在 36.86~55.3m 之间变化；库中断面平均水深在 0.02~0.24m 之间变化，平均流速在 0.15~1.54m/s 之间变化，水面宽在 47.01~51.44m 之间变化；坝址断面平均水深在 0.02~0.36m 之间变化，平均流速在 0.13~0.90m/s 之间变化，水面宽在 46.6~58.6m 之间变化；枯水年，库尾断面平均水深在 0.02~0.56m 之间变化，平均流速在 0.16~0.86m/s 之间变化，水面宽在 36.86~54.94m 之间变化；库中断面平均水深在

0.02~0.24m 之间变化，平均流速在 0.14~1.53m/s 之间变化，水面宽在 47.01~51.34m 之间变化；坝址断面平均水深在 0.02~0.36m 之间变化，平均流速在 0.13~0.89m/s 之间变化，水面宽在 46.57~58.39m 之间变化。

表 5.2-9　　各典型年库尾断面建库前平均水深、流速、水面宽情况表

月份	丰水年（10%）				平水年（50%）				枯水年（90%）			
	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深(m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)
1 月	0.47	0.02	0.67	36.86	1.4	0.06	0.64	37.94	0.73	0.03	0.59	37.26
2 月	0.31	0.02	0.44	36.86	1.06	0.04	0.68	37.49	0.83	0.04	0.6	37.36
3 月	0.1	0.02	0.14	36.86	0.34	0.02	0.48	36.86	0.33	0.02	0.47	36.86
4 月	0.1	0.02	0.14	36.86	0.12	0.02	0.17	36.86	0.24	0.02	0.34	36.86
5 月	0.61	0.03	0.61	37.07	1.01	0.04	0.66	37.46	0.11	0.02	0.16	36.86
6 月	24.69	0.66	0.64	58.64	16.24	0.52	0.58	53.39	1.65	0.05	0.84	37.79
7 月	25.94	0.67	0.65	59.28	17.37	0.54	0.59	54.2	0.94	0.04	0.64	37.43
8 月	14.15	0.48	0.57	51.77	19.01	0.57	0.6	55.3	6.75	0.26	0.58	44.3
9 月	36.19	0.8	0.71	64.08	9.98	0.37	0.56	48.01	18.46	0.56	0.6	54.94
10 月	17.51	0.55	0.59	54.3	4.4	0.15	0.72	40.68	3.44	0.11	0.8	39.44
11 月	7.09	0.28	0.57	44.75	1.9	0.06	0.8	38.07	1.57	0.05	0.86	37.68
12 月	1.89	0.06	0.8	38.06	1.65	0.05	0.84	37.79	0.33	0.02	0.47	36.86

表 5.2-10　　各典型年库中断面建库前平均水深、流速、水面宽情况表

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)
1 月	0.47	0.02	0.59	47.01	1.4	0.05	0.59	47.63	0.73	0.03	0.54	47.23
2 月	0.31	0.02	0.39	47.01	1.06	0.04	0.63	47.37	0.83	0.03	0.56	47.29
3 月	0.1	0.02	0.13	47.01	0.34	0.02	0.43	47.01	0.33	0.02	0.42	47.01
4 月	0.1	0.02	0.13	47.01	0.12	0.02	0.15	47.01	0.24	0.02	0.3	47.01
5 月	0.61	0.02	0.58	47.11	1.01	0.04	0.61	47.36	0.11	0.02	0.14	47.01
6 月	24.69	0.28	1.67	52.32	16.24	0.22	1.46	50.98	1.65	0.04	0.79	47.53
7 月	25.94	0.29	1.7	52.5	17.37	0.23	1.49	51.18	0.94	0.03	0.58	47.33
8 月	14.15	0.2	1.4	50.61	19.01	0.24	1.54	51.44	6.75	0.12	1.11	49.08
9 月	36.19	0.36	1.88	53.92	9.98	0.16	1.26	49.78	18.46	0.24	1.53	51.34
10 月	17.51	0.23	1.5	51.2	4.4	0.09	0.98	48.47	3.44	0.1	0.74	48.52
11 月	7.09	0.13	1.14	49.14	1.9	0.05	0.75	47.7	1.57	0.04	0.82	47.45
12 月	1.89	0.05	0.75	47.69	1.65	0.04	0.79	47.53	0.33	0.02	0.42	47.01

表 5.2-11　　各典型年坝址断面建库前平均水深、流速、水面宽情况表

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)
1 月	0.47	0.04	0.22	47.39	1.4	0.08	0.34	48.69	0.73	0.06	0.26	47.81
2 月	0.31	0.03	0.19	47.08	1.06	0.07	0.31	48.27	0.83	0.06	0.28	47.96
3 月	0.1	0.02	0.12	46.54	0.34	0.04	0.2	47.14	0.33	0.04	0.19	47.12
4 月	0.1	0.02	0.12	46.54	0.12	0.02	0.13	46.6	0.24	0.03	0.17	46.92
5 月	0.61	0.05	0.25	47.63	1.01	0.07	0.3	48.21	0.11	0.02	0.13	46.57
6 月	24.69	0.41	0.98	60.66	16.24	0.33	0.85	57.5	1.65	0.09	0.36	48.96
7 月	25.94	0.43	1	61.09	17.37	0.34	0.87	57.96	0.94	0.07	0.29	48.11
8 月	14.15	0.31	0.81	56.61	19.01	0.36	0.9	58.6	6.75	0.21	0.62	52.86
9 月	36.19	0.5	1.12	64.27	9.98	0.26	0.71	54.64	18.46	0.36	0.89	58.39
10 月	17.51	0.35	0.87	58.02	4.4	0.16	0.53	51.33	3.44	0.14	0.48	50.6
11 月	7.09	0.21	0.63	53.07	1.9	0.1	0.38	49.23	1.57	0.09	0.36	48.88
12 月	1.89	0.1	0.38	49.22	1.65	0.09	0.36	48.96	0.33	0.04	0.19	47.12

② 建库后

表 5.2-12~表 5.2-14 给出了建库后给典型断面水深、流速、水面宽的变化情况。从中可以看出，丰水年，库尾断面平均水深在 0.02~2.62m 之间变化，平均流速在 0.1~0.67m/s 之间变化，水面宽在 36.86~112.83m 之间变化；库中断面平均水深在 6.33~13.12m 之间变化，平均流速在 0 ~0.02m/s 之间变化，水面宽在 156.7~207.91m 之间变化；坝址断面平均水深在 18.09~25.0m 之间变化，平均流速很小，几乎为 0，水面宽在 287.97~321.43m 之间变化；平水年，库尾断面平均水深在 0.02~2.62m 之间变化，平均流速在 0.01~0.66m/s 之间变化，水面宽在 36.86~112.78m 之间变化；库中断面平均水深在 9.14~13.12m 之间变化，平均流速很小，水面宽在 187.25~207.91m 之间变化；坝址断面平均水深在 1.18~25.0m 之间变化，平均流速近乎为 0，水面宽在 303.56~321.43m 之间变化；枯水年，库尾断面平均水深在 0.04~2.11m 之间变化，平均流速在 0~0.64m/s 之间变化，水面宽在 37.43~68.96m 之间变化；库中断面平均水深在 10.05~12.49m 之间变化，平均流速在 0~0.01m/s 之间变化，水面宽在 192.01~204.56m 之间变化；坝址断面平均水深在 22.04~24.38m 之间变化，平均流速几乎为 0，水面宽在 307.56~318.51m 之间变化。

天角潭水库建成后，库区水深明显加深，水面变宽，流速明显减缓，丰、平、枯水年变化规律较为一致。工程建设使库区水深明显增加，流速减缓，水面变宽，变化幅度从坝址到库尾逐渐减小。

表 5.2-12　　各典型年库尾断面建库后平均水深、流速、水面宽情况表

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深(m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)
1 月	0.47	0.02	0.67	36.86	1.4	2.07	0.01	96.73	0.73	2.11	0	97.96
2 月	0.31	0.02	0.44	36.86	1.06	1.59	0.01	83.68	0.83	1.91	0	92.32
3 月	0.1	0.02	0.14	36.86	0.34	0.93	0.01	67.1	0.33	1.62	0	84.39
4 月	0.1	0.02	0.14	36.86	0.12	0.02	0.17	36.86	0.24	1.25	0	74.86
5 月	0.61	0.03	0.61	37.07	1.01	0.04	0.66	37.46	0.11	0.88	0	66.04
6 月	24.69	0.66	0.64	58.64	16.24	0.52	0.58	53.38	1.65	0.5	0.06	52.51
7 月	25.94	0.68	0.64	59.48	17.37	1.02	0.25	69.22	0.94	0.04	0.64	37.43
8 月	14.15	1.63	0.1	84.8	19.01	2.14	0.09	98.88	6.75	0.49	0.26	52.3
9 月	36.19	2.62	0.12	112.83	9.98	2.62	0.03	112.78	18.46	1.01	0.27	68.96
10 月	17.51	2.62	0.06	112.79	4.4	2.62	0.01	112.78	3.44	0.84	0.06	65.02
11 月	7.09	2.62	0.02	112.78	1.9	2.36	0.01	105.19	1.57	0.71	0.04	60.69
12 月	1.89	2.34	0.01	104.49	1.65	2.12	0.01	98.31	0.33	0.26	0.03	44.22

表 5.2-13　　各典型年库中断面建库后平均水深、流速、水面宽情况表

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)
1 月	0.47	8.85	0	185.57	1.4	12.43	0	204.29	0.73	12.49	0	204.56
2 月	0.31	8.35	0	181.76	1.06	11.87	0	201.34	0.83	12.24	0	203.29
3 月	0.1	7.59	0	176.1	0.34	11.15	0	197.59	0.33	11.9	0	201.5
4 月	0.1	6.89	0	167.74	0.12	10.18	0	192.65	0.24	11.49	0	199.35
5 月	0.61	6.33	0	156.7	1.01	9.14	0	187.25	0.11	11.1	0	197.35
6 月	24.69	7.25	0.02	173.57	16.24	9.97	0.01	191.62	1.65	10.68	0	195.2
7 月	25.94	9.94	0.01	191.46	17.37	11.22	0.01	197.95	0.94	10.05	0	192.01
8 月	14.15	11.92	0.01	201.58	19.01	12.52	0.01	204.76	6.75	10.64	0	195
9 月	36.19	13.12	0.01	207.91	9.98	13.12	0	207.91	18.46	11.2	0.01	197.87
10 月	17.51	13.12	0.01	207.91	4.4	13.12	0	207.91	3.44	11.05	0	197.11
11 月	7.09	13.12	0	207.91	1.9	12.8	0	206.2	1.57	10.91	0	196.4
12 月	1.89	12.77	0	206.04	1.65	12.5	0	204.64	0.33	10.44	0	194.01

表 5.2-14　　各典型年坝址断面建库后平均水深、流速、水面宽情况表

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)	流量 (m^3/s)	平均水深 (m)	流速 (m/s)	水面宽 (m)
1 月	0.47	20.9	0	302.27	1.4	24.33	0	318.27	0.73	24.38	0.00	318.51
2 月	0.31	20.38	0	299.91	1.06	23.79	0	315.69	0.83	24.15	0.00	317.4
3 月	0.1	19.6	0	296.4	0.34	23.09	0	312.43	0.33	23.82	0.00	315.83
4 月	0.1	18.81	0	292.51	0.12	22.16	0	308.11	0.24	23.42	0.00	313.96
5 月	0.61	18.09	0	287.97	1.01	21.18	0	303.56	0.11	23.05	0.00	312.22
6 月	24.69	19.26	0	294.83	16.24	21.97	0	307.21	1.65	22.64	0.00	310.34
7 月	25.94	21.94	0	307.07	17.37	23.16	0	312.74	0.94	22.04	0.00	307.56
8 月	14.15	23.83	0	315.9	19.01	24.42	0	318.68	6.75	22.61	0.00	310.17
9 月	36.19	25	0	321.43	9.98	25	0	321.43	18.46	23.14	0.00	312.67
10 月	17.51	25	0	321.43	4.4	25	0	321.43	3.44	23	0.00	312.01
11 月	7.09	25	0	321.43	1.9	24.68	0	319.94	1.57	22.87	0.00	311.38
12 月	1.89	24.65	0	319.8	1.65	24.4	0	318.58	0.33	22.42	0.00	309.3

5.2.4.2 运行期对坝下河道水文情势的影响

天角潭水库具有多年调节能力，根据水库运行调度方式，天角潭水库在一定程度上改变坝址及下游水量的年内分配，对径流产生了一定的调节作用，为分析水库建设前后坝下典型断面的年内流量变化过程和沿程变化过程，选择坝址断面、长坡河汇口断面、太平河汇口断面和河口断面作为控制断面，重点分析各控制断面的建库前后的流量变化过程。其中长坡河汇口断面距离坝址约 11.5km 处，太平河汇口断面位于坝址下游约 13.7km 处，河口断面距离坝址约为 25km。

表 5.2-15~表 5.2-18、图 5.3-10~图 5.3-13 分别给出了天角潭坝址断面、长坡河断面、太平河断面和河口断面建库前后的流量变化过程。可以看出，北门江现状受天角潭水陂引水影响，各典型丰、平、枯水年坝下河段现象明显，枯水期个别月份，受上游来水少、水陂引用流量大，水陂下游一定长度河段存在断流现象。天角潭水库建成后，通过水库下泄生态流量，可有效缓解现状枯水期天角潭水陂下游河段的减（脱）水现象。

① 天角潭坝址断面建库前后流量变化过程见表 5.2-15、图 5.3-10，从中可以看出，各典型年枯水期水陂下游河段减（脱）水明显，通过水库下泄生态流量可使枯水期坝下河道断面得到补充，丰水期受水库调节影响，流量减少明显。丰水年 1~5 月份，现状坝下河段断流，建库通过水库下泄生态流量，可明显改善坝下脱水现象；6~9 月份，建库后，坝下河道流量比现状分别减少了 20.6m^3/s、20.9 m^3/s、7.6 m^3/s、27.6m^3/s，变化率为 88.41%、88.57%、73.72%和 76.29%。平水年，1 月份较建库前增加了 0.8m^3/s，增加率达到 1076.47%，2~5 月份建库后通过下泄生态流量可有效改善现状断流情况；建库后 6~8 月份坝下河道流量比现状分别减少了 12.1m^3/s、11.3m^3/s、13.9m^3/s，变化率为 81.71%、80.67%和 83.7%。枯水年，建库后通过下泄生态流量可有效改善 1~7、12 月份的断流情况；建库后 8~9 月份坝下河道流量比现状分别减少了 3.7m^3/s、15.7m^3/s，变化率为 58.1%和 85.34%。

② 长坡河断面建库前后流量变化过程见表 5.2-16、图 5.3-11。丰水年 1~5 月份建库后河道流量较建库前分别增加 0.9m^3/s、0.71m^3/s、0.34m^3/s、0.14m^3/s 和 1.09m^3/s，增加率为 686.51%、753.68%、684.01%、669.07%和 764.90%；6~9 月份，建库后，长坡河断面河道流量比现状分别减少了 20.6m^3/s、20.9m^3/s、7.6m^3/s、27.6m^3/s，变化率为 74.41%、74.19%、59.35%和 64.79%。平水年建库后 1~5 月份较建库前分别增加 0.82m^3/s、0.9 m^3/s、0.9m^3/s、0.87m^3/s 和 1.79 m^3/s，增加率为

208.14%、343.66%、596.15%、760.45%和 729.52%，6~9 月份河道流量比现状分别减少了 12.1m^3/s、11.3m^3/s、13.9m^3/s，变化率为 68.45%、65.97%和 69.63% 。枯水年，建库后 1~7 月份、12 月份长坡河断面流量较建库前大幅增加，增加比例范围为 415.97%~824.92%，最大增加比例达到 824.92%，8~9 月份河道流量比现状分别减少了 3.7m^3/s、15.7m^3/s，变化率为 48.77%和 72.63%。

③ 太平河断面建库前后流量变化过程见表 5.2-17、图 5.3-12。丰水年 1~5 月份太平河断面河道流量较建库前分别增加 0.9m^3/s、0.71m^3/s、0.34m^3/s、0.14m^3/s和 1.09m^3/s，增加率为 271.82%、289.81%、284.15%、273.98%和 292.25%；6~9 月份，建库后，坝下河道流量比现状分别减少了 20.6m^3/s、20.9m^3/s、7.6m^3/s、27.61m^3/s，变化率为 59.91%、59.27%、45.46%和 52.48%。平水年建库后 1~5 月份太平河断面最大增加比例达到 294.70%，6~9 月份坝下河道流量比现状分别减少了 12.1m^3/s、11.3m^3/s、13.9m^3/s，变化率为 54.53%、51.5%和 54.99%。枯水年，建库后 1~7 月份，河道流量增加比例范围在 161.76%~289.46%，最大增加比例达到 289.46%，8~9 月份坝下河道流量比现状分别减少了 3.7m^3/s、15.7m^3/s，变化率为 39.51%和 58.77%。

④ 河口断面建库前后流量变化过程见表 5.2-18、图 5.3-13。丰水年 1~5 月份，河口断面流量增加比例范围在 169.46%~180.63%，6~9 月份，建库后，坝下河道流量比现状分别减少了 20.6m^3/s、20.9m^3/s、7.6m^3/s、27.61m^3/s，变化率为 50.19%、49.46%、36.68%和 44.23%。平水年建库后 1~5 月份河道流量增加比例范围在 59.86%~182.76%，6~9 月份坝下河道流量比现状分别减少了 12.1m^3/s、11.3m^3/s、13.9m^3/s，变化率为 45.51%、42.32%、45.68%。枯水年，建库后 1~7 月份河道流量增加比例范围为 100.41%~181.51%，8~9 月份坝下河道流量比现状分别减少了 3.7m^3/s、15.7m^3/s，变化率为 33.0%和 49.45%。

表 5.2-15　　各典型年天角潭坝址断面建库前后逐月流量变化情况

项目		坝址断面实际来流量(m^3/s)	天角潭水陂现状引流量(m^3/s)	现状水陂下泄流量(m^3/s)	建库后出库流量(m^3/s)	建库后河道流量(m^3/s)	变化量(m^3/s)	变化率(%)
丰水年	1 月	0.47	1.62	0	4.67	0.90	0.90	-
	2 月	0.31	2.03	0	4.18	0.71	0.71	-
	3 月	0.00	5.22	0	5.39	0.34	0.34	-
	4 月	0.00	5.57	0	5.24	0.14	0.14	-
	5 月	0.60	3.64	0	5.36	1.09	1.09	-
	6 月	24.69	1.39	23.30	6.96	2.70	-20.60	-88.41
	7 月	25.93	2.31	23.62	7.33	2.70	-20.92	-88.57
	8 月	14.15	3.87	10.28	9.27	2.70	-7.58	-73.72
	9 月	36.19	0	36.19	11.16	8.58	-27.61	-76.29
	10 月	17.51	0.55	16.96	15.15	11.25	-5.71	-33.69
	11 月	7.09	1.23	5.86	11.87	7.37	1.51	25.83
	12 月	1.89	1.23	0.66	5.63	0.90	0.24	35.83
平水年	1 月	1.40	1.32	0.08	5.44	0.90	0.82	1076.47
	2 月	1.06	2.99	0.00	6.64	0.90	0.90	-
	3 月	0.34	4.59	0.00	7.52	0.90	0.90	-
	4 月	0.12	5.6	0.00	8.76	0.87	0.87	-
	5 月	1.01	5.18	0.00	9.70	1.79	1.79	-
	6 月	16.24	1.48	14.76	6.49	2.70	-12.06	-81.71
	7 月	17.37	3.41	13.96	8.76	2.70	-11.26	-80.67
	8 月	19.01	2.44	16.57	7.02	2.70	-13.87	-83.70
	9 月	9.98	2.88	7.10	13.44	7.33	0.23	3.25
	10 月	4.40	0.21	4.19	6.67	3.81	-0.38	-9.16
	11 月	1.90	1.23	0.67	5.40	0.90	0.23	34.53
	12 月	1.65	0.51	1.14	4.41	0.90	-0.24	-21.25
枯水年	1 月	0.73	1.33	0.00	3.83	0.90	0.90	-
	2 月	0.83	1.22	0.00	3.19	0.90	0.90	-
	3 月	0.33	3.04	0.00	4.05	0.90	0.90	-
	4 月	0.24	4.57	0.00	4.73	0.90	0.90	-
	5 月	0.11	3.66	0.00	4.58	0.98	0.98	-
	6 月	1.65	2.68	0.00	5.50	2.39	2.39	-
	7 月	0.94	4.76	0.00	5.86	1.78	1.78	-
	8 月	6.75	0.31	6.44	5.38	2.70	-3.74	-58.10
	9 月	18.46	0.05	18.41	5.61	2.70	-15.71	-85.34
	10 月	3.44	1.04	2.40	5.61	2.70	0.30	12.70
	11 月	1.57	1.15	0.42	3.64	0.90	0.48	116.14
	12 月	0.33	1.73	0.00	4.11	0.90	0.90	-

表 5.2-16　　各典型年长坡河断面建库前后逐月流量变化情况

水文年	月份	现状流量 (m^3/s)	建库后 (m^3/s)	变化量 (m^3/s)	变化率 (%)
丰水年	1 月	0.13	1.03	0.90	686.51
	2 月	0.09	0.80	0.71	753.68
	3 月	0.05	0.39	0.34	684.01
	4 月	0.02	0.16	0.14	669.07
	5 月	0.14	1.23	1.09	764.90
	6 月	27.68	7.08	-20.60	-74.41
	7 月	28.20	7.28	-20.92	-74.19
	8 月	12.76	5.19	-7.58	-59.35
	9 月	42.60	15.00	-27.61	-64.79
	10 月	20.07	14.35	-5.71	-28.48
	11 月	7.26	8.77	1.51	20.85
	12 月	1.08	1.32	0.24	21.92
平水年	1 月	0.40	1.22	0.82	208.14
	2 月	0.26	1.16	0.90	343.66
	3 月	0.15	1.05	0.90	596.15
	4 月	0.11	0.98	0.87	760.45
	5 月	0.25	2.04	1.79	729.52
	6 月	17.62	5.56	-12.06	-68.45
	7 月	17.07	5.81	-11.26	-65.97
	8 月	19.91	6.05	-13.87	-69.63
	9 月	8.90	9.13	0.23	2.59
	10 月	5.00	4.62	-0.38	-7.68
	11 月	1.09	1.33	0.23	21.10
	12 月	1.50	1.26	-0.24	-16.17
枯水年	1 月	0.22	1.12	0.90	415.97
	2 月	0.21	1.11	0.90	423.01
	3 月	0.14	1.04	0.90	650.76
	4 月	0.13	1.03	0.90	689.78
	5 月	0.13	1.11	0.98	750.73
	6 月	0.31	2.70	2.39	776.91
	7 月	0.22	2.00	1.78	824.92
	8 月	7.68	3.93	-3.74	-48.77
	9 月	21.63	5.92	-15.71	-72.63
	10 月	3.02	3.33	0.30	10.06
	11 月	0.77	1.25	0.48	62.96
	12 月	0.14	1.04	0.90	663.56

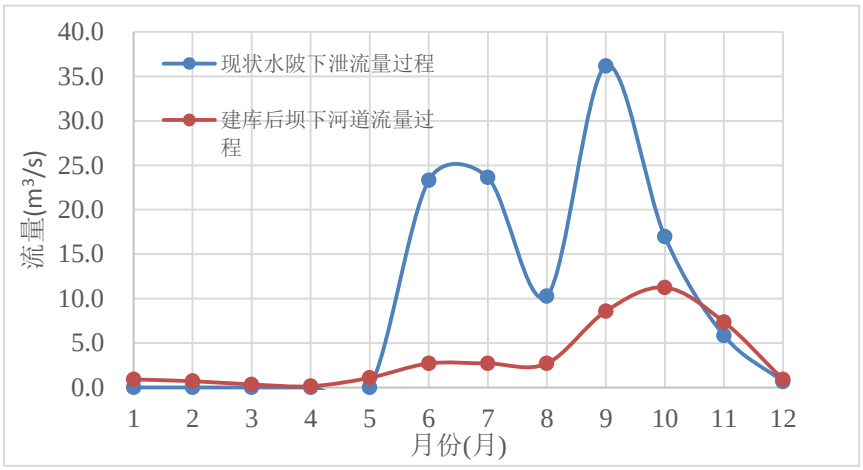
表 5.2-17　　各典型年太平河断面建库前后逐月流量变化情况

水文年	月份	现状流量(m^3/s)	建库后(m^3/s)	变化量(m^3/s)	变化率(%)
丰水年	1 月	0.33	1.23	0.90	271.82
	2 月	0.24	0.95	0.71	289.81
	3 月	0.12	0.46	0.34	284.15
	4 月	0.05	0.19	0.14	273.98
	5 月	0.37	1.46	1.09	292.25
	6 月	34.38	13.78	-20.60	-59.91
	7 月	35.30	14.38	-20.92	-59.27
	8 月	16.66	9.09	-7.58	-45.46
	9 月	52.60	25.00	-27.61	-52.48
	10 月	24.97	19.25	-5.71	-22.89
	11 月	9.36	10.87	1.51	16.17
	12 月	1.74	1.98	0.24	13.62
平水年	1 月	0.89	1.71	0.82	92.98
	2 月	0.66	1.56	0.90	135.98
	3 月	0.39	1.29	0.90	230.20
	4 月	0.29	1.16	0.87	294.70
	5 月	0.62	2.41	1.79	291.28
	6 月	22.12	10.06	-12.06	-54.53
	7 月	21.87	10.61	-11.26	-51.50
	8 月	25.21	11.35	-13.87	-54.99
	9 月	11.70	11.93	0.23	1.97
	10 月	6.25	5.87	-0.38	-6.15
	11 月	1.74	1.98	0.23	13.24
	12 月	2.06	1.82	-0.24	-11.78
枯水年	1 月	0.56	1.46	0.90	161.76
	2 月	0.54	1.44	0.90	165.82
	3 月	0.36	1.26	0.90	251.19
	4 月	0.34	1.24	0.90	264.34
	5 月	0.34	1.32	0.98	287.69
	6 月	0.83	3.22	2.39	288.94
	7 月	0.62	2.40	1.78	289.46
	8 月	9.48	5.73	-3.74	-39.51
	9 月	26.73	11.02	-15.71	-58.77
	10 月	4.01	4.32	0.30	7.58
	11 月	1.31	1.79	0.48	36.97
	12 月	0.34	1.24	0.90	268.15

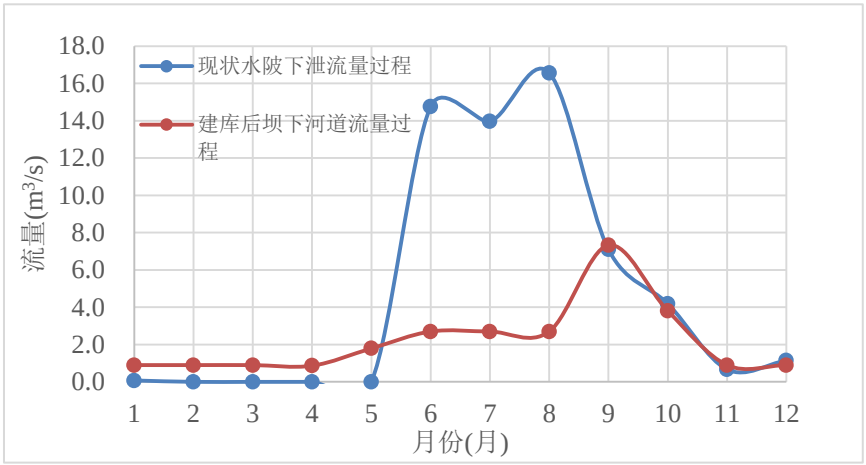
表 5.2-18　　各典型年河口断面建库前后逐月流量变化情况

水文年	月份	现状流量(m^3/s)	建库后(m^3/s)	变化量(m^3/s)	变化率(%)

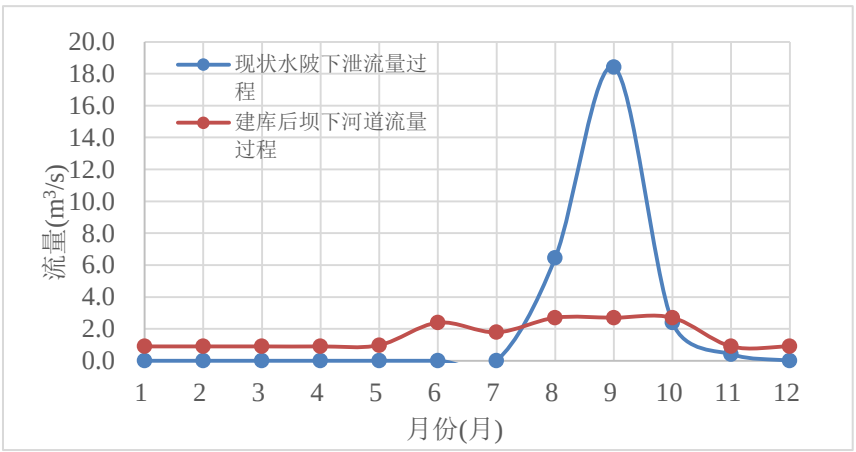
丰水年	1 月	0.53	1.43	0.90	169.46
	2 月	0.39	1.10	0.71	179.39
	3 月	0.19	0.53	0.34	179.32
	4 月	0.08	0.22	0.14	172.26
	5 月	0.60	1.69	1.09	180.63
	6 月	41.04	20.44	-20.60	-50.19
	7 月	42.30	21.38	-20.92	-49.46
	8 月	20.55	12.98	-7.58	-36.86
	9 月	62.41	34.81	-27.61	-44.23
	10 月	29.79	24.07	-5.71	-19.19
	11 月	11.39	12.90	1.51	13.29
	12 月	2.39	2.63	0.24	9.92
平水年	1 月	1.38	2.20	0.82	59.86
	2 月	1.06	1.96	0.90	84.76
	3 月	0.62	1.52	0.90	144.93
	4 月	0.47	1.34	0.87	182.76
	5 月	1.00	2.79	1.79	180.14
	6 月	26.50	14.44	-12.06	-45.51
	7 月	26.61	15.35	-11.26	-42.32
	8 月	30.35	16.49	-13.87	-45.68
	9 月	14.45	14.68	0.23	1.60
	10 月	7.49	7.11	-0.38	-5.13
	11 月	2.39	2.63	0.23	9.65
	12 月	2.62	2.38	-0.24	-9.26
枯水年	1 月	0.90	1.80	0.90	100.41
	2 月	0.86	1.76	0.90	104.32
	3 月	0.58	1.48	0.90	155.63
	4 月	0.54	1.44	0.90	166.52
	5 月	0.54	1.52	0.98	181.23
	6 月	1.32	3.71	2.39	181.51
	7 月	0.99	2.77	1.78	180.87
	8 月	11.35	7.60	-3.74	-33.00
	9 月	31.77	16.06	-15.71	-49.45
	10 月	4.98	5.29	0.30	6.10
	11 月	1.85	2.33	0.48	26.17
	12 月	0.54	1.44	0.90	168.03



(a) 丰水年

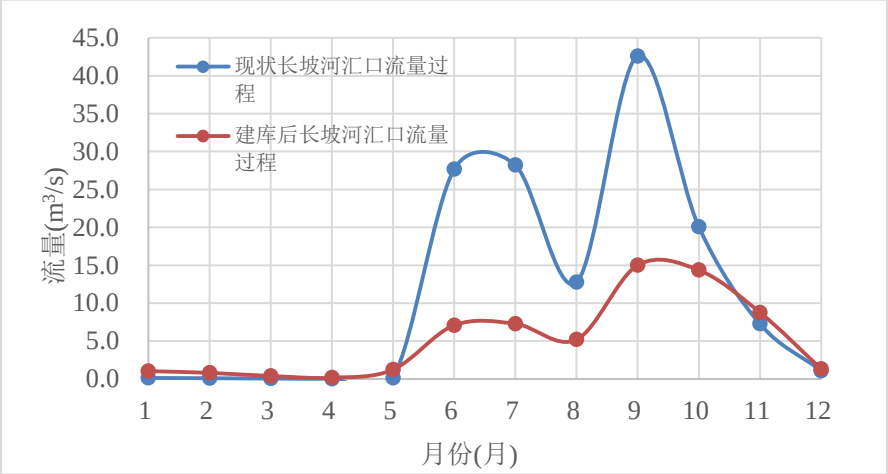


(b) 平水年

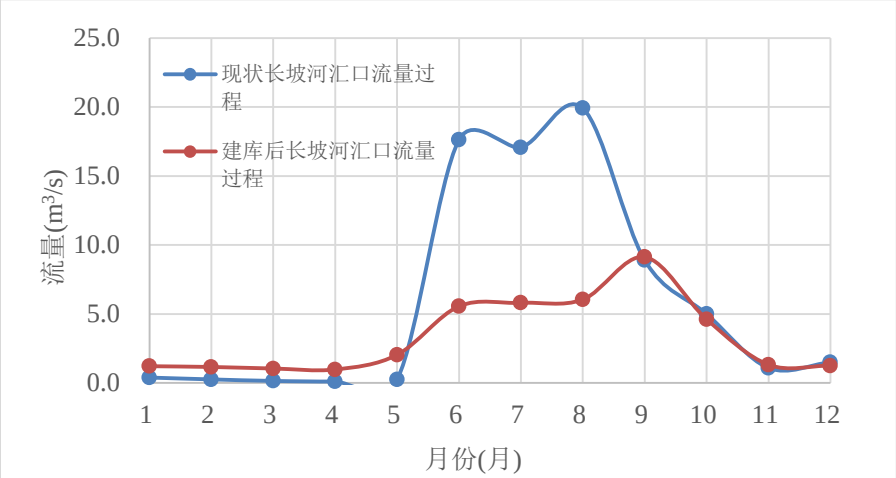


(c) 枯水年

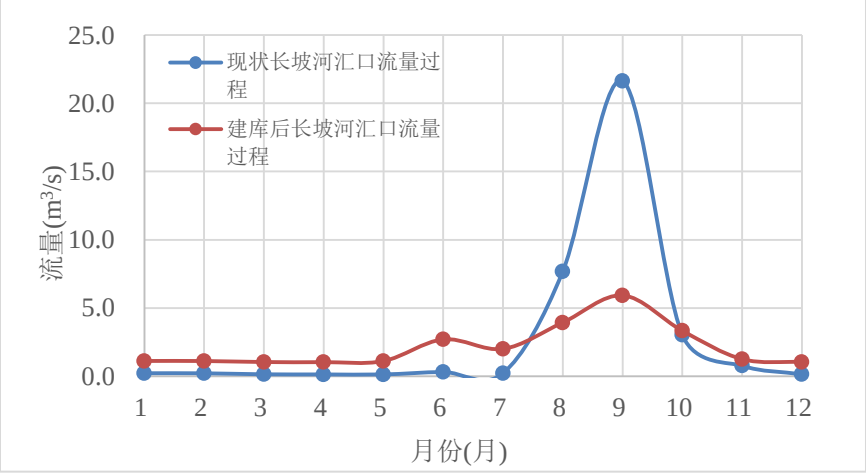
图 5.2-10 坝址断面典型丰、平、枯水年建库前后逐月流量过程



(a) 丰水年

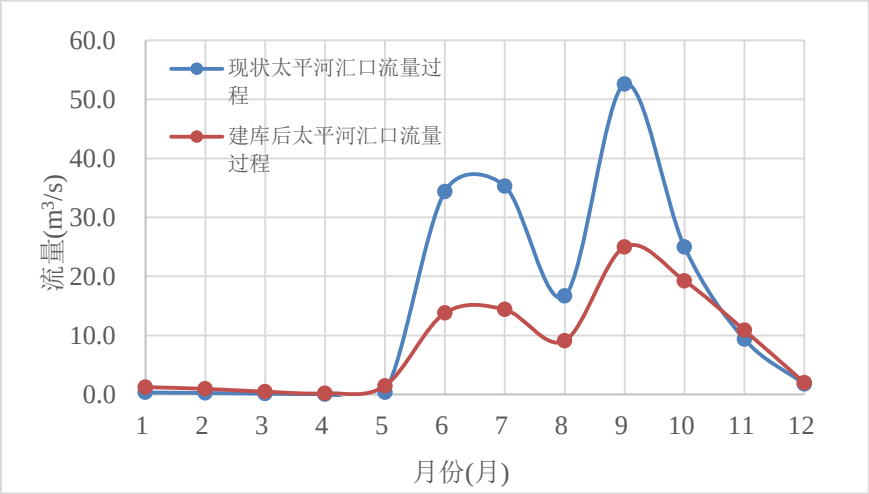


(b)平水年

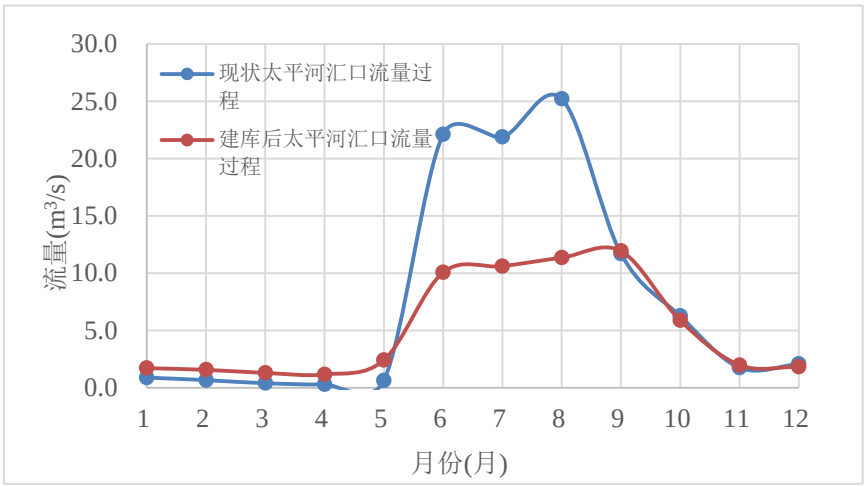


(c)枯水年

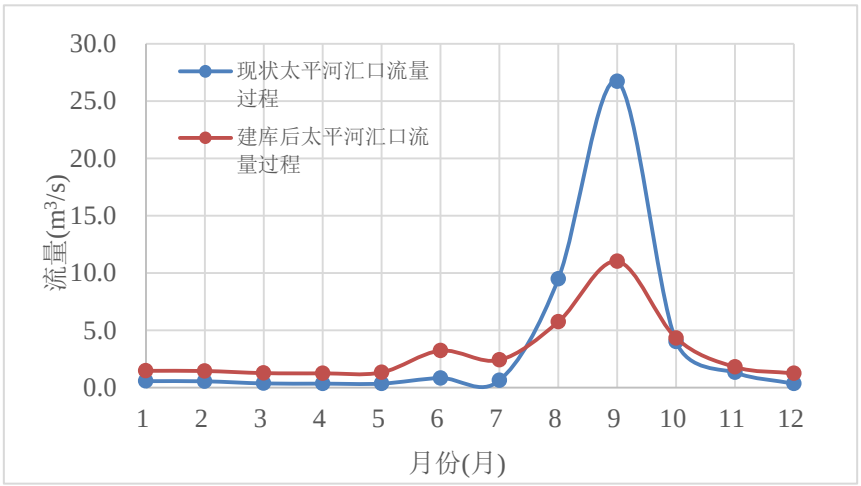
图 5.2-11 长坡河断面典型丰、平、枯水年建库前后逐月流量过程



(a)丰水年

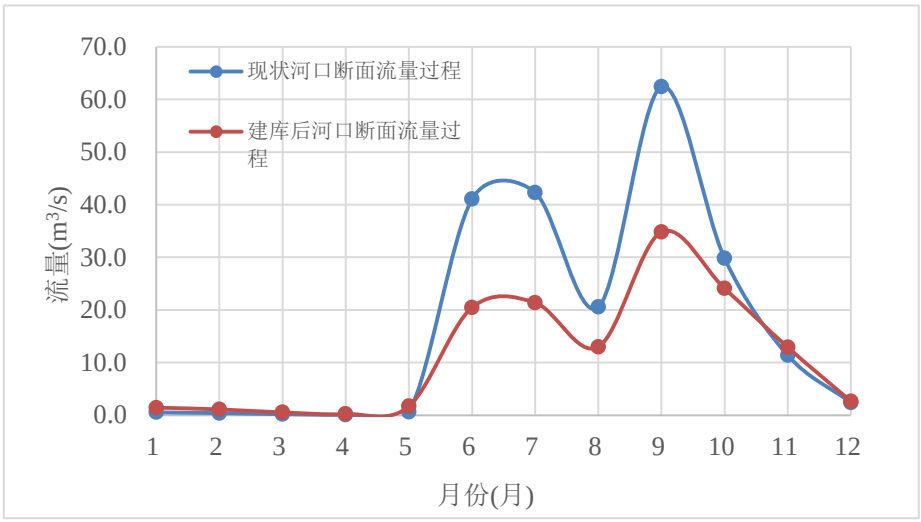


(b)平水年

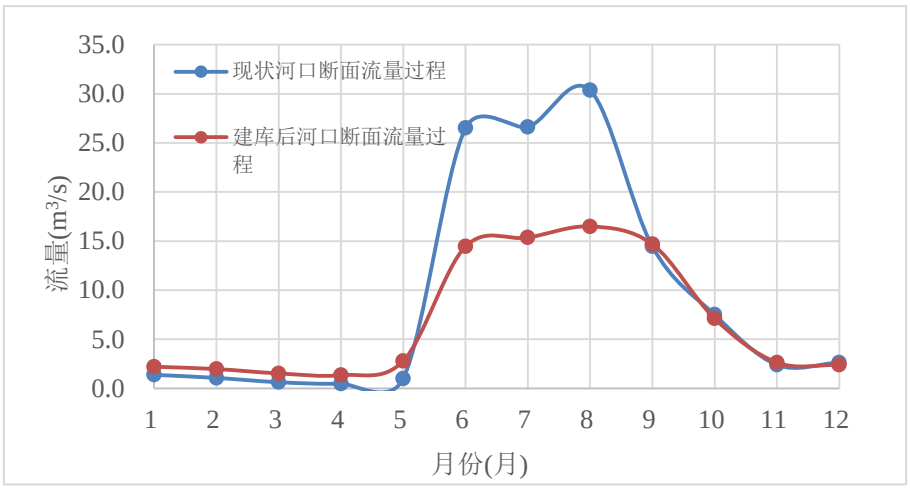


(c)枯水年

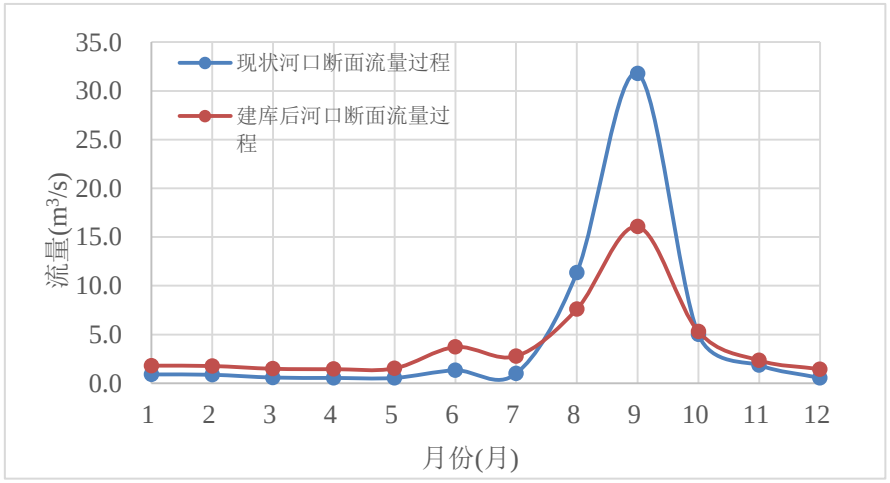
图 5.2-12 太平河断面典型丰、平、枯水年建库前后逐月流量过程



(a)丰水年



(b)平水年



(c)枯水年

图 5.2-13 河口断面典型丰、平、枯水年建库前后逐月流量过程

为进一步分析天角潭水库建成前后坝下各典型断面平均水深、平均流速、水面宽以及最大水深的变化情况，本节以平水年为例，计算分析了建库前后坝址断面、长坡河汇口断面、太平河汇口断面、河口断面建库前后典型水力参数参数的变化情况，见表 5.2-19~表 5.2-20。

从表 5.2-19 可以看出，坝址断面建库后，通过水库下泄生态流量可有效改善 2~5 现状水陂下游河段脱水情况；丰水期 6~8 月份坝址断面平均水深、平均流速、水面宽、及最大水深均比建库前有所减小，平均水深减小幅度为 0.13~0.14m，变化率为 50%~51.9%，平均流速的减小幅度为 0.58~0.66m/s，变化率为 37.5%~39.8%，水面宽的减小幅度为 14.61~15.76m，变化率为 40.3%~43.2%，最大水深的减小幅度为 0.22~0.25m，变化率 45.8%~49.0%，其余月份建库前后平水水军水深、平均流域、水面宽及最大水深变化不大。

表 5.2-20 给出了长坡河断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽及最大水深变化情况。从表中可以看出，1~5 月份，建库后长坡河断面的平均水深、平均流速、水面宽及最大水深均较建库前增加，建库后水库下泄生态流量可明显改善坝下河段的减（脱）水现状。平均水深增加幅度为 0.12~0.23m，变化率为 85.7%~214.3%，平均流速的增加幅度为 0.02~0.04m/s，变化率为 40%~100%，水面宽的增加幅度为 10.16~27.44m，变化率为 16.7%~66.6%，最大水深的增加幅度为 0.14~0.29m，变化率 60.9%~190.9%；6~8 月份，受水库调节影响，建库后长坡河断面平均水深、平均流速、水面宽及最大水深均较建库前有所减小，平均水深减小幅度为 0.30~0.34m，变化率为 31.9%~34%，平均流速的减小幅度为 0.06~0.07m/s，变化率为 37.5%~41.2%，水面宽的减小幅度为 19.87~21.01m，变化率为 16.4%~18.2%，最大水深的减小幅度为 0.44~0.51m，变化率 33.3%~36.2%；其余月份建库前后平水水军水深、平均流域、水面宽及最大水深变化不大。

表 5.2-21 给出了太平河断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽及最大水深变化情况。从表中可以看出，1~5 月份，建库后长坡河断面的平均水深、平均流速、水面宽及最大水深均较建库前增加，建库后水库下泄生态流量可明显改善坝下河段的减（脱）水现状。平均水深增加幅度为 0.03~0.07m，变化率为 30%~87.5%，平均流速的增加幅度为 0.10~0.22m/s，变化率为 10%~26.2%，水面宽的增加幅度为 2.75~13.7m，变化率为 29.9%~79.8%，最大水深的增加幅度为 0.06~0.13m，变化率 30%~83.3%；6~8 月份，受水库调节影响，建库后太平河断面平均水深、平均流速、水面宽及最大水深均较建库前有所减小，平均水深减小

幅度为 0.09~0.10m，变化率为 25.7%~27%，平均流速的减小幅度为 0.27~0.29m/s，变化率为13.8%~14.9%，水面宽的减小幅度为8.24~9.47m，变化率为25.1%~27.2%，最大水深的减小幅度为 0.18~0.21m，变化率 25.4%~28.0%；其余月份建库前后平水水军水深、平均流域、水面宽及最大水深变化不大。

表 5.2-22 给出了河口断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽及最大水深变化情况。从表中可以看出，1~5 月份，建库后长坡河断面的平均水深、平均流速、水面宽及最大水深均较建库前增加，建库后水库下泄生态流量可明显改善坝下河段的减（脱）水现状。平均水深增加幅度为 0.03~0.07m，变化率为 25%~70%，平均流速的增加幅度为 0.01~0.03m/s，变化率为 12.5%~42.9%，水面宽的增加幅度为 12.97~26.52m，变化率为 8.7%~18.7%，最大水深的增加幅度为 0.04~0.09m，变化率 26.7%~75%；6~8 月份，受水库调节影响，建库后太平河断面平均水深、平均流速、水面宽及最大水深均较建库前有所减小，平均水深减小幅度为 0.17~0.20m，变化率为 27.9%~30.3%，平均流速的减小幅度为 0.04m/s，变化率为 17.4%~18.2%，水面宽的减小幅度为 2.7~3.22m，变化率为 1.4%~1.6%，最大水深的减小幅度为 0.20~0.21m，变化率 24.6%~28.6%；其余月份建库前后平水水军水深、平均流域、水面宽及最大水深变化不大。

表 5.2-19　坝址断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽、最大水深变化情况表

项目	水深(m)				流速(m/s)				水面宽(m)				最大水深(m)			
	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率
1 月	0.03	0.08	0.05	166.7	0.49	0.91	0.42	85.7	5.11	12.53	7.42	145.2	0.06	0.16	0.1	166.7
2 月	0	0.08	0.08	-	0	0.91	0.91	-	0	12.53	12.53	-	0	0.16	0.16	-
3 月	0	0.08	0.08	-	0	0.91	0.91	-	0	12.53	12.53	-	0	0.16	0.16	-
4 月	0	0.08	0.08	-	0	0.9	0.9	-	0	12.42	12.42	-	0	0.16	0.16	-
5 月	0	0.11	0.11	-	0	0.92	0.92	-	0	17.61	17.61	-	0	0.22	0.22	-
6 月	0.26	0.13	-0.13	-50.0	1.6	1	-0.6	-37.5	35.35	20.74	-14.61	-41.3	0.49	0.26	-0.23	-46.9
7 月	0.26	0.13	-0.13	-50.0	1.58	1	-0.58	-36.7	34.72	20.74	-13.98	-40.3	0.48	0.26	-0.22	-45.8
8 月	0.27	0.13	-0.14	-51.9	1.66	1	-0.66	-39.8	36.5	20.74	-15.76	-43.2	0.51	0.26	-0.25	-49.0
9 月	0.19	0.19	0	0.0	1.36	1.37	0.01	0.7	28.12	28.39	0.27	1.0	0.36	0.37	0.01	2.8
10 月	0.15	0.14	-0.01	-6.7	1.2	1.18	-0.02	-1.7	23.57	22.68	-0.89	-3.8	0.3	0.28	-0.02	-6.7
11 月	0.07	0.08	0.01	14.3	0.84	0.91	0.07	8.3	11.29	12.53	1.24	11.0	0.14	0.16	0.02	14.3
12 月	0.09	0.08	-0.01	-11.1	0.93	0.91	-0.02	-2.2	14	12.53	-1.47	-10.5	0.18	0.16	-0.02	-11.1

表 5.2-20　长坡河断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽、最大水深变化情况表

项目	水深(m)				流速(m/s)				水面宽(m)				最大水深(m)			
	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率
1 月	0.14	0.26	0.12	85.7	0.05	0.07	0.02	40.0	60.76	70.92	10.16	16.7	0.23	0.37	0.14	60.9
2 月	0.11	0.25	0.14	127.3	0.04	0.07	0.03	75.0	54.01	70.34	16.33	30.2	0.18	0.36	0.18	100.0
3 月	0.08	0.23	0.15	187.5	0.04	0.07	0.03	75.0	46.08	69.27	23.19	50.3	0.13	0.34	0.21	161.5
4 月	0.07	0.22	0.15	214.3	0.04	0.07	0.03	75.0	41.21	68.65	27.44	66.6	0.11	0.32	0.21	190.9
5 月	0.11	0.34	0.23	209.1	0.04	0.08	0.04	100.0	53.27	75.34	22.07	41.4	0.18	0.47	0.29	161.1
6 月	0.95	0.63	-0.32	-33.7	0.16	0.1	-0.06	-37.5	112.63	92.76	-19.87	-17.6	1.33	0.86	-0.47	-35.3
7 月	0.94	0.64	-0.3	-31.9	0.16	0.1	-0.06	-37.5	112.1	93.67	-18.43	-16.4	1.32	0.88	-0.44	-33.3
8 月	1	0.66	-0.34	-34.0	0.17	0.1	-0.07	-41.2	115.73	94.72	-21.01	-18.2	1.41	0.9	-0.51	-36.2
9 月	0.72	0.72	0	0.0	0.13	0.13	0	0.0	98.54	98.96	0.42	0.4	0.99	1	0.01	1.0
10 月	0.55	0.53	-0.02	-3.6	0.1	0.1	0	0.0	87.73	86.6	-1.13	-1.3	0.75	0.72	-0.03	-4.0
11 月	0.25	0.28	0.03	12.0	0.06	0.07	0.01	16.7	70.39	71.97	1.58	2.2	0.36	0.4	0.04	11.1
12 月	0.29	0.27	-0.02	-6.9	0.07	0.07	0	0.0	72.82	71.32	-1.5	-2.1	0.42	0.38	-0.04	-9.5

表 5.2-21　太平河断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽、最大水深变化情况表

项目	水深(m)				流速(m/s)				水面宽(m)				最大水深(m)			
	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率
1 月	0.1	0.13	0.03	30.0	0.98	1.12	0.14	14.3	9.2	11.95	2.75	29.9	0.2	0.26	0.06	30.0
2 月	0.08	0.12	0.04	50.0	1	1.1	0.1	10.0	7.86	11.5	3.64	46.3	0.17	0.25	0.08	47.1
3 月	0.07	0.11	0.04	57.1	0.84	1.06	0.22	26.2	6.57	10.65	4.08	62.1	0.14	0.23	0.09	64.3
4 月	0.06	0.11	0.05	83.3	0.83	1.03	0.2	24.1	5.71	10.22	4.51	79.0	0.12	0.22	0.1	83.3
5 月	0.08	0.15	0.07	87.5	0.99	1.2	0.21	21.2	7.62	13.7	6.08	79.8	0.16	0.29	0.13	81.2
6 月	0.35	0.26	-0.09	-25.7	1.89	1.62	-0.27	-14.3	33	24.08	-8.92	-27.0	0.71	0.52	-0.19	-26.8
7 月	0.35	0.26	-0.09	-25.7	1.89	1.63	-0.26	-13.8	32.85	24.61	-8.24	-25.1	0.71	0.53	-0.18	-25.4
8 月	0.37	0.27	-0.1	-27.0	1.94	1.65	-0.29	-14.9	34.78	25.31	-9.47	-27.2	0.75	0.54	-0.21	-28.0
9 月	0.28	0.28	0	0.0	1.66	1.66	0	0.0	25.63	25.84	0.21	0.8	0.55	0.55	0	0.0
10 月	0.21	0.21	0	0.0	1.45	1.45	0	0.0	20.02	19.39	-0.63	-3.1	0.43	0.42	-0.01	-2.3
11 月	0.13	0.14	0.01	7.7	1.12	1.17	0.05	4.5	12.03	12.58	0.55	4.6	0.26	0.27	0.01	3.8
12 月	0.14	0.13	-0.01	-7.1	1.17	1.13	-0.04	-3.4	12.79	12.25	-0.54	-4.2	0.27	0.26	-0.01	-3.7

表 5.2-22　河口断面建库前后平均水深、平均流速、水面宽、最大水深变化情况表

项目	水深(m)				流速(m/s)				水面宽(m)				最大水深(m)			
	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率	建库前	建库后	变量	变化率
1 月	0.12	0.15	0.03	25.0	0.08	0.09	0.01	12.5	149.09	162.06	12.97	8.7	0.15	0.19	0.04	26.7
2 月	0.1	0.14	0.04	40.0	0.07	0.09	0.02	28.6	143.04	158.81	15.77	11.0	0.13	0.18	0.05	38.5
3 月	0.08	0.12	0.04	50.0	0.06	0.08	0.02	33.3	133.46	151.34	17.88	13.4	0.09	0.15	0.06	66.7
4 月	0.07	0.11	0.04	57.1	0.06	0.08	0.02	33.3	129.71	148.03	18.32	14.1	0.08	0.14	0.06	75.0
5 月	0.1	0.17	0.07	70.0	0.07	0.1	0.03	42.9	141.54	168.06	26.52	18.7	0.12	0.21	0.09	75.0
6 月	0.61	0.43	-0.18	-29.5	0.22	0.18	-0.04	-18.2	194.98	192.02	-2.96	-1.5	0.7	0.5	-0.2	-28.6
7 月	0.61	0.44	-0.17	-27.9	0.22	0.18	-0.04	-18.2	194.95	192.25	-2.7	-1.4	0.69	0.52	-0.17	-24.6
8 月	0.66	0.46	-0.2	-30.3	0.23	0.19	-0.04	-17.4	195.78	192.56	-3.22	-1.6	0.75	0.54	-0.21	-28.0
9 月	0.42	0.43	0.01	2.4	0.18	0.18	0	0.0	191.97	192.03	0.06	0.0	0.5	0.5	0	0.0
10 月	0.29	0.28	-0.01	-3.4	0.14	0.13	-0.01	-7.1	189.82	189.69	-0.13	-0.1	0.36	0.35	-0.01	-2.8
11 月	0.16	0.16	0	0.0	0.09	0.1	0.01	11.1	164.28	166.71	2.43	1.5	0.2	0.21	0.01	5.0
12 月	0.16	0.16	0	0.0	0.1	0.09	-0.01	-10.0	166.96	164.43	-2.53	-1.5	0.21	0.2	-0.01	-4.8

综合所述，北门江受现状天角潭水陂引水影响，各典型年枯水期水陂下游河段减（脱）水现象明显。水库建成后，通过水库下泄生态流量可改善枯水期坝下河段的水文情势；丰水期，受水库调节影响，各典型断面均有不同程度的减水，但随着坝下支流的入汇，对水文情势的不利影响沿程能够得到一定程度的缓解。至河口断面，各典型丰、平、枯水年丰水期最大减水比例为 50.19%，发生在丰水年的 6 月份，减水影响月份主要集中在 6~9 月份；枯水期 1~4 月份，水库下泄生态流量，建库后河口断面流量最大增加比例达到 181.51%，可有效改善天角潭水陂对水文情势的不利影响。

5.3对地表水环境的影响

5.3.1 对地表水水质的影响

工程主体设计水平年为 2040 年，考虑时间跨度较久，水质问题需在工程建成后即满足水源地要求，增加一个工程建成年份 2020 年的预测年份：

（1）水库建成后：初拟 2020 年；

（2）设计水平年：2040 年。

5.3.1.1 污染源情况预测

根据北门江流域污染源现状调查成果，结合对流域 2020 年、2040 年社会经济预测和需水量预测等的预测成果，对流域 2020 年、2040 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。包括库尾以上干流来流污染情况，以及库周污染负荷。

（1）工业污染源

根据万元总产值排放系数估算区域未来水平年内工业污染源的排污情况。这是进行污染源宏观预测的一般做法，若在规划期间工业、生活污水处理率大大提高，则规划期间废水排放量，特别是污染物排放量将会比本规划的预测值要小。计算中涉及的污染物排放量均采用上节的环统数据。计算方法和公式如下：

$$E_{i,\text{工业}} = I_i \times \text{GDP}_i$$

式中：$E_{i,工业}$——第 i 年工业污染物（废水、COD、氨氮、总磷）排放量，吨；

GDP_i——第 i 年的国内生产总值，万元；

I——万元总产值排放系数，kg/万元；

因现状情况下各工矿企业废水存在排放超标情况，预测 2020 及 2040 年废污水排放时考虑加强环境监管，7 家企业废污水全部达标排放。计算得出 2020 年、2030 年、2040 年工业污染源排放情况见表 5.3-1。

表 5.3-1　　工业源污染物的排放量预测值　　单位：t

区域	污染物	2020 年	2040 年
天角潭库区（那大镇）	废水量	246694.21	953795.28
	化学需氧量	24.67	95.38
	氨氮	3.70	14.31
	总磷	0.12	0.48
天角潭坝下（东成镇）	废水量	131234.51	507392.74
	化学需氧量	13.12	50.74
	氨氮	1.97	7.61
	总磷	0.07	0.25

（2）生活污染源

①污水处理厂建设情况

根据《海南省儋州市城镇污水处理及再生利用设施建设“十三五”规划》、《儋州市城市总体规划（2011-2030）》，至 2020 年，那大镇城西片区的生活污水处理率达到 95%，中和镇镇区的生活污水处理率达到 80%，东成镇尚未建设污水处理厂，那大城区再生水利用率达到污水处理量的 20%左右，其他建制镇再生水利用率达到污水处理量的 10%左右；至 2030 年，那大镇将扩建污水处理一厂，同时新建东成和中和污水处理厂，生活污水处理率均达到 95%。生活污水处理厂建成后，污水排放标准为《城镇污水处理厂污水处理标准》一级 B 标准，即 COD 为 60mg/L，氨氮为 8mg/L，总磷为 1mg/L。

结合上述规划，各水平年污水处理厂及再生水处理情况见表 5.3-2，污水处理厂规划情况见表 5.3-3。

表 5.3-2　　各水平年污水处理预测情况

分区	收集范围	生活污水处理率		再生水利用率	
		2020 年	2040 年	2020 年	2040 年
库区	那大镇城西片区	95%	95%	20%	30%
东成片区	东成镇区	-	95%	-	20%
中和片区	中和镇区	80%	95%	10%	20%
北部灌区	光村镇区	80%	95%	10%	20%

表 5.3-3　　评价范围内污水处理厂规划情况

序号	镇区	名称	性质	处理工艺	污水收集范围	污水受纳水体	处理规模（万 t/d）		生活污水处理率	
							至 2020 年	至 2030 年	至 2020 年	至 2030 年
1	那大镇	儋州市污水处理一厂	扩建	活性污泥法	那大镇城西片区	北门江	3	6	95%	95%
2		儋州市污水处理二厂	扩建	物理处理法	那大镇城北片区	文澜河	1.5	12		
3		儋州市城东污水处理厂	新建	传统工艺	那大镇城东片区	文澜河	3	3		
4		西联污水处理厂	新建	传统工艺	西联农场	文澜河	-	0.8		
5	东成镇	东成污水处理厂	新建	传统工艺	东成镇区	北门江	-	1.5	-	95%
6	中和镇	中和污水处理厂	新建	氧化塘或生态湿地处理系统	中和镇区	北门江	0.4	0.8	80%	95%
7	新洲镇	新洲污水处理厂	新建	氧化塘或生态湿地处理系统	新洲镇区	春江	-	0.4	-	95%
8	光村镇	光村污水处理厂	新建	氧化塘或生态湿地处理系统	光村镇区	北部湾	1.0	1.0	80%	95%

②生活污染源估算

根据儋州市人口增长趋势，利用综合产污系数法，得到各水平年污染物排放预测结果见表 5.3-4 及 5.3-5。

表 5.3-4　　2020 年 评价范围生活面源产生量估算情况　　单位：t

区域	人口（人）	生活污水	化学需氧量	氨氮	总磷
库区	97390	5154345.68	2061.74	263.05	26.30
东成片区	35864	1898103.54	759.24	96.87	9.69
中和片区	76400	4043450.09	1617.38	206.36	20.64
北部灌区	68351	3617466.50	1446.99	184.62	18.46

表 5.3-5　　2040 年 评价范围生活面源产生量估算情况　　单位：t

区域	人口(人)	生活污水	化学需氧量	氨氮	总磷
库区	105550	5586243.43	2234.50	285.09	28.51
东成片区	40826	2160692.07	864.28	110.27	11.03
中和片区	86963	4602508.94	1841.00	234.89	23.49
北部灌区	77807	4117931.28	1647.17	210.16	21.02

③生活污染源估算结果

考虑到污水处理厂是处理全镇范围的生活污水，故根据评价范围占各镇面积的百分比，按面积比例确定评价范围内的生活污染物削减量，水平年生活污染源最终排放情况见表 5.3-6 和 5.3-7。

表 5.3-6　　2020 年评价范围生活源最终排放统计情况　　单位：t

区域	人口（人）	生活污水	化学需氧量	氨氮	总磷
库区	97390	5154345.68	1582.224	205.526	20.1236
东成片区	35864	1898103.54	759.24	96.87	9.69
中和片区	76400	4043450.09	1617.38	206.36	20.64
北部灌区	68351	3617466.50	1446.99	184.62	18.46

表 5.3-7　　2040 年评价范围生活源最终排放统计情况　　单位：t

区域	人口(人)	生活污水	化学需氧量	氨氮	总磷
库区	105550	5586243.43	1470.52	202.95	8.74
东成片区	40826	2160692.07	619.23	84.24	4.59
中和片区	86963	4602508.94	1700.65	217.13	21.65
北部灌区	77807	4117931.28	882.79	127.73	1.31

（3）农业污染源

①畜禽养殖

报告根据现状养殖污染源的排放情况，基于畜禽饲养量与污染物产生量之间存在的对应关系，利用评价范围内饲养量的变化预测水平年养殖污染源的排放情况。根据儋州市畜牧业发展趋势分析，儋州市生猪年均增长 1.83%，家禽年均增长 5.65%。畜禽养殖污染源预测情况见表 5.3-8：

表 5.3-8　　各水平年养殖污染源估算表　　单位：t

分区	2020			2040		
	化学需氧量	氨氮	总磷	化学需氧量	氨氮	总磷
库区	919.20	171.10	56.17	1321.06	245.90	80.73
东成片区	523.46	94.66	33.93	752.31	136.04	48.76
中和片区	125.23	13.80	7.32	290.43	25.91	17.03

②农田灌溉污染

工程建成后，灌区设计灌溉面积为 11.42 万亩，其中黄沙支渠设计灌面 39670 亩。灌溉退水进入北门江流域的为 1030 万 m^3/a，进入北部琼州海峡的为 564 万 m^3/a。故设计水平年灌溉排水污染预测情况见表 5.3-9：

表 5.3-9　评价范围设计水平年灌溉排水污染预测情况　　单位：t

分区	化学需氧量	氨氮	总磷
东成片区	14.17	1.95	1.19
中和片区	28.33	3.89	2.38
北部灌区	28.30	3.89	2.38

（4）径流面源预测

①污染负荷预测

输出系数法是基于土地利用类型的不同估算径流产生的污染负荷，其假定输出系数稳定不变。因此，土地利用类型的变化将直接影响区域径流污染负荷。一般而言，地方国土局每年都会更新地区土地利用情况。报告忽略土地利用类型每年的微小变动，重点考虑天角潭水利枢纽工程建成后由于水库淹没而导致的库区土地利用变化。

根据项目可研，水库正常蓄水位为 58m，其淹没区的土地利用现状情况见表 5.3-10：

表 5.3-10　　水库淹没区土地利用现状　　单位：km^2

评价范围	城乡建设用地	园地	林地	旱地	水田
淹没区	0.23	7.28	3.88	0.62	0.95
/	12.96				

据此，则 2020 年工程建成蓄水后，评价范围土地利用情况及径流污染负荷见表 5.3-11 及 5.3-12。

表 5.3-11　　2020-2040 年评价范围土地利用情况　　单位：km^2

评价范围	城乡建设用地	园地	林地	旱地	水田	水域	小计
库区	23.12	99.01	8.39	13.85	11.45	16.43	172.25
东成片区	11.54	12.21	60.54	14.38	33.09	1.93	133.68
中和片区	9.43	0.46	31.26	8.56	33.62	1.47	84.8
北部灌区	13.28	2.61	74.53	37.7	49.11	4.48	181.7
合计							572.44

表 5.3-12　　评价范围 2020、2040 年预测径流污染负荷　　单位：t/a

	化学需氧量	氨氮	总磷
库区	249.16	26.61	32.61
东成片区	196.13	21.13	64.06
中和片区	132.07	13.22	62.82
北部灌区	272.97	28.79	94.43

②径流量估算

评价范围内径流产生量的用以下公式估算：

$$Q_m = C \times Q \times A \times 10^{-3}$$

式中：Q_m—降水产生的地表径流量，m^3/a

C—区域径流系数

Q—集水区多年平均降雨量，mm

A—集水区地表面积，m^2

根据儋州市统计年鉴，北门江流域多年平均降水量为 1560mm，径流系数为 0.41。评价范围内各分区的面积分比为：库区 172.2km^2、东成片区 133.6 km^2、中和片区 85.9 km^2、北部灌区 181.8 km^2。

通过地表径流量估算公式计算，可得区域地表年径流量，见表 5.3-13：

表 5.3-13　　评价范围地表径流量　　单位：m^3/a

涉及镇	库区	东成片区	中和片区	北部灌区
径流量	110110565.7	85458368.88	54916591.35	116259813.1

（5）污染源

设计水平年 2020、2040 年污染源预测排放情况见表 5.3-14、5.3-15。

表 5.3-14　　评价范围 2020 年污染源预测排放情况

区域		种类	排水量(m^3/a)	化学需氧量(t/a)	氨氮(t/a)	总磷(t/a)
北门江流域	库区	工业	246694.21	261.17	29.44	3.67
		生活	5154345.68	1582.224	205.526	20.1236
		养殖	-	919.2	171.1	56.17
		灌溉	-	-	-	-
		径流	110110565.7	249.16	26.61	32.61
		小计	115511605.6	3011.754	432.676	112.5736
	东成片区	工业	131234.51	138.03	6.65	0
		生活	1898103.54	759.24	96.87	9.69
		养殖	-	523.46	94.66	33.93
		灌溉	34333333.33	14.17	1.95	1.19
		径流	85458368.88	196.13	21.13	64.06
		小计	121821040.3	1631.03	221.26	108.87
	中和片区	工业	-	-	-	-
		生活	4043450.09	1617.38	206.36	20.64
		养殖	-	125.23	13.8	7.32
		灌溉	68666666.67	28.33	3.89	2.38
		径流	54916591.35	132.07	13.22	62.82
		小计	127626708.1	1903.01	237.27	93.16
外流域	北部灌区	工业	-	-	-	-
		生活	3617466.5	1446.99	184.62	18.46
		养殖	-	-	-	-
		灌溉	5640000	28.3	3.89	2.38
		径流	116259813.1	272.97	28.79	94.43
		小计	125517279.6	1748.26	217.3	115.27

表 5.3-17　　评价范围 2040 年污染源预测排放情况

区域		种类	排水量(m3/a)	化学需氧量(t/a)	氨氮(t/a)	总磷(t/a)
北门江流域	库区	工业	953795.28	1009.75	113.83	14.18
		生活	5586243.43	1470.52	202.95	8.74
		养殖	-	1321.06	245.9	80.73
		灌溉	-	-	-	-
		径流	110110565.7	249.16	26.61	32.61
		小计	116650604.4	4050.49	589.29	136.26
	东成片区	工业	507392.74	533.65	25.71	0
		生活	2160692.07	619.23	84.24	4.59
		养殖	-	752.31	136.04	48.76
		灌溉	34333333.33	14.17	1.95	1.19

区域		种类	排水量(m3/a)	化学需氧量(t/a)	氨氮(t/a)	总磷(t/a)
		径流	85458368.88	196.13	21.13	64.06
		小计	122459787	2115.49	269.07	118.6
	中和片区	工业	-	-	-	-
		生活	4602508.94	1700.65	217.13	21.65
		养殖	-	290.43	25.91	17.03
		灌溉	68666666.67	28.33	3.89	2.38
		径流	54916591.35	132.07	13.22	62.82
		小计	128185767	2151.48	260.15	103.88
外流域	北部灌区	工业	-	-	-	-
		生活	4117931.28	882.79	127.73	1.31
		养殖	-	-	-	-
		灌溉	5640000	28.3	3.89	2.38
		径流	116259813.1	272.97	28.79	94.43
		小计	126017744.4	1184.06	160.41	98.12

5.3.1.2 对调水区北门江水质影响预测

（1）库区污染源情况

根据污染源现状统计及预测结果，确定库区集水范围内包括工业污染源、生活污染源、农业污染源以及径流污染源总污染物及排水量情况如下表：

表 5.3-18　　库区污染源输入情况

年份	项目	数值	单位
2020 年	COD	20.97	mg/L
	氨氮	1.81	mg/L
	TP	0.34	mg/L
	排水量	115511606	m^3
2040 年	COD	23.63	mg/L
	氨氮	2.22	mg/L
	TP	0.4	mg/L
	排水量	116650604	m^3

（2）库区水质影响分析

① 预测模型

考虑到水库属于大（二）型水库，正常蓄水值 58m 时对应库容超过 1.6 亿 m^3，库区水质预测模型拟采用水库箱式模型。

以年为时间尺度来研究水库水质变化，可以把水库看成一个完全混合反应器，其水质基本方程为：

$$V\frac{dc}{dt}=Q_{in}c_{in}-Q_{out}c_{out}+S□c+\gamma(c)V$$

式中，V——水库库容，m^3；

Q_{in}——入库流量，m^3/a；

C_{in}入库污染物浓度，mg/L；

Q_{out}——出库流量，m^3/a；

C_{out}——出库浓度，mg/L；

S——外部源或汇，m^3/a；

c——源或汇对应污染物浓度，mg/L；

$\gamma(c)$ ——污染物反应速率。

当反应为衰减反应，且反应符合一级反应动力学（$\gamma(c)$=-Kc），反应器处于稳态（$\frac{dc}{dt}$=0），基本方程可化简为：

$$c_{out}=\frac{Q_{in}c_{in}+S□c}{Q_{out}+KV}$$

②模型设置

A.水库库容

根据天角潭水库设计资料，水库正常蓄水位 58m 时，水库库容为 16278 万 m^3。

B.水质初始值

此次研究取现状水质侨值桥监测断面的常规监测数据作为水质初始值，具体如下表：

表 5.3-19　　库区背景水质情况　　单位：mg/L

	项目	监测值
背景浓度	COD	18.70
	氨氮	0.96
	TP	0.06

C.库区来水量和出水量

水库上游来水量取北门江干流多年平均流量 $262694880m^3$；水库出水量包括下泄流量和干渠引水量，其中下泄流量根据取设计数据 $0.9m^3/s$，干渠设计引水量为 11.3 m^3/s。

D.降解系数

水污染控制指标选为 COD、氨氮、TP，由于缺乏实测资料进行率定，因而

参考已有湖库的相关研究成果，确定库区 COD 降解系数取为 0.075/d，氨氮为 0.05/d，TP 为 0.018/d。

E.预测工况

考虑库区周边工业点源污染较少，主要以农业、生活面源为主，故本次库区水环境预测考虑丰水期水库蓄水至正产水位时的情况。

③预测结果

库区设计水平年水环境质量预测结果见表 5.3-20。

表 5.3-20　　不同水平年库区水质情况　　单位：mg/L

水平年	水期		污染物种类（mg/L)		
			COD	NH3	TP
2020 年	枯水年	枯水月	3.526	0.161	0.031
		丰水月	3.627	0.117	0.013
		平水月	3.550	0.066	0.023
	平水年	枯水月	3.546	0.162	0.031
		丰水月	3.601	0.116	0.013
		平水月	3.550	0.066	0.023
2040 年	枯水年	枯水月	3.546	0.162	0.029
		丰水月	3.623	0.117	0.013
		平水月	3.550	0.066	0.023
	平水年	枯水月	3.546	0.162	0.031
		丰水月	3.620	0.116	0.012
		平水月	3.550	0.066	0.023

根据《地表水环境质量标准》（GB3838-2002），Ⅲ类水水质标准 COD、氨氮、湖库总磷限值分别为 20mg/L、1.0mg/L、0.05mg/L，2020 水平年内坝址附近 COD、氨氮、总磷浓度分别为 3.562~3.601mg/L、0.066~0.162mg/L、0.013~0.031mg/L，2040 水平年内坝址附近 COD、氨氮、总磷浓度分别为 3.546~3.623mg/L、0.066~0.162mg/L、0.012~0.031mg/L。在 2020、2040 水平年各水期内坝址附近水质均能达到地表水Ⅲ类水水质标准。

（3）水库富营养化预测及分析

①预测模型

水库富营养化影响预测采用《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T88-2003）推荐的迪隆（Dillon）模型，迪隆模型考虑了磷负荷、滞留系数、水力冲刷率及平均水深等因素对水库水体中总磷浓度的影响，模型中的各个参数可以根据以上章节内容确定。迪隆模型计算公式为：

$$C = \frac{L(1-R)}{\rho \bullet H}$$

式中：C—水库中氮或磷的年平均浓度，mg/L；

L—水库单位面积年磷负荷量，g/（m2•a）；

R—水库氮或磷滞留系数，1/a；

ρ—水力冲刷系数，1/a；

H—水库平均水深，根据水库设计的每月水面高程计算水库的库容和水库面积，计算出水库平均水深，m。

②参数确定

磷负荷参数（L）的确定

根据工程水质监测资料，结合污染源调查结果，按年平均入库水量、总磷输入量以及水库表面积，计算出水库的年总磷负荷量。

水力冲刷系数的确定

水力冲刷系数采用以下公式进行计算：$\rho = \frac{Q_{入}}{V}$

式中：ρ—水力冲刷系数，1/a；

Q 入—入库水量，m³/a；

V—水库容积，m³。

滞留系数的确定

滞留系数 R=1-W 出/W 入，其中 W 出、W 入分别为出、入湖（库）的年磷量，单位 kg/a。

具体参数见下表：

表 5.3-21　　富营养化预测模型参数

项目	数值		单位
水面面积	12600000		m^2
水库库容	162780000		m^3
平均水深	12.92		m
入库总流量	2020 年	377816537.5	m^3/a
	2040 年	379345484.4	m^3/a
年出水量	2020 年	384739200	m^3/a
	2040 年	384739200	m3/a
磷负荷总量	2020 年	128335292.8	g/a
	2040 年	152021692.8	g/a

③评价标准

水库富营养化评价标准如下表：

表 5.3-22　　湖泊、水库富营养化评分与分类标准

营养状态分级 EI=营养状态指数		评价项目赋分值 En	TP （mg/L）
贫营养 0≤EI≤30		10	0.001
		20	0.004
中营养 30≤EI≤50		30	0.010
		40	0.025
		50	0.050
富营养	轻度富营养 50≤EI≤60	60	0.10
	中度富营养 60≤EI≤70	70	0.20
		80	0.60
	重度富营养 EI＞70	90	0.90
		100	1.30

④预测结果

根据预测结果，建库后，设计水平年污染源水平下，水库的总磷浓度分别为0.089mg/L、0.101mg/L 和 0.106 mg/L，按照湖泊、水库富营养化评分与分类标准，2020 年水库处于轻度富营养，而 2040 年水库已经处于中度富营养。

建库后库区总体水质较容易发生富营养化，须严格控制水库流域内磷的排入量，加强水库上游面源污染控制以及水质监测，以及时采取应对措施，减轻甚至消除水库的富营养化。

（4）库区垃圾填埋场及拟建焚烧发电厂对水库水质影响

2016 年 5 月，海南省水务厅、生态环境保护厅以《关于解决儋州市垃圾填埋场和垃圾焚烧发电厂对天角潭水库影响的请示》（琼水规计[2016]182 号）向海南省政府发文，提出建议重新选址建设垃圾焚烧发电厂、搬迁垃圾填埋场。

根据海南省人民政府办公厅对海南省水务厅、省生态环境保护厅的复函意见：“为确保天角潭水利枢纽工程建成后的供水安全，同意搬迁已建的儋州生活垃圾填埋场，并对垃圾焚烧发电厂重新选址，责任主体为儋州市政府”。同意将儋州市生活垃圾填埋场搬迁，焚烧发电厂择址重建，复函意见见附件 5。

因此，垃圾填埋场搬迁后，将不会有垃圾渗滤液污染水库水质风险。但搬迁后填埋区域的土壤及地下水是否有受到污染，应首先进行进一步监测，否则土壤/地下水中污染物渗入水库，也将对水库水质产生一定风险。

5.3.1.3 对坝下河水质影响分析

天角潭水库下游的北门江，河流迂回弯曲，河宽约 63m~200m，感潮河段范围从河口上溯至萍塘村河段，长度约为 8km。考虑到北门江下游存在感潮河段，以及数值模型预测的精度和稳定性，本次模拟采用 MIKE 11 模型进行数值模拟。模拟范围为天角潭水陂下游 150m 至北门江河口断面之间的河道范围。

根据水文实测资料及北门江流域实际情况，本次预测选择水动力条件不利的枯水期（1 月）作为预测时段。

（1）水动力模型

①水动力模型的控制方程

Mike11 AD 模块使用一维对流扩散方程计算污染物浓度变化，方程为：

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t}+\frac{\partial(QC)}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}(AE_x\frac{\partial c}{\partial x})-KAC+\frac{A}{h}S_r+S$$

式中，t 为时间坐标，x 为空间坐标，Q 为断面流量，A 为过流断面面积，C 为污染物质的断面平均浓度，Q 为流量，h 为水深，E_x 为纵向分散系数，S 为单位时间内、单位河长上的污染物质排放量，K 为污染物降解系数，S_r 为河床底泥释放污染物的速率。

②计算参数

计算区域

包含北门江坝址以下河段，上游控制边界为原天角潭水陂下游 150m 原临时水文站处，而下游控制边界则为北门江入海河口断面，见图 5.3-1。

河底地形：地形数据采用 2016 年 1 月，针对天角潭下游河道河底高程和水涯线的实际测绘资料，具体见表 5.3-22。

时间步长：受特征水深的限制，设定计算时间步长为 30s，模拟时间为 2016-1-1/ 0:00:00 到 2016-1-31 /23:00:00。

参数率定：该模块是此次研究的核心模块，为了方便研究，此次模拟不考虑柯氏力，风力，蒸发、降雨量等因素，并且一些水动力参数以默认值进行模拟。本次模拟以调整该模块中的曼宁数进行参数率定的操作。在本次参数率定中，取曼宁数为 32m1/3/s。

边界控制条件：现状验证的上边界采用 2016 年 1 月临时水文站实测水位数据；水平年预测的上边界使用天角潭水库枯水期下泄流量，下边界均使用东方、秀英两潮位站 2016 年 1 月潮位资料的平均值，作为河口处的潮位数据。



图 5.3-1 北门江河段计算范围示意图

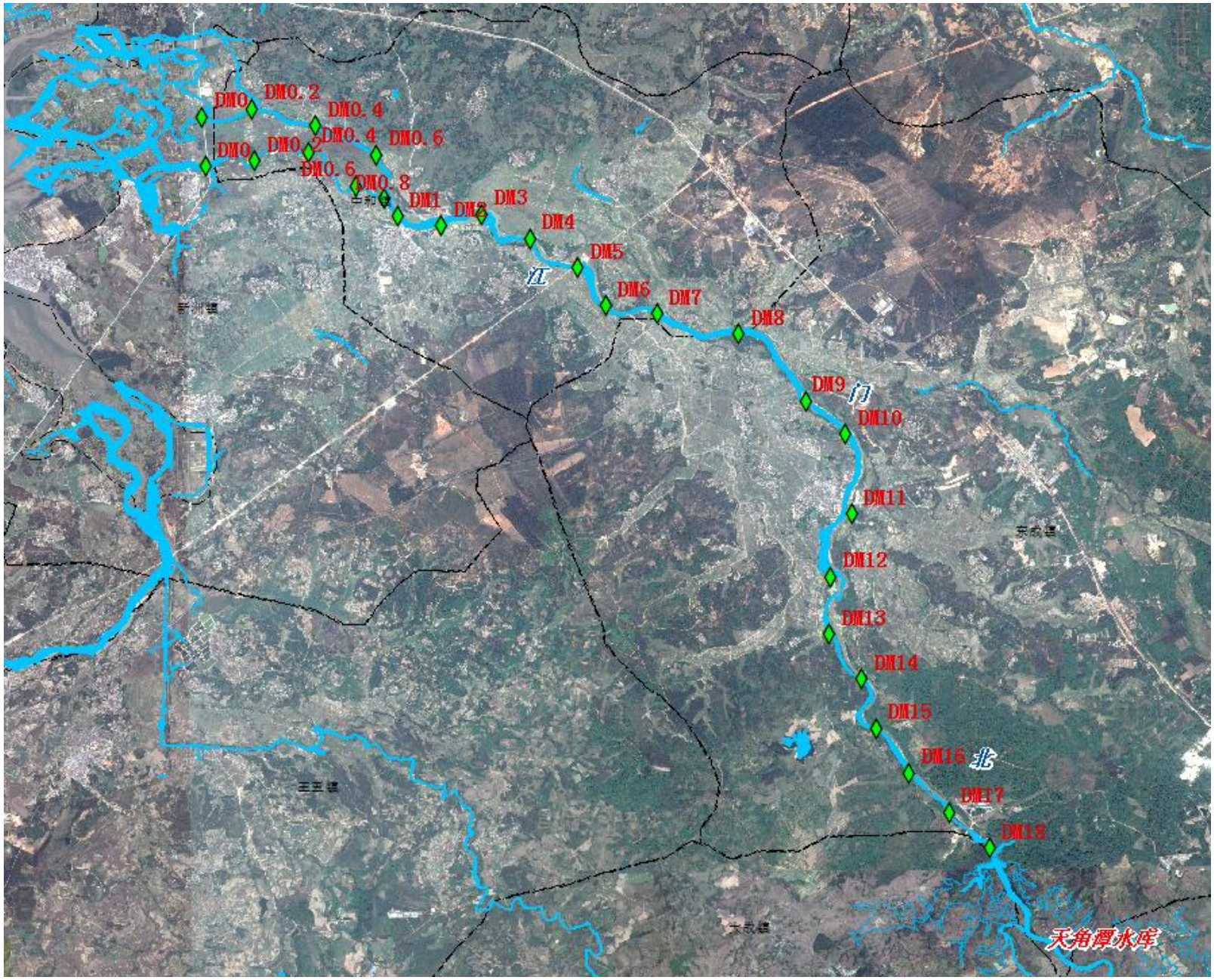


图 5.3-2 测绘断面位置示意图

表 5.3-22　　北门江天角潭下游河段河道纵坡 （85 高程）

断面	里程（m）	河底（m）	测时水位（m）
DM0	0	1.1	1.3
DM0.2	1230	0.9	1.4
DM0.4	2310	-1	1.4
DM0.6	3610	-0.5	1.5
DM0.8	4180	0.8	1.5
DM1	4560	0.3	1.6
DM2	5420	-2.1	1.6
DM3	6250	-1.5	1.6
DM4	7440	0.7	1.7
DM5	8710	2.1	2.6
DM6	9830	2.2	2.1
DM7	10930	2	3.5
DM8	12490	4.7	5.95
DM9	14440	5.2	6.18
DM10	15360	5.7	6.71
DM11	17030	6	7.47
DM12	18330	8.4	9.1
DM13	19830	8.2	9.8
DM14	20630	8.8	9.8
DM15	21890	9.2	10.2
DM16	22930	11.8	12.5
DM17	23940	11.4	12.6
DM18	25060	13.2	14.15

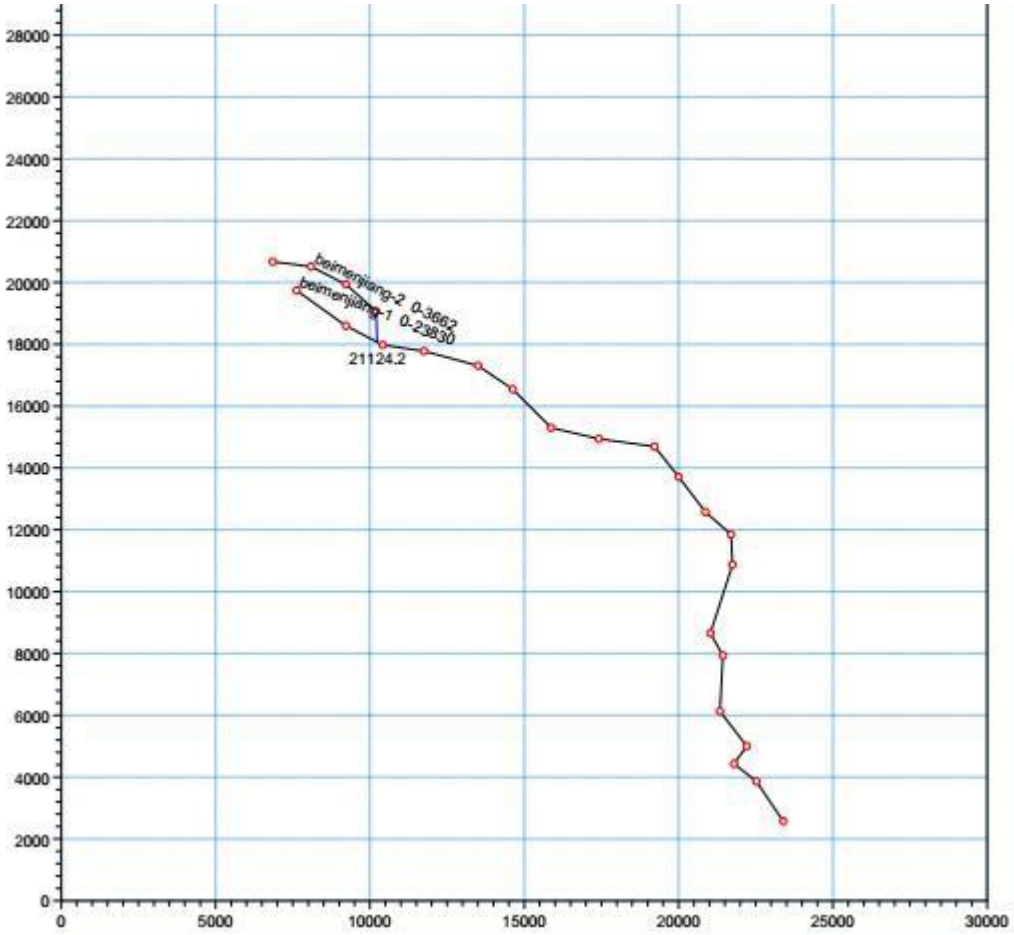


图 5.3-3　北门江下游河道概化图

③模型计算

感潮河段的验算位置为测绘断面 DM1（中和桥）、DM4（平塘村下游）。具体位置见下图。模型验证数据来自 2016 年 1 月 27 日的实测数据。模拟结果见表 5.3-23：

表 5.3-23　　感潮河段水位验证

时间	DM1		DM4	
	模拟水位（m）	实测水位(m)	模拟水位（m）	实测水位(m)
8:00:00	1.929	1.87	1.982	1.87
10:00:00	1.893	1.96	1.951	1.96
11:00:00	1.872	1.87	1.932	1.87

模拟结果水位误差均在 0.1m 以内，预测精度达到《内河航道与港口水流泥沙模拟技术规程》（JTJ/T 232-98）的相关要求，模型能较好反应北门江感潮河段水动力情况。

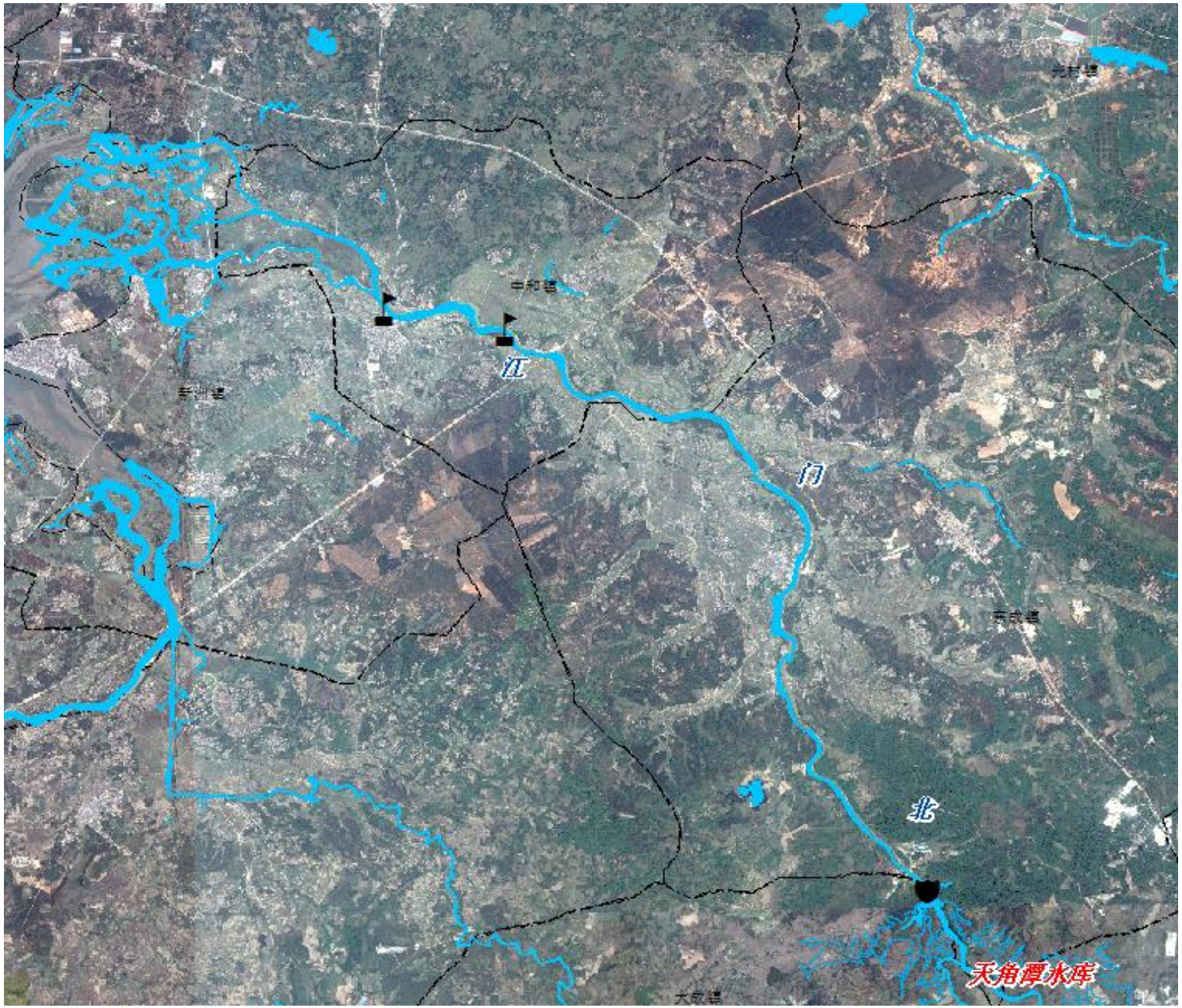


图 5.3-4 北门江河段模型验证点位示意图

（2）水质模型

①水质模型控制方程

Mike11 AD 模块使用一维对流扩散方程计算污染物浓度变化，方程为：

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t}+\frac{\partial(QC)}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}(AE_x\frac{\partial c}{\partial x})-KAC+\frac{A}{h}S_r+S$$

式中，t 为时间坐标，x 为空间坐标，Q 为断面流量，A 为过流断面面积，C 为污染物质的断面平均浓度，Q 为流量，h 为水深，Ex 为纵向分散系数，S 为单位时间内、单位河长上的污染物质排放量，K 为污染物降解系数，Sr 为河床底泥释放污染物的速率。

②水质模型主要参数

水质计算指标：选取 COD、氨氮和总磷作为水质预测因子。

水质背景和边界浓度：模型污染物初始浓度均为 0。对于开边界浓度，根据库区水质预测成果，模型上边界选用不同水平年 1 月水库下泄来水的污染物浓度，模型下边界浓度设置为 0。

计算时间步长：根据特征流速及降解系数，时间步长设为 30s，模拟时间为 2016-1-1 0:00:00 到 2016-1-31 23:00:00。

综合降解系数：根据海南省水利水电勘测设计研究院《海南省北门江天角潭水利枢纽工程水资源论证报告》等研究成果，本文对 COD 衰减系数的取值为 0.18/d，氨氮取 0.23/d，总磷取 0.1/d。

污染源排放设定：概化排污口按污染源强全天恒定排放，中和片区的概化排污口位于 DM3 断面，东成片区的概化排污口位于 DM11 断面，具体见图 5.3-5，概化排污口源强来自污染源计算章节成果。

控制断面设定：结合行政区划及地表水常规监测断面的设置，控制断面分别设置在 DM1（中和桥）断面和 DM 8（东成镇与中和镇交界断面），以及北门江入海口，具体见图 5.3-5。

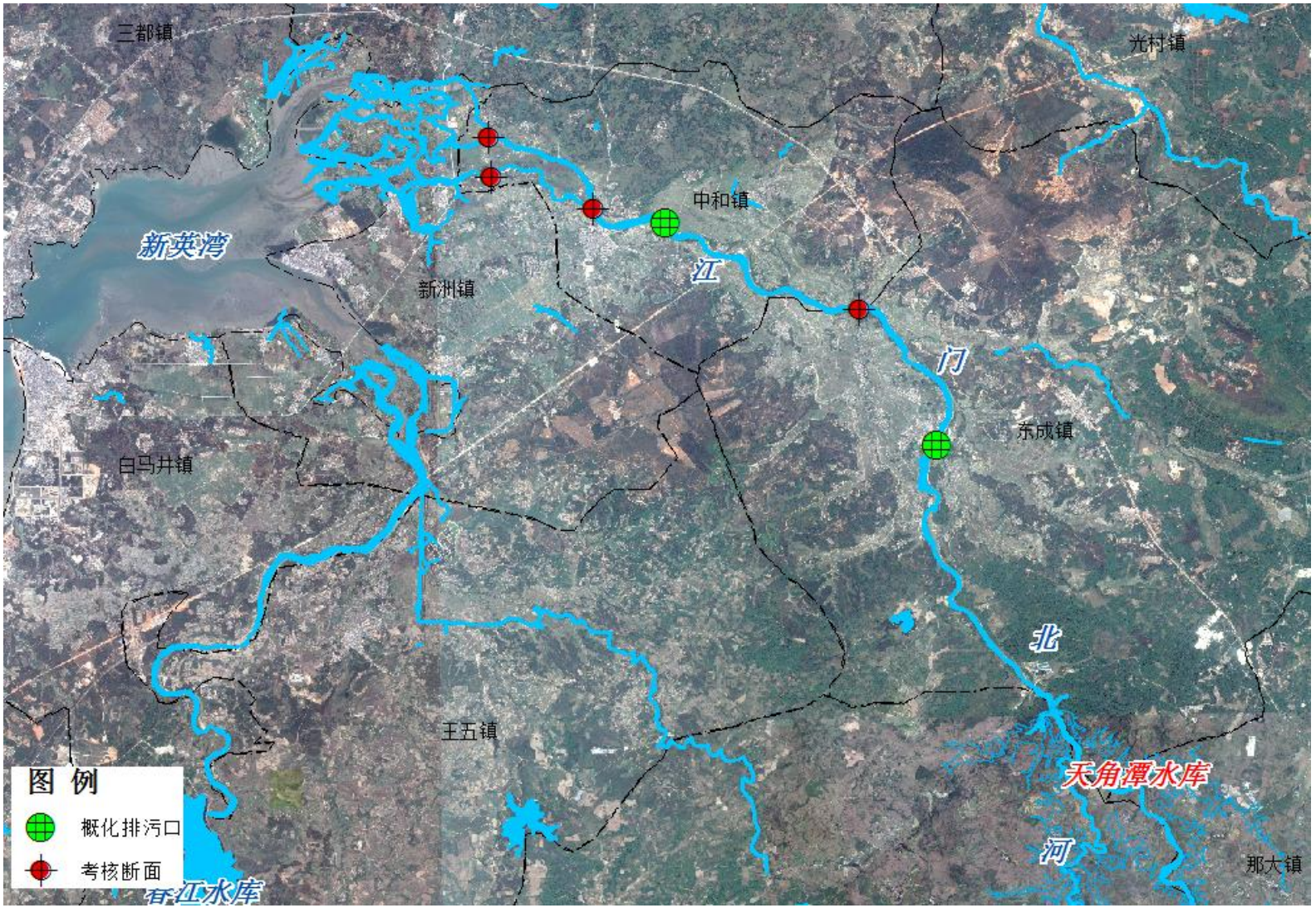


图 5.3-5　模型断面设置示意图

（3）水环境预测与评价

①水动力预测与分析

天角潭水利枢纽工程建成后，北门江下游的流量将减少，海水将会上溯。目前，感潮断面的分界线在 DM4 与 DM5 断面中间的萍塘村河段。根据水动力模型预测结果，在水库下泄流量为 0.9m^3/s 条件下，感潮分界断面会上溯至 DM5 断面，上溯距离约 700m。

②水质预测与分析

不同水平年各预测断面水质模拟结果见表 5.3-24。不同水平年各预测断面水质模拟结果见表 6.3-4。根据《北门江流域水质功能区划》，中和桥断面执行地表水Ⅲ类标准。中和桥断面总磷浓度除 2020、2040 年的平水年丰水月能够满足Ⅲ类水标准外，其余各水平年、各水期总磷均达不到Ⅲ类水标准；2020 水平年，在枯水期、枯水月代表的水文条件下，中和桥断面氨氮浓度略微超过Ⅲ类水标准，其余水平年及水文条件氨氮浓度均满足Ⅲ类水标准；中和桥断面 COD 浓度在各水平年、各水文条件下均能满足Ⅲ类水标准。在 2020、2040 水平年内，由于平水年、丰水月代表的下泄流量最大，此水文条件下 COD、氨氮、总磷浓度最小；枯水年平水月及枯水月、平水年枯水月代表的下泄流量最小，此水文条件下水文条件下 COD、氨氮、总磷浓度均较大。总体来说，2040 年中和桥断面水质情况要优于 2020 年水质情况。

中和桥断面 COD 在各水期、各水平年内污染指数均小于 1，氨氮在 2020 年枯水年枯水月条件下污染指数达到 1.03，其余水平年和水期污染指数均小于 1；中和桥断面总磷污染指数除 2020 年、2040 年平水年丰水月小于 1，其余条件下占标率在 1.0-1.3 之间。其中，2020 年（平水年平水月）条件下总磷污染指数最大，达到 1.3，为 2020 水平年的最大值；2040 年相同时期总磷污染指数达到 1.2，为 2040 年总磷占标率的最大值。

表 5.3-24　　各水平年北门江水质预测情况　　单位：mg/L

水平年	水期		污染物浓度（mg/L)	预测断面	地表水质量标准	污染指数
				中和桥	三类水	
2020	枯水年	枯水月	COD	7.83	20	0.39
			NH3	1.03	1	1.03
			TP	0.24	0.2	1.20
		丰水月	COD	4.41	20	0.22
			NH3	0.46	1	0.46
			TP	0.21	0.2	1.05
		平水月	COD	6.21	20	0.31
			NH3	0.78	1	0.78
			TP	0.26	0.2	1.30
	平水年	枯水月	COD	7.84	20	0.39
			NH3	1.03	1	1.03
			TP	0.24	0.2	1.20
		丰水月	COD	3.96	20	0.20
			NH3	0.31	1	0.31
			TP	0.12	0.2	0.60
		平水月	COD	6.21	20	0.31
			NH3	0.78	1	0.78
			TP	0.26	0.2	1.30
2040	枯水年	枯水月	COD	6.47	20	0.32
			NH3	0.87	1	0.87
			TP	0.21	0.2	1.05
		丰水月	COD	3.83	20	0.19
			NH3	0.39	1	0.39
			TP	0.2	0.2	1.00
		平水月	COD	5.13	20	0.26
			NH3	0.65	1	0.65
			TP	0.24	0.2	1.20
	平水年	枯水月	COD	6.54	20	0.33
			NH3	0.88	1	0.88
			TP	0.22	0.2	1.10
		丰水月	COD	3.62	20	0.18
			NH3	0.27	1	0.27
			TP	0.12	0.2	0.60
		平水月	COD	5.13	20	0.26
			NH3	0.65	1	0.65
			TP	0.24	0.2	1.20

5.3.1.4 对新英湾水环境预测与评价

新英湾位于北门江入海口，北门江流域污染源基本全部汇入新英湾。考虑新英湾为封闭型海湾，与外海的水体交换较少，容易受到如海水质的影响，对天角潭建库后新英湾水质进行预测分析。

新英湾具有海底地形复杂、岸线弯曲不规则、潮差较大，滩涂面积大且分布不均匀等特点，为此，在水动力学模式中必须充分体现海水对滩涂的“淹”和“露”的过程，以便更好地模拟潮汐潮流运动、污染物输运过程。考虑到模型的稳定性，拟选用 DHI Mike21 矩形网格模式进行新英湾水动力、水质模拟。本次新英湾水环境预测仅考虑北门江单一污染源变化对海湾内水环境的影响。

（1）计算区域

新英湾计算区域划定为：南起 19°42′30″N，北至 29°46′30″°N；西起 109°12′30″E，东至 109°17′00″E 所围成的海域。计算区域长 10km，宽 8km，网格宽度为 100m，共设置 100*80=80000 个网格，数值计算方法采用有限差分法。模拟网格见图 5.3-6：

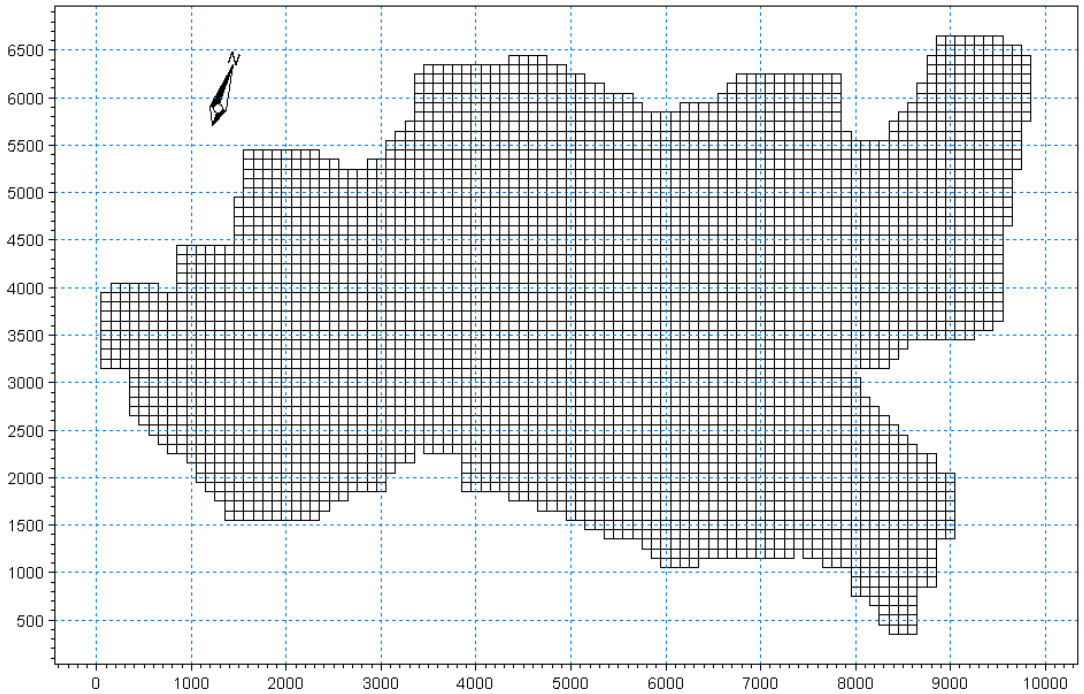


图 5.3-6 数值计算模拟网格

（2）水动力数值模拟

①二维水动力模型控制方程组

对于水平尺度远大于垂直尺度的情况，由于水深、流速等水力参数沿垂直方向的变化比沿水平方向的变化要小的多，因此，将三维流动的控制方程沿水深积分，

并取水深平均，可得到沿水深平均的二维浅水流动质量和动量守恒控制方程组。其连续性方程、X 和 Y 方向动量方程，可分别表示为：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial y}=\frac{\partial h}{\partial t} \tag{1}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\frac{p^2}{H})+\frac{\partial}{\partial y}(\frac{pq}{H})+gH\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2H^2}-\frac{1}{\rho}\left[(\frac{\partial}{\partial x}(H\tau_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(H\tau_{xy})\right]-fq-f_w|W|W_x=0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}(\frac{q^2}{H})+\frac{\partial}{\partial x}(\frac{pq}{H})+gH\frac{\partial \zeta}{\partial y}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2H^2}-\frac{1}{\rho}\left[(\frac{\partial}{\partial y}(H\tau_{yy})+\frac{\partial}{\partial x}(H\tau_{xy})\right]-fq-f_w|W|W_y=0 \tag{3}$$

式中：H —水深，$H=h+\zeta$ ，其中h 、ζ 分别表示水位和水深；

p 、q —表示x 、y 方向上的流通通量；

C —谢才系数；

g —重力加速度；

f —科式力系数；

ρ —水密度；

W 、W_x 、W_y —风速与x 、y 方向上的分量；

f_w —风阻力系数；

τ_{xx} 、τ_{xy} 、τ_{yy} —有效剪切力分量。

②控制方程的数值离散

采用隐式交替方向(ADI)技术对潮流模型质量和动量方程进行离散，所得的矩阵方程用追赶法求解，各微分项和重要的系数均采用中心差分格式，防止了离散过程中可能发生的质量和动量失真和能量真，Taylor 级数展开的截断误差达到二阶至三阶精度。

③水动力模型主要参数

A.水深地形：

近岸海区取自中国人民解放军海军司令部航海保证部的海图（洋浦港 16561，1：25000），模式水深地形见图 5.3-7。模拟计算选取有实测海流资料验证时段，即 2005 年 10 月潮流观测期间，为反映连续大小潮动力，模拟时段长度为 15 天。

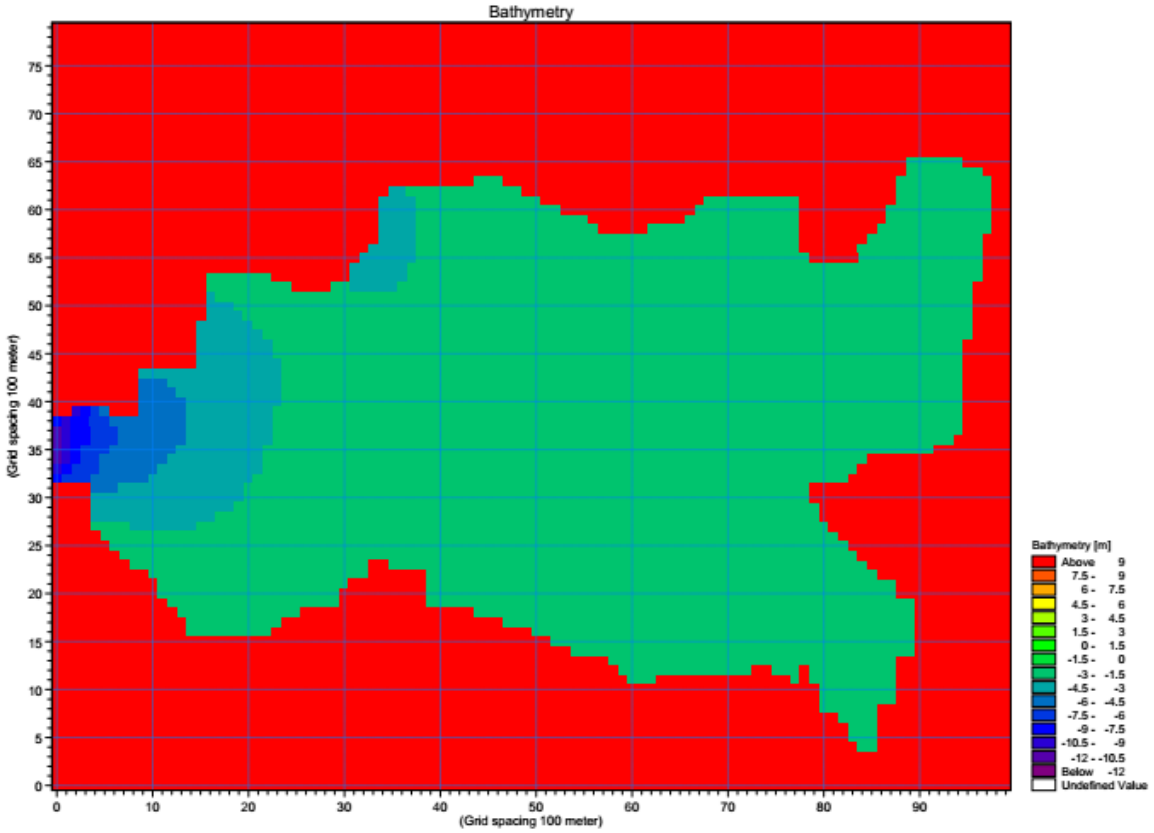


图 5.3-7　新英湾地形图

B.水动力边界条件：

模型开边界设置在洋浦大桥新英湾湾口附近，潮位资料取自洋浦港 2005 年 10 月的潮位记录数据。

C.参数率定：

水动力模型的主要参数有曼宁数，涡粘系数。本次模拟，曼宁数为 29 m1/3/s。涡黏性系数由 Smagorinsky 方程计算得出，Smagorinsky 系数选为 0.45。本次模拟不考虑波浪、风力、蒸发、降雨等影响。

D.模拟时段及步长：

根据特征流速及降解系数，时间步长设为 30s，模拟时间为 2005 年 10 月 8 日至 10 月 22 日。

④水动力模型成果

新英湾涨、落急流场分别见图 5.3-8、5.3-9。

模拟结果显示：新英湾海域潮流运动形式主要为往复型，大潮涨急时刻流向

为东北方向，落急时刻外海流向以西南方向为主。新英湾窄口处流速最大，涨潮时最大流速接近 1.0m/s，退潮时最大流速接近 0.8m/s。

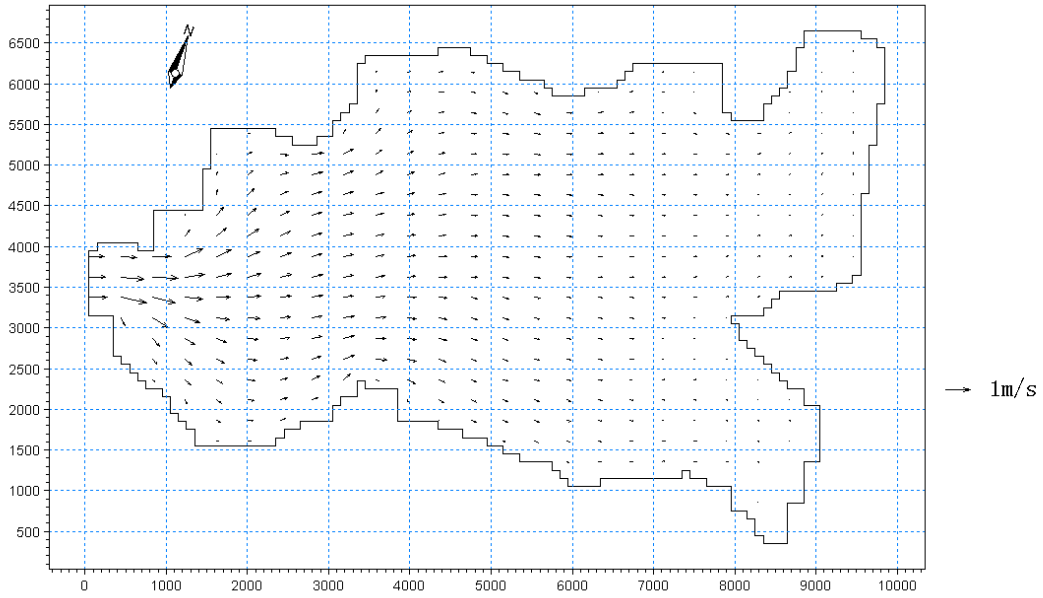


图 5.3-8　涨急流场

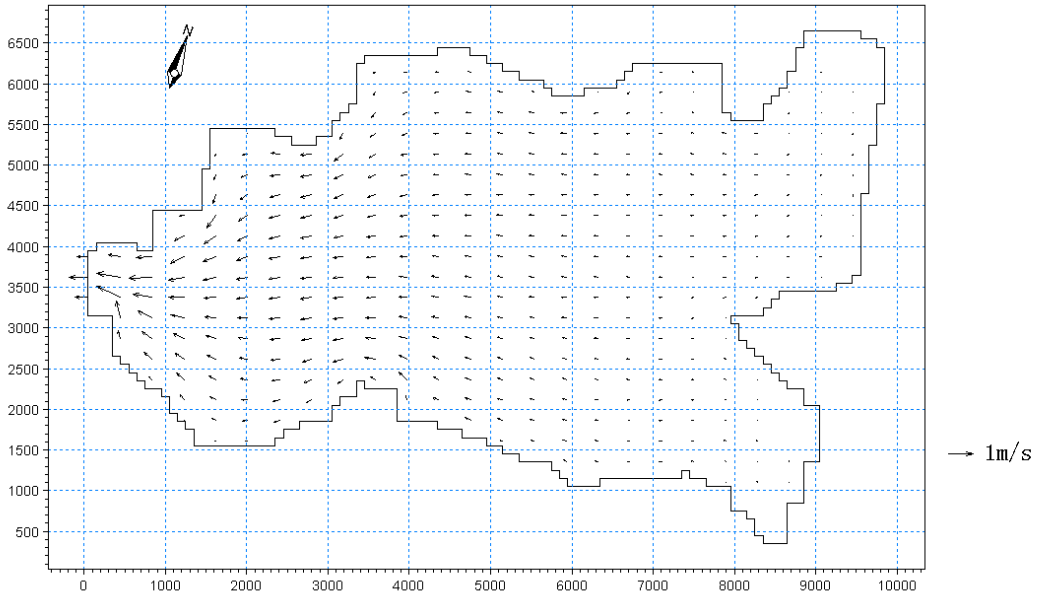


图 5.3-9 落急流场

（3）水质模拟

①水质模块二维扩散方程

$$\frac{\partial(hc)}{\partial t}+\frac{\partial(uhc)}{\partial x}+\frac{\partial(vhc)}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}(E_x h\frac{\partial c}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(E_y h\frac{\partial c}{\partial y})+S+F(c)$$

式中：c—污染物浓度（mg/L）；

u、v—沿 x、y 方向的流速分量；

E_x、E_y—x、y 方向上的扩散系数(m/s^2)；

S—源项（$g/m^2/s$）；

F（c）—衰减项。

②水质模型主要参数

水质计算指标：选取 COD_{Mn}、DIN 和活性磷酸盐作为水质预测因子。

水深地形：与水动力模拟相同。

水质初始浓度和边界浓度：模型污染物初始浓度设置为 0，开边界浓度选用洋浦港海水水质监测资料。

模拟时段及步长：根据特征流速及降解系数，时间步长设为 30s，模拟时间为 2005 年 10 月 8 日至 10 月 22 日。

综合降解系数：根据海南省环境科学研究院《洋浦经济开发区总体规划（2011-2030）环境影响报告书》等研究成果，本文对 COD_{Mn} 衰减系数的取值为 0.10/d，DIN 取 0.01/d，活性磷酸盐取 0.06/d。

污染源排放设定：概化的陆地入海污染源按污染源强全天恒定排放，位置见图 5.3-10。污染源强采用北门江下游水质预测章节的成果，统计北门江入海口的污染物浓度及流量。由于陆源污染物使用 CODcr、氨氮、总磷数据，与海水水质评价标准中的项目不一致，结合其他研究成果，本次预测选用如下转换系数：COD_{Cr}：COD_{Mn}=2.7:1，氨氮：DIN=0.55:1，活性磷酸盐：总磷=0.25:1。

控制点设置：报告结合近岸海域常规监测点位分布及湾内水环境功能区划，共设置两个控制点位，分别为新英湾养殖区以及新英湾湾口附近，具体见图 5.3-10。

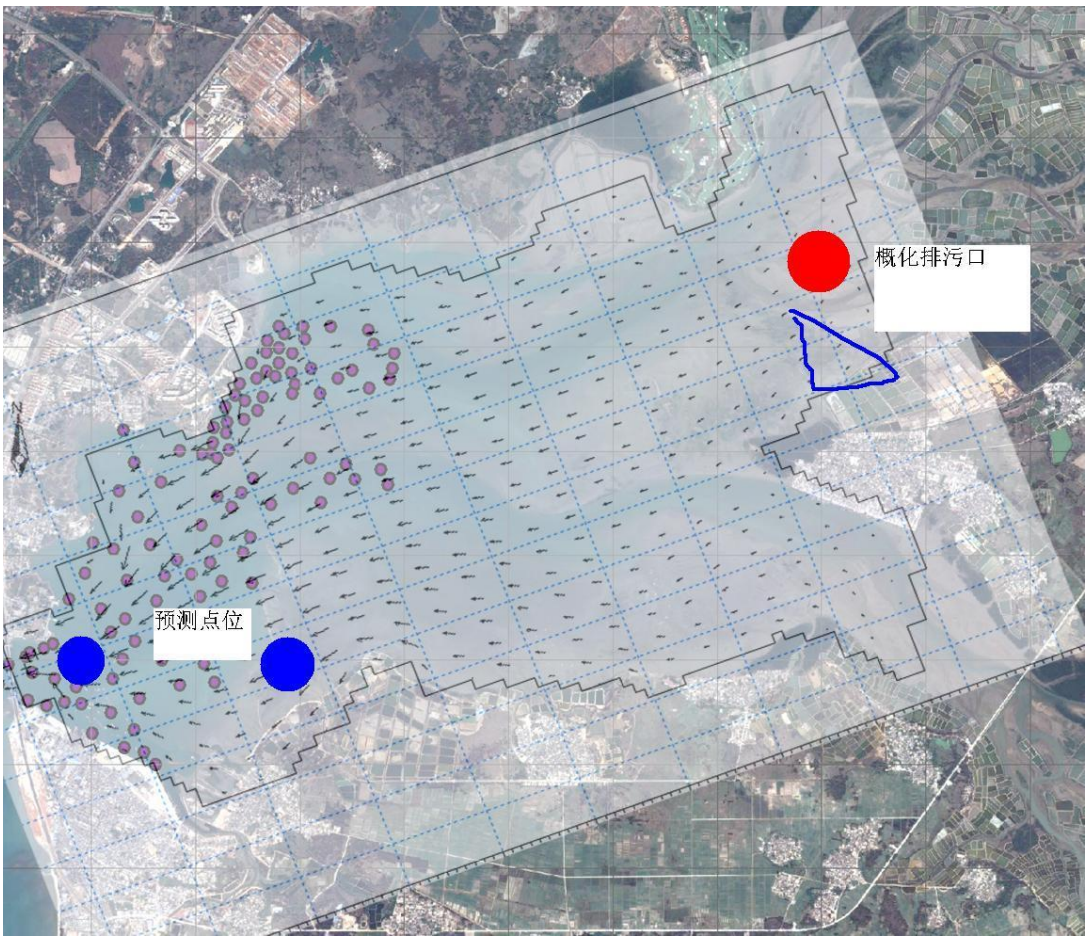


图 5.3-10 新英湾控制点位位置示意图

（4）水环境预测与评价

①控制点位水环境评价

各水平年预测点位水质模拟结果见表 5.3-25。

各水平年预测点位水质模拟结果见表？。模拟结果表明，两预测站点（新英湾湾口就、新英湾养殖区）各水平年污染物浓度变化幅度不大，基本维持在同一水平。2040 年，新英湾湾口 COD_{Mn} 、DIN 浓度于 2020 年相比略微降，活性磷酸盐基本与 2020 年持平；新英湾养殖区 COD_{Mn}、比 2020 年略有下降，DIN、活性磷酸盐浓度基本维持不变。在各规划水平年内，新英湾养殖区海水水质均优于新英湾湾口区域海水水质。

按照《海南省海洋环境功能规划》，新英湾湾口海域海水质量要求达到三类，新英湾养殖区海域海水质量标准要求达到二类。预测结果表明，在各规划水平年内，两预测站点海水水质能够达到相应质量标准。

表 5.3-25　　各水平年预预测结果　　单位：mg/L

预测点位	污染物（mg/L）	年份	结果	Ⅱ类海水水质标准	Ⅲ类海水水质标准
湾口	COD_{Mn}	2020	1.673034	3	4
		2040	1.673031		
	DIN	2020	0.059429	0.3	0.4
		2040	0.059421		
	活性磷酸盐	2020	0.024568	0.03	0.045
		2040	0.024568		
新英湾养殖区	COD_{Mn}	2020	1.550752	3	4
		2040	1.550751		
	DIN	2020	0.058304	0.3	0.4
		2040	0.058304		
	活性磷酸盐	2020	0.024184	0.03	0.045
		2040	0.024184		

②2040 年污染物浓度分布

至 2040 年，新英湾大、小潮期间 COD_{Mn}、DIN 和活性磷酸盐浓度分布见图 5.3-11~图 5.3-13。在大潮退潮期间，污染物扩散范围达到最大，影响区域除北门江河口湾外，还延伸至新英湾北岸，COD_{Mn}、DIN 和活性磷酸盐浓度范围分别为 1.1~2.3mg/L、0.16~0.96mg/L、0.032~0.068mg/L。在大潮涨潮期间，污染物扩散范围最小，基本分布在河口湾沿岸，COD_{Mn}、DIN、活性磷酸盐浓度较高，浓度分别 1.12~2.08mg/L、0.16~0.96mg/L、0.04~0.064mg/L。在小潮期间，污染物扩散范围较大潮时小，范围基本在北门江河口湾及近海域范围内。在小潮退潮期间，污染物扩散至河口湾相邻海域，COD_{Mn}、DIN、活性磷酸盐浓度范围分别为 0.75~2.1mg/L、0.16~0.96mg/L、0.032~0.064mg/L；小潮涨潮期间，污染物基本沿河口湾两岸分布，COD_{Mn}、DIN、活性磷酸盐浓度范围分别为 0.8~2.1mg/L、0.16~0.96mg/L、0.024~0.064mg/L。

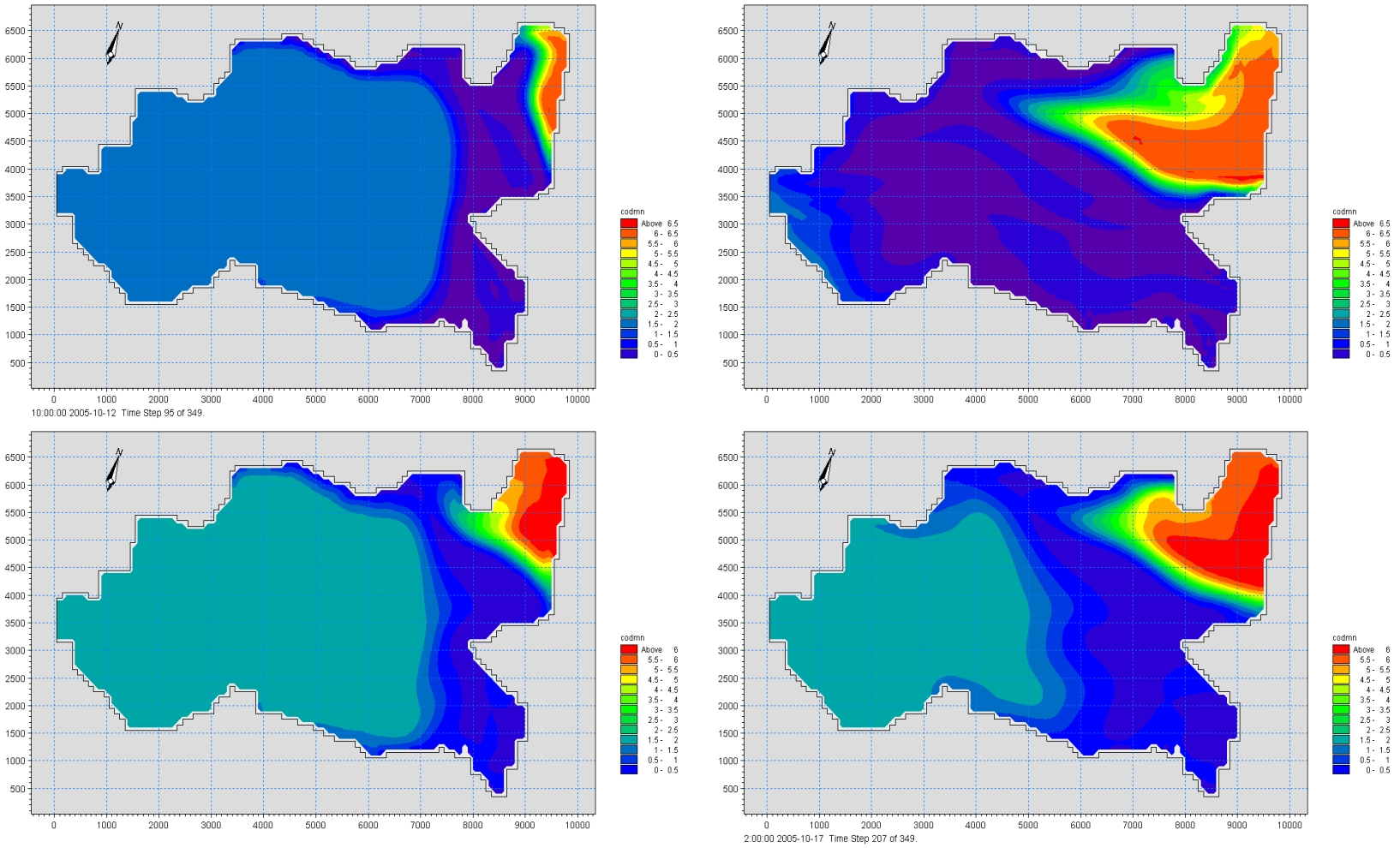


图 5.3-11 2040 年年新英湾大、小潮 COD_{Mn} 浓度分布

大潮（涨潮，左上）、大潮（退潮，右上）、小潮（涨潮，左下）、小潮（退潮，右下）

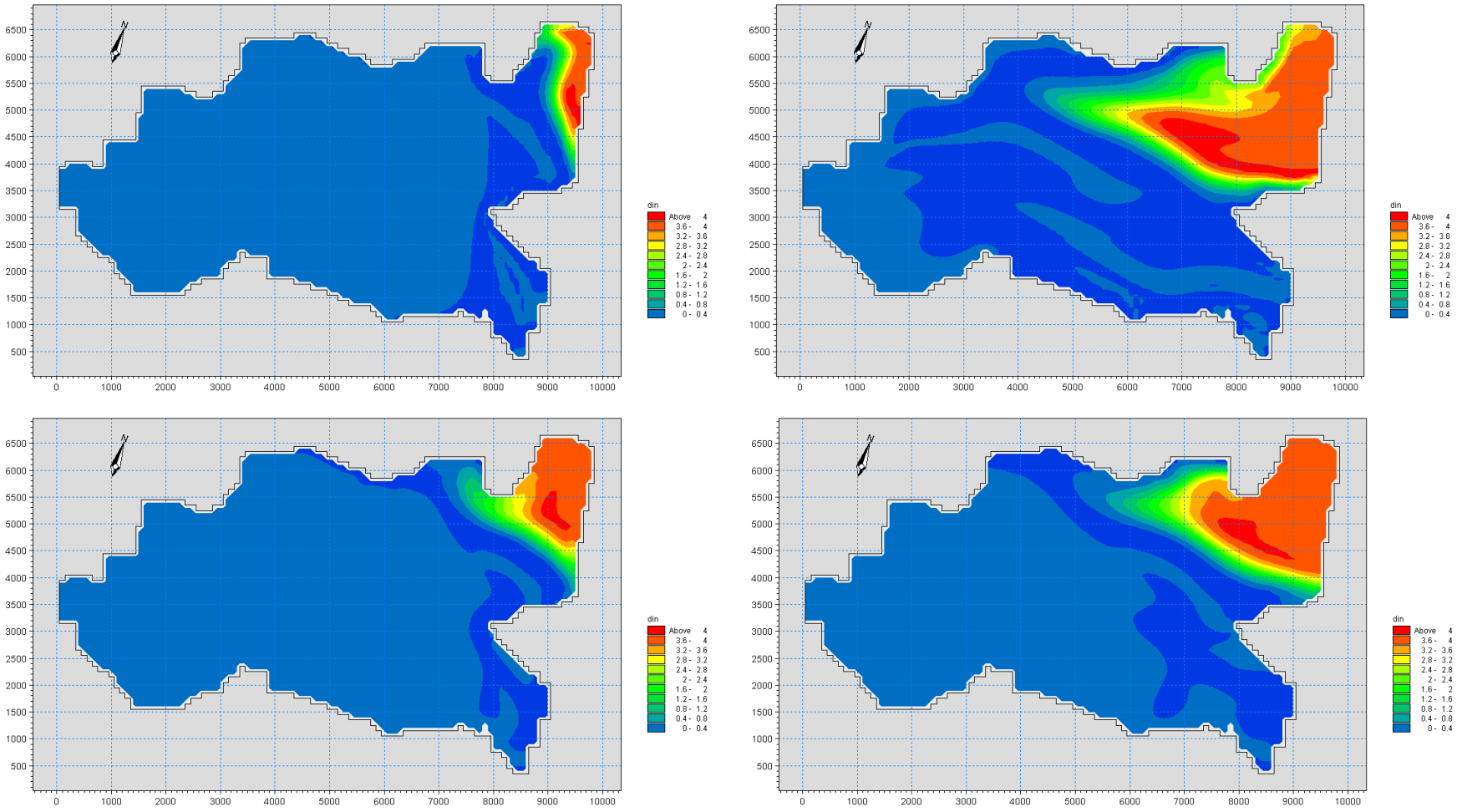


图 5.3-12　2040 年年新英湾大、小潮 DIN 浓度分布

大潮（涨潮，左上）、大潮（退潮，右上）、小潮（涨潮，左下）、小潮（退潮，右下）

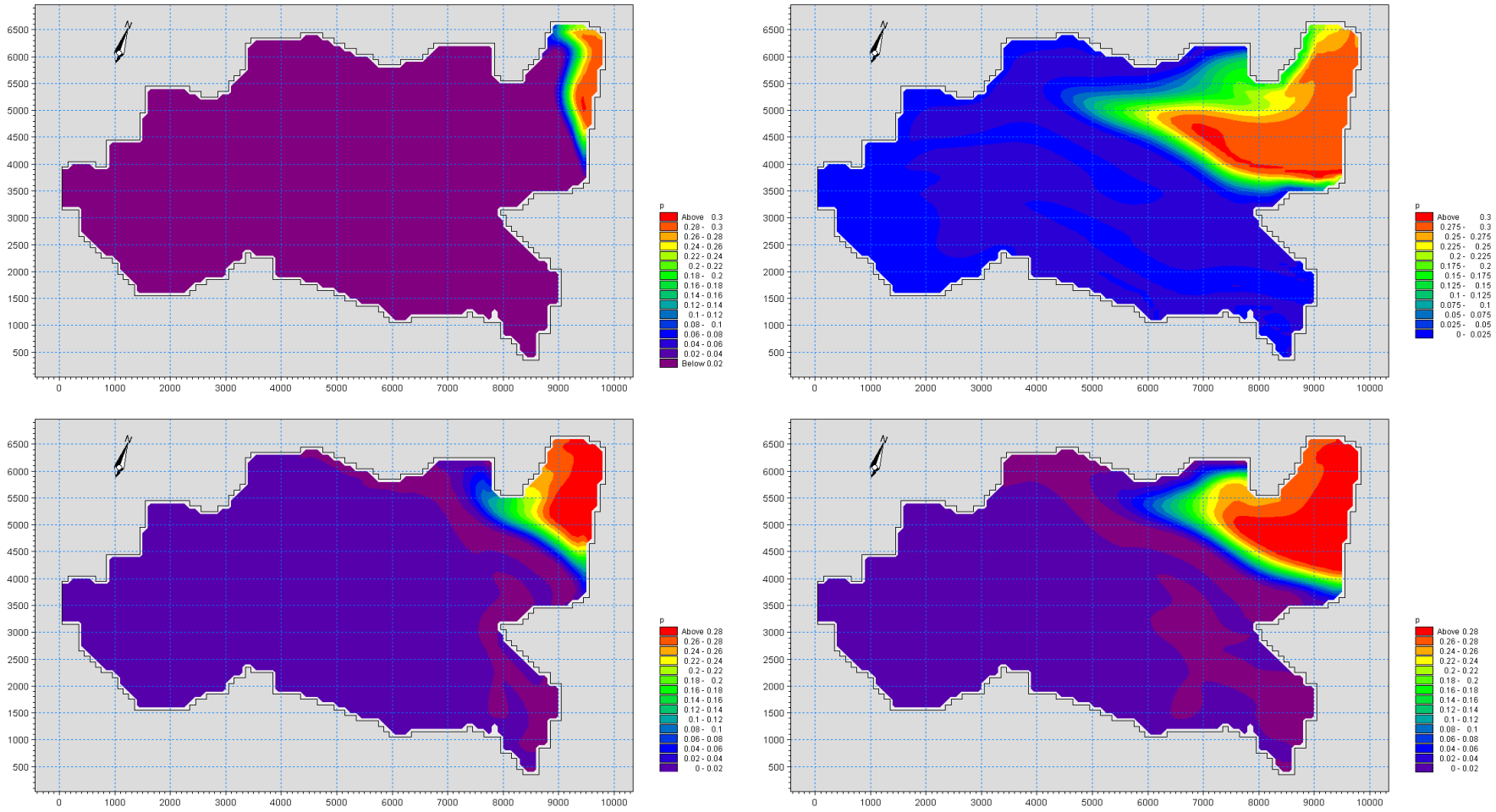


图 5.3-13　　2040 年新英湾大、小潮活性磷酸盐浓度分布

大潮（涨潮，左上）、大潮（退潮，右上）、小潮（涨潮，左下）、小潮（退潮，右下）

5.3.1.5 对退水区地表水水质的影响

（1）工程退水分析

天角潭水利枢纽供水对象为流域外洋浦经济开发区，流域内中和镇、东成镇，以及天角潭灌区。

①生活、工业退水

本工程生活、工业供水范围为洋浦经济开发区及东成镇和中和镇，经初步核算，工程建成后，本工程多年平均退水总量为 6420 万 m^3/a。洋浦经济开发区生活工业退水进入开发区污水处理厂，经处理后，尾水排入南海海域。东成镇及中和镇退水进入镇区污水处理厂后排入北门江流域。

其中，洋浦经济开发区退水中属于天角潭水利枢纽工程新增退税量为 5570 万 m^3。天角潭水库建成后，天角潭水库替换松涛水库进行供水，替换水量为 830 万 m^3。洋浦开发区至 2040 年需水量 31120 万 m^3，其中松涛可供水量 25550 万 m^3、天角潭可供水 6400 万 m^3，合计可供水 31950 万 m^3，可供水量多出需水量 830 万 m^3，多出水量用于松涛水库配置到琼北其他地区。

②灌区退水

天角潭灌区灌溉水利用系数 0.66~0.69，灌区约有 25%的回归水以浅层地下水回归至地表水，其中西岸干渠片、东岸干渠三都支渠片及与松林岭分干交叉段之前的东岸干渠直灌片位于北门江流域内，其回归水进入北门江，东岸干渠黄沙支渠片位于沿海地区，回归水直接进入琼州海峡。

工程灌区东西岸灌区灌溉水利用系数分别 0.66、0.69，则灌区灌溉水漏损总量占用水量的 34%、31%，其中引水渠道、蒸发损失约占总用水量的 8%~11%，农田渠道及田间渗漏入渗损失约占用水量的 25%，即灌区的回归水通过农田渠道和田间渗漏入渗到地下后，以浅层地下水的形式回归至灌区内的地表水，回归水量约占用水量的 25%，总回归水量为 1624 万 m^3/a，其中进入北门江流域水量为 1060 万 m^3/a，进入琼州海峡的灌溉回归水量为 564 万 m^3/a。

天角潭水利枢纽工程退水情况见表 5.3-26。

表 5.3-26　　天角潭水利枢纽工程受水区退水情况（2040 年）　　单位：万 m^3

受水区域		毛供水量	退水量	退水率（%）	退水区域
洋浦经济开发区		6400	5120	80	外海
中和镇		626	501	80	北门江下游河段
东成镇		999	799	80	北门江下游河段
天角潭灌区	东、西干渠	4240	1060	25	北门江下游河段
	黄沙支渠	2257	564	25	北部灌区

考虑中和镇、东成镇以及天角潭东、西干渠退水进入北门江流域下游，对坝下河道及新英湾水质产生的影响已在 5.3.1.3 及 5.3.1.4 节论述，本节不再单独对其分析，只分析洋浦经济开发区退水及天角潭北部黄沙支渠退水影响。

（2）对洋浦经济开发区及周边水质的影响分析

①洋浦经济开发区污水处理规划

根据《儋州市总体规划》（2011-2030），规划开发区采用雨、污水分流制的排水体制，工业污水在排入市政管网前，必须进行预处理，达标后才能排放。洋浦开发区拟建设 2 个污水处理厂，具体情况如下：

a.南片污水系统：扩建现状污水处理厂，处理规模达到 15 万 t/d，中水回用规模达到 6 万 t/d，预留用地 10hm^2。污水厂出水执行一级 B 标准。

b.北片污水系统：规划建设 1 座工业污水处理厂，处理规模 20 万 t/d，中水回用规模达到 10 万 t/d，预留用地 15 hm^2。服务范围为石化工业区。污水厂出水执行一级 B 标准。

c.大工业企业的污水可根据不同的污水性质和需要，分别建设污水处理厂和污水处理设施，并采取不同的处理方式，按照国家标准达标排放。

表 5.3-27　　洋浦经济开发区污水处理规划（2030 年）

区域	规划人口（万人）	预测最高日用水量(万 t/d)	预测最高日污水量(万 t/d)	污水处理设施规划	处理规模（万 t/d）	处理工艺	中水回用规模（万 t/d）
洋浦经济开发区	12	60	50	南片公共污水处理厂	15	传统工艺、厌氧处理	6
				北片公共污水处理厂	20	厌氧—好氧工艺	10
				各企业污水处理厂	根据企业需要确定	根据企业污水性质确定	

②洋浦经济开发区设计水平年废污水产生情况

至设计水平年 2040 年，洋浦经济开发区毛需水量 31120 万 m^3，其中天角潭水库供水 6400 万 m^3，占总供水量的 20.6%，因此洋浦经济开发区供水退水量 5120 万 m^3。

根据设计水平年洋浦经济开发区需水量，预测废污水产生情况。排放系数是由废污水排放量与实际用水量比值得到，表示该区域用水与排水的相对固有的比例。北门江流域工业排放系数的取值参照儋州市工业排放系数取 0.76（含管网漏耗）。2040 年洋浦经济开发区需水量及废污水排放情况见表 5.3-28。

表 5.3-28　　2040 年洋浦经济开发区需水量及废污水排放情况

项目	2040 需水量（万 m^3/d）	年需水量（万 m^3）	污水排放系数	2040 年废水产生量（万 m^3/a）	废污水回用量（万 m^3/a）	废水排放量（万 m^3/a）
二产	58.92	21505.8	0.76	16344.408	17095.78（按洋浦规划环评，2030 年污水回用率 80%）	4273.95
三产	6.65	2427.25	0.8	1941.8		
生活需水量	10.56	3854.4	0.8	3083.52		
输水损失	9.13	3332.45	0	0		
合计	85.26	31119.9		21369.73		

从表中可以看出，至规划水平年 2040 年，洋浦经济开发区需水量 31119.9 万 m^3，除管网漏损及未预见水量，共产生废水 21369.73 万 m^3，废水排放量 4273.95 万 m^3。其中，天角潭水库供水 6400 万 m^3，占需水量的 20.6%，共产生废水 880.43 万 m^3。根据规划，污水厂出水标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 B 标准。

③污染物排放情况

至 2040 年，由天角潭水库供水产生的废水排放量为 2860.8 万 m^3，按一级 B 标准排放（COD 60mg/L 氨氮 8 mg/L，总磷 1 mg/L，总氮 20 mg/L，），共排放污染物 COD1716.48t/a，氨氮 228.86t/a，总磷 28.61 t/a，总氮 572.16 t/a。

洋浦开发区退水经污水处理厂处理后排入洋浦周边海域。洋浦经济开发区城镇退水进入 HN098DIV 海域，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第四类水质标准。经污水处理厂处理后排放，对周边海域水质影响不大。

（3）天角潭灌区退水影响分析

天角潭水库向天角潭灌区供水灌溉保证率为 80%，多年平均供水量 7600 万 m^3，经过渠道渗漏、作物吸收、田间损失后预计约有 1140 万 m^3 的农灌回归水汇

入北门江、新英湾及洋浦周边海域。进入北门江及新英湾污染物已随坝下河道影响及新英湾水质影响进行预测，退水影响现仅分析北部灌区进入海域的影响。

北部灌区位于北门江流域之外，其灌溉退水流入儋州市北侧的海域。该区域海面开阔，岸线较为平直，水体交换能力良好。

根据污染源调查与预测章节的研究成果，北部灌区设计灌面 39670 亩，灌溉退水量为 564 万 m^3/a，占灌区入海地表径流量的 4.85%，预测灌溉产生的污染物排放量分别为：化学需氧量 28.30t/a；氨氮 3.89t/a；总磷 2.38t/a，占区域现状入海污染物排放量的 4.85%、1.72%、1.91%。无论是退水量，还是污染物排放量，其所占现状整体情况的比重都较小，加之海域水体交换能力良好，故北部灌区的农田灌溉水污染不会对儋州市北部海域产生较大影响。

另外，报告类比水体交换能力较弱的新英湾。新英湾与北部灌区退水海域同样执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）二类水质标准。根据预测成果，2020 年，北门江入新英湾的污染物总量分别为：化学需氧量 4040.64t/a；氨氮 500.79t/a；总磷 248.09t/a；新英湾水质控制站位可以满足《海水水质标准》（GB 3097-1997）二类水质标准。而北部灌区灌溉回水所产生的污染物总量远远小于北门江的入海量，故可以认定，天角潭水利枢纽工程北部灌区的灌溉回水对儋州市北部海湾的水环境影响较小。

表 5.3-29　　北部灌区预测灌溉回水排污情况

项目	区域现状排污	预测灌溉回水	占比（灌溉回水/区域现状）
化学需氧量（t）	11625.98	564.00	4.85%
氨氮（t）	1645.23	28.30	1.72%
总磷（t）	203.96	3.89	1.91%

灌溉回归水中的主要污染成分是氮、磷等有机物，汇入河道后，可能使海水受到一定污染。由于灌溉回归水量占北门江多年平均径流量的 2.6%，所占比重较小，且灌溉回归水高峰期发生在 4～7 月份已进入汛期，对河道的水质影响不大。

5.3.2 对水温的影响

天角潭水库总库容 19541 万 m^3，正常蓄水位 58.0m，相应库容为 16278 万 m^3，水库具有多年调节能力。水库最大坝高 52.5m，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。

5.3.2.1 **水库水温结构判别**

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和密度佛汝德数法，判断水库水体水温结构：

α=多年平均年入库径流量/总库容

β=一次洪水量/总库容

当 α<10 时水库为分层型；α>20 时水库为混合型；10<α<20 时水库为过渡型。对于分层型水库，如遇 β>1 时的洪水，则为临时性的混合型；β<0.5 的洪水，对于水温结构无多大影响。

天角潭水库坝多年平均径流量为 2.73 亿 m^3，水库总库容为 1.32 亿 m^3，年径流量与库容比为 2.1，根据 α~β 指数法初步判断，水库的水温结构属于分层型，当遇到 p=1%、24 小时洪量（1.143 亿 m^3），β=0.58；当遇到 p=0.1%、24 小时洪量（1.681 亿 m^3），β=0.86，据此判断天角潭水库为分层型水库。

密度佛汝得数法计算表达式为：

$$F_r = \frac{u}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_0} gd\right)^{1/2}}$$

式中 $u = \frac{Q}{bd}$，d 为水库的平均深度；b 为水库的平均宽度；Q 为通过水库的流量；$\Delta\rho$ 为深度 d 范围的密度差；ρ_0 为参考密度。

因为资料限制，采用公式的另外一种形式，如下：

$$F_r = 320\frac{LQ}{HV}$$

式中：Fr 为密度佛汝德数；L 为水库长度(m) ；Q 为入流量(m3/s)；H 为平均水深(m) ；V 为蓄水体的体积(m^3)；当 $F_r << \frac{1}{\pi}$，为深而分层很强的水库；0.1<F_r<1 为过渡型水温结构；F_r>1 时为充分混合的水库，在计算佛汝德数系数时，本专题采用上式。采用密度傅汝德数方法计算结果为 0.021，亦为分层型水库。

综上判定，天角潭水库为水温分层型水库。

5.3.2.2 **预测模型**

（1）状态方程

对于常态下的水体，可忽略压力变化对密度的影响，密度与温度的关系可表示为：

$$\frac{\rho - \rho_s}{\rho_s} = -\beta(T - T_s) = -\beta\Delta T \tag{5-1}$$

式中：β[1/℃]为等压膨胀系数；ρ[kg/m3]为密度；T[℃]为温度；ρs[kg/m3]、Ts[℃]为参考状态的密度和温度。对于天然水体，该函数关系可近似为：

$$\begin{aligned}\rho = (&0.102027692\times10^{-2} + 0.677737262\times10^{-7}\times T - 0.905345843\times10^{-8}\times T^2 \\ &+ 0.864372185\times10^{-10}\times T^3 - 0.642266188\times10^{-12}\times T^4 \\ &+ 0.105164434\times10^{-17}\times T^7 - 0.104868827\times10^{-19}\times T^8)\times 9.8\times10^5\end{aligned} \tag{5-2}$$

根据 Boussinesq 假定，在密度变化不大的浮力流问题中，只在重力项中考虑密度的变化，而控制方程的其它项中不考虑浮力作用。

（2）水动力学及温度方程组

湍浮力流的时均连续方程、动量方程及热量输运方程：

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \tag{5-3}$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_a}\frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu\frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(-\overline{u_i' u_j'}\right) + \beta\Delta T g_i \tag{5-4}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u_i\frac{\partial T}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_T\frac{\partial T}{\partial x_i} - \overline{u_i' T'}\right) + \frac{q}{C_p} \tag{5-5}$$

紊动动能 k 输运方程模化为：

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u_j\frac{\partial k}{\partial x_j} = -\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} + \nu\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right] + G_k - \varepsilon + G_b \tag{5-6}$$

湍动能耗散率的模型方程为：

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u_j\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right] + C_{\varepsilon 1}\frac{\varepsilon}{k}\left(G_k + C_{\varepsilon 3}G_b\right) - C_{\varepsilon 2}\frac{\varepsilon^2}{k} \tag{5-7}$$

由于河宽变化对水面热量交换和热量向水下的传递都具有一定的影响，将三维湍浮力流的时均连续方程、动量方程及热量方程组（6-3）~（6-5）及 k 和 ε 方程（6-6）、（6-7）沿河宽方向积分，就可得到水动力学和温度的立面二维方程组，

在笛卡儿直角坐标系下水动力学方程分别为：

$$\frac{\partial Bu}{\partial x}+\frac{\partial Bw}{\partial z}=0 \tag{5-8}$$

$$\frac{\partial Bu}{\partial t}+u\frac{\partial Bu}{\partial x}+w\frac{\partial Bu}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_e\frac{\partial u}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_e\frac{\partial u}{\partial z}\right)-\frac{B}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_t\frac{\partial u}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_t\frac{\partial w}{\partial x}\right) \tag{5-9}$$

$$\frac{\partial Bw}{\partial t}+u\frac{\partial Bw}{\partial x}+w\frac{\partial Bw}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_e\frac{\partial w}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_e\frac{\partial w}{\partial z}\right)-\frac{1}{\rho}\frac{\partial Bp}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_t\frac{\partial u}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_t\frac{\partial w}{\partial z}\right)+\beta B\Delta Tg \tag{5-10}$$

$$\frac{\partial Bk}{\partial t}+u\frac{\partial Bk}{\partial x}+w\frac{\partial Bk}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k}+\nu\right)\frac{\partial k}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k}+\nu\right)\frac{\partial k}{\partial z}\right]+B\left(G_k+G_b-\varepsilon\right) \tag{5-11}$$

$$\frac{\partial B\varepsilon}{\partial t}+u\frac{\partial B\varepsilon}{\partial x}+w\frac{\partial B\varepsilon}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}+\nu\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}+\nu\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right]+BC_{\varepsilon 1}\frac{\varepsilon}{k}\left(G_k+C_{\varepsilon 3}G_b\right)-BC_{\varepsilon 2}\frac{\varepsilon^2}{k} \tag{5-12}$$

式中：$G_k=\nu_t\left[2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+2\left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right]$，为紊动动能生成项；$G_b=-\beta g\frac{\nu_t}{\sigma_T}\frac{\partial T}{\partial z}$ 为浮力生成项，该浮力项在稳定分层时可抑制紊动动能的生成，削弱热量向下的传递，是水库能保持稳定分层的重要因素；ν_e [m2/s]是分子粘性系数ν与紊动涡粘系数ν_t之和，$\nu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon}$；u、w[m/s]为纵向和垂向流速；p[Pa]为压强；T[℃]为水温；B[m]为水体宽度，为高程的函数；k[m^2/s^2]为紊动动能；ε[m2/s3]为紊动动能耗散率；σ_k、σ_ε分别为紊动动能和耗散率的普朗特数，一般取 1.0 和 1.3。其它模型常数C_μ、$C_{1\varepsilon}$、$C_{2\varepsilon}$的取值分别为 0.09、1.44、1.92。水动力学模型方程组中的常数为通用常数，其取值由基本实验确定，不因具体问题而改变。

水温方程为：

$$\frac{\partial}{\partial t}(BT)+u\frac{\partial}{\partial x}(BT)+w\frac{\partial}{\partial z}(BT)=$$
$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{B\nu_e}{\sigma_T}\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{B\nu_e}{\sigma_T}\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\frac{1}{\rho C_p}\frac{\partial(B\phi_z)}{\partial z} \quad (5\text{-}13)$$

式中σ_T是温度普朗特数，与密度梯度和流速梯度有关，可采用 Munk-Anderson 公式修正温度普朗特数，$\frac{\sigma_T}{\sigma_{T0}}=\frac{(1+3.33R_i)^{1.5}}{(1+10R_i)^{0.5}}$，其中$\sigma_{T0}$为无温度梯度环境下的紊动普朗特数，通常取为 0.85，Ri 为密度梯度 Richardson 数，$R_i=-\frac{g}{\rho}\frac{\frac{\partial\rho}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2}$；Cp [J/kg·℃]为水的比热；$\varphi_z$ [W/m2]为穿过 z 平面的太阳辐射通量，见式（5-16）。

（3）边界条件

边界条件包括水面热交换、入出流和库底的流速及水温条件。

水面热交换包括净太阳短波辐射、净长波辐射、蒸发和传导四个方面。通过水面进入水体的热通量为：

$$\varphi_n=\varphi_{sn}+\varphi_{an}-\varphi_{br}-\varphi_e-\varphi_c \quad (5\text{-}14)$$

① 水面净吸收的太阳短波辐射φ_{sn}

$$\varphi_{sn}=\beta_1\varphi_s(1-\gamma) \quad (5\text{-}15)$$

式中φ_S [W/m2]是到达地面的总太阳辐射量(W/m2)；γ是水面反射率，它与太阳角度和云层覆盖率相关；β_1是太阳辐射的表面吸收系数。进入水体的太阳辐射部分在水面被吸收，穿过水体的太阳辐射沿深度方向以指数函数衰减：

$$\varphi_z=(1-\gamma)(1-\beta_1)\varphi_s\exp(-\eta\cdot H) \quad (5\text{-}16)$$

其中η为太阳辐射在水体中的衰减系数，与水体的透明度和水质相关；H 为水深(m)。

②大气长波辐射φ_{an}

大气所吸收的太阳能以长波形式向地面发射，其长波辐射强度取决于气温和云量：

$$\phi_{an}=\sigma\cdot\varepsilon_{ac}\cdot\left(273+T_a\right)^4 \tag{5-17}$$

式中，σ 是 Stefan-Boltaman 常数，等于 5.67×10-8[W/(m2 K4)]；ε_{ac} 为大气发射率：

$$\varepsilon_{ac}=1.24\cdot\left(\frac{e_a}{T_a+273}\right)^{\frac{1}{7}}\cdot\left(1+0.17\cdot C_r^{\,2}\right) \tag{5-18}$$

其中T_a为水面上 2m 处的气温。C_r为云层覆盖率。e_a[hPa]为水面上空气的蒸发压力，见式(5-23)。

③水体长波的返回辐射φ_{br}

水体吸收的大气长波辐射会向大气进行返回辐射，其强度可用 Stefan-Boltzman 定律计算：

$$\phi_{br}=\sigma\cdot\varepsilon_w\cdot\left(273+T_s\right)^4 \tag{5-19}$$

式中，T_s为水表面温度，ε_w(=0.965) 为水体的长波发射率。

④水面蒸发热损失φ_e

水在从液体转变为气体的蒸发过程中需要吸收热量，水体由于蒸发损失的热量大多根据空气与水面的蒸发压力计算，本次计算采用了《工业循环水冷却设计规范》推荐的计算公式：

$$\phi_e=f\left(W\right)\left(e_s-e_a\right) \tag{5-20}$$

式中$f\left(W\right)$(W/(m2 hPa))是风函数，反映了自由对流和强迫对流对蒸发的影响，计算为：

$$f(W)=\sqrt{22.0+12.5W^2+2.0(\Delta T)} \tag{5-21}$$

式中：W 是水面上 10m 处的风速；ΔT为水气温差；es(hPa)是相应于水面温度 Ts 的紧靠水面的空气饱和蒸发压力，ea(hPa)为水面上空气的蒸发压力，可由气温T_a(℃)计算：

$$e_s=6.11\times10^{\frac{7.5T_s}{(T_s+237.3)}} \tag{5-22}$$

$$e_a = 6.11 \times hum \times 10^{\frac{7.5T_a}{(T_a+237.3)}} \quad (5\text{-}23)$$

式中：hum 为相对湿度。

$$\varphi_e = \sqrt{22.0+12.5W^2+2.0(\Delta T)}(e_s - e_a) \quad (5\text{-}24)$$

式中，W 为水面上 10m 处的风速，ΔT 为水气温差。

⑤ 热传导通量 φ_c

$$\varphi_c = 0.627\sqrt{22.0+12.5W^2+2.0(\Delta T)}(T_s - T_a) \quad (5\text{-}25)$$

式中，Ta 为气温，T_s 为水面温度。

进口边界的水温采用库尾实测水温或上游衔接梯级的下泄水温，速度假定为均匀流速，k、ε 可分别由入流速度近似计算。

$$k = 0.00375u^2,\ \varepsilon = k^{1.5}/(0.4H_0) \quad (5\text{-}26)$$

其中 H0 [m]为进口处水深。

假定出口断面为充分发展的湍流，有 $\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{\partial p}{\partial x}=\frac{\partial k}{\partial x}=\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}=\frac{\partial T}{\partial x}=0$，$w=0$。

迭代过程中，每个时间步长水面采用浮动平面假定，$\frac{\partial u}{\partial z}=\frac{\partial p}{\partial z}=\frac{\partial k}{\partial z}=\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}=0$，水面位置据水量平衡确定。库底和坝体表面采用无滑移边界条件，且为绝热边界。

（4）模型参数分析

标准 k-ε 模型中的参数对各种形态的流体具有普遍适用性，一般不需率定。温度普朗特数取固定值 0.85。

除水库入、出库流动导致库区热量变化外，水气热交换是影响库区水温结构的另一主要热源项。各水气热交换项的经验公式均较多，其中不同蒸发公式的差异性较大，本次研究采用了《工业循环水冷却设计规范》推荐的计算公式。

在热通量计算方法确定的条件下，模型中需要率定的参数只有热通量计算中的太阳辐射表面吸收系数 β1 和太阳辐射在水体中的衰减系数 η，它们与水体的色度和浊度有关。一般 β1 的取值范围为 0.4~0.7，η 为 0~1。经多次试算，均为 0.65 和 0.5。

为了分析参数对计算结果的影响程度即参数的灵敏度，我们进行了数值计算

试验。假定当穿过水下某一断面的辐射通量小于总量的 5%，则认为该断面没有受到辐射。先取 β1=0.5，然后分别取 η 为 0.1、0.5 和 1.0，计算结果显示，当 η=0.1 时辐射可达水下 30m，其中 80%的辐射量被水面 16 m 的水体吸收，而 η=1.0 时辐射仅达水下 3m，η=0.5 时辐射穿透了 6m 水深。模拟二滩 2~7 月的水温分布显示，2~7 月的下泄水温在 η=0.1 时比 η=1.0 平均偏高 0.07℃，5 月偏高最多，达 0.10℃；坝前表层水温在 η=0.1 比 η=1.0 平均偏低 0.86℃，5 月偏低最多，达 1.28℃。

取 η=0.5，分别取 β1=0.4 和 0.7。2-7 月的下泄水温在 β1=0.4 比 β1=0.7 平均偏高 0.01℃，4 月偏高最多，达 0.03℃；坝前表层水温在 η=0.4 比 η=0.7 平均偏低 0.14℃，7 月偏低最多，达 0.23℃。

5.3.2.3 类比工程水温观测

松涛水库为南渡江上游的第一个梯级水库，具有多年调节性能，控制流域面积 1496km^2，多年平均径流量 16.22 亿 m³，总库容 33.45 亿 m³，正常蓄水位 190m，对应库容为 25.95 亿 m³，死水位 165.0m，对应库容 5.12 亿 m³。其区域位置、气候气象特征、下垫面(影响间接辐射)、水体性质(影响辐射的反射、衰减性质)与天角潭水库具有很强的相似性，其观测结果对本流域天角潭水库水温预测所采用的数学模型验证及参数率定具有良好的参考价值。因此本次调查选择松涛水库为类比库，总计 4 个水温垂线断面及两个连续观测点位具体位置见图 5.3-14。

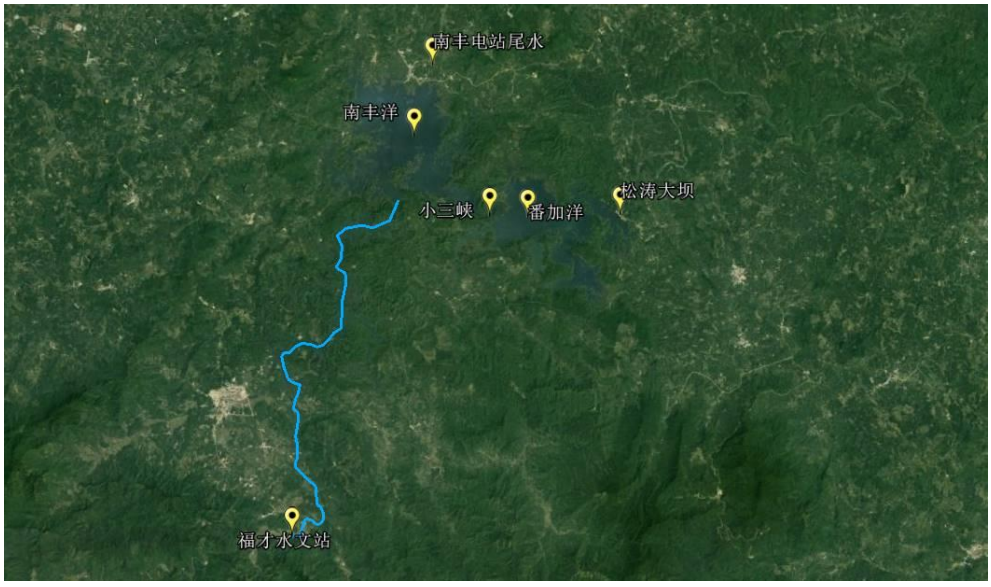


图 5.3-14 库区垂线断面位置及在线点位示意图

图 5.3-15、表 5.3-30 为松涛水库入（福才水文站）、出（南丰电站尾水）库水温过程及月均值，观测期内入库水温与气温变化具有同步性，出库水温低于入

库水温，平均低 2.7℃。

图 5.3-16 为三次不同观测时段内（3 月、4 月、6 月）松涛水库各垂线水温分布图。

由图可见，3 月初气温尚未明显升高，松涛水库库区整体趋于均温，垂向水温差异小，各垂线上的最大温差为 1.2℃，断面平均水温为 19.3℃。4 月底太阳辐射明显增强，库区水温分层现象明显，各垂线上的最大温差在 8.9~10.8℃之间。垂向大部分温差集中在表层 15m 内，表层水温平均为 29.2℃，水深 5m~15m 的范围内存在一个厚度约为 10m 的斜温层，温度梯度为 0.6℃/m；水下 15m~库底，为约 19.2℃的低温水层。进入 6 月份，气温进一步升高，库区水温分层随之增强，各垂线上的最大温差在 11.3~13.1℃之间。表温层受风掺混、热扩散等影响，同温层厚度增大到 5m，其平均水温为 31.1℃。水深 5m~15m 的范围内存在一个厚度约为 10m 的斜温层，温度梯度达到 0.9℃/m；底温层水温基本不变，约 19.1℃。整体南丰洋测点表层水温同其它点位相比略低，可能由于测量时间的不同，表层水温略有差异，总体三个不同时间段 4 个观测点的垂向水温结构基本相同，符合湖泊型水库的水温分布特征。

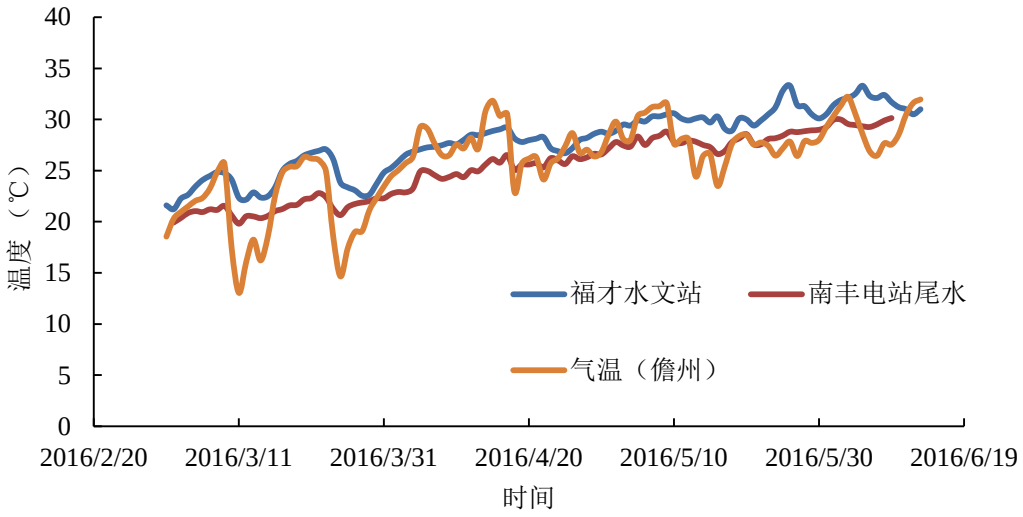


图 5.3-15 松涛水库入出库在线点位水温观测过程

表 5.3-30 松涛水库入出库在线点位观测月均值(水温：℃)

测点名称	距离入海口里程(km)	3 月	4 月	5 月	6 月
福才水文站	241	24.0	27.7	30.2	31.8
南丰电站尾水	192	21.0	24.9	27.7	29.4
气温(儋州)		21.2	27.1	28.0	29.5

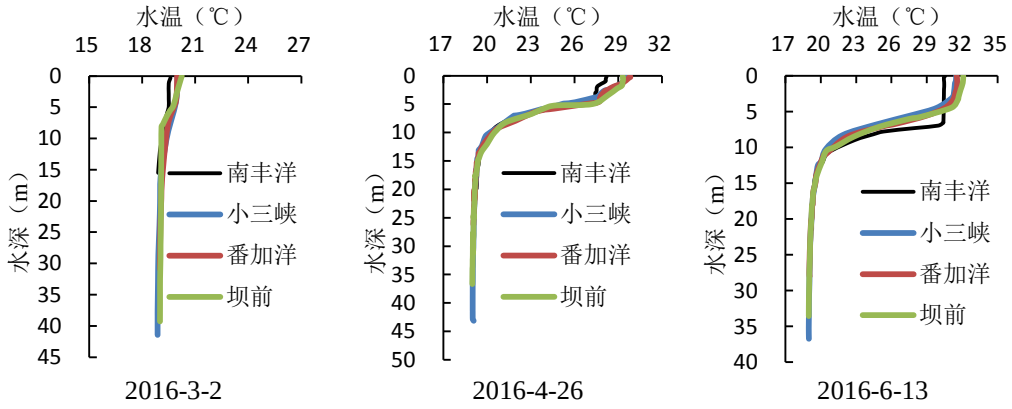


图 5.3-16 松涛库区不同测点垂向水温分布图

5.3.2.4 计算边界条件

(1) 地形资料

计算中采用天角潭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 5.3-31。

表 5.3-31 天角潭水库各典型年水库调节运行过程表

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	入库流量(m^3/s)	出库流量(m^3/s)	坝前水位(m)	入库流量(m^3/s)	出库流量(m^3/s)	坝前水位(m)	入库流量(m^3/s)	出库流量(m^3/s)	坝前水位(m)
1 月	0.47	4.67	52.49	1.40	5.44	57.09	0.73	3.83	57.16
2 月	0.31	4.18	51.81	1.06	6.64	56.35	0.83	3.19	56.84
3 月	0.00	5.39	50.80	0.34	7.52	55.41	0.33	4.05	56.39
4 月	0.00	5.24	49.75	0.12	8.76	54.17	0.24	4.73	55.85
5 月	0.61	5.36	48.74	1.01	9.70	52.86	0.11	4.58	55.35
6 月	24.69	6.96	50.35	16.24	6.49	53.91	1.65	5.50	54.81

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	入库流量(m^3/s)	出库流量(m^3/s)	坝前水位(m)	入库流量(m^3/s)	出库流量(m^3/s)	坝前水位(m)	入库流量(m^3/s)	出库流量(m^3/s)	坝前水位(m)
7 月	25.94	7.33	53.87	17.37	8.76	55.50	0.94	5.86	54.01
8 月	14.15	9.27	56.41	19.01	7.02	57.21	6.75	5.38	54.76
9 月	36.19	11.16	58.00	9.98	13.44	58.00	18.46	5.61	55.48
10 月	17.51	15.15	58.00	4.40	6.67	58.00	3.44	5.61	55.29
11 月	7.09	11.87	58.00	1.90	5.40	57.57	1.57	3.64	55.11
12 月	1.89	5.63	57.53	1.65	4.41	57.18	0.33	4.11	54.51

(3) 水温

由于北门江上没有水温监测资料，采用邻近流域昌化江上的宝桥水文站资料拟合天角潭的入库和坝址水温。天角潭入库及坝址处逐月天然水温值采用宝桥水文站 2005-2015 年监测值的平均值(表 5.3-32)与昌江县气温的相关关系推算得到（表 5.3-33）。

表 5.3-32 宝桥水文站河道水温(℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水温	19.2	21.0	23.2	26.3	28.3	29.1	28.6	28.0	27.1	25.8	23.9	20.7
气温	18.8	20.5	23.3	26.9	29.4	29.4	28.5	28.1	27.0	25.6	24.2	20.0

表 5.3-33 天角潭入库与坝址水温(℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
入库水温	18.4	19.8	22.2	25.0	26.3	28.0	28.3	27.4	26.4	24.8	21.3	19.2
坝址水温	18.5	19.9	22.3	25.1	26.4	28.1	28.4	27.5	26.5	24.8	21.4	19.3

根据宝桥站 2005 年~2015 年的逐日水温变化范围，专题推算了天角潭水库坝址处的逐月和逐日水温变化范围(表 5.3-34、图 5.3-17)。坝址处水温各月变幅为 3.6℃~9.6℃，汛期 9 月的年际水温变幅仅为 3.6℃，枯期 3 月的水温变幅高达 9.6℃；从日均变幅来看，6 月 28 日的年际水温变幅仅 2.0℃，而 3 月 5 日的年际水温变幅达到 15.2℃。

表 5.3-34 天角潭坝址月均变化范围(℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
坝址水温	18.5	19.9	22.3	25.1	26.4	28.1	28.4	27.5	26.5	24.8	21.4	19.3
月均最低	14.3	15.1	16.2	22.0	23.6	26.1	26.3	25.5	24.8	22.6	16.8	14.1
月均最高	22.8	23.4	25.8	27.7	28.7	30.1	30.1	29.4	28.4	27.0	24.5	23.3
变化范围	8.5	8.3	9.6	5.8	5.1	4.0	3.7	3.9	3.6	4.4	7.7	9.1

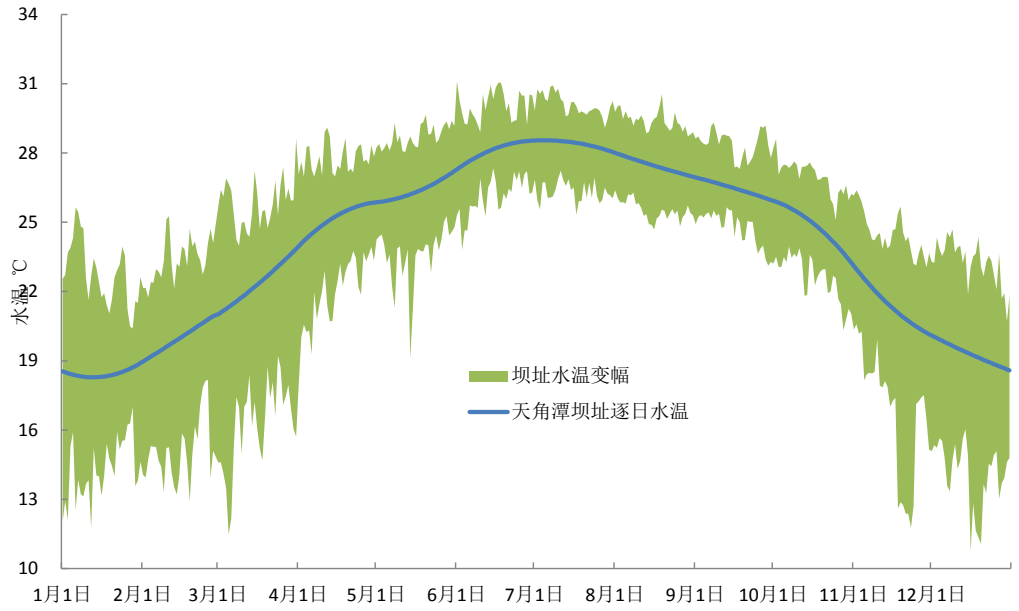


图 5.3-17 天角潭坝址水温的日均变化范围

(4) 气温

儋州市气象站可代表库区的气象条件，可采用儋州市气象站观测资料。库区水温预测气象要素见表 5.3-35。

表 5.3-35 库区水温预测采用的多年平均逐月气象要素

项目	气温(℃)	相对湿度(%)	日照小时数	云量(成)	风速(m/s)	风向
1 月	17.6	84	128.3	6.7	2.4	ENE
2 月	18.8	84	115.1	6.8	2.3	NE
3 月	22.0	80	156.1	6.1	2.3	ENE
4 月	25.2	79	171.1	6.3	2.2	S
5 月	26.9	80	202.6	7.3	2.1	S
6 月	27.9	80	196.0	8.2	2.1	S
7 月	27.8	80	227.2	7.8	2.2	S
8 月	27.1	84	196.3	8.3	2.0	S
9 月	25.9	86	165.2	7.6	2.1	S
10 月	24.1	84	155.7	6.9	2.5	ENE

项目	气温(℃)	相对湿度(%)	日照小时数	云量(成)	风速(m/s)	风向
11 月	21.0	83	133.2	6.5	2.4	ENE
12 月	18.1	83	127.6	6.5	2.3	ENE

5.3.2.5 **不采取分层取水**

（1）平水年单层取水（工况 1）

错误!未找到引用源。显示了天角潭水库在平水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件（工况 1）情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日计算值。图 5.3-18 为各月 15 日的坝前水温分布。

平水年天角潭库区总体呈季节性分层水温结构特征。

库区水温在 2 月最低，坝前垂向断面上平均水温为 20.3℃，坝前水体库表面温度比库底温度高 0.4℃。进入 3 月，气温和太阳辐射升幅加快，月均气温比 2 月提高 3.2℃，水库来流接近全年最低水平，来流高温水由于密度小于库内温度较低的水体而靠近库表流动，坝前垂向温差扩大至 2.7℃，但分层现象仍不明显。

4 月受气象条件和来流水温影响库区水温上升较快，库区出现较明显的分层现象，水面温度上升至 26.4℃，库底水温仅比 3 月提高 0.9℃。靠近表层的 40～52m 高程范围内出现温跃层，梯度为 0.28℃/m，表、底层温差达到 5.3℃。

5 月~7 月，来流水温和气温维持在全年较高水平，库区水温也大幅提高。5 月的月均太阳辐射为 208.2W/m^2，表层水温在来流基础上持续升高至 29.1℃；而库底温度仍较低，为 23.0℃，坝前温差达到全年最大的 6.1℃；分层强度也达到全年最大的 0.29℃/m。6 月入库流量为 5 月流量的 16.1 倍，辐射强度仍偏大，为 207.0W/m^2，水库垂向掺混加剧，库底大幅升温至 27.1℃，表、底层垂向温差缩小至 3.8℃，温跃层退化为过渡层。7 月气温 27.8℃，辐射达到全年最高的 221.8W/m^2，入流水温达全年最高的 28.3℃，导致表层水温持续升高至全年最高的 31.3℃；而库底水温也在汛期大流量入库的扰动下达到 30.5℃，垂向温差仅 0.8℃，水库向垂向同温方向发展。

8 月仍属汛期，高温、高湿、高辐射水平维持了较高的库表水温，大流量入库使垂向同温现象进一步发展，垂向温差仅 0.4℃，垂向平均温度达全年最高的 31.0℃。

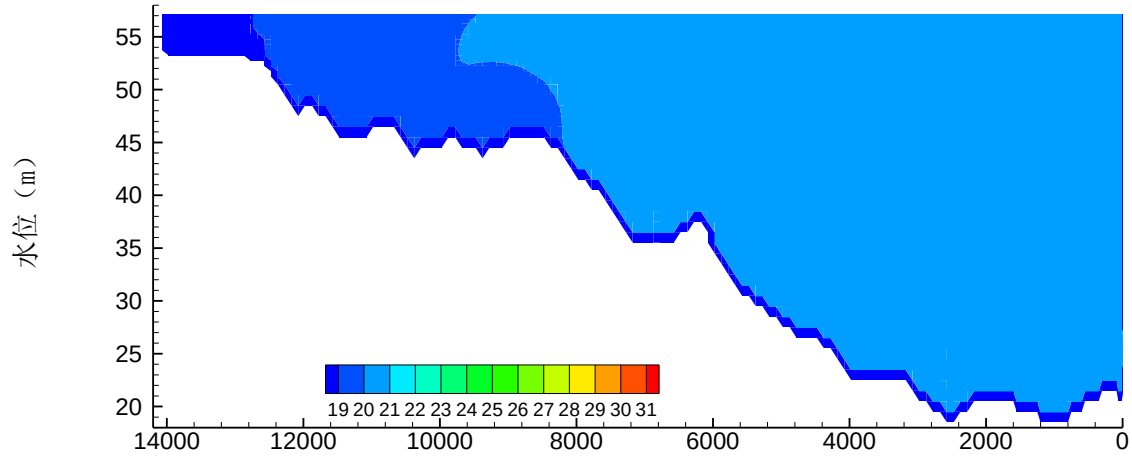
9 月入库流量仍较大（9.98m^3/s），气温、太阳辐射、云量的降低使得库水温整体下降，水温完成秋季翻转。

10 月气温、太阳辐射、云量进一步下降，坝前表底层完全同温，库尾方向的

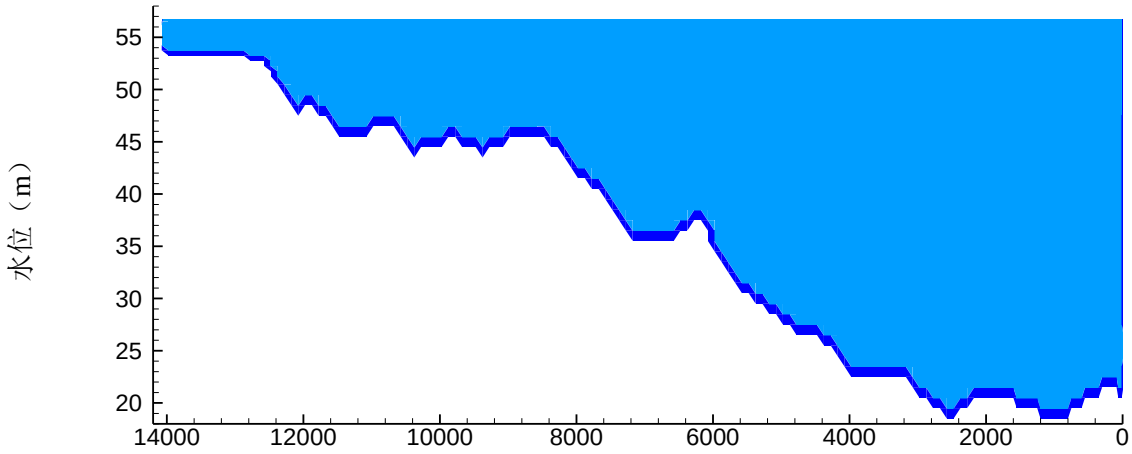
来流沿库底向坝前爬行。

11 月~12 月，来流量减小明显，长短波辐射的减小使水体向大气散失热量，表层水温至 1 月降至全年最低。

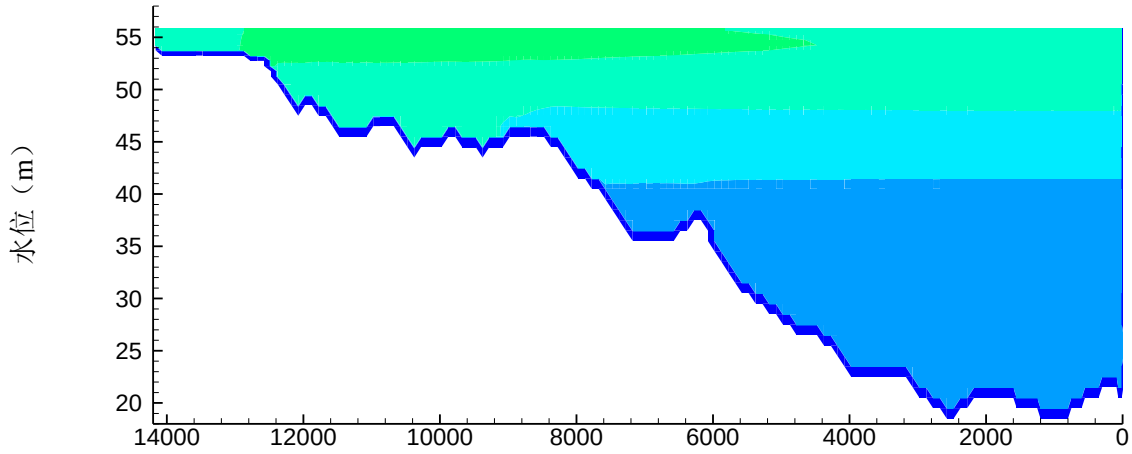
1 月



2 月



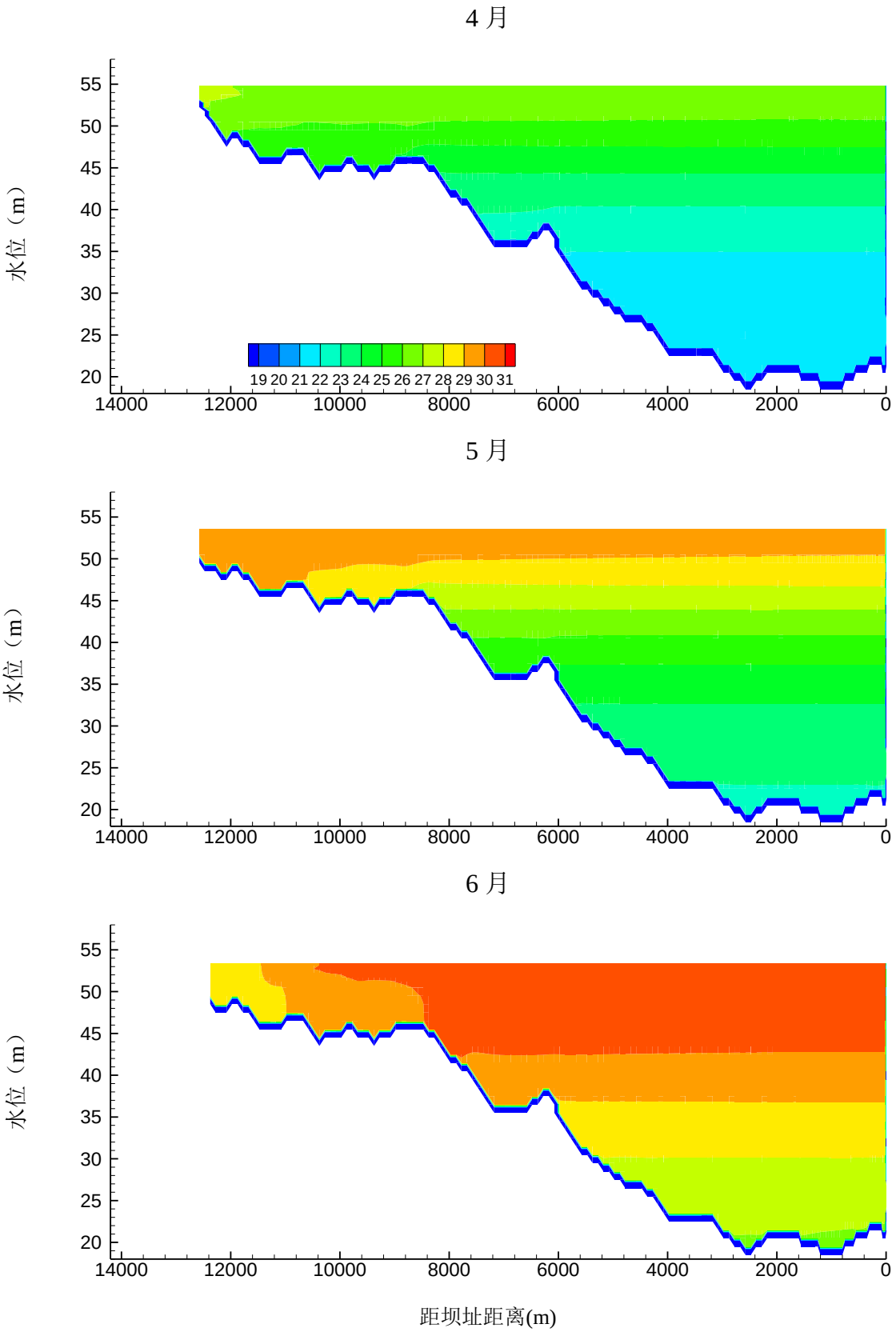
3 月



距坝址距离(m)

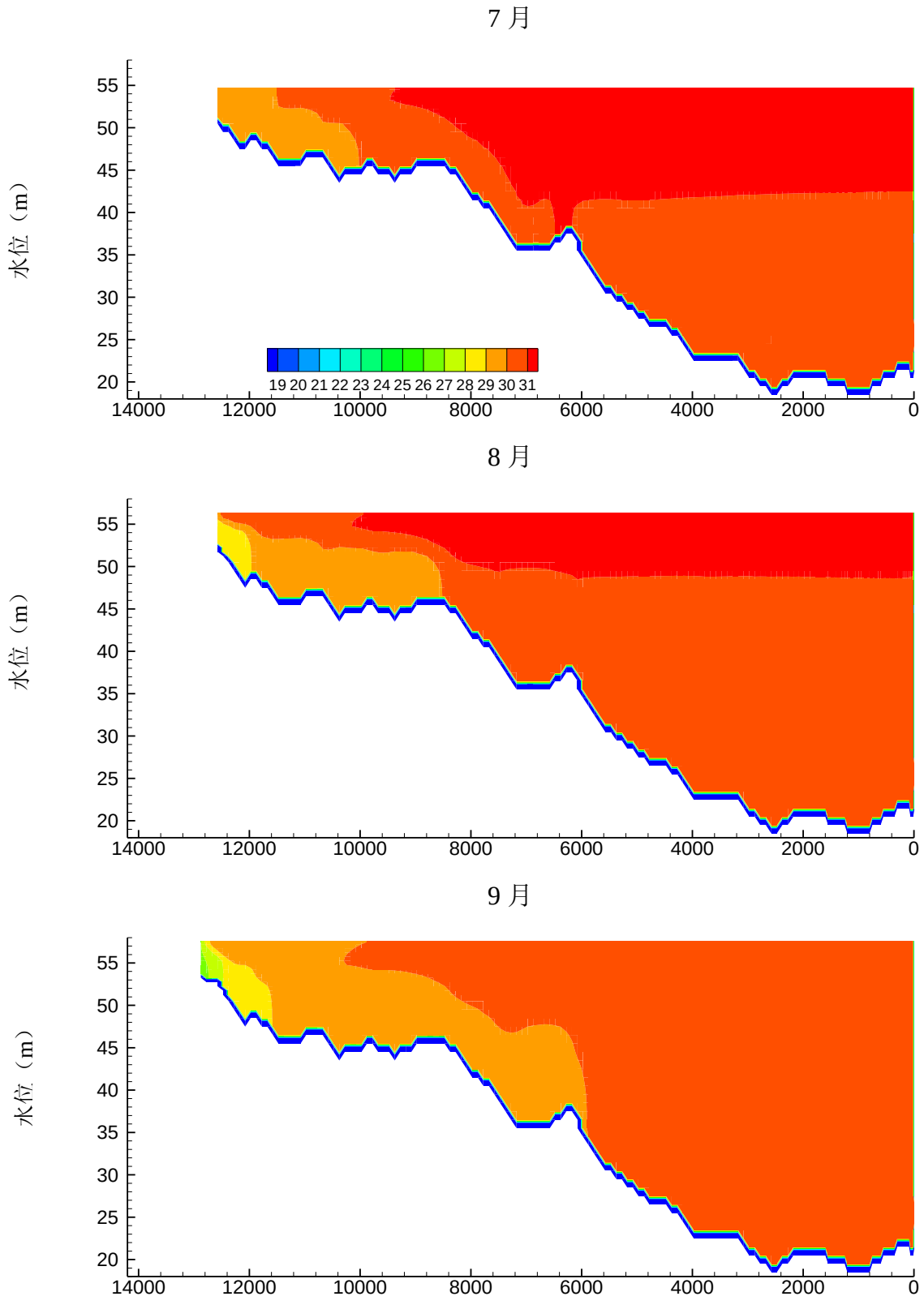
(a) 天角潭库区工况 1 的 1~3 月二维水温分布

(工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)



(b) 天角潭库区工况 1 的 4~6 月二维水温分布

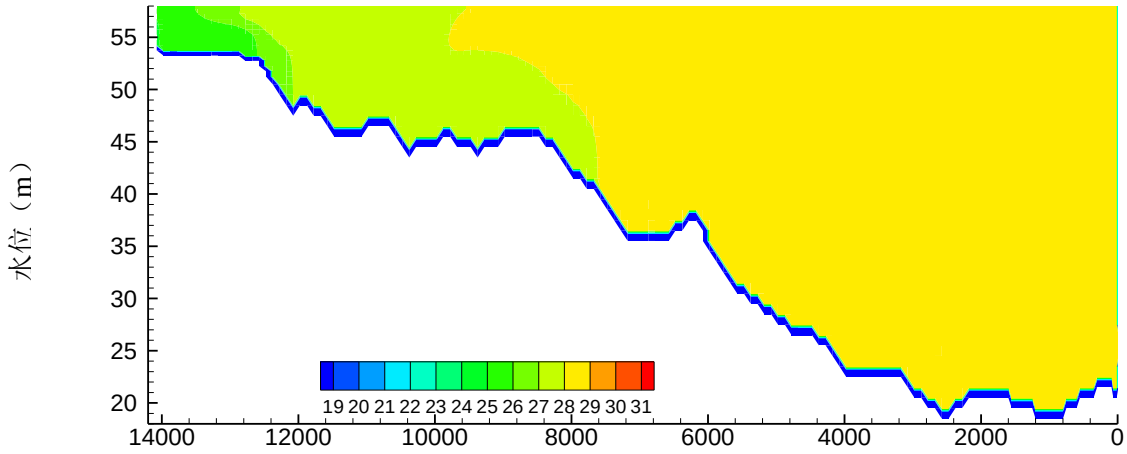
(工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)



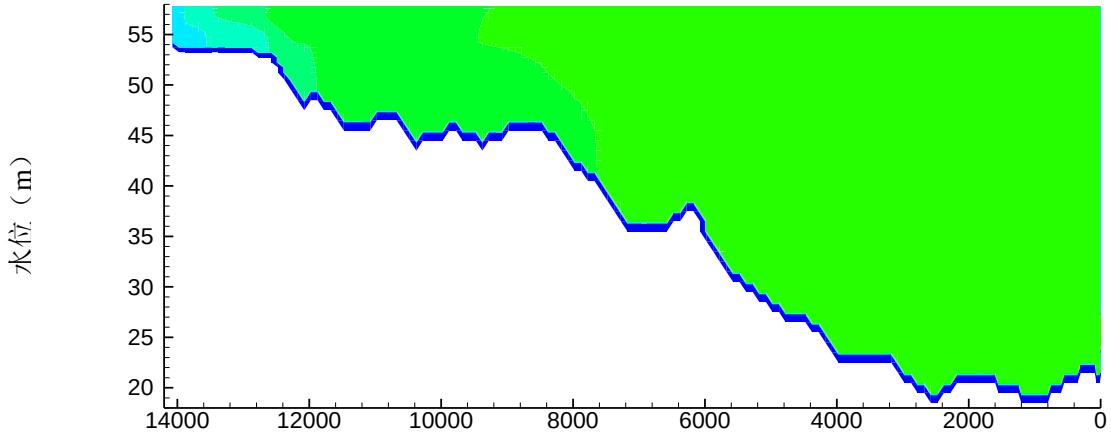
(c) 天角潭库区工况 1 的 7~9 月二维水温分布

(工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

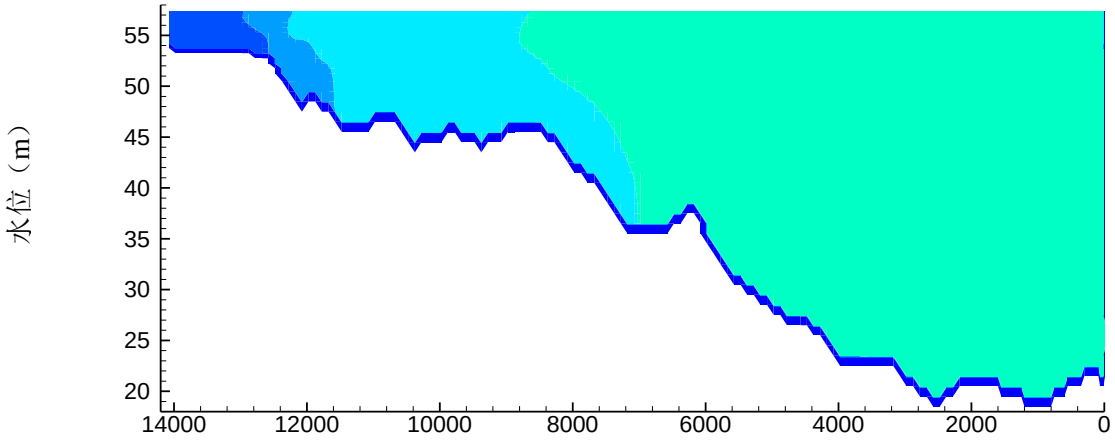
10 月



11 月



12 月



(d) 天角潭库区工况 1 的 10~12 月二维水温分布

图 5.3-18　天角潭库区工况 1 的 1~12 月二维水温分布

(工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

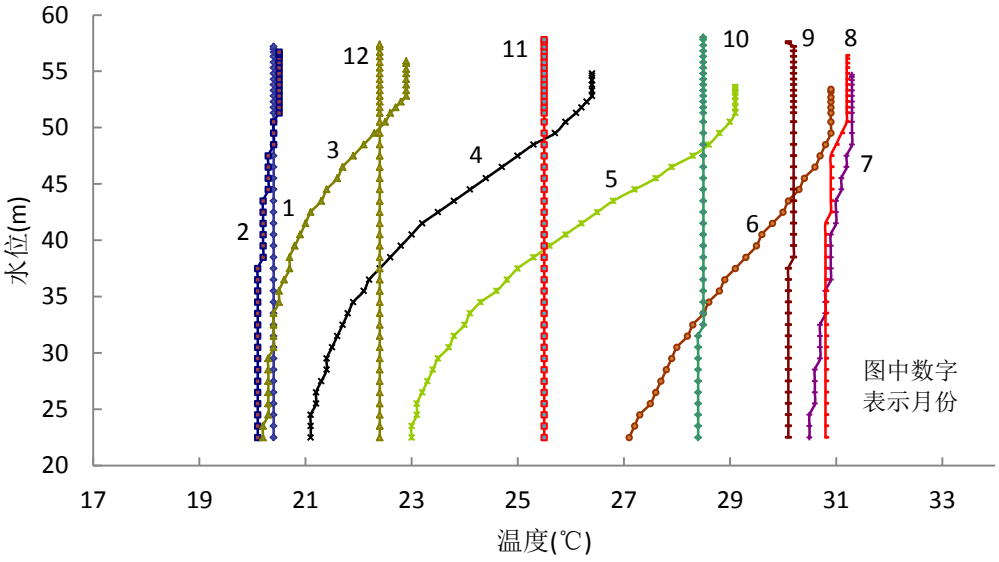


图 5.3-19 工况 1 的坝前水温分布

(工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

表 5.3-36 和图 5.3-20 比较了工况 1 的月均下泄水温、坝前表层水温、库底水温、坝址处天然水温及气温年内过程。

就表层水温而言 1 月最低，为 20.4℃，7 月最高，为 31.3℃，年内变化 10.9℃。1 月的来流水温、气温为全年最低，库区水温受入流影响明显而大幅降低。3~7 月库区水温受入流水温提高和升温期气象条件影响而有较大幅度增长，表层水温也由于长短波辐射的增强而升高。6-8 月期间入库流量均超过 16m^3/s，库区流速快，加之水库由底层泄流，表层水温、库底水温、坝址水温、下泄水温均在此期间达全年最大值。9 月入库水温、气温、太阳辐射等均进入快速下降期，库水温完成垂向翻转整体降低。10 月以后受来流水温持续降低和气象条件影响，库区水温降幅明显。

水库不存在稳定的库底水温。库底水温在 1~3 月基本维持在 20.1℃~20.4℃，从 3 月开始入库水温迅速提高，到了 6 月来流量猛增，库区底层出流引起库库底温水层消失，至 7 月份由于库区水体替换充分，库区基本同温。库底水温在 8 月最高，为 30.8℃，2 月最低，为 20.1℃，库底水温年内变化为 10.7℃。

水库整体呈**季节性分层**水温结构特征。

水库部分月份表层与底层之间存在明显温差。5 月温差最大，为 6.1℃，8 月以后多个月份垂向同温。

与坝址水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 1.1℃。下泄水温在 3~6 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.5℃，4 月份降

低最多，达 3.9℃。7 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.8℃，11 月温升幅度最大，为 4.2℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 28.4℃升为建坝后的 30.8℃，月均最低温度从建坝前的 18.5℃升为建坝后的 20.1℃，温差扩大了 0.8℃。

表 5.3-36　工况 1 的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1 月	17.9	20.4	20.4	18.5	20.5	2.0	0.0
2 月	19.1	20.5	20.1	19.9	20.1	0.2	0.4
3 月	22.3	22.9	20.2	22.3	20.3	-2.0	2.7
4 月	25.5	26.4	21.1	25.1	21.2	-3.9	5.3
5 月	27.2	29.1	23.0	26.4	23.2	-3.2	6.1
6 月	28.2	30.9	27.1	28.1	27.4	-0.7	3.8
7 月	28.1	31.3	30.5	28.4	30.5	2.1	0.8
8 月	27.4	31.2	30.8	27.5	30.8	3.3	0.4
9 月	26.2	30.1	30.1	26.5	30.1	3.6	0.0
10 月	24.4	28.5	28.4	24.8	28.4	3.6	0.1
11 月	21.3	25.5	25.5	21.4	25.6	4.2	0.0
12 月	18.4	22.4	22.4	19.3	22.5	3.2	0.0
年均	23.8	26.6	25.0	24.0	25.1	1.1	1.6
最大值	28.2	31.3	30.8	28.4	30.8	4.2	6.1
最小值	17.9	20.4	20.1	18.5	20.1	-3.9	0.0
年内变幅	10.3	10.9	10.7	9.9	10.7	-	-

注：表层水温和库底水温均为当月 15 日值，月均下泄水温为各月平均水温。

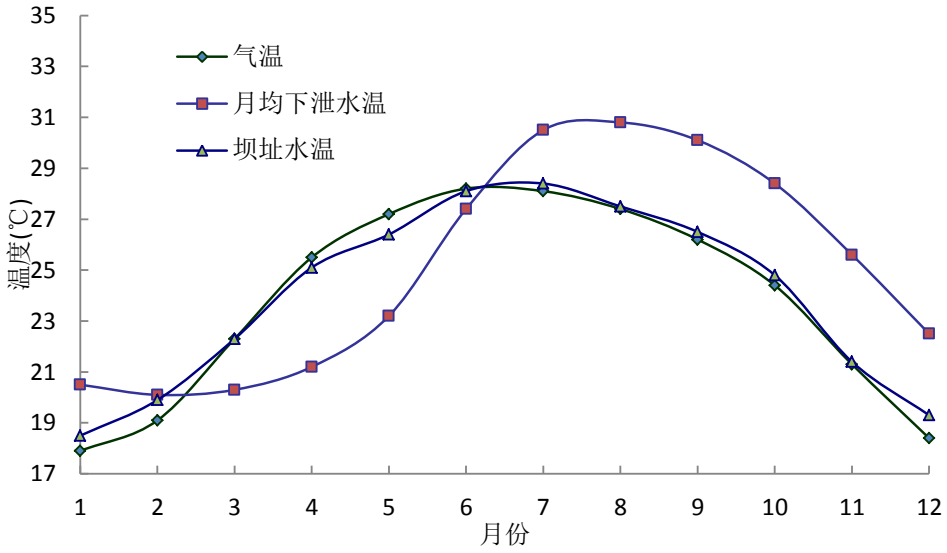


图 5.3-20　工况 1 月均下泄水温、坝址处天然水温比较

(工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

表 5.3-37 比较了天角潭水库典型平水年 4 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址多年平均逐日水温相比，4 月天角潭下泄水温整体偏低，最大降幅为 4.1℃（4 月 14 日等多日），最小降幅为 3.4℃（4 月 1 日）。

图 5.3-21 比较了天角潭水库典型平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址处天然水温。与坝址多年平均逐日水温相比，天角潭下泄水温最大降幅为 4.1℃（4 月 14 日等多日）、最大升幅为 4.2℃（11 月 9 日~23 日）。

以 4 月坝址天然水温 25.1℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 4 月 14 日到达 25.1℃，建坝后下泄水温在 6 月 3 日到达 25.1℃，延迟了 50 天，延迟现象明显。

表 5.3-37 平水年 4 月逐日下泄水温与坝址现状水温

单位：℃

日期	坝址处多年平均水温	工况 1 下泄水温	与坝址水温差值	日期	坝址处多年平均水温	工况 1 下泄水温	与坝址水温差值
4 月 3 日	24.2	20.7	-3.5	4 月 16 日	25.3	21.2	-4.1
4 月 4 日	24.3	20.7	-3.6	4 月 17 日	25.4	21.3	-4.1
4 月 5 日	24.4	20.7	-3.7	4 月 18 日	25.4	21.3	-4.1
4 月 6 日	24.5	20.8	-3.7	4 月 19 日	25.5	21.4	-4.1
4 月 7 日	24.6	20.8	-3.8	4 月 20 日	25.5	21.4	-4.1
4 月 8 日	24.7	20.8	-3.9	4 月 21 日	25.6	21.5	-4.1
4 月 9 日	24.8	20.9	-3.9	4 月 22 日	25.6	21.5	-4.1
4 月 10 日	24.9	20.9	-4.0	4 月 23 日	25.7	21.6	-4.1
4 月 11 日	24.9	21.0	-3.9	4 月 24 日	25.7	21.6	-4.1
4 月 12 日	25.0	21.0	-4.0	4 月 25 日	25.7	21.7	-4.0
4 月 13 日	25.1	21.1	-4.0	4 月 26 日	25.8	21.7	-4.1
4 月 14 日	25.2	21.1	-4.1	4 月 27 日	25.8	21.8	-4.0
4 月 15 日	25.2	21.2	-4.0	4 月 28 日	25.8	21.9	-3.9
4 月 3 日	24.2	20.7	-3.5	4 月 29 日	25.8	21.9	-3.9
4 月 4 日	24.3	20.7	-3.6	4 月 30 日	25.9	22.0	-3.9

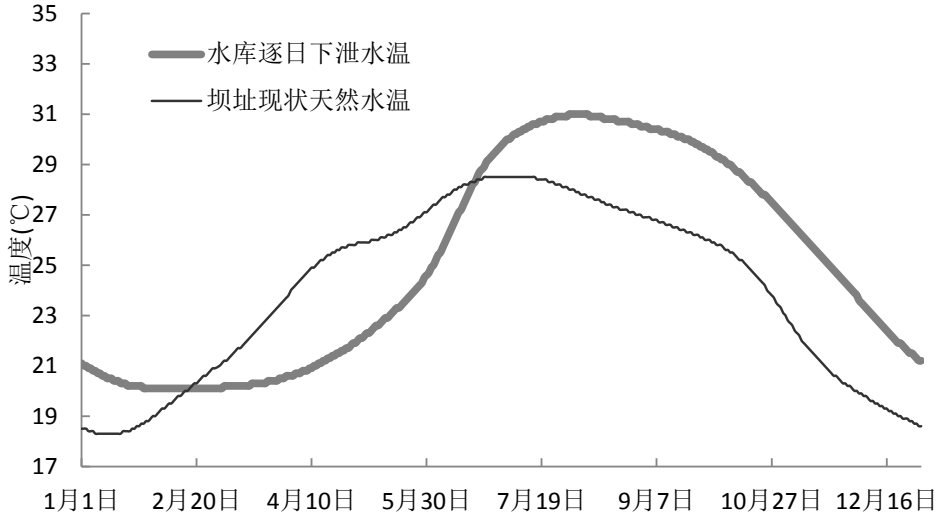


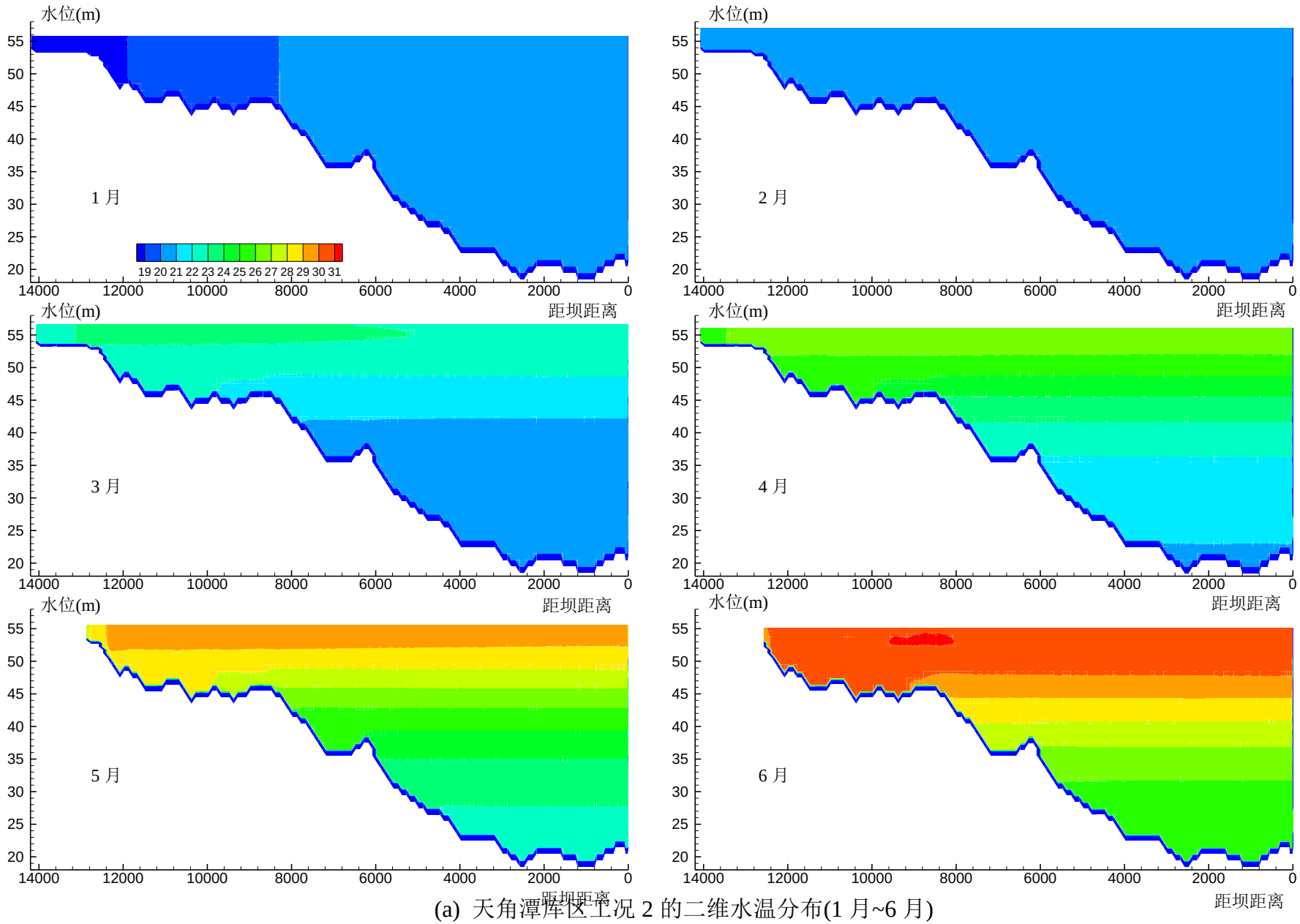
图 5.3-21 典型平水年逐日下泄水温与现状水温比较

（2）枯水年单层取水（工况 2）

图 5.3-22 显示了天角潭水库在枯水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件（工况 2）情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日计算值。图 5.3-23 为各月 15 日的坝前垂向水温分布。

枯水年和平水年的计算条件主要是入出库流量、水位存在差异，年均来流为平水年的 48%，年均运行水位比平水年低 0.65m。

枯水年库区水温结构与平水年相似，枯水年天角潭库区总体呈季节性分层水温结构特征，但分层时段较平水年延长，分层强度和垂向温差都有所扩大。



(a) 天角潭库区工况 2 的二维水温分布(1 月~6 月)

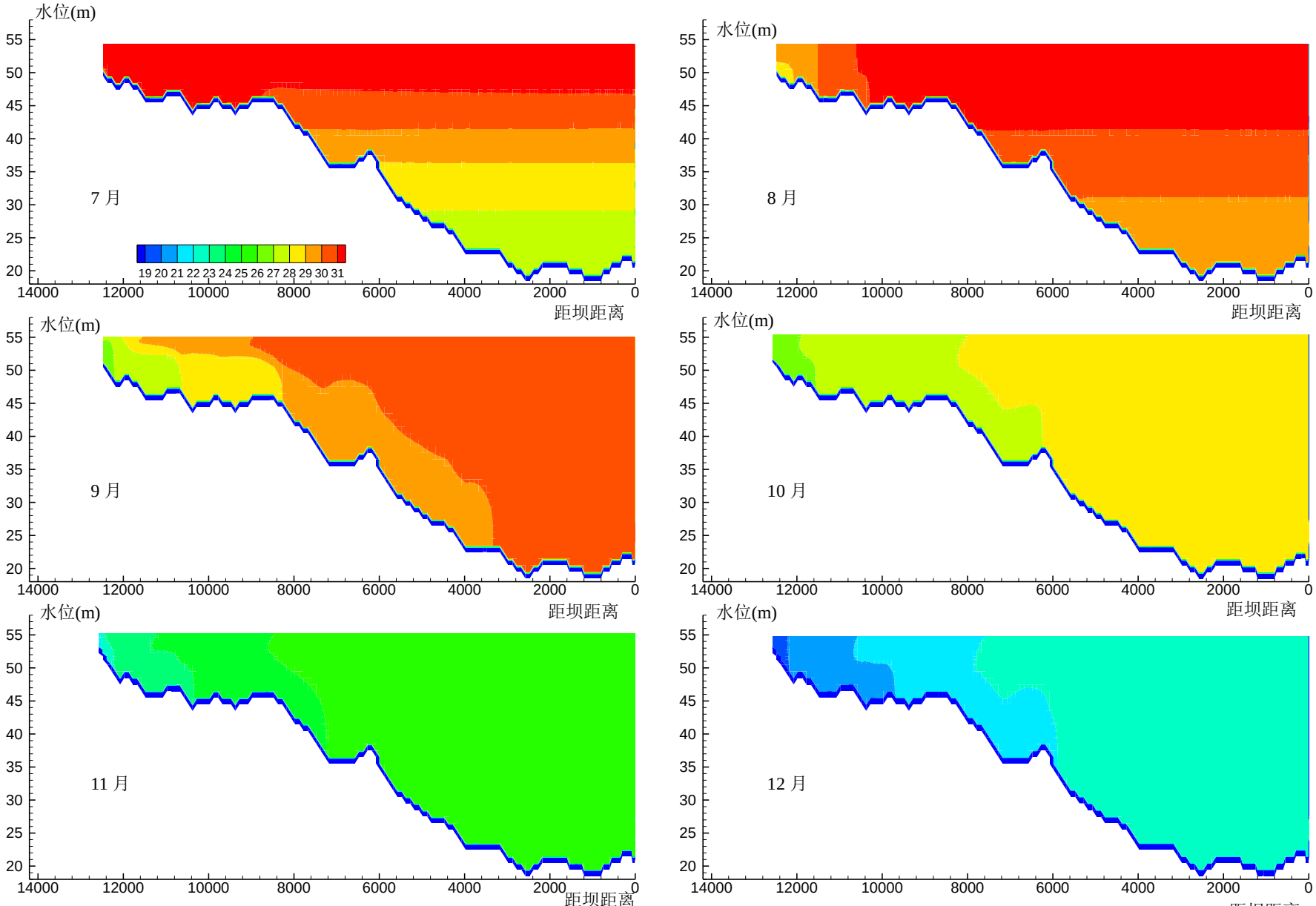


图 5.3-22(b) 天角潭库区工况 2 的二维水温分布(7 月~12 月)

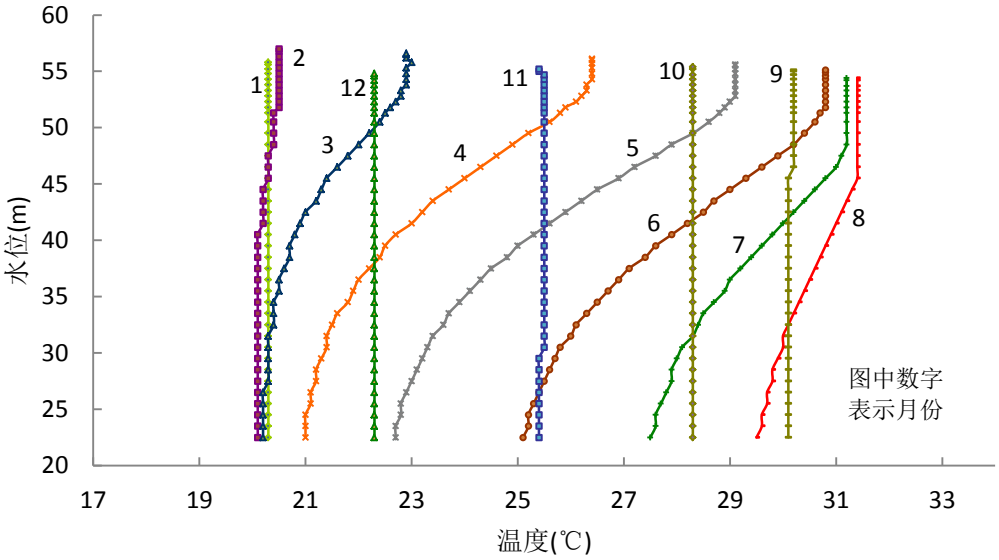


图 5.3-23　工况 2 的坝前水温分布

(工况 2：枯水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

表 5.3-38 和图 5.3-24 比较了工况 2 的下泄水温、表层水温、库底水温、坝址处天然水温及气温年内过程。

就表层水温而言 1 月最低，为 20.3℃，7 月最高，为 31.4℃，年内变化 11.1℃。1 月的来流水温、气温为全年最低，库区水温受入流影响明显而大幅降低。3~7 月库区水温受入流水温提高和升温期气象条件影响而有较大幅度增长，表层水温也由于长短波辐射的增强而升高。6-8 月期间入库流量最大不超过 7m3/s，库底升温主要由底层出流引起，表层水温、库底水温、坝址水温、下泄水温均在此期间达全年最大值。9 月入库水温、气温、太阳辐射等均进入快速下降期，库水温完成垂向翻转整体降低。10 月以后受来流水温持续降低和气象条件影响，库区水温降幅明显。

水库不存在稳定的库底水温。库底水温在 1 月~3 月基本维持在 20.1℃~20.3℃，从 3 月开始入库水温迅速提高，库区坝前底层出流引起库库底温水层逐渐消失，至 9 月份由于汛期大流量入库导致水体替换充分，库区基本同温。库底水温在 9 月最高，为 30.1℃，2 月最低，为 20.1℃，库底水温年内变化为 10.0℃。

水库整体呈季节性分层水温结构特征。

水库部分月份表层与底层之间存在明显温差。5 月温差最大，为 6.4℃，8 月以后多个月份垂向同温。

与坝址水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.5℃。下泄水温在 3~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.6℃，4 月份降

低最多，达 4.0℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.6℃，11 月温升幅度最大，为 4.1℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 9 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 28.4℃升为建坝后的 30.1℃，月均最低温度从建坝前的 18.5℃升为建坝后的 20.1℃，温差略有扩大。

表 5.3-38　工况 2 的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1 月	17.9	20.3	20.3	18.5	20.4	1.9	0.0
2 月	19.1	20.5	20.1	19.9	20.1	0.2	0.4
3 月	22.3	22.9	20.2	22.3	20.3	-2.0	2.7
4 月	25.5	26.4	21.0	25.1	21.1	-4.0	5.4
5 月	27.2	29.1	22.7	26.4	22.9	-3.5	6.4
6 月	28.2	30.8	25.1	28.1	25.3	-2.8	5.7
7 月	28.1	31.2	27.5	28.4	27.7	-0.7	3.7
8 月	27.4	31.4	29.5	27.5	29.7	2.2	1.9
9 月	26.2	30.2	30.1	26.5	30.1	3.6	0.1
10 月	24.4	28.3	28.3	24.8	28.2	3.4	0.0
11 月	21.3	25.4	25.4	21.4	25.5	4.1	0.0
12 月	18.4	22.3	22.3	19.3	22.4	3.1	0.0
年均	23.8	26.6	24.4	24.0	24.5	0.5	2.2
最大值	28.2	31.4	30.1	28.4	30.1	4.1	6.4
最小值	17.9	20.3	20.1	18.5	20.1	-4.0	0.0
年内变幅	10.3	11.1	10.0	9.9	10.0	-	-

注：表层水温和库底水温均为当月 15 日值，月均下泄水温为各月平均水温。

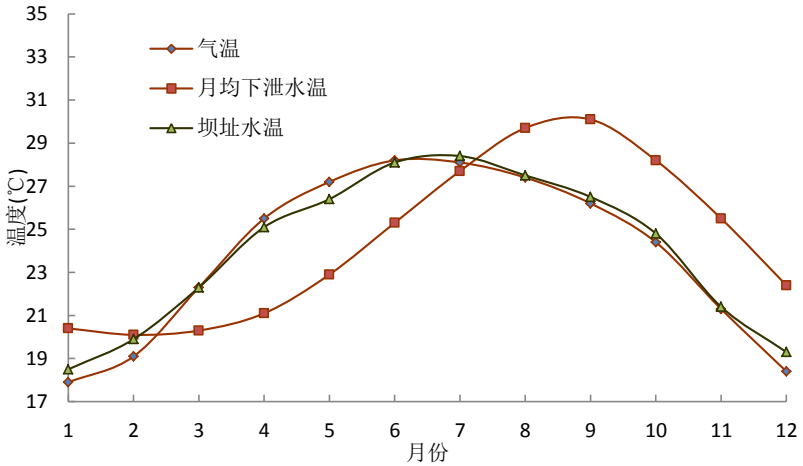


图 5.3-24 工况 2 月均下泄水温、坝址处天然水温比较

(工况 2：枯水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

表 5.3-39 比较了天角潭水库典型枯水年 4 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址多年平均逐日水温相比，4 月天角潭下泄水温整体偏低，最大降幅为 4.3℃（4 月 17 日等多日）、最小降幅 3.4℃（4 月 1 日）。

图 5.3-24 比较了天角潭水库典型枯水年全年的逐日下泄水温过程与坝址处天然水温。与坝址多年平均逐日水温相比，天角潭下泄水温最大降幅为 4.3℃（4 月 17 日等多日）、最大升幅为 4.2℃（11 月 9 日等多日）。

以 4 月坝址天然水温以 25.1℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 4 月 14 日到达 25.1℃，建坝后下泄水温在 6 月 13 日到达 25.1℃，延迟了 60 天。

表 5.3-39 枯水年 4 月逐日下泄水温与坝址现状水温

单位：℃

日期	坝址处多年平均水温	工况 2 下泄水温	与坝址水温差值	日期	坝址处多年平均水温	工况 2 下泄水温	与坝址水温差值
4 月 1 日	24.0	20.6	-3.4	4 月 16 日	25.3	21.1	-4.2
4 月 2 日	24.1	20.6	-3.5	4 月 17 日	25.4	21.1	-4.3
4 月 3 日	24.2	20.6	-3.6	4 月 18 日	25.4	21.2	-4.2
4 月 4 日	24.3	20.6	-3.7	4 月 19 日	25.5	21.2	-4.3
4 月 5 日	24.4	20.7	-3.7	4 月 20 日	25.5	21.3	-4.2
4 月 6 日	24.5	20.7	-3.8	4 月 21 日	25.6	21.3	-4.3
4 月 7 日	24.6	20.7	-3.9	4 月 22 日	25.6	21.4	-4.2
4 月 8 日	24.7	20.8	-3.9	4 月 23 日	25.7	21.4	-4.3
4 月 9 日	24.8	20.8	-4.0	4 月 24 日	25.7	21.5	-4.2
4 月 10 日	24.9	20.8	-4.1	4 月 25 日	25.7	21.5	-4.2
4 月 11 日	24.9	20.9	-4.0	4 月 26 日	25.8	21.6	-4.2
4 月 12 日	25.0	20.9	-4.1	4 月 27 日	25.8	21.6	-4.2
4 月 13 日	25.1	21.0	-4.1	4 月 28 日	25.8	21.7	-4.1
4 月 14 日	25.2	21.0	-4.2	4 月 29 日	25.8	21.7	-4.1
4 月 15 日	25.2	21.0	-4.2	4 月 30 日	25.9	21.8	-4.1

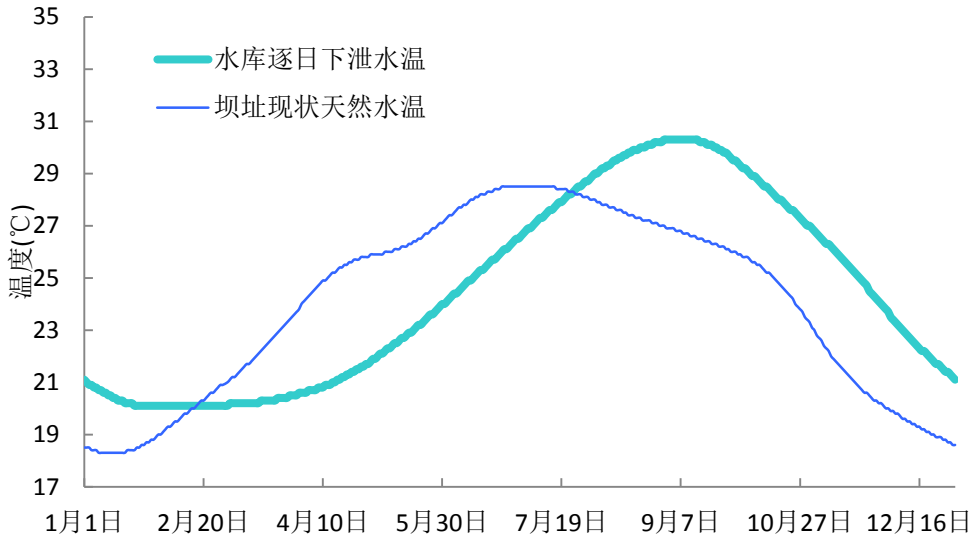


图 5.3-25 典型枯水年逐日下泄水温与现状水温比较

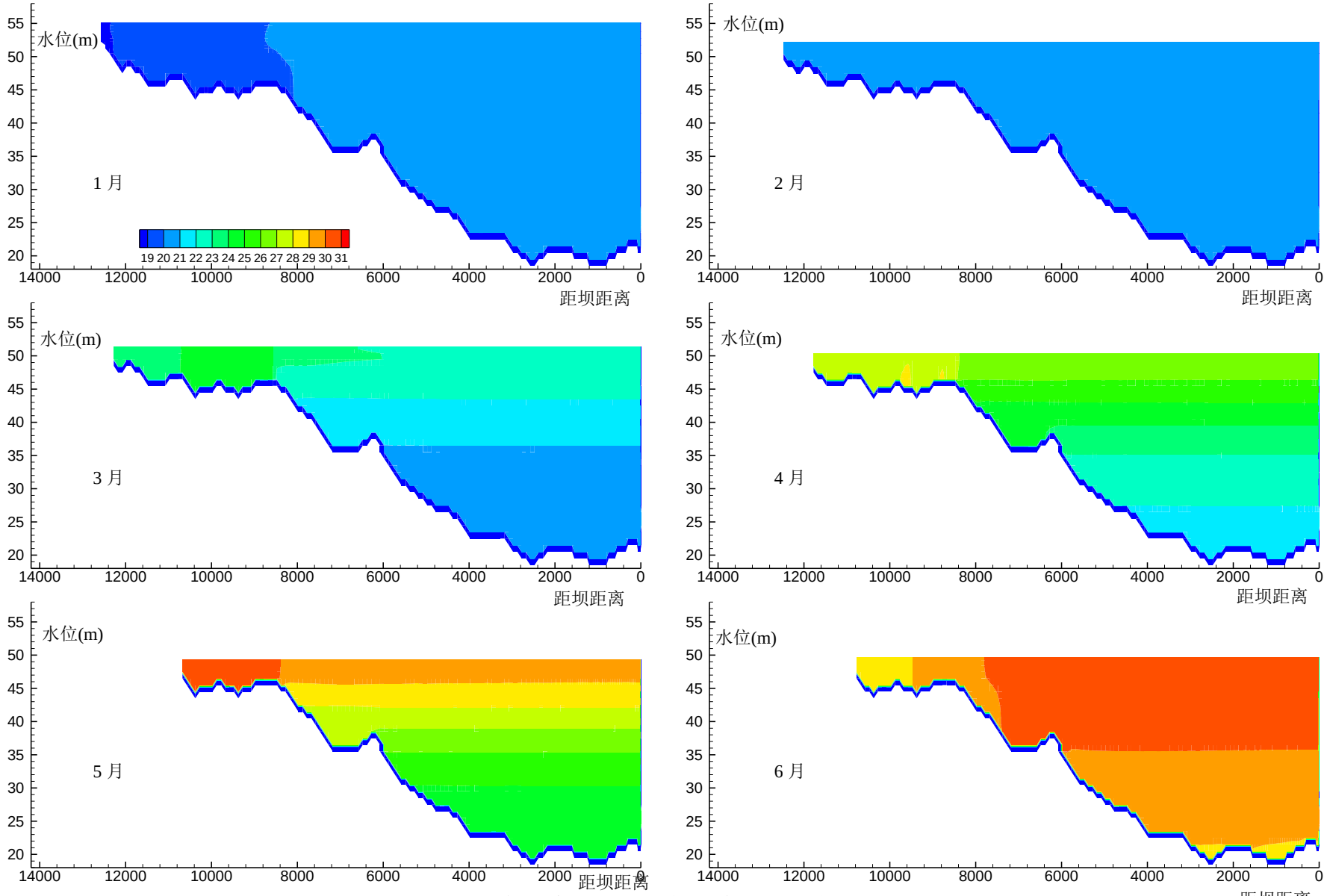
（3）丰水年单层取水（工况 3）

图 5.3-26 显示了天角潭水库在丰水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件(工况 3)情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日计算值。图 5.3-14 为各月 15 日的坝前垂向水温分布。

丰水年和平水年的计算条件主要是入出库流量、水位存在差异，年均来流为平水

年的 1.73 倍，年均运行水位比平水年低 2.23m。

丰水年库区水温结构与平水年相似，丰水年天角潭库区总体呈季节性分层水温结构特征，但分层时段较平水年缩短，分层强度和垂向温差都有所减小。



(a) 天角潭库区工况 3 的二维水温分布(1 月~6 月)

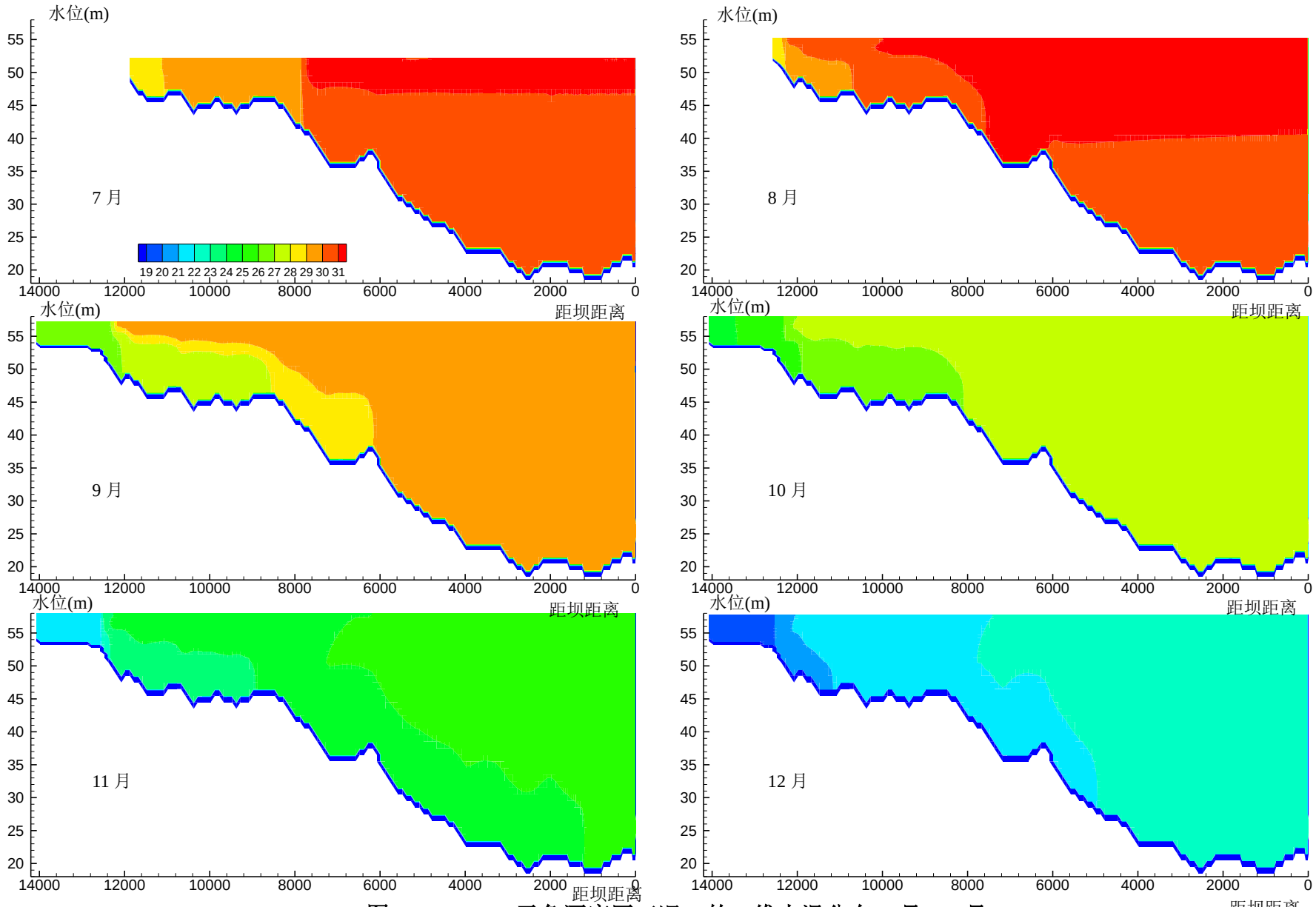


图 5.3-26 (b)天角潭库区工况 3 的二维水温分布(7 月~12 月)

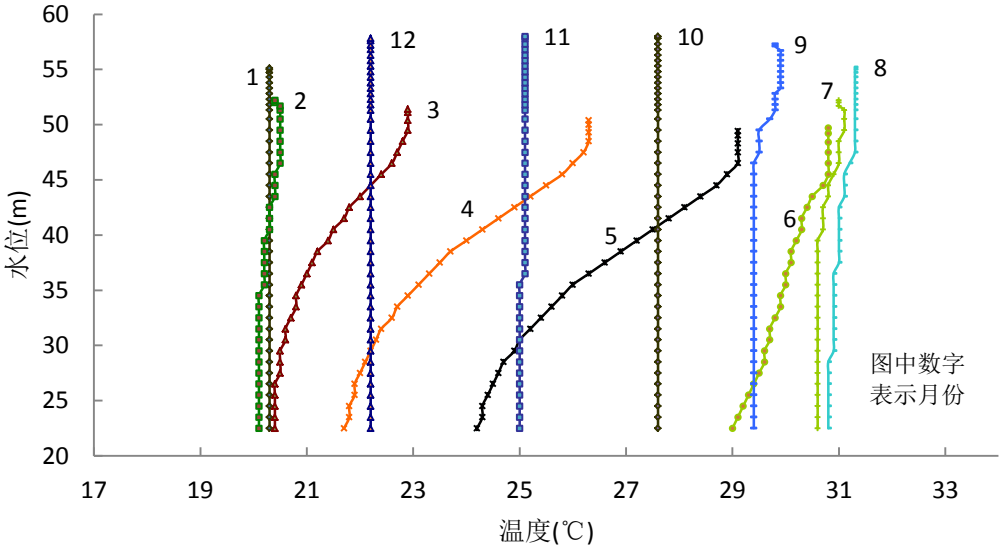


图 5.3-27　工况 3 的坝前水温分布

(工况 3：丰水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

表 5.3-40 和图 5.3-28 比较了工况 3 的下泄水温、表层水温、库底水温、坝址处天然水温及气温年内过程。

就表层水温而言 1 月最低，为 20.3℃，7 月最高，为 31.3℃，年内变化 11.0℃。1 月的来流水温、气温为全年最低，库区水温受入流影响明显而大幅降低。3~7 月库区水温受入流水温提高和升温期气象条件影响而有较大幅度增长，表层水温也由于长短波辐射的增强而升高。汛期 6~10 月期间入库流量均超过 14m^3/s，库区流速快，加之水库由底层泄流库底，表层水温、库底水温、坝址水温、下泄水温均在此期间达全年最大值。9 月入库水温、气温、太阳辐射等均进入快速下降期，库水温完成垂向翻转整体降低。10 月以后受来流水温持续降低和气象条件影响，库区水温降幅明显。

水库不存在稳定的库底水温。库底水温在 1~3 月基本维持在 20.1℃~20.4℃，从 3 月开始入库水温迅速提高，库区坝前底层出流引起库库底温水层逐渐消失，至 7 月份由于汛期大流量入库导致水体替换充分，库区基本同温。库底水温在 8 月最高，为 30.8℃，2 月最低，为 20.1℃，库底水温年内变化为 10.7℃。

水库整体呈季节性分层水温结构特征。

水库部分月份表层与底层之间存在明显温差。5 月温差最大，为 5.9℃，7 月以后多个月份垂向同温。

与坝址水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 1.2℃。下泄水温在 3~5 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.3℃，4 月份降低最多，达 3.2℃。6 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.3℃，11 月温升幅度最大，为 3.7℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 28.4℃升为建坝后的 30.8℃，月均最低温度从建坝前的 18.5℃升为建坝后的 20.1℃，温差扩大了 0.8℃。

表 5.3-40　工况 3 的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	表底温差
1 月	17.9	20.3	20.3	18.5	20.4	1.9	0.0
2 月	19.1	20.4	20.1	19.9	20.1	0.2	0.3
3 月	22.3	22.9	20.4	22.3	20.5	-1.8	2.5
4 月	25.5	26.3	21.7	25.1	21.9	-3.2	4.6
5 月	27.2	29.1	24.2	26.4	24.5	-1.9	4.9
6 月	28.2	30.8	29.0	28.1	29.0	0.9	1.8
7 月	28.1	31.0	30.6	28.4	30.6	2.2	0.4
8 月	27.4	31.3	30.8	27.5	30.8	3.3	0.5
9 月	26.2	29.8	29.4	26.5	29.4	2.9	0.4
10 月	24.4	27.6	27.6	24.8	27.5	2.7	0.0
11 月	21.3	25.1	25.0	21.4	25.1	3.7	0.1
12 月	18.4	22.2	22.2	19.3	22.2	2.9	0.0
年均	23.8	26.4	25.1	24.0	25.2	1.2	1.3
最大值	28.2	31.3	30.8	28.4	30.8	3.7	4.9
最小值	17.9	20.3	20.1	18.5	20.1	-3.2	0.0
年内变幅	10.3	11.0	10.7	9.9	10.7	-	-

注：表层水温和库底水温均为当月 15 日值，月均下泄水温为各月平均水温。

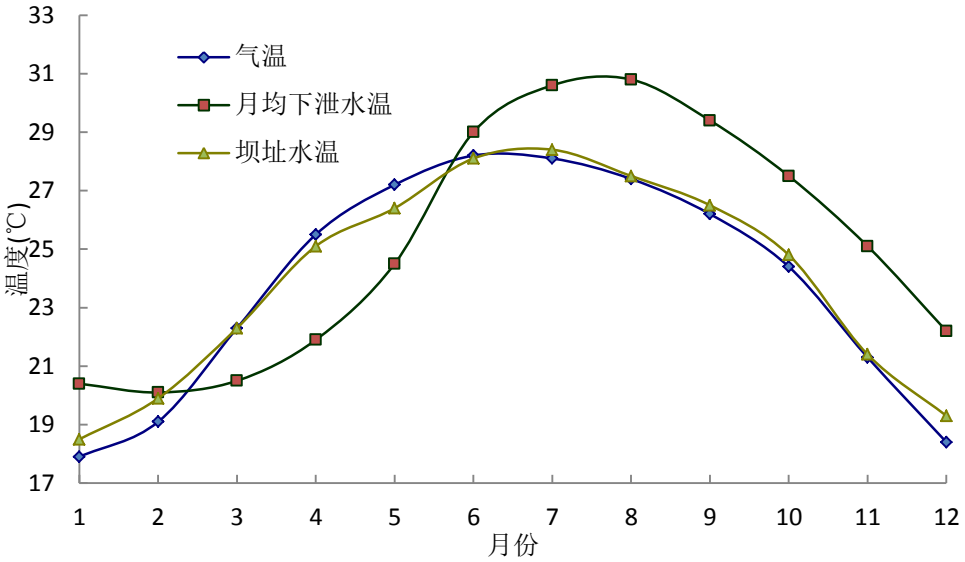


图 5.3-28 工况 3 月均下泄水温、坝址处天然水温比较

(工况 3：丰水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件)

表 5.3-41 比较了天角潭水库典型丰水年 4 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址多年平均逐日水温相比，4 月天角潭下泄水温整体偏低，最大降幅为 4.3℃（4 月 9 日等多日）、最小降幅 3.0℃（4 月 1 日等多日）。

图 5.3-29 比较了天角潭水库典型丰水年全年的逐日下泄水温过程与坝址处天然水温。与坝址多年平均逐日水温相比，天角潭下泄水温最大降幅为 3.4℃（4 月 9 日等多日）、最大升幅为 3.8℃（8 月 26 日等多日）。

以 4 月坝址天然水温以 25.1℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 4 月 14 日到达 25.1℃，建坝后下泄水温在 5 月 23 日到达 25.1℃，延迟了 39 天。

表 5.3-41 丰水年 4 月逐日下泄水温与坝址现状水温

单位：℃

日期	坝址处多年平均水温	工况 3 下泄水温	与坝址水温差值	日期	坝址处多年平均水温	工况 3 下泄水温	与坝址水温差值
4 月 1 日	24.0	21.0	-3.0	4 月 16 日	25.3	21.9	-3.4
4 月 2 日	24.1	21.1	-3.0	4 月 17 日	25.4	22.0	-3.4
4 月 3 日	24.2	21.1	-3.1	4 月 18 日	25.4	22.0	-3.4
4 月 4 日	24.3	21.2	-3.1	4 月 19 日	25.5	22.1	-3.4
4 月 5 日	24.4	21.2	-3.2	4 月 20 日	25.5	22.2	-3.3
4 月 6 日	24.5	21.3	-3.2	4 月 21 日	25.6	22.2	-3.4
4 月 7 日	24.6	21.3	-3.3	4 月 22 日	25.6	22.3	-3.3
4 月 8 日	24.7	21.4	-3.3	4 月 23 日	25.7	22.4	-3.3
4 月 9 日	24.8	21.4	-3.4	4 月 24 日	25.7	22.5	-3.2
4 月 10 日	24.9	21.5	-3.4	4 月 25 日	25.7	22.6	-3.1
4 月 11 日	24.9	21.6	-3.3	4 月 26 日	25.8	22.6	-3.2
4 月 12 日	25.0	21.6	-3.4	4 月 27 日	25.8	22.7	-3.1
4 月 13 日	25.1	21.7	-3.4	4 月 28 日	25.8	22.8	-3.0
4 月 14 日	25.2	21.8	-3.4	4 月 29 日	25.8	22.9	-2.9
4 月 15 日	25.2	21.8	-3.4	4 月 30 日	25.9	23.0	-2.9

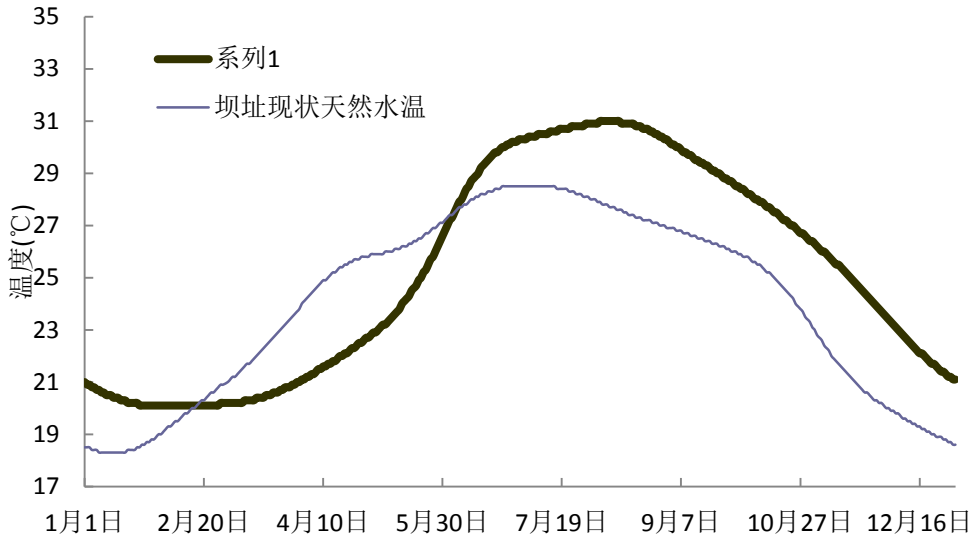


图 5.3-29 典型丰水年逐日下泄水温与现状水温比较

（4）单独运行工况下泄水温的比较

表 5.3-42 和图 5.3-30 比较了天角潭单独运行各工况的下泄水温和建坝前的坝址处现状水温，三个工况计算条件的差别主要在于入库流量和出库流量。

总体来看，天角潭水库运行对坝址下游水温的影响较大，建库前后各月坝下

水温的低温水降幅均超过 3.2℃，高温水升幅均超过 3.7℃。不同典型年的差异有限，枯水年的影响相对偏大，丰水年的影响相对偏小。

工况 1(平水年)的下泄水温在 3~6 月均低于建坝前的天然水温，平均低 2.5℃；11 月下泄水温比现状水温高 4.2℃。

工况 2（枯水年）流量比工况 1 低 52%左右。枯水年下泄水温在 3~7 月低于坝址天然水温，平均低 2.6℃；11 月下泄水温比现状水温高 4.1℃。

工况 3（丰水年）流量比工况 1 高 73%左右。丰水年下泄水温在 3~5 月低于坝址天然水温，平均低 2.3℃；11 月下泄水温比现状水温高 3.7℃。

与坝址天然水温相比，各典型年在 4 月降幅较大，升幅最大月份为 11 月；平、枯、丰典型水文年 4 月的降幅分别为 3.9℃、4.0℃、3.2℃，11 月的升幅分别为 4.2℃、4.1℃、3.7℃。

表 5.3-42 天角潭水库不同典型年月均下泄水温与坝址处水温比较

单位：℃

月份	单独运行			
	坝址天然水温	平水年下泄水温	枯水年下泄水温	丰水年下泄水温
1	18.5	20.5	20.4	20.4
2	19.9	20.1	20.1	20.1
3	22.3	20.3	20.3	20.5
4	25.1	21.2	21.1	21.9
5	26.4	23.2	22.9	24.5
6	28.1	27.4	25.3	29.0
7	28.4	30.5	27.7	30.6
8	27.5	30.8	29.7	30.8
9	26.5	30.1	30.1	29.4
10	24.8	28.4	28.2	27.5
11	21.4	25.6	25.5	25.1
12	19.3	22.5	22.4	22.2
平均	24.0	25.1	24.5	25.2
3~6 月均值	25.5	23.0	22.4	24.0
年内变幅	9.9	10.7	10.0	10.7

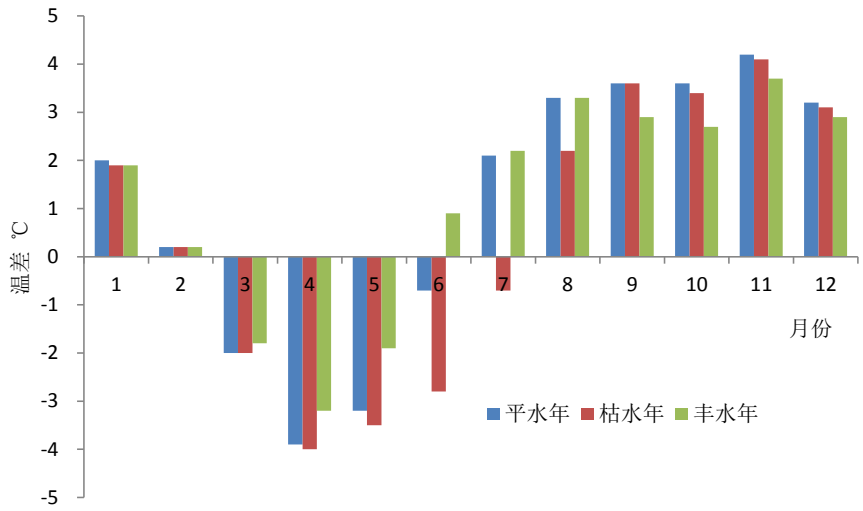


图 5.3-30 天角潭水库不同典型年月均下泄水温与坝址处水温的差值

（5）流场分析

为说明库区水温分层与流动的关系，图 5.3-31 和图 5.3-32 分别绘出了单独运行时平水年低温水降幅相对偏大的 4 月和高温水升幅相对偏大的 11 月的温度场叠加流场。

由于水库坝前流速远小于库尾流速，图 5.3-31 和图 5.3-33 的整个库区绘制流场方式未能充分显示坝前的流动特性， 图 5.3-32~图 5.3-34 分别绘制了库区坝前 2km 的流场细节。

在图 5.3-31 的 4 月流场中可见库尾方向沿表层的流动层在坝前逐步下潜到发电孔口高程出库。 图 5.3-32 则表明了泄流孔口对坝前垂向流速分布的影响，在远离孔口的 2.0km 处，表层以下流速的垂向分布相对较为均匀；随流动向坝前推进，孔口高程附近的流速逐渐加大，主流动层边缘处的流速则减小；表层以下形成回流。

图 5.3-33~图 5.3-34 为 11 月流场，由于库区基本同温且与来流水温接近，来流在向坝前推进过程中分层流动现象不明显，等仍可观察到来流沿库底向坝前推荐的现象。且由于来流沿库底前行，主流动层以上形成大范围流速较低的回流区。

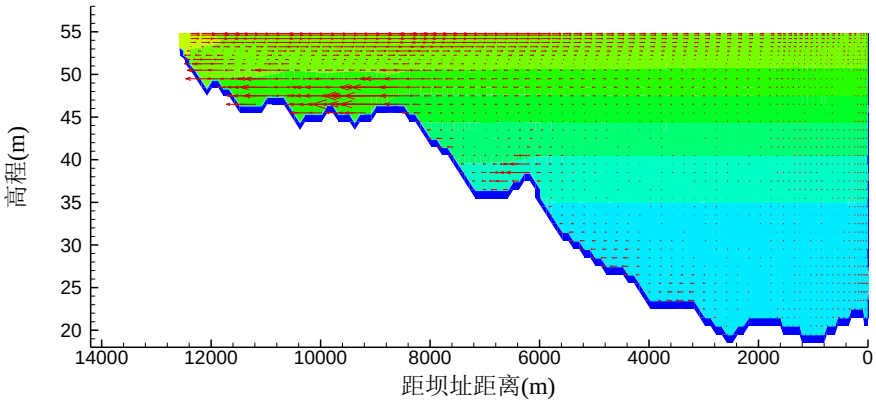


图 5.3-31　天角潭水库典型平水年 4 月库区流场

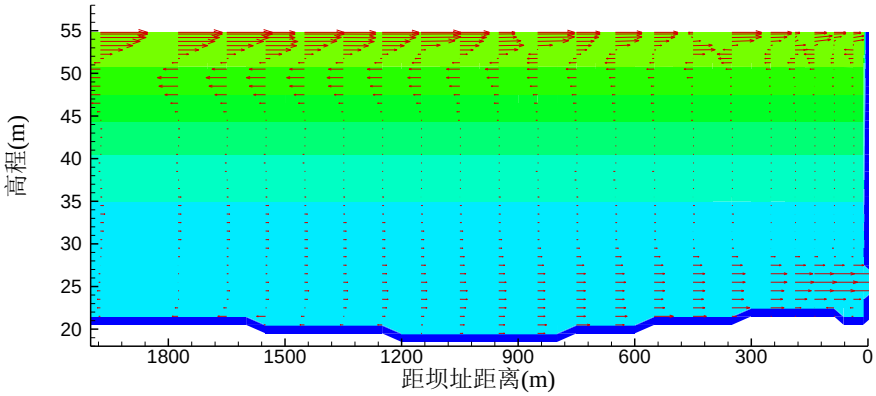


图 5.3-32 天角潭水库典型平水年 4 月坝前 2000m 流场

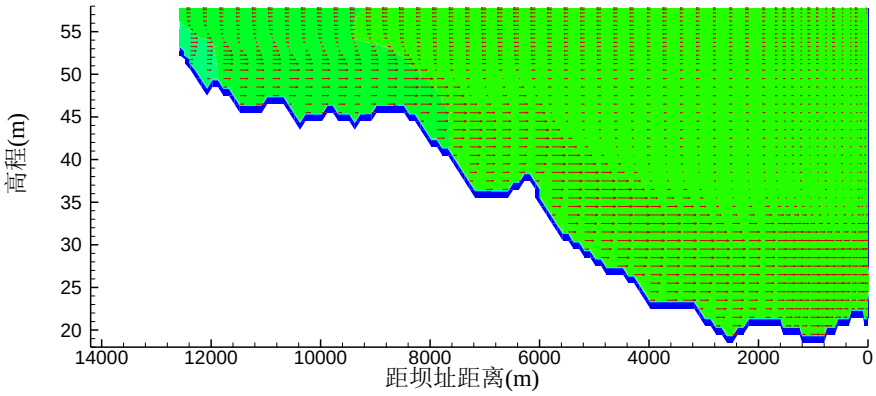


图 5.3-33 天角潭水库典型平水年 11 月库区流场

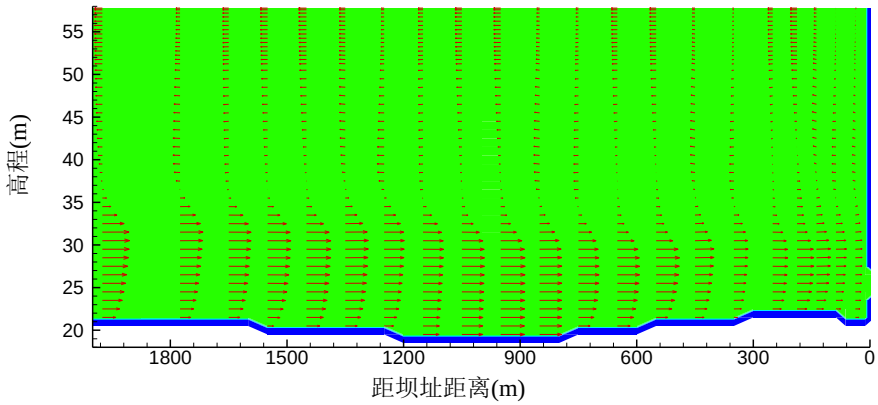


图 5.3-34 天角潭水库典型平水年 11 月坝前 2000m 流场

5.3.2.6 分层取水

为降低水库低温水下泄对坝下河道水温、鱼类的影响，对叠梁门分层取水效果进行预测。叠梁门式进水口采用 10×3m 叠梁门方案，即挡水闸门从 24m~54m 高程。采用岸塔式进水口，U 形钢筋砼结构断面，长 18.9m，宽 7.2m。其中拦污栅段长 6.5m，进口净宽 4.2m，进口底高程为 24.00m，设两道拦污栅槽。利用备用栅槽设置叠梁闸门。闸门井段长 12.4m，采用上唇与两侧三面收缩喇叭型进口，曲线方程为 $\frac{X^2}{2.8^2}+\frac{Y^2}{0.7^2}=1$。进水口塔体顺水流方向依次设事故检修闸门槽、和通气进人孔，通气孔后与隧洞进口渐变段相接。检修闸门孔口尺寸 2.8m×2.8m(宽×高)，闸门后通气进人孔断面尺寸 1.2m×2m。进水塔顶层设有闸门启闭机室、储门(栅)槽等结构。塔顶通过交通桥与 2#场内道路及管理区平台相连。见图 5.3-35。

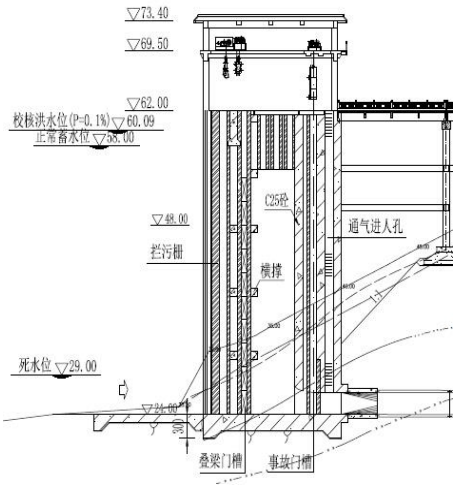
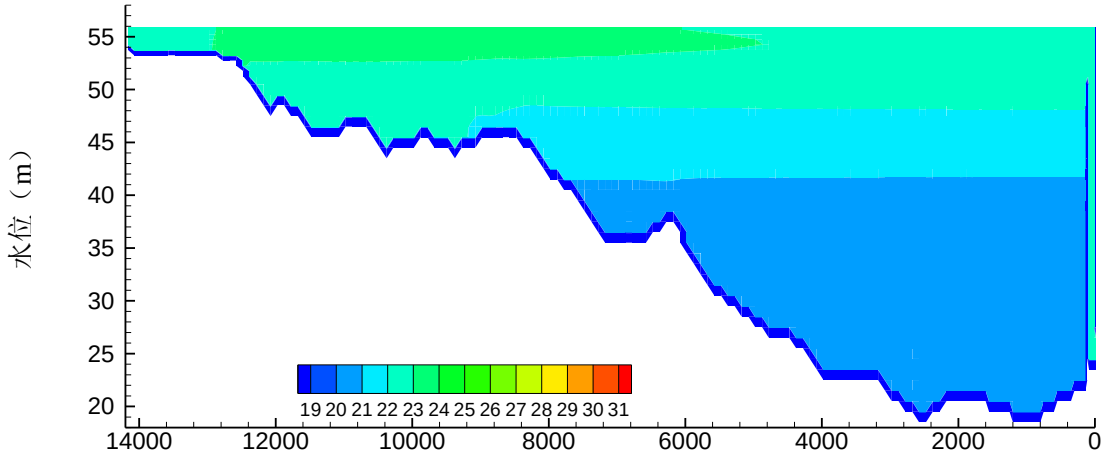


图 5.3-35 天角潭水库叠梁门进口方案图

（1）平水年叠梁门取水（工况 4）

图 5.3-36、图 5.3-37 显示了天角潭水库在 3~6 月使用叠梁门在平水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件（工况 4）情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日计算值。库区水温分层结构及变化与单层取水相近，但由于表层温水的取用，其垂向水温分布、表层水温等与单层取水有一定差异。与单层取水方案相比，叠梁门方案库区表层水体流动更快，导致表层水体蓄热时间短，温度偏低，而同时叠梁门方案流动层上移，中下层低温水体受到扰动更小，热量更不易向下传递，低温水区更大。图 5.3-38 为各月 15 日的坝前水温分布。3 月~6 月表层水温比单层取水最大低 0.3℃，库底水温比单层取水最大低 1.9℃。叠梁门表层温水的取用使库区垂向温差减小和流动层上移，热量更不易向下层水体传递，底部相对低温区厚度加大。

3 月



4 月

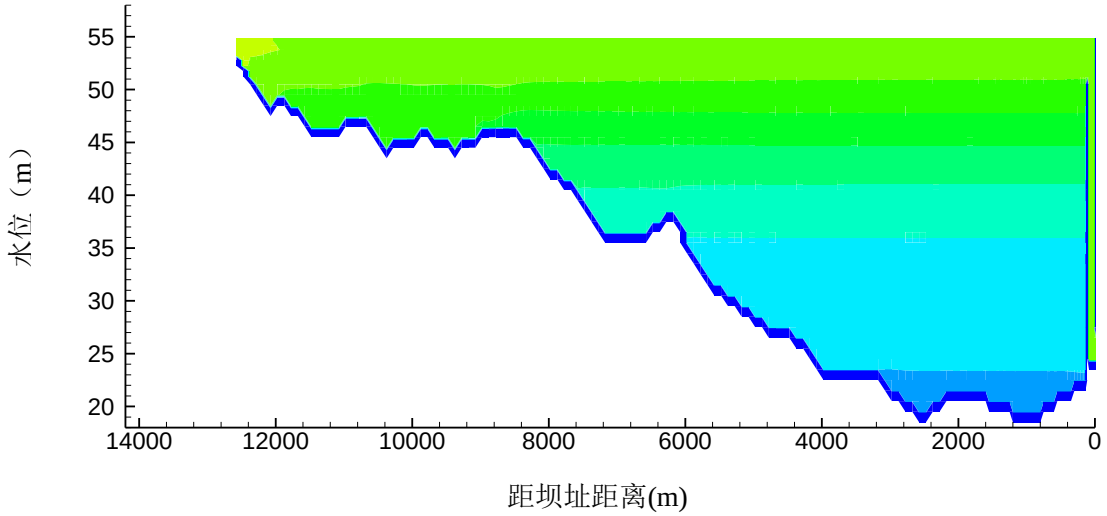
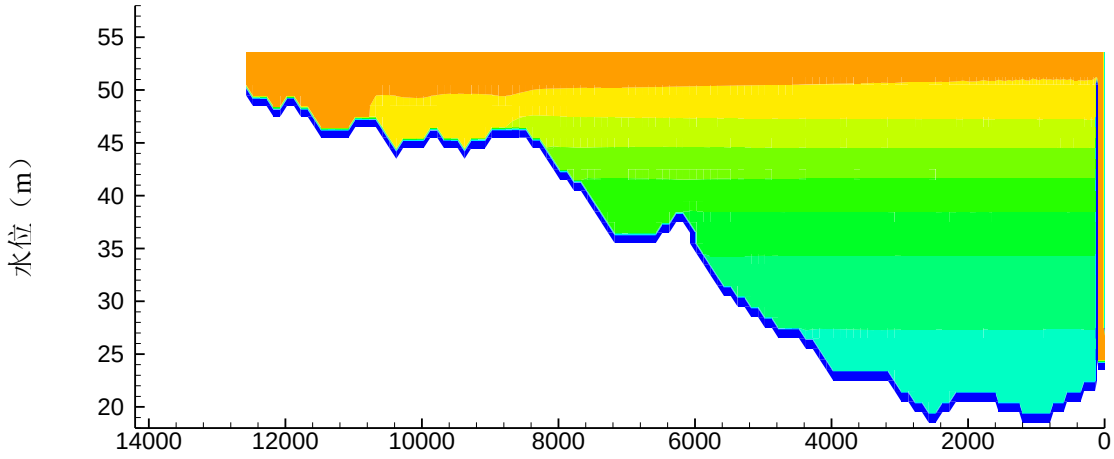


图 5.3-36　天角潭库区工况 4 的 3~4 月二维水温分布

5 月



6 月

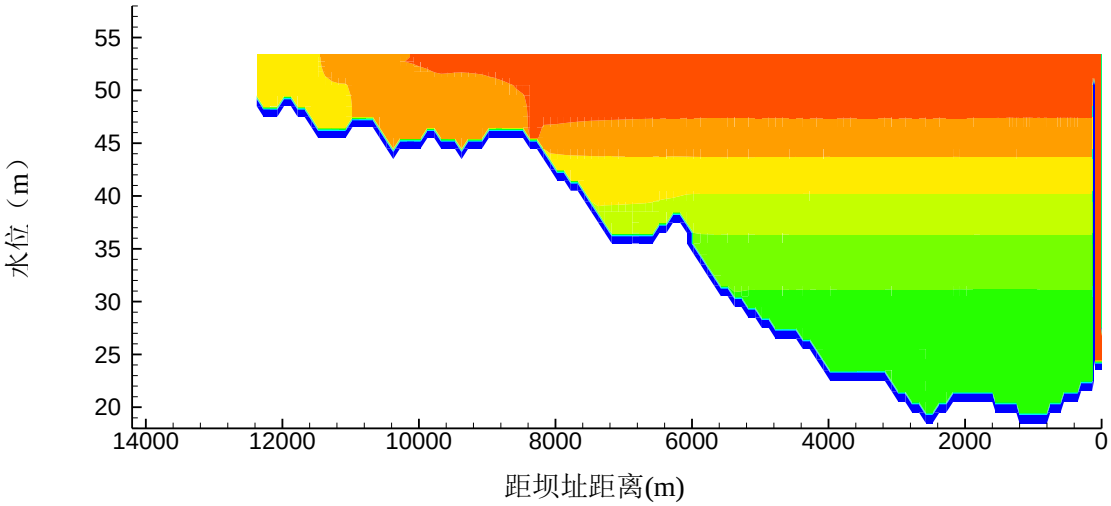


图 5.3-37　天角潭库区工况 4 的 5~6 月二维水温分布

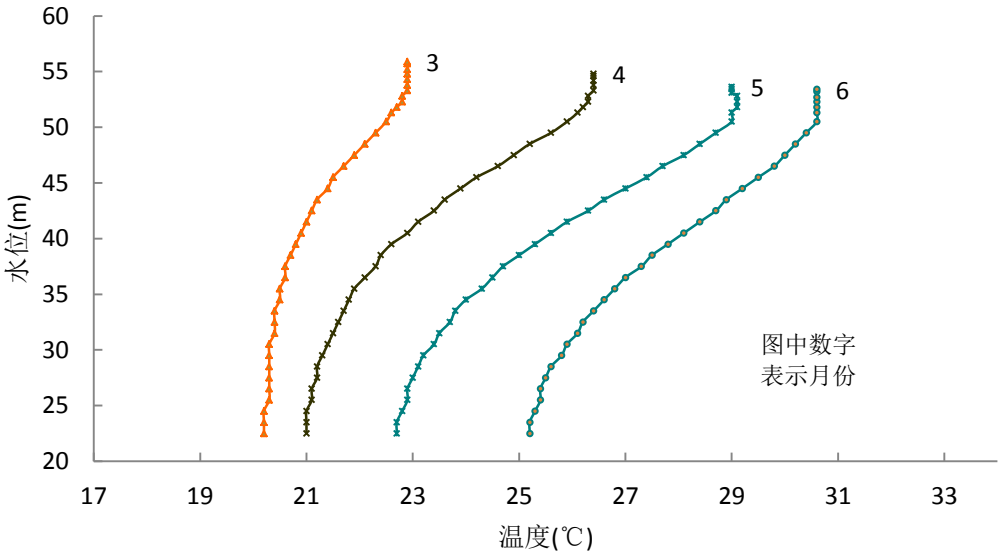


图 5.3-38　工况 4 的坝前水温分布

(工况 4：平水年，叠梁门取水，多年平均气象条件)

表 5.3-43 对比了天角潭平水年 3 月~6 月的下泄水温。

天角潭单层取水时，升温期 3 月~6 月不同程度地表现出低温水现象，平均降幅为 2.5℃，最大为 4 月的 3.9℃。采用叠梁门分层取水后，水库下泄低温水得到较明显的改善，3 月~6 月较单层取水分别提高了 1.3℃、3.7℃、5.2℃、3.2℃。

采用叠梁门之后，水库下泄水温 3 月、4 月略偏低于坝址天然水温，5 月和 6 月已高于坝址天然水温。到达 25.1℃的时间仅比建坝前延迟 4 天，比单层取水改善了 46 天，延迟现象得到明显改观。

表 5.3-43　天角潭水库平水年下泄水温比较

月份			3 月	4 月	5 月	6 月
坝址现状	水温(℃)	a	22.3	25.1	26.4	28.1
水库下泄水温(℃)	单层取水(工况 1)	b	20.3	21.2	23.2	27.4
	分层取水(工况 4)	c	21.6	24.9	28.4	30.6
叠梁门改善效果(℃)	分层取水(工况 4)	c-b	1.3	3.7	5.2	3.2

（2）枯水年叠梁门取水（工况 5）

图 5.3-39 显示了天角潭水库在 3~6 月使用叠梁门在平水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件（工况 5）情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日计算值。图 5.3-40 为各月 15 日的坝前水温分布。3~6 月表层水温与单层取水基本持平，库底水温比单层取水最大低 0.5℃。

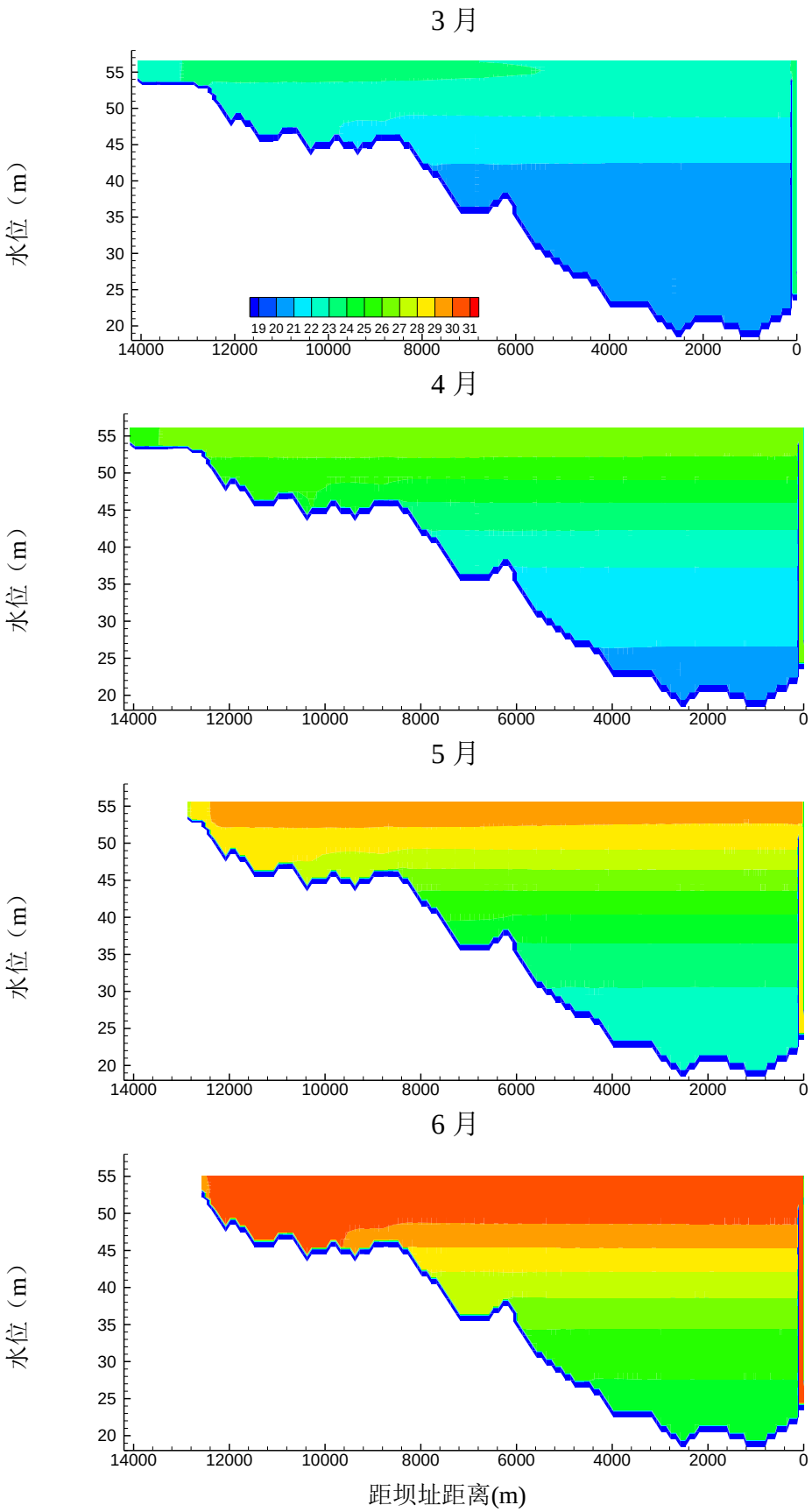


图 5.3-39 天角潭库区工况 5 的 3~6 月二维水温分布

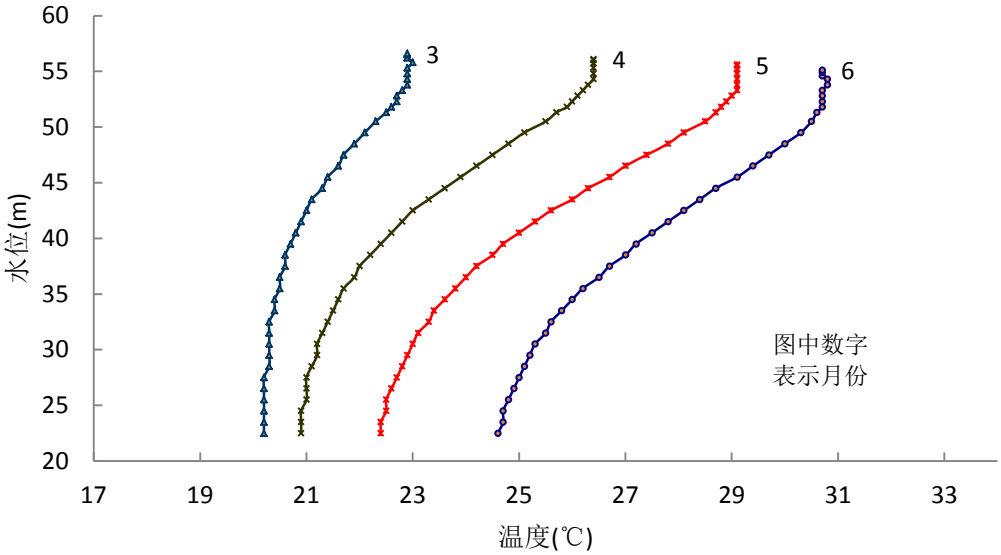


图 5.3-40　工况 5 的坝前水温分布

(工况 5：枯水年，叠梁门取水，多年平均气象条件)

表 5.3-44 对比了天角潭枯水年 3 月~6 月的下泄水温。

天角潭单层取水时，升温期 3 月~6 月不同程度地表现出低温水现象，平均降幅为 3.1℃，最大为 4 月的 4.0℃。采用叠梁门分层取水后，水库下泄低温水得到较明显的改善，3 月~6 月较单层取水分别提高了 1.3℃、4.0℃、5.0℃、5.0℃。

采用叠梁门之后，水库下泄水温 3 月略偏低于坝址天然水温，4 月下泄水温持平，5 月和 6 月已高于坝址天然水温。到达 25.1℃的时间仅比建坝前延迟 2 天，比单层取水改善了 58 天，延迟现象得到明显改观。

表 5.3-44 天角潭水库枯水年下泄水温比较

月份			3 月	4 月	5 月	6 月
坝址现状	水温(℃)	a	22.3	25.1	26.4	28.1
水库下泄水温(℃)	单层取水(工况 1)	b	20.3	21.1	22.9	25.3
	分层取水(工况 4)	c	21.6	25.1	27.9	30.3
叠梁门改善效果(℃)	分层取水(工况 4)	c-b	1.3	4.0	5.0	5.0

（3）丰水年叠梁门取水（工况 6）

图 5.3-41 显示了天角潭水库在 3~5 月使用叠梁门在平水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件（工况 6）情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日计算值。图 5.3-42 为各月 15 日的坝前水温分布。3 月~5 月表层水温与单层取水基本持平，库底水温比单层取水最大低 0.3℃。由于单层取水时下泄水温在 6 月已高于坝址

天然水温，因此对 6 月不采用叠梁门取水方式。

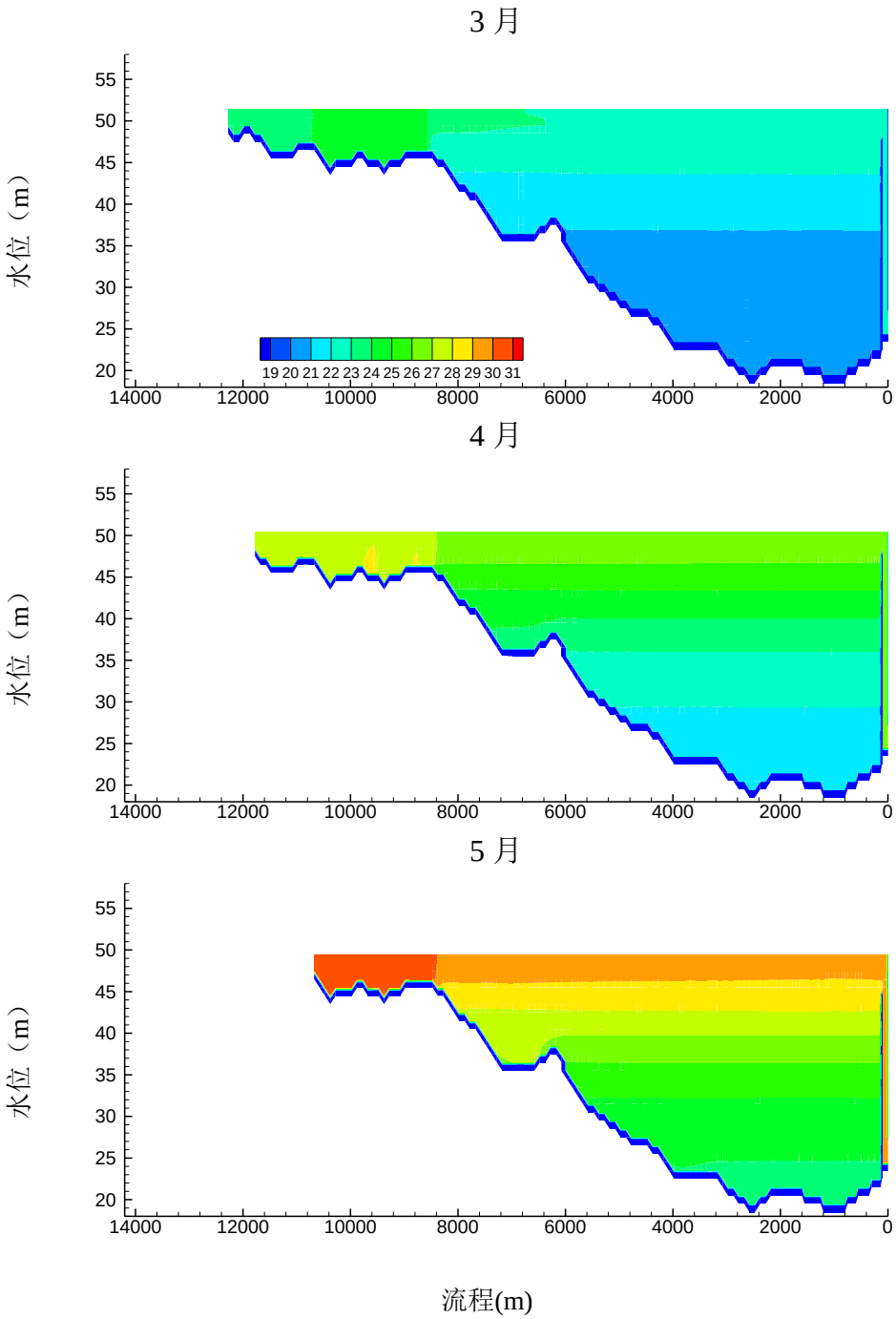


图 5.3-41 天角潭库区工况 6 的 3~5 月二维水温分布

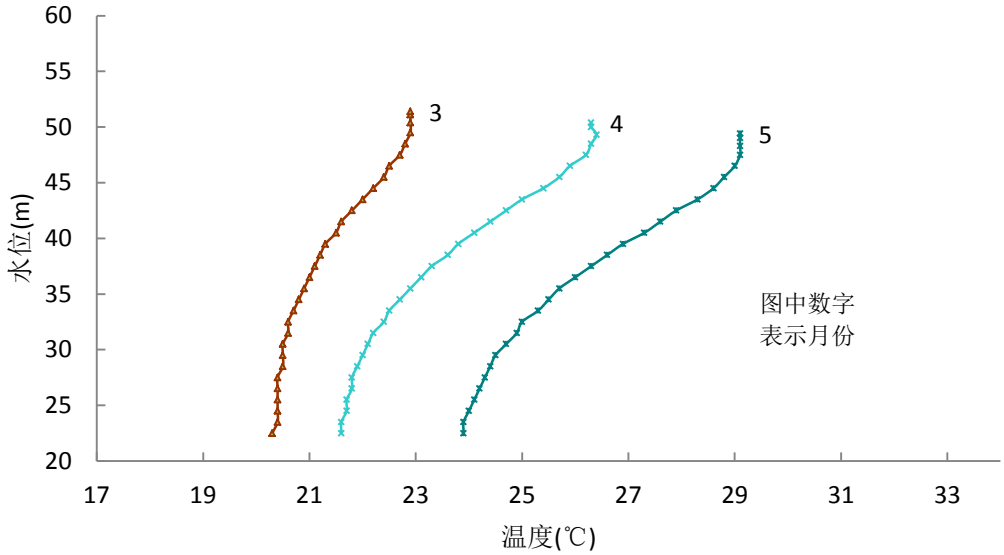


图 5.3-42 工况 6 的坝前水温分布

(工况 6：丰水年，叠梁门取水，多年平均气象条件)

表 5.3-45 对比了天角潭枯水年 3 月~5 月的下泄水温。

天角潭单层取水时，升温期 3 月~5 月不同程度地表现出低温水现象，平均降幅为 2.3℃，最大为 4 月的 3.2℃。采用叠梁门分层取水后，水库下泄低温水得到较明显的改善，3 月~5 月较单层取水分别提高了 1.4℃、3.5℃、3.9℃。

采用叠梁门之后，水库下泄水温 3 月略偏低于坝址天然水温，4、5 月下泄水温已高于坝址天然水温。到达 25.1℃的时间已比建坝前提前 1 天，比单层取水改善了 40 天，延迟现象得到明显改观。

表 5.3-45 天角潭水库丰水年下泄水温比较

月份			3 月	4 月	5 月
坝址现状	水温(℃)	a	22.3	25.1	26.4
水库下泄水温(℃)	单层取水(工况 1)	b	20.5	21.9	24.5
	分层取水(工况 4)	c	21.9	25.4	28.4
叠梁门改善效果(℃)	分层取水(工况 4)	c-b	1.4	3.5	3.9

5.3.2.7 双层取水口的水温影响减缓措施效果

多层取水口和叠梁门均为减缓水库下泄低温水的有效措施。为对比本工程多层取水口与叠梁门取水的水温影响效果，专题对两层取水口的取水方案进行了模拟。

两层取水时，下层孔口仍采用与单层取水相同的 24m 底板高程，上层孔口底板高

程为 45m。在 3-6 月满足最小淹没水深要求时尽可能采用上层孔口取水。

两层取水方式采用岸塔式进水口，U 形钢筋砼结构断面，长 24m，宽 7.2m。进水口塔体顺水流方向依次设拦污栅槽、顶层取水口、底层取水口、事故检修闸门槽、和通气进人孔，通气孔后与隧洞进口渐变段相接。检修闸门孔口尺寸 2.8m×2.8m(宽×高)，闸门后通气进人孔断面尺寸 1.2m×2m。进水塔塔顶通过交通桥与 2#场内道路及管理区平台相连。进口断面详见图 5.3-43。

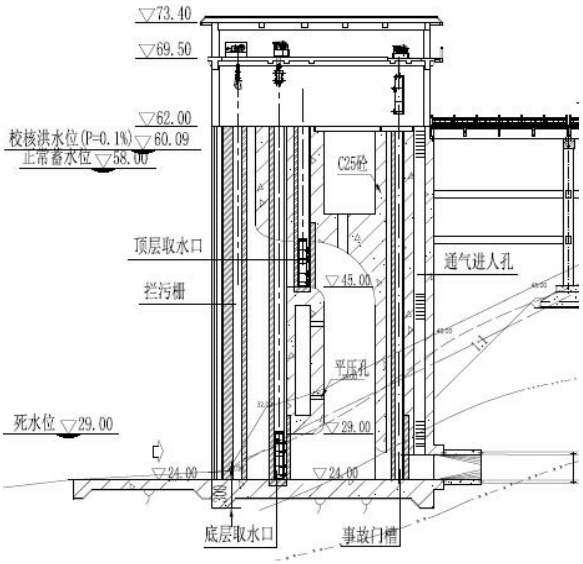


图 5.3-43 天角潭水库两层取水的进口方案图

表 5.3-46 对比了天角潭水库两层取水的下泄水温。

各典型水文年天角潭水库采用两层取水后，下泄水温的春季低温水现象得到了有效缓解。平水年采用两层取水后，3~4 月下泄水温与天然水温相比仅低 0.6℃，5-6 月已高于坝址天然水温；枯水年采用两层取水后，3-4 月下泄水温与天然水温相比仅低 0.7~1.0℃，5-6 月已高于坝址天然水温；丰水年采用两层取水后，3-5 月下泄水温均高于坝址天然水温。

与叠梁门取水方案相比，平水年 3 月两层取水的水温改善效果与叠梁门相同，但 4-6 月下泄水温比叠梁门低 0.4~0.8℃；枯水年 3 月两层取水的水温改善效果与叠梁门相同，4-6 月下泄水温比叠梁门低 0.9~1.0℃；丰水年 3-5 月的下泄水温比叠梁门偏高 0.4~0.7℃。

综上，两层取水方案也可有效改善天角潭水库的下泄低温水现象，但改善效果弱于叠梁门方案。考虑到后期高水位运行、极端不利气象条件等可能加剧低温水现象的因素，且叠梁门进口造价与施工难度均优于两层取水方案，天角潭水利枢纽工程水温影响专题

研究报告推荐选用叠梁门作为本工程的水温改善措施。

表 5.3-46 两层取水与叠梁门取水的水温改善效果对比(℃)

月份	坝址现状水温	平水年下泄水温				枯水年下泄水温				丰水年下泄水温			
		叠梁门	两层孔口	c-b	c-a	叠梁门	两层孔口	g-f	g-a	叠梁门	两层孔口	k-j	k-a
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
3 月	22.3	21.6	21.7	0.1	-0.6	21.6	21.6	0.0	-0.7	21.9	22.6	0.7	0.3
4 月	25.1	24.9	24.5	-0.4	-0.6	25.1	24.1	-1.0	-1.0	25.4	25.8	0.4	0.7
5 月	26.4	28.4	27.6	-0.8	1.2	27.9	27.0	-0.9	0.6	28.4	28.8	0.4	2.4
6 月	28.1	30.6	29.9	-0.7	1.8	30.3	29.3	-1.0	1.2	-	-	-	-

5.3.3 河口咸潮上溯影响分析

5.3.3.1 平面二维盐度扩散数学模型

（1）计算理论

水动力控制方程为经 Navier-Stokes 方程沿深积分的二维浅水方程组，形式见式(5-27)至式(5-29)。

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial hU}{\partial x}+\frac{\partial hV}{\partial y}=0 \tag{5-27}$$

$$\frac{\partial hU}{\partial t}+\frac{\partial hU^2}{\partial x}+\frac{\partial hUV}{\partial y}= -gh\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{\tau_{sx}}{\rho_0}-\frac{\tau_{bx}}{\rho_0}+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right) \tag{5-28}$$

$$\frac{\partial hV}{\partial t}+\frac{\partial hVU}{\partial x}+\frac{\partial hV^2}{\partial y}= -gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y}+\frac{\tau_{sy}}{\rho_0}-\frac{\tau_{by}}{\rho_0}+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right) \tag{5-29}$$

其中$h=\eta+d$为总水深；η为自由面高程；d 为静水深，x和y分别表示横轴和纵轴坐标，t为时间，g为重力加速度，U和V分别为沿x和y方向的垂线平均流速；$\rho=\rho(T,S)$为与温度、盐度相关的水体密度；ρ_0为参考密度；T_{ij}为应力项，包括粘性应力、紊流应力和对流等，与流速梯度相关。

底部应力$\overrightarrow{\tau_b} = (\tau_{bx}, \tau_{by})$由式(6-30)计算：

$$\vec{\tau}_b = \rho_0 c_f \vec{u}_b |\vec{u}_b| \tag{5-30}$$

其中c_f为拖曳力系数，c_f可据 Strickler 系数 C 计算，见式(4-5)：

$$c_f = \frac{g}{C^2} \tag{5-31}$$

水平涡粘性系数采用 Samagorinsky 亚网格尺度模型求解，可以较好地描述各种涡的形成，即涡粘系数取为：

$$A = C_s^2 l^2 \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}} \tag{5-32}$$

其中 Cs 为可调系数；Sij 为变形速率，与速度梯度相关，即：

$$S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right), (i, j = 1, 2) \tag{5-33}$$

盐度扩散模拟采用对流扩散方程形式：

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial uS}{\partial x} + \frac{\partial vS}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_h \frac{\partial S}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_h \frac{\partial S}{\partial y}\right) \tag{5-34}$$

其中S为盐度；$D_h = \frac{A}{\sigma_T}$为水平扩散系数，σ_T是 Prandtl 数，模拟中设置为与紊动扩散系数相等。

计算域剖分采用无结构三角形网格，控制方程采用有限体积法显式求解，并采用干湿网格判断法对露滩进现象模拟。

（2）模型范围及边界条件

萍塘村断面是感潮河段的主要分界断面，因此在本报告的模拟预测中，以萍塘村断面上游约 2km 处为盐度扩散模拟计算的上游边界（图 5.3-44）；下游至新英湾至开源大道外 7.5km 的部分海域（洋浦鼻外海域约 3.5km），其中河段长度为 11km。



图 5.3-44 盐度数学模拟计算模型范围示意图

洋浦鼻外 3.5km 为水位边界，水位根据洋浦港的潮汐资料给出。根据所掌握的潮汐资料，计算的潮汐边界条件分别是 2011 年 4 月，2011 年 11 月，2013 年 6 月和 2015 年 9 月的最大潮，图 5.3-32 和图 5.3-35 为这 4 个月最大潮的逐时潮位。根据儋州市 2013-2015 的海水监测资料，新英湾海域的盐度值在 26‰~29‰左右。在本次研究中，采用的海水盐度为 26.3‰，咸潮上溯距离统计以河道内盐度浓度为 0.5‰时的位置为上溯顶点。

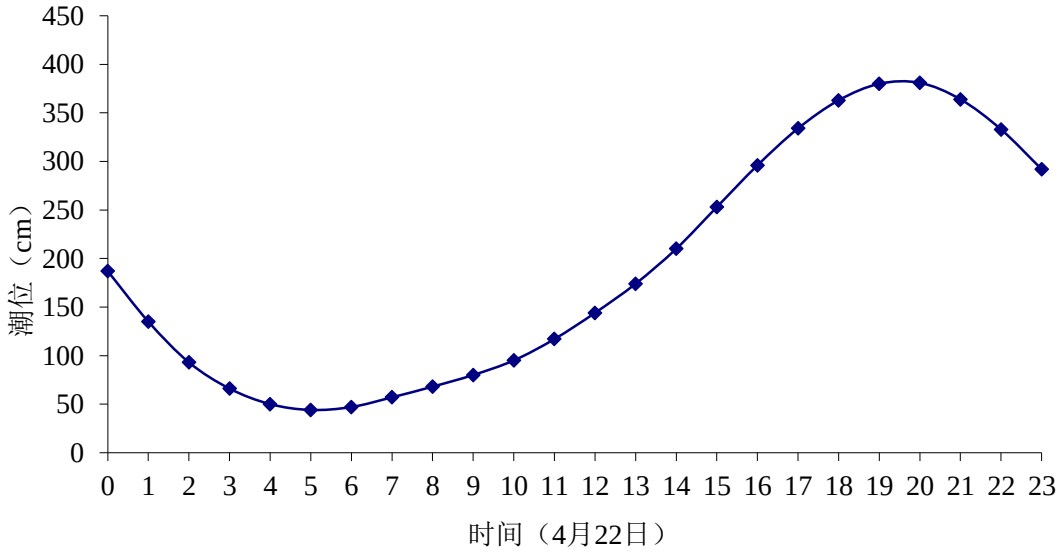


图 5.3-45 2011 年 4 月最大潮逐时潮位图

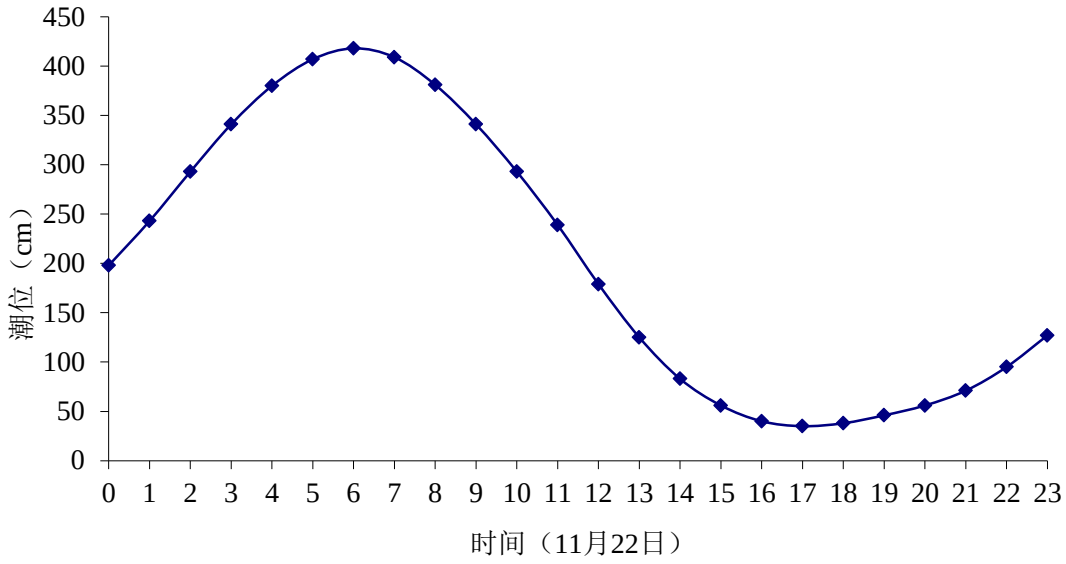


图 5.3-46　2011 年 9 月最大潮逐时潮位图

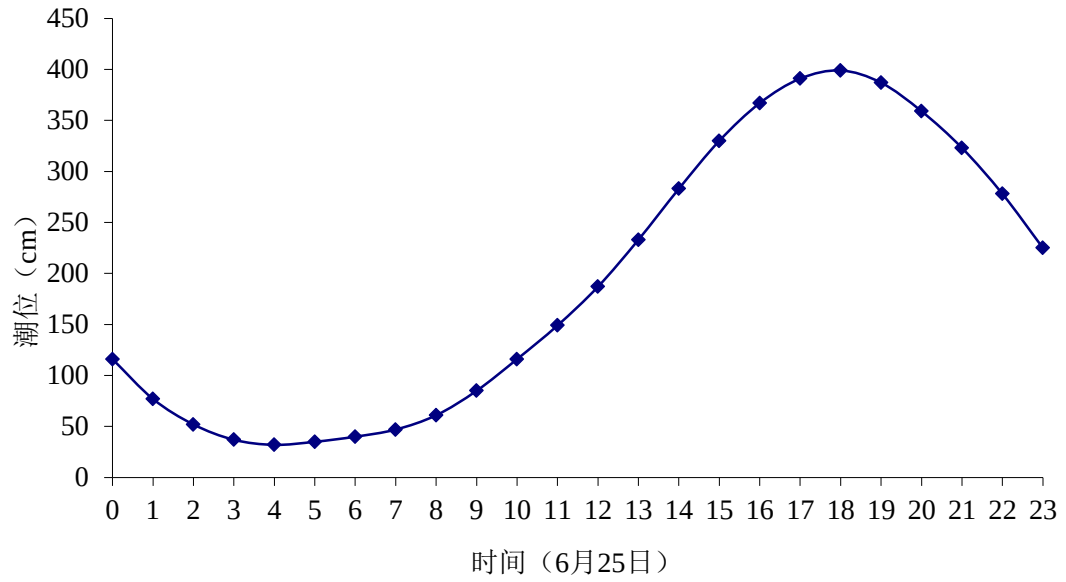


图 5.3-47　2013 年 6 月最大潮逐时潮位图

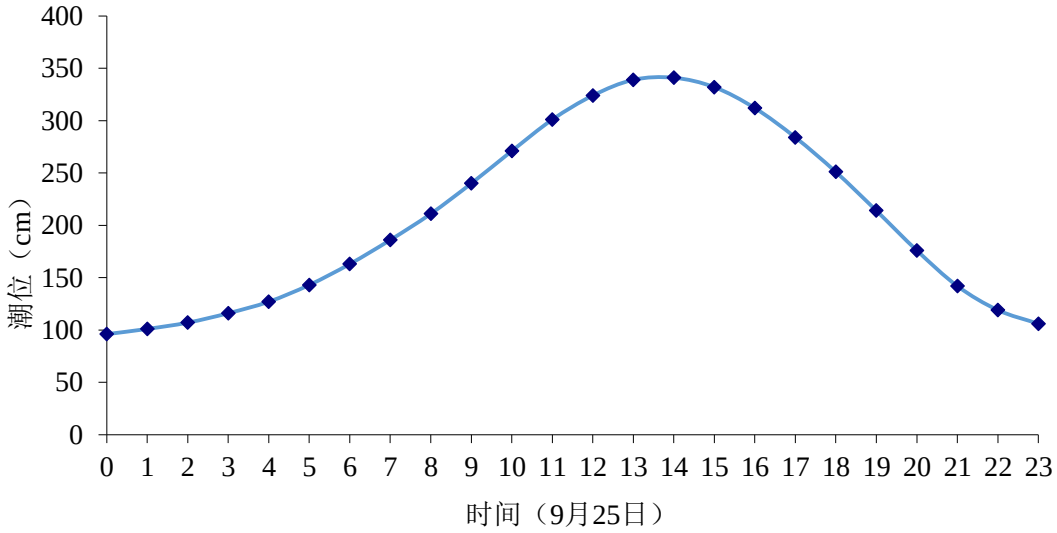


图 5.3-48　2015 年 9 月最大潮逐时潮位图

（3）预测工况

咸潮上溯主要受潮汐变化和河道来流流量的影响。根据天角潭水库建设运行后对水文情势的影响，以及洋浦港潮汐特征的分析，确定计算工况如表 5.3-47 所示。

表 5.3-47 北门江天角潭水库咸潮上溯距离影响预测工况

序号	潮汐	流量	说明
1	2013 年 6 月	丰水年 6 月	丰水年建库前后流量降低最大； 2011-2016 年中 6 月份同期中最大潮差发生月。
2	2013 年 6 月	平水年 6 月	平水年建库前后流量降低幅度最大两月中流量较小月。 2011-2016 年中 6 月份同期中最大潮差发生月。
3	2011 年 4 月	丰水年 4 月	建库前后均为流量最小； 2011-2016 年中 4 月份同期中最大潮差发生月。
4	2011 年 11 月	枯水年 11 月	2011-2016 年最大潮差； 枯水年 11 月流量是典型年同期中流量最小者
5	2015 年 9 月	丰水年 9 月	建库前后流量均为最大月； 2015 年 9 月最大潮差为 2011 年-2015 年中 9 月份同期中最小。

5.3.3.2 咸潮上溯距离预测结果与分析

表 5.3-48 列出了不同预测工况下，建库前后咸潮上溯距离及变化情况。图 5.3-49 和图 5.3-50 是丰水年 6 月最大潮位条件下，现状条件下及天角潭水库修建后河道内盐度分布预测结果及咸潮顶点预测结果图；图 5.3-51 和图 5.3-52 分别是建库前后平水年 6 月，最大潮位条件下，现状条件下和建库后河道盐度分布及咸潮顶点的预测结果；图

5.3-53是丰水年4月最大潮位下，建库前河道盐度分布及咸潮顶点的预测结果；图 5.3-54和图 5.3-55是枯水年11月最大潮位下，建库前后河道盐度分布的预测结果；图 5.3-56和图 5.3-57是丰水年9月，在9月份最大潮位下，建库前后河道盐度分布的预测结果。

从表 5.3-48 中的预测结果可以看到，在丰水年 4 月份，即河道流量最小月，咸潮上溯距离最大，在 4 月份的最大潮位下，咸潮上溯距离可到达 8970m，到达东坡书院附近；因为建库前后丰水年 4 月河道与现状流量相比没有变化，仅为 0.19 m^3/s，为河道中最小的月均流量。

丰水年6月是建库前后流量变化最大的月份，建库前河道中咸潮上溯距离为530m，咸潮顶点位置基本位于河口处；建库后因为流量降低，潮上溯增加，上溯距离约2320m，咸潮顶点位置达到了攀步村，咸潮上溯距离增加了约1790m。在平水年6月，建库前河道中咸潮上溯最大距离约为1560m，咸潮顶点位置接近攀步村；建库后因为流量降低，咸潮上溯距离为2830m，咸潮上溯距离增加了约1270m，咸潮顶点位置达到了攀步村与黄玉村之间的位置；根据预测结果，在6月份，建库后咸潮上溯距离在丰水年和平水年均有所增加，增加距离分别为1790m和1270m。与丰水年相比，平水年6月的咸潮上溯在建库后增加的距离虽然较短，但是咸潮在河道中的长度更长，顶点位置更上游，达到了攀步村与黄玉村之间的位置。

根据潮汐统计资料，最大潮差出现在2011年11月，为3.88m，对应的最高潮位为2.23m。在11月，最小月均流量为枯水年11月，建库前流量为1.31 m^3/s，建库后流量增加为1.79 m^3/s。预测结果表明，在枯水年11月最高潮位下，建库前河道中最大咸潮上溯距离为 8930m，到东坡书院附近，建库后为 8740m，上溯距离与建库前相比缩短190m；咸潮顶点位置位于丰水期4月咸潮顶点的下游50m左右。

丰水年9月为月均流量最大月份，建库后流量也是最大的月份。建库前后流量分别为52.6m^3/s和25.0m^3/s（太平河断面流量），流量下降幅度为52.48%。预测结果表明在枯水年9月，建库前后的咸潮上溯距离分别为100m和340m，建库后上溯距离增加约240m。

综上所述，建库后河道中最大咸潮上溯距离约8970m，发生在丰水年4月，最大咸潮上溯距离与建库相比基本无差别；天角潭水库建设运行后，北门江河道中咸潮上溯距离最大增加约1790m，发生在丰水年6月；平水年建库后最大上溯距离增加约1270m，略低于丰水年咸潮上溯增加的距离；比较不同工况下的预测结果，丰水年汛期河道中流量下降幅度最大，因此咸潮上溯的最大增加距离最长，为1790m。

表 5.3-48　不同预测工况下咸潮上溯距离

潮汐	预测月份	太平河断面流量 (m^3/s)			咸潮上溯距离 (m)		
		建库前现状	建库后	差值	建库前现状	建库后	差值
2013 年 6 月	丰水年 6 月	34.38	13.78	20.06	530	2320	1790
2013 年 6 月	平水年 6 月	22.12	10.1	11.52	1560	2830	1270
2011 年 4 月	丰水年 4 月	0.19	0.19	0	8970	8970	0
2011 年 11 月	枯水年 11 月	1.31	1.79	0.48	8930	8740	-190
2015 年 9 月	丰水年 9 月	52.6	25.0	15.71	100	340	240

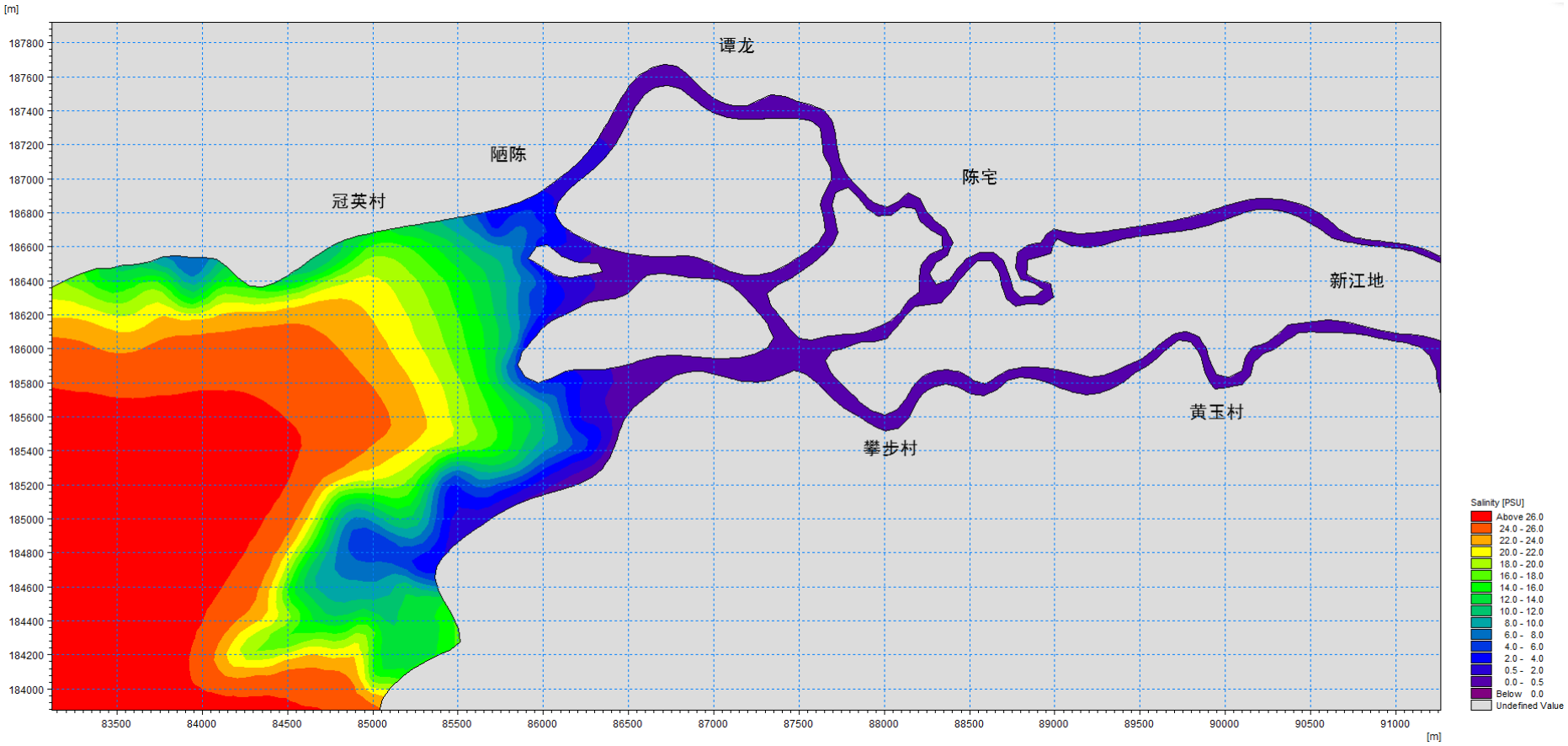


图 5.3-49 丰水年 6 月建库前最大潮位条件下河道盐度分布预测图

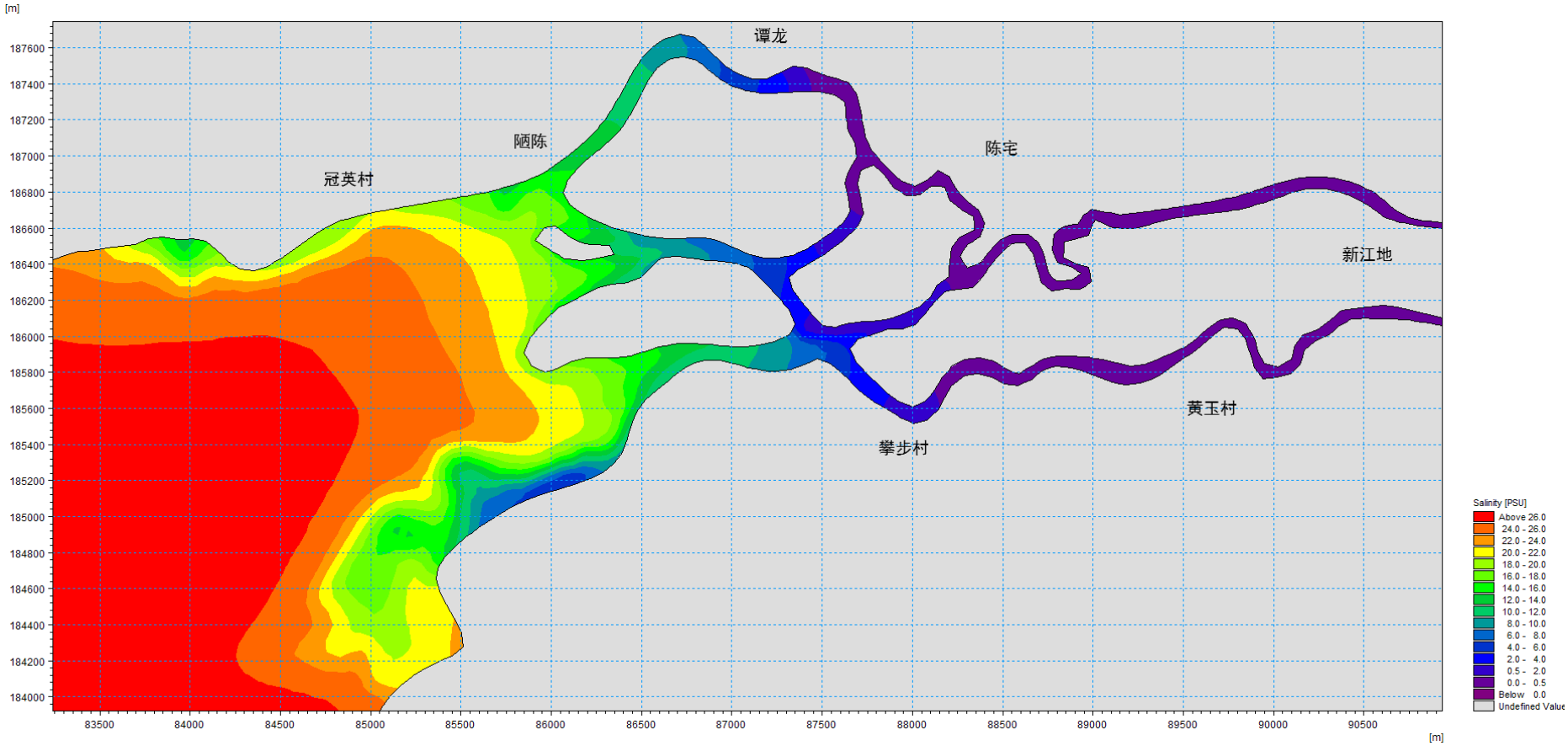


图 5.3-50 丰水年 6 月建库后河道咸潮上溯顶点位置预测结果

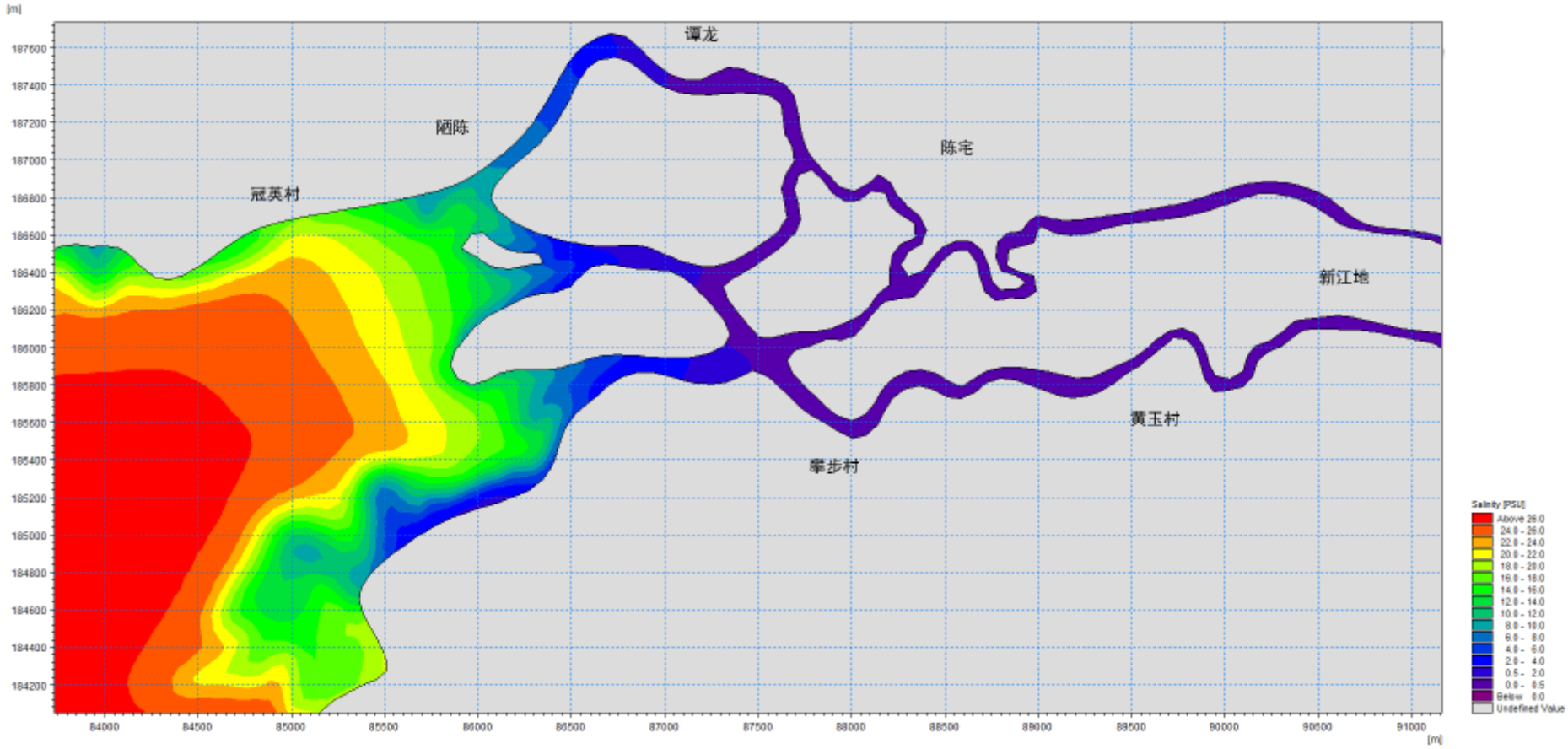


图 5.3-51 平水年 6 月建库前最大潮位下河道盐度分布预测结果

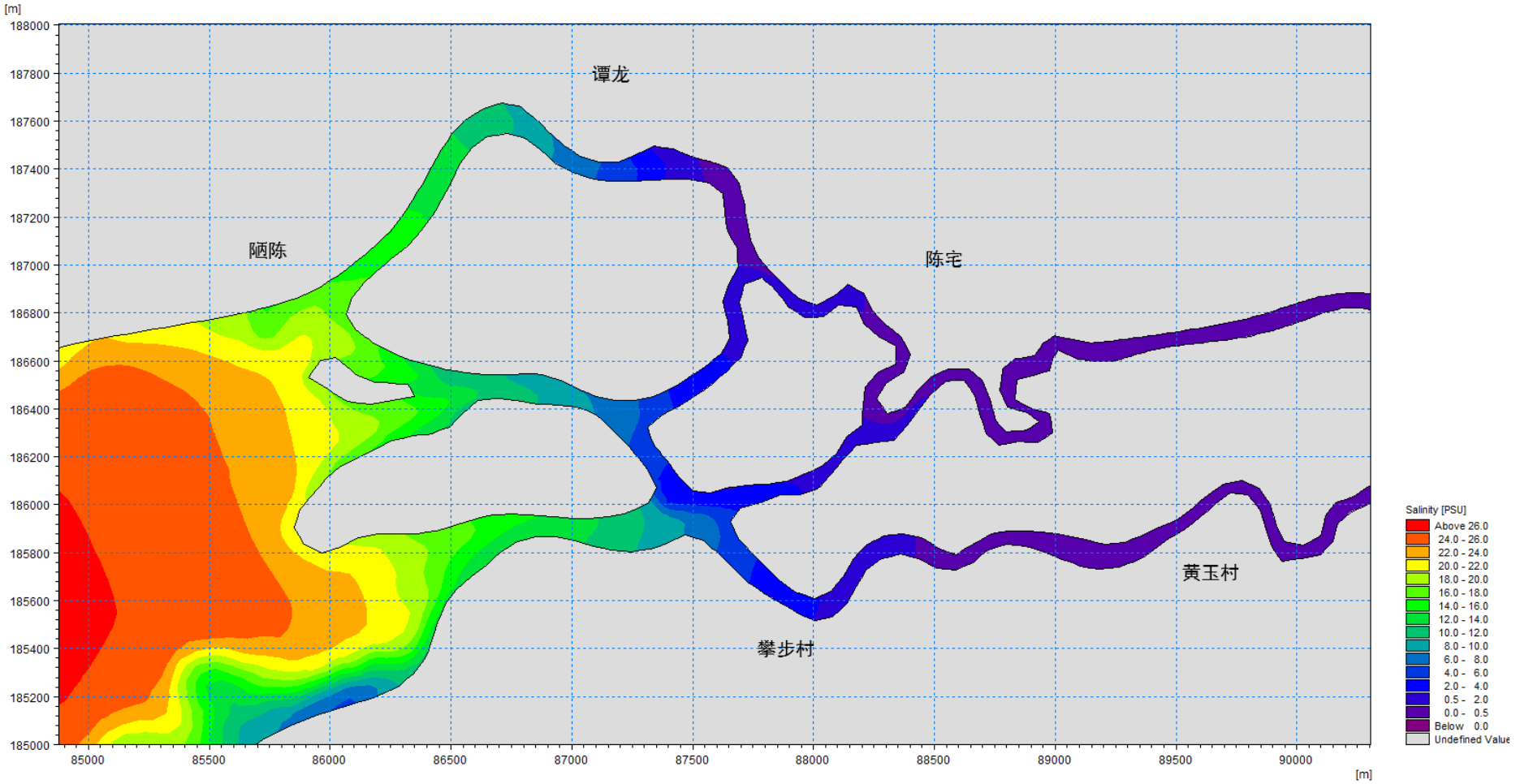


图 5.3-52 平水年 6 月建库后最大潮位下河道盐度分布预测结果

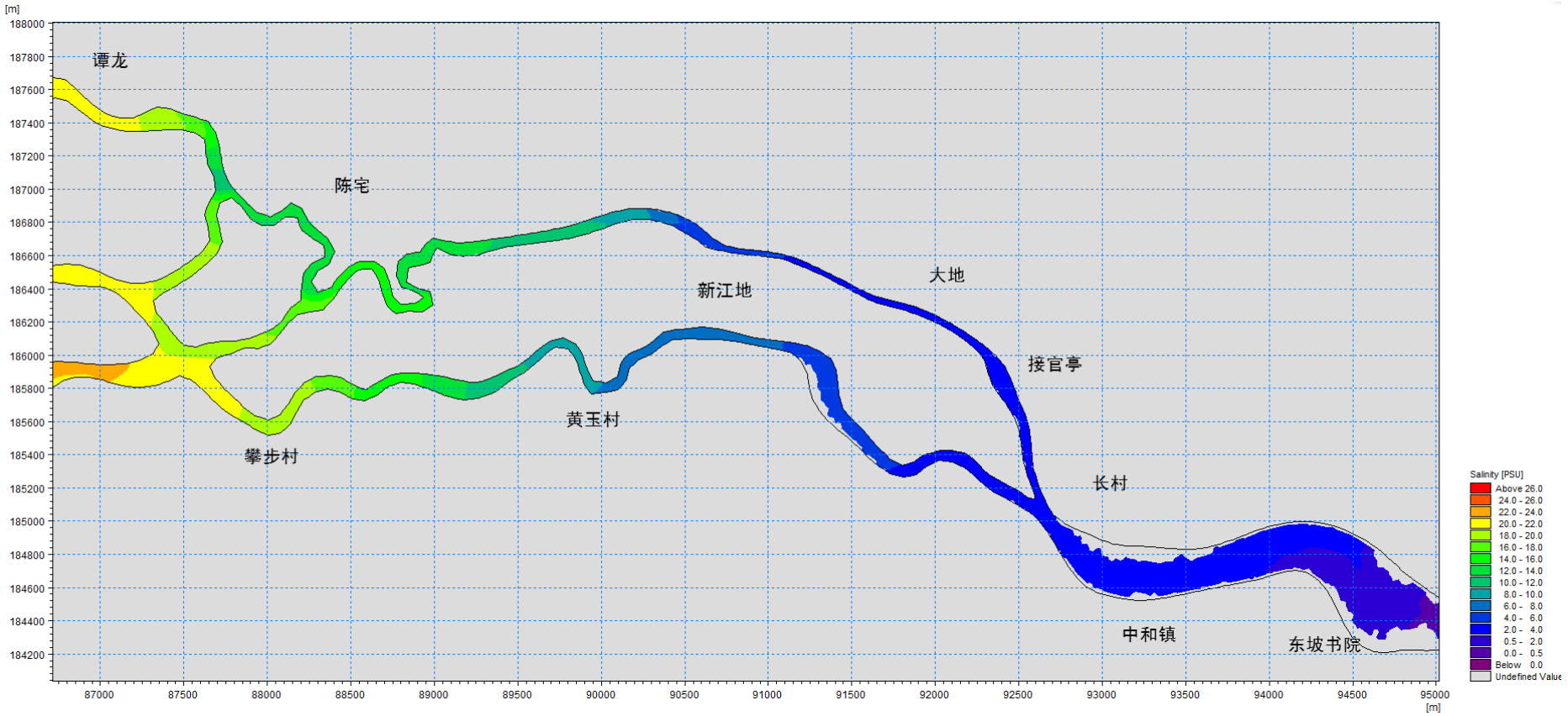


图 5.3-53 丰水年 4 月建库前，最大潮位下河道咸潮上溯顶点位置预测结果

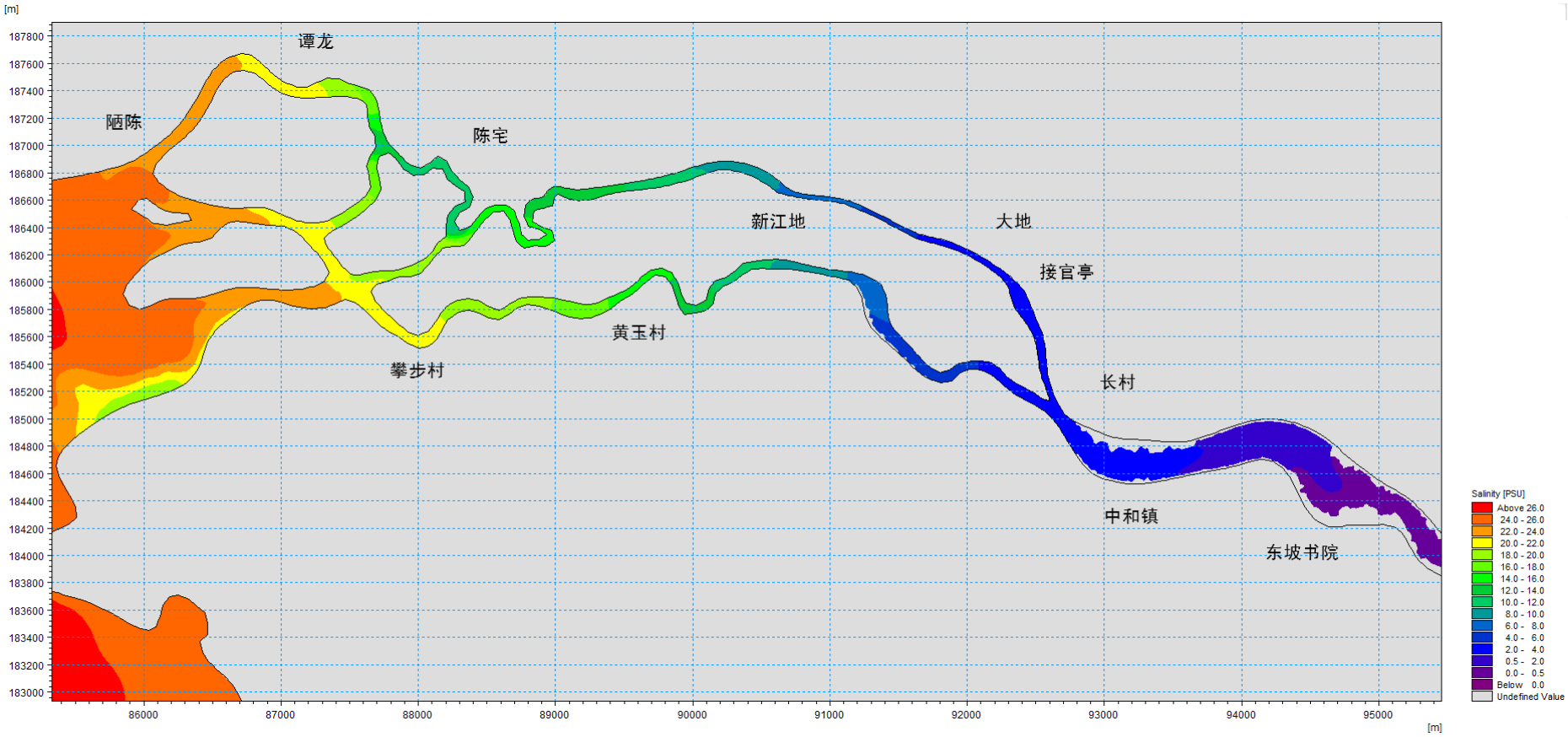


图 5.3-54 枯水年 11 月建库前，最大潮位下河道咸潮上溯顶点位置预测结果

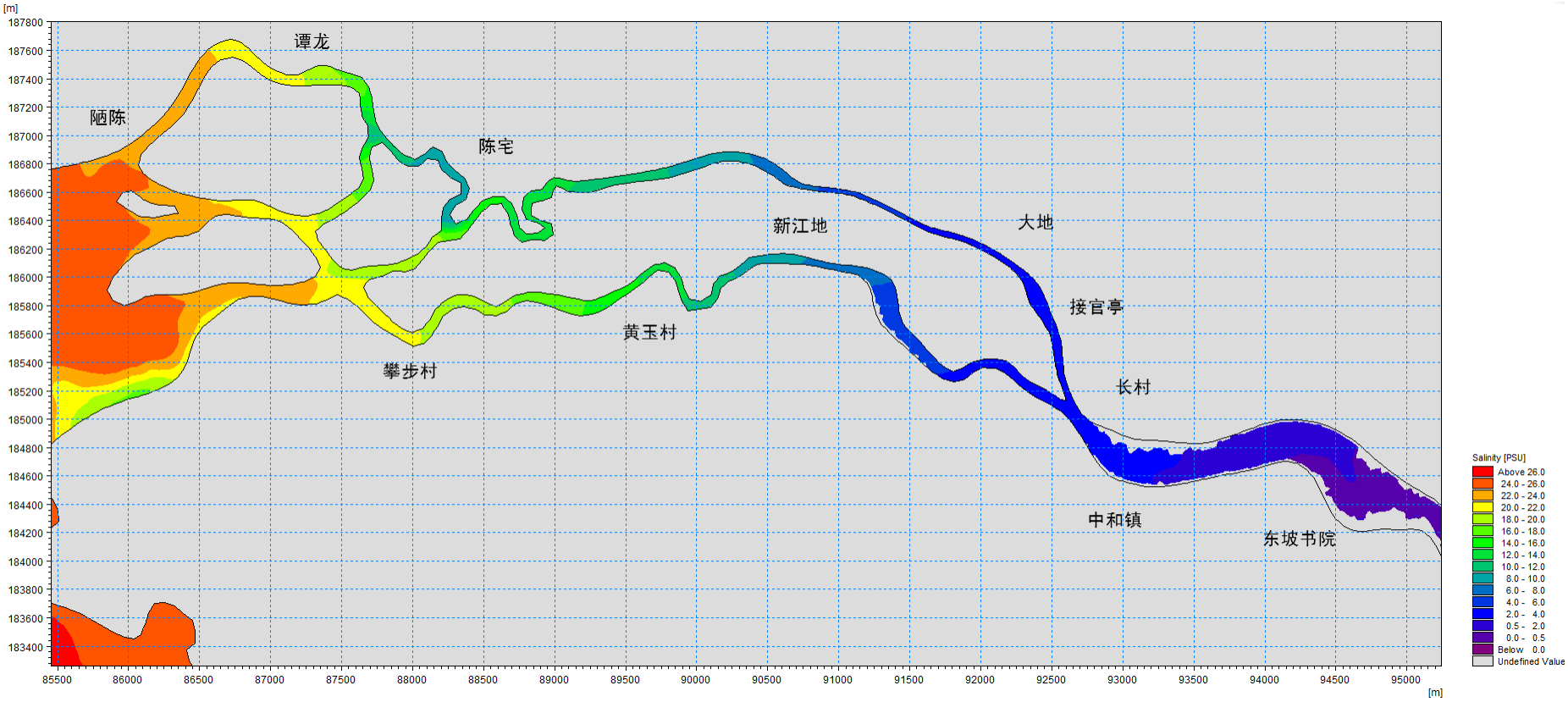


图 5.3-55 枯水年 11 月建库后，最大潮位下河道咸潮上溯顶点位置预测结果

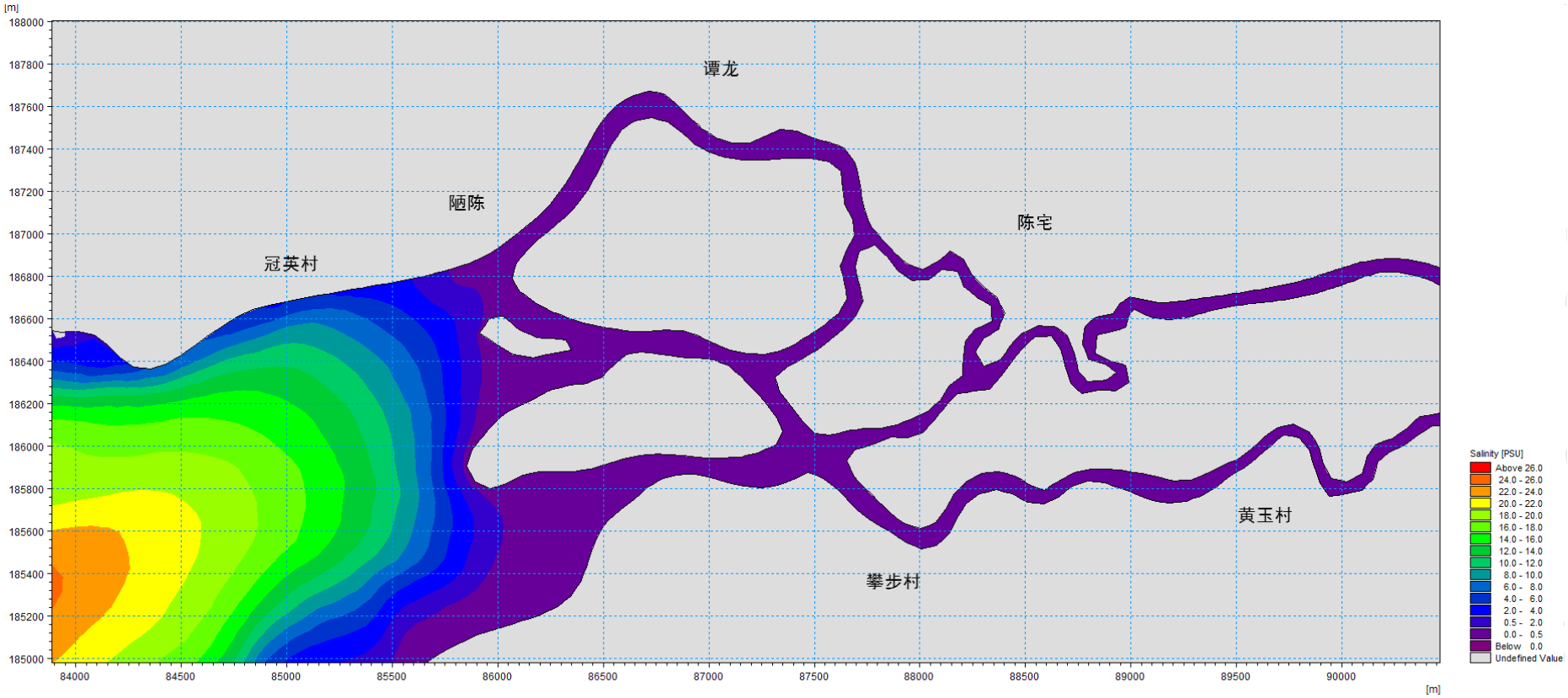


图 5.3-56 枯水年 9 月建库前，最大潮位下河道咸潮上溯顶点位置预测结果

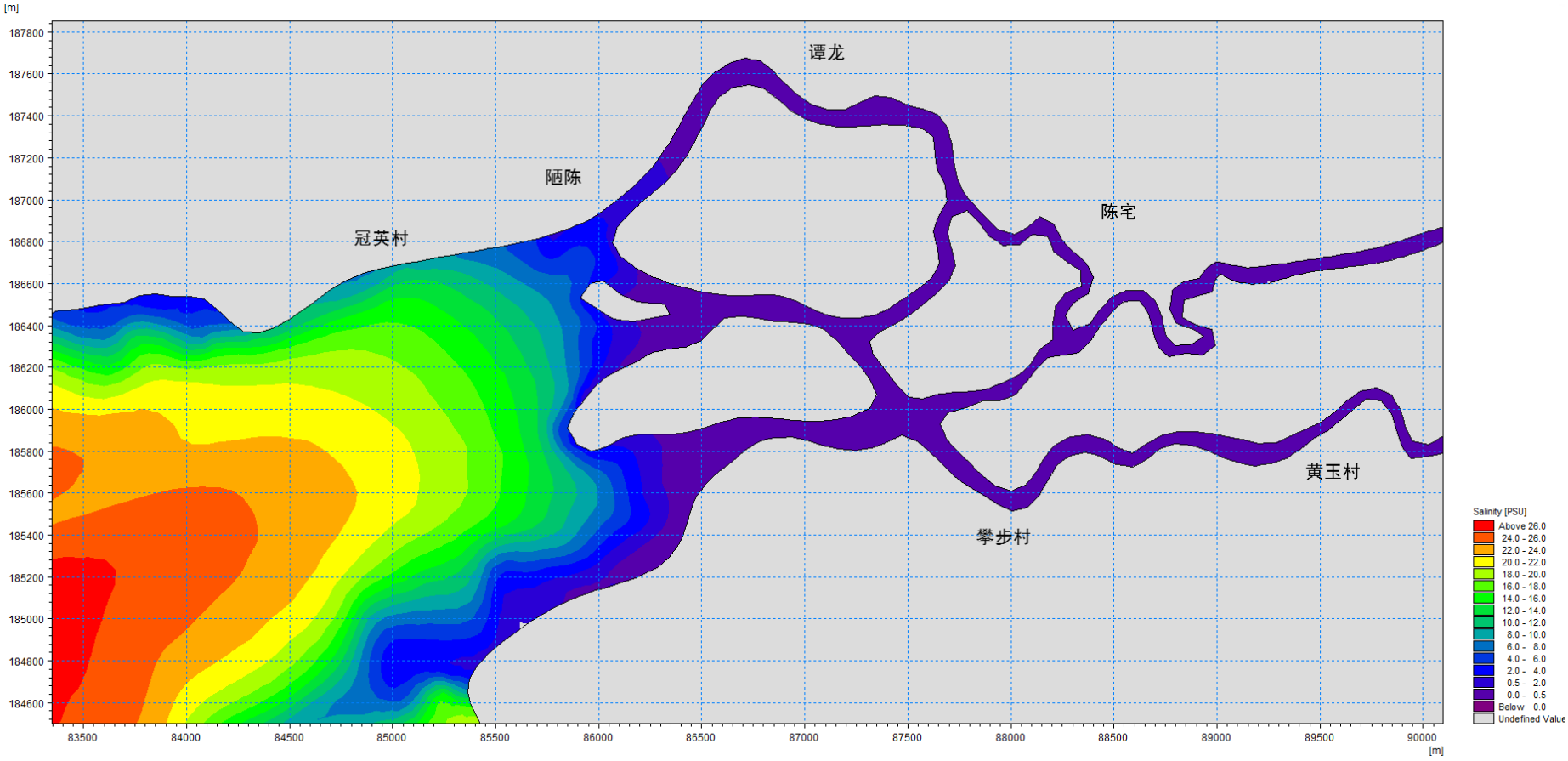


图 5.3-57 枯水 9 月建库后，最大潮位下河道咸潮上溯顶点位置预测结果

(1) 现状条件下咸潮上溯情况

在现状条件下，丰水年 4 月（枯期）在对应月天然大潮下河道中咸潮上溯距离较大，约为 8970m。丰水年 6 月，在对应月最大潮位下，建库前河道中咸潮上溯距离为 530m；在平水年 6 月，建库前河道中咸潮上溯距离河道中的咸潮上溯距离约为 1560m，预测结果表明枯期因为河道中流量较小，因此咸潮上溯距离远大于汛期。4 月份的最大潮位是 1.87m（2011 年 4 月)，6 月份的最大潮位是 2.05m（2013 年 6 月），6 月份的最高潮位较 4 月份还高 0.18m, 因此确定导致不同季节中北门江咸潮上溯距离差异的主要原因是河道中径流量的变化。

(2) 水库建成运行后对咸潮上溯的影响

天角潭水库建成运行后，根据水文情势分析结果，在枯期的下泄流量与天然情况下的流量相同，河道流量最小发生在丰水年 4 月，建库前后河道流量（太平河断面）与建库前相同，为 0.19 m^3/s，建库前后最大咸潮上溯距离在相同潮汐前提下无差别。在北门江天然情况下，太平河断面的流量在丰水年 4 月仅为 0.05m^3/s，在对应月最大潮位下的上溯距离为 8990，建库后与天然状态下仅相差 20m 左右，因此认为在丰水年 4 期，水库建设前后对河道中最大咸潮上溯距离无显著性影响。

在汛期，由于水库运行后的下泄流量与天然情况下的流量相比有较大程度的减少，其中降低幅度最大发生在 6 月，水库建设运行后，6 月（汛期）最大咸潮上溯距离在丰水年和平水年分别为 2320m 和 2830m，比建库前分别增加了 1790m 和 1270m，虽然平水年 6 月咸潮上溯距离在建库后的最大增加距离要小于丰水期，但是平水期咸潮上溯距离要长于丰水期，即咸潮顶点位置位于更上游。

总体而言，现状条件下，北门江的流量季节变化较大，年内流量分布不均，导致北门江的咸潮上溯距离在年内变化较大：枯期（4 月）的最大咸潮上溯距离达 8970，丰水年 6 月（汛期）的咸潮上溯距离仅 310m，平水年 6 月则达到 1560m。在天角潭水库建设运行后，由于水库对河道流量的调节作用，北门江河道中咸潮上溯距离与建库前相比有一定的变化，相比而言，因为汛期流量减少幅度较大，因此最大咸潮上溯距离有一定程度的增加，在丰水年 6 月份（流量降低幅度最大月），咸潮上溯距离增加了 1790m，咸潮顶托点位于河口上游约 2320m 处；平水年 6 月最大咸潮上溯距离增加了 1270m，咸潮顶托点位于河口上游 2830m 处，建库后汛期的咸潮上溯距离均远小于建库前枯期的咸潮上溯距离。

5.3.4 沿程盐度分布

咸潮上溯时，外海高浓度盐水与河道内的淡水混合后，形成从河口至河道上游的盐度沿程逐渐降低的趋势。采用的平面二维模型，对汛期（6 月——建库后流量变化最大月份）建库前后，大潮位时河道沿程盐度分布预测结果进行分析，比较天角潭水库建库前后河道内沿程盐度的分布变化。图 5.3-58 和图 5.3-59 分别是丰水年和平水年大潮位时，从河口至咸潮上溯顶点的浓度分布变化图。

预测结果表明，河口是海水和河水的混合区，丰水年建库前后河口位置的盐度差别较大，建库前河口盐度较小，仅 12.5‰左右；建库后由于河道中流量降低，河口盐度升高，达到约 22.15‰左右。从图 5.3-58 可以看到，建库前河道中盐度沿程下降速度较快，从 12.5‰降至 0.5‰的距离仅 500m 左右，这是因为丰水年建库前的河道流量较大，达到 22.12m^3/s。建库后河道中流量降至 10.6m^3/s，从沿程盐度分布来看，自河口 1000m 以内，盐度下降较快（从 22.15‰下降至 10.0‰左右），2000m 内盐度降低至 1.7‰；在 2500m 以内盐度降低到 0.5‰，咸潮上溯距离为 2320m，与建库前相比，咸潮上溯距离增加约 1790m。

图 5.3-59 是平水年 6 月建库前后河道中盐度沿程分布图。根据预测计算结果，平水年 6 月，在建库前河口断面最大盐度约为 20.3‰，略低于建库后河口断面盐度（23.4‰）；建库前自河口 600m 以内，河道中盐度从 20.3‰下降至 6.7‰，降低幅度达 67.0%，咸潮上溯距离为 1560m；建库后，自河口 1000m 内，盐度从 23.4‰降至 15.0‰，降低幅度仅约 35.8%），建库后的盐度降低速度明显低于建库前，建库后上溯距为 2830m，建库后咸潮上溯距离增加 1270m。

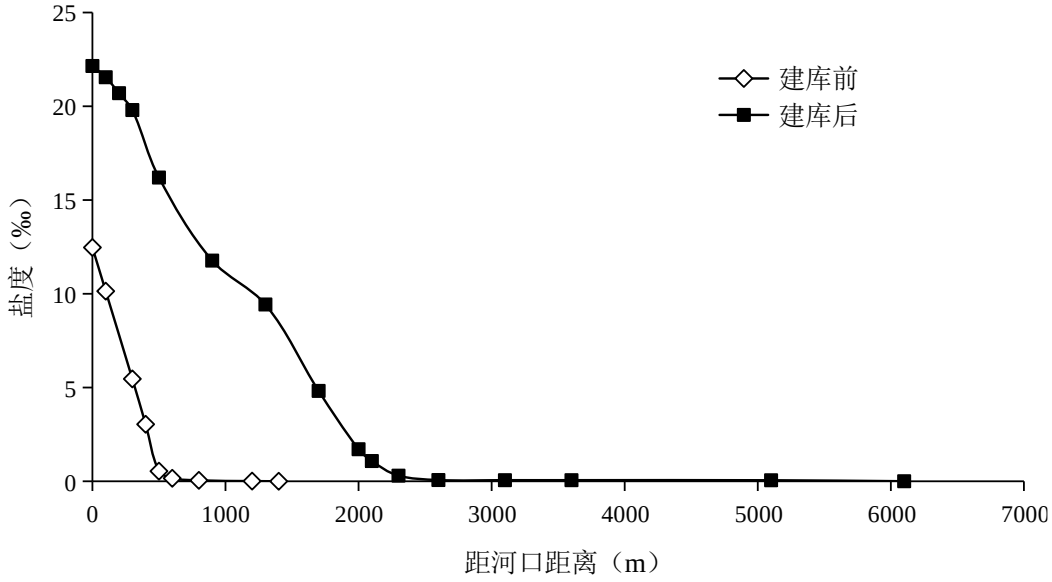


图 5.3-58 天角潭水库建设前后沿程盐度变化(丰水年 6 月)

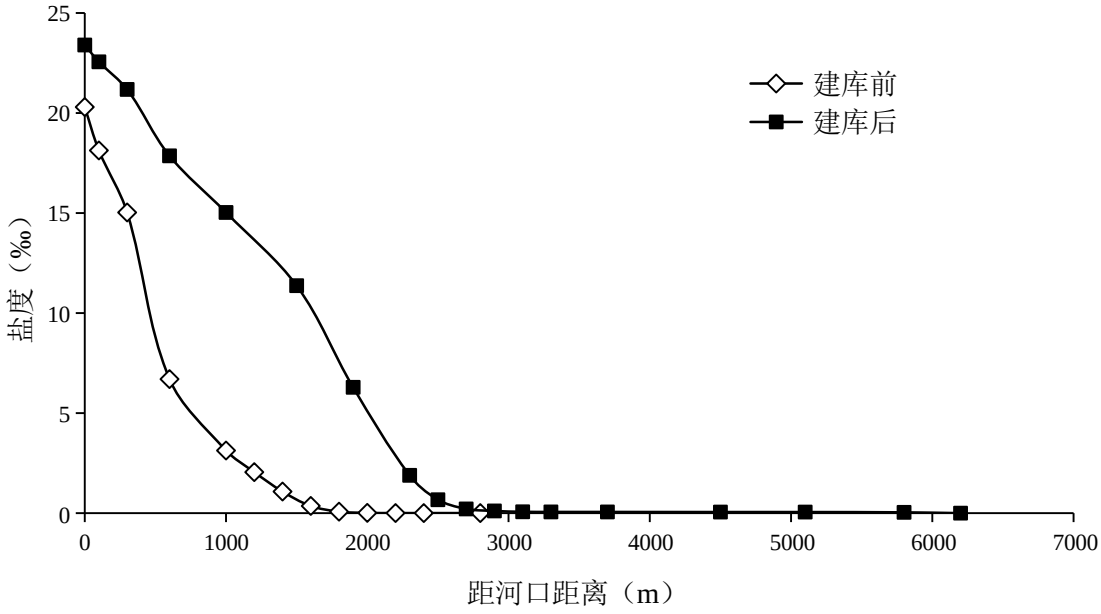


图 5.3-59 天角潭水库建设前后沿程盐度变化(平水年 6 月)

5.3.5 河口形态变化预测

5.3.5.1 泥沙变化分析

天角潭水库坝址处多年平均输沙量的推算结果是 4.28 万 t，其中包括推移质泥沙 0.71 万 t。天角潭水库为大(2)型水库，在水库设计中，70%的悬移质泥沙被认为会淤积

在水库，推移质泥沙则全部淤积。因此，建库后的年平均输沙量为 1.07 万 t，坝址下游河道中的输沙量有一定程度的减少，在一定程度上可能会导致下游河床的冲刷。然而，建库后的下泄流量有较大程度的调整，丰水期的下泄流量降低幅度较大，如平水年坝址处的 6-8 月的月均流量在 21~25m^3/s 之间，建库后的流量均降低为 2.7m^3/s，流量降低幅度约 90%，流量降低将导致河流中的水流速度下降，因此下游河床因泥沙含量降低导致的冲刷程度有限。

5.3.5.2 对河口形貌影响

北门江河口位于南海洋浦港内湾新英湾，如图 5.3-60 所示。在内湾新英湾内，北门江的输沙是新英湾的主要来源。天角潭水库建成之后，泥沙在水库中的沉积将导致上游坝址处的年来沙量减少约 3.19 万 t，以及减少 0.71 万 t 推移质。虽然下游河道中由于冲刷作用，对河口处泥沙有一定的补充作用，但是河口处泥沙的总输沙量会有一定程度的减少。按地貌学理论分析，在潮汐河口地区，地貌形态在长期径流、海洋动力的联合作用下，一般均可达到动态稳定状态。当上游来沙减少后，动态平衡被打破。由于缺乏河相泥沙补给，河口岸滩将会呈现一定程度的蚀退。



图 5.3-60 北门江河口及新英湾

5.3.6 河口海域冲淡水区域变化预测

（1）预测工况

对北门江入海口的新英湾海域，利用平面二维水动力数学模型及盐度扩散数学模型，预测分析新英湾海域（内海）的冲淡区面积在天角潭水库建设运行前后的变化。海域中海水冲淡区主要受上游来流流量和潮汐水位的影响，来流流量越大，海水冲淡区的面积也越大；海水潮位越低，海域面积越小，在河口附近的海域中冲淡区面积所

占的比例也越大。根据天角潭水库建设运行后对水文情势的影响，北门江河口断面在丰水年建库前后流量降低幅度最大月为 6 月和 7 月，建库后流量降低幅度分别为 50.19%和 49.46%；平水年建库前后流量降低幅度最大为 6 月和 8 月，分别为 45.51%和 45.68%；枯水年建库前后流量降低幅度最大的发生在枯水年 9 月，达 49.45%；在建库前后流量最大发生在丰水年 9 月。因此最大冲淡区应该发生在 9 月，建库运行前后冲淡区变化最大的应该发生在 6 月。为了充分讨论天角潭水库建设前后对新英湾海域冲淡区的影响，结合洋浦港的潮汐特征，确定的具体数值模拟计算工况如表 5.3-49 所示。

表 5.3-49 北门江天角潭对新英湾海域海水冲淡区影响的预测工况

序号	流量	潮汐	说明
1	丰水年 6 月	2013 年 6 月	丰水年建库前后流量降低幅度最大； 6 月份潮差最大
2	平水年 6 月	2013 年 6 月	平水年建库前后流量降低幅度最大； 6 月份潮差最大月
3	丰水年 9 月	2015 年 9 月	建库前后流量均为最大； 9 月份潮差最大月
4	枯水年 9 月	2015 年 9 月	枯水年建库前后流量降低最大； 9 月份潮差最大月

（2）对河口海域冲淡区的影响

图 5.3-61 和图 5.3-62 分别是丰水年 6 月建库前和建库后，在对应月最低潮位时，新英湾海域的盐度分布预测结果。从预测结果来看，在最低潮位时，建库前的新英湾海域面积为 17.4km^2，其中冲淡区达到 10.6km^2，占总海域面积的 60.9%，冲淡区的前沿接近于洋浦渡口，整个洋浦滨海公园和千年古盐田附近海域均属于冲淡区；建库后，新英湾海域面积在最低潮位时略有下降，为 17.3 km^2，其中冲淡区面积为 6.1 km^2，占比 35.3%；与建库前相比，冲淡区面积和冲淡区在海域的占比均有一定程度的下降，与建库前相比，海域中冲淡区面积占比降低了为 25.7%（见表 5.3-20），从图 5.3-62 可以看到，建库后冲淡区前沿向河口方向退缩，千年古盐田附近海域基本上为海水海域，冲淡区前沿退至洋浦滨海公园附近。

图 5.3-63 和图 5.3-64 分别是平水年 6 月建库前和建库后，在对应月最低潮位时，新英湾海域的盐度分布预测结果，详细的海域面积和冲淡区面积见表 5.3-40。从预测结果看，平水年新英湾海域面积与丰水年相比差别不大，但是冲淡区的差别则较大。新英湾海域在最低潮位时，建库前的冲淡区面积约为 7.4km^2，占海域面积的 42.77%，建库前冲淡区前沿接近千年古盐田附近。建库后冲淡区面积为 4.4km^2，占海域面积的 25.58%，

冲淡区前沿退至洋浦滨海公园附近，与丰水年建库前后冲淡区面积降低附近基本相同，建库后新英湾海域中冲淡区面积占比降低了 17.79%。

图 5.3-65 和图 5.3-66 分别是丰水年 9 月建库前和建库后在最低潮位时，新英湾海域盐度分布预测结果。北门江河口在丰水年 9 月的流量是所有月份中的最高流量。根据预测结果，在最低潮位时，冲淡区面积为分别为 11.5 km^2 和 9.1km^2，分别占新英湾海域面积的 60.5%和 48.7%，建库前冲淡区覆盖到千年古盐田附近海域，最前沿达到洋浦渡口；建库后冲淡区前沿达到千年古盐田附近海域，并几乎覆盖整个洋浦滨海公园海域。建库后的新英湾海域中冲淡区面积占比与建库前相比，降低了 11.9%，低于丰水年 6 月的降低幅度。

图 5.3-67 和图 5.3-68 分别是枯水年 9 月建库前和建库后，在对应月最低潮位时，新英湾海域盐度分布的预测结果。枯水年 9 月建库前和建库后流量降低幅度在枯水年为最大，月均流量降低了 15.71m^3/s。根据预测结果，建库前在最低潮位时，枯水年 9 月的新英湾海域冲淡区面积为 6.2km^2，占新英湾海域面积的 33.2%，冲淡区前沿位于滨海公园海域中；建库后的冲淡区面积为 2.5 km^2，占海域面积的 13.37%，建库后新英湾海域中冲淡区面积降低了 19.83%。

对比丰水年不同月份的冲淡区面积，发现新英湾海域的冲淡区面积与北门江河口的流量成正相关，表明北门江河口的流量越大，新英湾海域的冲淡区面积也大，冲淡区占整个海域面积的比例也越大。对比较建库前后的冲淡区面积，发现冲淡区面积与建库前后流量变化量相关，变化量越大的，冲淡区面积的变化也越大，其中变化最大的是丰水年 6 月，新英湾海域中冲淡区面积在建库前后相差 25.7%。总体而言，建库后的冲淡区面积有所降低，特别是在汛期，这是因为建库后汛期下泄流量降低较大。

根据水文情势影响分析，因为天角潭水库建设运行后的调节作用，建库后河道中的流量在枯期有所增加。根据新英湾海域中盐度分布预测结果，可以看在枯期，新英湾海域中冲淡区在建库前后差异不大，这是因为虽然枯期河道中流量在建库前后的增加比例较大，但是流量增加量并不大，导致对海域冲淡区的影响不大，这表明在枯期，海域的冲淡区面积主要受潮汐水位变化的影响。

表 5.3-40 不同工况下最低潮位时的新英湾海水冲淡水区面积预测结果

单位：km^2

预测工况		新英湾海域面积	冲淡区面积	冲淡区占比（%）	海域中冲淡区占比相差
丰水年 6 月	建库前	17.4	10.6	60.92	25.66%
	建库后	17.3	6.1	35.26	
平水年 6 月	建库前	17.3	7.4	42.77	17.19%
	建库后	17.2	4.4	25.58	
丰水年 9 月	建库前	19.0	11.5	60.53	11.87%
	建库后	18.7	9.1	48.66	
枯水年 9 月	建库前	18.7	6.2	33.16	19.79%
	建库后	18.7	2.5	13.37	

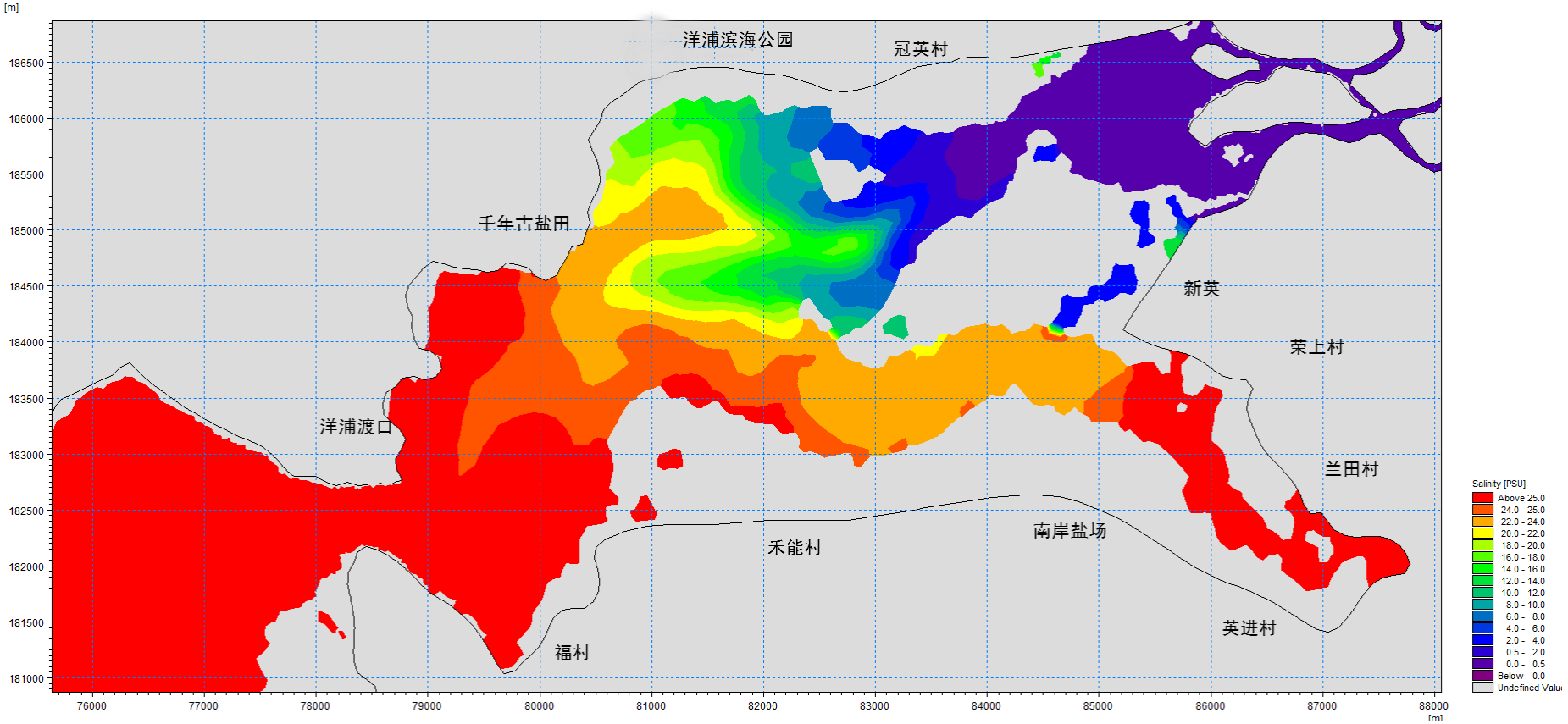


图 5.3-61 丰水年 6 月新英湾建库前最低潮位（对应月，下同）冲淡水区盐度分布预测结果

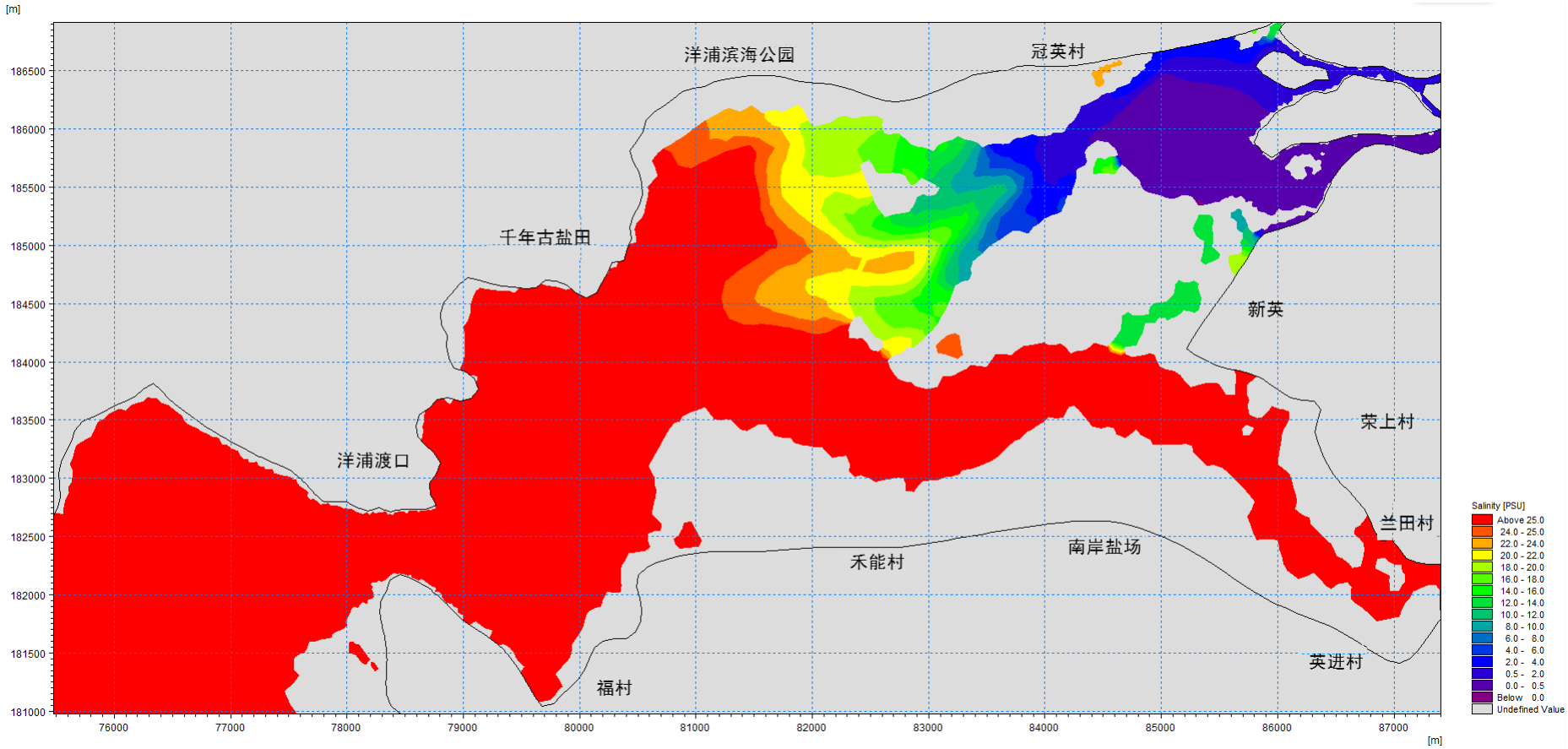


图 5.3-62 丰水年 6 月建库后新英湾最低潮位的冲淡水区盐度分布预测结果

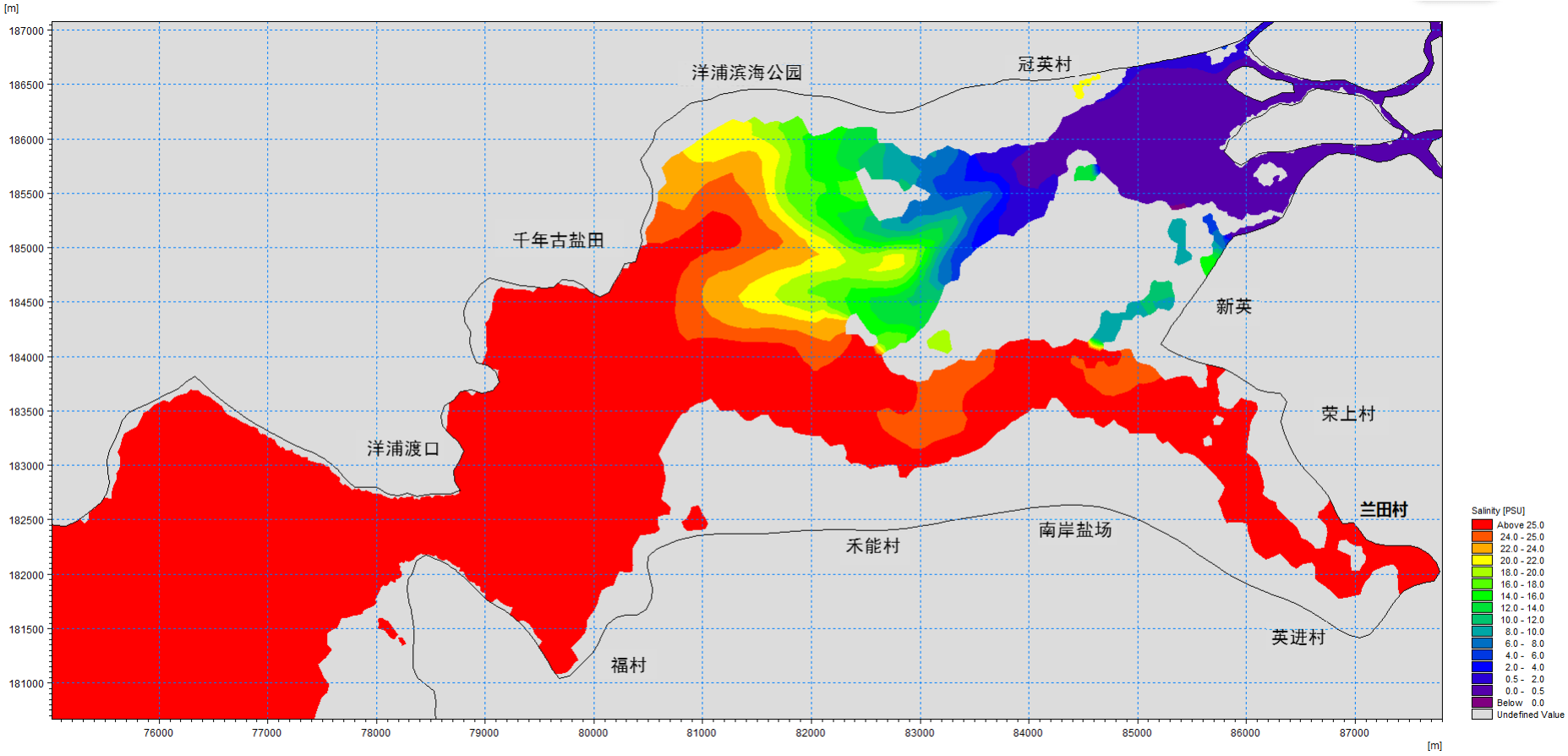


图 5.3-63 平水年 6 月新英湾建库前最低潮位冲淡水区盐度分布预测结果

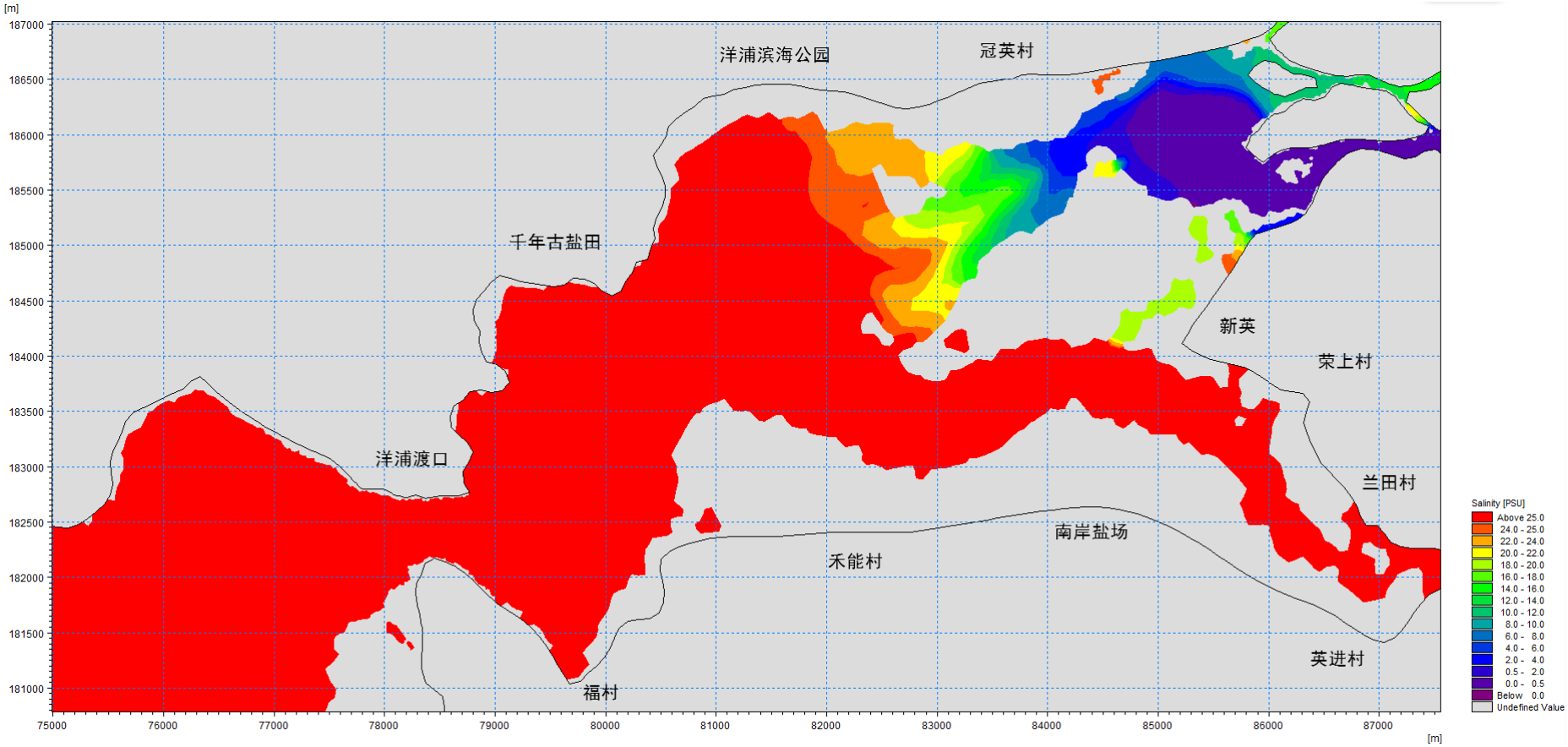


图 5.3-64 平水年 6 月新英湾建库后最低潮位冲淡水区盐度分布预测结果

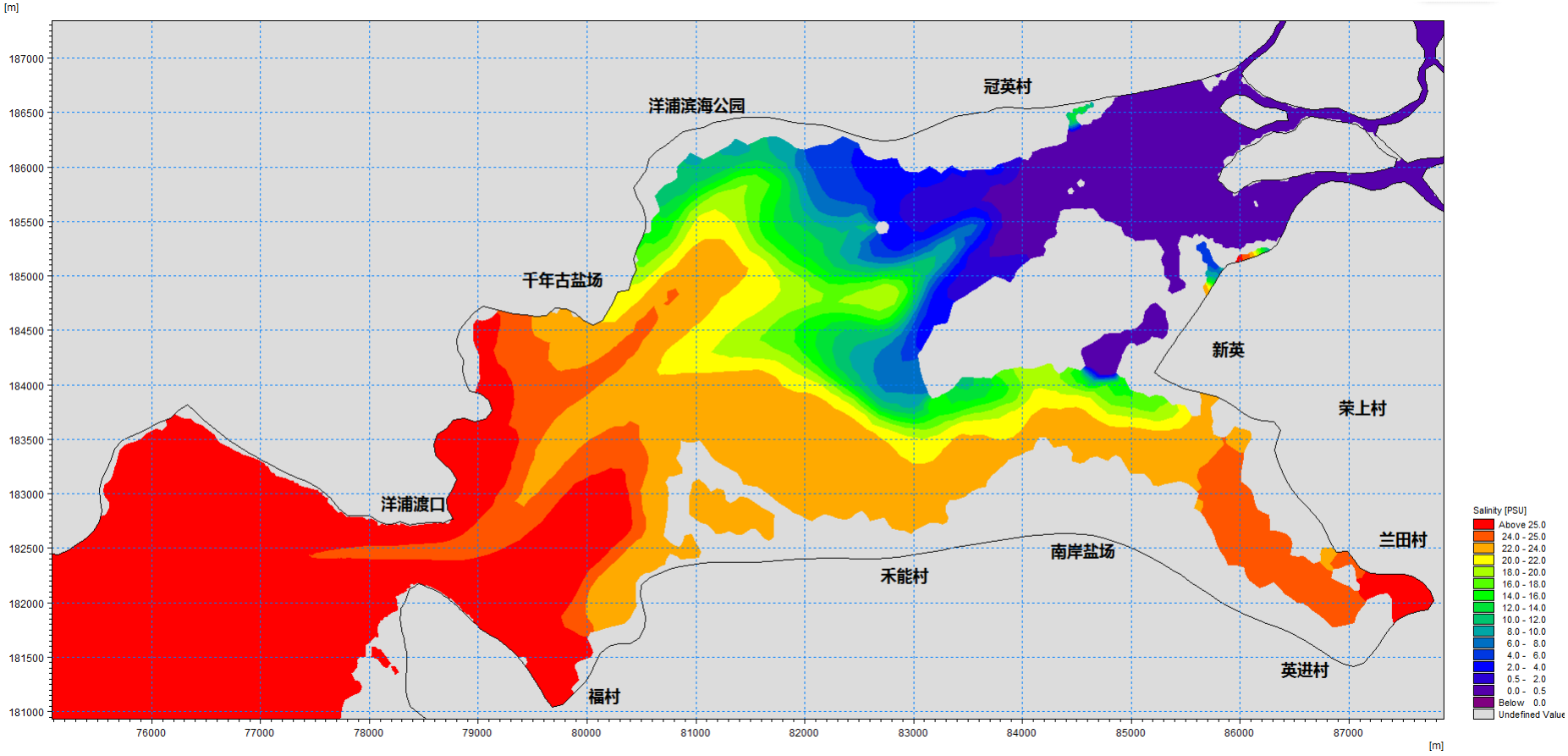


图 5.3-65 丰水年 9 月新英湾建库前最低潮位冲淡水区盐度分布预测结果

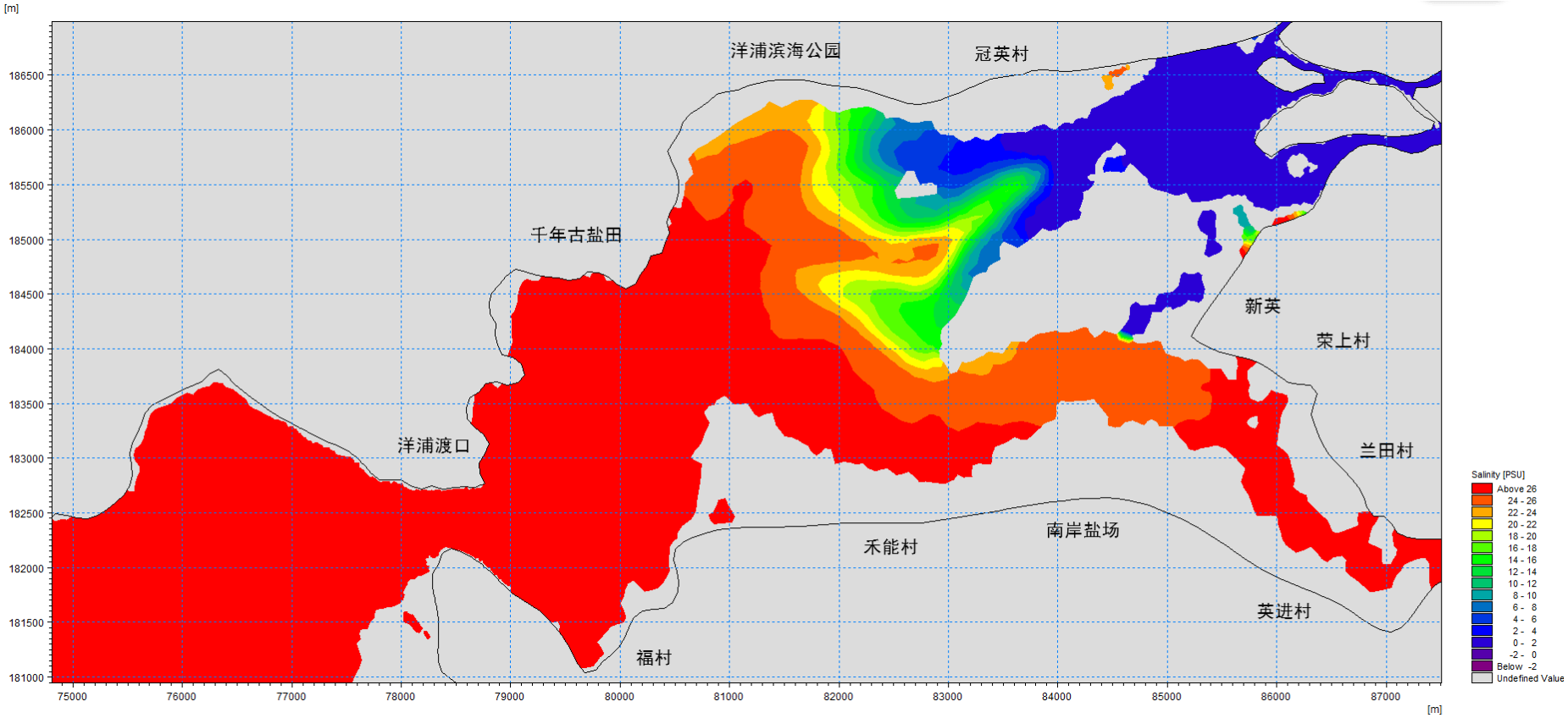


图 5.3-66 丰水年 9 月新英湾建库后最低潮位冲淡水区盐度分布预测结果

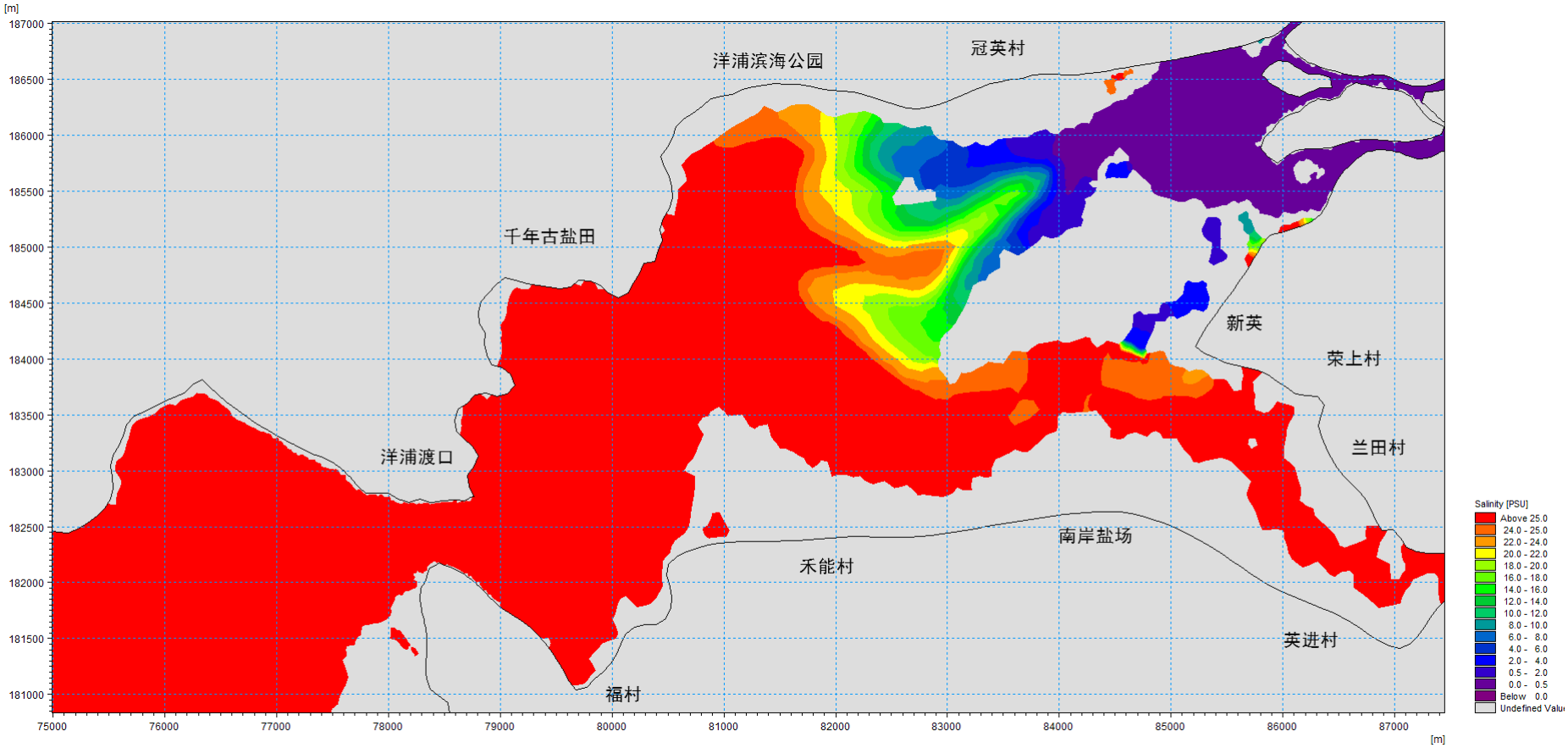


图 5.3-67 枯水年 9 月新英湾建前最低潮位冲淡水区盐度分布预测结果

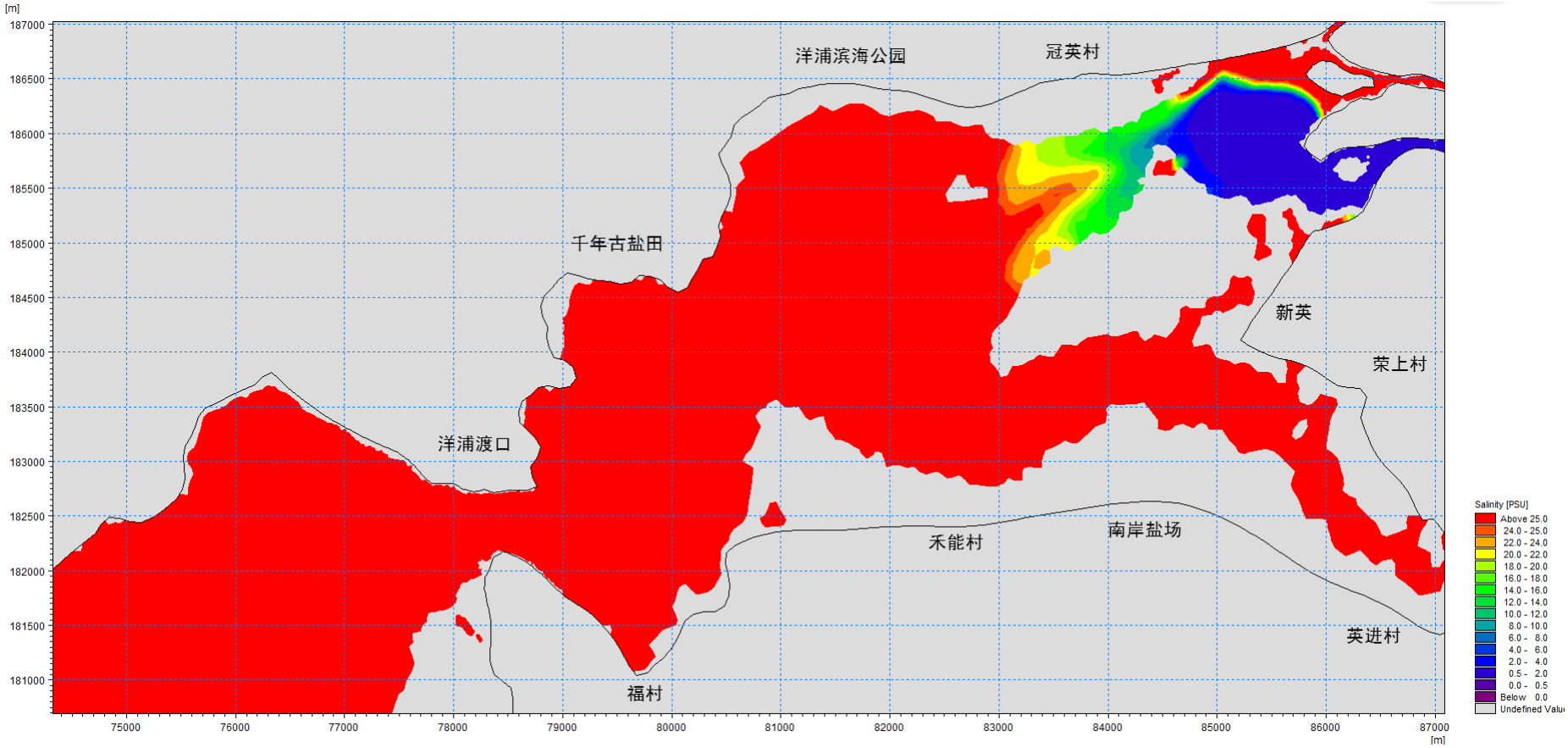


图 5.3-68 枯水年 9 月新英湾建后最低潮位冲淡水区盐度分布预测结果

5.3.7 河口压咸需水量

根据天角潭水库建设对水文情势影响的分析结果，水库建设运行后，汛期 6 月和 9 月的流量降低幅度较大，数值实验分析中主要针对 6 月和 9 月的咸潮上溯情况。计算中河道流量采用不同水文年及不同情况下河道中的真实流量进行模拟计算，计算结果见表 5.3-41。因为在预测中 6 月和 9 月的潮汐条件不同，因此河道中流量对咸潮上溯距离的影响作用也不一样，6 月和 9 月河道中流量与咸潮上溯距离的关系见图 5.3-69 和图 5.3-70。

从图 5.3-69 可以看出，在汛期 6 月，当流量小于 10m^3/s 时，流量的增加可以导致咸潮上溯距离影快速缩短，如流量为 3.22m^3/s 时，咸潮上溯距离则可达到 8200m，当流量为 10.06m^3/s 时，咸潮上溯距离降低为 2830m，流量增加约 7.5m^3/s 之后，咸潮上溯距离缩短约 5400m；但是当流量大于 10m^3/s 之后，河道中流量增加对咸潮上溯距离的影响则不太明显，比如当流量增加为 22.12m^3/s 时，咸潮上溯距离为 1560m，与流量为 10.06m^3/s 时的咸潮上溯距离相比，流量增加了 12m^3/s 之后，咸潮上溯距离仅降低 1270m。这表明在汛期 6 月，当河道中流量大于 10m^3/s 之后，流量增加对河道中咸潮上溯距离的影响不明显。

9 月河道中咸潮上溯距离与流量的关系见图 5.3-70。丰水年和枯水年中月均流量最大均发生在 9 月，水库建成后河道流量在 9 月均大于 10m^3/s。从图 5.3-70 可以看到，当河道中流量为 11.02m^3/s 时，咸潮上溯距离为 1640m，当流量增加为 17.9m^3/s 时，咸潮上溯距离为 800m，表明河道中流量增加 6.9m^3/s 之后，咸潮上溯距离仅缩短约 850m，当河道中流量增加为 25.0m^3/s 时，河道中流量为 440m，与流量为 17.9m^3/s 时相比，咸潮上溯距离仅减少 360m。这表明在汛期 9 月，当河道中流量大于 10m^3/s 之后，河道中流量增加对咸潮上溯距离的影响有限。

表 5.3-41 不同流量下北门江河道中的咸潮上溯距离模拟结果表

序号	6 月			9 月		
	流量 (m^3/s)	上溯距离（m）	备注	流量 (m^3/s)	上溯距离（m）	备注
1	3.22	8200	枯水年 天然流量	11.0	1600	枯水年 建库后流量
2	10.1	2830	平水年 建库后流量	17.9	800	平水年 天然流量

序号	6 月			9 月		
	流量 (m^3/s)	上溯距离（m）	备注	流量 (m^3/s)	上溯距离（m）	备注
3	13.8	2320	丰水年 建库后流量	25.0	440	丰水年 建库后流量
4	22.1	1560	平水年 现状流量	26.7	390	枯水年 现状流量
5	28.6	920	平水年 天然流量	32.5	260	枯水年 天然流量
6	34.4	530	丰水年 现状流量	52.6	120	丰水年 现状流量
7	43.2	310	丰水年 天然流量	63.9	0	丰水年 天然流量

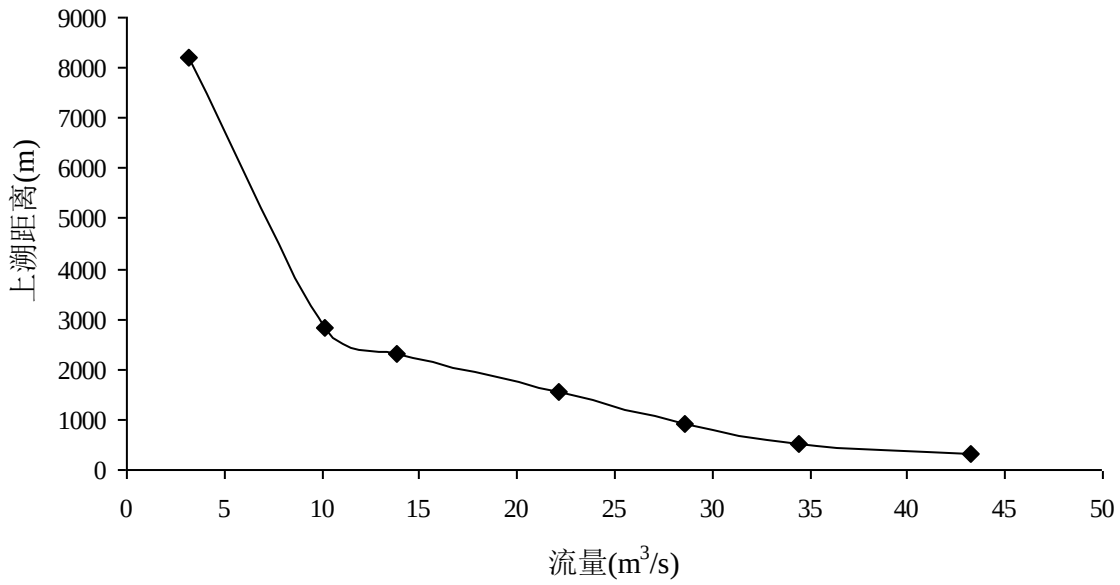


图 5.3-69 汛期 6 月河道中不同流量下的咸潮上溯距离

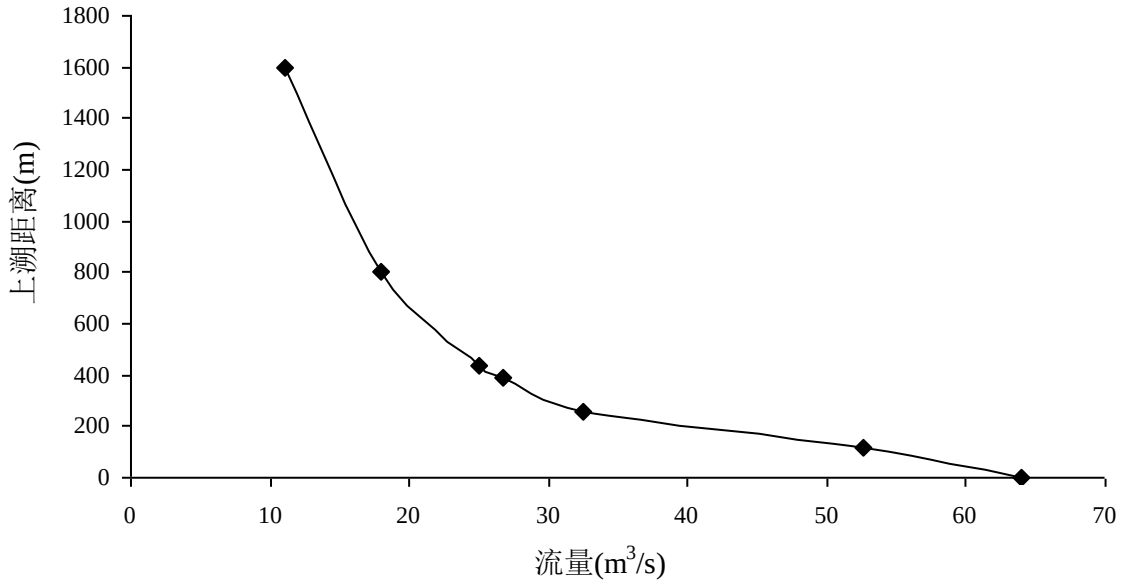


图 5.3-70 汛期 9 月河道中不同流量下的咸潮上溯距离

河道中咸潮上溯距离受潮汐潮位和河道中流量的影响，在潮位相同条件下，流量越大则上溯距离越短，流量越小则上溯距离越大。因此在 5.3.3 节的咸潮上溯影响分析中，从最不利条件出发，在北门江河道咸潮上溯距离的模拟研究中，均采用太平河断面流量为河道流量，模拟计算中为考虑太平河断面至北门江河口之间的区间汇流，根据 5.2 节水库建设对水文情势影响的分析结果，太平河断面流量与北门江河流在丰水年汛期 6~9 月的区间汇流流量分别为 6.66 m^3/s、7.0 m^3/s、3.89 m^3/s、9.81 m^3/s；平水年汛期 6~9 月区间汇流流量分别为 4.38 m^3/s、4.74 m^3/s、5.14 m^3/s、2.75 m^3/s；枯水年汛期 6~9 月区间汇流流量分别为 0.49 m^3/s、0.37 m^3/s、1.87 m^3/s、5.04 m^3/s。以丰水年 6 月为例，区间汇流流量是建库后太平河断面流量的 48.3%，因此太平河断面与河口之间的区间汇流会对咸潮上溯产生压制作用，使得实际的咸潮上溯距离要小于 5.3.3 节的预测结果。

天角潭水库建设运行后，因为蓄丰调枯，使河道中建库后流量降低主要发生在汛期 6-9 月，其中以 6 月的降低幅度最大，从而导致水库建设后汛期 6 月河道中咸潮上溯距离有一定程度的增加。通过前面的分析可知，当河道中流量大于 10 m^3/s 之后，河道中通过增加流量抑制咸潮上溯距离的作用不明显。

从 5.2 节中可以看到，北门江河口流量在在丰水年 6-9 月分别为 20.44 m^3/s、21.38 m^3/s、12.98 m^3/s、34.81 m^3/s，在平水年 6-9 月分别为 14.44 m^3/s、15.35 m^3/s、16.49 m^3/s、14.68 m^3/s。这表明在天角潭水库建设运行后，在丰水年和平水年的汛期 6-9 月，北门江河口的流量均大于 10 m^3/s，因此不需要专门增加天角潭水库下泄流量降低咸潮上溯距离。如果汛期有特殊的生态环境要求，需要对咸潮上溯进行控制，则可以用调度的方式，结合潮汐水位，分配下泄水量的方式降低咸潮上溯距离。

5.4对地下水环境的影响

5.4.1 地下水补给、径流及排泄条件

（1）坝址区

坝址区地下水主要有第四系孔隙含水层和基岩裂隙含水层两种类型，均接受大气降水补给，并向河流排泄。

孔隙含水层分布在河床砂砾石层及河流冲积层中，与河水具良好的水力联系，其水位随季节变化大。基岩裂隙水则位于两岸及河床基岩中，由于受风化卸荷影响，近岸地下水位普遍埋藏深。根据钻孔试验地下水位左岸埋深为 2.20m～21.50m，右岸埋深为 3.80m～15.20m。地下水位多位于弱风化基岩。

（2）引水管线

引水管线工程区内地下水按其埋藏条件可分为：孔隙型潜水、基岩裂隙水两种。前者主要埋藏于地表松散覆盖堆积物和斜坡地带的坡残积物中，主要接受大气降水的补给，向库区、沟谷排泄或沿基岩下渗，受季节影响明显。后者埋藏于下伏基岩裂隙中，只赋存于浅部饱气带中，含水量相对较少，主要接受大气降水和上部孔隙型潜水的补给，向沟谷、库区排泄。

引水管线沿线地下水位埋深 0.90～3.60m，水位年变幅 1.50m 左右，区内地下水的动态变化特征，与大气降水关系密切，水位、水量等动态特征随降水量呈滞后—正相关关系，动态一般较稳定～稳定。地下水水位的变化，与大气降水有密切的关系，以垂直补给为主，水位高低与降水量的大小相对应。低水位出现在每年降雨量小的冬季。而 6、7、8 月份降水量大而集中，为水位恢复的高水位期。根据以上确定，路线区水文地质条件简单～较复杂。

5.4.2 对地下水影响分析

根据《环境影响评价技术导则　地下水环境》（HJ610-2016），本报告采用类比分析法评价工程建设对区域地下水的影响。类比工程和本工程的主要参数见表5.4-1。

表 5.4-1　　天角潭水库与猴山水库主要工程参数对比表

工程参数	天角潭水库	猴山水库
水库规模	大（2）型	大（2）型
库容(亿 m^3)	1.91	2.08
调节性能	多年	多年
坝址处多年平均流量（m^3/s）	8.94	2.62
最大坝高（m）	52	51.6
所在河流	北门江（独流入海）	狗河（独流入海）

从上表可以看出，天角潭水库和猴山水库虽处不同地区，但工程规模及所在河流特征都很具相似性，具有一定的类比基础条件，《辽宁绥中猴山水库地下水环境影响评价报告》（2014，吉林大学）相关结论对本工程具有一定的参考价值。本工程引水隧洞总长338m，工程施工和隧洞施工不会对地下水产生明显影响。

（1）工程运营期水库浸没影响

天角潭水库工程运营期工程不排放污染物，对坝址区地下水环境基本不产生影响。水库蓄水后会引起水库周边地下水位抬升，靠近水库边的部位可能会受浸没影响，但天角潭水库周边多为基岩分布，正常蓄水位一带均为低山丘陵地形，山坡上没有大片农田及平地，可耕作土地极少，因此，库区浸没问题不突出。

（2）引水管线对地下水环境影响

本工程引水管线总长 39.2km，采用预应力钢筒混凝土输水管，引水管线区地下水埋深较浅，管线施工产生的废污水任意排放，可导致污水渗漏污染区域地下水，因此施工工程中要加强对废水的排放管理，严禁不经处理任意排放。引水管线施工产生的废污水经过严格处理后不会对周围地下水产生影响。

（3）工程引水对河口区地下水环境影响

根据《辽宁绥中猴山水库地下水环境影响评价报告》（以下简称“专题报告”），猴山水库建成引水后，将导致狗河下游径流量减少，年内水量减少主要发生在洪水期的 6~9 月；进而会导致河水位相应下降。猴山水库河口处汛期最大减水比例为74.97%（平水年7月份），非汛期受水库调节影响，河口断面的流量有所增加。

《专题报告》结论表明：

1）猴山水库建库后地下水位高水位低于现状高水位，地下水低水位高于现状低水位，地下水位变化幅度将变小，地表水来水量减少对地下水位变化的影响不大，地下水仍然向海湾排泄，运行几年后地下水系统将会达到新的平衡。

2）未来工程条件下，充分利用入海口附近的拦河坝有效拦蓄地表水并抬升地表水位，并严格控制地下水开采量，就基本可以保证狗河入海口沿海地带地下水位高于海水位，不会出现海水入侵现象。

天角潭水库建成后，受水库调节影响，非汛期通过水库下泄生态流量，可有效增加河口断面入海水量；汛期受水库调节影响，河口断面流量比建库前减少，最大减水比例为 50.19%，主要集中在汛期 6~9 月份。北门江河口河床渗透性良好，河水与地下水水利联系密切，因此河水变化将对沿岸地带的地下水产生一定的影响。

天角潭水库建成后，汛期水库下泄水量减少，一定程度上影响下游地表水对地下水的渗漏水量，地下水平衡会受到一定的影响，河口沿河地带的地下水位会相应有所降低。由于地下水的主要补给来源为降水入渗及灌溉渗漏，类比猴山水库狗河“河水渗漏仅对沿河两岸 950m 范围内的地下水产生影响”，本工程河水渗漏对沿河两岸地下水的影响范围不会超过 1km。汛期河道流量减少，河水对地下水的补给量相应减少，河口沿河地带地下水位将低于建库前的地下水位；枯水期河道流量较建库前有所增加，河水流量保证程度提高，河水位较建库前有所抬高，因此河口沿河地带枯水期地下水位将高于建库前的地下水位。综合分析表明，上述两种情况交替作用，天角潭水库建成后河口地下水位高水位低于现状高水位，河口地下水低水位高于现状低水位，地下水位变化幅度将变小，因此地表水来水量减少对河口地下水位变化的影响不大，地下水仍然向海湾排泄，运行几年后地下水系统将会达到新的平衡。

（4）洋浦开发区地下水环境影响

天角潭水库主要任务之一为洋浦开发区供水，通过引水隧洞从天角潭水库引水到天角潭泵站，再通过输水管线引到洋浦开发区，保证洋浦开发区的用水。这样可以大量减少洋浦开发区地下水的开采量。

根据水量平衡原理，地下水开采量远小于地下水可开采量及相应补给量，地

下水系统处于正均衡状态，地下水位将得到明显的抬升；之后由于地下水埋藏浅时，地下水蒸发排泄量也随之增大，地下水位上升幅度趋缓，因此只要严格控制地下水开采量，到 2040 年洋浦开发区地下水位将基本大幅抬升；海水入侵情况也会得到明显的缓解，甚至逐步消失，地下水水质也会趋于好转。

5.5对水生生态的影响

5.5.1 对浮游植物的影响

（1）施工期

施工期间，坝址区施工活动对水体的扰动使水体透明度下降，硅藻门、绿藻门等喜洁净水体的种类的密度和数量将下降，而蓝藻等种类的密度和数量将有所上升，水体中浮游植物的生物量总体下降。

（2）运行期

天角潭水库坝址距离天角潭水陂坝址约 500m，现状天角潭坝址断面恰好位于天角潭水陂库区内，水深约 6~8m 左右，水面宽大约 50~80m，水体流速较缓。水库形成后，水库正常蓄水位 58.0m 时干流回水长度 14.2m，坝前水面宽度约 320m，库水面面积 13.8km^2，水库正常蓄水位时相应库容 16278 万 m^3。天角潭水库建成后，与天然情况相比，近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段流速变化较小。

天角潭水利枢纽工程大坝建成后，由于水库河谷区水面变宽，库区近坝段和库中段水体流速将明显减缓，使库区河段水域环境从河道缓流型转为湖泊缓流型。近坝段和库中段库区水位的抬升将淹没部分土地和植被，为浮游生物提供大量的养分；水体流速减小，有利于营养物质的截流；同时，水体变清，水面加宽，水深加大等水文情势的变化均对浮游植物的生长有利。由于库区不同区域水文情势和生境存在差异，浮游植物种类变化也相应地存在一定差异。天角潭水库蓄水后，其浮游植物种类结构、分布应类似天角潭水陂库区河段，同时参照周宅水库和大域水库浮游植物现状，预计天角潭水库蓄水后，坝前、库中水域由于生境条件的改变，原主要河道缓流型种绿藻门和硅藻门种类等将有所下降，但浮游植物种类将仍以绿藻门、甲藻门和硅藻门为主，库尾水域因保持少量的微流水区域，硅藻可能成为该区域的主要优势种。整体而言，天角潭水库蓄水后，库区浮游植物种

类结构将由河道缓流型向湖泊缓流型转化。建库后水体氮、磷营养盐含量稍高于建库前，所以浮游植物密度、生物量不会大幅度上升，但库区水体总的初级生产力会有所提高。

对于坝下来讲，天角潭水库建成后，现天角潭水陂将拆除，近坝下江段由湖泊缓流型生境变为河道流水型生境，坝下河段来水主要是水库下泄水，平水年部分月份来水量减少，浮游植物受泄水影响较大，浮游植物种类组成与坝前相似。部分月份来水量相对于天角潭水库建库前减少，浮游植物种类变化不大，现存量将一定程度减少。坝下支流太平河汇入以后，对浮游植物的影响将得到一定程度改善，总体而言，因来水减少坝下河段浮游植物总的初级生产力将有所降低。

对于河口区域，根据相关专题研究成果，天角潭水库建成后，比较不同工况下的预测结果，丰水年汛期河道中流量下降幅度最大，因此咸潮上溯的增加距离最长，为 1790m。与咸潮上溯距离变化相对应的是河口盐度的变化，丰水年建库前后河口位置的盐度差别较大，建库前河口盐度较小，仅 12.5‰左右；建库后由于河道中流量降低，河口盐度升高，达到约 22.15‰左右。河道中盐度的分布与天然状态下有所变化，咸潮上溯盐度变化后部分淡水水生生物的活动区域会有所减少，从而导致河口淡水生物数量降低。但是，海水上溯将使北门江河口上游河道中的营养物质含量增加，有利于水体初级生产力增加，使得河道内的藻类等浮游植物数量增加。

5.5.2 对浮游动物的影响

（1）施工期

施工期间，施工活动对水体的扰动使施工河段及其下游水体透明度降低及溶解氧下降，短期内可造成施工河段部分水体和下游部分水体水质变差，使适应性强、耐污性及耐低氧浮游动物种类增加，但整体浮游动物的生物量下降。

（2）运行期

天角潭水库建成后，与天然情况相比，近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段流速变化较小，坝上至库尾河段由河道缓流型转为湖泊缓流型。近坝段和库中段库区水深增加、水面扩大、库容增加、透明度增大。被淹没区域植被、土壤内营养物质溶出，水中有机质及矿物质都将增加，这些条件都有利于浮游生物的生长繁殖。加上浮游

植物生物量的增加，浮游动物获得充足的食物来源，从而在个体数量上将会随之出现迅速增长。天角潭水库蓄水后，类比周宅水库和大域水库，喜静水的轮虫和原生动物会成为优势种，枝角类也会大量出现。

对于坝下河段，天角潭水库建成后，原天角潭水陂拆除，近坝下江段由湖泊缓流型生境变为河道流水型生境，浮游植物受泄水影响较大，浮游植物种类组成与坝前相似。坝下远离坝址江段，部分月份水量减少，由于仍保持流水生境条件，浮游植物种类组成变化不大、总量会有减少，相应浮游动物的种类组成在流水条件下也不会有大的变化，其总量会有所下降。

对于河口区域，根据相关专题研究成果，天角潭水库建成后，比较不同工况下的预测结果，丰水年汛期河道中流量下降幅度最大，因此咸潮上溯的最大增加距离最长，为 1790m。与咸潮上溯距离变化相对应的是河口盐度的变化，丰水年建库前后河口位置的盐度差别较大，建库前河口盐度较小，仅 12.5‰左右；建库后由于河道中流量降低，河口盐度升高，达到约 22.15‰左右。海水上溯将增加北门江河口上游河道中的营养物质，有利于水体初级生产力增加，使得河道内的藻类等浮游植物数量增加，随着浮游植物生物量的增加，浮游动物获得充足的食物来源，从而在个体数量上将会随之出现迅速增长，因此总体上有利于河道中水生生物数量的增加。

5.5.3 对底栖动物的影响

（1）施工期

施工期间，工程施工会造成施工区河段底质发生变动，底栖动物原有的栖息地破坏，生境缩小，生物量减少，但是工程竣工后，经过一定时间的自然恢复，如果不出现新的致危因素，底栖生物的资源得到一定程度的恢复。

（2）运行期

天角潭水库蓄水后，其底栖动物种类结构、分布应类似周宅水库和大域水库，坝前、库中水域的底栖动物将以水蚯蚓、摇蚊、腹足纲等种类为主，库尾水域因保持少量的微流水区域，可能会出现蜉蝣目、毛翅目等种类。整体而言，天角潭水库蓄水后，库区底栖动物种类结构将由河道缓流型向湖泊缓流型转化，随着营养盐向底泥中沉积，底栖动物密度、生物量较前将有一定幅度上升。

对于坝下河段，底栖动物生活于水体底部，栖息的形式多为固着于岩石等坚

硬的基体上和埋没于泥沙等松软的基底中。建库后，近坝下原天角潭水陂库区河段，底栖动物的种类将以蜉蝣目、毛翅目等种类为主，现存量将大幅度减少。坝下远离坝址江段，随着坝下流量部分月份的减少，可供底栖动物栖息的水体生境面积将萎缩，因此底栖动物的现存量将有所减少，但坝下河段由于生态流量的下泄，仍然保持流水状态，所以底栖动物的种类变化不大，主要流水型种类会继续存在。整体而言，天角潭水库蓄水后，近坝下江段底栖动物种类和现存量都将变小，而远离坝址的坝下河段的底栖动物种类基本不变，其数量将有一定程度的下降。

对于河口区域，由于咸潮上溯距离及盐度变化，底栖动物中适应咸水的星虫纲种类将增加，适应淡水种类将减少。

5.5.4 对鱼类的影响

5.5.4.1 大坝阻隔对鱼类的影响

北门江干流已建水利水电工程从上游至下游包括沙河水库（坝后电站）、牙拉河一级水电站、燎原水电站、牙拉河三级水电站、牙拉河四级水电站、东风水电站、西联水电站、两院水电站、西庆水电站、天角潭水陂，水利水电工程建设对鱼类的阻隔效应早已形成。

根据相关资料，北门江历史上曾分布有花鳗鲡，但是通过本次环评现场调查及访问得知，北门江已多年未见花鳗鲡的野生个体。由于北门江干流已建有多个水利水电工程，且已建成多年，因此分析天角潭水陂上游河段现状不太可能分布有花鳗鲡，但天角潭水陂以下河段仍保持连通，如果北门江还有花鳗鲡分布的话，其最大可能分布范围应是天角潭水陂坝下~河口间河段。

花鳗鲡是一种典型的降河性洄游鱼类，性成熟后由江河的上、中游移向下游，群集于河口处入海，到远洋中产卵繁殖。孵出的幼体称为柳叶鳗，慢慢向大陆浮游，在进入河口前长成白色透明鳗苗，俗称为鳗线或玻璃鳗。然后再逆流而上，返回大陆淡水江河溪流中发育成长，栖息于江河、水库或山涧溪谷等环境中，尤以水库中为多。天角潭水利枢纽大坝建于现有天角潭水陂库区，现有天角潭水陂在天角潭水库建设期间将拆除，花鳗鲡可通过现有的天角潭水陂河段，继续上溯至天角潭坝下，从河流连通性考虑，天角潭水陂的拆除对花鳗鲡洄游有一定有利影响，此外，天角潭水库大坝的建立可能阻碍幼鳗洄游至库区生长育肥，对其完

成生活史过程有一定的影响。列入《中国物种红色名录》的台细鳊、锯齿海南鲚，海南省特有鱼类海南石鲋和条纹刺鲃，虽无典型的洄游习性，但是其现状资源量均已极少，大坝将其分成坝上、坝下两大类群，不同空间分布的种群间将出现遗传分化，使得种群数量本已较少的物种逐步丧失遗传多样性，危及物种长期生存。

此外，对于北门江其他种鱼类如三角鲤、鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、胡子鲇和斑鳢等定居性鱼类，天角潭水利枢纽工程建成运行后，这些鱼类在坝上、坝下江段均能完成整个生命史，所以天角潭水利枢纽工程的建设运行对这些鱼类的影响主要表现在对坝上和坝下鱼类种群交流产生的阻隔影响。

5.5.4.2 水文情势变化对鱼类的影响

根据水文情势预测成果，建库前天然情况下，平水年，库尾断面平均水深在0.02~0.56m 之间变化，平均流速在 0.14~0.91m/s 之间变化，水面宽在 36.86~54.88m 之间变化；库中断面平均水深在 0.02~0.23m 之间变化，平均流速在 0.13~1.52m/s 之间变化，水面宽在 47.01~51.33m 之间变化；坝址断面平均水深在 0.02~0.38m 之间变化，平均流速在 0.11~0.81m/s 之间变化，水面宽在 48.11~59.34m 之间变化；

建库后，平水年，库尾断面平均水深在 0.02~2.62m 之间变化，平均流速在 0.004~0.60m/s 之间变化，水面宽在 36.86~112.79m 之间变化；库中断面平均水深在 7.09~13.12m 之间变化，平均流速很小，水面宽在 171.68~206.95m 之间变化；坝址断面平均水深在 19.07~24.82m 之间变化，平均流速近乎为 0，水面宽在 294~320.6m 之间变化。

天角潭水库建成后，与天然情况相比，近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段流速变化较小。工程建设使库区水深明显增加，流速减缓，水面变宽，变化幅度从坝址到库尾逐渐减小。

对于鱼类而言，水库建成后，库区喜静水或缓流水习性的鱼类生存空间得到改善，喜静水生境的鱼类如鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、三角鲤、胡子鲇和斑鳢等资源量将增加；喜流水生境的鱼类如黄尾鲴、唇鲟、光倒刺鲃和条纹刺鲃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。

对于坝下河段，建库后，平水年 6~9 月份月均流量减小量分别为 13.02 m^3/s、14.07 m^3/s、15.67 m^3/s、6.59m^3/s，占天然河段流量比例为 82.83%、83.90%、85.3%、

70.93%，其余月份较建库前均有不同程度的加大。由于在部分鱼类繁殖期坝下水量减少，导致河道水面宽度变窄、水深降低，鱼类零星分布的产卵场将受到压缩，鱼类的种群数量将相应较少。但由于沿程径流及支流太平河的汇入，对北门江水域鱼类的影响将有所缓改。

天角潭水利枢纽工程对北门江入海口鱼类的影响主要受咸潮上溯距离增加及河口盐度变化的影响。天角潭水库建成后，比较不同工况下的预测结果，丰水年汛期河道中流量下降幅度最大，因此咸潮上溯的增加距离最长，为 1790m。与咸潮上溯距离变化相对应的是河口盐度的变化，丰水年建库前后河口位置的盐度差别较大，建库前河口盐度较小，仅 12.5‰左右；建库后由于河道中流量降低，河口盐度升高，达到约 22.15‰左右。平水年 6 月，在建库前河口断面最大盐度约为 20.3‰，略低于建库后河口断面盐度（23.4‰）。丰水年，建库前河道中盐度沿程下降速度较快，从 12.5‰降至 0.5‰的距离仅 500m 左右；建库后自河口 1000m 以内，盐度下降较快（从 22.15‰下降至 10.0‰左右），2000m 内盐度降低至 1.7‰；在 2500m 以内盐度降低到 0.5‰。咸水上溯距离上移及盐度变化，对鱼类有一定影响：河口及附近河段未发现有鱼类集中产卵场分布；由于鱼类能主动躲避环境胁迫因子，淡水鱼类会随咸水上溯而向上游迁徙；咸水鱼类的分布空间上移，浮游生物数量增多，鱼类的食物来源充足，咸水鱼类资源量可能增加；根据渔获物调查，河口主要渔获物鲤、草鱼、鲢、鳙的成鱼可忍耐 10‰至 20‰的盐度，适应盐度变化范围相对较广，河口盐度变化对其影响较小；对于鳗鲡属等可以调节渗透压的往返于江河和海洋的洄游鱼类没有影响。

5.5.4.3 水温变化对鱼类的影响

温度是影响鱼类生长繁殖的重要环境因子之一，天角潭坝下现状渔获物主要为鲤、条鲹、鲢、鳙和草鱼，条鳚一般在水温接近 21℃时产卵，草鱼生长适宜温度为 20~32℃，鲢、鳙生长最适宜温度是 23~32℃，此外，对于保护鱼类，花鳗鲡适宜生长最适水温为 25~30℃，条纹刺鲃生长适温范围为 22~30℃，海南石鲋的生长适温为 21℃以上。根据水温预测成果，在不采取分层取水措施条件下，平水年天角潭水库整体呈季节性分层水温结构特征，鱼类主要繁殖期 3~8 月月均下泄水温与坝址天然水温情况如表 5.5-1 所示。下泄水温在 3 月~6 月比建坝前坝址天然水温有所降低，平均降低了 2.5℃，4 月份降低最多，达 3.9℃。根据以上鱼类的适宜产卵水温和适宜生长水温，大部分鱼类的最适繁殖、生长水温在 21~22℃及以上，

建库后若不采取分层取水措施，下泄水温较建库前大约推迟 1 个月才能达到21~22℃，因此，3~6 月份水库下泄低温水将会对降温河段鱼类的生长、繁殖、摄食产生不利影响，可能使鱼类生长减缓、性腺发育和繁殖期推迟。

表 5.5-1　　平水年鱼类主要繁殖期水温变化(不采取分层取水情况下)

月份	坝址天然水温(℃)	月均下泄水温(℃)	与坝址水温差值(℃)
3 月	22.3	20.3	-2.0
4 月	25.1	21.2	-3.9
5 月	26.4	23.2	-3.2
6 月	28.1	27.4	-0.7
7 月	28.4	30.5	2.1
8 月	27.5	30.8	3.3

由于存在下泄低温水对河段内鱼类的不利影响，可通过适当的工程措施如分层取水，减缓低温水对下游鱼类及水生生物的影响。建库前平水年 3~6 月份坝址水温分别为 22.3℃、25.1℃、26.4℃和 28.1℃，预测采取叠梁门分层取水措施后，3~6 月份下泄水温分别为 21.8℃、24.9℃、28.4℃和 30.6℃，较建库前各月水温分别下降了 0.7℃、0.2℃、-2.0℃和-2.5℃。采取分层取水后，水温改善效果明显，对鱼类的生长繁殖影响均较小。

5.5.4.4 饵料生物变化对鱼类种类组成的影响

天角潭水库蓄水运行后，随着水库生态系统的发育，库区水生生物种类组成、群落结构也相应发生演变。库区水面变宽，水流变缓，营养物质滞留，透明度升高，有利于浮游生物的繁衍，浮游植物、动物种类和现存量均会明显增加，水体生物生产力提高；库区水位提高，水深加大，库区深水区的底栖动物种类组成发生变化，多以适宜静水和耐低氧的寡毛类、摇蚊幼虫，虽然现存量会增高，但深水区的底栖动物鱼类利用率低。可见，库区鱼类的饵料生物基础如浮游动植物现存量增加，有利于仔幼鱼的育幼和以浮游生物食性的缓流或静水性鱼类的生长、繁衍。

因此，分布在天角潭库区的鱼类组成将发生明显的变化：库区杂食性的鱼类，如鲤、三角鲤、尼罗罗非鱼、条鳡等，由于性成熟时间短，繁殖快，将大量繁殖，此现象在蓄水初期更为明显，而肉食性鱼类胡子鲇、斑鳢等形成种群较为缓慢，从而无法对植食性鱼类进行利用，从而使植食性鱼类种群急剧增大。随着蓄水时

间的推移，肉食性鱼类以丰富的小型鱼类资源饵料基础得到发展，从而达到种群控制的相对平衡。

5.5.4.5 对保护鱼类的影响

根据资料显示，北门江分布有国家Ⅱ级重点保护野生动物花鳗鲡，列入《中国物种红色名录》鱼类有 3 种，为花鳗鲡、台细鳊、锯齿海南鲶，海南省特有种海南石斛和条纹刺鲃，5 种鱼类的现状资源量均已极少，在本次环评调查中未见。

花鳗鲡为降河洄游性鱼类，在海洋中产卵，淡水中生长育肥，北门江已多年未见花鳗鲡的野生个体。由于北门江干流已建有多个水利水电工程，且已建成多年，因此分析天角潭水陂上游河段现状不太可能分布有花鳗鲡，但天角潭水陂以下河段仍保持连通，如果北门江还有花鳗鲡分布的话，其最大可能分布范围应是天角潭水陂坝下~河口间河段。天角潭水库的建设，将拆除现有天角潭水陂，同时配套建设过鱼设施，则库区可为花鳗鲡提供大型索饵育肥场所。

台细鳊、锯齿海南鲶、海南石斛，为小型的淡水鱼类，在湖泊和池塘中均可生长繁育，属于定居性鱼类，天角潭水库建设后，其在一定时间内于库区等缓流水生境能形成相对稳定的种群。

条纹刺鲃个体小，喜生活于水流较急、砾石底质、水色清澈的江河中，以有机碎屑、底栖生物为食，5~6 月份在水流湍急的江段产卵，卵粘性。以平水年为例，天角潭建库前，5 月份坝址来流为 0.63m^3/s，建库后为 11.06 m^3/s，6 月份坝址来流为 15.72m^3/s，建库后为 6.04 m^3/s，建库后 5 月份坝下来流增加，6 月份相对减少，但均仍能为条纹刺鲃提供一定的急流生境。

5.5.4.6 对鱼类产卵场的影响

北门江历史资料记载分布有降河洄游性鱼类花鳗鲡，但是本次环评调查未发现，其亲鱼降河至海洋中进行产卵，产卵场分布在海洋中。

本次调查发现，北门江流域鱼类的产卵场主要分布在支流太平河上，与干流汇口 2km 以上附近区域，主要为定居性鱼类（如鲤、尼罗罗非鱼、胡子鲇等），产粘性卵。天角潭水库建设对该处产卵场基本无影响。

5.5.4.7 对渔业的影响

由于北门江水利水电工程的建设破坏和压缩了鱼类的生存空间，天然鱼类的捕捞量超过了资源补充速度，加上环境污染等不利因素，北门江流域鱼类资源已

呈现下降趋势。

目前，天角潭库区江段天然渔业捕捞产量较小。天角潭水库建成后，水面面积增大，流速降低，库区河段水域环境从河道缓流型转为湖泊缓流型，近坝段和库中段库区江段水位明显抬升，流速明显减小，水生生物群落结构发生改变，鱼类的饵料类群随之改变。开始蓄水时，由于生境发生迅速而剧烈的变化，鱼类的正常生活受到干扰，库区在短时间内可能形成很高的捕捞产量。蓄水淹没初期，由于饵料条件改善，适应静水生活的鱼类如鲤、尼罗罗非鱼、三角鲤、胡子鲇和斑鳢等，特别是一些小型鱼类如条鳂的资源量可能会迅速增加，适应激流生境的鱼类如黄尾鲴、唇鲷、光倒刺鲃和条纹刺鲃等的资源量则会下降。随着营养物质的释放与沉积逐渐达到平衡，库区鱼类种群结构趋于稳定，天然渔产量亦随之下降并达到平衡，由于库区鱼类种类组成将发生显著改变，渔获物的组成也会相应改变。

5.6对陆生生态的影响

5.6.1 对植被的影响

天角潭水库工程总占用植被面积 1101.05hm^2，占评价区植被总面积的 1.85%，其中库区淹没面积 1092.30hm^2，施工永久占用面积 5.76hm^2，施工永久占用面积 2.99hm^2。

5.6.1.1 施工期影响分析

天角潭水库工程施工对植被的影响主要表现为工程永久占地和临时占地的影响。工程施工期占用 4 类植被，占用面积 252.02hm^2，占评价区植被面积的 0.57%，其中永久占用植被 78.70 hm^2，临时占用植被 152.55hm^2，详见表 5.6-1。

表 5.6-1　　施工期对植被影响

性质	植被类型	面积（hm^2）			占同类植被比例（%）		
		永久	临时	合计	永久	临时	合计
自然植被	热带低地雨林	0.16	0.00	0.16	0.47	0.00	0.47
	红树林	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	灌丛	11.58	0.74	12.33	0.79	0.05	0.85
	草丛	5.53	1.76	7.28	0.33	0.11	0.44
	河滩植被	1.00	0.00	1.00	0.79	0.00	0.79
	小计	18.28	2.50	20.78	0.51	0.07	0.58
人工植被	农田作物	9.47	17.44	26.91	0.10	0.19	0.29
	防护林	19.44	30.07	49.51	0.20	0.31	0.51
	橡胶林	49.62	103.48	153.11	0.24	0.50	0.74
	果园	0.16	1.56	1.72	4.87	0.15	5.02
	小计	78.70	152.55	231.24	0.19	0.38	0.57
合计		96.97	155.05	252.02	0.22	0.35	0.57

施工期，工程主要占用人工植被和次生灌草丛为主，其中占用防护林和橡胶林面积分别为 49.51hm^2 和 153.11hm^2，占用灌丛和草丛面积分别为 12.33hm^2 和 7.28hm^2，占评价区同类植被的比例远小于 1.0%。总体上施工期占地面积小，且以占用人工植被和次生植被为主，对评价区植被影响甚微。

施工期，工程建设距离北门江入海口较远，其施工建设对海滨带上的红树林基本没有影响。

5.6.1.2 运行期影响分析

运行期对植被的直接影响主要表现在水库淹没对植被产生的影响，淹没面积为 1276.35 hm^2，占评价区植被面积的 2.89%。

运行期水库淹没占地以人工植被（防护林——桉树林和橡胶林等）为主，占用人工植被面积 1219.53 hm^2，占评价区人工植被面积的 3.01 %。对自然植被而言，淹没占用 3 类自然植被，占用总面积 56.82 hm^2，仅占评价区自然植被总面积的 1.58%。其中以占用河滩植被面积相对较大，为 34.69 hm^2，占用其他 2 类自然植

被的面积均较小，详见表 5.6-2。

表 5.6-2　运行期对植被的影响

性质	植被类型	面积（hm^2）	占同类植被比例（%）
自然植被	热带低地雨林	1.43	0.11
	红树林	0.00	0.00
	灌丛	20.43	1.60
	草丛	0.27	0.02
	河滩植被	34.69	2.72
	小计	56.82	4.45
人工植被	农田作物	46.56	3.65
	防护林	2.55	0.20
	经济林	1166.16	91.37
	果园	4.26	0.33
	小计	1219.53	95.55
合计		1276.35	2.89

总体而言，工程占地地区植被生境质量较差，以人工植被为主，水库工程建设对评价区植被总体影响较小。

5.6.2 对植物的影响

（1）虽然水库蓄水会使淹没线以下的植物及其生境受到损失，但淹没的物种多为人工栽培植物，橡胶林等广泛分布的群落类型，因此水库淹没不会造成植物种类的丧失。

（2）施工占地时，某些植物类群遭受采伐，施工扬尘和生产生活废水等对工程区附近区域大气环境水环境造成影响，间接地影响该区域的植物生长发育，但随着水土保持方案和环境措施的实施，植被将得到恢复，并且还会引入一些人工植物群落，如经济作物等，这将增加库区物种的多样性。

（3）水库修建后，由于局地小气候变化，植被将会在一段时间后恢复、演替和更新，这有利于库区周边植被的组成和结构重建，使得植物种群建立新的平衡。

（4）对重点保护野生植物的影响

根据陆生生态调查结果，天角潭水库工程占地范围内有海南省重点保护植物海南大风子 1 株、龙血树 45 株，但工程施工前会将其移栽至业主营地，减缓了工

程建设造成的不利影响。

（5）对古树名木的影响

工程的建设将淹没库区的一株“橡胶王”，工程实施前也会将其就近移栽，最大程度的避免了工程建设对此胶株的影响。

5.6.3 对陆生脊椎动物的影响

天角潭水库建设对陆生脊椎动物的影响包括：施工占地使栖息地面积缩小，各类环境影响使栖息地质量下降，各类建筑物和道路等阻碍或中断动物个体日常运动（觅食、饮水、保卫巢区）和扩散（生殖或寻找新的栖息地）等。

5.6.3.1 对两栖动物的影响

由于两栖动物迁徙能力较弱、对环境的依赖性较强。工程施工占地、开挖等将使两栖动物的栖息地面积减少，栖息地质量下降，在施工区内的种群数量一般都将减少。评价区内工程占地以外区域中的两栖动物，基本不受施工的直接影响。

天角潭水库建成运行后，水库蓄水将淹没大量的耕地、林地，减少两栖类原有栖息地面积。同时，部分时段坝下河段水量较建库前有一定程度减少，蛙类等两栖类动物生存空间将受到干扰。但是在库区内，水库建设为两栖类的栖息和繁殖创造了适宜生境，相应两栖动物种类可能变化，种群数量也将增加。

5.6.3.2 对爬行动物的影响

工程施工会导致区域内爬行动物适宜生境的暂时破坏和局部丧失，施工过程中的开挖和填埋可能导致爬行动物种群数量减少。

水库蓄水后，一些主要生活于农耕地、居民点的爬行类如乌梢蛇、黑眉锦蛇等将被迫迁往海拔较高的地区，水库蓄水会导致区内部分种类的种群数量减少，但不会引起已有种类的绝迹。

5.6.3.3 对鸟类的影响

鸟类运动能力强，施工开始后，河谷区施工占地区域内大多数个体能够逃离，不致被施工活动伤害，但在河谷灌丛、草地的鸟巢将被破坏。因永久与临时占地，栖息地面积减少，它们在评价范围的种群数量一般都将减少。

施工区沿河有许多水鸟活动，施工一开始小鸊鹈、黑水鸡、白鹭、池鹭、白胸苦恶鸟、矶鹬等将迅速离开施工现场；在水边觅食的褐河乌、白顶溪鸲、蓝矶

鸫、紫啸鸫觅食地减少，它们将离开施工现场。在施工区上空飞翔的猛禽雀鹰、凤头蜂鹰、普通鵟、红隼飞翔能力强，领域和巢区面积大，多在高空飞行，施工使它们觅食地面积缩小。一般小型鸟类种群数量较大，个体小，繁殖力强，种群受干扰后的恢复能力较强，施工期可以迅速离开现场，施工结束后影响可较快消失。

施工占用的灌丛、草坡、农田、居民区大都为小型鸟类适合生境。施工占地使鸟类栖息地质量下降、面积缩小，但是小型鸟类种群数量较多，所受影响相对较小。鸡形目鸟类白腹锦鸡、红腹锦鸡和环颈雉分布在常绿阔叶林区，施工对其没有直接影响。

运行期水库形成可丰富鸟类的物种多样性和种群数量，有利于水禽的栖息、取食和繁殖。

5.6.3.4 对兽类的影响

工程施工期间，土石方开挖、爆破、施工机械运行、施工人员频繁活动等将导致环境噪声增加，对施工区及其周边范围内的兽类产生一定惊扰。水库淹没及工程永久占地将会破坏一些兽类的栖息地，并对兽类的觅食活动等造成一定影响。随着工程建成运行，库区及库区周围地区生态环境渐趋稳定，一些伴随人类生活的兽类如褐家鼠等其种群数量将有较大增长。

5.6.4 对土地利用的影响

天角潭水库工程总占用植被面积 1236.19hm^2，占评价区总面积的 1.79%，其中库区淹没面积 1225.53hm^2，施工永久占用面积 6.61hm^2，施工永久占用面积 4.06hm^2。

5.6.4.1 施工期对土地利用的影响

天角潭水库工程施工对土地利用的影响主要表现为工程永久占地和临时占地的影响。工程施工期占用 6 类用地，占用面积 302.54hm^2，占评价区面积的 0.59%，其中占用园地面积相对较大，为 154.83hm^2，详见表 5.6-3。

表 5.6-3　　施工期对土地利用的影响

土地利用类型	面积（hm^2）			占同类用地比例（%）		
	永久	临时	合计	永久	临时	合计
农田	9.47	17.44	26.91	0.10	0.19	0.29
有林地	19.61	30.07	49.67	0.20	0.30	0.50
灌木林地	12.59	0.74	13.33	0.79	0.05	0.84
草地	5.53	1.76	7.28	0.33	0.11	0.44
建设用地	19.40	11.65	31.05	0.42	0.25	0.68
水域	18.72	0.76	19.47	0.63	0.03	0.66
园地	49.79	105.04	154.83	0.23	0.48	0.71
合计	135.09	167.45	302.54	0.26	0.32	0.59

5.6.4.2 运行期对土地利用的影响

运行期对土地利用的直接影响主要表现在拦水坝的淹没对用地格局产生的影响，淹没面积为 1431.14 hm^2，占评价区植被面积的 2.77%，详见表 5.6-4。

表 5.6-4　　运行期对土地利用的影响

土地利用类型	面积（hm^2）	占同类用地比例（%）
农田	46.56	0.51
有林地	3.98	0.04
灌木林地	55.12	3.48
草地	0.27	0.02
建设用地	27.42	0.60
水域	127.36	4.30
园地	1170.42	5.39
合计	1431.14	2.77

运行期水库淹没占用 6 类用地，其中以园地为主，占用面积 1170.42hm^2，占评价区同类植被面积的 5.39%；对其他 5 类用地占地面积均较小。

5.6.5 对生态系统与景观完整性的影响

5.6.5.1 工程占地对生态系统的影响

（1）对生态系统分布面积的影响

水库建成后淹没评价区面积1401.49hm^2，占整个评价区的3.06%，详见表5.6-5。

表 5.6-5　　天角潭水库工程建设前后对生态系统分布面积的影响

生态系统类型	占用面积/hm^2	比例/%
建设用地	27.42	2.33
农田作物	46.56	2.19
热带低地雨林	1.43	7.69
灌丛	20.43	3.92
草丛	0.27	18.52
园地	1170.73	3.42
河滩地	34.69	0.23
水域	127.38	0.65
人工林	2.55	8.63
合计	1401.49	3.06

5.6.5.2 对生态系统格局的影响

对各类生态系统优势度的计算结果表明，工程建成后，评价区各类生态系统优势度未发生较大变化，区内基质生态系统仍以人工林、农田、建设用地为主。多数生态系统的优势度呈下降趋势，除河滩地和水域生态系统外，其他生态系统降幅变化不大，均在5.0%以内，详见表5.6-6。因此，工程建设对评价区生态系统格局影响不大。但天角潭水库工程修建后，评价区水域功能加强，喜水植物和鸟类物种多样性增加。

表 5.6-6　　天角潭水库工程建设前后对生态系统优势度的影响

生态系统类型	优势度			变化幅度（%）
	建设前	建设后	变化量	
建设用地	28.18	28.42	0.24	0.85
农田	32.45	32.23	-0.22	-0.68
红树林	2.29	2.27	-0.02	-0.87
热带低地雨林	0.97	0.93	-0.04	-4.12

生态系统类型	优势度			变化幅度（%）
	建设前	建设后	变化量	
灌丛	16.57	16.61	0.04	0.24
草丛	13.57	13.54	-0.03	-0.22
园地	40.44	39.07	-1.37	-3.39
河滩地	3.89	2.63	-1.26	-32.39
水域	19.30	21.80	2.50	12.95
人工林	27.94	27.98	0.04	0.14

5.6.6 对生态敏感区的影响

根据调研和叠图分析，评价区及其近邻区域分布有新英湾红树林市级自然保护区、屋基村白鹭鸟自然保护区 2 个自然保护区，天角潭水利枢纽工程距屋基村白鹭鸟自然保护区较远，不会对其产生影响；新英湾红树林市级自然保护区主要保护对象为新英湾红树林生态系统，保护区没有范围边界，也无功能分区，工程建设对它的影响详见“5.7 对红树林等生态系统的影响”。

5.7对红树林等生态系统的影响

北门江河口分布有红树林、半红树林及滨江丛林生态系统，生长分布主要受河口盐度变化影响。天角潭水库建设运行对河口红树林、半红树林、滨江丛林等生态系统产生影响主要体现在工程运行期，影响因素有上游输沙量的减少导致河口地貌形态改变、上游来水量的变化导致咸潮上溯距离及河口沿程盐度变化、新英湾海域冲淡水区的变化等。

5.7.1 水库建设运行对红树林生态系统的影响

5.7.1.1 上游输沙量的减少及河口地貌形态改变对红树林的影响

天角潭水库坝址处多年平均输沙量为 4.28 万 t，其中悬移质 3.57 万 t，推移质 0.71 万 t。天角潭水库建设后，70%的悬移质泥沙将淤积在水库内，因此下游河道的输沙量将减少为 1.78 万 t。而在内湾新英湾内，北门江的输沙是新英湾的主要来源。天角潭坝址距河口约 25km，下游河道冲刷将对河口泥沙有一定程度的补充，同时水库运行期也会定期排沙，但河口来沙量总体会有所减少，因此河口岸滩可能会出现一定程度的蚀退，但这种变化较小，而且会形成新的平衡，基本不会对

红树林的生存空间产生影响。

5.7.1.2 咸潮上溯距离增加及河口盐度变化对河口红树林的影响

根据河口断面天角潭建库前后逐月流量变化情况，可知各典型年枯水期河口断面流量在建库后有所增加，对河口咸潮上溯有减缓作用；在汛期（6~10 月）河口断面流量减少较多，咸潮上溯距离有所增加，因此对红树林的影响也主要在汛期。

根据水环境影响预测，天角潭水库建设后，河道中最大咸潮上溯距离约 8970m，发生在丰水年 4 月，但与建库前相比基本无差别；天角潭水库建设运行后，流量变化最大的月份发生在丰水年 6 月，建库后咸潮上溯距离增加最多，由 530m 增加为 2320m，增加了 1790m；平水年 6 月咸潮上溯距离由建库前的 1560m 增加为建库后的 2830m，增加了 1270m，略低于丰水年咸潮上溯增加的距离；比较不同工况下的预测结果，丰水年汛期河道中流量下降幅度最大，因此咸潮上溯的增加距离最长，为 1790m。

与咸潮上溯距离相对应的是，外海高浓度盐水与河道内的淡水混合后，形成从河口至河道上游的盐度沿程逐渐降低的趋势。河口是海水和河水的混合区，丰水年建库前后河口位置的盐度差别较大，建库前河口断面盐度较小，仅 12.5‰左右；建库后由于河道中流量降低，河口断面盐度升高，达到约 22.15‰左右。平水年 6 月，在建库前河口断面最大盐度约为 20.3‰，略低于建库后河口断面盐度（23.4‰）。

目前在河口处的红树林，主要以红海榄、白骨壤、木榄为优势的红树林和以桐花树、榄李为优势的红树林构成。在自然状态中，不同的红树林树种有不同的分布空间，如红海榄，花果期秋冬季，胎生苗至翌年 6~8 月成熟，红海榄胚轴萌根的最佳盐度条件为 20‰左右的高盐度，它可以分布在较高盐度的低潮位区域。木榄，花果期几乎全年，10‰~15‰的低盐度海水对木榄胚轴萌根和发芽有明显促进作用，大于 15‰，不利于木榄胚轴萌根和发芽，它的苗木一般要比红海榄不耐盐，分布区位稍高一些。白骨壤，花果期 7-10 月，自然分布多在土壤盐度 5‰~25‰的环境中，个别可达 30‰左右，虽然个别能分布在低潮位处，但大多数分布在中高潮位区域。桐花树，花果期 12 月至翌年 1-2 月桐花树苗木在盐度为 0-5‰时，生长良好，在盐度 5‰时长势最好，幼苗在盐度 20‰处理下，苗木出现死亡，增高小，叶片有脱落，生长缓慢，因此，桐花树多分布在高潮位区域，少量可进入中

潮位区域。榄李，花果 12 月至翌年 3 月。榄李苗木在盐度 7.5‰~15‰条件下苗木综合生理指标和生长较好，它与桐花树类似，但由于比桐花树喜沙质土壤，多分布在高潮位相对沙质的土壤中。分布在北门江河口区域内的红树林植物对盐度的适应性强弱为白骨壤>红海榄>角果木>榄李>秋茄>桐花树>木榄>海莲>海漆>老鼠簕>卤蕨。在幼苗发育阶段，白骨壤是耐盐性最高的红树林树种，其萌芽最佳盐度条件为 15‰-20‰的高盐度；其次为红海榄、角果木、秋茄、桐花树、木榄、海莲、海漆、榄李等中等耐盐度树种，幼苗适宜盐度通常在 5‰-15‰；较不耐盐树种为老鼠簕、卤蕨等，盐度在 5‰左右甚至可在淡水中生长。建库前后河口盐度变化，对成株红树林影响不大（主要是一些生长胁迫），而主要对红树林幼苗生长发育产生影响。

由于大部分红树林树种幼苗萌发时间在 6-10 月，是河口断面咸潮上溯和盐度变化最大的时段，最不利工况丰水年 6 月河口断面盐度由 12.5‰增加为 22.15‰，需向上游 1000m 处才能恢复为 12.5‰的盐度。因此河口断面盐度适合最耐盐树种白骨壤的生长发育（20‰左右最适宜）。其他红树林种子在母树萌发掉落后，若生长环境盐度发生变化，不同种类的红树萌芽随涨潮漂至盐度及立地条件适宜的地方扎根生长，河口高盐度地区耐盐种红海榄等耐盐种将增多，而不耐盐种则向稍上游区域分布，向上距离可能在 0~1000m 范围，但上游区域大部分被养殖塘占领，缺少红树林的生长地。在其他工况下，包括平水年汛期，对河口盐度影响较小，基本不会对红树林发育更新产生影响，因此长时间发展来看对红树林产生影响的工况极少出现。

5.7.1.3 冲淡水区面积压缩对新英湾内红树林的影响

红树林主要分布在海湾、河口及河道滩涂上，预测的不同工况下最低潮位时新英湾内冲淡区面积变化见表 5.3-20。天角潭水库建设后，由于汛期下泄淡水流量降低，新英湾海域冲淡水区面积有一定程度的减少，与建库前相比，丰水年 6 月新英湾海域的冲淡水区面积变化最大，在最低潮位冲淡区面积减少约 4.5km^2，冲淡区占比降低幅度约为 25.66%。但目前新英湾冲淡水区面积的减少主要体现在海域范围，结合水环境影响预测冲淡水区盐度分布图，对海岸边生长的红树林影响主要在图 5.7-1 中所示范围内分布的红树林。这块红树林由于岸边城镇开发已缺少生长地，只有零散分布的少量群落。此范围内红树林在最不利工况丰水年 6 月将缺乏冲淡水条件，在其它不利工况下影响范围较小。



图 5.7-1　　丰水年 6 月冲淡水区面积减小影响的红树林范围

北门江流域目前分布有 11 种红树林，其中新英湾内主要分布有红海榄、木榄、海莲、角果木、秋茄、海漆、桐花树、白骨壤、榄李等 9 种。红海榄、木榄、桐花树、白骨壤、榄李等 5 种红树林是构成不同潮位带红树林生态系统的优势种。依据对红海榄、木榄、桐花树、榄李等红树植物萌芽和幼苗生长对盐度的要求及水库建成后冲淡区盐度预测结果，可初步预测水库建成后对海湾红树林的影响情况。

新英湾内的红树林植物，特别是优势种都表现出在萌芽和幼苗生长期对河水冲淡海水的要求，但不同种的要求不一样。因此，汛期冲淡区面积的压缩、减少，特别是盐度低于 20‰区域的压缩，对新英湾以红海榄、白骨壤为优势的红树林苗木更新不利；以及盐度低于 10‰~15‰区域的压缩，对新英湾以木榄、桐花树和榄李为优势的红树林苗木更新不利。在高盐度扩大的区域，原生长在这一区域的红树林会发生更新困难，而由于冲淡区的压缩，以红海榄、白骨壤为优势的红树林可能会向以桐花树、木榄、榄李等为优势的红树林分布区域移动，而后者却因没有后退区域而逐年退缩。因此，有必要引起有关部门的重视，采取有效的措施减缓这种变化。

5.7.1.4 小结

综合以上分析，天角潭水库建成后，各典型年汛期坝址处下泄流量的减少将使河口流量出现一定程度的变化，导致咸潮上溯距离增大、河口盐度增加、新英湾冲淡水区面积减小，从而改变河口处及新英湾内红树林的生长、发育环境。环

境改变将使不同种类的红树林逐渐向上游区域移动分布；而河口区域大部分被养殖塘占领将使红树林的生存空间受到挤压，必须采取一定措施减缓此种影响。

5.7.2 水库建成后对半红树林生态系统的影响

北门江的半红树植物主要有马鞭草科的许树、锦葵科的黄槿、夹竹桃科的海芒果、蝶形花科的水黄皮、菊科的阔苞菊和蝶形花科的鱼藤共 6 个种，主要有水黄皮、黄槿半红树林群落群落和黄槿、许树、阔苞菊群落两个群落类型。半红树林植物水黄皮、海芒果等可以在盐分浓度（盐质量/土壤质量）低于 8‰时维持生长，黄槿等可在盐分浓度（盐质量/土壤质量）低于 4‰时生长。水黄皮、海芒果耐盐性优于黄槿。

在北门江流域和新英湾内，半红树林尽管分布的范围较广，但生长发育情况一般。在新英湾内半红树林多连接红树林，且偏向陆域砂质土壤上分布，分布的最高线到中和镇附近，距河口 9.5km。水库建成后，咸潮上溯和沿程盐度变化程度最大的月份发生在丰水年 6 月，河口盐度出现一定程度的增加。天角潭水库建成后半红树林的发展变化基本与红树林一致，群落将发生更替，由盐度较高的河口区域向上游盐度较低的区域发展。

5.7.3 水库建成后对滨江丛林生态系统的影响

从野外调查结果来看，北门江的滨江丛林主要分布在自河口起上溯约 8.5~9.0km 左右的上游区域，最有代表性的滨江丛林（玉蕊林）主要分布在七里村支流，距离河口约 9.4km。水库建成后，各工况下咸潮上溯的最大距离为 8970m，发生在丰水年 4 月，与建库前咸潮上溯距离基本一致，因此，上溯潮水不会影响到距离河口较远的玉蕊林等滨江丛林。

5.8对水土流失的影响

5.8.1 开挖扰动地表面积及损坏水土保持设施面积

在项目建设过程中，对原地表的扰动和破坏集中在工程占地范围（不包括库区和移民分散安置占地），即工程永久占地和施工临时占地。工程扰动破坏原地表面积 48.76hm^2。

根据《海南省水土保持设施补偿费、水土流失防治费征收管理办法》的规定，在工程扰动、破坏原地表范围内确定具有水土保持功能的设施。工程扰动破坏原地表范围内损坏水土保持设施面积共计 204.52hm^2。

5.8.2 弃渣量

本工程总开挖土石方共计 374.89 万 m^3（包导流工程及土料场），其中主要建筑物土方开挖 82.42 万 m^3，石方开挖 152.86 万 m^3。总土石方填筑量 248.26 万 m^3（包施工导流及块石、碎石、砂等骨料），工程总弃渣量为 126.62 万 m^3，全部运往本项目 6 个渣场集中回填。

5.8.3 可能造成的水土流失量

根据对同类工程的调查，工程施工期各建筑物扰动破坏面水土流失强度可达极强烈侵蚀，而自然恢复期因水土保持植物措施为完全发挥效益，其水土流失强度可达到中度及以上侵蚀强度。结合工程施工进度安排，以及区域地形地貌和自然条件，估算本工程新增水土流失量可达 6.52 万 t。

根据新增水土流失量估算结果，工程新增水土流失主要来自主体工程占地区、施工道路、渣场和料场。

5.9施工期环境影响

5.9.1 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、隧洞排水、基坑排水、生活污水等，其中，生产废水主要有砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统冲洗废水、修配系统含油废水等；隧洞排水包括隧洞施工过程中的施工废水和地下渗水；生活污水主要为施工生活区施工人员日常生活产生的污水。

（1）生产废水

①砂石料加工系统废水

本工程在枢纽施工区布置了一个砂石料加工系统，废水高峰产生量为 382.5m^3/h，总废水量约 153 万 m^3，废水主要污染物为 SS，浓度一般在 30000～

50000mg/L。

从砂石料加工系统布置位置与水环境功能要求来看，北门江地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即SS≤70mg/L，满足此排放标准的废水完全可以回用，因此，砂石料加工系统废水拟处理后全部回用，既可减少施工用新水量，又可避免施工废水排放对河道水体的影响。

②凝土拌和系统冲洗废水

本工程大坝区配置 2 座混凝土拌和楼，供水管线区混凝土搅拌机分散布置。混凝土搅拌机一般是每班末冲洗一次，本工程混凝土搅拌拌和系统每次冲洗废水约为 0.6~0.8m^3，系统生产采用三班制，则每台搅拌机废水产生量为 1.8~2.4m^3/d。废水中主要含悬浮物，pH 值也较高，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 值在 11 左右。

北门江地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即 SS≤70mg/L，满足此排放标准的废水完全可以回用。因此，各混凝土拌和系统废水拟处理后全部回用于系统自身。

③修配系统含油废水

工程在大坝区和三处供水管线区营地各设置 1 处机械修配厂，负责工区小型机修汽修及车辆冲洗等。修配系统废水产生量少，一般情况下，石油类浓度约 10~30mg/L，COD 约 25~200mg/L，SS 约 500~4000mg/L。

各施工区修配系统附近地表水功能区与混凝土拌和系统一样，废水拟处理后全部回用于车辆冲洗。

④隧洞施工废水

隧洞排水区附近地表水功能区与混凝土拌和系统、修配系统一样，隧洞排水拟处理后优先用于施工区道路降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等，不外排。

③ 基坑排水

根据施工组织设计，本工程进水口、渠首电站、天角潭渡槽、主坝工程存在初期基坑排水。初期排水经抽水井抽提后，经排水沟静置后排至附近河流。初期排水水质与河流水质基本相同，不会增加对江河水质的污染。

根据已建工程监测资料，经常性基坑排含混凝土浇筑和养护形成的碱性水，

pH 值在 11 左右，主要污染物为悬浮物，浓度约 2000mg/L。经常性基坑排水拟处理后用于施工区道路降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等，不外排。

（2）生活污水

本工程在大坝区水陂下游右岸永久进库公路处附近、供水管线区 3 处营区各布置 1 处施工生活区。施工期生活污水排放总量为 11.1 万 m^3，高峰日排放量为 150m^3/d。生活污水中污染物主要为 BOD_5、COD、SS 等，其中 BOD_5 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。

结合施工布置与周围水体水环境功能要求，北门江地表水水质目标为III类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即 SS≤70mg/L、BOD_5≤20mg/L、COD≤100mg/L，满足此排放标准的废水完全可以用于浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等，因此生活污水拟处理后浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等。

总体来看，施工生产废水、生活污水均处理后回用和综合利用，不外排，对地表水环境基本没有影响。

5.9.2 对声环境的影响

工程对周围声环境的影响主要发生在施工期，运行期主要为引水泵站的噪声影响，泵站布置在东干渠天角潭渡槽后，占地面积 6.3 亩，为半地下室结构。根据枢纽布置图，与该泵站距离最近的村庄西联猛进队约 600m，距离较远，对其影响较小，评价主要分析施工期的噪声影响。

5.9.2.1 环境敏感目标

本工程的声环境敏感目标包括枢纽工程施工区、供水管线工程区及施工公路沿线评价范围内的居民点，声环境敏感点情况见表 5.9-1。

表 5.9-1　　声环境敏感点情况表

敏感点	影响源	最近直线距离（m）	人口（人）
西联农场新丰村	1#进库道路	10	300
	1#临时施工道路	10	
西联奋斗队	1#进库道路	200	120
西联猛进队	1#进库道路	10	120
	2#进库道路	100	

敏感点	影响源	最近直线距离（m）	人口（人）
西联五星分场	1#临时施工道路	85	150
西联光明队	1#临时施工道路	8	50
羊宅村	兰花村营区	约 130	400

除此之外声环境敏感点还包括管道施工沿线居民点，敏感目标位置见附图 4。

5.9.2.2 噪声源强及作业时间

固定噪声源情况及作业时间详见表 5.9-2，各道路设计参数详见表 5.9-3，其中本工程车型全部按照大型车进行预测。

表 5.9-2　　固定噪声源强及作业时间

施工场地名称		涉及设备噪声范围(dB)	计算源强(dB)	备注
大坝区	砂石料加工系统	94~115	110	2~3 班制生产，施工高峰期可能昼夜施工
	坝址施工（机械）	85~104	100	施工高峰期可能昼夜施工
	料场（机械）	85~104	100	施工高峰期可能昼夜施工
兰花村营区	加工厂（机械）	85~104	100	

表 5.9-3　　主要影响道路参数

道路	路宽（m）	路面情况	高峰月平均流量（辆/h）（估算）	备注
1#进库道路	8	混凝土路面	100	S308 国道至西联农场猛进队
2#进库道路	8	混凝土路面	100	猛进队分叉口至 3#副坝下游处
1#临时施工道路	8	泥结石路面	100	1#进库道路至上游右岸洋四漏村石料场

本工程爆破只在白天进行，爆破噪声属偶发噪声，具有瞬时性和突发性，对坝址及料场居民日常生活的影响是短暂、瞬时的；夜间不进行爆破作业，因此不对其夜间偶发噪声进行影响预测。

5.9.2.3 预测模式

由于敏感目标受施工作业噪声和交通噪声的综合叠加影响，因此，根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2009）推荐的预测模式进行预测。

（1）交通噪声影响预测

噪声预测采用《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2009）推荐的公路交通运输噪声预测基本模式：

$$L_{eq}(h)_i = \left(\overline{L_{OE}}\right)_i + 10\lg\left(\frac{N_i}{TV_i}\right) + 10\lg\left(\frac{7.5}{r}\right) + 10\lg\left(\frac{\varphi_1+\varphi_2}{\pi}\right) + \Delta L - 16 \quad （式 5.9-1）$$

式中：Leq(h)i— 第 i 类车的小时等效声级，dB（A）；

$\left(\overline{L_{OE}}\right)$— 第 i 类车速度为 Vi，km/h；水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB(A)；

Ni— 昼间，夜间通过某个预测点的第 i 类车平均小时车流量，辆/h；

r — 从车道中心线到预测点的距离，m；

Vi— 第 i 类车的平均车速，km/h；

T — 计算等效声级的时间，1h；

Ψ1、Ψ2——预测点到有限长路段两端的张角，弧度；

△L —由其他因素引起的修正量，dB(A)，可按下式计算：

ΔL=ΔL1 — ΔL2 +ΔL3

ΔL1 = ΔL 坡度+ ΔL 路面

ΔL2= Aatm + Agr+ Abar +Amisc

式中： ΔL1—线路因素引起的修正量，dB(A)；

ΔL 坡度—公路纵坡修正量，dB(A)；

ΔL 路面—公路路面材料引起的修正量，dB(A)；

ΔL2—声波传播途径中引起的衰减量，dB(A)；

ΔL3—由反射等引起的修正量，dB(A)。

（2）施工活动噪声

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ/T2.4-2009），固定点源噪声预测采用以下公式：

$L_A（r）＝L_A（r_0）－20\lg(r/r_0)$ （式 5.9-2）

式中：L_A（r）—距声源 r（m）处的 A 声级，dB；

$L_A（r_0）$—测点 r_0 处的 A 声级，dB；

r—测点与声源的距离，m。

（3）噪声综合预测

用声能迭加求出预测点的噪声级：

$$L_{总}=10\lg(\sum_{i=1}^{n}10^{0.1L_i})$$

（式 5.9-3）

式中：L 总—— 预测声级，dB（A）；

Li—— 各迭加声级，dB（A）；

n—— n 个声压级。

5.9.2.4 **交通噪声预测**

本工程施工期间，对村庄影响较大主要为 1#进库道路、2#进库道路、1#临时施工道路，公路车速按 30km/h 计算，则预测结果见表 5.9-4。

表 5.9-4　　道路交通噪声衰减预测结果

声源	时段	交通噪声衰减预测结果 dB（A）						
		8m	10m	30m	50m	85m	100m	200m
1#进库道路	昼间	64.9	64.0	59.2	57.0	54.7	54.0	51.0
	夜间	60.1	59.2	54.4	52.2	49.9	49.2	46.2
2#进库道路	昼间	64.9	64.0	59.2	57.0	54.7	54.0	51.0
	夜间	60.1	59.2	54.4	52.2	49.9	49.2	46.2
1#临时施工道路	昼间	64.9	64.0	59.2	57.0	54.7	54.0	51.0
	夜间	60.1	59.2	54.4	52.2	49.9	49.2	46.2

根据施工总布置，结合表 5.9-4 预测结果，交通噪声对各敏感点的噪声贡献值见表 5.9-5。

表 5.9-5　　交通噪声对各敏感点的噪声贡献值

敏感点	道路	与道路中心线距离（m）	昼间噪声贡献值 dB（A）		夜间噪声贡献值 dB（A）		声环境质量标准 dB（A）	
							昼间	夜间
西联农场新丰村	1#进库道路	10	64.0	67.0	59.2	62.2	55	45
	1#临时施工道路	10	64.0		59.2		55	45
西联奋斗队	1#进库道路	200	51.0		46.2		55	45
西联猛进队	1#进库道路	10	64.0	64.4	59.2	59.6	55	45
	2#进库道路	100	54.0		49.2		55	45
西联五星分场	1#临时施工道路	85	54.7		49.9		55	45
西联光明队	1#临时施工道路	8	64.9		60.1		55	45

交通流动噪声影响对象为沿途居民，根据施工总布置图及上述预测，昼间交通噪声对道路附近的西联农场新丰村、西联猛进队、西联光明队影响较大，夜间各敏感点均出现不同程度超标，其中对西联农场新丰村影响最大，应对其采取适当的防护措施。

5.9.2.5 砂石料加工系统噪声预测

根据工程施工总布置，砂石料加工系统布置在大坝左岸下游混凝土拌合系统附近，经分析，在仅考虑几何发散衰减情况下，砂石加工系统噪声影响预测结果见表 5.9-6。

表 5.9-6　　噪声影响范围预测结果

声源	源强 dB（A）	距声源不同距离的噪声预测值 dB（A）									
		10m	50m	90m	100m	150m	200m	250m	300m	400m	500m
砂石料加工系统	110	90.00	76.02	70.92	70.00	66.48	63.98	62.04	60.46	57.96	56.02

根据本工程施工总布置，砂石料加工系统周围 500m 范围内无集中居民点，对周围环境影响较小。主要影响对象为施工区工人，需采取适当施工防护措施。。

5.9.2.6 坝址工区及料场噪声预测

坝区及料场施工过程中施各种机械产生的噪声叠加后的噪声强度 100dB(A)左右，采用无指向性点源几何发散衰减模式进行预测。根据本工程施工总布置，坝址施工区及料场区周围 500m 范围内无集中居民点，对周围环境影响较小。主要影响对象为施工区工人，需采取适当施工防护措施。

5.9.2.7 供水管线工程区噪声预测

供水管线区营区内加工厂各种机械产生的噪声叠加后的噪声强度 100dB(A)左右，采用无指向性点源几何发散衰减模式进行预测。供水管线区机械噪声影响情况见表 5.9-7。

表 5.9-7　　各施工区及渣场机械噪声影响情况表

敏感点	噪声源	距离（m）	源强 dB(A)	贡献值 dB(A)	执行标准
羊宅村	兰花村营区加工厂	130	100	57.7	1 类

由表 5.9-7 可知，兰花村营区噪声将地羊宅村产生一定影响，应对其采取相应

防护措施。供水管线铺设施工时间较短，铺设结束后，噪声影响也将随之消失，对沿线居民点影响较小。

5.9.2.8 噪声叠加影响预测

根据以上噪声源分析，对受噪声影响的环境敏感目标进行叠加计算，见表 5.9-8。

表 5.9-8　　对声环境敏感点的叠加影响分析表

敏感点	噪声源	噪声贡献值 dB（A）		背景噪声 dB（A）	噪声叠加 dB（A）		执行标准	超标情况 dB（A）		影响人口（人）（估算）	
		昼间	夜间		昼间	夜间		昼间	夜间	昼间	夜间
西联农场新丰村	1#进库道路	64.0	59.2	昼间 51.6 夜间 43.2	67.1	62.3	1 类	12.1	17.3	120	140
	1#临时施工道路	64.0	59.2								
西联奋斗队	1#进库道路	51.0	46.2		54.3	48.0		/	3	/	6
西联猛进队	1#进库道路	64.0	59.2		64.6	59.7		9.6	14.7	30	40
	2#进库道路	54.0	49.2								
西联五星分场	1#临时施工道路	54.7	49.9		56.4	50.7		1.4	5.7	15	15
西联光明队	1#临时施工道路	64.9	60.1		65.1	60.2		10.1	15.2	30	40
羊宅村	营区加工厂	57.7	57.7	昼间 54.1 夜间 43.8	59.3	57.9		4.3	12.9	30	30

根据预测分析，交通噪声及场地施工噪声对周围村庄影响均较大，除西联奋斗队昼间达标外，其余敏感点均不能满足 1 类声环境质量要求。交通噪声对西联农场新丰村夜间影响最大，夜间超标 17.3 dB（A），应采取相应减缓措施。

5.9.3 对环境空气的影响

根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，部分指标满足一级标准。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。本工程设置一套砂石加工系统，砂石料加工系统粉尘粒径较大，易于沉降，污染范围有限。砂石加工系统距其最近的居民点距离均在 500m 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。本工程坝址区布置 1 座混凝土生产系统，并在管线施工区分散布置小型混凝土搅拌机。坝址区混凝土生产系统与周围居民点距离在 500m 以上，系统粉尘主要对现场工作人员产生影响。小型搅拌机影响范围有限，对周围村庄影响较小。为降低系统粉尘对现场工作人员的影响，混凝土生产系统在袋装水泥(粉煤灰)仓库和贮罐顶部装设有脉冲袋式除尘器作为除尘设备，并辅以洒水降尘，以降低现场粉尘。

（2）开挖、爆破粉尘

工程开挖、爆破作业主要在坝区、料场区及隧洞开挖区，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。坝区、料场区施工作业点距最近的居民点距离均在 500m 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

在道路局部地段积尘较多的地方，载重车辆经过时会掀起扬尘，根据其它工程现场实测情况，类似路面交通运输产生的扬尘影响范围一般在宽 10～70m、高 4～5m 的空间内，3min 后较大颗粒即沉降至地面，微细颗粒（所占比重较小）在空中停留时间较长。根据泸定水电站施工期 TSP 实测资料，未采取有效降尘措施时，施工道路两侧日均值 TSP 可达 0.3~0.6mg/m^3，超过《环境空气质量标准》（GB3095-1996）一级标准。

根据对施工期交通道路与敏感保护目标的位置关系分析，5 处居民点中 3 处：西联农场新丰村、西联光明队、西联猛进队基本沿道路分布，在交通扬尘影响范围内，TSP 通常超过《环境空气质量标准》（GB3095-1996）一级标准，最大超标 0.48mg/m^3，道路交通运输产生的扬尘将对这些敏感点产生较大影响，应采取降尘措施。

（4）供水管线工程

工程施工过程中环境空气污染源主要为机械开挖、弃渣堆放和装卸以及交通

运输产生的粉尘。尽管管线施工作业面较小，开挖面较小，但粉尘会出现飘散、洒落的情况，因而在管线施工沿线区域需加强洒水降尘等措施。

5.9.4 固体废弃物影响

（1）弃渣影响

工程共设 6 处弃渣场，弃渣总量约 126.62 万 m^3，占地类型主要有为橡胶林和耕园地，弃渣将按设计要求堆放于指定的渣场。

弃渣对环境的影响主要表现为对景观的影响和新增水土流失。各渣场将按照水土保持要求采取相应的工程措施和植物措施，经采取措施后，弃渣对景观基本上没有大的影响，也不会产生大的水土流失问题。

（2）生活垃圾影响

施工期，施工生活区共产生垃圾 920t，大坝区生活垃圾高峰日产量约为 1.0t，供水管线区生活垃圾高峰日产生量为 0.25t。

生活垃圾成分较为复杂，一般分有机垃圾和无机垃圾两类。无机垃圾包括各类炉渣、煤灰和建筑废弃物等，如不及时处理，则破坏景观，污染空气、土壤和水。有机垃圾包括厨房废弃物、果皮等，这类垃圾含有大量的有机物质，容易腐烂，特别在高温季节，乱堆乱放的生活垃圾为蚊子、苍蝇及鼠类的孳生提供了良好的场所，有的还可能含有某种病原菌，加大了疾病的传播机率，故其危害较大。因此，对生活垃圾应进行妥善处置。

5.9.5 对人群健康的影响

施工期，施工人员集中，生活区产生的生活污水、生活垃圾，若处理不当，将会对生活区及周边的卫生环境产生影响，污染水环境，污染水源，同时为苍蝇、蚊虫等的大量孳生提供了环境，导致传染病极易发生，施工人员的健康受到影响。

（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冒、肺炎等呼吸系统疾病。施工期，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。

5.10 对环境地质的影响

5.10.1水库渗漏

库区两岸为基本连续的丘陵地貌，水库区工程地质条件与上坝址基本相同。但由于坝址左右岸均分布有低垭口单薄地形，部分垭口地面高程甚至低于初拟设计正常蓄水位，存在库岸渗漏和渗透稳定问题。库区河段两岸为 100m 以上的低山丘陵，附近无更低的邻谷与之相通，两岸分水岭山体较雄厚，远高于水库正常蓄水位，区内无较大的断裂通向邻谷，周围的地表水及地下水均向北门江流域排泄。库盆主要为花岗岩、砂岩、千枚岩类非可溶性岩类组成，其渗透性弱，属相对隔水层。因此，水库不存在永久渗漏问题。

5.10.2库岸稳定

水库周围均为低山丘陵区，河谷呈“V”型，两岸植被发育良好茂盛，第四系覆盖层厚度在 2～3m，库岸岩体主要为片岩及砂岩组成，自然地形坡度在 20～40°，局部坡体较陡，两侧河岸底部因长期受河流冲刷，形成陡坎及少量人工开挖形成较陡边坡。除局部见小规模崩塌、滑坡分布外，自然边坡基本稳定。库岸边坡部分可见基岩出露，节理较发育。

边坡的岩体主要由强风化-弱风化片岩组成，片岩岩石坚硬程度为较软岩，岩石风化较强烈，裂隙较发育。这里以赤平极射投影分析法判断各组结构面及坡面的组合关系，从而定性评价边坡的稳定性。

根据赤平极射投影分析法判断，中坝址库岸岩质边坡部分坡面岩块很可能会沿外倾结构面组合交线崩塌、滑移、楔体掉块，但体积均较小，为小型崩塌。

水库正常蓄水后，边坡岩土体浸水饱和且坝址边坡长期遭受河水冲刷，导致

岩土体抗剪强度降低，局部地段覆盖层很可能发生浅层土体滑动或因节理裂隙发育的岩质边坡会形成的小规模的岩体崩塌、滑移、楔体掉块等现象，但不致产生大规模的边坡失稳现象。

5.10.3水库浸没

水库周边多为基岩分布，正常蓄水位一带均为低山丘陵地形，山坡上没有大片农田及平地，可耕作土地极少，因此，库区浸没问题不突出。但水库蓄水后，库区周边低矮山头存在四面临水的孤岛，可能存在浸没问题，根据工程经验，蓄水后回水位高程加 2m 以下地面均可能存在浸没问题。

5.10.4水库诱发地震

库坝区地处片岩及粉砂岩分布的Ⅶ度区，坝高约 50m，库容较大。最近的红岭－军营断裂带位于中坝址 140m；王五－文教断裂带位于下坝址下游，距下坝址约 5km；潭爷断裂带位于大坝右侧，距水库约 20 km；库盆内未发现挽近期活动断裂分布，红岭－军营断裂带、王五－文教断裂带、潭爷断裂带在晚更新世以来未有活动。在临近王五－文教断裂带、红岭－军营断裂带附近已建有 6 座中型水库，最大的尧龙水库（坝高 28m、库容 6080 万 m^3）已有 40 年，已建水库并没有诱发地震；拟建天角潭水利枢纽库容、坝高稍大，水库诱发地震的可能性小，既使发生水库诱发地震，其震级也不大。

海南省海洋地震与工程地震研究中心编制的《天角潭水利枢纽水库诱发地震可能性预测》总体认为天角潭水库区水库蓄水以后诱发构造型水库地震的可能性极小。但不排除在个别局部的地段诱发零星重力卸荷型微震、极微震的可能。

5.11 移民安置环境影响

5.11.1对生态的影响

移民安置对生态的影响主要源于移民安置区占地、安置区建设过程中的开挖、弃渣等对地表植被的影响。

移民安置点占地现状为橡胶园、耕地，移民安置活动期间，占地、开挖、运输等施工活动干扰了原有动物的生存环境，地表扰动和各种人为活动将对周边动

物的栖息环境造成一定的干扰，但鸟类和小型兽类的适应性强，活动范围广，会因为扰动离开施工区域迁往它处，因此，对区域鸟类和小型兽类影响较小，不会造成其数量的大量减少，更不会造成物种灭绝。

5.11.2对水土流失的影响

依据建设类型，移民安置过程中可能产生水土流失的建设活动包括交通道路建设、移民集中安置点建设等。各项建设活动都将扰动原有地貌、破坏原地表植被、形成新的开挖面，并将改变土地的利用方式，同时产生一定的弃渣。因此，移民安置会新增工程区域的水土流失量，在一定程度上加剧区域的水土流失过程，对水土保持有一定的不利影响。

移民主要集中在西联农场和西培农场，对水土流失的影响主要来源于移民集中安置点的新居建设和公路、通信等基础设施的复建。移民安置点共征用土地总面积约 267 亩，主要占用橡胶林及耕地。水土流失主要发生在移民新居建设、公路建设等环节，特别是公路建设工程中，会产生一定量的工程弃渣，如弃渣不加以防护，就会产生水土流失。

5.11.3对水环境的影响

5.11.3.1 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和废水具有悬浮物浓度高、水量小，间隙集中排放的特点。由于集中安置点规模不大，生产废水排放量小，基本不会产生径流，对地表水体水质影响较小。另外，施工人员的生活污水的处理，由于施工区在农场范围内，与农场各附近分队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。

5.11.3.2 运行期对水环境的影响

本工程移民安置区农村生活用水量较小，产生的生活污水量主要是人畜粪便污水。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，国营农场规划水平年搬迁安置移民人口共计 2066 人，规划建设集中安置点 3 个，共集中安置 1979 人，移民安置点生活污水产生量见表 5.11-1。

表 5.11-1　　移民安置点生活污水产生量

安置点	安置人口（人）	用水量（m^3/d）	生活污水产生量（m^3/d）
西联农场五星分场安置点	681	102.15	81.72
井口村路口安置点	764	114.6	91.68
5 队路口安置点	534	80.1	64.08
合计	1979	296.85	237.48

各安置点生活污水若直接排放均会对周边环境及地表水体产生不利影响，需进行处理。目前该区域农村及农场污水处理设施尚为空白，为防止移民安置区农村生活污水对周边环境及地表水体产生不利影响，结合当地气候条件考虑拟采用人工湿地工艺处理安置点生活污水。

5.11.4对环境空气和声环境的影响

移民安置工程对环境空气和声环境的影响，主要发生在安置区建设的施工期间。

大气污染主要来自施工期间地基开挖、混凝土系统及施工机械运输过程中的扬尘，但由于建设规模较小，且地势较为宽阔，适于扬尘等的疏散，不会对周围大气环境及安置区所在村组带来不利影响；施工机械设备使用的柴油或汽油，燃油排放的 SO_2、CO_2 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。

5.11.5固体废物的影响

工程建设集中安置点3个，共集中安置人口1979人，生活垃圾产生量约为2.0t/d。根据现场调查，移民所涉及的安置区村庄，均设有固定的生活垃圾堆放场所，现有生活垃圾收集后运至县垃圾填埋场统一处理。因此新建集中安置点生活垃圾将纳入原有垃圾处理体系，集中收集并定期运送至县垃圾填埋场进行处理，对周围环境影响较小。

5.11.6专业项目复建及防护工程对环境的影响

天角潭水利枢纽工程专业项目复建主要包括库周交通复建、电力与通讯线路复建等，对环境可能产生影响的主要是公路复建工程。经规划迁改建道路全长14.8km，主要占用橡胶园、耕园地。根据移民安置规划，复建交通设施基本沿库周分散布置，主要复建路段为侨植 8 队附近的迁改建四级公路 1.15km，西庆 22 队南的迁改建四级公路 2.5km 以及前改建机耕路 1.55km，其他路段规模均在 200m 以下，工程规划相对较小，对周围环境影响较小。施工过程主要体现在中对侨植 8 队等附件居民的噪声及粉尘影响。复建公路等级较低，运行期主要行驶农用车和小型车辆，且车流量较低，运行过程中的噪声及粉尘污染对沿线村庄影响较小。

工程采取格槟挡墙形式建设防护工程，防护库岸总长 640m，针对侨植 8 队、拖牛岭队居民点进行，工程对周边环境主要为施工期的粉尘、噪声影响以及公路运行期的噪声影响，单个工段工程量相对较小，施工时间较短，对周围环境影响较小。

5.12 对社会经济的影响

（1）工程施工对社会经济的影响

工程静态总投资 433297 万元，工程所需的水泥、钢材等大量建筑材料拟从海南省内就近采购，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 40 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

天角潭水利枢纽工程的社会经济效益主要包括城乡供水、灌溉、水力发电等方面。

① 城乡供水

天角潭水利枢纽工程建成后，可满足坝址下游的中和镇和东成镇的城乡生活供水以及洋浦经济开发区的补充用水。年供水总量 8025 万 m^3，提高了沿途乡镇城乡生活用水保障程度，解决了洋浦经济区供水不足和单一水源保证率低的问题。

天角潭水利枢纽工程在城乡供水方面产生经济效益为 43093 万元/年。

② 农业灌溉

天角潭水利枢纽工程建成后，北门江流域来水经天角潭水利枢纽工程调蓄后，由引水隧洞放水灌溉流量、供水流量至天角潭总干渠，总干渠分水至东西干渠引水灌溉，保障下游天角潭灌区的需水要求，并可将天角潭灌区的设计灌溉面积增加至 11.42 万亩，其中现状保灌溉面积 4.58 万亩、改善灌溉面积 3.58 万亩、新增灌溉面积 3.26 万亩。天角潭水利枢纽工程在农业灌溉方面产生经济效益为 14442 万元/年。

③发电

天角潭水利枢纽工程建成后，利用城镇工业和生活供水、灌溉、环境用水和弃水发电。经过技术经济比较初步选定水电站装机容量为 5000kW，多年平均发电量 2056 万 kW•h，有效弥补了工程建设淹没 3 座、影响 1 座电站的电量损失。天角潭水利枢纽工程在水力发电方面产生经济效益为 816 万元/年。

（3）移民安置对社会经济的影响

水库淹没和工程占地使工程建设区总土地面积减少，对受影响的村民、农场的农业生产产生不利影响。但随着移民及工程开发建设资金的投入，库区内交通等基础设施建设都将得到完善和提高，为资源开发利用提供有利条件，有利于当地产业结构的调整。

天角潭水库农村移民生产安置采取货币一次性补偿安置的方式，不再调整土地。根据当地农民收入构成分析，农业收入仅占农民总收入的 51.7%，占总收入的比例较大，但随着后期扶持工作的进行，将妥善安置移民的生产、生活，促进经济发展、增加移民收入，使工程产生的移民生产生活水平达到或超过原有水平。

同时，工程规划对安置区的供水、供电、道路交通、企事业改建等一系列专业项目方面进行补偿建设，使安置区的公共设施得到有效的改善。

6 环境风险分析

6.1 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》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。

6.2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油料、炸药的贮存和运输风险、森林火灾风险以及运行期库区水质污染风险等。

6.3施工期风险

6.3.1 加油站风险

（1）风险识别

工程施工期大坝区油料由东成镇供应，距坝址 19km，因此工地不设置油库，仅设置一个加油站，布置在对外交通公路附近的路边，占地约 500m^2。供水管线区油料由东成镇供应，因此工地不设置油库，仅设置一个加油站，布置在对外交通公路附近的路边，占地约 500m^2。施工期总用油量 3400t，主要用油为柴油。《建设项目环境风险评价技术导则》及《重大危险源辨识》（GB18218-2000）都没有储存区临界的相关规定。加油站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

加油站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

加油站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事故风险识别

施工加油站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。

（3）风险防范措施

对加油站的风险防范主要是加强加油站安全设施及管理工作，主要包括：加油站需严格按照规范，与附近设施设定严格的安全防护距离。在加油站周围修建截油沟，并根据储油量修建集油池等。制定严格健全的加油站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，减少因为加油站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加油站风险的可能。

6.3.2 炸药库风险

（1）风险识别

工程施工期枢纽工程设置 1 处炸药库，与左岸 8#临时施工道路连接，位于库区侧 45m 高程处，炸药库占地面积 1000 m^2。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

炸药库可能发生的事故有：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》（GB6722-2014）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，根据以往水利水电工程施工情况，发生爆炸事故的概率很小。

6.3.3 危险品运输风险

（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

本工程对外交通有 G98 高速公路、308 省道和 306 省道，均为海南省内重要的交通道路。枢纽永久对外交通进库公路布置在枢纽左岸至 1#副坝坝址处及右岸 3#副坝坝址处。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。

6.3.4 森林火灾风险

（1）风险识别

天角潭施工区附近植被茂密，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。

6.4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

按照供水水质要求，天角潭水利枢纽库区水质需至少达到III类水质要求。根据水质预测，在枯水年来水条件下，对天角潭天角潭水库建设后设计水平年 2030 年的库区内年平均水质状况进行预测计算，结果表明若规划水平年不采取措施削减入库水污染物，天角潭水库水质将不能满足 III 类水质标准要求。

（2）源项分析

天角潭水利枢纽坝址以上径流区内污染负荷包括工业污染源、农业污染源和生活污染源，其中主要污染源来自生活污染源，工业污染源和农业污染源贡献量较少。

（3）风险评价

由于坝址以上径流区内污染风险源分布广、管理难度大、治理难度及成本高，而且污染源削减措施的实施及其效果也存在不确定性。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）库周污染源治理

根据水质监测成果，北门江流域现状水质较差，区域内各乡镇应加强生活污水的治理，建议流域内各乡镇生活垃圾应按照“减量化、资源化、无害化”的原则进行科学合理的处理处置，严禁垃圾下河。

主要措施包括：①划分饮用水水源保护区，分为一、二级保护区，必要时增设准保护区；②水源保护区及天角潭东西干渠物理隔离防护带；③控制农业面污染源；④搬迁库区现有垃圾填埋场及工业点源重点整治；⑤建议在西庆农场、西培农场、西联农场新建小型污水处理厂或人工湿地，对生活污水进行处理后排放。⑥加强库周生态环境管理和水土保持管理；⑦加强干流全流域水质监测规划，及时掌握水域水环境变化趋势及排污现状，为合理利用和保护水资源提供依据。

2）库区上游污染源控制

儋州市作为海南省人口第二大城市，近年来经济快速发展，天角潭水库位于儋州市边缘，城市发展势必对天角潭水库水质构成潜在威胁，因此，儋州市相关政府部门必须制定严格的城镇污水排放措施，确保天角潭水库水源地不受污染，建议地方政府以天角潭水库建设为契机，加快城镇污水处理厂、污水处理管网建设力度，确保水库蓄水前全部投产使用。

6.5风险事故应急预案

6.5.1 事故应急预案的体系定位及应急处理程序

根据国务院《国家突发公共事件总体应急预案》、《海南省人民政府突发公共事件总体应急预案》确定的全国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海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，要立即报告上级应急指挥机构并通报有关地区和部门，最迟不得超过 4 小时。应急处置过程中，要及时续报有关情况。

（2）先期处置

突发公共事件发生后，在报告特别重大、重大突发公共事件信息的同时，要根据职责和规定的权限启动相关应急预案，及时、有效地进行处置，控制事态。

（3）应急响应

对于先期处置未能有效控制事态的特别重大突发公共事件，要及时启动相关预案，由上一级应急指挥机构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。

6.5.2 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海南省儋州市，根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《海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海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、水体污染等。

（2）应急组织机构、人员

1）应急领导机构

应急总领导机构为海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儋州市分管环保的市长、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 6.5-1。

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。

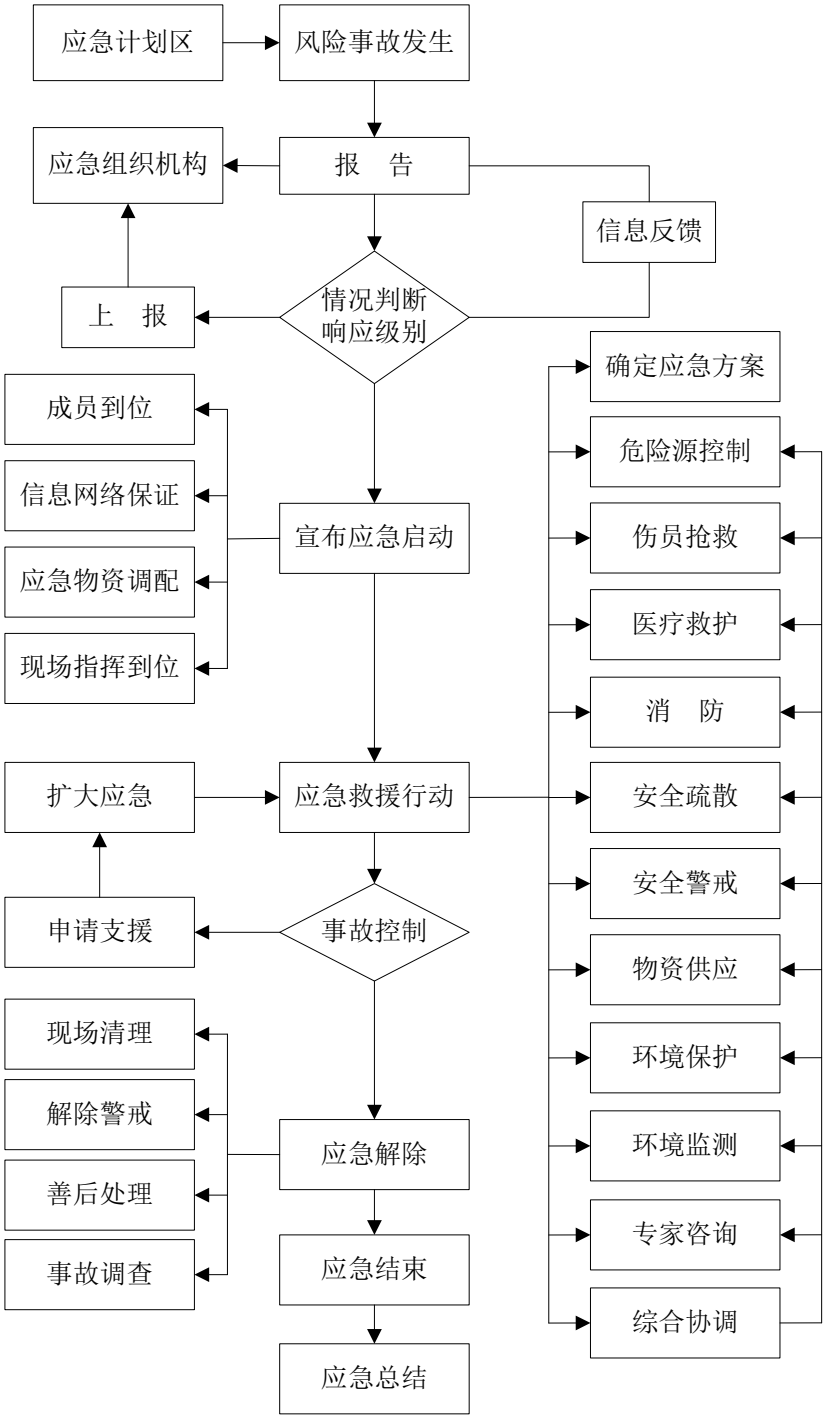


图 6.5-1　事故应急程序图

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，设置施工区火灾警报器；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，对事故出现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。

7 环境保护措施

7.1 地表水环境保护措施

7.1.1 施工期地表水环境保护措施

施工期水环境保护措施主要是施工废污水的处理措施。根据施工分区布置及施工区附近地表水功能、施工废污水主要污染物特征，对各区不同的废污水采取因地制宜、分别处理的方式，在各废污水排放口分别设置水处理系统，废污水处理系统设置情况见表7.1-1。

表 7.1-1　　施工期废污水处理系统设置情况

项目		废污水来源	废污水处理系统位置	废污水处理后去向
生产废水	砂石加工系统废水	大坝左岸下游砂石加工系统	系统占地区内	回用于砂石加工系统自身
	混凝土拌和系统废水	大坝左岸下游混凝土拌和系统	系统占地区内	回用于混凝土拌和系统自身
		管线施工混凝土搅拌机	系统占地区内	
	机械修配系统废水	大坝工区机械修配系统	系统占地区内	回用于修配系统自身
		管线施工营区机械修配系统		
	隧洞施工废水	引水隧洞施工废水	隧洞施工区	用于降尘、浇灌附近林地或耕地、水保植物措施用水等
	基坑排水	初期基坑排水	进水口基坑、渠首电站基坑、天角潭渡槽一二期工程基坑、主坝工程基坑	经排水沟静置后排至附近河流
		经常性基坑排水	进水口基坑、渠首电站基坑、天角潭渡槽一二期工程基坑、主坝工程基坑	用于降尘、浇灌附近林地或耕地、水保植物措施用水等，剩余部分在满足排放标准后排放。
生活污水		大坝区生活营地	生活区占地区内	水保植物措施用水、浇灌耕地林地
		东成镇营区	生活区占地区内	
		花兰村营区	生活区占地区内	
		羊地村营区	生活区占地区内	

7.1.1.1 砂石料加工系统废水

（1）废水概况

本工程布置 1 处砂石料加工系统，砂石加工系统废水高峰产生量为 382.5m^3/h，废水总量为 153 万 m^3，废水主要污染物为悬浮物，浓度约 30000～50000mg/L。

（2）处理目标

砂石料加工系统布置在大坝左岸下游附近，北门江干流水质目标为 III 类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即 SS≤70mg/L，满足此排放标准的废水完全可以回用，既可减少施工用新水量，又可避免施工废水排放对河道水体的影响，因此，处理后的水质以满足回用要求为原则。

（3）处理工艺

根据本工程砂石加工系统废水特点及处理目标，结合国内同类工程砂石加工废水处理经验，拟采用 DH 高效（旋流）污水净化法对废水进行处理，该法的核心部分是高效污水净化器，其利用直流混凝、微絮凝造粒、离心分离、动态把关过滤和压缩沉淀的原理，将污水净化中的混凝反应、离心分离、重力沉降、动态过滤、污泥浓缩等处理技术有机组合集成在一起，在同一罐体内短时间（20~30min）完成污水的多级净化，处理后的出水中 SS 浓度为 10~50mg/L。废水处理工艺流程如图 7.1-1。

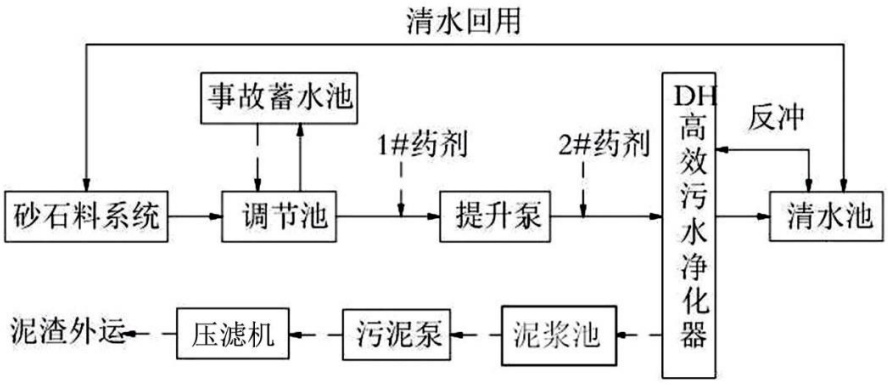


图 7.1-1　　DH 高效(旋流）污水净化法处理工艺流程图

砂石料冲洗废水进入调节池，经泵抽至净化器，同时利用负压原理将药剂与废水一并吸入管道中初步混合后进入 DH 高效(旋流）污水净化器，在净化器内经混凝反应、离心分离、重力分离、动态过滤及泥浆浓缩等过程，从净化器顶端将净化后的清水排出送入清水池，接着对清水进行回用或利用其进行反冲洗，从而实现废水的循环利用，不向外排放。而浓缩后的泥浆从底部定时或连续排出流至泥浆池，再用一台渣浆泵抽至压滤机脱水，脱水后的泥渣就近外运至渣场堆放。经过一段时间的运行，要开启反冲洗泵进行反冲洗。在废水处理系统出现故障时或废水短时间内超过系统处理能力时，可将废水暂时排放至事故蓄水池，在废水处理系统恢复正常运行前，应暂停砂石料系统的运行。

本工程砂石料废水处理系统主要工艺参数及设备见表 7.1-2。

表 7.1-2　　砂石料加工系统废水处理主要工艺参数及主要设备表

项目	名称		单位	参数值
工艺参数	设计流量		m^3/h	400
	调节池	停留时间	min	30
		有效容积	m^3	205
		尺寸	m×m×m	9.0×6.5×3.5
		数量	个	1
	事故蓄水池	停留时间	min	60
		有效容积	m^3	405
		尺寸	m×m×m	11.0×8.0×4.6
		数量	个	1
	沉渣池	停留时间	h	24
		有效容积	m^3	352
		尺寸	m×m×m	10.0×9.0×4.0
		数量	个	1
	清水池	有效容积	m^3	405
		尺寸	m×m×m	11.0×8.0×4.6
		数量	个	1
设备	高效污水净化器		台	DH-SSQ-200 型 2 台
	混凝器		台	DH-HNQ-200 型 2 台
	一体化加药装置		套	DHJ-200 型 2 套
	电磁流量计		台	DN125 型 2 台
	搅拌电机		台	BLD-17-9-3 型 4 台
	净化器废水提升泵（渣浆泵）		台	100ZJ-I-A33 型 3 台，2 用 1 备
	泵（渣浆泵）		台	65ZJ-I-A30 型 3 台，2 用 1 备
	潜水泵		台	150WQ160-15-15 型 3 台，2 用 1 备
	回用水泵		台	3 台，2 用 1 备
	搅拌器		台	QJB4/6-320/3-980 型 3 台，2 用 1 备
	搅拌器		台	GSJ-2500 型 3 台，2 用 1 备
	电气控制系统		套	2 套
	真空带式过滤机		台	2 台

（4）运行管理与维护

该废水处理系统运行管理的主要内容包括：废水处理系统中水泵等相关设备的检修；及时清理调节池内沉淀物以及泥浆池中的泥渣，清理出来的泥渣等就近运至渣场堆放。

组织处理设备管理维护人员上岗前接受专项技术操作培训，以便对电器仪表设备进行正确、规范的操作与维护，并严格制订操作规程，保证废水处理设备的良好运行。

7.1.1.2 混凝土拌和系统废水

（1）废水概况

本工程在大坝区布置 1 处混凝土拌和系统，高峰期废水产生量约 $4.8m^3/d$。该系统废水产生量较小，废水中主要污染物为悬浮物和 pH，悬浮物浓度约 5000mg/L，pH 约 11，施工期混凝土冲洗废水排放总量为 0.5 万 m^3。

（2）处理目标

本工程混凝土拌和系统布置区附近地表水水质目标为 III 类，综合考虑混凝土拌和系统布置位置和水环境功能要求，各混凝土拌和废水拟处理后全部回用于自身系统。

（3）处理工艺

针对混凝土拌和系统废水产生量及其污染成分、处理目标，考虑经济适用的原则，废水处理选用沉淀法，见流程图 7.1-2。

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。

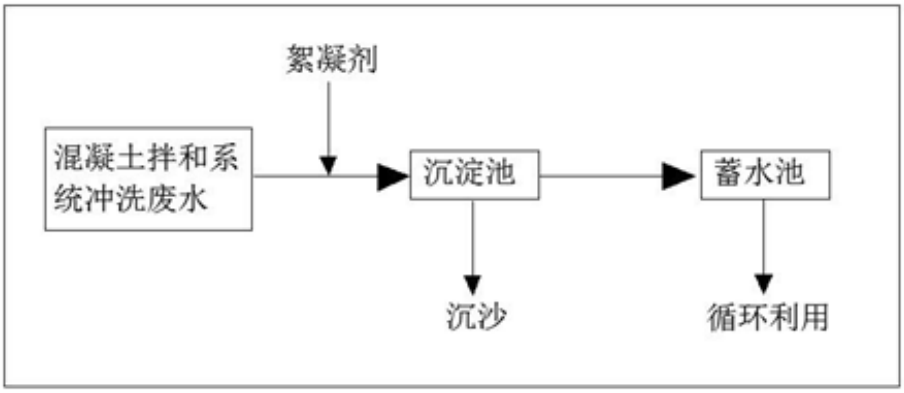


图 7.1-2　混凝土拌和系统废水处理工艺流程图

本工程大坝工区设计 2 座沉淀池，供水管线区混凝土拌和废水较少，采用小型沉淀池处理。大坝工区沉淀池尺寸如下：

表 7.1-3　　混凝土拌和系统废水沉淀池主要参数表

项目	名称		单位	参数值
大坝施工区	沉淀池 1	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	5
		尺寸	m×m×m	3.0×2.0×1.0
	沉淀池 2	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	5
		尺寸	m×m×m	3.0×2.0×1.0

（4）运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

7.1.1.3 修配系统废水

根据机械修配系统布置及附近受纳水体水质目标、排污要求，修配系统废水处理后回用于系统自身，要求处理后的水质满足回用要求。

（1）处理方案

根据修配系统废水量及污染物、处理目标，坝址区修配系统废水采用 YSF-Q 型高效油水分离器进行处理，流程见图 7.1-3。

为收集含油废水，需在系统进水口前设置沉淀池，沉淀池同时还具有一定调节作用，并兼做事故池，处理后的废水不向外排放，将利用其作为车辆冲洗用水等。

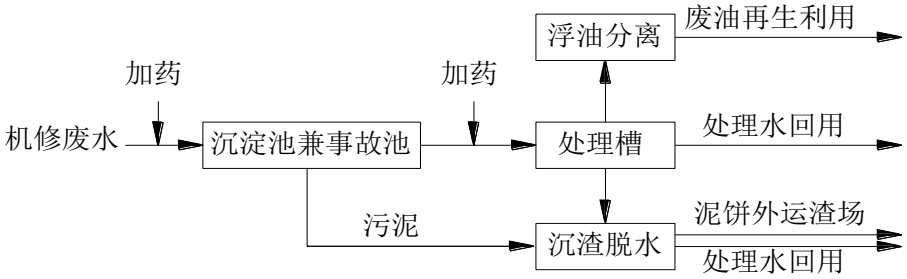


图 7.1-3　机械修配系统废水处理工艺流程图

沉淀池采用平流式，考虑到事故储存功能，停留时间 3h，油水分离器选择 SYF-Q 型成套处理设备。

表 7.1-4　　修配系统废水处理主要参数表及设备表

项目	名称		单位	参数值
大坝施工区	沉淀池	停留时间	h	3
		有效容积	m^3	6
		尺寸	m×m×m	3.0×2.5×1.0
	SYF-Q 型成套处理设备	处理能力	m^3/h	1

管线施工营区修配系统废水采用小型隔油池处理。

（2）运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：废水处理系统中水泵等设备的检修；及时清理调节池内沉淀物，并将清理出来的沉渣运至渣场堆放。

7.1.1.4 隧洞施工废水

根据隧洞出口布置及附近受纳水体水质目标、排污要求等，隧洞排水处理后拟用于降尘、水保植物措施用水、浇灌附近林地或耕地等。

（1）处理方案

针对隧洞排水量及其污染成分、处理目标，按照经济适用的原则，隧洞排水采用沉淀法进行处理，工艺流程见图 7.1-4。

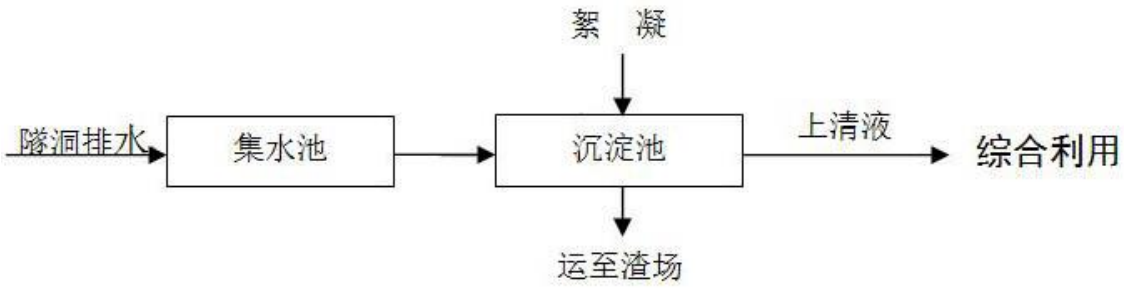


图 7.1-4 隧洞排水处理工艺流程图

在隧洞出口设集水池，集水池废水通过管道进入沉淀池，沉淀时间约 8h，必要时投加絮凝剂，引水隧洞沉淀池 $10m^3$。隧洞排水处理后用于降尘、水保植物措施用水、浇灌附近林地或耕地等。

（2）运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

7.1.1.5 基坑废水

（1）废水概况

基坑排水包括初期基坑排水及经常性基坑排水两部分。初期基坑排水与河流水质基本相同，不会增加对江河水质的污染水质。经常性基坑排含混凝土浇筑和养护形成的碱性水，pH 值在 11 左右，悬浮物浓度约 2000mg/L。本工程基坑排水主要产生于进水口基坑、渠首电站基坑、天角潭渡槽一二期工程基坑、主坝工程基坑。

（2）处理目标

初期基坑排水由抽水井抽提后，经排水沟静置沉淀，排至附近河流。经常性基坑排水拟处理后用于施工区道路降尘、浇灌附近林地和耕地或作为水保植物措施用水等。

（3）处理工艺

针对排水量及其污染成分、排放地点水质要求等，按照经济适用的原则，选择在基坑内静置沉淀法处理经常性排水，沉淀时间约 8h，必要时投加酸性絮凝剂。由于经常性基坑排水水量较大，剩余部分在满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准（SS≤70mg/L，pH：6~9）后可以排入地表水体。

（4）运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理基坑沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

7.1.1.6 生活污水

（1）废水概况

本工程坝址区设置 1 个施工生活区，管线区设置 3 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污水和粪便的排放。生活污水主要污染物为 BOD_5、COD、SS 等，其中 BOD_5 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。施工期生活污水排放总量为 11.1 万 m^3。

（2）处理目标

本工程施工生活区生活污水处理后实现就近浇灌耕地、林地等综合利用。

（3）处理方案

施工生活区生活污水拟采用成套污水处理设备进行处理，处理设备主体工艺采用 MBR 膜生物处理工艺（详见图 7.1-5），坝址区设计处理规模为 10.0m^3/h，管线区设计处理规模均为 1.0m^3/h。

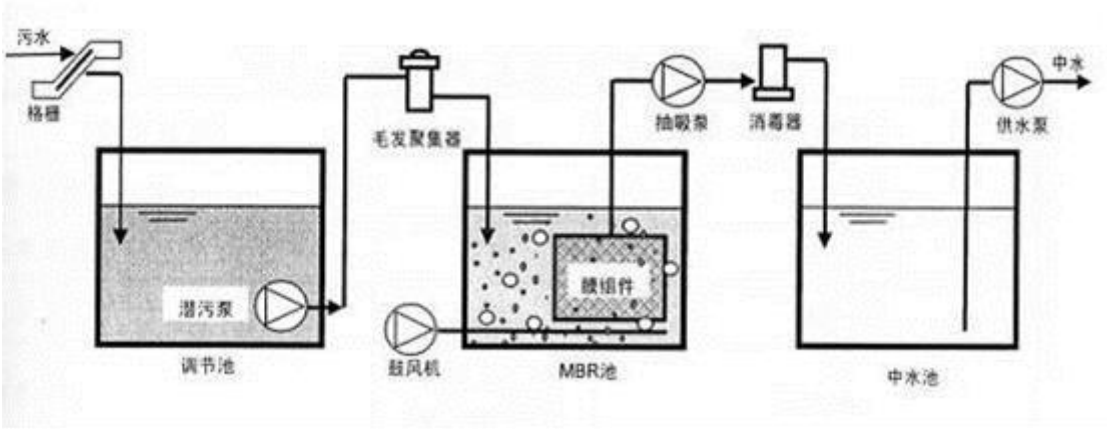


图 7.1-5　生活污水处理工艺流程图

（4）主要的工艺参数

生活污水处理系统的建设，将通过招投标的方式进行委托承包，中标的承包人负责污水处理系统建设，生活污水处理系统主要参数及设备见表 7.1-5。

表 7.1-5　　生活污水处理系统主要参数及设备表

项目	名称		单位	参数值
大坝区施工营地 1 套	设计流量		m^3/h	10.0
	调节池	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	80
		尺寸	m×m×m	6.0×5.0×3.0
	一体式 MBR 膜生物反应器污水处理设备	处理能力	m^3/h	10.0
	中水池	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	80
		尺寸	m×m×m	6.0×5.0×3.0
	事故池	停留时间	h	24
		有效容积	m^3	240
		尺寸	m×m×m	10.0×8.0×3.2
管线施工营地 3 套	设计流量		m^3/h	1.0
	调节池	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	8
		尺寸	m×m×m	3.5×3.0×1.0
	一体式 MBR 膜生物反应器污水处理设备	处理能力	m^3/h	1.0
	中水池	停留时间	h	8
		有效容积	m^3	8
		尺寸	m×m×m	3.5×3.0×1.0
	事故池	停留时间	h	24
		有效容积	m^3	24
		尺寸	m×m×m	4.0×3.5×2.0
		有效容积	m^3	48
		尺寸	m×m×m	6.0×3.0×3.2

7.1.2 运行期地表水环境保护措施

7.1.2.1 北门江流域已建梯级电站生态流量下泄措施

天角潭水利枢纽工程实施后，北门江已建梯级电站东风、西联、两院和西庆水电站四座水电站处于天角潭水库库区，届时将会对其拆除，因此不对其提生态流量下泄要求。根据《海南省北门江流域规划（修编）环境影响报告书》和《北门江流域规划（修编）环境影响报告书审查意见的函》（琼环函 [2016]1678 号）关于进一步做好北门江流域环境保护工作的要求，本阶段初步确定已建沙河水库坝后电站、牙拉河一级水电站、燎原水电站、牙拉河三级水电站、牙拉河四级水电站 5 个梯级电站生态流量下泄方案：丰水期（5~10 月）按照坝址处多年平均流量的 30%下泄，枯水期（11 月~翌年 4 月）按照坝址处多年平均流量的 10%下泄，各梯级工程下泄方案见表 7.1-6。

表 7.1-6　　北门江流域已建梯级生态流量下泄方案

梯级电站名称	坝址处多年平均流量(m^3/s)	生态流量(m^3/s)	
		枯水期(11~翌年 4 月)	丰水期(5~10 月)
沙河水库坝后	2.14	0.21	0.64
牙拉河一级	4.72	0.47	1.42
燎原水电站	5.36	0.54	1.61
牙拉河三级	5.51	0.55	1.65
牙拉河四级	5.78	0.58	1.73

注：各梯级电站坝址处多年平均流量依据坝址控制的集雨面积推算得到。

下阶段结合各已建梯级电站的工程布置形式，开展生态流量下泄措施专项设计，确保各梯级电站坝下不会脱水。

7.1.2.2 北门江流域污染治理工作

结合《海南省水污染防治行动计划实施方案》、《儋州市水污染防治行动计划实施方案》和《海南省儋州市城镇污水处理及再生利用设施建设“十三五”规划》要求，从全流域角度考虑，加强北门江流域现有污染治理工作，制定《北门江流域污染治理工作方案》，控制污染源，保护流域水质。包括但不限于：

（1）库周污染源治理

根据水质监测成果，北门江流域现状水质较差，区域内各乡镇应加强生活污水的治理，建议流域内各乡镇生活垃圾应按照“减量化、资源化、无害化”的原则进行科学合理的处理处置，严禁垃圾下河。

① 划分饮用水水源保护区

水库建成后，作为供水水源地，应按照《中华人民共和国水法》和《中华人民共和国水污染防治法》的相关要求，组织相关部门对水源区进行水源保护区的划分。根据国家环境保护部《饮用水水源地保护区划分技术规范》（HJ/T 338-2007），饮用水水源地保护区一般划分为一、二级保护区，必要时增设准保护区，其中：

一级保护区：取水口半径 500m 范围内的水域面积，取水口侧正常水位线以上 200m 范围内的陆域；

二级保护区：一级保护区外径向距离不小于 2000m 区域的水域面积但不超过水面范围，水库周边山脊线以内（一级保护区以外）及入库河流上溯 3000m 的汇水区域。建设水源涵养生态区，并提出水源涵养生态建设区长期污染预防的措施方案。

② 生活污染源防治措施

1） 加快城镇污水处理厂及配套污水管网建设

目前，区域仅有两个污水处理厂，均位于那大镇，设计处理能力分别为 900t/d、15000t/d。根据《儋州市“多规合一”（2015-2030）》，规划至 2030 年，规划在那大镇、

东成镇和新洲镇建设 5 个二级污水处理厂或处理站，出水标准执行《污水综合排放标准（GB3097）》中的一级 A 排放标准。

考虑到规划水平年 2040 年水质均无法达标的情况，应适当加快各镇区污水处理厂及配套污水管网的建设进度，并确保城镇生活污水处理率达到 80%以上，达标排放率达到 95%。

2）建设农村生活污水处理设施

工程区域分布着大量的农村和农场，其产生的面源生活污染对水环境有着不小的威胁。农村污水分布较分散，涉及范围广、随机性强，防治十分困难，管网收集系统不健全，粗放型排放，基本没有污水处理设施。农村用水量标准较低，污水流量小且日变化系数大。污水成分复杂，但各种污染物的浓度较低，污水可生化性较强。

儋州市的农村、农场可根据各自情况，逐级、逐批建设污水处理设施。应先普及较为基础卫生设施，包括化粪池(仅针对粪尿处理)、渗水井或生态水沟(渠)。结合儋州市农村居民居住相对分散普遍经济水平不高的特点，应选择以运行成本低，维护简单，占地少，技术较成熟等为原则，同时考虑到海南省春夏季气候潮湿、炎热等影响，农村生活污水露天处理带来蚊虫等问题，生活污水处理设施应尽量避免使用开放式化粪池，而是选用“三格化粪池”，将生活污水进行封闭式发酵处理，并设定调节池，能有效的控制生粪和熟粪的混合发酵时间。若经济条件允许，可在农村建设分散式的污水处理设施。分散式包括单户和 1-5 户的小联户。

3） 提高农民环保意识

利用媒体加强宣传。利用县级及以下电视台或其他传媒进行环保公益宣传，宣传生活污水污染对健康的影响及如何有效进行生活污水治理等方面内容，对农村环境整治进展情况进行跟踪采访报导，及时发布连农村环境整治工作动态。

制作大型宣传标牌进行宣传。在主要路口及人口集中区域树立大型环保公益广告牌，有力营造农村环保连片整治宣传氛围。在农村道路旁边树立环境保护宣传标语，既能起到环境保护的宣传氛围，同时能给农民群众传授环境保护知识。

4）结合政策，推进农村污水整治

结合生态创建的契机，全面推进农村生活污水治理。根据生态村、生态创建标准，户用卫生普及率>90%，生活污水处理率>80%，结合生态创建工作，综合治理农村生活污水污染，整合资源和资金，节约成本和资源。

③ 种植业污染源防治措施化肥和农药的施用不当是种植业污染面源污染主要因素。养分管理、耕作管理通过控制污染源扩散达到防治非点源污染的目的，既从源头减少非

点源污染物的产生，又在污染物运移过程中进行拦截并促进其向无害形态转化。

1） 规划农业种植

调整农业发展战略，创造高效生态农业模式，如丘陵山地生态农业模式、平原水网地区生态农业模式、农村庭院式生态农业模式，积极推广和发展生态农业种植技术，通过建立小范围的生态农业示范区工程，积累适合本地区农业生产和环境保护的宝贵经验。在天角潭库区及北门江两岸适当制定和执行限定性农业生产技术标准，减少农田、畜禽养殖业和农村地区的氮、磷径流和淋溶。

2）引导农户正确的田间管理

控制农业面源污染的重要手段之一就是实施合理的田间管理，主要包括耕作管理和养分管理等。

耕作管理是通过降低污染物的迁移能力，起到减少污染的目的。对于旱田，传统耕作的氮、钾素流失分别是残茬覆盖和起垄耕作的 7 -60 倍；传统耕作相比，增加 9%-16%的作物残茬即可使土壤侵蚀减少 50% ；免耕和等耕等措施都能有效地减少泥沙和粘附在泥沙上的 N 和 P 流失。对于水田，由于水田在肥水管理上与旱田差别较大，大量的水分运移往往会携带大量的面源污染物输出，因此，水田的耕作管理重点是控制水田灌溉水量和化肥施用时间等。

养分管理的目的是抑制养分释放速度，使之既满足植物生长需要，又减少过分养分流失，从而减少面源污染的产生。主要包括养料的施用时间、施用方式和养料种类的选择。科学合理施用化肥是减少土壤养分流失重要措施。根据作物生长和土壤肥力，合理确定各种肥料施用比例和使用量是农业施肥的关键，同时提倡有机肥为主、化肥为辅的施用原则，提倡使用有机无机复合肥。依据不同作物需肥和肥料本身特征，确定缓释肥料的方式和时间。同时，以科学配方为依据，积极改进施肥方法，提高化肥利用效率。因此，要合理控制和调节施肥量，确定合理的施肥方式和频率，施行深施、叶面施肥等措施。在充分满足农作物生长需求条件下，合理施用化肥用量。

3） 严格控制高毒、高残留农药使用

推广使用低毒低残留农药和生物农药，引进和选育抗虫、抗病新品种。发展微生物农药、保护农业虫害天敌，抓好农业自身污染防治工作，积极推广病虫害综合防治技术，尽量减少农药使用量，提高农药使用水平和防治效能。

④ 畜牧养殖业污染源防治措施

1）科学规划养殖厂址

在规模化畜禽养殖企业普遍缺乏有效的水污染防治设施的情况下，在合理选择建场

地址作为源头控制工作就变的十分重要。应避免将养殖场设于陡坡上，否则地面径流将会对其造成影响，且成为洪水的冲击对象。针对库区和北门江两岸的镇区，应适当限制畜牧养殖的无序增长。

2）实施标准化建设

大力宣传标准化养殖，积极转变传统养殖模式，严格按照市场运作规律，大力推进标准化养殖，努力整合现有资源，发展家庭农场等新型养殖，使养殖环境得到不断改善，养殖业主的环保意识不断提高。

3） 推进生态养殖模式

大力推广“畜禽—沼—果（鱼、菜、稻）”等生态养殖模式，实行循环利用。以沼气为纽带，将畜禽粪便进行沼气发酵无害化处理，沼渣沼液作为植物种植有机肥，利用沼气副产品沼渣沼液部分替代化肥农药，从而减少化肥农药使用量，提高治污效果和资源综合利用率。

4）农牧结合

农牧分家、畜牧场向城镇郊区集中是形成畜牧业污染的主要根源。推进农牧结合，畜禽粪便用作肥料，既可避免污染环境，又可充分利用资源，提高环境、生态以及济效益。畜禽粪便与许多工业污染物不同，其中含有丰富的肥源。畜禽粪便除含有丰富的有机物质外，还含有作物所需要的大量元素，比如氮、磷、钾等。畜禽粪便施用到农田后，对于提高土壤肥力，改善土壤结构，增强土壤持续生产能力具有很重要的作用。畜禽粪便经干燥或发酵、防霉、除臭杀菌可加工成优质、高效的有机肥料，与化肥相比具有营养全面、肥效长，易于被作物吸收的特点。对提高作物产量和品质，防病抗逆，改良土壤有明显功效。因此，应积极鼓励养殖场实现粪便的肥料化。

5） 严格控制污水排放

推动那大镇、东成镇、中和镇等镇区畜禽养殖场的规模化水平，实现生产区、生活区、管理区的隔离。养殖场的排水系统推行雨污分离，污水系统采用干法清粪工艺，做到干湿分离、雨污分离、料水分离，不与尿水、污水混合排出，实现日产日清，有效在设施上和工艺上减少污水浓度和排放量。

6）控制饲料投入

饲料被动物摄入后，各种营养成分不可能完全被动物吸收利用，没有被吸收的成分将随粪便排出。动物对各成分的利用率越高，则排泄物中的营养含量就越低，对环境的污染就越少。畜禽日粮中氮和磷的吸收率只有 30%—35%，因此，要降低氮和磷对环境的污染，就必须提高氮和磷的利用率。

目前，环保型饲料开发研究通过生物活性物质和合成氨基酸的添加来降低动物氮和磷的排泄量。饲料中应用生物活性物质可有效地提高饲料的品质及养分的利用率、降低畜禽排泄物中氮和磷的含量、减少排泄物的数量。饲料中添加合成氨基酸能更好地使氨基酸平衡，借此降低饲料中粗蛋白质的含量，避免营养性氮源的浪费，降低动物排泄物中的氮含量。此外，为达到提高动物生产性能之目的，在饲料中大量使用某些微量元素、抗生素及其他药物和添加剂，增加了污染物的种类，提高了动物排泄物中污染物的浓度。因此，应积极鼓励养殖户使用环保饲料。

⑤ 工业污染源防治措施

1）加强企业监督管理

坚持有法必依，尤其要做到“三同时”和限期治理。坚持污染防治设施与生产企业的主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用对原有污染进行治理，对于污染严重的，要依法进行限期治理，对限期治理不达标或拒不进行治理的企业，要依法责令其停产或关闭。

2）推行清洁生产

大力推行清洁生产是乡镇企业生产造成环境污染问题的一种积极的、主动的管理方式。企业应从加强环境管理入手，建立污染预防(清洁生产)的新观念，走可持续发展道路，通过企业的“自我决策，自我控制，自我管理”的方式，把环境管理融于企业全面管理之中。

3）统筹规划，推进工业小区建设

结合儋州市的产业发展定位，适时淘汰落后工艺，统筹规划，鼓励园区式发展。坚持分散治理和集中控制相结合，在现有基础上，提高企业废水处理技术水平。

⑥搬迁库区现有垃圾填埋场及工业点源重点整治

对于对水源地有潜在安全隐患的垃圾填埋场，实行异地搬迁，开展专项设计，并做好垃圾填埋场搬迁后的原场址的清洗和受污染土壤生态修复工作。垃圾焚烧厂重新选址建设。结合流域内工业污染源的分布情况，逐步改造或者关闭污染工业，使其工业生产废水做到达标排放或者零排放。

⑦ 加强干流全流域水质监测规划，及时掌握水域水环境变化趋势及排污现状，为合理利用和保护水资源提供依据。

（2）库区上游污染源控制

儋州市作为海南省人口第二大城市，近年来经济快速发展，城市不断向扩展，根据《儋州市总体规划“多规合一”（2015-2030）》，天角潭水库位于儋州市边缘，城市发展

势必对天角潭水库水质构成潜在威胁，因此，儋州市相关政府部门必须制定严格的城镇污水排放措施，确保天角潭水库水源地不受污染。目前，儋州市有污水处理一厂和污水处理二厂两座，分别为儋州市污水处理一厂（即城西污水处理厂）和儋州市污水处理二厂（即城北污水处理厂）。一厂污水经处理后受纳水体为牙拉河，最后汇入北门江；二厂污水处理厂受纳水体为茶山河，通过打石河汇入文澜江。目前两座污水处理厂均按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标准处理后排放，天角潭水库建成后将作为水源地进行保护，为切实保护天角潭水库水质，建议地方行政主管部门对污水处理一厂改造升级，使其达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准处理后排放。此外，目前虽然儋州市城区污水收集率和处理率均有了很大的提升，其中生活污水收集率达到 80%，污水处理率超过 70%，但与要求生活污水收集率达到 90%、污水处理率达到 85%以上仍有差距，那大城区仍面临着配套管网建设不完善、截污不彻底、雨污尚未完全分流等问题，建议地方政府以天角潭水库建设为契机，加快城镇污水处理厂、污水处理管网建设力度，确保水库蓄水前全部投产使用。

（3）地方政府规划的污染治理工作

根据国务院《关于印发水污染防治行动计划的通知》（国发[2015]17 号），确定儋州市城镇污水处理及再生利用设施建设“十三五”规划目标。与北门江流域内城镇相关的目标包括：“至 2020 年末，那大城区污水集中处理率达到 90%，各建制镇污水处理率达到 80%，重点建制镇的污水处理率明显提高”、“那大城区再生水利用率达到污水处理量的 20%左右，其他建制镇再生水利用率达到污水处理量的 10%左右”。

7.1.2.3 儋州市生活垃圾填埋场及拟建垃圾焚烧发电厂处置方案

因儋州市生活垃圾填埋场及拟建垃圾焚烧发电厂位于天角潭水利枢纽坝址上游 4.5km、紧邻天角潭水库库周，可能会对水库水质产生影响，不能保证供水安全。

2016 年 7 月，儋州市环卫局委托中国城市建设研究院有限公司海南分院编制了《儋州市现有生活垃圾填埋场及新建生活垃圾填埋场工程评估报告》（以下简称“评估报告”），评估报告内容包括现有生活垃圾填埋场搬迁、渗滤液处理站搬迁、搬迁后场地修复治理对策、新建生活垃圾填埋场工程、新建渗滤液处理站、公用工程、投资估算及效益分析等。2016 年 9 月 10 日，海南省住房和城乡建设厅在海口市主持召开了评估报告的评估会，省水务厅、省环保厅、省水利水电勘测设计研究院、海南海控水利建设有限公司、儋州市环境卫生管理局等单位参加了会议。评估意见认为该项目的建设将保障天角潭水利枢纽工程的供水水质安全，同时也是儋州市改善环境卫生和促进经济发展的需要，项目建设是必要的。2016 年 9 月 13 日，海南省住房和城乡建设厅以“琼建城函[2016]570

号”文对评估报告提出了审查意见，同意该项目评估报告。目前，儋州市环卫局委托中国城市建设研究院开展了垃圾填埋场搬迁及新建工作的可行性研究工作。

（1）评估报告工程方案

①现垃圾填埋场搬迁

至 2017 年年底儋州市新生活垃圾填埋场建成前，现填埋场已堆填的垃圾量包括截至 2016 年 6 月已堆填的 65 万 m^3 生活垃圾和 2016.7~2017.12 新填埋场建成前儋州市及洋浦经济开发区新产生的生活垃圾 60 万 m^3，共计 125 万 m^3 生活垃圾需搬迁至新建填埋场。

垃圾挖掘前对沼气含量进行探测，并进行削坡处理，垃圾挖掘工程分单元逐一进行，对垃圾堆放深度较深的区域，分层进行挖掘。开挖过程使用高位喷淋除臭技术，采用植物液喷淋除臭，对垃圾暴露作业区域进行全方位覆盖除臭。垃圾挖掘后选用 15m3 密闭自卸车进行运输，运至新建垃圾填埋场新址。运距约 12km，每天运输 8 次。

同时，现生活垃圾填埋场工程辅助配套设施也进行拆迁，包括进场道路，备料场，供配电，给排水设施，生活和管理设施，设备维修、消防和安全卫生设施，车辆冲洗、通信、监控等附属设施和设备。

②现渗滤液处理站搬迁

渗滤液处理站的搬迁主要包括渗滤液的清运、设备仪器的转移以及建构筑物的拆迁。

由于搬迁时渗滤液可能有未处理完的现象，按照渗滤液调节池最大容积 8000m3 计算搬迁渗滤液量。采用 8t 密闭收集车运至新建渗滤液处理站。渗滤液处理的仪器、设备有再利用的进行挑选，清洗后运至新址重新利用；对于无法利用的进行拆除。建构筑物的在仪器、设备的转移完成之后再进行拆除。全部拆除完毕后进行场地修复。

③搬迁后场地修复治理对策

A.土壤修复

根据工程经验及儋州市实际情况，推荐使用固化/稳定化、土壤洗脱以及植物修复组合的土壤修复技术。

固化/稳定化：固化/稳定化技术是指将污染土壤与黏结剂或稳定剂混合，使污染物实现物理封存或发生化学反应形成固体沉淀物（如形成氢氧化物或硫化物沉淀等），从而达到降低污染物迁移性和生物有效性的目的。固化/稳定化技术包括固化和稳定化两个概念，固化是指将污染物包裹起来，使之呈颗粒状或者板块状形态，进而使污染物处于相对稳定的状态；稳定化是指利用氧化、还原、吸附、脱附、溶解、沉淀、生成络合物中的一种或多种机理改变污染物存在的形态，从而降低其迁移性和生物有效性。固化/

稳定化技术主要用于处理重金属等无机物污染的土壤，对于半挥发性有机物（SVOCs）和农药杀虫剂等污染物的处理也有一定的效果。

土壤洗脱：土壤洗脱是指将污染土壤挖掘出来后，与水或化学试剂混合，通过物理化学作用将土壤中的污染物转移到液相中，并对含污染物的液相介质进行处理处置，从而获得洁净土壤的技术。土壤洗脱技术可用来处理重金属和有机污染物，包括石油类碳氢化合物、PCBs 以及多环芳烃（PAHs）。该技术对于大粒径级别污染土壤的修复更为有效，砂砾、沙、细沙等土壤中的污染物更容易被清洗出来

植物修复：植物修复主要是利用植物对污染物的吸收、转化、稳定或降解作用，实现土壤的净化、生态效应恢复的治理技术。植物修复的过程较为复杂，可能是多个过程的协同作用，如植物对污染物的直接吸收及累积作用，植物根部分泌的酶降解有机污染物，或将高毒的有机物变为低毒或无毒的有机物，或实现污染物的稳定化，或根际与微生物的联合代谢作用，从而吸收、转化和降解污染物等。植物修复对于特定重金属具有较好的效果，对于 PAH 以及滴滴涕（DDT）等 POPs 污染物也有过修复先例。目前植物修复大多只能富集一种或两种重金属，对多种重金属的复合污染修复效果一般。

B.地下水修复

结合相关工程经验及儋州市的实际情况，推荐使用渗滤性反应墙的修复技术。渗透性反应墙（简称 PRB）是指在地下水污染源的下游开挖沟槽，安置充填着反应介质的墙体，流经的地下水与墙中的介质发生物理、化学和生物反应，使地下水中的污染物得以阻截、固定、吸附或降解。渗透性反应墙技术可适用的污染物包括：重金属、氯代有机溶剂、含氯农药、石油烃、苯系物、PAHs、卤代烷烃、铵、硫酸盐等。

④新建垃圾填埋场

A.选址

根据儋州市政府规划，新建垃圾填埋场选址位于现填埋场西北侧 12km 南宝农场，占地面积 400 亩，具体位置见图 4.7-4。

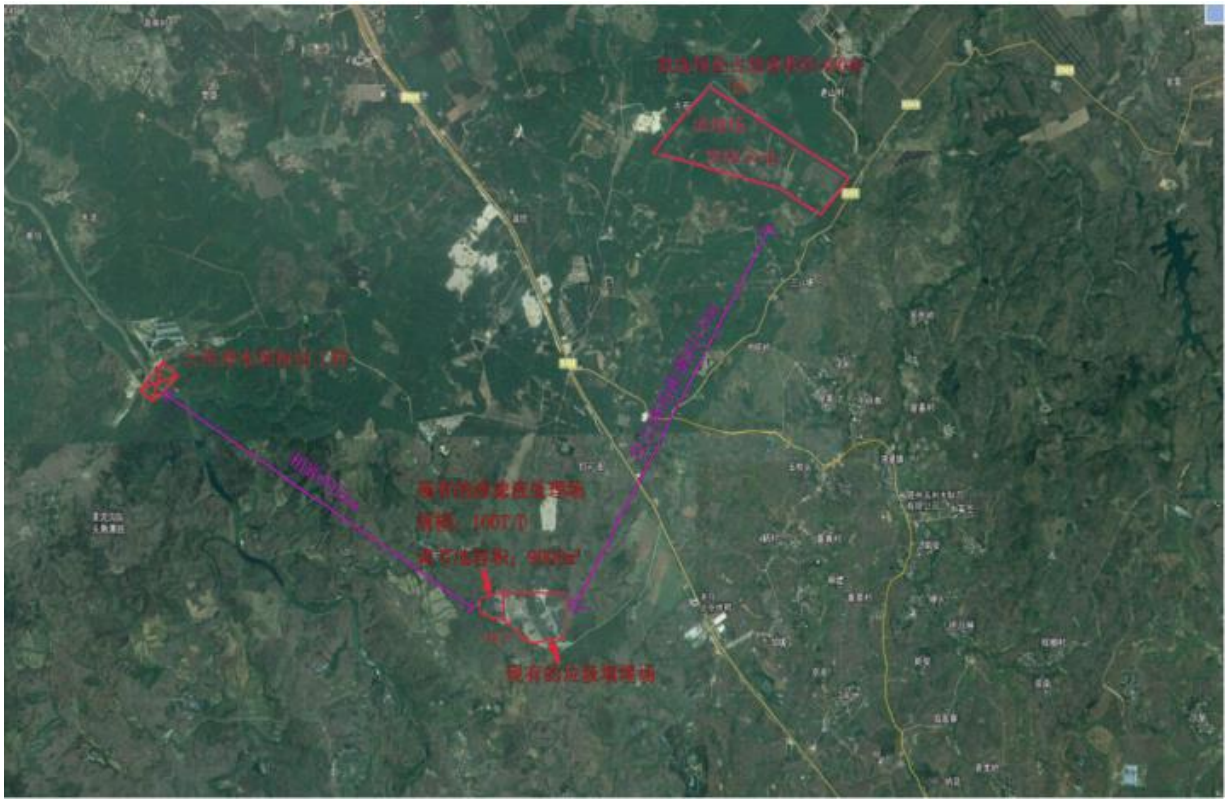


图 4.7-4　　新建垃圾填埋场及焚烧发电厂位置示意图

B.规模确定

根据评估报告，新建生活哦垃圾填埋场库容计算包括搬迁垃圾量 99.64 万 t 及 2018 年填埋场建成至 2020 年焚烧发电厂建成的垃圾产生量 96.83 万 t。具体垃圾产生情况见表 7.1-7。

表 7.1-7　　儋州市新建生活垃圾填埋场工程库容计算表

序号	垃圾来源	产生垃圾量（万 t）	备注
1	搬迁垃圾量	99.64	含 2016.6-2017.12 产生垃圾
2	2018 年~2020 年垃圾产生量	96.83	
合计		196.47	

生活垃圾的总量为 196.47 万 t。按每吨垃圾需要 1.1 m^3 库容考虑，由上表可知新建生活垃圾填埋场所需要实际库容至少为 216.12 万 m^3，有效库容至少为 172.9 万 m^3。

C.建设方案

新建垃圾填埋场场地为坡地型，地势东南高西北低，填埋库区总占地面积 106667m^2。库区分为 2 个填埋区，之间采用土石坝进行分割，采用防渗措施处理，填埋单元采用土袋护坡。

⑤新建渗滤液处理站

渗滤液处理站主要处理填埋场及焚烧厂渗滤液，渗滤液最大日产生量为 276.9m^3/d，采用“预处理+生化处理+膜深度处理”组合式工艺，包括均质池、膜生化反应器、纳滤

系统、反渗透系统、剩余污泥处理系统、浓缩液处理系统。

进度

根据评估报告，儋州市现有生活垃圾填埋场搬迁及新建生活垃圾填埋场工程项目实施进度：

2018 年 1 月：完成新建生活垃圾填埋场、渗滤液处理站及配套设施的建设；

2018 年 9 月：完成现有生活垃圾填埋场已堆填生活垃圾的搬迁工作；

2018 年 12 月：完成现有渗滤液处理站的搬迁工作；

2019 年 3 月：完成现有生活垃圾填埋场及渗滤液处理站搬迁后场地的检测工作；

2019 年 9 月：完成现有生活垃圾填埋场及渗滤液处理站搬迁后的场地修复工作。

（2）投资

垃圾填埋场搬迁及新建工程总投资共 57467.74 万元，其中，天角潭水利枢纽工程承担 33037.66 万元，其余资金由地方政府自筹解决。天角潭水利枢纽工程分摊费用包括以下组成部分：

I 工程主要费用

①新建生活垃圾填埋场

新建垃圾填埋场工程投资包括修建进场路、土方工程、库区防渗系统、库区渗滤液导排系统、气体导排系统、地下水导排、附属工程、场区截洪沟、临时工程、填埋设备、总图工程、供水管道工程，共 16426.48 万元。其中天角潭工程按照新建生活垃圾填埋场总投资的 54.32%进行计列分摊，即 8922.9 万元。

②新建渗滤液处理系统

新建渗滤液处理系统工程投资包括土建工程、水质均衡系统、厌氧系统、MBR 系统、纳滤系统、反渗透系统、剩余污泥处理系统、浓缩液处理系统、除臭系统、仪器仪表、电气设备、自控设备、调试费用、总图工程，共 5590.97 万元。其中天角潭工程按新建渗滤液处理系统总投资的 54.32%进行计列分摊，预算分摊费用为 3037.0 万元。

③现生活垃圾填埋场搬迁

只负责搬迁现已堆存的垃圾 65 万 m3（59.09 万 t）加上 2016.7~2017.12 产生的垃圾 26.29 万 t，共 85.38 万 t 垃圾。包括垃圾挖掘及运输、附属设施拆迁、土壤检测、土壤修复、地下水修复、垂直帷幕、垃圾处理费、回填土及绿化等费用，合计 12735.4 万元（根据环评报告预审意见，其中垃圾产生量由 196.47 万 t 核减为 85.38 万 t，垃圾处理费由 105 元/t 核减为 60 元/t）。

④现渗滤液处理站搬迁

负责至垃圾填埋场搬迁时未处理完的渗滤液的搬迁，按调节池最大容积 8000m3 计算。包括渗滤液清运、建构筑物拆迁、土壤检测、土壤修复、地下水修复、渗滤液处理费等，合计 802.5 万元。

⑤场外接入电源费

按照总费用 80 万元的 54.32%分摊，即 43.5 万元。

工程主要费用合计 25541.3 万元。

II 工程建设其他费用

扣除前期已产生费用，对其余工程建设其他费用按 54.32%比例进行分摊，共计 4492.9 万元。

III 基本预备费

基本预备费与主体工程一致，按 I+II 部分的 10%估列，即 3003.4 万元。

综上，天角潭水利枢纽工程合计分摊投资共 33037.66 万元。

7.1.3 生态流量泄放措施

结合 Tennant 法标准和坝下河段的特征，并综合考虑《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》(环办函[2006]11 号)的指导意见“维持水生生态系统稳定所需水量一般不应小于河道控制断面多年平均流量的 10%(当多年平均流量大于 80m^3/s 时按 5%取用)，在生态系统有更多更高需要时应加大流量”，分别以坝址处多年平均流量的 10%(0.9m^3/s)和 30%(2.7m^3/s)作为坝下河段枯水期(11 月～次年 4 月)和丰水期(5～10 月) Tennant 法推荐的生态流量。

通过 5.2.3 节分析可知，水库初期蓄水期间，下闸初始水位高于引水隧洞进水口高程（24.0m），此时段坝下生态用水、灌溉用水及城乡供水可通过引水隧洞泄放到下游河道，不需要单独考虑初期蓄水期间生态流量下泄措施。

水库正常运行期间，为保证大坝下游河段的河道生态用水要求，正常情况下，生态流量由引水隧洞引水经生态电站发电后回归河道。生态电站总装机容量为 2000kW，设有两台机组，装机容量分别为 1500kW 和 500kW，设计引用流量分别为 5.14m^3/s 和 1.71m^3/s。生态电站引水系统采用压力钢管，通过两条型号为 DN1400 和 DN800 的钢岔管引入发电厂房，两台机组均为单机单管。

考虑到保障机组检修及其他特殊情况，工程设计时在压力钢管段另设一条 D2000 的旁通管进入尾水池。一旦发生机组检修，生态流量由引水隧洞引水经旁通管进入下游河道。

生态电站尾水口位于坝址下游 500m 处，坝址至生态电站厂房之间可能出现 500 长

的脱水河段，为保证坝下不断流，主体工程设计中开挖一段长为 460m 生态渠道，起点位于原天角潭水陂处，终点位于坝址下方，生态渠道采用梯形断面，渠底高程 12.00m，纵坡 0，底宽 2m，边坡坡比为 1:1.5，生态流量下放后将自流回水至坝址下方。

7.1.4 低温水减缓措施

天角潭水库建成后，明显改变了坝下河段的水温变化过程，部分月份存在低温水下泄情况，对坝下河道有明显影响。已有研究表明，温度是影响鱼类生长繁殖的重要环境因子之一，天角潭坝下现状渔获物主要为鲤、条鲹、鲢、鳙和草鱼，条鳡一般在水温接近 21℃时产卵，草鱼生长适宜温度为 20~32℃，鲢、鳙生长最适宜温度是 23~32℃，此外，对于保护鱼类，花鳗鲡适宜生长最适水温为 25~30℃，条纹刺鲃生长适温范围为 22~30℃，海南石鲋的生长适温为 21℃以上。在不采取分层取水措施条件下，以平水年为例，天角潭水库下泄水温在 3 月~6 月比建坝前坝址天然水温有所降低，平均降低了 2.5℃，4 月份降低最多，达 3.9℃。根据以上鱼类的适宜产卵水温和适宜生长水温，大部分鱼类的最适繁殖、生长水温在 21~22℃及以上，建库后若不采取分层取水措施，下泄水温较建库前大约推迟 1 个月才能达到 21~22℃，因此，3~6 月份水库下泄低温水将会对降温河段鱼类的生长、繁殖、摄食产生不利影响，可能使鱼类生长减缓、性腺发育和繁殖期推迟。为减缓水库低温水对坝下河道生态的不利影响，需采用分层取水措施。本报告采用叠梁门分层取水方案和固定分层取水两个方案进行比选，各分层取水方案如下：

方案一、叠梁门分层取水

叠梁门式进水口采用 10×3m 叠梁门方案，即挡水闸门从 24m~54m 高程。采用岸塔式进水口，U 形钢筋砼结构断面，长 18.9m，宽 7.2m。其中拦污栅段长 6.5m，进口净宽 4.2m，进口底高程为 24.00m，设两道拦污栅槽。利用备用栅槽设置叠梁闸门。闸门井段长 12.4m，采用上唇与两侧三面收缩喇叭型进口，曲线方程为 。进水口塔体顺水流方向依次设事故检修闸门槽、和通气进人孔，通气孔后与隧洞进口渐变段相接。检修闸门孔口尺寸 2.8m×2.8m(宽×高)，闸门后通气进人孔断面尺寸 1.2m×2m。进水塔顶层设有闸门启闭机室、储门(栅)槽等结构。塔顶通过交通桥与 2#场内道路及管理区平台相连。见图 7.1-1。

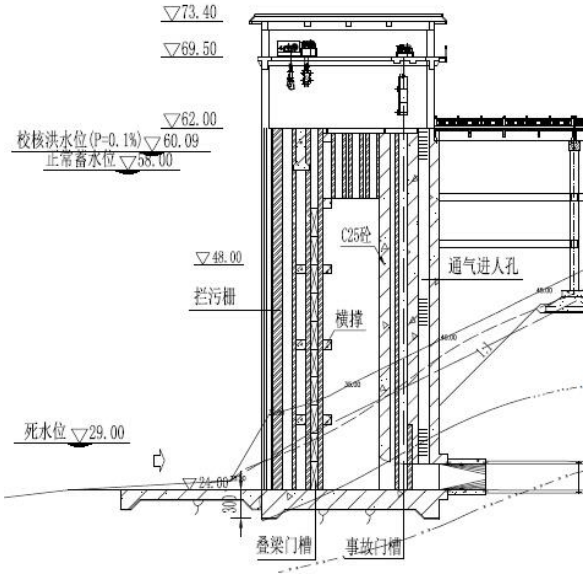


图 7.1-1　天角潭水库叠梁门进口方案图

方案二、固定分层取水方案

固定分层取水采用高、低两层取水口，下层孔口仍采用与单层取水相同的 24m 底板高程，上层孔口底板高程为 45m。在 3-6 月满足最小淹没水深要求时尽可能采用上层孔口取水。

两层取水方式采用岸塔式进水口，U 形钢筋砼结构断面，长 24m，宽 7.2m。进水口塔体顺水流方向依次设拦污栅槽、顶层取水口、底层取水口、事故检修闸门槽、和通气进人孔，通气孔后与隧洞进口渐变段相接。检修闸门孔口尺寸 2.8m×2.8m(宽×高)，闸门后通气进人孔断面尺寸 1.2m×2m。进水塔塔顶通过交通桥与 2#场内道路及管理区平台相连。进口断面详见图 7.1-2。

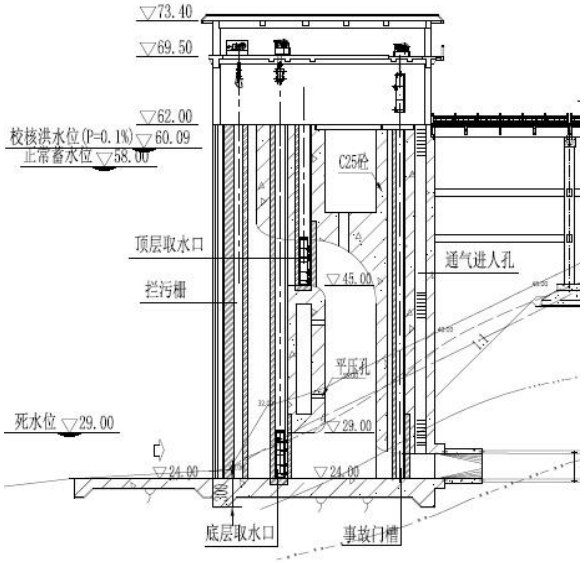


图 7.1-2 天角潭水库两层取水的进口方案图

表 7.1-7 对比了天角潭水库两层取水的下泄水温。

各典型水文年天角潭水库采用两层取水后，下泄水温的春季低温水现象得到了有效缓解。平水年采用两层取水后，3-4 月下泄水温与天然水温相比仅低 0.6℃，5-6 月已高于坝址天然水温；枯水年采用两层取水后，3-4 月下泄水温与天然水温相比仅低 0.7~1.0℃，5-6 月已高于坝址天然水温；丰水年采用两层取水后，3-5 月下泄水温均高于坝址天然水温。

与叠梁门取水方案相比，平水年 3 月两层取水的水温改善效果与叠梁门相同，但 4-6 月下泄水温比叠梁门低 0.4~0.8℃；枯水年 3 月两层取水的水温改善效果与叠梁门相同，4-6 月下泄水温比叠梁门低 0.9~1.0℃；丰水年 3-5 月的下泄水温比叠梁门偏高 0.4~0.7℃。

综上，两层取水方案也可有效改善天角潭水库的下泄低温水现象，但改善效果弱于叠梁门方案。考虑到后期高水位运行、极端不利气象条件等可能加剧低温水现象的因素，且叠梁门进口造价与施工难度均优于两层取水方案，推荐选用叠梁门作为本工程的水温改善措施。

表 7.1-7　　两层取水与叠梁门取水的水温改善效果对比(℃)

月份	坝址现状水温	平水年下泄水温				枯水年下泄水温				丰水年下泄水温			
		叠梁门	两层孔口	c-b	c-a	叠梁门	两层孔口	g-f	g-a	叠梁门	两层孔口	k-j	k-a
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
3 月	22.3	21.6	21.7	21.6	-0.6	21.6	21.6	0.0	-0.7	21.9	22.6	0.7	0.3
4 月	25.1	24.9	24.5	24.9	-0.6	25.1	24.1	-1.0	-1.0	25.4	25.8	0.4	0.7
5 月	26.4	28.4	27.6	28.4	1.2	27.9	27.0	-0.9	0.6	28.4	28.8	0.4	2.4
6 月	28.1	30.6	29.9	30.6	1.8	30.3	29.3	-1.0	1.2	-	–	-	-

7.1.5 地下水环境保护措施

根据影响分析，本工程施工过程对地下水水位及流场等基本无影响，且施工区附近无以地下水为水源的水资源利用情况，本处主要从预防保护方面提出要求。

（1）文明施工，施工废水应尽可能收集处理后回用；

（2）隧洞施工排水，加强隧洞监测，采取封堵措施，进行沉砂、净化，尽量减少排放；

（3）下游河径流量减少，导致地表水对地下水补给量减少，应加强监测，控制下游地下水开采量，防止水位下降和河流入海口附近的海水入侵。

（4）引水管线施工，施工废水必须经处理后，尽量回用，严禁不经处理任意排放。结合下一阶段的勘测情况，必要时及时合理调整工程布线位置及深度，尽可能减少工程对地下水的影响。

（6）当出现工程建设过程中的突水问题时，应尽可能的采取堵断措施，避免采用引流措施，以确保工程建设对地下水量的影响程度减至最小。

(7)在加油站及炸药库基础下设置 HDPE 膜+膨润土防渗毯的复合人工防渗层，防渗层的边界与防火堤基础相连，防渗层下设置地下水导排暗沟，控制地下水水位，保证加油站泄漏或炸药库爆炸后的危险物不会渗入地下含水层，污染地下水。

7.2水生生态保护措施

7.2.1 鱼类及水生生物保护措施体系

（1）保护目标及主要保护对象

为减缓天角潭建设对北门江鱼类及水生生物的影响，维护和恢复北门江水生生物多样性，长期保持一定的鱼类种群规模，需建立完善的、系统的鱼类及水生生物保护措施体系。

主要保护对象为珍稀濒危特有鱼类如花鳗鲡、海南石鲋、台细鳊、锯齿海南鲶、条纹刺鲃，以及受工程影响较大的流水习性鱼类如唇鲷、光倒刺鲃和黄尾鲴等。

（2）保护措施体系

根据天角潭工程特性、其建设对鱼类及水生生物的影响，结合天角潭工程影

响河段鱼类生物学及生态学特征，提出包括栖息地保护、过鱼设施、增殖放流以及渔政管理等鱼类保护措施体系，表 7.2-1。

表 7.2-1　　天角潭水利枢纽工程鱼类保护措施体系

	序号	措施名称	保护对象	具体措施
施工期	1	加强宣传及监管，建立鱼类保护应急机制	施工区江段所有鱼类	1、制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌； 2、建立和完善鱼类资源保护的规章； 3、加强监管； 4、建立鱼类保护应急机制。
运行期	1	栖息地保护	花鳗鲡、海南石鲋、台细鳊、锯齿海南鲌、条纹刺鲃、唇鲷、光倒刺鲃和黄尾鲴等	1、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生活史过程。
	2	过鱼设施		1、修建鱼道，减缓大坝阻隔效应，促进大坝上下种群间的遗传基因交流。
	3	鱼类增殖放流		1、在水库管理用地范围内建设 1 座增殖放流站，维护和恢复鱼类生物多样性。
	4	加强宣传教育和渔政管理	工程影响江段所有鱼类	1、加强宣传教育，加强渔政能力建设

7.2.2 施工期保护措施

（1）施工期间，加强宣传，制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌，增强施工人员的环保意识。

（2）建立和完善鱼类资源保护的规章，严禁施工人员下河捕捞。

（3）加强监管，严格按环保要求施工，施工生产废水和生活污水按环保要求进行处理，防止影响水生生物生境的污染事故发生。

（4）建立鱼类保护应急机制。对施工围堰内的鱼类及时进行捕捞、暂养或放归，若发现濒危特有种，可送入鱼类增殖放流站作为亲鱼进行培育；需要进行水下爆破的，事先需对影响水域采用声、电或网具等手段驱赶鱼类，以免鱼类受到爆破的波及；在初期蓄水时，坝下河段水量明显减少，出现减水情况，鱼类会较集中搁浅，应事先安排人员巡查，禁止初期蓄水期坝下减水河段捕鱼，对搁浅的鱼类及时采取救护措施，运至库尾及坝下河段内适宜生境放流，以保护鱼类资源。

7.2.3 栖息地保护

栖息地保护是保护鱼类自然资源的有效措施之一。栖息地保护应以能够为影

响范围内所有鱼类提供完整生活史，维持一定种群为基本原则，依据鱼类资源的现状及其分布特点，结合影响区干支流特点统筹考虑。

（1）栖息地保护河段选择

1）干流河段

天角潭水利枢纽回水末端以上干流河段，水利水电开发程度较高，从上游至下游已建有沙河水库坝后、牙拉河一级、燎源、牙拉河三级、牙拉河四级、东风、西联、两院、西庆水电站等 9 座电站，形成多个水库-减脱水河段生境，天然水生生态系统已被破坏，现状调查发现鱼类资源量少，而且未发现成规模的鱼类产卵场，不具备栖息地保护条件。

天角潭坝址以下干流河段，地形平缓，两岸分布人口较多，耕地、牲畜养殖等人为干扰大。根据现场调查结果，坝址以下干流河段渔获物主要为条鳎、三角鲤、尼罗罗非鱼、下口鲇等鱼类，未发现成规模的鱼类产卵场。大坝建成后，拦河蓄水，坝下流量将相应减少，鱼类栖息生境将被压缩，该河段也不适宜作为栖息地保护河段。

河口区域为大面积的人工养殖塘，水流分散，难以汇集成河，人为干扰较大，鱼类分布较少，实际调查中除鲢、鳙、草鱼、鲤鱼等外，未采集到其它鱼类，也未调查到鱼类重要生境。

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>入海口处人工养殖区</td><td>养殖池塘</td></tr>
</table>

图 7.2-1 河口区域生境现状

2）支流河段

北门江分布有 3 条较大的一级支流，分别为南茶河、巴黎河和太平河。

南茶河发源于莲花岭，向北流经南洋农场、新村至牙拉河苗圃从右岸汇入牙

拉河，流域面积 110km^2，河长 19.4km，干流平均坡降 4.3‰，年均径流为 0.7746 亿 m^3，占北门江流域面积比为 17.7%。南茶河上已建有南茶水库，南茶水库坝下水量减少，水生生境受到一定程度损坏，无集中鱼类“三场”分布，鱼类种类和数量均较少，不建议作为栖息地保护河段。

巴黎河位于天角潭库区河段，巴黎河发源于西培农场培连队，流经西庆农场后从左岸汇入北门江，流域面积 72.0km^2，河长 17.3km，干流平均坡降 6.4‰，年均径流为 0.5070 亿 m^3，占北门江流域面积比为 11.6%。巴黎河上已建红专水库，同样，红专水库坝下至天角潭库区均为减水河段，生境受损，无集中鱼类“三场”分布，鱼类种类和数量均较少，且天角潭水库正常蓄水位 58.0m 时巴黎河回水长约 7.3km，因此，也不建议将巴黎河作为栖息地保护河段。

支流太平河分布在天角潭水库坝下 13.7km 处，河长 19km，流域面积 59.6km^2。其连通性较好、生境多样，分布有 1 处产卵场，饵料生物丰富，鱼类资源量相对其他河段较大，因此初步考虑将其作为栖息地保护河段。

（2）太平河鱼类及生境现状

太平河为北门江右岸一级支流，位于待建天角潭水库坝址以下约 13.7km，河长 19km，流域面积 59.6km^2。

河流完整性：目前太平河上未建设有拦河建筑物，连通性较好，生态环境良好。该河段水域坡降小，水面宽阔，急流与缓流生境交错分布，两岸植被完整，多样性高。

产卵场分布：经调查，太平河入北门江汇口处分布一处产卵场，适合鲤、尼罗罗非鱼、胡子鲇等产粘性卵的鱼类产卵（图 7.2-1）。

饵料生物：经调查发现，太平河分布有水生生物硅藻门（8 种）、枝角类（3 种）、桡足类（2 种）和轮虫类（9 种）等，浮游生物占了绝对优势，且丰度与生物量都相对较高。这些浮游生物是鱼类的天然饵料，为鱼类的生长提供了保障。

鱼类分布：本次调查中，在太平河共获得渔获物 46 尾，数量上占所有渔获物总量的 53%，分属于 5 种，分别为鲤、条鳡、尼罗罗非鱼、胡子鲇和斑鳢，鱼类现状资源量相对于北门江其它河段较大。



图 7.2-1　太平河产卵场及典型生境现状

（3）栖息地保护措施

1）保护范围

太平河栖息地保护范围为源头至入北门江汇口 19km 河段，保护河段范围见图 7.2-2 所示。



图 7.2-2　太平河栖息地保护河段范围示意图

2）保护目标

主要目的是保护河段中鱼类繁殖、育幼生境场所及分布的鱼类。

3）保护措施

A 设立标志牌，加强水生态环境管理和监测

将河源区设为常年禁捕区，设立地理标志区界。同时维护栖息地保护河段周边的自然环境，避免人为干扰对栖息地保护河段水生生境的破坏。进行长期的鱼类和水生生物等生态环境监测。

B 强化渔政管理

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。形成长期、有效的维护和巡视制度，加强对太平河的巡视和维护，及时发现栖息地内可能阻塞、损坏的河段并加以维护。

7.2.4 过鱼设施

（1）过鱼设施的比选

根据资料记载，北门江分布有典型降河洄游性鱼类花鳗鲡、《中国物种红色名录》记录种台细鳊、锯齿海南鲚、海南省特有鱼类海南石鲋和条纹刺鲃，但本次调查未捕获到；此外本次调查在坝址江段捕获鲤、条鳡、三角鲤、胡子鲇、斑鳢等经济鱼类。大坝建设可能阻隔鱼类洄游及空间迁徙，影响大坝上下游鱼类的交流，因此需要修建适宜的过鱼设施。

天角潭水利枢纽工程最大坝高 52.0m，最大水头 43.3m，属于中等水头的水库。本阶段结合工程特点和地质条件，对鱼道、升鱼机、集运鱼系统、鱼闸和仿自然通道等过鱼措施进行综合比选，见表 7.2-2。

1）鱼道

鱼道由进口、槽身、出口和诱鱼补水系统组成。进口多布置在水流平稳，且有一定水深的岸边或电站，溢流坝出口附近。常用的槽身横断面为矩形，用隔板将水槽上、下游的水位差分成若干个小的梯级，板上设有过鱼孔，利用水垫、沿程摩阻、水流对冲和扩散来消除多余能量。由于孔形不同，又可分为丹尼尔式、溢流堰式和竖缝式等。鱼道优势在于人为干预少，可以持续过鱼，其缺点是鱼道设计长度一般较长，设计难度高。

我国已建的过鱼设施，鱼道比较多。鱼道的过鱼效果，国内外均有较多成功的实例，长洲鱼道监测表明，其过鱼种类 30 种，2011 年和 2012 年 4~5 月分别监测到鱼类 1121 尾和 2206 尾，最大规格的鳜鱼体长 87cm，体重 7061g；洋塘鱼道

监测表明，其过鱼种类 20 多种，年过鱼量平均 50 万尾，最高年过鱼量达 70 多万尾。

关于鱼道的作用，鱼道是沟通鱼类洄游路线的一种重要设施。它在中低水头水利枢纽上沟通洄游路线中，有其独特的优点和功效，是其他过鱼设施不能完全取代的。许多水利枢纽工程的鱼道都是为保护珍稀鱼类而建，如广西长洲水利枢纽工程、大藤峡水利枢纽工程鱼道建设都主要为保护中华鲟等珍稀鱼类，北美和欧洲的许多水利工程的鱼道建设则为保护鲑科、鲱科等具有高经济价值和强烈回归性的鱼类。

本工程坝高 52.0m，最大水头 43.3m，考虑采用鱼道作为推荐方案一。

2）升鱼机

升鱼机的设计原理与电梯类似，由进鱼槽、竖井、出鱼槽三大主要部分组成。美国、加拿大、前苏联此类设施较多，适用高坝过鱼和水位变幅较大的枢纽。采用升鱼机，一般在下游均设有诱导设施。诱导设施是鱼类过坝的一项重要辅助设施。在进口设置拦鱼、导鱼和诱鱼设施，可以防止鱼类误入被截断的水域，并帮助鱼类及早地发现新通道的入口，使分散零星的游鱼汇集起来，提高过鱼效率。升鱼机适于较高水头大坝过鱼，又能适应水库水位的较大变幅，缺点是机械设施结构复杂，发生故障的可能性较大，不能连续过鱼且单次过鱼量有限。

由于本工程坝高 52.0m，最大水头 43.3m，属于中等水头水库，考虑本工程库区水位变幅较大，正常蓄水位 58m，死水位 29m，升鱼机具有适应库区水位较大变幅的特点，考虑升鱼机进行过鱼，将升鱼机集诱鱼设施布置在二级电站尾水侧，集诱鱼设施后接集鱼池和集鱼箱，通过集鱼池内的移动立式自动赶鱼栅，将集鱼池内的鱼驱入集鱼箱，将集鱼箱内收集的鱼类转至附近平台上有轨电车中的运鱼箱，有轨电车通过轨道将运鱼箱运输至坝下，再通过升鱼电梯垂直运输运鱼箱，而后用门机梁水平运输和垂直运输运鱼箱至水库，通过机械拉开承鱼箱两侧活动闸门，鱼进入库区的运鱼船，再通过运鱼船将鱼运至适宜地点进行放流。

综上所述，考虑采用升鱼机作为推荐方案二。

3）集运鱼系统

集运鱼系统是通过一定的诱鱼手段，将下游的鱼集中到船体或箱体中，然后通过船闸或汽车运输将鱼运输到坝上，从而达到过坝的目的。主要包括集鱼设施和运输设施。集鱼设施根据水域特点和大坝辅助设施可以考虑集鱼船、深水网箔

等；运输设施包括活渔船、活鱼车、码头、吊车等。集鱼船可驶至鱼类集群区，打开两端，水流通过船身，并采用补水措施使进口流速比河床中略大，以诱鱼进入船内，再通过驱鱼装置将鱼驱入紧接在其后的运鱼船。运鱼船可通过船闸过坝，将鱼放入适当水域，在没有设置船闸的大坝，可以将鱼从活渔船中转入活鱼车，运到合适的水域放流。集运鱼船机动灵活，可在较大范围内变动诱鱼流速，可将鱼运往上游适当的水域投放。其缺点是受诱鱼效果的制约较大，特别是诱集底层鱼类较困难，噪音、振动及油污也影响集鱼效果，且鱼类在运输途中受到伤害较大。

4）鱼闸

鱼闸的工作原理和运行方式与船闸相似。由于鱼类在鱼闸中凭借水位上升，不必溯游便可过坝，故又称水力升鱼机。鱼闸须适应上游水位一定的变幅，下游进口多有一段鱼道相接，必要时设拦鱼、诱鱼、导鱼设施。鱼闸的历史远较鱼道要短。

鱼闸可适用于较高水头，英国的奥令鱼闸最大提升高度 41m。爱尔兰的香农河上阿那克鲁沙鱼闸，为一竖井式鱼闸，净高 34m，平均工作水头 28.5m。美国哥伦比亚河麦克纳里坝的过鱼设施，共有两座鱼道和两座鱼闸。该枢纽水位差最大约 30.5m。苏联伏尔加河上的伏尔加格勒鱼闸，水位差 27.5m。据 1962～1978 年统计，该水力升鱼机过鱼种类主要有鲟类、小白鲑、鲱、鲇等，年过鱼 28.8～1301.4 万尾。

鱼闸常布置在厂房附近，和主体工程一并考虑，从运行和大坝的安全考虑，一般一级鱼闸不宜承担过高水头，水头高的情况下，需设置多级鱼闸。鱼闸的缺点是不能连续过鱼，工程难度大，另外，需较多的机电设备，维修费用较高。现已几乎不考虑采用鱼闸。

5）仿自然通道

仿自然通道是在岸上人工开凿的类似与自然河流的小型溪流，通过溪流底部、沿岸由石块堆积成的障碍物的摩阻起到消能减缓流速的目的，适应河流生态恢复的原则。仿自然通道的优势在于过鱼对象较广泛，鱼类对过鱼环境有较好的适应性，过鱼效果较好，易于改造，能够维持一定的水系连通。其劣势主要是由于仿自然通道坡度相对较小，边坡开挖量大，所需空间大，长度较长，一般运用在上下游水位差不大的工程上。

（2）综合比选结果

对比以上五种过鱼方式，且考虑到天角潭水利工程最大坝高为 52.5m，最大水头 43.3m，属中水头水坝，鱼道具有能够维持一定的水系连通，不需要人工操作，且可持续过鱼，过鱼效果稳定，运行费用低，考虑采用鱼道作为推荐方案一。

考虑库区水位变幅较大，升鱼机具有适应库区水位变幅的特点，考虑采用升鱼机作为推荐方案二。

从过鱼效果来看，仿自然通道＞鱼道＞升鱼机＞集运鱼系统＞鱼闸，本工程推荐鱼道和升鱼机两个方案进行比选，对于其他 3 种过鱼设施，集运鱼系统因坝下水深较浅，不具备通航条件，不推荐；鱼闸布置对主体工程影响较大，工程布置、建设难度大，过鱼效果不理想，也不推荐；仿自然通道一般适用于水头差不超过 20m 的水坝工程，在本工程上不作推荐。

以下将对鱼道（方案一）、升鱼机（方案二）作进一步比选论证。

表 7.2-2　　过鱼措施方案综合比较

过鱼措施	应用实例	优点	缺点	本工程适应性	比选结果
鱼道	国内外应用较多，如长洲鱼道、洋塘鱼道等	1.能够连续过鱼，人为控制因素少； 2.集诱鱼效果较好，适用于中低水头大坝。 3.对洄游性较强的鱼类过鱼效果较好。	1.过鱼效果对诱鱼系统依赖性较强，集诱鱼位置固定，对过鱼效果有一定的影响； 2.高坝时鱼道过长，鱼类顶水上溯，鱼类易因产生乳酸而疲劳，过鱼效果难以保障； 3.设计、施工、布置难度较大； 4.洄游性不强的鱼类，过鱼效果一般。	1.过鱼效果相对较好； 2.布置对枢纽影响较小。	推荐方案一 鱼道
升鱼机	美国、加拿大、前苏联等应用较多。	1.对洄游性鱼类和易集群的鱼类诱鱼效果较好； 2.对枢纽主体工程影响较小，便于布置； 3.能适应库区水位较大变幅； 4.投资适中，适用高水头大坝。	1.无法进行下行过坝，且不能够连续过鱼； 2.对诱鱼系统依赖性较强，集诱鱼位置固定，对过鱼效果有一定的影响； 3. 维护、管理较复杂； 4.单次过鱼量有限。	升鱼机具有适应库区水位变幅的特点，结合本工程特性，升鱼机方案对于本工程具有一定的适应性。	推荐方案二 升鱼机
集运鱼系统	国内乌江干流彭水水电站；国外顿河支流马内奇河口枢纽。	1.集鱼船结合深水网箔诱鱼，机动灵活，集鱼效果好； 2.可以双向过鱼； 3.不涉及主体工程； 4.方案可操作性强，适用高水头大坝。	1.不能够连续过鱼； 2.人为因素对过鱼效果影响较大； 3. 国内能借鉴的成功经验很少； 4.与鱼类生活习性相关； 5.需组织专业队伍实施。	由于坝下水深较浅，不具备通航条件，集运鱼船无法工作，集运鱼系统不适用。	不推荐
鱼闸	国外如英国、爱尔兰、前苏联等均有应用（单级得升高度可达 41m）	1.鱼类过坝不必溯水，不费力； 2.过坝鱼类成活率高。	1.不能够连续过鱼； 2.集诱鱼效果差，影响过鱼效果； 3.对枢纽主体工程影响较大； 4.施工难度大，技术要求高； 5.投资相对较大。	鱼闸布置对主体工程影响较大，工程布置、建设难度大，过鱼效果不理想。	不推荐
仿自然通道		过鱼对象较广泛，鱼类对过鱼环境有较好的适应性，过鱼效果较好，易于改造，能够维持一定的水系连通，适用于上下游水位差不大的工程	坡度相对较小，边坡开挖量大，所需空间大，长度较长	仿自然通道一般适用于水头差不超过 20m 的水坝工程，天角潭最大水头 43.3m，仿自然通道所需长度长，空间大，无布置条件。	不推荐

（3）方案一：鱼道方案

1）过鱼对象

主要过鱼对象为：花鳗鲡（降河洄游性鱼类）、台细鳊（中国物种红色名录）、锯齿海南鲌（中国物种红色名录）、海南石鮰（省特有鱼类）、条纹刺鲃（省特有鱼类）；兼顾过鱼对象包括胡子鮡、斑鳢、鲤、条鳡、三角鲤（表 7.2-3）。

表 7.2-3　　过鱼对象统计表

	鱼种名	保护级别	性成熟体长	繁殖季节	繁殖习性
主要过鱼对象	花鳗鲡	中国国家Ⅱ级保护野生动物，濒危	33~62cm	3~4 月幼鳗溯河觅食	降河洄游鱼类，性成熟后降河，到海洋中产卵繁殖，幼鳗溯河生长肥育。
	台细鳊	中国物种红色名录			
	锯齿海南鲌	中国物种红色名录			
	海南石鮰	海南省特有			
	条纹刺鲃	海南省特有		5~6 月	
兼顾过鱼对象	胡子鮡	经济鱼类		5~6 月	
	斑鳢	经济鱼类		4~5 月	在自然繁殖季节，多在池沼、河边水草茂盛的浅水滩产卵、受精。
	鲤	经济鱼类			
	条鳡	经济鱼类	25cm	5~8 月	
	三角鲤	经济鱼类		3~4 月	粘性卵

2）过鱼季节

幼鳗溯河觅食的季节为 3~4 月，河段鱼类主要繁殖季节为 3~8 月，因此，初步考虑天角潭水库工程的过鱼季节为 3~8 月。

3）鱼道工艺设计参数确定

本工程鱼道设计参数主要依据《水利水电工程鱼道设计导则》（SL609-2013）和《水电工程过鱼设施设计规范》（NB/T 35054-2015），并结合江段分布的鱼类进行设计。

考虑幼鳗不能跳跃，鱼道形式采用垂直竖缝式鱼道。根据资料《鱼道：生物学依据、设计标准及监测》，幼鳗能通过垂直竖缝鱼道或池间水位差不大的水池型鱼道，幼鳗能利用与边界层关联的低流速区域通过竖缝式鱼道。

①鱼道设计水头

A、天角潭的正常蓄水位为 58m，死水位为 29m

主要过鱼季节（3~8 月）库区水位变化：根据 1961~2013 年长时间序列水库调节运行资料，以及 2.9.3 节的天角潭水利枢纽工程多年运行水位图可知，库区水位主要在 51~58m 变化。

B、坝下水位

二级电站尾水处：一台小机组发电时尾水处水位为 13.7m，一台大机组发电时尾水处水位为 13.85m，两台机组同时发电时尾水处水位为 13.94m。

②进口选择

根据鱼类集群及洄游特性，过鱼设施进口应布置在经常有水流下泄、水流平稳顺直的水域，同时要适应下游水位的涨落，保证在过鱼季节中过鱼口有一定水深的地方。考虑下放生态流量的二级电站尾水管常年有水流，因此本工程过鱼进口布置在二级电站厂房尾水管处，为了防止鱼类误游到厂房尾水管内，尾水管出口设置拦鱼栅。进口处在必要时考虑补水系统。



图 7.2-3 鱼道进口选择示意图

③鱼道设计流速

根据过鱼对象及渔获物资料，性成熟个体体长均在 20cm 以上，根据公式推算突进游泳速度约为 0.9m/s，同时考虑幼鳗游泳能力较弱，设计流速取 0.8 m/s，下

阶段将根据过鱼对象的游泳能力试验最终确定设计流速。

④鱼道池室结构

池室净宽：池室净宽不宜小于主要过鱼对象体长的 2 倍，本工程鱼道过鱼种类体长不超过 0.7m，综合考虑过鱼量，鱼池净宽取 1.5m。

池室净长 *l*：池室净长一般取池室净宽的 1.25~1.5 倍，因此，池室净长度取 2m。池室隔板 *b* 取 0.1m。

竖缝宽度：竖缝宽度宜取 0.3~0.5m，本工程鱼道竖缝宽度取 0.3m。竖缝缝口方向宜与隔板呈 45°夹角。

池室水深：池室水深应视过鱼对象的体高和习性确定，可取 0.5m~1.5m，考虑本工程过鱼对象中有底层鱼类，且过鱼季节环境气温较高，因此水深取 1.5m。

毛刷式底坡：为保证幼鳗能通过鱼道，鱼道底坡设计成毛刷状，每一束刷毛的距离是 7mm（**图 7**）。

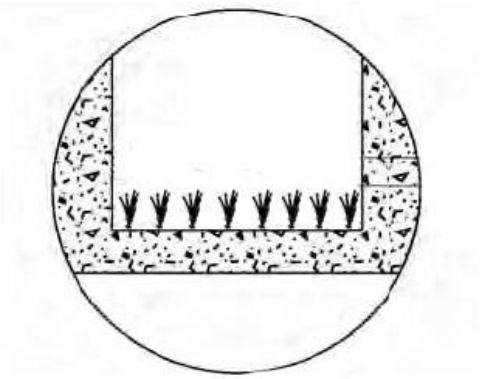


图 7.2-4 池室毛刷基底横断面示意图

⑤鱼道结构尺寸的确定

A、鱼道坡降

池间水位差 $\Delta H=V^2/2g\psi^2=0.8^2/(2*9.81*\psi^2)$（ψ 的取值为 0.85~1.0），V 为设计流速 0.8m/s。

当鱼道坡降 I 取 1/40 时，ΔH=0.0525，不能满足 ψ 的取值要求；

当鱼道坡降 I 取 1/50 时，ΔH=0.042，能满足 ψ 的取值要求；

当鱼道坡降 I 取 1/60 时，ΔH=0.035，能满足 ψ 的取值要求；

当鱼道坡降 I 取 1/70 时，ΔH=0.03，不能满足 ψ 的取值要求。

同时考虑地形条件、便于施工建设等，坡降取 1/50，ΔH=0.042m。

B、鱼道池室数量

池室数量 n=H/ΔH-1=(58-13.7)/0.042-1=1054

C、鱼道流量

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 0.4m，流量系数 μ 取 0.3，则鱼道内流量 Q 约为 0.651m^3/s。

D、鱼道有效长度 L

鱼道有效长度 L=1054*(2+0.1)=2213.4m

⑥鱼道工程布置

鱼道进口：鱼道进口位置初步考虑布置在二级电站尾水下游 50m 处，与电站空箱式防洪墙相结合，将鱼道进口及一定长度的池室式鱼道嵌入墙内。下一阶段将根据坝下流场试验对进口位置做进一步优化调整。进口设置 1 个，底板高程为 12.5m，进口设置检修闸门，进口顶部设置喷洒水装置，以加强诱鱼效果。

池室式鱼道总长宽 2488m，采用绕岸式布置，其中暗涵段有三处，总长为 125m，分段长度为 45m、41m 和 39m，分别穿过天角潭西岸干渠、2#副坝上坝路和 2#副坝。暗涵段断面尺寸为 2.0×2.0m（宽×高），壁厚 0.5m，在暗涵内设置照明设施。鱼道出口布置在 2#副坝左侧山体，绕岸布置，长度 342.8m，池室鱼道边墙顶高程为 62.00m。鱼道开挖永久边坡坡比 1:1，边坡支护措施为挂网∅6.5@20cm 喷 C20 砼厚 10cm 及系统锚杆∅18@3×3m，L=4m。

鱼道出口：库区水位变幅较大，正常蓄水位 58m，死水位为 29m，在主要过鱼季节 3~8 月，根据 1961~2013 年长时间序列水库调节运行资料，库区水位主要在 51~58m 变化，本阶段考虑设置 4 个出口，出口高程分别为 50.5m、52.5m、54.5m、56.5m。出口应具有一定的水流流速，但流速不宜大于 0.5m/s；出口不宜距离各类取水口太近，以免上溯的鱼类被水流冲至坝下。出口设工作闸门及拦污设施。

鱼道的平面布置图和结构图分别见附图 22 和 23。

4）主要工程量及投资

主要工程量如表所表 7.2-4 所示，总投资 3878.88 万元。

表 7.2-4　　鱼道方案主要工程量汇总表

序号	项目		单位	合计
1	土方开挖		m^3	57527
2	土方回填		m^3	19995
3	石方开挖		m^3	26832
4	混凝土		m^3	33212
5	钢筋		t	1328
6	喷混凝土，C20		m^3	665
7	锚杆	Ø18@3×3m，L=4m	根	665
8	进鱼口检修闸门 2.0*2.0-11		扇	2
9	出鱼口工作闸门 2.0*2.0-12		扇	4
10	螺杆启闭机 LQ-100		台	6

（4）方案二：升鱼机方案

升鱼机方案可分为集诱鱼系统、过坝系统和放鱼系统三个部分。

1）集诱鱼系统

①进口选择

进口位置选择同方案一。进口处在必要时考虑补水系统。

本阶段集诱鱼系统布置位置定于二级电站尾水下游 50m 处，下阶段将通过流场试验确定具体的布置位置。

②集诱鱼系统

集鱼槽为矩形断面，采用钢筋混凝土衬砌，衬砌厚 0.3m，集诱鱼系统正常运行水深为 1.5m。集鱼槽池室结构尺寸同方案一，池室净宽 1.5m，净长 2m，池间隔板厚 0.1m，共布置 10 个池室，不设置休息池，集鱼槽净长度约 21m，竖缝宽度 0.3m。

③集鱼池、集鱼箱及升降设备工艺

集鱼槽末端紧接集鱼池，集鱼池末端设一沉底集鱼箱，集鱼箱尺寸根据过鱼对象体长和过鱼量确定，尺寸初步定为 2m×1.5m×1m（长×宽×高）。集鱼池容积至少应为集鱼箱容积的 2 倍，规格至少为 4m×1.5m×1m（长×宽×高），考虑与鱼道段的衔接，集鱼池规格定为 4m×1.5m×2m（长×宽×高）。通过移动集鱼池内赶鱼栅将鱼集中赶往集鱼箱。在集鱼箱末端设置供水池，水流在供水池内消能后，再

进入集鱼箱、集鱼槽进行诱鱼。

④赶鱼栅

集鱼池内装有赶鱼栅，赶鱼栅为栅格式，可沿鱼道移动，将鱼道内的鱼赶至集鱼池。系统运行时，赶鱼栅处于打开状态，呈“八字形”，可供鱼通过鱼道并可防止鱼回游；集鱼池需要集鱼时，赶鱼栅闭合，并沿鱼道向集鱼池方向移动，将鱼赶至集鱼池。之后沉于集鱼池底的集鱼箱由升降设备提起，从而将集鱼池内的鱼集到集鱼箱中。

2）过坝系统

升鱼机的提升系统主要分为垂直提升、轨道提升和索道提升 3 种类型。

①垂直提升型

垂直提升类升鱼机一般用在坝高较低的工程中，一般提升系统相对独立，在集鱼池中将集鱼箱垂直提升，到达过坝高程后，通过放流渠道将鱼类放流至坝上水域。

②轨道提升型

轨道提升型一般集鱼箱沿坝体布置的轨道进行提升，应用在坝高较高，但坝体较为平整的工程中。

③索道提升型

索道提升型一般集鱼箱沿布置的索道进行提升，一般其行进线路不为直线，应用在坝高较高且运输线路复杂的工程中。

本工程为混凝土重力坝，坝高 52.5m，考虑采用垂直提升型提升系统，同时坝下段设置轨道系统。

3）放鱼系统

①渠道绕坝

渠道绕坝指鱼类通过提升装置提升至过坝高程后，通过具有一定坡度的渠道，从岸边绕开坝体，将鱼类放流至库区指定地点，此系统一般需要一定的补水设施。

②放鱼槽/管过坝

过坝槽/管指鱼类提升至过坝高程后，将运鱼箱中的鱼和水通过管道运输至坝上区域，再通过水槽或管道将鱼类放流至水体中。

③运鱼箱过坝

运鱼箱过坝指采用索道与轨道将运鱼箱转运过坝后，直接将运鱼箱下降放至

库区水体当中，让鱼类自由游出。

根据 3 种过坝方式的特点，由于本工程库区水位变幅较大，过坝渠道和过坝槽/管均无法适应较大的水位变幅，因此推荐采用运鱼箱直接过坝方式。运鱼箱中设有鱼类维生系统，该系统主要包括控温系统、充氧系统、水质监测系统及砂滤系统。

放鱼点远离引水隧洞的进水口、泄洪入水口等取水口设施，至少大于 1000m。

4）工程布置

进口布置同方案一。

集鱼槽采用竖缝式池室结构，各池室底宽取 1.5m，长 2m，高 2m，不设休息池长取 6m，竖缝宽度取 0.3m，缝口方向与隔板呈 45°，集鱼槽槽底高程 36.35m，集鱼槽进口设施 2m×1.5m 工作闸门，末端设有一个尺寸为 2m×1.5m×1m 的集鱼箱，通过移动槽内活动导鱼格栅将鱼集中赶往集鱼箱。在集鱼槽旁设置 5m×5m×3m 补水池，采用泵机从库内提水至补水池内再下放入集鱼槽进行补水及诱鱼。

集鱼槽进口底板高程为 12.5m，鱼类诱集进入集鱼箱后，集鱼箱提升转至高程为 31m 的位于轨道上的运鱼箱后，通过排架轨道沿着引水发电隧洞管线行至隧洞出口的位置鱼梯，然后沿着 31m 高程，设轨道绕至坝下。鱼梯桥厢尺寸为 2.5m×2m×1.5m，设计重量为 30t，将承鱼运鱼箱从高程 36.3531m 提升至坝顶 62.50m。坝顶门机将承鱼运鱼箱运输至库区内。

升鱼机平面布置图、结构布置图、纵剖面图分别见附图 24、附图 25 和附图 26。

5）主要工程量及投资

升鱼机方案主要工程量见下表，总投资 1995.73 万元。

表 7.2-5　　升鱼机方案主要工程量汇总表

序号	项目	单位	合计
1	土方开挖	m^3	16776
2	土方回填	m^3	13600
3	混凝土	m^3	8278
4	钢筋	t	380
5	运鱼箱	t	15
6	进鱼口检修闸门 2.0*2.0-11	扇	1
7	集鱼槽闸门 2.0*2.0-3	扇	1
8	螺杆启闭机 LQ-100	台	2
9	双吊点单向门机 2*125kN	台	2
10	鱼梯（提升高度 40m）	套	1
11	供水泵机(功率100kw扬程20m,含水管）	套	1
12	运鱼船	艘	1
13	运鱼车	辆	1

（5）过鱼设施比选

从过鱼效果来看：鱼道能满足鱼类自行上溯、一定条件下可连续过鱼，但对鱼的体力和鱼道池室设计要求较高，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，此外，鱼道还可作为鱼类的下行过坝设施；根据天角潭水利枢纽工程多年运行水位，本工程鱼道出口设计水位考虑水位主要变幅 51~58m，而天角潭水库水位在正常蓄水位 58m 至死水位 29m 之间变化，因此部分时段鱼道会出现断流停运的情况，只在库区水位达到 50.5m 以上才能实现连续过鱼；而升鱼机系统受人为操作影响较大，不能连续过鱼，在鱼进入坝下集诱鱼系统后，需通过赶鱼栅将鱼赶入集鱼池收集，之后使用转运系统转运鱼过坝。从两种过鱼方式的特点以及过鱼效果看，鱼道过鱼效果略优于升鱼机系统。

从布置和施工条件来看：鱼道工程布置长度为 2488m，采用绕岸式布置，其中暗涵段有三处，总长为 125m，分段长度为 45m、41m 和 39m，鱼道出口布置 4 个，分叉段较多，开挖难度较大，工程较复杂，而升鱼机系统包括厂房尾水处的诱集鱼系统、过坝系统和放鱼系统，过坝系统（总长 705m）包括长 255m 的排架

轨道段、长 420m 的轨道段和垂直提升鱼梯，需结合主体工程进行设计和布置，工程也较复杂。从布置和施工条件来看，两者相当。

在运行管理方面：本工程鱼道考虑 4 个出口以适应库区较大的水位变幅（出口设计水位考虑主要水位变幅 51~58m），出口较多，运行时闸门的启闭较复杂，运行管理难度大；而升鱼机系统也对运行管理要求较高，各环节均需要人工操作和管理，鱼类提升出水面后，至少经过 3 次转运才能到达库区，需制定严格、完善的管理制度以保证升鱼机系统正常运转。因此从过鱼设施建成后的运行管理来看，两者均较复杂。

从投资来看，鱼道投资约 3878.88 万元，升鱼机投资约 1995.73 万元，升鱼机系统优。

综上所述，重点从过鱼效果方面考虑，本阶段推荐采用鱼道作为本工程的过鱼方案。

（6）科研及监测

在过鱼设施建设前，需开展鱼道专项设计，并进行相关研究，研究内容包括过鱼对象游泳能力试验、坝下流场分布试验和鱼道模型试验，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。

7.2.5 鱼类增殖放流站

人工增殖放流是恢复天然渔业资源的重要手段，国内外在天然鱼类的增殖放流方面有许多成功的范例，如鲟、鲑鳟鱼类的放流等。通过有计划地开展人工放流经济鱼类种苗，可以增加经济鱼类资源中低、幼龄鱼类数量，扩大群体规模，储备足够量的繁殖后备群体，从而从根本上解决天然经济鱼类资源量不足的问题。

北门江现状鱼类资源分布较少，天角潭水利枢纽完工后，由于大坝引起的水文情势变化等因素，北门江的鱼类资源将受到不同程度的影响，为维持水生态系统的平衡和充分利用水生态资源，弥补鱼类资源的损失，有必要开展鱼类增殖放流，恢复北门江的鱼类资源，维持该河段鱼类自然种群的延续。

（1）增殖放流任务

鱼类增殖放流站的主要工作任务是：进行野生亲本捕捞、运输、驯养，实施人工繁殖和苗种培育，提供苗种进行放流，以减缓天角潭水利枢纽工程建设对北门江鱼类的影响，加快北门江鱼类资源量的恢复。

（2）放流对象

放流对象的确定应根据鱼类亲本的可获得性、人工驯养繁殖技术基础以及放流水域生境条件，合理确定放流对象。

以“统筹兼顾”“突出重点”为原则，优先选择珍稀濒危、特有鱼类以及受影响程度大且难以形成自然种群的鱼类。

依据以上原则，初步确定放流对象为海南石鲋、台细鳊、条纹刺鲃、唇鲟、光倒刺鲃和黄尾鲴。唇鲟、光倒刺鲃和黄尾鲴均为流水习性鱼类，受到工程一定影响，且已有人工繁殖和苗种培育经验，因此可作为近期放流对象；台细鳊、海南石鲋、条纹刺鲃因人工繁殖和苗种培育未有成熟技术，所以将其作为远期放流对象。

（3）放流规模

放流规模计算：根据饵料基础估算放流规模，计算公式参考《水库鱼产力评价标准》（SL563-2011）

根据天角潭影响区域水生生态调查的数据资料，采用水体中主要基础饵料生物（浮游植物、浮游动物、底栖动物）方法计算水体鱼产力。天角潭影响区域鱼产力主要由浮游植物、浮游动物、底栖动物提供。相关计算公式如下：

$$F_{浮游植物}=B_G(P/B)aV\times100/k \quad (1)$$

$$F_{浮游动物}=B_{Zp}(P/B)aV\times100/k \quad (2)$$

$$F_{底栖动物}=B_{Zb}(P/B)aS/k \quad (3)$$

式中：

$F_{浮游植物}$——浮游植物提供的鱼产力，t；

B_G——浮游植物年平均生物量，mg/L；

P/B——该类饵料生物年生产量与年平均生物量之比；

a——鱼类对该类饵料生物最大利用率；

V——水库表层 10 米以内库容，10^8m^3；

S——养殖面积，km^2；

k——鱼类对该类饵料生物的饵料系数；

$F_{浮游动物}$——浮游动物提供的鱼产力，t；

B_{Zp}——浮游动物年平均生物量，mg/L；

$F_{底栖动物}$——底栖动物提供的鱼产力，t；

B_{Zb}——底栖动物年平均生物量，g/m^2；

B_{Zs}——着生藻类年平均生物量，g/m^2。

经计算（表 7.2-6），浮游植物鱼产力 47.78t，浮游动物鱼产力 11.68t，底栖动物鱼产力 65.90t，合计 125.37t。

表 7.2-6　　天角潭影响区域基础饵料鱼产力

分类	河段	生物量 B	P/B	a	V（10^8m^3）	k	S(km^2)	鱼产力（t）
浮游植物	库区河段	2.83mg/L	80	30%	0.7	100	-	47.78
	坝下河段	1.27mg/L			0.0075			
	太平河	1.70mg/L			0.000285			
浮游动物	库区河段	0.21mg/L	20	40%	0.7	10	-	11.68
	坝下河段	0.086 mg/L			0.0075			
	太平河	0.16 mg/L			0.000285			
底栖动物	库区河段	54.81g/m^2	3	25%	-	5	7.1	65.90
	坝下河段	30.2g/m^2					1.5	
	太平河	51.7g/m^2					0.095	
合计	-	-	-	-	-	-	-	125.37

天角潭库区鱼产力为 125.37t。计算出来的鱼产力是为了合理利用库区渔业资源、提高渔业产量，放养品种为具有良好生产性能、适应水库饵料生物基础的增殖对象，不要求一定能够形成繁殖的种群，故鱼种投放量比较大。而水利水电工程鱼类增殖放流属于补偿性放流，多为珍稀特有物种，对生境要求较高，其主要目标是为了促进形成自行繁衍的种群，增殖放流量需要依据放流对象的基础生物学特性和水库形成后生态环境条件以及鱼类自我繁衍能力进一步确定，一般不进行回捕。因此，增殖放流规模应远小于渔业养殖放流规模。

我国水库的放养多以青鱼、草鱼、鲢、鳙四大家鱼为主。就放养水库渔获物统计分析的结果看，除四大家鱼外，其它天然鱼类产量多占水库渔产总量的 10%~30%。因此，放流规模可在水库放养量的 10%～30%的基础上根据实际情况灵活掌握。根据天角潭水库影响区域水生生态调查渔获物的统计结果，放流鱼类所占的比例非常小。所以增殖站的放流规模可按鱼产力的 10%计算。

目前对放流成活率的研究比较少，且研究对象多为经济鱼类。根据相关研究，经济鱼类放流成活率为 30%~99.8%。其他保护鱼类的放流成活率应低于经济鱼类。因此，放流鱼类的成活率按 10%计。成鱼个体体重以 0.5kg/尾计。根据以上参数核算，天角潭增殖放流站放流规模为 25 万尾。

$$N=\frac{125.37*1000*0.1}{0.1*0.5}=25\text{ 万尾}$$

根据放流对象生态习性，近期放流对象中：唇鲷放流数量为 6 万尾/年，放流规格为全长 3~6cm 和 1 冬龄；光倒刺鲃放流数量为 6 万尾/年，放流规格为全长 3~5cm 和 1 冬龄；黄尾鰤放流数量为 6 万尾/年，放流规格为全长 3~5cm 和 1 冬龄。远期放流对象中：台细鳊放流数量为 2 万尾/年，放流规格为全长 3~4cm 和 1 冬龄；海南石鲋放流数量为 2 万尾/年，放流规格为全长 3~4cm 和 1 冬龄；条纹刺鲃放流数量为 3 万尾/年，放流规格为全长 3~6cm 和 1 冬龄（表 7.2-7）。

运行过程中，放流量将根据鱼类资源的监测情况以及人工繁育的科研进展情况进行适当调整。

表 7.2-7　　天角潭水利枢纽工程鱼类增殖站放流种类、规格和数量

项目	种类	放流数量（万尾/年）		合计
		全长 3~7cm	1 冬龄	（万尾/年）
近期放流	唇鲷	3.0	3.0	6.0
	光倒刺鲃	3.0	3.0	6.0
	黄尾鰤	3.0	3.0	6.0
远期放流	台细鳊	1.0	1.0	2.0
	海南石鲋	1.0	1.0	2.0
	条纹刺鲃	1.0	2.0	3.0
合计		12.0	13.0	25.0

（4）生产工艺设计

鱼类增殖放流站生产工艺流程包括苗种生产和放流。苗种生产包括亲鱼收集、亲鱼驯养培育、催产、开口苗培育、鱼苗培育和鱼种培育；苗种放流包括苗种放流前过渡培育、放流前检验检疫、放流标记和放流。

鱼类增殖放流站工艺流程见图 7.2-4。

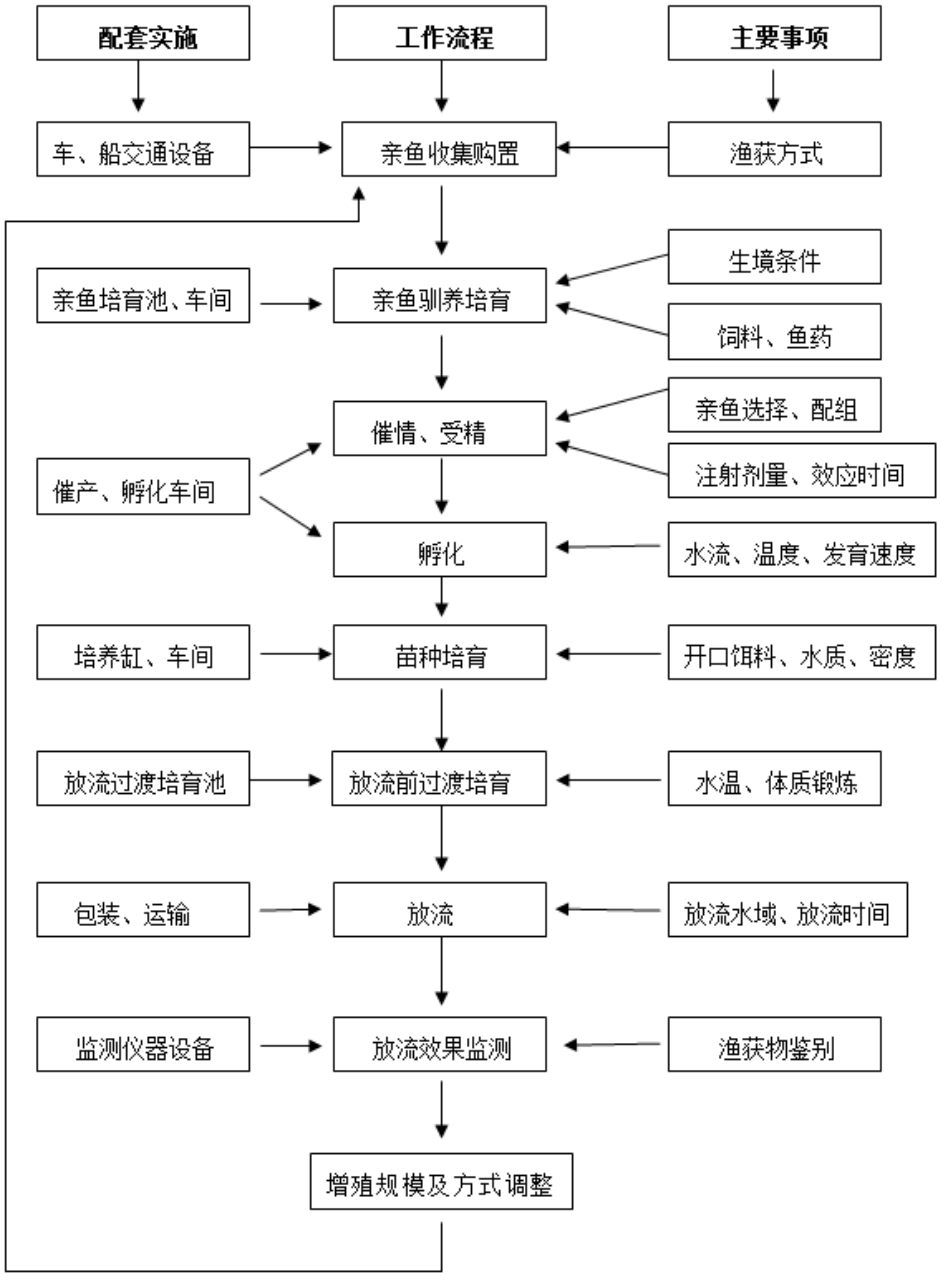


图 7.2-4 增殖放流站技术工作流程

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 7.2-8。

表 7.2-8　　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
循环水养殖	适用对水质要求高及流水性或静水性种类；水量需求较小	温控、溶氧	可控制，水质良好	少	较少	高
流水养殖	适用对水质要求较高及流水性或静水性种类；水量需求较大	无	不可调节	多	一般	较高
静水养殖	适用于对水质要求较低及静水性种类；水量需求不大	无	不可调节	少	大	低

由上表可知，静水养殖适用于用地宽裕、取水方便且放流对象适应静水养殖的鱼类，废水产生量少。流水养殖中也包括微流水养殖，可用于适缓流或急流鱼类的养殖，养殖密度大、废水产生量多，循环水养殖在用地较少的情况下适用，废水产生量少。

在鱼类养殖过程中需排出混有鱼类粪便、饲料残饵的养殖废水，北门江地表水水质目标为Ⅲ类，废水排放标准需执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，结合以上三种养殖模式的弃水产生量、工艺特点及鱼类生态习性，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，废水经处理设施处理后用于绿化。

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 7.2-9。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 7.2-10。

表 7.2-9　　增殖站主要建（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	450
催产孵化车间	座	1	24	12	5	288
鱼苗培育车间	座	1	44	24	5	1056
鱼种培育车间	座	1	44	24	5	1056
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	11	10	3	1.8	330
	个	2	10	5	1.8	100
饵料培育池	个	4	5	3	1	60

表 7.2-10　　各建（构）筑物内养殖设施

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	半径 R=1.5		1.2
	孵化槽	个	9	2.0	0.8	0.6
	尤先科孵化器	个	2	3.20	0.80	0.60
	开口苗培育缸	个	87	半径 R=0.5		1.0
	鱼苗培育缸	个	9	半径 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	60	半径 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	60	半径 R=1.5		1.2
	养殖循环水系统	套	1	-	-	-

④ 鱼培育池

亲鱼培育池用于亲鱼和后备亲鱼的培育，数量共有 13 个，其中规格为 10m×3m×1.8m 共 11 个，规格为 10m×5m×1.8m 共 2 个，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。

⑤ 产孵化车间

催产孵化车间一座，其规格为 24m×12m，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 2 个，规格为直径 3.0m，高 1.2m；孵化槽 9 个，规格为 2.0m×0.8m×0.6m;开口苗培育缸 87 个,规格为直径 1.0m、高 1.0m、水深 0.7m；鱼苗培育缸 9 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 44m×24m。其内设置有鱼苗培育缸 60 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 44m×24m。其内设置有鱼种培育缸 60 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、分光广度计、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。

（5）站址选择

1）站址选择原则

鱼类增殖放流站站址应从水源、水文气象、地质、用地规模和交通条件等方面进行比选。

①场址处地质条件良好，满足建设养殖车间、养殖水池的基础要求，鱼类增殖放流站站址应与主体工程施工或其他建设用地相协调。

②站址宜选择在抗渗性能良好的基地上，避开山洪、滑坡、泥石流等自然灾害影响的地段。鱼类增殖放流站必须具有可靠的防洪、排水措施。

③取水方便，水量充沛。当单一水源不能满足要求时，可采取多水源或调蓄等措施。

④场地规则、平整，便于养殖车间等设施的布置。

⑤为便于管理和明确管理责任，鱼类增殖放流站原则上应在业主管理用地范围内。

⑥场地不与施工布置冲突。

⑦交通方便，便于运输车辆进出。

2）站址比选

根据以上站址选择原则，结合工程特性，初拟了 2 处增殖站站址进行比选。

站址 1：位于大坝下游约 500m 处的左岸阶地上，见图 7.2-5。

站址 2：位于大坝左坝肩的管理区平台上，见图 7.2-5。

从水源条件看：站址 1 的水源可在岸边建泵站从河道直接抽水，也可开挖大口井取水。站址 2 的水源从库区取水，需在库区岸边建泵站，抽屉高程约 20m，

也可开挖大口井取水。从水源条件比较，站址 1 与站址 2 相当。

从地形条件比较：站址 1 位于坝下左岸阶地，场平需要一定的工程量；站址 2 位于管理区平台，场平处理较简单。站址 1 和站址 2 的地形条件相当。

从交通条件比较：站址 1 附近有公路，方便车辆进出；站址 2 位于管理区平台，交通方便。站址 1 和站址 2 的交通便利性相当。

从管理运行条件比较：站址 1 附近有公路可达水库管理站，路程约 1.0km；站址 2 紧邻水库管理站。从管理便利性而言，站址 2 相对较优。

从场地面积比较，站址 1 可提供的场地面积约 20 亩，能够满足各养殖构筑物的布置；站址 2 可提供的场地面积约 6.1 亩，空间太小，用地紧张。因此，站址 1 较优。

综合以上比选结果，由于站址 2 面积较小，用地紧张等限制性因素，初步推荐站址 1 作为天角潭水库工程鱼类增殖放流站的站址。

表 7.2-11　　天角潭水库工程鱼类增殖放流站站址比选

项目	鱼类增殖站站址 1	鱼类增殖站站址 2	比较
地理位置	大坝下游约 500m 处的右岸平地上	大坝左坝肩的管理区平台上	
水源	河道直接抽水，或从管道由库区引水	从库区抽水，或大口井取水	相当
地形条件	坝下右岸平地，地形平缓	管理区平台，场平处理较简单	相当
交通	现有公路可达，交通方便	位于管理区平台，交通方便	相当
管理运行	距离管理站约 1.0km，有公路可达，管理相对便利	位于水库管理站旁，管理便利	站址 2 优
用地面积	约 20 亩，可满足增殖站用地	6.1 亩，空间较小，用地紧张	站址 1 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		

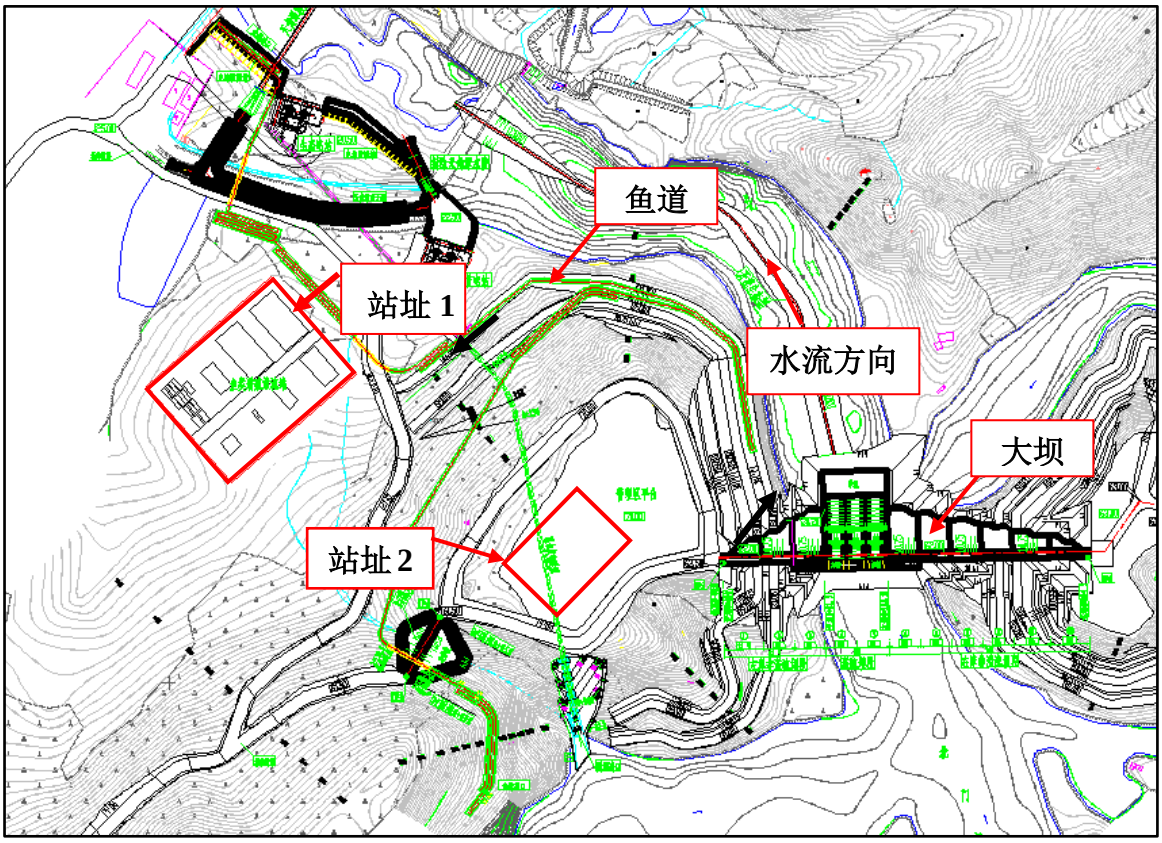


图 7.2-5　天角潭鱼类增殖放流站站址示意图

天角潭鱼类增殖放流站平面布置图见附图 27。

（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、支流太平河。

（7）景观措施

在满足鱼类增殖站正常生产的前提下，应通过园林景观设计对整个场地进行详细功能区划，因地制宜、适地适种，以乡土树种为主，达到整个鱼类增殖站较好的景观效果。种树选择以乡土树种为特色，充分考虑植物特有的季相变化特征，在植物选用上突出各季的特色景观，形成枝叶相交、林荫夹道、路转景变的绿色长廊。

合理规划区域内景观，适当增加一些人们可参与和体验的景点和景观，使人们能在区域内活动和休闲，使本鱼类增殖站建设成鱼类保护及科学研究、鱼苗生产、休闲观光于一体的场所，并可在园内体验自然、亲近自然，把生产活动融于景观，体现地域特色和文化传统，让景观与工程建筑相结合，做到鱼类增殖放流站在功能性、自然性、休闲性、观赏性等方面的和谐统一。

（8）相关科研及放流效果监测

①相关科研

主要对人工繁殖技术难度大、尚无成熟人工繁殖技术的鱼类，如台细鳊、海南石鲋和条纹刺鲃等 3 种鱼类，开展驯养繁育技术研究。

②放流效果监测：

水体理化指标：水温、pH、盐度、浊度、硬度、碱度、SiO_2、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。

（9）投资

估算天角潭增殖放流站的投资为 2841 万元，具体工程量见表 7.2-12。

表 7.2-12　　天角潭增殖放流站工程汇总表

序号	一级项目	二级项目	单位	数量
1	鱼类增殖放流站			
1.1	施工辅助工程			
		施工及建设管理房屋建筑工程	项	1
		其他施工辅助工程	项	1
1.2	建筑工程			
		总平工程	项	1
		蓄水池	个	1
		各类鱼池	个	19
		站内建筑物工程	m^2	3050
		取水建筑物工程	项	1
		场内给排水工程	项	1
		道路工程	项	1
		绿化工程	项	1
1.3	增殖站设备和安装工程			
		循环水处理设备	套	4
		孵化槽	个	9
		尤先科孵化器	个	2
		开口苗培育缸	个	87
		苗种培育缸	个	129
		实验设备	套	1
		运输船	艘	1
		活鱼运输车	辆	1
		越野车	辆	1
		给排水设备及安装工程	项	1
		电气设备及安装工程	项	1
		取水泵站设备及安装工程	项	1

序号	一级项目	二级项目	单位	数量
1.4	环境保护和水土保持工程		项	1
1.5	科研勘测设计费			
		人工繁殖与苗种培育	项	3
		放流效果监测	年	3
		专项设计费	项	1
1.6	运行管理			
		运行管理费	年	3

7.2.6 宣传教育和渔政管理

（1）加强宣传教育

加强宣传教育，增强守法意识。相关部门大力开展以宾馆、饭店、个体工商户为重点的渔业资源保护宣传，加强宣传教育力度，提高群众法制观念和守法意识。教育渔民遵守渔业法规，采用合法的渔具渔网，对违反者进行处罚。捕获产卵鱼、珍稀鱼类应尽快送交有关部门或暂养放归河流。维护河水洁净，对乱倒污水及有毒物者应给予处罚。

（2）渔政管理

加强渔政管理是保护水生生物及鱼类资源的重要手段。渔政管理内容包括建立良好的渔业捕捞制度、限制渔具渔法、规定捕捞对象的可捕标准及渔获量、制定禁渔区和禁渔期、加强水环境保护等，维护良好的渔业环境，保证鱼类能够顺利延续种群。为保障渔政管理工作顺利进行，还应加强渔政部门的能力建设，提高渔政部门的执法力度。具体为：

规定捕捞标准，一般以首次性成熟的体长、体重或年龄为其可捕规格，以保证鱼类维持一定的补充群体和快速生长期；

限制渔具、渔法的类型和规格，对网目 4cm 以下的网具应坚决取缔，以保证幼鱼不被捕起；严格禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等非法捕捞方式；

根据鱼类资源现状及资源增长潜力，实行限额捕捞，并限制捕捞作业范围，以免捕捞能力过大对渔业资源的破坏，从而保证流域渔业的可持续发展。

7.3陆生生态保护措施

工程建设过程中，将不可避免地对施工区的植被、动植物、景观和周围环境产生一定影响。有些影响是永久性的和不可逆的，如大坝建设的永久占地，有些影响是暂时性的，如施工临时占地。后者可通过采取自然或人工辅助措施的方法加以恢复与重建，前者可通过采取人工措施的方法改建或重建，使区域生态系统的结构和功能整体得到逐步改善。

7.3.1 生态保护的宣传和管理

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。

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。

7.3.2 生态影响的避让和减缓

7.3.2.1 移栽受工程影响的名木及保护植物

（1）移栽“橡胶王”

天角潭水库蓄水前，对两院试验场内的“橡胶王”进行移栽。初步拟定后靠移栽，移栽后位置依然位于两院试验场内。具体的移栽方案可由两院试验场专业人员确定及施工。

（2）建立小型珍稀植物园

工程主体工程施工前，在水库管理所内结合其景观绿化和水土保持工程，移

栽受工程建设影响的省级保护植物 45 株龙血树及海南大风子 1 株（幼树）。

根据现场调查，龙血树植物个体相对较小，移栽株距按 3 m *3 m 计，移栽用地面积 405m^2;海南大风子个体稍大,移栽株距按 5 m *5 m 计,移栽用地面积 25m^2，因此，保护植物移栽用地面积在 430m^2 左右。为保证上述植株移栽的成功率，建议建设单位委托林业部门或专业科研机构实施本措施，并进行 3 年的管护，以保证移栽植物自然良好生长。

（3）挂牌保护

对于其他未受工程建设影响但距离建设区较近的珍稀保护植物进行挂牌保护，以防施工人员及周围居民的砍伐、破坏。

7.3.2.2 制定施工期动植物搜救轰赶方案

水库修建完工尚需几年的时间，项目区水热条件优越，自然植被或次生植被等生境恢复快，其将为动植物栖息繁育提供良好生境，并与其周边的农田、橡胶林等人工植被形成点带状过渡通道，且本工程水库淹没面积相对较大，因此，本工程蓄水前应对水库淹没范围进行动植物搜救，以减缓对重要动植物的影响。需在下闸蓄水前结合库底清理措施，制定合理的动植物轰赶搜救方案，组织专业人员，开展库区动植物重要资源搜救工作，减轻水库淹没对陆生生态系统的影响。动植物搜救轰赶范围主要为淹没区，重点关注珍稀保护物种；搜救线路选择坝前、库中、库尾以及西联水库上下游一带的次生植被及栖息地；搜救单位建议由林业部门或相关科研机构承担。

7.3.2.3 施工过程减少对动植物生境的影响

（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。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）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。

（4）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。

（5）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。

7.3.3 生态影响的恢复

生态修复应以形成健康和相对稳定的生态系统为目标，因此，要坚持因地制宜、优先选用乡土种等原则，并注重生态系统的整体性，不仅要考虑植被的恢复，还要考虑各类动物的栖息繁衍问题，使得生物群落在特定的生境条件下，形成一个完善的食物链。生态重建是一个长期、复杂的问题，要有长远规划，并长期坚持。

施工场地的修复可采用人工种植和封育相结合的方法对施工场地进行生态恢复。要坚持因地制宜、优先选用乡土种等原则，并注重生态系统的整体性。可采取先草灌后林木的修复模式，一方面采用人工措施创造生境条件，另一方面发挥自然修复功能，其可采取两种方式进行修复：与保护植物的迁地保护及经济林的种植相结合进行生态修复；以雨林或热带低地雨林作为最终目标，易于雨林或热带低地雨林关键种，开展施工迹地恢复。

7.3.4 生态影响的补偿

工程区永久占地受损害的自然植被，这些自然植被的损害是不可恢复的，建设单位应按照国家和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。

7.4河口红树林等生态系统保护措施

水库建设对滨江丛林、半红树林基本没有影响，对红树林生态系统有一定的不利影响，这种影响较为复杂，因此，有必要采取可行的措施，减少负面的影响。

针对产生影响的具体原因，提出防范措施：

7.4.1 工程减缓及补偿措施

7.4.1.1 退塘还林并人工辅助种植红树林

（1）退塘还林

水库建设后，输沙量的减少将导致河岸、滩涂的退缩，因此，扩展红树林生存空间是重要的保护措施。红树林生存的最佳环境是河口海湾冲淡区，儋州市政府有必要采取退塘还林的方式扩展红树林的生存空间。建议分布在冲淡水区内的养殖塘，特别是与红树林近邻的养殖塘恢复为红树林。

退塘还林考虑河口盐度较大河口岸滩，以及盐度较小的上游位置，用于种植不同耐盐种的红树林植物。具体恢复位置及面积见图 7.4-1 所示。



图 7.4-1　　退塘还林位置及红树林人工种植恢复示意图

（2）人工栽植红树林树种选择

树种选择适合当地的树种，优先选择抗逆性强、防护效益好的乡土树种。通过对北门江河口 11 种红树林树种分析，选择白骨壤、红海榄、木榄、海莲、角果木、秋茄、桐花树、榄李等树种进行人工恢复。为提高红树林的抗逆性、生物多样性、防护功能及景观配置效果，采用混交方式，在盐度不同的地块种植不同的

树种。根据《红树林建设技术规程》，结合河口地区红树林群落分布特征，混交造林树种搭配选择见表 7.4-1，种植面积共 320 亩。

表 7.4-1　北门江河口红树林混交造林树种搭配表

主要树种	伴生树种	种植位置	面积（亩）
白骨壤、红海榄	桐花树、秋茄	地块一	80
秋茄	桐花树	地块二	120
木榄、桐花树	秋茄	地块三	30
木榄、红海榄	海莲、角果木、榄李、秋茄、桐花树	地块四	50
木榄、红海榄	海莲、角果木、榄李、秋茄、桐花树	地块五	40

（3）抚育管护

红树林种植后至成林前应加强管护。①补植：对造林成株数不达标的造林地，应及时进行补植或重新造林，直至合格为止。②管护：插杆护苗、围网防禽、清除危害植株的有害生物和漂浮杂物；禁止围网捕鱼、挖取海滩动植物等危害红树幼苗生长的人为活动；因地制宜采取防风、消浪措施。③施肥：可采用埋肥或接种菌肥的方法施肥，促进幼林生长。

红树林幼苗成林后，需设置围栏、围网进行隔离，设置警示标志并进行人工巡护，定期进行病虫害及有害生物防治。人工造林完成 3 年后，复查造林保存情况。

7.4.1.2 成立天角潭水利枢纽工程红树林监测与管护站

针对天角潭退塘还林及人工辅助种植红树林，成立红树林监测管护站。负责红树林人工种植科学研究、监测、管护等工作，配备至少 3 名专业工作人员。管护站需在天角潭水利枢纽建设大江截流前成立，成立后尽快开展红树林的样地监测与人工种植工作。主要工作内容包括：

（1）红树林生态监测

红树林科学研究及人工种植工作开展前，首先在工程开工前对北门江河口地区红树林按照《红树林生态监测技术规程》（HY/T081-2005）进行一次监测。监测内容包括水环境、沉积环境、栖息地、生物指标等，并调查红树林生态系统的类型、结构、功能和面积，以及植物种类、群落类型、分布变化情况等。常规监测从工程建成运行后开始，连续监测 5 年（包括人工种植效果监测）。

（2）人工种植及科学研究

根据红树林监测调查成果，结合退塘还林地块立地条件，对人工种植树种、

方式进行科学研究，制定人工种植方案，按照方案对退塘土地实施人工种植工作。

（3）抚育及管护

为提高林木长势，促进林木生长发育，诱导形成复层群落结构，增强红树林生态系统的稳定性和防护功能，对人工种植的红树林进行定株抚育等抚育措施；采取设置围栏、围网等，并设置红树林标志，定期进行巡护；加强病虫害检疫及有害生物防治措施。

7.4.1.3 保证汛期生态流量的泄放

水库建成后，汛期河水下泄量减少，潮水上溯，海湾、河口及河道的盐度在汛期发生了一定的变化。天角潭水库工程建成后，为满足下游河道的生态需水，非汛期下放 0.90m^3/s、汛期下放 2.70m^3/s 的生态流量，在一定程度上较大的减缓了工程建设对河口生态环境的影响，为了维持坝址下游河道及河口水生生态环境，务必保证天角潭水库工程汛期生态流量的泄放，避免出现不下放流量的情况。

7.4.2 其他建议

（1）儋州市政府组织成立新英湾红树林监测与管理机构，负责保护区日常管理，同时聘请红树林专业科研团队开展相关监测工作。

（2）林业与渔业部门协调进行退塘还林。

7.5水土保持措施

根据评价区新增水土流失的特点及工程总体布局，按照新增水土流失类型和形式相似，水土保持措施相近的原则，对项目建设区进行防治分区，将工程区划分为 2 个一级分区，即枢纽工程防治区、渠道管线泵站防治区；枢纽工程防治区分为主体工程防治区、水陂防治区、工程永久生活办公区、道路工程防治区、施工生产生活防治区、弃渣场防治区、料场防治区、移民安置及专项设施迁建防治区等二级防治分区，渠道管线泵站防治区分为泵站防治区、渠道及渡槽防治区、管线工程防治区、道路工程防治区、施工生产生活防治区等二级防治分区。

7.5.1 枢纽工程防治区

本区主要是对主体工程设计从水土保持角度进行分析与评价，对主体工程中

已有的、具有水土保持功能的项目进行分析，从数量和质量方面评价是否满足水土保持要求，对尚不能满足水土保持要求的部分需补充水保措施。

（1）主体工程防治区

1）表土剥离

本区占地类型有耕地、林地、园地等，土壤肥力较高，需进行表土剥离，待施工结束后用作绿化覆土。表土剥离平均厚度为 30~50cm。表土拟在弃渣场范围内集中堆放不新增占地。

2）植被生态混凝土护坡及植草毯

枢纽建筑物开挖是施工过程中扰动破坏原地表面积较大和产生弃渣的主要环节，在水保工程招标中要将相应标段中的水土保持项目纳入主体工程招标文件中；合理安排工期，避开雨季施工，及时做好开挖裸露面的工程防护；加强监理、监测工作，杜绝乱堆乱弃现象，落实设计，并严格按照工程设计进行施工。

根据主体工程设计在开挖坡面。设计中出于对工程稳定、施工和运行安全考虑，经与主体设计专业协调，各建筑物开挖边坡采取锚固支护、锚索加固等工程措施，该措施对稳定边坡起到良好的作用。为达到防治边坡风化、剥落掉块造成不安全隐患，本方案结合边坡绿化，对裸露边坡拟采取喷植被混凝土的方式进行生态绿化。

从改善工程区景观、减少工程建设对生态环境的破坏角度考虑，本方案拟坝肩硬化边坡采取植物措施绿化。因坝肩开挖边坡坡度较陡，硬化后立地条件差，故采用植被混凝土生态护坡。副坝背水面采用植草毯铺设，绿化副坝背水面。

表 7.5-1　　主、副坝工程量汇总表

措施类型	项目名称		单位	计价量	
				主坝坝肩	2#副坝
植物措施	坝肩喷植被生态混凝土		m²	10802	
	喷灌系统	D20 PVC 管	m	693	
		D15 PVC 管	m	1156	
		喷头	个	31	
		取水泵	台	8	
	植草毯		m²	9349	382

（2）引水隧洞防治区

主体设计了开挖边坡外缘的截水沟，以有效截排坡面雨水；方案新增了开挖

坡脚的临时拦挡和临时苫盖，以有效减少开挖裸露边坡的水土流失。

（3）电站厂房防治区

工程共设置两个电站，根据主体工程设计，考虑厂房表土剥离、以及厂区内植物措施。为防止施工期水土流失，对电站厂房防治区实施临时排水及临时拦挡工程。

（4）水陂防治区

水陂枢纽拆除，原水陂库区产生大量裸露面积，本方案新增对因水陂拆除后形成裸露面积采取乔灌草措施进行绿化恢复。

（5）工程永久办公生活防治区

本方案拟在管理处围墙周边种植攀援植物，并种植一排乔木，内部采用乔灌草、常绿落叶相结合的植物配置手法，并适当布置绿篱，以达到立体化、多层次的绿化环境。绿化树种应用景观树种，保土性好的当地适生草种。

（6）道路工程防治区

交通道路区包括上坝道路、进场道路等永久道路及各施工区之间的联络的施工临时道路。交通道路区主要采取表土剥离及回铺等工程措施；永久道路两侧种植行道树等植物措施，临时道路迹地恢复的植物措施；同时设置临时排水及临时拦挡措施。

（7）施工生产生活防治区

为减少施工期占地范围内的水土流失，结合施工场扰动地表特点，本方案采取管理措施与水保措施相结合进行综合防治施工期采取临时拦挡、排水措施、植物措施为主。施工结束后施工生产生活区采取迹地绿化恢复措施。

（8）弃渣场防治区

针对各渣场的具体情况，采取合适的拦挡措施，且完善渣场周边及内部排水系统，对于渣场坡面采取合适的护坡措施，针对永久征地和占用林地的渣场顶面采取植物措施进行绿化，并对征地范围内的表土进行剥离与堆存防护。

（9）移民安置及专项设施迁建防治区

移民安置及专项设施复建区包括农村移民分散安置、输变电线路及通讯设施等。本方案新增工程措施、植物措施及临时措施对该防治区进行防护。对移民安置区进行全面平整，绿化美化，撒播草籽，种植灌木等。对专项设施采取表土剥离集中收集，撒播草籽、栽植行道树等，临时措施采取草袋土填筑、密目网苫盖

等。

7.5.2 渠道管线泵站防治区

（1）泵站防治

渠道末端与管线连接处，设置泵站一处；泵站占地面积 0.6hm^2。施工场地收集表土，进行全面平整，撒播草籽，种植乔木、灌木等。临时措施采取草袋土填筑、密目网苫盖等。

（2）渠道及渡槽防治区

根据主体工程设计渠道在原渠道基础上进行改建。为防止上游汇水对渠道工程开挖边坡的冲刷，主体工程在渠道靠山侧修建排水沟，在渠道开挖高边坡段、险工段修建截水沟；在截排水沟末端设置沉砂池、消力池等顺接工程。并对明渠渠顶以下边坡采取草皮护坡措施，使裸露边坡得到覆盖。本方案在主体工程设计水土保持措施的基础上，补充完善渠道区的水土保持措施设计。

（3）管线防治区

根据管线施工特点及占地类型，新增表土剥离及回铺措施，对管线临时占地占用林草地进行潜根系灌木及草籽恢复的植物措施。对管线开挖临时堆土采取临时拦挡、临时排水及临时遮盖措施。

（4）道路工程防治区

因管线工程施工需要，全部为管线临时施工道路。道路工程区主要采取表土剥离及回铺等工程措施，临时道路迹地恢复的植物措施；同时设置临时排水及临时拦挡措施。

（5）施工生产生活防治区

为减少施工期占地范围内的水土流失，结合施工场扰动地表特点，本方案采取管理措施与水保措施相结合进行综合防治，水保措施以临时拦挡、排水措施、植物措施为主。

7.6环境空气保护措施

7.6.1 施工工厂粉尘控制

（1）砂石加工系统应采用湿法破碎的低尘工艺，安装除尘设施，以减少粉尘

的产生，并在现场及系统附近洒水降尘，降低粉尘影响时间和范围。

（2）混凝土生产系统应尽量采用全封闭混凝土生产系统，选用自动化拌和楼以减少粉尘的飞扬，水泥输送选用螺旋输送机，管道接口密封，在袋装水泥（粉煤灰）仓库和贮罐顶部装设脉冲袋式除尘器作为除尘设备，以降低现场粉尘，并在现场及附近洒水降尘，降低粉尘影响时间和范围。

7.6.2 施工开挖、爆破粉尘削减与控制

（1）选用低尘工艺，工程爆破方式应优先选择凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破技术等，以减少粉尘产生量。

（2）凿裂、钻孔、爆破应采用湿法作业，以降低粉尘。

（3）隧洞开挖爆破时需注意洞内通风，保持空气流畅；并在各工作面现场洒水降尘。

（4）爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，爆破时应尽量采用草袋覆盖爆破面，减少粉尘的排放量。

（5）配置洒水车，在大坝、隧洞口、供水管线铺设段等粉尘较大的作业面配备洒水设备，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。

7.6.3 交通扬尘控制

（1）对于交通粉尘而言，最有效的方法是提高公路路面等级、及时清扫路面粉尘，定时进行洒水降尘工作。特别是临近西联农场新丰村、西联猛进队、西联光明队路段，对其洒水降尘及清扫路面的力度应加大，建议成立公路养护、清扫专业队伍，施工阶段在无雨日对汽车行驶路面勤洒水，每天 3～4 次，可以使空气中粉尘量减少 70%左右。

（2）降低车速，在施工道路居民点附近路段设置一定的限速标志，以减轻交通扬尘对附近居民点的影响。

（3）在运输水泥、粉煤灰等材料时采取储罐、密封运输方式，运送渣土等应遮盖运输，防止沿程遗撒；严禁超载。

（4）做好公路绿化，依不同路段情况，可绿化区段栽植乔木、灌木等。

7.6.4 燃油废气防治措施

（1）施工现场的机械及运输车辆使用国家规定的标准燃油。

（2）执行《在用汽车报废标准》，推行强制更新报废制度，对于发动机耗油多、效率低、排放尾气超标的老、旧车辆，及时更新。

（3）机械及运输车辆要定时保养，调整到最佳状态运行。

7.7声环境保护措施

7.7.1 噪声源控制

（1）选用低噪声机械设备，同时加强施工设备的维护和保养，对振动大的机械设备使用减振基座或减振垫，从根本上降低噪声源强。

（2）施工单位必须选用符合国家有关环保标准的施工车辆，如运输车辆噪声应符合《汽车定置噪声限值》（GB16170-1996）和《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》（GB1495-2002）等。

（3）优化施工布置，管线区营区内的施工工厂尽量远离周边村庄布置。

（4）合理安排施工时间。根据影响预测，施工道路及场地噪声夜间对周围环境影响较大，特别是 1#、2#进库道路、1#临时施工道路、兰花村营区，距离周围敏感点较近，应避免夜间运输、施工。

避免夜间爆破，通过控制一次起爆的总导爆索量、总炸药量和起爆方式降低振动及噪声，控制爆破抛头方向，避免正面爆破噪声指向敏感点。

（5）在施工道路两侧分布有居民点的路段设交通标志牌，提醒过往车辆限速禁鸣，可降噪约 3～5dB。

7.7.2 传播途径控制

（1）在西联农场新丰村、西联猛进队、西联光明队临近道路一侧设置声屏障。声屏障选择金属和复合材料结构，高度 5m，倒 L 型，减噪效果约 12dB，可有效改善受保护敏感点声环境。声屏障由下部两层 0.85m 高吸声屏体、中部 2m 高透明隔声屏体和上部两层 0.5m 高吸声屏体（其中顶部一层为倒 L 型部分）组成。下部吸声屏体采用穿孔铝合金板内包离心玻璃棉，竖立屏体部分的吸声构建采用倾斜

安装，使吸声面倾斜向下，最大限度的减少噪声向上散逸。上部倾斜屏体采用双效微穿孔板共振吸声结构。中部透明隔声屏体使用双钢化夹胶玻璃板。

根据现场调查，规划施工道路距离村庄较近，道路路面与首排居民房屋之间高程接近，在加装声屏障后，可以有效阻挡交通噪声。施工结束后，为避免影响周围景观应及时拆除声屏障。

此外根据工程占地及淹没情况，噪声敏感点中有西联光明队和西联五星分场位于水库淹没范围内，建议施工前完成搬迁。

（2）兰花村营区距离羊宅村 130m，根据预测昼间超标 4.3dB（A），海南地区气候适宜，植物生长速度较快，拟采用绿化带隔声。根据现场调查村庄附近多为橡胶林、纸浆林等，树林茂密，且水平方向上遮挡作用较好，可根据现场情况补充种植，预计减噪效果可达到 5dB 以上。

（3）供水管线铺设过程中在通过居民点等敏感点时，在施工区外设置临时围挡，以减小噪声影响。

（4）加强道路的养护、维修和清洁工作，同时做好运输车辆的维修保养，降低车辆行驶速度，可有效降低交通噪声。

7.7.3 敏感目标达标分析

根据影响预测，工程涉及声敏感目标主要受交通噪声及供水管线工程区噪声影响较大，在避免夜间施工，采取相应降噪措施后，预计其声环境可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准要求。

各敏感点采取的噪声防治措施以及降噪效果分析详见表 7.7-1。

表 7.7-1　　预测点噪声达标分析一览表

敏感点	噪声源	昼间噪声贡献值 dB（A）	噪声叠加 dB（A）	采取措施	执行标准	预计采取措施后是否达标
西联农场新丰村	1#进库道路	64.0	67.1	设置声屏障 500m，公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 15dB	1 类	达标
	1#临时施工道路	64.0		设置声屏障 200m，公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 15dB		
西联奋斗队	1#进库道路	51.0	54.3	公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 3dB		达标

西联猛进队	1#进库道路	64.0	64.6	设置声屏障 100m，公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 15dB		达标
	2#进库道路	54.0		公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 3dB		
西联五星分场	1#临时施工道路	54.7	56.4	公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 3dB，并建议施工前完成搬迁		达标
西联光明队	1#临时施工道路	64.9	65.1	设置声屏障 130m，公路限速禁鸣，夜间不运输，共降噪约 15dB，并建议施工前完成搬迁		达标
羊宅村	营区加工厂	57.7	59.3	优化施工布置，夜间不施工，设置绿化隔声带 100m，降噪约 5dB		达标

西联农场新丰村、西联猛进队、西联光明队受交通噪声影响较大，在采取声屏障措施后，预计声环境质量可以满足 1 类标准。

7.8固体废物处理措施

7.8.1 弃渣处理措施

工程施工规划有 6 个弃渣场，施工弃渣必须堆放至规定的渣场，施工中严禁随意弃渣。为避免堆渣滑塌产生新增水土流失，针对各渣场的特点，采取工程措施与植物措施相结合的方法，对各渣场进行防护。具体防护措施见本报告。

7.8.2 生活垃圾处理措施

施工期大坝区生活垃圾高峰日产量约 1.0t，供水管线区生活垃圾高峰日产生量为 0.25t，施工期垃圾总产量约 920t。

目前国内外城市生活垃圾的处理方法主要有四种：卫生填埋、焚烧、堆肥、综合处理。根据垃圾成分特点和产生量以及时段分析，独立采取焚烧、堆肥、综合处理不适合处理施工期生活垃圾，因此，提出以下备选方案：

方案一：垃圾统一收集后，随儋州市生活垃圾统一处理。

方案二：在施工区兴建垃圾卫生填埋场。

方案三：将生活垃圾进行分拣，菜叶、果皮、剩饭等厨余垃圾作牲畜饲料或用于堆肥，塑料制品回收集中处理，余下的少量建筑物废渣等无机物就近运至渣场堆放。

对以上方案进行分析，具体如下：

方案一：目前，儋州市生活垃圾填埋场拟进行搬迁，重新选址建设。在儋州市生活垃圾填埋场搬迁前，本工程施工期生活垃圾运至该垃圾填埋场处置，待新建垃圾填埋场建成后运至新建垃圾填埋场处置。

方案二：兴建垃圾卫生填埋场，要满足环保要求，从填埋场的选址、填埋场的设计、运行管理及封场处理等都有严格要求，投资较大，实际操作复杂，难度较大。

方案三：将生活垃圾进行分拣后处理的方法，实际操作也比较复杂，可操作性差。

通过以上分析，施工期生活垃圾处理属于临时工程，生活垃圾总量不大，方案二对本工程来说基本上是不可行的；方案三实际操作复杂，可操作性差；方案一操作简单、运行方便。根据上述分析目前暂定方案为纳入儋州市生活垃圾处理体系中处理本工程生活垃圾，现阶段运至现有儋州市生活垃圾填埋场处置，待新建垃圾填埋场建成后运至新建垃圾填埋场处置。

生活垃圾处理具体操作如下：施工期，在各个生活营地附近设置垃圾收集池，并在各施工生活区设置垃圾桶，清扫后的生活垃圾集中至垃圾桶内，垃圾桶内的垃圾由清洁人员集中至垃圾收集池，再由儋州市环卫部门定期清运至生活垃圾填埋场进行处理。

运行期水库管理处生产人员生活垃圾集中堆放、及时清运、统一处理，可以以合同形式委托当地环卫部门实施，纳入市政管理系统。

7.9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，对施工生活区原有的厕所、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。

7.10 移民安置保护措施

7.10.1移民安置区生活污水处理措施

根据移民安置规划，建设集中安置点 3 个，安置 1979 人，生活污水主要污染物为 BOD_5、COD、SS 等，其中 BOD_5 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。安置点生活污水拟采用人工湿地处理。人工湿地是由人工建造和控制运行的与沼泽地类似的地面，将污水、污泥有控制的投配到经人工建造的湿地上，污水与污

泥在沿一定方向流动的过程中，主要利用土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物三重协同作用，对污水、污泥进行处理的一种技术。人工湿地应用生态系统中物种共生、物质循环再生原理，结构与功能协调原则，在促进废水中污染物质良性循环的前提下，充分发挥资源的生产潜力，防止环境的再污染，获得污水处理与资源化的最佳效益。人工湿地处理系统具有缓冲容量大、处理效果好、工艺简单、投资省、运行费用低等特点。运行管理完全采取生物方法自行运转，基本不需专人负责，只需定期清理格栅池、隔油池、每年收割一次水生植物。

人工湿地中起主要处理作用的是微生物，湿地设计中需要考虑湿地填料堵塞问题、植物死亡问题和过冬问题。由于工程所在区域为热带海洋季风气候区，气温较高，多年平均气温 23.4℃，适合微生物及植物生长，可不考虑过冬问题。

根据目前已有成功案例经验，本工程集中安置点生活污水采用表流人工湿地，SS 的去除主要靠物理沉淀、过滤作用，BOD_5 的去除主要靠微生物吸附和代谢作用，代谢产物均为无害的稳定物质，污水中 CODcr 去除的原理与 BOD_5 基本相同，N、P 去除人工湿地主要利用生物脱氮及植物吸收方法。

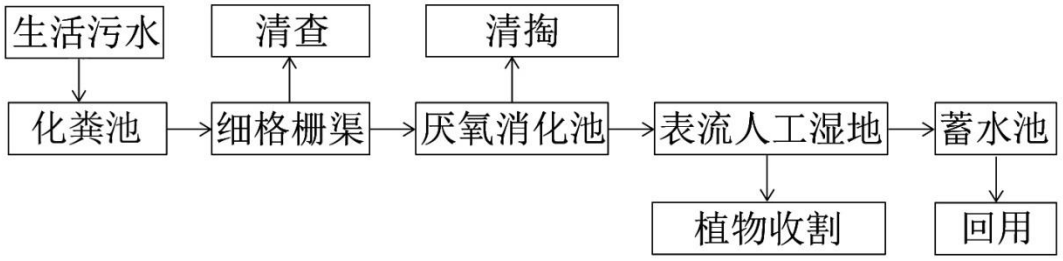


图 7.10-1　表流人工湿地工艺流程图

三处安置点污水处理设计规模初步选定为 100m^3/d、100m^3/d、80m^3/d，处理后用于周边农田灌溉。

表 7.10-1　　移民安置点生活污水处理规模

安置点	安置人口（人）	用水量（m^3/d）	生活污水产生量（m^3/d）	处理能力（m^3/d）
西联农场五星分场安置点	681	102.15	81.72	100
井口村路口安置点	764	114.6	91.68	100
5 队路口安置点	534	80.1	64.08	80
合计	1979	296.85	237.48	280

安置点生活污水处理系统主要参数见表 7.10-2。

表 7.10-2　　安置点生活污水处理系统主要参数

项目	名称	单位	参数值
西联农场五星分场安置点 井口村路口安置点	处理规模	m^3/d	100
	细格栅（L×B×H）	m×m×m	1.7×0.78×0.35
	厌氧反应池	m^3	300
	污泥干化池	m^3	120
	表流人工湿地（L×B×H）	m×m×m	36×17×1.5
	植物初步选择	芒草、莲、荸荠、芋、芦苇等	
	蓄水池	m^3	400
5 队路口安置点	处理规模	m^3/d	80
	细格栅（L×B×H）	m×m×m	1.7×0.78×0.35
	厌氧反应池	m^3	250
	污泥干化池	m^3	100
	表流人工湿地（L×B×H）	m×m×m	30×17×1.5
	植物初步选择	芒草、莲、荸荠、芋、芦苇等	
	蓄水池	m^3	320

预计人工湿地处理系统出水可以达到《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》（GB20922-2007）水质标准。安置区基本为农田，且面积较大，完全可消纳。

7.10.2移民安置区生活垃圾处理措施

拟在各移民安置区配套设置垃圾桶和垃圾收集池，生活垃圾经收集后由当地政府统一处理。同时对移民加强宣传教育和管理，严禁生活垃圾乱丢乱弃。

本工程共建设集中安置点 3 个，集中安置人口 1979 人。根据预测结果，集中安置移民日产垃圾量共计 2.0t/d，在安置点共配备 240L 垃圾桶 60 个，每个安置点建设一个垃圾集中收集池，共建设 3 个，并安排专人每周清运垃圾。

表 7.10-3　　移民安置区生活垃圾处理措施汇总表

安置点	集中安置人数（人）	垃圾产生量（t/d）	垃圾桶个数	垃圾收集池体积（m^3）
西联农场五星分场安置点	681	0.7	20	8
井口村路口安置点	764	0.8	20	8
5 队路口安置点	534	0.5	20	8
合计	1979	2.0	60	24

7.10.3专业项目复建及防护工程环境保护措施

这类工程中对环境产生影响的主要为公路复建和防护工程施工期土建影响，以及复建公路的运行期影响。拟在施工期对距离较近的侨植 8 队、拖牛岭队施工区边界设置临时围挡措施。复建公路运行期车辆量较少，基本不会对沿线声环境、大气环境产生影响，拟不采取防护措施。

8 环境监测与管理

8.1 环境监测

8.1.1 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。

8.1.2 监测机构

工程环境监测应充分利用地方环境保护、水土保持等部门的现有技术人员和设备，具体监测方式可由建设单位以委托或招标的方式选择监测单位，承担本工程的环境监测任务。

8.1.3 监测规划

8.1.3.1 水质监测

（1）施工期水质监测

施工期水质监测内容包括施工废污水、地表水、地下水等。

①施工期生活饮用水水质监测

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。施工期生活饮用水水质监测技术要求见表 8.1-1。

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。

表 8.1-1　　施工期生活饮用水水质监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
饮用水水质	生活区生活用水供水处	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	每季度一次，每次监测 1 天。

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及处理效果，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，需进行施工废污水监测。施工废污水的监测技术要求见表 8.4-2。

表 8.1-2　　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	砂石加工系统废水处理系统进、出水口，共 2 个点	悬浮物	系统生产期	系统使用期间每季度监测一期，每期监测 1 天，取 9:00、15:00 两个水样
混凝土拌和系统废水(大坝区各 1 个)	混凝土拌和废水处理设施进、出水口，共 2 个点	悬浮物、pH	系统生产期	同上
修配系统废水(大坝区 1#弃渣场)	1 个修配废水处理设施进、出水口，2 个点	悬浮物、石油类、COD	系统使用期	同上
施工生活区生活污水(大坝区、供水管线区，各 1 个)	生活区生活污水处理系统进、出水口，共 2 个点	BOD_5、COD、悬浮物、氨氮、粪大肠菌群	生活区使用期	同上

施工废污水各监测项目的分析方法按《水和废水监测分析方法》（第四版）中规定的国家分析方法进行。

③地表水监测

为掌握工程施工对地表水的影响程度和影响范围，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，应对地表水水质进行监测。地表水监测技术要求见表 8.1-3。

表 8.1-3　　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	在北门江干流天角潭水库坝址上游约 4.5km 处、坝下 1000m 处各设 1 个断面，共 2 个断面	水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、BOD_5、氨氮、总磷、石油类、阴离子合成洗涤剂、粪大肠菌群共 12 项指标	整个施工期，共 40 个月	每年丰水期（9 月）、平水期（11 月）、枯水期（2 月）各监测 1 次

地表水水质各监测项目的分析方法按《环境监测技术规范》及《地表水环境质量标准》中规定的分析方法进行。

④地下水监测

施工期，对隧洞区附近地下水的水位和水质等进行监测，每年监测 4 次，每次监测 2 天。详见表 8.1-4。

表 8.1-4　　施工期地下水监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
地下水水位、水质	天角潭坝址生产基地饮用水井和东成镇赛角老村饮水水井，共 2 个点位	水位、pH、BOD_5、石油类、总硬度、硫酸盐、氯化物共 9 项指标	整个施工期，共 40 个月	每季度监测 1 次、每次监测 2 天。

（2）运行期水质监测

为掌握运行期水库水质及水库下游河道水质等的变化情况，保证工程供水水质，验证环境影响预测评价结果，应在工程运行期对库区和下游河道的地表水水质进行监测，另外在库区取水口设置水质自动监测站 1 处.。监测技术要求见表 8.1-5。

表 8.1-5　　运行期水质监测技术要求

监测对象	监测断面	监测项目	监测时段	监测频次
天角潭水库库区（含生活饮用地表水源地补充监测项目）	库尾、库中、坝前取水口处各设 1 个断面	水温、pH、SS、透明度、总硬度、叶绿素 a、DO、高锰酸盐指数、BOD_5、氨氮、总磷、总氮、氟化物、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰等共 28 项	水库运行期，长期监测	每月 1 次
水库下游河道水质	二级电站尾水口下游 1000m、北门江河口上游 500m	水温、pH、DO、高锰酸盐指数、BOD_5、氨氮、总磷共 7 项	水库运行后的前 5 年	每年丰、平、枯水期各 1 次

各监测项目的分析方法执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）、《地下水质量标准》（GB/T14848-93）的相关规定。

8.1.3.2 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，共设置 4 个监测点。监测技术要求见表 8.1-6。

表 8.1-6　　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
工程区声环境质量	西联猛进队生活区、东成镇营区、兰花村营区、羊地村营区	TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$的日均值	整个施工期，共 40 个月	每半年 1 次，每次连续监测 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。

8.1.3.3 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 8.1-7。

噪声等效声级测量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的规定。

表 8.1-7　　声环境质量监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
工程区声环境质量	西联猛进队生活区、东成镇营区、兰花村营区、羊地村营区	昼、夜等效声级	整个施工期，共 40 个月	每半年 1 次，每次 1 天

8.1.3.4 生态监测

为了解工程建设对陆生、水生生态的影响，验证环境影响预测结果，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，应对陆生、水生生态进行调查。调查要求见表 8.1-8。

表 8.1-8　　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	工程占地区及周围200m 范围	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度、多度；陆生动物的种类、数量、出现频率等	施工期	施工高峰年调查 1 次。
	天角潭水库库周区	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度、多度；陆生动物的种类、数量、出现频率等	运行期	水库运行第三年的 8 月份调查 1 次。
水生生态	天角潭库尾~河口之间河段	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	工程开工前，施工期，运行期	工程开工前对水生生态进行 1 期本底调查；施工期在施工高峰年和竣工验收前各调查 1 期，共 2 期；运行期每 2 年调查 1 期，连续 10 年。
红树林生态系统	北门江河口及新英湾北侧红树林	监测内容包括水环境、沉积环境、栖息地、生物指标等，并调查生态系统现状和群落分布情况	工程开工前，工程运行期头 5 年	工程开工前调查 1 次，工程运行后头 5 年每年 6~9 月份调查一次，共 6 次。

陆生生态调查方法采用样线调查与样方调查相结合的方法；水生生态调查参照《水库渔业资源调查规范》（SL167-2014）和《内陆水域渔业自然资源调查规范》，采用现场采样、捕捞的方法，并通过查阅历史资料、访问当地群众等方法对调查结果进行修正，水生生态调查断面应至少包括：天角潭库尾断面、天角潭库中断面、天角潭近坝下断面、支流太平河，调查内容应包括水生生境、水生生物、鱼类等；红树林生态监测参考《红树林生态监测技术规程》（HY/T081-2005），监测水环境、沉积环境、栖息地、生物指标等内容，并调查红树林生态系统的类型、结构、功能和面积，以及植物种类、群落类型、分布变化情况等。

8.1.3.5 生态流量在线监测

(1)监测目的

为保证生态流量下泄措施的有效运行，需对工程不对阶段生态流量下泄情况进行实时监控，同时可为生态流量对下游水环境、水生生态等影响研究提供基础资料。

(2) 监测断面布设

为监控运行期生态流量下泄，在二级电站尾水出口下游 100m 处，布置生态流量在线监控装置，并与相关监管部门联网，以加强对工程生态流量下泄的监管。

(3) 监测方案与技术要求

综合目前常用的流量测量方法，初拟采用生态流量监测系统——超声波流量计进行在线监测。

(4) 监测时间

为满足水库初期蓄水阶段的生态流量下泄要求，生态流量在线监测系统需在水库初期蓄水前安装完毕，并确保能够正常运行。

8.1.3.6 水温观测计划

(1) 库区水温观测

1) 观测目的

通过监测库区水温情况，为研究水库热效应和水库水温结构变化以及对水环境、水生生态及珍稀保护鱼类的影响提供基础资料。

2) 断面布置

①布设原则

能较好反映入库水温以及库区水温结构与沿程变化，便于实施和管理。采取人工定期观测和在线连续观测相结合的方式。

②观测断面及垂线布设

根据以上断面布设原则，在天角潭水库库尾与库中以及坝前共布设了 3 个水温观测断面。其中，水库蓄水前，河道水温无分层现象，各断面均只在中泓处设置 1 条观测垂线；水库蓄水后，库尾断面也只在中泓处设 1 条观测垂线，库中和坝前断面则分别设左、中、右 3 条观测垂线。库区水温观测采取人工定期观测和在线连续观测相结合的方式。其中，坝前水温采用在线实时观测方式，与主体工程环境量监测结合开展；蓄水前各断面及蓄水后的库尾和库中断面则采用人工定期观测的方式。

(2) 分层取水措施水温恢复效果观测

1) 观测目的

通过观测水库来水天然水温与下泄水温及其对比情况，分析分层取水措施对提升下泄水温的效果，从而为优化分层取水方案及运行方式提供基础数据。

2) 观测断面及垂线布设

分层取水水温影响减缓效果观测需观测天然来流水温、坝前库表水温、引水隧洞取水口水温以及下泄水温。其中，天然来流水温和坝前库表水温可直接采用库区水温观测结果，无需另行观测；取水口水温结合坝前水温在线观测系统，根据分层取水方案的各运行取水高程，对坝前右岸水温观测垂线的垂向水温观测布点提出相关要求，两者相结合进行观测；下泄水温则单独布设在线观测点位，具体如下：

下泄水温在线观测点布设在电站厂房尾水出口处，共计布设 1 个下泄水温观测点。

(3) 观测技术要求

下泄水温在线观测从水库蓄水后开始观测，水温观测设备的观测精度应达到0.1℃。数据采集为实时采集，通过建设单位和主管部门的数据接收终端收集观测数据。

1) 人工定期观测技术要求

水库蓄水前的各断面以及水库蓄水后的库尾断面，均在中泓线水面下 0.5m 设 1 个观测点。水库蓄水后的库中断面各观测垂线，分别在水面下 0.5m 处测表层水温；以下每隔 2m 水深测一个水温值，直至等温层，在等温层处可加大测距；距底 0.5m 处测库底水温。

水温观测周期为水库蓄水前 2 年和蓄水后 2 年进行连续观测，分别在每年各月中旬左右分别观测 1 次。

2) 坝前水温在线连续观测技术要求

拟在水面下 0.5m 处测表层水温，距底 0.5m 处测库底水温；温跃层每隔 2～5m 水深测 1 个水温值，等温层每隔 5~10m 水深测 1 个水温值。坝前水温在线观测从水库蓄水后开始观测，各观测点的数据采集为实时数据采集；

3) 水温恢复效果观测技术要求

在二级发电厂房尾水出口处、太平河汇口(坝下约 13.7m)和坝下 25km 处（河口断面）各布设一个在线水温监测点，测点的数据采集为实时数据采集。

8.1.3.7 水土保持监测

（1） 监测分区及范围

根据开发建设项目监测有关技术规范，水土保持监测应在防治责任范围内分区进行，监测分区原则上应与工程项目水土流失防治分区相一致。根据本工程特

点，及水土流失防治分区结果，监测分区均与工程水土流失防治分区相一致。

因此，本工程监测分为主体工程区、工程永久办公生活区、施工生产生活设施区、施工道路区、渣场区、料场区和移民安置等 6 个防治分区。

（2）监测时段

水土保持监测时段从施工准备期至设计水平年结束，分为施工准备期、施工期和自然恢复期三个时段，重点监测施工期的水土流失状况。

工程准备期：第一年 5 月初～第四年 5 月底，共 6 个月，故监测时段为半年。

施工期：主体工程施工期第一年 11 月初～第四年 5 月低，共 31 个月，结合各单元工程施工进度安排，确定本工程建设期监测时段为 3 年。

自然恢复期：由于区域降水量丰富，结合方案设计水平年，自然恢复期监测时段为 1 年。

水土保持监测时段需从施工准备期期至设计水平年结束，监测时段共计 4 年半。

（3）监测点位布置

根据水土流失预测结果，施工建设期新增水土流失主要来自各建筑开挖面、工程弃渣、道路建设及移民专项设施复建等。综合水土流失预测成果，本工程水土保持监测评价区包括：枢纽区、渣场、施工道路、料场、施工生产生活区、移民安置及专项设施复建。结合监测点位选择原则，确定以下监测点位：

1#监测点：主坝区　　2#监测点：1#渣场

3#监测点：3#渣场　　4#监测点：1#场内公路(右岸上坝公路)

5#监测点：6#场内道路　　6#监测点：洋四漏石料场

7#监测点：生产区　　8#监测点：移民安置点

另外，移民安置区及专项设施复建工程区在后期实施过程中存在集中弃渣，施工道路、施工场地布置等临时设施。需在后期水土保持监测方案中根据渣场布置类型、规模，选择典型渣场进行监测、同时选择具有代表性的施工便道和施工场地进行监测。

（4）监测内容

根据《关于规范生产建设项目水土保持监测工作的意见》（水保[2009]187 号）的要求，本项目水土保持监测内容主要包括主体工程建设进度、工程建设扰动土地面积、水土流失灾害隐患、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、

水土流失防治效果、水土保持工程设计的落实情况、水土保持管理工作情况。

8.2环境管理

8.2.1 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。天角潭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。

8.2.2 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。

8.2.3 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。

8.2.4 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。

8.2.5 环境管理职责

8.2.5.1 施工期

（1）建设单位

工程开工前建设单位应设置“环境保护领导小组”和“环境保护办公室”。

“环境保护领导小组”成员由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位等各有关单位的主要领导组成，其中建设单位主要领导任主要负责人，负责确定工程环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批

环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

“环境保护办公室”为工程施工期“环境保护领导小组”的常设办事机构，设专职人员 1 人。具体负责和落实工程建设过程中环境保护管理工作，其主要职责包括：

① 通过开展调查研究，确定适合本工程的环境保护方针和经济技术政策，确立环境保护目标，并结合工程施工方案予以分解；

② 制定、贯彻工程环境保护的有关规定、办法、细则，并处理执行过程中的有关事宜；

③组织编制工程环境保护总体规划和年度计划，组织规划和计划的全面实施，做好环境保护年度预决算，配合财务部门对环境保护资金进行计划管理；

④ 委托进行环保专项设计，检查设计进度，组织设计成果的验收和审查，并保证各项环境保护措施的有效实施；

⑤ 依照法律、规定和方法，对整个工程各项环境保护措施的实施情况进行监督和管理，实施环境质量一票否决制；

⑥ 协调各有关部门之间的关系，听取和处理各环境管理机构提交的有关事宜和汇报，不定期向上级环境保护行政主管部门汇报工作；

⑦ 督促承包商环境管理机构的工作，内部处理环境违法、违规行为，表彰先进事迹；

⑧ 检查督促接受委托的环境监测部门监测工作的正常实施，加强环境信息统计，建立环境资料数据库；

⑨完善内部规章制度，搞好环境管理的日常工作，作好档案、资料收集、整理等工作。

（2）施工单位

施工期的废污水处理、声环境保护、环境空气保护、固体废物处理、生态环境保护等环境保护费用应由施工单位承担，并在招标文件中明确。施工单位应确保措施到位，落实相关费用。

各施工承包单位在进场后均应设置“环境保护办公室”，设专职人员 1~2 人，实施工程招标文件中或设计文件中规定的环境保护对策措施，及时处理施工过程中出现的环境问题，接受有关部门对环保工作的监督和管理。主要包括以下内容

工作：

①制定环境保护年度工作计划和编写环境保护工作月、季及年度工作报告；

②检查所承担的环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题；

③核算年度环境保护经费的使用情况；

④接受环保管理办公室和环境监理单位的监督，报告承包合同中环保条款的执行情况。

（3）监理单位

为了更加有效地实施工程环境保护管理，成立工程环境监理部，参与工程环境管理。环境监理部的机构组织、监理内容和监理制度见“8.3 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。

8.2.5.2 运行期

工程建成运行后，在工程管理部门中设置“环境保护办公室”，设兼职人员 1 人，具体负责和落实工程建成运行后的环境保护管理工作，其主要职责包括：

（1）根据相关的环境保护法律、法规及技术标准，确定工程运行期环境保护方针和环境保护目标，制定运行期环境保护管理办法；

（2）负责与当地政府或渔政主管部门进行沟通协调，落实栖息地保护河段监管、宣传措施及经费；

（3）负责落实环保经费及环境监测工作的正常实施；特别是，做好环境信息统计；

（4）协调处理运行期工程影响区出现的各项环境问题。

8.2.6 环境管理制度

8.2.6.1 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。

8.2.6.2 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。

8.2.6.3 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。

8.2.6.4“三同时”制度

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》，工程建设过程中的污染防治设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。有关“三同时”项目必须按合同规定经有关部门验收合格后才能正式投入运行。防治污染的设施不得擅自拆除或闲置。

根据《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的要求，项目建设与环境保护应实行“三同时”，本项目竣工环境保护验收汇总见表 8.2-1~表 8.2-2。

表 8.2-1　　天角潭水库蓄水阶段环境保护验收主要内容一览表

阶段	重点位置		主要内容
施工期	枢纽区	砂石加工系统	废水处理回用设施运行状况，是否不外排；防尘抑尘设备是否配置齐全，场界粉尘是否达标；降噪设备是否配置齐全，场界噪声是否达标；水土保持措施效果和水土保持监测。
		混凝土拌和系统	废水处理回用设施运行状况，是否不外排；防尘抑尘设备是否配置齐全，场界粉尘是否达标；降噪设备是否配置齐全，场界噪声是否达标；水土保持措施效果和水土保持监测。
		机械修配系统	废水处理设施运行状况，是否不外排，进出口处主要污染物浓度，废水处理率。
		油库	应急系统配置是否齐全。
		生活营地	生活污水处理设施运行状况，进出口处主要污染物浓度，污水处理率；生活垃圾是否分选、集中运输次数、费用；水土保持措施效果。
		渣场	洒水降尘频率；大气环境和声环境质量；水土保持措施效果和水土保持监测；生态修复情况。
		场内交通道路	限速禁鸣措施的效果，声环境质量；洒水降尘频率，大气环境质量；道路维护状况；水土保持措施效果和水土保持监测；生态修复情况。
		环境管理体系	是否设环境保护管理机构，相关管理、监理、监测人员、制度、报告是否完备；是否设置环境管理机构及体系；是否设置环境监理；是否进行施工期间的环境监测。环境保护投资是否到位。
		其他单项环保工程	鱼类增殖放流站是否正常运行，放流效果；鱼道土建工程是否建成；环境保护宣传措施是否完善；环境保护总体设计报告；专项环境保护工程招标设计、施工图设计工作是否完善。
	库区		初期蓄水期水环境质量；下泄流量措施是否保障；水库蓄水前动物搜救及辅助迁移是否同步运行，效果；鱼类支流保护措施是否进一步落实；环境保护投资是否到位。 下闸蓄水验收。
	移民安置区		生活污水处理措施是否建成运行，运行效果；垃圾收运体系是否完备；供水设施是否定期消毒；水土保持措施效果和水土保持监测。环境监理及环境监测报告；环境保护投资落实情况。

表 8.2-2　　天角潭水库工竣工环境保护验收主要内容一览表

阶段	重点位置	主要内容
工程竣工验收	枢纽区	迹地清理；生态修复； 水土保持措施及效果； 鱼类增殖放流站运行效果； 鱼道运行效果； 环境监理总结报告； 环境监测总结报告； 工程竣工验收总结报告； 水土保持竣工验收总结报告； 环境保护投资落实情况。
	库区、坝下河道及天角潭东西干渠	鱼类栖息地保护措施落实及运行情况； 鱼类保护措施及初步效果； 生态流量下泄； 库区水环境质量； 库区及坝下水环境监测及效果； 环境监理及环境监测； 环境保护投资落实情况。
	移民安置区（初期蓄水后的安置点）	同前阶段

8.2.6.5 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。

8.2.6.6 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。

8.3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。

8.3.1 机构设置与工作方式

建设单位应当在建设项目开工建设前，通过招投标等方式委托环境监理机构开展环境监理。

根据工程规模和施工规划,施工期环境保护监理部门拟设专职监理人员 2 人、兼职人员 1~2 人。环境监理人员常驻工地，对施工区环境保护工作进行动态管理。监理方式以现场监督管理为主，并随时检查各项环境监测数据，发现问题后，立即要求承包商限期治理，并以公文函件确认。对于限期处理的环境问题，按期进行检查验收，将检查结果形成纪要下发承包商。

环境保护行政主管部门按照审批权限，对其审批的建设项目环境监理进行监督管理。本项目环境监理由海南省环境保护厅进行监督管理。

8.3.2 工作内容

环境监理包括建设项目设计文件环保核查、施工期环境监理。

（1）设计文件环保核查

设计文件环保核查是对建设项目的设计文件符合环境影响评价及其批准文件要求情况的检查。在项目开工建设前环境监理需完成设计文件环保核查并及时向项目建设单位提交设计文件环保核查报告；建设单位应当在建设项目开工建设时，向环境保护行政主管部门报告并提交环境监理机构关于建设项目设计文件环保核查报告。

（2）施工期环境监理

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。

8.3.3 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。

8.4水土保持监理

8.4.1 监理机构

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。监理机构中标（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。

8.4.2 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）对施工组织实施情况，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。

8.4.3 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。

9 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析

9.1 环境保护投资估算

9.1.1 编制原则

（1）“谁污染，谁治理，谁开发，谁保护”的原则。对于既保护环境又为主体工程服务，以及为减轻或消除因工程兴建对环境造成的不利影响而采取的环境保护、环境监测、环境工程管理等措施，移民安置工程环境保护措施，其所需的投资均列入工程环境保护投资；水土保持投资、主体工程部分的具有环境保护功能的投资单独计列，不列入环境保护投资。

（2）“突出重点”原则。对受工程影响较大、公众关注度较高的环境因子进行重点保护，并在投资上予以体现。

（3）“一次性补偿”原则。对工程所造成的难以恢复的环境损失，采取替代补偿或应该补偿标准给予一次性合理补偿。

9.1.2 编制依据

（1）《水利水电工程环境保护概估算编制规程》（SL 359-2006）。

（2）关于发布《水利建筑工程预算定额》、《水利建筑工程概算定额》、《水利工程施工机械台时费定额》及《水利工程设计概（估）算编制规定》的通知（水利部文件水总[2002]116 号）。

（3）国家计委、建设部关于发布《工程勘察设计收费管理规定》的通知（计价格[2002]10 号）。

（4）国家计委、国家环境保护总局《关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》（计价格[2002]125 号）。

（5）环保设备采用市场现行价。

（6）环境保护设计资料；本阶段的设计工程量、设计图纸、施工方法、施工总进度等资料。

9.1.3 投资项目划分及费用构成

根据《水利水电工程环境保护概估算编制规程》（SL 359-2006），结合工程实际情况，本工程环境保护项目划分为环境保护措施、环境监测措施、环境保护仪器设备及安装、环境保护临时措施、环境保护独立费用五部分，以及以上五部分之外的环境保护预备费。水土保持投资计入水土保持专项投资。

第一部分：环境保护措施

包括防止、减免或减缓工程对环境不利影响和满足工程环境功能要求而兴建的环境保护措施，主要有水质保护、水温恢复、生态保护、移民安置环境保护措施、公路复建环保措施、生态需水等。

第二部分：环境监测措施

主要是指施工期开展的环境监测，包括水质监测、环境空气质量监测、声环境质量监测、生态调查。

第三部分：环境保护仪器设备与安装

主要是指为保护环境所需的仪器设备及安装，包括环境保护设备和环境监测仪器设备。

第四部分：环境保护临时措施

主要是指工程施工过程中，为保护施工区及其周围环境和人群健康所采取的临时措施，包括施工废污水处理、噪声防治、固体废物处理、环境空气质量控制、人群健康保护、地下水影响减缓等临时措施。

第五部分：环境保护独立费用

包括环境保护建设管理费、环境监理费、科研勘测设计咨询费。

基本预备费主要是指为解决工程施工过程中，经批准的环境保护设计变更增加的投资及解决意外环境事故而采取的措施所增加的工程项目和费用。

9.1.4 环保投资估算

按照上述原则计算，天角潭水利枢纽工程环境保护工程静态投资 40796.50 万元，占总投资的 9.35%。环境保护投资估算见表 9.1-1。

表 9.1-1　　工程环境保护投资总估算表

序号	工程费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）	备注
第一部分	环境保护措施				3842.90	
一	水质保护				16.00	
（1）	污水处理工程				15.00	
	水库管理处生活污水处理	套	1	150000	15.00	土建费，设备延用施工期设备
（2）	水源地生态防护与恢复				1.00	
	水源地警示牌	个	10	1000	1.00	
二	水温恢复					
	分层取水措施					计入主体工程
三	生态保护				3462.00	
（1）	陆生生态保护				153.00	
	陆生生态保护宣传与培训	次	4	20000	8.00	
	小型珍稀植物园	个	1	1130000	113.00	含移栽 46 株保护植物费用、建设费、管护费
	移栽“王牌橡胶树”	株	1	100000	10.00	
	珍稀保护植物挂牌保护	项	1	20000	2.00	
	动植物搜救费	次	1	200000	20.00	
（2）	水生生物保护				2889.00	
	栖息地保护与修复(标志牌、管理费)	项	1	480000	48.00	
	鱼类增殖站	座	1	28410000	2841.00	
	过鱼设施	项			0.00	计入主体工程
（3）	红树林保护				420.00	
	河口红树林人工繁殖与抚育	亩	320	10000	320.00	
	红树林管护站	个	1	1000000	100.00	
四	移民安置环境保护措施				364.90	
（1）	生活污水处理				345.00	
	污水处理设施（100㎥/d）	套	2	1200000	240.00	
	污水处理设施（80㎥/d）	套	1	900000	90.00	
	化粪池	个	3	50000	15.00	
（2）	生活垃圾处理				9.90	
	垃圾桶	个	60	400	2.40	
	垃圾收集池	个	3	25000	7.50	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）	备注
（3）	复建及防护工程环保措施	项	2	50000	10.00	
五	生态需水				0.00	
	生态流量泄放设施					计入主体工程
第二部分	环境监测措施				222.80	
一	水质监测				50.00	
	施工饮用水水质监测	点·次	12	3000	3.60	
	施工废污水监测	点·次	128	2000	25.60	
	施工期地表水监测	断面·次	24	2000	4.80	
	施工期地下水监测	点·次	32	5000	16.00	
二	大气监测	点·次	32	2000	6.40	
三	噪声监测	点·次	32	2000	6.40	
四	生态调查				160.00	
	陆生生态调查	次	1	200000	20.00	
	水生生态调查	次	2	600000	120.00	
	红树林生态系统监测	次	1	200000	20.00	
第一～第二部分合计					4065.70	
第三部分	环境保护仪器设备及安装				873.74	
一	环境保护设备				593.74	
（1）	施工废污水处理设备				538.10	
	砂石料加工系统废水处理设备	套	1	3500000	350.00	
	坝址区混凝土拌和系统废水处理设备	套	2	20000	4.00	
	管线区混凝土拌和废水处理设备	套	3	2000	0.60	
	坝址区修配系统废水处理设备	台	1	200000	20.00	
	管线区小型隔油池设备	台	3	5000	1.50	
	隧洞施工废水处理设备	台	1	20000	2.00	
	基坑排水处理	套	5	20000	10.00	
	生活污水处理系统（10㎥/h）	套	1	750000	75.00	设备
	生活污水处理系统	套	3	250000	75.00	设备

序号	工程费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）	备注
	（1㎥/h）					
（2）	粉尘防治				30.00	
	洒水车	量	1	300000	30.00	
（3）	生活垃圾收集、处理				25.64	
	垃圾桶	个	16	400	0.64	
	垃圾运输车	辆	1	250000	25.00	
二	环境监测仪器设备				280.00	
（1）	河道生态需水量在线监测系统	项	1	300000	30.00	
（2）	水温监测设备	项	1	1000000	100.00	
（3）	水质在线监控设备	项	1	1500000	150.00	
第一～第三部分合计					4939.44	
第四部分	环境保护临时措施				726.15	
一	施工废污水处理				270.00	
	砂石料加工系统废水处理	项	1	2000000.00	200.00	土建及运行费
	坝址区混凝土拌和系统废水处理	项	2	50000.00	10.00	
	管线区混凝土拌和废水处理设备	项	3	10000.00	3.00	
	坝址区修配系统废水处理设备	项	1	80000.00	8.00	
	管线区小型隔油池	项	3	10000.00	3.00	
	隧洞施工废水处理	项	1	10000.00	1.00	
	基坑废水处理	项	5	10000.00	5.00	
	生活污水处理（10㎥/h）	项	1	250000.00	25.00	土建工程
	生活污水处理（1㎥/h）	项	3	50000.00	15.00	土建工程
二	噪声防治				242.75	
	限速禁鸣标志牌	套	5	500.00	0.25	
	声屏障	m	930	2500.00	232.50	
	绿化隔声带	m	100	500.00	5.00	
	施工临时围挡	m	100	500.00	5.00	
三	固体废物处理				68.40	
	生活垃圾清扫	人·月	160	2500.00	40.00	
	生活垃圾外运处理	t	920	200.00	18.40	
	垃圾收集池	个	4	25000.00	10.00	

序号	工程费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）	备注
四	环境空气质量控制				96.50	
	洒水降尘人工费	人·月	160	2500.00	40.00	
	道路清扫人工费	人·月	160	2500.00	40.00	
	洒水车运行费	年 辆	3.3	50000.00	16.50	
五	人群健康保护				43.50	
	施工人员体检	人	1250	300.00	37.50	
	施工区卫生清理	项	1	50000.00	5.00	
	环境卫生和食品卫生管理	项	1	10000.00	1.00	
六	施工期地下水影响减缓措施	项	1	50000.00	5.00	
第一～第四部分合计					5665.59	
第五部分	环境保护独立费用				1387.90	
一	环境保护建设管理费				326.62	
	环境管理经常费				113.31	取第一～第四部分和的 2%
	环保设施竣工验收费				100.00	
	环保宣传及技术培训费				113.31	取第一～第四部分和的 2%
二	环境监理费	年	4	750000	300.00	150000/人·年，共 5 人
三	科研勘测设计咨询费				761.28	
	环境影响评价费				478.00	
	环保勘测设计费				283.28	取第一～第四部分和的 5%
第一～第五部分合计					7053.49	
	基本预备费				705.35	取第一～第五部分和的 10%
	环境保护专项投资合计				7758.84	
	垃圾填埋场搬迁及处理费				33037.66	天角潭工程分摊
合计					40796.50	水保工程投资另计

9.2环境影响经济损益分析

9.2.1 主要环境效益

（1）经济效益

天角潭水库工程任务是以城乡供水为主，兼顾灌溉、发电等综合利用。因此，工程建成后将产生明显的经济效益。

（2）社会效益

施工期，工程建设资金的投入将带动地方相关产业的发展，施工人员的投入将增加地方就业机会。

工程兴建提高了北门江流域水资源开发利用程度；工程建成后可改善洋浦经济开发区单一水源现状、提高洋浦经济开发区、中和镇、东成镇供水保证率和天角潭灌区灌溉保证率，具有明显的社会效益。

（3）生态环境效益

工程施工将导致工程区新增水土流失量 61634t。采取水保措施后，扰动土地整治率可达到 99.7%、水土流失总治理度可达到 99.5%、土壤流失控制比达到 1.0、拦渣率达到 99.2%、林草植被恢复率达到 99%、林草覆盖率达到 37.8%。水土保持措施实施后，可恢复植被，美化环境，创造良好的生态环境，为当地经济发展创造良好的条件。

9.2.2 主要环境损失

在经济损益分析中，尽量以对工程不利影响所采取的防护措施和补救措施的费用作为反映工程影响效应大小的尺度，从而计算其损失值。在本工程的环境损失中，可以货币化体现的环境损失主要包括建设征地及移民安置补偿投资、环境保护措施费用、水土保持措施费用。

9.2.3 环境损益分析

通过环保措施采取前后的环境效果对比可看出，如不采取环保措施，各环境要素基本上将受到中等程度以上的不利影响，而环保措施的实施，可以最大限度地减免工程兴建对环境的不利影响，其费用产生的环境效果明显，可避免因环境

损失而造成的潜在经济损失。因此，本工程的环境保护费用在经济上具有合理性和可行性。

从可量化环境损失及环境经济效益来看，环境损失大于环境效益。但本工程以城乡供水为主，并为城市供水提供应急备用水源，兼顾灌溉、发电等综合利用。工程的经济效益、社会效益、环境效益目前大部分难以量化，从长远看，工程的环境效益是大于环境损失的。

10 公众参与

10.1 公众参与目的

公众参与是环境影响评价工作的重要组成部分，通过公众参与让广大社会公众充分了解工程的建设规模、建设特点以及和工程建设有关的重大环境问题，对工程建设带来的环境问题和切身利益问题提出看法和意见，同时评价人员也可以向公众解释相关环境保护政策和评价结论，澄清一些理解偏差，实现评价单位与公众之间的双向交流，有助于环境影响评价人员了解公众关心的环境问题，确认工程建设的重大环境问题在环境影响评价文件中得到了科学的分析评价，确保环境保护措施具有可行性。收集社会公众对工程建设的态度和关心的环境问题，客观地反映社会公众对工程建设的意见，也有助于维护社会公众的切身利益，使环境影响评价更加实事求是，更加具有针对性。

10.2 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，主要通过张贴环境影响评价信息公告，利用网络、报纸等媒体告示，开展问卷调查等方式实现。

10.2.1环境影响评价信息公示

10.2.1.1 第一次信息公示

2016 年 3 月 16 日，工程建设单位海南省发展控制股份有限公司分别在海南省人民政府政务服务中心网站、海南省水务厅网站、《海南日报》发布了《海南省北门江天角潭水利枢纽工程环境影响评价信息第一次公示》，公布了天角潭水利枢纽工程基本情况、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，见图 10.2-1~10.2-2。





图 10.2-1　公示网站截图



图 10.2-2　海南日报截图

10.2.1.2　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，为便于公众了解天角潭水利枢纽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，2016 年 7 月 5 日起，对“天角潭水利枢纽工程环境影响评价”进行了第二次公示，本次采取的公示方式有三种，包括在政府网站上发布公告；利用海南日报、网易新闻等媒体发布公告；在相关农场、镇政府公告栏张贴告示。

（1）政府网站第二次公告

2016 年 7 月 6 日，建设单位在海南省水务厅网站上发布了《天角潭水利枢纽工程环境影响评价第二次公告》，公布了天角潭水利枢纽工程建设项目概况、项目周围环境现状、环境影响及对策措施、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，公告信息截图见图 10.2-3。



图 10.2-3　公示网站截图

（2）报纸及网络媒体公告

2016 年 7 月 5 日，建设单位在《海南日报》发布了第二次公告内容，多家网络媒体进行了转载报道。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，截图见图 10.2-4、10.2-5。



天角潭水利枢纽工程环境影响评价第二次公示

根据《中华人民共和国环境保护法》及《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28号文),为便于公众了解天角潭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,现就工程主要环境影响评价的相关信息,向公众公开。具体内容如下:

一、建设项目概况

工程名称:海南省北门江天角潭水利枢纽工程

工程性质:新建

建设单位:海南省发展控股有限公司

环评单位:中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

建设地点:海南省儋州市

工程概况:天角潭水利枢纽位于儋州市北门江干流中游河段,坝址位于天角潭水陂上游0.5公里处。工程任务以城镇供水、农业灌溉为主,兼顾防洪,结合发电等综合利用。

天角潭水利枢纽工程静态总投资约45亿元,工程等别为II等,工程规模为大(2)型,由水源工程和供水工程组成。水源工程天角潭水库枢纽布置为溢流坝+左岸引水式厂房,主坝采用碾压混凝土实体重力坝,坝顶高程62.5米,最大坝高52.5米。供水工程由泵站和供水管线组成,泵站位于那洋公路南侧山春村附近,供水管线由泵站沿那洋公路左侧布置,在原新村管理站附近设置连通管与原洋浦第二引水管线连接。

项目建成后,多年平均供水量14885万立方米,其中城乡生活及工业用水年均供水量7285万立方米,农业灌溉年均供水总量7600万立方米。发电厂房装机容量4800千瓦,多年平均发电量1224万千瓦时。

天角潭水利枢纽建设涉及征地涉及东成镇、大成镇、那大镇、侨植农场、西联农场、西庆农场和中国热带农业科学院试验场、林业厅儋州林场等,征用各类土地面积23342.09亩,其中永久征地22453.68亩,临时征地888.42亩,规划水平年搬迁安置人口2086人,生产安置人口1068人。

二、建设项目周边环境现状

工程区属于农村地区,环境空气和声环境质量较好,符合当地环境质量标准要求;地表水环境质量监测部分断面存在溶解氧、化学需氧量、总磷、石油类等项目超出《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)III类水标准情况;地下水环境监测结果显示部分断面总大肠菌群和细菌总数超出标准,其他项目均符合地下水III类水要求。

建设项目位于北门江流域中游地区,建设项目所在地人工植被较多,自然植被较少,植被物种多样性较差。工程区域分布有海南大风子、龙血树、卤蕨等国家级和省级保护植物。

工程河段鱼类资源相对匮乏,鱼类种类组成简单,种群资源量小。北门江流域分布淡水鱼类52种,其中包括1种国家II级保护动物:花鳗鲡,3种列入《中国物种红色名录》鱼类:花鳗鲡、台细鳊、锯齿海南鲽,2种海南省特有种:海南石鲋和条纹刺鲃。

三、环境影响及对策措施

(1)环境影响:①主要有利影响:天角潭水利枢纽建成后,可完善琼北地区水资源配置,提高琼北地区水资源利用率,对洋浦经济开发区进行城乡供水,提高天角潭灌区的灌溉面积和灌溉保证率,并大大缓解下游地区城乡供水问题,为中和镇、东成镇提供安全水源。同时还可以提高下游的防洪标准,并利用供水、生态流量及弃水产生发电效益。②主要不利影响:施工期各种施工活动包括施工占地、施工交通、开挖、弃渣、扬尘、噪声及废水排放,将在施工时段内对工程区周边水环境、生态环境、声环境、大气环境产生不利影响,产生新增水土流失;运行期主要是水库蓄水、供水对库区和坝下河道水文情势、水温、水质、陆生生态、水生生态、河口生境等的影响,以及受水区产生新增退水对当地水环境的影响。(2)对策措施:水利枢纽建成后,将采取划分饮用水水源保护区、设置饮用水水源地警示牌、对库区上游污染源进行治理等保护措施;搬迁库区垃圾填埋场并重新选址建设垃圾焚烧发电厂;建设鱼道及鱼类增殖站;设置叠梁门进行分层取水;对水库坝下河道下泄生态流量;对施工期采取废污水收集处理、施工场地洒水降尘、进行噪声源控制等措施;结合水保措施进行生态恢复,并对受影响的保护植物进行移栽;进行施工期及运行期环境监测,开展环境监理。

四、环境影响评价结论

天角潭水利枢纽工程的建设符合国家产业政策,工程建成后可为洋浦经济开发区、东成镇、中和镇及天角潭灌区供水,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。

五、公众查阅报告书简本的方式和期限

广大社会公众如需查阅报告书简本,请与建设单位的联系人具体联系,查阅期限为本公告规定的公众提出意见的起止期限。

六、征求公众意见的具体形式

广大社会公众可通过多种方式提出对本项目的环境影响、环境保护措施方面的意见和建议,如信函、传真、电话、电子邮件等方式,与建设单位或环评单位联系,提交书面或口头意见。

建设单位名称:海南省发展控股有限公司

建设单位联系人:赵壮卿

建设单位联系电话:0898-66509535,0898-66509530(传真)

建设单位联系地址:海口市美兰区琼山大道省三防指挥中心504

邮箱:414950025@qq.com 邮编:570102

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

评价单位联系人:张博

评价单位联系电话:010-51972243,010-65729087(传真)

评价单位联系地址:北京市朝阳区定福庄西街1号

邮箱:zhangb@bhidi.com

邮编:100024

七、公众提出意见的起止时间

2016年7月5日~2016年7月18日。

图 10.2-4　海南日报报纸截图



网易首页 > 新闻中心 > 滚动新闻 > 正文

天角潭水利枢纽工程环境影响评价第二次公示

2016-07-05 07:40:00　来源: 海南日报(海口)

举报

分享到：

（原标题：天角潭水利枢纽工程环境影响评价第二次公示）

根据《中华人民共和国环境保护法》及《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28号文），为便于公众了解天角潭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，现就工程主要环境影响评价的相关信息，向公众公开。具体内容如下：

一、建设项目概况

工程名称：海南省北门江天角潭水利枢纽工程

工程性质：新建

建设单位：海南省发展控股有限公司

环评单位：中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

建设地点：海南省儋州市

工程概况：天角潭水利枢纽位于儋州市北门江干流中游河段，坝址位于天角潭水陂上游0.5公里处。工程任务以城镇供水、农业灌溉为主，兼顾防洪，结合发电等综合利用。

图 10.2-5　网易新闻截图

（3）张贴第二次信息公告

在工程主要涉及的乡镇公告栏分别张贴了《天角潭水利枢纽工程环境影响评价第二次公告》，公示期间未收到反馈意见。

10.2.2 问卷调查

北京院于 2016 年 8 月开展了天角潭水利枢纽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。问卷调查的数量（团体、个人）、回收率等见表 10.2-1，调查表内容详见附件。

表 10.2-1　　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	29	29	100
	个人	450	436	96.9

10.2.2.1 公众参与的主体

（1）单位团体

调查的团体代表主要为受工程直接和间接影响的各级政府机关、农场。受工程建设直接影响的各个乡镇政府团体及农场是最直接的公众代表，天角潭水利枢纽工程的勘测设计、移民安置、环境影响评价等均需要各政府机构及农村的参与和支持，同时也需要他们的组织和沟通。

（2）受直接影响个人

主要是指受工程建设直接影响的个人，主要为受水库淹没影响的移民，受工程施工建设影响的施工区附近的居民以及受水区居民等。

（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，也将作为公众参与个人调查的主体。

10.2.2.2 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29份，回收29份。（2）个人部分

共发放个人调查问卷450份，回收436份，满足调查要求。

10.2.2.3 调查结果分析

在本次调查中，受调查的团体和个人均积极参与调查，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29份团体问卷统计结果详见表10.2-5。

表10.2-5　　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	
			个数	百分比（%）
1	贵单位是否知道本工程?	是	29	100.0
		否	0	0.0
2	贵单位是通过何种途径知道或了解本工程的?	网络	2	6.9
		报纸	8	27.6
		现场告示	1	3.4
		政府告知	24	82.8
		前期途径	4	13.8
3	贵单位认为工程区目前环境现状如何?	良好	19	65.5
		较差	10	34.5
4	贵单位认为工程区目前突出的环境问题是?	水体污染	10	34.5
		生物多样性较差	6	20.7
		水土流失	15	51.7
		其他	7	24.1
5	贵单位认为本工程的建设是否可以改善当地环境问题?	是	28	96.6
		否	0	0.0
		不清楚	1	3.4
6	贵单位认为本工程的建设对当地可能产生哪些有利影响?	改善洋浦经济开发区缺水情况	19	65.5
		改善东成镇、中和镇供水条件	24	82.8
		提高天角潭灌区灌溉面积和供水保证率	26	89.7
		具有防洪和发电效益	20	69.0
		促进当地经济发展	19	65.5
		改善当地自然环境，形成新的旅游资源	18	62.1

序号	调查项目		调查结果	
			个数	百分比（%）
7	贵单位认为本工程的建设对当地可能产生哪些不利影响？	减少水库下游河道水量，影响下游用水	7	24.1
		水库淹没造成土地资源和植被的损失	19	65.5
		建设施工期间废水、废气、噪声、弃渣等对当地居民和环境的影响	21	72.4
		对北门江河口红树林生境的影响	3	10.3
		其他	1	3.4
8	贵单位认为本工程的建设对当地社会、经济、环境协调发展的利弊如何？	利大于弊	27	93.1
		弊大于利	0	0.0
		不清楚	2	6.9
9	贵单位认为本工程建设后对当地环境影响的总趋势如何？	有会提高当地的环境质量	25	86.2
		会降低当地的环境质量	0	0.0
		不会有影响	4	13.8
10	从环境保护角度考虑，贵单位是否赞成本工程的建设？	赞成	29	100.0
		不赞成	0	0.0
		无所谓	0	0.0

从统计结果看，所调查的团体代表均对本工程有一定程度的了解，其中通过地方政府告知的占大多数，比例占 82.8%，通过报纸的为 27.6%。调查的团体中认为工程区目前环境现状良好的为 65.5%，占受调查总数的大部分；认为工程区目前突出的环境问题是水土流失的占 51.7%，占比例最大，其次是水体污染 34.5%。绝大多数受调查团队（占 96.6%）认为天角潭水利枢纽工程的建设可以改善当地环境问题。

针对工程建设对当地产生的利弊影响的调查，对于有利影响，绝大部分团体选择了提高天角潭灌区灌溉面积和供水保证率（占 89.7%），其次为改善东成镇、中和镇供水条件（占 82.8%）。与此同时，不利影响的调查结果显示，有 72.4%的团体认为不利影响为建设施工期间废水、废气、噪声、弃渣影响，有 65.5%的团体认为是水库淹没造成土地资源和植被的损失。但是最终 93.1%的团体认为工程建设对当地社会、经济、环境的发展中利大于弊，占绝大部分，并且 86.2%的团体认为工程建设后有会提高当地的环境质量。

根据本次对团体的问卷调查结果，100%的团体赞成天角潭水利枢纽工程的建设，没有反对意见。

此外，在团体的调查问卷中设置有征求各受调查团体对工程的环境保护方面的意见或建议，具体意见建议汇总详见表 10.2-6。

表 10.2-6　　部分单位对工程环境保护方面的意见或建议

序号	单位	意见或建议
1	洋浦经济开发区规划建设土地局	不宜做旅游景区，尽可能减少人为污染。
2	儋州市园林管理局	1、工程建设需考虑生态保护实施规划。2、关注北门江出海口红树林保护及修复工作。3、关注北门江沿岸的生态保护建设。

以上环境保护意见建议均已在本报告中体现，非环境保护意见建议已向建设单位提交相关内容。

（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。问卷问题的调查统计结果具体见表 10.2-7。

表 10.2-7　　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	您是否知道本工程？	是	429	98.4
		否	7	1.6
2	您是通过何种途径知道或了解本工程的？	网络	61	14.0
		报纸	11	2.5
		现场告示	112	25.7
		政府告知	165	37.8
		其他途径	83	19.0
		未选择	11	2.5
3	您认为工程区目前环境现状如何？	良好	364	83.5
		较差	47	10.8
		未选择	25	5.7
4	您认为工程区目前突出的环境问题是？	水体污染	127	29.1
		人工植被	69	15.8
		水土流失	94	21.6
		其他	141	32.3
		未选择	20	4.6
5	您认为工程的建设是否可以改善当地环境问	是	345	79.1
		否	12	2.8

序号	调查项目		调查结果	
			个数	百分比（%）
	题？	不清楚	48	11.0
		未选择	31	7.1
6	您认为本工程的建设对当地可能产生哪些有利影响？	改善洋浦经济开发区缺水情况	161	36.9
		改善东成镇、中和镇供水条件	105	24.1
		提高天角潭灌区灌溉面积和供水保证率	150	34.4
		具有防洪和发电效益	90	20.6
		促进当地经济发展	184	42.2
		改善当地自然环境，形成新的旅游资源	141	32.3
		未选择	20	4.6
7	您认为本工程的建设对当地可能产生哪些不利影响？	减少水库下游河道水量，影响下游用水	111	25.5
		水库淹没造成土地资源和植被的损失	190	43.6
		建设施工期间废水、废气、噪声、弃渣等对当地居民和环境的影响	135	31.0
		对北门江河口红树林生境的影响	29	6.7
		其他	5	1.1
		未选择	50	11.5
8	您认为本工程的建设对当地社会、经济、环境协调发展的利弊如何？	利大于弊	365	83.7
		弊大于利	29	6.7
		不清楚	35	8.0
		未选择	7	1.6
9	您认为本工程建设后对当地环境影响的总趋势如何？	会提高当地的环境质量	327	75.0
		会降低当地的环境质量	29	6.7
		不会有影响	34	7.8
		未选择	46	10.6
10	如果工程建设占用您的房屋或耕地，您是否愿意搬迁并得到补偿？（移民回答）	愿意	189	90.9
		不愿意	2	1.0
		未选择	17	8.2
11	移民安置中，您最关心的环境问题是？（移民回答）	水源质量	174	83.7
		生活垃圾的处理	47	22.6
		生活污水的处理	27	13.0
		未选择	20	9.6
12	从环境保护角度考虑，您	赞成	403	92.4

序号	调查项目		调查结果	
			个数	百分比（%）
	是否赞成本工程的建设?	不赞成	0	0.0
		无所谓	10	2.3
		未选择	23	5.3

从统计结果看，接受调查的 436 位个人中，绝大多数对天角潭水库枢纽工程有一定的了解，其中通过地方政府告知的方式获知的占多数，占 37.8%。

在受调查的个人中，83.5%的人认为工程区目前环境现状良好，10.8%的人认为较差，认为目前突出的环境问题是水体污染（29.1%）、水土流失（21.6%），受调查个人中 79.1%认为工程建设可以改善当地环境问题。

针对工程建设对当地产生的利弊影响的调查，对于有利影响，主要为促进当地经济发展（42.2%）、改善洋浦经济开发区缺水情况（36.9%）、提高天角潭灌区灌溉面积和供水保证率（34.4%）。对于不利影响，主要为水库淹没造成土地资源和植被损失（43.6%）以及施工期间废水、废气、噪声、弃渣等对当地居民和环境的影响（31.0%）。总体来说，大部分（83.7%）受调查个人认为工程建设利大于弊。

针对移民的调查中，90.9%移民愿意搬迁并得到补偿，移民安置中最关心安置后的水源质量（83.7%）。

根据本次对个人的问卷调查结果，在收到的 436 份问卷中，92.4%的比例赞成工程建设，2.3%的人持无所谓的态度，5.3%未发表意见，未收到反对意见。

在个人的调查问卷中设置有征求各受调查个人对工程的环境保护方面的意见或建议，具体意见建议汇总详见表 10.2-8。

表 10.2-8　　个人部分对工程环境保护的意见建议

序号	意见或建议
1	加快施工进度，减少对环境影响时间。
2	按国家有关规定的环境保护措施施行。
3	制止上游污染。
4	施工过程中避免发生扰民。

以上环境保护意见建议均已在本报告中体现，非环境保护意见建议已向建设单位提交相关内容。

10.3 公众参与结论

经调查结果表明，绝大部分参与调查的个人和团体的都表示对天角潭水库枢纽工程建设持支持的态度。本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现场公告、网络报纸等媒体公告、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，没有收到社会公众的意见和建议。

根据本次公众与团体调查的意见和建议，在环境影响报告书中均将予以采纳，针对其相关的问题进行分析和评价，并在环境保护措施及补救措施中予以落实。

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，天角潭水库枢纽工程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 号文）、《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（实行）》（环办[2013]103 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、农场等部门均参与了调查，工程涉及的群众信息也较为全面，个人的文化程度、职业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，天角潭水库枢纽工程环境影响评价公众参与是具有合法性、有效性、代表性以及真实性的。

11 结论与建议

11.1 工程概况

天角潭水利枢纽工程位于海南省儋州市境内的北门江流域干流，坝址位于天角潭水陂上游 500m 处。天角潭水利枢纽为松涛灌区内规划水源工程，是《海南省北门江流域规划（修编）》中确定的一座近期建设的大（2）型水利枢纽工程，并已列入《全国大型水库总体安排意见（2013~2015）》和国务院常务会议确定的全国近期开工建设的 172 项重大水利工程建设计划，《海南省水资源综合规划》、《海南省北门江流域规划报告》、《海南省水务发展与改革“十二五”规划报告》及《儋州市水务发展“十二五”规划》中均将天角潭水利枢纽工程作为“十二五”期间的重点水源工程。工程以城乡供水、农业灌溉为主，兼顾发电。工程建成后，可有效缓解儋州市洋浦经济开发区及沿途邻近城乡生活供水的缺水矛盾，解决天角潭灌区农业灌溉用水不足问题，促进地区经济社会可持续发展。

天角潭水利枢纽工程由碾压混凝土重力坝（主坝，最大坝高 52m）、碾压土石坝（副坝）、引水隧洞、发电厂房、泵站和供水管线等组成，水库正常蓄水位 58.0m，相应库容为 16278 万 m^3，总库容 19541 万 m^3，死水位 29.0m，对应死库容 8.84 万 m^3。一级电站装机 3000kW，多年平均发电量 1376 万 kW•h，装机利用小时 4550h；二级电站装机 2000kW，多年平均发电量 680 万 kW•h，装机利用小时 3400h。天角潭泵站总装机 1250×3kW（两台主机一台备用），供水管线总长 39.12km。工程建设征地涉及到儋州市 2 个乡（镇）、26 个村组（连队），4 个农（林）场，1 个科研机构（中国热带农业科学院试验场）。水库淹没占地 20985.2 亩，枢纽建设区占地 954.9 亩。规划水平年搬迁安置人口 2066 人。

11.2 工程分析结论

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。工程选择的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，但水库蓄水、供水对水库库区、坝下河道的水文泥沙情势、水温、水质、水生生态、河口环境等将产生影响，水库供水产生的退水会对受水区污水受纳水体产生影响，移民安置也将对环境产生影响，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。

11.3 主要环境影响及对策措施

11.3.1水库调水对区域水资源利用的影响

天角潭水库建成后，首先满足洋浦经济开发区、中和镇、东成镇的城镇用水，即至设计水平年2040年供水量8025万m^3，其次满足天角潭灌区农业灌溉供水量，约6497万m^3。多年平均供水量14522万m^3，北门江流域水资源利用率从18.3%增加至38.2%。

11.3.2水文情势影响

天角潭水库建成后，库区水面变宽，水位抬升明显，库区水体流速将明显减缓，使库区河段水域环境从河道缓流型转为湖泊缓流型。与天然情况相比，近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段流速变化较小。北门江受现状天角潭水陂引水影响，各典型年枯水期水陂下游河段减（脱）水现象明显。水库建成后，通过水库下泄生态流量可现状改善枯水期坝下河段的水文情势；丰水期，受水库调节影响，各典型断面均有不同程度的减水，但随着坝下支流的入汇，对水文情势的不利影响沿程能够得到一定程度的缓解。至河口断面，各典型丰、平、枯水年丰水期最大减水比例为50.19%，发生在丰水年的6月份，减水影响月份主要集中在6~9月份；枯水期1~4月份，水库下泄生态流量，建库后河口断面流量最大增加比例达到181.51%，可有效改善天角潭水陂对水文情势的不利影响。

11.3.3地表水环境影响

（1）对水质的影响

根据本次环评地表水水质监测结果，北门江水质总体不良，部分水质因子超出地表水Ⅲ类水质标准，主要污染负荷为生活污染源和农业面源污染。至水库建

成后 2020 年及设计水平年 2040 年，各区域水质情况如下：

库区水质：2020 水平年内坝址附近 COD、氨氮、总磷浓度分别为 3.562~3.601mg/L、0.066~0.162mg/L、0.013~0.031mg/L，2040 水平年内坝址附近 COD、氨氮、总磷浓度分别为 3.546~3.623mg/L、0.066~0.162mg/L、0.012~0.031mg/L。在 2020、2040 水平年各水期内坝址附近水质均能达到地表水III类水水质标准。

坝下中和桥断面：中和桥断面总磷浓度除 2020、2040 年的平水年丰水月能够满足III类水标准外，其余各水平年、各水期总磷均达不到III类水标准；2020 水平年，在枯水期、枯水月代表的水文条件下，中和桥断面氨氮浓度略微超过III类水标准，其余水平年及水文条件氨氮浓度均满足III类水标准；中和桥断面 COD 浓度在各水平年、各水文条件下均能满足III类水标准。在 2020、2040 水平年内，由于平水年、丰水月代表的下泄流量最大，此水文条件下 COD、氨氮、总磷浓度最小；枯水年平水月及枯水月、平水年枯水月代表的下泄流量最小，此水文条件下水文条件下 COD、氨氮、总磷浓度均较大。总体来说，2040 年中和桥断面水质情况要优于 2020 年水质情况。

新英湾水质：两预测站点（新英湾湾口、新英湾养殖区）各水平年污染物浓度变化幅度不大，基本维持在同一水平。2040 年，新英湾湾口 COD、DIN 浓度于 2020 年相比略微降，活性磷酸盐基本与 2020 年持平；新英湾养殖区 COD 比 2020 年略有下降，DIN、活性磷酸盐浓度基本维持不变。在各规划水平年内，新英湾养殖区海水水质均优于新英湾湾口区域海水水质。按照《海南省海洋环境功能规划》，新英湾湾口海域海水质量要求达到三类，新英湾养殖区海域海水质量标准要求达到二类。预测结果表明，在各规划水平年内，两预测站点海水水质能够达到相应质量标准。

洋浦经济开发区退水：洋浦开发区退水污染物排放以后主要随海流涨落往东北—西南方向扩散，高浓度增量集中在排污口附近。洋浦经济开发区规划至 2030 年，规划区内产生的 COD、氨氮污染物排放对周围海域水环境影响均较小，其环境影响主要限制在排污口附近，在排入混合区以外海域，COD、氨氮和石油类污染物均能达到III类海域水质要求，对排污混合区以外海域水环境影响较小。

北部黄沙支渠灌溉退水：北部灌区位于北门江流域之外，其灌溉退水流入儋州市北侧的海域。该区域海面开阔，岸线较为平直，水体交换能力良好。根据预测，北部灌区设计灌面 39670 亩，灌溉退水量为 564 万 m^3/a，占灌区地表径流量

的4.85%，预测灌溉产生的污染物排放量分别为：化学需氧量11.32t/a；氨氮1.56t/a；总磷 0.95t/a，占区域现状入海污染物排放量的 3.55%、2.94%、4.76%。无论是退水量，还是污染物排放量，其所占现状整体情况的比重都较小，加之海域水体交换能力良好，故北部灌区的农田灌溉水污染不会对儋州市北部海域产生较大影响。

（2）对水温的影响

天角潭水库运行对坝址下游水温的影响较大，建库前后各月坝下水温的低温水降幅均超过 3.2℃，高温水升幅均超过 3.7℃。不同典型年的差异有限，枯水年的影响相对偏大，丰水年的影响相对偏小。平水年的下泄水温在 3~6 月均低于建坝前的天然水温，平均低 2.5℃；11 月下泄水温比现状水温高 4.2℃。枯水年下泄水温在3~7月低于坝址天然水温，平均低2.6℃；11月下泄水温比现状水温高4.1℃。丰水年下泄水温在 3~5 月低于坝址天然水温，平均低 2.3℃；11 月下泄水温比现状水温高 3.7℃。与坝址天然水温相比，各典型年在 4 月降幅较大，升幅最大月份为 11 月；平、枯、丰典型水文年 4 月的降幅分别为 3.9℃、4.0℃、3.2℃，11 月的升幅分别为 4.2℃、4.1℃、3.7℃。天角潭水库采用叠梁门方案取水后，各典型水文年下泄水温的春季低温水现象得到了有效缓解。平、枯、丰水年采用叠梁门后，比坝址天然水温的最大降幅缩小至 0.7℃、0.7℃、0.4℃，可有效改善水库下泄低温水的不利影响。

（4）咸潮上溯

天然条件下，枯期北门江河道中咸潮上溯距离最大可达约 9000m；天角潭水库建设后，因为枯期的下泄流量与天然河道中的流量相差不大，因此对枯期的咸潮上溯距离无显著影响。丰水年 6 月（汛期）的咸潮上溯距离仅约 530m；建库后因为下泄流量减少幅度较大，咸潮上溯距离最大增加约 1790m 左右。

（5）河口海域冲淡水区域变化

天角潭水库建设后，由于汛期下泄淡水流量降低，新英湾海域冲淡水区面积有一定程度的减少，与建库前相比，丰水年 6 月新英湾海域的冲淡水区面积变化最大，在最低潮位冲淡区面积减少约 4.5km^2，降低幅度约为 25.7%。

11.3.4地下水环境影响

（1）工程施工期对地下水环境的影响

水库工程施工可产生一定量的废污水进过严格处理回收利用或达标排放，不

会对区域地下水造成影响。

（2）引水隧洞对地下水环境影响

引水隧洞施工将导致地下水渗出，隧洞排水对隧洞沿线地下水产生一定的影响。本工程引水隧洞总长 338m，洞身于岩体中埋藏深为 18~52m，洞身基岩主要为微风化千枚岩、硬质岩微风化砂岩和较软岩微风化砂岩，隧洞穿越的岩石透水性差，正常情况下隧洞工程影响到民居饮用水井的可能性很小。

（3）工程运营期水库浸没影响

天角潭水库工程运营期工程不排放污染物，对坝址区地下水环境基本不产生影响。水通过工程类比，本工程库尾可能的浸没范围为水边线以外宽度为100~300m 的范围。水库蓄水达到正常高水位时，浸没现象主要表现为沼泽化现象。工程运营对工程区域的地下水水质无不利影响。

（4）引水管线对地下水环境影响

引水管线施工产生的废污水经过严格处理后不会对周围地下水产生影响。

（5）工程引水对河口区地下水环境影响

通过收集同类工程地下水专题研究报告成果，进行工程类比，得到天角潭水库建成后地下水位高水位低于现状高水位，地下水低水位高于现状低水位，地下水位变化幅度将变小，因此地表水来水量减少对地下水位变化的影响不大，地下水仍然向海湾排泄，运行几年后地下水系统将会达到新的平衡。

（6）洋浦开发区地下水环境影响

本工程供水不会对洋浦经济开发的地下水环境产生影响，相反可以大量减少洋浦开发区地下水的开采量，进而可使洋浦开发区地下水位得到抬升；海水入侵情况也会得到明显的缓解，甚至逐步消失，地下水水质也会趋于好转。

11.3.5水生生态环境影响

（1）水生生态现状

根据资料记载，结合现场调查，北门江流域分布淡水鱼类 52 种，其中包括 1 种国家 II 级保护鱼类-花鳗鲡，3 种列入《中国物种红色名录》的鱼类-花鳗鲡、台细鳊、锯齿海南鲚，2 种海南特有种-海南石鮒和条纹刺鲃。

目前，北门江中鱼类资源相对贫乏，鱼类种类组成简单，种群资源量小，不存在某个大群体占相对较大比例的种类。此次调查捕获到的淡水鱼类共 10 种，其

中尼罗罗非鱼和下口鲇为外来种，未捕获到珍稀濒危和特有鱼类。鲤形目鲤科鱼类 6 种，为鲤、三角鲤、条鳡、草鱼、鲢和鳙；鲈形目丽鱼科鱼类 1 种，为尼罗罗非鱼；鲈形目鳢科鱼类 1 种，为斑鳢；鲇形目甲鲇科鱼类 1 种，为下口鲇；鲇形目胡子鲇科鱼类 1 种，为胡子鲇。资料记载中的各保护鱼类现状资源量均已极少。

北门江流域没有大型的鱼类产卵场，太平河交汇处附近河段分布有一处小型产卵场，产卵鱼类为鲤、尼罗罗非鱼、胡子鲇等产粘性的鱼类。

（2）影响预测

预测天角潭水利枢纽建成后，水体氮、磷营养盐含量稍高于建库前，所以浮游植物密度、生物量不会大幅度上升，但库区水体总的初级生产力会有所提高。坝下河段浮游植物总的初级生产力将有所降低。

水库建成后，库区喜静水的轮虫和原生动物会成为优势种，枝角类也会大量出现。对于坝下河段，水量减少，浮游植物种类组成基本不变、总量会有减少，相应浮游动物的种类组成在流水条件下也不会有大的变化，其总量会有所下降。

天角潭水库蓄水后，随着营养盐向底泥中沉积，底栖动物密度、生物量较前将有一定幅度上升。天角潭水库蓄水后，坝下河段底栖动物种类基本不变，其数量将有一定程度的下降。

天角潭水利枢纽大坝建于现有天角潭水陂库区，现有天角潭水陂将拆除，从河流连通性考虑，天角潭水陂的拆除对花鳗鲡洄游有一定有利影响，天角潭水库大坝的建立可能阻碍幼鳗洄游至库区生长育肥，对其完成生活史过程有一定的影响。此外，阻隔坝上下的珍稀特有鱼类台细鳊、锯齿海南鲶、海南石鮡和条纹刺鮡进行基因交流。水库建成后，库区鱼类生存空间相对得到改善，喜静水生境的鱼类如鲤、尼罗罗非鱼、条鳡、三角鲤、胡子鲇和斑鳢等资源量将增加；喜流水生境的鱼类如黄尾鲴、唇鲮、光倒刺鮡和条纹刺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。坝下河段，由于部分鱼类繁殖期坝下水量减少，导致河道水面宽度变窄、水深降低，鱼类零星分布的产卵场将受到压缩，鱼类的种群数量将相应较少。根据预测，平水年天角潭水库总体呈现季节性分层水温结构特征，3~6 月份水库下泄低温水会对降温河段鱼类的生长、繁殖、鱼卵孵化、摄食产生不利影响，可能使鱼类生长减缓、性腺发育和繁殖期推迟。采取分层取水后，对鱼类的生长繁殖影响均较小。本次调查

发现，北门江流域鱼类的产卵场主要分布在支流太平河上，与干流汇口 2km 以上附近区域，主要为定居性鱼类（如鲤、尼罗罗非鱼、胡子鲇等），产粘性卵。天角潭水库建设对该处产卵场基本无影响。

（3）对策措施

施工期：加强施工人员鱼类保护宣传和管理，避免鱼类资源的人为破坏和损失；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，防止规划河段水质污染对鱼类区系、资源量造成不利影响；建立鱼类保护应急机制。

运行期：1）选择天角潭坝下支流太平河作为栖息地保护河段，设置标志牌，加强水生态环境管理和监测，强化渔政管理；2）建设鱼道，并对鱼道的过鱼情况进行长期观测，保证鱼类顺利过坝；3）开展人工增殖放流，保护鱼类资源及渔业发展；4）加强渔政管理，禁止酷捕滥捕，保护天角潭库区及上下游河段水生生物及鱼类资源。

11.3.6陆生生态环境影响

（1）陆生生态现状

评价区自然植被受损严重，几乎被人工植被和人工建筑物替代，仅保护区或局部地段残存少量自然植被。区内植被自然分布面积 4047.94hm^2，仅占评价区面积的 5.83%，人工植被分布面积 55423.77 hm^2，占评价区面积的 79.84%。总体上，评价区植被总体质量不高，表现出明显的次生性和人工干预特性。

评价区共有维管束植物 99 科 282 属 584 种，以被子植物占绝对优势，有 567 种，占总种数的 97.09 %，植物较为丰富，但外来物种和栽培种多。在植物区系成分上，评价区以热带成分为主；在保护物种上，评价区保护物种不多，除卤蕨外，已经难成群落，这与评价区人为剧烈干扰密切相关。

评价区及周边共有陆生脊椎动物 4 纲 21 目 59 科 120 种，其中保护物种 51 种，国家Ⅱ级重点保护动物 12 种，海南省重点保护陆生脊椎动物 39 种。

（2）主要影响

①对植被的影响

施工占地占用的主要是林地。施工占地及淹没的植物物种均为评价区内广布种，部分群落类型的面积减小，生物质量损失，但不会导致植物物种和植被类型的消失。

③ 陆生植物的影响

施工期，施工区域的部分植物将遭到破坏，但这些植物种类在工程区及整个流域广为分布，工程施工不会导致物种数量的明显下降，更不会导致任何物种的灭绝。工程占地影响区涉及 1 株海南大风子、45 株龙血树及 1 株“橡胶王”，需对其采取移栽保护。

③对陆生动物的影响

施工期间，施工开挖、回填、弃渣堆放等施工活动均破坏植被，动物的生境条件也受到相应的破坏；同时，施工开挖、爆破等活动产生的噪声降低了施工区环境质量，尤其是施工噪声对鸟类和哺乳类造成惊吓，迫使它们迁离原来的栖息地，导致施工区鸟类和哺乳类种类减少，种群数量下降。

运行期，随着植被的逐渐恢复，施工期受影响的动物也将逐渐回归，在新的栖息地上开始生活。水库为两栖类的栖息和繁殖创造了适宜生境，相应两栖动物种类和数量也将增加；水库形成可丰富鸟类的物种多样性和种群数量，有利于水禽的栖息、取食和繁殖。

④对景观生态的影响

景观生态体系主要变化为出现库区和工程占地斑块，使森林、耕地等面积减少，森林优势度值有所下降。但森林作为评价区域景观基质的地位没有受到影响，森林、灌丛、草地作为环境资源斑块的功能地位没有变化，水域在景观中的重要性增加，有助于提高整体的稳定性。

（3）对策措施

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。

对受建设征地影响的 45 株龙血树、1 株海南大风子进行移栽，并制定相关移植保护方案。

根据国家和地方有关规定要求，对工程建设征地缴纳建设征地补偿费、土地复垦费、耕地开垦费、森林植被恢复费、耕地占用税、水土流失补偿费等。

11.3.7红树林生态环境影响

（1）红树林生态系统现状

北门江流域的红树林的分布区域主要在新英湾、河口和部分河道滩涂上，分布较为破碎。红树林的植物组成主要有红树科的红海榄、木榄、海莲、角果木、秋茄树；大戟科的海漆；紫金牛科的桐花树；马鞭草科的白骨壤；使君子科的榄李；卤蕨科的卤蕨；爵床科的老鼠簕等 11 个红树林树种，占全国红树林树种的 42.3%。

（2）影响分析

天角潭水库建成后，各典型年汛期坝址处下泄流量的减少将使河口流量出现一定程度的变化，导致咸潮上溯距离增大、河口盐度增加、新英湾冲淡水区面积减小，从而改变河口处及新英湾内红树林的生长、发育环境。环境改变将使不同种类的红树林逐渐向上游区域移动分布；而河口区域大部分被养殖塘占领将使红树林的生存空间受到挤压，必须采取一定措施减缓此种影响。

（3）保护措施

对河口地区养殖塘进行退塘还林并人工辅助恢复红树林约 320 亩；成立天角潭水利枢纽工程红树林监测与管护站，负责红树林生态监测、人工种植科学研究、种植管护等工作；保证天角潭坝址生态流量的泄放；建议政府成立新英湾红树林监测与管理机构，负责保护区的管理工作。

11.3.8水土流失影响

（1）水土流失和水土保持现状

工程所在区域属南方红壤丘陵区，土壤允许流失量为 500t/（km^2•a），属于海南省省级水土流失重点治理区。工程区水土流失以水力侵蚀为主，侵蚀强度以轻度侵蚀为主，水土流失形式主要有面蚀、细沟侵蚀。

儋州市已完成小流域的治理总面积约 28.5km^2，造林 3 万多亩，水土流失治理工程初显成效，水土流失现象得到了初步遏制。

（2）水土流失影响

工程开挖、填筑、堆渣等施工活动将扰动原地貌，破坏地表植被，损坏水土保持设施，从而加剧水土流失。工程扰动破坏原地表面积 48.76hm^2，损坏水土保持设施面积共计 204.52hm^2，总弃渣量为 126.62 万 m^3，预测新增水土流失量可达 6.52 万 t。

（3）水土保持措施

对项目建设区进行防治分区，将工程区划分为 2 个一级分区，即枢纽工程防治区、渠道管线泵站防治区。

水土保持措施主要包括工程措施、植物措施和临时措施，工程措施包括修建挡渣墙、护坡、排水沟等；植物措施主要包括覆土、植树、种草等植被恢复、绿化美化等；临时措施包括临时排水沟、临时拦挡等。

11.3.9施工环境影响

（1）施工区环境现状

工程施工分为枢纽工程施工区、供水管线工程区，施工区附近地表水为北门江，大气、声环境敏感目标有枢纽工程施工区附近的西联农场居民点以及供水管线工程沿线居民点等。

根据工程区声环境和环境空气质量监测结果，工程区声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准要求，环境空气质量中二氧化硫和二氧化氮满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中一级标准，TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$不满足一级标准，但均满足二级标准要求。

（2）施工环境影响

①施工废污水影响

施工期施工废污水排放可能对地表水环境产生影响。施工废污水包括生产废水、隧洞排水、基坑排水、生活污水等，其中，砂石料加工系统一处，废水高峰产生量为 382.5m^3/h，总废水量 153 万 m^3，废水主要污染物为 SS，浓度一般在 30000～50000mg/L；坝址区混凝土拌和系统 1 处，系统高峰废水量为 4.8m^3/d，废水总量约为 0.5 万 m^3，废水中主要污染物为悬浮物和 pH，悬浮物浓度在 5000mg/L 左右，pH 值在 11 左右；坝址区修配系统 1 处，废水产生量少，一般情况下，石油类浓度约 10~30mg/L，COD 约 25~200mg/L，SS 约 500~4000mg/L；隧洞施工两处，废水主要污染物为悬浮物，浓度约 2000mg/L；有 5 处工程会出现经常性基坑排水，主要污染物为悬浮物，浓度约 2000mg/L；施工生活区 4 处，生活污水高峰日排放量为 150m^3/d，污水排放总量为 11.1 万 m^3，主要污染物 BOD_5 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。施工生产废水、生活污水若直接排放，会对周围地表水体产生影响，需采取相应环保措施。

④ 噪声影响

施工噪声源主要包括各类施工机械的固定连续声源噪声、爆破等间歇式瞬时噪声、交通噪声等。预测结果表明，交通噪声、机械噪声对枢纽工程施工区附近的西联农场居民点以及供水管线工程沿线居民点将产生一定的影响，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砂石料加工系统、混凝土拌和系统、开挖与爆破等产生的粉尘和交通扬尘，主要污染物为 TSP 等。施工期大气污染物的排放将造成施工区及施工公路沿线局部大气污染。工程区大气环境敏感点中，道路附近西联农场居民点以及供水管线工程沿线居民点可能受交通扬尘及施工粉尘的影响。

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。

（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；隧洞施工废水和基坑排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；生活污水经成套处理设备处理后作为水保植物措施用水或浇灌附近林地、耕地等。

优化施工布置，选用低噪声机械设备，同时加强施工设备的维护和保养；选用符合国家有关环保标准的施工车辆；合理安排施工时间，避免夜间爆破；在距离居民点较近的道路设置声屏障；在管线区营区附近设置绿化带隔声；管线铺设过程中设置临时围挡；两侧有居民点的交通道路设限速禁鸣标志牌。

砂石料加工系统采用湿法破碎的低尘工艺，混凝土生产系统应尽量采用全封闭生产系统；凿裂、钻孔、爆破应采用湿法作业；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。生活垃圾收集后纳入儋州市生活垃圾处理体系。

施工区应定期进行虫媒灭杀等环境卫生清理工作，对施工人员进行体检，加强食品卫生和环境卫生的管理工作。

11.3.10 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。移民安置完成后，移民生活污水、生活垃圾排放对环境会产生影响，安置点生活污水拟采用人工湿地工艺进行处理，各安置点设垃圾桶、垃圾收集池收集生活垃圾。复建公路及防护工程在村庄附近施工时设置临时围挡。

11.4 环境监测与管理

环境监测计划包括施工期的水质（地表水、施工废污水、地下水）监测、生态流量监测、环境空气监测、声环境监测、水土保持监测、生态调查、人群健康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。

11.5 环保投资

天角潭水利枢纽工程环境保护工程静态投资 40904.41 万元，占总投资的 9.35%。

11.6 公众参与

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》的要求，本项目 2016 年 3 月分别在海南省人民政府政务服务中心网站、海南省水务厅网站、《海南日报》发布第一次环境影响评价信息公示。2016 年 7 月，通过政府网站、报纸、张贴公告等方式进行了第二次环境影响评价信息公示。

本次环评对工程涉及的各级人民政府、农场，及水库淹没区、受水区、安置区等居民进行了公众参与调查。共发放团体调查问卷份 29 份，收回 29 份，发放个人调查问卷份 450 份，回收 436 份。受调查团体和个人中，100%的团体和 92.4%的个人赞成本工程建设。

天角潭水库枢纽工程公众参与是在《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）和《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（实行）》（环办[2013]103 号）要求下进行的，其成果符合程序合法性、形式有效性、对象代表性、结果真实性等要求。

11.7 综合评价结论

综上所述，天角潭水库工程建设符合国家产业政策，工程建成后可为洋浦经济开发区、东成镇、中和镇及天角潭灌区供水，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。

11.8 建议

根据环境影响评价结论，为降低工程建设对环境产生的不利影响，使工程建设与生态环境保护相协调，提出以下建议：

（1）工程施工期，建设单位应对施工单位进行严格的环境管理，建议实施环境保护金制度和具体的奖惩制度。

（2）应做好工程施工前的环境保护招标设计工作，对于砂石加工系统废水处理、生活污水处理、场区绿化、环境监测等环境保护专业项目，应进行单独招投标，确保各项环境保护措施及其资金的落实到位。

（3）做好垃圾填埋场搬迁工作，搬迁时间与水库工程建设、蓄水时间衔接好。

（4）建议地方政府成立红树林自然保护区管理机构，做好日常保护工作。

附录一 评价区植物群落样方表

表 1　　竹节树+鹊肾树+潺槁木姜 群落样方表

群落名称	竹节树+鹊肾树+潺槁木姜 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.770528°E109.332392°			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
竹节树 Carallia brachiata	乔木	20	8	6×6
竹节树 Carallia brachiata	乔木	20	8	6×6
竹节树 Carallia brachiata	乔木	20	8	6×6
竹节树 Carallia brachiata	乔木	12	5.5	5×5
竹节树 Carallia brachiata	乔木	12	5.5	5×5
鹊肾 Streblus asper	乔木	10	5	3×3
鹊肾 Streblus asper	乔木	10	5	3×3
鹊肾 Streblus asper	乔木	10	5	3×3
鹊肾 Streblus asper	乔木	8	5	3×2
鹊肾 Streblus asper	乔木	8	4.5	3×2
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	1.5	2	1×1
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	1.5	2	1×1
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	1.5	2	1×1
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	1.5	2	1×1
土蜜树 Bridelia tomentosa	乔木	1	1	0.5×0.5
土蜜树 Bridelia tomentosa	乔木	1	1	0.5×0.5
露兜树 Pandanus tectorius	乔木	2	1	0.8×0.5
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	2	2.5	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	1.5	2	1×1
暗罗 Polyalthia suberosa	灌木	1.5	2	1×1
猪肚木 Canthium horridum	灌木	3	3	1×1.5

猪肚木 Canthium horridum	灌木	3	3	1×1.5
猪肚木 Canthium horridum	灌木	3	3	1×1.5
猪肚木 Canthium horridum	灌木	3	3	1×1.5
猪肚木 Canthium horridum	灌木	3	3	1×1.5
细叶裸实 Gymnosporia diversifolia	灌木	1.5	3	0.8×0.5
细叶裸实 Gymnosporia diversifolia	灌木	1.5	3	0.8×0.5
马樱丹 Lantana camara	灌木	1	0.6	0.3×0.3
飞机草 Chromolaena odorata	草本	2	0.5	0.1×0.2
鬼针草 Bidens pilosa	草本	3	0.5	0.1×0.2
牛筋果 Harrisonia perforata	藤本			2%

表 2 厚皮树+土坛树+刺竹 群落样方表

群落名称	厚皮树+土坛树+刺竹 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.769577 °E109.252901 °			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
厚皮树 Lannea coromandelica	乔木	7	5	2×3
厚皮树 Lannea coromandelica	乔木	7	5	2×3
厚皮树 Lannea coromandelica	乔木	10	6	3.5×3
土坛树 Alangium salviifolium	乔木	15	7	3.5×3
土坛树 Alangium salviifolium	乔木	12	6.5	3×3
刺竹 Bambusa arundinaceae	乔木		5	
细叶裸实 Gymnosporia diversifolia	灌木	2	3	1.5×1
细叶裸实 Gymnosporia diversifolia	灌木	3	3	1.5×1
细叶裸实 Gymnosporia diversifolia	灌木	2	3	1.5×1
基及树 Carmona microphylla	灌木	2	2.5	1.5×1.5
基及树 Carmona microphylla	灌木	2	2.5	1.5×1.5
细基丸 Polyalthia cerasoides	灌木	3	3	1.5×1
细基丸 Polyalthia cerasoides	灌木	3	3	1.5×1.5
银柴 Aporosa dioica	灌木	1.5	1	0.5×0.5
银柴 Aporosa dioica	灌木	1.5	1	0.5×0.5
黄花稔 Sida acuta	草本			3%
飞机草 Chromolaena odorata	草本			3%

表 3 白楸+鸭脚木+大果榕 群落样方表

群落名称	白楸+鸭脚木+大果榕 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.429166°E109.593544°			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
鸭脚木 Schefflera heptaphylla	乔木	5	5.5	2.5×2
鸭脚木 Schefflera heptaphylla	乔木	5	5.5	2.5×2
鸭脚木 Schefflera heptaphylla	乔木	4	5	2×2
大果榕 Ficus auriculata	乔木	6.5	5	4×3
大果榕 Ficus auriculata	乔木	6	4.5	4×3
翻白叶 Pterospermum heterophyllum	乔木	1	2	0.8×0.8
翻白叶 Pterospermum heterophyllum	乔木	1	2	0.8×0.8
黄毛楤木 Aralia decaisneana	乔木	4	5	2×2
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	3	3	2×1.5
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	3	3	2×1.5
鱼尾葵 Caryota maxima	乔木	3	2	0.02
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	6	6	3×2
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	6	6	3×2
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	6	5.5	2.5×2
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	5	5	2.5×2
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	4	3	2×2
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	4	3	2×2
破布叶 Microcos paniculata	灌木	3	3	2×1.8
破布叶 Microcos paniculata	灌木	3	3	2×1.9
毛瓣鸡血藤 Millettia pachyloba	藤本			0.05
眼镜豆 Entada rheedii	藤本			0.02
粽叶芦 Thysanolaena latifolia	草本			0.08

表 4 水柳+水竹+鹊肾 群落样方表

群落名称	水柳+水竹+鹊肾 群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19.640330°E109.447647°			
植物种名	生长型	株数	高度 m	盖度%
水柳 Homonoia riparia	灌木	5	1	10
水柳 Homonoia riparia	灌木	5	0.5	10
水柳 Homonoia riparia	灌木	2	0.8	5
鹊肾 Streblus asper	灌木	5	2	10
野牡丹 Melastoma malabathricum	灌木	2	1	5
九节 Psychotria asiatica	灌木	3	0.6	5
水竹 Phragmites karka	草本		0.5	20
斑茅 Saccharum arundinaceum	草本		1	10
牛筋藤 Malaisia scandens	藤本			5

表 5 白楸+构树+山黄麻 群落样方表

群落名称	白楸+构树+山黄麻 群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19.638380°E109.444788°			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
构树 Broussonetia papyrifera	乔木	5	6	4×4
构树 Broussonetia papyrifera	乔木	5	6	4×4
倒吊笔 Wrightia pubescens	乔木	2	2	1×1
倒吊笔 Wrightia pubescens	乔木	2.5	2	1×1
簕欓花椒 Zanthoxylum avicennae	乔木	4	4	2×2
簕欓花椒 Zanthoxylum avicennae	乔木	4	4	2×2
对叶榕 Ficus hispida	乔木	4	5	3×3
潺槁木姜 Litsea glutinosa	乔木	2	1	1×0.8
光滑黄皮 Clausena lenis	乔木	1.5	1	1×0.8
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	7	6	4×4
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	6	6	4×4
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	6	5	4×3
赤才 Lepisanthes rubiginosa	灌木	2	3	1.5×1
赤才 Lepisanthes rubiginosa	灌木	2.5	3	1.5×1

赤才 Lepisanthes rubiginosa	灌木	2	2.5	1×1
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	5	4	3×3
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	4	4	3×3
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	4	4	3×2.5
谷木 Memecylon ligustrifolium	灌木	1.5	1.8	1×0.8
谷木 Memecylon ligustrifolium	灌木	1.5	1.8	1×0.8
谷木 Memecylon ligustrifolium	灌木	1.5	1.5	1×0.8
白背叶 Mallotus apelta	灌木	1.5	1	1×0.8
马樱丹 Lantana camara	灌木	1	0.8	0.8×0.8
山芝麻 Helicteres angustifolia	灌木			2%
排钱草 Phyllodium pulchellum	亚灌木			2%
梵天花 Urena procumbens	亚灌木			3%
飞机草 Chromolaena odorata	草本			2%
斑茅 Saccharum arundinaceum	草本			8%
相思子 Abrus precatorius	藤本			2%

表 6 火筒树+山黄麻+鱼尾葵 群落样方表

群落名称	火筒树+山黄麻+鱼尾葵 群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19.632201°E109.443156°			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
鱼尾葵 Caryota maxima	乔木	4	3.5	1.5×1.5
鱼尾葵 Caryota maxima	乔木	3	3.5	1.5×1.5
鱼尾葵 Caryota maxima	乔木	3	3.5	1.5×1.5
刺竹 Bambusa arundinaceae	乔木		4	10%
火筒树 Leea indica	灌木	5	5	2×2
火筒树 Leea indica	灌木	4	5	2×2
火筒树 Leea indica	灌木	4	5	2×2
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	5	6	3×3
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	4	5	3×2
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	4	5	3×2
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	3	3	2×2
白楸 Mallotus paniculatus	灌木	3	3	2×2
裸花紫珠 Callicarpa nudiflora	灌木	2	2	1.5×1.5

裸花紫珠 Callicarpa nudiflora	灌木	2	2	1.5×1.5
龙眼睛 Phyllanthus reticulatus	灌木	1	1	0.8×0.8
乌蔹莓 Cayratia japonica	藤本			2%
掌叶山猪菜 Merremia vitifolia	藤本			2%
红藤 Daemonorops jankinsianus	藤本			5%
牛筋藤 Malaisia scandens	藤本			2%

表 7 假臭草+黄花稔+野甘草 群落样方表

群落名称	假臭草+黄花稔+野甘草 群落		
样方面积	2m×2m		
GPS	N19.748590°E109.352516°		
植物种名	生长型	平均高度	盖度%
猪屎豆 Crotalaria pallida	亚灌木	0.5	5
假臭草 Praxelis clematidea	草本	0.3	35
黄花稔 Sida acuta	草本	0.25	20
野甘草 Scoparia dulcis	草本	0.2	15
飞机草 Chromolaena odorata	草本	0.6	10
狗牙根 Cynodon dactylon	草本		5
龙珠果 Passiflora foetida	藤本		5

表 8 飞机草+加拿大蓬+一点红 群落样方表

群落名称	飞机草+加拿大蓬+一点红 群落		
样方面积	2m×2m		
GPS	N19.750807°E109.355507°		
植物种名	生长型	平均高度	盖度%
磨盘草 Abutilon indicum	亚灌木	0.5	5
飞机草 Chromolaena odorata	草本	0.3	20
加拿大蓬 Erigeron canadensis	草本	0.5	15
一点红 Emilia sonchifolia	草本	0.3	15
假臭草 Praxelis clematidea	草本	0.4	10
黄花稔 Sida acuta	草本	0.3	10
梵天花 Urena procumbens	草本	0.4	5
龙珠果 Passiflora foetida	藤本		5

表 9　红树+桐花树+白骨壤 群落样方表

群落名称	红树+桐花树+白骨壤 群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19.768400°E109.260986°			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	4	3	2×1.5m
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	5	3.5	2×2m
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	6	4	2×2m
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	7	5	2×2.5m
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	7	5.5	2×2.5m
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	7	5.5	2×2.5m
红树 Rhizophora apiculata	小乔木	5	4	2×1.5m
桐花树 Aegiceras corniculatum	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树 Aegiceras corniculatum	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树 Aegiceras corniculatum	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树 Aegiceras corniculatum	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树 Aegiceras corniculatum	灌木	3	0.7	1×1.5m
白骨壤 Avicennia marina	灌木	3	2	1×1.5m
白骨壤 Avicennia marina	灌木	3	2	1×1.5m
榄李 Lumnitzera racemosa	灌木	3	1.8	1×0.6m
榄李 Lumnitzera racemosa	灌木	3	1.8	1×0.6m
许树 Clerodendrum inerme	灌木			2%
刺茉莉 Azima sarmentosa	灌木			2%

表 10-1　橡胶 群落样方表

群落名称	橡胶 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.635768°E109.453543°			
种名	生长型	株数/株行距	盖度%	平均高度 m
橡胶 Hevea brassiliensis	乔木	3×2m	70	10
猫尾木 Dolichandrone cauda-felina	乔木	5	10	1.5
白楸 Mallotus paniculatus	乔木	2	5	1.2
对叶榕 Ficus hispida	乔木	2	5	1.2
鱼尾葵 Caryota maxima	乔木	2	2	0.8

九节 Psychotria asiatica	灌木	4	5	0.5
三稔蒴 Alchornea rugosa	灌木	10	30	0.9
野牡丹 Melastoma malabathricum	灌木	3	5	0.7
赤才 Lepisanthes rubiginosa	灌木	3	5	0.5
蜈蚣草 Pteris vittata	草本	5	5	0.15
草豆蔻 Alpinia hainanensis	草本	5	10	1.2
假益智 Alpinia maclurei	草本	2	3	0.5
半边旗 Pteris semipinnata	草本	3	3	0.3
飞机草 Chromolaena odorata	草本	2	2	0.5
地毯草 Axonopus compressus	草本	5	2	0.2
掌叶山猪菜 Merremia vitifolia	藤本		2	

表 10-2　橡胶 群落样方表

群落名称	橡胶 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.636158°E109.460936°			
种名	生长型	株数/株行距	盖度%	平均高度 m
橡胶 Hevea brassiliensis	乔木	2.5×2m	80	8
千斤拔 Flemingia macrophylla	灌木	2	3	0.8
草露兜 Pandanus austrosinensis	草本	5	10	0.8
棕叶狗尾草 Setaria palmaefolia	草本	10	15	0.6
乌毛蕨 Blechnum orientale	草本	2	5	0.7
海芋 Alocasia odora	草本	5	10	1
新月蕨 Pronephrium gymnopteridifrons	草本	5 丛	10	0.2
疏刺花椒 Zanthoxylum nitidum	藤本	2	5	0.5

表 10-3　橡胶 群落样方表

群落名称	橡胶 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.623535°E109.458926°			
种名	生长型	株数	盖度%	平均高度 m
橡胶 Hevea brassiliensis	乔木	2.5×2m	80	10
对叶榕 Ficus hispida	乔木	10	15	1
苦楝 Melia azedarach	乔木	2	5	0.6

吊球草 Hyptis rhomboidea	草本	3	5	0.6
华南毛蕨 Cyclosorus parasiticus	草本	5	10	0.3
淡竹叶 Lophatherum gracile	草本		20	1
火炭母 Polygonum chinense	草本		10	0.1
飞机草 Chromolaena odorata	草本	5	10	0.8

表 11-1　尾叶桉 群落样方表

群落名称	桉树林			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.67028°E109.421763333°			
种名	生长型	株数	盖度%	平均高度 m
尾叶桉 Eucalyptus urophylla	乔木	20	60	8
桃金娘 Rhodomyrtus tomentosa	灌木	3	5	1
破布叶 Microcos paniculata	灌木	2	5	1
银柴 Aporosa dioica	灌木	4	10	1
赤才 Lepisanthes rubiginosa	灌木	5	10	0.8
酒饼簕 Atalantia buxifolia	灌木	4	10	0.5
了哥王 Wikstroemia indica	灌木	3	5	0.3
细基丸 Polyalthia cerasoides	灌木	2	5	1.2
光滑黄皮 Clausena lenis	灌木	2	5	0.8
山芝麻 Helicteres angustifolia	亚灌木	5	10	0.8
排钱草 Phyllodium pulchellum	亚灌木	2	3	0.8
梵天花 Urena procumbens	亚灌木	5	5	0.6
飞机草 Chromolaena odorata	草本	5	10	0.8
心叶黄花稔 Sida cordifolia	草本	3	5	0.3
指叶山猪菜 Merremia quinata	藤本	5	10	0.1

表 11-2　尾叶桉 群落样方表

群落名称	桉树林			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.669530°E109.424416°			
种名	生长型	株数	盖度%	平均高度 m
尾叶桉 Eucalyptus urophylla	乔木	18	60	7
潺槁木姜子 Litsea glutinosa	乔木	5	15	0.9

厚皮树 Lannea coromandelica	乔木	5	15	1.3
刺葵 Phoenix loureiroi	乔木	2	5	0.8
毛柿 Diospyros strigosa	灌木	5	5	0.4
银柴 Aporosa dioica	灌木	5	10	0.8
黄牛木 Cratoxylum cochinchinense	灌木	3	10	1.2
玉叶金花 Mussaenda pubescens	灌木	2	2	
刺茉莉 Azima sarmentosa	灌木	5	5	0.5
牛眼马钱 Strychnos angustiflora	灌木	3	5	1.5
山黄麻 Trema tomentosa	灌木	5	10	0.8
假杜鹃 Barleria cristata	亚灌木	2	5	0.1
山芝麻 Helicteres angustifolia	亚灌木	5	10	0.8

表 11-3　尾叶桉 群落样方表

群落名称	橡胶 群落			
样方面积	10m×10m			
GPS	N19.802685°E109.333860°			
种名	生长型	株数	盖度%	平均高度 m
尾叶桉 Eucalyptus urophylla	乔木	23	65	10
细叶裸实 Gymnosporia diversifolia	灌木	5	20	0.4
坡柳 Dodonaea viscosa	灌木	4	10	0.6
马樱丹 Lantana camara	灌木	2	5	0.5
玉叶金花 Mussaenda pubescens	灌木	2	5	
翼叶九里香 Murraya alata	灌木	2	5	0.7
飞机草 Chromolaena odorata	草本	10	30	1.5
黄花稔 Sida acuta	草本	8	15	0.3
飞扬草 Euphorbia hirta	草本	5	5	0.2
仙人掌 Opuntia dillenii	草本	2	5	0.5

表 12　　黄皮、黄槿半红树林群落样方表

群落名称	水黄皮、黄槿半红树林群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19°43'24.82" E109°14'14.58"			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
水黄皮（半红树）	灌木	5	4	1×1.5m

水黄皮（半红树）	灌木	4	3.5	1×2m
水黄皮（半红树）	灌木	3	3	1×2m
黄槿（半红树）	灌木	2	1.5	1×1.5m
黄槿（半红树）	灌木	1	1.5	1×1.5m
黄槿（半红树）	灌木	1	1.5	1×1.5m
海杧果（半红树）	灌木	1	0.8	0.5×0.5m
许树（半红树）	灌木	2	2	0.5×0.8m
坡柳	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
倒吊笔	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
多刺山黄皮	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
对叶榕	灌木	3	2	1×1.5m
常见的植物还有厚藤、长春花、一点红、积雪草、土牛膝、鳢肠、斑茅、大尾摇等				

表 13　黄槿，许树，阔苞菊 群落样方表

群落名称	黄槿，许树，阔苞菊群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19°46'31.72"　E109°18'7.66"			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
黄槿	灌木	5	4	1×1.5m
黄槿	灌木	4	3.5	1×2m
黄槿	灌木	3	3	1×2m
许树	灌木	2	1.5	1×1.5m
许树	灌木	1	1.5	1×1.5m
许树	灌木	1	1.5	1×1.5m
榄李	灌木	1	0.8	0.5×0.5m
水黄皮	灌木	2	2	0.5×0.8m
坡柳	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
多刺山黄皮	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
多刺山黄皮	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
对叶榕	灌木	3	2	1×1.5m
常见的植物还有梵天花、海马齿苋、鬼针草、土牛膝、金腰箭				

表 14　红海榄，桐花树，白骨壤 群落样方表

群落名称	红海榄，桐花树，白骨壤群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19°46'14.09"，E109°15'26.69"			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
红海榄	小乔木	4	3	2×1.5m
红海榄	小乔木	4	3	2×1.5m
红海榄	小乔木	5	3.5	2×2m

红海榄	小乔木	6	4	2×2m
红海榄	小乔木	7	5	2×2.5m
红海榄	小乔木	7	5.5	2×2.5m
红海榄	小乔木	7	5.5	2×2.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
白骨壤	灌木	3	2	1×1.5m
白骨壤	灌木	3	2	1×1.5m
榄李	灌木	3	1.8	1×0.6m
榄李	灌木	3	1.8	1×0.6m
许树	灌木			2%
刺茉莉	灌木			2%

表 15 木榄，红海榄，桐花树群落样方表

群落名称		木榄，桐花树，白骨壤群落					
样方面积		10m×10m					
GPS		N19°46'13.4"，E109°15'24.7"					
物种	胸径（cm）	高度(m)	冠幅(m)	物种	胸径（cm）	高度(m)	冠幅(m)
木榄	6	3	2x2	红海榄	8	4	2x2
木榄	7	4	2x2	红海榄	8	4	2x2
木榄	8	4	1.5x1.5	红海榄	8	4	2x2
木榄	6	3.5	1.5x2	红海榄	9	4.5	2x2
木榄	8	4	2x2	红海榄	7	4	1.5x1.5
木榄	8	4	2x2	红海榄	7	4	2x2
木榄	6	3	1.5x1.5	红海榄	6	3	2x2
木榄	6	2.5	1.5x2	红海榄	6	3	1.5x1.5
木榄	6	3	1.5x2	红海榄	6	5	1.5x2
木榄	7	4	2x2	红海榄	7	4	1.5x1.5
木榄	5	2.5	2x2	红海榄	7	4	1.5x2
木榄	5	2.5	2x2	红海榄	9	4	2x2
木榄	6	4	2x2	红海榄	6	4	2x2
木榄	4	2.5	2x2	红海榄	6	4	1.5x1.5
木榄	4	2.5	1.5x1.5	红海榄	8	4.5	2x2
木榄	6	3	1.5x2	红海榄	8	4	2x2
木榄	6	3	2x2	红海榄	8	4	1.5x1.5
木榄	6	3	2x2	红海榄	9	5	1.5x2
木榄	8	4	1.5x1.5	红海榄	7	4	1.5x1.5
木榄	8	4	1.5x2	红海榄	7	4	1.5x2
木榄	6	3	1.5x2	红海榄	6	4	2x2
木榄	6	4	2x2	红海榄	6	3	2x2
木榄	6	4	2x2	红海榄	6	4	2x2
木榄	7	3.5	2x2	红海榄	8	4	2x2
木榄	5	4	2x2	红海榄	9	3	2x2
木榄	5	4	2x2	红海榄	7	3	1.5x1.5
木榄	6	3	1.5x1.5	红海榄	7	3.5	2x2
木榄	4	2.5	1.5x2	红海榄	6	4	2x2
木榄	4	3	1.5x2	红海榄	6	4	2x2
木榄	6	4	2x2	红海榄	6	4	2x2
木榄	6	2.5	2x2	桐花树	4	1.5	1x1
木榄	6	2.5	2x2	桐花树	6	2	1x1.5
木榄	6	4	2x2	桐花树	5	2	1.5x1.5
木榄	6	2.5	2x2	桐花树	3.5	1.5	1x1
木榄	7	2.5	1.5x1.5	桐花树	4.5	1.5	1.5x1.5

木榄	5	3	1.5x2	桐花树	5	1	1x1
木榄	5	3	2x2	桐花树	4	1	1x1
木榄	6	3	2x2	桐花树	4	1.5	2x2
木榄	4	4	1.5x1.5	桐花树	7	2	2x2
木榄	6	4	2x2	桐花树	3	1.5	1x1
木榄	6	4	1.5x1.5	桐花树	4.5	1.5	1x1
木榄	6	4	1.5x2	桐花树	5	1	1x1.5
红海榄	7	3	2x2	桐花树	5	1.5	1.5x1.5
红海榄	7	3	2x2	白骨壤	10	4	2x3
红海榄	9	5	2x2	白骨壤	9	3	2x2
红海榄	6	4	2x2	白骨壤	11	4	2x3

表 16 红海榄，桐花树群落样方记录表

群落名称		红海榄，桐花树群落					
样方面积		10m×10m					
GPS		N19°47'20.4"，E109°16'38.8"					
物种	胸径（cm）	高度(m)	冠幅(m)	物种	胸径（cm）	高度(m)	冠幅(m)
红海榄	8	2	1.5x1.5	红海榄	7.5	3	1.5x2
红海榄	7	2	2x2	红海榄	8.5	2	1.5x1.5
红海榄	9	2	1.5x1.5	红海榄	8	2	2x2
红海榄	8	3	2x2	红海榄	8	2	1.5x1.5
红海榄	8	2.5	2x2	红海榄	6	2.5	2x2
红海榄	7	2	1.5x1.5	红海榄	9	3	2x2
红海榄	7.5	3	2x2	红海榄	7.5	3	1.5x1.5
红海榄	8.5	2	2x2	红海榄	8	2	2x2
红海榄	9	3	1.5x1.5	红海榄	7.5	3.5	2x2
红海榄	8	2.5	1.5x2	红海榄	7	2	1.5x1.5
红海榄	8.5	2.5	1.5x1.5	红海榄	8	3	1.5x2
红海榄	7	2.5	2x2	红海榄	8.5	3.5	1.5x1.5
红海榄	8	3	1.5x1.5	红海榄	7	3	2x2
红海榄	7	2	2x2	红海榄	6.5	2	2x2
红海榄	8.5	2	2x2	红海榄	9	2.5	1.5x1.5
红海榄	8	2	1.5x1.5	红海榄	9	2.5	2x2
红海榄	8	3	2x2	红海榄	8	3	2x2
红海榄	7.5	2.5	2x2	红海榄	8.5	3	1.5x1.5
红海榄	6	3	1.5x1.5	红海榄	7	2.5	1.5x2
红海榄	9	2	1.5x2	红海榄	8	2	2x2
红海榄	9	2	1.5x1.5	红海榄	8	3	2x2
红海榄	7.5	3	2x2	红海榄	7	3.5	1.5x1.5

红海榄	7.5	2	2x2	红海榄	8	3	2x2
红海榄	7	2	1.5x1.5	桐花树	6	2	2x3
红海榄	8	2.5	2x2	桐花树	6.5	2	2.5x2.5
红海榄	8	3	2x2	桐花树	7	2	2x2
红海榄	6.5	3	1.5x1.5	桐花树	7	2.5	2.5x2.5
红海榄	6.5	2	1.5x2	桐花树	7.5	3	2x3
红海榄	6.5	3	1.5x1.5	桐花树	8	3	2x3
红海榄	9	2	2x2	桐花树	8	2.5	2x3
红海榄	8	3.5	1.5x1.5	桐花树	6.5	2.5	2x2
红海榄	8	2	2x2	桐花树	6	2	2x2
红海榄	7	2	2x2	桐花树	7.5	2	2.5x2.5
红海榄	6.5	3.5	1.5x1.5	桐花树	7.5	3	2x3

附表 16　木榄，桐花树，白骨壤 群落样方表

群落名称		木榄，桐花树，白骨壤群落					
样方面积		10m×10m					
GPS		N19°46'49.3"，E109°18'03.5"					
物种	胸径（cm）	高度(m)	冠幅(m)	物种	胸径（cm）	高度(m)	冠幅(m)
红海榄	8	4	1.5x1.5	红海榄	7.5	5	2x3
红海榄	7	4	1.5x2	红海榄	6	4	2.5x2.5
红海榄	7.5	4.5	2x2	红海榄	9	4.5	2x2
红海榄	8.5	5	2x2	红海榄	7	5	2.5x2.5
红海榄	9	5	1.5x1.5	红海榄	8.5	5	1.5x1.5
红海榄	8	5	2x2	红海榄	8	4	2x2
红海榄	8.5	4	2x3	红海榄	8	5	1.5x1.5
红海榄	7	4	2.5x2.5	红海榄	7.5	5	2x2
红海榄	8	4.5	2x2	红海榄	6	4.5	2x2
红海榄	7	5	2.5x2.5	红海榄	9	5	1.5x1.5
红海榄	8.5	4	1.5x1.5	红海榄	9	4	2x2
红海榄	8	4.5	2x2	红海榄	7.5	4.5	2x2
红海榄	8	5	1.5x1.5	红海榄	7.5	5	1.5x1.5
红海榄	7.5	5	2x2	红海榄	8	5	1.5x2
红海榄	6	4	2x2	红海榄	8.5	5	1.5x2
红海榄	9	5	1.5x1.5	桐花树	4	4.5	1.5x1.5
红海榄	9	5	2x2	桐花树	4	5	2x2
红海榄	7.5	4.5	2x2	桐花树	5	4	2x2
红海榄	7.5	4	1.5x1.5	桐花树	5	4.5	1.5x1.5
红海榄	8	4	1.5x2	桐花树	4.5	5	1.5x2
红海榄	8.5	4.5	1.5x1.5	桐花树	5.5	5	1.5x2

红海榄	7	5	2x2	桐花树	5.5	4	2x2
红海榄	8	5	1.5x1.5	桐花树	6	4.5	1.5x1.5
红海榄	7	5	2x2	桐花树	6	5	1.5x2
红海榄	8.5	4	2x2	桐花树	4.5	4.5	1.5x2
红海榄	8	4	1.5x1.5	桐花树	6	5	1.5x1.5
红海榄	8	4.5	2x2				

表 17　海漆，白骨壤，角果木 群落样方表

群落名称	红海榄，桐花树，白骨壤群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19°46'10.18" ，E109°15'13.33"			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
海漆	小乔木	3	2	2×1.5m
海漆	小乔木	3	2.5	2×2m
海漆	小乔木	4	3	2×2m
海漆	小乔木	4	4	2×2.5m
海漆	小乔木	3	4.5	2×2.5m
海漆	小乔木	4	4.5	2×2.5m
海漆	小乔木	3	4	2×1.5m
白骨壤	灌木	2	0.5	1×1.5m
白骨壤	灌木	2	0.5	1×1.5m
白骨壤	灌木	2	0.5	1×1.5m
白骨壤	灌木	2	0.5	1×1.5m
角果木	灌木	3	0.8	1×1.5m
角果木	灌木	2	1.5	1×1.5m
角果木	灌木	2	1.5	1×1.5m
榄李	灌木	3	1.5	1×0.6m
榄李	灌木	2	1.5	1×0.6m
黄槿	小乔木	5	4	2×2.5m
许树	灌木			5%
海杧果	小乔木			5%

表 18　角果木，榄李，桐花树 群落样方表

群落名称	角果木，榄李，桐花树群落			
样方面积	5m×5m			
GPS	N19°43'31.60" ，E109°17'31.66"			
植物种名	生长型	胸径/cm	高度/m	冠幅 m 或盖度%
角果木	小乔木	3	2	1×1.5m
角果木	小乔木	3	2.5	1×2m
角果木	小乔木	3	3	1×2m
角果木	小乔木	3	2.5	2×2m
角果木	小乔木	3	2.5	2×2m
角果木	小乔木	2	2.5	2×2m
角果木	小乔木	3	4	2×1m
榄李	灌木	1	1	0.5×0.8m
榄李	灌木	1	1	0.5×0.8m
榄李	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
榄李	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
榄李	灌木	2	1.5	0.5×0.8m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
桐花树	灌木	3	0.7	1×1.5m
白骨壤	灌木	3	2	1×1.5m
白骨壤	灌木	3	2	1×1.5m
海莲	小乔木	4	4	2×1.5m
海漆	小乔木	4	3.5	2×2m

附录二 评价区植物名录

序号	植物	外来/栽培
	Ⅰ．蕨类植物门 PTERIDOPHYTA	
	一、海金沙科 Lygodiaceae	
1	掌叶海金沙 *Lygodium digitatum Preel.*	
2	海金沙 *L. japoicum (Thunb.) Sw.*	
3	狭叶海金沙 *L. mierostachyum Desv.*	
	二、里白科 Gleicheniaceae	
4	铁芒萁 *Dicranopteris lineais (Burm. f.) Underw.*	
	三、陵齿蕨科 Lindsaeaceae	
5	乌蕨 *Stenoloma chusanun (L.) Chig*	
	四、骨碎补科 Davalliaceae	
6	肾蕨 *Nephrolepis cordifolia (Linn.) Presl.*	
7	长叶肾蕨（耳叶变种）*N. cordifolia (Linn.) Presl.var. auriculata Ching*	
	五、凤尾蕨科Ｐteridaceae	
8	井边茜 *Pteris ensiformi Barm. f. Fl.*	
9	半边旗 *P. semipinnata L.*	
10	蜈蚣草 *P. vittata Linn*	
	六、卤蕨科 Acrostichaceae	
11	卤蕨 *Acrostichum aureum Linn*	
	七、金星蕨科 Thelypteridaceae	
12	华南毛蕨 *Cyclosorus parasiticus (Linn.*	
13	毛蕨 *C. gongyiodes Farwell*	
	八、乌毛蕨科 Blechnaceae	
14	乌毛蕨 *Blechnum orientale Linn.*	
	九、水龙骨科 Polypodiaceae	
15	抱树莲 *Drymoglossum piloselloides Presl*	
	Ⅱ．种子植物门 SPERMATOPHYTA	
	（I）裸子植物亚门 GYMNOSPERMAE	
	一、南洋杉科 Araucariaceae	
1	南洋杉 *Araucaria cunninghamia Sweet*	栽培
	二、柏科 Cupressaceae	
2	龙柏 *Sabina chinensis cv. Kaizuca*	栽培
	（II）被子植物亚门 ANGIOSPERMAE	
	双子叶植物纲 DICOTYLEDONEAE	
	一、番荔枝科 Annonaceae	
1	番荔枝 *Annona squamosa Linn*	
2	假鹰爪 *Desmos chinensis Lour.*	
3	白背瓜馥木 *Fissistigma glaucescens (Hance) Merr.*	
4	细基丸 *Polyalthia cerasoides (Roxb.) Benth. et Hook. f. ex Bedd.*	

5	暗罗 *P. suberosa (Roxb.) Thw.*	
6	紫玉盘 *Uvaria microcarpa Champ. ex Benth.*	
	二、樟科 Lauraceae	
7	无根藤 *Cassytha filiformis Linn. Sp. Pl.*	
8	潺槁木姜 *Litsea glutinosa (Lour.) C. B. Rob.*	
9	假柿木姜子 *L. monopetala (Roxb.) Pers.*	
	三、睡莲科 Nymphaeaceae	
10	莲 *Nymphaea nucifera Gaertn.*	
	四、防己科 Menispermaceae	
11	毛叶轮环藤 *Cyclea barbata Miers*	
12	密花轮环藤 *C. glacillima Diels*	
13	粉叶轮环藤 *C. hypoglauca (Schauer) Diels*	
14	苍白秤钩风 *Diploclisia glaucescens (Bl.) Diels*	
15	粪箕笃 *Stephania longa Lour.*	
	五、胡椒科 Piperaceae	
16	华南蒟 *Piper austrosinense Tseng*	
17	海南蒟 *P. hainanense Hemsl.*	
18	山蒟 *P. hancei Maxim.*	
19	假蒟 *P. sarmentosum Roxb.*	
20	斜叶蒟 *P. senporeiense Yamamoto*	
	六、白花菜科 Capparidaceae	
21	曲枝槌果藤 *Capparis sepiaria Linn*	
22	槌果藤 *C.hastigera Linn*	
23	白花菜 *Cleome gynandra Linn*	
24	臭矢菜 *C. viscosa Linn*	
	七、十字花科 Cruciferae	
25	芥兰 *Brassica capitata L*	栽培
26	青菜 *B.chinensis Linn*	栽培
27	苦芥 *B.integrifolia(west)O.E.Schulz*	栽培
28	芥菜 *B.Juncea (Linn.)Czern.et Coss*	栽培
29	花椰菜 *B. oleracea L. var. botvytis L*	栽培
30	椰菜 *B.oleracea Linn.var.capitata Linn*	栽培
31	菜心 *B. Parachinensis L.H.Bailey*	栽培
32	白菜 *B. pekinensis(Lour) Rupr*	栽培
	八、景天科 Crassulaceae	
33	落地生根 *Kalanchoe pinnata (Linn.f.)Oken*	
34	伽蓝菜 *K. lacinizta DC*	
	九、粟米草科 Molluginaceae	
35	粟米草 *Mollugo peutaphyiia Linn*	
	十、马齿苋科 Portulacaceae	
36	马齿苋 *Portulaca oleracea Linn*	
	十一、蓼科 Polygonaceae	

37	毛蓼 *Polygonum barbatum Linn.*	
38	火炭母 *P. chinense Linn.*	
39	光蓼 *P. glabrum Willd.*	
40	辣蓼 *P. hydropiper Linn. var. flaccidum (Meissn.) Steward*	
41	粗毛蓼 *P. hydropiper Linn. var. hispidum (Hook. f.) Steward*	
	十二、藜科 Chenopodiaceae	
42	土荆芥 *Chenopodium ambrosioides Linn*	外来入侵
43	菠菜 *Spinacia deracea Linn*	栽培
	十三、苋科 Amaranthaceae	
44	土牛膝 *Achyranthes aspera L.*	
45	牛膝 *A. bidentata Blume*	
46	莲子草 *Alternanthera sessilis DC*	
47	白花苋 *Aerva sanguinolenta (Linn.) Blume*	
48	刺苋 *Amaranthus spinosus Linn.*	外来入侵
49	野苋 *A. viridis L.*	外来入侵
50	青葙 *Celosia argentea Linn.*	
	十四、酢浆草科 Oxalidaceae	
51	杨桃 *Averrhoa carambola Linn*	栽培
52	酢浆草 *Oxalis corniculata Linn.*	
	十五、千屈菜科	
53	大花紫薇 *Lagerstroemia speciosa L*	栽培
	十六、海桑科 Sonneratiaceae	
54	海桑 *Sonneratia saseolaris L*	
	十七、柳叶菜科 Onagraceae	
55	水龙 *Ludwigia adscendens (L.) Hara*	
56	草龙 *L. hyssopifolia (G. Don) Exell. ex A. et R. Fernades*	
57	毛草龙 *L. octovalvis (Jacq.) Raven subsp. Sessiliflora (Mich.) Raven*	
	十八、瑞香科 Thymelaeaceae	
58	白木香 *Aquilaria sinensis Gilg*	栽培
59	了哥王 *Wikstroemia indica (Linn.) C. A. Mey.*	
	十九、紫茉莉科 Nyctaginaceae	
60	华黄细心 *Boerhavia chinensis Aschers.& Schweinf*	
61	黄细心 *B. diffusa Linn*	
62	宝巾 *Bougainvillea glabra Choisy*	栽培
63	紫茉莉 *Mirabilis jalapa Linn*	栽培
	二十、五桠果科 Dilleniaceae	
64	锡叶藤 *Tetracera sarmentosa (Linn.) Vahl*	
	二十一、大风子科 Flacourtiaceae	
65	刺篱木 *Flacourtia indica (Burm. f.) Merr.*	
66	海南大风子 *Hydnocarpus hainanensis Sleum*	
67	刺柊 *Scolopia chinensis (Lour.) Clos*	
68	广东刺柊 *S. saeva (Hance) Hance*	

	二十二、西番莲科 Passifloraceae	
69	龙珠果 *Passiflora foetida Linn.*	
	二十三、葫芦科 Cucurbitaceae	
70	冬瓜 *Benincasa hispida Cogn*	栽培
71	西瓜 *Citrullus vulgaris Mats.& Nakai*	栽培
72	红瓜 *Coccinia sativus Voigt*	栽培
73	黄瓜 *Cucumis sativus Linn*	栽培
74	南瓜 *Cucurbita moschata Duch*	栽培
75	毒瓜 *Diplocyclos palmatus (Linn.) C. Jeffr.*	
76	丝瓜 *Luffa cylindrioa Roem*	栽培
77	苦瓜 *Momordica charantia Linn*	栽培
78	三叶绞股蓝 *Gynostemma laxum (Wall.) Cogn.*	
79	糙点栝楼 *Trichosanthes dunniana Le'vl.*	
80	长萼栝楼 *T. laceribracter Hayata*	
	二十四、番木瓜科 Caricaceae	
81	番木瓜 *Carica papaya Linn.*	栽培
	二十五、仙人掌科 Cactaceae	
82	量天尺 *Hylocereus undatus Britt et Rose*	
83	仙人掌 *Opuntia dillenii Haw*	外来入侵种
	二十六、山茶科 Theaceae	
84	糙果油茶 *Camellia furfuracea Cohen-Stuart*	
85	油茶 *C.oleifera Abel*	栽培
	二十七、桃金娘科 Myrtaceae	
86	水翁 *Cleistocalyx operculatus (Roxb.) Merr. et Perry*	
87	窿橡桉 *Eucalyptus exserta F.v.Muell*	栽培
88	尾叶桉 *E. urophylla S.T. Blake*	栽培
89	桉 *E. robusta Smith*	栽培
90	番石榴 *Psidium guajava Linn*	外来逸生种
91	桃金娘 *Rhodomyrtus tomentosa Hassk*	
	二十八、野牡丹科 Melastomataceae	
92	野牡丹 *Melastoma candidum D.Don*	
93	毛稔 *M. sanguineum Sims*	
94	谷木 *Memecylon ligustrifolium Champ. ex Benth.*	
95	黑叶谷木 *M. nigreseens Hook. et Arn.*	
	二十九、使君子科 Combretaceae	
96	风车子 *Combretum pilosum Roxb.*	
97	榄李 *Lumnitzera racemosa Willd*	
98	使君子 *Quisqualis indca Linn*	
99	榄仁树 *Terminalia catappa Linn*	
100	小叶榄仁 *T. neotaliala Capuron*	栽培
	三十、红树科 Rhizophoraceae	
101	木榄 *Bruguiera gymnorrhiza Savigny*	

102	海莲 *B.sexanguia Poir*	
103	竹节树 *Carallia brachiata Merr*	
104	角果木 *Ceriops tagal C.B.Bob*	
105	红树 *Rhizophora apiculata Bl*	
106	红海榄 *Rhizophora stylosa*	
107	秋茄树 *Kandelia obovata*	
	三十一、金丝桃科 Hypericaceae	
108	黄牛木 *Cratoxylum cochinchinense (Lour.) Bl.*	
109	田基黄 *Hypericum japonicum Thunb.ex Murray*	
	三十二、藤黄科 Guttiferae	
110	红厚壳 *Calophynum inophyllum Linn*	
111	岭南山竹子 *Garcinia oblongifolia Champ*	
	三十三、椴树科 Tiliaceae	
112	甜麻 *Corchorus aestuans Linn.*	
113	同色扁担杆 *Grewia concolor Merr.*	
114	毛果扁担杆 *G. eriocarpa Juss.*	
115	稔叶扁担杆 *G. urenaefolia (Pierre) Gagnep.*	
116	破布叶 *Microcos paniculata Linn.*	
	三十四、梧桐科 Sterculiaceae	
117	山芝麻 *Helicteres angustifolia Linn.*	
118	雁婆麻 *H. hirsuta Lour.*	
119	火索麻 *H. isora Linn.*	
120	剑叶山芝麻 *H. lanceolata DC.*	
121	翻白叶树 *Pterospermum heterophyllum Hance*	
122	窄叶半枫荷 *P. lanceaefolium Roxb.*	
123	假苹婆 *Sterculia lanceolata Cav.*	
	三十五、木棉科 Bombacaceae	
124	木棉 *Bombax ceiba Linn.*	
125	爪哇木棉 *Ceiba pentandra Gaertn*	栽培
126	马拉巴粟 *Pachira macrocarpa Schl*	栽培
	三十六、锦葵科 Malvaceae	
127	磨盘草 *Abutilon indicum (L.) Sweet*	
128	黄槿 *Hibiscus tiliacetus Linn.*	
129	黄花稔 *Sida acuta Burm. f.*	
130	肖梵天花 *Urena lobata Linn.*	
131	梵天花 *U. procumbens Linn.*	
	三十七、大戟科 Euphorbiaceae	
132	铁苋菜 *Acalypha australis L.*	
133	三稔蒟 *Alchornea rugosa (Lour.) Muell.*	
134	红背山麻杆 *A. trewioides (Benth.) Muell.*	
135	五月茶 *A. bunius (Linn.) Spreng.*	
136	银柴 *Aporosa dioica Muell.—Arg.*	

137	重阳木 *Bischoffia javanica Bl.*	
138	留萼木 *Blachia pentzii (Muell.—Arg.) Benth.*	
139	黑面神 *Breynia fruticosa (Linn.) Hook. f.*	
140	禾串树 *Bridelia balansae Tutch.*	
141	土密树 *B. tomentosa Bl.*	
142	白桐树 *Claoxylon indicum Hasskarl*	
143	飞扬草 *Euphorbia hirta L.*	
144	千根草 *E. thymifolia Linn.*	
145	白背算盘子 *G. wrightii Benth*	
146	水柳 *Homonoia riparia Lour.*	
147	白背叶 *Mallotus apelta (Lour.) Muell.—Arg.*	
148	白楸 *M. paniculatus (Lam.) Muell.—Arg.*	
149	粗糠柴 *M. philippinensis (Lam.) Maell.—Arg.*	
150	石岩枫 *M.repandus (Willd.) Muell.-Arg*	
151	木薯 *Manihot esculenta Crantz*	栽培
152	越南叶下珠 *Phyllanthus cochinchinensis Spreng.*	
153	余甘子 *P. embalica Linn.*	
154	水油甘 *P. parvifolius Buch.—Ham.*	
155	龙眼睛 *P. reticulatus Poir.*	
156	蓖麻 *Ricinus communis Linn.*	外来归化种
157	山乌桕 *Sapium discolor Muell.—Arg.*	
	三十八、蔷薇科 Rosaceae	
158	月季花 *Rosa chinensis Jacq*	栽培
159	越南悬钩子 *Rubus cochinchinensis Tratt*	
160	海南悬钩子 *R.hainanensis Merr*	
161	裂叶悬钩子 *R.howii Merr.& Chun*	
	三十九、含羞草科 Mimosaceae	
162	台湾相思 *Acacia confusa Merr*	栽培
163	大叶相思 *A.auriculiformis A.cunn.ex Benth*	栽培
164	马占相思 *A.mangium De Willd*	栽培
165	楹树 *Albizia chinensis (Osbeck) Merr.*	
166	眼镜豆 *Entada phaseoloides(Roxb.)Benth*	
167	银合欢 *Leucaena glauca(Lam.)de.Wit*	
168	含羞草 *Mimosa pudica Linn*	外来入侵种
169	巴西含羞草 *M.invisa Mart.ex Colla*	外来逸生种
170	光荚含羞草 *M. sepiaria Benth.*	外来入侵种
	四十、苏木科 Caesalpiniaceae	
171	白花羊蹄甲 *Bauhinia acuminate Linn*	栽培
172	红花羊蹄甲 *B.blakeana Dunn*	栽培
173	首冠藤 *B.corymbosa Roxb.ex DC*	栽培
174	羊蹄藤 *B. Kerrii*	
175	刺果苏木 *Caesalpinia crista (Linn.)Roxb*	

176	金凤花 *C.pulcherrima(Linn.)Sw*	栽培
177	含羞草决明 *Cassia mimosoides Linn*	
178	望江南 *C.occidentalis Linn*	
179	决明 *C. tora Linn*	
180	酸豆 *Tamarindus indica Linn*	栽培
	四十一、蝶形花科 Papilionaceae	
181	相思子 *Abrus precatorius Linn*	
182	合萌 *Aeschynomene indica Linn*	
183	链荚豆 *Alysicarpus vaginalis DC*	
184	落花生 *Arachis hypogaea Linn*	
185	蔓草虫豆 *Atylosia scarabaeoides Benth*	
186	藤槐 *Bowringia callicarpa Champ*	
187	木豆 *Cajanus flavus Millsp*	外来逸生种
188	毛蔓豆 *Calopogonium mucunoides Desv*	
189	海刀豆 *Canavalia maritima Thou*	
190	距瓣豆 *Centrosema pubescons Benth*	外来逸生种
191	猪屎豆 *Crotalaria pallida Ait*	
192	两广檀 *Dalbergia benthami Prain*	
193	降香黄檀 *D.odorifera T.Chen*	栽培
194	鱼藤 *Derris trifoliata Lour*	
195	假地豆 *Desmodium heterocarpon DC*	
196	异叶山绿豆 *D.hetorophyllum DC*	
197	金钱草 *D.styracifolium Merr*	
198	三点金草 *D.triflorum DC*	
199	绒毛山绿豆 *D.velutinum DC*	
200	长柄野扁豆 *Dunbaria podocarpa Miq*	
201	刺桐 *Erythrina indica Linn*	
202	假大青蓝 *Indigofera galegoides DC*	
203	假蓝靛 *I. suffruticosa Mill*	
204	亮叶鸡血藤 *Millettia nitida Benth*	
205	印度鸡血藤 *M. pulchra Kurz*	
206	千斤拔 *Moghania macrophylla L*	
207	豆薯 *Pachyrhizus erosusv Urb*	栽培
208	毛排钱草 *Phyllodium elegans Desv*	
209	排钱草 *P. pulchellum Desv*	
210	碗豆 *Pisum sativum Linn*	栽培
211	水黄皮 *Pongamia pinnata Merr*	
212	四棱豆 *Psophocarpus tetragonolobus DC*	栽培
213	越南野葛 *Pueraria montana Merr*	
214	三裂叶野葛 *P. Phaseoloides Benth*	
215	粉葛 *P. Thomsoni Benth*	
216	柱花草 *Stylosanthes guianensis*	

217	葫芦茶 *Tadehagi triquetrum (L.) Ohashi*	
218	灰叶 *Tephrosia purpurea Pers.*	
219	蚕豆 *Vicia raba Linn*	栽培
220	豇豆 *Vigna Sinensis Walp*	栽培
	四十二、木麻黄科 Casuarinaceae	
221	细枝木麻黄 *Casuarina cunninghamiana Miq*	栽培
222	木麻黄 *C.equisetifolia Linn*	栽培
	四十三、榆科 Ulmaceae	
223	假玉桂 *Celtis cinnamomea Linndl.ex Planch*	
224	铁灵花 *C. wightii planch.Craib*	
225	朴树 *C.sinensis Pers*	
226	狭叶山黄麻 *Trema angustifolia Blume*	
227	光叶山黄麻 *T.cannabina Lour*	
228	山黄麻 *T.orientalis Blume*	
	四十四、桑科 Moraceae	
229	构树 *Broussonetia papyrifera (Linn.) L'Herit. ex Vent.*	
230	高山榕 *Ficus altissima Bl.*	
231	大果榕 *F. auriculata Lour.*	
232	垂叶榕 *F. benjamina Linn.*	
233	斜叶榕 *F. gibbosa Bl.*	
234	粗叶榕 *F. hirta Vahl*	
235	对叶榕 *F. hispida Linn. f.*	
236	榕树 *F. microcarpa Linn. f.*	
237	变叶榕 *F. variolosa Lindl. ex Benth.*	
238	笔管榕 *F. virens Ait.*	
239	黄葛榕 *F. vierens Ait. var. sublanceolata (Miq.) Corner*	
240	牛筋藤 *Malaisia scandens (Lour.) Planch.*	
241	叶被木 *Phyllochlamys taxoides (Heyne) Koord.*	
242	鹊肾树 *Streblus asper Lour.*	
	四十五、荨麻科 Urticaceae	
243	苎麻 *Boehmeria nivea Gaud*	
244	吐烟花 *Pellionia repens Merr*	
245	小叶冷水花 *Pilea microphylla Liebm*	
246	海南冷水花 *P.tsiangianan Metc*	
247	雾水葛 *Pouzolzia zeyianica Benn*	
	四十六、冬青科 Aquifoliaceae	
248	伞花冬青 *Ilex godajam Wall.ex Hook.f*	
	四十七、卫矛科 Celastraceae	
249	细叶裸实 *Gymnosporia diversifolia Maxim*	
	四十八、刺茉莉科 Salvadaraceae	
250	刺茉莉 *Azima sarmentosa Benth.et Hook.f*	
	四十九、鼠李科 Rhamnaceae	

251	多花勾儿茶 *Berchemia floribunda (Wall.) Brongn.*	
	五十、葡萄科 Vitaceae	
252	乌蔹莓 *Cayratia japonica Gagnep*	
253	车索麻 *C. japonica Gagnep.var.pubifolia Merr*	
254	海南乌蔹莓 *C. papillata Merr.& Chun*	
255	白粉藤 *Cissus repens Lam*	
256	翅茎白粉藤 *C.hexangularis Thorel ex Planch*	
257	火筒树 *Leea indica Merr*	
	五十一、芸香科 Rutaceae	
258	酒饼勒 *Atalantia buxifolia Oliv*	
259	柚 *Citrus grandis Osb*	栽培
260	黄皮 *Clausena lansium Skeels*	栽培
261	假黄皮 *C.excavata Burm.f*	
262	光滑黄皮 C. lenis Drake	
263	三叉苦 *Euodia lepta Merr*	
264	楝叶吴茱萸 *E.meliaefolia Benth*	
265	山桔树 *Glycosmis Cochinchinensis Pierre ex Engl*	
266	海南山小桔 *G. Hainanesis Pierre*	
267	三叶藤桔 *G. scandens Buch.-Ham*	
268	大管 *Micromelum faicatum Tanaka*	
269	九里香 *Murraya exotica Linn*	栽培
270	小叶九里香 *M. microphylla Swingle*	栽培
271	千里香 *M. paniculata Jack*	
272	飞龙掌血 *Toddalia.asiatica Lam*	
273	簕欓花椒 *Zanthoxylum avicennae DC*	
274	两面针 *Z.nitdum DC*	
275	大叶臭椒 *Z.rhetsoides Drake*	
276	疏刺花椒 *Z. nitidum DC. Var. fastuosum How ex Huang*	
	五十二、苦木科 Simarubaceae	
277	鸦胆子 *Brucea iavanica Linn*	
278	牛筋果 *Harrisonia perforata Merr*	
	五十三、楝科 Meliaceae	
279	山楝 *Aphanamixs polystachya (Wall.)R.N.Parker*	
280	非洲楝 *Khaya senegalensis A.Juss*	栽培
281	桃花心木 *Swietenia mahogany L*	栽培
282	苦楝 *Melia azedarach Lnn*	
	五十四、无患子科 Sapindaceae	
283	异木患 *Allophylus virida Radlk*	
284	龙眼 *Dimocarpus longau Lour*	栽培
285	坡柳 *Dodonaea viscose Jacq*	
286	赤才 *Erioglossum rubiginosum Bl*	
287	荔枝 *Litchi chinensis Sonn*	栽培

	五十五、漆树科 Anacardiaceae	
288	厚皮树 *Lannea coromandelica Merr*	
289	芒果 *Mangifera indica Linn*	栽培
290	盐肤木 *Rhus chinensis Mill*	
291	野漆 *Toxicodendron succedaneum O.Kuntze*	
	五十六、八角枫科 Alangiaceae	
292	土坛树 *Alangium salviifolium (Linn. f.) Wanger.*	
	五十七、五加科 Araliaceae	
293	黄毛楤木 *Aralia decaisneana Hance*	
294	幌伞枫 *Heteropanax fragrans (Roxb.) Seem.*	
295	鹅掌柴 *Schefflera octophylla (Lour.) Harms*	
	五十八、伞形花科 Umbelliferae	
296	芹菜 *Apium graveolens Linn*	栽培
297	积雪草 *Centella asiatica Urban*	
298	芫荽 *Coriandrum cativum Linn*	栽培
299	刺芫荽 *Eryngium foetidum Linn*	
300	珊瑚菜 *Glehnia littoralis F.Schmidt ex Miq*	
301	水芹 *Oenanthe javanica DC*	栽培
	五十九、柿科 Ebenaceae	
302	乌柿 *Diospyros erisntha Champ.ex Benth*	
303	毛柿 *D. strigosa Hemls*	
	六十、山榄科 Sapotaceae	
304	人心果 *Manilkara zapota (Linn.)*	栽培
	六十一、紫金牛科 Myrsinaceae	
305	郎伞木 *Ardisia elegans Mez*	
306	罗伞树 *A.quinquegona Bl*	
307	桐花树 *Aegiceras coniculatum L*	
308	顶花杜茎山 *Maesa balaneae Mez*	
309	鲫鱼胆 *M. perlaria (Lour.) Merr.*	
310	柳叶密花树 *Rapanea linearis S.Moore*	
	六十二、山矾科 Symplocaceae	
311	十棱山矾 *Symplocos chunii Merr*	
312	越南山矾 *S.cochinchinensis (Lour) Moore*	
	六十三、马钱科 Loganiaceae	
313	灰莉木 *Fagraea ceilanica Thunb*	
314	三脉马钱 *Strychnos angustiflora Benth*	
315	伞花马钱 *S.umbellata Merr*	
	六十四、木犀科 Oleaceae	
316	扭 肚 藤 *Jasminum elongatum Willd*	
317	凹叶女贞 *Ligustrum retusum Merr*	
	六十五、夹竹桃科 Apocynaceae	
318	香花藤 *Aganosma acuminate G.Don*	

319	软枝黄蝉 *Allemanda cathartica Linn*	
320	长春花 *Catharanthus roseus G.Don*	栽培
321	白长春花 *C.roseus (Linn.) G.Don cv.Albus*	栽培
322	海芒果 *Cerbera manghas Linn*	
323	海南狗牙花 *Ervatamia hainanensis Tsiang*	
324	夹竹桃 *Nerium indicum Mill.*	
325	鸡蛋花 *Plumeria rubra Linn.cv.Acutifolia*	栽培
326	黄花夹竹桃 *Thevetia peruviana K.Schum*	栽培
327	盆架树 *Winchia calopaylla A.DC*	栽培
328	倒吊笔 *Wrightia Pubescens R.Br*	
	六十六、萝藦科 Asclepiadaceae	
329	眼树莲 *Dischidia chinensis Champ. ex Benth.*	
330	小叶眼树莲 *D. minor (Vahl) Merr.*	
	六十七、茜草科 Rubiaceae	
331	海南水团花 *Adina hainanensis How*	
332	粗叶丰花草 *Borreria articuaris F.N.Will*	
333	二蕚丰花草 *B.repens DC*	
334	丰花草 *B.strieta G.F.W.Wey*	
335	猪肚木 *Canthium horridum Bl*	
336	弯管花 *Chassalia curviflora Thwaites*	
337	小粒咖啡 *Coffea Arabica Linn*	栽培
338	大粒咖啡 *C.liberica Bull ex hiern*	栽培
339	爱地草 *Geophila herbacea Kuntze*	
340	耳草 *Hedyotis auriculalia Linn*	
341	双花耳花 *H.biflora Lam*	
342	白花蛇舌草 *H.diffusa Willd*	
343	闭花耳草 *H.cryptantha Dunn*	
344	细叶亚婆草 *H. auriculcria Linn.var.mina Ko*	
345	伞房花耳草 *H. corymbose Lam*	
346	广花耳草 *H.ampliflora Hance*	
347	脉耳草 *H.costata Kurz*	
348	海南耳草 *H. hainanensis Ko*	
349	粗叶耳草 *H. hispida Lam*	
350	松叶耳草 *H. pinifolia Wall.ex Hook.f*	
351	中华耳草 *H.coathayana Ko*	
352	白花龙船花 *Ixora henryi Levl*	
353	海南龙船花 *I.hainanensis Merr*	
354	大叶龙船花 *I.chinensis Lam*	
355	鸡屎树 *Lasianthus cyanocarpus Jack*	
356	玉叶金花 *Massacnda pubcsens Ait.f*	
357	鸡屎藤 *Paederia scandens Merr*	
358	毛鸡屎藤 *P.tomentosa Bl*	

	六十八、菊科 Compositae	
359	鳢肠 *Eclipta prostrata Linn*	
360	地胆头 *Elephantopus scaber Linn*	
361	白花地胆头 *E.tomenosa Linn*	
362	一点红 *Emilia sonchifolia DC*	
363	鹅不食草 *Epaltes australis Less*	
364	菊芹 *E.valerianaefolia DC*	
365	飞机草 *Eupatorium odoratum L*	外来入侵种
366	鼠麦草 *Gnaphalium affine D.Don*	
367	田基黄 *Grangea maderaspetan Poir*	
368	白子菜 *Gynura divaricata DC*	
369	黄花苦荬菜 *Ixeris versicolor DC.var chrysantha Freyn*	
370	野蒿苣 *Lactuca brevirotris Linn*	
371	蔓茎栓果菊 *Launaea sarmentoea Merr*	
372	银胶菊 *Parthenium hysterophorus Linn*	外来入侵种
373	阔包菊 *Pluchea indica Less*	
374	苦苣菜 *Sonchus oleraceus Linn*	
375	金腰箭 *Synedrella nodiflora Gaertn*	
376	羽芒菊 *Tridax procumbens Linn*	
377	茄叶斑鸠菊 *Vernonia solanifolia Benth*	
378	夜香牛 *V. cinerea Less*	
379	咸虾花 *V. patula Merr*	
380	孪花蟛蜞菊 *Wedelia biflora DC*	
381	黄鹌菜 *Youngia japonica DC*	
	六十九、紫草科 Boraginaceae	
382	基及树 *Carmona microphylla G.Don*	
383	大尾摇 *Heliotropium indicum Linn*	
	七十、茄科 Solanaceae	
384	辣椒 *Capsicum annuum Linn*	栽培
385	指天椒 *C. annuum Linn.var.conoides Irish*	栽培
386	白花曼陀罗 *Datura metel Linn*	
387	番茄 *Lycopersicon asculentum Mill*	栽培
388	小酸浆果 *Physalis minima Linn*	
389	刺天茄 *Solanum indicum Linn*	
390	茄 *S. melongena Linn*	栽培
391	山茄 *S.macaonense Dundal*	
392	颠茄 *S. surattense Burn.f*	
393	水茄 *S. torvum Swartz*	
394	海南茄 *S.procumbens Lour*	
395	少花龙葵 *S.photeinocarpum Nakamura et Odashima*	
396	毛茄 *S.ferox Linn*	
397	假烟叶 *S.verbascifolium Linn*	外来归化种

	七十一、旋花科 Convolvulaceae	
398	白鹤藤 *Argyreia acuta Lour*	
399	黄毛白鹤藤 *A.Obtusifolia Lour.*	
400	凹脉丁公藤 *Erycibe elliptilimba Merr.et Chun*	
401	土丁桂 *Evoloulus alsinoides Linn*	
402	猪菜藤 *Hewittia sublobata O.Ktze*	
403	蕹菜 *Ipomoea aqvatica Forsk*	栽培
404	番薯 *I. batatas Lam*	栽培
405	五爪金龙 *I. cairica Sweet*	外来逸生种
406	厚藤 *I.pes-caprae Sweet*	
407	虎脚牵牛 *I.pestigridis Linn*	
408	紫心牵牛 *I.obscura Ker.-Gawl*	
409	小牵牛 *Jacquemontia paniculata Hall.f*	
410	指叶山猪菜 *Merremia quinata V.Ooststr*	
	七十二、玄参科 Scrophulariaceae	
411	母草 *Lindernia crustacea (Linn.) F. Muell.*	
412	野甘草 *Scoparia olulcia Linn*	
	七十三、紫葳科 Bignoniaceae	
413	猫尾木 *Dolichandrone caudafelina (Hance) Benth. et Hook. f.*	
414	美叶菜豆树 *Radermachera frondosa Chun et How*	
415	海南菜豆树 *R. hainanensis Merr.*	
	七十四、爵床科 Acanthaceae	
416	老鼠簕 *Acanthus ilicifolius Linn*	
417	小花老鼠勒 *A. ebracteatus Vahl*	
418	鸭嘴花 *Adhatoda Vasica Nees*	
419	假杜鹃 *Barleria cristata Linn*	
420	钟花草 *Codonacanthus pauciflonus Nees*	
421	海康钩粉草 *Pseuderanthemum haikangense C.Y.Wu ＆ H.S.Lo*	
422	孩儿草 *Rungia pectinata Nees*	
423	叉柱花 *Staurogyne stenophylla Merr.& Chun*	
424	海南老鸦嘴 *Thunbergia hainanensis C.Y.Wu ＆ H.S.Lo*	
425	大花老鸦嘴 *T. grandiflora Roxb*	
	七十五、马鞭草科 Verbenaceae	
426	海榄雌(白骨壤) *Avicennia marina Vierh*	
427	杜虹花 *Callicarpa formosana Rolfe*	
428	裸花紫珠 *C.nudifcora Hook.et Arn*	
429	大青 *Clerodendrum cyrtophyllum Turcz*	
430	白花灯笼 *C.fortunatum Linn*	
431	苦郎树(许树) *C.inerme Gaertn*	
432	马缨丹 *Lantana camara Linn*	
433	伞序臭黄荆 *Premna corymbosa Rottl.et Willd*	
434	假马鞭 *Stachytarpheta jamaicensis Vahl*	

435	马鞭草 *Verbena officinalis Linn*	
436	山牡荆 *Vitex quinata Will*	
	七十六、唇形科 Labiatae	
437	肾茶 *Clerodendranthus spicatus C.Y.Wu &H.W.Li*	
438	广防风 *Epimeredi indica Rothm*	
439	吊球草 *Hyptis rhomboidea Mart.et Gal*	
440	山香 *H. suaveolens Poir*	
441	益母草 *Lconurus hoterophyllus S.Y.Hu*	
442	蜂巢草 *Leucas aspera Link*	
443	丁香罗勒 *Ocimum gratissimum Linn.var.suve Hook.f*	
444	疏毛罗勒 *O.basilicumLinn.var.pilosum Benth*	
445	圣罗勒 *O.Sanctum Linn*	
	单子叶植物纲 MONOCOTYLEDONEAE	
	一、芭蕉科 Musaceae	
1	野蕉 *Musa balbisiana Colla*	
	二、姜科 Zingiberaceae	
2	小花山姜 *Alpinia brevis T. L. Wu & Senjen*	
3	草豆蔻 *A. katsumadai Hayata*	
4	假益智 *A. maclurei Merr.*	
5	高良姜 *A. officinarum Hance*	
6	闭鞘姜 *Costus speciosus (Koen.) Smith*	
7	光叶闭鞘姜 *C. tonkinensis Gagnep.*	
	三、百合科 Liliaceae	
8	芦荟 *Aloe vera L.var. ehinensis Berg*	栽培
9	天门冬 *Asparagus ocaineninensis Merr*	
10	山菅兰 *Dianella ensifolia Linn*	
11	土麦冬 *Liriope graminifolia Lour*	
12	沿阶草 *Ophiopogon japonicus Ker-Gawe*	
	四、雨久花科	
13	凤眼兰 *Eichhornia crassipes Solms*	
	五、菝葜科 Smilacaceae	
14	菝葜 *Smilax china L*	
15	粉叶菝葜 *S.corbulara Kunth*	
16	大果菝葜 *S.macrocarpa Bl*	
17	穿鞘菝葜 *S.perfoliata Lour*	
	六、天南星科 Araceae	
18	海芋 *Alocasia macrorrhiza(L.)Schott*	
19	野芋 *Colocasia antiquorum Schott*	
20	芋 *C. esculenta Schott*	
21	大漂 *Pistia stratiotes Linn*	
22	石柑子 *Pothos chinensis Merr*	
23	蜈蚣藤 *P. repens Druce*	

	七、龙舌兰科 Agave	
24	龙血树 *Dracaena angustifolia Roxb.Fl.*	
	八、棕榈科 Palmae	
25	槟榔 *Areca catechu Linn*	栽培
26	大白藤 *Calamus faberii Becc*	
27	白藤 *C. tetradactylus Hance*	
28	鱼尾葵 *Caryota maxima Lour*	
29	椰子 *Cocos nucifera Linn*	
30	黄藤 *Daemonorops margaritae Becc*	
31	红藤 *D. jankinsianus Mart*	
32	油棕 *Eiaeis guineensis Jacq*	
33	穗花轴榈 *Licuala forkiana Becc*	
34	刺轴榈 *L.spinosa Wurmb*	
35	刺葵 *Phoenix banceana Naud*	
	九、露兜树科 Pandanaceae	
36	露兜草 *Pandanus austrosinensis T. L. Wu*	
37	小露兜 *P. gressittii Stone*	
	十、仙茅科 Hypoxidaceae	
38	大叶仙茅 *Curculigo capitulata (Lour.) O. Kuntze*	
39	仙茅 *C. orchioides Gaertn.*	
	十一、莎草科 Cyperaceae	
40	球柱草 *Bulbostylis barbata (Rottb.)Clarke*	
41	扁茎苔草 *Carex planiscapa Chun & How*	
42	多穗莎草 *Cyperus diffuses var.multispicatus S.M.huang*	
43	疏颖莎草 *C. distans Linn*	
44	畦畔莎草 *C.haspan Linn*	
45	迭穗莎草 *C. imbricatus Retz*	
46	碎米莎草 *C.iria Linn*	
47	茳芏 *C. malaccensis Lam*	
48	香附子 *C. rotundus Linn*	
49	粗根茎莎草 *C. stoloniferus Retz*	
50	钝棱荸荠 *Eleocharis acutangula (Roxb.)Schult*	
51	野荸荠 *E. plantagineiformis Tang et Wang*	
52	两歧飘拂草 *Fimbristylis diehotoma (Linn.)Vahl*	
53	褐穗飘拂草 *F.fusca (Nees) Clarke*	
54	水虱草 *F.miliacea (Linn.)Vahl*	
55	绢毛飘拂草 *F.sericea（Poir.）R.Br*	
56	海南割鸡芒 *Hypolytrum hainanense (Merr.) Tang&Wang*	
57	割鸡芒 *H. nemorm (Vahl)Spreng*	
58	水蜈蚣 *Kyllinga brevifolia Rottb*	
59	砖子苗 *Mariscus crperoides Urb*	
60	多穗扁莎 *Pycreus polystachyos (Rottb.) P.Beauv*	

61	海滨莎 *Remirea maritima Aubl*	
	十二、禾本科	
62	凤头黍 *Acroceras tonkinense（Balansa.）Henr*	
63	臭虫草 *Alloteropsis cimicina (Linn.)stapf*	
64	毛颖草 *A. semialata (R.Br.)Hitchc*	
65	水蔗草 *Apluda mutica Linn*	
66	芦竹 *Arundo donex Linn*	
67	地毯草 *Axonopus compressus (Sw.)Beauv*	
68	竹节草 *Chrysopogon acieulatus L*	
69	多枝臂形草 *Brachiaria ramose (Linn.)Stapf*	
70	四生臂形草 *B.subquadripara(Trin.)Hitchc*	
71	台湾虎尾草 *Chloris formosana (Honda.)Keng*	
72	弓果黍 *Cyrtococcum patens(Linn.)A.Camus*	
73	散穗弓果黍 *C. patens var.latifolium(Handa.)Ohwi*	
74	龙爪草 *Dactyloctenium aegyptium(Linn.)Beauv*	
75	粒状马唐 *Digitaria abludens Roem.et Schult*	
76	毛马唐 *D.chrysoblephara Fig.et De Not*	
77	升马唐 *D.ciliaris(Retz.)Koel*	
78	无毛细马唐 *D.pertenuis Buse var.glabra Ohwi*	
79	紫马唐 *D.violascens Link*	
80	光头稗 *Echinochloa colonum(Linn.)Link*	
81	稗 *E.crusgalli(Linn.)Beauv*	
82	水稗 *E.phyllopogon(Stepf)Koss*	
83	牛筋草 *Eleusine indica（Linn.）Gaertn*	
84	宿根画眉草 *Eragrostis perennans Keng*	
85	画眉草 *E.pilosa(Linn.)P.Beauv*	
86	鲫鱼草 *E.tenella(Linn.)P.Beauv*	
87	牛虱草 *E.unioloides(Retz.)Nees et Mey*	
88	蜈蚣草 *Eremochloa ciliaris(Linn.)Merr*	
89	鹧鸪草 *Eriachne pallescens R.Br*	
90	金茅 *Eulalia speciosa(Debeaux)Kuntze*	
91	球穗草 *Hackelochloa granularis(Linn.) Kuntze*	
92	膜稃草 *Hymenachne acutigluma(Stued.)Gill*	
93	长耳膜稃草 *H.insulicola(Steud.)L.Liou*	
94	距花黍 *Ichnanthus vicinus(F.M.Bailey)Merr*	
95	白茅 *Imperata cylindrical var. major (Nees) C.E.Hubb.*	
96	芒穗鸭嘴草 *Ischaemum aristatum Linn*	
97	毛穗鸭嘴草 *I.barbatum Retz*	
98	海南鸭嘴草 *I.crassipes(Steud.)Thell.var.hainanense Keng*	
99	纤毛鸭嘴草 *I.indicum(Houtt.)Merr*	
100	田间鸭嘴草 *I.rugosum Salib var.segetum(Trin.)Hack*	
101	千金子 *Leptochloa chinensis(Linn.)Ness*	

102	虮子草 *L.panicea(Retz.)Ohwi*	
103	淡竹叶 *Lophatherum gracile Brongn*	
104	芒 *Miscanthus sinensis Andress*	
105	类芦 *Neyraudia reynaudiana (Kunth)Keng*	
106	竹叶草 *Oplismenus compositus(Linn.)Beauv*	
107	稻 *Oryza sativa Linn*	栽培
108	大罗网草 *Panicum cambogiense Balansa*	
109	心叶稷 *P.notatum Retz*	
110	雀稗 *Paspalum commersonii Lam*	
111	两耳草 *P.conjugatum Berg*	
112	水竹 *Phragmites karka(Retz.)Trin.ex Steud*	
113	班茅 *Saccharum arundinaceum Retz*	
114	甘蔗 *S.officinarum Linn*	栽培
115	棕叶狗尾草 *Setaria palmaefolia (Koen.)Stapf*	
116	鼠尾黍 *Sporobolus fertilis(Steud.)W.D.Clay*	
117	香根草 *Vetiveria zizanioides(Lonn.)Nash*	
118	荪竹 *Bambusa bambos Retz*	
119	粉单竹 *B.Chungii McCl*	
120	青皮竹 *B. textiles McCl*	
121	甲竹 *B. austro-sinensis McCl*	
122	麻竹 *Dendrocalamus latiflorus McCl*	
123	毛藤竹 *Dinochloa puberla McCl*	
124	山竹仔 *Semiarundinaria shapoensis McCl.*	
注：栽培种指目前没有在本区域野生分布的本地栽培和外来栽培种；逸生种指原为本地和外来引入的栽培种而后部分从栽培逃逸为野生状态的植物；归化种指外来植物转入本地后直接正常繁育后代，并大量繁衍成野生状态的植物；外来入侵种指外来植物进入本地区后大量繁殖并给本地区的生态系统等造成较严重损害或影响的植物		

附录三 评价区陆生脊椎动物名录

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
两栖纲 AMPHIBIANS					
无尾目 ANURA					
蟾蜍科 Bufonidae					
黑眶蟾蜍 *Duttaphrynus melanostictus*	全区	+++	*	Wc	S\SW\C
雨蛙科 Hylidae					
华南雨蛙 *Hyla simplex*	橡胶林	++	*	Wd	S\SW\C
叉舌蛙科 Dicroglossidae					
泽蛙 *Fejervarya multistriata*	全区	+++	*	We	N\S\SW\C
蛙科 Ranidae					
沼蛙 *Boulengerana guentheri*	全区静水	+++	*	Sc	S\SW\C
台北蛙 *Hylarana taipehensis*	沼泽湿地	++	*	Wb	C\S
浮蛙科 Occidozygidae					
圆舌浮蛙 *Phrynoglossus martensii*	沼泽湿地	++	*	Wb	S
树蛙科 Rhacophridae					
斑腿泛树蛙 *Polypedates megacephalus*	全区静水及村落水塘	+++	*	Wd	S\SW\C
姬蛙科 Microhylidae					
花姬蛙 *Microhyla pulchra*	全区	+++	*	Wc	C\S
饰纹姬蛙 *Microhyla ornata*	水田湿地	+++	*	Wc	S\SW\C
花狭口蛙 *Kaloula pulchra*	橡胶林	++	*	Wb	S
爬行纲 REPTILIA					
有鳞目 SQUAMATA					
蜥蜴亚目 SAURIA					
壁虎科 Gekkonidae					
中国壁虎 *Gekko chinensis*	村落	+++	*	Sb	C\S
疣尾蜥虎 *Hemidactylus frenatus*	全区	+++	*	Wb	S
锯尾蜥虎 *Hemidactylus garnotii*	次生残林林地	+++	*	Wa	S
截趾虎 *Gehyra mutilata*	中和镇	+	*	Wa	S
鬣蜥科 Agamidae					
变色树蜥 *Calotes versicolor*	全区分布	+++	*	Wb	S
斑飞蜥 *Draco maculatus*	鹅城林地	+	海南省级	Wa	SW\S
石龙子科 Scincidae					
长尾南蜥 *Mabuya longicaudata*	全区林地边缘	+++	*	Wa	S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
多线南蜥 *Mabuya multifasciata*	全区村落及灌草丛边缘	+++	*	Wa	S
南滑蜥 *Scincella reevesii*	全区林地	+++	*	We	SW\S
蜥蜴科 Lacertidae					
台湾地蜥 *Platyplacopus kuehnei*	长村下游草坡地	++	*	Si	C\S
蛇亚目 SERPENTES					
盲蛇科 Typhlopidae					
钩盲蛇 *Ramphotyphlops braminus*	全区旱地分布	+++	*	Wc	C\S
游蛇科 Colubridae					
渔游蛇 *Xenochrophis piscator*	全区水环境	+++	*	Wc	SW\C\S
草腹链蛇 *Amphiesma stolata*	全区灌草丛	+++	*	We	C\S
红脖颈槽蛇 *Rhabdophis subminiatus*	鹅城林地灌草丛	+	*	We	N\SW\C\S
乌游蛇 *Sinonatrix percarinata*	全区河流及水库	+++	*	Sd	SW\C\S
台湾小头蛇 *Oligodon formosanus*	沙河水库灌草丛	++	*	Sc	C\S
崇安斜鳞蛇 *Pseudoxenodon karlschmidti*	橡胶林	++	*	Sc	C\S
滑鼠蛇 *Ptyas mucosus*	沙河水库灌草丛	+	海南省级	Wc	SW\C\S
中国水蛇 *Enhydris chinensis*	全区流域	+++	*	Sc	C\S
铅色水蛇 *Enhydris plumbea*	村落水田	+++	*	Wc	C\S
眼镜蛇科 Elapidae					
舟山眼镜蛇 *Naja atra*	鹅城边缘林地	+	海南省级	Wc	SW\C\S
眼镜王蛇 *Ophiophagus hannah*	鹅城边缘林地	+	海南省级	Wb	SW\C\S
银环蛇 *Bungarus multicinctus*	长坡草丛	+	海南省级	Sc	SW\C\S
蝰蛇科 Viperidae					
福建竹叶青 *Trimeresurus stejnegeri*	全区林地	+++	*	We	SW\C\S
鸟纲 AVES					
鸊鹈目 PODICIPEDFORMES					
鸊鹈科 Podicipedidae					
小鸊鹈*Tachybaptus ruficollis*	沙河水库	++	*	We	NE\N\MX\SW\C\S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
鹳形目 GICONIIFORMES					
鹭科 Ardeidae					
小白鹭 *Egretta garzetta*	全区水田、河流及库区湿地	+++	海南省级	Wd	SW\C\S
池鹭 *Ardeola bacchus*	全区水田、河流及库区湿地	+++	海南省级	We	NE\N\QZ\\SW\C\S
牛背鹭 *Bubulcus ibis*	全区农田旱地及水田河流	+++	海南省级	Wd	QZ\\SW\C\S
苍鹭 *Ardea cinerea*	入海口湿地	+	海南省级	Uh	NE\N\MX\QZ\\SW\C\S
栗苇开鸟 *Ixobrychus cinnamomeus*	吴村附近河流	+	海南省级	We	N\SW\C\S
雁形目 ANSERIFORMES					
鸭科 Anatidae					
栗树鸭 *Dendrocygna javanica*	中和水闸及副坝水塘	+++	海南省级	Wd	C\S
隼形目 FALCONIFORMES					
鹰科 Accipitridae					
松雀鹰 *Accipiter virgatus*	天角潭水陂橡胶林	++	国家Ⅱ级	We	NE\N\SW\C\S
蛇雕 *Spilornis cheela*	老水坝农场水塔	+	国家Ⅱ级	We	SW\C\S
黑耳鸢 *Milvus migrans*	库区上游林地上空	+	国家Ⅱ级	Uh	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
黑翅鸢 *Elanus caeruleus*	全区旱地林地边缘	+++	国家Ⅱ级	Wc	C\S
隼科 Falconidae					
游隼 *Falco peregrinus*	库区上游林地	+	国家Ⅱ级	Cd	NE\N\SW\C\S
红隼 *Falco tinnunculus*	吴村附近旱地	+	国家Ⅱ级	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸡形目 Galliformes					
雉科 Phasianidae					
鹌鹑 *Coturnix coturnix*	长坡附近草地	++	海南省级	O1	NE\N\MX\QZ\S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
					W\C\S
鹤形目 GRUIFORMES					
秧鸡科 Rallidae					
白胸苦恶鸟 *Amaurornis phoenicurus*	大坡栏附近河流草地	+	海南省级	Wc	C\S
黑水鸡 *Gallinula chloropus*	白马井附近养殖区卤厥	++	海南省级	O2	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸻形目 CHARADRIIFORMES					
鸻科 Charadriidae					
金眶鸻 *Charadrius dubius*	全区水田及河流库区	+++	海南省级	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鹬科 Scolopacidae					
矶鹬 *Actitis hypoleucos*	全区水田及河流库区	+++	海南省级	Cf	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
扇尾沙锥 *Capella gallinago*	全区水田及河流库区	+++	海南省级	Ub	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鹤鹬 *Tringa erythropus*	山村及下游红树林	++	海南省级	Ua	NE\N\MX\SW\C\S
泽鹬 *Tringa stagnatilis*	下游红树林	++	海南省级	U	NE\N\MX\SW\C\S
白腰草鹬 *Tringa ochropus*	下游红树林	++	海南省级	Uc	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
白腰杓鹬 *Numenius arquata*	下游红树林	++	海南省级	Ud	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸽形目 COLUMBIFORMES					
鸠鸽科 Columbidae					
珠颈斑鸠 *Streptopelia chinensis*	全区分布	+++	海南省级	We	N\SW\C\S
火斑鸠 *Streptopelia tranquebarica*	中和水闸灌草丛	+++	海南省级	We	N\MX\QZ\SW\C\S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
鹃形目 CUCULIFORMES					
杜鹃科 Cuculidae					
褐翅鸦鹃 *Centropus sincnsis*	全区灌丛	+++	国家Ⅱ级	Wb	C\S
小鸦鹃 *Centropus toulou*	大坡栏附近灌丛	+	国家Ⅱ级	Wc	SW\C\S
绿嘴地鹃 *Phaenicophaeus tristis*	长坡附近灌丛	++	海南省级	Wb	SW\C\S
夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES					
夜鹰科 Caprimulgidae					
普通夜鹰 *Caprimulgus indicus*	全区橡胶林	+++	*	We	NE\N\SW\C\S
雨燕目 APODIFORMES					
雨燕科 Apodidae					
小白腰雨燕 *Apus affinis*	全区	+++	*	O1	SW\C\S
佛法僧目 CORACIIFORMES					
翠鸟科 Alcedinidae					
白胸翡翠 *Halcyon snyrnensis*	全区水环境	+++	*	O1	C\S
普通翠鸟 *Alcedo atthis*	全区水环境	+++	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
斑鱼狗 *Ceryle rudis*	沙河水库	+	*	O1	C\S
戴胜科 Upupidae					
戴胜 *Upupa epops*	全区灌丛	+++	*	O	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸮形目 STRIGIFORMES					
鸱鸮科 Strigidae					
领角鸮 *Otus bakkamoena*	长坡人工林	++	国家Ⅱ级	We	NE\N\SW\C\S
黄嘴角鸮 *Otus spilocephalus*	鹅城林地	+	国家Ⅱ级	Wb	S
鹰鸮 *Ninox scutulata*	鹅城林地	+	国家Ⅱ级	We	NE\N\SW\C\S
雀形目 PASSERIFORMES					
鹡鸰科 Motacillidae					
白鹡鸰 *Motacilla alba*	全区	+++	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
灰鹡鸰 *Motacilla cinerea*	全区草地及村落	+++	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
黄鹡鸰 *Motacilla flava*	吴村草地	++	*	Ub	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
田鹨 *Anthus richardi*	长村草地	++	*	Mf	NE\N\MX\QZ\C\S
树鹨 *Anthus hodgsoni*	黄江村草地	++	*	M	MX
燕科 Hirundinidae					
家燕 *Hirundo rustica*	全区	+++	*	Ch	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
山椒鸟科 Campephagidae					
赤红山椒鸟 *Pericrocotus flammeus*	鹅城林地	++	*	Wc	SW\C\S
灰喉山椒鸟 *Pericrocotus solaris*	鹅城林地	++	*	Wc	C\S
鹎科 Pycnonotidae					
白头鹎 *Pycnonotus sinensis*	全区	+++	海南省级	Sd	SW\C\S
黑短脚鹎 *Hypsipetes madagascariensis*	天角潭林地	++	*	Wd	SW\C\S
红耳鹎 *Pycnonotus jocosus*	吴村村落	++	*	Wc	SW\S
伯劳科 Laniidae					
棕背伯劳 *Lanius schach*	全区分布	+++	*	Wd	SW\C\S
红尾伯劳 *Lanius cristatus*	长坡灌丛	+	*	Uf	NE\N\SW\C\S
卷尾科 Dicruridae					
黑卷尾 *Dicrurus macrocercus*	全区灌丛	+++	*	We	NE\N\SW\C\S
椋鸟科 Sturnidae					
八哥 *Acridotheres cristatellus*	全区村落	+++	海南省级	Wd	C\S
丝光椋鸟 *Sturnus sericeus*	全区村落及人工林	+++	海南省级	Sd	SW\C\S
灰背椋鸟 *Sturnus sinensis*	山村村落林地边缘	++	*	Sb	SW\C\S
黑领椋鸟 *Sturnus nigricollis*	长村林地边缘	++	*	Ma	S
鸫科 Turdidae					
鹊鸲 *Copsychus saularis*	全区	+++	*	Wd	SW\C\S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
黑喉石即鸟 *Saxicola torquata*	全区灌草丛	+++	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
乌鶇 *Turdus merula*	全区村落	+++	海南省级	O3	MX\QZ\SW\C\S
蓝矶鶇 *Monticola solitarius*	长村附近河流边缘	++	海南省级	O3	NE\N\QZ\SW\C\S
画眉科 Timaliidae					
褐胸噪鹛 *Garrulax maesi*	鹅城灌丛	++	海南省级	Sc	SW\C\S
莺科 Sylviinae					
黄眉柳莺 *Phylloscopus inoratus*	全区分布	+++	*	Uo	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鹟科 Muscicapidae					
北灰鹟 *Muscicapa latirostris*	全区村落人工林	+++	*	Ma	NE\N\MX\SW\C\S
扇尾莺科 Cisticolidae					
黄腹鹪莺 *Prinia flaviventris*	全区灌草丛	+++	*	Wa	C\S
纯色鹪莺 *Prinia inornata*	全区灌草丛	+++	*	Wd	SW\C\S
山雀科 Paridae					
大山雀 *Parus major*	全区林地	+++	*	O	NE\N\QZ\SW\C\S
啄花鸟科 Dicaeidae					
朱背啄花鸟 *Dicaeum cruentatum*	村落林地	++	*	Wb	C\S
太阳鸟科 Nectariniidae					
黄腹花蜜鸟 *Nectarinia jugularis*	全区村落及林地	+++	*	Wa	S
绣眼鸟科 Zosteropidae					
暗绿绣眼鸟 *Zosterops japonica*	全区林地	+++	*	S	N\SW\C\S
文鸟科 Ploceidae					
斑文鸟 *Lonchura punctulata*	全区林地	+++	*	Wc	SW\C\S
白腰文鸟 *Lonchura striata*	全区灌草丛	+++	*	Wd	SW\C\S
鹀科 Emberizidae					
黄胸鹀 *Emberiza aureola*	黄江村林地	++	*	Ub	NE\N\M

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
					X\SW\C\S
麻雀科 Passeridae					
麻雀 *Passer montanus*	长村村落	++	*	Uh	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
哺乳纲 MAMMALIA					
食虫目 INSECTIVORA					
鼩鼱科 Soricidae					
臭鼩 *Suncus murinus*	全区	+++	*	Wd	SW\C\S
翼手目 CHIROPTERA					
狐蝠科 Pteropidae					
棕果蝠 *Rousettus leschenaulti*	西边村村落	++	海南省级	Wb	NE\N\MX
菊头蝠科 Rhinolophidae					
大菊头蝠 *Rhinolophus luctus*	全区村落	+++		Wb	SW\C\S
小菊头蝠 *Rhinolophus blythi*	沙河水库	+		Sc	C\S
蹄蝠科 Hipposideridae					
双色蹄蝠 *Hipposideros bicolor*	沙河水库	+		Wc	C\S
蝙蝠科 Vespertilionidae					
普通伏翼 *Pipistrellus abramus*	全区	+++		Ea	NE\N\SW\C\S
南长翼蝠 *Miniopterus pusillus*	东坡书院	++		We	S
小黄蝠 *Scotophilus kuhli*	东坡书院	++		Wb	C\S
树鼩目 SCANDENTIA					
树鼩科 Tapaiidae					
树鼩 *Tupaia belangeri*	长村村落	+	海南省级	Wb	SW\C\S
食肉目 CARNIVORA					
猫科 Felidae					
豹猫 *Prionailurus bengalensis*	鹅城林地	+	海南省级	We	NE\N\QZ\SW\C\S
啮齿目 RODENTIA					
松鼠科 Sciuridae					
隐纹花松鼠 *Tamiops swinhoei*	全区	+++	海南省级	We	N\SW\C\S
赤腹松鼠 *Callosciurus erythraeus*	鹅城林地	++	海南省级	Wc	SW\C\S

中文名及学名	生境类型	数量	保护级别	区系	
				分布型	分布区
鼠科 Muridae					
黄胸鼠 *Rattus flavipectus*	全区	+++		We	N\MX\SW\C\S
黑家鼠 *Rattus rattus*	村落	+++		We	N\SW\C\S

附件 1 委托函

海南省发展控股有限公司

海控函〔2016〕154 号

海南省发展控股有限公司
关于委托开展海南省北门江天角潭
水利枢纽工程环境影响报告书
编制工作的函

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司:

根据《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》等相关规定的要求，特委托贵单位开展天角潭水利枢纽工程可行性研究阶段环境影响报告书的编制工作。

特致此函。

海南省发展控股有限公司

2016 年 3 月 10 日

附件 2 规划环评审查意见

海南省生态环境保护厅

琼环函〔2016〕1678 号

海南省生态环境保护厅
关于北门江流域规划（修编)环境影响报告书审查意见的函

省水务厅:

你厅《关于报送北门江流域规划环境影响报告书的函》（琼水规计函〔2016〕789 号）等有关材料收悉。你厅委托中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司编制的《北门江流域规划(修编)环境影响报告书》(以下简称《报告书》)，已经我厅组织专家审查论证。现就《北门江流域规划(修编)》(以下简称《规划》)实施中的环境保护工作提出如下意见:

一、北门江流域发源于儋州市纱帽岭，流域面积 621km^2，干流全长 67km，于儋州市新英湾入海。《规划》包括防洪、水资源、节约用水、城乡供水、灌溉、水力发电、地表水资源保护、重大水工程（天角潭水利枢纽工程）等 12 个专项规划。其中，天角潭水利枢纽工程是解决东成镇、中和镇供水和洋浦经济开发区供水不足问题，同时为儋州市中北部提供农业灌溉用水的重要水利工程；水力发电规划包括已建成的沙河水库坝后电站、牙拉河一级水电站、燎原水电站、牙拉河三级水电站、牙拉河四级水电站、

东风水电站，以及规划拟建的天角潭坝后电站及天角潭水陂（拦河坝）电站。

二、《报告书》在对北门江流域环境质量现状调查的基础上，分析了流域存在的生态环境问题和《规划》实施的环境与资源制约因素，预测评价了《规划》实施对水文水资源、水质、水生生物、陆生生物、红树林、社会环境等环境影响与环境风险。《报告书》提出的《规划》优化调整建议和减缓不利影响的对策原则可行。原则同意规划环评报告推荐的以天角潭水利枢纽为近期重点工程的北门江流域规划方案。

三、根据《报告书》论证结论，北门江流域所有水质监测断面（包括国家控制监测断面）的水质现状全部超标，环境污染态势严峻，已建成的水利水电工程已引起流域鱼类种群减少、生物多样性下降，环境影响显现；《规划》实施后，若不采取有效的保护整治措施，天角潭饮用水水源保护区和国家控制监测断面水质均不能满足水功能区划要求；儋州市垃圾填埋场如不搬迁，将对建成后的天角潭水库水质构成环境污染隐患。目前建成的多级水电站已对流域的水文情势、水资源以及生态环境产生影响，《规划》实施将会加剧相应的不利影响，包括对新英湾红树林自然保护区、鱼类及水生生物等重要保护目标的不利影响，叠加不可预见因素，出现部分不可逆环境影响的可能性存在。因此，必须全面落实《报告书》提出的各项环保措施和风险防范对策，加快推进流域水污染综合防治工作，在确定好生态环境保护的底线基础上，科学合理论证水资源开发建设的规模上限，切实有效防范《规

划》实施可能带来的环境风险和不良生态环境影响及损害。

四、为进一步做好《规划》实施的环境保护工作，提出如下意见和建议：

（一）科学实施水资源开发利用。在保护改善北门江流域生态环境、维护生态系统完整性的前提下，结合流域水资源承载力和环境容量，进一步科学论证流域现有的六级电站对生态环境的不利影响，实施应采取的补救措施；《规划》中拟建的两级电站缺乏生态环境底线的支撑，水资源开发利用的强度有待进一步的科学论证；应拆除天角潭水陂（拦河坝），取消拟建的天角潭水陂电站。建设北门江全流域水量统一调度体系，实施节水等措施；确保《规划》实施后，各重点控制断面水质满足功能区要求，沙河水库、天角潭水利工程和牙拉河一级、燎源水电站、牙拉河三级、牙拉河四级等拦河坝最小下泄生态流量满足河口红树林生长、繁殖等需要和维护北门江流域河道生态环境健康要求。

（二）采取强有力措施进行流域水污染整治。根据《报告书》调查论证结论，对北门江流域水质污染现状以及《规划》实施后对流域水质产生的环境影响，应采取切实有效的措施加以整治。

1.尽快组织编制《北门江流域水污染综合防治规划》，与《规划》一并报省政府批准后组织实施。按照《海南省水污染防治行动计划实施方案》要求，制定水污染防治工作方案，明确流域保护目标、任务、重点治污工程和主要保护治理措施等，落实各方责任和配套资金；《北门江流域水污染综合防治规划》是《规划》实施的必备要件，必须具可操作性；全流域必须大幅度消减污染

负荷，确保《规划》实施后供水饮水安全和国家控制断面中和桥水质达到国家考核目标等基本要求。

2. 落实现有儋州市垃圾填埋场搬迁与场地修复等工作。儋州市政府应尽快制定现有儋州市垃圾填埋场搬迁方案，并组织开展垃圾填埋场场地环境调查、监测、评估及修复工作，充分论证垃圾填埋场场地修复的可行性，确保天角潭水利工程建成后其水质满足供水与饮用水质安全要求。如垃圾填埋场搬迁与修复不满足相关要求，天角潭水库不得蓄水。

3. 加强对流域水质水量及生态系统的监测与预警。要落实《报告书》提出的生态环境监测监控计划，建设流域水质及生态监测预警系统，按相关要求开展流域水质水量监测及水生生态、陆生生态和红树林生态系统等监测调查，并向社会公开，确保供水和居民饮用水安全及流域生态系统稳定。

（三）严守生态红线，加强流域生态系统保护。严禁在新英湾红树林自然保护区、屋基村白鹭自然保护区的核心区、缓冲区内进行任何开发建设，在自然保护区实验区内和生态保护红线区不得开展与其保护无关的开发建设活动。加强北门江流域花鳗鲡等珍稀、濒危鱼类和海南石鲋、条纹刺鲃等特有鱼类产卵场、栖息地的保护，将太平河划为鱼类栖息地予以重点保护；开展北门江流域渔业科学研究，建设兼顾全流域鱼类的增殖放流站，牙拉河一级、燎源、牙拉河三级、牙拉河四级电站等应补建仿自然鱼道或其他过鱼设施，天角潭水利枢纽工程按照相关要求建设生态环境设施。在河口地区实施退塘还林，及时开展红树林生态系统

生境繁育生长及河口生态调查演变研究，强化河岸、库边水源涵养和生态防护林带的保护与建设，把水资源开发对流域生态系统的不利影响降到最小。

（四）结合本审查意见及规划环评结论，进一步修改完善《规划》，并按法律程序完善《规划》审批相关手续。

附件：海南省北门江流域规划（修编）环境影响报告书技术评审会专家组意见

海南省生态环境保护厅

2016年11月11日

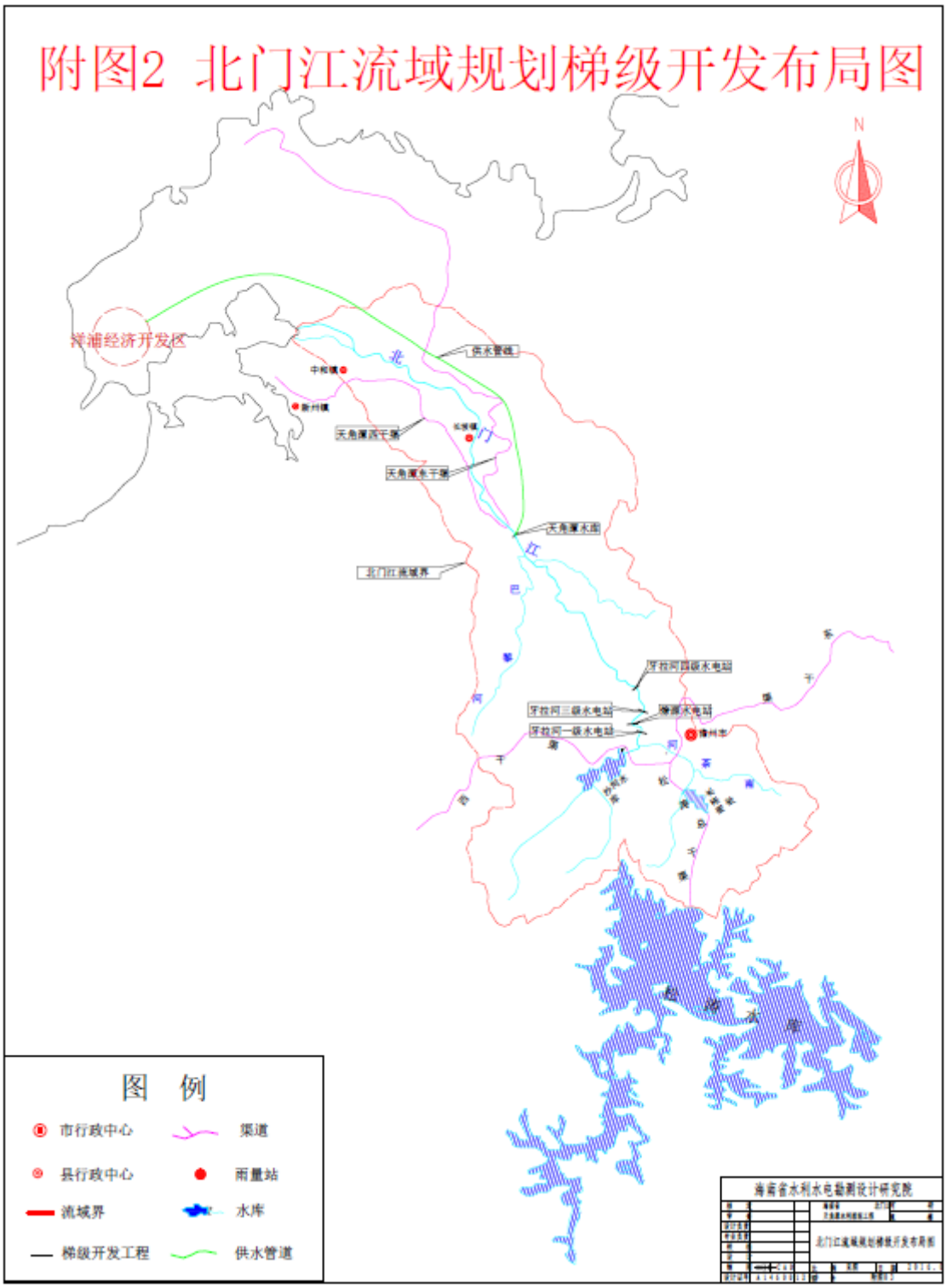
（此件主动公开）

抄送：环境保护部环评司，省政府办公厅，省发展和改革委员会、省国土资源厅、省林业厅、省住房和城乡建设厅、省海洋与渔业厅，儋州市人民政府，儋州市生态环境保护局，海南省水利水电集团有限公司，中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

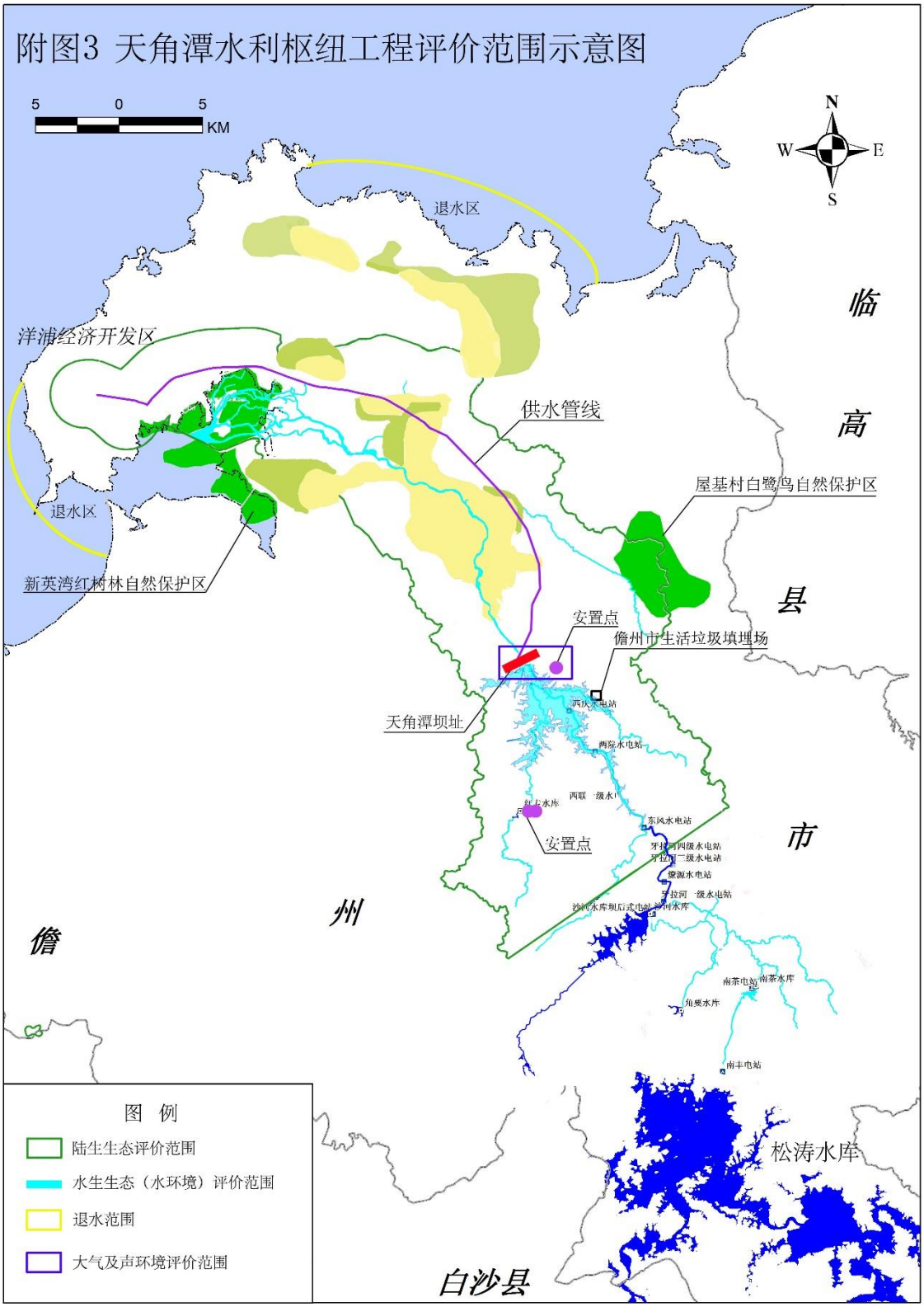
附图 1


附图1 北门江流域及天角潭水利枢纽工程地理位置示意图
N
W
E
S
天角潭水利枢纽工程
海口市
三亚市
五指山
0 25 50km

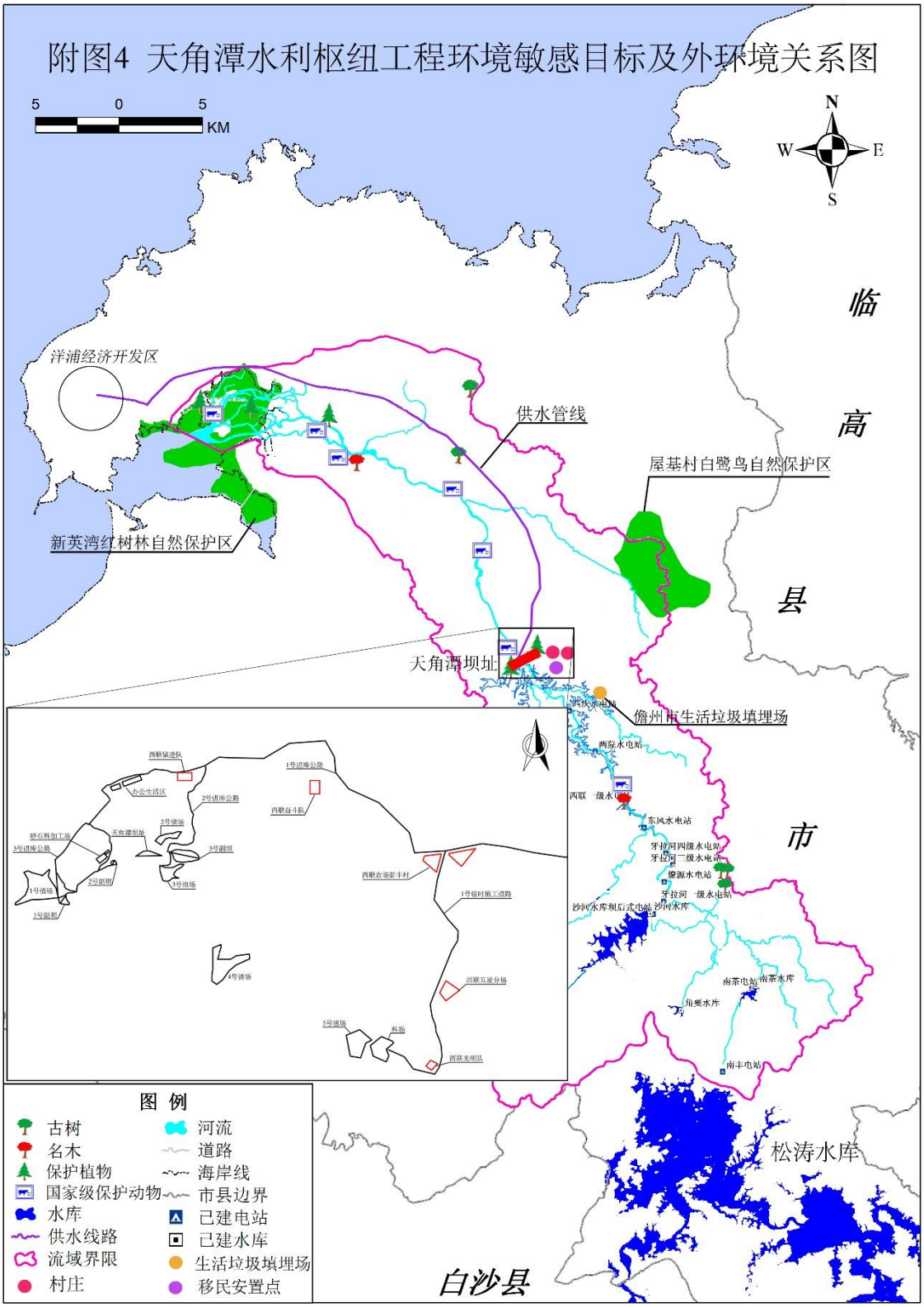
附图 2


附图2 北门江流域规划梯级开发布局图
N
洋浦经济开发区
中和镇
那大镇
长坡镇
供水管线
天角潭左干渠
天角潭右干渠
天角潭水库
北门江流域界
牙拉河四级水电站
牙拉河三级水电站
牙拉河一级水电站
儋州市
图 例
市行政中心
县行政中心
流域界
梯级开发工程
渠道
雨量站
水库
供水管道
海南省水利水电勘测设计研究院
北门江流域规划梯级开发布局图

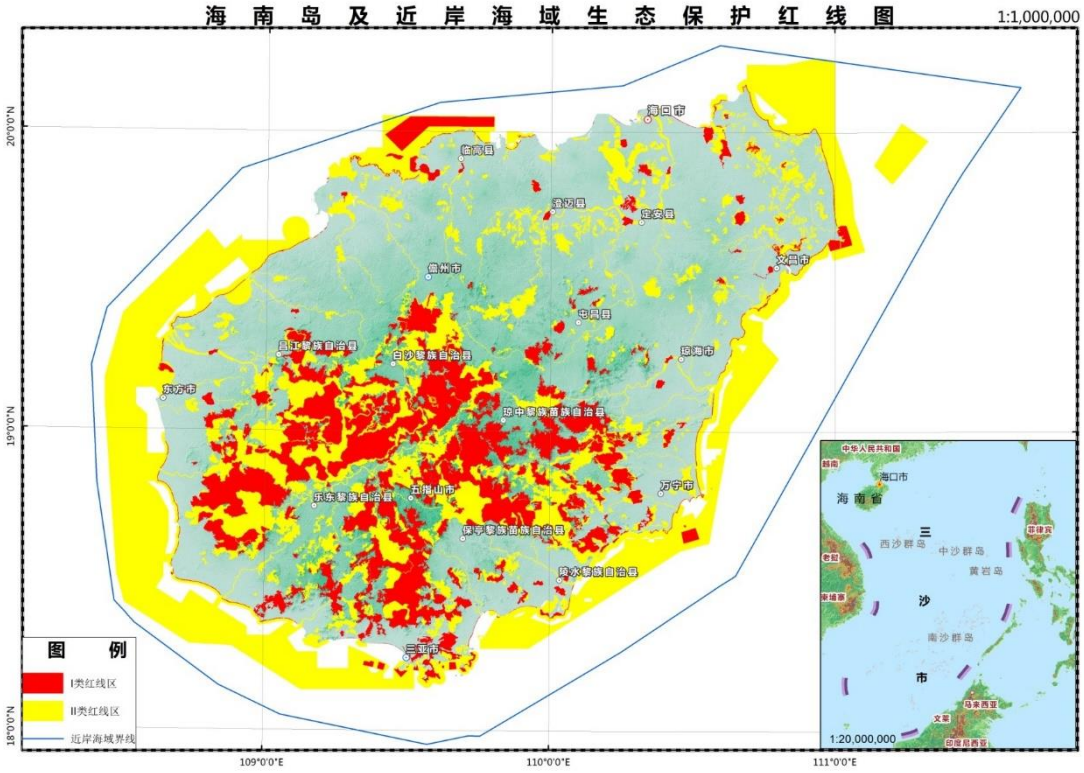
附图 3


附图3 天角潭水利枢纽工程评价范围示意图
5 0 5
KM
N
W
E
S
退水区
洋浦经济开发区
供水管线
退水区
新英湾红树林自然保护区
屋基村白鹭鸟自然保护区
安置点
儋州市生活垃圾填埋场
天角潭坝址
西庆水电站
西联水电站
西联一级水电站
红土水库
安置点
东风水电站
牙拉河四级水电站
牙拉河二级水电站
翠源水电站
牙拉河一级水电站
沙河水库坝后式电站
沙河水库
南茶电站
南茶水库
角要水库
南丰电站
松涛水库
白沙县
临
高
县
市
州
儋
图 例
陆生生态评价范围
水生生态（水环境）评价范围
退水范围
大气及声环境评价范围

附图 4


附图4 天角潭水利枢纽工程环境敏感目标及外环境关系图
5 0 5
KM
N
W
E
S
临
高
县
市
洋浦经济开发区
供水管线
屋基村白鹭鸟自然保护区
新英湾红树林自然保护区
天角潭坝址
儋州市生活垃圾填埋场
西联水电站
西联一级水电站
东风水电站
牙拉河四级水电站
牙拉河二级水电站
深源水电站
牙拉河一级水电站
沙河水库规后式电站
沙河水库
南茶电站
南茶水库
角要水库
南丰电站
松涛水库
白沙县
图 例
古树
名木
保护植物
国家级保护动物
水库
供水线路
流域界限
村庄
河流
道路
海岸线
市县边界
已建电站
已建水库
生活垃圾填埋场
移民安置点

附图 5


海 南 岛 及 近 岸 海 域 生 态 保 护 红 线 图
1:1,000,000
海口市
临高县
澄迈县
定安县
文昌市
儋州市
屯昌县
昌江黎族自治县
白沙黎族自治县
琼海市
东方市
琼中黎族苗族自治县
五指山市
万宁市
乐东黎族自治县
保亭黎族苗族自治县
陵水黎族自治县
三亚市
图 例
I类红线区
II类红线区
近岸海域界线
20°0'0"N
19°0'0"N
18°0'0"N
109°0'0"E
110°0'0"E
111°0'0"E
中华人民共和国
越南
海口市
海南省
三
西沙群岛
中沙群岛
黄岩岛
老挝
菲律宾
柬埔寨
沙
南沙群岛
市
马来西亚
文莱
印度尼西亚
1:20,000,000