

北江航道扩能升级上延工程
(武江长来至桂头段)

环境影响报告书
(公示稿)

建设单位：广东省航道事务中心

编制单位：广东韶科环保科技有限公司

二〇二四年九月

目录

1. 概述	1
1.1 项目由来	1
1.2 建设项目特点	2
1.3 环境影响评价工作程序	2
1.4 关注的主要环境问题	2
1.5 主要结论	3
2. 总则	5
2.1 编制依据	5
2.2 评价目的和原则	8
2.3 评价因子	9
2.4 评价标准	12
2.5 评价工作等级及评价范围	15
2.6 环境保护目标	23
2.7 环境功能区划	44
2.8 产业政策与选址合理性分析	44
3. 工程概况	62
3.1 工程概况	62
3.2 工程建设必要性	73
3.3 建设条件	96
3.4 通航标准与代表船型	105
3.5 航道工程	106
3.6 工程管理	106
3.7 工程投资及资金筹措方案	107
3.8 工程主要特性表	107
4. 工程分析	109
4.1 工程施工	109
4.2 施工期污染源分析	111
4.3 营运期污染源分析	120
4.4 污染源分析汇总	128
5. 环境现状调查与评价	131
5.1 自然环境概况	131

5.2	环境质量现状监测与评价	135
6.	环境影响预测与评价	136
6.1	生态环境影响分析	136
6.2	水文情势变化	149
6.3	旧桥拆除环境影响分析	215
6.4	水环境影响分析	216
6.5	声环境影响分析	220
6.6	环境空气环境影响分析	239
6.7	固体废物环境影响分析	242
6.8	环境风险评价	244
7.	工程穿越饮用水源保护区可行性论证	264
7.1	饮用水源保护区概况	264
7.2	工程与饮用水源保护区位置关系	266
7.3	工程穿越水源保护区线路方案唯一性论证	266
7.4	工程穿越水源保护区环境可行性论证	266
7.5	小结	269
8.	环境保护措施及其可行性论证	271
8.1	生态保护措施	271
8.2	施工期环保措施	291
8.3	营运期环境保护措施	295
8.4	环保措施经济技术论证	305
8.5	环境保护投资估算	306
9.	环境影响经济损益分析	307
9.1	工程的环境损益分析	307
9.2	环境影响经济损益分析	307
10.	环境管理与监测计划	309
10.1	环境管理	309
10.2	污染物排放清单及管理要求	311
10.3	环境监测计划	311
10.4	环境监理	312
10.5	环保设施“三同时”验收	315
11.	评价结论	318

11.1	工程概况	318
11.2	环境质量现状评价结论	318
11.3	产业政策相符性及选址合理性分析结论	321
11.4	环境影响评价结论	321
11.5	公众调查结论	329
11.6	综合结论	329

1. 概述

1.1 项目由来

1.1.1 项目背景

北江是珠江水系第二大河流，干流全长约 258km，是粤北地区连接珠江三角洲及港澳地区唯一的水运通道，航运地位突出。目前北江已是广东省“一横一网三通道”航道新格局中的三通道中之一，而武江和浈江航道则是北江千吨级航道的进一步向上延伸。

“十二五”期间，为满足北江腹地社会经济发展及大宗货物旺盛水运需求，提升北江通航能力，减轻陆运压力，实现大宗货物绿色运输目标，广东省政府大力推进北江干流 1000t 级航道扩能升级工程的实施，从 2014 年开始先后立项了北江曲江乌石至三水河口段、北江百旺大桥至乌石段的航道扩能升级工程。目前，北江干流韶关百旺大桥至三水河口扩能升级工程已基本完成，为粤北经济发展提供强劲运力支撑。

进入“十三五”阶段，在贯彻国家供给侧结构性改革和广东省补齐软硬基础设施短板政策，在北江干流已大力推进航道扩能升级建设的背景下，韶关市呼吁提出进一步向上延伸北江千吨级航道至武江、浈江的需求。2016 年 5 月，“北江航道扩能升级上延工程”项目列入了《广东省发展改革委关于印发补齐软硬基础设施短板重大项目的通知》（发改投资〔2016〕323 号）的名录当中，为北江航道扩能升级上延提供了有力政策支持。

武江航道过去规划和维护等级均一直较低，其航运开发价值一直未被重视挖掘。随着武江航道逐步实现全面渠化，航道水深条件不断得到改善，航道升级具备了诸多有利条件，在韶关城市规划、产业布局、运输结构、长远发展需求等新形式下，在广东省“产业园区提质增效、产业共建和振兴粤东西北”新的一体化发展战略、供给侧改革不断推进背景下，如何开发武江的航道资源，提升其航道等级，延伸、拓展北江 1000 吨级航道效益，有效弥补粤北水运短板，顺应腹地社会、经济发展要求和政策要求，显得尤为突出和迫切。2017 年 1 月，广东省航道局率先对北江上延工程 79 公里航段（包括北江塔台至百旺大桥 6 公里，武江桂头大桥至塔台 36 公里，浈江周田大桥至塔台 37 公里）开展了航道扩能升级工程可行性研究工作，工程拟按

通航 1000t 级船舶能力开展研究，相关研究成果 2018 年 10 月通过交通主管部门评审。

此外，在韶关城市规划、产业布局、运输结构需求和乐昌市社会经济发展、运输需求等新形式下，亟需进一步挖掘、延伸武江航道扩能升级，充分利用航道水运资源，弥补乐昌市多年来的水运短板，造福一方。为此，乐昌市政府积极奔走呼吁，分别向韶关市政府、广东省政协等提出请示报告，希望将北江航道扩能升级上延工程在现有工程可行性研究范围基础上，从桂头镇继续向武江上游延伸至乐昌市长来镇乐昌港区，延伸里程约 21km。在《广东省交通运输厅关于北江航道扩能升级上延工程有关问题的复函》（粤交规函〔2017〕2839 号）文中，广东省交通运输厅的提出为支持地方经济发展，同意对北江韶关以上航道（塔台至百旺大桥、塔台至富湾枢纽，浈江口至黄江大桥）扩能升级的必要性、经济社会效益、水路运输需求和建设标准进行分析研究。2017 年 10 月 18 日至 10 月 24 日，中国共产党第十九次全国代表大会在北京召开。党的十九大是党和国家事业发展史上一个重大里程碑，标志着中国特色社会主义进入了新时代，十九大报告明确提出要建设“交通强国”，要“加强水利、铁路、公路、水运、航空、管道、电网、信息、物流等基础设施网络建设”，意味着我们将在新时代开启建设交通强国新征程。本扩能升级工程是北江航道扩能升级上延工程的进一步向上游延伸，工程的建设在深化供给侧结构性改革、补短板、促进区域社会经济发展等方面将产生积极而深远的影响，工程具有十分重要的意义。2018 年 1 月马兴瑞省长在 2018 年广东省政府工作报告中提到，大力推进北江东江航道扩能升级工程建设，更加凸显了本项目的重要性。2018 年 12 月份，广东省交通运输厅印发《北江航道扩能升级上延工程可行性研究报告评审意见》中提出，“北江航道扩能升级上延工程分期推进，先期推进武江部分的航道扩能升级，同时加快武江上段桂头至乐昌港区的前期研究工作，争取与本项目武江段同步建设。”基于以上背景，北江航道扩能升级上延（长来至桂头段）工程可行性研究工作于 2019 年 6 月正式启动，项目研究航道里程在原来 79km 基础上增加了 21km，达到 100km。2020 年 10 月，广东省交通运输厅组织召开专家审查会，经与会专家和代表认真讨论和审议，建议浈江段与赣粤运河的建设统筹考虑，不纳入本项目建设。根据专家审查会意见，工可报告研究范围由 100km 改为北江 6km 以及武江 57km，研究范围调整为 63km。2024 年 1 月 15 日，广东省发改委以“粤发改投审[2024]9 号”对该工程可行性研究报告进行了批复，投资项目统一代码为

2016-440200-55-01-803384。

由于 2017 年广东省航道局对北江上延工程 79 公里航段（包括北江塔台至百旺大桥 6 公里，武江桂头大桥至塔台 36 公里，浈江周田大桥至塔台 37 公里）开展了航道扩能升级工程可行性研究工作，并同步进行了环境影响评价专题的招投标工作，其环境影响报告书委托中交第二航务工程勘察设计院有限公司进行编制；2019 年 6 月启动了北江航道扩能升级上延（长来至桂头段）工程可行性研究工作，并进行了环境影响评价专题的招投标工作，其环境影响评价专题工作由我司中标。

基于以上背景，建设单位委托我单位编制《北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）环境影响报告书》，本工程研究范围是北江航道扩能升级上延工程中武江长来至桂头约 21km 的航段，该工程总投资 279123.72 万元，工程预计于 2028 年 12 月建成。

由于重建的桂头大桥位于北江航道扩能升级上延工程（桂头至韶关段），本项目不再纳入评价。

鉴于北江航道扩能升级上延工程——航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于 2023 年 11 月 22 日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87 号），本报告仅对疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容进行简述，不纳入本报告的评价内容。

表 1-1 北江航道扩能升级上延工程涵盖建设内容及环保手续办理情况

工程名称	工程分段	建设内容	主要工程内容	本次环评涵盖内容
北江航道扩能升级上延工程	北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）	航道工程	整治工程、疏浚工程、清礁工程、护岸工程、航标工程、配套工程、专项工程	北江航道扩能升级上延工程—航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于 2023 年 11 月 22 日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87 号），疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容不纳入本次环评，其他工程纳入本次环评
		船闸工程	长安船闸、七星墩船闸	纳入本次环评
		桥梁工程	长来大桥、杨溪大桥、桂头新桥、桂头大桥	由于重建的桂头大桥位于北江航道扩能升级上延工程（桂头至韶关段），本项目不再纳入评价。其它桥梁的拆除重建工程纳入本次环评
	北江航道扩能升级上延工程（桂头至韶关段）	航道工程	整治工程、疏浚工程、清礁工程、护岸工程、航标工程、配套工程、专项工程	不纳入本次环评
		船闸工程	溢州船闸、塘头船闸	
		桥梁工程	北江大桥、武江大桥、十里亭大桥、其他工程	



图 1-1 北江航道扩能升级上延工程（武江长来至韶关 63km）位置图

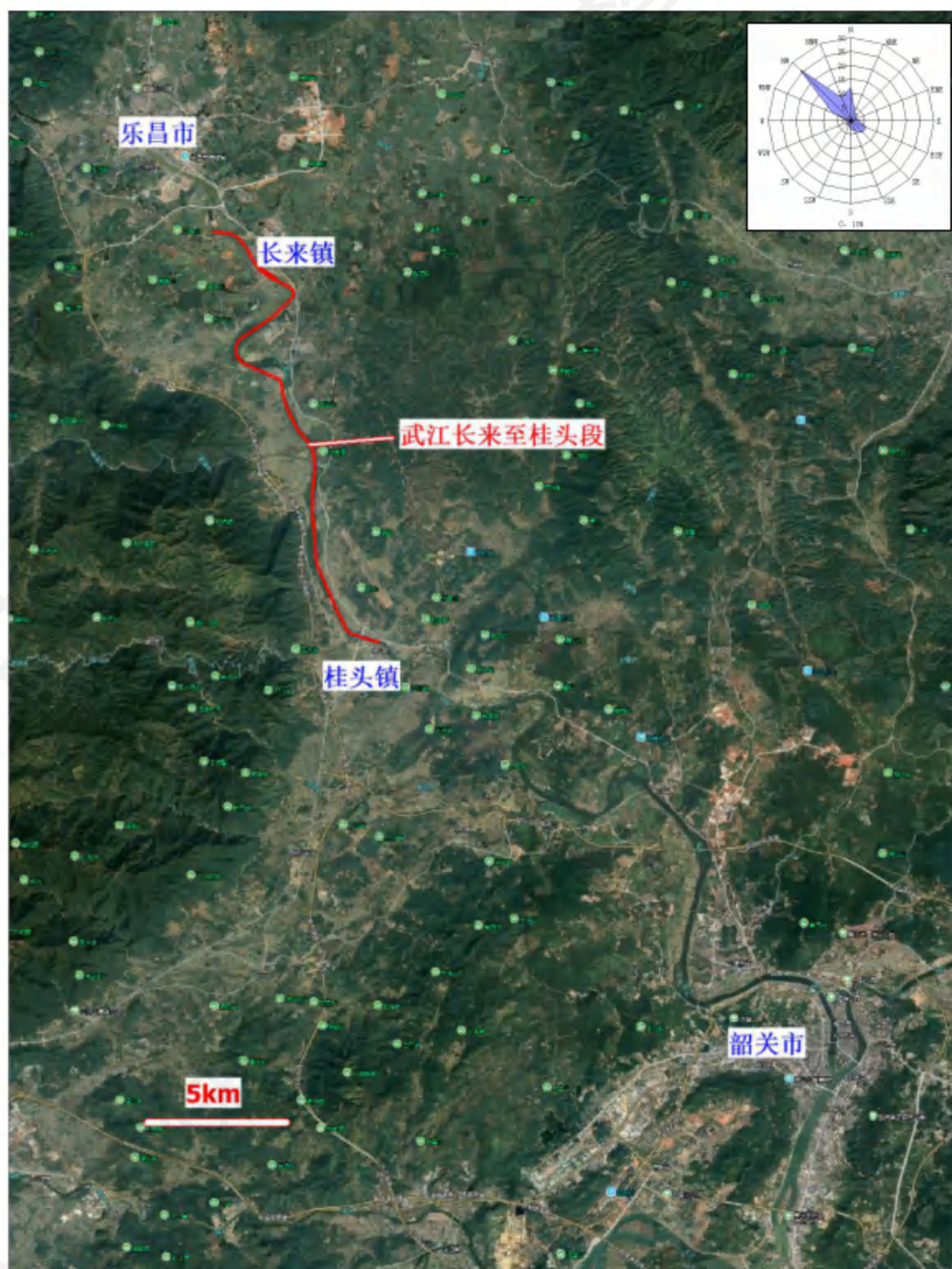


图 1-2 北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段 21km）位置图

1.1.2 工作任务由来

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》、《建设项目环境保护管理条例》和《广

广东省建设项目环境保护管理条例》等有关法律法规的要求，该建设项目属必须编制环境影响报告书的项目类别。受广东省航道事务中心委托，广东韶科环保科技有限公司承担了《北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）》的环境影响评价工作（委托书见附件）。

本公司接受委托后，立即成立了环评项目组，并在广东韶科环保科技有限公司网站进行了项目信息公告，在现场踏勘、收集和研读有关资料、文件的基础上，编制了评价工作方案，收集项目所在地历史监测资料和污染源现状等资料。在上述工作的基础上，编制了《北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）》（征求意见稿）。本环境影响报告书经环保主管部门批复后，将作为建设项目环境管理的主要技术依据之一。

1.2 建设项目特点

（1）本项目为北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段），通过对比分析，本项目建设内容和建设规模符合国家和地方相关产业政策。

（2）本项目为非污染型生态类项目，主要产生的影响主要是施工期对生态环境的影响，以及项目施工期产生的废水、固废对所在区域环境产生一定影响。本次评价将逐一分析其影响程度，并提出相应防治措施，建设单位必须严格做好各项环境保护工作，采取有效措施减少环境污染和生态破坏。

1.3 环境影响评价工作程序

环境影响评价工作一般分三个阶段，即前期准备、调研和工作方案阶段，分析论证和预测评价阶段，环境影响评价文件编制阶段。具体流程见图 1-3。

1.4 关注的主要环境问题

结合本项目特点，评价分析认为应着重关注以下几个环境问题：

（1）项目为生态影响类型项目，施工期环境影响比运行期更加突出，因此项目工程施工建设对生态环境的影响如何是本评价关注环境问题；

（2）通过现场调查和现状监测，掌握本项目建设区域环境质量现状及存在的主要环境问题，分析现有工程各污染物排放的达标性，明确项目所在区域环境是否有环境容量以承载本项目的建设。

(3) 项目施工期和营运期产生的废水、废气、噪声和固废等带来的环境污染和生态破坏能否得到有效和妥善的控制，能否采取经济技术可行的污染防治措施和管理措施，将项目建设和营运活动对环境的影响降至最低程度。

(4) 通过环境影响预测与分析本项目投产后对当地环境可能造成的污染影响的范围和程度，从而制定进一步防治污染的对策，提出实现污染物排放总量控制的实施措施，从环境保护角度对工程项目建设的可行性作出明确结论。

1.5 主要结论

北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）的实施具有广泛的经济效益和社会效益。工程实施后，工程所在江段通航条件将得到较大程度的改善，航行安全将显著提高，对促进区域水运事业的发展、区域国民经济的持续发展提供基础和保障作用具有现实而深远的意义。

工程施工期对环境有短暂的污染影响，但采取适当的措施，加强管理，是可以避免或减缓的，施工期的环境影响是暂时的，随着施工的结束，污染也随之消失。

项目建设符合国家、地方产业政策及相关规划，符合“三线一单”的管控要求。工程实施不会造成水文情势重大变化，生态影响有限，通过合理的生态恢复、补偿措施减缓对生态环境影响，可使工程对环境的不利影响可以得到有效控制和缓解，并能够做到污染物达标排放。

因此，从环境保护角度分析，在落实报告书提出的各项环保措施和要求后，北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）在环境上是可行的。

第一阶段

1.依据相关规定确定环境影响评价文件类型

- 1.研究相关技术文件和其他有关文件
- 2.进行初步工程分析
- 3.开展初步的环境现状调查

- 1.环境影响识别和评价因子筛选
- 2.明确评价重点和环境保护目标
- 3.明确工作等级、评价范围和评价标准

制定工作方案

第二阶段

环境现状调查
监测与评价建设项目
工程分析

- 1.各环境要素环境影响预测与评价
- 2.各专题环境影响分析与评价

第三阶段

- 1.提出环境保护措施，进行技术经济论证
- 2.给出污染物排放清单
- 3.给出建设项目环境影响评价结论

编制环境影响报告书

图 1-3 环境影响评价工作程序图

2. 总则

2.1 编制依据

本评价适用的法律、法规、规定、相关规范性文件和相关文件见表 2-1。

表 2-1 适用的法律、法规和相关技术文件

序号	适用的法律、法规和相关技术文件
一、全国性环境保护法律、法规和政策	
1	《中华人民共和国环境保护法》 2015.1.1
2	《中华人民共和国环境影响评价法》 2018.12.29
3	《中华人民共和国大气污染防治法》 2018.10.26
4	《中华人民共和国水污染防治法》 2018.1.1
5	《中华人民共和国噪声污染防治法》 2022.6.5
5	《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》 2020.4.29
6	《中华人民共和国土壤污染防治法》 2018.8.31
7	《中华人民共和国水土保持法》 2011.3.1
8	《中华人民共和国清洁生产促进法》 2016.5.16
9	《中华人民共和国循环经济促进法》 2018.10.26
10	《中华人民共和国节约能源法》 2018.10.26
11	《中华人民共和国可再生能源法》 2009.12.26
12	《中华人民共和国安全生产法》 2014.12.1
13	《中华人民共和国水法》 2016.9.1
14	《中华人民共和国土地管理法》 2004.8.28
15	《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号），2017.10.1
16	《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（环境保护部令 第 16 号）
17	《环境影响评价公众参与办法》（环保部令 2018 年第 4 号）
18	《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
19	《国家危险废物名录》（国家环保部令 第 39 号），2016.8.1
20	《国家突发公共事件总体应急预案》 2006.1.8
21	《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77 号）
22	《关于印发〈建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）〉的通知》（环办[2013]103 号）
23	《中华人民共和国航道管理条例》 2008.12.27；
24	《中华人民共和国河道管理条例》（2018 年局部修订），2018.3；
25	《国内水路运输管理条例》（2017 年局部修订），2017.3
26	《航道建设管理规定》（交通部令 2018 年第 44 号，2018 年 11 月 28 日）；
27	《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》（交通部 2015 年第 25 号令），2016 年 5 月 1

	日起实施；
28	《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（交通运输部令（2019）第2号，2019年5月1日起实施；
29	《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价管理的通知》环保部和农业部
30	《关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》国发（2006）9号，2006.2；
31	《关于印发水泥制造等七个行业建设项目环境影响评价文件审批原则的通知》（环办环评（2016）114号）
二、地方法规和政策	
1	《广东省环境保护条例》2022年修订
2	《广东省固体废物污染环境防治条例》2018.11.29
3	《广东省大气污染防治条例》2018.11.29
4	《广东省水污染防治条例》2020.11.27
5	《广东省地表水环境功能区划》（粤环[2011]14号）
6	《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环（2021）10号）
7	《广东省用水定额》（DB44/T1461.3-2021）
8	《关于发布广东省生态环境厅审批环境影响报告书（表）的建设项目名录（2021年本）的通知》（粤环办（2021）27号）
9	《关于发布韶关市生态环境局行政许可管理制度（试行）的通知》（韶环（2021）33号）
10	《关于同意广东省地下水功能区划的复函》（粤办函[2009]459号）
11	《韶关市人民政府关于同意韶关市生态环境保护战略规划（2020—2035）的批复》（韶府复[2021]19号）
12	《韶关市生态环境保护“十四五”规划》（韶府办（2022）1号）
13	《韶关市人民政府办公室关于印发韶关市水生态环境保护“十四五”规划的通知》（韶府办（2022）10号）
14	《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府（2020）71号）
15	《韶关市人民政府关于印发韶关市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（韶府（2021）10号）
16	《韶关市生态环境局关于印发《韶关市生态环境分区管控动态更新成果》的通知》（韶环[2024]103号）
17	《广东省人民政府办公厅关于印发广东省建设工程施工扬尘污染防治管理办法（试行）的通知》（粤办函（2017）708号），2017年12月7日；
18	《广东省人民政府关于公布省重点保护野生植物名录（第一批）的通知》（粤府函（2018）390号），2018年11月29日；
19	《关于饮用水源保护区调整及线性工程项目穿越饮用水源保护区可行性审查办理程序的通知》（粤环函[2015]1372号）；
20	《广东省人民政府关于实施轻型汽车国六排放标准的通告》（粤府函[2019]147号）；
21	《广东省水生态环境保护“十四五”规划》（粤环函（2021）652号）；
22	《广东省航道发展规划（2020-2035年）》
23	《广东省环境保护厅关于印发〈广东省航道发展规划（2017-2035年）环境影响报告书审查意见〉的函》（粤环审[2018]199号）；

24	《广东省人民政府关于韶关市部分饮用水水源保护区调整方案的批复》（粤府函[2024]31号）；
25	《广东省韶关市江河流域综合规划修编报告（2011年）》；
26	《韶关港总体规划》（韶关市人民政府，2016年）；
27	《韶关市区饮用水源地突发污染事件应急预案》（2014.6）；
28	《韶关市水资源管理年报（2022年度）》（韶关市水务局，2022）；
三、相关产业政策	
1	《市场准入负面清单（2022年版）》
2	《产业结构调整指导目录（2024年）》
四、环境影响评价技术导则、规范和规定	
1	《环境影响评价技术导则——总纲》（HJ2.1-2016）
2	《环境影响评价技术导则——大气环境》（HJ2.2-2018）
3	《环境影响评价技术导则——地表水环境》（HJ2.3-2018）
4	《环境影响评价技术导则——声环境》（HJ2.4-2021）
5	《环境影响评价技术导则——生态影响》（HJ19-2022）
6	《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）
7	《环境影响评价技术导则——地下水环境》（HJ610-2016）
8	《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》（HJ964-2018）
9	《大气污染治理工程技术导则》（HJ2000-2010）
10	《水污染治理工程技术导则》（HJ2015-2012）
11	《固体废物处理处置工程技术导则》（HJ2035-2013）
12	《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）
13	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
14	《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）
15	《企业突发环境事件风险分级方法》（HJ941-2018）
16	《固体废物鉴别标准通则》（GB34330-2017）
17	《排污单位自行监测技术指南总则》（HJ819-2017）
18	《污染源强核算技术指南准则》（HJ884-2018）
19	《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105-2021）；
20	《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）；
21	《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）；
22	《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）；
23	《船舶水污染物内河港口岸上接收设施设计指南》（JTS/T175-2019）；
24	《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T877-2013）。
五、其他编制依据和工程资料	
1	工程可行性研究报告及发改立项批复；
2	《北江航道扩能升级上延工程工程初步设计（报批稿）》及批复（中交第二航务工程勘察设计院有限公司、华设设计集团股份有限公司、中铁建港航局集团勘察设计院有限公司、中交公路规划设计院有

	限公司，2023.12）
3	环境影响评价工作委托书
4	北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）地质勘查报告。
5	北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）水土保持报告。
6	建设单位提供的工程内容、布置等资料

2.2 评价目的和原则

2.2.1 评价目的

北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）施工和营运期将对区域环境产生一定的影响，评价拟在对工程区域环境现状调查的基础上，通过工程污染分析，数值模拟等方法预测工程建设对环境的影响，提出防治污染和减缓影响的可行措施，为工程决策提供依据，指导工程环境保护设计和工程施工及营运期环境管理。

环境影响评价工作的具体目的如下：

（1）调查分析工程区域及北江流域社会、经济、环境及资源现状，结合广东省社会经济发展、环境资源现状和航道发展规划的特点，识别工程影响区域的环境功能、资源和环境质量现状条件，航道发展规划要求，识别工程建设可能带来的环境问题。

（2）预测评价工程施工、运行等工程活动对生态、环境造成的影响，并从流域整体性角度分析评价工程建设对水环境和水生生态带来的影响。

（3）分析工程建设区与饮用水水源地、生态敏感区等环境敏感对象的区位关系，预测评价工程建设对其影响。

（4）针对工程施工期对周边，尤其是对环境敏感点带来的不利影响，制定可行的对策和措施，保证工程顺利施工与运行，充分发挥工程的经济效益、社会效益与生态效益，保障工程周边地区居民生活环境、居住环境及生产环境不因项目的建设而受到严重干扰；

（5）分析施工期、营运期区域生态环境，尤其是河流生态环境及河流水文情势与水质等的可能变化趋势，分析探讨有利和不利影响的程度、范围与强度，从生态环境保护角度论证项目建设的可行性；

（6）拟定环境监测方案，掌握工程环境影响实际发生的情况，并及时做出反馈，对环境保护措施进行充实和完善、细化，增强措施的针对性和可操作性。

(7) 进行环境保护投资估算，将环保投资纳入工程总投资，落实工程环境保护工作费用，为环保措施的顺利实施提供资金保证。

(8) 从环境影响的角度论证北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）建设的可行性，明确环境影响评价结论，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。

2.2.2 评价原则

根据国家有关环保法规，结合项目的建设特点，确定本工程的评价原则如下：

(1) 严格遵循《中华人民共和国环境影响评价法》和国家现行环境保护法律法规；认真贯彻执行国家产业发展政策。

(2) 评价中认真贯彻“循环经济”、“清洁生产”、“污染物达标排放”及“污染物总量控制”等法规及政策，给出污染控制指标，使本工程成为高效、低耗、少污染的现代化企业。

(3) 环境影响评价要坚持为工程建设的决策服务，为环境管理服务，注重环评工作的政策性、针对性、科学性、公正性和实用性。

(4) 评价内容重点突出、结论明确。

(5) 在保证评价工作质量的前提下，尽可能利用该地区已有的环境现状监测资料 and 环境影响评价资料。

2.3 评价因子

根据项目所在区域环境现状及排污特征，本次评价工作的评价因子确定如下：

(1) 地表水环境

现状评价因子：水温、pH、DO、SS、高锰酸盐指数、COD、BOD₅、氨氮、总氮、总磷、氟化物、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、铜、锌、镉、铅、粪大肠菌群。

施工期评价因子：COD、氨氮、SS。营运期评价因子：COD、氨氮、石油类。

(2) 大气环境

现状评价因子：基本污染物：SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、O₃、PM_{2.5}，其他污染物：TSP。

施工期评价因子：SO₂、NO_x、烃类化合物、颗粒物。营运期评价因子：SO₂、

NO_x、烃类化合物。

(3) 声环境

现状评价因子：昼、夜间等效连续 A 声级 LeqdB (A)。

评价因子：等效连续 A 声级 LeqdB (A)。

(4) 固体废物

一般固体废物（弃渣、建筑垃圾）、生活垃圾、危险废物。

(5) 底泥

pH、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌共 9 项

(6) 生态

现状评价因子：水生生态和渔业资源、珍稀水生生物、底栖生物、陆域植被生物量损失、水土流失等。

评价因子：主要有水生生态、渔业资源和重要生态敏感目标等，预测分析生物损失量、生物多样性、生态系统完整性等。

(7) 环境风险

施工期：石油类(施工及运输船舶溢油事故)；运营期：石油类(航道内船舶溢油事故)

受影响对象	评价因子		工程内容及影响方式	影响性质	影响程度
施工期					
物种	陆生生态	分布范围	工程永久占地导致物种分布格局变化	直接影响、不可逆影响、长期影响	中
		种群数量、种群结构、行为	工程开挖、材料运输造成个体死亡	直接影响、不可逆影响、短期影响	中
	水生生态	分布范围	工程导致工程范围物种分布格局变化	直接影响、可逆影响、短期影响	中
		种群数量	工程导致物种死亡、种群数量变化	直接影响、可逆影响、短期影响	中
生境	陆生生态	生境面积	永久占地导致生境丧失和破坏	直接影响、不可逆影响、长期影响	中
			临时占地导致生境丧失和破坏	直接影响、可逆影响、短期影响	中
		质量	施工人为活动、扬尘、水土流失等对生物生境影响	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
	水生生态	生境面积	工程导致生境破坏	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
		质量	工程造成水体悬浮物浓度上升，对生物生境产生不利影响	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
生物群落	物种组成、群落结构		船闸、护岸、桥梁处边缘效应等造成群落结构改变	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱
生态系统	植被覆盖度、生产力、生物量、生态系统功能		施工永久、临时占地导致植被覆盖度降低、生物量、生产力降低、生态系统功能受到一定影响	直接影响、可逆影响、长期影响	弱
生物多样性	物种种类组成和资源量、生物多样性指数、优势种		施工影响区域内水生生物的资源量有所降低；水生生物的种类组成、优势种和生物多样性均发生变化	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
营运期					
生态系统	植被覆盖度、生产力、生物量、生态系统功能		绿化工程会增加绿化面积，正向作用	直接影响、可逆影响、短期影响	无
自然景观	遗迹多样性、完整性等		桥梁、船闸、护岸对自然景观的干扰	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱

2.4 评价标准

2.4.1 环境质量标准

(1) 地表水环境质量标准

本项目所在水体为武江（乐昌城~犁市河段），根据《广东省地表水环境功能区划》（粤府函[2011]29号文）的规定，该河段为Ⅲ类水质功能区，水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类标准；武江支流廊田水、杨溪水为Ⅱ类水质功能区，水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅱ类标准。

表 2-2 地表水环境质量标准（GB3838-2002）（mg/L，pH 值无量纲）

项目	Ⅲ类	Ⅱ类	项目	Ⅲ类	Ⅱ类
pH	6~9	6~9	氰化物	≤0.2	≤0.05
溶解氧	≥5	≥6	挥发酚	≤0.005	≤0.002
高锰酸盐指数	≤6	≤4	石油类	≤0.05	≤0.05
COD	≤20	≤15	LAS	≤0.2	≤0.2
BOD ₅	≤4	≤3	铜	≤1.0	≤1.0
氨氮	≤1.0	≤0.5	锌	≤1.0	≤1.0
总磷	≤0.2	≤0.1	镉	≤0.005	≤0.005
SS*	≤80	≤80	铅	≤0.05	≤0.01
氟化物	≤1.0	≤1.0	粪大肠菌群	≤10000	≤2000
水温（℃）	人为造成的环境水温变化应限制在：周平均最大温升≤1；周平均最大温降≤2				

注：悬浮物参照执行《农田灌溉水质标准》（GB5084-2021）中水田作物标准限值。

(2) 环境空气质量标准

根据《韶关市生态环境保护战略规划（2020—2035）》，拟建项目所在地属于二类环境空气质量功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求。

表 2-3 环境空气质量标准值（mg/m³）

污染物名称	浓度限值（mg/m ³ ）			选用标准
	年平均	日平均	1小时平均	
SO ₂	0.06	0.15	0.50	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）
NO ₂	0.04	0.08	0.20	
TSP	0.20	0.30	—	
PM ₁₀	0.07	0.15	—	
PM _{2.5}	35ug/m ³	75ug/m ³	—	
TSP	0.2	0.3	—	

CO	—	4	10
O ₃	—	0.16*	0.20
注：*表示 8 小时平均			

(3) 声环境质量标准

根据《韶关市人民政府办公室关于印发韶关市区声环境功能区划方案（2023 年版）的通知》（韶府办发函〔2024〕31 号），本工程沿岸涉及韶关市城镇地区，航道两侧河堤护栏或堤外坡角、桥梁边界线两侧 35m 以内区域声环境影响现状与影响评价执行 4a 类标准[昼间 70dB(A)、夜间 55dB(A)]，其它区域执行 2 类标准[昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)]，具体标准值见表 2-4。

表 2-43 类环境噪声标准

类别	昼间	夜间	标准
4a 类噪声标准值	70dB (A)	55dB (A)	《声环境质量标准》(GB3096-2008)
2 类噪声标准值	60dB (A)	50dB (A)	

(4) 底泥环境质量标准

底泥环境质量标准参照执行《土壤环境质量 农用地土壤风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）农用地土壤污染风险筛选值，详见表 2-5 所示。

表 2-5 农用地土壤污染风险筛选值和管制值（GB15618-2018）

序号	污染物项目 ^{①②}		风险筛选值			
			pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
1	镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
		其他	0.3	0.3	0.3	0.6
2	汞	水田	0.5	0.5	0.6	1.0
		其他	1.3	1.8	2.4	3.4
3	砷	水田	30	30	25	20
		其他	40	40	30	25
4	铅	水田	80	100	140	240
		其他	70	90	120	170
5	铬	水田	250	250	300	350
		其他	150	150	200	250
6	铜	果园	150	150	200	200
		其他	50	50	100	100
7	镍		60	70	100	190
8	锌		200	200	250	300

注：①重金属和类金属砷均按元素总量计。

②对于水旱轮作地，采用其中较严格的风险筛选值。

2.4.2 污染物排放标准

(1) 污水排放标准

本工程施工期生产废水经处理后全部回用，不外排，回用水标准执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中“城市绿化、道路清扫”标准。施工期、营运期生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。

表 2-6 回用水执行标准 (mg/L, pH 除外)

序号	污染物		(GB/T18920-2020)中“道路清扫”标准
1	pH值(无量纲)	≤	6.0~9.0
2	色度	≤	30
3	嗅	—	无不快感
4	浊度NTU	≤	10
5	五日生化需氧量	≤	10
6	氨氮	≤	8
7	阴离子表面活性剂	≤	0.5
8	溶解性总固体	≤	1000
9	溶解氧	≥	2
10	氯化物	≤	350
11	硫酸盐	≤	500

施工及营运期船舶污染物排放按《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)执行。

表 2-7 船舶水污染物排放控制标准要求

污水类别	水域类别	排放控制要求
机器处所油污水	内河	收集并排入接收设施委托处理，不外排
生活污水	内河	根据 5.3 要求，在饮用水水源保护区内，不得排放生活污水，并按规定对控制措施进行记录。 本工程位于韶关西江饮用水源保护区准保护区内，船舶生活污水利用船载收集装置收集后，排入接收设施委托处理，不外排。

(2) 大气污染物排放标准

废气污染物排放执行广东省《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)第二时段无组织排放浓度限值要求。

表 2-8 大气污染物排放限值(摘录)

序号	污染物	无组织排放监控浓度限值(mg/m ³)	
		监控点	浓度
1	二氧化硫	周界外浓度最高点	0.40
2	二氧化氮	周界外浓度最高点	0.12

3	颗粒物	周界外浓度最高点	1.0
---	-----	----------	-----

(3) 噪声控制标准

本项目建设期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），具体标准值见表 2-9，运营期航道、桥梁两侧 35m 内噪声排放执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准，其他区域执行 2 类标准，具体标准值见表 2-10。

表 2-9 建筑施工场界环境噪声排放标准

昼间	夜间
70dB (A)	55dB (A)

表 2-10 工业企业厂界环境噪声排放标准

类别	昼间	夜间	标准
4a 类	70dB(A)	55dB(A)	《声环境质量标准》（GB3096-2008）
2 类	60dB(A)	50dB(A)	

(4) 固体废物

项目一般固废贮存、处置执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）要求。危险废物暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。船舶固废执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求。

2.5 评价工作等级及评价范围

2.5.1 生态环境影响评价工作等级及范围

本项目为航道工程，属于线性工程，可分段确定评价等级。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）中“6.1 评价等级判定原则”及“6.1.4 建设项目同时涉及陆生、水生生态影响时，可针对陆生生态、水生生态分别判定评价等级”，筛选可能与本项目有关的因素进行划定，判定过程见下表。

表 2-11 生态影响评价等级判定

序号	导则要求	本项目所属情况	评价等级判定
1	涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境时，评价等级为一级；	根据韶关市自然资源局出具的关于北江航道扩能升级上延工程用	/

		地预审与选址意见书初审意见的报告》，本工程不涉及风景名胜区、森林公园、地质公园、列入省级以上保护名录的野生动植物栖息地、水源保护区核心区、蓄滞洪区、历史文化保护区等相关区域。另根据韶关市农业农村局、韶关市林业局关于《北江航道扩能升级上延工程符合生态保护红线内允许有限认为活动说明报告》的复函，均无修改意见。	
2	涉及自然公园时，评价等级为二级；	不涉及	/
3	涉及生态保护红线时，评价等级不低于二级；	不涉及	/
4	根据 HJ2.3 判断属于水文要素影响型且地表水评价等级不低于二级的建设项目，生态影响评价等级不低于二级；	本项目为水文要素影响型，且地表水评价等级为一级	水生生态为二级
5	根据 HJ610、HJ964 判断地下水水位或土壤影响范围内分布有天然林、公益林、湿地等生态保护目标的建设项目，生态影响评价等级不低于二级；	不涉及	/
6	当工程占地规模大于 20 km ² 时（包括永久和临时占用陆域和水域），评价等级不低于二级；改扩建项目的占地范围以新增占地（包括陆域和水域）确定；	本工程占地规模小于 20 km ²	/
7	除以上以外的情况，评价等级为三级	/	陆生生态为三级
8	建设项目涉及经论证对保护生物多样性具有重要意义的区域时，可适当上调评价等级。	不涉及	/
9	在矿山开采可能导致矿区土地利用类型明显改变，或拦河闸坝建设可能明显改变水文情势等情况下，评价等级应上调一级。	七星墩水电站、长安水电站均为现有水电站，本工程七星墩船闸和长安船闸均在现有水电站旁陆域开挖建设，未占用原有河道面积，原则上不应计入“拦河闸坝”，且工程的建设未明显改变水文情势。	/

根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》(JTS/T105—2021)中表 2.2.2-3，本工程不涉及自然保护地和生态保护红线等重要生境，主要影响区域为一般区域，则本项目航道工程水生生态影响评价等级为二级。

综上所述，本项目生态影响评价等级为水生生态二级，陆生生态三级。考虑到本工程下游 3km 为韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区，最终确定本次水生生态评价范围为武江上游乐昌长来至与北江交汇处共约 57km 河段。陆生生态评价范围为

航道、桥梁中心线向两侧外延 300m 范围,工程永久占地和临时占地外延 300m 范围。

2.5.2 地表水环境影响评价工作等级及范围

本项目为航道工程,运行期的废水主要为船舶生活污水,待船舶靠港后委托城镇污水处理厂进行处理,不外排,根据《环境影响评价技术导则—地表水环境》(HJ2.3-2018)中表 1 注 10 分类判断,其水污染影响型评价等级按三级 B 进行评价。

根据《环境影响评价技术导则—地表水环境》(HJ2.3-2018),水文要素影响型评价等级划分根据水温、径流与受影响地表水域等三类水文要素影响程度进行判定。项目工程内容包括航道工程、船闸工程、桥梁工程等,项目建设对水温和径流基本无影响,因此,根据受影响地表水域情况对地表水评价等级进行判定。

表 2-12 评价工作等级分级表

因子	指标	本工程情况	评价等级判断
受影响地表水域	工程垂直投影面积 A_1/km^2	本工程七星墩船闸面积为 0.18km^2 ,长安船闸面积为 0.232km^2 ,桥梁面积为 0.047km^2 ,则本工程垂直投影面积为 $A_1=0.459>0.3$	一级
	工程扰动水底面积 A_2/km^2	本工程扰动水底面积为 $A_2=0.823<1.5$	二级
	过水断面宽度占用比例或占用水域面积比例 $R/\%$	$R=53.09>10$	一级
等级判定	评价等级为一级		

根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》(JTS/T105—2021)中表 2.2.2-3,本工程不涉及自然保护区和生态保护红线等重要生境,主要影响区域为一般区域,则本项目水文动力(情势)环境水环境影响评价等级为二级。

综上,本项目地表水水文要素影响评价等级为一级。评价范围为武江上游(武江长来至桂头)河段,全长 21km。

2.5.3 大气环境影响评价工作等级及范围

本项目作为航道工程,对大气环境影响主要集中在施工期,主要排放大气污染物是施工扬尘、施工机械燃油废气等,影响程度和范围均较小,属暂时性影响,随着施工期的结束而消失。运行期航道工程本身不排放任何污染物,主要废气污染物为船舶废气,主要污染物为 SO_2 、 NO_2 等,属无组织排放且产生量很小,根据《环境

影响评价技术导则——大气环境》(HJ2.2-2018)中评价等级的划分方法,大气环境影响评价工作等级定为三级评价,不设置环境空气评价范围。

2.5.4 声环境影响评价工作等级及范围

本工程位于 GB3096-2008 的 4a、2 类区,根据预测,环境保护目标处的噪声等效 A 声级增高量在 5dB(A) 以上,受影响人口变化不大。按照《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)的要求,确定本项目声环境影响评价等级为一级。

评价范围为本工程所在航道、桥梁两侧向外 200m 范围,工程永久占地和临时占地向外 200m 范围。

2.5.5 地下水评价工作等级及范围

地下水评价等级按照《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)确定,对照附录 A,本工程为IV类项目,可不开展地下水影响评价。

表 2-13 地下水环境影响评价项目类别

行业类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
			报告书	报告表
134、航道工程、水运辅助工程	航道工程;涉及环境敏感区的防波堤、船闸、通航建筑物	其他	IV类	IV类

2.5.6 土壤环境影响评价工作等级及范围

按照《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)确定,对照附录 A,本工程为IV类项目,可不开展土壤环境影响评价。

表 2-14 土壤环境影响评价项目类别

行业类别	项目类别			
	I类	II类	III类	IV类
交通运输仓储邮政业		油库(不含加油站的油库);机场的供油工程及油库;涉及危险品、化学品、石油、成品油储罐区的码头及仓储;石油及成品油的输送管线	公路的加油站;铁路的维修场所	其他

2.5.7 环境风险评价工作等级及范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)的规定,环境风险评价工作等级划分为一级、二级、三级。根据建设项目涉及的物质及工艺系统危险性和所在地的环境敏感性确定环境风险潜势,风险潜势为IV及以上,进行一级评价;风

险潜势为Ⅲ，进行二级评价；风险潜势为Ⅱ，进行三级评价；风险潜势为Ⅰ，可开展简单分析。

依据 HJ169-2018，项目本身不存在物质危险性和功能性危险源，主要环境风险为船舶燃料油泄漏，环境风险事故的发生由间接行为导致，燃料油属可燃、易燃危险性物质。本项目设计代表船型为 1000t 级，考虑到本工程航道航行船舶大小的不确定性，从保守角度考虑，船舶按照最大设计代表船型 1000t 级来估算环境风险物质最大存在总量。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169 - 2018)，计算所涉及的每种危险物质在厂界内的最大存在总量与对应临界量的比值 Q 。在不同厂区的同一种物质，按其在厂界内的最大存在总量计算。

当只涉及一种危险物质时，计算该物质的总量与其临界量比值，即为 Q ；

当存在多种危险物质时，则按下式计算物质总量与其临界量比值 (Q)：

$$Q=q_1/Q_1 + q_2/Q_2 + \dots + q_n/Q_n$$

式中： $q_1, q_2, \dots, q_n$ ——每种危险物质的最大存在总量， t ；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ——每种危险物质的临界量， t 。

当 $Q < 1$ 时，该项目环境风险潜势为Ⅰ。

当 $Q \geq 1$ 时，将 Q 值划分为：(1) $1 \leq Q < 10$ ；(2) $10 \leq Q < 100$ ；(3) $Q \geq 100$ 。

本工程经加权计算后 $\sum q_n/Q_n = 8.5/2500 = 0.0034 < 1$ 。

经计算，本项目风险源 Q 值为小于 1，风险潜势为Ⅰ，根据《建设项目环境风险评价技术导则》，本项目不设风险评价等级，因此风险评价仅做简单分析。

2.5.8 各要素评价工作等级及范围

根据《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016)、《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)、《环境影响评价技术导则地表水环境》(HJ2.3-2018)、《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)、《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2021)、《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)和《水运工程建设项目环境影响评价指南》(JTS/T105—2021)，结合工程特征及所在地的环境特征，确定本项目环境影响评价等级及评价范围见下表。

表 2-15 专题评价工作等级划分一览表

专题	评价等级划分依据	评价等级	评价范围
----	----------	------	------

生态环境	依据 HJ19-2022 和 JTJ227-2001, 本项目为水文要素影响型, 且地表水评价等级为一级	水生生态 二级 陆生生态 三级	水生生态: 武江上游乐昌长来至与北江交汇处共约 57km 河段。 陆生生态: 航道、桥梁中心线向两侧外延 300m 范围, 工程永久占地和临时占地外延 300m 范围
地表水环境	本项目为航道工程, 运行期的废水主要为船舶生活污水, 待船舶靠港后委托城镇污水处理厂进行处理, 不外排。 本工程七星墩船闸面积为 0.127km^2, 长安船闸面积为 0.232km^2, 桥梁面积为 0.047km^2, 则本工程垂直投影面积为 $A_1=0.406>0.3$; 本工程扰动水底面积为 $A_2=0.823<1.5$	水污染影响型三级 B 水文要素影响型一级	武江上游 (桂头~乐昌长来) 21km 河段
大气环境	营运期间航道本身不排放任何污染物, 无集中式排放污染源。大气影响主要为船舶废气, 排放的污染物主要有 SO_2 、 NO_x 等。	三级	无需设置大气环境影响评价范围
声环境	依据 HJ2.4-2021, 建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 4a、2 类地区, 项目建设前后噪声级提高量在 5dB(A) 以上, 受影响人口变化不大。	一级	本工程所在航道、桥梁两侧向外 200m 范围, 工程永久占地和临时占地向外 200m 范围
地下水环境	依据 HJ610-2016, 本工程为 IV 类项目, 可不开展地下水影响评价。	不开展评价	
土壤	依据 HJ964-2018, 本工程为 IV 类项目, 可不开展土壤环境影响评价。	不开展评价	
环境风险	依据 HJ169-2018, 项目本身不存在物质危险性和功能性危险源, 主要环境风险为船舶燃料油泄漏, 环境风险事故的发生由间接行为导致, 燃料油属可燃、易燃危险性物质, 非重大危险源。	风险潜势 I, 简单分析	/

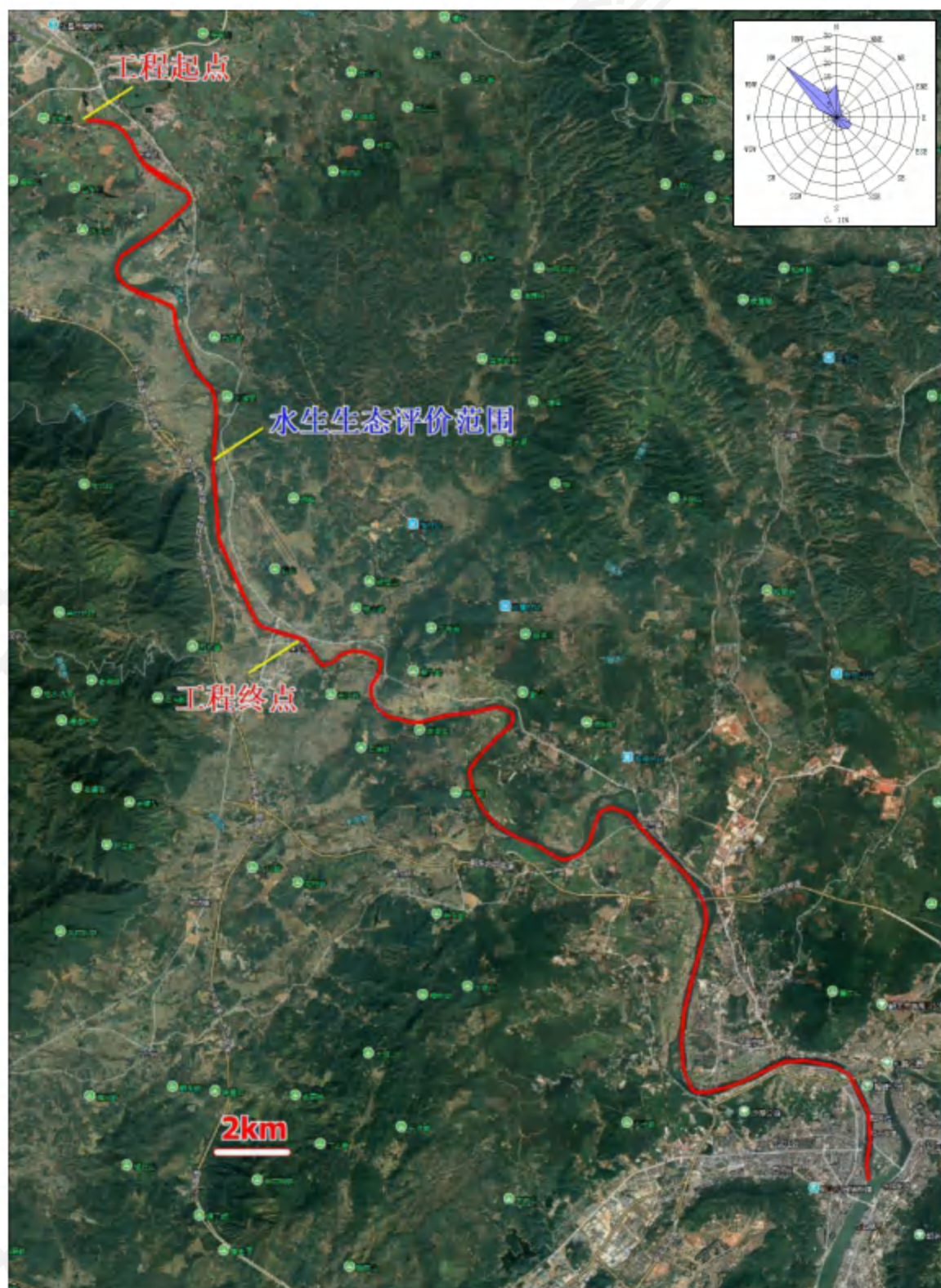


图 2-1 本工程水生生态影响评价范围图

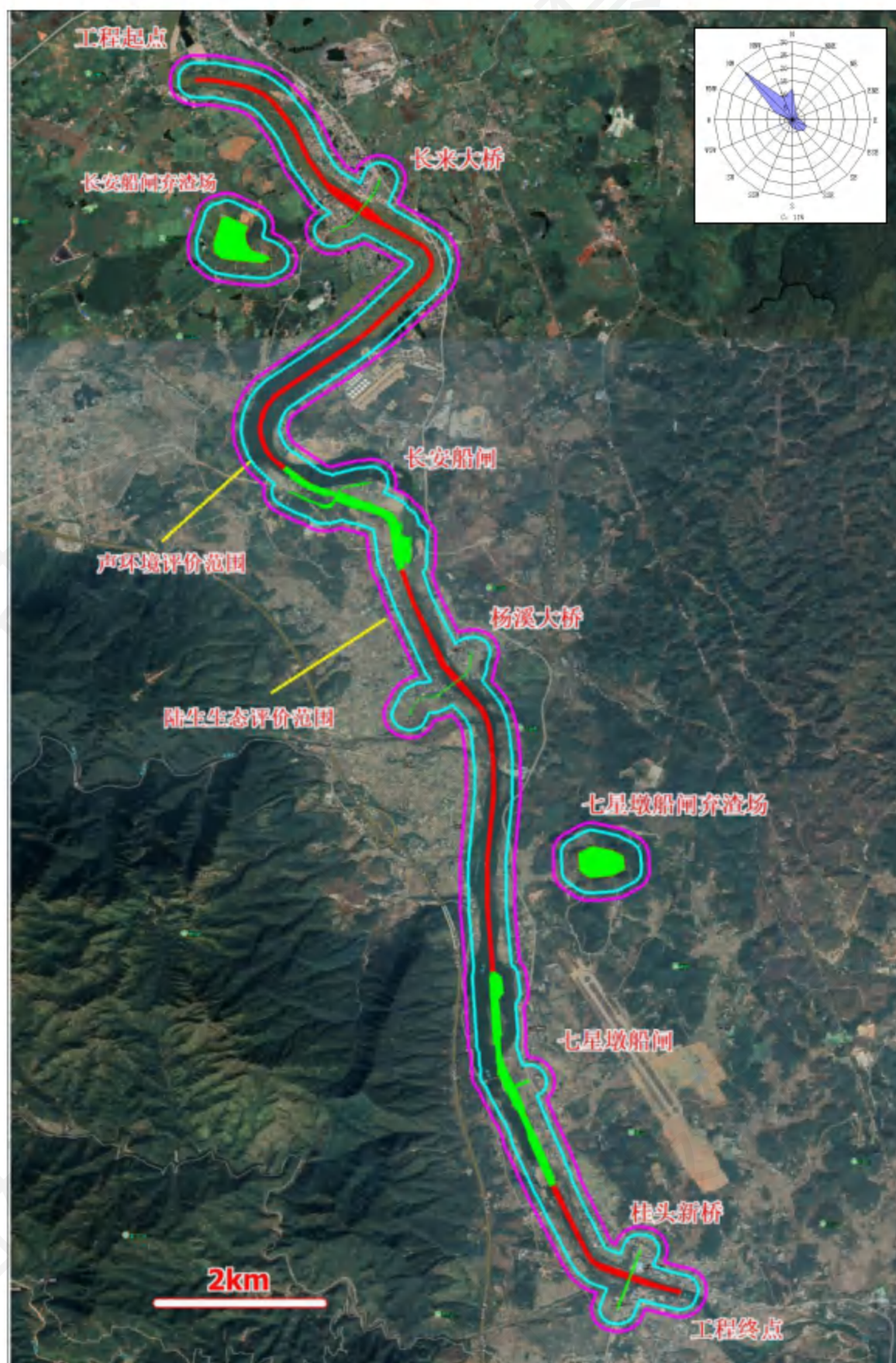


图 2-2 本工程陆生生态、声环境影响评价范围图

2.6 环境保护目标

2.6.1 水环境保护目标

(1) 水环境功能

根据《广东省地表水环境功能区划》，本河段为武江（乐昌城~犁市河段），水质保护目标为《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准，所以本工程水环境保护目标为不因本工程的实施而使相应整治河段水质超过应有的标准。

(2) 饮用水源保护区

根据《广东省生态环境厅 广东省水利厅关于印发《韶关市部分饮用水水源保护区调整方案》的通知》（粤环函〔2024〕146号），工程涉及韶关市区武江饮用水源地准保护区，本工程保护目标是不因本工程的实施而使准保护区内水质受到影响，并防止施工船舶舱底油污水、生活污水及生活垃圾违规排放和因发生环境事故导致的油污泄漏影响取水口的正常运行。

表 2-16 韶关市区武江饮用水水源地范围

水源地名称	水源地类型	保护区级别	水域保护区范围	陆地保护范围	面积 (km ²)
韶关市区武江饮用水水源地	河流型	一级保护区	取水口下游 100 米至靖村长 3.4 公里河段除航道外的水域范围，以及汇入该河段的支流从汇入口上溯 50 米的水域范围。	相应一级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 50 米内的陆域，有防洪堤河段至防洪堤迎水面，包括江心岛。	1.61
		二级保护区	一级保护区水域上边界上溯至犁市长 5.3 公里的河段，一级保护区水域下边界下溯 200 米的河段，汇入该河段的支流从汇入口上溯 1000 米以及一级保护区支流水域上边界上溯 1000 米的水域范围。	靖村至犁市河段二级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 1000 米内不超过第一重山脊线的陆域汇水范围，有防洪堤（含路堤）河段至防洪堤背水面，包括江心岛；十里亭大桥段至靖村河段一级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 1000 米内不超过分水岭的陆域汇水范围，不包括一级保护区范围和控制线以东的区域。	8.3
		准保护区	二级保护区上边界上溯至乐昌长 43 公里的河段，以及汇入该河段的支流从汇入口上溯 1000 米的水域范围。	相应准保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 500 米不超过第一重山脊线的陆域集雨范围，包括江心岛。	66.95

(3) 水质监测考核断面

根据与沿线各生态环境分局核实，沿线涉及 3 个水质监测考核断面，分别为昌山变电站（省考）、桂头（省考）、中心寮（市控）断面。

表 2-17 本工程沿线各考核断面情况

区县	镇街	所属流域	断面名称	断面类型	所在水体	断面级别	经度	纬度
----	----	------	------	------	------	------	----	----

乐昌市	长来镇	北江流域	昌山变电站	河流	武江	省考	113.3672	25.1036
乳源县	桂头镇	北江流域	桂头	河流	武江	省考	113.4208	24.9506
乳源县	桂头镇	北江流域	中心寮	河流	武江	市控	113.3933	25.0331

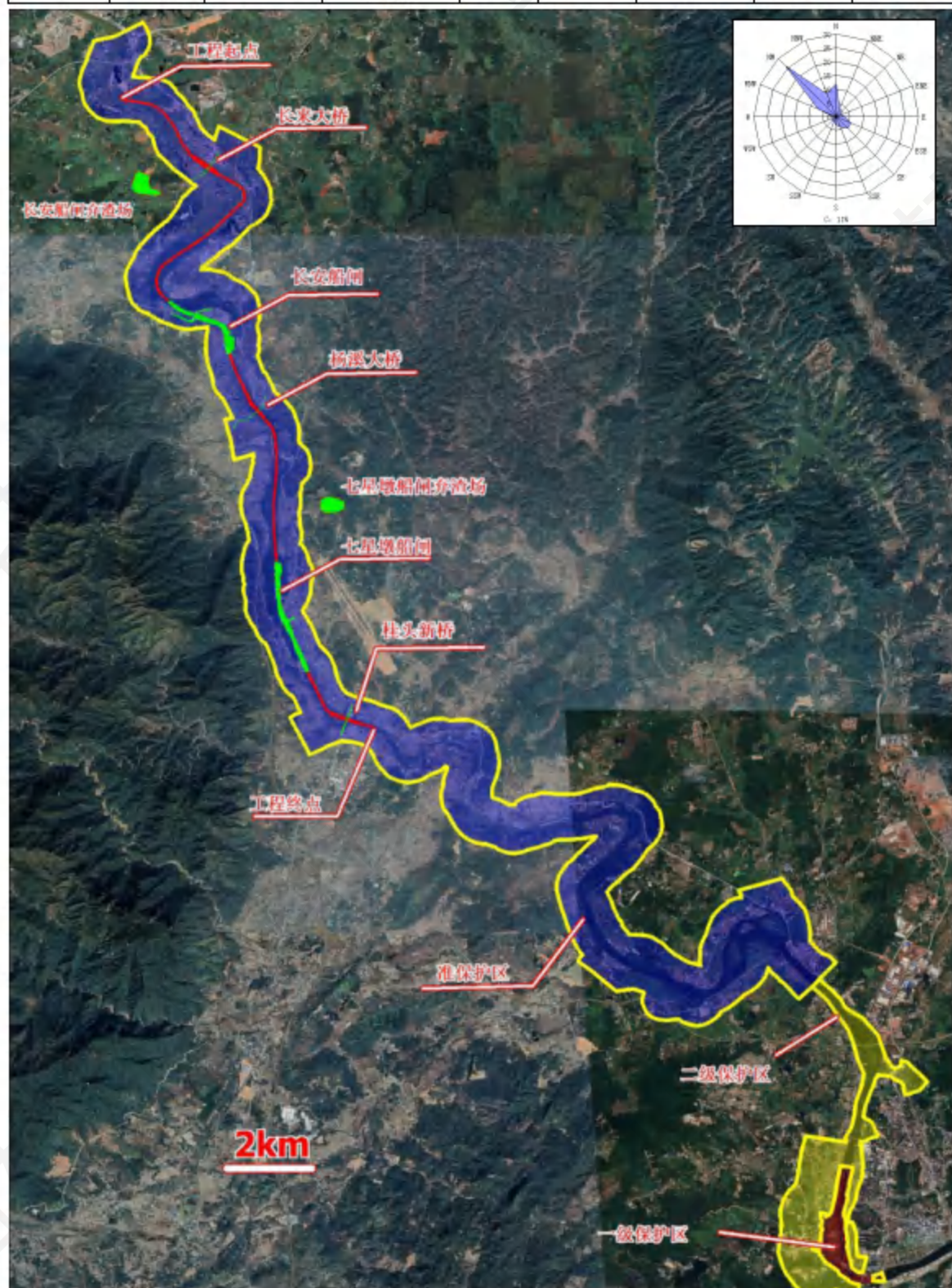


图 2-3 本工程与饮用水源保护区位置关系图

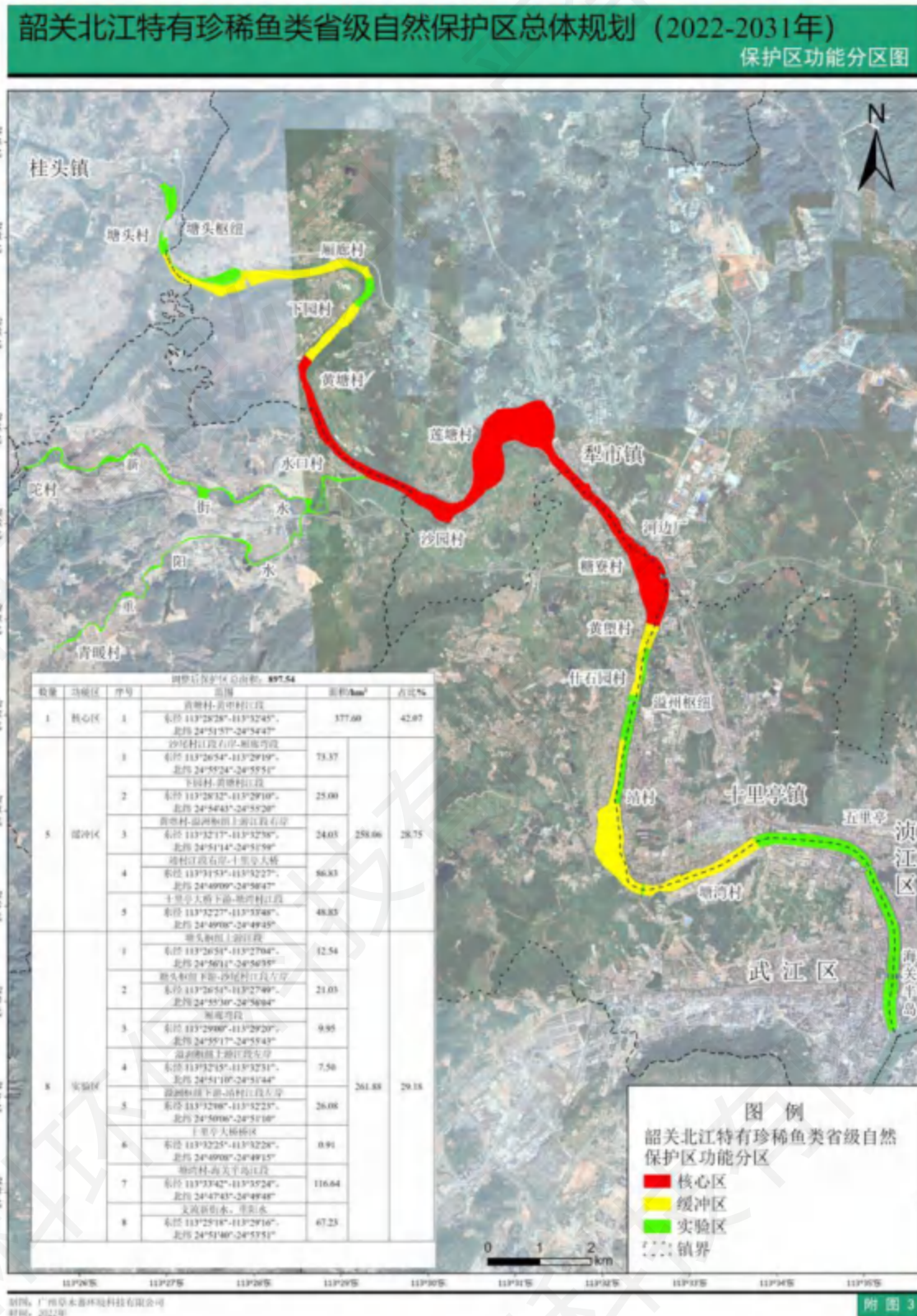


图 2-4 韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区功能区与范围图

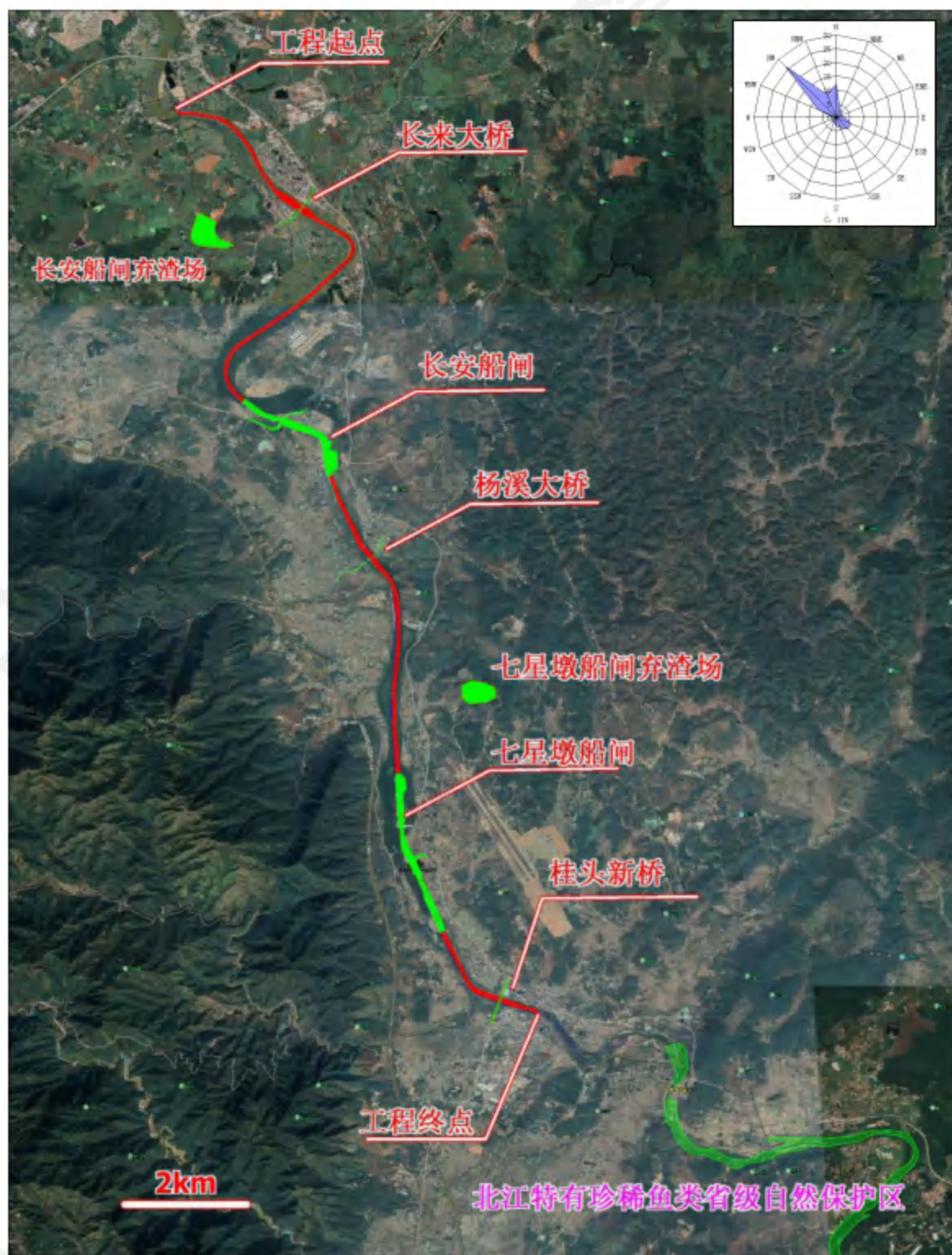


图 2-5 本工程与韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区位置关系图

2.6.2 生态环境保护目标

一、水生生态

1、韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区实验区

距离本工程最近的水生生态环境保护目标为桂头大桥下游的韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区实验区，距离约为 3km。

表 2-18 韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区功能区划

序号	功能区	面积/hm ²	占比%
1	核心区	365.42	40.71
2	缓冲区	245.03	27.3
3	实验区	287.09	31.99

2、本工程下游自然保护区河段分布有长臀鮠、唇鱼、桂华鲮、圆吻鲴、卷口鱼、斑鳢、异华鲮等珍稀、重要经济鱼类，保护珍稀特有鱼类和重要经济鱼类及其生境。

根据韶关市自然资源局出具的《关于北江航道扩能升级上延工程用地预审与选址意见书初审意见的报告》，本工程不涉及风景名胜区、森林公园、地质公园、列入省级以上保护名录的野生动植物栖息地、水源保护区核心区、蓄滞洪区、历史文化保护区等相关区域。另根据韶关市农业农村局、韶关市林业局关于对《北江航道扩能升级上延工程符合生态保护红线内允许有限认为活动说明报告》的复函，均无修改意见。

综上，本工程包括航道工程（整治工程、护岸工程、航标工程、配套工程等）、船闸工程、桥梁工程，工程不涉及鱼类三场等重要生境。本工程桂头大桥下游 3km 涉及韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区实验区。

二、陆域生态

本工程陆域不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、湿地公园、森林公园、地质公园等敏感区，不涉及生态保护红线、基本农田等。但评价范围内有 12 株古树，10 种中国特有种植物，2 种国家二级保护动物。

1、生态保护红线

根据与韶关市“三区三线”矢量数据套合，本工程不涉及生态保护红线。

2、生态公益林

根据工程范围与韶关市生态公益林矢量数据相叠加，本项目占地范围不涉及生态公益林。

3、永久基本农田

根据工程范围与韶关市三区三线中的永久基本农田的矢量数据相叠加，及韶关市自然资源局出具的《关于北江航道扩能升级上延工程用地预审与选址意见书初审

意见的报告》。本项目占地范围不涉及永久基本农田。

4、古树名木

本工程评价范围内有 12 株古树，情况如下：

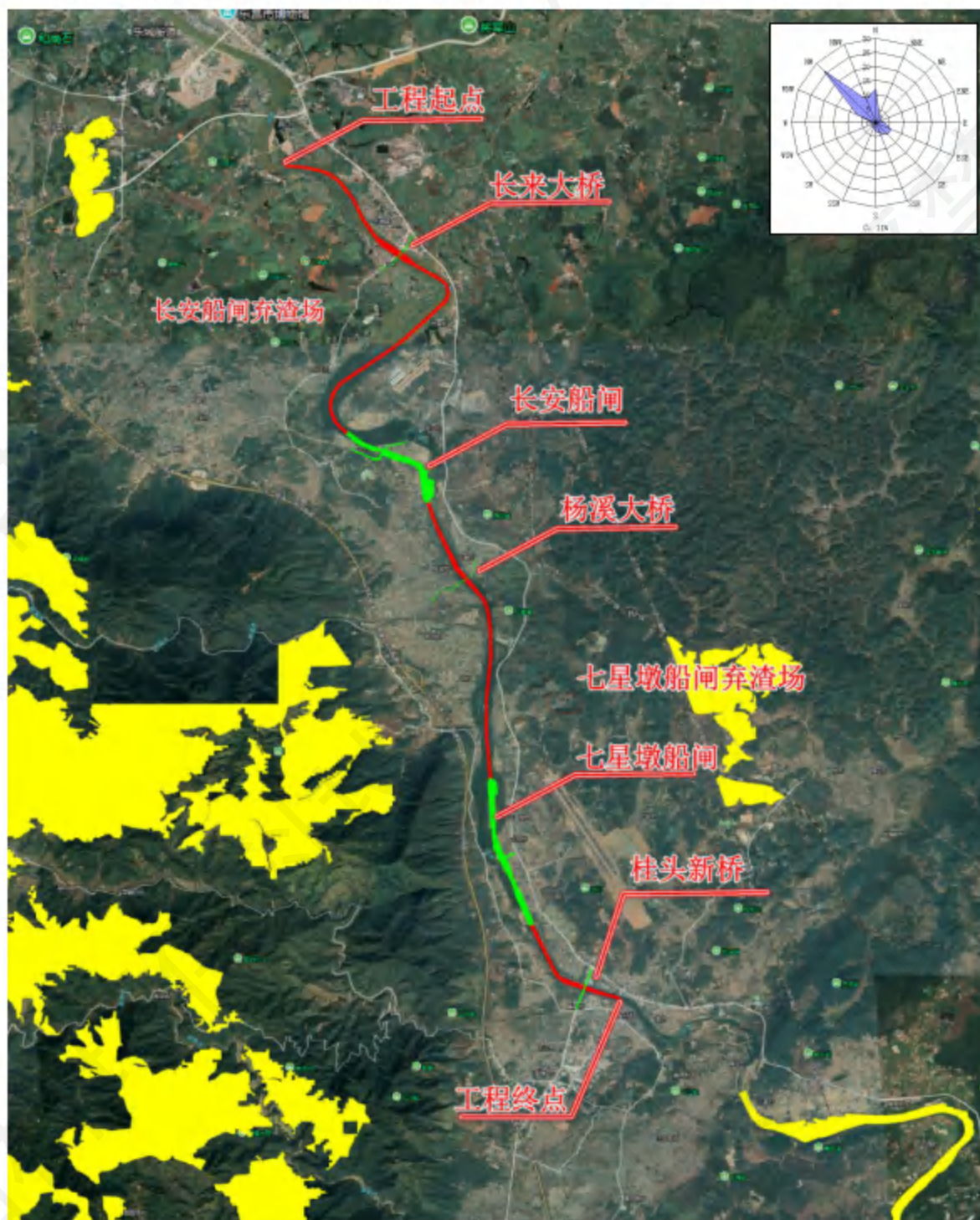


图 2-6 本工程与生态保护红线位置关系

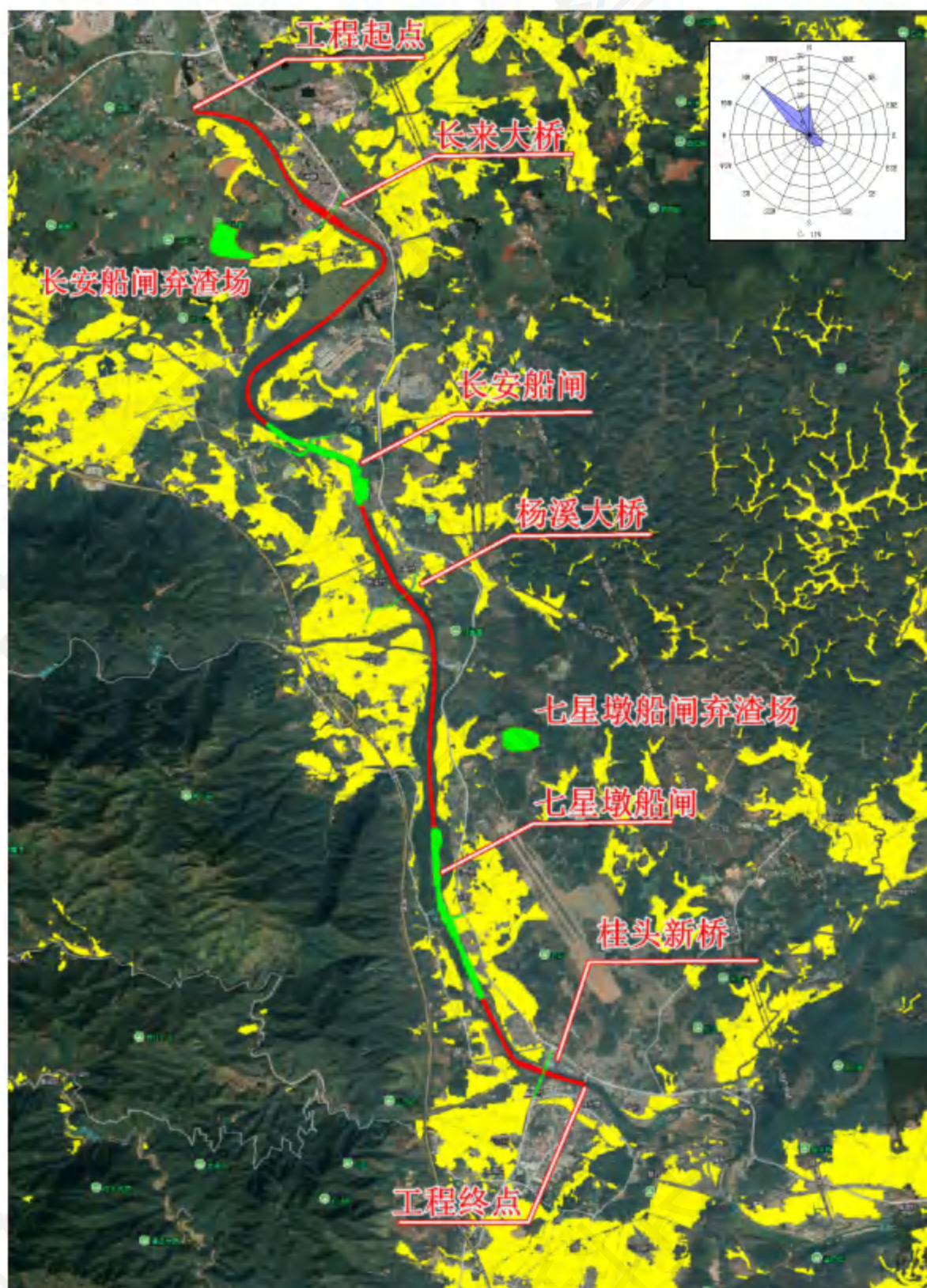


图 2-7 本工程与基本农田位置关系



图 2-8 长安船闸与基本农田位置关系



图 2-9 七星墩船闸与基本农田位置关系

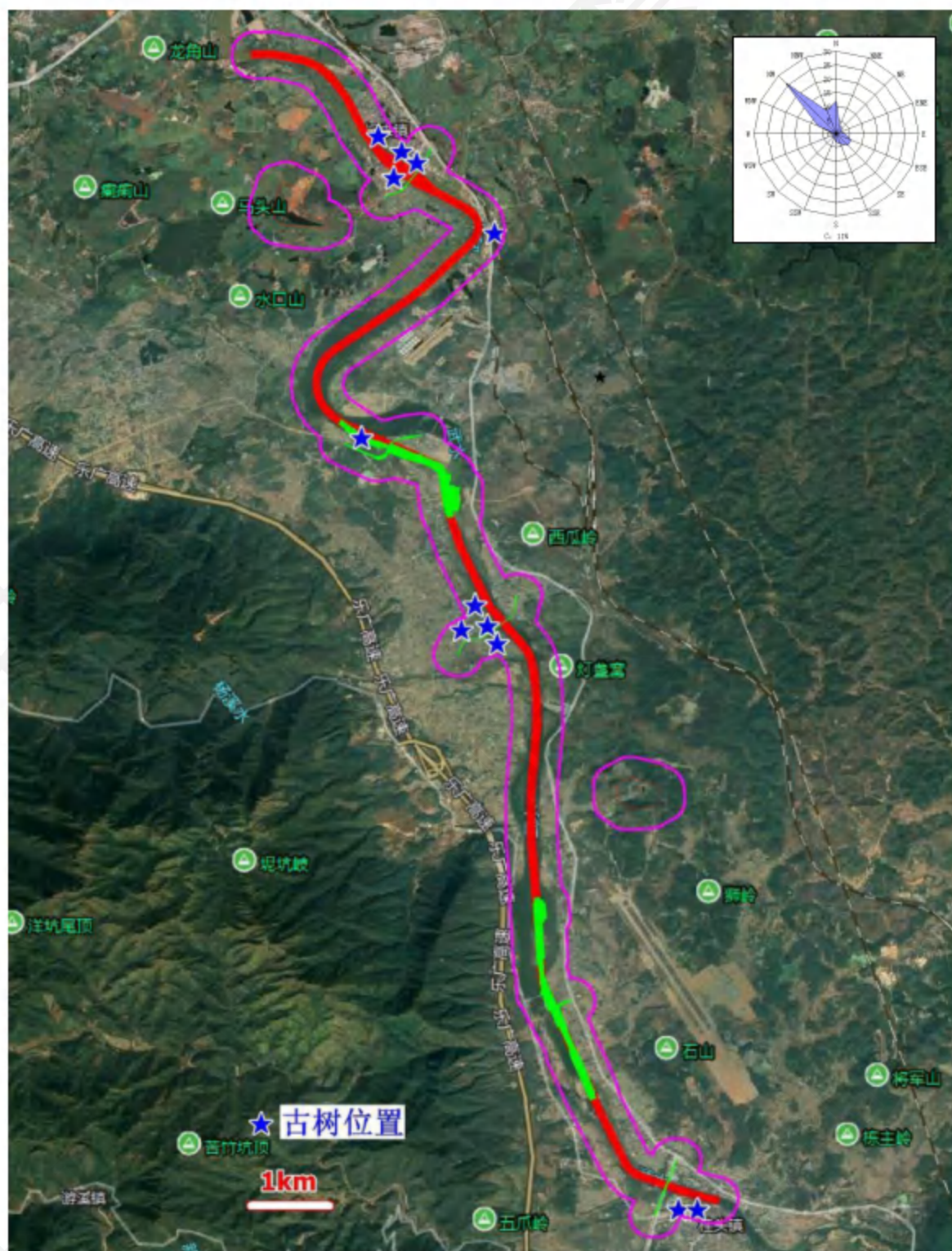


图 2-10 本工程评价范围内古树位置图

表 2-19 评价区域古树调查表

序号	树种名称	生长状况	树龄及等级	经纬度	方位	所在位置	位置关系	现场照片
1	雅榕 <i>Ficusconcinna</i>	正常	317, 二级	113.38476419°, 25.08327842°	武江左岸	长来村荣巷	距离武江 70m	
2	雅榕 <i>Ficusconcinna</i>	衰弱	217, 三级	113.38822961°, 25.08143842°	武江左岸	长来村冲夫	距离武江 110m	
3	雅榕 <i>Ficusconcinna</i>	衰弱	217, 三级	113.38908792°, 25.08094490°	武江左岸	长来村冲夫	距离武江 140m	
4	雅榕 <i>Ficusconcinna</i>	正常	217, 三级	113.39813232°, 25.07316113°	武江左岸	大赛村	距离武江 190m	

5	樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	正常	167, 三级	113.38796675°, 25.07755458°	武江右岸	罗村	距离武江 10m	
6	雅榕 <i>Ficus concinna</i>	正常	450, 二级	113.38191032°, 25.04543781°	武江右岸	上坪村	长安船闸占用, 迁移保护	
7	雅榕 <i>Ficus concinna</i>	正常	165, 三级	113.39718819°, 25.02357244°	武江右岸	杨溪村	距离武江 30m	
8	雅榕 <i>Ficus concinna</i>	正常	275, 三级	113.39877605°, 25.02134085°	武江右岸	杨溪村	距离武江 15m	

9	雅榕 <i>Ficus concinna</i>	正常	275, 三级	113.39856148°, 25.02024651°	武江右岸	杨溪村	距离武江 118m	
10	雅榕 <i>Ficus concinna</i>	正常	315, 二级	113.39536428°, 25.02046108°	武江右岸	杨溪村	距离武江 335m	
11	木棉 <i>Bombax malabaricum</i>	正常	180, 三级	113.42281938°, 24.94709730°	武江右岸	桂头中心小学	距离武江 195m	
12	秋枫 <i>Bischofia javanica</i>	正常	110, 三级	113.42398882°, 24.94763374°	武江右岸	桂头中心小学	距离武江 115m	

5、重要物种

本工程评价范围内涉及 10 种中国特有种植物，2 种国家二级保护动物。

表 2-20 珍稀濒危及特有种植物调查结果表

序号	物种名称	保护级别	红色名录	特有种(是/否)	极小种群野生植物(是/否)	分布区域	工程是否占用
1	节节草	-	LC	是	否	评价区荒地、阳坡等地零星分布	否
2	马尾松	-	LC	是	否	评价区林间零星分布	否
3	高羊茅	-	LC	是	否	评价区荒地、路旁零星分布	否
4	刚竹	-	LC	是	否	评价区路旁、住宅旁广泛分布	否
5	火棘	-	LC	是	否	评价区路旁、阳坡等地零星分布	否
6	灰白毛莓	-	LC	是	否	评价区路旁、山坡灌丛等地广泛分布	否
7	中华绣线菊	-	LC	是	否	评价区山坡、林间灌丛等地零星分布	否
8	三裂蛇葡萄	-	LC	是	否	评价区林间灌丛零星分布	否
9	醉鱼草	-	LC	是	否	评价区路旁、阳坡零星分布	否
10	毛华菊	-	LC	是	否	评价区山坡、路边广泛分布	否

表 2-21 评价范围保护动物调查结果表

序号	物种名称	保护级别	濒危等级	特有种	分布区域	工程是否占用
1	褐翅鸦鹃	二	—	是	主要分布于评价区内林地、灌丛。	否
2	画眉	二	NT	是	多见于影响评价区灌丛、村庄附近。	否

2.6.3 声环境敏感目标

本次评价将本工程所在航道、桥梁两侧向外 200m 范围，工程永久占地和临时占地向外 200m 范围内的学校、居民区等列为声环境保护目标，同时将其列为环境空气关注目标。

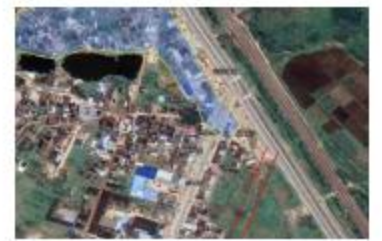
表 2-22 评价范围内环境保护目标

名称	保护对象	保护内容	环境功能区 大气、噪声	相对工程方位		相对工程距离/m		人口规模	经纬度° E/N
长来镇	大气、噪声	居民区	二类、2类	NW	武江左岸	距航道	45	623 户 2765 人	113.38687778, 25.08342862
长来村	大气、噪声	居民区	二类、2类	NW	武江左岸	距航道	115	109 户 513 人	113.38870168, 25.08453369
罗村	大气、噪声	居民区	二类、2类	SW	武江右岸	距航道	50	282 户 977 人	113.38682413, 25.07691622
曲合村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	140	189 户 796 人	113.39245677, 25.07339716
大寨村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	160	54 户 155 人	113.39888334, 25.07380486
长来中学	大气、噪声	学校	二类、2类	SE	武江左岸	距航道	90	730 人	113.39575052, 25.06678820
水口村	大气、噪声	居民区	二类、2类	NW	武江右岸	距航道	230	348 户 1521 人	113.37517262, 25.05736828
上坪村	大气、噪声	居民区	二类、2类	SW	武江右岸	距航道	120	38 户 146 人	113.37800503, 25.04307747
上坪坝	大气、噪声	居民区	二类、2类	N	武江右岸	距航道	40	93 户 394 人	113.38920593, 25.04483700
白糖寮村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	10	121 户 545 人	113.39229584, 25.03312111
杨溪村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	60	376 户 1578 人	113.39663029, 25.02256393
东岸村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	100	281 户 1141 人	113.40002060, 25.02535343
罗脚村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	140	11 户 53 人	113.40205908, 25.00582695
龙周埂村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	100	36 户 130 人	113.40182304, 24.99496937
横溪移民新村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	140	20 户 80 人	113.40199471, 24.99108553
温山村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	160	127 户 538 人	113.40720892, 24.99149323
七星墩村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	270	114 户 529 人	113.40864658, 24.98035669
上挂村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	10	171 户 693 人	113.40971947, 24.96934891
营盘村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	150	25 户 93 人	113.40529919, 24.96986389
摊面村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	10	49 户 217 人	113.41143608, 24.96540070
茶园底村	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江右岸	距航道	230	30 户 105 人	113.40941906, 24.95774031
担干岭村	大气、噪声	居民区	二类、2类	SW	武江右岸	距航道	200	49 户 223 人	113.41351748, 24.95038033
大坝村	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江左岸	距航道	80	378 户 1541 人	113.41660738, 24.95587349
桂源雅居	大气、噪声	居民区	二类、2类	W	武江左岸	距航道	10	140 户 490 人	113.42141390, 24.95325565

桂头镇	大气、噪声	居民区	二类、2类	N/S	—	距航道	5	263 户 9876 人	113.42579126, 24.95001554
桂头中心小学	大气、噪声	学校	二类、2类	S	武江右岸	距航道	30	2112 人	113.42275500, 24.94788051
金源金桂苑	大气、噪声	居民区	二类、2类	E	武江右岸	距航道	30	400 户 1400 人	113.42121005, 24.94751573
小江村	大气、噪声	居民区	二类、2类	SE	武江右岸	距航道	30	32 户 159 人	113.41968656, 24.94500518

表 2-23 桥梁工程敏感点分布表

序号	桥梁名称	声环境保护目标名称	所在路段	里程范围	线路形式	路面坡度	方位	声环境保护目标与路面高差/m	与现状道路距离(m)		与拟建桥梁距离(m)		不同功能区户数(户)		声环境保护目标情况说明	声环境保护目标与线路位置关系	声环境保护目标照片
									边界线	中心线	边界线	中心线	4a类	2类			
1	桂头新桥	小江村	全线	K0+000	路基	2.85%	右侧	0~0.5	31	34	31	34	3	32	1~3 层建筑，砖混结构，面对新桂头大桥引桥。		
2		金源金桂苑	全线	K0+000-K0+260	路基	2.85%	右侧	0.5~2	35	42	35	42	0	400	9 层建筑，框架结构，侧对道路引桥。		
3		桂头镇	全线	K0+700-K0+868	路基	2.65%	右侧	0.5~2	14	20	16	27	6	92	7 层建筑，钢混结构，面对新桥，一层为门面。		
4		桂源雅居	全线	K0+700-K0+868	路基	2.65%	左侧	0.5~2	16	27	16	27	56	84	7 层建筑，框架结构，侧对新桥，一层为门面。		
5		大坝村	全线	K0+800-K0+868	路基	2.65%	左侧	0.5~2	122	128	122	133	0	5	1~3 层建筑，砖混结构，面对新桥。		
6	杨溪大桥	杨溪村	全线	K0+150-K0+470	桥梁	1.2~4.5%	两侧	0.5~4	3	7	3	10	8	89	1~3 层建筑，砖混结构，面对新桥。		

7		东岸村	全线	K0+890-K1+031	路基	1.8~4.5%	左侧	0~2.5	3	7	10	17	13	58	1~3 层建筑，砖混结构，面对新桥。		
8	长来大桥	长来镇	全线	K0+650-K0+890	路基	4.5%	左侧	0~2.5	3	7	13	22	7	115	1~5 层建筑，砖混结构，面对新桥。		
9		长来镇中心小学	全线	K0+650-K0+890	路基	4.5%	右侧	0~2.5	92	96	12	21	482 人	964 人	4 层建筑，砖混结构，侧对新桥		
10		长来村	全线	K0+890-K0+920	路基	2.5%	左侧	0~0.5	3	7	54	63	0	15	1~3 层建筑，砖混结构，面对新桥。		
11		罗村	全线	K0+000-K0+310	路基	2.5~4.5%	两侧	0~3	3	7	3	12	25	122	1~3 层建筑，砖混结构，面对新桥。		

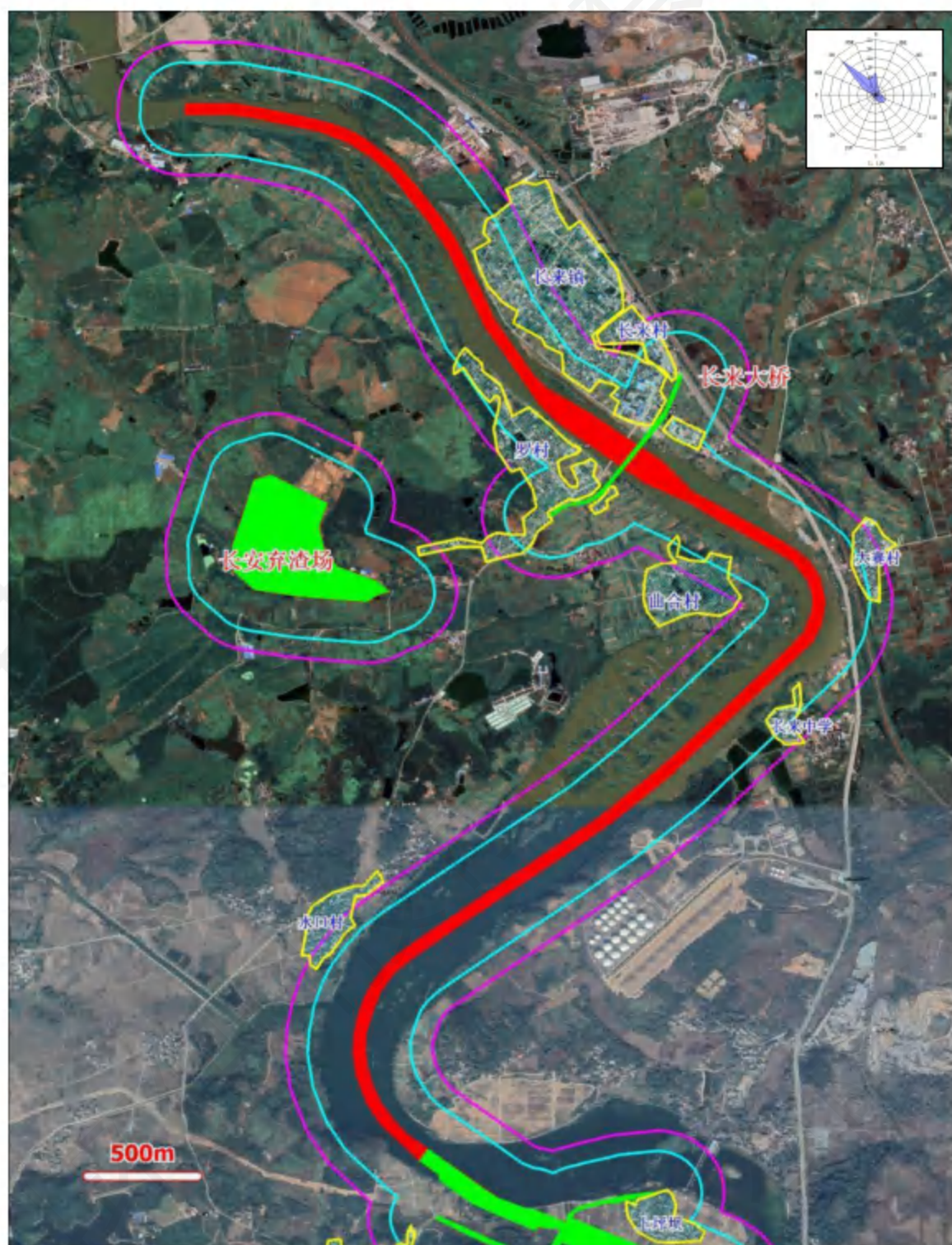


图 2-11 本工程环境保护目标图-1

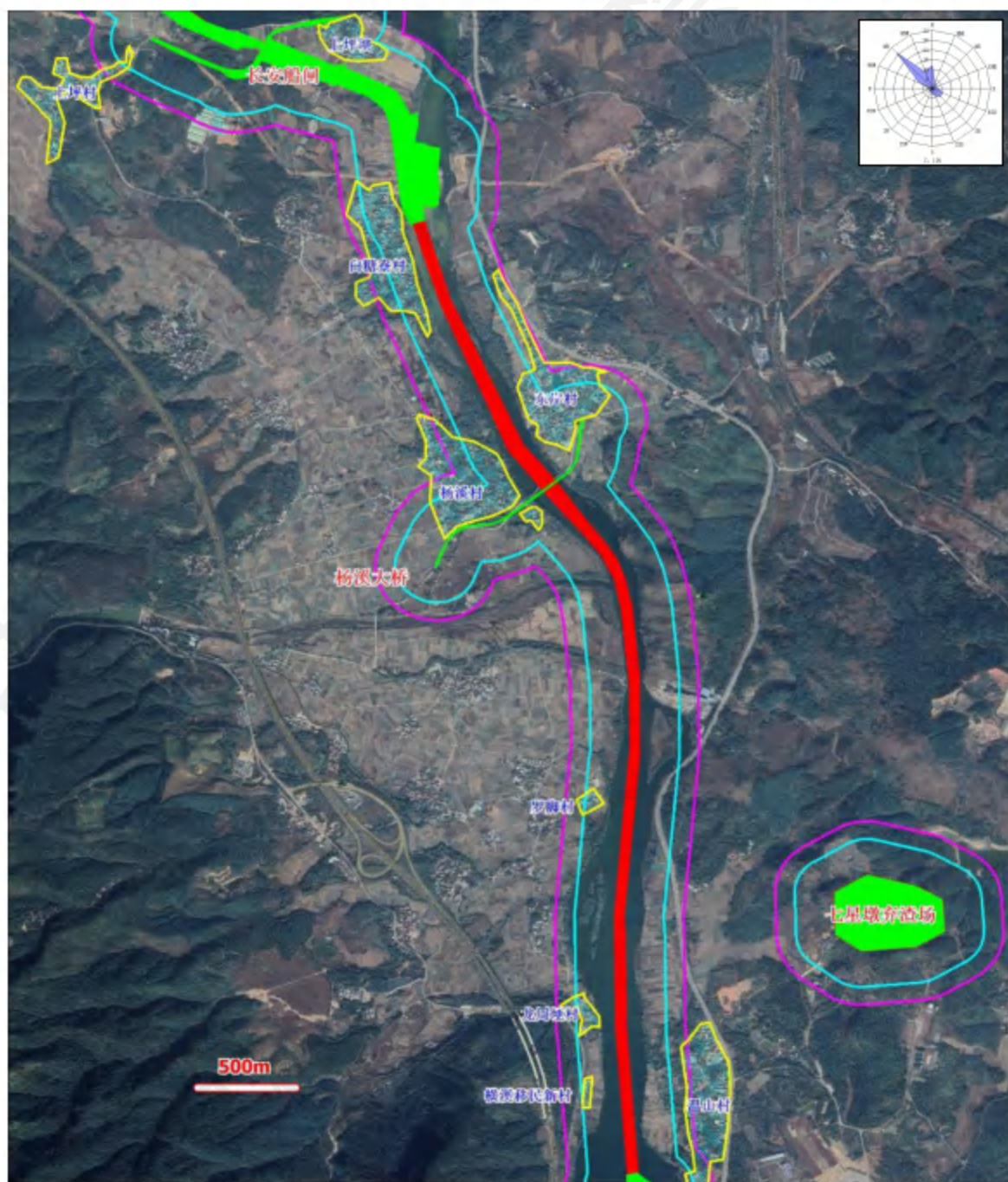


图 2-12 本工程环境保护目标图-2

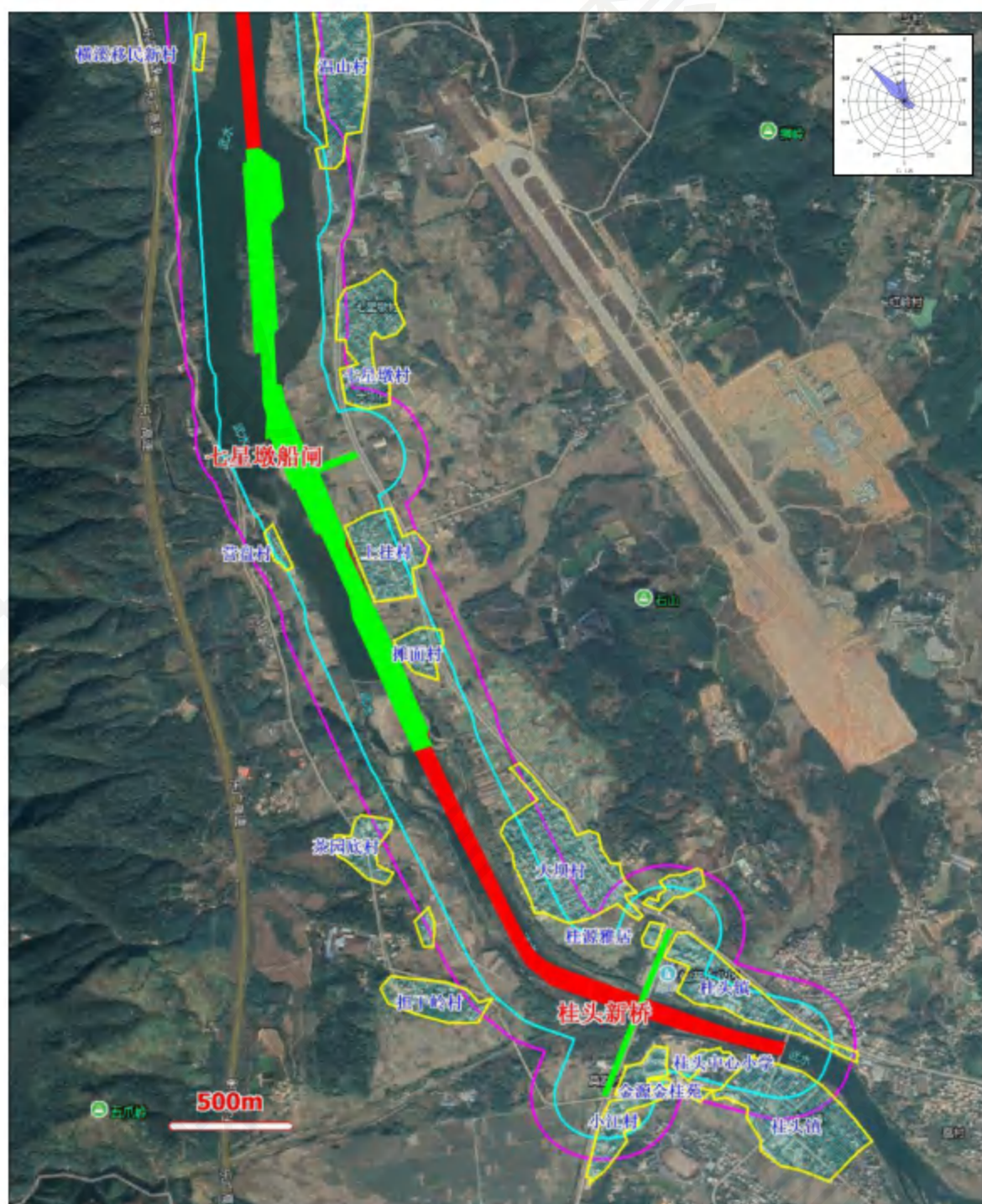


图 2-13 本工程环境保护目标图-3







图 2-14 各敏感保护目标现场图

2.7 环境功能区划

2.8 产业政策与选址合理性分析

2.8.1 产业政策分析

(1) 与国家产业政策相符性分析

拟建工程为航道建设项目，属于国家《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中“第一类鼓励类；二十五、水运；1、高等级航道建设：内河高等级航道、通航建筑物、符合国家战略方向的内河水运其他航道及公共基础设施建设”项目，工程建设符合国家产业政策要求。项目不属于《市场准入负面清单（2022 年版）》中所列负面清单，属允许类。

(2) 与地方产业政策相符性分析

本项目不属于《广东省国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》（粤发改规划[2017]331 号）中所列产业准入负面清单，符合广东省产业政策。

2.8.2 与相关法律法规相符性分析

2.8.2.1 与《自然保护区条例》的相符性

《自然保护区条例》中对各类自然保护区的管理和保护提出如下要求：

第十八条 自然保护区可以分为核心区、缓冲区和实验区。自然保护区内保存完好的天然状态的生态系统以及珍稀、濒危动植物的集中分布地，应当划为核心区，

禁止任何单位和个人进入；除依照本条例第二十七条的规定经批准外，也不允许进入从事科学研究活动。核心区外围可以划定一定面积的缓冲区，只准进入从事科学研究观测活动。缓冲区外围划为实验区，可以进入从事科学试验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动。

第二十六条 禁止在自然保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动；但是，法律、行政法规另有规定的除外。

第三十条 自然保护区的内部未分区的，依照本条例有关核心区和缓冲区的规定管理。

第三十二条 在自然保护区的核心区和缓冲区内，不得建设任何生产设施。在自然保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施；建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。在自然保护区的实验区内已经建成的设施，其污染物排放超过国家和地方规定的排放标准的，应当限期治理；造成损害的，必须采取补救措施。

本工程建设不涉及自然保护区，与《自然保护区条例》的有关要求不相冲突。

2.8.2.2 与《水产种质资源保护区暂行管理办法》的相符性

《水产种质资源保护区暂行管理办法》对水产种质资源保护区的管理提出以下要求：

第十六条 农业部和省级人民政府渔业行政主管部门应当分别针对国家级和省级水产种质资源保护区主要保护对象的繁殖期、幼体生长期等生长繁育关键阶段设定特别保护期。特别保护期内不得从事捕捞、爆破作业以及其他可能对保护区内生物资源和生态环境造成损害的活动。特别保护期外从事捕捞活动，应当遵守《渔业法》及有关法律法规的规定。

第二十条 禁止在水产种质资源保护区内从事围湖造田、围海造地或围填海工程。第二十一条禁止在水产种质资源保护区内新建排污口。在水产种质资源保护区附近新建、改建、扩建排污口，应当保证保护区水体不受污染。

本工程河段下游为韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区，项目距离该自然保护区实验区较近，易受施工期产生的悬浮物及风险溢油事故的影响。

根据《水产种质资源保护区暂行管理办法》，本工程不占用保护区范围，工程建设基本不会影响保护区内的水文情势和生态环境，在采取有效的风险防范措施后，

工程施工和营运不会对保护区产生影响，因此本项目符合《水产种质资源保护区暂行管理办法》的有关要求。

2.8.2.3 与《广东省渔业管理条例》的相符性

《广东省渔业管理条例》的相关要求如下：

第三十一条 县级以上人民政府应当加强水产自然保护区的建设和管理，保护生物多样性，对稀有、濒危、珍贵水生生物资源及其原生地实行重点保护。县级以上人民政府渔业行政主管部门应当对其管理的渔业水域进行统一规划，采取措施，加强鱼、虾、蟹等水生动物的产卵场、繁殖场、索饵场、洄游通道以及人工鱼礁区等重要渔业水域的保护。

第三十六条 县级以上人民政府渔业行政主管部门建立的渔业环境监测站，纳入全省环境监测网络。其监测数据，可以作为处理渔业水域污染事故的依据。在鱼、虾、蟹类产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道和养殖场等重要渔业水体不得新建排污口，已建排污口的应限期治理或搬迁。造成渔业污染事故的，应当接受县级以上人民政府渔业行政主管部门及其所属的渔政监督管理机构的调查处理。

本工程施工方案不涉及自然保护区，同时，护岸、桥梁等施工工程也不涉及鱼类产卵场，本项目的建设符合《广东省渔业管理条例》的有关要求。

2.8.2.4 与《中华人民共和国河道管理条例》的相符性

《中华人民共和国河道管理条例》中要求：

第二十二条 禁止损毁堤防、护岸、闸坝等水工程建筑物和防汛设施、水文监测和测量设施、河岸地质监测设施以及通信照明等设施。

第二十四条 在河道管理范围内，禁止修建围堤、阻水渠道、阻水道路；种植高杆农作物、芦苇、杞柳、荻柴和树木（堤防防护林除外）；设置拦河渔具；弃置矿渣、石渣、煤灰、泥土、垃圾等。在堤防和护堤地，禁止建房、放牧、开渠、打井、挖窖、葬坟、晒粮、存放物料、开采地下资源、进行考古发掘以及开展集市贸易活动。

第二十八条 加强河道滩地、堤防和河岸的水土保持工作，防止水土流失、河道淤积。

第三十七条对壅水、阻水严重的桥梁、引道、码头和其他跨河工程设施，根据国家规定的防洪标准，由河道主管机关提出意见并报经人民政府批准，责成原建设

单位在规定的期限内改建或者拆除。汛期影响防洪安全的，必须服从防汛指挥部的紧急处理决定。

本次航道整治工程不会损坏河堤及护岸等水工建筑物，本项目由水利部门单独审批水土保持方案和防洪影响评价报告，因此综合分析，本项目的建设符合《中华人民共和国河道管理条例》的有关要求。

2.8.2.5 与《广东省水污染防治条例》的相符性

《广东省水污染防治条例》中要求：

第五章 饮用水水源保护和流域特别规定

第四十条 饮用水水源保护区分为一级保护区和二级保护区；必要时，可以在饮用水水源保护区外围划定一定的区域作为准保护区。

第四十二条 饮用水水源保护区的划定或者调整方案经批准后，有关地方人民政府应当组织开展饮用水水源保护区规范化建设，在饮用水水源保护区边界设立明确的地理界标和明显的警示标志，在饮用水水源一级保护区周边人类活动频繁的区域设置隔离防护设施，在取水口周围安装监控设备。

任何单位和个人不得拆除、覆盖、擅自移动、涂改和损坏饮用水水源保护区地理界标、警示标志、隔离防护设施或者监控设备。

第四十三条 在饮用水水源保护区内禁止下列行为：

- （一）设置排污口；
- （二）设置油类及其他有毒有害物品的储存罐、仓库、堆栈和废弃物回收场、加工场；
- （三）排放、倾倒、堆放、处置剧毒物品、放射性物质以及油类、酸碱类物质、工业废渣、生活垃圾、医疗废物及其他废弃物；
- （四）从事船舶制造、修理、拆解作业；
- （五）利用码头等设施或者船舶装卸油类、垃圾、粪便、煤、有毒有害物品；
- （六）利用船舶运输剧毒物品、危险废物以及国家规定禁止运输的其他危险化学品；
- （七）运输剧毒物品的车辆通行；
- （八）其他污染饮用水水源的行为。

除前款规定外，饮用水水源一级保护区内还不得停泊与保护水源无关的船舶、

木排、竹排，不得从事网箱养殖、旅游、游泳、垂钓、放养畜禽活动或者其他可能污染饮用水水体的活动。

在饮用水水源二级保护区内从事网箱养殖、旅游等活动的，应当按照规定采取措施，防止污染饮用水水体。

第四十四条 禁止在饮用水水源一级保护区内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目；已建成的与供水设施和保护水源无关的建设项目由县级以上人民政府责令拆除或者关闭。

禁止在饮用水水源二级保护区内新建、改建、扩建排放污染物的建设项目；已建成的排放污染物的建设项目由县级以上人民政府责令拆除或者关闭；不排放污染物的建设项目，除与供水设施和保护水源有关的外，应当尽量避让饮用水水源二级保护区；经组织论证确实无法避让的，应当依法严格审批。经依法批准的建设项目，应当严格落实工程设计方案，并根据项目类型和环境风险防控需要，提高施工和运营期间的环境风险防控、突发环境事件应急处置等各项措施的等级。有关主管部门应当加强对建设项目施工、运营期间环境风险预警和防控工作的监督和指导。

本次航道升级工程水环境评价范围和风险评价范围内均不涉及饮用水源一级、二级保护区，仅涉及饮用水源保护区准保护区，评价水域水质保护目标为Ⅲ类标准。航道船舶运输货种以煤炭、水泥等为主，不含危险化学品。在严格落实本次评价提出的水环境保护措施和风险防范措施后，项目建设不会对饮用水环境安全造成影响，因此本项目的建设符合《广东省饮用水源水质保护条例》具有相符性。

2.8.2.6 与《广东省环境保护条例》的相符性

《广东省环境保护条例》（2015年1月13日修订）指出，各级人民政府应当促进经济发展方式转变，鼓励发展循环经济，支持环境保护科学技术研究、开发和利用，建设资源节约型、环境友好型社会，使经济社会发展与环境保护相协调。该条例同时强调在依法设立的各级自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要水源地、湿地公园、重点湿地以及世界文化自然遗产等特殊保护区域，应当依据法律法规规定和相关规划实施强制性保护，不得从事不符合主体功能区定位的各类开发活动，严格控制人为因素破坏自然生态和文化自然遗产原真性、完整性，在进行旅游资源开发时应当同步建设完善污水、垃圾等收集清运设施，保护环境质量。

本项目实施后为水运，与公路、铁路运输相比，具有耗能低，污染小的优点，

符合《广东省环境保护条例》提出的“建设资源节约型、环境友好型社会”理念；同时本项目不涉及自然保护区，与《广东省环境保护条例》要求相一致。

2.8.3 与国民经济发展相关规划相符性分析

2.8.3.1 与《广东省国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的相符性

《广东省国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出，建设世界级港口群。增强广州、深圳国际航运枢纽竞争力，以汕头港、湛江港为核心推进粤东、粤西港口资源优化整合；优化内河港口布局，加快西江、北江等内河港口集约化、规模化发展，推动形成全省港口协同发展格局，携手港澳共建世界级港口群。继续完善内河高等级航道网络，推进东江航道扩能升级、北江航道扩能升级上延研究并适时建设，更好发挥珠江—西江黄金水道功能，积极推进绿色航运发展。统筹推进沿海主要港口疏港铁路和出海航道建设，支持具备条件的内河港口引入铁路专用线，积极对接西部陆海新通道，形成以沿海港口为枢纽，面向全球、辐射内陆的交通物流网络。到 2025 年，全省万吨级以上泊位超 380 个，港口货物年吞吐能力达 21 亿吨（其中集装箱年吞吐能力 7500 万标准箱），高等级航道达到 1445 公里。

本项目为北江航道扩能升级上延工程，是广东省“一横一网三通道”航道新格局的重要组成部分，是韶关通往珠江三角洲地区的水上通道。项目完成后将实现武江、北江干流千吨级航道至清远，对促进武江、北江干流水运发展、全面发挥北江水运优势、带动沿江地区社会经济发展具有重要意义，符合《广东省国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》货运通道的要求。项目按Ⅲ级航道标准进行升级建设，全长 21km，符合“到 2025 年，全省高等级航道达到 1445 公里”的目标要求。

2.8.3.2 与《韶关市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的相符性

《韶关市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出，基础设施更加完善。与大湾区对接的“水陆空”快速通道全面打通，基本建成以高速公路、铁路、航道、机场“十高四铁两航”为骨架，以高质量旅游公路为

筋络的综合交通运输体系，基本形成“123 出行交通圈”和“113 快货物流圈”，实现与珠三角、粤港澳大湾区以及周边重要节点城市的快速联通。能源、水利、信息等基础设施更加完善，能源综合生产能力达 363 万吨标准煤。

加快推进韶关港建设，依托北江航道建立粤北地区联通珠江口水运物流通道，形成大宗商品集散、贸易、仓储、转运等服务功能，降低区域大宗物流成本。

加快北江港口建设和航运发展。加快推进韶关内陆港发展，实现千吨级运输船舶从大湾区港口直达韶关港。支持配合推进北江航道扩能升级上延工程建设，加快推动锦江、乐昌峡生态特色航道建设，进一步提升对接大湾区的“黄金水道”通行能力，将北江航道打造成绿色智能航道。

本项目为北江航道扩能升级上延工程，属于北江航道扩能升级项目的一部分，项目按Ⅲ级航道标准进行升级建设，全航段通航能力达到 1000 吨级，项目实施后有助于构建连接珠三角地区的快速通道，实现交通基础设施与珠三角地区的无缝对接，进一步拉近与珠三角地区的时空距离，为全面融入珠三角提供更加便捷的交通条件，符合《韶关市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的相关要求。

2.8.3.3 与《韶关市国土空间总体规划（2021-2035）》的相符性

根据广东省人民政府关于《韶关市国土空间总体规划（2021-2035）》的批复（粤府函[2023]194 号），文件提出：七、强化城市运行支撑保障。做好机场、港口、铁路等重大区域交通设施的空间预留管控，构建复合高效的综合交通网络。统筹保障水、电、气、通信、垃圾处理等各类市政基础设施，确保城市生命线稳定运行。高度重视城市公共安全，做好城市安全风险防控，加强人防、消防设施规划建设和重大危险品管控，增强抵御灾害事故和处置突发事件能力，提高城市韧性，让人民群众生活得更安全、更放心。

本项目为北江航道扩能升级上延工程，与《韶关市国土空间总体规划（2021-2035）》相符。

2.8.4 与行业相关规划相符性分析

2.8.4.1 与《广东省综合交通运输体系发展“十四五”规划》的相符性

《广东省综合交通运输体系发展“十四五”规划》提出，港口航道能力进一步增

强。完成西江、北江等航道扩能升级，内河高等级航道通航里程达 1397 公里，新增 500 公里，实现 3000 吨级海轮通达肇庆、1000 吨级船舶通达韶关。

提升内河航道能力。加密和延伸珠三角高等级航道网，推进矾石水道、崖门水道等建设，开展西江 5000 吨航道建设前期研究，构建四通八达的珠三角航运网络体系。有序推进东江航道、北江航道上延、韩江航道等扩能升级工程，加强赣粤运河等跨流域运河的前期研究论证，进一步拓展内河高等级航道服务范围。推进锦江绿色航道等项目建设，积极发展生态旅游特色航道。

本项目为北江航道扩能升级上延工程，属于北江航道扩能升级项目的一部分，全航段通航能力达到 1000 吨级，项目实施后有助于完善珠三角高等级航道网，形成西江干线、北江干流至珠江口港口群的高等级航运主通道，符合《广东省综合交通运输体系发展“十四五”规划》的相关要求。

2.8.4.2 与《广东省航道发展规划（2017-2035 年）》的相符性

(1) 《广东省航道发展规划（2017-2035 年）》

根据《广东省航道发展规划（2017-2035 年）》，广东省航道以“八通、两横、一网、三连、四线”为空间布局，形成内外联通、干支衔接的全省一张网布局，对接“一带一路”倡议、《珠江—西江经济带发展规划》，促进粤港澳大湾区建设，支持全省产业转型升级、供给侧结构性改革、沿海沿江经济带发展，促进经贸合作和区域经济社会协调发展。

三连：通过建设“三位一体”南山客货滚装码头项目及推进港航一体化发展提升琼州海峡跨海通道；通过近期升级扩能，远期远景保护，提升北江及其上延线路通道；通过升级扩能提升韩江流域通道，形成连通梅州、潮州、汕头的水运连接通道；通过提升水路通道，加强综合交通运输网连接海南、湖南、江西、福建等邻省能力，增强广东省与周边省的交流发展。

广东省沿海主要航道，是在全省重点货类运输系统中承担重点货类干线运输功能的公用进港航道，是广东省沿海航道体系的核心和骨干，是区域港口群的对外主通道，是区域经济社会可持续发展的重要支撑。空间布局中的“八通、两横、一网、三连、四线”中的航道列为主要航道。主要航道包括西江干流、珠三角高等级航道网、东江、北江、韩江、榕江等。

北江及其上延线路航道规划技术等级：北江清远北江大桥—韶关段（里程

186km）规划为Ⅲ级航道，武江韶关—乐昌铁路桥段（里程 67km）规划为Ⅲ级航道。

近期重点实施项目包括北江航道扩能升级上延工程，建设规模为：里程 79km，Ⅲ级航道，航道尺度为 2.5m 航道尺度为为为江航，包括北江干流武江河口至百旺大桥约 6km，武江桂头至武江口约 36km，均按通航 1000t 级船舶标准建设，设计航道尺度为 2.5m 建设，设计航道尺度。工程内容主要包括：航道工程（坝工、航标、支持保障系统工程等）、桥梁防撞加固处治工程（16 座桥梁）等。

本工程为北江航道扩能升级上延工程，是北江航道扩能升级上延工程其中一部分，包括北江干流及武江，是全省航道空间布局“三连”中的重要组成部分，工程整治河段范围、建设标准及建设内容与规划一致，符合广东省航道发展规划的相关规划要求。

2.8.4.3 与《韶关市人民政府关于印发韶关市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》及动态更新成果的相符性

根据《韶关市人民政府关于印发韶关市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》《韶关市生态环境局关于印发《韶关市生态环境分区管控动态更新成果》的通知》（韶环[2024]103）号，文件指出，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神，全面贯彻习近平生态文明思想和习近平总书记视察广东的系列重要讲话精神，按照省“1+1+9”工作部署和高质量加快构建“一核一带一区”区域发展格局要求，以“全力筑牢粤北生态屏障，打造绿色发展韶关样板，奋力争当北部生态发展区高质量发展排头兵”为目标，坚持底线思维和系统思维，以改善生态环境质量为核心，建立覆盖全域的生态环境分区管控体系，加快提升生态环境治理体系和治理能力现代化水平，协同推进经济高质量发展与生态环境高水平保护，建设天蓝、水清、土净、地绿的美丽韶关。

本项目的实施对腹地经济将会起到重要的促进作用，为腹地生产企业节约大量的运输费用和生产成本，将会完善腹地交通运输体系，社会效益明显。同时，通过对工程建设期及运营期对保护区生态影响的评估与监测，提出及时有效的保护措施，保证腹地经济效益与生态效益共同发展。

2.8.5 与流域相关规划相符性分析

2.8.5.1 与《广东省流域综合规划（2013-2030 年）》的相符性

《广东省流域综合规划（2013-2030 年）》以完善流域防洪减灾、水资源综合利用、水资源与水生态环境保护、流域综合管理体系为目标，坚持全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合治理，协调好兴利与除害、开发与保护、整体与局部、近期与长远等关系，充分发挥各流域的多种功能和综合利用效益，切实保障流域防洪安全、供水安全、粮食安全和生态安全，保障全省经济持续健康发展和社会和谐稳定。本项目的实施，可充分合理利用武江水资源，结合水利水电梯级开发，发挥水资源的综合效益，水资源开发利用统筹考虑了航运发展需求，河流梯级的规划方案与航运需求是衔接的因此，本项目符合《广东省流域综合规划（2013-2030 年）》相关要求。

2.8.5.2 与《广东省韶关市江河流域综合规划（修编）》的相符性

《广东省韶关市江河流域综合规划（修编）》提出，武江梯级规划拟布置 12 级，分别是三溪、浪头、石村、武阳司、石灰冲、乐昌峡、张滩、富湾（昌山）、长安、七星墩、塘头、靖村，总装机 21.51 万 KW，年发电量 7.218 亿 KWh。同时提出认真研究航运规划，提高河流综合效益。

本项目船闸工程为七星墩船闸、长安船闸，进一步提升流域航运能力，提高河流综合效益，满足《广东省韶关市江河流域综合规划（修编）》相关要求。

2.8.6 与生态环境保护相关规划相符性分析

2.8.6.1 与《广东省主体功能规划》的相符性

《广东省主体功能区规划》将全省国土空间按开发方式，分为优化开发、重点开发、生态发展和禁止开发四类区域。禁止开发区域是指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、各类自然文化资源保护区域、重要水源地以及其他省人民政府根据需要确定的禁止开发区域。广东省域范围内的禁止开发区域包括依法设立的各级自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要水源地、湿地公园、重要

湿地以及世界文化自然遗产等。

本工程不涉及自然保护区等敏感区，与广东省主体功能区规划不相冲突。

2.8.6.2 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的相符性

《广东省生态环境保护“十四五”规划》提出，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中、六中全会精神，深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，坚定践行习近平生态文明思想，牢固树立绿水青山就是金山银山理念，深入实施可持续发展战略，围绕美丽广东建设的总要求，以“双区建设”“双城联动”为引领，以高水平保护推动高质量发展为主线，以协同推进减污降碳为抓手，深入打好污染防治攻坚战，统筹山水林田湖草沙系统治理，着力构建绿色生产生活方式，加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化，在全面建设社会主义现代化国家新征程中，推动全省生态环境保护和绿色低碳发展走在全国前列、创造新的辉煌。

本项目实施后为水运，与公路、铁路运输相比，具有耗能低，污染小的优点，可以满足近年来土地资源紧张、陆运交通能力不足及绿色生态发展要求，与《广东省生态环境保护“十四五”规划》相关要求相符合；同时本项目为航道扩能升级工程，项目施工期及运营期产生的污染物均严格按有关规定处理，不向武江外排，在严格采取环保措施的前提下，对武江和北江水质的影响在可接受范围内，符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

2.8.6.3 与《韶关市生态环境保护“十四五”规划》的相符性

《韶关市生态环境保护“十四五”规划》指出，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，深入贯彻习近平总书记对广东重要讲话、重要指示批示精神，贯彻落实习近平生态文明思想，牢固树立绿水青山就是金山银山理念，深入实施可持续发展战略，围绕美丽韶关建设的总要求，突出生态优先、绿色发展，加快实现资源资产价值化，深入打好污染防治攻坚战，协同推进减污降碳，统筹山水林田湖草沙系统治理，加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化，全力筑牢粤北生态屏障、打造绿色发展韶关样板、奋力争当北部生态发展区高质量发展排头兵。

本项目实施后为水运，与公路、铁路运输相比，具有耗能低，污染小的优点，本项目施工期及运营期产生的污染物均严格按有关规定处理，不向武江外排，不会

新增武江中的水污染总量，符合《韶关市生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

2.8.6.4 与《韶关市水生态环境保护“十四五”规划》的相符性

《韶关市水生态环境保护“十四五”规划》指出，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中、六中全会精神，深入贯彻落实习近平生态文明思想，全面落实习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，坚持以人民为中心，坚定不移贯彻新发展理念，落实“1+1+9”的工作部署，围绕美丽韶关建设的总要求，全力融入粤港澳大湾区和深圳先行示范区建设，以推动高质量发展为主线，深刻把握“山水林田湖草沙是一个生命共同体”的科学内涵，突出流域特色，坚持问题导向与目标导向，坚持继承发扬、求实创新、落地可行，以水生态环境质量为核心，污染减排和生态扩容两手发力，统筹水资源利用、水生态保护和水环境治理，加快推进生态环境治理能力和治理体系现代化，着力解决群众身边的突出问题，为实现秀水长清、推动韶关高质量发展提供坚实支撑。

本项目实施后为水运，与公路、铁路运输相比，具有耗能低，污染小的优点，本项目施工期及运营期产生的污染物均严格按有关规定处理，不向武江外排，不会新增武江中的水污染总量，符合《韶关市水生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

2.8.7 “三线一单”符合性分析

根据韶关市人民政府《关于印发韶关市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（韶府〔2021〕10号）、《韶关市生态环境局关于印发《韶关市生态环境分区管控动态更新成果》的通知》（韶环〔2024〕103号），从区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控等方面明确准入要求，建立“1+88”生态环境准入清单体系。“1”为全市总体管控要求，“88”为88个环境管控单元的差异性准入清单。其中，优先保护单元39个，主要涵盖生态保护红线、一般生态空间、饮用水水源保护区、环境空气质量一类功能区等区域，优先保护单元总面积10713.43平方公里，占国土面积的58.18%。重点管控单元31个，主要包括工业集聚、人口集中和环境质量超标区域，总面积共2284.54平方公里，占国土面积的12.41%。一般管控单元18个，为优先保护单元、重点管控单元以外的区域，总面积5415.18平方公里，占国土面积的29.41%。

——优先保护单元。以维护生态系统功能为主，包括生态红线、饮用水水源保护区、环境空气质量一类功能区等区域，涵盖以南岭、南水水库、丹霞山、车八岭等重要自然保护地为主的生物多样性保护极重要区域，与全市生态安全格局基本吻合。该区域依法禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境质量底线，确保生态功能不降低，在功能受损的优先保护单元优先开展生态保护修复活动，恢复生态系统服务功能。

——重点管控单元。涉及水、大气等要素重点管控的区域，主要包括工业集聚、人口集中和环境质量超标区域等，该区域应优化空间布局，加强污染物排放控制和环境风险防控，不断提升资源利用效率，解决生态环境质量不达标、生态环境风险高等问题。

——一般管控单元。涉及优先保护单元和重点管控单元之外的其他区域，该区域应落实生态环境保护基本要求。

本工程涉及乳源瑶族自治县桂头镇优先保护单元（环境管控单元编码：ZH44023210004）、乐昌市乐城街道、长来镇优先保护单元（环境管控单元编码：ZH44028110006），相符性分析如下：

表 2-24 本项目与环境管控单元的相符性分析

管控 纬度	管控要求	相符性分析
一、乐昌市乐城街道、长来镇优先保护单元（环境管控单元编码：ZH44028110006）		
区域 布局 管控	1-1.【产业/禁止类】单元涉及韶关市区武江饮用水水源准保护区，禁止在饮用水水源准保护区内新建、扩建对水体污染严重的建设项目。	本项目为航道工程，运营期不排放污水，不属于对水体污染严重的建设项目，符合要求。
	1-2.【岸线/限制类】岸线优先保护区内，严格水域岸线用途管制，新建项目一律不得违规占用水域（国家和省的重点项目除外）。严禁破坏生态的岸线利用行为和不符合其功能定位的开发建设活动，严禁以各种名义侵占河道、非法采砂等。	本项目属于航道工程，不涉及岸线优先保护区，且项目属于省重点项目，符合要求。
二、乳源瑶族自治县桂头镇优先保护单元（环境管控单元编码：ZH44023210004）		
区域 布局 管控	1-1.【水/禁止类】单元涉及韶关市区武江饮用水水源准保护区，禁止在饮用水水源准保护区内新建、扩建对水体污染严重的建设项目。	本项目为航道工程，运营期不排放污水，不属于对水体污染严重的建设项目，符合要求。
	1-2.【岸线/限制类】岸线优先保护区内，严格水域岸线用途管制，新建项目一律不得违规占用水域（国家和省的重点项目除外）。严禁破坏生态的岸线利用行为和不符合其功能定位的开发建设活动，严禁以各种名义侵占河道、非法采砂等。	本项目属于航道工程，不涉及岸线优先保护区，且项目属于省重点项目，符合要求。

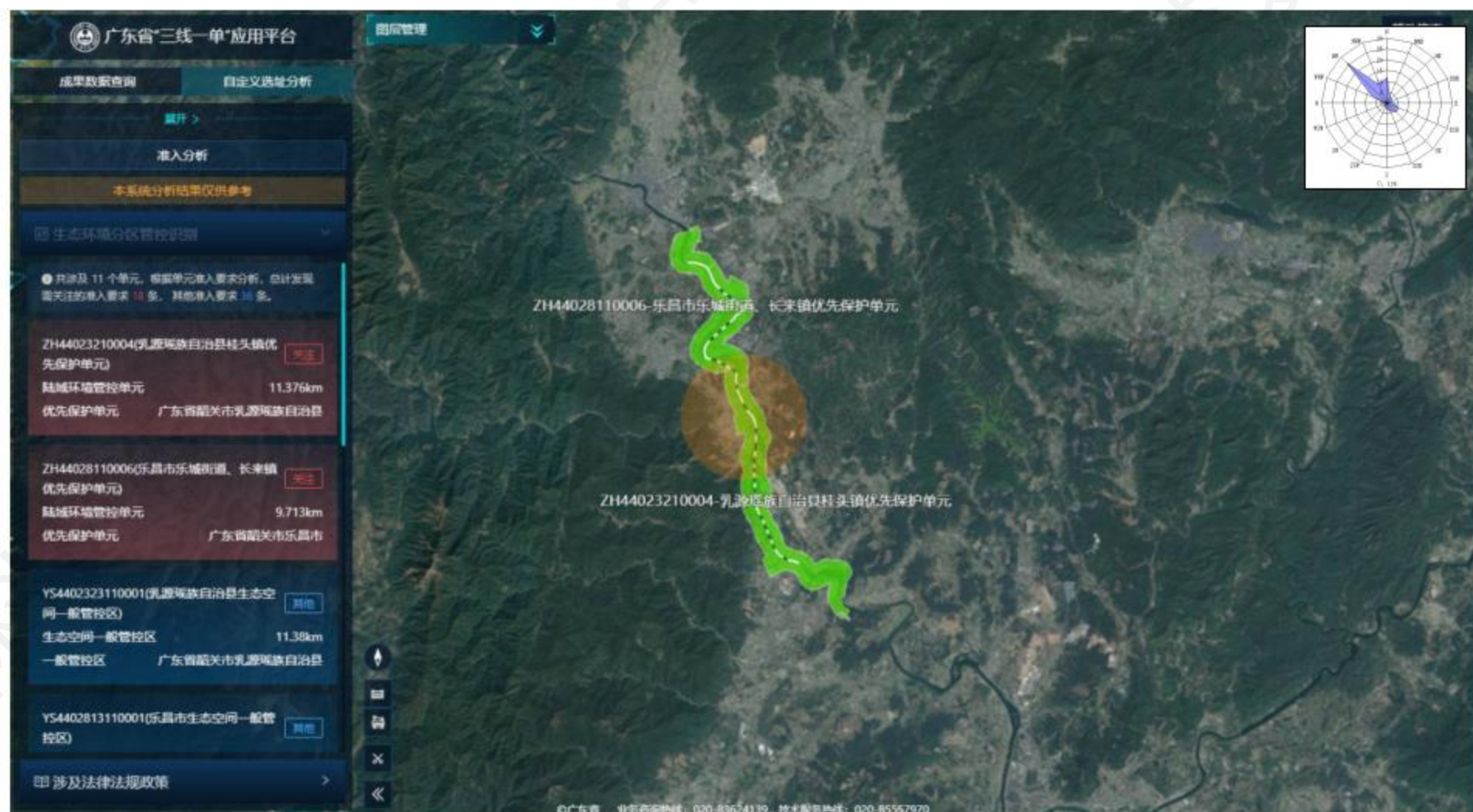


图 2-15 项目与广东省“三线一单”陆域环境管控位置关系图

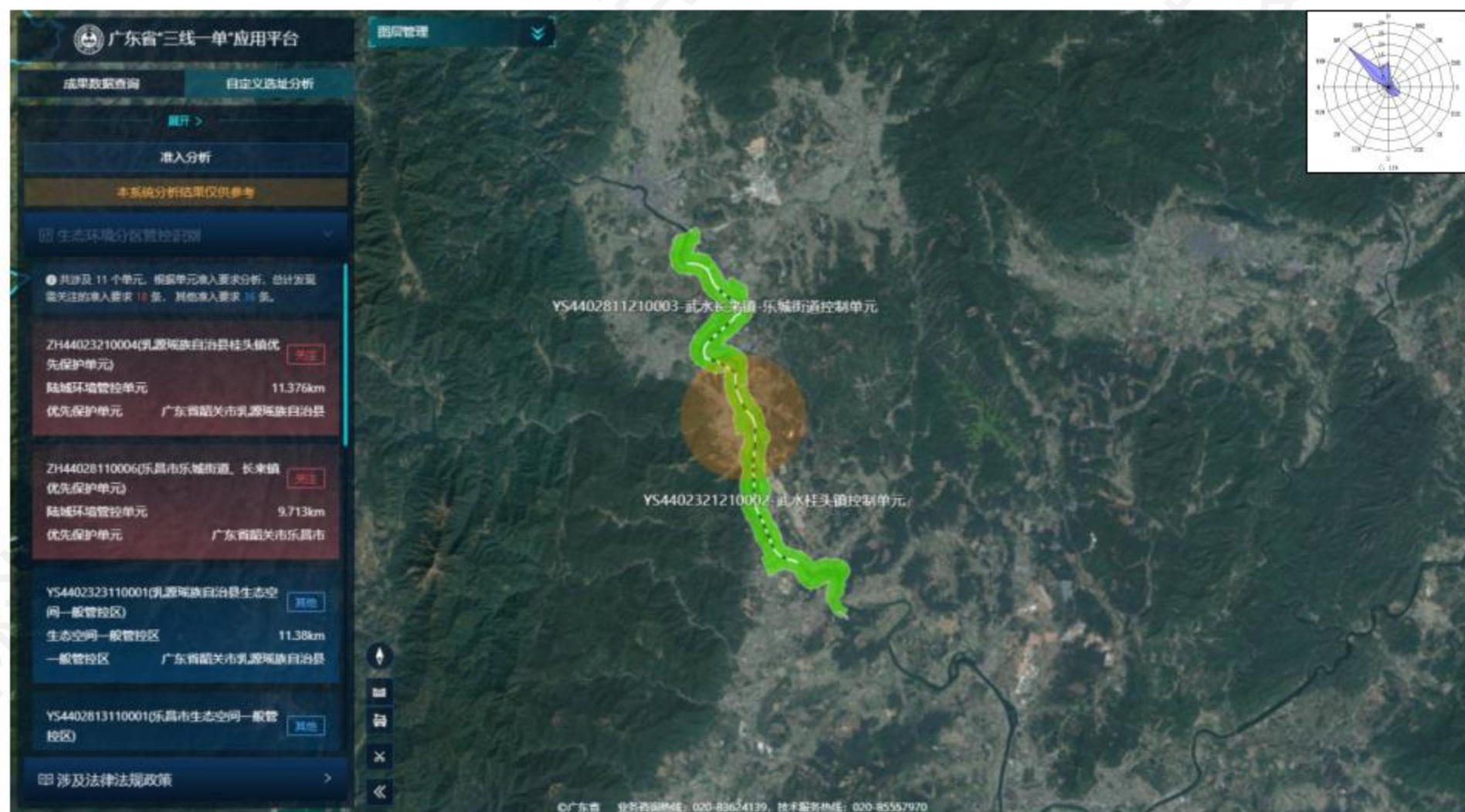


图 2-16 项目与广东省“三线一单”水环境保护单元位置关系图

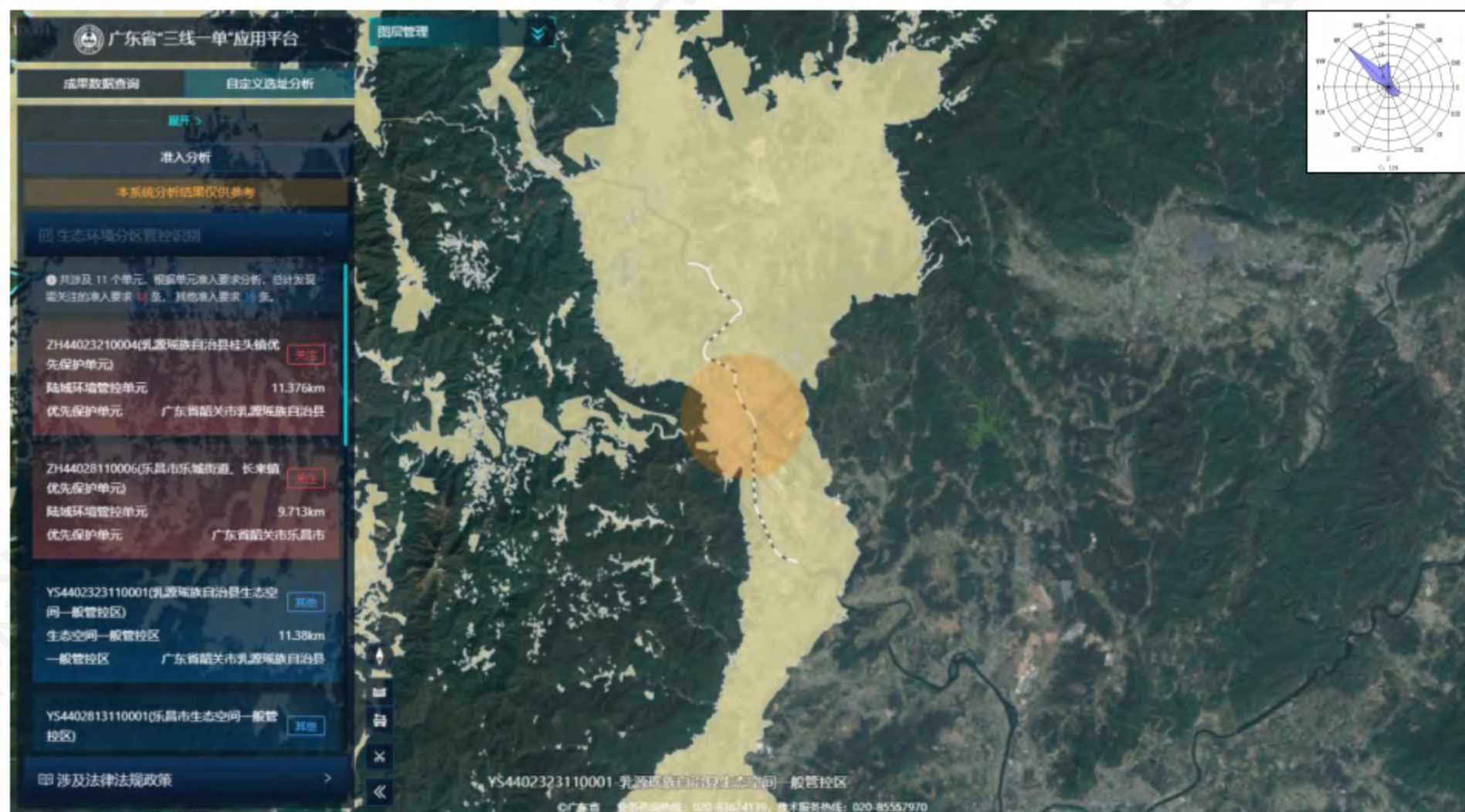


图 2-17 项目与广东省“三线一单”生态环境保护单元位置关系图

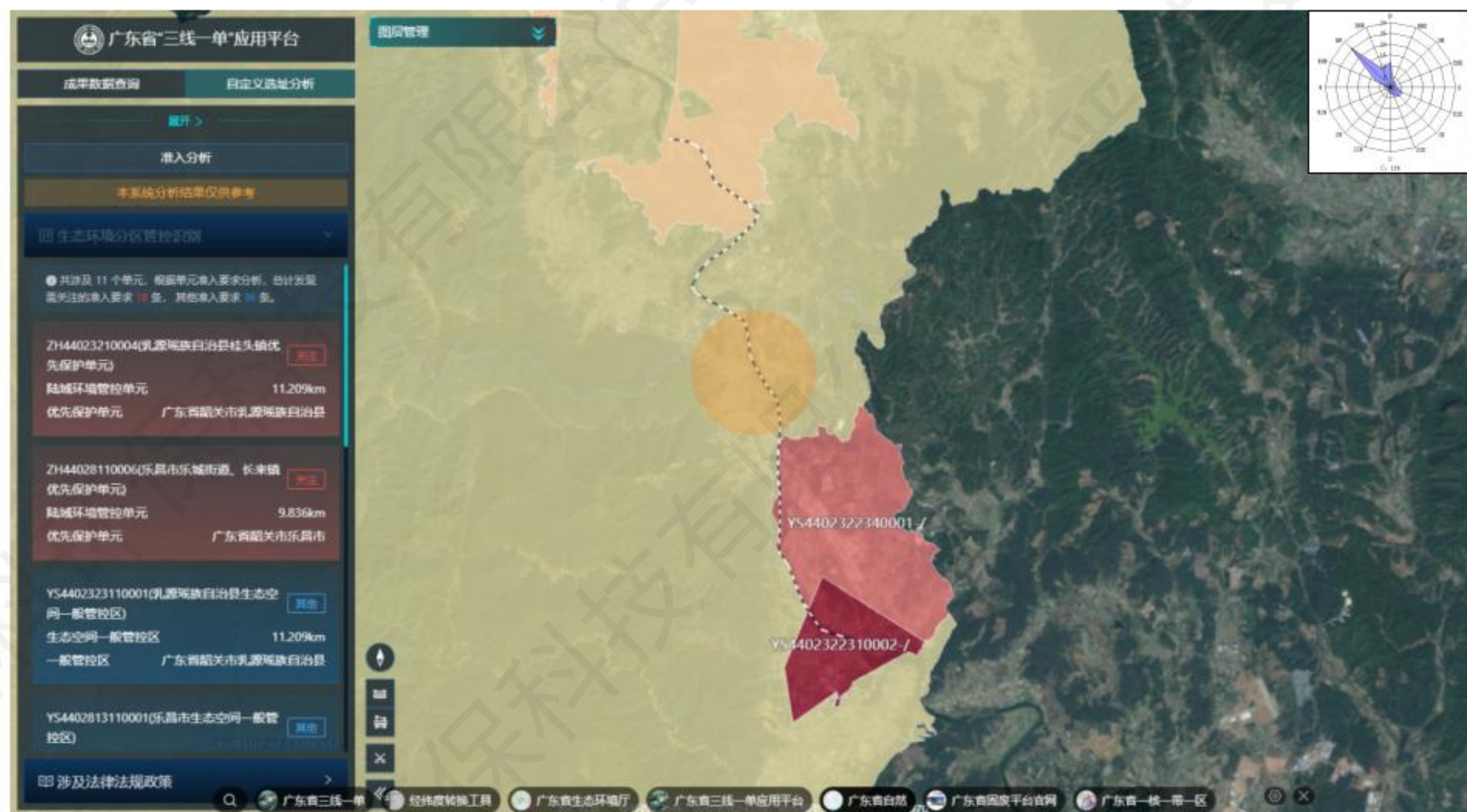


图 2-18 项目与广东省“三线一单”大气环境保护单元位置关系图

2.8.7.1 环境质量底线符合性分析

环境质量底线，即区域环境质量能满足环境功能区要求，区域环境质量达标，主要从污染物排放总量进行控制，区域污染物排放总量低于区域环境容量时，才能保证区域环境质量达标。

环境现状监测结果表明：项目附近水体评价河段常规监测断面各指标均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的相应标准要求限值；本项目所在地各常规监测因子浓度均低于《环境空气质量标准》（2012）及 2018 年修改单二级标准限值要求；本项目所在区域声环境现状监测值昼夜间均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）相应标准限值要求，说明项目所在地水体环境质量、大气环境质量、声环境质量满足环境功能区划要求。

2.8.7.2 环境准入负面清单符合性分析

本项目为航道工程，不属于《广东省国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》（粤发改规划[2017]331 号）中所列产业准入负面清单，符合广东省产业政策，项目不属于《市场准入负面清单（2022 年版）》中所列负面清单，属允许类。

3. 工程概况

3.1 工程概况

3.1.1 建设内容

北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）位于广东省韶关市，建设范围为武江长来至桂头约 21km 航道，拟按通航 1000 吨级内河船舶标准进行建设，设计航道尺度为 $2.5\text{m} \times 60\text{m} \times 270\text{m}$ （水深 $\times$ 航道宽度 $\times$ 最小弯曲半径）、船闸尺度为 $190\text{m} \times 23\text{m} \times 4.5\text{m}$ （有效长度 $\times$ 有效宽度 $\times$ 门槛最小水深）。工程内容包括对沿线涉及的七星墩枢纽和长安枢纽分别新建 1 座 1000 吨级船闸，对长来大桥、杨溪大桥、桂头新桥、桂头大桥拆除重建，以及航道整治及其他工程。

由于重建的桂头大桥位于北江航道扩能升级上延工程（桂头至韶关段），本项目不再纳入评价。鉴于北江航道扩能升级上延工程——航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于 2023 年 11 月 22 日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87 号），本报告仅对疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容进行简述，不纳入本报告的评价内容。

3.1.2 建设标准

本工程项目建设规模及标准为：武江长来至桂头航道全长 21km，按内河Ⅲ级、通航 1000t 级船舶标准建设，通航保证率 98%，安全通航水位采用安全通航流量为 $1200\text{m}^3/\text{s}$ 所对应的水位，桥梁通航净空高度不低于 10m，航道架空缆线净高按照 22.0m 加缆线安全富裕高度。设计航道尺度为： $2.5\text{m} \times 60\text{m} \times 270\text{m}$ （水深 $\times$ 航宽 $\times$ 最小弯曲半径）。船闸工程共建设 2 座Ⅲ级船闸，从下游至上游依次为七星墩船闸和长安船闸，船闸闸室有效尺度均为 $190\text{m} \times 23\text{m} \times 4.5\text{m}$ （有效长度 $\times$ 有效宽度 $\times$ 门槛水深）。本工程范围内已建 4 座桥梁，工程拟对长来大桥、杨溪大桥、桂头新桥、桂头大桥进行拆除重建。

本工程整治河段，设计最高通航水位采用洪水重现期为 10 年，设计最低通航水位采用综合历时曲线法计算，保证率 98%。根据《内河通航标准》（GB50139-2014），整治河段范围内的过、跨河建筑物净空尺度按净高 10m、单向通航孔净宽 55m、双向通航孔 110m 的标准控制；已有架空电缆按 10m 加缆线安全富裕高度复核，不满

足的考虑改建，改建架空缆线净高按照 22.0m 加缆线安全富裕高度控制。

3.1.3 设计船型

研究河段推荐的代表船型见下表

表 3-1 研究河段推荐代表船型尺度表

序号	代表船型	船型尺度	备注
1	1000T 级内河干货船	67.5m×10.8m×2.0~2.2m	根据《内河通航标准》（GB50139-2014）、内河货运船舶船型主尺度系列驳船 JT/T447.3-2001 综合选取
2	1000t 级内河驳船	55m×10.8m×2.0~2.2m	
3	1000t 级集装箱船（48-96TEU）	49.9m×12.8m×2.2m	《珠江干线下游货运船舶船型主尺度系列》（JT/T559-2015）。
4	1000t 级干货船	49.9m×10.5m×2.2m	
5	1000T 级内河普通货船	49.9m×12.8m×2.2~2.8m	各枢纽船闸门槛水深控制船型

3.1.4 特征水位

各基本站点最高通航水位、最低通航水位见下表所示。

表 3-2 各基本站点最高通航水位、最低通航水位表

序号	特征站点	最低通航水位（m）	最高通航水位（m）	正常蓄水位（m）
1	桂头大桥	68.32	72.28	
2	七星墩枢纽坝上/坝下	73.32/68.32	75.82/75.18	75.82
3	长安枢纽坝上/坝下	80.82/74.32	82.66/82.43	81.82
4	富湾坝下	80.82	88.06	

3.1.5 通过能力

各船闸推荐方案通过能力计算结果见下表

表 3-3 船闸计算货运通过量与预测货运量对比表

船闸名称	2030		2035		2045	
	计算单向货运量	预测单向年过坝运量	计算单向货运量	预测单向年过坝运量	计算单向货运量	预测单向年过坝运量
七星墩船闸	1303	537-574	1361	705-744	1411	899-1000
长安船闸	1281	537-574	1338	705-744	1388	899-1000

3.1.6 工程建设方案简况

本工程主要建设内容有：航道工程（包括整治、航标、护岸、交叉及航道维护管理设施工程等）、船闸工程（建设七星墩枢纽和长安枢纽 1000t 船闸各一座）、桥

梁工程等。

3.1.6.1 航道工程

工程主要建设内容有：航道工程（包括疏浚、清礁、整治、航标、护岸、交叉及站房码头工程等）。

鉴于北江航道扩能升级上延工程——航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于 2023 年 11 月 22 日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87 号），本报告仅对疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容进行简述，不纳入本报告的评价内容。

（1）疏浚工程

研究河段的疏浚工程共有 11 处疏浚区，主要分布于富湾船闸枢纽下游、新长来大桥上下游、长安船闸枢纽上下游、新杨溪大桥上下游、七星墩船闸枢纽下游至新桂头新桥河段。疏浚浅段基本为砂卵石浅滩，疏浚土质以卵石、漂石、砾砂为主，疏浚工程量约 131.27 万方。

（2）清礁工程

研究河段的清礁工程共有 6 处清礁区域，清礁主要集中在七星墩枢纽下游的 QJ05（K42+430~K43+690）（里程桩号，下同），长安枢纽下游的 QJ06（K50+390~K50+520）、QJ07（K51+400~K51+500）、QJ08（K52+120~K52+220），长来镇河段的 QJ09（K60+580~K60+720），富湾电站下游的 QJ10（K61+550~K62+000），航道范围内及周边分布有礁石区，礁石区面积较小，零星分布。清礁总工程量约 29.33 万 m³。

（3）整治工程

研究河段航道现状等级低，长来大桥上游约 340m 处有废弃桥墩位于航道范围内，为了维护航道尺度，本次航道扩能升级后，现有废弃桥墩成了碍航物，需要对其进行拆除，共计拆除废弃桥墩 3 个。

（4）航标工程

①浮标

配布 16 座桥区浮标，4 座航道侧面浮标，均为 HF6.7-B1 型灯艇。

②水中灯桩

新建 1 座水中灯桩，为 H7.5m 灯桩。

③塔标

新建 17 座 H7.0m 钢筋砼塔标。

④信息标志

考虑到工程河段山峦起伏、树木茂盛，视线遮挡较严重，为保障航道通航安全，在河段弯折且视线遮挡处的上、下游两端河岸布置鸣笛标。为标示交叉河口及航道里程等相关信息，工程河段新建航道信息标志，含桥梁净高指示标、桥梁距离预告标、锚地信息标等航道信息标志。

⑤管线标志

考虑到过河缆线及管道迁改后，为标示过河缆线及管道等相关信息，需增加 6 条缆线相应的管线标志等共 34 座。

（5）生态护岸工程

根据模型试验研究，为改善杨溪大桥下游航道的通航水流条件，本工程拟对航道采取切岸、切滩等措施，故需对新岸坡采取护岸工程措施，保证航道整治工程的整治效果。杨溪大桥下游航道建设生态护岸长度约 687.90m，护坡面积约 5338.4m²。

结合绿色航道建设需要，根据本河段特点，护岸结构采用格宾结构护脚+雷诺护垫+植生型护垫+三维快速植生垫结构。

（6）交叉工程

经调查了解，工程河段跨河线缆主要为供电电缆和通信线缆，共 6 条跨河线缆不足净高要求，其改造至通航净高 22.0m+安全富裕高度。

过河管道 1 条，为潜江-韶关输气工程过武江管道，无需迁改。

（7）站场码头工程

本工程考虑建设 1 处航道维护基地码头。维护基地码头位于富湾电站下游约 1km 处，采用趸船布置，趸船尺寸为 50m×15m，后方陆域总用地面积为 10000m²。

本工程趸船利用后沿处设置的两座靠船桩簇进行靠系泊。趸船通过长 21.0m、宽 3m 的引桥与后方陆域衔接，同时通过在固定引桥端部一侧设置长 15.6m、宽 2.5m 的步级以满足人员上下趸船。

本工程趸船码头前沿停泊水域宽度按 2 倍设计船舶的最大设计船宽考虑，取 14.8m。码头前沿停泊水域端部底边线与码头前沿线夹角成 45°，设计底高程取 78.5m。回旋水域布置在泊位正前方，呈椭圆形布置，占用部分停泊水域及航道。

回旋水域长轴取 129.6m，短轴取 54m，设计底高程为 78.5m。

本工程的回旋水域与主航道可直接联通，进港航道可直接利用主航道，航道的设计尺度 $2.5\text{m} \times 60\text{m} \times 270\text{m}$ （水深 $\times$ 航宽 $\times$ 弯曲半径），航道的尺度能满足船舶的进出港要求，无需另外设计进港航道。

3.1.6.2 七星墩船闸

（1）总平面布置

船闸布置在左岸，轴线距七星墩电站左岸结构边约 53.5m ，上闸首布置于泄水闸下游侧约 205m ，上闸首为挡水前沿。上、下游引航道呈不对称布置，船舶过闸方式上行、下行均为曲线进闸、直线出闸。

（2）输水系统

船闸承受单向水头，最大设计水头为 7.5m ，输水系统采用闸墙长廊道分散输水系统。

（3）水工建筑物

闸首采用整体式钢筋砼结构，边墩内布置廊道。上、下闸首平面尺度分别为 $44.0\text{m} \times 35.0\text{m}$ 和 $44.0\text{m} \times 38.22\text{m}$ 。闸室共长 190m ，采用整体式钢筋砼结构。上、下游主导航墙长度为 135m ，辅导航墙长度为 70m ，均采用重力式结构。上、下游靠船段长均为 190m ，各设置 9 个靠船墩，采用素混凝土实体墩式结构。上、下游护坡均采用斜坡式结构，一级坡采用砼护面结构，二级坡采用金属丝网护坡，其余部位护岸、隔流堤、导流墩结构采用重力式结构为主。上游停泊锚地长 220m ，布置 11 个靠船墩，间距 20m ，采用下部灌注桩+上部墩台结构。上游靠船段端部上游约 120m 左岸侧布置一条丁坝，堤头距航道约 34m ，坝长 119.0m 。闸首、闸室、导航墙及靠船墩为增加地基承载力、减小沉降量和沉降差，采用灌注桩桩基础处理。

（4）金属结构及机械设备

工作闸门为人字闸门；工作阀门采用升降式平面阀门；检修闸门采用浮式检修门；检修阀门采用升降式平面阀门；浮式系船柱为钢构件，可随闸室水位上下浮动。

工作闸、阀门启闭机均采用直推式液压机型，闸门启闭机布置在闸首边墩的空箱内，阀门启闭机布置在一层机房内。

（5）跨闸交通桥及连接线

路线总体走向由西北向东北。南岸与七星墩电站坝顶路相接，北岸与 S248 相接，全长 500.945 米。北岸设置辅道连船闸管理区与 S248。

道路为双车道布置，宽度为 7.0m。跨闸桥拟做检修及防汛用，无公共交通功能；桥梁分为一号桥、二号桥设置，直角连接，一号桥桥梁全长 107m。二号桥桥梁全长 218m；

(6) 船闸管理区

闸管区位于船闸的左岸，基本处于上闸首至下闸首之间，呈矩形布置，沿河岸方向长约 262m，最大纵深约 56.2m，主要场区标高为 79.82m，与船闸主体结构顶高程齐平。

闸管区主要由办公区、生活区、室外活动区、仓库以及其他场地组成。孟洲坝船闸管理区布置于二线船闸右侧，船闸管理所布置有综合办公楼、仓库、宿舍、餐厅、配电房、泵房及门卫房等。闸管区内布置环形道路，主干道道路宽度 7.0m。

(7) 鱼道工程

鱼道位于河道和船闸之间，紧邻船闸右侧布置，范围在下闸首至上辅导航墙端部。鱼道总长 593m，总宽度 3.0m，底坡 1/105，鱼道结构采用明槽式、暗涵式，槽身结构为隔板式。

3.1.6.3 长安船闸

(1) 总平面布置

船闸布置在枢纽右岸阶地，与电站呈分离式布置，位于上坪坝村西南侧。上、下游引航道呈反对称布置，船舶过闸方式上行、下行均为曲线进闸、直线出闸。

(2) 输水系统

船闸承受单向水头，最大设计水头为 7.5m，输水系统采用闸墙长廊道分散输水系统。

(3) 水工建筑物

闸首采用整体式钢筋砼结构，边墩内布置廊道。上、下闸首平面尺度分别为 44.0m×35.0m 和 44.0m×38.22m。闸室共长 190m，采用整体式钢筋砼结构。上、下游主导航墙长度为 135m，辅导航墙长度为 70m，均采用重力式结构。上、下游靠船段长均为 190m，各设置 9 个靠船墩，采用素混凝土实体墩式结构。上、下游护坡均采用斜坡式结构，一级坡采用砼护面结构，二级坡采用金属丝网护坡，其余部位护岸、隔流堤、导流墩结构采用重力式结构为主。上游停泊锚地长 220m，布置 11 个靠船墩，间距 20m，采用下部灌注桩+上部墩台结构。在长安枢纽坝下

340~400m 和 450m 处增设 2 条潜坝。其中，第一条潜坝长约 195m，宽 5m，顶高程 75.82m；第二条潜坝长约 162m，宽 5m，顶高程 75.32m。闸首、闸室、导航墙及靠船墩为增加地基承载力、减小沉降量和沉降差，采用灌注桩桩基础处理。

（4）金属结构及机械设备

工作闸门为人字闸门；工作阀门采用升降式平面阀门；检修闸门采用浮式检修门；检修阀门采用升降式平面阀门；浮式系船柱为钢构件，可随闸室水位上下浮动。

工作闸、阀门启闭机均采用直推式液压机型，闸门启闭机布置在闸首边墩的空箱内，阀门启闭机布置在一层机房内。

（5）跨闸交通桥及连接线

路线总体走向由西南向东北。起点、终点均与原老路 Y674 相接，中间跨越长安船闸，路线全长 1.087 公里。道路两侧设有辅道连接船闸管理区。

道路为双车道布置，宽度为 11.0m。跨闸桥桥梁全长 421.0m。检修桥桥梁全长 139.0m。人行梯道采用地面辅道+梯道形式通过主线桥跨越闸区。

（6）船闸管理区

闸管区位于船闸的左岸，基本处于上闸首至下闸首之间，呈矩形布置，沿河岸方向长约 257m，最大纵深约 48.4m，主要场区标高为 86.66m，与船闸主体结构顶高程齐平。

闸管区主要由办公区、生活区、室外活动区、仓库以及其他场地组成。船闸管理区布置于船闸右侧，船闸管理所布置有综合办公楼、仓库、宿舍、餐厅、配电房、泵房及门卫房等。闸管区内布置环形道路，主干道道路宽度 7.0m。

（7）鱼道工程

鱼道位于新建船闸左侧，紧邻船闸布置，范围在下游引航道护坡至上游辅导航墙端部。鱼道总长 1199m，鱼道总宽度 3.0m，底坡 1/200，鱼道结构采用明槽式、暗涵式，槽身结构为隔板式。

3.1.6.4 桥梁工程

工程河段桥梁工程包括长来大桥、杨溪大桥、桂头新桥、桂头大桥等 4 座桥梁拆除，工程段范围内重建 3 座桥梁。桥梁特征参数如下：

表 3-4 新建桥梁特征参数一览表

序号	类别	单位	桂头新桥	杨溪大桥	长来大桥
1	道路等级		二级公路	三级公路	三级公路

2	设计速度	km/h	60	40	40
3	标准桥宽	m	23	13.5	13.5
4	桥梁设计荷载	/	公路-I级结合城-A级		
5	线路总长	km	0.868	1.031	0.921
6	最大纵坡	%	2.85	4.5	4.5

表 3-5 新建桥梁推荐方案汇总表

序号	桥梁名称	跨越江河名称	主桥宽	孔数及孔径	主桥桥长	桥梁全长	上部构造
			(m)	孔-m	(m)	(m)	
1	桂头新桥	武江	25.9	2m+4×25m+4×25m+150m+30m+4×25m+2m	150	484	桁架梁桥
2	杨溪大桥		13.5	2.2m+4×25m+3×25m+80m+150m+80m+5×25m+2.2m	310	614.4	连续梁桥
3	长来大桥		13.5	2.2m+3×25m+63m+2×116m+63m+30m+3×25m+2m	358	542.2	连续梁桥

3.1.7 主要技术经济指标

表 3-6 本工程主要技术经济指标表

名称	单位	数量	备注
一、水文			
1、武江流域面积（坪石～韶关）	km ²	7097	
2、多年平均流量	m ³ /s	192	梨市水文站
3、多年平均悬移质输沙量	万 T	114	
4、设计最高通航水位			重现期 10 年洪水位
（1）富湾坝下	m	88.06	1985 国家高程，下同
（2）长安坝上/下	m	82.66/82.43	
（3）七星墩坝上/下	m	75.82/75.18	
（4）桂头大桥	m	72.28	
（5）桂头	m	71.56	
5、设计最低通航水位			综合历时保证率 98%
（1）富湾坝下	m	80.82	枢纽设计低水位取下包线值
（2）长安坝上/下	m	80.82/74.32	
（3）七星墩坝上/下	m	73.32/68.32	
（4）桂头大桥	m	68.32	
（5）桂头	m	68.32	
二、航道工程			
1、整治里程	km	21	武江长来至桂头
2、建设起止点		武江长来至桂头段	起点武江桂头，终点武江长来
3、建设标准		内河Ⅲ级	通航 1000t 级船舶，通航保证率 98%
4、航道尺度	m	2.5×60×270	水深×航宽×最小弯曲半径
5、代表船型			
（1）1000t 级内河干货船	m	67.5×10.8×2.0~2.2	船长×船宽×吃水

(2) 1000t 级内河机动驳	m	55×10.8×2.0~2.2	船长×船宽×吃水
(3) 1000t 级多用途集装箱船	m	49.9×12.8×2.2	船长×船宽×吃水
6、主要工程量			
(1) 整治工程	座	3	
(2) 航标工程	项	1	
(3) 护岸工程	处	4	
(4) 航道维护管理设施	项	1	
(5) 智慧航道工程	项	1	
(6) 专项工程	项	1	
四、船闸工程（推荐方案）			
1、七星墩船闸工程			
1.1 征地拆迁			
(1) 工程永久占地	亩	193.3	
(2) 工程临时占地	亩	348.9	
1.2 主要建筑物			
(1) 设计水平年	年	2045	
(2) 过闸货运量预测	万吨	719-775/545-564	上行/下行，2045 年
(3) 设计最大年通过能力	万吨	1768	单向，2045 年
(4) 地基特性		全风化砂页岩/粉质粘土/卵石	
(5) 船闸有效尺度	m	190×23×4.5	长度×宽度×门槛水深
(6) 设计最大水头	m	7.5	
(7) 输水系统型式		分散输水系统	闸墙长廊道输水
(8) 工作闸门型式		人字门	
(9) 工作阀门		平面阀门	
(10) 工作闸、阀门启闭机		液压直推式启闭机	
(11) 检修闸、阀门		浮式检修门/卷扬机	
(12) 外部交通	m	194	至 S248
1.3 推荐方案主要工程量			
(1) 土方开挖工程量	万 m ³	265.21	
(2) 土方填筑工程量	万 m ³	34.02	
(3) 混凝土工程量	万 m ³	19.83	
(4) 钢筋及铁件工程量	t	12633	
2、长安船闸工程			
2.1 征地拆迁			
(1) 工程永久占地	亩	309.71	
(2) 工程临时占地	亩	288.18	
2.2 主要建筑物			
(1) 设计水平年	年	2045	
(2) 过闸货运量预测	万吨	719-775/545-564	上行/下行，2045 年
(3) 设计最大年通过能力	万吨	1768	单向，2045 年
(4) 地基特性		中风化灰岩/卵石	
(5) 船闸有效尺度	m	190×23×4.5	长度×宽度×门槛水深
(6) 设计最大水头	m	7.5	

(7) 输水系统型式		分散输水系统	闸墙长廊道输水
(8) 工作闸门型式		人字门	
(9) 工作阀门		平面阀门	
(10) 工作闸、阀门启闭机		液压直推式启闭机	
(11) 检修闸、阀门		浮式检修门/卷扬机	
(12) 外部交通	m	10300/2000	至乐广高速/S248
2.3 推荐方案主要工程量			
(1) 土方开挖工程量	万 m ³	155.37	
(2) 土方填筑工程量	万 m ³	46.45	
(3) 混凝土工程量	万 m ³	14.21	
(4) 钢筋及铁件工程量	t	8203	
五、桥梁工程（推荐方案）			
1、新建桥梁工程	座	3	桂头新桥、杨溪大桥、长来大桥
六、项目总投资			
	万元	279123.72	
七、经济效益			
1、经济内部收益率（EIRR）	%	12.15	
八、工期			
1、航道工程	月	60	总控制工期
2、七星墩船闸工程	月	48	
3、长安船闸工程	月	42	
4、桥梁工程	月	60	



图 3-1 本航道工程总平面布置图

3.2 工程建设必要性

3.2.1 建设必要性

本工程是在北江航道扩能升级上延工程范围的基础上，将武江从桂头大桥继续往上游延伸约 21 公里至乐昌市乐昌作业区（富湾枢纽），本工程的实施是弥补韶关和乐昌水运短板，完善综合交通运输体系，响应省发改委补齐软硬基础设施短板要求，增强地区发展竞争力，为韶关、乐昌和湘南地区经济社会长远发展提供强大驱动力的重要举措，影响深远，意义重大。项目建设的意义及必要性主要体现在以下几方面：

一、是贯彻落实十九大报告中关于“交通强国发展纲要”、“深化供给侧结构性改革”的新发展理念的要求，助推国家“一带一路”战略，为未来联通粤赣、粤湘运河以沟通珠江、长江两大水系奠定基础

目前，韶关是国家公路运输枢纽城市之一，铁路、公路运输网络完善，交通四通八达，表现为：

（一）公路方面，全市公路通车总里程达 16409 公里，公路网密度 89.2 公里/百平方公里，其中高速公路 491 公里，一级公路 222 公里，二级公路 817 公里，外省、市相衔接的干线公路和韶关市与县（市）相连主要公路均达到二级公路以上的技术标准；2）铁路方面，韶关市铁路运营里程 462 公里，汇集了京广线、武广客运专线、韶赣铁路、韶柳铁路、韶龙铁路、省地方铁路等众多铁路线。其中京广线、武广客运专线两条铁路南北向纵贯韶关，京广电气化铁路是韶关重要的客货运干线，贯穿韶关境内 138 公里，武广铁路快速客运专线为我国铁路高速客运网主骨架之一，纵向贯穿韶关长约 118 公里。

韶赣铁路 117 公里。此外，还有省地方铁路 60 公里，其中坪石至梅田韶关段 28 公里，黄格线 32 公里。各大厂矿专用线 29 公里等。3）航空方面，韶关拟恢复桂头机场的民航服务，开通广州、桂林等地的航线，发展成为白云国际机场的支线机场。同时规划大力发展空港产业，未来韶关的航空发展将得到大力提升。

然而纵观水路方面，韶关市辖区主要通航河流有北江、浈江、武江、龙归河、锦江、潞江、新丰江等 16 条大小河道，航道里程 698 公里，全市内河航道维护里程 386 公里，但是，真正能发挥航运作用，并具有航运效益的也仅仅是北江干流约

48km，而且北江干流目前仅为 300 吨级航道，在航道扩能升级前，其通过能力远远不能满足运输需求。

大力发展水路运输是完善韶关市综合运输体系、优化运输结构的重要环节，是韶关市建设“交通强市”必不可少的过程。

（二）要“深化供给侧结构性改革”，“坚持去产能、去库存、去杠杆、降成本、补短板，优化存量资源配置，扩大优质增量供给，实现供需动态平衡”。本工程是弥补水运短板，扭转区域性运输结构不均衡、不合理局面的需要。

水运在韶关地区具有很大的潜力，腹地大宗货物水运需求庞大，但目前大宗散货（煤炭、矿石）、水泥、集装箱的运输方式主要靠公路和铁路，水运在韶关地区全社会运输量所占比例仅为 3%-5%。因此，对于韶关来说，其公路、铁路发展已十分发达，航空发展方兴未艾，但水路凸显落后，停滞不前，短板突出！韶关市的运输结构明显不均衡、不合理，大大降低了韶关市资源要素的配置效率。

根据《广东省供给侧结构性改革总体方案（2016-2018 年）》《广东省供给侧结构性改革补短板行动计划（2016-2018 年）》的要求，广东省发展改革委牵头会同有关部门，将补齐软硬基础设施短板重大工程进一步分解细化到具体项目。补齐软硬基础设施短板重大项目共 18 项，245 个子项，总投资 22526.5 亿元。《广东省发展改革委关于印发补齐软硬基础设施短板重大项目的通知》（发改投资〔2016〕323 号）明确指出，各地、各部门要把推进补短板重大项目建设作为重点工作，顾全大局，切实承担分内责任，齐心协力推进项目建设。而“北江航道扩能升级上延工程”明确列入了项目名录当中，并提出 2018 年底前开工建设完成 5 亿元投资的目标，为推动本项目建设提供了有力政策支持。为落实供给侧结构改革部署，韶关市已将北江航道扩能升级工程纳入《韶关市供给侧结构性改革补短板行动计划》。2018 年 1 月马兴瑞省长在 2018 年广东省政府工作报告中提到，大力推进北江东江航道扩能升级工程建设，更加凸显了北江航道建设的重要性。

目前公路、铁路、高铁业已发达，航空在已打造空港产业园的背景下，唯独水运存在短板问题亟待解决。因此，本工程是弥补水运短板，扭转区域性运输结构不均衡、不合理局面的需要。本项目作为北江干流整体的一部分，将高等级航道向上延伸至武江，其建设时机也已经成熟。此次武江航道扩能升级，将有效地改观韶关水运的落后、短板局面，使韶关市的运输结构得到改善，提升水运能力，适应船舶大型化的趋势，发展均衡、合理、经济的运输结构，节省运输成本，为地区未来发

展打下十分良好基础，对韶关的贡献影响是深远的，是一件功在当代、利在千秋的实实在在好事。

因此，本工程将武江从桂头大桥继续往上游延伸约 21 公里至乐昌市乐昌作业区（富湾枢纽），是贯彻落实十九大报告新时代中国特色社会主义思想和基本方略中关于“建设交通强国”、“深化供给侧结构性改革”、“补短板”的新发展理念的要求。

（三）沟通珠江、长江两大水系，奠定基础

长江流域、珠江流域在我国经济社会发展中占有举足轻重的地位，两流域间南北向大量物资的交流只能依靠铁路、公路等运输通道。随着今后流域经济社会的发展，两流域间物资及人员的交流量将有很大幅度的增长，需要形成综合运输通道来满足不断增长的需求。而武江航道是北江联通湘江的必经通道，是连接泛珠三角区域与长江经济带黄金水道的纽带。粤湘运河南起北江三水河口，经北江、武江、田头河，穿越分水岭，再经耒水、湘江至岳阳市城陵矶长江口，全长约 1097km。长江水系和珠江水系是我国内河水运最为发达的地区，发展北江上延段航道，保护好武江航道并提高其等级，将为沟通长江水系及珠江水系、实现江河直达江海连通提供保障，具有十分深远的意义。

目前武江河段航道等级不高，船闸通过能力低，与腹地经济的增长、产业的发展并不相适应，沿岸的产业园区内原材料和产成品的运输如能利用北江这条黄金水道进行运输，将节省大笔的运输费用，降低生产成本，维持企业自身持续稳定的发展，同时也将吸引更多的投资者前来沿岸工业区进行投资建设。反过来，工业园区的建设又能产生的大量物资运输需求，从而促进武江水路运输的发展。

北江千吨级航道的建设，实现了高等级的航道与珠三角贯通，提升了韶关水运的地位，而航道的进一步上延建设，将形成更加完善的铁路、公路、航运和水运的综合交通运输体系，是韶关市建设“一带一路”节点城市和延伸 21 世纪海上丝绸之路的需要，是参与和助力“一带一路”战略实施的举措，有利于促进“一带一路”整体的协调合作发展。同时，北江航道扩能升级工程的上延，也将加强浈江、武江沿线地区与珠三角的联系，有利于完善区域内产业布局，优化分工合作。近年来，在国家提倡节约土地利用和执行严格的节能减排政策的前提下，内河建设工程投资少、见效快、土地占用少，工程完工后，将显著降低大宗型货物运输企业运输成本，上延北江千吨级航道至武江是腹地经济发展需要、大势所趋。

本项目的建设将进一步发挥北江的水运功能以及珠三角高等级航道网的航运效益，吸引和诱发武江流域工业园区的物流量，完善和优化腹地交通运输体系，上延北江水运功能是建设“一带一路”节点城市的需要，为未来联通粤赣、粤湘运河打下坚实基础。

二、是积极主动融入粤港澳大湾区，促进韶关市水运发展，进一步提升韶关“广东东北大门”的独特区位优势、打造省际物流运输大通道的需要

（1）是项目腹地主动融入粤港澳大湾区的需要

党的十九大报告提出，“以粤港澳大湾区建设、粤港澳合作、泛珠三角区域合作等为重点，全面推进内地同香港、澳门互利合作”。粤港澳区域发展已经上升为国家战略，是能媲美世界三大湾区纽约湾区、旧金山湾区以及东京湾区的第四大湾区——粤港澳大湾区作为中国经济新引擎已受到世界广泛关注。

根据《粤港澳大湾区发展规划纲要》，粤港澳大湾区包括香港特别行政区、澳门特别行政区和广东省广州市、深圳市、珠海市、佛山市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、肇庆市（以下称珠三角九市），总面积 5.6 万平方 km，2017 年末总人口约 7000 万人，经济总量约 10 万亿元。是亚太地区经济最具活力、最具发展潜力的地区之一，在国家发展大局中具有重要战略地位。从港口吞吐量来看，粤港澳大湾区港口群全球第一，而广州港、东莞港、深圳港正好处在粤港澳大湾区内。

粤港澳区域的合作从过去几十年前店后厂的经贸格局，升级成为集金融中心、科创中心、先进制造业和现代服务业于一体的最重要的城市群示范区；从区域经济合作，上升到全方位对外开放，引领“一路一带”发展国家战略。未来，粤港澳大湾区将由国内的经济引擎，国内人才聚集地，科技与金融穿心地，中国都市圈，逐步发展为全球经济发展的引擎，汇聚全球人才的聚集地，全球创新创业的活力区，国际型大湾区。

韶关港武江港区乐昌作业区地处珠江水系——北江中上游的武江河段，如果北江上延段航道扩能升级工程能上延至乐昌长来镇，则粤北、湘南地区可实现船舶直达清远市、珠三角地区、港澳地区和广西的部分地区，实现通江达海，有利于乐昌市融入粤港澳大湾区。同时，1 千吨级航道上延工程是韶关城市向南部发展、产业北移布局的必然要求，也是韶关港口武江港区发展的需要。由于武江港区乐昌作业区依托的韶关市区位优势凸现，并凭借其区域交通枢纽辐射力和吸引力，十分有利于周边地区生产要素向韶关市流动、产业向韶关市集聚，尤其是“大珠三角”地区

和湘、鄂、赣 3 省共建的“中三角”地区生产要素向韶关市流动及其产业向韶关市转移，这将为韶关港曲江港区乐昌作业区客货源市场扩大提供广阔的发展空间。



图 3-2 粤港澳大湾区辐射范围图

(2) 是乐昌作业区发展的需要

韶关港武江港区分为乐昌作业区和乳源作业区两个。根据《韶关市总体规划》资源特点、区域经济及产业发展的战略要求，乐昌港主要为乐昌市区和开发区企业提供水路货物运输服务，主要货种为矿建材料和件杂货。乐昌作业区地理位置优越，区位优势突出，地缘优势明显，资源丰富，潜在的内河水路旅游客源和货源充足，但由于港口航道的建设投资更微乎其微，乐昌港现有 3 个泊位由于城市规划调整已经废弃，乐昌岸线目前基本处于自然状态，尚未开发利用。本项目的建成后，乐昌作业区可通过便捷的公路网和四通八达的珠江水系，为腹地货物提供水运服务，腹地范围可进一步延伸至湖南郴州地区以及珠三角地区，为腹地货物出运提供了广阔的空间，走水货物在可节省运输成本数亿元的同时，还大大减轻了区域内公路运输的负荷和损耗，为加快粤北经济发展、提高地区经济核心竞争力提供了坚实基础。

(3) 是乐昌市水运发展的需要

乐昌全市航道通航里程约 110km，主要通航河段为 VII 级以上航道。乐昌市在韶关市管辖范围内，地处亚热带湿润性季风气候区，气候温和湿润，雨量充沛，特

别是韶关市地处南岭山脉南麓，南太平洋北移暖湿气流受南岭山脉高山的阻挡，形成较多的降雨，是广东省降雨最多的地区之一，给韶关内河水运带来较充足的水源；韶关市主要通航河流北江、浈江和武江两岸可用于港口码头开发建设的用地比较充足。可见，乐昌港水运资源包括建港土地资源丰富，具有较大的发展潜能。

但由于在综合交通体系建设中对内河水运建设发展重视不够，资金投入严重不足，水运条件较差。例如，在“十五”期整个韶关市安排公路水路交通基础设施投资共 20.05 亿元，其中，公路建设投资占 96%，而航道仅占 0.55%，港口只占 0.15%。长期以来，乐昌市内货物只能主要通过公路和铁路运输方式承担，连接韶关市的公路和规划的干线高等级公路的密度较大，国家已实施严格的土地利用政策和严格的节能减排政策，要进一步扩容将受到较大的限制，况且无论是公路交通还是铁路交通，尤其是公路交通线路的维护费用都较高。

因此，韶关市编制的《韶关市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》和《广东省航道发展规划（2019-2035）（报批稿）》提出，完成北江航道扩能升级工程，积极推动北江航道沿浈江向仁化县周田镇、始兴县江口镇延伸，沿武江向乳源县桂头镇、乐昌市乐城镇延伸，并按三级航道标准建设，提高北江、浈江、武江的航道等级。高等级航道里程超过 120 公里，并加快港口码头等相关配套设施建设。

乐昌市位于广东省北部，南连珠江三角洲地区、北邻湖南郴州，是广东东北大门，一直以来都是北方及长江流域与华南沿海之间经济合作和贸易人员往来的重要通道。以广州港为例，在湖南省已设立有长沙、衡阳、郴州、永州、邵阳和怀化六个内陆无水港，通过无水港所在城市四通八达的交通网络，利用公路、铁路集装箱运输为载体，实现无水港与沿海港口的“无缝对接”。本项目的研究范围内武江方向有京广线和武广客运专线两条铁路南北向纵贯韶关，此外还有省地方铁路、各大厂矿专用线。可见，韶关上延北江航道扩能升级工程能够培育多式联运市场（包括水公联运和水铁联运），可以把本项目的水运功能延伸至郴州市等靠近广东的腹地，发挥北江黄金水道的作用；也可以优化北江水铁联运布局，缓解公路运输的压力，为腹地提供多元化运输服务，真正实现综合运输体系协同发展，帮助企业降低物流成本，缩短内陆城市与世界的距离，全面提高内陆城市口岸的国际竞争力，从而带来更大的社会效益。

本项目的建设可发挥乐昌市水运资源的比较优势及潜力，乐昌市直接通过水运衔接至珠三角各市，节省企业运输成本。物流成本的有效降低，将有力吸引包括湖

南郴州地区在内适合水运物流的汇集，未来有望形成韶关乐昌市粤北物流中心的布局，利用韶关乐昌市本身独特的地理区位优势，辐射湘南地区，打造省际物流运输大通道。项目建成后，乐昌市区域经济协调发展与省际边界地级市经济合作的加强，有利于乐昌港临港工业、亲水产业与邻近地市经济合作，将促进乐昌市开放型经济发展，也将进一步提升乐昌市地位。

三、是响应国家关于推动大宗货物运输“公转水”的需要。

2018年10月9日，国务院办公厅印发《推进运输结构调整三年行动计划(2018-2020年)》(以下简称《三年行动计划》)。根据这一规划，全国货物运输结构将呈现明显优化，铁路、水路承担的大宗货物运输量显著提高，港口铁路集疏运量和集装箱多式联运量大幅增长，重点区域运输结构调整取得突破性进展，将京津冀及周边地区打造成为全国运输结构调整示范区。

工作目标：全国货物运输结构明显优化，铁路、水路承担的大宗货物运输量显著提高，港口铁路集疏运量和集装箱多式联运量大幅增长，重点区域运输结构调整取得突破性进展，将京津冀及周边地区打造成为全国运输结构调整示范区。与2017年相比，全国铁路货运量增加11亿吨、增长30%，其中京津冀及周边地区增长40%、长三角地区增长10%、汾渭平原增长25%；全国水路货运量增加5亿吨、增长7.5%；沿海港口大宗货物公路运输量减少4.4亿吨。全国多式联运货运量年均增长20%，重点港口集装箱铁水联运量年均增长10%以上。

近几年运输行业转型升级取得积极成效，但依然存在不少问题。综合运输体系结构不合理，公路货运量在全社会货运中占比过高。水路运输方式比较优势未能充分发挥。作为广东省的北大门，韶关生态资源丰富、工业基础良好、区位优势明显、发展潜力巨大。水路运输最大的优势是成本低、污染小、安全经济，水路运输可以实现大批量运输，而且所利用的江、海都是自然资源，不会造成对资源的浪费，有利于环保。

目前在韶关市水路运输低成本、低能耗优势没有得到充分发挥。航道建设有利于完善韶关综合运输体系，补齐水运短板，推动大宗货物绿色运输，对韶关市筑牢粤北生态屏障，打造绿色发展韶关样板，争当北部生态发展区高质量发展排头兵有着深远意义；同时，本项目将千吨级航道进一步上延，也是响应关于推动大宗货物运输“公转水”的需要。

四、是落实构建“一核一带一区”区域发展格局筑牢粤北生态屏障，加快推动

区域协调、绿色发展的需要。

2019年，广东省委和省政府印发《关于构建“一核一带一区”区域发展新格局促进全省区域协调发展的意见》。省委和省政府高度重视区域协调发展，特别是党的十八大以来，大力实施粤东西北地区振兴发展战略，全省区域差距扩大的趋势有所减缓，但发展差距偏大的格局尚未根本转变，粤东粤西粤北地区内生发展动力亟待增强，基础设施建设和基本公共服务均等化方面存在突出短板，区域政策体系与机制仍不健全，定位清晰、各具特色、协同协调的区域发展格局尚未形成，缩小粤东粤西粤北地区与珠三角地区差距，是广东区域协调发展的紧迫任务。

“一区”即北部生态发展区，是全省重要的生态屏障。该区域包括韶关、梅州、清远、河源、云浮5市。重点以保护和修复生态环境、提供生态产品为首要任务，严格控制开发强度，大力强化生态保护和建设，构建和巩固北部生态屏障。合理引导常住人口向珠三角地区和区域城市及城镇转移，允许区域内地级市城区、县城以及各类省级以上区域重大发展平台和开发区（含高新区、产业转移工业园区，下同）点状集聚开发，发展与生态功能相适应的生态型产业，增强对珠三角地区和周边地区的服务能力，以及对外部消费人群的吸聚能力，在确保生态安全前提下实现绿色发展。

韶关生态资源丰富、生态基础良好、生态区位重要，是我省北部生态发展区的中坚力量。韶关市提出要坚持贯彻落实中央和省委决策部署，把大湾区建设作为事关韶关改革发展的大机遇、大文章，在融入和服务大湾区建设过程中加快韶关发展，全力筑牢粤北生态屏障，打造绿色发展韶关样板，争当北部生态发展区高质量发展排头兵。提出加快基础设施互联互通。推进北江航道扩能升级，开工建设北江航道上延工程、乌石综合交通枢纽，提升对接大湾区的“黄金水道”通行能力实现与大湾区交通基础设施互联互通。

五、是实现“广东四个走在全国前列”目标，有力带动武江旅游业发展，为粤北“精准扶贫”的需要

2018年3月7日上午，习总书记来到十三届全国人大一次会议广东代表团参加审议，要求广东的同志们进一步解放思想、改革创新，真抓实干、奋发进取，以新的更大作为开创广东工作新局面，在构建推动经济高质量发展体制机制、建设现代化经济体系、形成全面开放新格局、营造共建共治共享社会治理格局上走在全国前列。

广东是改革开放的排头兵、先行地、实验区，经济总量连续 29 年位居全国第一，产业体系较全面，市场发育较成熟，转型升级较先行，具备“先行探索、走在前列”的必要条件。而且，广东自身的发展也已到了刮骨疗毒、体制再造、重新出发的质变阶段，亟须解决发展中存在的质量和效益还不够高、科技创新的驱动力还不够强、全省发展不平衡不充分问题比较突出、环境污染问题仍未根本解决等难题。“四个走在全国前列”既是习近平总书记布置给广东的新时代作业，也是广东破解发展瓶颈的根本出路。当前，珠三角地区与东西两翼、粤北山区的经济差距，已经成为制约广东经济社会协调发展的“瓶颈”。

千吨级航道从武江桂头延伸至乐昌长来，将推动沿岸城镇化进程，带来的水运红利可直接受益 74.73 万人。同时，本工程建设将有力促进和带动旅游产业发展，开启武江旅游新路子。武江沿线地区旅游资源丰富，乐昌九峰十二渡水也是特有的旅游景观资源。此外，武江自进入坪石镇至乐昌市区的 60 多公里河段，属峡谷江流地貌，具有水美、峡奇、滩险、秀峰的独特风韵，如能坐游船溯武江上行，沿途观赏美丽的旅游景点，对当地的休闲旅游业将起到巨大的带动作用，这需要通过提高武江等级、改造船闸设施才能实现。航道、船闸建成后，大型邮轮可以直接从韶关市区出发，直接可达武江沿线，打造一条旅游开发线路，开启武江旅游的新路子。因此，武江航道扩能升级工程，能够带动韶关武江港进一步发展，同时也可满足武江未来旅游开发的大力发展需求，是多赢的局面。

此外，千吨级航道从武江桂头延伸至乐昌长来，将起到拉动内需、解决就业的作用。武江河段两岸及腹地经济相对落后，农业人口还占据很大比例，但拥有丰富的矿产资源、生物资源，而且乐昌的木材、竹林资源非常丰富，非常适合用水路进行运输并打造“水路运输大通道”。水路运输具有运量大，低成本，污染少等优点，在林业原产品及产成品运输上具有竞争力。继续打通韶关往上至乐昌长来的千吨级航道，将为韶关北部的乐昌地区注入发展动力，促使产业转移进一步北移，带动周边经济发展，推动乐昌地区城镇化进程，可以带动农业的发展，大大提高农村居民收入水平，促进农村产业结构调整，加快贫困山区人民脱贫致富的步伐，为地区共同迈入全面小康社会奠定基础。

因此，发展武江水运有助于构建便捷高效的内河航道，促进沿线地区旅游业的发展，带动沿线经济不发达区域的优势资源进行合理配置，并对其产业布局进行优化和调整，为实现“广东四个走在全国前列”目标、粤北“精准扶贫”、“三农发

展”做贡献。

六、将千吨级航道上延至乐昌长来能使北江航道扩能升级上延工程效用更大化，能使武江更充分有效地发挥其水运通道作用，补齐乐昌市水运基础设施短板

乐昌市地处亚热带湿润性季风气候区，气候温和湿润，雨量充沛，特别是韶关市地处南岭山脉南麓，南太平洋北移暖湿气流受南岭山脉高山的阻挡，形成较多的降雨，是广东省降雨最多的地区之一，给韶关内河水运带来较充足的水源；武江沿线水深条件良好，经航道整治后可满足千吨级船舶通航。乐昌历来是珠三角水运交通连接湘南的必经之地，武江至坪石镇历史上水运资源发达，水运发展潜力大。乐昌境内有广乐高速、京珠高速、乐昌高铁站、京广铁路，目前唯独水运是短板。加快乐昌作业区的建设契合韶关“十三五”期间的“八高四铁两航”规划，能使武江更充分有效地发挥其水运通道作用，补齐乐昌市水运基础设施短板。根据韶关市“十三五”规划，韶关市将以“八高四铁二航”为主骨架，加快与铁路、公路相连接的运输枢纽港口码头建设。韶关市将完成北江航道扩能升级工程，积极推动北江航道沿浈江向仁化县周田镇、始兴县江口镇延伸，沿武江向乳源县桂头镇、乐昌市乐城镇延伸，并按三级航道标准建设，提高北江、浈江、武江的航道等，并加快港口码头等相关配套设施建设。

据了解，我国目前社会物流总费用与 GDP 的比率约 18%，且各种运输方式发展大多较为粗放，与发达国家 8%左右的水平差距很大，世界上重要国家和地区均在积极鼓励多式联运尤其是水铁联运发展。目前，发达国家港口和铁路衔接运输比例达到 30%，美国甚至高达 40%，印度铁水联运比例也达到 25%。由于乐昌市水运滞后，航道等级低，只有零星少数临时码头在承担少量的货物运输，大部分的货物运输量都由公路承担，铁路和水路在长距离、大宗货物运输方面的优势没有发挥出来，如不扭转这种运输结构不均衡、不合理局面，势必长期制约全社会物流业和企业的可持续发展。

港口、航道、船舶是水运的三要素，其中航道是第一要素，是水运的基础性设施，航道为水运发展、为物流提供直接或间接的服务，航道条件和航道通过能力在很大程度上决定了水运的发展水平和发展状况。本项目的建设是乐昌港口得以实现规划发展的需要。

武江航道是北江联通湘江的必经通道，是连接泛珠三角区域与长江经济带黄金水道的纽带。粤湘运河南起北江三水河口，经北江、武江、田头河，穿越分水岭，

再经耒水、湘江至岳阳市城陵矶长江口，全长约 1097km。长江水系和珠江水系是我国内河水运最为发达的地区，发展北江上延段航道，保护好武江航道并提高其等级，将为沟通长江水系及珠江水系、实现江河直达江海连通提供保障，具有十分深远的意义。



图 3-3 乐昌市产业布局及交通干线图

在现规划的北江航道扩能升级上延工程的基础上，III 级航道上延至乐昌长来将使北江航道扩能升级上延工程效用更大化，能使武江更充分有效地发挥其水运通道作用。如果北江航道扩能升级工程能上延至乐昌长来，将可以加强武江沿线乐昌地区与珠三角的联系，有利于完善区域内产业布局，优化分工合作。近年来，在国家提倡节约土地利用和执行严格的节能减排政策的前提下，内河建设工程投资少、见效快、土地占用少，工程完工后，将显著降低大宗型货物运输企业运输成本，上延北江千吨级航道至乐昌武江是腹地经济发展需要、大势所趋。

因此，加强韶关水运建设，提高武江航道等级势在必行。如果将北江航道扩能升级工程沿武江上延至乐昌长来，高等级航道将辐射到北部乐昌市多个重要的产业经济区，凭借优良的水运环境，位于武江流域地区的乐昌市将更具招商潜力，入驻的企业在未来的市场竞争中也将更具优势。北江航道扩能升级工程上延至乐昌长来，是贯彻落实彻落实广东省“产业园区提质增效和产业共建”新一轮发展战略的需

要,将进一步加强乐昌和武江其他沿线地区经济主动融入珠三角和实施全方位对接,有利于完善腹地内产业布局,优化分工合作,促进商贸物流服务业多元化发展;同时,水运也有利于拓展经济腹地和提高资源利用水平,从而使企业获得新的成本优势和更加广阔的市场空间,对加快实现乐昌市和粤北地区跨越式发展提供内在动力,能更充分地发挥北江航道扩能升级的效用。

七、北江航道延伸至乐昌,将极大地降低企业的运输成本,增加企业转移的信心,是乐昌市扩大招商引资、优化产业布局、促进地区经济发展的需要

企业家投资决策不仅看劳动力成本、原材料获取程度、政策和投资环境,而且还看重运输条件,尤其是低成本的水路运输条件。珠三角地区企业多是外贸出口型企业,需到广州或盐田港出口,除了人力资源成本外,企业客商产业转移最看重的是运输成本,很关注粤北地区的产业园区能否进行水路运输,因为公路运输极大增加了企业成本,对利润增长不利;而乐昌市所处的武江沿线地区由于航道等级较低(目前仅通航 50-100t 级船舶),无法充分发挥水运大运量、廉价、节能的优势吸引货源。从各主要运输方式的运输时间来看,乐昌至珠三角地区水路顺畅走一趟约 2 天左右,公路约 6-8 小时;铁路 5-6 小时,尽管水路耗时长,但长距离运输成本有它的优势。目前,一个货柜从珠三角地区和乐昌到盐田港的运价分别是 1300 元和 3500 元,大量增加的运输成本在很大程度上制约了珠三角地区相关外贸出口型企业向乐昌转移产业的决心和信心,错失了不少投资机会。

表 3-7 广州港至乐昌市航线(约 420Km)运输成本对比

运输方式	件杂货(元/吨)	煤炭(元/吨)	金属矿石(元/吨)	集装箱(元/TEU)
公路	132	150.6	157	4200
铁路	86.98(估列)	110.55~114.87 (无铁路专用线)	110.55~114.87 (无铁路专用线)	2869.1
水路	77.08	91.27	92.73	2490.7

注:包含港口装卸费用、转运费用。

在北江航道扩能升级上延工程基础上将千吨级航道从武江桂头延伸至乐昌长来,将极大地满足乐昌市企业原料产品的水运需求、极大地降低企业的运输成本,增加企业转移的信心,为地方经济注入新的强劲动力。

乐昌境内木材、矿产等资源丰富,货源分析结果显示,乐昌新港货运量需求能占到武江港区货运量需求的 40%左右,航道打通后能使乐昌产业园受益,有利于乐昌市主动承接珠三角外溢产业,大力发展机械制造、新型化工、生物保健等产业,培育壮大新材料、新能源等产业。此外,航道上延至乐昌新港后,能促进乐昌与湖

南宜章、汝城等省际边界地区在生态、交通、产业等方面的合作共建，促进粤湘开发合作区的建设发展。

3.2.2 水运现状

3.2.2.1 航道现状

本次研究范围武江桂头大桥至乐昌港区 21km 河段内，已建桥梁 4 座，七星墩、长安枢纽工程等别均为 III 等。该段现状航道维护等级为 VI 级，通航 100t 级船舶，航道维护尺度为 1.0m×30m×180m，保证率为 90%。

3.2.2.2 港口现状

①韶关港是我国内河开发较早的港口之一，其历史可追溯至汉朝，当时是粤北重要的中转港口，商旅往来要津。中华人民共和国成立后，从 1950 年开始，国家和地方政府有计划地投资建设韶关港，当年全市港口拥有泊位 13 个，最大靠泊能力为 150 吨级船舶；到 1987 年，韶关港建有中小型码头 18 个，货物吞吐量 250 万吨；目前，韶关港拥有泊位 15 个，泊位设计通过能力 520 万吨，主要分布在北江港区。

②乐昌作业区

韶关港武江港区乐昌作业区现有 3 个泊位由于城市规划调整已经废弃；规划港区范围以外现有零星分布码头，且多为临时性码头，码头结构多利用自然岸壁简单砌成，无装卸设备，基础设施极其简陋，远期随城市功能调整将逐步搬迁调整。可以说，乐昌岸线目前基本处于自然状态，尚未开发利用。

③港口生产运营状况

自 2006 年起，因受到梯级枢纽建设的影响，韶关港港口货物吞吐量下降较为明显；2009 年受世界金融危机的影响，韶关港口货物运输需求急速下降，吞吐量随之下降至近十年的最低值。2010 年开始，世界经济开始缓慢复苏，珠三角外向型经济呈恢复性增长，对韶关港运输需求逐渐恢复，港口货物吞吐量实现了一定的增长。

近年来，韶关港货物吞吐量绝大部分集中在北江港区大坑口码头和乌石码头。2018 年韶关港货物吞吐量为 46.57 万吨，以煤炭、碳粉、建筑材料等散杂货运输为主，进港货物的来源主要来自广州港。

表 3-8 韶关港历年吞吐量统计表

年份	2007	2008	2009	2010	2011	2012
韶关市港口吞吐量	62.04	69.5	32.96	39.94	52.6	82.48

（万吨）						
年份	2013	2014	2015	2016	2017	2018
韶关市港口吞吐量 （万吨）	52.8	58.15	62.48	45.3	54	46.57

3.2.2.3 航运现状

北江是广东省北部主要运输通道之一，水路运输历史悠久。本工程武江长来至桂头段 21km 为北江中上游地区与珠江三角洲地区水上运输的重要通道，更是北江高等级航道进一步向上拓展延伸的重要载体，对武江两岸及湘南地区的社会经济发展、资源开发、物质交流、文化传播等将起到重要的作用。

武江长来至桂头段 21km 河段的两岸及其幅员辽阔的腹地，拥有丰富的矿产资源、生物资源，北江粤北地区经济相对珠江三角洲落后，而珠江三角洲具有雄厚的经济实力、先进的技术装备和管理水平，是名副其实的世界工厂，故粤北地区和珠江三角洲经济互补性强。随着珠江三角洲经济迅速、持续发展，直接腹地产业结构对水运需求巨大，而水路运输是实现腹地内煤炭、水泥、矿建材料等大宗产品互补的最经济合理的运输方式。

北江是我省不可多得的黄金水道，目前，北江干流韶关百旺大桥至三水河口 252km 扩能升级工程已进入了实施阶段，本项目作为北江干流整体的一部分，将高等级航道沿武江上延至乐昌长来，北江航道的建设将改善北江现有的航道条件，使腹地内综合交通运输体系更加完善，交通网络布局更加合理，可以充分发挥北江航运运量大、成本低、占地少、投入少、环境污染少的优势，带来更大的社会效益。北江上延航运作为粤北沟通珠三角水运大通道，在粤北地区综合运输体系中扮演着非常重要的角色，承担着促进粤北经济发展的重要使命，对发挥珠三角高等级航道网的航运效应具有重要的促进作用。

3.2.2.4 近年来客货运量、货种、流量及流向

一、韶关市水运量现状

北江是整个粤北地区的水上运输交通要道，一直以来，水路运输具有不占用耕地、开发成本低、运量大、能耗小、污染少的优势。从 20 世纪 80 年代开始，随着公路运输的迅猛发展，水运货源分流和锐减，水运开始退出运输业的主导地位。90 年代，北江干流受到白石窑水利枢纽和飞来峡水利枢纽的影响而改变传统的通航格局，尤其在枯水期，天然河段屡屡滞航，因而本地区的水路运输进一步萎缩，水运

供求关系失调，大部分原有船舶或新建船舶开始到珠三角地区参与水路运输。

韶关市全社会水路运输量是以本市注册的船舶为统计对象，包括了船舶在本市内和外省市水域完成的运输量，并不是指本市区域范围内的全部水运运输量。可见，这些数据并不能真实反映韶关市的水网载运情况。港口吞吐量作为水路货运的重要支撑，从港口吞吐量情况来说明韶关地区的水运量情况比较符合实际。

由于受限于白石窑船闸，韶关港吞吐量近年来变化不大，但北江下游段通航条件已大有改善，也为韶关水运经济振兴迎来新契机。2020年，韶关港内河港口货物运量 299 万吨，水运货物装卸地主要集中在曲江区乌石港，进出港货物以煤炭及制品、矿物性建筑材料等能源和工业原料为主。

韶关港划分为北江港区、浈江港区和武江港区等 3 个港区，14 个作业区。根据《韶关港总体规划(修订)》(二〇二二年四月)，规划期内可形成码头岸线长约 12995 米，规划布置泊位 140 个，预计货物年通过能力约 6440 万吨。韶关港在建及已建码头通过能力为 1060 万吨及 1 万 TEU 集装箱(含在建通过能力 1000 万吨的乌石综合交通枢纽一期工程)，而根据调研成果，2020 年韶关市区(含新区、曲江区)适水货物运量就已达 3380 万吨，韶关港在建及已建码头年货物通过能力已满足不了现状的适水货物运量，韶关港更加容纳不了乐昌市及周边较近的乳源县、仁化县、郴州市等地的货运量，因此，北江上延工程武江航道的扩能升级显得尤为重要。

表 3-9 2020 年韶关市区(含新区、曲江区)适水货物运量调研成果

序号	货物名称	单位	数量	流向	代表企业
1	煤炭	万吨/年	400	从沿海运进	韶关电厂、韶关钢铁厂、韶关冶炼厂
2	矿石	万吨/年	1200	从沿海运进	韶关钢铁厂、韶关冶炼厂
3	粮食	万吨/年	150	从沿海运进	韶关啤酒厂、东莞穗丰粮食集团 韶关公司
4	水泥及熟料	万吨/年	250	运往珠三角	台泥(韶关)、韶关兴华
5	粉煤灰	万吨/年	30	运往珠三角	韶关电厂
6	钢材	万吨/年	50	运往珠三角	韶关钢铁厂、韶关冶炼厂
7	砂石料	万吨/年	1000	运往珠三角	大宝山矿
8	集装箱、件杂货	万吨/年	300	原材料进、成品出 珠三角	韶关铸铁厂、韶能、旭日玩具厂、 东阳光
合计		万吨/年	3380		

2、清远市水运量现状

北江干流清远、飞来峡等船闸通航后，北江清远段的通航条件较之以往得到了根本性改善，清远市水运量明显增长，所带来的“北江经济”已经收到成效。仅 2013

年，清远辖区的港口吞吐量增长 38.3%，集装箱吞吐量为 17482TEU，重箱比例增长较快，货重同比增长 62.2%。以水泥为例，清远水利枢纽船闸未启用之前，水泥水运量在 400 万吨以下徘徊，2014 年以后，散水泥水运量则激增至 1000-1600 万吨，比 2012 年增长了 3 倍，水运业空前活跃。

2018 年清远港完成货物吞吐量 3894.09 万吨，减少 0.40%；港口集装箱吞吐量 107945TEU，增加 14.72%。

表 3-10 清远港近年来吞吐量统计表 单位：万吨

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
清远港吞吐量	697.46	728.7	1008.12	2512.61	2927.26	3151.77	3909.80	3894.09
一、件杂货	419.29	486.97	516.52	1005.95	60.36	60.29	100.66	116.41
其中：袋装水泥	349.87	386.52	393.81	0	0	0	0	0
二、干散货	254.4	233.73	477.61	1426.75	2683.77	2914.23	3622.96	3570.58
其中：煤炭及其制品	134.36	211.22	261.14	303.68	309.54	515.9	700.62	1013.32
散水泥			145.06	982.17	1582.02	1620.98	930.19	1444.52
三、集装箱（TEU）	39702	33878	17482	55402	121720	108331	94096	107945
集装箱货重（吨）	107717	64666	104890	662724	1459658	1390619	1476933	1655115

从上表数据可以看出，近年来清远市无论是船舶进出港流量还是货物吞吐量，均呈现出大幅度增长，通过水路运输的货物量逐年大幅增加。水泥是北江水运的重要货种之一，目前，英德市的水泥生产规模达到 3000 万吨/年以上，每年通过北江水运的外销水泥熟料量达 1400~1500 万吨，可节省运输成本数亿元的同时，还可大大减轻公路运输的负荷和损耗。

3.2.2.5 船舶营运现状

一、航运企业、船舶保有量、船型及营运组织

韶关市、清远市水上运输的企业主要有国有、集体、股份和个体等四类经济性质的运输公司，航运以长途货运为主，客运为区间短途、旅游或摆渡运输。根据广东省船检局有关统计资料，目前北江韶关和清远两地内河拥有船舶类型较多，其中主要运输船舶有干散货船、集装箱船、化学品液化船、旅游船、普通客船、客渡船等。这些主要运输船舶类型，不仅清远地区拥有，而且韶关地区也拥有，尤其是干散货船以及客渡船舶有较大的拥有量。现有主要运输船舶类型状况如下表：

表 3-11 目前韶关、清远两地现有运输船舶类型状况表

船舶类型	艘数	总吨数	占比(%)	平均每艘吨位	备注
干散货船	2001	274566	88.2	137	工程船舶和港作运输船等未计入
集装箱船	42	22367	7.2	533	
化学品船	17	1930	0.6	102	
旅游客船	49	866	0.3	18	
旅游船	10	51	0.1	5	
普通客船	202	10689	3.4	53	
客渡船	69	768	0.2	11	
漂流船	30	30		1	
合计	2420	311267	100	129	

注：资料来源《清远港总体规划》

从统计表看出，北江以干散货船、集装箱船、旅游船与客运船为主，进出清远港主要为上述船型，其中干散货船占的比例最大，集装箱船的平均吨位最大，旅游客运占有一定地位。

根据水运量预测，煤炭、金属矿石和其他货类是运输的主要货种。根据本河段船舶营运组织论证计算结果，1000 吨级散货船的必要运费率优于同等运距情况下的 500 吨级船舶的必要运费率，显著优于现状 100 吨级船舶以及 300 吨级的必要运费率（参考其他地区，100 吨级船舶的必要运费率为 0.45 元/吨公里）。金属矿石、其他货类、集装箱也是 1000 吨级的船舶必要运费率较小，显示出了大吨位船舶的运输经济性。随着运量的发展，船舶运输必要成本降低，船舶营运效益的优势能够进一步体现出来。

二、船舶和船队的吨位、尺度

1、韶关市

目前，韶关市共有登记在册航运企业 16 家，运输船舶以干散货船为主，在登记的船舶类型还有集装箱船、化学品液化船、旅游船、普通客船、客渡船等。

近年来韶关地区主要运输船舶吨位统计详见下表。

表 3-12 韶关市运输船舶吨位统计表

项目	新建船舶艘数	载重吨	在册登记营运船舶艘数	总载重吨	其中客船艘数	客位
2015 年	90	160389	831	840000	18	582
2016 年	67	105433	1014	965046	68	2101
2017 年	22	46983	1056	1024291	69	2085

表 3-13 2018 年韶关辖区登记船舶种类统计表

船舶类型	散货船	客渡船	客船	工程船	干货船	自卸砂船	其他船舶
------	-----	-----	----	-----	-----	------	------

数量	540	19	28	31	113	35	39
所占比例	67.1%	2.4%	3.5%	3.9%	14.0%	4.3%	4.8%

目前，韶关市北江货物运输船舶全部为机动船，以 500 吨级为主，丰水期有 1000 吨级货船通航，船舶吃水浅，船型瘦削，方型系数在 0.75 左右。营运组织一般为航次单船运输，少数为航线单船或船组运输。船型一般为机动半舱货船，部分长途运输（尤其是运输冷藏、食品、百货类）采用机动多用途集装箱船。主机一般采用 135 系列柴油机，部分采用 160 系列或进口柴油机，单机功率 88 千瓦至 184 千瓦，大部分为单机单桨。

表 3-14 韶关港到港船型尺度表

序号	船舶总吨位 (GT)	总长 (m)	型宽 (m)	型深 (m)	满载吃水 (m)	空载水面线以上高度 (m)	备注
1	100	31.1	6.5	1.5	1.15	4.86	
2	215	42.10	8.00	2.0	1.40	6.45	集装箱船，12TEU
3	303	43.05	8.5	2.35	1.35	7.52	
4	325	45	9	2.5	1.4	6.45	
300 吨级以上营运船舶基本资料							
序号	船舶总吨位 (GT)	总长 (m)	型宽 (m)	型深 (m)	满载吃水 (m)	空载吃水 (m)	载重吨位 (DWT)
5	528	48.8	10.3	3.0	1.65	0.607	A: 407, B: 790
6	596	49.6	11.6	2.5	3.3	0.802	A: 810, B: 956
7	993	62.8	13.16	3.9	3.22	1.07	A: 1528, B: 1666
8	2987	91.3	18.9	5.35	4.7	0.97	恒辉 683, 韶关造船厂制造，在珠三角营运

2、北江干流最新情况

北江内河主要有运输水泥、金属矿石、非金属矿石和矿建材料等货物的干货船，运输河沙、煤炭的自卸船，运输建筑废料和河道淤泥的运泥船和运输散水泥的水泥运输船。根据广东省交通厅 2019 年 4 月份的营运船舶登记资料显示，归属地为韶关、清远、英德的货船共计 2104 艘，各船型的数量及占比如下。

表 3-15 韶关港到港船型尺度表

序号	船舶构成	数量	占比
1	自卸沙船	287	13.65%
2	干货船	1654	78.61%
3	运泥船	97	4.61%
4	水泥运输船	52	2.47%
5	集装箱船	12	0.57%
6	液货船	2	0.10%

7	总计	2104	
---	----	------	--

北江内河船舶结构以干货船和自卸沙船为主，分别为 287 艘、1654 艘，合计占船舶总量的 92.3%。北江内河船舶构成如下图所示。

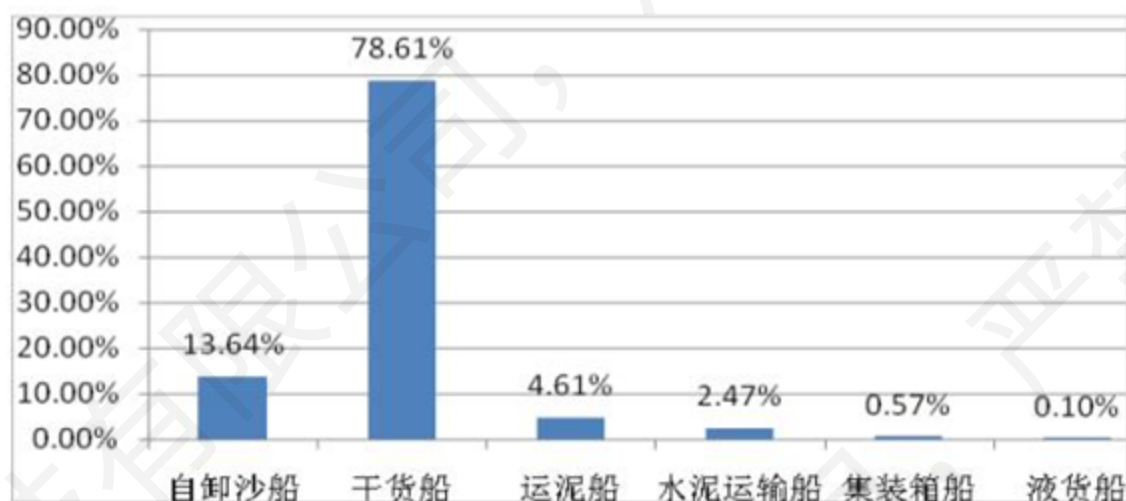


图3-4北江内河船舶结构

根据广东省交通厅 2019 年 4 月份的营运船舶登记资料显示，归属地为韶关、清远、英德的货船共计 2104 艘，船舶的各吨级分布数量及占比如下。

表 3-16 北江内河船舶吨位分布表

序号	吨级分布	数量	占比	载货吨 t	载占比
1	500 吨级以下	357	16.97%	99856	3.05%
2	500 吨级	156	7.27%	82465	2.52%
3	1000 吨级	620	29.47%	630685	19.25%
4	1500 吨级	136	6.46%	213194	6.51%
5	3000 吨级	499	23.72%	1022709	31.21%
6	3000 吨级	189	8.98%	559005	17.06%
7	1000 吨级以上	150	7.13%	668731	20.41%
	总计	2104		3276645	

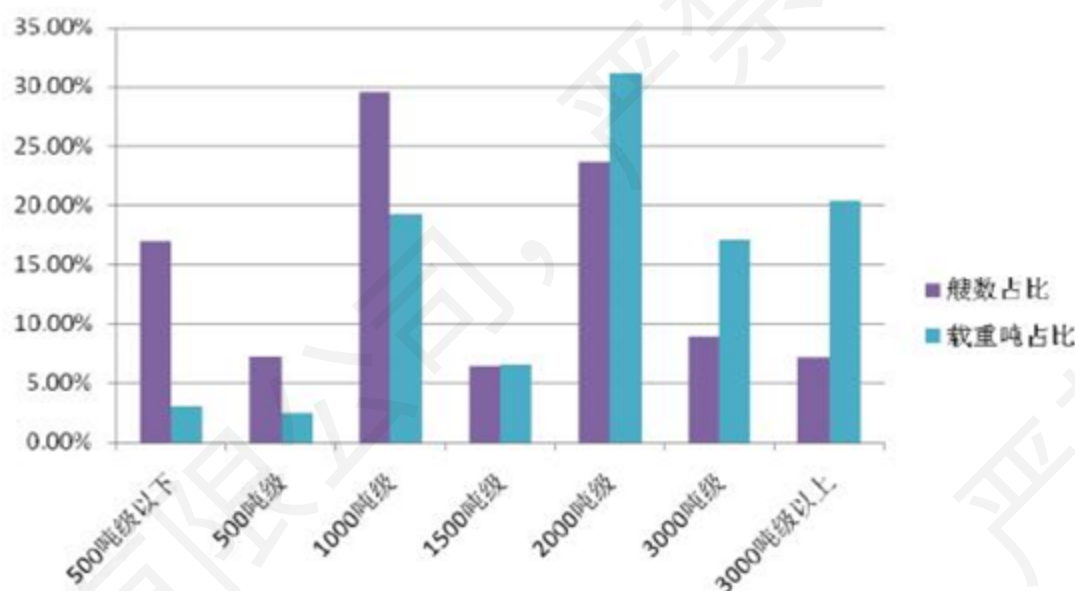


图3-5 北江船舶吨级分布表

在本项目研究范围河段内，兴建了七星墩和长安 2 座枢纽，受区域航道等级的局限，各段航道通航船舶大小各异。工程所在的武江河段目前维护等级低，仅能通航 50t 级船舶。

3.2.2.6 现状评价

(1) 目前，北江下游段通航条件已大有改善，沿线港口货物运量增长迅速，“北江经济”效果显现，这些水运货物在可节省运输成本数亿元的同时，还大大减轻了区域内公路运输的负荷和损耗，为加快粤北经济发展、提高地区经济核心竞争力提供了坚实基础。但是，北江上游支流特别是武江、浈江河道规划维护等级较低，目前仅通航 50-100t 级船舶，远满足不了沿线地方货物水路运输的需求，无法充分发挥水运大运量、廉价、节能的优势吸引货源，北江上游航道的水运发展潜力巨大。

(2) 工程所在的武江河段目前维护等级低，仅能通航 50t 级船舶，而此次拟对该段水道进行扩能升级整治方案研究，并拟提升至 1000t 级，提升幅度大。考虑到研究河段已多年未经整治，且过去规划等级低，条件相对较差，基础薄弱，要达到 1000t 级航道尺度标准，航道整治力度较大、工程量也较大。

(3) 桥梁碍航问题突出。根据研究范围 4 座桥梁通航孔净空尺度现状分析，4 座桥梁均无法满足规范对内河Ⅲ航道的要求，且与规范要求差距较大，碍航严重。

3.2.3 水运量预测

3.2.3.1 运输成本分析

（1）乐昌至珠三角

从广州港起运至乐昌坪石发电 B 厂，煤炭的铁路运输价格比水路运输贵大约 15%，公路运输价格比水路运输价格贵大约 79.5%。从乐昌工业园区起运集装箱，铁路运输价格比水路运输贵大约 60.5%；公路运输价格比水路运输价格贵大约 68.6%，详见下表。

从运输时间来看，1000 吨级船舶按 6-10 节/小时来航行，除了正常航行时间外，还需要经过 7 座船闸，产生过闸时间。预计每航次来回的运输时间为 3-4 天左右。公路运输时间为 6-8 小时左右，铁路运输时间为 5-6 小时左右。

（2）乐昌至白土

北江港区白土作业区是韶关港水运口岸规划推荐选址，而且相关码头已经推进前期工作。该作业区距离韶关芙蓉新城中心区约 8 公里，在口岸设置 10 公里范围内，港城关系较密切，能好地实现港互动；周边工业园集疏运主要依托省道 253、国道 323、韶赣高速、广乐高速和京港澳高速，距离乐昌市和始兴县陆路行程在 1 小时 30 分钟之内，地理位置优越。

对于本项目的建设必要性，其中很重要的一点就是要与武江沿线地区公路运至白土作业区，再转水运的运输成本进行比较。本报告从乐昌至白土的运输线路，对高速公路、水路、铁路三种运输方式的成本进行对比，详见下表（由于直接水运方式和水陆二程中转方式均会涉及码头装卸费用等，所以本区间只比较途中的运输价格）。

从表中可以看出，现状可行的水陆二程中转方式应该采用公水联运方式，但该方式仍比 1000 吨级船舶直接到达珠三角的价格贵 27.5%以上，显示出本项目在低运输成本上的优势。而如果采用铁水联运方式到白土作业区进行转运，则显得不可行，因为在正常情况下，铁路运价散杂货为 0.155 元/吨公里左右，集装箱则是 0.2025 元/吨公里左右。由于乐昌铁路距离白土作业区太近，体现不出铁路运输成本的优势。

（3）郴州至广东

郴州市南邻广东省韶关市、清远市，目前货运进入广东主要是通过公路（京港澳高速、宜连高速、107 国道和 106 国道）和铁路（京广铁路、武广高铁），在建的

武深高速将在 2018 年底全线贯通，从郴州汝城县进入仁化又多了一条捷径。

表 3-17 不同货类各运输方式价格对比表（乐昌-珠三角）

运输方式与价格组成	件杂货纸品（元/吨）	煤炭（元/吨）	40 英尺集装箱（元/箱）
	乐昌至东莞	广州新沙港至乐昌坪石发电 B 厂	乐昌至广州黄埔
一、公路价格合计	104.4	167.94	4200
1.装车及卸车费用	4.4	2.6	
2.运价	100	163.24	
3.堆存费用及其他		2.1	
备注	运价为调研价格	公路里程为 371 公里，运费率为 0.44 元/吨公里。煤矿打堆装车每吨 1.3 元，卸车也是 1.3 元。其他费用还要考虑卸车的打堆费用 0.273 元/吨	工业园至港口全包价格
二、铁路价格合计	111.59	108	3997.9
1.铁路装卸车费用	23		900
2.运价	88.59	调研价格，包括煤炭自广州港下水后，铁路运至坪石后，公路再转运的价格	3097.9
备注	上门取货距离按 20 公里计算		门到站，上门取货距离按 20 公里计算
三、水路价格合计	77.08	83.56	1804
1.码头卸船费用		8	
2.后方堆场堆存费用		0.36	
3.码头装船费用	8	8	380
4.船舶运价	56	46	1044
5.目的港码头卸船费用	8	8	380
6.公路转运费用	5.08	13.2	
备注	包括起运港的装船费用和目的港码头卸船费用，加上公路转运到珠三角腹地费用	新沙港上溯至乐昌，要计算北方沿海港口到广州港的卸船费用。水运到乐昌之后，还要计算公路至厂区的转运费用	以上价格已包含工业园至港区，以及港区至码头的费用

表 3-18 运输成本对比分析一览表（乐昌至白土）

运输线路、方式	运输距离 (km)	运输时间	单位运输本 (元/吨·公里)	运输费用 (元/吨)	备注
乐昌市至白土	公路运输	71km 1 小时 15 分钟	0.44 (散货)	31.24 (散货)	广乐高速。经调查，乐昌东坑工业园至盐田港 40 呎集装箱运费为 4200 元，全长 409 公里。
			0.466 (40 呎集装箱)	33.1 (40 呎集装箱)	
	水运	80km 9 小时 34 分钟	0.166 (散杂货)	(散杂货) 13.28	按照 1000 吨级船舶直运至珠三角来计算，平均 8 节航速，过 9 个枢纽船闸（长来至白土港河段）
			0.398 (40 呎集装箱)	31.84 (40 呎集装箱)	
	铁路运输	68km 50 分钟	2.09 (散杂货)	142 (散杂货)	京广铁路，由于路程近，转运费、装卸费较贵，加总后的运输费用较贵，体现不出价格优势
			1.02 (40 呎集装箱)	69.5 (1112 元/40 呎集装箱)	

表 3-19 集装箱运输成本对比分析一览表（郴州至广东）

运输线路、方式		运输距离 (km)	运输时间	运输费用 (元/TEU)	备注
郴州至广州	公路运输	360km	6时	6000	京港澳高速, 20 英尺集装箱
	铁路运输	374km	4 小时	1920	京广铁路, 20 英尺集装箱, 铁海联运
	公路到乐昌, 水运二程中转		2 天	2133.3+2490.7=4624	京港澳高速 128km, 水运 355km
	公路至白土, 水运二程中转		2 天	2916.6+2027.5=4944.1	京港澳高速 175km, 水运 260km
	铁路到白土, 水运二程中转		2 天	1712.9+2027.5=3740.4	京广铁路 172km, 水运 260km
郴州至深圳	公路运输	480km	8 小时	6300	京港澳高速+广深高速, 20 英尺集装箱
	铁路运输	521km	6 小时	2210	京广铁路+广九铁路, 20 英尺集装箱, 铁海联运
	公路到乐昌, 水运二程中转		2-3 天	2133.3+2880.7=5014	京港澳高速 128km, 水运 435km
	公路至白土, 水运二程中转		2-3 天	2916.6+2417.5=5334.1	京港澳高速 175km, 水运 340km
	铁路到白土, 水运二程中转		2-3 天	1712.9+2417.5=4130.4	京广铁路 172km, 水运 340km

3.2.3.2 水运量预测

一、本项目水运量预测值

根据对北江上延水运量现状的调查与预测研究成果, 乐昌作业区在七星墩和长安 2 座枢纽的上游, 枢纽区间无规划岸线和码头, 因此七星墩和长安 2 座枢纽过坝运量近似等于乐昌地区加上郴州市的水运量。

表 3-20 武江河段水利枢纽过坝通过量预测 单位: 万吨

枢纽	合计	2030 年		合计	2035 年		合计	2045 年	
		下行	上行		下行	上行		下行	上行
七星墩和长安水利枢纽通过量	894-956	537-574	357-381	1174-1239	705-744	468-494	1496-1663	899-1000	597-664

根据项目建成后产生的适水运量和诱发运量, 预计本项目工程河段航道等级提升后, 武江 2030 年水路货运量为 894-956 万吨, 其中上行 357-381 万吨, 下行 537-574 万吨; 2035 年水路货运量为 1174-1239 万吨, 其中上行 468-494 万吨, 下行 705-744 万吨; 2045 年水路货运量将达到 1496-1663 万吨, 其中下行 899-1000 万吨, 上行 597-664 万吨。

具体结果见下表。

表 3-21 集装箱运输分析一览表 (郴州至广东) 单位: 万吨

序号	货种	2030 年			2035 年			2045 年			备注
		合计	下行	上行	合计	下行	上行	合计	下行	上行	
1	煤炭	144	0	144	159	0	159	167	0	167	广州港转运
2	(非) 金属矿石	80	32	48	120	45	75	138	48	90	珠三角地区
3	水泥	108	108		149	149		167	167		至英德

											和珠三角地区
4	矿建材料	216-226	216-226		289-302	289-302		274-302	274-302		页岩砖、砂石、瓷土，来往于珠三角地区
5	竹木及其制品	4	4		8	8		12	12		木材、毛竹、板材等，来往于珠三角地区
6	其他件杂货	286-299	172-180	114-119	390-408	234-245	156-163	406-448	245-270	161-177	珠三角地区
7	集装箱箱量（万TEU）	1.45-1.52	0.73-0.76	0.73-0.76	4.75-4.76	2.27-2.38	2.38-2.49	6.71-7.40	3.36-3.7	3.36-3.7	珠三角地区、香港
8	集装箱重里	11.6-12.2	5.82-6.09	5.82-6.09	38.0-38.1	19.02-18.17	19.02-19.9	53.7-59.2	26.86-29.61	26.86-29.61	
9	总计	894-956	537-574	357-381	1174-1239	705-744	468-494	1496-1663	899-1000	597-664	

3.3 建设条件

3.3.1 水文、泥沙

3.3.1.1 径流

武江流域径流由降水形成，随降水变化而变化，流域降雨量自南向北递减，降雨年内分配不均，4~9月占全年降水量的74%，径流时空变化特性与降水时空变化基本对应。犁市站1952年4月~2013年3月共61年（水文年）径流统计计算，多年平均流量 $192\text{m}^3/\text{s}$ ，年径流总量60.5亿 m^3 ，多年平均径流深870.0mm，径流模数 $27.5(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ 。汛期（4~9月）径流量占全年径流量的71.4%，其中以4~6月最为集中，占全年流量的47.5%；枯期（10月~翌年3月）径流量占全年总径流量的28.6%，其中最枯的3个月（11~翌年1月）仅占10.03%。历年最小月平均流量为 $16.6\text{m}^3/\text{s}$ （1958年12月），最小日均流量为 $6.55\text{m}^3/\text{s}$ （2007年11月16日）。最丰水年平均流量为 $324\text{m}^3/\text{s}$ （1997年4月~1998年3月），最枯水年为 $94.0\text{m}^3/\text{s}$ （1963年4月~1964年3月），丰枯比为3.45，分别为多年平均流量的1.69倍和0.49倍。由此可见本站径流具有年际变化不大，年内分配不均的特点。

表 3-22 犁市站多年平均径流年内分配表

项目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年
平均流量 (m^3/s)	326	386	384	223	187	134	93.9	73.9	71.4	83.8	130	209	192

径流量 (亿 m ³)	8.4	10.3	10.0	6.0	5.0	3.5	2.5	1.9	1.9	2.2	3.1	5.6	60.5
占年 (%)	14.0	17.1	16.4	9.8	8.3	5.7	4.2	3.2	3.2	3.7	5.2	9.3	100

3.3.1.2 水位流量关系曲线

本项目全程渠化，属于库区河段，各个坝下水位流量关系曲线如下：

1、富湾电站坝下

坝址处水位流量关系见下表所示。

表 3-23 富湾电站水位流量关系表

水位 (m)	85.82	86.82	87.82	88.82	89.05	89.82	90.71	90.82
流量 (m ³ /s)	1760	2300	2880	3510	3652 (5%)	4140	4788 (1%)	4870

2、长安电站坝下

坝址处水位流量关系见下表所示。

表 3-24 长安电站水位流量关系表

水位 (m)	74.62	75.32	75.82	76.32	76.82	77.32	77.82	78.32	78.82	79.32
流量 (m ³ /s)	0	50	95	156	268	399	566	763	978	1230
水位 (m)	79.82	80.32	80.82	81.32	81.82	82.32	82.82	83.32	83.82	84.82
流量 (m ³ /s)	1490	1800	2120	2460	2820	3210	3640	4090	4570	5500

3、七星墩电站坝下

坝址处水位流量关系见下表所示。

表 3-25 七星墩电站水位流量关系表

水位 (m)	73.80	74.22	74.68	75.18	75.60	75.82	76.09	76.44	76.77	76.98
流量 (m ³ /s)	2000	2420	2910	3510	4100	4420	4830	5360	5870	6190

3.3.1.3 洪水

一、武江

武水流域位于南岭南麓，主要分布在乐昌以上武水的北边，从西向东主峰山脉有骑田岭、五指峰和瑶山，主峰高程分别为 1654m、1726m、1534m，骑田岭位于湖南省的宜章县，五指峰和瑶山分别位于坪石至乐昌之武水段的北边和南边，属东亚季风气候区，所处地理位置及地形条件有利于暴雨形成。4~6 月为前汛期，根据坪石、犁市站实测资料统计，最大洪峰出现于 6 月份为多，其次为 4、5 月份，前汛期主要由西南和东南季风所形成的雨带造成暴雨天气，产生大洪水。在乐昌峡水库库区，热带低压遇到山脉的阻挡更增大降雨强度，使库区形成暴雨特大值高值区。

7~9 月为后汛期，后汛期主要由于西太平洋不断产生台风和热带风暴的外围影

响和冷空气的影响，造成强度较大的降水。武水上游局部地区在后汛期不仅受到我省登陆的台风影响，同时还会受到从福建沿海登陆后西行的台风影响，使该地区在后汛期产生暴雨，甚至产生灾难性的大暴雨。

二、流域洪水统计

根据对历年最大洪峰出现的时间统计，出现次数最多的是 5、6 月份，其次是 4、7 月份，前汛期 4~6 月出现最大洪峰的次数占了 73%，虽然 7~9 月份洪峰出现的次数较少，但根据历史洪水调查资料，武江流域 1853 年和 1915 年两场特大洪水都发生在 7 月份，根据武水实测资料，“2002.8”和“2006.7”、“2013.8”大洪水也出现在 7、8 月份。由于武江流域属于山区河流，洪水陡涨陡落，洪水过程一般呈尖瘦型，涨水历时 1 天左右，退水历时 2 天左右。梨市实测的排名前五的大洪水为 2006 年 7 月洪水、2013 年 8 月洪水、1994 年 6 月洪水、2008 年 6 月洪水、2002 年 8 月洪水，均为单峰型，历时均约为 3 天。

3.3.1.4 枢纽运行调度

本工程涉及范围内已建有溢洲枢纽、塘头枢纽、七星墩枢纽、长安枢纽，研究范围内北江下游建有孟洲坝枢纽，武江上游建有富湾枢纽、乐昌峡枢纽，工程河段水文条件受上述枢纽调度控制。各枢纽运行调度方式如下：

（1）乐昌峡枢纽

乐昌峡调度方式为小于 10 年一遇洪水时按天然来流泄放，主要是经乐昌峡水库、湾头水库组成防洪工程体系两库联合调度把 100 一遇洪峰流量削减为 20 年一遇，因此，韶关市安全泄量定为 20 年一遇洪水洪峰流量 $8900\text{m}^3/\text{s}$ 。

（2）富湾电站

1) 当上游来水流量大于 $350\text{m}^3/\text{s}$ ，水库维持正常蓄水位 87.32m ，来水量全部通过水轮机组发电；

3) 当上游来水流量大于 $350\text{m}^3/\text{s}$ 小于 $850\text{m}^3/\text{s}$ 时，水库维持正常蓄水位 87.32m ，以最大发电流量 $350\text{m}^3/\text{s}$ 发电，多余水量通过局部开启泄洪闸下泄；

4) 洪水期，上游来水流量大于 $850\text{m}^3/\text{s}$ 时，泄洪闸全开，此时来水流量全部经泄洪闸下泄，恢复至河道天然泄流状态。

（3）长安电站

1) 入库流量在 $\leq 400\text{m}^3/\text{s}$ 的调度方案：当入库流量小于 $400\text{m}^3/\text{s}$ 时，库区坝前

水位原则上控制在正常蓄水位 81.82m，通过三台机组发电；

2) 入库流量在 $400\sim 500\text{m}^3/\text{s}$ 之间的调度方案：当入库流量大于 $400\text{m}^3/\text{s}$ 小于 $500\text{m}^3/\text{s}$ 时，库区坝前水位原则上控制在 81.72m，入库流量通过水轮机和闸门下泄；

3) 当坝前流量大于 $500\text{m}^3/\text{s}$ 小于等于 $600\text{m}^3/\text{s}$ 时，坝前水位原则上控制在 81.52m，入库流量通过水轮机和闸门下泄；

4) 当坝前流量大于 $600\text{m}^3/\text{s}$ 小于等于 $700\text{m}^3/\text{s}$ 时，坝前水位原则上控制在 81.44m，入库流量通过水轮机和闸门下泄；

5) 当坝前流量大于 $700\text{m}^3/\text{s}$ 小于等于 $850\text{m}^3/\text{s}$ 时，坝前水位原则上控制在 81.22m，入库流量通过水轮机和闸门下泄；

6) 当坝前流量大于 $850\text{m}^3/\text{s}$ 时，按照上级三防指挥部的指示，将逐步全开弧形闸门泄洪至天然行洪状态。

(4) 七星墩电站

水库正常蓄水位为 75.82m，当来水量小于 $27\text{m}^3/\text{s}$ 时，水库按正常蓄水位运行，水量除满足船闸通航耗水外，来水量通过机组发电；当来水量在 $277\sim 1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，部分闸门开启，宣泄发电弃水，水库仍维持正常蓄水位运行；当来水量大于 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，电站停止发电，水库闸门逐步开启，库水位逐渐下降，直至闸门全面打开，敞泄洪水。

3.3.1.5 设计通航水位

一、设计最高通航水位

(1) 长安枢纽坝上：根据数学模型计算，长安枢纽 10 年一遇洪水流量下，坝上水位为 82.66m，依据规范要求，枢纽坝上设计最高通航水位取 10 年一遇洪水位与正常蓄水位(81.82m)中的高值，因此，长安枢纽坝上设计最高通航水位取 82.66m。

(2) 长安枢纽坝下：长安枢纽 10 年一遇洪水流量为 $3300\text{m}^3/\text{s}$ ，根据数学模型计算，长安枢纽坝下水位为 82.41m。因此，长安枢纽坝下设计最高通航水位取 82.41m。

(3) 七星墩枢纽

七星墩枢纽坝上：根据数学模型计算，七星墩枢纽 10 年一遇洪水流量下，坝上水位为 75.49m，依据规范要求，枢纽坝上设计最高通航水位取 10 年一遇洪水位与正常蓄水位(75.82m)中的高值，因此，七星墩枢纽坝上设计最高通航水位取 75.82m。

(4) 七星墩枢纽坝下：七星墩枢纽 10 年一遇洪水流量为 $3510\text{m}^3/\text{s}$ ，根据数学模型计算，七星墩枢纽坝下水位为 75.26m 。因此，七星墩枢纽坝下设计最高通航水位取 75.26m 。

二、设计最低通航水位

(1) 富湾枢纽坝下

依据富湾电站设计文件，富湾电站坝址综合历时保证率 90% 的流量为 $25\text{m}^3/\text{s}$ ，相应的坝下水位为 80.62m ，但富湾电站下游长安电站建成后，对坝下水位有雍高，下游长安电站坝上消落水位为 80.82m ；本阶段偏安全考虑，富湾枢纽坝下最低通航水位取 80.82m 。

(2) 长安枢纽

长安枢纽坝上：根据电站运行调度情况，综合比较正常蓄水位、汛限水位和死水水位，最低为死水位 80.82m ，因此长安坝上最低通航水位为 80.82m 。

长安枢纽坝下：依据长安电站设计文件，长安电站通航建筑物采用下游电站七星墩电站死水位 74.32m ；长安枢纽坝下最低通航水位取 74.32m 。

(3) 七星墩枢纽

七星墩枢纽坝上：综合比较正常蓄水位（ 75.82m ）、汛限水位（ 73.32m ）和死水水位（ 74.32m ），最低为汛限水位 73.32m ，因此七星墩坝上最低通航水位为 73.32m 。

七星墩枢纽坝下：依据七星墩电站设计文件，七星墩电站坝址综合历时保证率 90% 的流量为 $26.7\text{m}^3/\text{s}$ ，相应的坝下水位为 67.72m ，但七星墩电站下游塘头电站建成后，对坝下水位有雍高，下游塘头电站坝上消落水位为 68.32m ；因此七星墩坝下最低通航水位取 68.32m 。

三、设计适航流量水位

根据相关物理模型试验研究、通航仿真模拟研究、数模研究等成果，确定武江通航控制流量为 $1200\text{m}^3/\text{s}$ 。根据本项目数学模型推算通航控制流量下对应水位见下表。

表 3-26 长来至桂头段最大安全流量水位（ $1200\text{m}^3/\text{s}$ ）

序号	里程	水位（m）	备注
1	0	69.29	
2	1000	69.73	
3	2000	70.33	
4	3000	70.57	
5	4000	71.55	

6	4100	75.85	
7	5100	75.96	
8	6100	76.08	
9	7100	76.58	
10	8100	77.15	
11	9100	77.54	
12	10100	77.79	
13	11100	78.05	
14	12100	78.46	
15	13000	81.86	
16	14000	82.00	
17	15000	82.10	
18	16000	82.28	
19	17000	82.51	
20	18000	82.88	
21	19000	83.25	
22	20000	84.01	
23	21000	84.51	

四、通航水位汇总

设计通航水位汇总见下表。

表 3-27 各基本站点最高通航水位、最低通航水位表

特征水位	站点	桂头	桂头大桥	七星墩枢纽		长安枢纽		富湾坝下
				坝上	坝下	坝上	坝下	
最高通航水位		71.56	72.28	88.06	75.18	82.66	82.43	88.06
最低通航水位		68.32	68.32	80.82	68.32	80.82	74.32	80.82

新建船闸工程设计水位见下表。

表 3-28 新建船闸设计水位表 水位：m

设计水位		上游校核洪水水位	上游设计洪水水位	上游最高通航水位	上游最低通航水位	下游校核洪水水位	下游设计洪水水位	下游最高通航水位	下游最低通航水位	下游10年一遇
七星墩	水位	77.04	75.94	75.82	73.32	76.44	75.6	75.18	68.32	75.18
	频率	1%	5%	10%	汛限水位	1%	5%	10%		10%
	备注	Q=5360	Q=4100	Q=3510	Q=1800	Q=5360	Q=4100	Q=3510	塘头消落	Q=3510
长安	水位	84.66	83.32	82.66	80.82	84.31	83.05	82.43	74.32	82.43
	频率	1%	5%	10%		1%	5%	10%		10%
	备注	Q=5070	Q=3850	Q=3300	最低运行水位	Q=5070	Q=3850	Q=3300	七星墩消落	Q=3300
富湾	水位							88.06	80.82	88.06
	频率							10%		10%
	备注							Q=3510	长安死水	Q=3510

									位	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

3.3.1.6 泥沙

韶关市森林覆盖率较高，流域植被好，而且难以风化侵蚀的石灰岩分布较广，故除浈江上游南雄一带水土流失较严重外，一般水土流失较弱，大多数河流的含沙量都较小。含沙量最大的河段是浈江上游，该河段的小古墓站多年平均含沙量为 0.334kg/m^3 ，下游的长坝站为 0.158kg/m^3 ，含沙量较小；武江的犁市(=)站为 0.178kg/m^3 。河流含沙量的变化规律是随洪水的变化而变化，沙峰一般出现在洪峰前，特别是首次发洪水时，由于地表干燥，表土松散，易于冲刷，雨水将大量泥沙带入河中，形成含沙量的高峰期，河水浑浊；最小含沙量多在汛后的枯水期，含沙量近于零，故河水清澈。武江的犁市(=)站则 4~6、8 月最大。武江的控制站和区域代表站的多年平均输沙量成果见下表。

表 3-29 武江多年平均年输沙量特征值表

河名	流域面积 (km^2)	水文站		多年平均年输沙量 (104t)
		站名	集水面积 (km^2)	
武江	7097	犁市(=)	6976	114

3.3.2 已有工程设施

3.3.2.1 临（跨）河建筑物

一、跨（过）河建筑物现状

根据历史航道普查资料，工程段过河建筑物主要为桥梁、过河管道及跨河缆线为主。其中武江河段有跨河桥梁 4 座，跨河缆线 17 条，主要为供电电缆和通信缆线，过河管道 1 条。

表 3-30 跨河桥梁特征参数表

序号	所在河段	建筑物名称	通航孔数	最高通航水位 (10 年一遇, m)	净高 (m)		净宽 (m)	
					左孔	右孔	左孔	右孔
1	武江	桂头大桥	2	72.28	2.4		29.5	
2		桂头新桥	1	72.50	3.3	/	35.6	/
3		杨溪大桥	1	80.20	4.1	/	28.3	/
4		长来大桥	1	86.01	3.1	/	23.0	/

表 3-31 武江河段过河缆线情况一览表

序号	建筑物类型	建筑物名称	管理单位	建筑物距塔台距离 (km)	净高 (m)
1	电缆	茶园站 10kvF53 五	南方电网	36.50	16.64

		官庙线#22 塔（22T01 刀闸）			
2	电缆	茶园站 10KV 温山线	南方电网	38.41	12
3	电缆	35KV 茶鑫线	南方电网	38.60	11.06
4	电缆	茶园站五官庙线	南方电网	38.63	11.95
5	电缆	电缆线	南方电网	39.50	13.66
6	电缆	茶园站 10kv 温山线干线#66	南方电网	42.11	9.01
7	电缆	均村水泥杆电线	南方电网	44.00	17.52
8	电缆	溪口站 10kv 杨溪乡线东岸支 线#16	-	45.13	5.72
9	通信缆线	杨溪大桥下游 10m 通信缆线	中国电信	45.15	4.82
10	电缆	110KV 廊茶线	南方电网	49.57	15.98
11	电缆	上坪村缆线	南方电网	49.67	7.23
12	电缆	110kv 富长线 23 号	南方电网	50.30	7.41
13	电缆	昌山站 10kv 城南 1 线	南方电网	52.94	13.47
14	通信缆线	长来大桥上游通信线		55.30	9.54
15	电缆	长来站 10KV 前溪线	南方电网	55.35	7.74
16	电缆	电缆线	南方电网	56.65	13.02
17	电缆	关廊线	南方电网	56.69	20.02

表 3-32 武江河段过河管道情况一览表

序号	建筑物 类型	建筑物名称	管理单位	建筑物距塔台 距离（km）	备注
1	管道	潜江-韶关输气工程过武江管道	中石化胜利油建工程有限公司	49	埋深 10m

二、临河建筑物现状

工程河段内沿线临河建筑物主要为码头建筑物和取水口，工程河段内沿线如下。

表 3-33 临河建筑物统计表

序号	航道名称	建筑物类型	建筑物名称	管理单位	建筑物距塔台距离（km）
1	武江	渡口	杨溪民主水泥厂旁渡口	/	47.5
2	武江	取水口	长来镇敬老院旁水泵房	/	57.07

3.3.2.2 枢纽

（1）七星墩枢纽

七星墩水电站位于乳源县境内武江干流上，是目前武江上的第五座梯级，建成于 2003 年，位于长安电站下游约 8km。枢纽以发电为主，水库正常蓄水位 75.82m（85 高程），相应库容 830 万 m^3 ，电站为低水头径流式电站，无防洪任务，装机 3 台，装机容量 1.17 万千瓦，多年平均发电量 4678 万千瓦时，枢纽从左到右为左岸土坝、连接段、8 孔 14m 宽泄水闸、电站厂房、右岸土坝，坝顶全长 574.57m，土坝为均质土坝。

七星墩枢纽右岸连接 X325，广乐高速距枢纽约 350m。枢纽右岸下游约 260m

处分布有银溪水电站，是杨溪水四、五级水电站。电厂从杨溪水钓鱼台水电站下游引水，经 5.429km 无压隧洞和 0.586km 明渠至武水七星墩梯级下游右岸前池，总装机容量 2 万千瓦。银溪电站开发任务以发电为主，兼有灌溉效益。七星墩左岸为平坦阶地，主要为农田，左岸 S248 距离枢纽约 300m，七星墩村位于枢纽下游。

（2）长安枢纽

长安水电站位于广东省乐昌市长来镇境内武江中游，是武江目前梯级开发中第四级电站，坝址位于乐昌市城区下游兴安学校附近，距乐昌城区 15km，距韶关市中心区约 43km。长安水电站是以发电为主兼顾航运和灌溉等多项功能的综合性水利工程。电站为低水头日调节型式，主要建筑物有拦河闸坝、船闸（左岸）、发电厂、堤防等，设计安装 3 台灯泡式贯流水轮发电机组总装机容量为 1.32 万 KW。电站控制流域为 5718km²，多年平均流量 158 立方米/秒，枢纽正常蓄水位 81.82m（85 高程，珠基为 81.0m），死水位 80.82m，正常蓄水位时回水长度 9.45km，库容 720 万 m³。

3.3.3 建设条件评价

（1）本工程区域气候条件适宜，长年不冰冻，可长年施工。

（2）工程河段沿河两岸均有公路干支线与这些镇、区、县连接，陆路交通较为方便。水路运输，武江航运通畅，工程船舶及运输船舶畅通无阻，工程材料、生活用品等运输都很方便。

（3）施工用水、用电方便。武江河水和地下水对混凝土无腐蚀性。水质可以满足生产用水要求，河水经适当净化处理后也可满足生活用水要求。

船闸工程施工用电量较大，可从枢纽电站接入，并设置临时变压器给工程施工供电，各船闸工程施工期间设置 2 台 200kW 柴油发电机作为备用电源以满足施工期间工程建设用电需要。筑坝工程等主要为生活用电，及临时用电，可从市电接入。

（4）工程区天然建筑材料开采运输方便，储量和质量均满足要求。

（5）新建船闸及航道养护基地涉及征地拆迁等工作，在下一阶段应做好征地拆迁补偿等方面工作。

3.4 通航标准与代表船型

3.4.1 通航标准

3.4.1.1 航道规划

(1) 武江（乐昌长来至桂头 21km）航道规划

在《广东省交通运输厅关于北江航道扩能升级上延工程有关问题的复函》（粤交规函〔2017〕2839号）文中，广东省交通运输厅的提出为支持地方经济发展，同意对北江韶关以上航道（塔台至百旺大桥、塔台至富湾枢纽，浈江口至黄江大桥）扩能升级的必要性、经济社会效益、水路运输需求和建设标准进行分析研究。

(2) 2016年08月08日，交通运输部出台了《交通运输部关于推进珠江水运科学发展的若干意见》（交水发〔2016〕138号），意见主要任务明确提出“加快开发重要支流航道。围绕服务产业转移和脱贫攻坚，加快支流航道的建设，实施等级提高和复航工程，提高水运的通达性。实施北江韶关至三水、东江河源至石龙1000吨级标准船闸扩能及配套航道整治，并逐步向上延伸。”

而本工程是在北江干流航道扩能升级的基础上进一步向粤北山区乐昌长来地区延伸，逐步对武江航道进行扩能升级，因此本工程建设与上述交通运输部对珠江水运发展意见是相一致的。

3.4.1.2 通航标准

根据本工程可行性研究报告，本研究河段拟按通航1000t级船舶航道进行研究。因此，本研究河段通航标准按通航1000t级船舶进行，通航标准符合目前航道规划要求。

3.4.2 设计代表船型

结合船型分析成果以及未来绿色环保标准船型发展情况，本工程河段推荐的的代表船型见下表。

表 3-34 本工程河段推荐代表船型尺度表

序号	代表船型	船型尺度	备注
1	1000T级内河干货船	67.5m×10.8m×2.0~2.2m	根据《内河通航标准》（GB50139-2014）、内河货运船舶船型主尺度系列驳船 JT/T447.3-2001 综合选取
2	1000t级内河驳船	55m×10.8m×2.0~2.2m	

3	1000t级集装箱船 (48-96TEU)	49.9m×12.8m×2.2m	《珠江干线下游货运船舶船型主尺度系列》(JT/T559-2015)。
4	1000t级干货船	49.9m×10.5m×2.2m	
5	1000T级内河普通货船	49.9m×12.8m×2.2~2.8m	各枢纽船闸门槛水深控制船型

3.5 航道工程

鉴于北江航道扩能升级上延工程——航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于2023年11月22日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87号），本报告仅对疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容进行简述，不纳入本报告的评价内容。

3.5.1 总体设计

3.6 工程管理

3.6.1 管理体制

3.6.1.1 管理机构设置和人员编制

本工程建成投入使用后，航道整治工程相关的航道尺度、航标等维护由地方航道管理部门按各自管辖范围进行日常维护管理。新建的枢纽船闸为国家基础设施，业主单位为广东省航道事务中心。船闸效益主要体现为社会效益，承担航运的公益性任务，其性质拟定为事业单位，产权归国家所有。根据《船闸管理办法》（1989年8月3日交通部第5号令）及主管单位意见，拟由投资主体即省交通运输部门作为项目法人全面负责新建船闸的建设管理，韶关航道事务中心负责船闸的运行管理。

一、建设期

为使工程井然有序地进行，建议成立以业主为领导，监理、设计单位、施工单位为骨干的项目部，负责制定施工总进度计划，办理施工航行、航道通告，组织施工前技术交底，审批施工组织计划、施工报告，对工程施工质量、进度、投资按合同条款进行管理和监督，协调内外关系，组织交工和竣工验收。为此，提出机构设置的基本原则为：管理层次简化，部门之间，岗位之间的任务职责明确，充分发挥劳动积极性、主动性和创造性。

根据工程内容、工程位置的不同，为有效、清晰管理，建议建设单位设置北江

扩能升级上延工程建设管理中心，根据工程内容、工程位置的不同，设置航道整治工程、七星墩船闸工程、长安船闸工程管理组，安排技术骨干组织实施工程管理工作。

二、运行期

本工程建成投入使用后，运行期航道尺度、航标等维护由地方航道管理部门按各自管辖范围进行日常维护，航道工程部分的运行维护不设置新的管理机构。

管理机构及管理模式运行期将船闸投入使用，各枢纽新建船闸应相应成立“船闸管理所”，级别为正科级，受韶关航道事务中心管理领导。各枢纽船闸管理所负责船闸的日常运行、维护、管理等工作，并配置相应管理办公区。拟设置应急指挥中心基地，由该指挥中心设置专门船闸管理部门（如船闸管理中心）作为各船闸管理所的上级单位，对各枢纽船闸进行统一调度管理和监督，级别为副处级。船闸调度管理中心与各船闸管理所之间，拟通过专线光缆连接，实现通信及同步数字化信息的联通，调度管理中心可与船闸管理所及时有效沟通、实施掌握各船闸主要位置的现场视频、船舶候泊过闸、水位等信息。

3.6.2 工程管理和保护范围

本工程管理和保护范围为武江桂头至长来段，共 21km 河段的航道及相关配套设施、设备，以及七星墩枢纽、长安枢纽共 2 个新建船闸相关设施、设备。

3.7 工程投资及资金筹措方案

本工程总投资约 279123.72 万元，其中航道工程 46343.46 万元，七星墩船闸工程 98639.86 万元，长安船闸工程 74914.59 万元，桥梁工程 59225.81 万元。

3.8 工程主要特性表

序号	单位	数量	备注
一、航道工程			
1、研究里程	km	21	
2、航道等级		内河Ⅲ级	
3、航道尺度	m	2.5×60×270	航道水深×航道宽度×最小弯曲半径
5、设计船型	t	1000	
6、主要工程量			
（1）护岸工程	处	1	
（2）航标工程	项	1	

(3) 交叉工程	项	1	
(4) 航道维护管理设施	项	1	
二、船闸工程			
1、七星墩枢纽1000t级船闸	m	190×23×4.5	闸室长×闸室宽×门槛水深，位于左岸
2、长安枢纽1000t级船闸	m	190×23×4.5	闸室长×闸室宽×门槛水深，位于右岸
三、桥梁工程	座	4	拆除4座，重建3座
四、项目总投资	万元	279123.72	
其中，航道工程	万元	46343.46	
其中，船闸工程	万元	173554.45	
其中，桥梁工程	万元	59225.81	
五、工期	年	4	其中航道工程2年，船闸工程4年，桥梁工程4年。

4. 工程分析

4.1 工程施工

4.1.1 施工总体方案

4.1.1.1 施工条件

一、环境、场地及交通条件

（1）航道工程

陆路有京珠高速公路、国道 323 线、韶赣高速等在境内通过，公路网络四通八达。总体上，本工程材料、机械等运输的陆路交通不成问题。水路方面武广客运专线桥区下游可通航船舶，武广客运专线桥区以上航段可实现船舶区间通航，目前各枢纽库区具备少量船舶设备，施工阶段通过现场拼装施工船舶设备可以实现各库区间通航。且工程区域沿程分布有乐园镇、十里亭镇、犁市镇、桂头镇、长来镇等多个城镇，两岸道路交通便利，公路贯通，工程必需的交通有保障。另外，珠三角地区航道工程施工队伍技术力量雄厚，可承担本工程施工任务。

（2）七星墩船闸

根据现场条件，本工程施工场地拟建区域一位于武江左岸新建七星墩船闸下游，滩面村 248 省道东北方向林区，面积约 61.22 亩。施工场地包括：钢筋堆料及加工场、木材加工区、原材料堆放场、模板加工及存放场、混凝土拌搅拌站等。七星墩船闸建于武江右岸七星墩枢纽附近，武江可供来往工程船舶通航，且武江两岸有 248 省道、325 省道、乐广高速等主要公路干线，与周边各县市密切连接，陆路交通便利。

（3）长安船闸

根据现场条件，本工程施工场地拟建区域位于长安船闸闸位右侧，面积约 65 亩。施工场地包括：钢筋堆料及加工场、原材料堆放场、模板加工及存放场、混凝土拌搅拌站、生活办公区等。拟建长安船闸工程河段沿河两岸均有公路干支线与这些镇、区、县连接，陆路交通较为方便。水路运输，武江可通航，工程船舶及运输船舶畅通无阻，工程材料、生活用品等运输都很方便。

二、建筑材料供应条件及水、电、通信等条件

工程所需的水泥、钢材、木材、油料及火工产品等建筑材料在省内均有生产。

工程所需钢材、钢筋拟由广东钢材厂家择优采购；所需水泥拟由韶关市、英德市境内的水泥厂提供；木材、油料及火工产品由韶关市内供应。

基坑回填、围堰及施工平台填筑所需的土石料，主要来自船闸工程开挖料，工程所需块石料、碎石料、中粗砂以及船闸工程的混凝土骨料均需从料场开采或外购。

本工程施工生产用水可从武江取水，水质可以满足生产用水要求，施工生活用水接入附近市政自来水系统，可满足生活用水要求。

船闸工程施工用电量较大，可从附近配电站接入，并设置临时变压器给工程施工供电。船闸工程施工期间设置 2 台 200kW 柴油发电机作为备用电源以满足施工期间工程建设用电需要。

有线及无线通讯网络已覆盖整个工程区。工程施工期间可设置一定数量的直拨电话，另配备一定数量的对讲机，使整个工程施工区的通讯畅通无阻。

4.1.1.2 航道工程

4.1.2 施工进度计划

一、七星墩船闸工程

七星墩船闸工程施工工期 42 个月。

本工程关键线路为：全年围堰施工、主基坑开挖、上下游闸首闸室施工、导航墙施工、靠船墩隔流墙及引航道护岸施工、跨闸桥梁施工及金属结构安装、围堰拆除。

二、长安船闸工程

新建长安船闸工程施工总工期 42 个月。

本工程关键线路为：全年围堰施工、主基坑开挖、上下游闸首闸室施工、跨闸桥梁施工及金属结构安装、围堰拆除及引航道疏挖。

三、航道工程

根据本工程特点，航道工程施工采用分段、分滩施工，并与本工程的船闸和桥梁工程施工统筹进行护岸工程可视水位情况同时展开。根据河段水文特点，洪水期 5~8 月不考虑施工(不受洪水影响的陆上施工内容除外)，扣除客观影响因素，航道工程拟施工总工期为 48 个月。

四、桥梁工程

1、工作面 1

包括桂头大桥、桂头新桥拆除重建，计划工期为 54 个月。各阶段进度计划如下：

- (1) 建设桂头大桥，共计 24 个月。
- (2) 拆除既有桂头新桥，共计 6 个月。
- (3) 建设桂头新桥，共计 24 个月；同步拆除桂头大桥旧桥，共计 6 个月。

2、工作面 2

包括杨溪大桥、长来大桥拆除重建，计划工期为 54 个月。各阶段进度计划如下：

- (1) 建设杨溪大桥，共计 30 个月。
- (2) 拆除杨溪旧桥，共计 6 个月。
- (3) 建设杨溪大桥开始 18 个月后，同步开始建设长来大桥，共计 30 个月。
- (4) 拆除长来旧桥，共计 6 个月。

4.1.3 施工期通航

4.1.3.1 整治工程施工期通航

本工程施工期应设置施工助导航标志，施工船舶施工及往来卸区中，应按有关规定航行、施工及操作，并听从海事和航道部门的管理，确保航道水上通航、作业安全。

4.1.3.2 船闸工程施工期通航

目前由于船闸等级较低，过闸船舶较少，且新建船闸施工，基本需要影响或拆除原一线船闸，故船闸工程施工期进行断航施工。

4.2 施工期污染源分析

鉴于北江航道扩能升级上延工程——航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于 2023 年 11 月 22 日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87 号），本报告仅对疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容进行简述，不纳入本报告的评价内容。因此，本报告对疏浚工程、清礁工程等污染源不再重复分析。

4.2.1 水污染源分析

4.2.1.1 航道工程水污染源分析

本项目废弃桥墩拆除工程、护岸工程等工程均为涉水作业，上述施工作业均会扰动作业区域水体，造成局部区域悬浮物浓度增高；其中拆除工程等部分作业需采用船舶施工，施工船舶作业过程中还会产生污水（主要是含油污水）；另外，陆域施工场地内混凝土预制等作业还发生一定量的生产废水。

1、其他施工作业对水环境的污染影响

本项目施工作业过程中锚地建设、废弃桥墩拆除、护岸抛石等施工作业因涉及水上施工而扰动河流底质，引起施工区域局部水体悬浮物浓度增加，对水质产生一定的影响。其中船闸工程需要建设锚地，施工对水环境污染主要来源于桩基施工过程中对水体的扰动和植入桩、灌注桩循环泥浆废水的溢流等过程，主要污染因子为悬浮物。类比宜春港樟树港区河西作业区综合码头工程，打桩施工作业造成悬浮物浓度增加值超过 10mg/L 的范围为沿水流方向长约 $100\sim 250\text{m}$ ，垂直岸边宽约 $50\sim 100\text{m}$ ，其影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失。

2、施工船舶的舱底油污水

施工船舶满负荷工作时，舱底油污水发生量约 $0.04\text{t}/\text{天}\cdot\text{艘}$ ，平均含油浓度为 5000mg/L ；根据广东省境内现有航道整治工程的施工实际情况类比估计，本航道工程施工安排各类施工船只约 20 艘，核算出本工程船舶产生的舱底油污水量为 0.8t/d ，石油类产生量为 4kg/d 。航道工程施工期按 4 年算，每年施工天数按 210 天/年计，则整治工程施工总天数约 840 天，舱底油污水产生量为 672t ，石油类产生量为 3.36t 。

舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

3、施工人员生活污水

航道工程施工人员生活污水主要来自于船舶生活污水、码头及配套设施建设施工人员的生活污水。船舶生活污水按船上施工人员 6 人/船计，则船上施工人员为 120 人，总施工天数按 840 天计；本工程码头及临时码头施工人员按 90 人计，施工天数按 375 天计。人均日用水量均取 $250\text{L}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，污水排放率按人均用水量的 80% 计算，则本项目航道工程、码头工程生活污水产生量分别为 $24\text{m}^3/\text{d}$ 、 $18\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水中主要含 BOD_5 、SS、氨氮、动植物油等污染物，航道工程各污染物产生量及排放量总体情况见下表。施工船舶应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂

进行处理，不外排。码头及配套设施生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。

表 4-1 施工人员生活污水主要污染物源强

项目	产生量 (t)	产生浓度 (mg/L)
航道工程	废水量	20160
	COD _{Cr}	5.04
	BOD ₅	3.024
	SS	5.04
	氨氮	0.504
	动植物油	0.302
码头工程	废水量	6750
	COD _{Cr}	1.688
	BOD ₅	1.023
	SS	1.688
	氨氮	0.169
	动植物油	0.101
合计	废水量	26910
	COD _{Cr}	6.728
	BOD ₅	4.047
	SS	6.728
	氨氮	0.673
	动植物油	0.403

4、生产废水

施工期生产废水预制件生产及施工区、码头工程中混凝土构筑物浇筑和养护将产生少量的生产废水，类比同类工程分析，工程生产废水最大 10m³/d，污水中主要污染因子为 SS、石油类等，废水首先进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排。

4.2.1.2 船闸工程水污染源分析

1、生活污水

船闸工程两个工区施工高峰期生产人员分别为 200、300 人，施工人员生活用水量取 250L/人·d，生活污水产生量为用水量的 80%，未经处理的生活污水成分中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。高峰期产生的生活污水量分别为 40m³/d、60m³/d。生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。

2、生产废水

施工期生产废水包括混凝土拌和系统冲洗废水、机修含油废水以及基坑排水、砂石料加工废水等。

（1）混凝土拌和系统冲洗废水

混凝土拌和系统废水来源于混凝土转筒和料罐的冲洗废水。混凝土拌和系统冲洗废水中含有较高的悬浮物且含粉率较高，废水的 pH 值在 11 左右。根据类似工程施工区混凝土拌和系统生产废水悬浮物浓度资料，拌和系统废水悬浮物浓度约 5000mg/L。搅拌楼的一次冲洗用水量约为 8m³，施工期混凝土拌和系统三班制工作，排水量取用水量的 90%。根据施工组织设计，每个船闸施工区均设 1 座混凝土拌和系统，则每个船闸施工区混凝土拌和系统的冲洗废水量约为 21.6m³/d。废水首先进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。

（2）机械修配冲洗系统废水

船闸工程施工布置区内设有汽修站，负责修理施工阶段的各式运输车辆和施工机械。按照冲洗一辆汽车用水 400L，产污率 90% 计，按照施工安排，一天汽车冲洗车辆分别按 100 辆、150 辆计，则汽车冲洗废水排放量分别为 36m³/d、54m³/d（每天一班）。汽车冲洗废水污染物以石油类和悬浮物为主，石油类产生浓度约 40mg/L，悬浮物浓度为 2000mg/L。废水首先进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排。

（3）基坑废水

围堰内基坑废水 SS 浓度高，如果直接排放将对受纳水体水质产生较大影响。基坑排水包括初期排水和经常性排水。初期排水主要是排除围堰合拢封闭后基坑内的积水与渗水，基坑水位下降速度控制在 0.6m/d~0.8m/d；经常性排水是在建筑物开挖和混凝土浇筑过程中，由降水、渗水和施工用水（主要是混凝土养护水和冲洗水）等汇集的基坑水。由于基坑开挖和混凝土浇筑、冲浇、养护及水泥灌浆，可使基坑水的悬浮物含量和 pH 值增高，混凝土养护水 pH 值可高达 11~12，若直接排放，对河流水质有一定影响。本工程两个船闸施工区基坑经常性排水强度均为 30m³/h。根据国内有关水利工程项目对基坑排水的处理经验，基坑排水一般采用沉淀池处理，向沉淀池中投加絮凝剂处理后，上清液 SS 的浓度为 60mg/L，达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排，不会对周边地表水水质造成

影响。

4.2.1.3 桥梁工程水污染源分析

（1）施工生产废水

施工生产废水主要包括预制场、搅拌站的生产废水、砂石材料冲洗废水、机械设备冲洗废水等，一般一处场地的生产废水量约 10t/d，则本项目桥梁工程生产废水量约为 40t/d，主要污染物为 SS 和石油类，其浓度一般约 SS 2000mg/L、石油类 25mg/L。通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排。

（2）桥梁施工产生废水

桥梁施工期间，施工生产废水、生活污水可能对局部水域产生污染；施工方法以预制安装为主，这种方法对水体扰动较小，而且扰动引起的悬浮物浓度可以控制在一定范围内。桥梁下部结构基础的建设还会引起河流水动力条件的局部变化，跨越水体桥梁水中施工，对水环境有一定的影响。本项目桥梁下部结构采用桥墩、埋置式桥台，桩基础。桥墩施工设置围堰，桥梁桩基水下施工将产生暂时和局部的悬浮物浓度升高，这些行为可能对局部水体水质产生污染影响，但影响是暂时的，且影响范围十分有限。

桥墩施工对水环境的影响主要表现在桩基泥浆水的泄漏，根据相关研究结论，桩基泥浆水比重：1.20~1.46，含泥量：32%~50%，pH 值：6~7。桥梁桩基产生的废水较少，桥梁基础钻孔施工中泥浆护壁和钻孔出渣泥浆沉淀排水，其中污染物主要以 SS 为主，经沉淀池沉淀后回用，不外排。

（3）施工船舶废水

项目配备 4 艘船舶辅助桥梁施工。施工期间船舶会产生废水，包括船舶含油废水和船舶生活污水。

船舶含油废水：本项目所使用的船舶含油废水主要为舱底水，舱底油污水发生量约 0.04t/天·艘，平均含油浓度为 5000mg/L；根据广东省境内现有航道整治工程的施工实际情况类比估计，核算出本工程船舶产生的舱底油污水量为 0.16t/d，石油类产生量为 0.8kg/d。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

船舶生活污水：每艘船舶配备 6 名作业人员，预计每人每天耗水量按 250L 计，排污系数取 0.8，则船舶生活污水产生量为 1.2 m³/d·艘，则本项目船舶生活污水产生量为 4.8m³/d，主要污染为 COD_{Cr} 350mg/L，SS 250mg/L，氨氮 50 mg/L。施工船

船应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。

4.2.2 大气污染源分析

4.2.2.1 航道工程施工大气污染源分析

施工期主要是陆域施工对环境空气产生污染影响，主要污染物为颗粒物，主要污染环节为护岸工程开挖和削坡等作业过程，上述各环节在受风力的作用下将会对施工现场产生颗粒物污染影响，且风力越大污染越严重。根据有关监测资料，施工作业场所颗粒物浓度约为 $1.5\text{mg}/\text{m}^3 \sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。施工活动工期短，这类粉尘在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响很小。

施工船舶主机、运输车辆及其它施工机械运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为 SO_2 、 NO_x 和烃类等，因其数量少且较分散，且表现为间歇性、短期性，污染程度较轻，在距离作业点 50m 外即可满足环境空气质量二级标准要求，对环境影响不大。

4.2.2.2 船闸、桥梁工程施工大气污染源分析

船闸工程施工期间，大气污染物主要来自施工露天开挖和混凝土拌和系统，主要污染物为 TSP，其次是燃油机械的废气排放，主要污染物为 SO_2 、 NO_2 和 NO 等。此外交通运输扬尘是工程施工公路沿线主要的大气污染源，会对沿线居民生产、生活带来一定影响。

1、混凝土拌和系统粉尘

根据《环境影响评价指南》（咸阳环境科学学会、咸阳市秦都区城乡建设环境保护局编制，天则出版社），混凝土拌和系统的粉尘排放在无相关措施的情况下为 $0.91\text{kg}/\text{t}$ 产品。混凝土拌和系统在采用全封闭拌和楼的情况下粉尘排放系数为 $0.009\text{kg}/\text{t}$ 产品，拌和系统区域的粉尘浓度一般为 $10 \sim 40\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据施工进度安排，2 个船闸各配备混凝土拌合系统 1 座，系统理论生产能力为 $220\text{m}^3/\text{h}$ （密度约为 $2.4\text{t}/\text{m}^3$ ），按每天 14 个小时计，则每个船闸工程混凝土拌和系统混凝土粉尘排放量为 $66.5\text{kg}/\text{d}$ 。在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响不大。

2、开挖粉尘

在开挖和填筑的过程中会产生大量的粉尘，粉尘的排放系数根据三峡水电站坝

基开挖区粉尘产生量的估算值进行类比得出，粉尘的排放系数为 $12\text{t}/\text{万 m}^3$ ，在采取洒水降尘、遮挡环保措施后，粉尘的去除率预计达到 96% ，采取措施后粉尘的排放系数为 $0.48\text{t}/\text{万 m}^3$ ，对周边大气环境影响不大。

3、施工机械尾气及扬尘

施工过程中建筑材料运输、装卸、堆放等环节，在风力的作用下会对施工现场及周围环境产生 TSP 污染，施工运输车辆行驶还将产生道路二次扬尘污染。根据同类工程施工现场起尘实测资料类比分析，临时土石方堆放点在土石方风干后且无遮盖、风速 2.5m/s 的情况下，其下风向 150m 处 TSP 浓度可达 $0.49\text{mg}/\text{m}^3$ ；通过类比施工汽车运输扬尘现场监测结果，在做好路面清洁的情况下，运输车辆在自然风作用下产生的 TSP 浓度在下风向 100m 外可满足相应标准要求，对大气环境影响不大。

另外运输车辆及其它施工机械运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为 SO_2 、 NO_x 和烃类等，因其数量少且较分散，且表现为间歇性、短期性，污染程度较轻，在距离作业点 50m 外即可满足环境空气质量二级标准要求，对环境的影响不大。

4、桥梁拆除废气

在桥梁拆除活动中，各种细小颗粒在外力作用下形成扬尘，其次在施工场地清理和建筑垃圾堆放、运输过程中会造成扬尘污染。拆迁产生的扬尘量与拆迁方式、有无防护措施、当时的气象条件等因素有关。拆除活动工期短，这类粉尘在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响较小。

另外针对桂头大桥、桂头新桥及周围环境的特点、工期要求，使用乳化炸药（硝酸铵、乳化剂）进行爆破拆除，炸药总使用量约为 1.62t/a ，爆破时会产生粉尘、CO 和 NO_x 等污染物，污染源主要集中在桥梁拆除区。类比同类工程，爆破产生的粉尘、 NO_x 排放系数分别以 $47.49 (\text{kg 粉尘}/\text{t 炸药})$ 和 $3.508 (\text{kgNO}_x/\text{t 炸药})$ 计，估算出本桥梁拆除工程施工爆破产生的粉尘、 NO_x 的量分别为 0.077t 、 0.006t ，产生量很小经风力稀释后对环境的影响较小。

4.2.3 噪声污染源分析

4.2.3.1 航道工程噪声源强

工程施工期间，噪声主要来自于施工船舶、陆域施工机械、运输车辆等。各类噪声测试值按《内河航运建设项目环境影响评价规范》确定，详见下表。

表 4-2 施工期主要设备产生的噪声源强单位: dB(A)

机械名称	距声源的距 离(m)	作业噪声值 (dB (A))	机械名称	距声源的距 离(m)	作业噪声值 (dB (A))
轮式装载机	5	90	搅拌机	15	85
一般施工船舶	10	70	砼振捣器	15	85
推土机	5	81	装载机	15	80
打桩机	15	96	载重车	15	84~89
施工船舶	15	65			

4.2.3.2 船闸、桥梁工程噪声污染源分析

施工噪声主要来自施工开挖、钻孔、混凝土浇注等施工活动中的施工机械运行、车辆运输和机械加工修配等。施工期噪声源可分为固定声源和流动声源及短时、定时的爆破声。固定声源来自于土石方开挖及混凝土拌和系统等机械设备在工作时产生的噪声，具有声源强、声级大、连续等特点；流动声源主要指场内外交通运输产生的噪声，具有源强较大、流动性等特点。根据施工总布置，噪声较高的噪声源主要分布在混凝土生产系统和主干道交通运输噪声。

1、船闸、桥梁施工区噪声船闸施工区噪声主要来自各种机械设备的运行，主要噪声源有钻孔、浇筑等。根据已建工程实测资料表明，钻爆开挖过程中使用的各种钻机产生的噪声均大于 90dB(A)，最高值大于 100dB(A)。各种运输车辆行驶过程中产生的噪声也接近 90dB(A)。

表 4-3 主要开挖施工机械设备车辆噪声实测值单位: dB(A)

噪声源	测试点位置	噪声级
100型钻机	钻机工操作点	94
YO11A潜孔钻	驾驶室	98.75
200型钻机	钻机工操作点	85.7
推土机	1m, 1min	84-99
挖掘机	3m, 10s	83-96
装载机	3-5m, 10s	83-96
装载机	5-10m, 10s	82-89
装载机	10m, 10s, 装碎石	82-97
装载机	10m, 10s, 装沙子	81-86

参考同类型水利工程施工期对基坑开挖过程中的噪声实测值，风钻和潜孔钻同步作业时，噪声值高达 93dB(A)。若将基坑开挖区作为一个整体的噪声源，按其噪声实测值计算叠加声级为 95.7dB(A)。本工程施工过程中考虑大型机械设备挖装、大吨位车辆运输产生的轰鸣声相互叠加，使基坑内噪声的源强增加，根据本工程基坑施

工特性和主要施工机械设备的数量，估计船闸土石方开挖期间钻孔噪声约为 96-110dB(A)。

2、施工工区噪声

各施工区布置有混凝土拌和系统、施工机械等有噪声产生，噪声值在 65~90dB(A) 之间。

3、交通噪声

重型载重汽车的噪声约为 88-93dB(A)，声源呈线形分布，源强与行车速度及车流量密切相关。

4、爆破噪声

桥梁爆破拆除过程中会产生爆破噪声。施工爆破噪声为瞬间点声源，其声强与爆破方式、爆破炸药量和敏感点位置有关，噪声源强一般在 100~120dB(A) 之间，同时爆破还会有强烈震感。

4.2.4 固体废物

1、生活垃圾

施工队伍在船上作业会产生一定量的生活垃圾，按施工人员每人每日产生生活垃圾 1kg 计，施工船舶的施工人员按每船 6 人计，施工船舶总数 24 艘，则施工人员所产生的生活垃圾量为 0.144t/d；另外，码头建设施工人员约为 90 人，生活垃圾产生量为 0.09t/d。施工工区高峰期生产人员为 500 人，则生活垃圾产生量为 0.5t/d。

则施工期间共产生生活垃圾 0.734t/d。生活垃圾委托环卫部门清运处理。

2、施工船舶维修废物

在施工船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船 20kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为 5.76t/a，属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性 T，I），须委托有资质公司收集处理。

3、工程弃渣

根据本工程设计报告，本工程施工期七星墩船闸弃渣量为 231.19 万 m³，长安船闸弃渣量为 108.92 万 m³，桥梁工程弃渣量为 2.13 万 m³，总弃渣量为 342.24 万 m³，

各弃渣运输至弃渣场进行堆存。

4、隔油池油渣

机械修配废水处理过程中，设置隔油池，会产生隔油池油渣，根据《国家危险废物名录》（2021年），隔油产生的浮油属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号HW08废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码900-249-08，危险废物名称为：其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及含矿物油废物，危险特性T，I），整个施工过程油渣产生量约为2t，产生的油渣应按规定临时贮存，再交由有资质单位回收处理。

5、沉淀池污泥

施工期废水均经过沉淀池处理后回用，因此沉淀池内会产生一定量的污泥，因施工时间、天气、围堰工程地底渗水等不确定因素，产生量按废水处理量的0.1%估算，为0.24t/d，污泥由施工人员清捞，运至弃渣场处理。

4.3 营运期污染源分析

本工程施工完成后，将会改善航道航运条件，提高通航船舶吨位和通航能力，保障船舶航行安全起到积极的作用。但是营运期，运输船舶会带来一定的噪声、废水。另外，船闸、码头区将产生一定的生活污水及固体废物。

作为交通项目，航运工程也存在着交通事故风险，营运期间，由于航道通航能力的提高，运输船舶的吨位加大，交通事故造成的污染程度会相应加大。如果发生严重的交通事故，将对水环境及水生态环境产生一定的影响。

4.3.1 水污染源分析

营运期的污水主要包括船舶舱底油污水、船舶生活污水、管理人员生活污水、桥面径流雨水等。

（1）船舶舱底油污水

船舶的机舱是船舶动力装置的舱室，内部装备了各种动力机械和管理系统，机舱舱底水的主要来源是机舱内各种泵、阀门和管路漏出的油和水，机器在运转时漏出的润滑油，主辅机燃料油及加油时的溢出油，机械设备及机舱防滑铁板洗刷时产生的油污水等混合在一起形成的含油污水。机舱舱底含油污水水量与船舶、吨位以及功率有关，还与船舶航行、停泊作业时间的长短、维修及管理状况有关。

本工程代表船型为 1000t 级船。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）及有关经验推算，1000 吨级船舶舱底含油污水产生量约为 0.27t/d 艘。根据工程的年水运量（年运营天数按 330 天计）、货种安排、设计代表船型和船舶舱底油污水水量资料。未处理前含油浓度含量按 5000mg/L 计，计算得到船舶舱底油污水产生量见下表。船舶含油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

表 4-4 2045 年水平年船舶含油污水产生量

水平年	货运量（万 t/a）	货运量（万 t/d）	代表船型	船舶数量（艘）	船舶舱底含油污水产生量	
					日产生量	年产生量
2045	1496~1663	5.04	1000t	50	13.5t/d	4455t/a

（2）船舶生活污水

按《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》并结合工程可行性研究报告的相关数据，1000t 级船平均以 10 人/艘计。船舶生活污水按人均用水量的 80% 计算，人均用水量取 250L/d/人，计算得到船舶生活污水产生量约为 100m³/d。生活污水成分中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。

船舶生活污水待船舶靠港后委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。

（3）管理人员生活污水

运行期水污染源主要是来自船闸管理所工作人员的生活污水及航标船码头站场管理人员的生活污水。根据设计报告，船闸管理所中定员 36 人，按照用水标准 250L/人·d，污水排放系数 0.8 计算，生活污水总排放量为 7.2m³/d，生活污水中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。

（4）桥面雨水径流

运营期，本项目对周边水环境影响主要表现为桥面雨水径流。影响桥面径流污染的因素众多，包括降雨量、降雨历时、与车流量有关的路面及大气污染程度、两场降雨之间的间隔时间、路面宽度、灰尘沉降量和前期干旱时间、纳污路段长度等。由于其影响因素变化性大、随机性强、偶然性大，因此目前尚无一套普遍适用的方法可供使用。

考虑暴雨强度与降雨历时的关系，假设日平均降雨量集中在降雨初期 3 小时（180 分钟）内，估计初期（前 15 分钟）雨水的量，其产生量可按下述公式进行计算：

$$\text{年均初期雨水量} = \text{所在地区年均降雨量} \times \text{产流系数} \times \text{集雨面积} \times 15/180$$

根据《环境影响评价技术导则》(HJ/T 2.3) 中推荐值, 硬化地面(道路路面、人工建筑物屋顶等)的产流系数可取值 0.8, 乳源县近 20 年平均降雨量为 1903.5mm, 乐昌市近 20 年平均降雨量为 1490.3mm, 每年降雨天数取 118 天, 则计算各桥面初期雨水径流量如下。

表 4-5 桥面初期雨水径流产生量

桥梁名称	主桥宽 m	桥梁全长 m	初期雨水量 t/a	初期雨水量 t/d
桂头新桥	25.9	484	1245.45	10.55
杨溪大桥	13.5	614.4	824.08	6.98
长来大桥	13.5	542.2	727.24	6.16

国家环保总局华南环科所曾对南方地区路面径流污染情况进行过试验, 试验方法为: 采用人工降雨方法形成路面径流, 两次降雨时间段为 20d, 车流和降雨是已知, 降雨历时 1h, 降雨强度为 81.6mm, 在 1h 内按不同时间采集水样, 最后测定分析路面污染物变化情况见下表。

表 4-6 路面(桥面)径流污染物浓度测定值

项目	5~20min	20~40min	40~60min	均值
SS (mg/L)	231.42~158.52	158.52~90.36	90.36~18.71	100
COD (mg/L)	57.34~57.3	47.3~44.15	34.15~31.26	45.5
BOD (mg/L)	7.34~7.3	7.3~4.15	4.15~1.26	5.08
石油类 (mg/L)	22.3~19.74	19.74~3.12	3.12~0.21	11.25

上表可见, 通常从降雨初期到形成径流的 30 分钟内, 雨水中的悬浮物和石油类物质的浓度比较高, 半小时之后, 其浓度随着降雨历时的延长下降较快, 降雨历时 40-60 分钟之后, 路面基本被冲洗干净, 路面径流污染物的浓度相对稳定在较低水平。

本工程在各桥梁两端设置沉淀池, 用于收集桥面初期雨水, 经沉淀处理后排入雨水管网。根据《给水排水设计手册》(1973 版) 中韶关暴雨强度计算公式计算暴雨

级别下初期雨水产生量, 为
$$q = \frac{958(1+0.631\lg P)}{t^{0.544}}$$

其中重现期 P 取值 10 年, 降雨历时 60min。

各桥梁沉淀池设计容量如下:

表 4-7 桥面初期雨水沉淀池容积

桥梁名称	主桥宽 m	桥梁全长 m	前 15 分钟暴雨量 m ³	沉淀池容积 m ³
桂头新桥	25.9	484	170.95	不低于 180
杨溪大桥	13.5	614.4	113.11	不低于 120

长来大桥	13.5	542.2	99.82	不低于 100
------	------	-------	-------	---------

4.3.2 废气污染源分析

一、船舶废气

营运期航道本身不排放大气污染物，对环境气产生影响的主要是航道内通航船舶产生的船舶废气。船舶废气排放量采用英国劳氏船级社推荐的计算方法：船舶燃油量按 $3.72\text{kg/kt}\cdot\text{km}$ 计，每 1t 燃油产生的 NO_2 、 SO_2 排放量为 7.2kg、10kg。根据本工程河段货运量预测结果，估算 2045 水平年工程 21km 航道内船舶废气排放量如下：

表 4-8 2045 年水平年船舶废气产生量

水平年	货运量（万 t）	燃油量（t）	船舶废气发生量（t）	
			NO_2	SO_2
2045	1663	1299.14	9.35	12.99

由于船舶航行并不密集，排放源较为分散，经自然稀释扩散后，对周边环境影响不大。

二、汽车尾气

桥梁工程营运期的大气污染物主要来自车辆运行中汽车尾气的排放，主要污染物为 CO 、 NO_x 及 THC 。

机动车尾气主要污染物是 NO_x 、 CO 、 THC 。机动车排放的气态污染源强按下式计算：

$$Q_j = \sum_{i=1}^n \frac{A_i E_{ij}}{3600}$$

式中：

Q_j —行驶汽车在一定车速下排放的 j 中污染物源强， $\text{mg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ ；

A_i — i 型车的单位时间交通量，辆/h；

E_{ij} —汽车专用公路运行工况下 i 型车 j 种污染物量在预测年的单车排放因子， $\text{mg}/(\text{辆}\cdot\text{m})$ 。

根据《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB18352.6-2016）和《重型柴油污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB17691-2018）的相关规定，2021 年 7 月 1 日起所有车辆执行 6a 阶段标准，2023 年 7 月 1 日起所有车辆执行 6b 阶段标准。因此本项目远期轻型汽车尾气污染物的排放因子采用《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》6b 阶段限值要求，重型汽车尾气

污染物的排放因子采用《重型柴油污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB17691-2018）中 6b 阶段限值要求。

表 4-9 《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》(GB18352.6-2016)

单位：mg/km.辆

I型试验排放限值（6b段）									
车辆类别		测试质量 (TM)/(kg)	CO	THC	NMHC	NOx	N ₂ O	PM	PN（1） （个/km）
第一类车		全部	500	50	35	30	20	3.0	6.0×10 ¹¹
第二类车	I	TM≤1305	500	50	35	35	20	3.0	6.0×10 ¹¹
	II	1305< TM≤1760	630	65	45	45	25	3.0	6.0×10 ¹¹
	III	TM>1760	740	80	55	50	30	3.0	6.0×10 ¹¹
(1) 2020年7月1日前，汽油车过渡限值为 6.0×10 ¹² 个/km									

表 4-10 《重型柴油污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》

阶段	CO[mg/(kW·h)]	NO _x [mg/(kW·h)]
IV	1500	400

综上，本项目运营期各桥梁汽车尾气污染物排放系数见下表，小型车、中型车、大型车比例为 85%：10%：5%。

表 4-11 运营期汽车尾气污染物排放系数汇总表（单位：g/km·辆）

车型	IV (b) 阶段标准（平均）	
	CO	NO _x
小型车	0.5	0.03
中型车	0.63	0.045
大型车	1.5	0.40

根据上表数据及本项目预测交通量，计算运营期大气污染排放源强，见下表。

表 4-12 运营期汽车尾气产生量汇总表

桥梁	桥梁全长 m	最大交通量 (辆/h)	CO (t/a)	NO _x (t/a)
桂头新桥	484	3270	7.81	0.69
杨溪大桥	614.4	427	1.29	0.11
长来大桥	542.2	467	1.25	0.11
合计			10.35	0.92

4.3.3 噪声污染源分析

一、船舶交通噪声

本工程主要噪声源为航行船舶的交通噪声。根据船舶工程设计规范，内河货运

船舶舱室内噪声级最大为 70dB(A)，再经过船舱壁阻隔及水面衰减，船舶外噪声级将进一步减小。

工程建成后，库区通航能力得以提高，库区船舶交通噪声以及进出船闸的船舶噪声将会有所增加，但船舶噪声在有限的范围内产生，通过采取鸣笛限制措施，船舶交通噪声对沿岸噪声贡献值很小，仅 1dB 左右，对区域声环境质量影响很有限。

二、桥梁交通噪声

营运期噪声污染主要来自于交通噪声，营运期各车型的单车辐射声级采用《环境影响评价技术原则与方法》（国家环境保护局开发监督司编著，北京大学出版社）教材中的源强计算公式进行计算（7.5 米处，各车型的适用车速范围均为 20~80km/h）：小型车 $L_{OES}=25+27\lg V_S$ 、中型车 $L_{OEM}=38+25\lg V_M$ 、大型车 $L_{OEL}=45+24\lg V_L$ ，各车型的车速按限速取值（各型车限速均为设计车速，即取设计车速进行源强计算）。

结合各路段车流量、昼夜比、车型比等情况，计算本项目营运期 2045 年小、中、大型车单车平均辐射声级。公路噪声源强见下表。

表 4-13 营运期各桥梁车流量情况表

桥梁	时期	车流量 pcu/h
桂头新桥	近期 2029 年	2289
	中期 2035 年	2780
	远期 2045 年	3270
杨溪大桥	近期 2029 年	299
	中期 2035 年	363
	远期 2045 年	427
长来大桥	近期 2029 年	327
	中期 2035 年	397
	远期 2045 年	467

表 4-14 营运期各桥梁车型比情况表

车型	小型车	中型车	大型车
车型比例%	85	10	5

表 4-15 营运期各桥梁车流量昼夜比

时期	昼间	夜间
比例%	80	20

表 4-16 营运期交通噪声产生情况汇总表

桥梁	车流量/(辆/h)						源强/(dB(A))					
	小型车		中型车		大型车		小型车		中型车		大型车	
	昼间	夜	昼	夜	昼	夜	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间

			间	间	间	间	间						
桂 头 新 桥	近期	1557	389	183	46	92	23	69.92	71.65	72.28	71.92	79	78.56
	中期	1890	473	222	56	111	28	69.21	71.57	72.02	72.04	78.9	78.65
	远期	2224	556	262	65	131	33	68.42	71.48	71.65	72.14	78.72	78.73
杨 溪 大 桥	近期	203	51	24	6	12	3	65.52	65.74	64.82	64.22	72.19	71.78
	中期	247	62	29	7	15	4	65.43	65.73	64.94	64.27	72.28	71.82
	远期	290	73	34	9	17	4	65.35	65.72	65.03	64.33	72.35	71.85
长 来 大 桥	近期	222	56	26	7	13	3						
	中期	270	67	32	8	16	4						
	远期	318	79	37	9	19	5						

4.3.4 固体废弃物

1、船舶生活垃圾

根据北江航道运输量预测，1000t 级船平均以 10 人/艘计，船员按照 1.0kg/d.人计算，则 2045 年船舶运输产生生活垃圾量为 0.5t/d，船舶生活垃圾到港后委托有资质公司清运处理。

2、管理人员生活垃圾

另外，本工程各类管理人员共 36 人，按 1kg/(人·d)计算，则生活垃圾量为 36kg/d，这部分生活垃圾将由环卫部门清运处理。

3、船舶维修废物

在船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船 10kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为 6t/a，船属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性 T，I），须委托有资质公司收集处理。

4.3.5 环境风险

营运期航运的水污染事故主要来源于船舶航行过程中。由于风浪、水流、驾驶技术、船岸间协调中出现操作失误等情况下，可能发生触礁或者与码头发生碰撞，造成大量油品泄漏。这类事故一旦发生、污染范围大，影响后果严重。

4.3.6 生态环境影响分析

（1）水文情势变化

航道整治工程的实施，特别是桥梁拆除将改变局部水域水下地形条件，改变整治河段内工程局部范围的流速、水位等。

工程建成后有利于现有河势、洲滩的稳定，加强两岸地区的防洪安全，减少洪灾发生的可能性，同时也可减少洪水泛滥造成的后续不利影响发生的几率，改善当地居民的生存条件和生活质量，可为该区域创造良好的生活、生产环境。

（2）水生生态影响

①桥梁拆除产生的悬浮物导致水体浑浊、透明度下降，造成本江段施工范围内浮游动物、底栖动物种类、数量下降。

②工程将导致局部水底扰动，导致区域水生生境发生改变，对鱼类生境有一定影响。

③护岸工程实施后，原来的自然岸线特别是局部崩塌、不稳定的岸线变成稳定的岸线。

④施工作业产生的污水、噪声，将对水生生物产生一定影响：

a) 岸坡开挖使地表裸露，遇降雨时地表径流将携带土颗粒进入武江，造成下游水体悬浮物浓度增高，影响施工水域的水生生态影响。

b) 航道整治过程中产生的悬浮物和船舶噪声可能对江段中生存的鱼类造成干扰和意外伤害。

⑤工程建设将对整治河段内的渔业资源产生影响，主要体现在水上作业对鱼类活动、进食及繁殖等方面，施工期水上施工作业对工程河段鱼类有驱赶作用，导致施工期工程区域鱼类数量的减少。

⑥航道整治后，船舶滞留江中的时间减小，发生碰撞与搁浅事故减少，货物泄漏对水生生物的影响将减小。

（3）陆域生态影响

护岸施工破坏少量地表植物，造成生物量损失，由于工程施工期在枯水期进行，此时植被较少，植被损失量少。

随着生态护岸工程实施植被恢复，航道两岸的陆域生态将得到有效恢复。

（4）水土流失

护岸加固改善原局部崩塌、不稳定的岸线，有利于水土保持。

工程建成后，河势得到有效控制，可减少因河岸冲刷和崩岸造成的水土流失。

4.4 污染源分析汇总

本工程污染源分析汇总如下：

表 4-17 主要污染源强汇总

时段	类型	污染源		主要污染物	源强	污染源位置	排放情况	
施工期	废水	航道工程	施工作业	局部 SS 约 1000 mg/L	—	锚地建设、废弃桥墩拆除、护岸抛石	其影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失	
			舱底油污水	石油类：5000mg/L	0.8t/d	船舶	委托有资质公司接收处置，不外排	
			船舶生活污水	COD：250mg/L；BOD ₅ ：150mg/L；SS：250mg/L；NH ₃ -N：25mg/L	24m ³ /d	船舶	设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排	
			码头及配套设施生活污水	COD：250mg/L；BOD ₅ ：150mg/L；SS：250mg/L；NH ₃ -N：25mg/L	18m ³ /d	码头及配套设施	经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理	
			生产废水	石油类约 10~30mg/L 悬浮物约 1000mg/L	10m ³ /d	生产及施工区	进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排	
		船闸工程	生活污水	COD：250mg/L；BOD ₅ ：150mg/L；SS：250mg/L；NH ₃ -N：25mg/L	100m ³ /d	施工工区	经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理	
			混凝土拌和系统冲洗废水	SS 约 5000 mg/L	43.2 m ³ /d	混凝土拌和系统	进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。	
			机械修配冲洗系统废水	石油类约 40mg/L SS 约 2000 mg/L	90m ³ /d	机械修配冲洗系统	进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排	
			基坑废水	SS 约 1000 mg/L	60m ³ /d	基坑	向沉淀池中投加絮凝剂处理后，达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排	
		桥梁工程	生产废水	石油类约 25mg/L SS 约 2000 mg/L	40m ³ /d	施工区	通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排	
			施工废水	SS：5000mg/L	—	桥梁施工	经沉淀池沉淀后回用，不外排	
			施工船舶含油废水	石油类：5000mg/L	0.16t/d	船舶	委托有资质公司接收处置，不外排	
			施工船舶生活污水	COD：250mg/L；BOD ₅ ：150mg/L；SS：250mg/L；NH ₃ -N：25mg/L	4.8m ³ /d	船舶	设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排	
		废气	航道工程	施工扬尘	TSP	/	陆域	洒水降尘、遮挡后无组织排放，面源
				燃油废气	SO ₂ 、NO _x 和烃类	/	船舶	风力稀释后无组织排放，面源

	船闸、桥梁工程	混凝土拌和系统粉尘	粉尘	133kg/d	船闸	洒水降尘、遮挡后无组织排放，面源
		开挖粉尘	粉尘	0.48t/万 m ³	船闸	
		施工机械尾气及扬尘	粉尘、SO ₂ 、NO _x 和烃类	/	施工场地	
		桥梁拆除废气	粉尘、NO _x	粉尘：0.077t；NO _x ：0.006t	抢粮	洒水降尘后无组织排放，面源
	噪声	航道工程噪声	Leq	65~96 dB (A)	航道工程	线源、面源
		船闸、桥梁施工噪声		80~95dB (A)	船闸、桥梁施工	面源
		施工工区噪声		60~95dB (A)	施工工区	面源
		交通噪声		88~93 dB (A)	交通道路	线源
		施工爆破		100~120dB (A)	桥梁拆除	间歇点源
	固体废物	工程弃渣	弃土、弃渣	242.24 万 m ³	施工场地	弃渣场
		生活垃圾	生活垃圾	0.734t/d	施工工区	委托环卫部门清运处理
		隔油池油渣	隔油池油渣	2t	隔油池	交由有资质单位回收处理
		施工船舶维修废物	废机油等	5.76t/a	机械修配	交由有资质单位回收处理
		沉淀池污泥	污泥	0.24t/d	沉淀池	运至弃渣场处理
运行期	废水	船舶舱底油污水	石油类：5000mg/L	13.5t/d	船舶	委托有资质公司接收处置，不外排
		船舶生活污水	COD：250mg/L；BOD ₅ ：150mg/L；SS：250mg/L；NH ₃ -N：25mg/L	100m ³ /d	船舶	设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排
		管理人员生活污水	COD：250mg/L；BOD ₅ ：150mg/L；SS：250mg/L；NH ₃ -N：25mg/L	7.2m ³ /d	船闸管理	经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理
		桥面雨水径流	SS：1000mg/L	23.69m ³ /d	桥面	经沉淀处理后排入雨水管网
	废气	船舶废气	SO ₂ 、NO _x	SO ₂ ：12.99t，NO _x ：9.35t	航道	风力稀释后无组织排放，面源
		汽车尾气	CO、NO _x	CO：10.35t/a，NO _x ：0.92t/a	桥梁	
	噪声	船舶交通噪声	噪声	70 dB (A)	航道	线源
		桥梁交通噪声	噪声	78.44dB (A)	桥梁	线源
	固体废物	船舶生活垃圾	生活垃圾	0.5t/d	船舶	船舶生活垃圾到港后委托有资质公司清运处理
		管理人员生活垃圾	生活垃圾	0.036t/d	船闸	委托环卫部门清运处理
		船舶维修废物	维修废物	6t/a	船舶	委托有资质的单位收集处理

5. 环境现状调查与评价

5.1 自然环境概况

5.1.1 地理位置

韶关市地处粤北山区，位于东经 $112^{\circ} 50' - 114^{\circ} 45'$ 、北纬 $23^{\circ} 5' - 25^{\circ} 31'$ 之间。西北面、北面和东北面与湖南郴州市、江西赣州市交界，东面与河源市接壤，西连清远市，南邻广州市、惠州市。被称为广东的北大门，从古至今是中国北方及长江流域与华南沿海之间最重要的陆路通道，战略地位历来重要。京广铁路大动脉、京珠高速公路和 106 国道南北向贯穿全市、323 国道东西向贯穿全市，均经过韶关市区。我国南北公路运输干线 107 国道、105 国道分别经过本市北部和东南部。

5.1.2 地形、地质与地貌

一、地形、地质与地貌

韶关市地处南岭山脉南部。全境在地质上处于华夏活化陆台的湘粤褶皱带。岩石以红色砂砾岩、砂岩、变质岩、花岗岩和石灰岩为主。在地质历史上是间歇上升区，流水侵蚀作用强烈，造成峡谷众多、山地陡峻以及发育成各级夷平面。地貌独特，以山地丘陵为主。自北向南明显分布大体平行的三列弧形山系：蔚岭、大庾岭山系，石人嶂山系，青云山山系。其间分布两行河谷盆地，包括南雄盆地、仁化董塘盆地、坪石盆地、乐昌盆地、韶关盆地和翁源盆地。韶关以典型的红岩地貌闻名于世，南雄、坪石等盆地属红岩类型。南雄盆地幅员最广，岩层有十分丰富的古生物化石。仁化丹霞山、曲江韶石山、坪石金鸡岭等红岩峰林，地貌学中称为丹霞地形，风景绝佳。全市境内山峦起伏，中低山广布。北部地势为全省最高，千米以上山峰数以千计。乳源石坑崆海拔 1902 米，为广东第一高峰。南部地势较低，市区海拔在最低 35 米。

韶关市区属侵蚀~堆积的地貌特征，沿北江和支流武江、浈江两岸发育 I、II 级阶地，构成丘陵区山间冲积盆地。沿河两岸还发育有高漫滩、低漫滩和河中沙洲。北江及支流两岸局部零星分布有 III、IV 级基座阶地。I 级阶地高程约 52~58m，II 级阶地高程约 58~65m。浈江两岸阶地范围较狭小，武江和北江两岸阶地面较平坦和宽阔。市区中心小岛则为武江、浈江和北江的交汇地带，形成三面临水的环岛。

韶关市区域地质构造主要由 NE 向构造带, SN 向构造带和华夏系构造带 (NE~NNE) 组成。EW 向构造带在区内分布较广, 主要由压性或压扭性断裂及隐伏断裂破碎带组成。SN 向构造带主要发育在韶关的中部和西部, 以成组密集发育的逆冲断层为其重要特征。华夏系构造广泛分布在本区的中部, 是本区的主要构造带。以平行的褶皱群及其伴生的走向断裂, 构成本区的 NE 向或 NNE 向构造带。具体有芙蓉山向斜、马坝向斜、老屋向斜。此外, NE 向或 NNE 向断裂在本区内广泛分布。

进入第四纪以后, 没有发现活动性断裂, 区内断裂仅切穿至上白垩系南雄群 (K2nn)。本区以不均衡缓慢上升运动为主, 形成 4 级阶地, 构造上属于相对稳定阶段。本区地震基本烈度属六度, 本区地震动峰值加速度为 0.05g, 地震动反应谱特征周期 0.35s。

二、地质构造

武江航道沿线沉积层以石炭系和泥盆系为主, 以碳酸盐岩为主、夹砂页岩的浅海沉积; 中生代以后的其他地层分布零星, 为陆相红色砂砾岩系。此外, 沿河谷、盆地发育较厚的第四系地层; 现从老至新分述如下:

(1) 泥盆系

①余田桥组 (D_3): 深灰色灰岩、泥质灰岩、东部为紫红、灰紫色泥质粉砂岩及粉砂质页岩。

(2) 第四系地层

1) 更新统:

①中更新统 (Q_2) 三级阶地冲积、沉积: 上部为黄褐色粉质黏土、粉土或粉质黏土层, 厚 1-2m, 下部为黄褐色砂质黏土, 含粒黏土、细砂、砾石层。

②上更新统 (Q_3^{al}) (二级阶地冲积沉积): 上部一般为黄色、黄褐色粉质黏土、含砂质黏土或粉质黏土及黄、黄褐色砾石层或砂砾层, 厚 2.5m~18.46m; 下部为黄褐等色砂质黏土层、含砾黏土、细砂及黄色砾石层。

2) 全新统

①近代冲积层 (Q_4^{al}) (阶地冲积沉积): 上部为灰色~褐黄色含砾黏土、砂质黏土、黏土、粉质黏土, 下部多为砂砾卵石层。

②现代冲积层 (Q_4^{al}) (河床冲积沉积): 为黄~灰白色中细砂、中粗砂、砾质粗砂及深灰色黏土、淤泥质土。主要分布于北江河床和河漫滩一带;

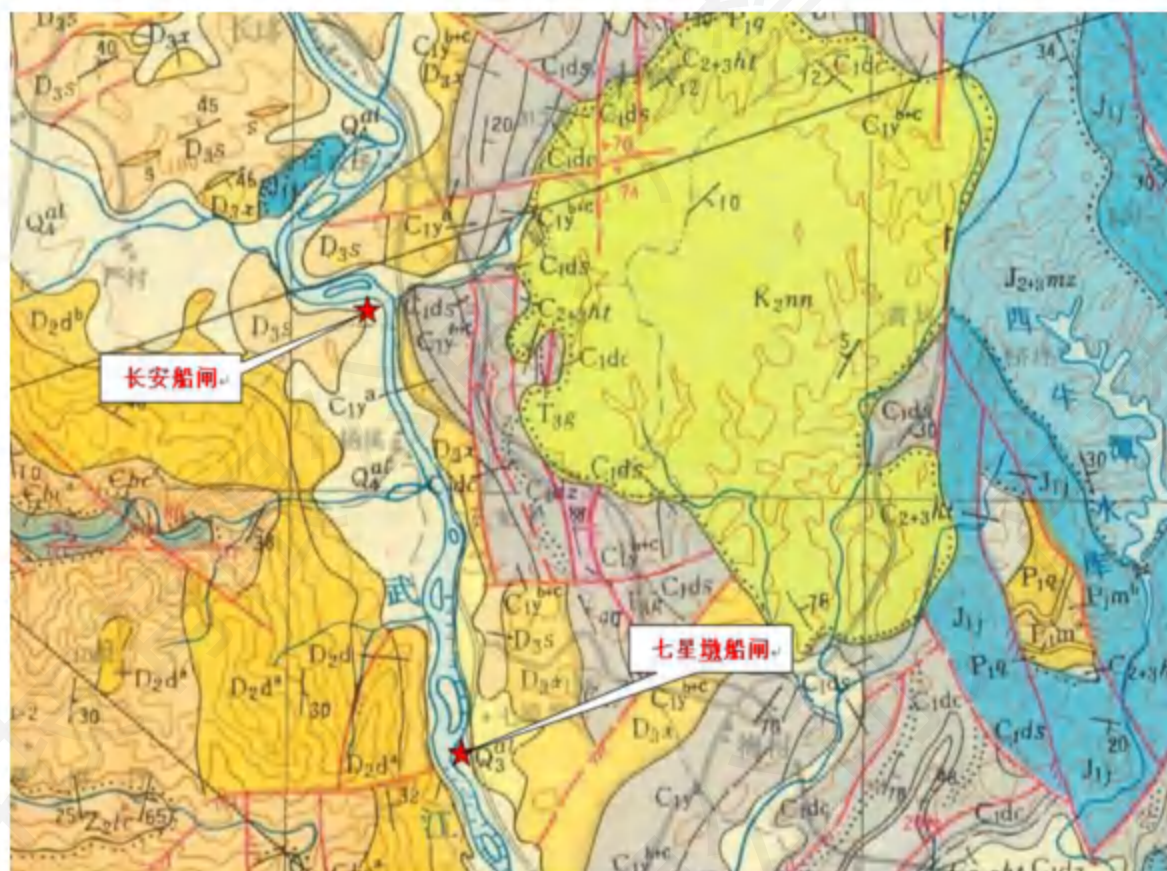


图 5-1 项目区附近区域地质构造图

本区地质构造体系以南北向构造体系和华夏系为主，次为东西向构造体系、新华夏系（分早、晚期新华夏系）、华夏式构造和体系不明之北西向构造。

本工程处于厢廊向斜构造的北西翼。厢廊向斜形成于印支期，属三级褶皱。该向斜位于重阳背斜北西侧，核部形成低凹侵蚀地形，出露下二叠茅口阶、栖霞阶和上中石炭统，两翼依次出露下石炭统大塘阶、岩关阶和上泥盆统，轴向倾向北西。向斜南西扬起端较紧密，呈三角形山体。根据本项目工可资料，未见断层，工程场地地质构造属于相对稳定地块。

三、水文地质

勘察期间测得地下水高程约 75.95~82.8m，埋深约 0.10~5.20m。

工程场地属于亚热带季风气候，雨水充沛，河网发育，为地下水的渗透补给提供了充足的水源。

场地地下水类型主要为潜水（松散层孔隙水、基岩裂隙水、岩溶水）、承压水（松散层孔隙水、岩溶水）。

- 1) 孔隙性潜水赋存于表层粉质黏土层中，含水量不大，为相对隔水层；
- 2) 基岩裂隙水赋存于基岩风化带裂隙中，工程场地岩溶裂隙发育，溶洞有一定

储水量，含水量丰富。

3) 岩溶水主要赋存与下部溶洞中，层状、脉状，一般含水量较大。

4) 承压水主要赋存于下部砂土、卵石及岩溶内，该层分布均匀，连通性较好，透水性强，含水量丰富；

卵石层和风化岩层透水性较好，含水量较大，地下水与河水的水力联系密切，水位埋深受河水影响较大。场地地下水主要接受大气降水、地表水的垂向补给和江水的横向渗透补给，以蒸发和渗流方式排泄。

5.1.3 气候与气象

韶关市气候属中亚热带湿润型季风气候区，一年四季均受季风影响，冬季盛行东北季风，夏季盛行西南和东南季风。四季特点为春季阴雨连绵，秋季降水偏少，冬季寒冷，夏季偏热。年平均气温 18.8°C ~ 21.6°C ，最冷月份（1月）平均气温 8°C ~ 11°C ，最热月份（7月）平均气温 28°C ~ 29°C ，冬季各地气温自北向南递增，夏季各地气温较接近。雨量充沛，年均降雨 1400~2400 毫米，3~8 月为雨季，9~2 月为旱季。日平均温度在 10°C 以上的太阳辐射占全年辐射总量的 90%，光能、温度、降水配合较好，雨热基本同季，有利植物生长和农业生产。全年无霜期 310 天左右，年日照时间 1473~1925 小时。

5.1.4 土壤与植被

韶关具有丰富的森林资源和独特的生态系统，是广东省最大的再生能源基地和天然生物基因库，森林资源及野生动、植物资源极其丰富。韶关是我国重点林区，是我省重要的用材林、水源林、天然林基地及重点毛竹基地，是珠江三角洲的重要生态屏障，森林资源居省内首位。全市林业用地面积为 143.5 万公顷，占国土总面积的 78%，有林地面积 133.5 万公顷，森林覆盖率为 71.2%，活立木蓄积量为 6776.5 万立方米。区域内植物种类起源古老、成份复杂，蕴藏着丰富的野生动植物资源，据不完全统计，全市高等植物有 271 科，1031 属，2686 种，其中苔藓植物 206 种，蕨类植物 186 种，裸子植物 30 种，被子植物 2262 种；脊椎动物有 34 目，99 科，263 属，443 种，其中兽类 86 种，鸟类 217 种，爬行动物 74 种，两栖类 33 种，鱼类 33 种；非脊椎动物有 3000 种以上。国家一级保护动物有华南虎、云豹、黄腹角雉、黑鹿和瑶山鳄蜥，国家二级保护动物有穿山甲、猕猴等 52 种，列入国家重点保护的野

生植物有水松、红豆杉、广东松等 36 种。全市有各类自然保护区 21 处，森林公园 10 个，面积 38.2 万公顷。林副产品有木材、毛竹、松香、松节油、茶油、桐油、木耳、冬菇、茶叶、白果、杜仲、竹笋、板栗等。

5.2 环境质量现状监测与评价

本项目位于韶关市范围内。根据环评技术导则规定，环境质量现状调查应尽量使用现有数据资料。本项目环境影响评价过程遵循上述原则，环境质量现状调查以现有数据资料为主。

6. 环境影响预测与评价

6.1 生态环境影响分析

6.1.1 生态系统及环境质量影响分析

6.1.1.1 对水质的影响

一、施工期

工程对底泥扰动产生的悬浮物，可能导致作业区域水质及周边水生生物生境变化，影响大型底栖动物和鱼类等水生生物。施工期对水体悬浮物影响机理是局部猝发紊动水流对河床底部泥沙产生扰动，其中悬沙中颗粒较粗的推移质或跃移质很快沉降，而颗粒较细的部分泥沙受紊流作用在水体中成为启动的悬移质泥沙，另一部分很细的泥沙受局部扰动，成为悬浮状态的悬移质，影响光合作用，鱼类等水生生物误食悬浮毒物造成死亡。堵塞或破坏鱼类的呼吸器官，严重损害腮部的滤水和呼吸功能，从而造成窒息死亡。浮游植物是鱼类或其他水生动物的饵料。工程中的卸渣等过程因水流发生变化等引起局部水域水质浑浊，影响阳光透射，使水中浮游植物光合作用暂时降低，不利于藻类生长繁殖，数量减少。浮游动物是许多经济鱼类和几乎所有仔稚鱼的重要饵料。浮游动物在水域生态系统的食物链和能量转换中占有重要地位。在施工期，丁坝的拆除工程同样对水质和底质造成影响。船闸、桥梁施工，主要集中在围堰内进行施工作业，不会对水体构成扰动，也不会直接影响鱼类活动。工程建设过程中，大量的土石方开挖，造成植被破坏地表扰动，容易造成新增水土流失，增加河流水体中泥沙的含量，使水环境浊度增加，同时水土流失中，部分污染物溶解于水体中，也将使水环境受到一定污染。船闸施工过程中施工围堰会临时占用近 9000m² 的水域，会对武江局部底质造成一定影响，但随着工程结束，施工扰动性水质、底质影响因素消除。其他施工过程中产生的生活污水、冲洗废水等处理后，交由专业部门回收或预处理后回用，不外排至水域，因此，不会对武江水质和底质造成影响。

二、运行期

(1) 船舶污水影响分析

本项目对武江进行整治，将逐步消除现有航道存在的安全隐患，从而提高航道

安全性，避免由于安全原因产生的运力和营运损失，将极大程度的减少不必要的船舶运力。

航道整治后，将会改善水流条件，水体自净能力得到提高。护岸工程可有效防治河水对岸坡的侵蚀，这对保护该河段水质是有益的。随着大吨位船舶比例的逐步提高，大吨位船舶的防污设施明显好于小型船舶，这对改善航道水环境是有利的。

根据交通部 2015 年第 25 号令《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》，船舶舱底油污水由海事部门备案的接收单位接收处理。船舶生活污水不得在本河段水域排放，生活污水上岸依托港区或区域污水处理厂处理。

营运期应加强对航道内船舶污水的管理，只要管理到位，船舶污水基本不会对航道内水环境造成污染影响。

（2）船闸管理区污水影响分析

船闸管理区生活污水经三级化粪池处理后用于周边林地浇灌，不外排，不会对附近水体水环境造成污染影响。船闸管理区机修间机械维修过程会产生少量含油废物，含油废水中主要的污染因子为石油类，石油浓度约 5000mg/L ，委托有资质的单位进行处理，不会对附近水体水环境造成污染影响。

6.1.1.2 对水文情势的影响

通过二维水沙数学模型计算表明，各河段工程实施后水位降低，而工程下游水位变化较小，比降有所减小，即水面线趋于调平，变化幅度随流量变化而变化。工程实施后，流速变化主要集中在工程区域，流速降低，而其上下游流速增加。整治工程对洪水位影响较小。具体如下：

（1）富湾~长安枢纽河段

富湾~长安枢纽河段为冲刷趋势，2008~2016 年期间，富湾~长安枢纽河段冲刷 285.57万 m^3 ，平均冲刷深度 0.96m 。

2016 年与 2008 年比较，长来大桥以上河段、小水河口以下库区河段的深泓变化不大，仅廊田河口至小水河口河段的深泓纵向呈冲刷下切趋势，平均下切 3.5m 。

（2）长安枢纽~七星墩枢纽河段

长安枢纽~七星墩枢纽河段为淤积趋势，2008~2016 年期间，长安枢纽~七星墩枢纽河段淤积 83.27万 m^3 ，平均淤积厚度为 0.32m 。

2016 年与 2008 年比较，长安枢纽~七星墩枢纽河段代表断面位置及平面冲淤变

化不大，局部存在深坑。长安枢纽~杨溪大桥河段深泓变化不大，整体略有淤积，平均淤积 0.5m 左右，杨溪大桥至七星墩枢纽河段深泓纵向为下切趋势，局部深泓最大下切 5.2m。

（3）七星墩枢纽~桂头大桥河段

七星墩枢纽~桂头大桥河段为冲刷趋势，2008~2016 年期间，七星墩枢纽~桂头大桥河段冲刷 29.7 万 m^3 ，平均冲刷深度为 0.37m。

2016 年与 2008 年比较，七星墩枢纽~桂头大桥河段深泓纵向总体为下切趋势，代表断面位置深泓最大下切深度超过 2.5m，其中，桂头新桥上游河段深泓有所淤积，平均淤高 1.2m 左右。

从目前变化趋势看，富湾至桂头大桥河段河床冲淤变化不大，但局部河段存在采砂活动，如果仍按目前情况进行采砂，富湾至七星墩枢纽局部河段河床仍将继续冲刷发展，局部河段河床将维持目前较为明显的冲刷下切趋势；如果能合理控制采砂，河床变化将以自然演变为主，河床将以小幅冲淤变化趋势发展。

6.1.2 生物多样性影响分析

6.1.2.1 对鱼类区系组成的影响

施工期，由于先要挖桩、灌浆等工程建设，产生的悬浮物、油污、生活废水等污染物会影响鱼类的生存和发育，影响范围在工程下游 1km 即可达到正常，且鱼类有较强的适应能力，对污染物会规避，建成后水质好转后会返回。因此，工程建设对保护区鱼类区系成分、种类变化影响是可逆的，在施工完成后鱼类区系将得到恢复。

6.1.2.2 对鱼类等水生生物种群结构的影响和数量影响

工程下游是各种鱼类繁殖、栖息的重要场所，施工过程中产生的扰动、污水、噪声等会对该区域的鱼类有一定程度的影响，根据上文悬浮物、油污、噪声影响范围分析，工程所产生的影响主要在 500m 范围之内，在施工过程中产生的噪声和振动是比较大的，会影响到这河段生存鱼类的生长和发育。短时间内该范围水域部分鱼类因负趋音而会逃离该水域，导致该水域鱼类种类减少，鱼类种群密度将会下降。但随着工程结束，该影响将得到恢复。

运行期，如果发生危险化学品侧翻、泄露将对该河段地形及附近水域鱼类及其

他水生生物产生极大的破坏，并导致水质污染或毒害，从而影响保护区的水生生物资源。

6.1.2.3 对鱼类等水生生物繁殖的影响

本工程江段下游洲滩沿岸分布有一些产粘性卵的产卵场和漂流性产卵场，产粘性卵的鱼类产卵场多以洲滩近岸草基、石基作介质产卵。

水体污染会危害保护区鱼类的产卵和繁殖。例如：水体中的泥沙将降低鱼类的生长率、孵化率、仔鱼成活率和捕食效率等。泥沙沉降后，覆盖了河底的鱼卵，使孵化率大幅度下降，同时，泥沙沉降后，掩埋了水底的石砾、碎石及水底其他不规则的类似物，从而破坏了鱼苗天然的庇护场所，降低仔鱼的成活率；泥沙还将降低鱼类对疾病的抵抗力，干扰其产卵，改变其洄游习性等。

另外，事故风险情况下，施工机械油料泄漏到水体，直接给鱼类的生境和生存带来负面影响。工程建设会导致施工水域仔幼鱼庇护场的生态环境发生较大改变，饵料生物的种群结构和数量同时会减少，可能会导致原有索饵场消退或者产生新的索饵场，尤其在营养物质较为丰富的水域可能会形成新的索饵场，有利于喜静水、滤食性鱼类的摄食生长。因此，要通过对施工期的限制来降低影响。比如涉水施工禁止在 3-7 月进行。

本航道工程涉及护岸等工程，由于工程量很小，对鱼类三场影响较小。

由于鱼类本身具有一定的避让能力，施工期鱼类会远离产卵场，施工结束后则会恢复在该区域的产卵活动。涉水构筑物建设工程的影响主要表现为对施工河道底质、洲滩等鱼类生境的改变，从而在一定程度上破坏底栖性鱼类的栖息地，并导致鱼类底栖性饵料生物的减少。由于工程施工范围有限，且附近江段存在类似的生境条件，通过建设人工鱼巢和调整施工时间等措施，会把影响降低到一个较低的水平。

鱼类越冬场主要集中在干流的河床深处或坑穴中，这些区域与施工区较远，施工对越冬场生境及水质的产生影响有限。施工期对鱼类的影响最主要的是施工期产生的噪音，由于鱼类越冬时通常潜伏在河道深水区，故所受的干扰较小。

工程河段可为鱼类提供越冬的区域较多，航道深水区均可成为鱼类越冬场所，且鱼类具有本能的回避能力，可在远离施工区域的其他越冬场进行越冬。总体上，施工对鱼类越冬的影响较小。

6.1.2.4 对鱼类仔鱼庇护与生长的影响

仔幼鱼由于器官发育还未完善，抵抗风浪等自然环境影响的能力差，活动力弱，易被凶猛性鱼类捕食，因而存活率低。

仔幼鱼主要以浮游动物为食，会选择水流平缓，适口饵料丰富，水位相对稳定等为庇护场所。本项目施工期涉水工程均会产生较大的悬浮物，会对鱼卵及仔鱼造成较大伤害，造成仔鱼成活率降低。武江鱼类洄游繁殖的主要时间在每年的 3-7 月，期间将有大量的成熟亲鱼通过北江上溯寻找适宜的产卵场所，途经施工江段，包括四大家鱼、斑鳊、唇鱼、桂华鲮、盆唇华鲮、卷口鱼等。可通过限制施工期的限制降低影响，水下施工避开主要上溯产卵鱼群洄游季节（3-7 月）。

6.1.2.5 对水生生物多样性的影响

工程结束后，因整治工程破坏了适应洞穴礁石生活的鱼类栖息地，这些种类种群数量会减少。且该水域原有河水的流向、流速发生一定变化，营运期对长久适应原有环境在此栖息、繁殖、索饵、的鱼类因环境突变将产生一定程度影响。在落实人工渔礁、鱼巢、增殖放流、过鱼通道等生态修复措施后，会减缓工程带来的不利影响，评价区域江段的鱼类等生物多样性将不会发生大的波动与变化。

6.1.2.6 对鱼类等水生生物洄游阻隔的影响

通过资料和调查数据可知，该水域分布有洄游性鱼类鳊鲌，江河半洄游性鱼类有：青、草、鲢、鳙、倒刺鲃、光倒刺鲃、三角鲂、南方白甲鱼、银鲮、桂华鲮、唇鲮、三角鲤等，这些种类需要生殖洄游，武江已有的梯级水坝阻碍这些鱼类的洄游通道，无法完成其生活史，对其资源造成巨大影响，本工程将在船闸建设过程中加建过鱼通道，在一定程度恢复江河连通，对保护区鱼类交流、渔业资源可持续发展具有促进作用。

6.1.2.7 对浮游生物的影响

一、施工期

（1）浮游植物

桥梁拆除等涉水工程施工将使工程区及其附近水体浑浊度增加，使得水体透明度下降，改变了水下光照条件，浮游植物的光合作用受到抑制，影响浮游植物的生长，水体初级生产力降低。浮游植物作为生产者是第 1 环节（也称第 1 营养级），

植食性浮游动物摄食浮游植物，是第 2 环节。浮游植物的产量（初级生产力）决定着植食性浮游动物的产量（次级生产力），而后者又决定着小型鱼类的产量（3 级生产力）和大型鱼类的产量（终级生产力）。因此，浮游植物初级生产力是水体生物生产力基础，是河流生态系统食物网的结构和功能的基础环节，不但要为鱼类直接和间接提供天然活饵料，而且还是水体溶氧的主要制造者（占溶氧来源的 80%~90%）。

本项目河段现状浮游植物最大生物量为 9.55g/m^3 ，施工活动影响面积为 126 万 m^2 ，影响水深 2m，浮游植物损失量为 24.07t。

（2）浮游动物

浮游动物是中上层水域中鱼类和其他经济动物的重要饵料，对渔业的发展具有重要意义。工程施工活动引起水体中悬浮物浓度的增加对浮游动物产生间接或直接影响，包括干扰鱼类摄食；悬浮物中一些碎屑和无机固体物质可以妨碍浮游动物对食物的摄取、或者稀释肠中的内容物从而减少对食物的吸收；可以减少多种溞属和其它枝角类的摄食率、生长率和竞争能力，尤其对大型枝角类影响较大。枝角类主要靠胸肢滤食，对食物无选择性，颗粒较大的碎屑和悬浮物质容易堵塞其滤食器官，减少食物摄取与吸收，进而影响枝角类的生长与摄食率。当浑浊度达到或超过 5、10、15mg/L 时，对浮游植物的摄食率可减少至清水中的 50%、30%和 25%。与枝角类相比，桡足类则能够通过选择性取食减少悬浮物的干扰，轮虫的摄食也比溞属有更多的选择性。因此，沉积物再悬浮有利于有选择性觅食能力的浮游动物（如桡足类和轮虫）的生存和发育，从而引起浮游动物群落结构的改变。

本项目河段现状浮游动物最大生物量为 0.3752g/m^3 ，施工期浮游动物损失量最大为 0.945t。

锚地工程中靠船墩将占用部分生境空间，对水生生物数量及鱼类活动将产生一定程度的不利影响。此外，锚地建设过程中港池开挖造成施工水域悬浮物浓度增加，透明度下降，影响浮游植物光合作用，对浮游生物生物量有一定的影响，但这种影响只是局部的、暂时性的。浮游生物的损失主要集中在水域施工场地和周边影响区域；浮游和底栖生物赖以生存的栖息地遭受彻底破坏。但施工期由于不断流，对施工区域江段水生生物总体影响有限。

（3）小结

本项目施工造成浮游植物和浮游动物的损失影响小。影响的浮游植物和浮游动物均为沿线江段内常见物种，且适应环境能力强，同时施工作业区域有限，随着施

工作业停止后数小时悬浮物沉淀，水体变清，其资源将逐渐得到恢复，不会对工程影响区域浮游生物的群落结构、组成和功能造成影响。

二、营运期

船舶来往使周围水体产生扰动，这些扰动对项目区河段水域水生生物包括底栖生物的生物量、种类及栖息环境产生一定影响，但由于船舶运营对水体的影响主要集中在上层，水生生物除浮游生物（主要是浮游植物）在水体表层活动强度较大外，其它生物多在中层及底层活动，且水生生物的浮动性较强，船舶来往产生的水体扰动影响范围较小，故对浮游及底栖生物影响影响较小，不会根本改变水生生物的栖息环境，亦不会使生物、种类、数量明显减少。

6.1.2.8 对底栖动物的影响

一、施工期

多数底栖动物长期生活在底泥中，具有区域性强，迁移能力弱等特点，对于环境污染及变化通常少有回避能力，其群落的破坏和重建需要相对较长的时间。本项目所在河段底栖动物受采砂影响，底栖动物种类及数量极少。预计施工期对底栖动物的影响较小。

二、运营期

工程完工后，随着时间的推移，在护岸、船闸等水工建筑附近会逐渐形成周丛生物群落，随着河床冲淤平衡与底床的稳定，底栖动物会在工程区域逐渐恢复，工程的建设不会导致这些物种产生明显影响。

6.1.2.9 水生生物资源生态损害评估

本项目部分工程将占用水域面积，施工结束后将有部分水域的环境发生变化，使保护区水域功能被破坏或水生生物资源栖息地丧失。根据《建设项目对国家级水产种质资源保护区（淡水）影响专题论证报告编制指南》，施工期和运营期参照附录4中的评估方法，占用水域面积造成的各类资源损失量均以实际影响计算。

由于北江航道扩能升级上延工程一航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表于2023年11月22日取得了韶关市生态环境局批复（批文号：韶环审[2023]87号）。本报告不再对疏浚工程、清礁工程、临时工程等造成的水生生物损害评估。

（1）船闸工程造成水生生物损害评估

船闸工程的实施主要会破坏底栖生物的生存环境，使北江水域功能被破坏以及

底栖生物资源量的损失，计算生物资源的损害量按如下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]、千克每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第 i 种类生物占用的保护区水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

本报告假设底栖生物直接损失死亡率为 100%。本项目七星墩新建船闸占用水域面积为 0m²，长安新建船闸占用水域面积为 31600m²，船闸造成底栖生物资源量的损失见下表。

表 6-1 船闸工程造成底栖生物损失量估算表

影响方式	造成损失的面积（m ² ）	平均生物量(g/m ²)	生物损失量（kg）
七星墩新建船闸	0	4.61	0
长安新建船闸	31600		145.68

由表可知，本项目船闸工程的实施造成底栖生物资源损失量为 145.68kg。

（2）工程造成直接经济损害评估

北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）施工期船闸工程永久占用底栖生物的生境造成北江水域底栖生物生存环境遭到破坏，导致水生生物资源量的损失。

①评估方式

浮游植物经济损失换算成鱼生产力（30kg 浮游植物生产 1kg 鱼），浮游动物经济损失换算成鱼产力（10kg 浮游动物生产 1kg 鱼）。北江航道扩能升级工程造成武江流域浮游植物、浮游动物损失而导致的直接经济价值损失分别按式（1）（2）计算，公式如下：

$$M=W/30 \times E \quad (1)$$

$$M=W/10 \times E \quad (2)$$

式中： M ——经济损失金额，单位为元（元）；

W ——生物资源损失量，单位为千克（千克）；

E ——主要摄食饵料生物鱼类平均成体价格。

②评估结果

按照《建设项目对国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告编制指南（试行）》，根据 4.3.2 章节中工程造成水生生物资源量的损失评估以及将饵料生物资源换算成为鱼产力的方法进行评，项目建设及运营造成饵料生物经济价值损失量见下表。

表 6-2 工程建设及运营对饵料生物经济价值损失评估表

饵料生物	工程类别	生物资源损失量 (kg)	鱼生产力 (kg)	平均价格 (元/kg)	经济损失金额 (元)
底栖生物	船闸工程	145.68	—	25	3642

③补偿倍数的确定

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)》，持续性生物资源的损害补偿实际影响年限低于 3 年的，按照 3 年补偿；持续性损害影响年限为 20 年以上的，补偿年限确定为 20 年。本项目 2 个船闸工程的建设会永久占用部分水域，造成占用水域生物资源量的永久损失，持续影响时间超过 20 年，因此补偿年限确定为 20 年。由此，计算出本船闸工程施工期和运营期造成的渔业资源生态损害的补偿金额合计为 7.28 万元。

6.1.3 陆生生态影响分析

施工对陆域生态环境影响主要包括土地占用、植被损毁、地形地貌改变使自然资源受到影响。根据工程布置，船闸工程占地包括永久用地、弃渣用地和临时用地。

本工程运营期间基本不排放污染物，而且将进行植被恢复和工程区的绿化美化，因此对陆域生态系统基本无影响。

本工程包括航道整治和护岸、新建船闸、配套工程等内容。工程对陆生生态系统的不良影响主要来自施工期的占地影响；运营期结合水土保持措施，施工临时占地区域可逐步进行生态恢复。

6.1.3.1 对陆生植被的影响

1. 施工占地对植物及植被的影响

工程占地不可避免的破坏占地区植物及植被。其中，永久占地是长期的、不可逆的，临时占地是暂时的、可恢复的。

（1）永久占地对植物的影响

永久占地区施工将使区域内土地利用类型发生改变，植物个体损失，植被生物量减少。结合具体工程布置，根据现场调查，永久占地主要包括七星墩船闸、长安船闸及桥梁工程和护岸工程，工程陆域部分主要占地的植被有林地（包括园地）、灌草丛和耕地等，常见的植物群系有竹林、尾叶桉林、五节芒灌丛等，植被均为常见类型，因此，工程永久占地对植物影响较小，仅为个体损失、植被生物量减少。综上所述，工程建设永久占地对占地区植物种类、植被类型及生物量的影响较小。

（2）临时占地对植物及植被的影响

工程建设区临时占地主要为七星墩弃渣场、长安弃渣场，其他施工场所占地均布设在永久占地范围内。结合具体工程布置，根据现场调查，七星墩弃渣场、长安弃渣场占地主要为工矿用地，植被以人工种植的竹林为主，常见的植物群系有毛竹林、撑篙竹林、粉单竹林等；弃渣场的使用对植物及植被的影响主要为破坏地表植被，造成地表裸露，受雨水冲击时易造成水土流失，将对植物及其生境造成不利影响，这种影响可通过及时进行植被恢复措施得到缓解。

本工程生态评价范围现有的自然生态系统生产力不高，永久占地工程将对评价范围植被和植物资源造成一定影响，进而会对评价范围现有的自然生态系统生产力造成一定的影响，但工程占地相对较小。工程建设后，在对工程评价范围采取各种生态恢复和补偿措施后，减少的自然生态系统生产力会得到补偿，其影响也会逐渐减小。

（3）施工活动对植物及植被的影响

施工期施工活动对植物及植被的影响因素主要有施工活动产生的废气、废水、弃渣、扬尘及人为干扰等。依据施工活动对植物的影响方式，可分为直接影响及间接影响，直接影响主要是指人员活动、车辆碾压等会使周边植物个体损失，植被生物量减少；间接影响主要是指施工过程中产生的废气、废水、弃渣、固废、扬尘等会使周边植物的生命活动受阻。

a.施工期废气主要来源于燃油机械的尾气，其主要污染物为 SO_2 、 NO_2 、 CO 等。废气对植物的影响主要是在叶脉间或边缘出现不规则水渍状，导致叶片逐渐坏死，植物光合生产受阻，生长发育变缓。由于本工程的施工大部分位于水域，且燃油机械的废气排放量相对较低，再加上施工期机械尾气属移动线源排放，因此施工期废气对植物及植被的影响较小。

b.施工期废水分为生产废水和生活污水，生产废水主要来源于基坑废水、砂石料冲洗废水和机械检修场含油废水等，生活污水主要是工程施工时施工人员的生活污水等。废水对植物的影响主要是废水的随意排放会改变土壤理化性质，改变植物生长发育环境，进而影响其正常生命活动。但这种影响可通过在施工区及生产生活区布置污水处理系统等进行缓解。

c.弃渣主要来源于船闸开挖、桥梁拆除等，弃渣的随意堆放不仅会压覆区域内植物及植被，改变区域生境条件，还可能导致局部区域的水土流失。但这种影响可通过对弃渣等进行统一调配与处理等措施进行缓解。

d.扬尘主要来源于土石方调配，建筑物施工，直至工程竣工后场地清理、恢复等诸多工程，其中以运输车辆引起的二次扬尘影响时间最长，对周围植物及植被影响最严重。扬尘粗颗粒随风飘落到附近地面或植物叶、茎、花表面，会使其生命活动受到一定影响。由于评价区处亚热带季风气候区，区域内空气湿度相对较大，土壤湿润，扬尘扩散范围相对较小，再加上施工期如能采取洒水抑尘等措施，可有效减轻扬尘对周围植物及植被的影响。

e.人为干扰对植物及植被的影响

本工程人为干扰对植物及植被的影响因素主要有有人为砍伐、践踏、运输作业等。人为干扰对植物及植被的影响主要有：①施工期工程区人员增多，施工人员砍伐会破坏区域内植物及其生境，会影响群落结构及种类组成；②施工期施工人员践踏、施工机械碾压会对植物地上部分造成机械性伤害，从而影响植物的生长发育，同时践踏等造成的土壤结构变化会间接影响区域内植物的生长发育；③施工期施工车辆的刮蹭等人为活动导致植物形成创伤，伤口暴露后易导致病虫害，进而会影响其生长发育；④施工期运输作业方便种子的传播可能导致评价区外来物种入侵，破坏原区域内植物及其生境。

由于本工程占地面积不大，占地区相对集中，施工期人为干扰等可通过加强宣传教育活动，加强施工监理，在施工前划定施工范围，规范施工人员活动等进行缓解，在相对措施得到落实后，人为干扰对植物及植被的影响较小。

6.1.3.2 对国家重点保护野生和古树名木的影响

本工程陆域生态评价范围未发现国家、广东省重点保护野生动植物，发现有 8 株古树，工程建设对这些古树的影响如下。

表 6-3 工程建设对评价范围古树的主要影响

序号	树种	分布区域	株数	位置关系	主要影响
1	雅榕	武江左岸	1	距离武江 70m	工程最近的工点长来大桥位于位于古树所在武江江段下游，且距离为 680m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
2	雅榕	武江左岸	1	距离武江 110m	工程最近的工点长来大桥位于位于古树所在武江江段下游，且距离为 330m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
3	雅榕	武江左岸	1	距离武江 140m	工程最近的工点长来大桥位于古树所在武江江段下游，且距离为 80m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
4	雅榕	武江左岸	1	距离武江 190m	工程最近的工点长来大桥位于古树所在武江江段上游，且距离为 1240m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
5	樟	武江右岸	1	距离武江 10m	工程最近的工点长来大桥位于古树所在武江江段下游，且距离为 190m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
6	雅榕	武江右岸	1	长安船闸占用，迁移保护	本工程对长安船闸占用的雅榕用地进行迁移保护，具体如下： (1) 移栽保护 迁地移栽的工作专业性较强，应该由当地园林绿化部门的专业队伍进行此项迁地保护工作，整个迁地工程的技术要求，要按照国家级部门的相关技术规程进行。迁地移栽的地点，要选择距离工程区较近而条件适宜的地块，移栽过程中应避免根系损伤，迁地移栽后要注意遮阴、浇水、管护，直至完全成活。 (2) 挂牌保护 对移栽的保护植物进行挂牌保护。 在项目建设中采取就近移植的原则，保证不因工程实施而对古树造成影响。
7	雅榕	武江右岸	1	距离武江 30m	工程最近的工点杨溪大桥位于位于古树所在武江江段下游，且距离为 420m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
8	雅榕	武江右岸	1	距离武江 15m	工程最近的工点杨溪大桥位于位于古树所在武江江段下游，且距离为 110m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
9	雅榕	武江右岸	0	距离武江 118m	工程最近的工点杨溪大桥位于古树所在武江江段上游，且距离为 140m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
10	雅榕	武江右岸	0	距离武江 335m	工程最近的工点杨溪大桥位于古树所在武江江段下游，且距离为 170m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
11	木棉	武江右岸	0	距离武江 195m	工程最近的工点杨溪大桥位于古树所在武江江段上游，且距离为 230m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。
12	秋枫	武江右岸	0	距离武江 115m	工程最近的工点桂头新桥位于古树所在武江江段上游，且距离为 470m，距离较远，工点建设不会对古树造成影响。

6.1.3.3 对陆生野生脊椎动物的影响

(1) 施工作业的影响

①对两栖爬行动物的影响：施工等人类活动将更加强烈，作业区内将主要是人

工建筑，适合两栖动物生存的生境将完全丧失，在居民生活区周边可能会有少量壁虎等爬行动物生存，但种群数量较小。

②对鸟类的影响：区域建设对鸟类的影响主要在于栖息地的丧失或缩小。由于新建船闸需要占地，闸室的建成将造成人类在这一区域的更加频繁活动，在这个新形成的区域内活动的将主要是那些对人类敏感性较低的鸟类，而那些对人类较为敏感的鸟类将更多的进行迁移，而很少在闸室及其附近范围内活动。

③对兽类的影响：目前在评价范围内活动的兽类主要是啮齿目、食虫目、翼手目的小型物种。船闸建成后，管理区的日常生活不会对评价区现有的小型兽类产生明显的影响。人类活动的增加，造成生活垃圾增多，如不定时清运处置，还会为鼠类提供更加丰富的食物资源，使它们的种群数量有所增加。

综合来看，用地范围内已经存在着较强烈的人类干扰，造成评价区范围内野生动物的物种多样性较低。工程的实施虽然会占用野生动物的一部分现有栖息地，从更大尺度范围内看，丧失少量的栖息地不会对野生动物的生存产生严重的影响。实施对当地的生物多样性的变化造成的影响较小。

（2）运营期的影响

航道工程建成运营后武江航道内的浅滩会清除部分，枯水期库区的浅滩区域将大面积减少，可能会减少白鹭、池鹭等涉禽类的觅食范围，但武江两岸的陆地生境面积广阔，因此各类动物种群可以通过自由扩散等方式在生态系统内部进行自我调节，原有的动物群落结构不会发生较大的变化。建议在不影响航运的情况下，尽量减少库区浅滩的清除，给水鸟提供更加多样化的生存环境。

6.1.3.4 对重要野生动物的影响

评价范围内有国家二级重点保护野生动物 2 种，均为鸟类，未发现《中国生物多样性红色名录》评级为极危（CR）、濒危（EN）、易危（VU）的动物。

评价区内的国家级重点保护野生动物分别是褐翅鸦鹃、画眉。其中褐翅鸦鹃主要活动于林地中，评价区数量较少，且它们活动能力强，周边相似生境多，施工期，它们会趋于本能远离施工区，因此对它们的影响较小。画眉在评价区内为留鸟或夏候鸟，数量相对较少，主要活动于评价区内林地、草地。工程占用林地、草地等活动可能破坏它们的生境，但工程占地区主要是人为活动干扰较大的区域，它们出现的概率较低，因此对它们的影响有限。

6.1.3.5 对永久基本农田的影响

本项目占地范围不涉及永久基本农田，施工阶段，严格控制施工边界，基本对工程周边的永久基本农田无影响。

6.1.3.6 对生态公益林的影响

本项目占地范围不涉及生态公益林，工程占地区人为活动较为频繁，周边无生态公益林，本项目的实施基本对生态公益林无影响。

6.2 水文情势变化

根据影响因素分析，工程实施会对水源保护区内水文情势产生一定影响，水文情势预测分析主要包括水域形态、径流条件、水文条件以及冲淤变化等内容，预测水期包括丰水期和枯水期。根据船闸、航道工程特点，对径流过程、水量、水温、水面宽等水文要素影响进行分析，水温、水面宽基本不受本工程影响，主要针对水位、流速等水文要素进行预测与分析，采用平面二维水流模型对工程前后水流运动进行数值模拟，预测不同水文条件下（丰水期和枯水期）工程实施后对河道水位、流场的影响，模型边界条件已考虑枢纽调度方式。泥沙冲淤变化主要引用《北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）全河段二维水沙数学模型研究报告》相关内容。

6.2.1 近期河床演变分析

6.2.1.1 富湾~长安枢纽河段

报告收集了 2016 年和 2022 年共 2 套富湾~长安枢纽实测地形资料，分析河道代表断面变化；选取 2016 年和 2022 年实测富湾~长安枢纽地形资料，分析深泓线、河道冲淤分布、分段冲淤量及累计冲淤量等变化。

一、断面变化

富湾~长安枢纽河段选取 10 个代表断面，断面位置如下：

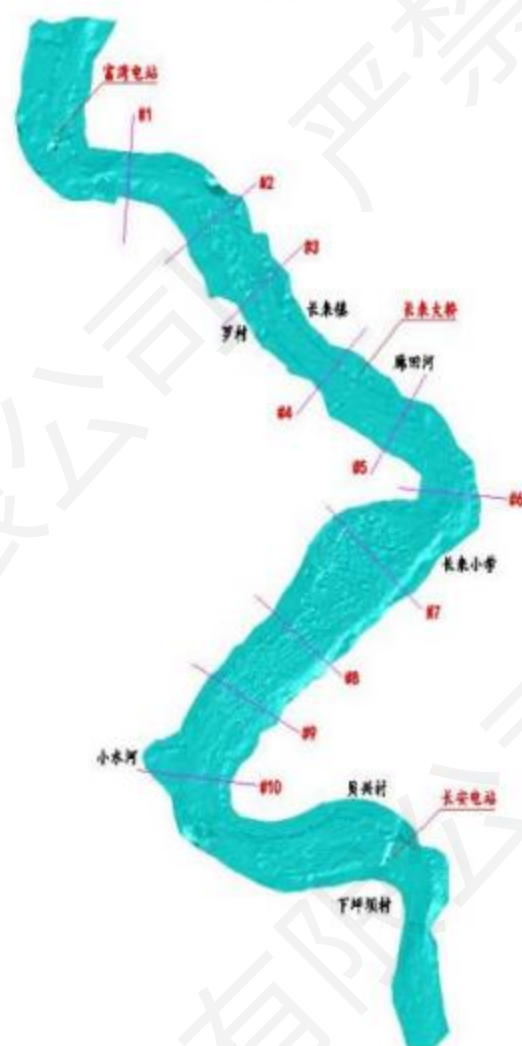
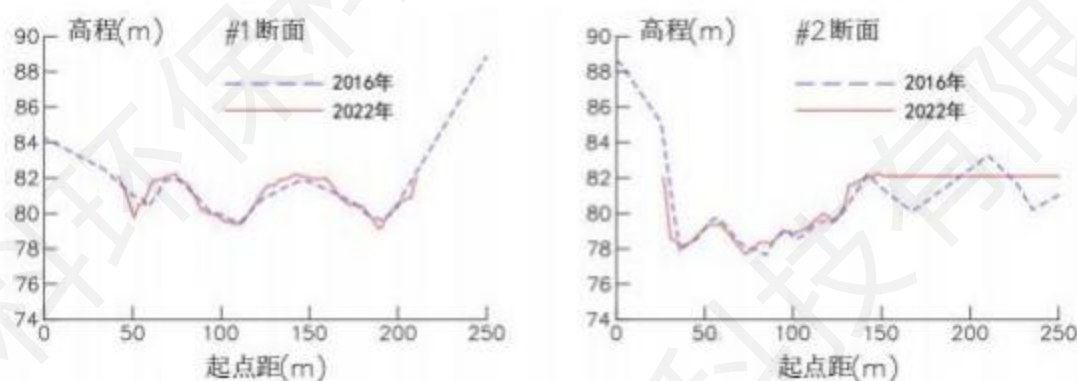


图 6-1 富湾~长安枢纽代表断面位置

整体上看，2016 年和 2022 年富湾~长安枢纽河段（#1~#10 断面），河道断面冲淤变化不大，河段整体呈微弱冲刷趋势，平均冲刷深度在 0.09m 左右。



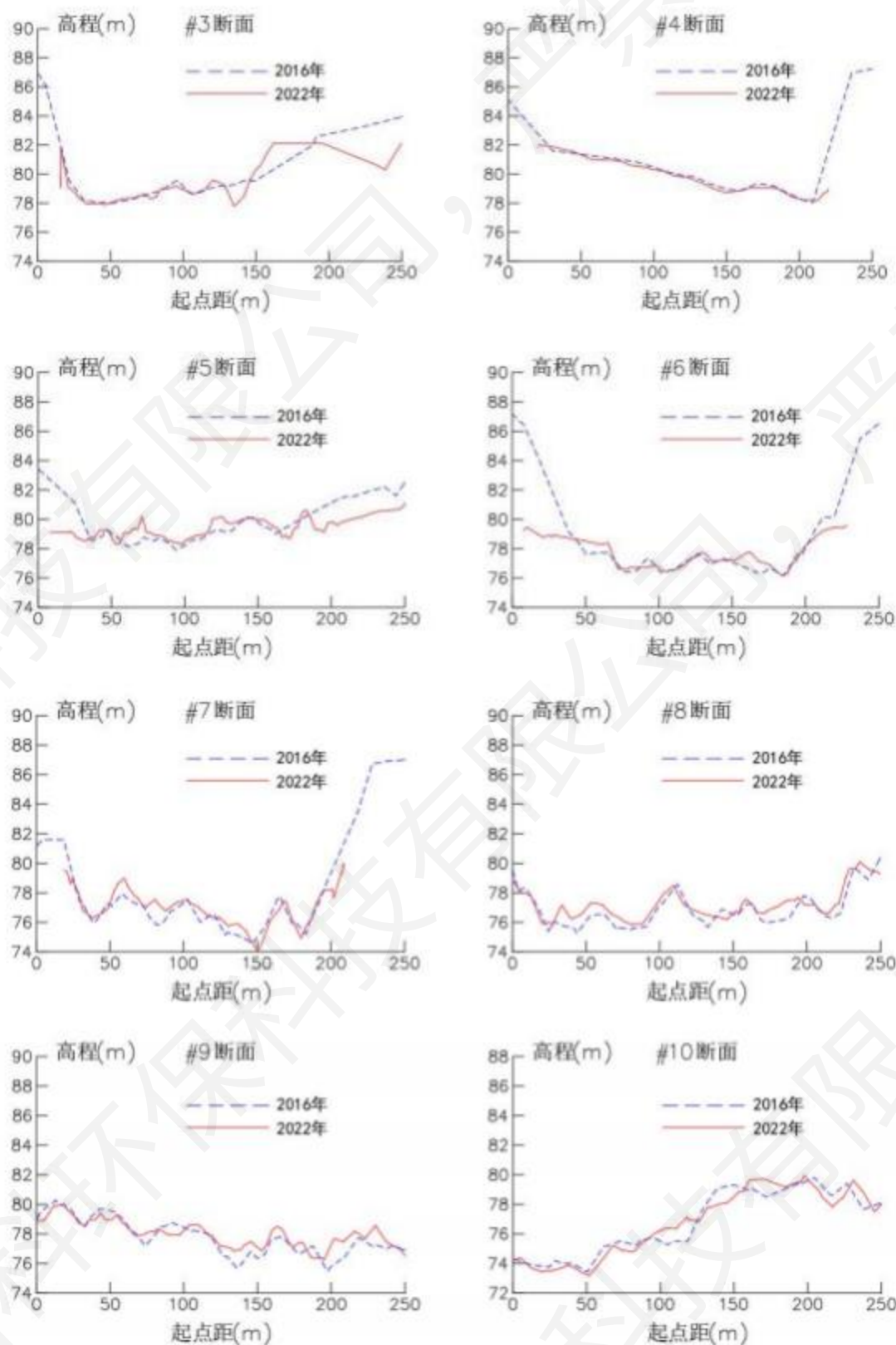


图 6-2 富湾~长安枢纽代表断面变化

二、深泓变化

(1) 深泓线纵向变化

2016~2022 年，河段整体深泓变化不大，仅小水河口附近河段深泓纵向呈冲刷下切趋势，初步分析可能与采砂活动有关。

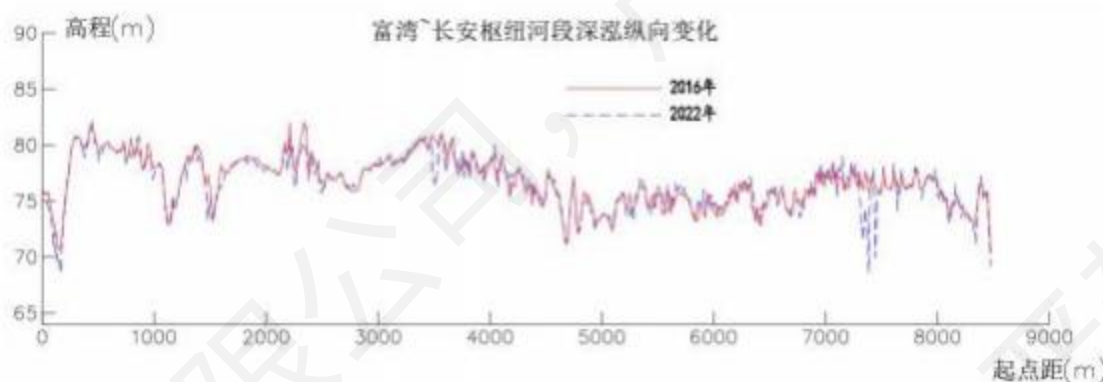


图 6-3 富湾~长安枢纽河段深泓纵向变化

(2) 深泓线平面变化

2016~2022 年，深泓线平面位置变化不大，仅小水河口河段局部深泓出现一定摆动。

三、河道冲淤量

在平滩水位条件下，计算河道冲淤量及累计冲淤量。整体上，平滩水位下富湾~长安枢纽河段为冲刷趋势。2016~2022 年期间，富湾~长安枢纽河段总冲淤量为 -17.05 万 m^3 ，河段平均冲刷深度为 0.09m。

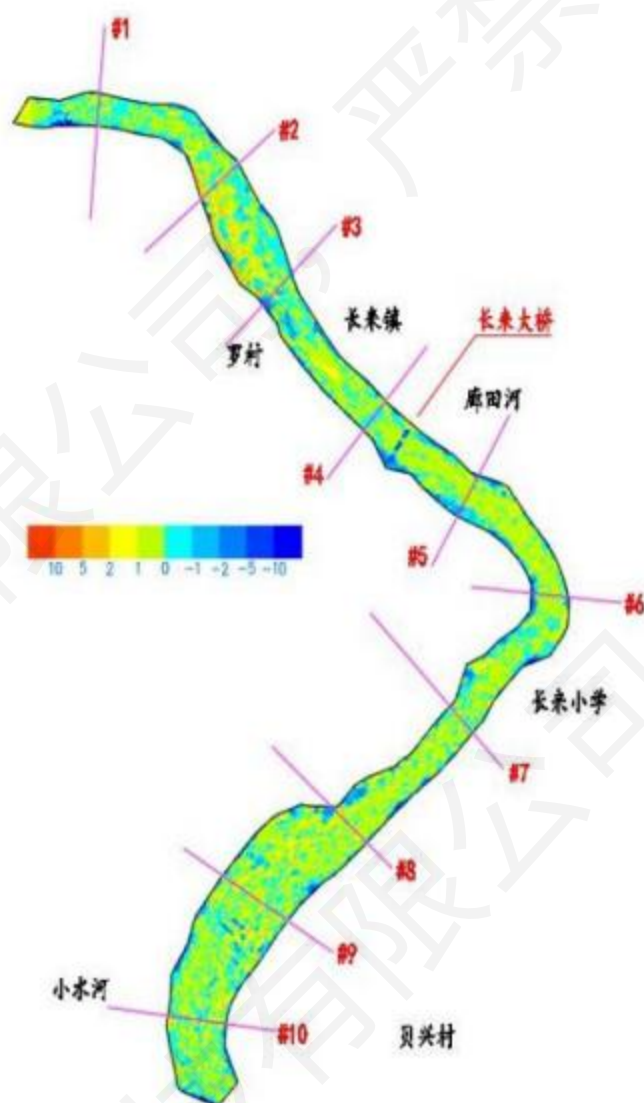


图 6-4 2016~2022 年期间富湾~长安枢纽河段河道冲淤分布图

6.2.1.2 长安枢纽~七星墩枢纽河段

报告收集了 2016 年和 2022 年共 2 套长安枢纽~七星墩枢纽实测地形资料，分析河道代表断面变化；选取 2016 年和 2022 年实测长安枢纽~七星墩枢纽地形资料，分析深泓线、河道冲淤分布、分段冲淤量及累计冲淤量等变化。

一、断面变化

长安枢纽~七星墩枢纽河段选取 10 个代表断面（#11~#20 断面），断面位置如下图所示。

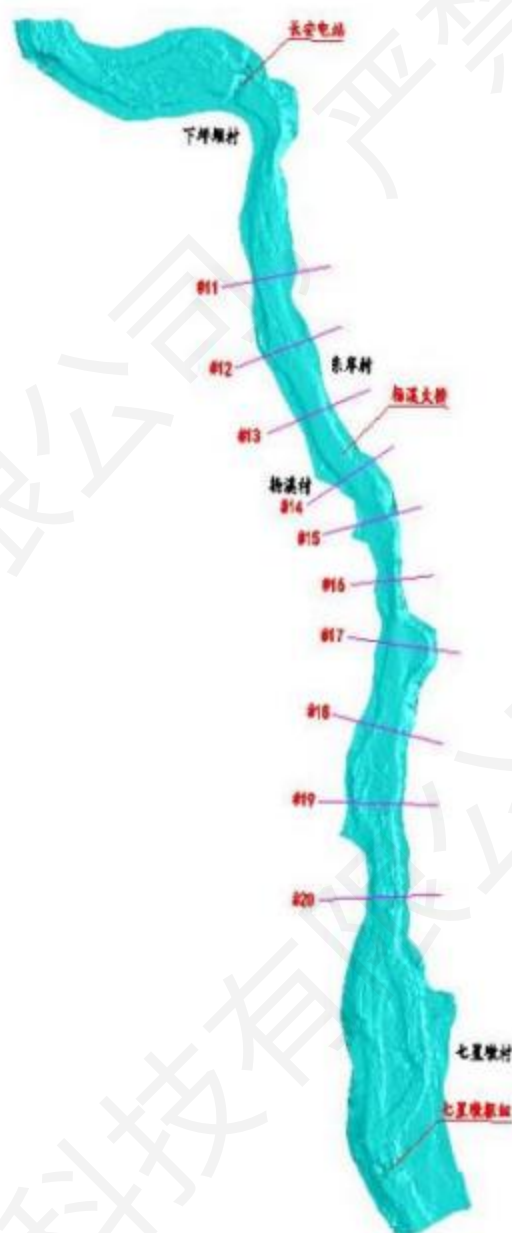
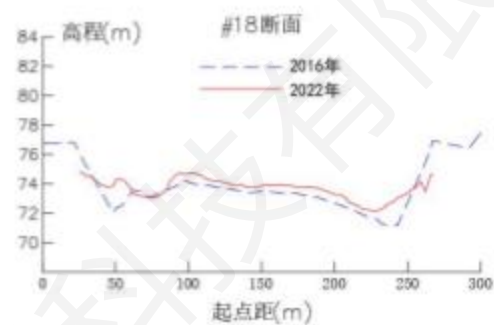
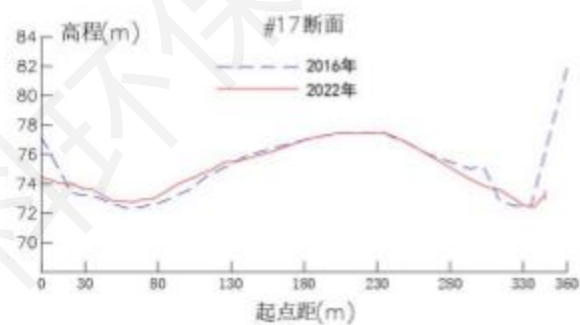
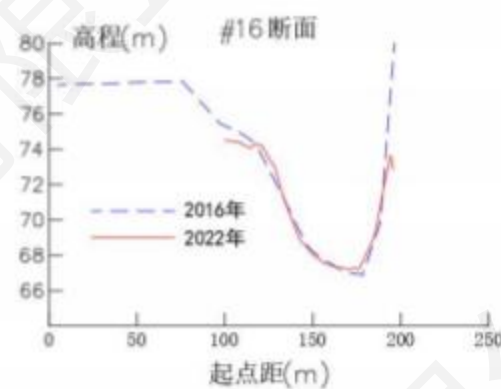
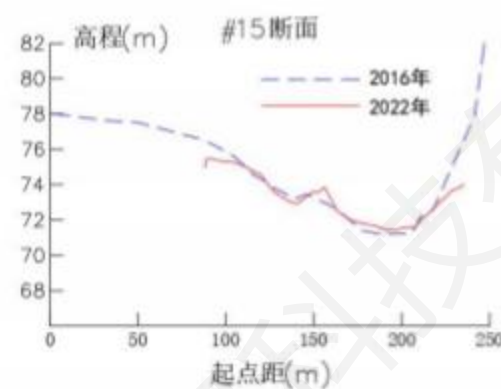
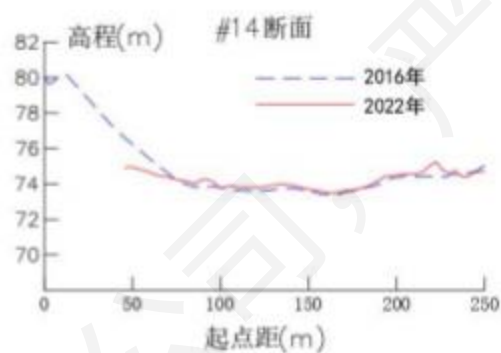
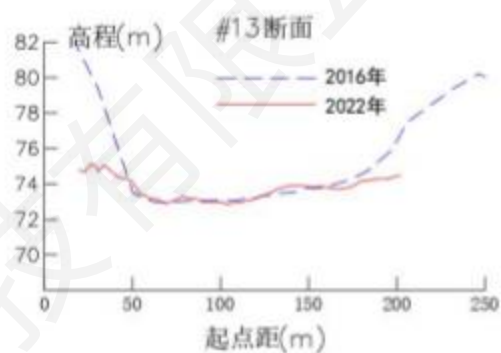
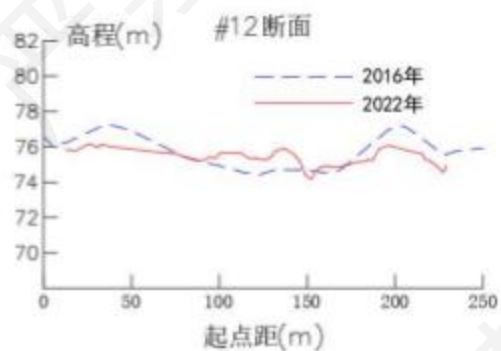
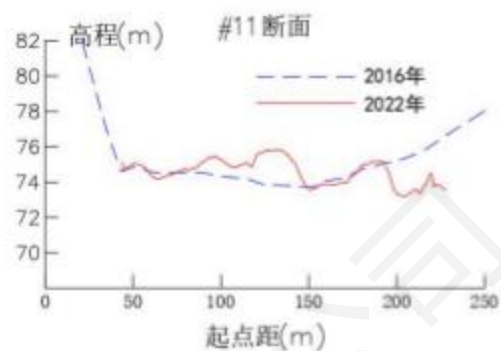


图 6-5 长安枢纽~七星墩枢纽代表断面位置

整体上看，2016 年和 2022 年长安枢纽~七星墩枢纽河段（#11~#20 断面），河道断面冲淤变化不大。下坪坝村~东岸村河道断面（#11~#12 断面）整体有所抬高，可能由于附近管道施工导致。七星墩上游附近河道断面（#19~#20 断面）整体有所下切，最大下切深度达 5.0m。



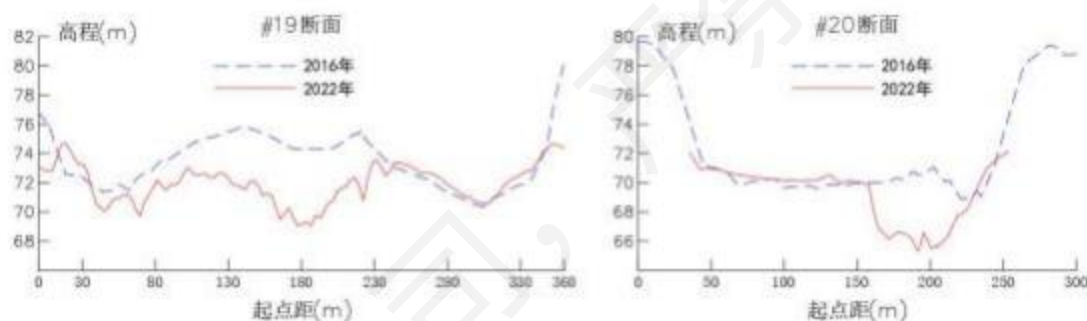


图 6-6 长安枢纽~七星墩枢纽代表断面变化

二、深泓变化

(1) 深泓线纵向变化

2016~2022 年，长安枢纽~杨溪大桥河段深泓变化不大，杨溪大桥下游~七星墩河段深泓纵向呈冲刷下切趋势，初步分析可能与采砂活动有关。

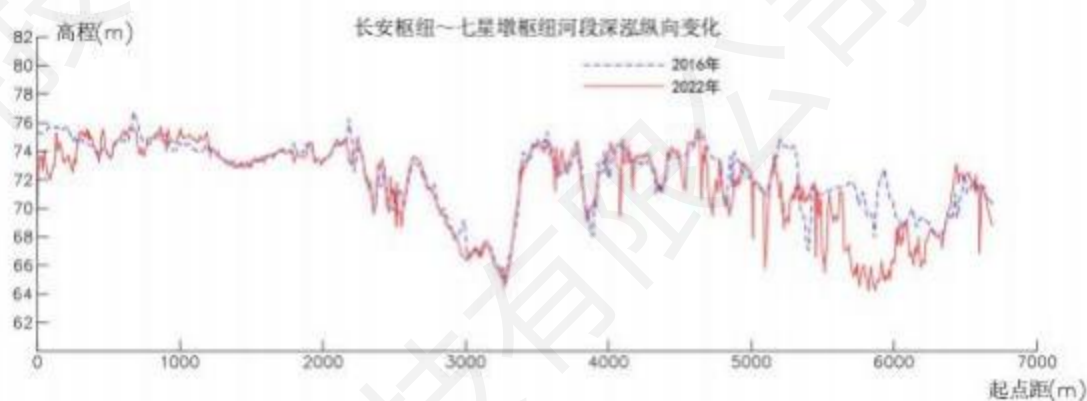


图 6-7 长安枢纽~七星墩枢纽河段深泓纵向变化

(2) 深泓线平面变化

2016~2022 年，深泓线平面位置变化不大，仅七星墩枢纽上游局部河段深泓出现一定摆动。

三、河道冲淤量

在平滩水位条件下，计算河道冲淤量及累计冲淤量。整体上，平滩水位下长安枢纽~七星墩枢纽河段为冲刷趋势。

2016~2022 年期间，长安枢纽~七星墩枢纽河段总冲淤量为-53.64 万 m^3 ，河段平均冲刷深度为 0.40m。

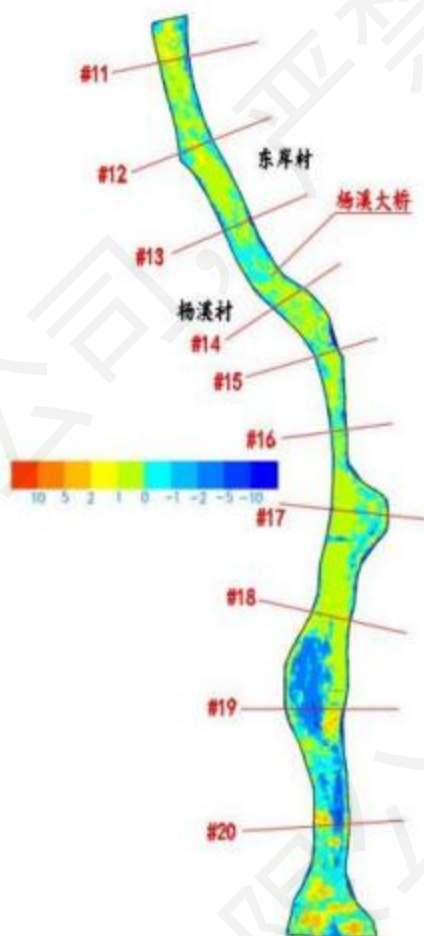


图 6-8 2016~2022 年期间长安枢纽~七星墩枢纽河段河道冲淤分布图

6.2.1.3 小结

(1) 富湾~长安枢纽河段

富湾~长安枢纽河段有冲有淤，深泓稳定，大部分河段以轻微淤积为主，罗村上游河段淤积幅度较大，约 1.5m。2016~2022 年期间富湾~长安枢纽河段总体为淤积趋势，总淤积量为 14.6 万 m^3 ，河段平均淤积幅度为 0.09m。

(2) 长安枢纽~七星墩枢纽河段

长安枢纽~七星墩枢纽河段有冲有淤，深泓稳定，总体为冲刷趋势，大部分区域以轻微淤积为主，民族水泥厂至七星墩枢纽河段局部大幅冲刷。2016~2022 年期间，长安枢纽~七星墩枢纽河段总冲刷量为 -29.9 万 m^3 ，河段平均冲刷深度为 0.25m。

6.2.2 平面二维水沙数学模型

6.2.2.1 数学模型的建立

本项目研究采用贴体正交曲线网格系统来克服河道边界复杂及计算域尺度悬

殊所引起的困难。

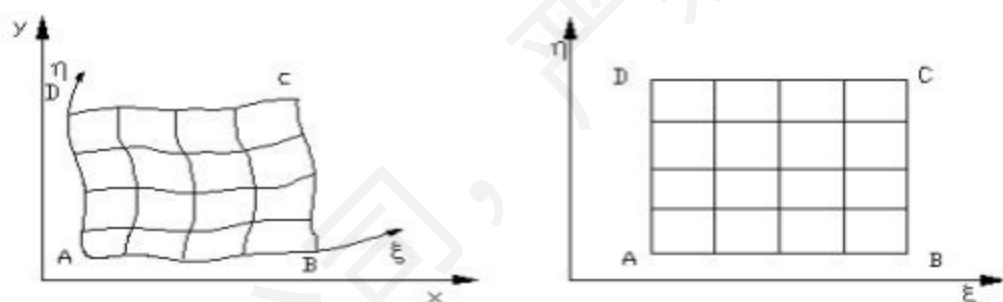


图 6-9 贴体正交曲线网格坐标变换

所谓贴体正交曲线网格，就是将沿着边界的变化趋势，借助函数变换，将复杂的不规则物理求解域转化为规则的计算域，将复杂区域上的定解问题转化为规则变换区域上的定解问题，使边界条件得到准确满足。在此规则变换域上，无论采用有限差分法、分析法还是有限体积法等进行离散计算，其网格的选取以及边界条件的满足都将很方便，计算精度得以提高。如图所示，物理域边界 **ABCD** 是不规则的，通过坐标变换后，转换成了规则的边界的计算域。边界拟合坐标中坐标转换实际上就是已知计算平面内的坐标，通过计算平面和物理平面之间的函数表达式，找出与已知计算平面相对应的物理平面上的坐标。对生成的边界拟合坐标有以下几个要求：

(1) 物理平面上的节点应与计算平面上的节点一一对应，同一族中的曲线不能相交，不同族中的两曲线仅能相交一次；(2) 在边界拟合坐标中的每一个节点应当是一系列的曲线坐标的交点，而不是一群三角元素的顶点或一个无序的点群，以便设计有效、经济的算法及程序，要做到这一点，只要在计算平面中采用矩形网格即可。物理平面求解区域内部的网格疏密程度要易于控制。在边界拟合坐标的边界上，网格线最好与边界线正交或接近正交，以便于边界条件的离散化。

6.2.2.2 控制方程

(1) 坐标转换关系的基本方程

平面直角坐标系下的任意形状的区域，通过边界贴体坐标，可转化为新坐标系下的规则区域。新旧坐标采用： $\xi = \xi(x, y)$, $\eta = \eta(x, y)$ 函数关系联系起来。假定变换关系满足 Poisson 方程与 Dirichlet 边界条件。

Poisson 方程：

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} = P(\xi, \eta, x, y) \quad (4-1)$$

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} = Q(\xi, \eta, x, y) \quad (4-2)$$

Dirichlet 边界条件:

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ \eta_1(x, y) \end{bmatrix} \quad (x, y) \in \Gamma_1$$

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_1(x, y) \\ C_1 \end{bmatrix} \quad (x, y) \in \Gamma_2$$

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} D_2 \\ \eta_2(x, y) \end{bmatrix} \quad (x, y) \in \Gamma_3$$

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_2(x, y) \\ C_2 \end{bmatrix} \quad (x, y) \in \Gamma_4$$

新旧坐标的变换关系为:

$$\xi = \xi(x, y) \quad (4-3)$$

$$\eta = \eta(x, y) \quad (4-4)$$

式中 P 、 Q 是与 ξ, η, x, y 有关的某一函数, 反映了 (ξ, η) 平面上等值线

在 (x, y) 平面上的疏密程度, 适当选择 P 、 Q 函数, 可使坐标变换为正交变换。

根据水流势函数与流函数的性质及水流等势线与等流线的正交性, 可导出生成正交曲线网格的转换方程:

$$\begin{cases} \alpha \frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2} + \gamma \frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2} + J^2 \left(P \frac{\partial x}{\partial \xi} + Q \frac{\partial x}{\partial \eta} \right) = 0 \\ \alpha \frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} + \gamma \frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2} + J^2 \left(P \frac{\partial y}{\partial \xi} + Q \frac{\partial y}{\partial \eta} \right) = 0 \end{cases} \quad (4-5)$$

式中, $\alpha = x_\eta^2 + y_\eta^2$; $\gamma = x_\xi^2 + y_\xi^2$; $J = \sqrt{\alpha\gamma}$; $P = -\frac{1}{\gamma} \frac{\partial(\ln K)}{\partial \xi}$, $Q = -\frac{1}{\alpha} \frac{\partial(\ln K)}{\partial \eta}$,

$$K = \sqrt{\gamma/\alpha}.$$

(2) 拟合坐标系下水流运动控制方程

水流连续方程

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial}{\partial \xi} (H u C_\eta) + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial}{\partial \eta} (H v C_\xi) = 0 \quad (4-6)$$

ξ 方向动量方程

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta u^2) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi v u) + v u \frac{\partial C_\eta}{\partial \eta} - v^2 \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right] = -g \frac{1}{C_\xi} \frac{\partial H}{\partial \xi} + f_v$$

$$- \frac{u \sqrt{u^2 + v^2} n^2 g}{h^{4/3}} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta \sigma_{\xi\xi}) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi \sigma_{\eta\xi}) + \sigma_{\xi\eta} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} - \sigma_{\eta\eta} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right] \quad (4-7)$$

η 方向动量方程

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta v u) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi v^2) + u v \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} - u^2 \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right] = -g \frac{1}{C_\eta} \frac{\partial H}{\partial \eta} - f_u$$

$$- \frac{v \sqrt{u^2 + v^2} n^2 g}{h^{4/3}} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta \sigma_{\xi\eta}) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi \sigma_{\eta\eta}) + \sigma_{\eta\xi} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} - \sigma_{\xi\xi} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right] \quad (4-8)$$

式中， ξ 、 η 分别表示正交曲线坐标系中二个正交曲线坐标； u 、 v 分别表示沿 ξ 、 η 方向的流速； h 表示水深； H 表示水位； C_ξ 、 C_η 表示正交曲线坐标系中的拉梅系数：

$$C_\xi = \sqrt{x_\xi^2 + y_\xi^2}, \quad C_\eta = \sqrt{x_\eta^2 + y_\eta^2};$$

式中， $\sigma_{\xi\xi}$ 、 $\sigma_{\xi\eta}$ 、 $\sigma_{\eta\xi}$ 、 $\sigma_{\eta\eta}$ 表示紊动应力：

$$\sigma_{\xi\xi} = 2\nu_t \left[\frac{1}{C_\xi} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right] \quad \sigma_{\eta\eta} = 2\nu_t \left[\frac{1}{C_\eta} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{u}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right]$$

$$\sigma_{\xi\eta} = \sigma_{\eta\xi} = \nu_t \left[\frac{C_\eta}{C_\xi} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{v}{C_\eta} \right) + \frac{C_\xi}{C_\eta} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{u}{C_\xi} \right) \right]$$

式中， ν_t 表示紊动粘性系数，一般情况下， $\nu_t = \alpha u_* h$ ， $\alpha = 0.5 \sim 1.0$ ， u_* 表示摩阻流速；对于不规则岸边、整治建筑物、桥墩作用引起的回流，可采用 $k-\varepsilon$ 紊流模型 $\nu_t = C_\mu k^2 / \varepsilon$ ， k 表示紊动动能， ε 表示紊动动能耗散率。正交曲线坐标系下，紊动动能输运方程

$$\frac{\partial h k}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (u h k C_\eta) + \frac{\partial}{\partial \eta} (v h k C_\xi) \right] =$$

$$\frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} \frac{C_\eta}{C_\xi} \frac{\partial h k}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} \frac{C_\xi}{C_\eta} \frac{\partial h k}{\partial \eta} \right) \right] + h(G + P_{kv} - \varepsilon) \quad (4-9)$$

紊动动能耗散率输运方程

$$\frac{\partial h \varepsilon}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (u h \varepsilon C_\eta) + \frac{\partial}{\partial \eta} (v h \varepsilon C_\xi) \right] =$$

$$\frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{C_\eta}{C_\xi} \frac{\partial h \varepsilon}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{C_\xi}{C_\eta} \frac{\partial h \varepsilon}{\partial \eta} \right) \right] + h \left(C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} + P_{kv} \right) \quad (4-10)$$

紊动动能产生项

$$G = \sigma_{xx} \left(\frac{1}{C_\xi} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right) + \sigma_{xy} \left[\left(\frac{1}{C_\eta} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{1}{C_\xi} \frac{\partial v}{\partial \xi} \right) - \left(\frac{u}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} + \frac{v}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right) \right] + \sigma_{yy} \left(\frac{1}{C_\eta} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{u}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right) \quad (4-11)$$

式中， P_{kv} 、 $P_{\xi v}$ 表示因床底切应力所引起的紊动效应，它们与摩阻流速 u_* 间的关系为： $P_{kv} = C_k u_*^3 / h$ ； $P_{\xi v} = C_\xi u_*^4 / h^2$ ； $C_k = h^{1/6} / (n \sqrt{g})$ ；

$C_\xi = 3.6 C_{2\xi} C_\mu^{1/2} / C_f^{1/4}$ ； $C_f = n^2 g / h^{1/3}$ ； C_μ 、 σ_k 、 σ_ϵ 、 $C_{1\epsilon}$ 、 $C_{2\epsilon}$ ——经验常数，采用 Rodi 建议的值： $C_\mu=0.09$ ， $\sigma_k=1.0$ ， $\sigma_\epsilon=1.3$ ， $C_{1\epsilon}=1.44$ ， $C_{2\epsilon}=1.92$ ， $\sigma_s=1.0$ 。

(3) 悬沙不平衡输沙方程

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(HS_i)}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta H u S_i) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi H v S_i) \right] \\ &= \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\epsilon_\xi}{\sigma_\xi} \frac{C_\eta}{C_\xi} \frac{\partial S_i}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\epsilon_\eta}{\sigma_\eta} \frac{C_\xi}{C_\eta} \frac{\partial S_i}{\partial \eta} \right) \right] + \alpha \omega_i (S_i^* - S_i) \end{aligned} \quad (4-12)$$

式中， α ——悬移质恢复饱和系数；

ω_i ——第 i 组泥沙的沉速；

S_i ——分组粒径含沙量；

S_i^* ——分组粒径挟沙力；

ϵ_ξ 、 ϵ_η ——分别为坐标系 ξ 、 η 方向的泥沙扩散系数， $\epsilon_\xi = \epsilon_\eta = \nu_t$ ；

σ_s ——常数， $\sigma_s=1.0$ 。

(4) 推移质不平衡输沙方程

$$\begin{aligned} & \frac{\partial HS_{bi}}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta H u S_{bi}) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi H v S_{bi}) \right] \\ &= \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\epsilon_\xi}{\sigma_\xi} \frac{C_\eta}{C_\xi} \frac{\partial HS_{bi}}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\epsilon_\eta}{\sigma_\eta} \frac{C_\xi}{C_\eta} \frac{\partial HS_{bi}}{\partial \eta} \right) \right] + \beta_i \omega_i S_{bi}^* (-S_{bi}) \end{aligned} \quad (4-13)$$

$$S_{bi}^* = g_{bi}^* / (\sqrt{u^2 + v^2} h)$$

$$S_{bi} = g_{bi} / (\sqrt{u^2 + v^2} h)$$

式中， S_{bi}^* ——分组推移质的挟沙能力；

g_{bi}^* ——单宽推移质输沙率；

S_{bi} ——床面推移层的含沙浓度；

σ_b ——常数， $\sigma_b=1.0$ 。

(5) 河床变形方程

$$\gamma_0 \frac{\partial Z_i}{\partial t} = \alpha \phi (S_i - S^*) + \alpha_b \phi (S_i - S^*) \quad (4-14)$$

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i \quad (4-15)$$

式中，Z——河床总冲淤厚度；

Z_i——某级粒径引起的冲淤厚度；

Y₀——淤积物干容重。

通过比较方程式（4-6）～（4-13），可以发现它们的形式是相似的，那么，拟合坐标系下平面二维 k-ε 紊流和泥沙运动方程表示成如下统一形式，

$$\frac{\partial(h_2 H u \phi)}{\partial \xi} + \frac{\partial(h_1 H v \phi)}{\partial \eta} = \frac{\partial}{\partial \xi} (\Gamma_\phi H \frac{h_2}{h_1} \frac{\partial \phi}{\partial \xi}) + \frac{\partial}{\partial \eta} (\Gamma_\phi H \frac{h_1}{h_2} \frac{\partial \phi}{\partial \eta}) + S_\phi \quad (4-16)$$

各方程主要差别体现在源项 S_φ 上，源项是因变量的函数，可统写为 S_φ = S_p φ + S_c，负坡线性化后（S_p ≤ 0）见下表。

表 6-4 各方程负坡线性化后的 S_p、S_c 汇总表

方程	φ	Γ _φ	S _p	S _c
连续方程	H	0	$-\frac{h_1 h_2}{\Delta t}$	$-\frac{h_1 h_2}{\Delta t} H^*$
ξ-动量方程	U	v _t	$-\left[\frac{h_1 h_2 H}{\Delta t} + \frac{h_1 h_2 \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2} + H v \frac{\partial h_1}{\partial \eta} \right]$	$\frac{h_1 h_2 H u^*}{\Delta t} - g h_2 H \frac{\partial h}{\partial \xi} + H v^2 \frac{\partial h_2}{\partial \xi} + h_1 h_2 \left[-\frac{v}{h_2} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{v_t H}{h_1 h_2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \right) - \frac{2 v_t H}{h_1 h_2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{2 v_t H}{h_1^2 h_2} \frac{\partial h_1}{\partial \mu} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v_t H u}{h_2} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{1}{h_1 h_2} \frac{\partial h_1}{\partial \eta} \right) + \frac{v}{h_1} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{v_t H}{h_1 h_2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \right) + \frac{v_t H u}{h_1} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{1}{h_1 h_2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \right) \right]$
η-动量方程	V	v _t	$-\left[\frac{h_1 h_2 H}{\Delta t} + \frac{h_1 h_2 \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2} + H u \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \right]$	$\frac{h_1 h_2 H v^*}{\Delta t} - g h_1 H \frac{\partial h}{\partial \eta} + H u^2 \frac{\partial h_1}{\partial \eta} + h_1 h_2 \left[-\frac{u}{h_1} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{v_t H}{h_1 h_2} \frac{\partial h_1}{\partial \eta} \right) - \frac{2 v_t H}{h_1^2 h_2} \frac{\partial h_1}{\partial \eta} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{2 v_t H}{h_1 h_2^2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{v_t H v}{h_1} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{1}{h_1 h_2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \right) + \frac{u}{h_2} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{v_t H}{h_1 h_2} \frac{\partial h_2}{\partial \xi} \right) + \frac{v_t H v}{h_2} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{1}{h_1 h_2} \frac{\partial h_1}{\partial \eta} \right) \right]$
K-输运方程	K	$-\frac{v_t}{\delta_k}$	$-H h_1 h_2 (2 C_{sk} K / v_t + \frac{1}{\Delta t})$	$h_1 h_2 H (P_k + P_k v + \varepsilon + \frac{K^*}{\Delta t})$
ε-输运方程	ε	$\frac{v_t}{\delta_\varepsilon}$	$-H h_1 h_2 (2 C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon}{K} + \frac{1}{\Delta t})$	$h_1 h_2 H (C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{K} P_k + P_\infty + \frac{\varepsilon^*}{\Delta t})$

悬沙输运 方程	S_i	$\frac{v_i}{\delta_s}$	$-\left[\frac{H}{\Delta t} + a\omega_i\right]h_1h_2$	$h_1h_2\left(H\frac{S_i}{\Delta t} + a\omega_iS_i^*\right)$
------------	-------	------------------------	--	---

6.2.2.3 边界条件给定

(1) 初始条件：给定初始时刻 $t=0$ 时计算域内所有计算变量初值，并给出悬沙颗粒级配和分区段床沙颗粒级配。

(2) 进口边界：上游、下游边界由流量、水位控制；河岸边界为非滑移边界，其边壁流速给定为零。

(3) 动边界处理：采用“冻结”技术，即将露出单元的河床高程降至水面以下，并预留薄水层水深（该项目中取 0.005m ），同时更改其单元的糙率（ n 取 10^{30} 量级），使得露出单元 u 、 v 计算值自动为 0 ，水位冻结不变。

6.2.2.4 控制方程的离散和求解

(1) 网格划分

采用有限体积法求解控制方程，其基本思想是：将计算区域划分为网格，并使每个网格点周围有一个互不重复的控制体积；将待解控制方程对每个控制体积积分，从而得出一组离散方程。其中的未知数是网格点上的因变量 Φ ，为了求出控制体积的积分，必须假定 Φ 值在网格点之间的变化规律。

使用计算网格来划分整个计算域，网格中实线的交点是计算节点，由虚线所围成的小方格是控制体积。将控制体积的界面放置在两个节点中间的位置，这样，每个节点由一个控制体积所包围。

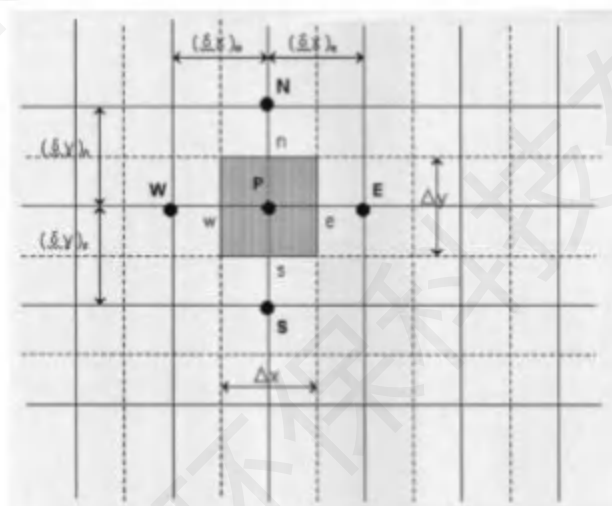


图 6-10 离散网格示意图

用 P 来标识一个广义的节点，其东西两侧的相邻节点分别用 E 和 W 标识，南北两侧的相邻节点分别用 S 和 N 标识，与各节点相对应的控制体积也用相应字符标识。下图中影线表示出节点 P 处的控制体积 P ，控制体积的东西南北四个界面分别用 e 、 w 、 s 、 n 标识，控制体积的体积值为 $\Delta V = \Delta x \Delta y$ ， Δx 、 Δy 分别为 x 、 y 向宽度。 J_e 、 J_w 、 J_n 、 J_s 为通过相应交接面的总通量。

为了避免普通网格产生“棋盘效应”带来不真实的解和给数值计算带来困难，采用交错网格作为计算网格，把速度 u 、 v 及水深 h 分别存储在三套不同网格上。

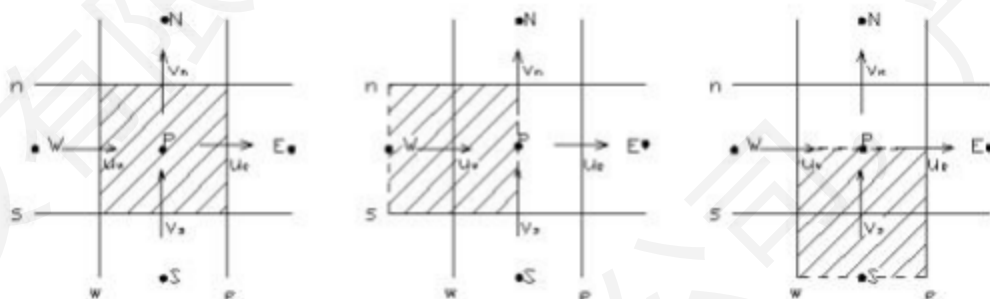


图 6-11 交错网格示意图

(2) 控制方程离散

统一积分方程 (4-16) 在交错网格结点的控制体积内积分，并代入连续方程，可得到下列离散形式：

$$a_p \phi_p = a_E H \phi_E + a_W H \phi_W + a_N H \phi_N + a_S H \phi_S + b$$

式中：

$$a_E = D_e A(P_e) + \max(-F_e, 0);$$

$$a_W = D_w A(P_w) + \max(F_w, 0);$$

$$a_N = D_n A(P_n) + \max(F_n, 0);$$

$$a_S = D_s A(P_s) + \max(F_s, 0);$$

$$a_p = H_e a_E + H_w a_W + H_n a_N + H_s a_S - S_p \Delta \xi \Delta \eta;$$

$$b = S_c \Delta \xi \Delta \eta;$$

F 、 D 分别表示对流强度和扩散率， $P = F/D$ ；

$$A(P) = \max[0, (1 - 0.1 |P|^5)];$$

$$F_e = (uh_2)_e \Delta \eta;$$

$$F_w = (uh_2)_w \Delta \eta;$$

$$F_n = (vh_2)_n \Delta \xi;$$

$$F_s = (vh_2)_s \Delta \xi;$$

$$D_e = (\Gamma \frac{h_2}{h_1})_e \frac{\Delta \eta}{\Delta \xi_e};$$

$$D_w = (\Gamma \frac{h_2}{h_1})_w \frac{\Delta \eta}{\Delta \xi_w};$$

$$D_n = (\Gamma \frac{h_1}{h_2})_n \frac{\Delta \xi}{\Delta \eta_n};$$

$$D_s = (\Gamma \frac{h_1}{h_2})_s \frac{\Delta \xi}{\Delta \eta_s};$$

u_e, u_w, v_n, v_s —控制体垂直面上的速度;

$\Gamma_e, \Gamma_w, \Gamma_n, \Gamma_s$, —控制面上紊动扩散系数;

$\Delta \xi_e, \Delta \xi_w, \Delta \eta_n, \Delta \eta_s$ 为相邻结点网格间距。

(3) 控制方程的求解

水流方程组的求解采用 Spalding 和 Patankar 提出的 SIMPLEC 计算程式, 所不同的是压力校正 p 变成水深校正 h , 为了避免由计算机截断误差引起的发散, 在数值计算中采用了欠松弛技术, 经推导, 水深校正方程为:

$$a_p' h_p = a_e' h_e + a_w' h_w + a_n' h_n + a_s' h_s + B \quad (4-22)$$

式中:

$$a_e' = g(h_2 H \Delta \eta)_e^2 / (a_e - \sum a_{nb}^u H_{nb}^u);$$

$$a_w' = g(h_2 H \Delta \eta)_w^2 / (a_w - \sum a_{nb}^u H_{nb}^u);$$

$$a_n' = g(h_1 H \Delta \xi)_n^2 / (a_n - \sum a_{nb}^u H_{nb}^u);$$

$$a_s' = g(h_1 H \Delta \xi)_s^2 / (a_s - \sum a_{nb}^u H_{nb}^u);$$

$$B = [(h_2 H u^*)_w - (h_2 H u^*)_e] \Delta \eta + [(h_1 H v^*)_s - (h_1 H v^*)_n] \Delta \xi + \frac{h_1 h_2 \Delta \xi \Delta \eta (h_p^* - h_p)}{\Delta t}$$

相应流速成 h 、流速 u 、 v 校正表达式为:

$$\begin{cases} h_p = h_p^* + h_p' \\ u_e = u_e^* + \frac{g(Hh_2)_e \Delta \eta}{a_e - \sum a_{nb}^u H_{nb}^u} (h_p' - h_z') \\ u_w = u_w^* + \frac{g(Hh_2)_w \Delta \eta}{a_w - \sum a_{nb}^u H_{nb}^u} (h_p' - h_w') \\ v_n = v_n^* + \frac{g(Hh_1)_n \Delta \xi}{a_n - \sum a_{nb}^v H_{nb}^v} (h_p' - h_z') \\ v_z = v_z^* + \frac{g(Hh_1)_z \Delta \xi}{a_z - \sum a_{nb}^v H_{nb}^v} (h_p' - h_z') \end{cases} \quad (4-23)$$

恒定流场收敛判据符合下列要求：

$$\begin{aligned} |h_{i,j}|_{\max} &\leq 0.0001\text{m} \\ \frac{|B_{i,j}|_{\max}}{Q_0} &\leq 0.01 \end{aligned} \quad (4-24)$$

式中， $|h_{i,j}|_{\max}$ ——各网格点中水深校对值最大值；

$|B_{i,j}|_{\max}$ ——各网格点质量源（式 4-22 中 B 值）绝对值最大值；

Q_0 ——进口总流量。

恒定流根据计算域长度的大小不同，迭代次数一般为 150~500 次；恒定含沙量场计算时间间隔取为 10^{30} 秒，迭代 4-5 次。

非恒定流在每一时间步内， u 、 v 、 k 、 ε 方程迭代次数为 2~3 次， h 场迭代 4~6 次；非恒定沙场迭代 4~5 次。

整个水流、泥沙计算步骤为：

- (1) 根据河道比降或水面线推求确定初始水位场 h^* ；
- (2) 求解动量离散方程得 u^* 、 v^* ；
- (3) 计算离散方程 (4-22)，得 h' ；
- (4) 依式(4-24)判断恒定流场是否收敛，若满足收敛判断，则执行步骤 (9)，否则继续下一步；
- (5) 按计算式 (4-23) 分别得水位 h 、流速 u 、 v ；
- (6) 根据统一方程的离散格式(4-21)，求解 k 、 ε 方程，得到 k 、 ε ；
- (7) 计算紊动粘性系数的分布， $\nu_t = C_u k^2 / \varepsilon$ ；
- (8) 将校正后的水位作为新的估算值，返回步骤 (2)；

- (9)据(4-21)的离散格式求解悬移质连续方程；
- (10)求解河床变形方程（4-15）；
- (11)校正河床高程，进行下一时间步计算。

6.2.2.5 数学模型计算有关问题的处理

（1）各物理量初始场的设定

初始水位场可利用计算域上、下边界水位和纵向网格间距进行线性插值，在横向上可以不考虑横比降。对于初始速度场设为冷启动， $u=v=0$ 。紊动量 k 、 ε 初始分布，采用全场均匀分布。

（2）动边界的处理

河道中的边滩和江心洲，以及河口滩地等随水位波动其边界位置也发生相应调整。在计算中精确地反映边界位置是比较困难的，因为计算网格间距往往达到数十米，为了体现不同潮位和流量下边界位置的变化，常采用“冻结”技术，即将露出单元的河床高程降至水面以下，并预留薄水层水深（该项目中取 0.005m ），同时更改其单元的糙率（ n 取 10^{30} 量级），使得露出单元 u 、 v 计算值自动为 0 ，水位冻结不变，这样就将复杂的移动边界问题处理成固定边界问题。

（3）水流、悬沙方程计算时步长的选择

本研究中，水流和悬沙方程采用守恒性较好的控制体积法离散，每一时步流场和悬沙场迭代步数约需 $2\sim 4$ 次，本模式由于采用了边界贴体坐标系统，使曲线网格沿河道走向布置，同时采用守恒性较好的控制体积法离散水流和泥沙统一的偏微分方程，因而具有占用储存少和收敛速度快的优点。

本项目中，水流方程组迭代计算时步长 $\Delta t_f=10\text{s}$ ，泥沙方程计算时步长 $\Delta t_s=10\text{s}$ 。

6.2.3 数学模型的率定及其验证

6.2.3.1 富湾枢纽至长安枢纽河段

一、模型计算域及网格划分

为了较好地满足水流运动相似，并考虑到计算范围和工程影响范围等因素，模型计算范围上起富湾枢纽，下至长安枢纽，模拟河段全长约 9.3km 。计算域沿河道纵向布置 316 个网格线，横向布置 81 个网格线，网格节点数为 316×81 ，图 4.2-1 为该河段的计算范围示意图。网格间距纵向为 $13\sim 82\text{m}$ ，横向为 $3\sim 24\text{m}$ 。

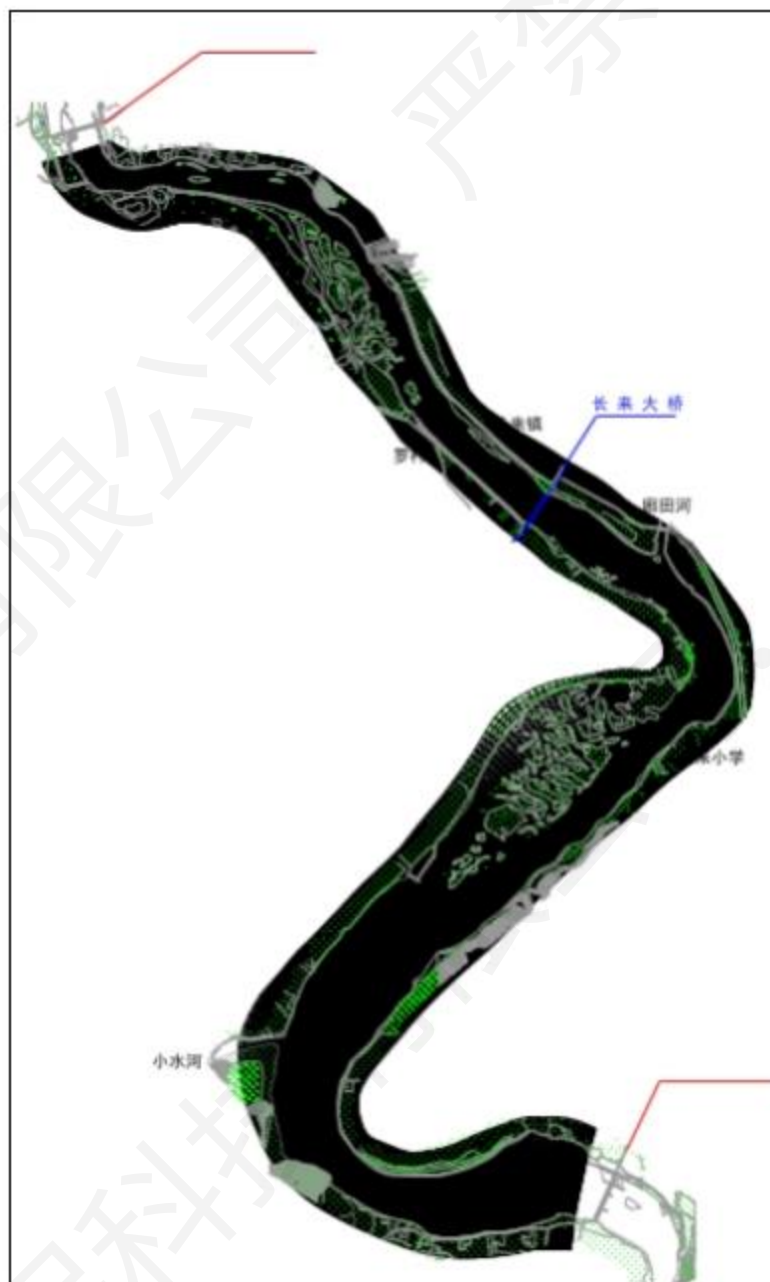


图 6-12 富湾至长安枢纽河段模型范围及网格划分

二、验证计算依据的基本资料

采用 2019 年 6 月 13 日、15 日，7 月 5 日及 8 月 6 日中铁建港航局集团勘察设计院有限公司在本河段内开展的洪、中、枯水期条件下的水文测量资料，分别为枯水期 $100\text{m}^3/\text{s}$ 、 $299\text{m}^3/\text{s}$ ，中水期 $920\text{m}^3/\text{s}$ 以及洪水期 $2700\text{m}^3/\text{s}$ 四级流量下的 9 处水位、3 处断面流速分布等水文资料。水尺布置及测流断面位置见下图所示。

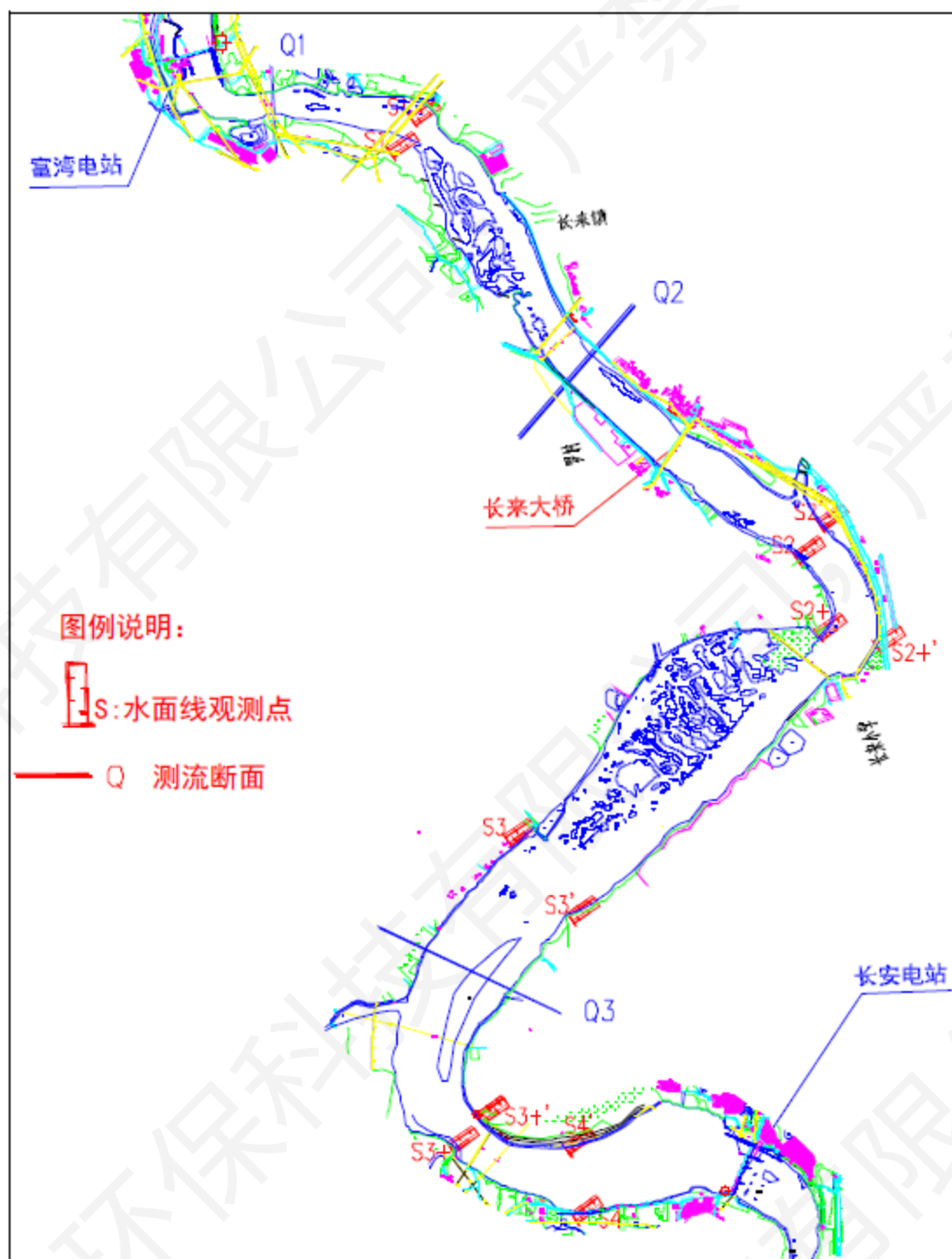


图 6-13 水尺布置及测流断面位置

(三) 水流模型验证

(1) 水位验证

模型计算中进口条件采用富湾坝下实测流量，出口为长安枢纽上游实测水位。

各水尺水位计算值与原型实测结果的比较见下表，由表可知，模型计算结果与原型吻合较好，枯水期、中水期各水尺水位最大偏差均在 $\pm 0.05\text{m}$ 以内，洪水期各水尺水位最大偏差均在 $\pm 0.10\text{m}$ 以内。

表 6-5 富湾至长安枢纽河段水位验证表（ $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
富湾坝下	82.30	82.33	0.03
S1	82.27	82.27	0.00
S2	82.25	82.26	0.01
S2'	82.25	82.26	0.01
S2-1	82.24	82.25	0.01
S3	82.24	82.23	-0.01
S3'	82.24	82.22	-0.02
S3-1	82.18	82.17	-0.01
S4	82.18	82.17	-0.01
长安坝上	82.17	82.17	0.00

表 6-6 富湾至长安枢纽河段水位验证表（ $Q=299\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
富湾坝下	82.87	82.88	0.01
S1	82.5	82.53	0.03
S2	82.41	82.42	0.01
S2'	82.16	82.11	-0.05
S2-1	82.14	82.09	-0.05
S3	82.11	82.07	-0.04
S3'	82.1	82.06	-0.04
S3-1	82.06	82.05	-0.01
S4	82.05	82.04	-0.01
长安坝上	82.04	82.04	0

表 6-7 富湾至长安枢纽河段水位验证表（ $Q=920\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
富湾坝下	84.42	84.45	0.03
S1	83.95	83.92	-0.03
S2	83.43	83.45	0.02
S2'	82.61	82.57	-0.04
S2-1	82.46	82.48	0.02
S3	82.33	82.32	-0.01
S3'	82.24	82.26	0.02
S3-1	82.16	82.15	-0.01
S4	82.13	82.12	-0.01
长安坝上	82.12	82.12	0

表 6-8 富湾至长安枢纽河段水位验证表（ $Q=2700\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
富湾坝下	87.52	87.49	-0.03
S1	86.49	86.5	0.01
S2	86.25	86.26	0.01
S2'	84.3	84.21	-0.09

S2-1	84.11	84.01	-0.1
S3	83.3	83.3	0
S3'	83.08	83.07	-0.01
S3-1	82.46	82.44	-0.02
S4	82.16	82.16	0
长安坝上	82.12	82.12	0

(2) 流速验证

富湾~长安枢纽河段断面流速分布模型计算结果与实测流速分布结果比较见下图。由图可见，模型计算的各断面流速分布趋势与原型基本一致。率定后，河床糙率取值在 0.02~0.04 之间。

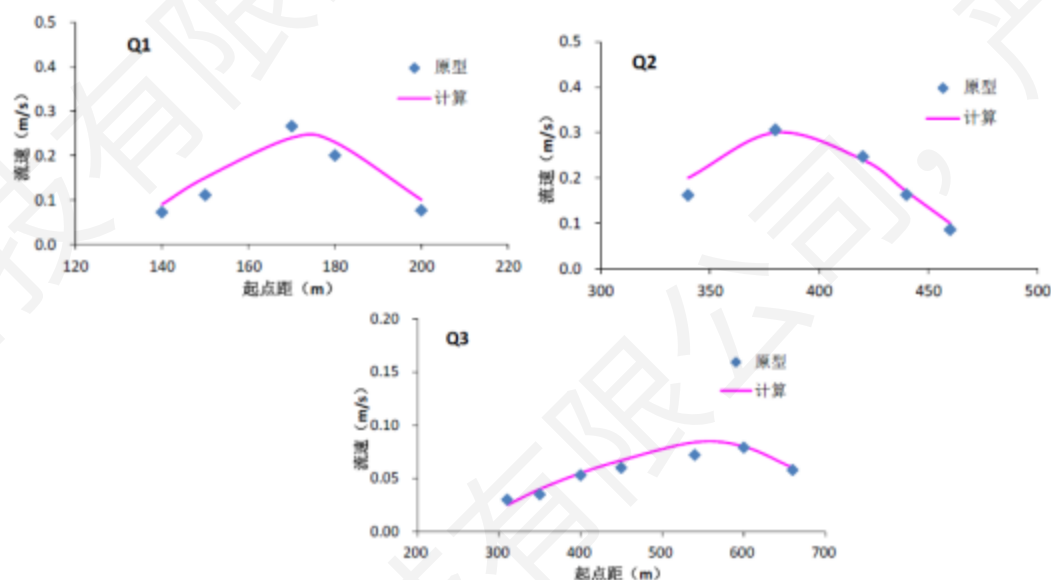


图 6-14 断面流速分布验证结果 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)

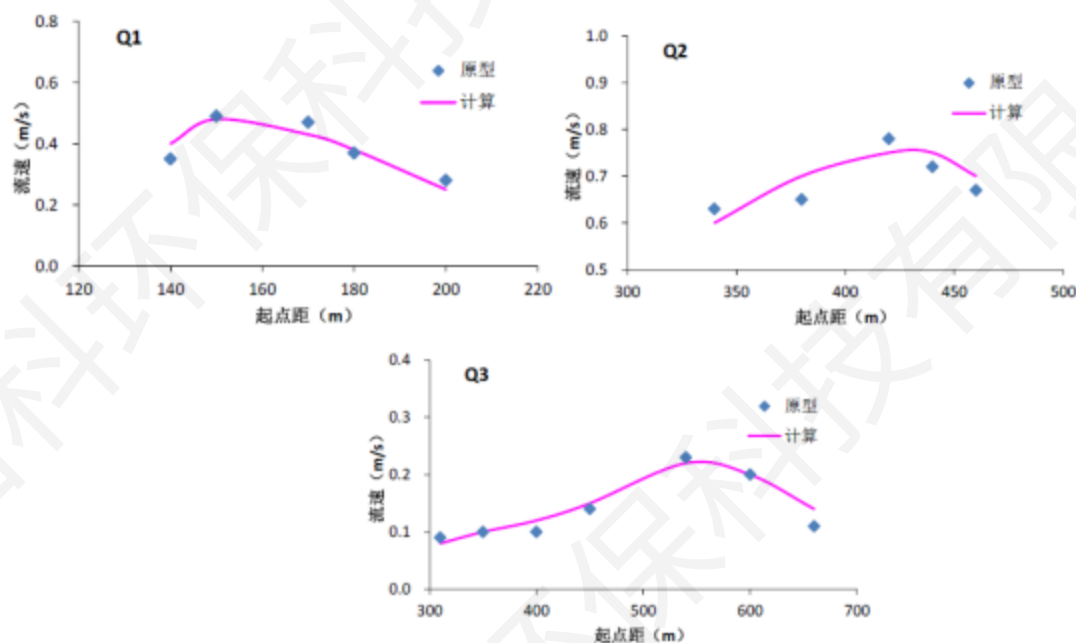


图 6-15 断面流速分布验证结果 ($Q=299\text{m}^3/\text{s}$)

（四）泥沙模型验证

泥沙模型验证范围为富湾枢纽至长安枢纽，河床冲淤变化验证计算起始地形采用 2008 年 10 月，计算验证地形为 2016 年 10 月实测河道地形。

（1）泥沙级配

床沙粒径级配采用 2019 年 8 月河床底质采样数据资料，级配曲线见下图。研究河段河床质中值粒径一般为 20mm~40mm。

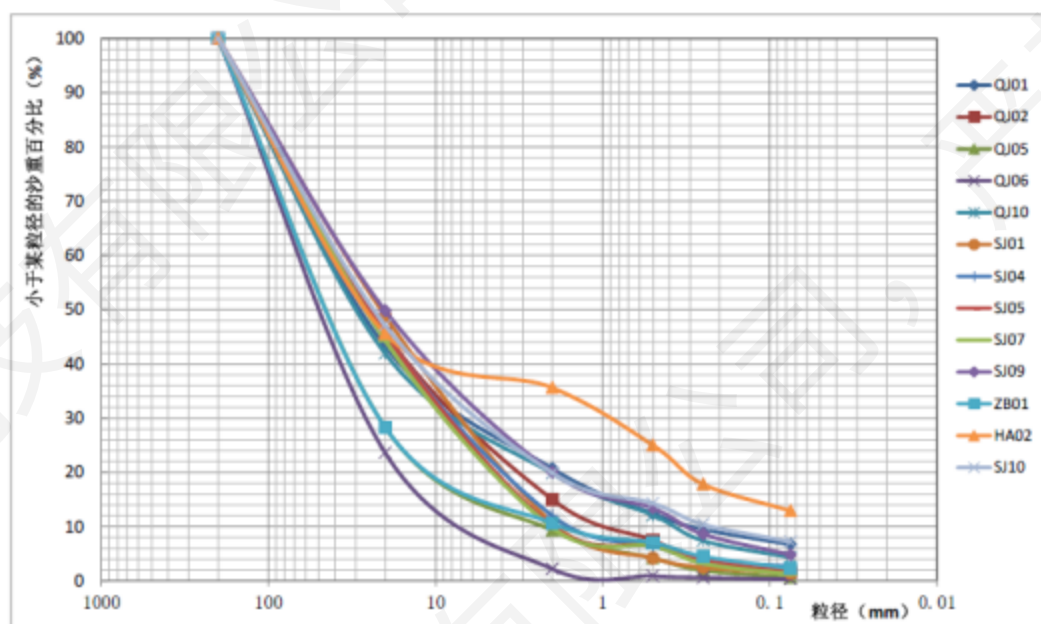


图 6-16 研究河段床沙质级配曲线

（2）河床冲淤变形验证 2008 年 10 月~2016 年 10 月河床冲淤变形计算结果与原型比较图见下图。由图可见，局部区域受采砂活动影响，模型计算的河床局部冲淤部位与原型天然冲淤变化相差较大，大部分区域模型与原型平面冲淤部位比较吻合。

（3）冲淤量验证

由于该段受采砂活动影响，各区间河段模型和原型冲淤量相差较大，其中，富湾枢纽下游~长来大桥河段原型冲淤量为 -42.35 万 m^3 ，模型计算冲淤量为 -13.05 万 m^3 ；长来大桥长安枢纽上游河段原型冲淤量为 -243.22 万 m^3 ，模型计算冲淤量为 -62.73 万 m^3 。

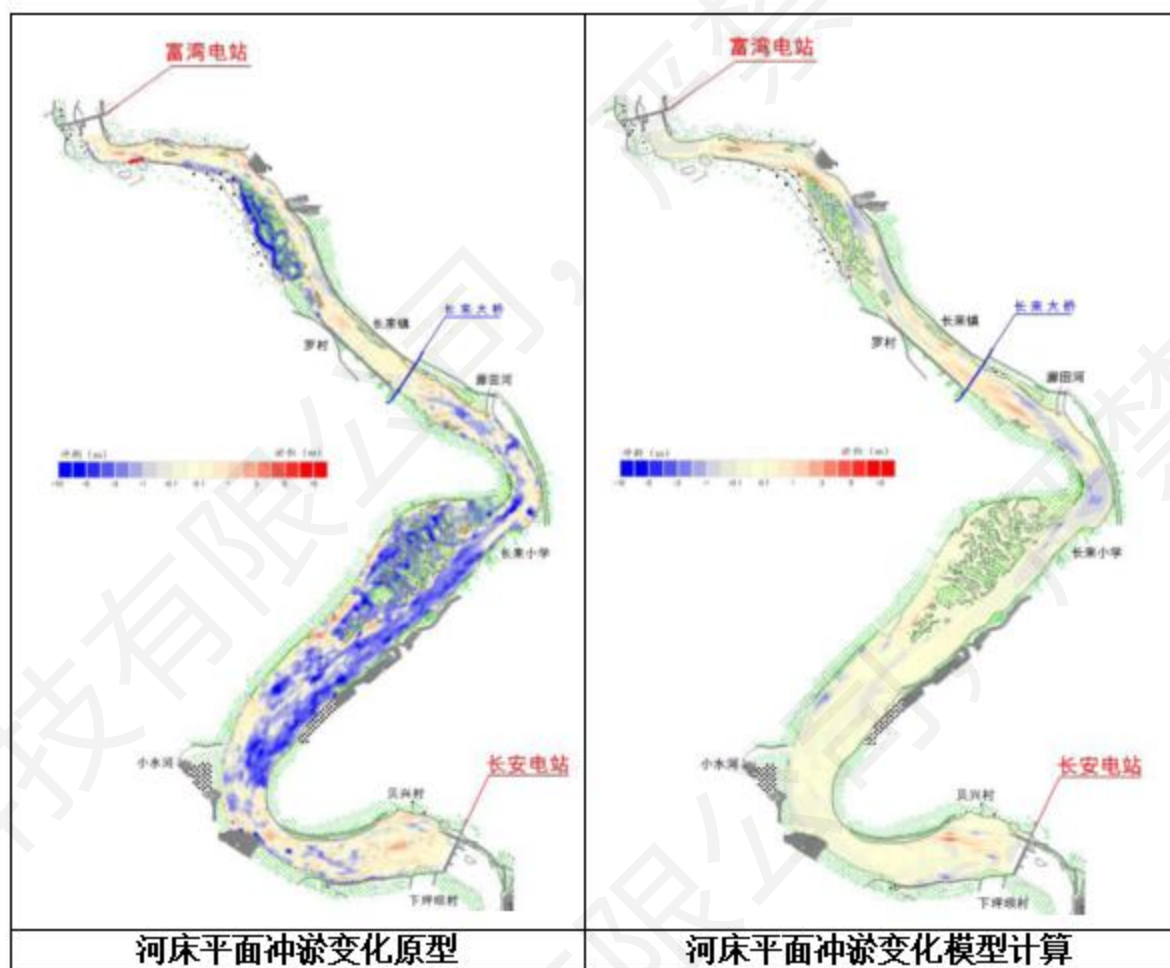


图 6-17 河床平面冲淤变化验证

6.2.3.2 长安枢纽至七星墩枢纽河段

一、模型计算域及网格划分

模型计算范围上起长安枢纽，下至七星墩枢纽，模拟河段全长约 8.4km。计算域沿河道纵向布置 291 个网格线，横向布置 81 个网格线，网格节点数为 291×81 。网格间距纵向为 18~72m，横向为 3~28m。

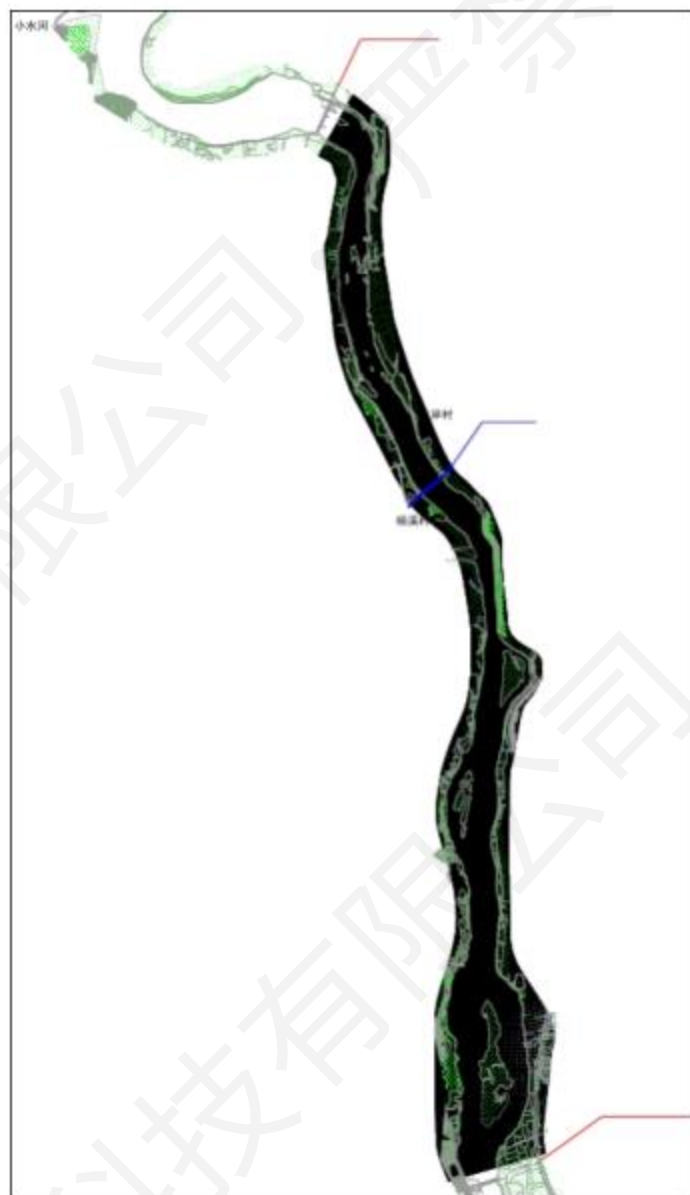


图 6-18 长安至七星墩枢纽河段模型范围及网格划分

二、验证计算依据的基本资料

采用 2019 年 6 月 13 日、15 日，7 月 5 日及 8 月 6 日中铁建港航局集团勘察设计院有限公司在本河段内开展的洪、中、枯水期条件下的水文测量资料，分别为枯水期 $100\text{m}^3/\text{s}$ 、 $360\text{m}^3/\text{s}$ ，中水期 $1100\text{m}^3/\text{s}$ 以及洪水期 $2600\text{m}^3/\text{s}$ 四级流量下的 5 处水位、2 处断面流速分布等水文资料。水尺布置及测流断面位置见下图所示。



图 6-19 水尺布置及测流断面位置

(三) 水流模型验证

(1) 水位验证

模型计算中进口条件采用长安坝下实测流量，出口为七星墩枢纽上游实测水位，各水尺水位计算值与原型实测结果的比较见下表，由表可知，模型计算结果与原型吻合较好，枯水期、中水期各水尺水位最大偏差均在 $\pm 0.05\text{m}$ 以内，洪水期各水尺水位最大偏差均在 $\pm 0.09\text{m}$ 以内。

表 6-9 长安至七星墩枢纽河段水位验证表（ $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
长安坝下	76.29	76.34	0.05

S5	76.26	76.22	-0.04
S6	75.65	75.66	0.01
S6-1	75.64	75.64	0
S7	75.6	75.6	0
七星墩坝上	75.6	75.6	0

表 6-10 长安至七星墩枢纽河段水位验证表（ $Q=360\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
长安坝下	77.4	77.35	-0.05
S5	77.09	77.13	0.04
S6	76.17	76.17	0
S6-1	76.08	76.03	-0.05
S7	75.76	75.76	0
七星墩坝上	75.76	75.76	0

表 6-11 长安至七星墩枢纽河段水位验证表（ $Q=1100\text{m}^3/\text{s}$ ）

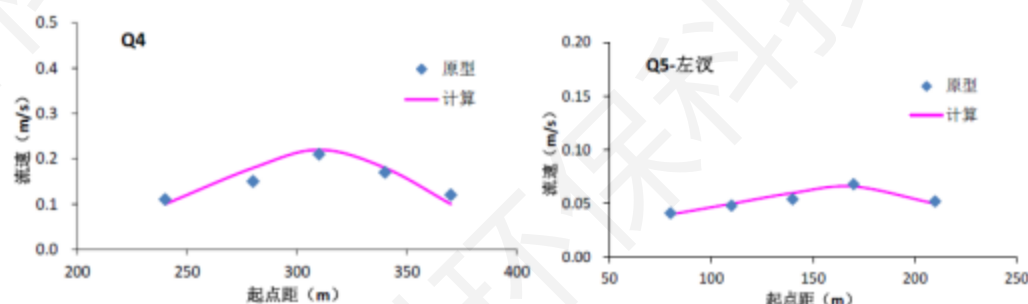
水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
长安坝下	78.96	78.99	0.03
S5	78.73	78.77	0.04
S6	78.09	78.11	0.02
S6-1	77.99	77.94	-0.05
S7	77.59	77.59	0
七星墩坝上	77.58	77.58	0

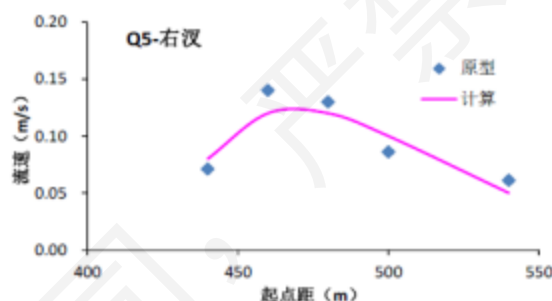
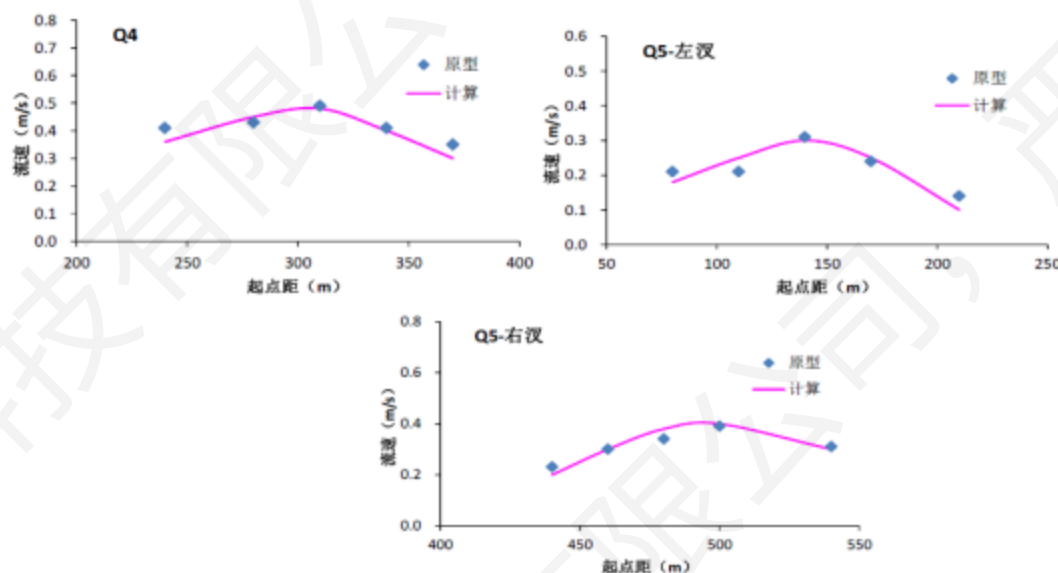
表 6-12 长安至七星墩枢纽河段水位验证表（ $Q=2900\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
长安坝下	81.87	81.86	-0.01
S5	81.33	81.33	0
S6	78.94	79.03	0.09
S6-1	78.4	78.35	-0.05
S7	76.61	76.62	0.01
七星墩坝上	76.51	76.52	0.01

(2) 流速验证

长安枢纽~七星墩枢纽断面流速分布模型计算结果与实测流速分布结果比较见下图。由图可见，模型计算的各断面流速分布趋势与原型基本一致。率定后，河床糙率取值在 0.02~0.038 之间。



图 6-20 断面流速分布验证结果 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)图 6-21 断面流速分布验证结果 ($Q=360\text{m}^3/\text{s}$)

(四) 泥沙模型验证

泥沙模型验证范围为长安枢纽至七星墩枢纽，河床冲淤变化验证计算起始地形采用 2008 年 10 月，计算验证地形为 2016 年 10 月实测河道地形。

(1) 泥沙级配

床沙粒径级配采用 2019 年 8 月河床底质采样数据资料，研究河段河床质中值粒径一般为 20mm~40mm。

(2) 河床冲淤变形验证 2008 年 10 月~2016 年 10 月河床冲淤变形计算结果与原型比较图见下图。由图可见，局部区域受采砂活动影响，模型计算的河床局部冲淤部位与原型天然冲淤变化相差较大，大部分区域模型与原型平面冲淤部位比较吻合。

(3) 冲淤量验证

由于该段受采砂活动影响，各区间河段模型和原型冲淤量相差较大，长安枢纽下游~杨溪大桥河段原型冲淤量为 +13.43 万 m^3 ，模型计算冲淤量为 +13.72 万 m^3 ；杨溪大桥~七星墩枢纽上游河段原型冲淤量为 +69.84 万 m^3 ，模型计算冲淤量为 +53.80

万 m^3 。

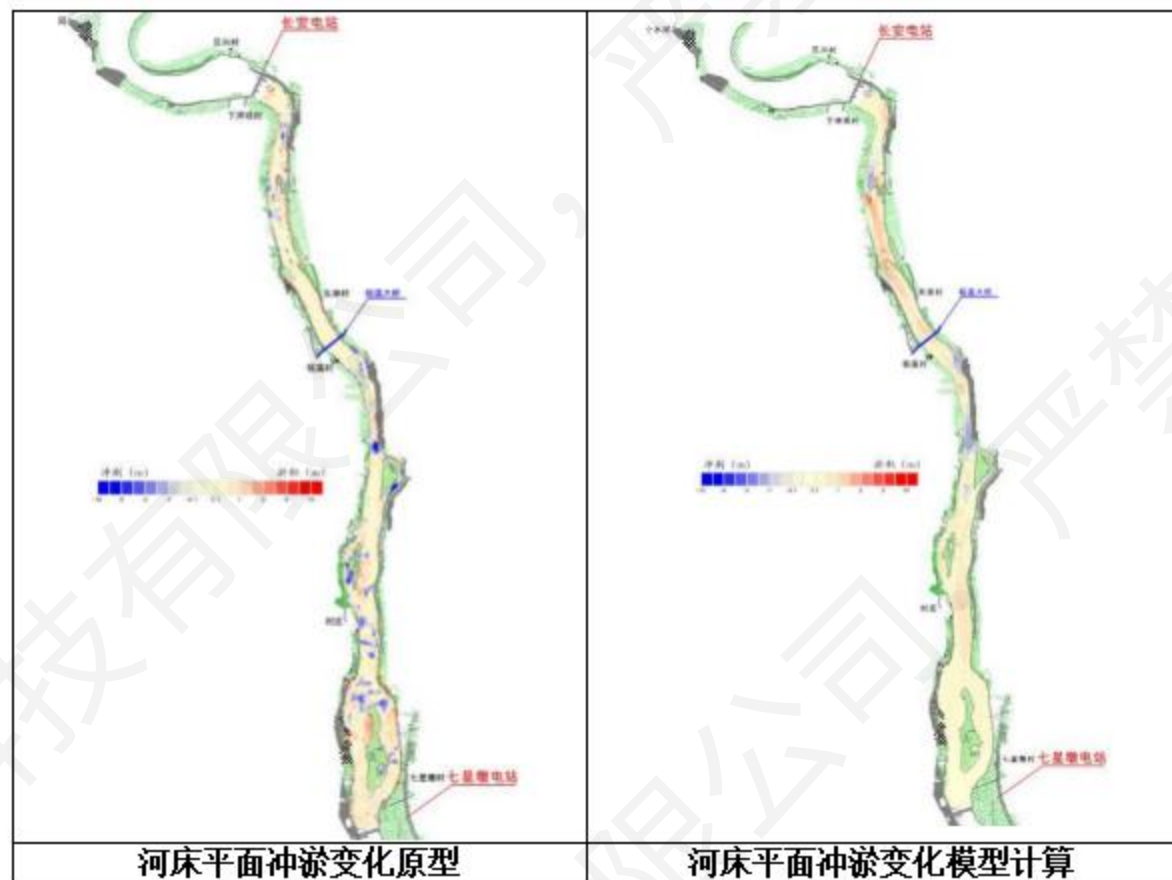


图 6-22 河床平面冲淤变化验证

6.2.3.3 七星墩枢纽至塘头枢纽河段

一、模型计算域及网格划分

模型计算范围上起七星墩枢纽，下至塘头枢纽，模拟河段全长约 7.4km。计算域沿河道纵向布置 217 个网格线，横向布置 81 个网格线，网格节点数为 217×81 ，网格间距纵向为 6~65m，横向为 3~15m。

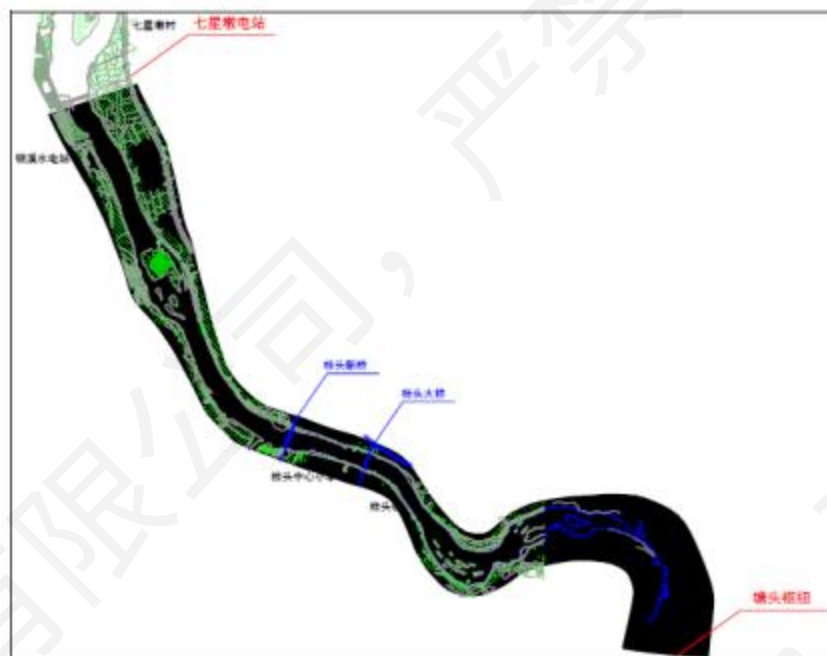


图 6-23 七星墩至塘头枢纽河段模型范围及网格划分

二、验证计算依据的基本资料

采用 2019 年 6 月 13 日、15 日，7 月 5 日及 8 月 6 日中铁建港航局集团勘察设计院有限公司在本河段内开展的洪、中、枯水期条件下的水文测量资料，分别为枯水期 $133\text{m}^3/\text{s}$ （干流 $110\text{m}^3/\text{s}$ +银溪电站 $23\text{m}^3/\text{s}$ ）、 $396\text{m}^3/\text{s}$ （ $350\text{m}^3/\text{s}$ + $46\text{m}^3/\text{s}$ ），中水期 $956\text{m}^3/\text{s}$ （ $910\text{m}^3/\text{s}$ + $46\text{m}^3/\text{s}$ ）以及洪水期 $1926\text{m}^3/\text{s}$ （ $1880\text{m}^3/\text{s}$ + $46\text{m}^3/\text{s}$ ）四级流量下的枢纽下游 4 处水位，以及枢纽下游 700m 断面流速分布等水文资料。

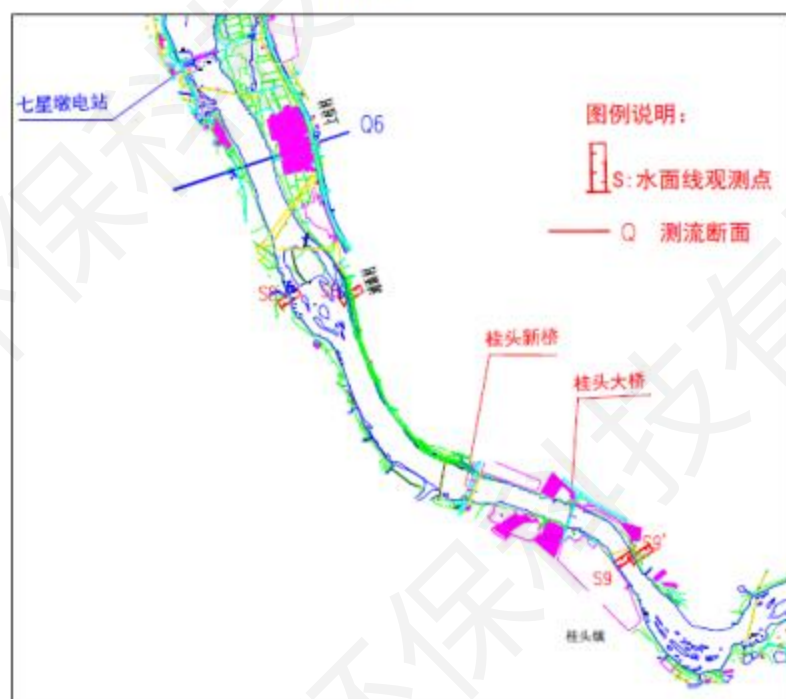


图 6-24 水尺布置及测流断面位置

（三）水流模型验证

（1）水位验证

模型计算中进口条件采用七星墩坝下实测流量，出口为塘头枢纽上游实测水位，由表可知，模型计算结果与原型吻合较好，枯水期、中水期各水尺水位最大偏差均在 $\pm 0.04\text{m}$ 以内，洪水期各水尺水位最大偏差均在 $\pm 0.09\text{m}$ 以内。

表 6-13 七星墩至塘头枢纽河段水位验证表（ $Q=133\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
七星墩坝下	69.02	68.98	-0.04
S8	67.67	67.7	0.03
S8'	67.66	67.64	-0.02
S9-1	67.33	67.37	0.04
S9	65.83	65.83	0
塘头坝上	65.5	65.51	0.01

表 6-14 七星墩至塘头枢纽河段水位验证表（ $Q=396\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
七星墩坝下	69.6	69.63	0.03
S8	68.54	68.51	-0.03
S8'	68.53	68.55	0.02
S9-1	66.5	66.51	0.01
S9	66.51	66.48	-0.03
塘头坝上	65.46	65.47	0.01

表 6-15 七星墩至塘头枢纽河段水位验证表（ $Q=956\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
七星墩坝下	71.24	71.25	0.01
S8	69.72	69.74	0.02
S8'	69.7	69.67	-0.03
S9-1	67.97	67.98	0.01
S9	67.98	67.96	-0.02
塘头坝上	67.79	67.78	-0.01

表 6-16 七星墩至塘头枢纽河段水位验证表（ $Q=1926\text{m}^3/\text{s}$ ）

水尺号	原型 (m)	计算 (m)	计算 (m) - 原型 (m)
七星墩坝下	74.42	74.47	0.05
S8	73.03	73	-0.03
S8'	73.01	73.02	0.01
S9-1	71.57	71.66	0.09
S9	71.56	71.49	-0.07
塘头坝上	70.4	70.38	-0.02

（2）流速验证

七星墩枢纽~桂头大桥河段断面流速分布模型计算结果与实测流速分布结果比

较见下图。由图可见，模型计算的各断面流速分布趋势与原型基本一致。率定后，河床糙率取值在 0.023~0.036 之间。

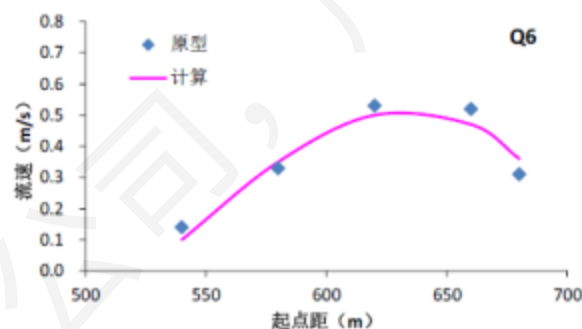


图 6-25 断面流速分布验证结果 ($Q=133\text{m}^3/\text{s}$)

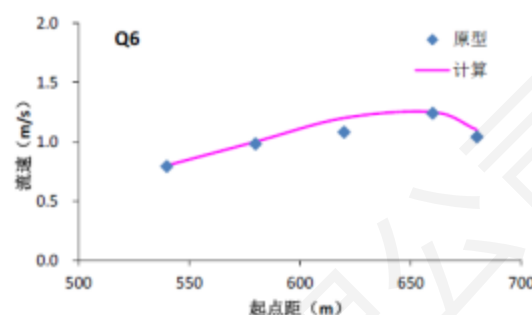


图 6-26 断面流速分布验证结果 ($Q=396\text{m}^3/\text{s}$)

(四) 泥沙模型验证

泥沙模型验证范围为长安枢纽至七星墩枢纽，河床冲淤变化验证计算起始地形采用 2008 年 10 月，计算验证地形为 2016 年 10 月实测河道地形。

(1) 泥沙级配

床沙粒径级配采用 2019 年 8 月河床底质采样数据资料，研究河段河床质中值粒径一般为 20mm~40mm。

(2) 河床冲淤变形验证 2008 年 10 月~2016 年 10 月河床冲淤变形计算结果与原型比较图见下图。由图可见，局部区域受采砂活动影响，模型计算的河床局部冲淤部位与原型天然冲淤变化相差较大，大部分区域模型与原型平面冲淤部位比较吻合。

(3) 冲淤量验证

由于该段受采砂活动影响，各区间河段模型和原型冲淤量相差较大，七星墩枢纽下游~桂头大桥河段原型冲淤量为 -29.7 万 m^3 ，模型计算冲淤量为 -24.9 万 m^3 。

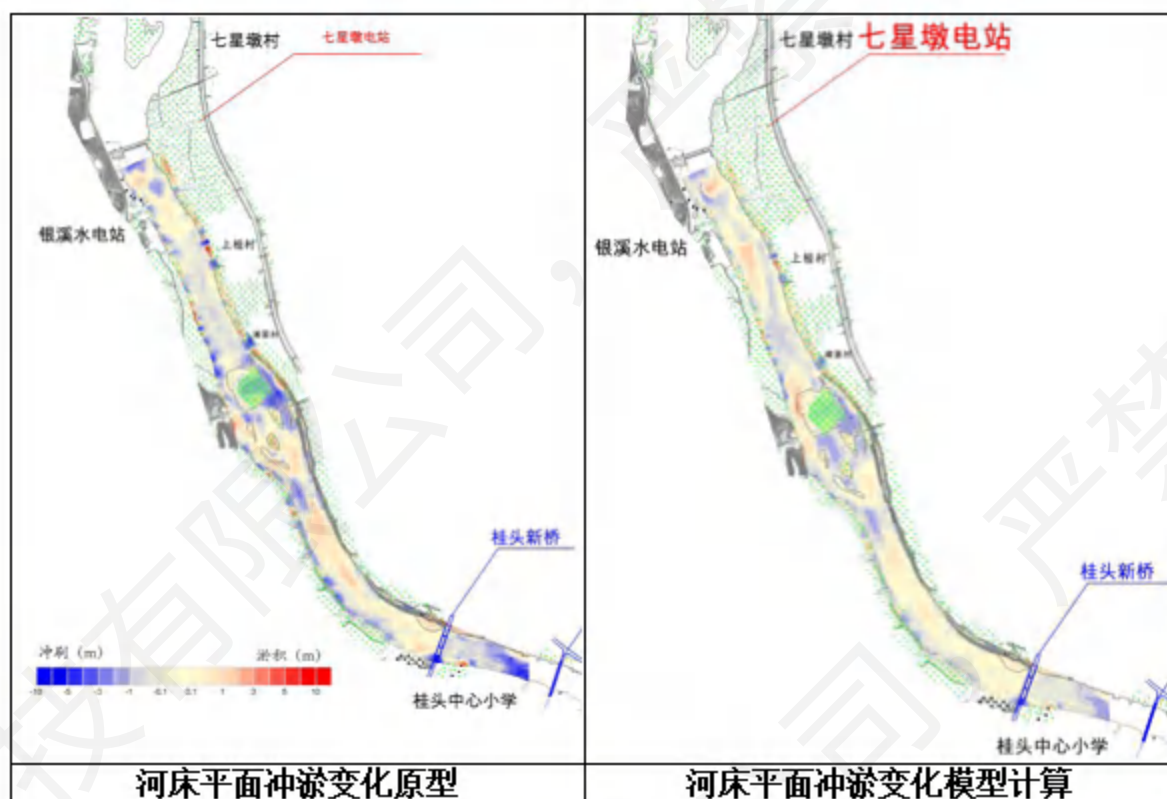


图 6-27 河床平面冲淤变化验证

6.2.3.4 小结

分别基于各段近期实测地形资料，分别建立了富湾枢纽~长安枢纽河段、长安枢纽河段~七星墩枢纽河段、七星墩枢纽~塘头枢纽河段平面二维水沙数学模型，采用最新洪水期、中水期、枯水期水文测验资料对模型水动力特征进行了验证，结果表明：模型各水尺水位过程、各断面流速分布趋势等各项水流运动特征基本与原体河道相似，偏差较小，符合《内河航道与港口水流泥沙模拟技术规程》（JTS/T 231-4-2018）规定的要求，表明建立的平面二维水流数学模型可以正确反映天然水流运动规律；在此基础上，进行了河床冲淤变形验证，计算结果基本反映了原体河床地形的冲淤变化规律，说明泥沙模型参数选取的合理性、模型能够较好的模拟泥沙的输移运动。

6.2.4 水流计算分析

6.2.4.1 富湾枢纽至长安枢纽河段

1、计算工况

富湾至长安枢纽河段天然水流特性分析共计算 13 组工况，具体见下表。

表 6-17 水流计算工况表

计算工况	模型范围	水情	上游来流 (m^3/s)	模型下边界水位 (m)
1	富湾~长安 枢纽	富湾枢纽最大发电流量	350	81.82
2		富湾枢纽敞泄分界流量	850	81.82
3		限制通航流量(北江上延桂头~韶关段)	1200	81.82
4		/	1300	81.82
5		/	1400	81.82
6		/	1500	81.82
7		长安枢纽敞泄分界流量	1600	80.08
8		2 年一遇洪水	1775	80.57
9		5 年一遇洪水	2587	81.87
10		10 年一遇洪水设计洪水流量	3133	82.66
11		20 年一遇洪水	3850	83.36
12		50 年一遇洪水	4560	84.04
13		100 年一遇洪水	5070	84.49

2、设计水位下的水深

设计最低通航水位下水深图见下图。

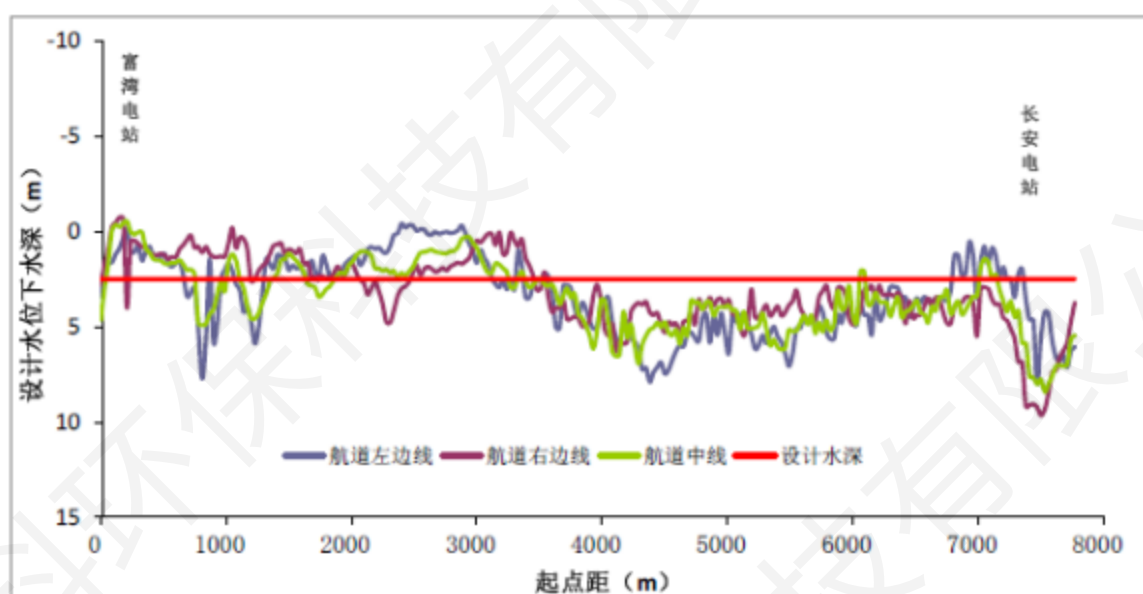


图 6-28 设计航线位置水深图

3、各级流量下的水位

流量小于 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 时，该河段为库区河段，水位变幅小，长安枢纽敞泄后，流量 $1775\text{m}^3/\text{s}$ （2 年一遇）至 $3133\text{m}^3/\text{s}$ （10 年一遇）区间时，河段落差在 4.57~4.85m 左右。

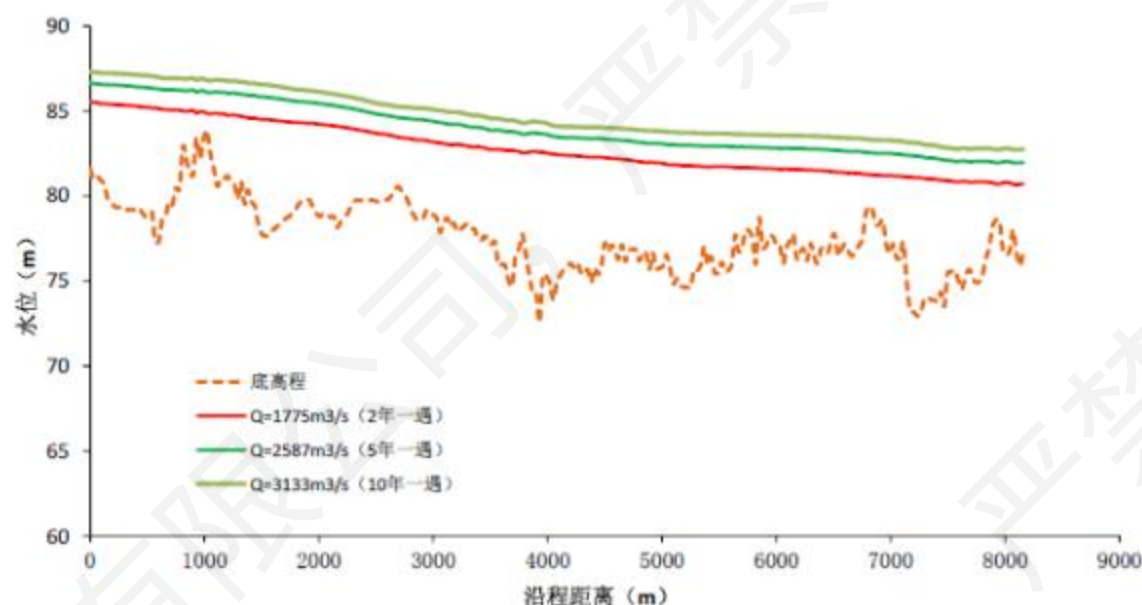


图 6-29 各级流量条件下沿程水位

4、各级流量下的流速场

在 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 流量下，设计航道内纵向流速最大值为 2.4m/s 左右，横向流速最大值约 0.5m/s 。流量大于 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 时，该河段处于天然状态，设计航道内纵向流速、横向流速均有所增加，在 2 年一遇洪水流量下，设计航道内纵向流速基本在 2.6m/s 以内，设计航道内最大横向流速 0.7m/s 。



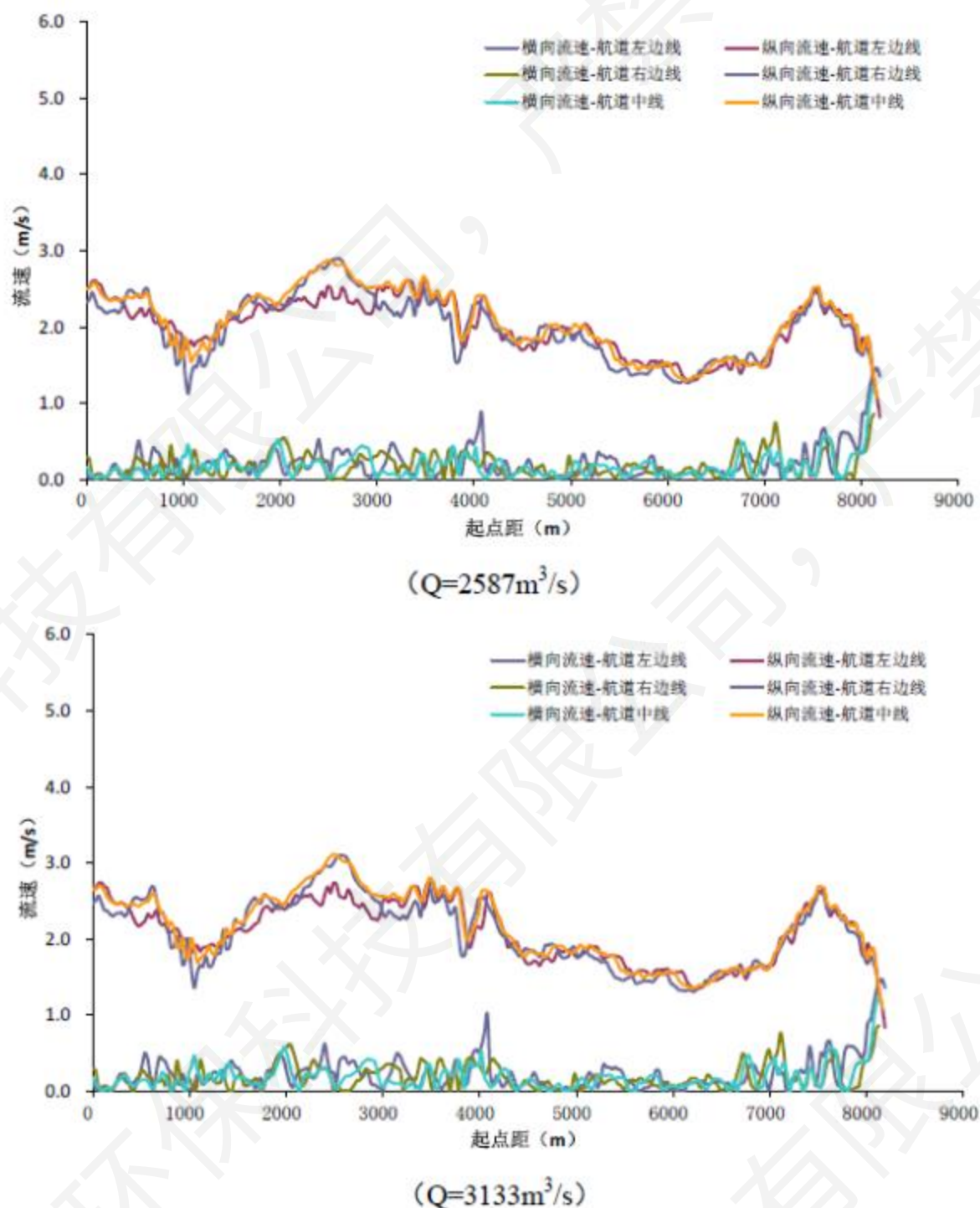


图 6-30 设计航道内沿程纵向、横向流速变化

5、各级流量下的比降

流量小于 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 时，为库区河段，水位变幅小，长安枢纽敞泄后，恢复天然河道状态，水位变幅增加，2 年一遇洪水流量下，河心最大比降在 4.5% 左右，5 年一遇洪水流量下，河心最大比降在 4.1% 左右，10 年一遇洪水流量下，河心最大比降在 3.7% 左右。

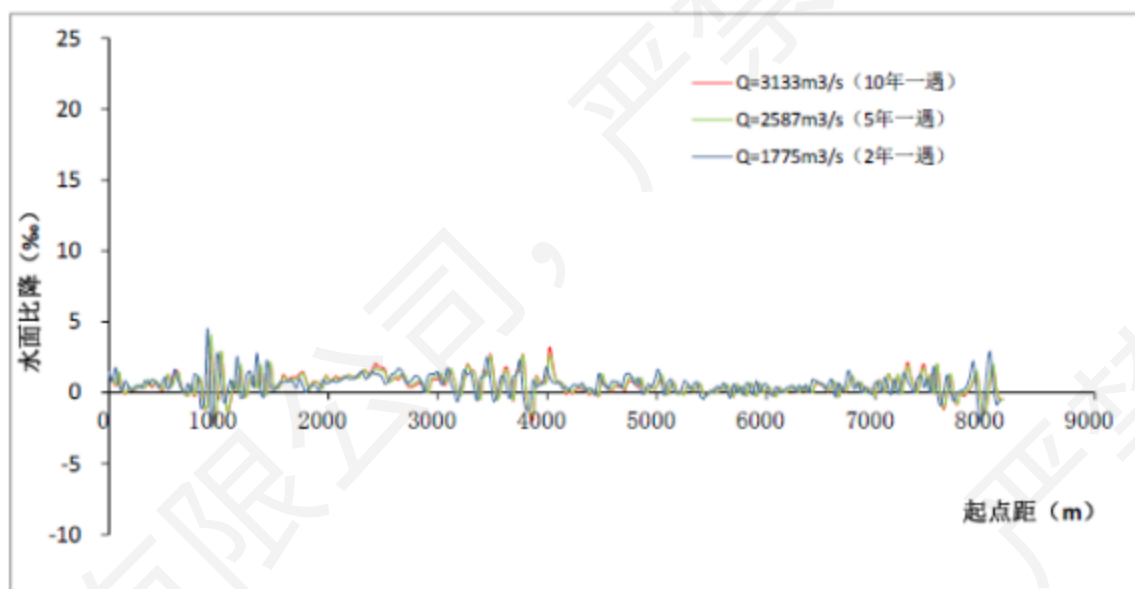


图 6-31 各级流量条件下河心比降

6.2.4.2 长安至七星墩枢纽河段

1、计算工况

长安至七星墩枢纽河段天然水流特性分析共计算 24 组工况，具体见下表。

表 6-18 水流计算工况表

计算工况	模型范围	水情	上游来流 (m³/s)	物理模型尾门水位（长安坝下 2.8km/杨溪大桥上游约 0.2km）	模型下边界水位 (m)
1	长安枢纽~ 七星墩枢纽	98%枯水保证率流量	20	75.83	75.82
2			20	74.61	74.32（考虑消落 1.5m）
3		95%枯水保证率流量	25	75.84	75.82
4			25	74.65	74.32（考虑消落 1.5m）
5		单机引用流量	124	75.99	75.82
6			124	75.29	74.32（考虑消落 1.5m）
7		整治流量（多年平均流 量）	158	76.06	75.82
8			158	75.45	74.32（考虑消落 1.5m）
9		两台机组引用流量	248	76.30	75.82
10		电站满发流量	372	76.61	75.82
11		/	872	77.62	75.82
12		限制通航流量（北江上延 桂头~韶关段）	1200	78.16	75.82
13		/	1300	78.35	75.82

14		/	1400	78.50	75.82
15		/	1500	78.67	75.82
16		长安枢纽敞泄分界流量	1600	78.82	75.82
17		七星墩枢纽敞泄分界流量	1800	79.12	73.32
18		P=50%	1860	79.20	73.84
19		P=33.3%	2350	79.90	74.50
20		P=20%	2720	80.31	74.83
21		P=10%	3300	80.94	75.10
22		P=5%	3850	81.51	76.03
23		P=2%	4560	82.10	76.96
24		P=1%（枢纽校核洪水流量）	5070	82.57	77.53

2、设计水位下的水深

设计最低通航水位下水深图见下图。

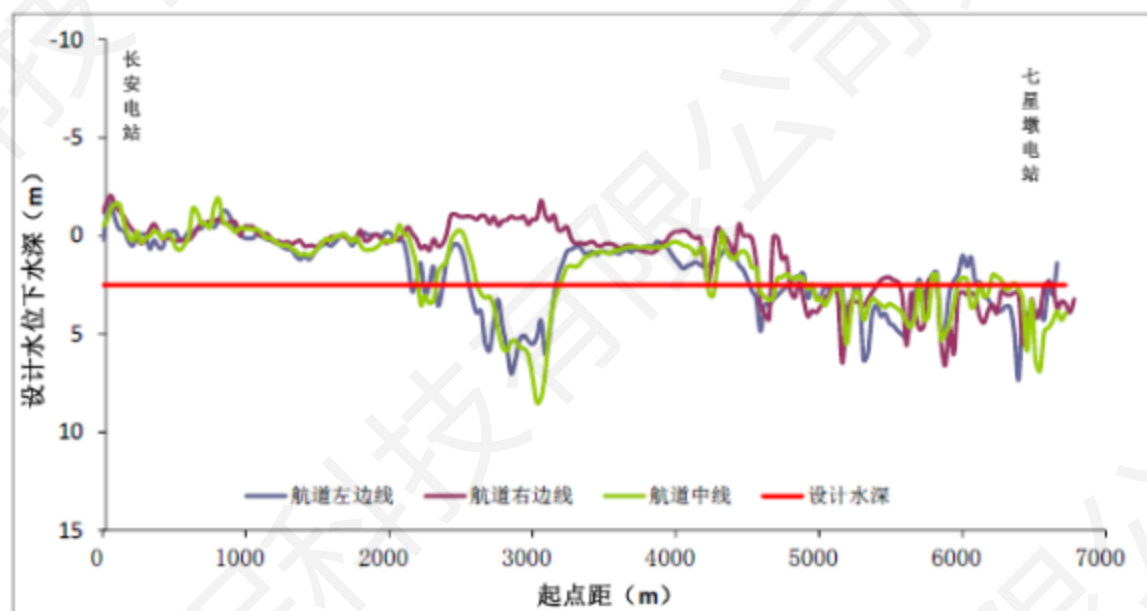


图 6-32 设计航线位置水深图

3、各级流量下的水位

流量小于 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，长安~七星墩枢纽为库区河段，水位变幅小，七星墩枢纽敞泄后，流量 $1860\text{m}^3/\text{s}$ 至 $3300\text{m}^3/\text{s}$ 区间时，河段落差在 $5.77\sim 6.35\text{m}$ 左右。

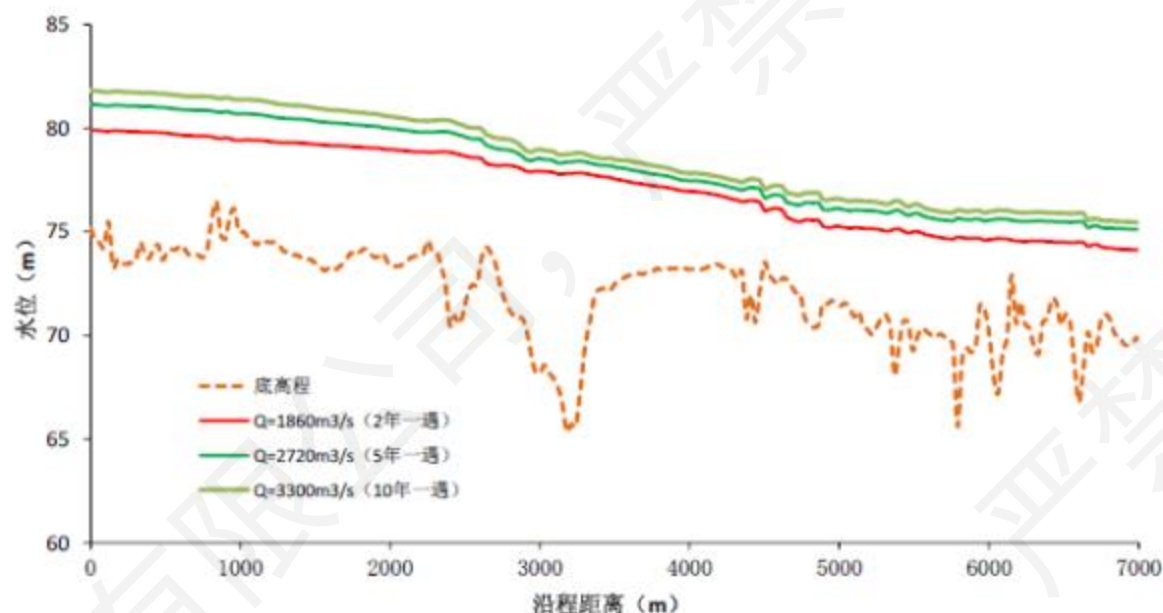


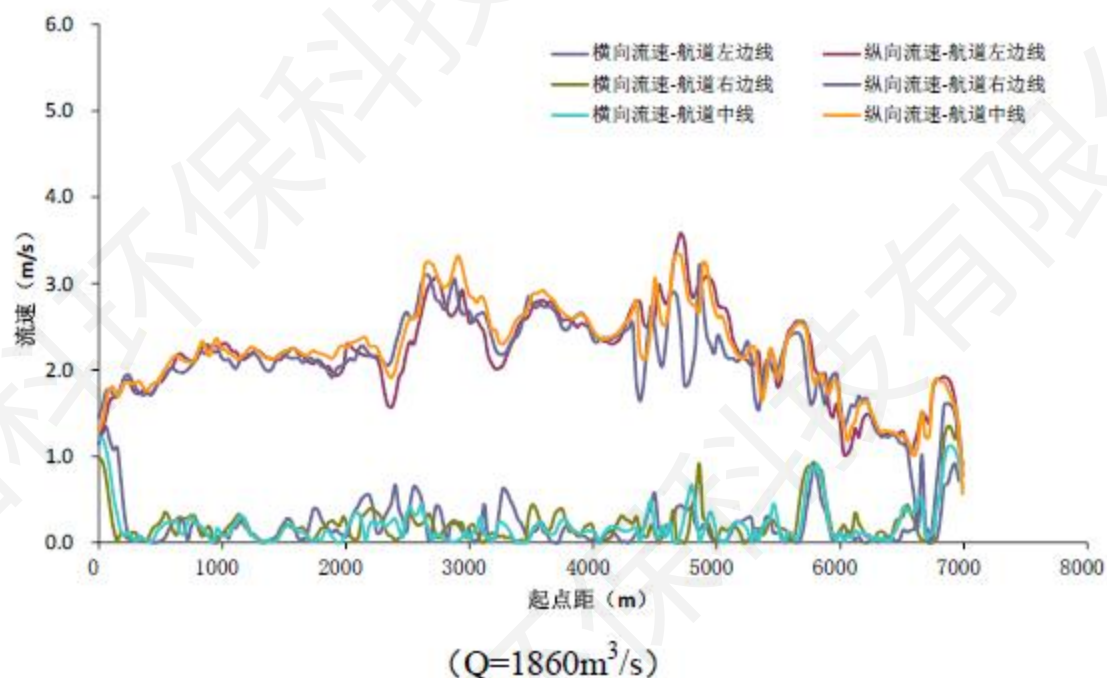
图 6-33 各级流量条件下沿程水位

4、各级流量下的流速场

当流量大于 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，该河段处于天然状态，设计航道内纵向流速、横向流速均有所增加， $1860\text{m}^3/\text{s}$ （2 年一遇流量）时，设计航道内纵向流速最大值为 3.58m/s 左右，横向流速一般在 0.9m/s 以内。

在 10 年一遇洪水流量下，局部航段出现 4.5m/s 左右的纵向流速，设计航道内最大横向流速 1.5m/s 。

从流场图可见，不同流量下，设计航道内水流较为平顺，无不良流态。



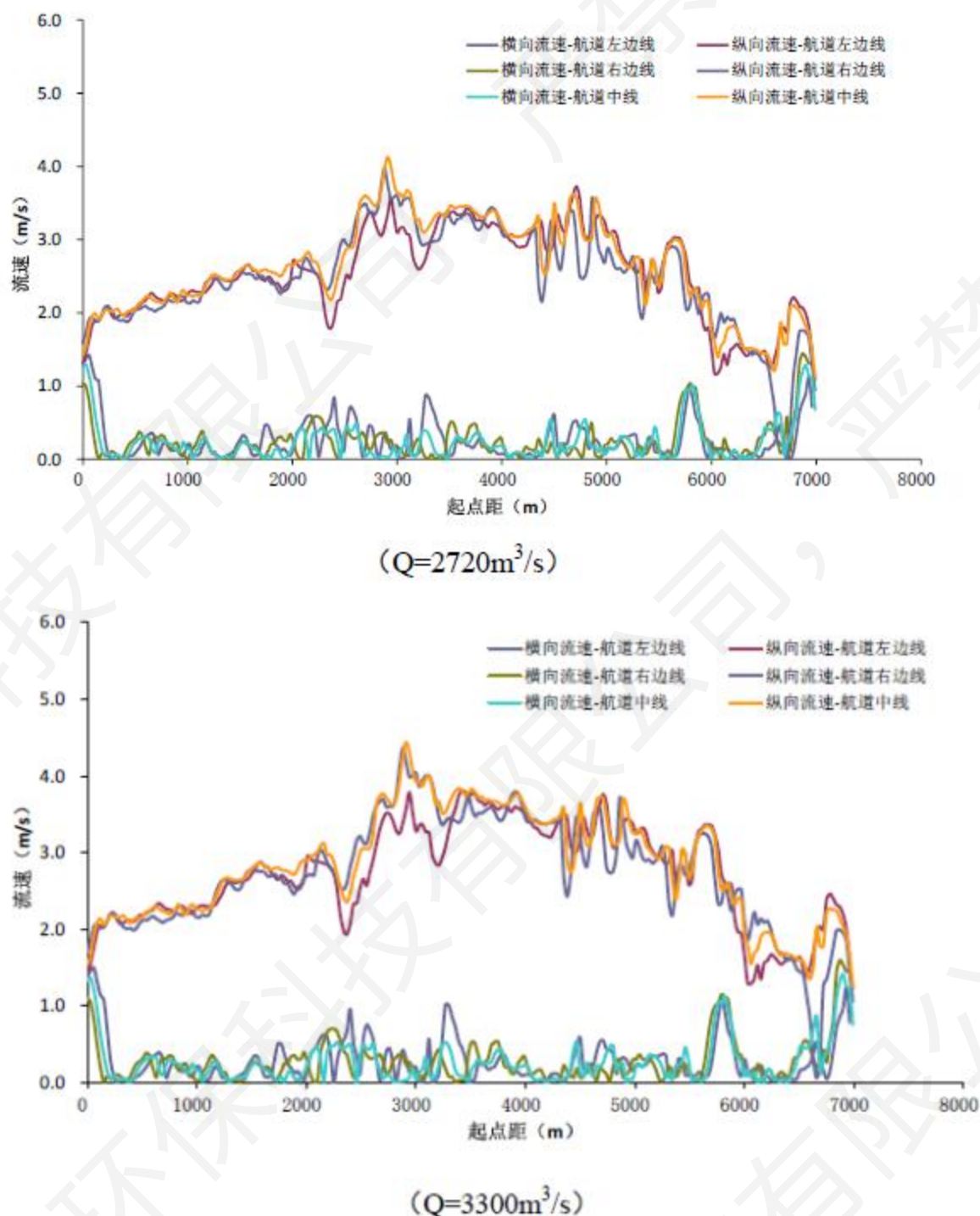


图 6-34 设计航道内沿程纵向、横向流速变化

5、各级流量下的比降

流量小于 1800m³/s 时，该段水位变幅小，河段内水面比降均在 3.2%以下，七星墩枢纽敞泄后，恢复天然河道状态，水位变幅增加，2 年一遇洪水流量下，河段内局部最大水面比降为 13.6%，5 年一遇洪水流量下，河段内局部最大水面比降为 14.1%，10 年一遇洪水流量下，河段内局部最大水面比降为 13.8%。



图 6-35 各级流量条件下河心比降

6.2.4.3 七星墩至桂头大桥枢纽河段

1、计算工况

七星墩至桂头大桥河段天然水流特性分析共计算 20 组工况，具体见下表。

表 6-19 水流计算工况表

计算工况	模型范围	水情	上游来流 (m^3/s)	模型尾门水位(桂头大桥下游 400m)	模型下边界水位 (m)
1	七星墩枢纽~塘头枢纽	单机发电流量	150	68.83	68.82 (正常蓄水位)
2			150	68.35	68.32 (考虑消落 0.5m)
3		电站满发流量	277	68.84	68.82
4			277	68.37	68.32 (考虑消落 0.5m)
5		控泄	800	68.98	68.82
6			800	68.56	68.32 (考虑消落 0.5m)
7		限制通航流量(北江上延桂头~韶关段)	1200	69.20	68.82
8		/	1300	69.26	68.82
9		/	1400	69.32	68.82
10		/	1450	69.36	68.82
11		/	1500	68.76	67.51
12		/	1600	68.94	67.68
13		/	1700	69.12	67.84

14		七星墩枢纽泄分界流量	1800	69.27	68.00
15		P=50%	2000	69.59	68.32
16		P=20%	2910	71.14	69.68
17		P=10%	3510	71.87	70.39
18		P=5%	4100	72.51	71.07
19		P=2%	4720	73.16	71.74
20		P=1% (枢纽校核洪水流量)	5360	73.72	72.37

2、设计水位下的水深

设计最低通航水位下水深图见下图。

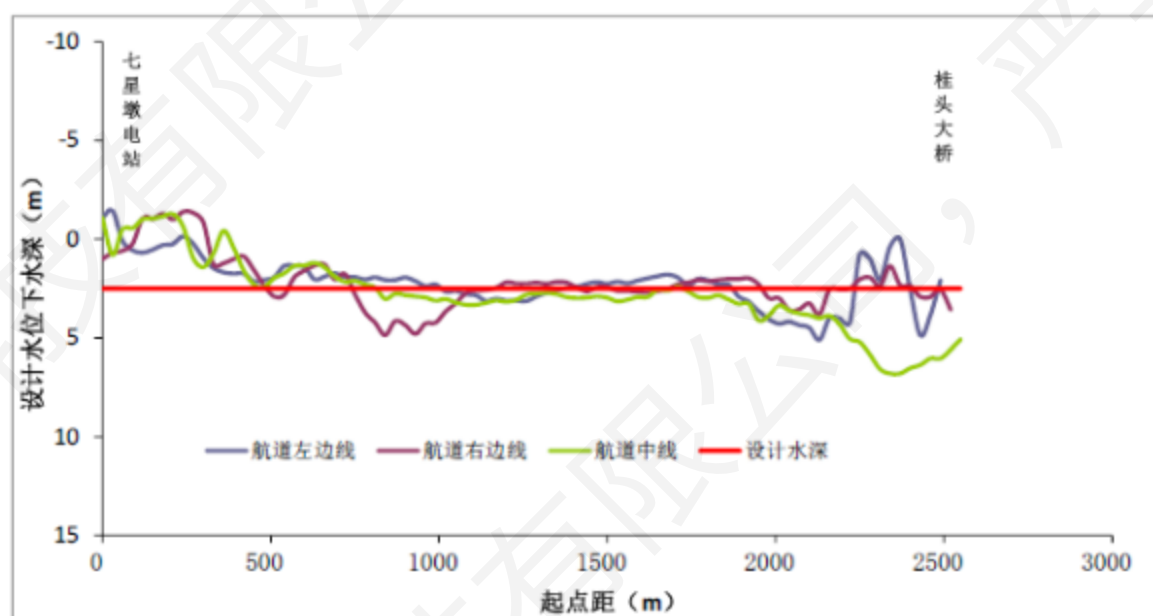


图 6-36 设计航线位置水深图

3、各级流量下的水位

流量在 2 年一遇洪水流量 ($2000\text{m}^3/\text{s}$) 和 10 年一遇洪水流量 ($3510\text{m}^3/\text{s}$) 时, 河段落差在 2.31~2.76m 左右。

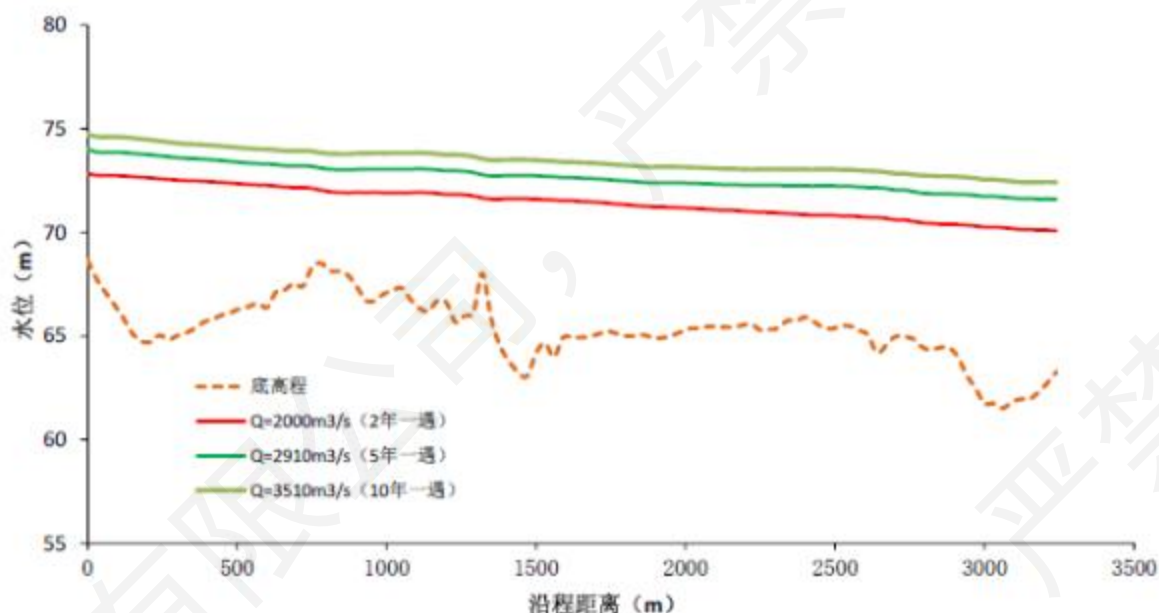
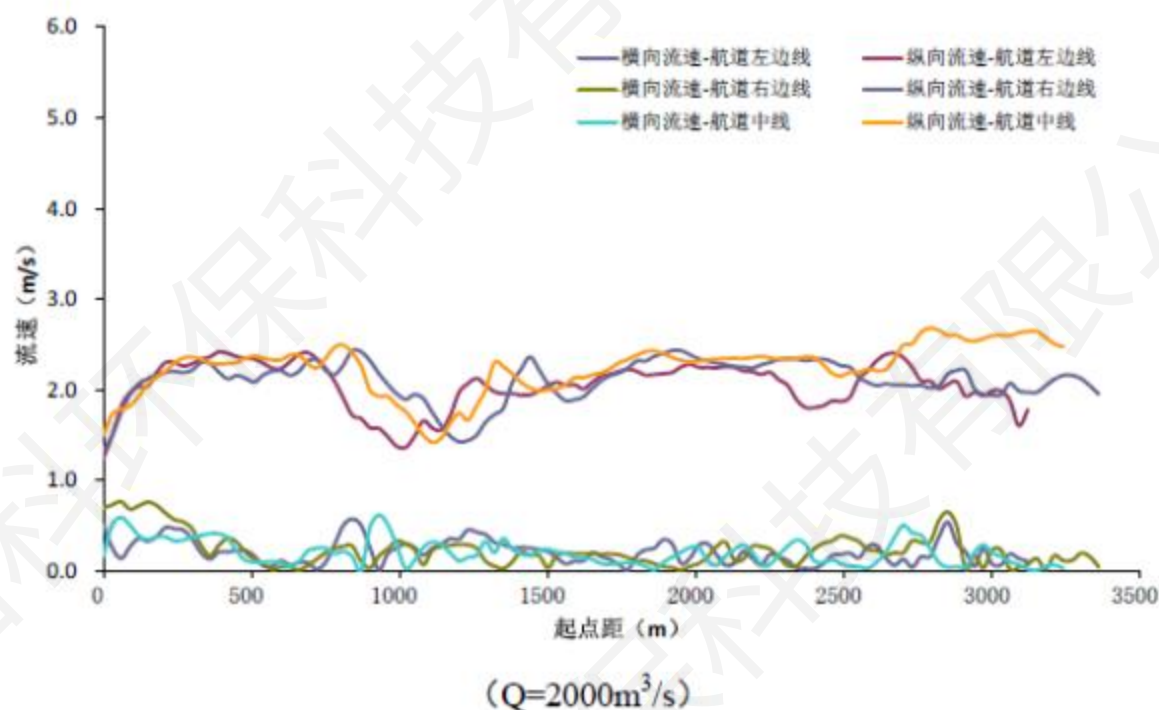


图 6-37 各级流量条件下沿程水位

4、各级流量下的流速场

当流量为 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，设计航道内纵向流速最大值为 2.6m/s 左右、横向流速最大值在 0.7m/s 左右；在 10 年一遇洪水流量下，设计航道内纵向流速最大值为 3.3m/s 左右，最大横向流速 1.0m/s 。

从流场图可见，不同流量下，设计航道内水流较为平顺，无不良流态。



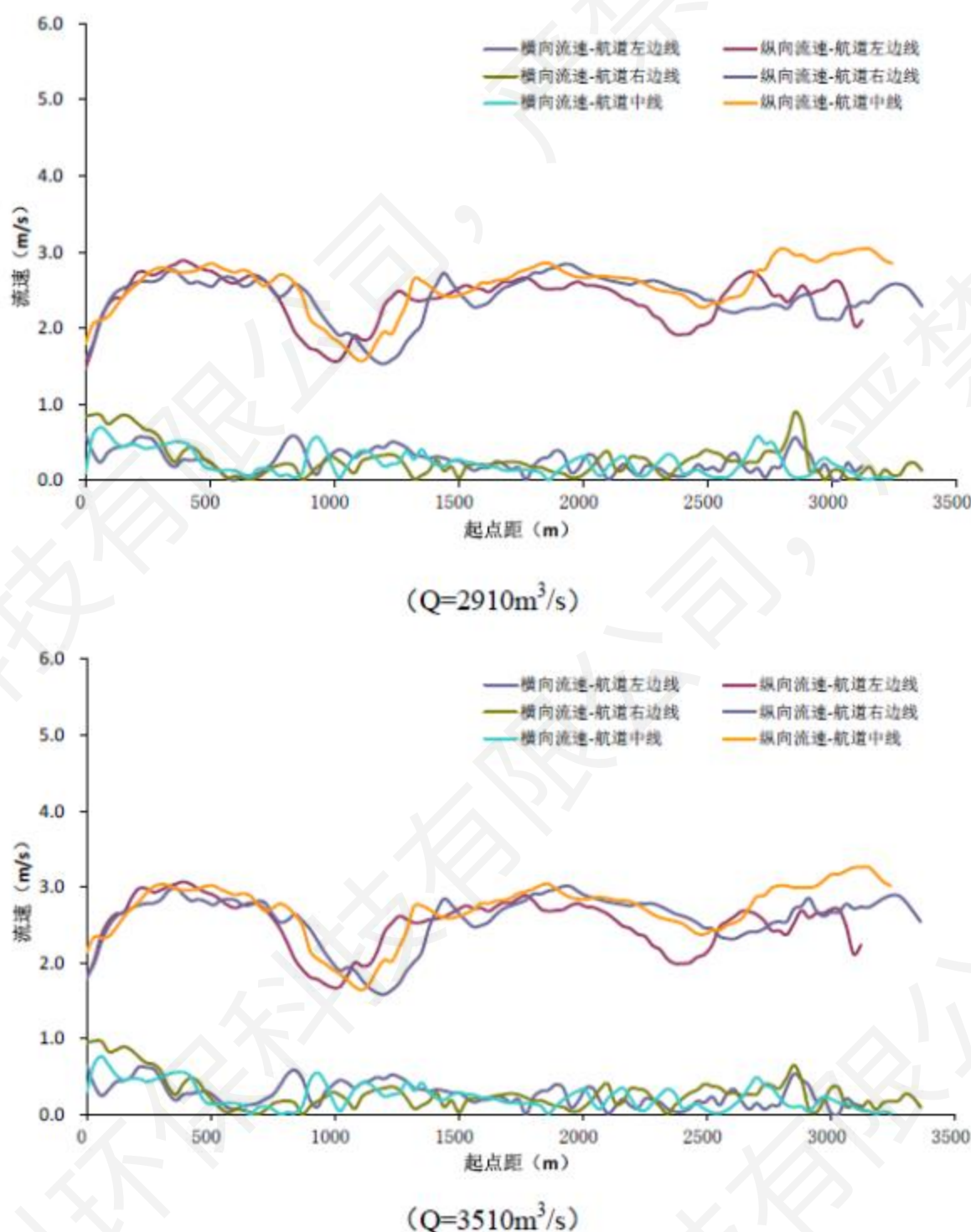


图 6-38 设计航道内沿程纵向、横向流速变化

5、各级流量下的比降

该段河道比降较小，10 年一遇洪水流量下，河道内河心比降均在 4.6‰以内。

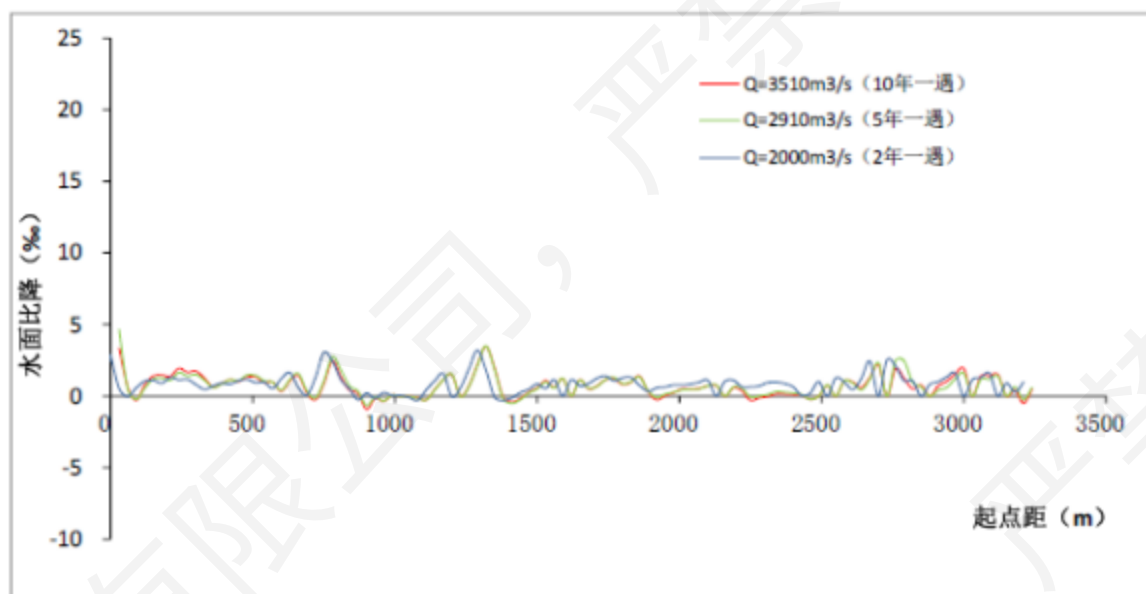


图 6-39 各级流量条件下河心比降

6.2.4.4 小结

(一) 富湾至长安枢纽河段

(1) 该段在 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 流量下，设计航道内纵向流速最大值为 2.4m/s 左右，横向流速最大值约 0.5m/s ；流量大于 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 时，该河段处于天然状态，设计航道内纵向流速、横向流速均有所增加，在 2 年一遇洪水流量下，设计航道内纵向流速基本在 2.6m/s 以内，设计航道内最大横向流速 0.7m/s 。

(2) 流量小于 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 时，水位变幅小，长安枢纽敞泄后，恢复天然河道状态，水位变幅增加，2 年一遇洪水流量下，河心最大比降在 4.5% 左右，5 年一遇洪水流量下，河心最大比降在 4.1% 左右，10 年一遇洪水流量下，河心最大比降在 3.7% 左右。

(二) 长安枢纽至七星墩枢纽河段

(1) 该段最低通航水位下水深不足 2.5m 的河段主要集中在长安枢纽下游至杨溪大桥下游约 3.0km 河段内。

(2) 当流量大于 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，该河段处于天然状态，设计航道内纵向流速、横向流速均有所增加， $1860\text{m}^3/\text{s}$ （2 年一遇流量）时，设计航道内纵向流速最大值为 3.58m/s 左右，横向流速一般在 0.9m/s 以内；在 10 年一遇洪水流量下，局部航段出现 4.5m/s 左右的纵向流速，设计航道内最大横向流速 1.5m/s 。

(3) 流量小于 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，该段水位变幅小，河段内水面比降均在 3.2% 以下，

七星墩枢纽敞泄后，恢复天然河道状态，水位变幅增加，2年一遇洪水流量下，河段内局部最大水面比降为13.6%；5年一遇洪水流量下，河段内局部最大水面比降为14.1%；10年一遇洪水流量下，河段内局部最大水面比降为13.8%。

（三）七星墩枢纽至桂头大桥河段

（1）该段最低通航水位下水深不足2.5m的河段主要集中在七星墩坝下河段。

（2）当流量为 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 时，设计航道内纵向流速最大值为 2.6m/s 左右、横向流速最大值在 0.7m/s 左右；在10年一遇洪水流量下，设计航道内纵向流速最大值为 3.3m/s 左右，最大横向流速 1.0m/s 。

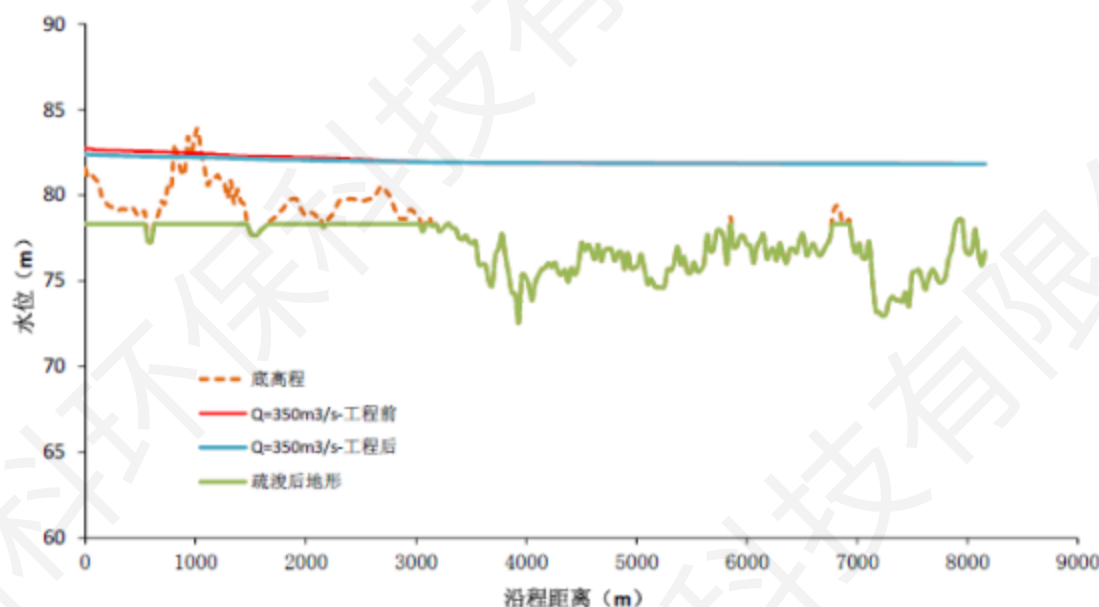
（3）该段河道比降较小，10年一遇洪水流量下，河道内河心比降均在4.6%以内。

6.2.5 水文情势变化分析

6.2.5.1 富湾枢纽至长安枢纽河段

（一）水位变化

本工程实施后，不同流量级下，河道内沿程水位均有所降低，最大降幅 0.52m ，随着流量增加，水位降幅越来越小。



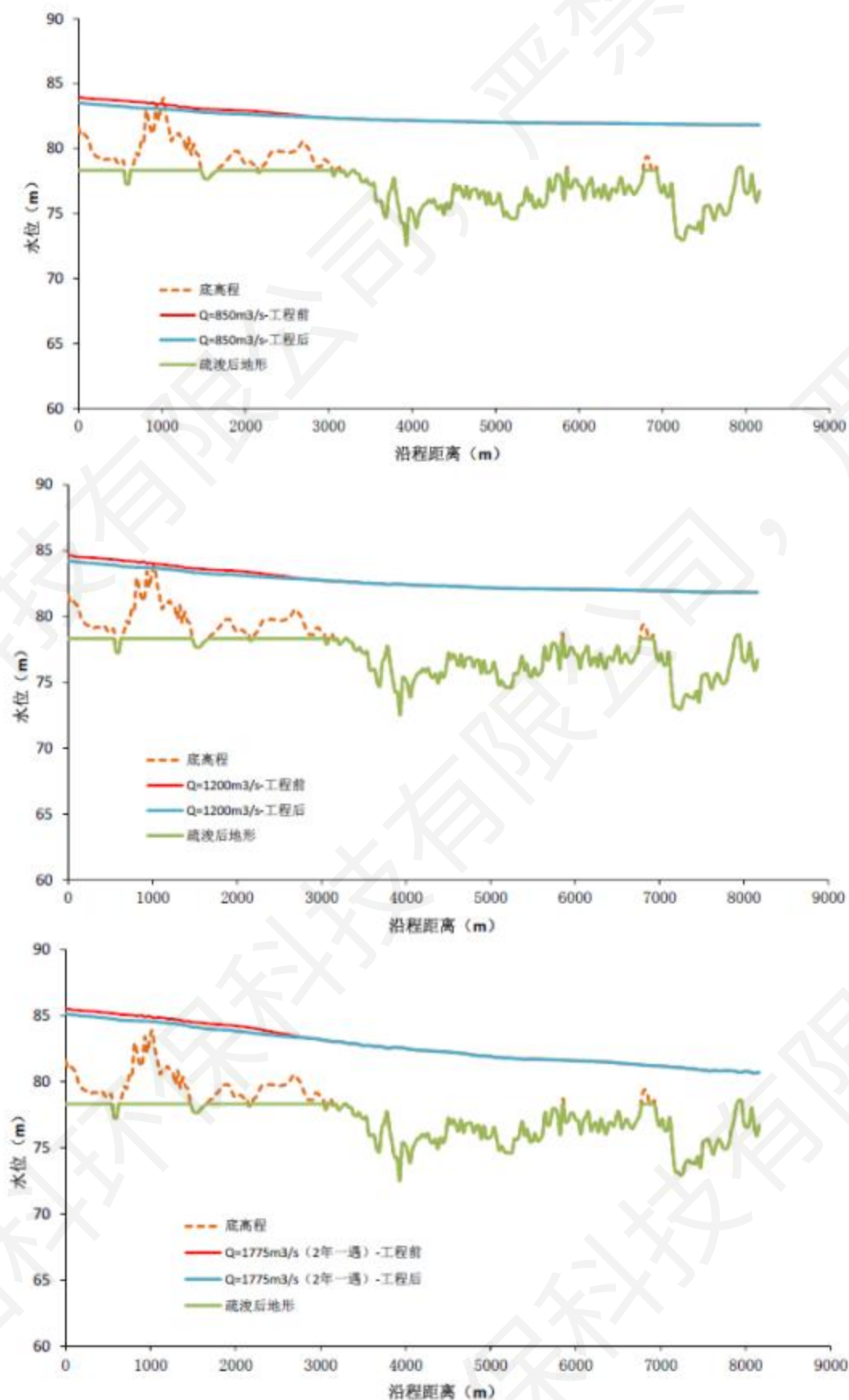


图 6-40 不同流量级下工程前后沿程水位变化

(二) 流速变化

本工程实施后，长来大桥区域纵向流速有所降低，减小幅度在 $0.2\text{m/s}\sim 0.6\text{m/s}$ ，长来大桥上游河段纵向流速有一定增加，增加幅度 0.2m/s 左右。设计航道内横向流速均有所减小。随着流量增加，工程前后流速变化越来越小。

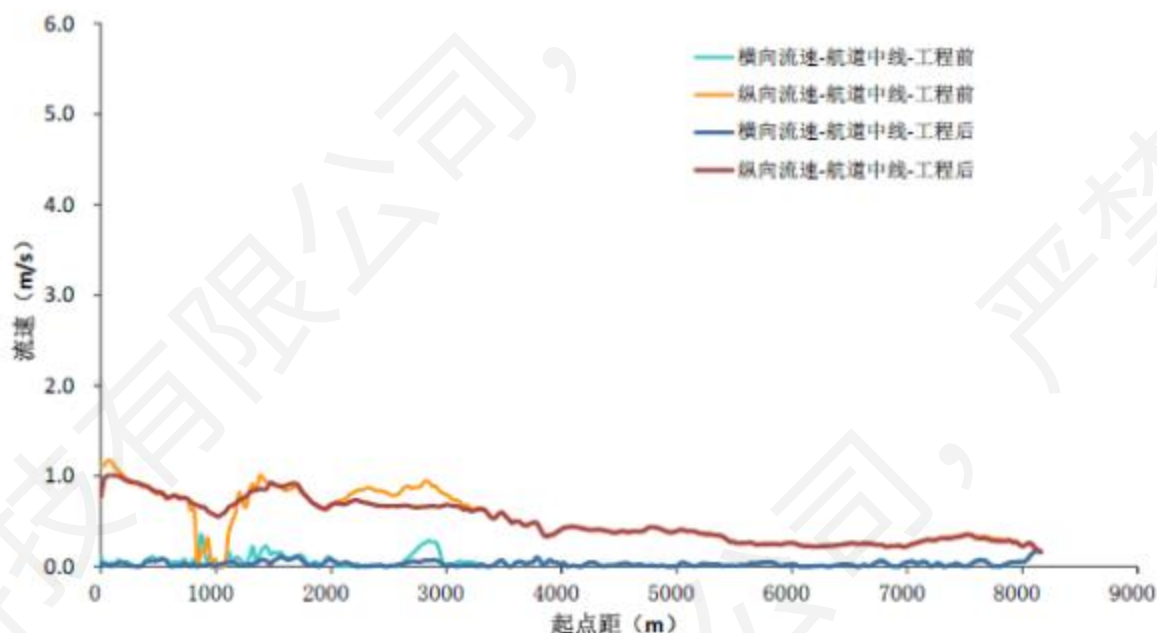


图 6-41 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=350\text{m}^3/\text{s}$)

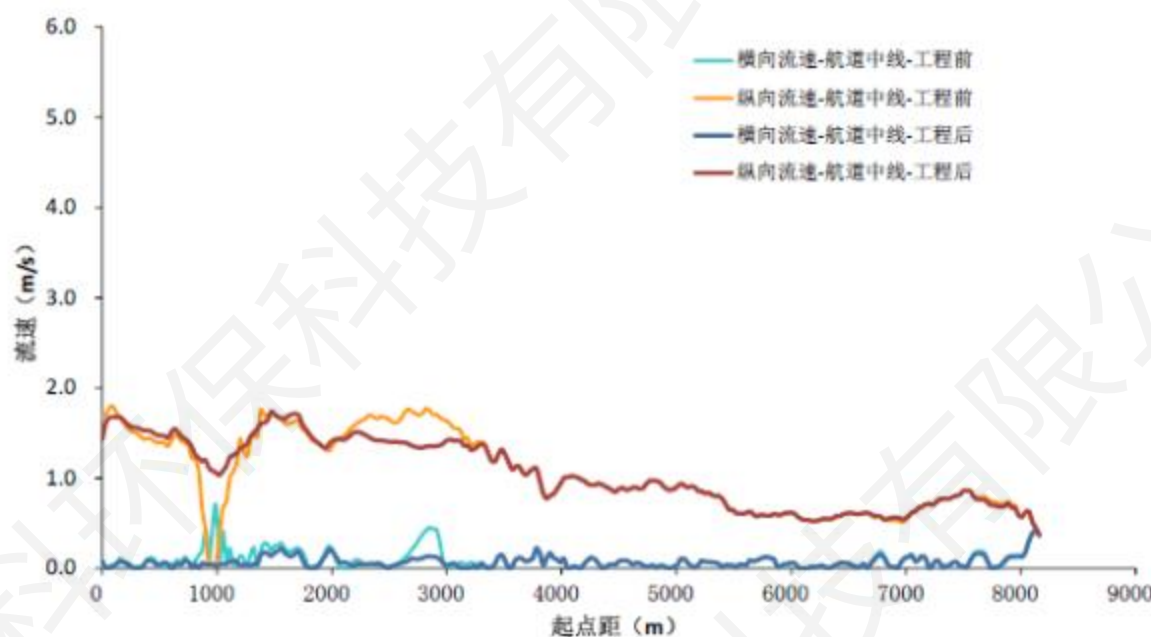
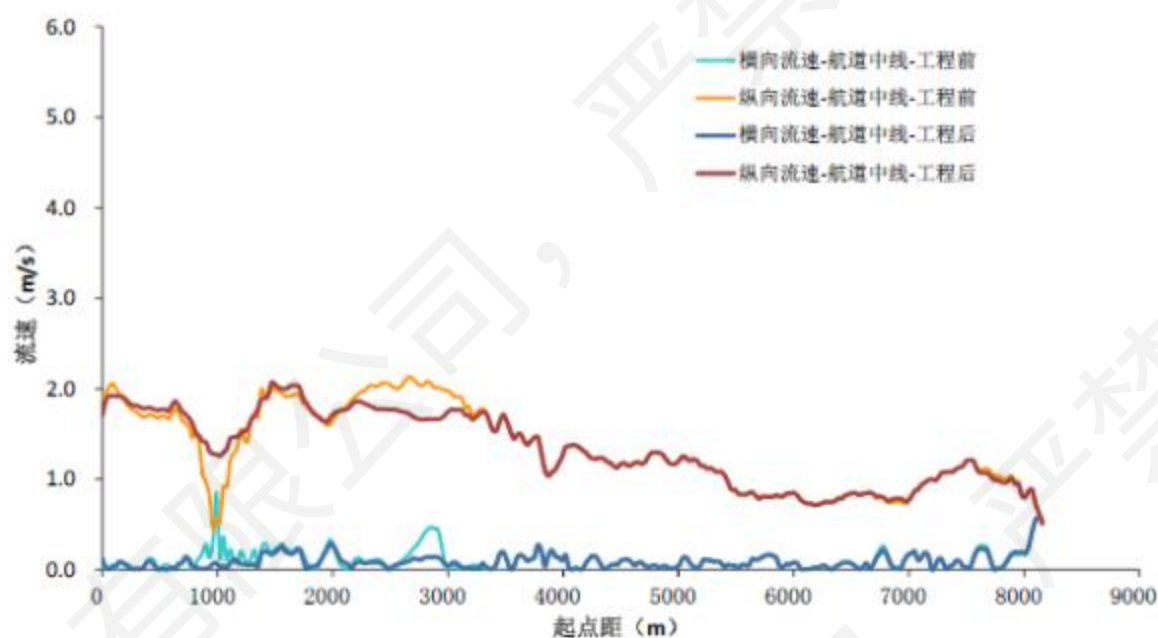


图 6-42 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=850\text{m}^3/\text{s}$)

图 6-43 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=1200\text{m}^3/\text{s}$)图 6-44 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=1775\text{m}^3/\text{s}$)

(三) 比降变化

本工程实施后，河段沿程比降变化较小，其中上段比降略有降低，局部河段最大比降在 3% 左右，下段比降与工程前相比没有变化。

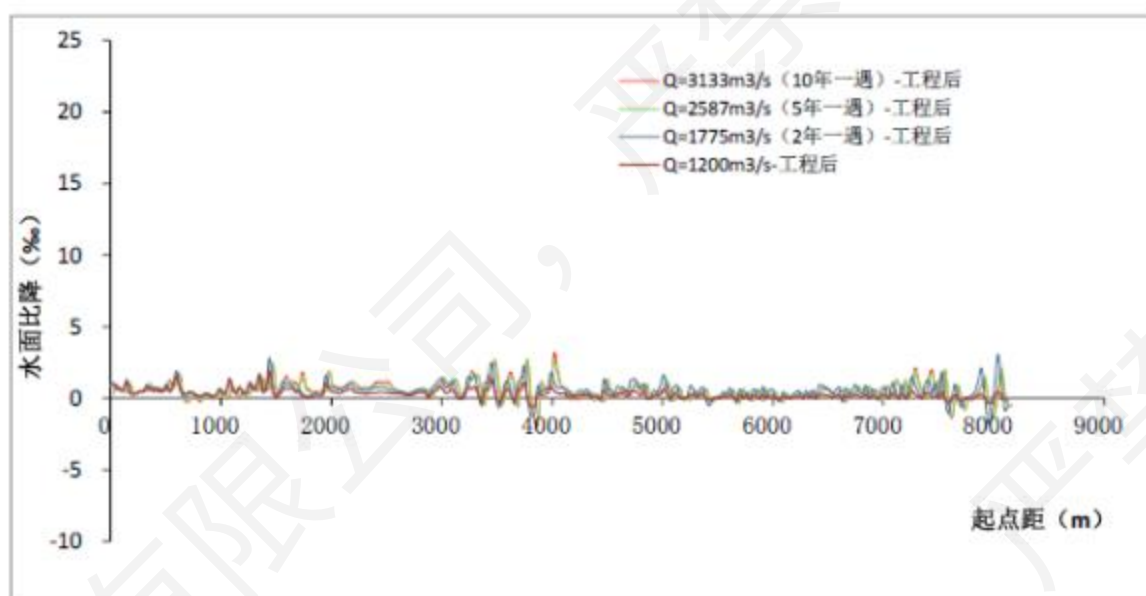


图 6-45 工程后航中线位置沿程比降变化

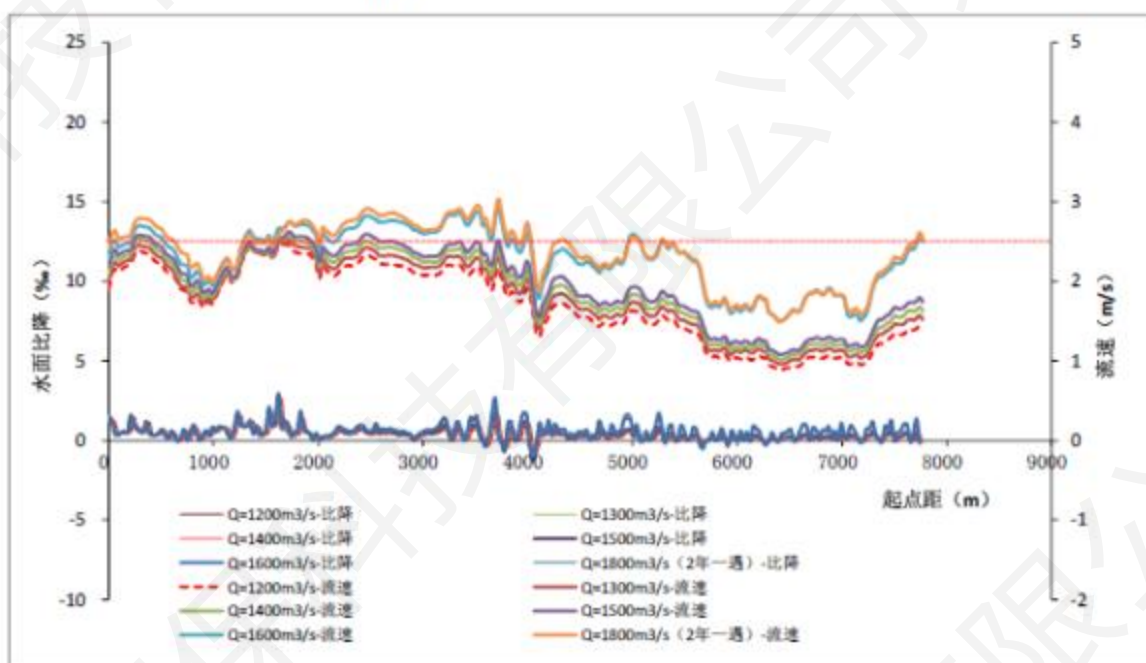


图 6-46 不同流量级下工程后沿程流速、比降变化



图 6-47 平面流场图 ($Q=1200\text{m}^3/\text{s}$)

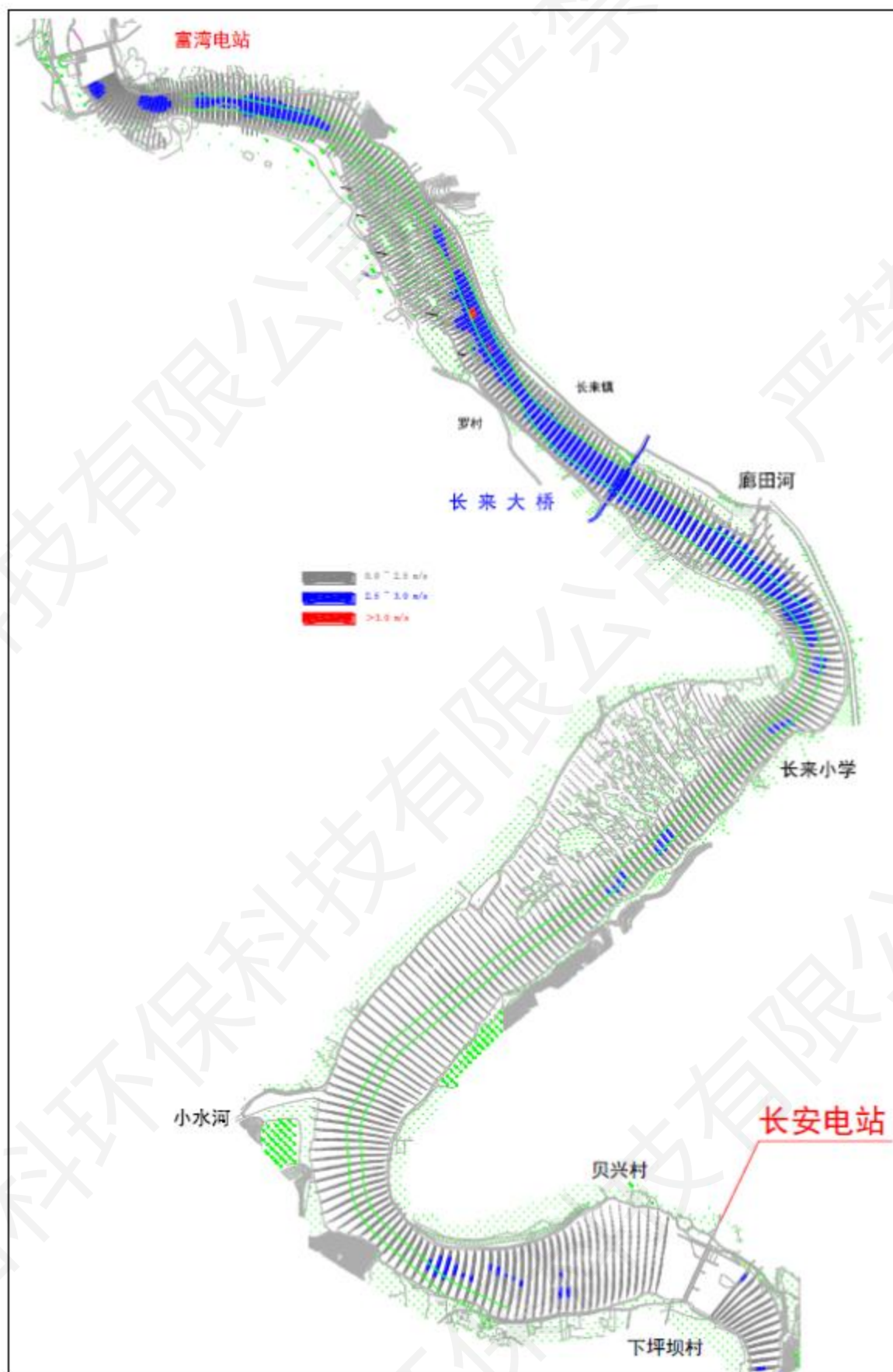
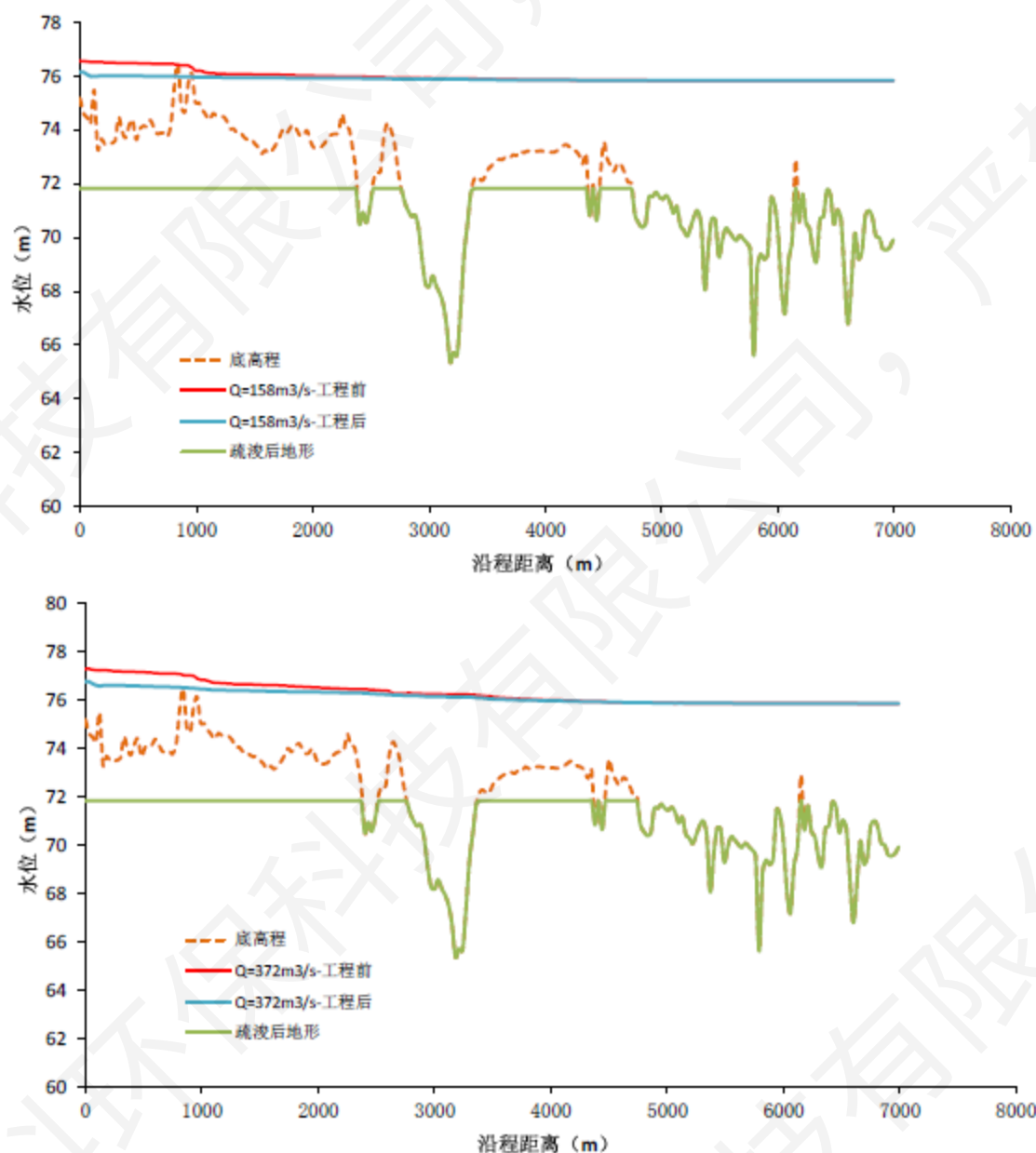


图 6-48 平面流场图 ($Q=1800\text{m}^3/\text{s}$)

6.2.5.2 长安至七星墩枢纽河段

(一) 水位变化

本工程实施后，各流量级下，长安坝下水位均有所降低，最大降幅 0.60m。随着流量增加，工程前后水位变化值越来越小。



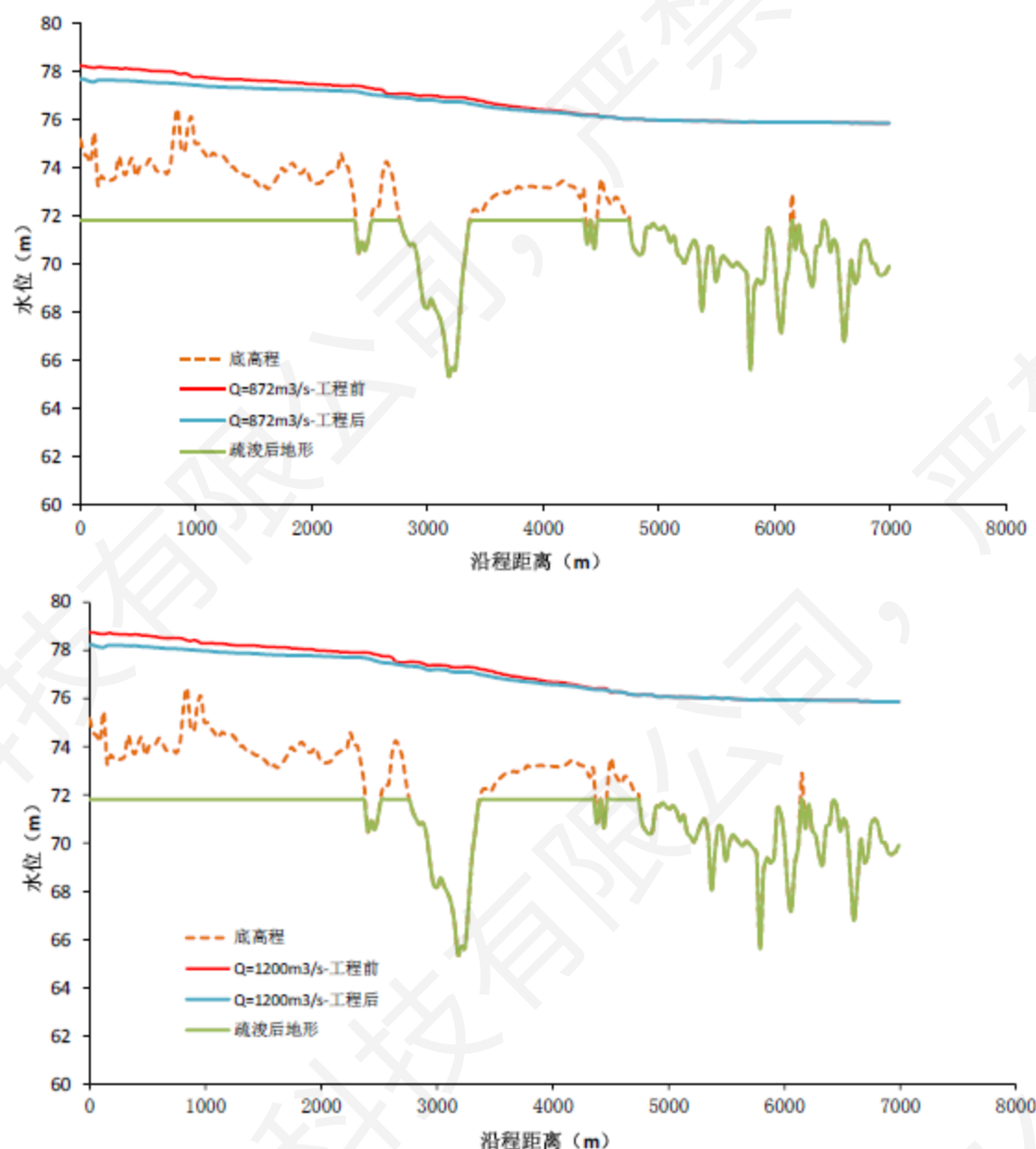
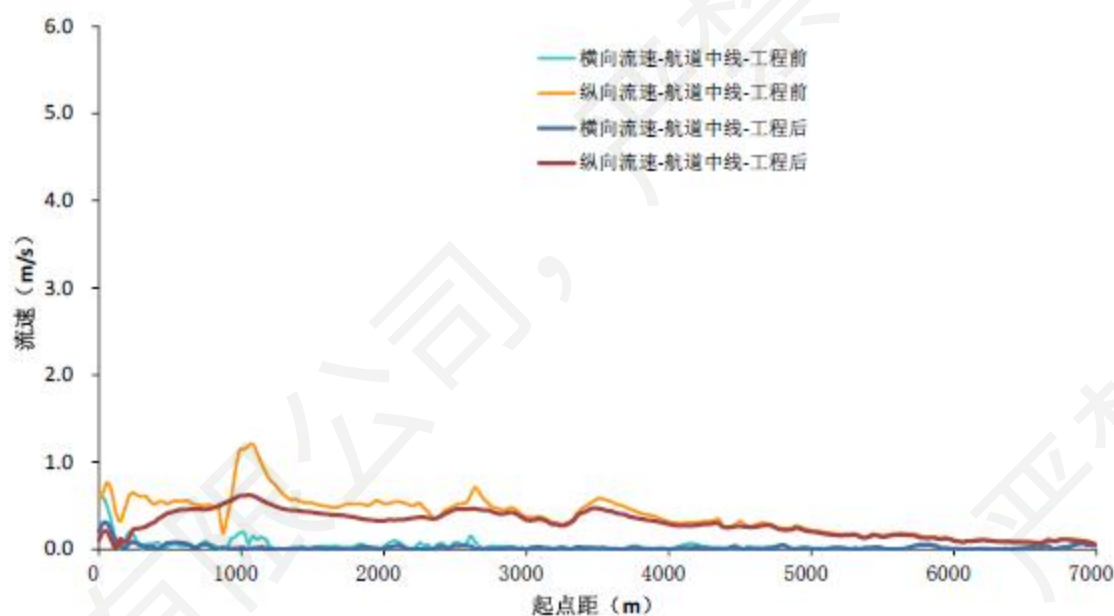
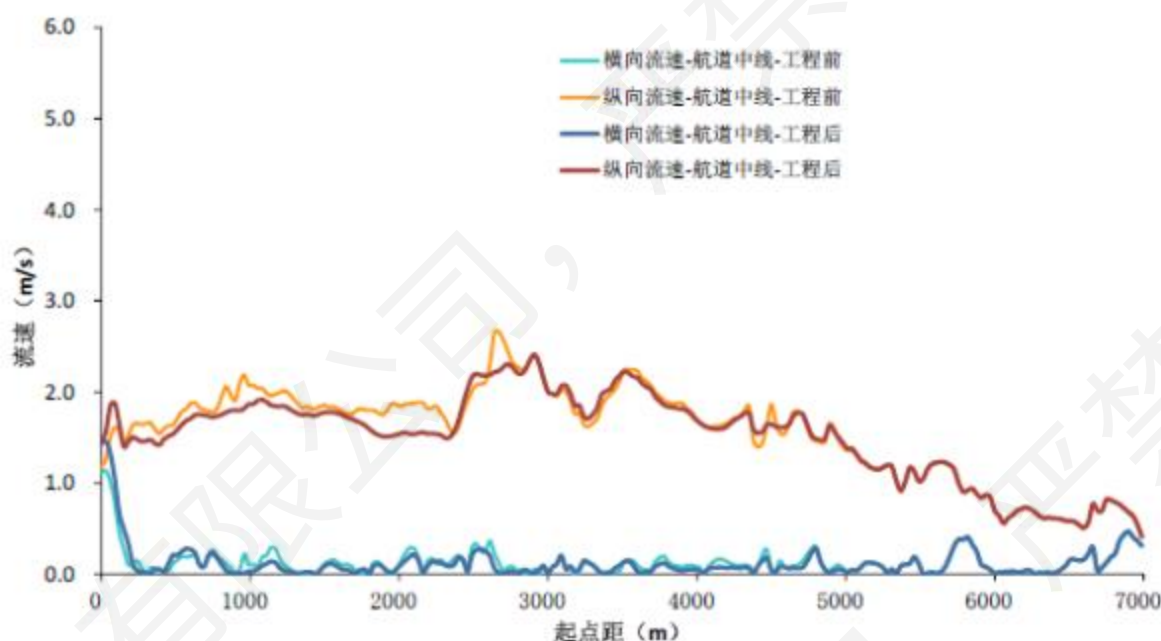
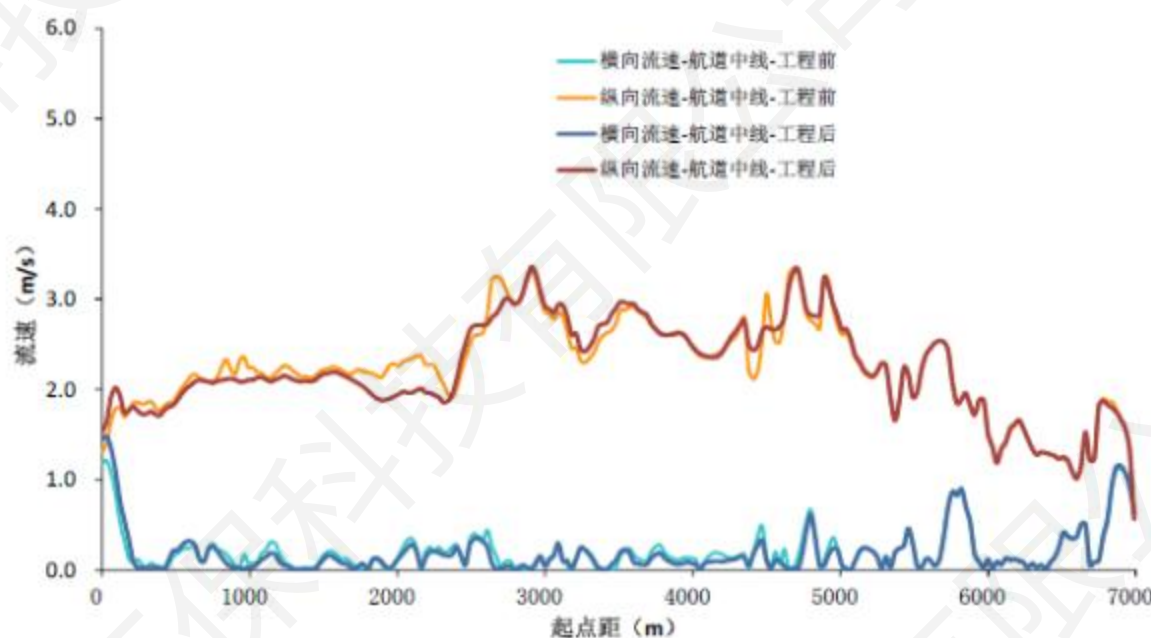


图 6-49 不同流量级下工程前后沿程水位变化

(二) 流速变化

本工程实施后，各流量级下，长安枢纽坝下河段纵向流速和横向流速总体呈减小趋势，其中，长安枢纽下游纵向流速减幅 0.04~0.55m/s，横向流速减幅 0.01~0.47m/s。随着流量增加，工程前后流速变化越来越小。

图 6-50 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=158\text{m}^3/\text{s}$)图 6-51 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=372\text{m}^3/\text{s}$)

图 6-52 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=1200\text{m}^3/\text{s}$)图 6-53 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=1860\text{m}^3/\text{s}$)

(三) 比降变化

本工程实施后，该段沿程比降有所降低，局部最大比降 10‰左右。

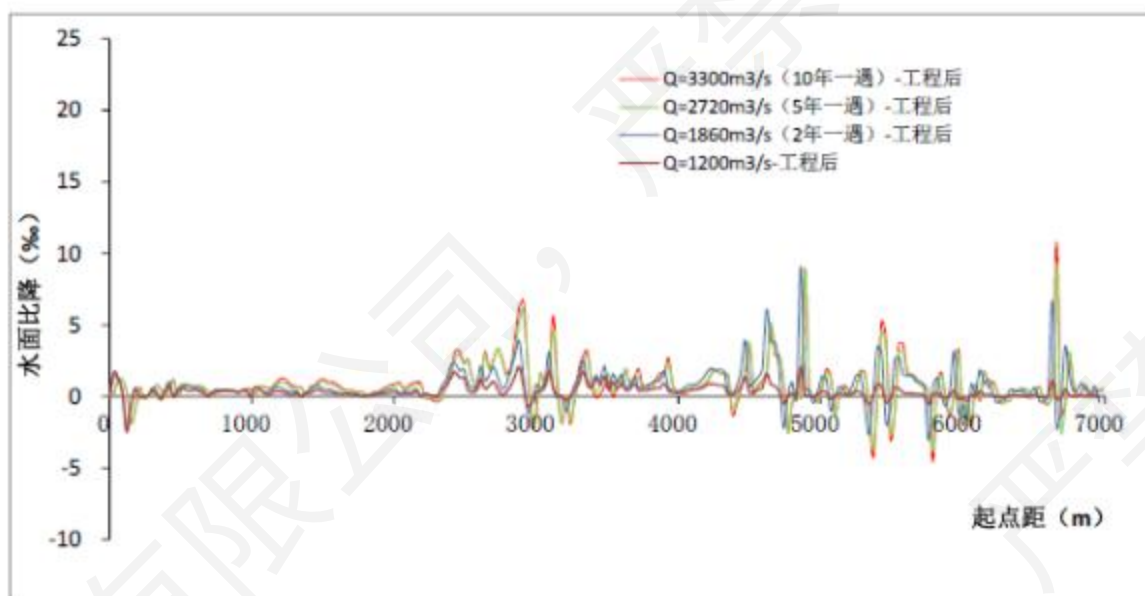


图 6-54 工程后航中线位置沿程比降变化

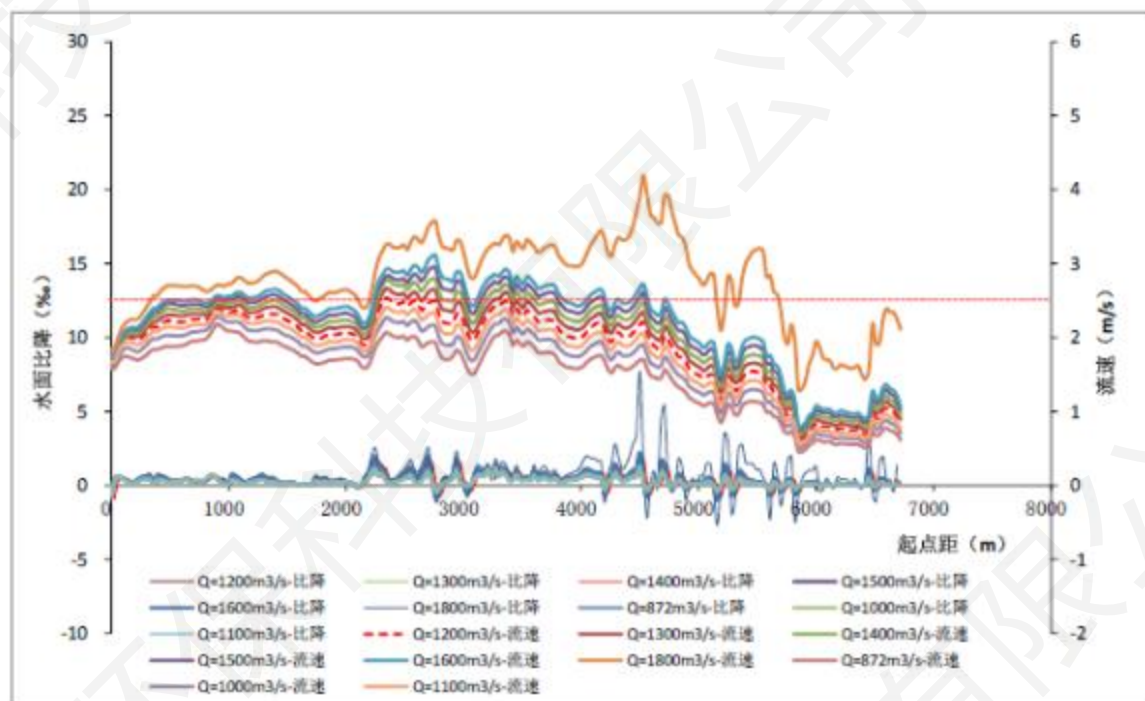


图 6-55 不同流量级下工程后沿程流速、比降变化

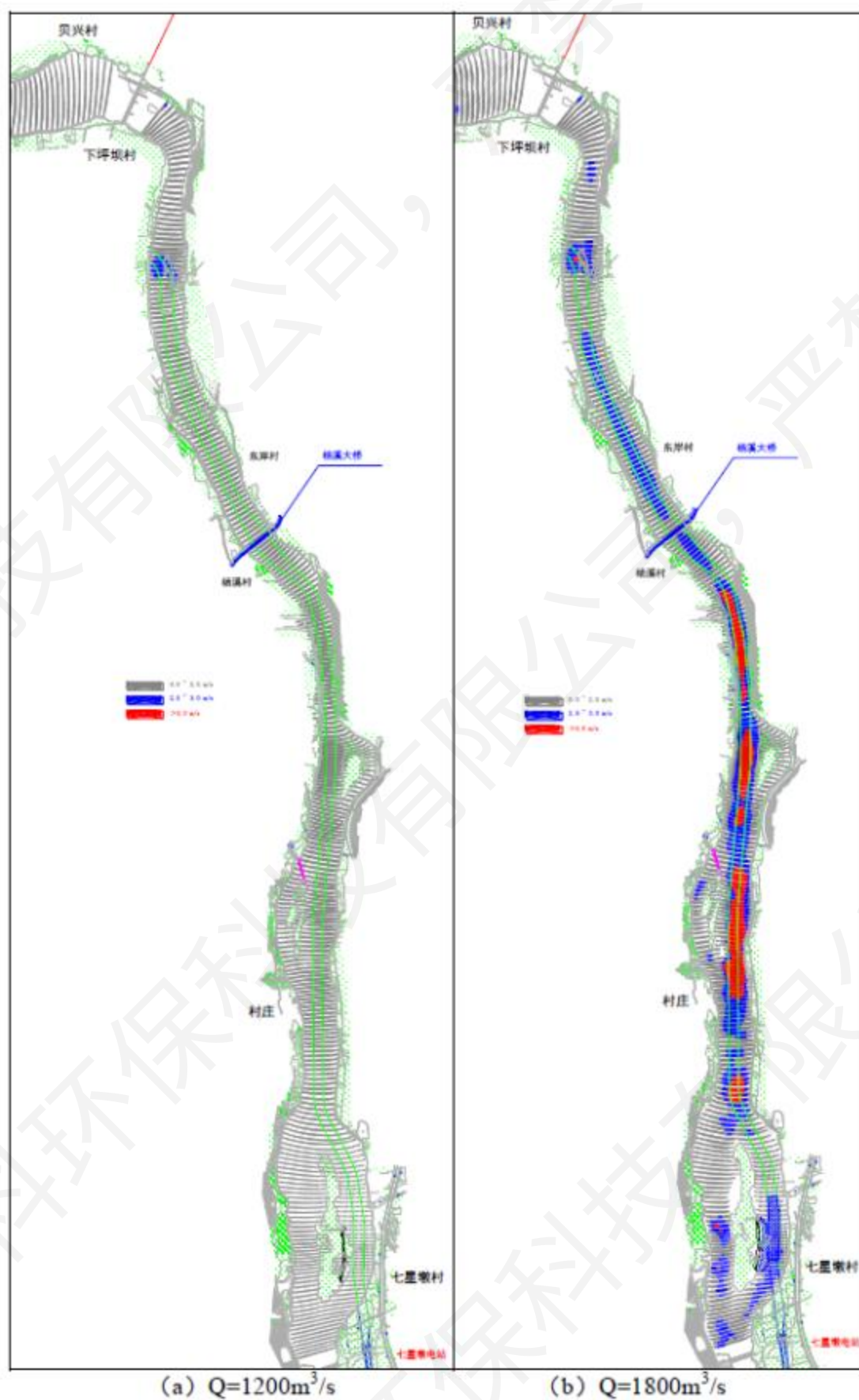
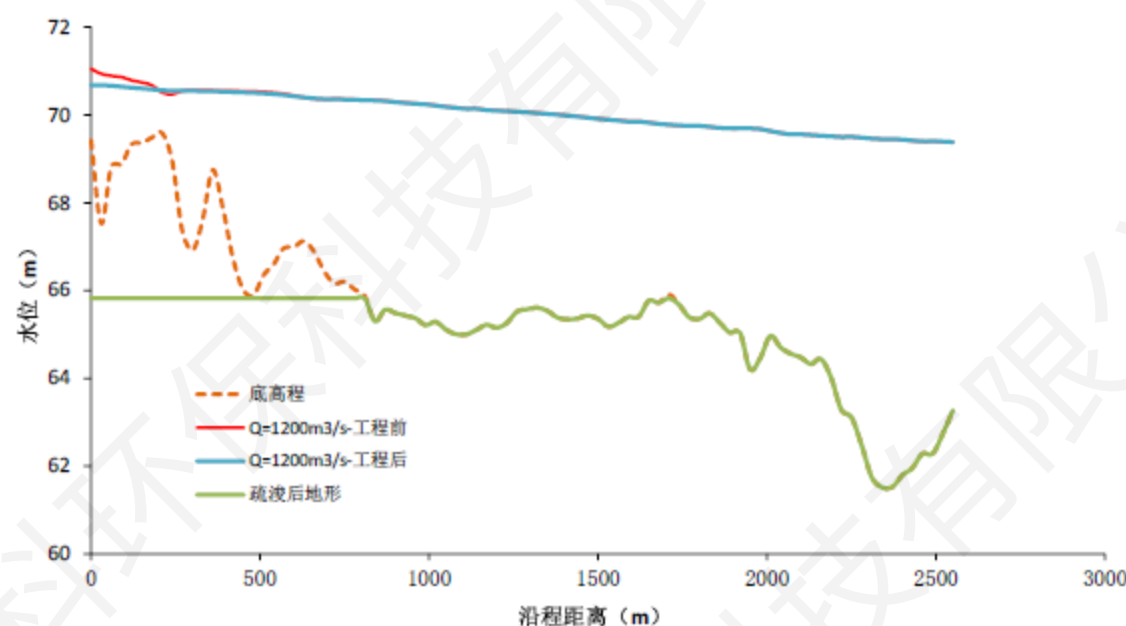
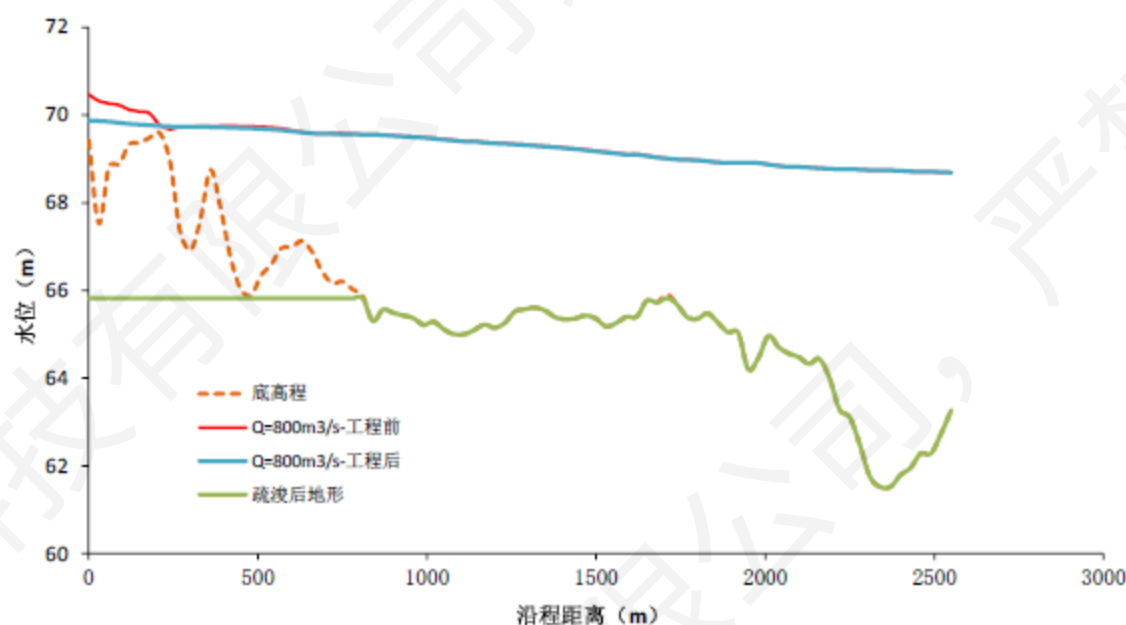


图 6-56 平面流场图

6.2.5.3 七星墩至桂头大桥河段

(一) 水位变化

本工程实施后，各流量级下，七星墩坝下水位均有所降低，最大降幅 0.40m 左右。随着流量增加，工程前后水位变化越来越小。



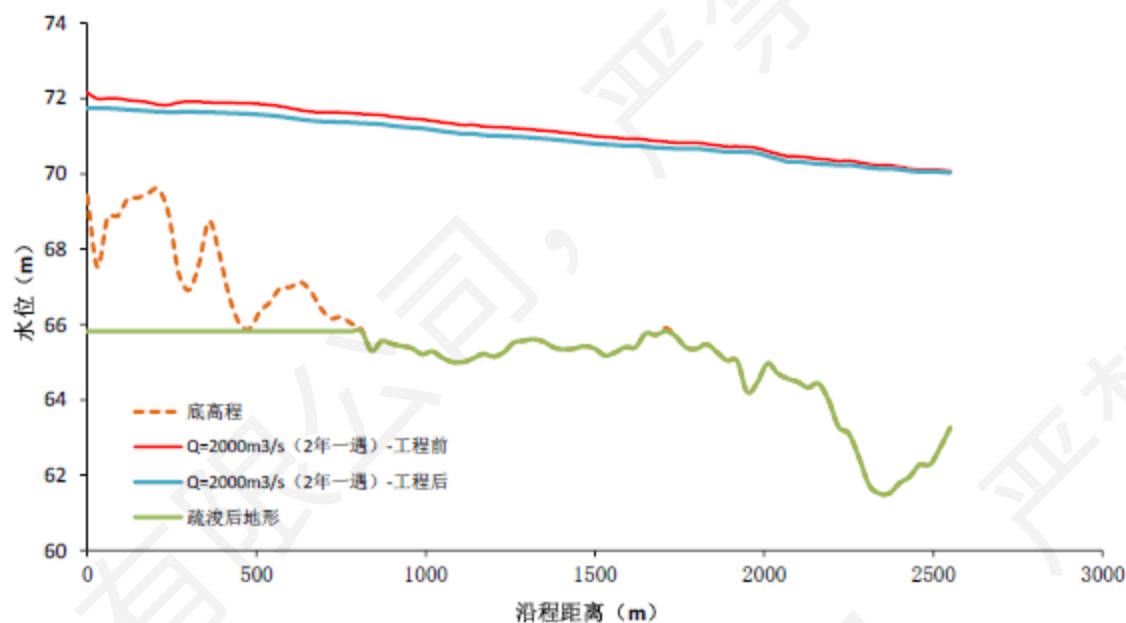
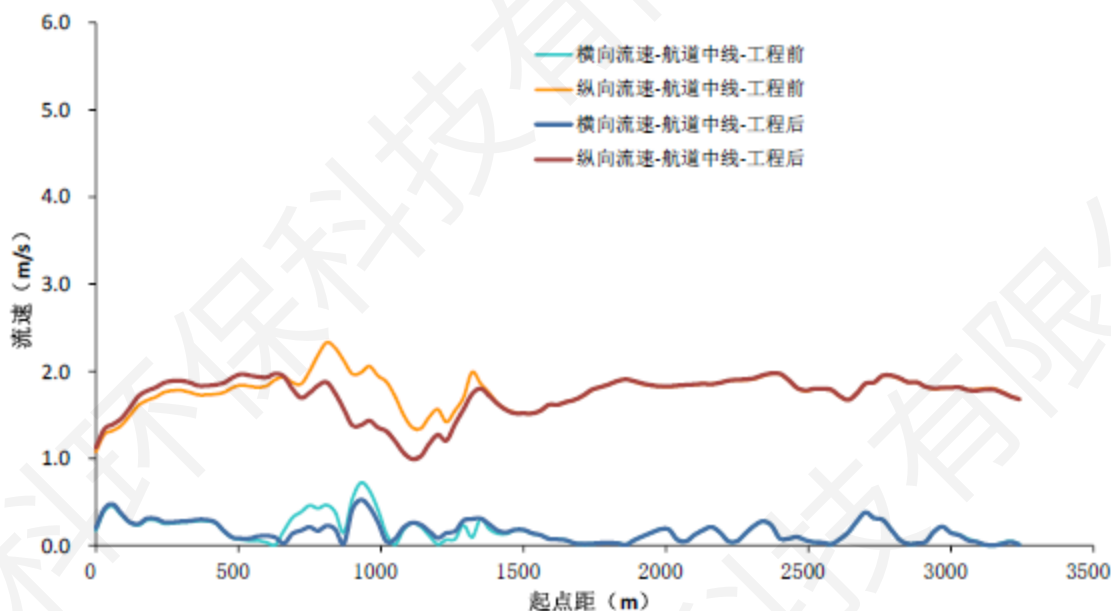


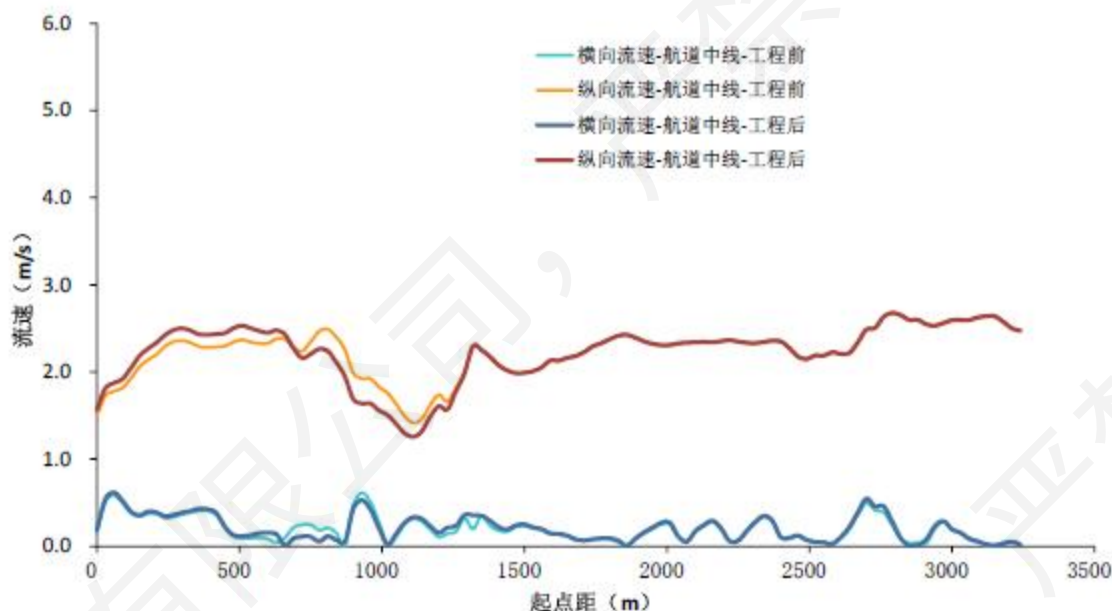
图 6-57 不同流量级下工程前后沿程水位变化

(二) 流速变化

本工程实施后，各流量级下，七星墩坝下流速总体呈减小趋势，纵向流速降幅在 $0.1\sim 0.8\text{m/s}$ 之间，横向流速最大减幅 0.03m/s 左右。

随着流量增加，工程前后流速变化越来越小。

图 6-58 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=1200\text{m}^3/\text{s}$)

图 6-59 工程前后航中线位置流速变化 ($Q=2000\text{m}^3/\text{s}$)

(三) 比降变化

本工程后，该段沿程最大比降在 3% 左右，与工程前变化不大。

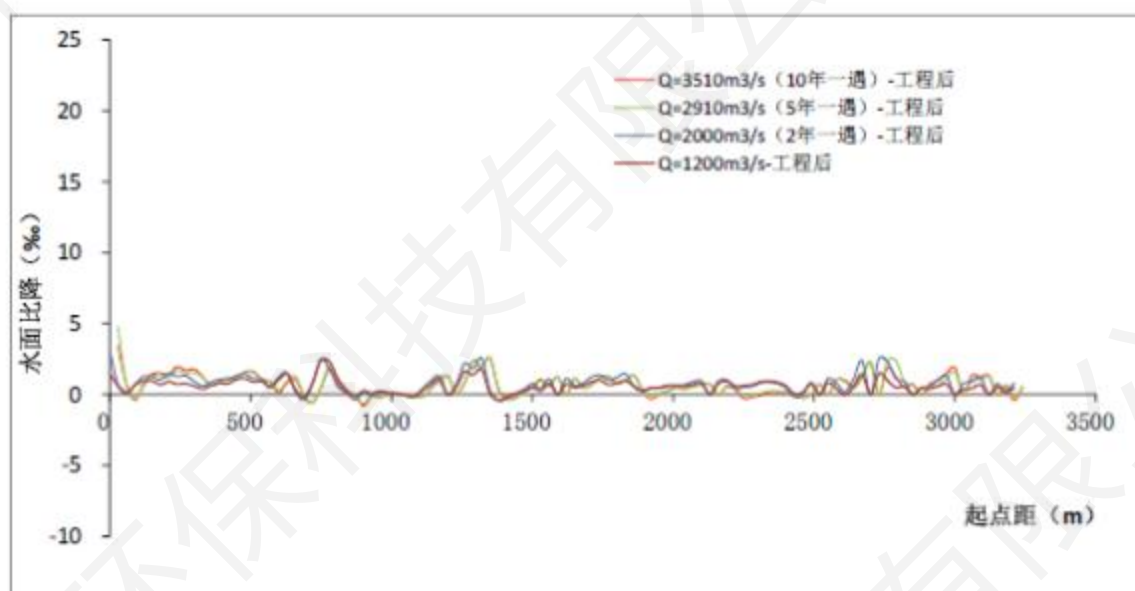


图 6-60 工程后航中线位置沿程比降变化

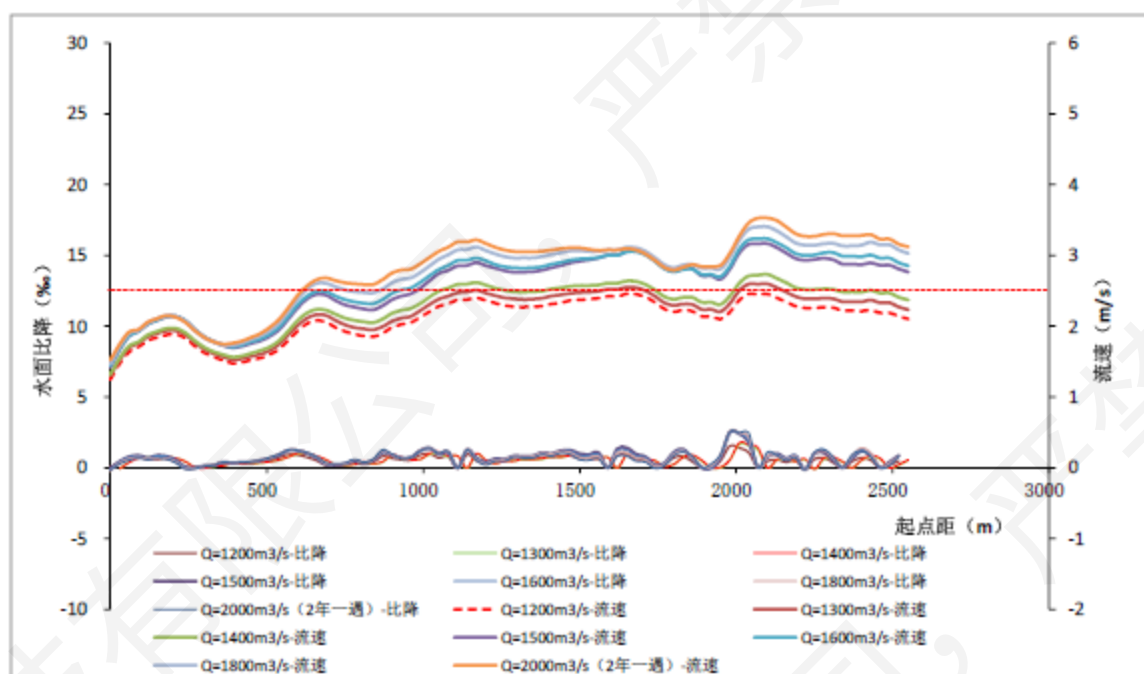


图 6-61 不同流量级下工程后沿程流速、比降变化

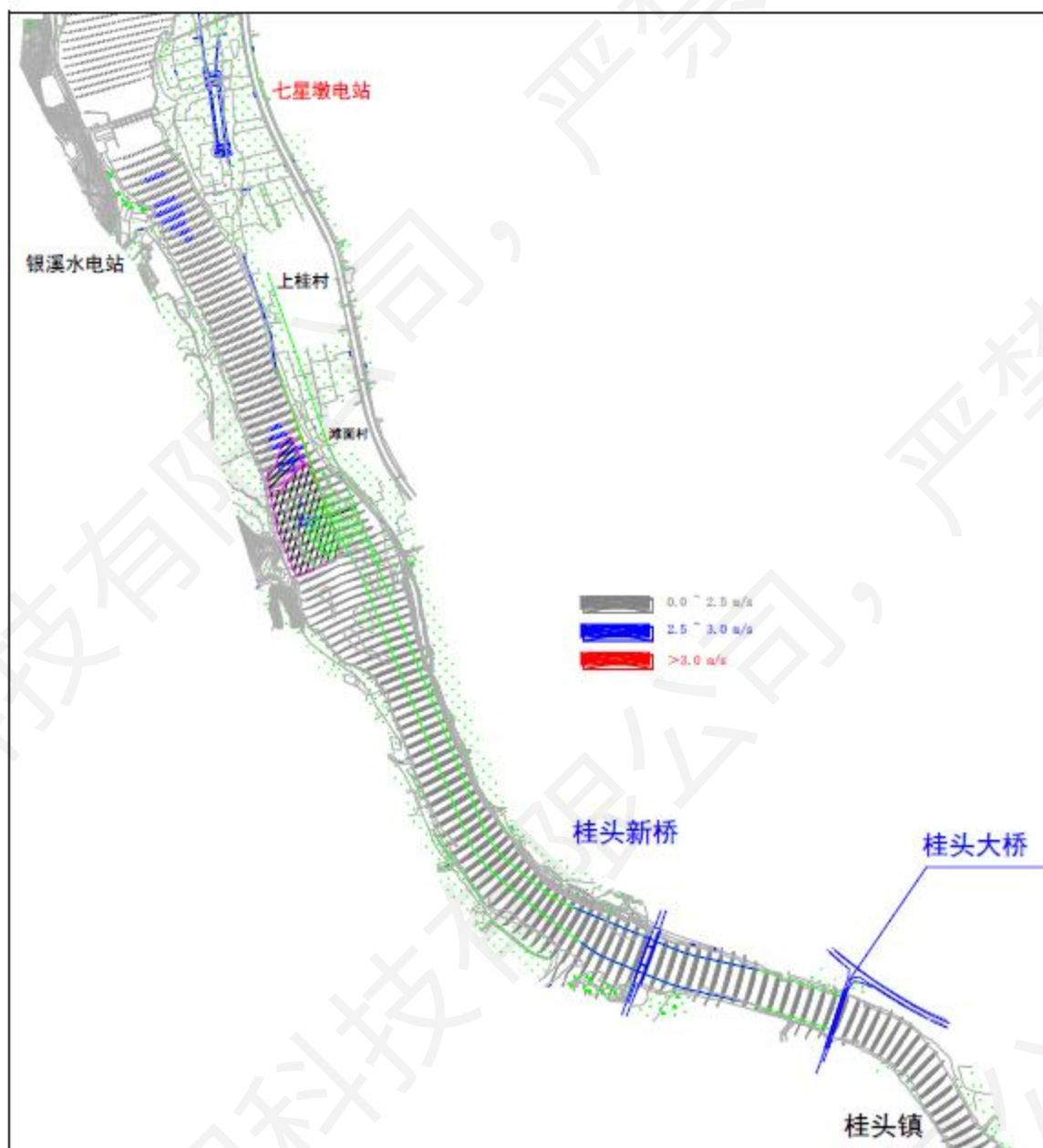
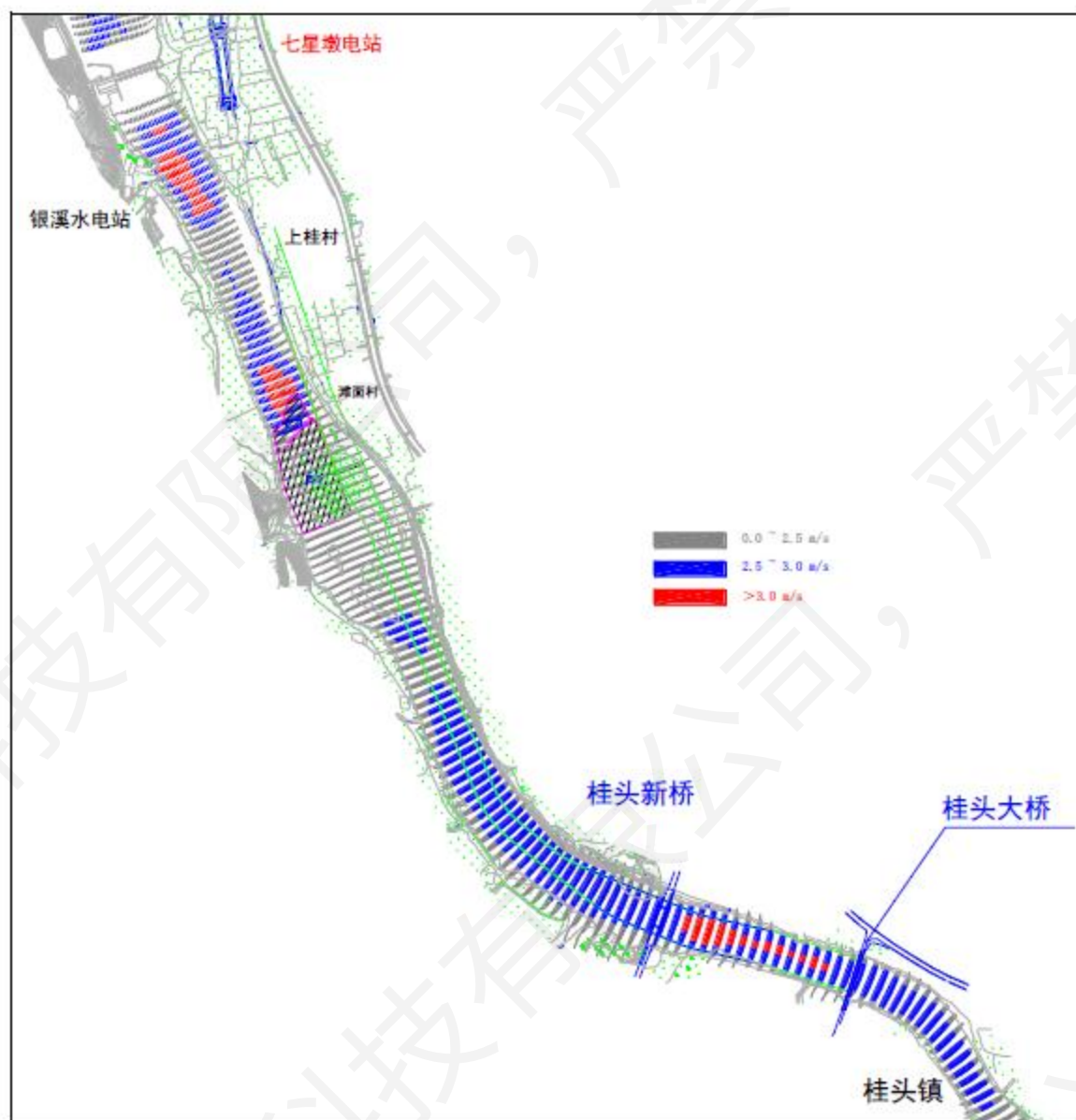


图 6-62 平面流场图 ($Q=1200\text{m}^3/\text{s}$)

图 6-63 平面流场图 ($Q=1800\text{m}^3/\text{s}$)

6.2.5.4 小结

(一) 富湾至长安枢纽河段

①工程实施后，中枯水流量下，沿程水位略有降低，最大降幅 0.52m，随着流量增加，水位降幅越来越小。

②工程实施后，长来大桥区域纵向流速有所降低，减小幅度在 0.2m/s~0.6m/s，长来大桥上游河段纵向流速有一定增加，增加幅度 0.2m/s 左右。设计航道内横向流速均有所减小。随着流量增加，工程前后流速变化越来越小。

③工程后，河段沿程比降变化较小，其中上段比降略有降低，局部河段最大比降在 3%左右，下段比降与工程前相比没有变化。

（二）长安枢纽至七星墩枢纽河段

①工程实施后，各流量级下，长安坝下水位均有所降低，最大降幅 0.60m。随着流量增加，工程前后水位变化值越来越小，最高通航流量下，长安枢纽坝下水位最大降幅 0.06m。

②工程实施后，各流量级下，长安枢纽坝下河段纵向流速和横向流速总体呈减小趋势，其中，长安枢纽下游纵向流速减幅 0.04~0.55m/s，横向流速减幅 0.01~0.47m/s。随着流量增加，工程前后流速变化越来越小。

③工程后，该段沿程比降有所降低，最大比降 10%左右。

（三）七星墩枢纽至桂头大桥河段

①工程实施后，各流量级下，七星墩坝下水位均有所降低，最大降幅 0.40m 左右。随着流量增加，工程前后水位变化值越来越小。

②工程实施后，各流量级下，七星墩坝下流速总体呈减小趋势，纵向流速降幅在 0.1~0.8m/s 之间，横向流速最大减幅 0.03m/s 左右。随着流量增加，工程前后流速变化越来越小。

③工程后，该段沿程最大比降在 3%左右，与工程前变化不大。

6.2.6 河床冲淤变化分析

航道工程实施后，设计航道内有冲有淤，其中枢纽下游河段冲刷略为明显，库区河段变化相对较小；丰水期河床冲淤变化幅度较大，枯水期河床冲淤变化幅度相对较小。从淤积位置看，工程两侧局部区域均存在泥沙淤积现象，下游略有冲刷。从不同典型水文年河床冲淤变化看，丰水期河床冲淤幅度较平水年、系列年略大。

（1）富湾至长安枢纽河段：丰水期航槽淤积量比平水年和系列年略大，其中经平常水沙年后，航槽年淤积量为 0.39 万 m^3 ，回淤率为 1.2%（设计航槽基建开挖量 32.74 万 m^3 ）。

（2）长安至七星墩枢纽河段：丰水期航槽淤积量比平水年和系列年略大，其中经平常水沙年后，航槽年淤积量为 0.84 万 m^3 ，回淤率为 1.4%（设计航槽基建开挖量 60.17 万 m^3 ）。

（3）七星墩枢纽至桂头大桥河段：丰水期航槽淤积量比平水年和系列年略大，其中经平常水沙年后，航槽年淤积量为 0.07 万 m^3 ，回淤率为 0.6%（设计航槽基建开挖量 12.18 万 m^3 ）。

(4) 不同典型水文年后设计水位下 2.5m 航深能够保持贯通，满足设计航道尺度标准。

6.3 旧桥拆除环境影响分析

1、构筑拆除过程环境影响

项目现有 4 座桥梁均需拆除。对老桥的拆除，采用钻孔爆破、水压爆破及水下爆破相结合的方法，时间短，见效快。其环境影响主要如下：

(1) 大气环境：老桥拆除清理时，产生的大气污染物主要有粉尘、爆破烟气、船舶废气、机械动力废气。在做好桥面、桥体残留泥土前提下，爆破时粉尘产生量不多；爆炸烟气主要有颗粒物、SO₂、NO_x、CO 等污染因子，被爆破的构筑物不多，安放的炸药量有限，爆破时大气污染物产生量不大，对周边大气环境影响有限。桥梁残破彻体等建筑垃圾会采用船舶以及机械进行清理，这些设备在运行时会产生烟尘、NO_x、CO、THC（烃类）等大气污染物，一般情况下，这类污染物排放量不大，且表现为间歇性，对周边大气环境影响有限。

地表水环境：爆破后产生的建筑垃圾在着床过程中会搅动河底，在打捞桥梁残破彻体时会扰动河床，使淤泥悬浮，形成大量 SS，对作业点以及下游一段距离内的水质产生不利影响。这类由河底扰动产生的悬浮物，在往下迁移过程中，又会慢慢沉降，根据同类项目实际观测结果，悬浮物形成的污染带在 1~2km，影响有限，不会对下游取水口和自然保护区产生影响。

声环境：爆破瞬间产生声级较大的噪声和振动。其中爆破噪声具有声值高，历时短的特点，对附近声环境敏感目标在短时间内具有较强烈的感官，但由于时间短，这类不利影响有限。

生态环境：道路、老桥拆除主要生态影响为爆破临时工程占地、对鱼类等水生生物的影响，具体见生态环境影响章节。

从上述分析结果可以看出，老桥拆除工期相对较短，随着施工期的结束，这类不利影将消弭殆尽。

2、构筑物、设施拆除环境管理要求

针对老桥拆除活动可能导致的环境污染及事故，建设单位应参考保部环发[2014]66 号文件《关于加强工业企关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》要求，做好污染防治工作。为防止污染周边环境，环评提出以下要

求：

①在实施拆除活动之前，企业应编制《企业拆除活动污染防治方案》，在设施拆除过程中必须严格执行。拆除工作可自行组织或委托具备相应能力的施工单位开展，在设施拆除过程中，应当根据现场的情况和土壤、水、大气等污染防治的需要，及时完善和调整《企业拆除活动污染防治方案》，调整后的《方案》报所在地生态环境分局备案。

②拆迁施工必须采用湿法作业，应在建筑结构外侧设置防尘布，拆迁建筑垃圾应及时清运，若在场内堆存时间较长时应覆盖防尘网并定期喷水压尘；对拆迁场地及时洒水抑尘，出现四级以上大风天气时禁止拆除活动。

③建设单位要按照相关固体废物管理要求，将固体废物在设施拆除前规范收集，不得擅自倾倒、堆放、丢弃、遗撒，属于危险废物的，按照危险废物规范化管理要求及时转移处置。

④爆破前，尽可能采用干法清理桥面桥体残留泥土，泥土密闭收集，禁止排入武江。爆破后残留在河道的老桥构件及其碎渣，应及时清理，做到应清尽清，尽量减缓对水文情势以及水生生态的影响。老桥固体废物及时运送至市政指定消纳场处置。若不能及时清理，需覆盖篷布，防治扬尘和淋滤水产生。

⑤加大信息公开力度。企业应公开改扩建过程中的污染防治信息。应当及时公布场地的土壤和地下水环境质量状况，将场地污染调查评估情况及相应的治理修复工作进展情况等信息，通过其门户网站、有关媒体予以公开，或者印制专门的资料供公众查阅。

6.4 水环境影响分析

6.4.1 对饮用水源保护区影响分析

根据《广东省生态环境厅 广东省水利厅关于印发《韶关市部分饮用水水源保护区调整方案》的通知》（粤环函〔2024〕146号），工程涉及韶关市区武江饮用水水源准保护区。

表 6-20 韶关市区武江饮用水水源地范围

水源地名称	水源地类型	保护区级别	水域保护区范围	陆地保护范围	面积 (km ²)
韶关市区武江饮用水	河流型	一级保护区	取水口下游 100 米至靖村长 3.4 公里河段除航道外的水域范围，以及汇入该河段的支流	相应一级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 50 米内的陆域，有防洪堤河段至防洪堤迎水面，包括	1.61

水源地			从汇入口上溯 50 米的水域范围。	江心岛。	
	二级保护区		一级保护区水域上边界上溯至犁市长 5.3 公里的河段，一级保护区水域下边界下溯 200 米的河段，汇入该河段的支流从汇入口上溯 1000 米以及一级保护区支流水域上边界上溯 1000 米的水域范围。	靖村至犁市河段二级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 1000 米内不超过第一重山脊线的陆域汇水范围，有防洪堤（含路堤）河段至防洪堤背水面，包括江心岛；十里亭大桥段至靖村河段一级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 1000 米内不超过分水岭的陆域汇水范围，不包括一级保护区范围和控制线以东的区域。	8.3
	准保护区		二级保护区上边界上溯至乐昌长 43 公里的河段，以及汇入该河段的支流从汇入口上溯 1000 米的水域范围。	相应准保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 500 米不超过第一重山脊线的陆域集雨范围，包括江心岛。	66.95

本项目航道工程锚地建设、废弃桥墩拆除、护岸抛石等其它施工区距离饮用水源二级保护区边界约 20km，其作业的影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。施工生产废水首先进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排。

船闸工程距离饮用水源二级保护区边界约 22km，船闸工程施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。混凝土拌和系统冲洗废水首先进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。机械修配冲洗系统废水进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排。基坑废水达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排。

桥梁工程距离饮用水源二级保护区边界约 20km，桥梁工程施工生产废水通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排。桥梁施工产生废水经沉淀池沉淀后回用，不外排。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。施工船舶应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。

营运期船舶含油污水委托有资质公司接收处置，不外排。船舶生活污水待船舶靠港后委托有资质公司接收处置，不外排。管理人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。本工程在各桥梁两端设置沉淀池，用于收集桥面初期雨水，经沉淀处理后排入雨水管网。

综上所述，本工程施工期和营运期产生的各废水均能妥善处理，不外排至武江，对韶关市区武江饮用水水源地准保护区影响不大。

6.4.2 施工期水环境影响分析

6.4.2.1 航道工程废水影响分析

本项目航道工程锚地建设、废弃桥墩拆除、护岸抛石等其它施工作业的影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。施工生产废水首先进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排。

综上，航道工程废水对武江水环境影响较小。

6.4.2.2 船闸工程废水影响分析

船闸工程施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。混凝土拌和系统冲洗废水首先进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。机械修配冲洗系统废水进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排。基坑废水达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排。

综上，船闸工程废水对武江水环境影响较小。

6.4.2.3 桥梁工程废水影响分析

桥梁工程施工生产废水通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排。

桥梁施工产生废水经沉淀池沉淀后回用，不外排。

舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

施工船舶应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。

综上，桥梁工程废水对武江水环境影响较小。

6.4.3 营运期水环境影响分析

6.4.3.1 船闸管理所生活污水影响分析

运行期水污染源主要是来自船闸管理所工作人员的生活污水及航标船码头站场管理人员的生活污水。根据设计报告，船闸管理所中定员 36 人，按照用水标准 250L/人·d，污水排放系数 0.8 计算，生活污水总排放量为 7.2m³/d，生活污水中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理，其对环境的影响很小。

6.4.3.2 船舶舱底油污水、生活污水影响分析

（1）船舶舱底油污水

船舶的机舱是船舶动力装置的舱室，内部装备了各种动力机械和管理系统，机舱舱底水的主要来源是机舱内各种泵、阀门和管路漏出的油和水，机器在运转时漏出的润滑油，主辅机燃料油及加油时的溢出油，机械设备及机舱防滑铁板洗刷时产生的油污水等混合在一起形成的含油污水。机舱舱底含油污水水量与船舶、吨位以及功率有关，还与船舶航行、停泊作业时间的长短、维修及管理状况有关。

本工程代表船型为 1000t 级船。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）及有关经验推算，1000 吨级船舶舱底含油污水产生量约为 0.27t/d 艘。根据工程的年水运量（年运营天数按 330 天计）、货种安排、设计代表船型和船舶舱底油污水水量资料。未处理前含油浓度含量按 5000mg/L 计，计算得到船舶舱底油污水产生量见下表。船舶含油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

（2）船舶生活污水

按《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》，并结合工程可行性研究报告的相关数据，1000t 级船平均以 10 人/艘计。船舶生活污水按人均用水量的 80% 计算，人均用水量取 250L/d/人，计算得到船舶生活污水产生量约为 100m³/d。生活污水成分中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。

船舶生活污水待船舶靠港后委托有资质公司接收处置，不外排。

经采取上述处理措施后，工程船舶舱底废水对水环境影响很小。

6.5 声环境影响分析

本项目的噪声源强主要包括施工期的各工程点施工机械和运输车辆噪声、台地开挖水下爆破噪声以及运营期过往船舶的交通噪声、桥梁交通噪声。

6.5.1 预测方法

根据机械作业噪声源的特性及本项目工程、声环境保护目标分布情况，施工期施工船舶、陆域施工机械噪声、陆域运输车辆及营运期通航船舶噪声采用如下模式进行预测计算：

本评价只考虑距离扩散衰减影响，采用以下模式预测单台设备不同距离处的噪声值：

$$L_2 = L_1 - 20 \lg(r_2 / r_1)$$

式中： r_1 、 r_2 ——距声源的距离，m；

L_1 、 L_2 —— r_1 、 r_2 处的噪声值，dB(A)。

6.5.2 施工期声环境影响分析

一、施工期机械噪声预测

主要为施工现场的各类机械设备和物料运输的交通噪声，施工机械包括推土机、挖土机、搅拌机、运输车辆、打桩机等。各单独噪声源强衰减情况见表 6-21。

表 6-21 单台设备距源 10m 处噪声强度 dB(A)

序号	设备名称	距源10m处A声级 dB(A)	序号	设备名称	距源10m处A声级 dB(A)
1	打桩机	105	7	夯土机	83
2	挖掘机	82	8	起重机	82
3	推土机	80	9	卡车	85
4	搅拌机	84	10	电锯	84
5	振捣棒	75	11	振荡器	80
6	钻空机	80	12	风动机具	77

在施工过程中，这些施工机械又往往是同时作业，噪声源辐射量的相互叠加，声级值将更高，辐射范围也更大。施工噪声对周边声环境的影响，采用《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）进行评价。

施工机械噪声主要属中低频噪声，对施工场地周围的等效声级值进行了预测，

结果见表6-22。当施工机械噪声最高的打桩机和混凝土搅拌机开工时，不同距离接受的声级值见表6-23。

表 6-22 施工场地噪声值随距离的衰减情况

距离 (m)	10	50	100	150	200	250	300
ΔL [dB(A)]	20	34	40	43	46	48	49

表 6-23 高噪声设备对不同距离接受点的影响值

噪声值	距离 (m)	10	20	100	150	200	250	300
打桩机	声极值[dB (A)]	105	91	85	82	79	77	76
混凝土搅拌机	声极值[dB (A)]	84	70	64	61	58	56	55

根据表 6-23 可知，若有打桩作业，打桩噪声超标范围达 300 米，夜间应禁止打桩作业。

施工各阶段，将会对项目周围环境造成噪声污染。由于建筑工地的流动性、施工周期的阶段性和施工过程中的突击性，控制难度大。针对施工期噪声特点，本评价建议：

- (1) 采用低噪声的施工机械和先进的施工技术，使施工噪声源强降低。
- (2) 规范施工秩序，文明施工作业。
- (3) 对产生噪声的施工设备加强维护和维修工作，对噪声的降低有良好作用。
- (4) 合理安排运输车辆的路线和工作时间，尤其在深夜，避免运输车辆经过居民居住区，防止噪声扰民。

二、施工爆破噪声影响分析

桥梁拆除工程爆破瞬间产生声级较大的噪声和振动。其中爆破噪声具有声值高，历时短的特点，对附近声环境敏感目标在短时间内具有较强烈的感官，但由于时间短，这类不利影响有限。根据中南水电院在向家坝水电站在施工区进行的爆破试验监测结果，在距爆炸中心 100m~450m 的范围内噪声声级平均为 128dB(A)，在爆破的瞬间其周边敏感点的声环境质量无法满足 60dB (A) 的要求，因此会对本工程枢纽工程周边的居民产生一定的声环境影响，考虑到爆破噪声为瞬时性，短暂的，在爆破结束后其声环境质量恢复到原来的水平。

因此，在通过合理确定爆破的剂量，选取选择低威力、低爆速的乳化炸药，合理安排爆破时间并提前通知当地居民等方式来减缓爆破噪声对周边居民的影响。

6.5.3 营运期声环境影响分析

一、船舶交通噪声

本工程主要噪声源为航行船舶的交通噪声。根据船舶工程设计规范，内河货运船舶舱室内噪声级最大为 70dB(A)，再经过船舱壁阻隔及水面衰减，船舶外噪声级将进一步减小。附近居民离航道中心线的距离基本在 200m 以外，航行船舶噪声影响范围主要是在水域上，基本不会对航道沿线居民造成噪声超标影响。

根据噪声的几何发散衰减，营运期机械和交通噪声衰减见下表。

表 6-24 营运期噪声噪声预测结果

交通噪声	20	30	40	50	80	100	150	200
船舶	68.5	64.98	62.48	60.54	56.46	54.52	51	48.5
船舶偶发噪声	70.5	67	64.5	62.5	58.5	56.5	53	50.5
运输卡车	72.96	69.44	66.94	65	60.92	58.98	55.46	52.96

从表可知，船舶交通噪声在 21m 衰减至 70dB (A)，衰减至 55dB (A) 的距离为 119m。运输卡车在 26m 衰减至 70dB (A)，衰减至 55dB (A) 的距离为 162m，船舶鸣笛偶发噪声在 286m 衰减至 70dB (A)，由此可知，项目运营后，其船舶交通噪声以及运输卡车在 35m 均能达到 4 类昼间标准，夜间需 162m 才能达到 4 类夜间标准，加强对运输车辆的管理和限速等措施来减缓交通噪声对夜间声环境的影响。而船舶偶发噪声需要到 286m 才能达到标准，采取鸣笛限制措施，船舶交通噪声对沿岸噪声贡献值很小，仅 1dB 左右，对区域声环境质量影响很有限。

因此，项目建设运行后，在鸣笛限制、加强对运输车辆的管理和限速等措施实施后，其对区域周边环境的影响较小。

二、桥梁交通噪声

本次预测采用《噪声环境影响评价系统 (NoiseSystem) V3.3》预测软件进行计算。本工程考虑噪声几何距离的衰减，同时考虑评价范围内所有建筑物的影响。采用《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2021) 中“公路（公路）交通运输噪声预测模式”进行预测。

(1) 第 i 型车等效声级的预测模型

$$Leq(h)_i = (\overline{L_{OE}})_i + 10 \lg \left(\frac{N_i}{V_i T} \right) + \Delta L_{\text{距离}} + 10 \lg \left(\frac{\psi_1 + \psi_2}{\pi} \right) + \Delta L_1 - 16 \quad (\text{式 1})$$

式中：

$Leq(h)_i$ —第 i 类车等效声级, dB(A);

$(\overline{L_{OG}})_i$ —第 i 类车速度为 V_i , km/h; 水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级, dB(A);

N_i —昼、夜间通过某预测点的第 i 类车平均小时车流量, 辆/h;

V_i —该车型车辆的平均车速, km/h;

T —计算等效声级的时间, 1h;

$\Delta L_{\text{距离}}$ —距离衰减量, d(B), 小时车流量大于等于 300 辆/小时: $\Delta L_{\text{距离}} = 10 \lg (7.5 / r)$, 小时车流量小于 300 辆/小时: $\Delta L_{\text{距离}} = 15 \lg (7.5 / r)$;

r —从车道中心线到预测点的距离; 适用于 $r > 7.5\text{m}$ 预测点的噪声预测。

Ψ_1 、 Ψ_2 —预测点到有限长路段两端的张角, 弧度;

ΔL —由其他因素引起的修正量, dB(A), 按下式计算:

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3 \quad (\text{式 } 2)$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_{\text{坡度}} + \Delta L_{\text{路面}}$$

$$\Delta L_2 = A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

式中:

ΔL_1 —线路因素引起的修正量, dB(A);

$\Delta L_{\text{坡度}}$ —公路纵坡修正量, dB(A);

$\Delta L_{\text{路面}}$ —公路路面引起的交通噪声修正量, dB;

ΔL_2 —声波传播途径引起的衰减量, dB(A);

ΔL_3 —由反射引起的修正量, dB(A);

(2) 总车流等效声级

$$Leq(T) = 10 \lg \left[10^{0.1 Leq(h)_{\text{大}}} + 10^{0.1 Leq(h)_{\text{中}}} + 10^{0.1 Leq(h)_{\text{小}}} \right] \quad (\text{式 } 3)$$

式中:

$Leq(h)_{\text{大}}$ 、 $Leq(h)_{\text{中}}$ 、 $Leq(h)_{\text{小}}$ —分别为大、中、小型车的小时等效声级, dB(A);

$Leq(T)$ —总车流等效声级, dB(A)。

(3) 预测点昼间或夜间的环境噪声预测值计算公式

$$(L_{eq})_{\text{预}} = 10 \lg \left[10^{0.1(L_{eq})_{\text{发}}} + 10^{0.1(L_{eq})_{\text{H}}} \right]$$

式中：

$(L_{eq})_{\text{预}}$ ——预测点昼间或夜间的环境噪声预测值，dB；

$(L_{eq})_{\text{H}}$ ——预测点的环境噪声背景值，dB。

其余符号同前。

2、修正量与衰减量的计算

(1) 线路因素引起的修正量 (ΔL_1)

① 纵坡修正量 ($\Delta L_{\text{坡度}}$)

公路纵坡修正量 $\Delta L_{\text{坡度}}$ 可按下列下式计算：

大型车： $\Delta L_{\text{坡度}} = 98 \times \beta$ dB(A)

中型车： $\Delta L_{\text{坡度}} = 73 \times \beta$ dB(A)

小型车： $\Delta L_{\text{坡度}} = 50 \times \beta$ dB(A)

式中： β ——公路纵坡坡度，%。

② 路面修正量 ($\Delta L_{\text{路面}}$)

不同路面的噪声修正量见下表。

表 6-25 常见路面噪声修正量 单位：dB (A)

路面类型	不同行驶速度修正量 km/h		
	30	40	≥50
沥青混凝土	0	0	0
水泥混凝土	1.0	1.5	2.0

本项目为水泥混凝土，速度为 40km/h，路面修正量取 1.5dB (A)。

(2) 声波传播途径中引起的衰减量 (ΔL_2)

A、大气吸收引起的衰减 (A_{atm})

按以下公式计算：

$$A_{\text{atm}} = \frac{a(r-r_0)}{1000}$$

式中： a 为温度、湿度和声波频率的函数，预测计算中一般根据建设项目所处区域常年平均气温和湿度选择相应的空气吸收系数。

表 6-26 倍频带噪声的大气吸收衰减系数 α

温度 ℃	相对湿度%	大气吸收衰减系数 α ，dB/km
		倍频带中心频率 Hz

		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0.1	0.4	1.0	1.9	3.7	9.7	32.8	117.0
20	70	0.1	0.3	1.1	2.8	5.0	9.0	22.9	76.6
30	70	0.1	0.3	1.0	3.1	7.4	12.7	23.1	59.3
15	20	0.3	0.6	1.2	2.7	8.2	28.2	28.8	202.0
15	50	0.1	0.5	1.2	2.2	4.2	10.8	36.2	129.0
15	80	0.1	0.3	1.1	2.4	4.1	8.3	23.7	82.8

B、障碍物衰减量 A_{bar}

a、高路堤和低路堑两侧声影区衰减量计算

高路堤和低路堑两侧声影区衰减量 A_{bar} 为预测点在高路堤和低路堑两侧声影区内引起的附加衰减量。

当预测点处于声照区时, $A_{bar}=0$;

当预测点处于声影区时, A_{bar} 取决于声程差 δ 。

由下图计算 δ , $\delta=a+b-c$, 在查出 A_{bar} 。

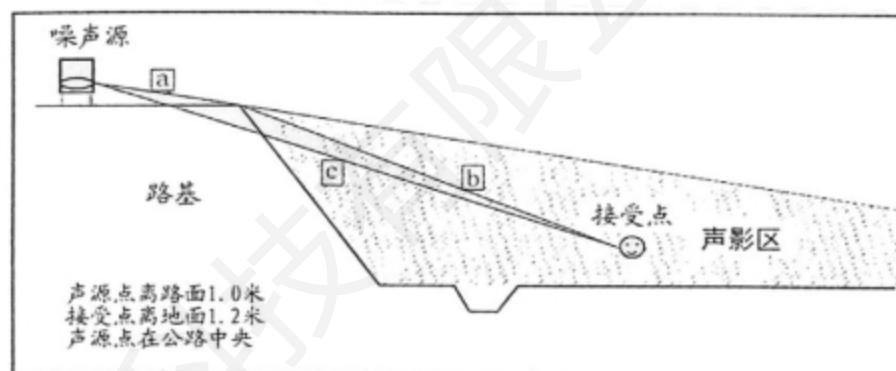


图 6-64 声程差 δ 计算示意图

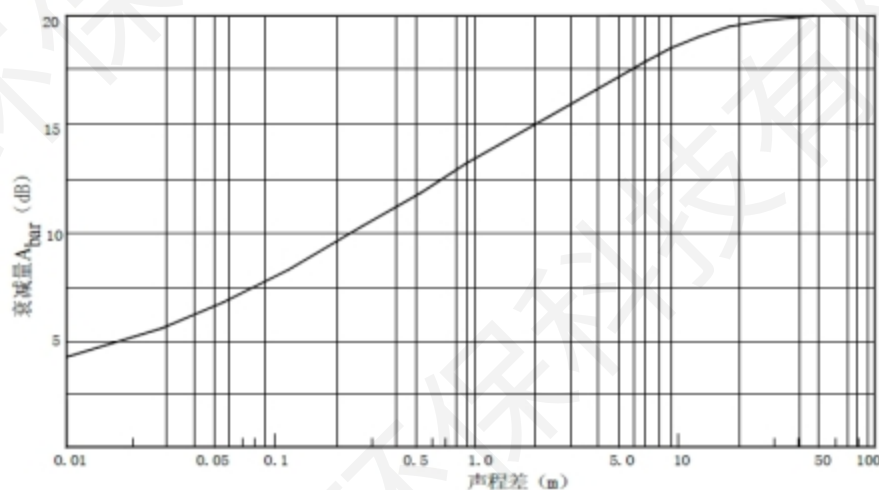


图 6-65 噪声衰减量 A_{bar} 与声程差 δ 关系曲线 ($f=500\text{Hz}$)

b、农村房屋附加衰减量估算值

农村房屋衰减量可参照 GB/T17247.2 附录 A 进行计算，在沿公路第一排声影区范围内近似计算可按下图取值。

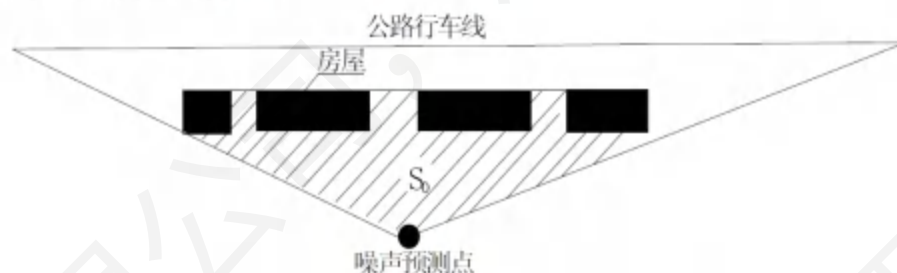


图 6-66 房屋降噪量估算示意图

S 为第一排房屋面积和，S0 为阴影部分（包括房屋）面积。

表 6-27 农村房屋噪声附加衰减量估算量

S/S_0	A_{bar}
40%-60%	3dB (A)
70%-90%	5dB (A)
以后每增加一排	1.5dB (A) 最大衰减量≤10dB (A)

C、地面效应衰减 (A_{gr})

声波越过疏松地面传播时，或大部分为疏松地面的混合地面，在预测点仅计算 A 声级前提下，地面效应引起的倍频带衰减可用以下公式计算。

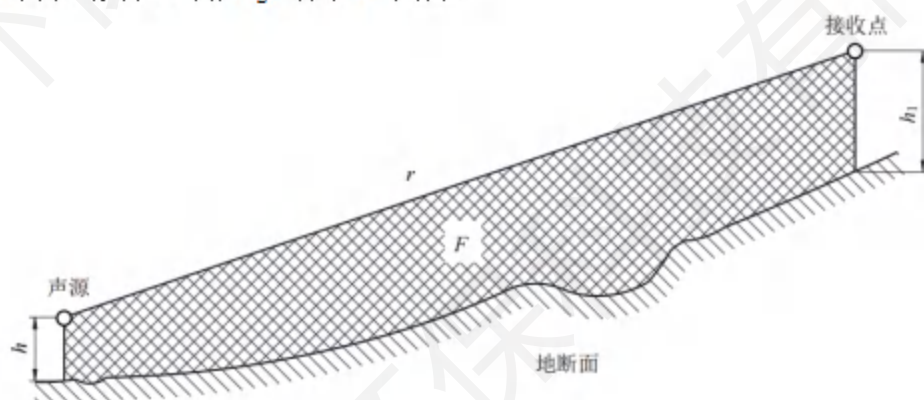
$$A_{gr} = 4.8 - \left(\frac{2h_m}{r} \right) \left(17 + \frac{300}{r} \right)$$

式中：

r—声源到预测点的距离，m；

h_m —传播路径的平均离地高度，m；可按下图进行计算， $h_m = F/r$ ；F：面积， m^2 ；

若 A_{gr} 计算出负值，则 A_{gr} 可用“0”代替。

图 6-67 估计平均高度 h_m 的方法

D、其他多方面原因引起的衰减 (A_{misc})

其他衰减包括通过工业场所的衰减；通过房屋群的衰减等。在声环境影响评价中，一般情况下，不考虑自然条件（如风、温度梯度、雾）变化引起的附加修正。工业场所的衰减、房屋群的衰减等可参照 GB/T17247.2 进行计算。

(2) 参数选取

①预测时段

根据设计资料，评价时段按运营远期进行预测（2045 年）。

②预测车流量、车型比及昼夜比

根据设计资料，本项目预测车流量见 4.3.2 章节。

③设计车速

本项目设计车速表 3-4。

④单车因子源强

按照相关公式分别计算路段各型车的小时交通量、平均车速和平均辐射声级，结果见表 4-16。

预测主要参数选取如下：

公路声源

选择公路源

桂头新桥

路段名称: 桂头新桥

路面类型: 沥青混凝土

声源距路面的高度 (m): 0.6

☐ 分别设置各路段车道

输入坐标数据的类型: 0-地面高程和离地高度

☐ 统一设置

高地高度 (m): 0

地面高程 (m): 0

绝对高度 (m): 0

车流参数

选择发声时段

2029 昼间
2029 夜间
2036 昼间
2036 夜间
2045 昼间
2045 夜间

设计车速 (km/h): 60

估算 A 声级

序号	道路宽度 (m)	车道数	车道中心线距道路中心线的距离 (m)
1	25.90	4	-6.3, -2.8, 2.8, 6.3

序	X (m)	Y (m)	地面高程 (m)	离地高度 (m)
1	0.00	0.00	65.00	0.00
2	118.72	305.56	59.34	10.00
3	189.06	484.89	60.99	10.00
4	299.44	762.17	69.22	0.00

车型	车速 (km/h)	车流量 (辆/h)	7.5m 处平均 A 声级
小型车	44.70	1,557.00	69.92
中型车	37.00	183.00	72.28
大型车	37.10	92.00	79.00

添加 删除

确定 (O) 取消 (C)

公路声源

选择公路源

杨溪大桥

路段名称: 杨溪大桥

路面类型: 沥青混凝土

声源距路面的高度(m): 0.6

☐ 分别设置各路段车道

输入坐标数据的类型: 0-地面高程和离地高度

☐ 统一设置

离地高度(m): 0

地面高程(m): 0

绝对高度(m): 0

车流参数

选择发声时段

2023年昼间
2023年夜间
2035年昼间
2035年夜间
2045年昼间
2045年夜间

设计车速(km/h): 40

估算A声级

序号	道路宽度(m)	车道数	车道中心线距道路中心线的距离(m)
1	16.40	2	-1.75, 1.75,

序	X(m)	Y(m)	地面高程(m)	离地高度(m)
1	-1.06	-1.17	73.63	0.00
2	33.65	71.63	76.29	0.00
3	63.27	136.80	77.53	0.00
4	94.59	180.82	76.00	0.00

添加 删除

车型	车速(km/h)	车流量(辆/h)	7.5m处平均A声级
小型车	33.40	203.00	65.62
中型车	24.21	24.00	64.62
大型车	24.09	12.00	72.19

确定(Q) 取消(C)

公路声源

选择公路源

长来大桥

路段名称: 长来大桥

路面类型: 沥青混凝土

声源距路面的高度(m): 0.6

☐ 分别设置各路段车道

输入坐标数据的类型: 0-地面高程和离地高度

☐ 统一设置

离地高度(m): 0

地面高程(m): 0

绝对高度(m): 0

车流参数

选择发声时段

2023年昼间
2023年夜间
2035年昼间
2035年夜间
2045年昼间
2045年夜间

设计车速(km/h): 40

估算A声级

序号	道路宽度(m)	车道数	车道中心线距道路中心线的距离(m)
1	13.50	2	-1.75, 1.75,

序	X(m)	Y(m)	地面高程(m)	离地高度(m)
1	-740,547.45	-2,775,469.14	0.00	0.00
2	-740,498.81	-2,775,432.39	0.00	0.00
3	-740,466.92	-2,775,418.89	0.00	0.00
4	-740,419.36	-2,775,410.23	0.00	0.00

添加 删除

车型	车速(km/h)	车流量(辆/h)	7.5m处平均A声级
小型车	33.68	129.00	65.65
中型车	23.86	15.00	64.57
大型车	23.82	8.00	72.01

确定(Q) 取消(C)

(3) 预测结果与评价

对不同桥梁交通噪声的预测仅考虑道路距离、空气及地面效应衰减影响，未考

考虑建筑物和树林的遮挡屏蔽、其他道路影响以及背景噪声等因素，假定道路两侧为空旷地带，同时结合本项目路基横断面共存的实际情况，给出桥梁所在平面的噪声值。噪声预测结果见下表。

表 6-28 远期桥梁两侧不同水平距离噪声计算结果统计表单位 单位：dB (A)

时段		距桥梁水平距离 (m) H: 1.2m									
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
桂头新桥	昼间	63.07	61.09	59.63	58.37	57.27	56.21	55.38	54.49	53.65	52.82
	夜间	58.29	56.3	54.82	53.55	52.45	51.38	50.54	49.65	48.81	47.98
杨溪大桥	昼间	61.99	60.01	58.55	57.29	56.19	55.13	54.3	53.41	52.57	51.74
	夜间	57.21	55.22	53.74	52.47	51.37	50.3	49.46	48.57	47.73	46.9
长来大桥	昼间	60.91	58.93	57.47	56.21	55.11	54.05	53.22	52.33	51.49	50.66
	夜间	56.13	54.14	52.66	51.39	50.29	49.22	48.38	47.49	46.65	45.82

根据上表的预测结果，本项目各桥梁的达标距离见下表。

表 6-29 桥梁两侧达标距离一览表

时段			4a 类区达标距离 (m)	2 类区达标距离 (m)
			距桥梁	距桥梁
桂头新桥	近期	昼间	0	43
		夜间	38	108
	中期	昼间	0	49
		夜间	48	132
	远期	昼间	0	52
		夜间	56	152
杨溪大桥	近期	昼间	0	0
		夜间	0	0
	中期	昼间	0	0
		夜间	0	0
	远期	昼间	0	0
		夜间	0	0
长来大桥	近期	昼间	0	0
		夜间	0	0
	中期	昼间	0	0
		夜间	0	0
	远期	昼间	0	0
		夜间	0	0

根据桥梁两侧达标距离的预测结果可知：由于车流量不大，运营远期，桥梁两

侧 56m 范围内能达到 4a 类声环境功能区标准；运营远期桥梁两侧 152m 外可达 2 类声环境功能区标准。

结合对各声环境保护目标的声环境影响预测可知，项目运营后，对沿线声环境保护目标的有一定影响，特别是临近桥梁的长来镇区、东岸村、杨溪村、桂头镇等，在综合考虑了项目沿线各敏感点特征、公路特点、预测结果、所需的降噪效果以及各种降噪措施适用的条件等各种因素的基础上，本着技术可行、经济合理、同时又兼顾公平的原则，主要推荐低噪路面、隔声窗作为降噪措施，确保声环境保护目标达标。

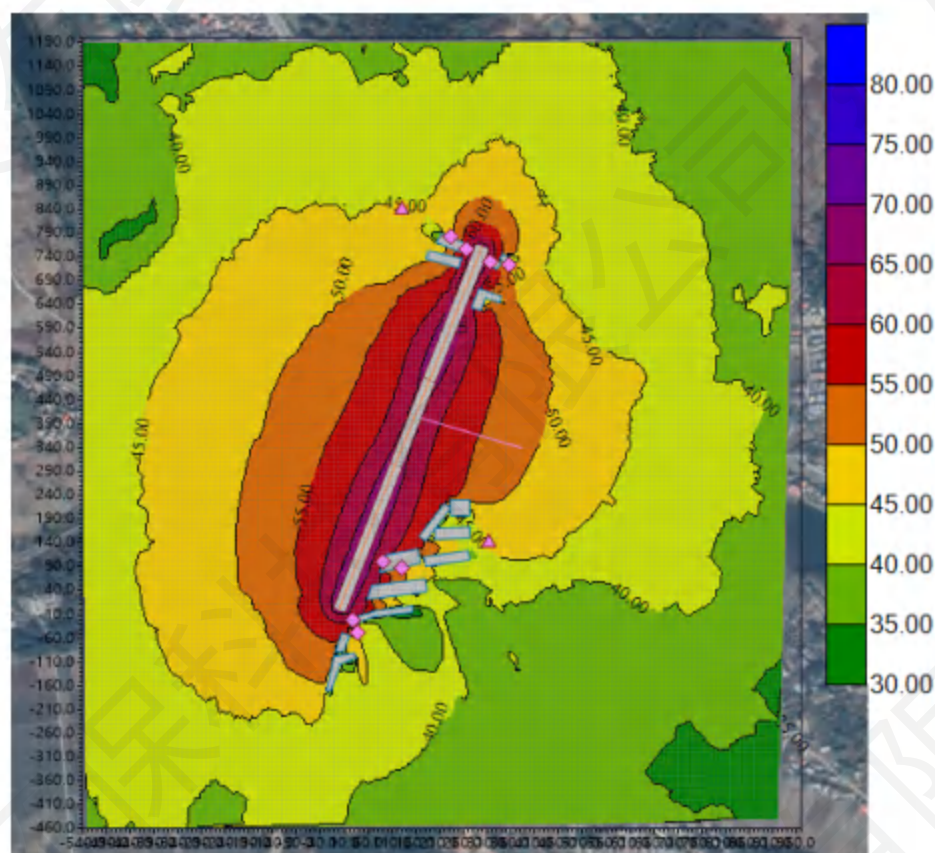


图 6-68 近期桂头新桥昼间噪声贡献值等声级线图

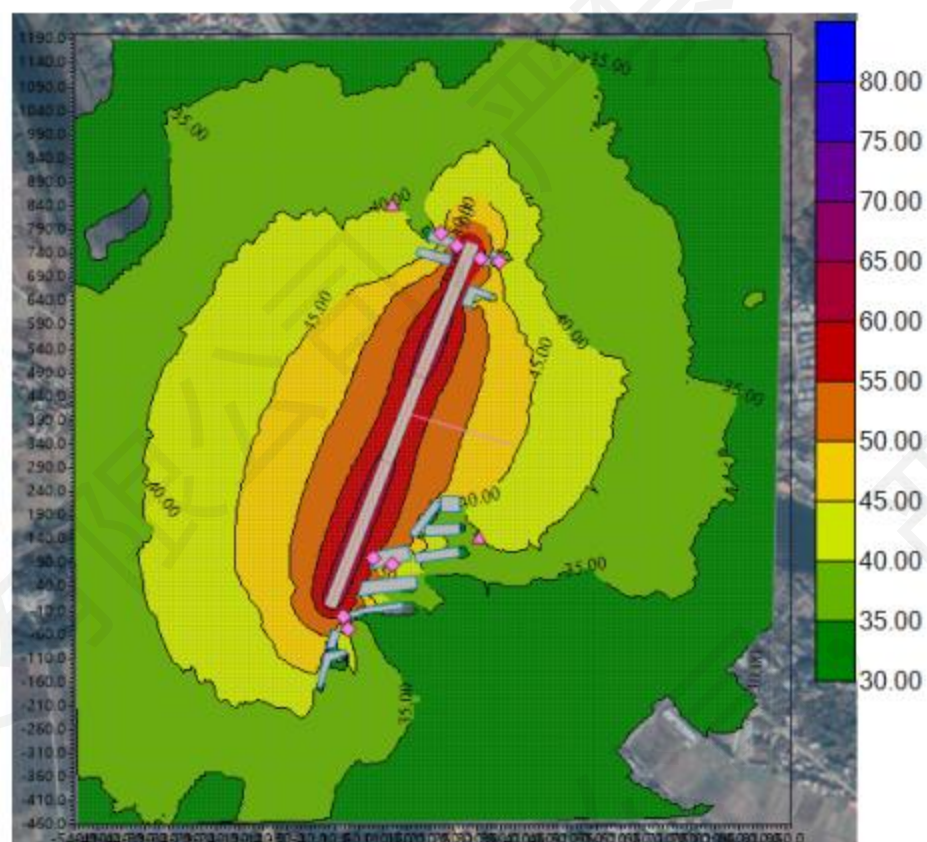


图 6-69 近期桂头新桥夜间噪声贡献值等声级线图

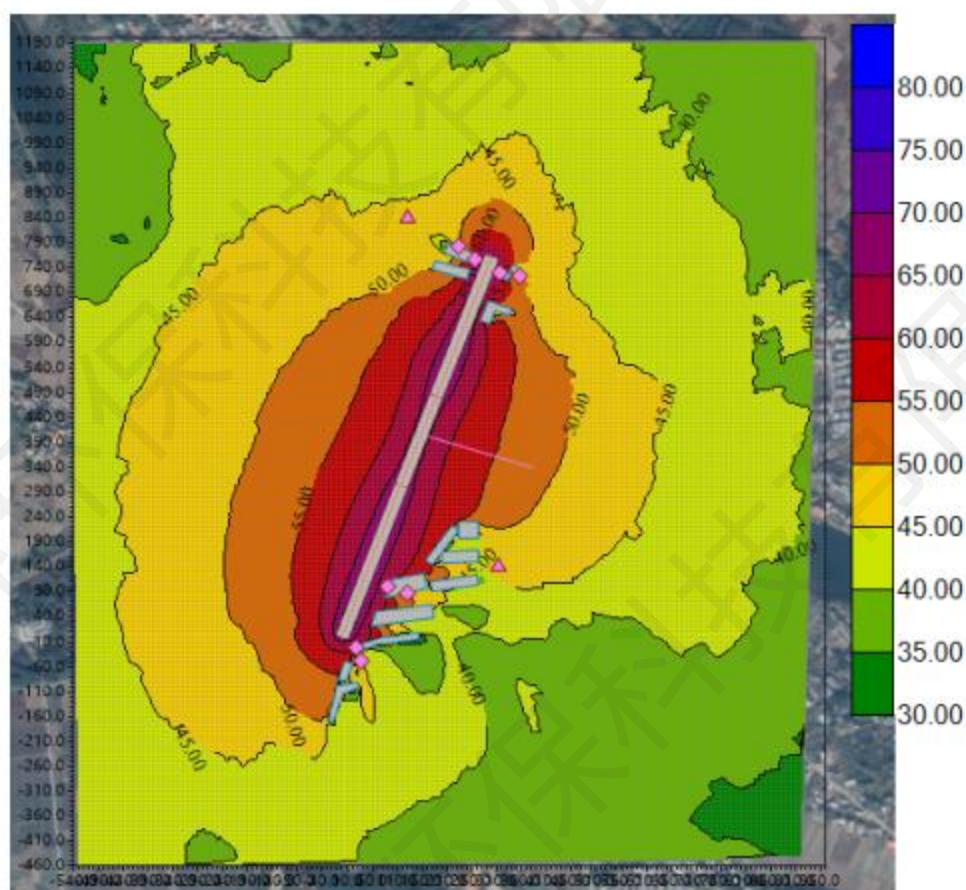


图 6-70 中期桂头新桥昼间噪声贡献值等声级线图

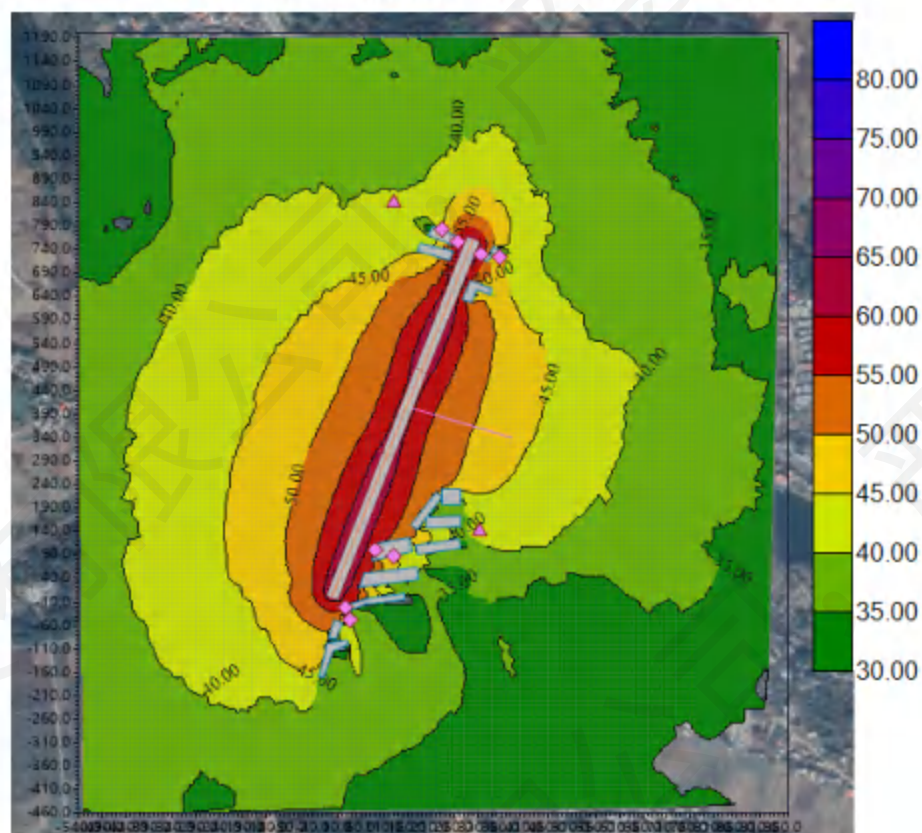


图 6-71 中期桂头新桥夜间噪声贡献值等声级线图

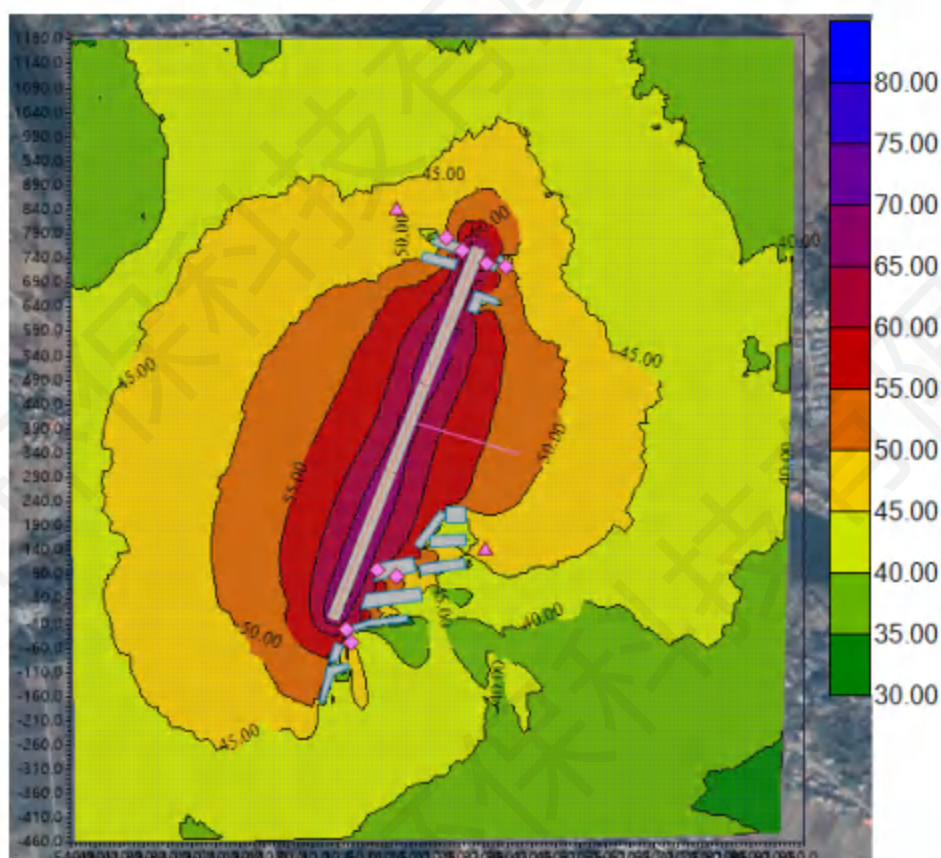


图 6-72 远期桂头新桥昼间噪声贡献值等声级线图

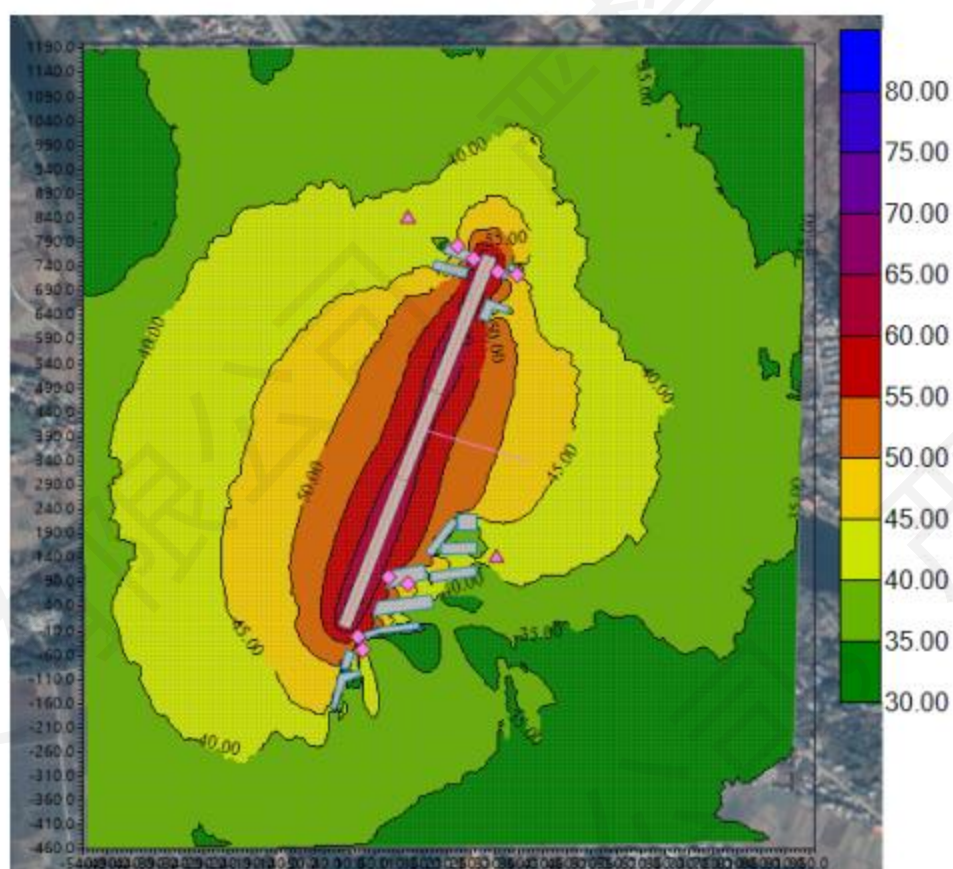


图 6-73 远期桂头新桥夜间噪声贡献值等声级线图



图 6-74 近期杨溪大桥昼间噪声贡献值等声级线图



图 6-75 近期杨溪大桥夜间噪声贡献值等声级线图



图 6-76 中期杨溪大桥昼间噪声贡献值等声级线图



图 6-77 中期杨溪大桥夜间噪声贡献值等声级线图



图 6-78 远期杨溪大桥昼间噪声贡献值等声级线图



图 6-79 远期杨溪大桥夜间噪声贡献值等声级线图



图 6-80 近期长来大桥昼间噪声贡献值等声级线图



图 6-81 近期长来大桥夜间噪声贡献值等声级线图



图 6-82 中期长来大桥昼间噪声贡献值等声级线图



图 6-83 中期长来大桥夜间噪声贡献值等声级线图



图 6-84 远期长来大桥昼间噪声贡献值等声级线图



图 6-85 远期长来大桥夜间噪声贡献值等声级线图

6.6 环境空气环境影响分析

6.6.1 施工期环境空气影响分析

一、航道工程环境空气影响分析

施工期主要是陆域施工对环境空气产生污染影响，主要污染物为颗粒物，主要污染环节为护岸工程开挖和削坡等作业过程，上述各环节在受风力的作用下将会对施工现场产生颗粒物污染影响，且风力越大污染越严重。根据有关监测资料，施工作业场所颗粒物浓度约为 $1.5\text{mg}/\text{m}^3 \sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。施工活动工期短，这类粉尘在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响很小。

施工船舶主机、运输车辆及其它施工机械运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为 SO_2 、 NO_x 和烃类等，因其数量少且较分散，且表现为间歇性、短期性，污染程度较轻，在距离作业点 50m 外即可满足环境空气质量二级标准要求，对环境影响不大。

二、船闸、桥梁工程环境空气影响分析

船闸工程施工期间，大气污染物主要来自施工露天开挖和混凝土拌和系统，主要污染物为 TSP，其次是燃油机械的废气排放，主要污染物为 SO_2 、 NO_2 和 NO 等。此外交通运输扬尘是工程施工公路沿线主要的大气污染源，会对沿线居民生产、生活带来一定影响。

1、混凝土拌和系统粉尘

根据《环境影响评价指南》（咸阳环境科学学会、咸阳市秦都区城乡建设环境保护局编制，天则出版社），混凝土拌和系统的粉尘排放在无相关措施的情况下为 0.91kg/t 产品。混凝土拌和系统在采用全封闭拌和楼的情况下粉尘排放系数为 0.009kg/t 产品，拌和系统区域的粉尘浓度一般为 $10\sim 40\text{mg/m}^3$ 。

根据施工进度安排，2 个船闸各配备混凝土拌合系统 1 座，系统理论生产能力为 $220\text{m}^3/\text{h}$ （密度约为 2.4t/m^3 ），按每天 14 个小时计，则每个船闸工程混凝土拌和系统混凝土粉尘排放量为 66.5kg/d 。在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响不大。

2、开挖粉尘

在开挖和填筑的过程中会产生大量的粉尘，粉尘的排放系数根据三峡水电站坝基开挖区粉尘产生量的估算值进行类比得出，粉尘的排放系数为 12t/万 m^3 ，在采取洒水降尘、遮挡环保措施后，粉尘的去除率预计达到 96%，采取措施后粉尘的排放系数为 0.48t/万 m^3 ，对周边大气环境影响不大。

3、施工机械尾气及扬尘

施工过程中建筑材料运输、装卸、堆放等环节，在风力的作用下会对施工现场及周围环境产生 TSP 污染，施工运输车辆行驶还将产生道路二次扬尘污染。根据同类工程施工现场起尘实测资料类比分析，临时土石方堆放点在土石方风干后且无遮盖、风速 2.5m/s 的情况下，其下风向 150m 处 TSP 浓度可达 0.49mg/m^3 ；通过类比施工汽车运输扬尘现场监测结果，在做好路面清洁的情况下，运输车辆在自然风作用下产生的 TSP 浓度在下风向 100m 外可满足相应标准要求，对大气环境影响不大。

另外运输车辆及其它施工机械运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为 SO_2 、 NO_x 和烃类等，因其数量少且较分散，且表现为间歇性、短期性，污染程度较轻，在距离作业点 50m 外即可满足环境空气质量二级标准要求，对环境影响不大。

4、桥梁拆除废气

在桥梁拆除活动中，各种细小颗粒在外力作用下形成扬尘，其次在施工场地清

理和建筑垃圾堆放、运输过程中会造成扬尘污染。拆迁产生的扬尘量与拆迁方式、有无防护措施、当时的气象条件等因素有关。拆除活动工期短，这类粉尘在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响较小。

另外针对桂头大桥、桂头新桥及周围环境的特点、工期要求，使用乳化炸药（硝酸铵、乳化剂）进行爆破拆除，炸药总使用量约为 1.62t/a，爆破时会产生粉尘、CO 和 NO_x 等污染物，污染源主要集中在桥梁拆除区。类比同类工程，爆破产生的粉尘、NO_x 排放系数分别以 47.49（kg 粉尘/t 炸药）和 3.508（kgNO_x/t 炸药）计，估算出本桥梁拆除工程施工爆破产生的粉尘、NO_x 的量分别为 0.077t、0.006t，产生量很小经风力稀释后对环境的影响较小。

6.6.2 营运期环境空气影响分析

一、船舶废气

航道整治后，在其运行发挥效益期间，本身并不排放任何污染物，不会对环境产生不利影响。间接影响为过往船舶产生的船舶废气，其影响采用类比分析。

(1) 主要污染影响分析

航道内的大气污染源主要是船舶废气。由于航道经整治后，通行的船舶数量将会增加、船型也将以大中型船舶为主，根据工程分析，船舶废气为无组织排放源，具有近距离的污染特点，废气的排放将对环境空气产生一定污染影响，但这种影响仅局限在排放点 50m 范围内，均发生在航道范围内，不会对航道两侧的居民产生污染影响。

(2) 航道整治后对环境空气的正效益

航道整治后，通过航道的大吨位船舶比例将逐步提高，大吨位船舶的动力设备和防污设施明显好于小型船舶，在年通过货运总量相同的情况下，船舶排放的废气总量比以前将会明显减少。

航道整治实施后，河段通航条件变好，过往船舶有所增加，船舶排放的废气和污水量将有所增加，但对区域环境影响不大。航道整治后，随着航道沿线护岸工程和绿化工程的实施，航道沿线的环境空气质量将得到较大改善，对沿线环境保护目标基本不产生影响。

二、汽车尾气

一般来讲，敏感点受汽车尾气中的 NO_x 污染的程度与汽车尾气排放量、气象条

件有关，同时还与敏感点同路之间水平距离有较大关系，即交通量越大，污染物排放量越大；相对距离越近，污染物浓度越高；风速越小，越不利于扩散，污染物浓度越高；敏感点处在桥梁下风向时，其影响程度越大。

桥梁为开放式的广域扩散空间，且单辆汽车为移动式污染源，整个桥梁可看作很长路段的线状污染源，汽车尾气相对于长路段来说，扩散至桥梁两侧一定距离的敏感点处的 NO_x 浓度较低，一般在桥梁中心线两侧 20m 处均可达到国家环境空气质量一级标准浓度，汽车尾气对路侧敏感点的影响很小。拟建桥梁评价范围内的敏感点一般位于线路中线 20m 以外，在这种情况下，路侧 NO_x 的浓度一般可以达到二级标准限值要求，因此拟建桥梁路运营期汽车尾气 NO_x 对沿线敏感点的环境空气质量的影响较小。

6.7 固体废物环境影响分析

6.7.1 施工期

1、生活垃圾

施工队伍在船上作业会产生一定量的生活垃圾，按施工人员每人每日产生生活垃圾 1kg 计，施工船舶的施工人員按每船 6 人计，施工船舶总数 24 艘，则施工人员所产生的生活垃圾量为 0.144t/d；另外，码头建设施工人员约为 90 人，生活垃圾产生量为 0.09t/d。施工工区高峰期生产人員为 500 人，则生活垃圾产生量为 0.5t/d。

则施工期间共产生生活垃圾 0.734t/d。生活垃圾委托环卫部门清运处理。

2、施工船舶维修废物

在施工船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船 20kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为 5.76t/a，属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性 T，I），须委托有资质公司收集处理。

3、工程弃渣

根据本工程设计报告，本工程施工期产生七星墩船闸弃渣量为 231.19 万 m^3 ，长安船闸弃渣量为 108.92 万 m^3 ，桥梁工程弃渣量为 2.13 万 m^3 ，总弃渣量为 342.24 万

m³，各弃渣运输至弃渣场进行堆存。

4、隔油池油渣

机械修配废水处理过程中，设置隔油池，会产生隔油池油渣，根据《国家危险废物名录》（2021年），隔油产生的浮油属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号HW08废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码900-249-08，危险废物名称为：其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及含矿物油废物，危险特性T，I），整个施工过程油渣产生量约为2t，产生的油渣应按规定临时贮存，再交由有资质单位回收处理。

5、沉淀池污泥

施工期废水均经过沉淀池处理后回用，因此沉淀池内会产生一定量的污泥，因施工时间、天气、围堰工程地底渗水等不确定因素，产生量按废水处理量的0.1%估算，为0.24t/d，污泥由施工人员清捞，运至弃渣场处理。

采取上述措施后，施工期固体废物对环境的污染影响很小。

6.7.2 营运期

1、船舶生活垃圾

根据北江航道运输量预测，1000t级船平均以10人/艘计，船员按照1.0kg/d·人计算，则2045年船舶运输产生生活垃圾量为0.5t/d，船舶生活垃圾到港后委托有资质公司清运处理。

2、管理人员生活垃圾

另外，本工程各类管理人员共36人，按1kg/(人·d)计算，则生活垃圾量为36kg/d，这部分生活垃圾将由环卫部门清运处理。

3、船舶维修废物

在船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船10kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为6t/a，属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号HW08废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性T，I），须委托有资质公司收集处理。

采取上述措施后，项目营运期产生的固体废物对环境的污染影响很小。

6.8 环境风险评价

6.8.1 环境风险调查

本项目建成后主要的环境风险表现在船舶事故引起的燃料及运送货物（如危险化学品）发生逸漏、爆炸、燃烧等引起的环境风险，一旦发生将在很短时间内造成周边一定范围内的恶性污染事故，对当地环境造成较大危害，给国家财产造成损失。根据预测，本项目建成后，主要运输的货物包括煤炭及制品、金属矿石、非金属矿石、矿建材料、水泥等。

本项目本身不存在物质危险性和功能性危险源，环境风险事故的发生由间接行为导致。根据水运相关事故统计及事故原因调查，主要以搁浅、碰撞事故居多，无航道整治施工过程所引起事故。但由于航道建设和运行，出现船舶碰撞、搁浅等造成燃料或其他有毒有害物质，尤其是油品泄漏等污染事故，导致物料泄漏及引发次生灾害是本项目的风险源。

本项目事故污染风险主要来源于施工期或运营期船舶碰撞、搁浅、侧倾等造成燃料泄漏等污染事故。因此评价针对施工期或运营期船舶事故风险进行预测评价。

施工期船舶事故主要来源于以下环节：

- （1）施工船舶主航道内与过往船舶碰撞，发生溢油泄漏；
- （2）施工船只位于主航道附近定点施工，与行驶船舶碰撞，发生溢（3）施工船只岸边发生搁浅，但基本不会发生碰撞泄漏；
- （3）抛石过程先由 GPS 定位，然后采用人工抛石，由于是定点作业，施工基本不会发生碰撞泄漏，但可能会出现因船舶重量不均匀而发生侧倾。

运营期船舶事故主要来源于以下环节：

- （1）船员素质缺陷，责任心不强，避让操作技术差、值班时精神萎靡，会船时紧张过度或漫不经心等原因发生事故；
- （2）不使用或不当使用雷达发生事故；
- （3）占据他船航路，违反地方航行规则，违反国际海上避碰规则，避让迟缓导致发生事故；
- （4）引航员操作失误，使用安全航速不当，特别是在客观条件不允许的情况下盲目高速航行导致发生事故；
- （5）舵机、主机、供电突然失灵、航道环境、自然环境异常、交通秩序混乱等导

致发生事故。

6.8.2 风险识别

6.8.2.1 物质危险性识别

根据项目建成后产生的适水运量和诱发运量，预计本项目工程河段航道等级提升后，武江 2030 年水路货运量为 894-956 万吨，其中上行 357-381 万吨，下行 537-574 万吨；2035 年水路货运量为 1174-1239 万吨，其中上行 468-494 万吨，下行 705-744 万吨；2045 年水路货运量将达到 1496-1663 万吨，其中下行 899-1000 万吨，上行 597-664 万吨，以装卸矿建材料、水泥、非金属矿石和煤炭等为主。因此，识别主要事故风险为船舶通航期间发生碰撞、触礁、搁浅等突发性事故，引起油箱破裂，导致突发性事故溢油。

船舶交通事故是导致溢油事故发生的主要原因，当航道出现船舶碰撞、搁浅等会造成燃料或其他有毒有害物质，尤其是油品泄漏等污染事故。风险类型主要为物料泄漏及引发次生灾害。因此本项目危险品以船舶运输过程中泄露的柴油为代表性物质进行预测分析。柴油属于危险性油品，其主要危险特性有以下几个方面：

（1）易燃、易爆

柴油属于高闪点易燃液体，火灾危险类别为丙 A 类。遇到明火、高热或与氧化剂接触，有引起爆炸的危险。

（2）易扩散、易流淌性柴油具有良好的流动性，在储运和作业过程中，一旦发生泄漏，会在环境中进行扩散和转移，污染环境，且易引发火灾爆炸等事故。

（3）挥发性

柴油属于不易挥发的油品。但是温度在 70 度以上，里面的轻质油挥发出来和空气的混合气比例达到一定浓度范围时，遇足够能量的火源就能发生爆炸。

（4）易产生静电

石油及产品本身是绝缘体，当它流经管路进入容器或车辆运油过程中，都有产生静电的特性。静电积聚的主要危害是静电积聚到一定能量后就会放电，静电放电时产生火花，导致火灾或爆炸等事故发生。

（5）受热膨胀性

受热后，温度上升，体积迅速膨胀，若遇到容器内油品充装过满，很容易体积膨胀使容器或管件爆破损坏，引起油品外溢、渗漏。

主要有麻醉和刺激作用。皮肤接触可为主要吸收途径，可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。柴油的理化和毒理性质见下表。

化学物质对人体健康的危害性通常是指物质的毒性，物质毒性危害程度分极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害四个级别。柴油对人体健康的危害程度属中度危害。柴油的危险性见下表。

表 6-30 柴油的理化和毒理性质

类别	项目	柴油
理化性质	外观及性状	稍有粘性的棕色液体
	熔点(°C)	-18
	沸点(°C)	282~338
	相对密度	对水 0.87~0.9, 对空气 > 1
	溶解性	不溶于水, 易溶于苯、二硫化碳、醇、可混溶于脂肪
燃烧爆炸危险性	闪点/引燃温度(°C)	50/227~257
	爆炸极限 (vol%)	1.4~4.5
	稳定性	稳定
	建规火险分级	丙 A 类
	爆炸危险组别、类别	T3/IIA 高闪点易燃液体
	危险特性	遇明火、高热或与氧化剂接触, 有引起燃烧爆炸的危险, 遇高热, 容器内压增大, 有开裂和爆炸的危险
	灭火方法	灭火剂种类: 二氧化碳、泡沫、干粉、沙土

表 6-31 物质危险性标准

指标		危害程度分级			
		I (极度危害)	II (高度危害)	III (中度危害)	IV (轻度危害)
中毒危害	吸入 LC50, mg/m ³	<20	200 -	2000 -	>20000
	经皮 LD50, mg/kg	<100	100 -	500 -	>2500
	经口 LD50, mg/kg	<25	25 -	500 -	>5000
急性中毒		易发生中毒后果严重	可发生中毒愈后良好	偶可发中毒	未见急性中毒有急性影响
慢性中毒		患病率 ≥ 5%	患病率较高 ≤ 5% 或发生率较高 ≥ 20%	偶发中毒病例或发生率较高 ≥ 10%	无慢性中毒有慢性影响
慢性中毒后果		脱离接触后继续发展或不能治愈	脱离接触后可基本治愈	脱离接触后可恢复不致严重后果	脱离接触后自行恢复无不良后果
致癌性		人体致癌物	可疑人体致癌物	实验动物致癌性	无致癌性
最高容许浓度, mg/m ³		<0.1	0.1 -	1.0 -	>1.0

6.8.2.2 环境污染途径分析

船舶自带油仓燃油泄漏直接入江，在水流和风力的作用下漂移扩散污染水环境

和水生生态环境，影响泄漏附近及下游饮用水源地取水安全，并直接对水生生物和其它湿地生物造成损害。溢油的物理与化学变化过程如下。

溢油事故造成的大量油品泄漏进入水体后，其一方面随表面河流的“携带”而一起流动，另一方面受风力的“拖曳”作用而漂移；漂浮在水面上的溢油在重力、惯性力、表面张力以及粘滞力等作用下很快向四周扩散变薄，在水面扩展成油膜。而柴油中一些易挥发的轻组分在泄漏到水面数小时乃至头几天里就蒸发到大气中，随着在大气中扩散的同时逐渐被氧化；不同油品的溢油的蒸发速率和乳化速率是不同的，因此，溢油的残留量将因油品和该处当时的水文气象条件而异。漂浮于水面的柴油在水面湍流的作用下，有一部分以油包水或以水包油的形式进入水中（20℃时 C10—C15 的烷烃的溶解度为 10-8~10-4mg/l），随河流流动扩散开去，部分则凝成较重的油团而沉于河床；漂浮于水面的和沉入河床的溢油有一部分将被嗜油的微生物逐渐降解。

（1）动力学过程

①扩展过程：溢油刚进入水体后，由于油膜很厚，其在地球引力、表面张力、惯性力和粘滞力的作用下迅速向四周扩展。在溢油最初的数小时内，扩展是溢油动态行为最主要的过程。它一方面决定了溢油的扩散面积；另一方面，由于其表面积的增长，溢油的风化、挥发、溶解、分散和光氧化还原过程都会受到不同程度的影响。溢油扩展过程的长短与油的种类、品质、粘性、温度等自身性质密切相关，同时溢油量越大持续时间也越长。油膜的扩散（或扩宽）也是极为复杂的过程。对此 Bonit（1992）与 Fay（1969、1971）有详细的研究。但这些研究多局限于静止水面上的油膜，自然江河由于岸反射和单向水流等因素的影响，因而要复杂得多。油膜的扩散分为三个阶段：惯性阶段、粘性阶段和表面张力阶段。

②漂移过程：漂移是油膜在外界动力场（如风应力、油水界面切应力等）驱动下的整体运动。漂移模拟在整个溢油动态模拟中占据着最重要的地位。只有精确的模拟漂移，才能够对溢入水体的油团进行准确的跟踪、定位，最大限度降低溢油对环境危害。漂移运动决定于平流条件，主要包括风生流和非风生流。油膜平流实质就是油膜在上述驱动力作用下的拉格朗日漂移过程，其主要依赖于水面风场和流场。风对油膜的影响表现为风所产生的漂流。一般采用风漂流流速等于风速的 3%。

（2）非动力学过程

①蒸发：蒸发是石油烃的较轻组分从液态变为气态向大气进行质量传输的过程。

是溢油风化的主要过程。石油主要是由碳氢化合物组成的，是多种烃类的复杂混合物；低碳组分是非常容易蒸发的，一般含 C 数在 14 以下的组分其绝大部分是可以蒸发的。柴油主要成分是含 9 到 18 个碳原子的链烷、环烷或芳烃。这种自身组成特点决定了柴油是一种易挥发的物质， $1/2 \sim 2/3$ 的溢油在几小时与一天的时间内会蒸发掉。由于蒸发，油膜的物理与化学性质将产生重要的变化。由于蒸发依赖于多种因素。而且这些因素又在随时发生变化，要准确地计算蒸发率是困难的。

②溶解：溶解是溢油在一定能量的扰动下，形成油粒均匀进入水体中的过程。溶解量和速率取决于石油的组成和物理性质、油膜扩展度、水温 and 水的湍流度以及油的乳化和分散程度。在影响溶解的环境因素中，风速和水流流场显得尤为重要。溶解是溢油发生后活动最短的过程，明显有效时间主要在前几个小时里，溢油最大溶解度发生在事故后 8-12 小时内，然后溶解呈指数直线下降。溶解的石油烃组分同蒸发的一样，但溶解量较蒸发量小得多，通常仅是蒸发量的百分之几，其对溢油动态模拟的平衡计算影响甚小，大多数情况下可以忽略。

③分散：分散是小得多的溢油滴渗混于水中的现象。自然分散包括 3 个过程：成粒过程，在波浪作用下油膜破碎后形成油粒子的过程；分散过程，油粒子在波浪的作用下进入水体的过程；（油粒子在油膜内的聚合过程，多种相关物理-化学参数和以上过程的关系。溢油发生后 10 小时左右分散作用最大，可持续到 103 小时以后。

④乳化：乳胶的形成溢油的乳化是指石油和水混合在一起，经过人工或自然环境中风、流、浪的扰动，油粒子不断向水相分散，同时水的微粒也不断向油相逸散，形成的油包水或水包油的油水乳化物的过程。油包水乳化物是水滴被分散到油滴里，呈黑褐色粘性泡沫状，它可长期漂浮于水面，并包裹水生生物的分泌物及其残骸，最终形成沥青球。由于吸收大量的水（稳定的油水乳化液一般含水量在 50~60% 以上），体积比原来增长 5-6 倍，比重和粘度也比原来大的多，乳化物体积、密度、粘度有不同程度的增加，因而对溢油的进一步扩散起阻碍作用，蒸发量也相对下降。溢油一旦发生乳化现象，就会对蒸发和溶解过程产生极大影响。乳化作用一般在溢油发生后几个小时才开始，因为在溢油之初，油膜较厚，水动力条件和外界其他条件不足以破坏油膜的整体性，油膜不能被分散形成油粒子，从而不具备乳化的先决条件，随着油膜的不断扩展，油膜面积逐渐增大，厚度不断减小，在风切应力、湍流、波浪等作用下，油膜被分散，此时乳化开始发生。影响乳化的因素包括油的组成成分、油膜厚度以及水体紊动程度、波浪、温度等环境条件，

⑤沉降：石油进入水体后，由于一系列环境因素的影响，溢油附着在悬浮颗粒或自身絮凝沉降到河床，这种过程即为沉降。它可通过两方式进行，一是由于蒸发、乳化等风化过程的影响，溢油块的密度会不断增大，当密度增大到高于水的密度时，就会产生沉降；二是油粒子会与水体中的泥沙等颗粒以及浮游生物、微生物、细菌等发生吸附作用并一起发生沉降。吸附过程取决于颗粒物质的性质和油的种类，同时也受温度、水流等情况的影响。

⑥生物降解：水体中的某些微生物对石油有较强的分解能力，分解后的部分石油组分可以成为微生物的食物和能量来源，从而起到降解石油的作用。生物降解速率除了与石油组分及分散程度有关外，还与微生物的种类和数目有关，而这些又与环境条件包括温度、盐度、pH 值、营养盐等相关。

6.8.3 环境风险源项分析

6.8.3.1 事故溢油风险概率分析

本项目的事故风险主要来源于船舶碰撞、搁浅等突发性事故造成的油箱破裂带来的事故溢油。

国内外发生较大事故的统计数据表明，突发性事故溢油有一定的风险概率。对某一项目的风险概率分析，由于受客观条件和不定因素的影响，而多采用统计资料进行分析。参照广西梧州海事局的统计，2012 年~2021 年广西梧州境内共发生船舶事故 341 起，事故类型主要为触礁、碰撞、搁浅及其他小型事故等，这四类事故数量占事故总量的 88.3%。其中小型事故 117 起，占事故总数的 34.3%；触礁事故 69 起，占事故总数的 20.2%；碰撞事故 68 起，占事故总数的 19.9%；搁浅事故 47 起，占事故总数的 13.8%。

6.8.3.2 事故风险源强分析

结合工程实际情况，考虑出现最不利情况下的较大溢油事故，按上述分析确定的施工期及运营期船舶在航道内发生碰撞或搁浅造成的柴油泄漏，燃油仓单舱全部泄漏入江考虑。根据航道工程施工经验，航道施工船舶总吨不超过 200t。根据我国货船吨位与燃油量关系调查资料，该类船舶柴油入江量最大约 4.25t (5m^3)。本项目建设完成后，货运船舶以 1000t 级船舶为主，柴油入江量最大约 8.5t (10m^3)/次，主要污染物为石油类（柴油）。

6.8.4 事故风险影响预测

6.8.4.1 溢油的物理与化学变化过程

(1) 对流与扩散原理：溢油在水面上运动主要是通过对流与扩散进行的。对流主要受制于油膜上方的风与油膜下方的水流。扩散是重力、惯性力、摩擦力、粘性与表面张力之间的动力学平衡导致的现象。风对油膜的影响表现为风所产生的漂流。一般采用风漂流流速等于风速的 3%。油膜的扩散（或扩宽）也是极为复杂的过程。对此 Bonit (1992) 与 Fay (1969、1971) 有详细的研究。但这些研究多局限于静止水面上的油膜，自然江河由于岸反射和单向水流等因素的影响，因而要复杂得多。油膜的扩散分为三个阶段：惯性阶段、粘性阶段和表面张力阶段。

(2) 蒸发：1/2~2/3 的溢油在几小时与一天的时间内会蒸发掉。由于蒸发，油膜的物理与化学性质将产生重要的变化。由于蒸发依赖于多种因素。而且这些因素又在随时发生变化，要准确地计算蒸发率是困难的，因计本江段风险评价中不考虑蒸发量的计算。从偏安全角度考虑，预测枯水期船舶事故排放情况下漏油对沿线取水口及水源地保护区水质的影响。

(3) 溶解：溶解于水的碳氢化合物对于水中生物系统存在着潜在毒性，但溢油的溶解不会达到百分之几的程度。

(4) 垂直扩散或垂直运输：油膜在水面中的停留时间通常受制于小的油质点向水体内的垂直运输或油在水中乳化。

(5) 乳化乳胶的形成：重质原油具有较高的粘性，一般形成较稳定的乳胶状油，而沥青烯与高分子量蜡的存在乳胶的形成密切相关。

(6) 沉积各种形式的油都有可能被沉积物颗粒吸附沉于水底或粘结在岸边。在淤泥质沉积物中油的渗透是最小的，只有上层几厘米才会受到影响。

6.8.4.2 溢油扩延计算模式

油膜的扩延，在初期阶段的扩展起主导作用，而在最后阶段是扩散起主导作用。虽然计算扩延范围的公式很多，但由于影响因素复杂，许多公式都是简化而得的，计算结果也有差异。在众多的成果中，费伊(Fay)公式是广泛受到重视的只考虑油膜扩展作用的公式之一。

费伊把扩展过程划分为三个阶段：

(1)、惯性扩展阶段 $D=K_1(\beta g v)^{1/4} t^{1/2}$

(2)、粘性扩展阶段 $D=K_2(\beta g v^2 / \sqrt{uw})^{1/6} t^{1/4}$

(3)、表面张力扩展阶段 $D=K_3(\delta / \rho w / \sqrt{uw})^{1/2} t^{3/4}$

(4)、在扩展结束之后，油膜直径保持不变

$$D=356.8V^{3/8}$$

式中：D—油膜直径（m）；

g—重力加速度（9.8m/s²）；

V—溢油总体积（m³）；

t—从溢油开始计算所经历的时间（s）；

$\beta = 1 - \rho_0 / \rho_w$ ；

ρ_0 —油的密度（t/m³）；

ρ_w —水的密度（t/m³）；

δ_{aw} —空气与水之间的表面张力系数（kg/m）；

δ_{oa} —油与空气之间的表面张力系数（kg/m）；

δ_{ow} —油与水之间的表面张力系数（kg/m）；

K₁—惯性扩展阶段的经验系数；

K₂—粘性扩展阶段的经验系数；

K₃—表面张力扩展阶段的经验系数。

在实际中，油膜扩展使油膜面积增大，厚度减小。当油膜厚度大于其临界厚度时（即扩展结束之后，油膜直径保持不变时的厚度），油膜保持整体性；油膜厚度等于或小于临界厚度时，油膜开始分裂为碎片，并继续扩散。

6.8.4.3 油膜漂移分析计算方法

溢油入水后很快扩展油膜，然后在水流、风生流作用下产生漂移，同时溢油本身扩散的等效圆油膜还在不断地扩散增大。因此溢油污染范围就是这个不断地扩散增大。因此溢油污染范围就是这个不断扩大而在漂移的等效圆油膜所经过的水域面积，漂移与扩展不同，它与油量无关，漂移大小通常以油膜等效圆中心位移来判断。如果油膜中以初始位置为 S₀，经过 Δt 时间后，其位置 S 由下式计算：

$$S = S_0 + \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} V_0 dt$$

式中油膜中心漂移速度 V_0 由下式求得：

$$V_0 = V_{风} + V_{流}$$

$$V_{风} = u_{10} \times K$$

式中： u_{10} —10m 高处风速

K —风因子系数， $K=3.5\%$

$V_{流}$ 为水流速度。

6.8.4.4 参数的选择

风速：根据海事部门的水上交通安全管理要求，风力达到三级时，发出黄色预警，提醒过往船舶注意收集气象、海事部门预警信息，密切关注气象变化，采取各项预防措施，必要时就近选择安全水域锚泊；在风力达到四级时，发出蓝色预警，超过本船抗风等级的船舶选择安全水域避风，停泊期间检查系泊、锚泊设备。因此，本次预测选择四级大风的不利气象条件，预测风速 5.5m/s 。

6.8.4.5 预测结果及分析

根据上述计算方法，污染物扩延特征值见下表，溢油事故风险的漂移扩散预测结果见下表。

表 6-32 施工期柴油泄漏事故油膜扩延预测结果

序号	时间 (s)	面积 (m^2)	厚度 (mm)	油膜中心漂移距离 (m)
1	10	117.08	47.83	7
2	50	585.41	9.57	34
3	100	1170.83	4.78	68
4	240	2809.98	1.99	163
5	360	4214.97	1.33	245
6	720	8429.94	0.66	490
7	1440	8972.36	0.62	979
8	1920	10360.38	0.54	1306
9	3840	57183.79	0.10	2611
10	7680	161740.20	0.03	5222

表 6-33 运营期柴油泄漏事故油膜扩延预测结果

序号	时间 (s)	面积 (m^2)	厚度 (mm)	油膜中心漂移距离 (m)
1	10	353.33	144.34	7
2	50	1766.66	28.87	34

3	100	3533.32	14.43	68
4	240	8479.97	6.01	163
5	360	12719.96	4.01	245
6	720	25439.91	2.00	490
7	1440	39128.62	1.30	979
8	1920	45181.84	1.13	1306
9	3840	63896.77	0.80	2611
10	7680	161740.20	0.15	5222

当工程施工水域发生溢油事故时，油膜将沿溢油点向下游方向漂移，根据本项目各施工工程点与鱼类自然保护区的位置关系，对施工期可能发生的溢油事故对鱼类自然保护区的风险影响进行分析，若施工点位发生溢油事故，则泄漏柴油到达鱼类自然保护区的时间为 1.23h。

运营期可能发生船舶事故的地点主要包括航道交汇处、锚地及码头等船舶停靠区、能见度不良处等，航道内发生船舶燃料油溢油事故约 2h 后，油膜污染距离将可能达到 5km 以上，扩散面积约 0.16km²。航道沿线分布鱼类自然保护区和饮用水源保护区，若发生船舶燃料油溢油事故，将污染水域水质，影响鱼类自然保护区和饮用水源保护区，若船舶在此锚地停靠时发生溢油事故，则溢油到达下游最近的饮用水源二级保护区的时间大于 6h。

由于溢油事故中无论是溢油量还是溢油时间均有较大的不确定性，为此，一旦发生事故需尽快启动溢油应急预案进行处理。溢油事故本身对水环境、生态环境影响巨大，需对溢油事故严加防范杜绝发生，避免造成经济损失和环境污染。因此必须采取船舶溢油污染防治和应急措施，包括建立相关制度、完善相应的应急处理设备，提高人员素质和制定溢油应急计划等，最大限度地避免溢油事故的发生，同时应提高溢油事故的应急能力，一旦发生溢油事故以减少事故对江段水质的污染。

6.8.5 溢油影响分析

一旦发生溢油泄漏，油膜会随着水流向下游漂移扩散。由于溢油油种多为燃料油，密度较小，溢油中的较轻组分含量高，且较轻组分油易挥发，因此对事发处的大气环境有一定影响。另外油膜对水生生物和渔业资源的影响也较大。油品不同组分中，低沸点的芳香族烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香族烃则是长效毒性，均会对水生生物构成威胁和危害，直至死亡。

(1) 对自然保护区、水源地的影响：船舶在航行过程中，一旦发生溢油事故，

油膜将会随着水流沿航道向下游漂移，油膜一旦到达自然保护区、水源地范围内，将会对自然保护区、水源地的水质造成恶劣影响，进而对沿江两岸居民的生命构成威胁。根据预测分析，若发生溢油事故，溢油最快可在 1h 污染自然保护区及水源地，因此应严格防范船舶溢油事故的发生，一旦发生应立即采取应急措施，防止油膜向下游水源地扩散。同时建议在下游距离航道较近的水源地配置围油栏，一旦发现水源地上游发生溢油事故，应立即在该水源地外围布设围油栏，防止油膜进入。

(2) 水生生物急性中毒效应一旦发生溢油污染事故，将对一定范围内水域形成污染，还可能污染沿线生活用水取水口，对江段内的生物、鱼类以及作为农业灌溉用水水源地的居民影响较大。以石油污染为例，其危害是由石油的化学组成、特性及其在航道内的存在形式决定。在石油不同组分中，低沸点的芳香烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香烃则是长效毒性，会对水生生物生命构成威胁和危害直至死亡。

(3) 对鱼类的影响

①对鱼类的急性毒性测试：根据近年来对几种不同的鱼类仔鱼的毒性试验结果表明，石油类对鲤鱼仔鱼 96h LC_{50} 值为 $0.5 \sim 3.0 \text{ mg/L}$ ，因此污染带瞬时高浓度排放（即事故性排放）可导致急性中毒死鱼事故，故必须对成品油运输船舶进行严格管控。

②石油类在鱼体内的蓄积残留分析：石油类在鱼体中积累和残留可引起鱼类慢性中毒而带来长效应的污染影响，这种影响不仅可引起鱼类资源的变动，甚至会引起鱼类种质变异。鱼类一旦与油分子接触就会在短时间内发生油臭，从而影响其食用价值。以 20 号燃料油为例，石油类浓度 0.01 mg/L 时，7 天之内就能对大部分的鱼、虾产生油味，

30 天内会使绝大多数鱼类产生异味。

③对浮游植物的影响：石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍它们的光合作用。这种破坏作用程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。根据国内外许多毒性实验结果表明，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各类油类的耐受能力都很低。一般浮游植物石油急性中毒致死浓度为 $0.1 \sim 10.0 \text{ mg/L}$ ，一般为 $1.0 \sim 3.6 \text{ mg/L}$ ，对于更敏感的种类，油浓度低于 0.1 mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

④对浮游动物的影响

浮游动物石油急性中毒致死浓度范围一般为 $0.1 \sim 15\text{mg/L}$ ，而且通过不同浓度的石油类环境对桡足类幼体的影响实验表明，永久性（终生性）浮游动物幼体的敏感性大于阶段性（临时性）的底栖生物幼体，而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。

综上所述，一旦发生溢油事故，污染因子石油类将会对河段内鱼类的急性中毒、在鱼体内的蓄积残留和对鱼的致突变性产生较大的负面影响，而且对浮游植物和动物也会产生一定的影响，同时对事故较近处的水源地构成一定威胁，故必须严格落实各项风险防范措施和事故应急预案。

6.8.6 船舶溢油事故防范对策与应急措施

6.8.6.1 溢油事故防范对策

（1）施工期溢油事故防范对策

①施工单位在施工组织安排时应详细考虑施工过程对过往船舶可能造成的影响，制定周密的施工计划，尽量减少不利影响。

②在施工前将施工水域及作业计划呈报当地海事和航道维护部门批准，并会同航道、海事、船舶等相关单位商讨施工期间的通行处理措施。比如临时移动航标改变通行路线，或者确定临时断航时间、地点等，并由各自主管部门发布航行通告和航道通告，以引起各有船单位的重视。

③施工过程中，施工单位应加强内部管理，严格将施工船舶限制在划定的施工水域内，不得随意穿越航道，在主航道内抛锚应做好标记。

④各施工船舶应重视船机性能的检查，加强与过往船舶的联系，避免发生碰撞事故，同时加强施工期航道维护管理，增加航标设置，合理划分施工水域和航行水域。

⑤在施工区域设置专用标志，警示过往船舶已进入施工区域，以便加强注意力。必要时在距离施工区域外 3km 左右设置临时信号台，控制船舶的通航秩序。

⑥严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船舶进入施工作业水域。

（2）运营期溢油事故防范对策

船舶交通事故是导致溢油事故发生的主要原因，溢油事故的发生多与船舶航行和停泊的地理条件、气象、运输货种、船舶密度以及船舶驾驶、装卸作业人员和管理人员的素质有关。因此，随着航道建设规划的实施，应该从以下几个方面制订和

实施溢油事故应急防范措施。

①所有船舶必须按照交通部信号管理规定显示信号。航道管理部门应加强过往船舶的安全调度管理，合理安排进出港船舶的航行时间和施工船舶作业面，合理安排营运期船舶靠、离港时间及行驶航道，保持足够的安全间距，避免发生船舶碰撞事故。

②航道沿线设立警示牌提醒过往船舶加强安全意识。

③在行轮遇上中雾、浓雾时，应停航“扎雾”。

④船舶发生紧急事件时，应立即采取必要措施，同时向事故应急中心及有关单位报告。

⑤应对航道的通航水深进行定期监测。

⑥一旦发生溢油事故，首要目标是保护重要区域和限制油污扩散，其次是清除油污；如果设备、材料和人力不足以对敏感区域提供有力的保护，则必须按优先次序对重要区域做出保护。

⑦建立船舶交通管制系统（VTS）和水上安全监督机构，如港务监督、配置水上安全保障设施。

⑧加速推进船舶标准化，逐步淘汰老旧船，提高安全性。

（3）饮用水水源保护区溢油事故防范对策

①加强施工人员培训工作，增强施工人员的环保意识及风险防范意识。

②施工水域一旦发生险情及时通知下游各水厂、水务部门、保护区管理部门及环保部门等。

③根据风险预测结果，在一定区域发生船舶溢液事故时，可能会对下游取水口水质造成污染。可结合航标工程中的指示标牌，对航道两侧生活用水取水口位置进行标示，提醒过往船舶加强安全意识，避免船舶溢液事故对取水口的污染。

④在集中式生活用水取水口附近水域，禁止通航船舶锚泊、过驳或排放污染物。

⑤一旦发生溢油事故，首要目标是保护重要区域和限制油污扩散，其次是清除油污；根据已有设备、人员条件优先对饮用水水源保护区等重要环节保护目标做出保护。

6.8.6.2 溢油事故应急措施

本航道等级较低，发生船舶溢油事故的最大风险概率为 10 年~25 年发生一次，

概率较低，最大溢油量为 60t 左右。一旦在航道内发生溢油事故，可以利用区域环境风险应急联动机制，借助北江港及地方海事局的部分溢油应急反应力量进行应急，但同时航道部门应培养自身的溢油应急队伍和配备一定的应急反应设备，具体如下：

（1）设备库建设功能

依托航道沿线各地市的溢油应急设备库，使应急能力范围覆盖本项目航道沿线范围，并满足快速反应的需要。设备配置点应具备以下功能：存放、保养与维修小规模溢油进行围控回收处理能力的应急设备、物资；对现场操作人员提供后勤保障；为小型专业清污船及船员提供后勤保障；为现场操作人员提供培训演练条件。

（2）设备配置点建设布局

根据对船舶溢油事故的风险分析，结合当前的应急能力情况，建议溢油应急设备配置点建设布局如下：

设备库：依托北江港、地方海事处或船闸管理中心等机构的溢油应急设备库。

设备配置点应急范围：重点承担本次规划的航道的溢油污染应急反应行动。

（3）应急处置能力建设目标

溢油应急设备库应能处理至少 60t 的溢油事故。

（4）溢油围控回收处理设备配备

设备配置点的物资、设备主要有：应急卸载设备、机械回收设备、应急围控设备、溢油分散物资、溢油吸附物资、储存及转运设备以及其它配套设备。码头须配备一定的应急设备，如围油设备（充气式围油栏、浮筒、锚、锚绳等附属设备）、收油设备（吸油毡、吸油机）、消防设备（消油剂及喷洒装置）并建立消防废水收集池等。

根据国家规划的《国家船舶溢油应急设备库建设标准》，建议溢油应急设备配置点的设备配置见下表。

表 6-34 溢油应急设备配置点设备配置表

序号	设备名称	单位	数量	备注
（1）应急卸载设备				
1.1	离心式应急卸载泵	台	1	用于难船低粘度油品和化学品卸载，卸载速率应达到 $300\text{m}^3/\text{h}$
（2）机械回收设备				
2.1	小型收油机	台	1	收油机收油速率应达到 $170\text{m}^3/\text{h}$
2.2	收油网	套	2	用于块状溢油及吸油毡的回收
（3）应急围控设备				

3.1	江河型充气式围油栏	米	300	用于水源地、自然保护区的保护，防止溢油污染敏感目标
(4) 溢油吸附物资				
4.1	吸油毡	吨	2	用于较薄油层的吸收
4.2	吸油拖栏	米	100	用于较薄油层溢油的围控和吸收
(5) 其它配套设备				
5.1	室内拖车板	套	2	方便各种设备的装卸
5.2	室内拖车头	辆	1	
5.3	应急运输车	辆	1	方便设备陆上远距离运输
5.4	集装箱		1	10 英尺集装箱，用于应急设备的陆运
5.5	高压清洗装置	套	1	用于设备清洗和岩石油污清洗
5.6	围油栏布放船	艘	1	征用拖轮和海事局现有巡逻艇
5.7	船用收油机依托船	艘	1	征用拖轮

溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地做出应急反应，对于控制污染、减少污染损失起着关键性的作用。根据本次评价的相关分析，结合区域当前的应急现状，规划实施后，建议快速出台船舶溢油应急计划，建立相对完善的溢油应急反应体系，综合地方政府、海事机构和港口企业的力量，使本区域能对抗小型水上溢油事故。重点建设水面溢油的控制、清除功能，增加应急反应决策和指挥的手段；积极与周边港口部门协商，形成联防机制，减少资源浪费。

6.8.7 应急预案建议

对突发性航道环境污染事故，需制定区域水上事故风险应急预案并建立常设的区域事故风险应急反应中心。项目建成后，一旦发生船舶溢油（液）等水上突发性事故，可及时、快速、准确、有效地处理处置，最大限度地减少污染事故造成的生命、财产及环境危害。

根据《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》的要求，本项目应制定相应的污染事故应急计划，并报主管部门备案。本报告列出《船舶溢油事故应急预案》的主要框架内容。

制定突发环境事件应急预案的目的是为了在发生突发环境事件时，能以最快的速度发挥最大的效能，有序的实施救援，尽快控制事态的发展，降低事故造成的危害，减少事件造成的损失。应急预案一般包括下述内容：

- (1) 总则：包括编制目的、编制依据、适用范围和工作原则等；
- (2) 企业基本情况及周边环境概述：包括本单位的生产工艺、主要产品及原辅材料、安全环保设备设施等概况、周边环境状况、环境敏感点等；

(3) 环境危险源情况分析：主要包括环境危险源的基本情况以及可能产生的危害后果及严重程度等；

(4) 企业突发环境事件风险评估：包括企业环境风险等级评定，现有环境风险防控和应急措施差距分析等；

(5) 应急组织机构与职责：包括领导机构、工作机构、地方机构或者现场指挥机构、环境应急专家组等；

(6) 预防与预警机制：包括应急准备措施、环境风险隐患排查和整治措施、预警分级指标、预警发布或者解除程序、预警相应措施等；

(7) 应急处置：包括应急预案启动条件、信息报告、先期处置、应急监测、分级响应、指挥协调、信息发布、应急终止等程序和措施；

(8) 后期处置：包括善后处置、调查与评估、恢复重建等；

(9) 应急保障：包括人力资源保障、财力保障、物资保障、医疗卫生保障、交通运输保障、治安维护、通信保障、科技支撑等；

(10) 监督管理：包括应急预案演练、宣教培训、责任与奖惩等；

建设单位应编制突发环境事件应急预案，建立应急组织机构，成立应急救援专业队伍，平时作好救援专业队伍的组织、训练和演练，并对工人进行自救和互救知识的宣传教育；同时，明确各类突发环境事件的应急响应和应急处置方案，建立环境风险事故报警系统体系，确保各种通讯工具处于良好状态，制定标准的报警方法和程序，并对工人进行紧急事态时的报警培训。

6.8.7.1 应急组织机构与职责

应急组织机构与主要职责见下表。

表 6-35 应急组织机构与主要职责

组成	主要职责
总指挥	负责对突发环境事件应急预案的启动和决策，全面负责和指挥环境污染事故现场的应急处理工作
副总指挥	协助总指挥做好协调和实施应急处理工作
事故救援组	负责事故发生后的应急处置工作
疏散警戒组	负责事故现场治安警戒、人员疏散，维护厂内交通秩序
后勤保障组	负责事故应急抢险与救援过程中所需的各类应急装备、安全防护品、现场应急处置材料等的紧急供应与调配
应急监测组	负责事故现场及受污染环境的应急监测与数据分析，为事故原因的判定、处置工作的技术问题提供数据支撑及科学依据
医疗救护组	负责中毒、受伤人员的急救和治疗工作

善后处理组	负责实施恢复生产（生活）过程中的相关检查、清理、修复与加固等项工作的监督、指导、协调、衔接与落实
事故调查组	负责事故现场的保护和事故调查工作

6.8.7.2 分级响应

（1）事故应急响应分级

按突发环境事件的可控性、严重程度和影响范围，突发环境事件的应急响应分为Ⅲ级（一般应急）、Ⅱ级（紧急应急）、Ⅰ级（重大应急）三级。

Ⅰ级（重大应急）

溢油泄漏量很大，对保护目标、岸线、人体健康等造成严重影响，可能需要统一组织指挥调度省级区域的相关公共资源和力量进行应急联动处置。

Ⅱ级（紧急应急）

溢油泄漏量较大，泄露极可能对保护目标、岸线、人体健康等造成较大影响，风险事故需要组织全市公共资源和力量进行应急联动处置。Ⅲ级（一般应急）

溢油泄漏量少，且预计不会对保护目标、岸线、人体健康等造成影响，污染在本港应急指挥小组组织处理下能得到控制。

（2）分级响应程序

三级应急响应程序均执行如下应急准备与响应控制程序：发现→逐级上报→总指挥（或指挥机构）→启动预案

即事故现场发现人员，及时逐级上报，公司相关领导和政府部门负责指挥、协调应急抢险工作，并启动响应预案，根据事态发展趋势，降低或提高响应等级。

6.8.7.3 应急处置

（1）处置原则

按照“先控制，后处理”的原则，迅速实施先期处置，优先控制事故源头，避免事件升级；尽可能控制和缩小已排出污染物的扩散、蔓延范围，把突发环境事件危害降到最小程度；采取科学有效的措施，尽量避免和减少人员伤亡，确保人民群众生命安全；应急处置立足于彻底消除污染危害，避免遗留后患；应急准备在预案启动后应急工作开展前进行。

（2）启动分级应急响应程序

发现泄露事故后，应立即通知船长及相关操作人员，并采取一切办法切断事故源，船长做出判断，启动分级应急响应程序，发出警报，迅速通知水域溢油应急指

挥部，当地海事局和环保部门，现场抢险组等各组组长在组长指挥下立即按各自的职责实施事故救援，各专业救援队伍迅速赶往事故现场。

（3）消除泄露的措施方法

迅速查明事故发生的源点、泄露部位和原因，初步判断船舶破损情况，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求如下：

①必要时，由救捞人员进行水下探摸，采取各种可能的方法，尽力封堵破损口；

②将残油驳至其他货舱或可接受油的邮轮、油驳及油囊中，过驳时必须遵守安全和防污染操作规程，注意不断调整各舱油量，保持船体平稳上升，需另备移动式泵系设备，以防船上货油泵系不能使用；

③为保证两船安全靠岸，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动式球形碰垫，过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况；

（4）溢油的围控

①当船舶在码头前沿溢油时，在事故码头周围布设一道或多道防火围油栏进行围控，调用消防船待命，采取防火和防爆措施；

②船舶在锚地、航道上溢油时，事故现场的水文符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在事故水域进行定位围控；

③在现场围油不可能的情况下，可用围油栏将溢油诱导至利于进行清除作用且对环境敏感区影响较小的区域，再进行清除作用；

④当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时，需在敏感区周围布设围油栏，减少污染损害。

（5）岸滩污染带油膜清除

岸线溢油的清除一般可直接进行，正常情况下不需要专用设备，根据油品的种类和数量、污染的地理范围、受到影响的岸线长度和自然状况制定岸线清除方案，岸线清除通常有以下三个阶段：

①清除重污染物及浮游；

②清除中度污染物、搁浅于岸线的油及被油污染的岸边泥沙、草丛；

③清除轻度污染岸线污染物及油迹；

大区域的污染清除的方法由岸线类型决定，漂到岸边的浮油应尽快围拢和收集，以防止流到未被污染的岸线。可使用泵、真空罐车或油罐拖车收集浮油，若车辆无

法到达，可使用桶、勺或其他容器捞起溢油，再将装油的容器运走，此外，还可以使用适量的吸油材料。待流动的溢油清除后，对于沙滩可用铲车收集被油污染的砂石，对其他类型的岸线，通常可用高压水或分散剂清除油污，用凉水或热水冲洗取决于设备性能及油的种类。

（6）回收油及油污废弃物的处置

溢油现场清除收集起的油，送往有资质的危险废物处置单位进行处置。

6.8.7.4 后期处置

一、应急环境监测

环境监测部门到达事故现场后，查明油品的扩散情况和浓度。监测点位以事故发生地为主，根据流向流速、风向及其他自然条件等现场具体情况进行布点采样，在溢漏点下游、可在污染源与环境保护目标对象之间布设多个采样点，在环境保护目标附近适当增加采样点，以说明污染物排放、扩散、降解的规律和方式，在未受污染的区域设置对照点，与受污染点样品进行对照分析，从而及时、准确地判断事故的污染情况。

二、应急状态终止与恢复措施

船舶溢油事故污染无继发可能，污染损害索赔取证记录已完成等。经环境、消防、卫生等有关部门批准，确认终止时间，应急状态终止后，应根据上级有关部门的指示和实际情况，继续进行环境监测和评价工作，直至自然过程或其他补救措施无需继续进行为止。

6.8.8 环境风险评价小结

本项目属于航道工程，不涉及重大风险源，本项目的风险主要来自于施工期或运营期船舶碰撞或沉没等造成的漏油，由于管理疏忽、操作违反规章或失误等原因引起石油类跑、冒、滴、漏事故而引起环境污染风险。

为避免安全、消防风险事故发生后对环境造成的污染，建设单位首先应树立安全风险意识，并在管理过程中强化安全风险意识。在实际工作和管理过程中应按照相关部门的要求，严格落实安全风险防患措施，并自觉接受相关部门的监督管理。

同时，建设单位应制定切实可行的环境风险事故应急预案，当出现事故时，要采取应急措施，以控制事故和减少对环境造成的危害，做好事故发生后的次生环境

问题的处置工作。

总的来说，项目的建设在严格按照环保、安监、消防等部门的要求，落实环境风险防范措施和应急措施后，环境风险是可以接受的。

7. 工程穿越饮用水源保护区可行性论证

根据原广东省环境保护厅《关于饮用水源保护区调整及线性工程项目穿越饮用水源保护区可行性审查办理程序的通知》（粤环函[2015]1372号），“根据省政府领导关于“省政府不再受理线性工程项目穿越饮用水源保护区申请，由主管部门依照法规审核”的批示精神，为进一步加强饮用水源环境保护，优化审查程序，提高行政效能，线性工程项目穿越饮用水源二级保护区、准保护区的项目选址唯一性和环境可行性纳入环境影响评价一并论证和审批。环评时应将项目选址唯一性和环境可行性列为环境影响评价报告书的重要内容，设置专章进行充分论证”。

7.1 饮用水源保护区概况

根据《广东省生态环境厅 广东省水利厅关于印发《韶关市部分饮用水水源保护区调整方案》的通知》（粤环函〔2024〕146号），韶关市武江饮用水水源地水源保护区划分情况见下表所示。

表 7-1 韶关市区武江饮用水水源地范围

水源地名称	水源地类型	保护区级别	水域保护区范围	陆地保护范围	面积 (km ²)
韶关市区武江饮用水水源地	河流型	一级保护区	取水口下游 100 米至靖村长 3.4 公里河段除航道外的水域范围，以及汇入该河段的支流从汇入口上溯 50 米的水域范围。	相应一级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 50 米内的陆域，有防洪堤河段至防洪堤迎水面，包括江心岛。	1.61
		二级保护区	一级保护区水域上边界上溯至犁市长 5.3 公里的河段，一级保护区水域下边界下溯 200 米的河段，汇入该河段的支流从汇入口上溯 1000 米以及一级保护区支流水域上边界上溯 1000 米的水域范围。	靖村至犁市河段二级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 1000 米内不超过第一重山山脊线的陆域汇水范围，有防洪堤（含路堤）河段至防洪堤背水面，包括江心岛；十里亭大桥段至靖村河段一级保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 1000 米内不超过分水岭的陆域汇水范围，不包括一级保护区范围和控制线以东的区域。	8.3
		准保护区	二级保护区上边界上溯至乐昌长 43 公里的河段，以及汇入该河段的支流从汇入口上溯 1000 米的水域范围。	相应准保护区水域的两岸正常岸线向陆纵深 500 米不超过第一重山山脊线的陆域集雨范围，包括江心岛。	66.95



图 7-1 韶关市武江饮用水水源地水源保护示意图

7.2 工程与饮用水源保护区位置关系

本工程涉及韶关市区武江饮用水水源地准保护区，对工程产生的废水、废气、固体废物等均已采取了相应的环保措施，不向水体排放各污染物。

本工程与韶关市区武江饮用水水源地准保护区的位置关系见图 2-3。

7.3 工程穿越水源保护区线路方案唯一性论证

由于研究河段基本实现渠化，总体上河道狭窄、弯浅，部分库尾水位不衔接，航道平面布置走线均较为单一，碍航主要呈现库尾水位不衔接碍航、库区浅滩水浅碍航、库区部分急弯窄河段通航条件较差碍航等，库尾水位不衔接碍航、库区浅滩水浅碍航主要是因为局部浅滩水深和河床比降达不到航道尺度和水流要求，只能进行整治，工程布置方案具有唯一性。

由于韶关市武江饮用水水源地水源保护区准保护区跨度范围大，准保护区范围包含了航道区域，该区域范围也是本项目北江航道扩能升级上延工程的工程范围，项目工程范围与准保护区范围重合，现有航道是船舶航行的必要也是唯一的通道，航道的开发离不开河流，故项目建设不可避免涉及到韶关市区武江饮用水水源地准保护区。

7.4 工程穿越水源保护区环境可行性论证

7.4.1 工程建设对水源保护区的影响分析

1、施工期影响分析

本项目航道工程锚地建设、废弃桥墩拆除、护岸抛石等其它施工作业对武江饮用水源准保护区水质造成一定的污染影响，但这种影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。施工生产废水首先进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排。因此，工程对武江饮用水源准保护区水质影响不大。

船闸工程施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处

理设施进行处理。混凝土拌和系统冲洗废水首先进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。机械修配冲洗系统废水进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排。基坑废水达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排。不会对武江饮用水源准保护区水质产生污染影响。

桥梁工程施工生产废水通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排。桥梁施工产生废水经沉淀池沉淀后回用，不外排。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。施工船舶应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。不会对武江饮用水源准保护区水质产生污染影响。

2、营运期影响分析

营运期船舶含油污水委托有资质公司接收处置，不外排。船舶生活污水待船舶靠港后委托有资质公司接收处置，不外排。管理人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。本工程在各桥梁两端设置沉淀池，用于收集桥面初期雨水，经沉淀处理后排入雨水管网。

综上所述，本工程施工期和营运期产生的各废水均能妥善处理，不外排至武江，对韶关市区武江饮用水水源地准保护区影响不大。

7.4.2 风险事故对水源保护区影响及保护措施

本项目事故污染风险主要来源于施工期或运营期船舶碰撞、搁浅、侧倾等造成燃料泄漏等污染事故。航道施工期间，整治水域施工船舶数量增加不多，施工船舶虽然对航道内航行船舶有一定干扰，但引起该水域内事故风险的发生概率较小。航道运营后，航道条件改善，为船舶运输提供更好的条件，但由于运营期通航船舶密度增加，航道内发生事故风险的水平较现有水平将略有上升。

环境风险保护目标为韶关市武江饮用水水源地准保护区。

根据溢油模型预测结果：

当工程施工水域发生溢油事故时，油膜将沿溢油点向下游方向漂移，根据本项目各施工工程点与鱼类自然保护区的位置关系，对施工期可能发生的溢油事故对鱼类自然保护区的风险影响进行分析，若施工点位发生溢油事故，则泄漏柴油到达鱼类自然保护区的时间大于 1h。

运营期可能发生船舶事故的地点主要包括航道交汇处、锚地及码头等船舶停靠区、能见度不良处等，航道内发生 60 吨船舶燃料油溢油事故约 2h 后，油膜污染距离将可能达到 5km 以上，扩散面积约 0.16km²。航道沿线分布鱼类自然保护区和饮用水源取水口，若发生船舶燃料油溢油事故，将污染水域水质，影响鱼类自然保护区和饮用水源保护区，若船舶在此锚地停靠时发生溢油事故，则溢油到达下游最近的饮用水源二级保护区的时间大于 6h。

为保护武江水质，必须通过严格的环境管理，尽量杜绝此类事故的发生。并通过建立有关制度、完善设备，提高人员素质和制定溢油应急计划，采取适当的控制溢油事故措施，以控制溢油事故的污染。一旦发生风险事故，应立即启动溢油事故应急计划，采取事故应急措施，降低溢油事故对饮用水源保护区和取水口水质的影响。

本项目配备风险应急物资、加强风险事故防范措施和制定有针对性的风险事故应急预案，并与相关部门、单位建立事故应急联动机制。由于事故中无论是溢油量、溢油位置还是溢油时间均有较大的不确定性，一旦发生事故溢油，应及时启动应急预案和通知下游相关海事、环保等管理部门，最大限度地控制油膜向周边漂移的距离，同时加强对取水口水域水质监测，一旦发现水质超标立即停止取水，最大程度地减少溢油对饮用水源保护区的影响，可将风险事故对周边环境的影响降到最低，本项目对水源保护区准保护区的环境风险可以防控。

另外，建设单位已委托编制北江航道扩能升级上延工程水源保护区影响论证报告，相关结论如下：工程所在的武江水质现状良好，水环境质量可满足水环境功能区划要求；根据预测分析，项目对饮用水源保护区和饮用水取水口水质不会造成明显不利影响；施工期和运营期项目采取的水环境保护措施可确保废水排放达到国家和地方排放标准要求，且水环境保护措施具有可行性；采取合理的风险防范措施并制定有针对性的环境应急预案后，本项目的环境风险影响可以防控。综合分析，从水源保护区保护角度论证分析，工程建设可行。

上述论证报告已于 2020 年 9 月 1 日通过了专家评审，并取得了专家评审意见。

7.4.3 水源保护区保护措施

(1) 航运发展应体现绿色水运的理念，将生态环保的要求贯穿于航道规划设计、建设施工、管理、养护的全过程。加强航道管理现代化，提高船舶、海事、港口的

协同能力，完善应急预案，将船舶风险事故造成的环境危害控制在最低程度。加强船舶污染防治全程化和船舶运营资源节约化、排污减量化。

(2) 施工期涉水施工作业安排在枯水期内完成。施工期利用 GPS 精确定位，严格控制施工水域面积。泥驳运输过程中，泥舱不能过于装满，避免溢舱泥浆形成水污染。桩基钻孔施工时，泥浆池四周设置土堤等类型围堰，围堰高度约 0.3m，并在溢流口设置土工布，泥浆池上方设置简易遮盖装置。施工船舶舱底油污水定期交由有资质的单位接收处理，施工船舶生活污水收集后定期送岸上用作农肥或交由有资质的单位接收处理。航道工程及配套设施施工租用临河边现有居民住房作为施工营地，依托现有的排水设施处理排放生活污水，经旱厕收集后用作农肥或排入城镇污水处理厂，船闸施工生活污水经处理后回用于绿化、道路洒水等。砂石料加工废水、混凝土拌和系统冲洗废水、混凝土养护废水、机修含油废水经处理后回用。基坑排水采取投加絮凝剂等处理措施后，优先回用于砂石料加工、混凝土养护等施工用水。

(3) 运营期船舶均应安装油水分离器，处理后的船舶舱底油污水定期交由船舶污染物接收船接收，再由船舶污染物接收船依托沿线港区船舶污水接收码头上岸处理，船舶生活污水上岸依托港区或区域污水处理厂处理，严禁航道内通航船舶随意排放船舶舱底油污水和船舶生活污水。各船闸管理区设置 1 套一体化成套污水处理设备，经处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。禁止通航船舶在水源保护区内运输有毒有害危险品及油品。在水源保护区附近设置警示牌，提示船舶遵守禁止排污、限速通航等规定。海事部门严格按照相关规定加强通航船舶的管理。

7.5 小结

本项目线路不可避免须涉及韶关市武江饮用水水源地水源保护区准保护区，且线路方案唯一，且项目类型、规模及其工程布局等符合相关法律法规、政策和生态环境保护相关规划；工程所在的武江水质现状良好，水源保护区水环境质量可满足水环境功能区划要求；根据预测分析，项目对饮用水源保护区水质不会造成明显不利影响；施工期和运营期项目采取的水环境保护措施可确保废水排放达到国家和地方排放标准要求，且水源保护区保护措施具有可行性；采取合理的风险防范措施并制定有针对性的环境应急预案后，本项目的环境风险影响可以防控。

因此，从环境保护和风险防范的技术角度，通过采取合理有效的工程管理预防措施和事故应急机制，落实本报告提出的各项措施要求和建议，本项目对饮用水源

保护区的环境影响较小，可能引发的污染风险可得到有效控制，工程经过水源保护区的设计方案总体可行。

8. 环境保护措施及其可行性论证

8.1 生态保护措施

8.1.1 减缓生态破坏及生态恢复措施

(1) 避让原则：本工程所在河段不涉及鱼类自然保护区，但施工作业仍需避开鱼类的繁育期和敏感期，在鱼类繁殖期 4-7 月不施工，以保护渔业生物资源敏感时段。

(2) 在进行航道工程作业时，采用对环境影响较小的抓斗挖泥船作业，砂石除少量用于护岸工程外，剩余部分上岸进行综合利用；加强管理，派专人监督管理施工工程的环保问题；合理安排施工作业时间，尽量安排在枯水期进行作业。

(3) 施工时段调整方案：进一步优化施工进度和施工工序，合理安排施工时段。如果同一河段涉及上下段多处整治工程时，尽量避免同时施工，应分开实施，这样有效避免上、下两个工程同时施工对水生动物等的叠加影响。

(4) 优化工期安排，水下施工避开鱼类产卵繁殖期；做好施工期驱鱼工作，减少施工活动影响。施工期采用船舶发动机声音等方式驱鱼、对施工区及其邻近水域尤其是鱼类分布较密集的深潭、回水区进行驱鱼作业，将鱼类驱离施工区，降低对鱼类和渔业资源的影响。

(5) 制定严格的作业规程，加强施工人员管理，不得随意破坏洲滩和岸坡上的植被，严格禁止捕杀水生生物的行为。陆域施工时严禁随意砍伐工程附近区域的树木或破坏植被。

(6) 护岸工程应采用生态护岸。

(7) 严格限定施工范围，弃土区不能造成项目区域外的湿地造成破坏，不能突破设计中的弃渣范围和各项数据指标；施工过程中主动接收、积极配合林业部门的监督和检查，主动接收合理化意见和建议。

(8) 施工结束后，尽快对陆域施工区域及弃渣场进行植被及生态恢复，将施工对生态环境的影响降到最低程度。

(9) 人工增殖放流

工程实施对区域鱼类资源会产生一定的影响，依据原国家环保总局环发[2007]130号《关于开展生态补偿试点工作的指导意见》，对工程建设造成的渔业资源损失进行生态补偿，开展渔业资源恢复工作，定期开展增殖放流。增殖放流是在

对野生鱼、虾、蟹、贝类等进行人工繁殖、养殖或捕捞天然苗种在人工条件下培育后，释放到渔业资源出现衰退的天然水域中，使其自然种群得以恢复，再进行合理捕捞的渔业方式。人工增殖放流是恢复天然渔业资源的重要手段，通过有计划地开展人工放流种苗，可以增加鱼类种群结构中低、幼龄鱼类数量，扩大群体规模，储备足够量的繁殖后备群体。由于工程施工对底栖动物造成的损失较大，因此也需要通过增殖放流进行修复，以改善水域生态群落结构，增强水域生态系统的稳定性。

放流的苗种必须是由武江野生亲本人工繁殖的子一代。放流的苗种必须是无伤残和病害、体格健壮。

1) 放流实施对象与放流标准

根据评价水源渔业资源情况以及工程影响分析，鱼类人工繁殖技术成熟度等因素综合考虑，以增殖资源、改善鱼群结构、净化水质、保护水草资源、清除外来物种为目的。基于以上考虑，本工程增殖补偿放流种类为长臀鮠、赤眼鳟、大刺鲃、鲮、光倒刺鲃、倒刺鲃、桂华鲮、斑鲮。

增殖放流工作应根据《中国水生生物资源养护行动纲要》和《水生生物增殖放流管理规定》等规范性文件执行。放流鱼苗供应单位应选择信誉良好、管理规范、具备相应的技术力量的国家级或省级水产原良种场和良种繁育场、渔业资源增殖站、野生水生生物驯养繁殖基地或救护中心以及其他具有相关资质的种苗生产单位，必要时可通过招标形式确定。

增殖放流物种应遵循“哪里来哪里放”原则，即放流物种的亲本应来源于放流水域原产地天然水域、水产种质资源保护区或省级以上原种场保育的原种。供应商水产苗种生产和管理符合农业部颁发的《水产苗种管理办法》（2005年4月1日起）和《关于进一步加强水生生物经济物种增殖放流种苗管理的通知》（农办渔〔2014〕55号，2014.10.8）中的有关规定及要求，持有省级水产管理部门核发的《水产苗种生产许可证》。放流的鱼类苗种必须是野生亲本人工繁殖的子一代。增殖放流苗种药残检验按《农业部办公厅关于开展增殖放流经济水产苗种质量安全检验的通知》（农办渔〔2009〕52号）执行，苗种疫病检测参照《农业部关于印发<鱼类产地检疫规程（试行）>等3个规程的通知》（农渔发〔2011〕6号）执行。经检验合格后方可进行放流。

放流的幼鱼必须是有野生亲本人工繁殖的子一代，放流种必须是无伤残和病害、体格健壮，符合渔业行政主管部门制定放流苗种种质技术规范。放流前，种苗供应单位应提供放流种苗种质鉴定和疫病检疫检验报告，以保证用于增殖放流种苗的质

量，避免对增殖放流水域生态造成不良影响。鱼类放流活动应与渔业管理机构协调，并在该机构的监督与指导下进行，本项目增殖放流建议由地方渔业主管部门组织实施。

2) 增殖放流方案

需要实施增殖放流的鱼类主要为长臀鮠、赤眼鲮、大刺鲃、鲮、光倒刺鲃、倒刺鲃、桂华鲮、斑鲮等，放流规格为当年规格 8-10cm 以上的鱼种。鱼类放流任务应在 3 年（施工期 1 年，运行期 2 年）内完成，每年共放流鱼类苗种 12 万尾，购买苗种费用需 40 万；苗种的检验检疫、暂养、包装、运输、标识费用和活动公证等费用 10 万。合计共需经费 50 万元/年。

表 8-1 鱼类增殖放流年经费预算表

种类	规格 (cm)	数量 (万尾)	单价 (元/尾)	经费 (万)
长臀鮠	10~20	1	8	8
赤眼鲮	8~10	2	1	2
大刺鲃	8~10	1	5	5
鲮	10~15	2	0.5	1
光倒刺鲃	8~10	2	1.5	3
倒刺鲃	8~10	2	1.5	3
桂华鲮	8~10	1	3	3
斑鲮	8~10	1	15	15
合计				40 万/年

3) 放流时间和地点

工程江段增殖放流放流时间选择 4~5 月份，这样避开了工程施工期，有利于提高放流的成活率。放流地点可选择在 2 个梯级枢纽进行，考虑到实际水域条件和放流活动的安全，建设方需与地方渔业局和海事部门协商确定。

4) 人工鱼巢

考虑到鱼巢主要的利用对象产粘草性卵鱼类不是工程河段的关键保护对象，报告建议仅设置少量的鱼巢。这少量的鱼巢除了针对产粘草性卵鱼类的繁殖需要外，还能增加一定程度的生境异质性，为其他鱼类早期个体摄食、逃避敌害等提供栖息和避难场所，起到一定的辅助作用；在修复和改善河流生态环境、拯救珍稀濒危生物和保护生物多样性促进河流经济持续健康发展等诸多方面都有重要意义。鱼类产卵期在缓水区内放置人工鱼巢，在主要产粘性卵鱼类繁殖季节利用毛竹、棕片等材料建设类似天然水草环境的产卵环境，诱导鱼类产卵繁殖，增加鱼类产卵生境。

(10) 加强水生生态监测、水环境质量监测，掌握该江段水生生态变化趋势，

根据监测评估结果，优化施工期环境保护措施。

8.1.2 鱼道工程

由于已建的电站水坝阻隔了洄游鱼类的通道，对半洄游性鱼类和非洄游性鱼类也有很强的阻隔效应。针对船长的建设运营可能导致武江水力联系被切断，造成了生态阻隔，导致鱼类洄游存在问题，因此必须在七星墩船闸、长安船闸加建过鱼通道，保证武江水力联系畅通，具体人工鱼道设计如下：

已有研究表明，由于大坝的阻隔，完整的河流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，使各个种群的遗传多样性降低，导致种群灭绝的概率增加。根据《中华人民共和国渔业法》《国务院中国水生生物资源养护行动纲要精神》规定，在鱼、虾、蟹洄游通道建闸、筑坝，对渔业资源有严重影响的，建设单位应当建造过鱼设施或者采取其他补救措施。2006年1月9日国家环保总局办公厅下发了《关于印发水电水利建设项目水环境与水生态保护区技术政策研讨会会议纪要的函》环办函[2006]11号，会议纪要要求“在珍稀保护、特有、具有重要经济价值的鱼类洄游通道建闸、筑坝，须采取过鱼措施。对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼梯、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝措施。

北江航道扩能升级上延工程中将在武江新建船闸2座船闸，并将加建过鱼通道，鱼道建设将有效缓解水坝阻隔对武江鱼类群落影响，恢复武江鱼类洄游通道。

根据《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T35054-2015)，鱼道布置应与电站枢纽建筑物的布置相协调，根据地形、地质、工程布置特点以及坝（闸）上、下游水流条件等选择合适的位置。鱼道布置应有利于防污防淤并具备良好的交通条件，便于运行和管理。

8.1.2.1 七星墩船闸鱼道工程

一、鱼道总体布置

1、鱼道设计水位及进出口高程

(1) 设计水位

表 8-2 设计水位表

水位名称	水位 (m)	备注
上游设计最高运行水位	75.82	正常蓄水位
上游设计最低运行水位	74.32	消落水位
下游设计最高运行水位	70.32	277 流量对应水位
下游设计最低运行水位	68.82	下游（塘头）正常蓄水位

(2) 鱼道进出口设计高程

鱼道进出口设计高程=设计低水位-淹没水深。

式中：淹没水深=1.0m（按《鱼道设计导则》规定最小水深应大于 0.3m，本工程兼顾体长较大鱼类通过，综合考虑取 1.0m）。

鱼道进口设计高程=68.82-1.0=67.82m。

鱼道出口设计高程=74.32-1.0=73.32m。

(3) 鱼道运行水位

上游水位在“75.82m~74.32m”和下游水位在“70.32m~68.82m”范围鱼道运行，其它水位时停止运行。

2、结构型式选择

鱼道按其结构形式分为仿生态式、槽式和隔板式。隔板式鱼道按照隔板型式可分为溢流堰式、淹没孔口式、竖缝式、组合式。

表 8-3 各种鱼道结构型式适用特点

鱼道结构型式		特点
仿生态式		适应鱼类范围广，可在地形条件适宜布置时选用。
槽式		适用于游泳能力强的鱼类。
特殊结构型式		适用于能爬行、能粘附以及善于穿越缝隙的鱼类
隔板式	溢流堰式	适用于表层洄游和有跳跃习性的鱼类。
	淹没孔口式	适用于底层洄游的鱼类。
	竖缝式	适用于不同喜好水深洄游的鱼类。
	组合式	适用于不同习性、不同游泳能力的多种过鱼对象。

根据本枢纽所在河段河道地形及水位特点，选择横隔板式鱼道，隔板形式为竖缝式，根据国内外已建鱼道的经验，当上下游水位同步变化时，竖缝式鱼道适应水深变化大，流速变动小，且鱼道断面简单，施工方便。

3、鱼道基本尺寸设计

(1) 鱼道池室净宽

鱼道宽度 B 主要由过鱼量和过鱼对象个体大小决定的，过鱼量越大，鱼道宽度

要求越大。国外鱼道宽度多为 2~5m，国内鱼道宽度多为 2~4m。

由于武江鱼类种类和资源都较为丰富，为满足过鱼需要，并与塘头枢纽鱼道一致，七星墩枢纽鱼道净宽度取 $B=1.5\text{m}$ 。

(2) 鱼道净长

池室长度 $L=(1.25\sim 1.5)B$ ，即 1.875~2.25m，本工程鱼道池室长度取 $L=2\text{m}$ 。（本阶段设计参考塘头枢纽鱼道，鱼道长度暂按 2.0m 布置，下一阶段将根据模型试验研究结论，合理确定鱼道净长。）

(3) 竖缝设计

池室内的竖缝宽度 b 直接关系到鱼道的消能效果和鱼类的可通过性，一般要求竖缝式鱼道的竖缝宽度 b 不小于过鱼对象体长的 1/2，国外同侧竖缝式鱼道宽度一般为池室宽度的 1/8~1/10，而我国同类竖缝的宽度一般为池室宽度的 1/5，本工程的缝宽取 $b=0.2\times B=0.2\times 1.5=0.3\text{m}$ 。

过鱼孔的流速值，与射流角（水流与横隔板面的夹角）关系很大。射流角小，主流射向池室中间部分，消能充分，流速较小；射流角大，主流直冲下一块隔板的过鱼孔，流速较大。然而射流角过小，加剧了池室的横向水流，形成较强烈的回流和翻滚，本工程池室尺寸较大，所以射流角选择 60° 。

(4) 隔板高度

鱼道水深主要视过鱼对象习性而定，底层鱼和体型较大的成鱼相应要求水深较深。国内外鱼道深度一般为 1.5~2.5m，本工程要兼顾表层鱼和底层鱼类，长安鱼道水深按 1.0~2.5m 控制，绝大部分过鱼季节水深均达 1.5m 以上，鱼道隔板的设计高度为 2.0m。

(5) 休息池

考虑鱼类上溯途中要设置一定的休息场所，原则上每隔 10-20 块隔板设一个休息室，并结合弯道位置适当调整，休息池无底坡，供鱼类上溯过程中暂时休息，恢复体力，有利于鱼类的继续上溯。七星墩鱼道共设置休息池 13 个。

(6) 鱼道底坡

国内工程鱼道底坡大多为 1/28~1/100，根据七星墩鱼道推荐方案总体布置，鱼道进口高程 67.82m，出口高程 73.32m，高差 5.5m，鱼道坡度为 1: 86。

4、总平面布置方案

综合考虑过鱼效果、工程投资、对现有建筑物的影响以及与新建船闸的结合，

本阶段在新建船闸右岸布置了鱼道。鱼道位于河流和船闸之间，紧邻船闸左侧布置；鱼道范围在下闸首至上辅导航墙端部。鱼道进口位于坝轴线下游 500m，此处水流条件较好，利用电站尾水诱鱼。鱼道出口位置布置在上游引航道左岸导航墙的端部，出口位于坝轴线上游约 75m，出口面向泄水闸侧，此处河道水流平缓，适宜鱼类从鱼道游入。

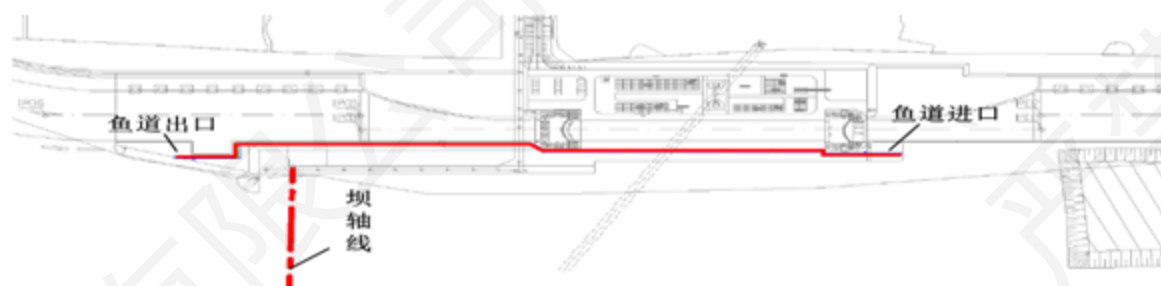


图 8-1 鱼道平面布置示意图

二、水工建筑物设计

1、水工建筑物规模及标准

规模：新建长 597m 鱼道，鱼道池室净宽 1.5m。

水工建筑物主要有：现浇混凝土鱼道槽身、隔板等。

水工建筑物级别：三级。

2、设计条件

(1) 水工建筑物主要尺寸

鱼道结构总长 597m，池室净宽 1.5m，每个结构段长约 10.0m，鱼道底板设计高程从 67.82m 到 73.32m，底坡 1: 86，结构型式为明槽式、暗涵式。

(2) 荷载

1、均布荷载：按使用期鱼道顶部人群荷载 3kN/m²。

2、建筑物自重：按常规计算砼结构取 $r=25\text{kN/m}^3$ 、浆砌石结构 $r=23\text{kN/m}^3$ 。

3、水自重：按 10kN/m³。

3、结构方案

鱼道布置在新建船闸右侧，平行船闸布置，依托新建船闸同步建设实施。从下至上依次布置在下游右岸 E1 型导航墙后方填土内、下闸首外挑悬臂衔接牛腿、闸室墙悬臂后边墩上、上闸首外挑悬臂衔接牛腿、上游辅导航墙墙背。

进口段：鱼道进口位于下闸首下游右侧导航墙后方的填土平台内部，采用暗涵式，进口处鱼道底板高程为 67.82m，进口两侧边墙厚 0.75m，鱼道净宽 1.5m。鱼道

进口处的拦鱼电栅总长 360m，其下部设 9 根 D150cm 钻孔灌注桩，并在其上设 D80 钢管，用于布设电栅，电栅的长度方向与鱼道进口处轴线方向一致。

下闸首段：布置在下闸首段的鱼道利用墙身作为一侧外壁，同时与上方牛腿衔接，形成鱼道的通道。鱼道为暗涵式，内槽顶部为圆弧形，内部净高 3.25m，净宽 1.5m。下闸首段鱼道底板高程为 67.82m~68.19m。

闸室段：鱼道落在闸室边墩上，利用闸室悬臂作为鱼道一侧外壁，另外浇筑鱼道顶部。鱼道为暗涵式结构，内槽顶部为圆弧形，内部净高 3.25m，净宽 1.5m。闸室段鱼道底板高程为 68.19m~70.18m。该段设置一处天窗，用于鱼道采光、通气。

天窗外壁厚 0.9m，内部长度为 4m，宽 1.5m，内设矩阵排列的四根横截面为 0.4m×0.4m 的横撑，横撑水平间距 1.6m，竖向间距 4.6m。

上闸首段：布置在下闸首段的鱼道利用墙身作为一侧外壁，同时与上方牛腿衔接，形成鱼道的通道。鱼道型式为暗涵式，顶部为圆弧形，鱼道内部净高 3.25m，净宽 1.5m。上闸首段鱼道底板顶高程为 70.18m~70.51m

上游辅导航墙段：布置在上游引航道辅导航墙的鱼道，采用暗涵式和明槽式。A1 型导航墙段鱼道为暗涵式，位于双排桩结构后方，与导航墙分开，内槽净高 3.25m，净宽 1.5m，底板、侧壁、顶板厚度均为 0.75m，底板高程为 70.51m~72.93m。

B1 型导航墙段鱼道利用导航墙的墙背作为一侧边墙，其内部净宽 1.5m，另一侧边墙厚度 0.75m，底板顶高程为 72.93m~73.32m。

鱼道观察室设置在上闸首段，采用竖井结构并配有电梯供人员上下，电梯井的顶部设电梯房，电梯房平面尺寸为 4.5m×4.5m，鱼道在观察室范围侧墙设防水玻璃，供人员观察鱼道过鱼效果，观察室内部尺寸为 4.0×3.0m。

三、运行与观测设施

1、观察室的布置

本工程鱼道观察室设上闸首段，紧邻鱼道布置，观察室室内尺寸为净长 4.0m×净宽 3.0m，观察室为钢筋混凝土结构，靠鱼道侧边墙设观察窗，窗口尺寸为长 2.0m×高 2.5m，窗口设透明防水玻璃墙，玻璃墙的底高程与本段鱼道底高程一致，为 70.18m。

观察室为深埋地下的密闭结构，在其上部设竖井并配电梯供人员上下，顶部设电梯房，电梯房平面尺寸为 4.5m×4.5m。

2、补水系统的设计

（1）流速补偿装置

水流对鱼类有强烈的吸引作用，因此为了吸引鱼类进入鱼道，一般需在出鱼口处布设流速补偿装置。根据布置在鱼道中的流速仪所测得的流速，决定是否开启流速补偿装置，从而达到主要过鱼目标种类适宜的流速，增加对进鱼口的诱鱼效果。

（2）补水装置

在过鱼季节，为了保证鱼道中的水量充足，一般需在出鱼口处布设补水装置。

根据布设在鱼道中的水位计所测得的水位，决定是否开启补水装置，从而达到鱼道过鱼要求的水量，实现过鱼。

3、其他辅助措施

观察室室内设照明、通风、防潮、避雷等设施,并配备自动计鱼器用于记录鱼道的过鱼种类和数量；在鱼道进口、出口、观察室内各设 1 个监控摄像头，用于监控鱼道的运行情况，其采集的视频信号将统一汇集到船闸控制房。

4、使用需求

观察室仅在需要使用时才能开启室内灯光，否则观察室的灯光会对鱼道内的鱼群产生一定的负面作用，影响过鱼效果；人员进入观察室之前，应开启通风开关，以保障室内氧气充足；严禁无关人员进入观察室。

四、导鱼及诱鱼措施

1、导鱼系统

鱼道的进口位于下游引航道右侧斜坡式护岸端部，在鱼道进口设 360m 的电栅，可有效的拦截洄游上溯的鱼群。

电栅系统由脉冲发射装置和脉冲信号控制装置两部分组成。脉冲信号为直径 25mm 铝管，沿长度方向按间距 2m 布置一组，本工程脉冲发射装置总长 360m，铝管顶部应高于设计高水位 1.0m，下部应高于河床高程 0.5m，铝管上部固定在钢缆上，钢缆与铝管需绝缘连接。为架设钢缆，本工程共设 9 根 D150cm 钻孔灌注桩，其上分别设 9 根 D80cm 钢管，用于布设钢缆。

2、喷淋诱鱼系统

喷淋诱鱼系统主要由供水管线和水滴钢管两部分组成，本工程沿着鱼道长度从上游鱼道出口引 2 根 D10cm 钢管，从出口处引水至鱼道进口位置后接入滴水钢管网，滴水钢管布置成网格状，面积长 5.0m×宽 3.0m，钢管直径 5cm，钢管网按 0.5m×0.5m 间距布置，在每个交叉点向下设直径 1cm 的开口，保障在滴水面积范围水流基本顺

各个开口均匀落下，形成水滴效果。

3、水下诱鱼灯设计

水下诱鱼灯是利用光源效果吸引鱼类，使鱼类进入鱼道，起到辅助诱鱼作用，安装于进鱼口内部三面。

8.1.2.2 长安船闸鱼道工程

一、鱼道总体布置

1、鱼道设计水位及进出口高程

(1) 设计水位

表 8-4 设计水位表

水位名称	水位 (m)	备注
上游设计最高运行水位	81.82	正常蓄水位
上游设计最低运行水位	80.82	消落水位
下游设计最高运行水位	76.60	372 流量对应水位
下游设计最低运行水位	75.82	下游（塘头）正常蓄水位

(2) 鱼道进出口设计高程

鱼道进出口设计高程=设计低水位-淹没水深。

按《鱼道设计导则》规定最小水深应大于 0.3m，本工程兼顾体长较大鱼类通过，结合下游引航道护坡结构设计，综合结构安全、美观、施工等多方面因素，进口水深取 1.5m，出口设计水深取 1.0m）。

鱼道进口设计高程=75.82-1.50=74.32m

鱼道出口设计高程=80.82-1.0=79.82m

(3) 鱼道运行水位

上游水位在“81.82m~80.82m”和下游水位在“76.60m~75.82m”范围鱼道运行，其它水位时停止运行。

2、结构型式选择

鱼道按其结构形式分为仿生态式、槽式和隔板式。隔板式鱼道按照隔板型式可分为溢流堰式、淹没孔口式、竖缝式、组合式。

表 8-5 各种鱼道结构型式适用特点

鱼道结构型式	特点
仿生态式	适应鱼类范围广，可在地形条件适宜布置时选用。

槽式		适用于游泳能力强的鱼类。
特殊结构型式		适用于能爬行、能粘附以及善于穿越缝隙的鱼类
隔板式	溢流堰式	适用于表层洄游和有跳跃习性的鱼类。
	淹没孔口式	适用于底层洄游的鱼类。
	竖缝式	适用于不同喜好水深洄游的鱼类。
	组合式	适用于不同习性、不同游泳能力的多种过鱼对象。

根据本枢纽所在河段河道地形及水位特点，选择横隔板式鱼道，隔板形式为竖缝式，根据国内外已建鱼道的经验，当上下游水位同步变化时，竖缝式鱼道适应水深变化大，流速变动小，且鱼道断面简单，施工方便。

3、鱼道基本尺寸设计

(1) 鱼道池室净宽

鱼道宽度 B 主要由过鱼量和过鱼对象个体大小决定的，过鱼量越大，鱼道宽度要求越大。国外鱼道宽度多为 $2\sim 5\text{m}$ ，国内鱼道宽度多为 $2\sim 4\text{m}$ 。

由于武江鱼类种类和资源都较为丰富，为满足过鱼需要，并与塘头枢纽鱼道一致，长安枢纽鱼道净宽度取 $B=1.5\text{m}$ 。

(2) 鱼道净长

池室长度 L 可以取 $(1.25\sim 1.5)B$ ，即 $1.875\sim 2.25\text{m}$ ，而本工程鱼道设计水头与七星墩船闸鱼道接近，但长度相较七星墩船闸鱼道更长，因此池室长度取 $L=4\text{m}$ 。（下一阶段将根据模型试验研究结论，合理确定鱼道净长。）

(3) 竖缝设计

池室内的竖缝宽度 b 直接关系到鱼道的消能效果和鱼类的可通过性，一般要求竖缝式鱼道的竖缝宽度 b 不小于过鱼对象体长的 $1/2$ ，国外同侧竖缝式鱼道宽度一般为池室宽度的 $1/8\sim 1/10$ ，而我国同类竖缝的宽度一般为池室宽度的 $1/5$ ，本工程的缝宽取 $b=0.2\times B=0.2\times 1.5=0.3\text{m}$ 。

过鱼孔的流速值，与射流角（水流与横隔板面的夹角）关系很大。射流角小，主流射向池室中间部分，消能充分，流速较小；射流角大，主流直冲下一块隔板的过鱼孔，流速较大。然而射流角过小，加剧了池室的横向水流，形成较强烈的回流和翻滚，本工程池室尺寸较大，所以射流角选择 60° 。

(4) 隔板高度

鱼道水深主要视过鱼对象习性而定，底层鱼和体型较大的成鱼相应要求水深较深。国内外鱼道深度一般为 $1.5\sim 2.5\text{m}$ ，本工程要兼顾表层鱼和底层鱼类，长安鱼道

水深按 1.0~2.5m 控制，绝大部分过鱼季节水深均达 1.5m 以上，鱼道隔板的设计高度为 2.0m。

(5) 休息池

考虑鱼类上溯途中要设置一定的休息场所，原则上每隔 10-20 块隔板设一个休息室，并结合弯道位置适当调整，休息池无底坡，供鱼类上溯过程中暂时休息，恢复体力，有利于鱼类的继续上溯。长安鱼道共设置休息池 34 个。

(6) 鱼道底坡

国内工程鱼道底坡大多为 1/28~1/100，根据长安鱼道推荐方案总体布置，鱼道进口高程 74.32m，出口高程 79.82m，高差 5.5m，下游护坡段坡比为 1:500，其余段坡比为 1:124。

4、总平面布置方案

综合考虑过鱼效果、工程投资、对现有建筑物的影响以及与新建船闸的结合，本阶段在新建船闸左岸布置了鱼道。鱼道穿过电站右侧的村镇与农田之间，紧邻船闸左侧布置；鱼道进口位于坝轴线下游 410m，此处水流条件较好，利用电站尾水诱鱼。鱼道出口位置布置在上游引航道左岸导航墙的端部，出口位于坝轴线上游约 690m，出口面向泄水闸侧，此处河道水流平缓，适宜鱼类从鱼道游入。

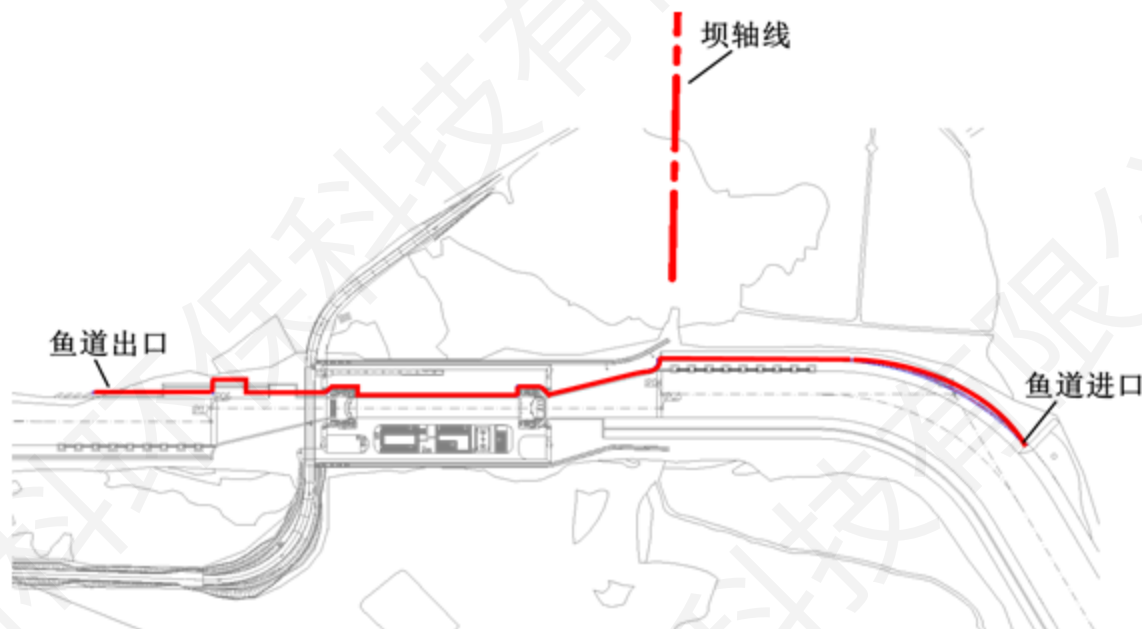


图 8-2 鱼道平面布置示意图

二、水工建筑物设计

1、水工建筑物规模及标准

规模：新建长 1199m 鱼道，鱼道池室净宽 1.5m。

水工建筑物主要有：现浇混凝土鱼道槽身、隔板等。

水工建筑物级别：三级

2、设计条件

（1）水工建筑物主要尺寸

鱼道结构总长 1199m，池室净宽 1.5m，每个结构段长约 10.0m，鱼道底板设计高程从 74.32m 到 79.82m，下游护坡段坡比为 1：500，其余段坡比为 1：124，结构型式为明槽式、暗涵式。

（2）荷载

1、均布荷载：按使用期鱼道顶部人群荷载 3kN/m²。

2、建筑物自重：按常规计算砼结构取 $r=25\text{kN/m}^3$ 、浆砌石结构 $r=23\text{kN/m}^3$ 。

3、水自重：按 10kN/m³。

3、结构方案

鱼道布置在二线船闸左侧，平行船闸布置，依托二线船闸同步建设实施。从下至上依次布置在下游引航道护坡、下游主导航墙墙背（利用墙身作为鱼道结构基础）、下闸首边墩外挑悬臂、闸室墙墙后台背、上闸首边墩外挑悬臂、上游辅导航墙墙背。

进口段：鱼道进口位于下游引航道护坡上，鱼道采用明沟结构型式（顶部开口），进口处鱼道底板高程为 74.32m，鱼道进口段两侧边墙厚 1.5m，鱼道净宽 1.5m。鱼道进口处的拦鱼电栅总长 360m，其下部设 9 根 D150cm 钻孔灌注桩，并在其上设 D80 钢管，用于布设电栅，电栅的长度方向与鱼道进口处轴线方向一致。

下游护坡段：下游护坡段鱼道位于下游引航道护坡上，采用明槽式结构（顶部开口），底板高程为 74.32m~75.14m，鱼道净宽 1.5m。鱼道两侧边墙厚 1.5m，墙顶高程为 77.77m。

下游导航墙段：布置主导航墙上的鱼道采用明槽式（顶部开口），导航墙上部顶呈 U 型，其内部净宽 1.5m，一侧边墙厚 2m（临水侧），另一侧边墙厚度为 0.75m。

鱼道内设横截面为 0.4m×0.4m 的横撑，下游主导航墙段鱼道底板顶高程为 75.14m~76.15m。

下闸首段：布置在下闸首的鱼道，利用闸首边墩的外挑牛腿作为鱼道结构的基础，鱼道型式为暗涵式，鱼道内部净高 4.5m，顶部为圆弧形，净宽 1.5m；下闸首段鱼道底板顶高程为 76.15m~76.36m；

闸室段：布置在闸室墙段的鱼道，利用闸室墙墙背作为鱼道的结构基础，整体

布置于输水廊道上方，其内部结构尺寸与下闸首相同，闸室段鱼道底板高程为 76.36m~77.72m。该段设置一处天窗，用于鱼道采光、通气。天窗外壁厚 0.9m，内部长度为 8 设、，宽度为 1.5m，内设矩阵排列的八根横截面为 0.4m×0.4m 的横撑，横撑水平间距 1.6m，竖向间距 4.6m。

上闸首段布置的鱼道，鱼道结构型式为暗涵式，利用闸首边墩的外挑牛腿作为鱼道结构的基础，结构型式与下闸首段相同。上闸首段鱼道底板顶高程为 77.72m~77.95m

上游辅导航墙段：布置在上游引航道辅导航墙的鱼道，采用暗涵结构型式，利用导航墙的墙背作为一侧边墙，其内部净高 4.25m，净宽 1.5m。上游辅导航墙段鱼道底板顶高程为 77.95m~78.44m。

上游护坡段：布置在上游 B1、B2 型护坡段的鱼道，采用明槽式（顶部开口），导航墙墙顶呈 U 型，其内部净宽 1.5m，一侧边墙厚 1.5m（临水侧），另一侧边墙厚度为 0.75m。鱼道内设横截面为 0.4m×0.4m 的横撑，上游护坡段鱼道底板顶高程为 78.44m~79.82m。

鱼道观察室设置在上闸首段，采用竖井结构并配有电梯供人员上下，电梯井的顶部设电梯房，电梯房平面尺寸为 4.5m×4.5m，鱼道在观察室范围侧墙设防水玻璃，供人员观察鱼道过鱼效果，观察室内部尺寸为 4.0×3.0m。

三、运行与观测设施

1、观察室的布置

本工程鱼道观察室设上闸首段，紧邻鱼道布置，观察室室内尺寸为净长 4.0m×净宽 3.0m，观察室为钢筋混凝土结构，靠鱼道侧边墙设观察窗，窗口尺寸为长 2.0m×高 2.5m，窗口设透明防水玻璃墙，玻璃墙的底高程与本段鱼道底高程一致，为 77.95m。

观察室为深埋地下的密闭结构，在其上部设竖井并配电梯供人员上下，顶部设电梯房，电梯房平面尺寸为 4.5m×4.5m。

2、补水系统的设计

(1) 流速补偿装置

水流对鱼类有强烈的吸引作用，因此为了吸引鱼类进入鱼道，一般需在出鱼口处布设流速补偿装置。根据布置在鱼道中的流速仪所测得的流速，决定是否开启流速补偿装置，从而达到主要过鱼目标种类适宜的流速，增加对进鱼口的诱鱼效果。

（2）补水装置

在过鱼季节，为了保证鱼道中的水量充足，一般需在出鱼口处布设补水装置。

根据布设在鱼道中的水位计所测得的水位，决定是否开启补水装置，从而达到鱼道过鱼要求的水量，实现过鱼。

3、其他辅助措施

观察室室内设照明、通风、防潮、避雷等设施,并配备自动计鱼器用于记录鱼道的过鱼种类和数量；在鱼道进口、出口、观察室内各设 1 个监控摄像头，用于监控鱼道的运行情况，其采集的视频信号将统一汇集到船闸控制房。

4、使用需求

观察室仅在需要使用时才能开启室内灯光，否则观察室的灯光会对鱼道内的鱼群产生一定的负面作用，影响过鱼效果；人员进入观察室之前，应开启通风开关，以保障室内氧气充足；严禁无关人员进入观察室。

四、导鱼及诱鱼措施

1、导鱼系统

鱼道的进口位于下游引航道右侧斜坡式护岸端部，在鱼道进口设 360m 的电栅，可有效的拦截洄游上溯的鱼群。

电栅系统由脉冲发射装置和脉冲信号控制装置两部分组成。脉冲信号为直径 25mm 铝管，沿长度方向按间距 2m 布置一组，本工程脉冲发射装置总长 360m，铝管顶部应高于设计高水位 1.0m，下部应高于河床高程 0.5m，铝管上部固定在钢缆上，钢缆与铝管需绝缘连接。为架设钢缆，本工程共设 9 根 D150cm 钻孔灌注桩，其上分别设 9 根 D80cm 钢管，用于布设钢缆。

2、喷淋诱鱼系统

喷淋诱鱼系统主要由供水管线和水滴钢管两部分组成，本工程沿着鱼道长度从上游鱼道出口引 2 根 D10cm 钢管，从出口处引水至鱼道进口位置后接入滴水钢管网，滴水钢管布置成网格状，面积长 5.0m×宽 3.0m，钢管直径 5cm，钢管网按 0.5m×0.5m 间距布置，在每个交叉点向下设直径 1cm 的开口，保障在滴水面积范围水流基本顺各个开口均匀落下，形成水滴效果。

3、水下诱鱼灯设计

水下诱鱼灯是利用光源效果吸引鱼类，使鱼类进入鱼道，起到辅助诱鱼作用，安装于进鱼口内部三面。

8.1.3 水生保护动物保护措施

（1）加强生态环境保护的宣传和管理力度

工程建设管理部门应充分认识到保护珍稀水生保护动物的重要性，加大对《中华人民共和国野生动物保护法》《中华人民共和国渔业法》《长江保护法》等法律法规的学习和宣传力度，加强对承包商、施工人员的宣传教育工作，制定严格的作业规程，加强施工人员管理，不得随意破坏洲滩和岸坡上的植被，严禁施工人员利用水上作业之便捕捞水生动物。

施工期间，以公告、宣传单、板报和会议等形式，加强对施工人员的环境保护宣传教育和保护野生动物常识的宣传，提高施工人员的环境保护意识，使其在施工中能自觉保护生态环境及珍稀水生物种，并遵守相关的生态保护规定；严禁在施工江段进行捕鱼或从事其它有碍生态环境保护的活动，一旦发现水生生物种类，应及时进行保护。

（2）建设单位与施工单位所签定的承包合同中应有环境保护方面的条款，并附有环保要求的具体内容。

（3）建立高效有力的监管体系，加强对水生生物的保护。

合理进行施工组织，工程水上施工应避开鱼类产卵繁殖期及鱼苗摄食育肥期（4月~6月），施工避开水生动物的洄游高峰期，做好施工期驱鱼工作，减少施工活动影响；采用船舶发动机声音等方式驱鱼，对施工区邻近水域尤其鱼类产卵场和鱼类分布较密集的水域进行驱鱼作业。

（4）优化施工管理和施工工艺

为避免施工期间对江段水生生物造成伤害，施工单位应优化施工工艺方案，控制施工作业；抓紧施工进度，尽量缩短作业时间；从保护水生生物的角度，优化施工方法特别是水上施工方法，尽量减轻水下噪声。

（5）减少水域污染

施工过程中应采取有效的措施，控制生活垃圾、生活污水和含油废水的任意排放。

（6）控制施工船舶数量，尽可能给水生生物留出活动通道和空间，枯水季节尤其要特别注意控制施工船只密度和数量。一般而言，两施工船舶之间距离不小于200m。

（7）施工期巡视及临时救护措施

加强对工程河段水生生物的保护工作，制定水生生物保护规定，使施工人员在施工中能自觉保护水生动物，并遵守相关的生态保护规定。严禁施工人员在施工江段进行捕鱼或从事其它有碍生态环境及鱼类保护的活动。

8.1.4 陆生生态保护措施

8.1.4.1 植物保护措施

本工程陆域生态评价范围发现有 12 株古树，部分古树将受到工程建设的影响，建设单位应对这些受到影响的古树采取如下环保措施。

表 8-6 古树保护措施

序号	树种	分布区域	株数	位置关系	主要影响
1	雅蓉	武江左岸	1	距离武江 70m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
2	雅蓉	武江左岸	1	距离武江 110m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
3	雅蓉	武江左岸	1	距离武江 140m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
4	雅蓉	武江左岸	1	距离武江 190m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
5	樟	武江右岸	1	距离武江 10m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
6	雅蓉	武江右岸	1	长安船闸占用，迁移保护	本工程对长安船闸占用的雅蓉用地进行迁移保护，具体如下： （1）移栽保护 迁地移栽的工作专业性较强，应该由当地园林绿化部门的专业队伍进行此项迁地保护工作，整个迁地工程的技术要求，要按照国家级部门的相关技术规程进行。迁地移栽的地点，要选择在距离工程区较近而条件适宜的地块，移栽过程中应避免根系损伤，迁地移栽后要注意遮阴、浇水、管护，直至完全成活。 （2）挂牌保护 对移栽的保护植物进行挂牌保护。
7	雅蓉	武江右岸	1	距离武江 30m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
8	雅蓉	武江右岸	1	距离武江 15m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
9	雅蓉	武江右岸	0	距离武江 118m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。

10	雅蓉	武江右岸	0	距离武江 335m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
11	木棉	武江右岸	0	距离武江 195m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。
12	秋枫	武江右岸	0	距离武江 115m	加强施工环保管理，产生的废水、固体废物和废气应经无害化处理；同时对施工人员加强环保教育。

（2）生态影响的避免

为尽可能在最大程度上保护其生物多样性，施工方案应最大程度利用无植被区域，减少占用耕地、林地（尤其是次生林）。建议在施工占地前，施工单位对工程占地区域的生态现状进行查勘，尽可能优化施工方案，最大程度上避免潜在的不利的生态影响。工程施工设计中应尽量减少施工占地面积和扰动面积；加强对施工生活区的管理，在指定位置搭建办公及生活福利设施，尽量减少对植被的侵占面积。加强进场人员的生态环境保护教育，印发生态保护手册，普及施工人员对保护植物与保护动物的认识。

（3）生态影响的减缓

拟在工程施工区设置警示牌标明施工活动区，将施工活动限制在预先划定的区域内。严禁施工人员到非施工区域活动，禁止破坏施工征地范围以外的植被。工程竣工后管理区应进行绿化；在临时道路上修建土质排水沟排除路面积水，工程完工后拆除泥结石路面，深翻复垦，恢复林地。

（4）生态影响的补偿

应对占地区的表层有肥力的耕作层土壤进行保护，以便于施工后期的场地绿化和植被恢复。在开挖和场地清理时应在地表植被清除的同时，对表层的熟土也进行剥离和临时的堆存。在设计文件中应按上述原则提出或细化表层土剥离、堆存和保护工作，并对施工活动提出相应的环境保护要求。工程建设将损失部分林地，可以通过建设乔灌木结合的高质量绿地，补偿植被损失。其中临时占地的生态损失可在原地上进行植被重建，通过后期的管护基本可以补偿甚至超过该区域损失的生物量和生产力，建议优先采用乡土树种进行种植。

（5）生态影响的恢复

临时占地和施工遗迹生态恢复方案：

①加强对临时占地的现场动态管理，尤其是避免扩大扰动面积，采取分块分段的施工作业方式。同时为了保证场地开挖边坡的稳定，必须结合实际地形，控制坡度。②完善施工临时场地排水设施。重点是场地上部坡肩以外一定范围以内设置挡

水埂，同时在挡水埂外侧设截流排水沟，以便于将坡顶以上的来水引至两侧，并顺坡排至临近的沟渠或河道。③场地的平整以及覆土施工。同时，为了确保后期植被恢复中绿化植物的成活，在场地平整处理以后应该及时的覆盖耕植土作为绿化表土，厚度必须在 30cm 以上。④植被恢复。根据当地实际情况进行确定，重点确保植被恢复方式的针对性。在植被恢复树种的选择上，应该充分考虑立地条件、坡位坡向与生态学特性，科学合理的选择适宜的乡土树种、草种，重点以常绿、速生优先林木为主，同时注重乔灌结合。⑤加强抚育管理。在进行工程临时占地及施工遗迹的造林植被恢复以后，应当及时加强抚育管理。

工程规划弃渣场，应做好弃渣场挡土墙，并修建排水设施，弃渣完成后占用耕地和林地分别进行复耕或植被恢复措施。

8.1.4.2 陆生动物保护措施

（1）一般性保护措施

施工期间，应采取措施尽量减少施工噪音和空气中的扬尘，减少对周围环境的扰动。工程施工完成后，应尽快恢复和完善绿化工作。如在施工中发现有野生保护鸟类的巢卵或者雏鸟，应及时给予救护。施工期间，要落实施工单位的责任，做好环境及野生动物保护的教育宣传工作，防止施工人员捕猎或伤害野生动物。

（2）扩大陆生动物生存空间

在施工建设结束后，对临时占地进行以栽种当地原有物种为主的绿化。使受工程占地被迫迁徙的陆生动物得到新的生存空间，为陆生动物生存提供了更大的栖息空间。

（3）加大执法力度保护野生动物栖息地

在保护野生动物的措施中，最有力的一条就是保护野生动物的栖息地，从某种意义上来说，保护好了栖息地，就等于保护好了野生动物。在本评价区域内不一定要建立大的保护区，但可在一些有国家重点保护动物分布的地方设立保护地段，如淹没线以上有较好植被分布的地方，加强植被恢复，禁止牛、羊进入等措施。同时可以在附近设立环境保护宣传教育牌，对当地居民起到一定的环境保护教育。

（4）重要野生动物的保护措施

评价区内有国家二级重点保护动物 2 种。除了进行一般动物的避让、减缓等保护措施外，还要重点加强有关动物法律法规宣传工作，在主要的施工区和施工人员

的生活区设立动物保护的宣传栏，对国家级重点保护野生动物重点标示及说明，包括动物图片、保护等级、濒危级别、保护意义、法律责任等。运行期，加强动物的监测，及时掌握重要动物的分布范围、数量、种类、栖息生境等，开展全生命周期的监测，开展跟踪评价。此外，针对国家重点保护野生动物，建设单位还应设立动物救护点，一般设置在营地内，救护点需要常备常规的动物救治药品。建议建设单位定期聘请野生动物保护工作人员对施工人员进行野生动物临时救治的方式与方法。在工程施工和运行期间，对施工区域内的受伤的野生动物尤其是重要野生动物进行救治。

同时应加强施工管理，严禁施工人员猎杀、破坏鸟巢；施工区夜间停止施工，减少噪声、灯光等因素的影响；施工迹地及时恢复，营造栖息生境。尽量使用低噪声设备，避免全河段同时施工，加强有动物保护法律法规宣传，在主要的施工区、施工人员的生活区等关键区域设置动物保护的宣传栏。增加林地面积恢复投入，加强林区监管和维护，严禁施工人员猎捕。

8.1.5 水土保持措施

(1) 护岸工程做到一次开挖、修建，集中堆放开挖松土；施工过程中一旦遇到大雨或暴雨，应做好裸露的破面的保护工作，以减少水土流失。

(2) 护岸开挖的土方沿护岸后方由里向外，由近及远、由低至高的分区、分段、分层堆放，进行碾压落堆处理，堆高 1.0m 左右；深层开挖土方铺置于底层，表层开挖土方回填于表面；土堆外边坡按 1:1~1:2 控制，顶面向外倾斜，坡度控制 2° ~ 4° 。

防护措施包括拦挡措施、表土临时防护措施、排水措施、植物措施等。拦挡措施即利用开挖土方人工填筑拦挡土埂，土埂采用梯形断面；表土临时防护措施即开挖前将表面约 30cm 的表层土剥离，集中堆放在护岸后方，并采取临时保护措施防止养分流失，表土周边利用袋装土临时拦挡，拦挡断面表面临时撒播红三叶草籽临时防护；排水措施即土堆周边设置排水沟，在周边排水沟较低处设沉沙池，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，再排至下游河道或附近沟道；植物措施即拆除临时拦挡，将剥离的表土均匀平铺于土堆表面及顶部，并进行碾压，顶部植树。

(3) 施工结束后，做好弃渣场等的植被恢复工作。

8.2 施工期环保措施

8.2.1 地表水环境保护措施

结合《内河航道整治绿色施工技术指南》(DBJT45/T040-2022)、《内河航道绿色养护技术指南》(JTS/T320-6-2021),施工期的主要环保措施有:

(1) 泥驳在装卸及运输过程中应确保舱门密闭或采取其他密闭措施。

(2) 施工作业期间,在确保通航安全的前提下,宜在水下处置区外围设置防污帘。防污帘长度约 300 米/处。

(3) 护岸的护脚宜在枯水期施工;施工区域应设置临时排水边沟;开挖碴石应及时清运至处置区。

(4) 政府管理部门要求境内船舶污染物在靠岸的码头上岸接收,但由于目前既有码头接收设施尚不完善,船舶固体废物在靠岸的码头接收上岸,船舶污水一般下行到韶关后,由韶关境内有资质的船舶污染物接收单位接收处理。

(6) 陆域施工生产废水经隔油沉淀处理后回用做场地洒水降尘;生活污水设三级化粪池处理后,用作周边农肥。陆域施工建筑垃圾不得弃至航道中。

(7) 在饮用水源保护区范围内实施整治作业时,须做好饮用水源保护措施,具体措施如下:

①施工前办理《水上水下施工作业许可证》,所有施工船舶向所在地相关部门报备,施工过程须服从当地行政主管部门工作人员现场施工监督和指导;

②施工作业前应制定相应的安全及防污染应急预案,优选施工方法,尽量缩短施工时间,尽可能降低水质污染;

③施工单位在整治作业持续影响时间内应密切关注水质,发现问题立即暂停施工并通知供水单位,以便供水单位及时采取应对措施。

④在实施作业前,项目业主需与当地政府及有关部门做好协调工作,以利于上述工作的展开。

(8) 禁止在施工过程中乱采砂,清理的砂石不得擅自变卖并运至专门地点堆放,确保河道行洪畅通和安全。

(9) 旧桥爆破前,尽可能采用干法清理桥面桥体残留泥土,泥土密闭收集,禁止排入武江。旧桥固体废物及时运送至市政指定消纳场处置。若不能及时清理,需覆盖篷布,防治扬尘和淋滤水产生。

(10) 挖泥装舱前要检查设备密封状况，避免泄露，减少悬浮物的产生。应防止运输环节发生溢流污染，在泥驳从装船点到指定区运输过程中，泥舱不能过于装满，避免溢舱泥浆对航行过程中的水污染，避免大风期的作业，保障船只安全和减少泥浆洒落对水环境的影响。泥驳需安装 GPS 系统及视频监控系统，确保运泥路线正确以及便于对运泥船抛泥过程进行实时监控。施工过程中，应保证泥舱处于密封状态。施工单位应加强泥驳日常维护与保养，确保其良好性能，尤其是泥舱密封条的严密性能和控制泥门开启与关闭的传动部分，及时更换泥门封条和液压杆上的密封圈，以免液压系统失控或密封条失灵而导致泥门关闭不严的现象发生。

(11) 护岸表土在护岸周边临时存放，后期回填用于护岸网格植草；护岸护脚在枯水期施工。

(12) 弃渣场附近设置必要的排水沟用以疏导施工废水，排水沟土质边坡及时夯实。

(13) 施工材料如沥青砼、油料等有害物质堆放场地应设围挡措施，并加篷布覆盖以减少雨水冲刷造成污染。工程承包合同中应明确筑路材料（如沥青、油料等）的运输过程中防止洒漏条款，堆放场地不得设在河道附近，以免随雨水冲入水体，造成地表水污染。

(14) 雨季来临时，搅拌站、梁场以及取弃土场、施工便道等其他临时工程如不做好雨水围堵收集工作，可能使大量含有 SS、石油类的雨水顺着沟渠、雨水管道排入武江，从而污染水质。应在搅拌站、梁场等处设平流式自然沉淀池，施工生产废水由沉淀池收集，经酸碱中和沉淀、隔油除渣等简单处理后回用施工场地，主要污染物 SS 去除率控制到 80%，pH 值调节至中性或弱酸性，石油类等其它污染物浓度大幅度减小。

(15) 尽量选用先进的设备、机械、以有效地减少跑、冒、滴、漏的数量及机械维修次数，从而减少含油污水的产生量。

在施工场地及机械维修场所设隔油池、平流式沉淀池，含油污水经酸碱中和、沉淀、隔油、除渣等简单处理后，油类等其它污染物浓度减小，施工结束清除沉积物，将隔油池、沉淀池砌块清除，并覆土掩埋。

对收集的浸油废料采取打包密封后，连同施工营地其它危险固体废物一起外运的处理措施，外运具备这类废物处置资质的处置场。

船舶作业前，制定《船上油污应急计划》并上报。船舶产生的含油废水，应排

入附近港口/码头接收设施，不得排入武江。禁止船舶向内河水体排放有毒液体物质及其残余物或者含有此类物质的压载水、洗舱水或者其他混合物。

(16) 船舶生活污水应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。码头及配套设施生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。不得向河流水体倾倒、排放各种生活污水，不得在水体附近堆放生活垃圾和建筑垃圾。

8.2.2 声环境保护措施

(1) 施工单位应做好施工设备的维护保养，使施工设备处于良好状态，保持低噪声运行。

(2) 严格控制时段，中午休息时间不要在敏感点密集的码头运输和装卸施工材料。

(3) 禁止夜间爆破作业。合理安排爆破时间，避免选择居民休息时段作业，并将爆破作业江段划为警戒区，爆破报警信号发出后，立即疏散江面及周边非爆破作业人员，严禁无关人员进入警戒区，解报后方可出入。

(4) 在实施爆破工程时，应注意对施工人员采取保护措施，安排工人轮流操作机械，减少工作接触高噪声的时间；对在声源附近工作时间较长的工人，可采取发放防声耳塞、头盔等保护措施，使工人进行自身保护。

(5) 沿线经过的分布集中人口较多的乡镇及村屯的航段禁止进行其它高噪声机械设备作业。

(6) 护岸工程施工过程中将产生机械作业噪声、物料运输噪声，对周边及运输路线两侧的居民区等敏感目标声环境造成一定影响，应通过在施工场地边界围装隔声挡板、夜间 22:00~06:00 和昼间 12:00~14:30 休息时间禁止施工及运输等措施，尽量减轻影响程度。

(7) 施工期间的各种噪声对声环境敏感区造成不同程度的影响。沿线敏感点夜间易受施工噪声的不利影响较大，如夜间（22:00~次日 6:00 时段内）进行施工，应控制在距敏感点路段 450m 范围外；因工序要求，必须在距敏感点较近路段施工的，施工单位应视具体情况及时与当地环保部门取得联系，同时发布公告最大限度地争取民众支持和谅解，对于夜间施工噪声大的作业点，必要时可通过设置隔声屏障等围护设施降噪，并避免在施工中同时使用多种高噪声设备如装载机、平地机、

压路机等的情况。

考虑工程施工主要集中在昼间，按最大影响范围考虑，桥梁施工期施工噪声主要对桥梁中心线两侧 50m 范围以内的敏感点影响较大。如果工程夜间施工，将对桥梁沿线村庄以及行人产生不利影响，因此施工单位由于施工工艺、工期等其它因素要求进行夜间施工时，应以告示形式告知当地居民争取谅解，并对可能带来噪声影响的施工现场采取临时围护屏障等降噪措施。

(8) 由于工程附近声环境敏感保护目标较为集中，施工期应在居民点侧设置临时声屏障，以减小施工噪声的影响。附近学校考试期间，工程应停止高噪声作业。

8.2.3 环境空气保护措施

(1) 陆域施工阶段，散装物料及施工临时堆土的临时存放，应设于空旷处并加盖遮布，以减少起尘量，所处周围 200m 范围内不应有集中居民区、学校等敏感单位。

(2) 施工期间根据天气情况对未铺装的施工便道做好洒水工作，干燥大风天气应增加洒水次数；对施工便道进行定期养护，保证其良好的路况。

(3) 加强对施工车辆的管理，严禁超载运输，散性材料运输加盖密闭篷布，防止物料沿途散落，运输路面保持清洁、及时洒水，尽量减少扬尘的排放。

(4) 加强与当地交通管理部门的合作，共同制定合理的运输方案和运输路线，尽量减少从村庄和居民点附近经过，以减少施工车辆对附近居民的干扰和污染影响。

(5) 护岸工程施工工地应设专职人员负责扬尘控制措施的实施和监督。工地应有专人负责逸散性材料、垃圾、渣土、裸地等密闭、覆盖、洒水作业以及车辆清洗作业等，并记录扬尘控制措施的实施情况。

(6) 施工船舶、施工机械要及时进行保养，保证其正常运行，避免因机械保养不当而导致的尾气排放量增大，对于排放量严重超标的机械应禁止使用。

8.2.4 爆破影响减缓措施

(1) 夜间不宜进行爆破。爆破前施工单位应发布爆破通告，内容包括工程名称、爆破地点、爆破时限、每次起爆时间、安全警戒范围、警戒标志及起爆信号灯。

(2) 业主在桥梁爆破拆除工程实施前应邀请相关专业人员，对附近的房屋建筑、跨河桥梁等敏感建筑的抗震安全性进行排查、评估及拍照存证，并向当地公安记录备案，作为敏感建筑爆破定损的依据。

(3) 爆破施工前，应根据爆区地形、施工实际条件等因素，本着少药多爆的原则，确定合理的爆破方案和爆破规模；应先采用较小的起爆药量进行，同时对爆破区附近的敏感建筑进行爆破地震效应监测，根据监测结果调整确定爆破允许装药量，严格控制爆破剂量。

(4) 为避免爆破冲击波及飞散物损伤，爆破作业前应由专业机构根据所用炸药品种、药量、地形、水文情势和气象条件制订合理的阻波及掩蔽方案，尽量降低爆破冲击波及飞散物影响范围。施工单位应与当地交通及海事部门充分协商，在爆破点周边设置一定的安全防护距离，爆破期间禁止无关人员、车辆、船舶进出，并采取驱鱼措施，把鱼类赶出安全防护距离之外。

8.2.5 固体废物污染防治措施

(1) 废弃土石方及时运至弃渣场堆存，不得随意丢弃。

(2) 船舶垃圾应严格执行《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》(交通部令 2015 年第 25 号)，禁止向内河水域排放船舶垃圾，船舶应当对所产生的垃圾进行分类、收集、存放，施工船舶应配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器，或者实行袋装，并委托有资质的单位接收处理。

(3) 施工期表土主要来源于航标工程及护岸工程，其中航标工程表土后期用于航标永久占地和临时占地的植被恢复、绿化；护岸工程表土用于后期植草护坡。

8.3 营运期环境保护措施

8.3.1 地表水环境保护措施

①运行期水污染源主要是来自船闸管理所工作人员的生活污水。根据可研报告，各船闸管理所定员 36 人，按照用水标准 $250\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，污水排放系数 0.8 计算，生活污水总排放量为 $7.2\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水中 COD_Cr 、 BOD_5 、氨氮的浓度值约为 250mg/L 、 150mg/L 、 25mg/L 。生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理，其对环境的影响很小。

②船舶的机舱是船舶动力装置的舱室，内部装备了各种动力机械和管理系统，机舱舱底水的主要来源是机舱内各种泵、阀门和管路漏出的油和水，机器在运转时漏出的润滑油，主辅机燃料油及加油时的溢出油，机械设备及机舱防滑铁板洗刷时

产生的油污水等混合在一起形成的含油污水。

机舱舱底含油污水水量与船舶、吨位以及功率有关，还与船舶航行、停泊作业时间的长短、维修及管理状况有关。

本工程代表船型为 1000t 级船。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）及有关经验推算，1000 吨级船舶舱底含油污水产生量约为 0.27t/d/艘。根据工程的年水运量（年运营天数按 330 天计）、货种安排、设计代表船型和船舶舱底油污水水量资料。未处理前含油浓度含量按 5000mg/L 计，计算得到船舶舱底油污水产生量见下表。船舶含油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

③按《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》并结合工程可行性研究报告的相关数据，1000t 级船平均以 10 人/艘计。船舶生活污水按人均用水量的 80% 计算，人均用水量取 250L/d/人，计算得到船舶生活污水产生量约为 100m³/d。生活污水成分中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。

船舶生活污水待船舶靠港后委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。

④本工程在各桥梁两端设置沉淀池，用于收集桥面初期雨水，经沉淀处理后排入雨水管网。桂头新桥、杨溪大桥、长来大桥沉淀池容积分别不低于 180m³、120m³、100m³（详细计算过程见 4.3.1 章节），各大桥的沉淀池位置如下：

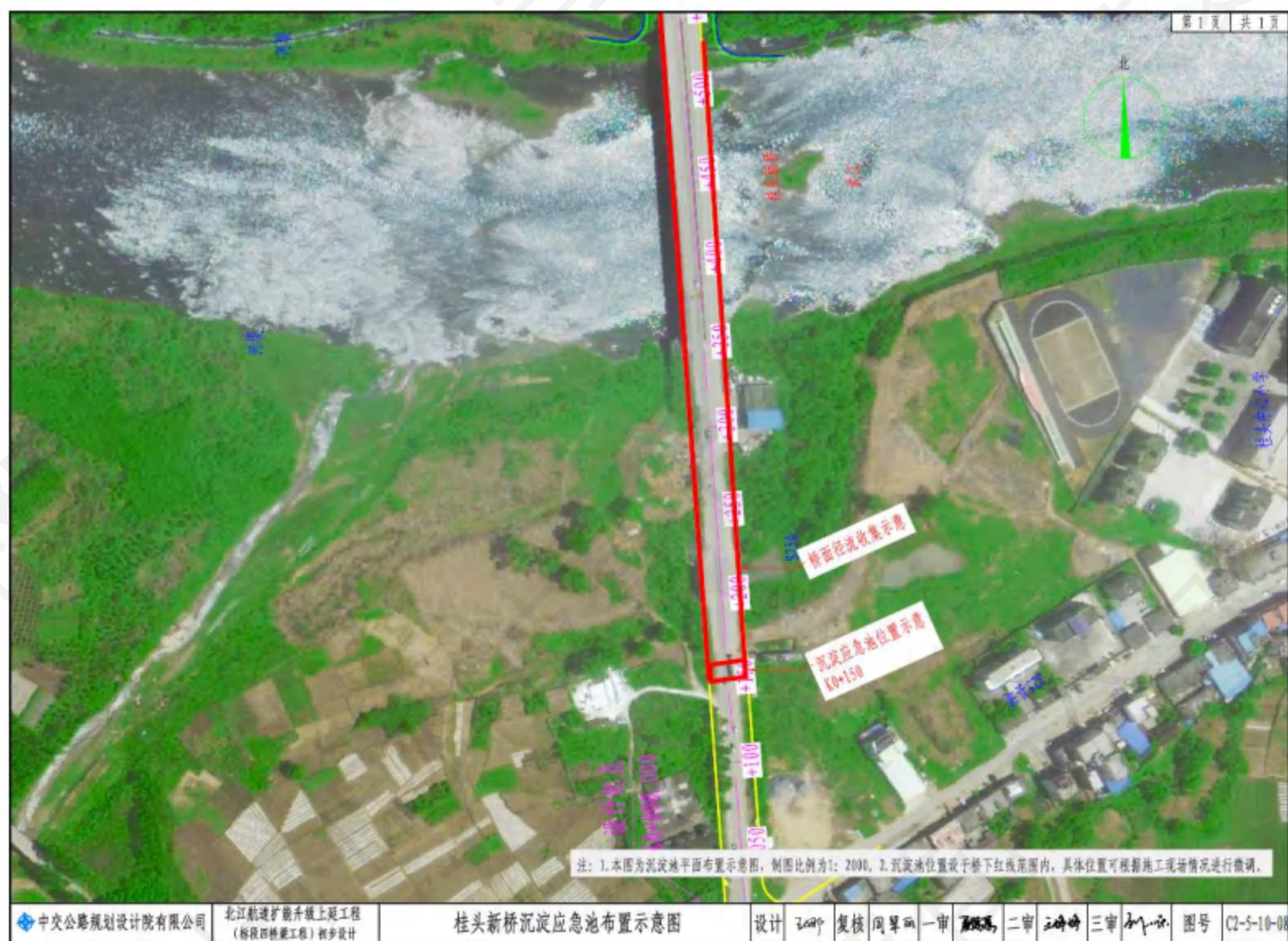


图 8-3 桂头新桥沉淀池位置示意图



图 8-4 杨溪大桥沉淀池位置示意图



图 8-5 长来大桥沉淀池位置示意图

⑤航道管理部门和当地环保部门应督促航道沿线的港口码头配备合格的生活污水和含油污水处理装置以及船舶垃圾接收设施。营运期船舶舱底油污水送船舶污水接收船或岸上油污水接收单位处理；生活污水收集后上岸送区域污水处理厂处理。交通部门要针对船舶污染，加大防治力度，切实解决船舶的垃圾、废水的污染问题。

⑥加强航道内的船舶管理，尽量避免水污染事件或水上交通事故的发生。在沿线设置明显标志，提醒过往船舶遵守通航秩序，防止发生碰撞事故，禁止向水中随意丢弃杂物，以免影响饮用水源水质。

运营期海事部门应加强船舶监控与调度，禁止船舶在饮用水水源保护区等环境敏感区域停泊，并提供相应区域环保要求。

8.3.2 环境空气保护措施

一、船舶废气

航道整治后，在其运行发挥效益期间，本身并不排放任何污染物，不会对环境产生不利影响。间接影响为过往船舶产生的船舶废气，其影响采用类比分析。

(1) 主要污染影响分析

航道内的大气污染源主要是船舶废气。由于航道经整治后，通行的船舶数量将会增加、船型也将以大中型船舶为主，根据工程分析，船舶废气为无组织排放源，具有近距离的污染特点，废气的排放将对环境空气产生一定污染影响，但这种影响仅局限在排放点 50m 范围内，均发生在航道范围内，不会对航道两侧的居民产生污染影响。

(2) 航道整治后对环境空气的正效益

航道整治后，通过航道的大吨位船舶比例将逐步提高，大吨位船舶的动力设备和防污设施明显好于小型船舶，在年通过货运总量相同的情况下，船舶排放的废气总量比以前将会明显减少。

航道整治实施后，河段通航条件变好，过往船舶有所增加，船舶排放的废气和污水量将有所增加，但对区域环境影响不大。

航道整治后，随着航道沿线护岸工程和绿化工程的实施，航道沿线的环境空气质量将得到较大改善，对沿线环境保护目标基本不产生影响。

(3) 其它环保措施

(1) 航道管理部门应加强对船舶的管理，对船机设备大气污染物排放状况不良

的船舶应禁止其进入航道从事运输活动，以便尽量减少船舶废气的污染。

(2) 对运输船舶进行升级改造，逐步实现船舶大型化和现代化，同时船舶使用清洁能源，减少废气排放。

(3) 航道沿线船舶合理配载、制订航线，船用发动机采用硫含量小的燃料油。

二、汽车尾气

(1) 执行汽车排放车检制，对汽车排放状况进行抽查，限制尾气排放超标车辆上路。

(2) 有关部门强制性加装汽车排气净化装置措施，单车污染物排放量符合有关规定。

(3) 加大环境管理力度，公路管理部门设环境管理机构，委托当地环境监测部门定期在评价中规定的监测点进行环境空气监测。

(4) 加强组织管理，对上路车辆进行检查，禁止车况差、超载、装卸物品遮盖不严容易洒落的车辆上路，减少车辆滞速急速状态，减少汽车尾气排放对沿线环境空气的影响。

8.3.3 噪声污染防治措施

一、船舶交通噪声

(1) 航道管理部门应加强船舶的管理，禁止船机设备噪声达不到船检要求的船舶进入航道从事运输活动，以尽量减少船舶交通噪声对航道沿线居民正常生产、生活的影响。

(2) 根据《声环境质量标准》(GB3096-2008)，夜间突发噪声，其最大值不得超过标准值 15dB(A)，而船舶鸣笛的瞬间噪声一般在 100dB(A) 以上。在居民集中居住区航道段禁止夜间鸣笛，以减少船舶交通噪声对航道沿线居民正常生活、休息的干扰。

(3) 随着船舶流量的增加，船舶噪声影响将逐步加重。在航道营运期间，应通过实地监测并听取公众意见，采取适宜的措施减缓船舶噪声扰民。

(4) 在船舶经过河道宽度较窄航道区域时，为保护近岸居民区等噪声敏感目标，建议夜间航行船舶在经过近岸城镇时，在保证安全的前提下，尽量减少鸣笛次数，在条件许可的情况下，使用号灯、号旗和高频无线电话保证航行安全需要，以减小对近岸居民区的不良噪声影响。

二、桥梁交通噪声

参考环办[2015]112号高速公路噪声防治应结合实际情况采用合理工程形式，采取低噪声路面技术、设置减速禁鸣标志等措施降低噪声源强。对预测超标的声环境敏感目标采取设置声屏障、安装隔声窗、搬迁或功能置换等措施。

声环境质量达标的，项目实施后声环境质量原则上仍须达标；声环境质量不达标的，须强化噪声防治措施，确保项目实施后声环境质量不恶化。项目经过规划的居民住宅、教育科研、医疗卫生等噪声敏感建筑物用地路段，预留声屏障等噪声治理措施实施条件。并结合噪声预测结果，对后续规划控制提出建议。

声环境影响预测结果显示，本项目运营过程中，预测结果虽然均达标，但较现状而言，增量较大，对区域的声环境质量造成较大的不利影响。

为保护道路沿线的声环境质量，最大程度降低项目建设对区域声环境以及沿线居民生活造成的不利影响，本评价提出以下噪声污染防治措施，主要从管理措施、工程技术措施、环保措施几方面来考虑，分述如下：

1、管理措施

(1) 加强营运期沿线声环境敏感点声环境跟踪监测，根据监测结果适时采取有效的减噪措施。

(2) 因部分路段有地形遮挡等能够使交通噪声很快衰减的因素，其实际达标距离将比预测值要小。因此应视实际情况，将本项目路侧一定范围内做为噪声重点防治的区域，在实施土地利用规划时，尽量规划为对声环境不敏感的用地类型，特别是学校、医院、疗养院等特殊敏感建筑规划建设时更加要留有余地。

2、工程措施

(1) 加强交通管理，在公路出入口设噪声监控站，禁止噪声过大的破旧车上路。禁止夜间超重超载车上路；控制车辆速度和车流量，通常车辆速度提高一倍，平均噪声值增加 6~9dB(A)；车流量增加一倍，噪声增加 3dB(A)。

(2) 加强路面养护，维持路面平整，避免路况不佳造成车辆颠簸增大噪声。注意公路绿化美化，在有条件的路段种植降噪林带。

(3) 根据预测超标情况部分声环境保护措施费用预留（主要包括中远期超标敏感点），应按时保质完成安装。

3、环保措施

从声预测结果可以看出，由于车流量不大，本项目运营典型路段各预测时期 4a、

2类区均未有超标现象；沿线各声环境敏感目标无论在水平方向还是垂直方向预测值均能够达标，但较现状增量较大，且部分预测点接近声环境限值，因此有必要提出公平而又合理的降噪措施。

目前国内常用的工程降噪措施主要有声屏障、环保搬迁、隔声窗、绿化、围墙、低噪声路面等，各种措施对比简析见下表。

表 8-7 各工程降噪措施对比

序号	环保措施	技术经济特点	费用	降噪量 dB(A)
1	声屏障	防噪见效快，根据材料、结构不同，价格不同，效果也不同	\	\
	(1) 采用彩钢复合式（聚氨酯酯板）3米高、3.5米、5.0米高	防噪效果好，没有光照问题，投资大	2500 元/延米 3500 元/延米 4500 元/延米	9~12
	(2) 采用轻骨料、隔声墙（3米）	防噪效果好，投资大。	1200 元/延米	5~8
	(3) 采用水泥板隔声（3米）	防噪效果一般，投资一般。	500 元/延米	4~6
	(4) 采用当地土、砖头、水泥等筑墙隔声（3米）	防噪效果较好，但需根据当地具体情况决定可行性，表面还需植草防护进行美化，同时存在遮光问题。	材料费较低+人工费约 500 元/延米	6~9
2	环保拆迁	噪声污染一次性解决，投资较大，同时涉及再安置问题，牵涉较多。	100.0 万元/户	\
3	修建围墙、院墙（3米）	防噪效果适中，针对性强，投资较小。	300 元/延米	3~6
4	隔声门窗	防噪效果见效快。缺点是需要开窗时效果大幅度降低。	800~1000 元/m ²	25
5	降噪绿化带	防噪效果一般，投资大，占地多，但是结合绿化工程生态综合效益好。	种树费：1000m长，5m宽，2万元	3~5
6	低噪路面	经济合理，保持环境原有风貌，行车安全舒适；但是其耐久性差，泥沙易堵塞孔隙从而降低减噪效果	比普通路面造价高出 20%；沥青层约 120 元/m ²	3~8

在综合考虑了项目沿线各敏感点特征、公路特点、预测结果、所需的降噪效果以及各种降噪措施适用的条件等各种因素的基础上，本着技术可行、经济合理、同时又兼顾公平的原则，主要推荐低噪路面作为降噪措施。

8.3.4 固体废物污染防治措施

1、船舶生活垃圾

根据北江航道运输量预测，1000t 级船平均以 10 人/艘计，船员按照 1.0kg/d.人计算，则 2045 年船舶运输产生生活垃圾量为 0.5t/d，船舶生活垃圾到港后委托有资质公司清运处理。

2、管理人员生活垃圾

另外，本工程各类管理人员共 36 人，按 1kg/(人·d)计算，则生活垃圾量为 36kg/d，这部分生活垃圾将由环卫部门清运处理。

3、船舶维修废物

在船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船 10kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为 6t/a，船属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性 T，I），须委托有资质公司收集处理。

8.3.5 环境风险防范措施

（1）施工单位和施工船舶须根据航道内通航船舶动态，合理安排施工作业面，避让行船，大范围水上施工作业前须联系港航管理机构采取限航、封航等临时性交通管制措施，并提前发布公告。

（2）作业船舶在施工期间应加强值班和瞭望，施工人员严格按照操作规程作业。

（3）建议建设单位在航道站配备环境风险应急物资，考虑到 1000 吨级货运船舶油舱，溢油应急物资要具备 60t 的应急能力。并与沿线各海事部门或搜救中心设置的应急物资储备库（吸油毡，生石灰、围油栏等）联动，其余设备的配备可充分依托沿线港口码头，整合资源，建立联防机制，一旦发生事故，可从最近的码头及时调运应急设备，尽量缩短响应时间。若运营期根据有关部门的职责分工，明确由其它部门开展风险应急管理的，按相关规定执行。

（4）制订施工期环境风险应急预案，加强应急演练。

（5）发生风险事故时，现场作业和救护人员应优先考虑船舶和人员的安全，采

取适当的措施防止事故升级，在采取应急措施时，要特别注意：

①在溢油的初期，是油气蒸发最大的阶段，所有船舶、清污和救护人员应尽量布置于浮油的上风向处，并关闭船上不必要的进风口，消除所有可能的火源，采取措施防止易燃气体进入居住舱室和机舱处。

②参加清污的船艇及动力工具必须具备火星消除装置，防止清污作业产生火种。

③现场指挥应密切注意浮油和清污作业的动态，制止在危险条件下进行清污作业。

④在水源二级保护区水域及其附近水域一旦发生撞船溢油风险事故，应在接到报警后的第一时间通知水厂暂停取水，同时由水上搜救中心等主管部门启动环境风险应急预案，派距离最近的工作船及时赶赴溢油现场，布设围油栏，将受污染水域控制在围油栏范围内，并采用吸油毡、吸油机回收溢油。

⑤应将不同油种在航道区的溢油动态的数值预测、敏感区及资源保护的优先秩序，该区的水文及气象资料收集于应急计划之中，以备检索之用。

（6）救援结束后，及时对已发生的事故进行总结，改进工作漏洞，加强宣传教育，防止类似事故再次发生。

（7）建设单位应依据《中华人民共和国内河交通安全管理条例》《中华人民共和国危险化学品安全管理条例》《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》（中华人民共和国交通运输部令 2015 年第 25 号）等有关法律、法规，加强对通航船舶的日常管理，杜绝事故隐患。

8.4 环保措施经济技术论证

8.4.1 鱼类补偿措施比选及可行性分析

目前国内外涉水项目渔业资源修复补偿主要通过鱼类增殖放流、过鱼设施建设、渔业增殖站建设、鱼类栖息繁殖人工生境建设等等措施进行。根据本项目的建设地和水生态环境及资源受影响程度，本工程在各枢纽设置了鱼道等过鱼设施。

8.4.2 声响驱鱼装置

声响驱鱼装置由音源、功率放大、发声器、电源、开关及外壳等几部分构成，其原理是利用周期性连续的震撼性声响，刺激鱼类的听觉和神经系统，使鱼类产生

“不适应”的感觉，从而通过其主动逃逸的本能来逃离现场，短时间内不会返回被驱赶的区域。该设备具有制作简单、使用简便、价格适中、声响信号传播快而远，且不受时间限制、无环境污染的优点，在驱鱼拦鱼作业中有明显效果。

8.5 环境保护投资估算

本工程总投资 279123.72 万元，其中环保投资 1890 万元，占工程总投资的 0.68%。

表 8-8 环保投资估算表

河段	项目	投资额(万元)	备注
武江 (长来至 桂头段)	水环境保护措施	450	
	环境风险应急措施	350	
	环境空气保护措施	150	
	声环境保护措施	150	
	固体废物处置措施	150	
	环境监理、验收、施工期监测、环境管理等措施	350	
	其他不可预见环保费用	290	
	小计	1890	

9. 环境影响经济损益分析

9.1 工程的环境损益分析

9.1.1 施工期

(1) 航道施工将造成局部水域短时间内悬浮物浓度增加，并破坏局部水生环境，导致渔业资源受损。

(2) 施工人员生活污水、生活垃圾如随意倾倒入河道也将导致水体污染，而施工中多种机械同时作业产生的噪声，尤其是炸礁工程中的爆破噪声将对沿线声环境造成相当的不利影响，这两个方面均难以货币定量。

(3) 本项目永久占地包括航道站场、船闸工程及护岸工程，造成的生物量损失较大；航标工程和护岸工程新增占地少，造成的陆生生物量损失不大；临时占地经过后期绿化、植被恢复，生物量损失较小。

9.1.2 营运期

(1) 航道上航行船舶排放的废气及船舶运营噪声均将对航道两侧环境产生一定污染，通过加强航运监管，规范船舶通航条件，可有效控制污染。

(2) 随着航道的建成，通航能力的提高，大吨位船舶的比例将逐步提高，大吨位船舶的防污设施明显好于小型船舶，对改善航道水质是有利的。

(3) 航道整治后，航宽增加，过水断面增加，对防洪和排涝是相当有利，起到很好的生态及社会效益。

(4) 航道整治以后由于船舶吨位增大而产生船舶营运费用的节约；由于航道等级提高，船舶拥挤度下降并提高了航速和船舶周转率，使一部分货物可用较大吨级船舶进行江海直达运输，减少中转环节而产生的装卸、仓储、堆存费用和货损、货差的节约，使单位运输费用成本降低；同时由于船舶吨级增大，可提高码头装卸效率和泊位利用率而带来的各项费用节约；航道整治后船舶航速提高，使货物在途时间减少，带来运输时间成本的节约；这将为航道整治带来的直接经济效益。

9.2 环境影响经济损益分析

本项目环境影响经济损益定量分析见下表

表 9-1 项目环境影响经济损益分析定量分析表万元

环境要素	效益 (+) 费用 (-)	备注
环境空气、声环境	/	难以定量
水环境	-150	污水处理设施费用
固体废物	-20	固体废物处理费
生态环境	-880	生态保护及恢复措施
环境监测、监理及管理费用	-150	
预留费用	-200	预留费用及突发事件处理费用
项目直接经济效益	+40000	按项目运营 20 年计
间接社会效益	+∞	无法定量
效益合计	+40000	节省的运输成本
费用合计	-1400	
效益费用比	29: 1	

由上分析可见，本工程在施工期间对水生生态等会产生一定程度的影响，但通过落实相关环保措施及生态修复、补偿措施，其影响在可接受范围内；本项目的实施将会完善腹地交通运输体系，为腹地生产企业节约大量的运输费用和生产成本，对腹地经济将会起到重要的促进作用，本项目的社会风险小、社会适应性强，具有巨大的经济和社会效益，故项目建设环境效益远大于环境损失，效益明显。

10.环境管理与监测计划

建立一套完善而行之有效的环境管理监测制度是环境保护工作的重要组成部分之一，环境管理运用各种手段来组织并管理开发利用自然资源，控制其对环境的污染与资源破坏，确定环境污染的控制对策，采取有效防治措施把污染影响减少到环境能接受的程度。

10.1环境管理

(1) 建立合理规范的环境管理机构，负责对工程整个建设过程的环境管理、监测计划的实施，并对各种突发环境事故进行及时的反应和处理；

(2) 工作人员认真贯彻执行国家和地方的环境保护方针、政策、法规、标准，组织环境监测工作，负责本系统环境保护教育工作，不断提高全体人员的环境保护意识；

(3) 制定污染事故应急计划，负责对事故的调查处理；

(4) 施工单位做好施工设备的维护保养，保持施工设备低噪声运行状态；

(5) 应尽量避免休息时间作业，减少噪声污染影响；

(6) 施工活动结束后，应及时清场，陆域临时占地以便尽快复耕和植被恢复，将施工对生态环境的影响降到最低程度；

(7) 船舶运输施工材料过程中加强管理，避免施工材料坠入航道中，造成水环境污染；

(8) 应该加强施工期间各环节的科学管理，尤其加强对抛投，炸礁等对环境及其生态影响较大的活动的管理与监督，随时监督抛投区附近水体混浊度的变化情况，必要时可派专门人员随船进行监视和监督，确保抛投活动的环境影响减至最低；

(9) 海事部门应要求和督促航道沿线的港口、加油站、服务区及航道管理站配备合格的生活污水和含油污水处理装置，以及生活垃圾接收设施；船舶垃圾应暂存于船舶自带的容器中并送船舶污染物接收船或岸上接收处置，不得随意抛弃在航道中；

(10) 建议建设单位从整体利益考虑，与航道管理的主管部门、海事部门、水利监督部门和施工单位共同协商，安排专人负责监督管理施工的全过程，加强对施工单位的环保监督和管理，若发现有违背国家有关内河航运法规的现象，必须予以

严厉的处罚；

(12) 落实对沿线水生生态环境，尤其是鱼类“三场”的保护和补偿措施。

以上各项环保措施将作为本项目施工期主要环保计划，列入施工招标的标书及合同等有关文件中，确保在施工中得到实施。

10.1.1 环境管理机构

本工程性质属于新建项目。根据国家政策的有关规定及项目特点，将设置环境保护管理专门机构和安排相关管理人员等。

10.1.2 环境管理机构的职责

- (1) 贯彻执行环境保护法和标准。
- (2) 组织制定和修改企业的环境污染保护管理体制规章制度，并监督执行。
- (3) 制定并组织实施环境保护规划和标准。
- (4) 检查企业环境保护规划和计划。
- (5) 建立资料库。管理污染源监测数据及资料的收集与存档。
- (6) 加强安全生产教育，制定定期维修机器设备制度。
- (7) 开展环保知识教育，组织开展本企业的环保技术培训，提高员工的素质水平；领导和组织本企业的环境监测工作。
- (8) 监督“三同时”的执行情况，处理污染事故。尤其重视污染处理措施的运行效果。

10.1.3 环境管理制度和措施

- (1) 企业环境保护管理机构对本企业环保工作实行监督管理，对营运期的环境污染事故全面负责进行处理。
- (2) 做好环保设施的运行、检查、维护等工作，制定环保设施运转与监督制度。
- (3) 建立对重点污染源的监测制度，发生污染物非正常排放时，应立即采取有效措施，以控制污染的扩大和扩散。定期进行污染源监测数据分析，提出防治污染改善环境质量的建议。
- (4) 制定和实施环境保护奖惩制度。
- (5) 建设单位应根据相关环保法律法规要求落实信息公开内容。

10.2 污染物排放清单及管理要求

本项目主要建设内容为航道工程、桥梁工程、船闸工程及配套工程等。施工期主要影响为水域整治作业及产生的悬浮物扩散对水环境及生态环境的影响；正常营运期主要为航道过往船舶排污影响。

本工程营运期间污染主要来自过往船舶排污间接影响，项目自身无直接排放的废气，可不设置总量控制指标。

10.3 环境监测计划

环境质量监测包括施工期和营运期两个阶段，其目的是为了了解工程建设对项目所在地区的环境质量变化程度及影响范围，运营期的环境质量动态，及时向主管部门反馈信息，为项目的环境管理提供科学依据。项目的建设管理部门采用有偿服务的方式，委托有资质的监测部门开展监测工作。施工期环境监测费用每年 30 万元，整个施工期共计 120 万元。考虑经济发展速度、交通基础设施建设规划及人民收入增长程度等因素，营运期监测费用按每次 10 万元计。

10.3.1 环境监测机构

根据项目的建设规模，设立企业环境监控实验室，配备必须的监测和分析仪器，实验室由企业环境保护管理机构直接领导，主要负责厂内大气污染源和水污染源的监测工作。厂界以外的环境质量监测工作建议委托地方环境监测部门实施。

10.3.2 环境监测计划

一、施工期

(1) 地表水

对照本项目地表水现状检测断面进行监测，每季度 1 次，每次 1 天。

1、悬沙浓度监测：监测施工作业点下游悬沙浓度随距离衰减情况，建议监测施工作业区上游 200m、下游 200m、400m 悬沙浓度的变化；

2、地表水质监测：施工期滩点下游地表水断面监测，监测指标水温、pH 值、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、高锰酸盐指数、石油类、氨氮等

(2) 声环境

在各施工工段进行监测，每季度 1 次，每次两天，昼夜各 1 次；监测临河第一排建筑的 L_{eq}

（3）底泥监测

每季度 1 次，底质监测项目为 pH、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌，共计 9 项；

（4）环境空气 T 监测

每季度 1 次，监测项目为 TSP；

二、运行期

对照本项目地表水现状检测断面进行监测，航道运营的 2045 年每 3 年监测 1 次，监测 pH 值、高锰酸盐指数、悬浮物、COD、BOD₅、DO、NH₃-N、石油类，共计 9 项；。

10.3.3 生态监测计划

为了解工程竣工后对生态环境的影响程度和影响机理，分析生态环境可能出现的不良演替趋势并制定防治对策，在施工期和运行期都应进行生态监测。

1、施工期

水质：pH 值、溶解氧、悬浮物、石油类；

水生生物：浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物、鱼类的种类、分布密度、生物量，早期鱼类资源。

施工期 3 个年度每年丰水期、枯水期各进行 1 次调查，共计 6 次；早期鱼类资源调查在每年的 3 月~7 月开展。

2、运营期

水质：pH 值、溶解氧、悬浮物、石油类；

水生生物：浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物、鱼类的种类、分布密度、生物量，早期鱼类资源。运营期前 5 年丰水期、枯水期各进行 1 次调查，共 10 次；早期鱼类资源调查在每年的 3 月~7 月开展。

10.4 环境监理

环境监理是工程监理的一个重要组成部分，是建设项目全过程的环境保护管理不可缺少的重要环节。工程施工实行监理制度，建设单位应依据环境影响报告书、

水土保持方案、工程设计等有关文件的要求，制定施工期工程环境监理计划，按工程质量和环保要求对本项目进行全面质量管理。在施工招标文件、施工合同、工程监理招标文件和监理合同中明确施工单位和工程监理单位的环境保护责任作和目标任务，并作为评标和考核的内容。

10.4.1 环境监理依据

建设项目施工单位进行环境监理的主要依据有国家和地方有关环境保护的法律法规和文件、环境影响报告书或项目的环境行动计划、有关的技术规范及设计文件、工程和环境质量标准等。

10.4.2 环境监理机构

建设项目施工环境监理由该项目工程总监办负责对工程和环境实施统一监理工作。一般可在总监办设置 1 名工程环境监理的兼职或专职的副总监，重点负责工程的环境监理工作。驻地办可任命一定数量的工程环境监理工程师（工程监理工程师兼任），具体落实各项工程的环境保护工作。

1、工程监理单位应有专门的从事环境监理的环境保护技术人员，从事工程环境监理工作的人员都应持证上岗。

2、工程监理单位应根据本项目有关的环保规范和标准、工程设计图纸、设计说明及其它设计文件、工程施工合同及招投标文件、环境影响报告书（含提出的环保措施、环境监测）、工程环境监理合同及招标文件等编制环境监理方案，并严格按照环境监理方案执行监理工作。

3、环境监理对象是施工活动中可能产生环境污染所有行为，环境监理应以施工期的环境保护、施工后期的生态恢复和污染防治措施的落实情况为重点。

10.4.3 环境监理工作内容

工程环境监理包括生态保护、水土保持、地质灾害防治、绿化、污染防治等环境保护工作的各个方面，可以分为环保达标监理和环保工程监理。环保达标监理是主体工程的施工是否符合环境保护的要求，如噪声、废气、污水等排放应符合相关标准要求。环保工程监理包括生态环境保护、自然保护区、环境敏感区等环境保护目标，还包括生态修复及补偿设施等环保设施建设的监理。

（1）施工前期环境监理

●污染防治方案的审核：根据具体项目的工艺设计，审核施工工艺中的“三废”排放环节，排放的主要污染物及设计中采用的治理技术是否先进，治理措施是否可行。污染物的最终处置方法和去向，应在工程前期按有关文件规定和处理要求，做好计划，并向环保主管部门申报后具体落实。

●审核施工承包合同中的环境保护专项条款：施工承包单位必须遵循环境保护有关要求，以专项条款的方式在施工承包合同中体现，施工过程中据此加强监督管理、检查、监测，减少施工期对环境的污染影响，同时对施工单位的文明施工素质及施工环境管理水平进行审核。

（2）施工期环境监理

- 监督检查水土保持措施是否按环保对策执行环保措施、措施落实情况及效果。
- 监督检查施工过程中各类机械设备是否依据有关法规控制噪声污染。
- 监督检查建筑工地生活污水和生活垃圾是否按规定进行妥善处理处置。
- 监督检查施工生活垃圾的日常收集、分类存储和处理工作。
- 生产生活污水必须按规定处理达标后排放至饮用水水源保护区之外。
- 监督检查施工现场道路是否畅通，排水系统是否处于良好的使用状态，施工现场是否积水。

●施工期间对施工人员做好环境保护方面的培训工作，培养大家爱护环境、防止污染的意识。

- 做好施工期污染物排放的环境监测、检查、检验工作。
- 参与调查处理施工期的环境污染事故和环境污染纠纷。

（3）竣工后的环境恢复监理

工程竣工后，要监督管理环境恢复监测和环境恢复计划的落实情况及环保处理设施运行情况。

- 监督竣工文件的编制
- 组织初验
- 协助业主组织竣工验收
- 编制工程环境监理总结报告
- 整理环境监理竣工资料

（4）现场监理

分项工程施工期间，环境监理工程师将对承包商的环保方面施工及可能产生污染的环节应进行全方位的巡视，对主要污染工序进行全过程的旁站、全环节的监测与检查。其工作内容主要有：

- 协调现场施工环境监理工作，重点巡视施工现场，掌握现场的污染动态，督促承包商和监理双方共同执行好环境监理细则，及时发现和处理较重大的环保污染问题。

- 监理工程师对各项工程部位的施工工艺进行全过程的旁站监理，现场监测、检查承包人的施工记录。

监理工程师应指导监理员并示范如何进行现场监测与检查，注意事项和记录工程的环保状况。

现场检查监测的内容有：施工是否按环境保护条款进行，有无擅自改变；通过监测的方式检查施工过程中是否满足环保要求；施工作业是否符合环保规范，是否按环保设计要求进行；施工过程中是否执行了保证环保要求的各项环保措施。

监理员应将每天的现场监测和检查情况予以记录并报告环境监理工程师，环境监理工程师应对监理员的工作情况予以督促检查，及时发现处理存在的问题。

10.5 环保设施“三同时”验收

本工程环保设施“三同时”验收一览表见表 10-1：

表 10-1 环境保护“三同时”验收一览表

时段	类型	污染源	主要污染物	拟采取的环保措施	验收要求
施工期	废水	航道工程	施工作业	局部 SS 约 1000 mg/L	其影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失
			舱底油污水	石油类：5000mg/L	委托有资质公司接收处置，不外排
			船舶生活污水	COD:250mg/L; BOD ₅ :150mg/L; SS: 250mg/L; NH ₃ -N: 25mg/L	设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排
			码头及配套设施生活污水	COD:250mg/L; BOD ₅ :150mg/L; SS: 250mg/L; NH ₃ -N: 25mg/L	经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理
			生产废水	石油类约 10~30mg/L 悬浮物约 1000mg/L	进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排
		船闸工程	生活污水	COD:250mg/L; BOD ₅ :150mg/L; SS: 250mg/L; NH ₃ -N: 25mg/L	经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理
			混凝土拌和系统冲洗废水	SS 约 5000 mg/L	进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。
			机械修配冲洗系统废水	石油类约 40mg/L SS 约 2000 mg/L	进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排
			基坑废水	SS 约 1000 mg/L	向沉淀池中投加絮凝剂处理后，达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排
		桥梁工程	生产废水	石油类约 25mg/L SS 约 2000 mg/L	通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排
			施工废水	SS: 5000mg/L	经沉淀池沉淀后回用，不外排
			施工船舶含油废水	石油类：5000mg/L	委托有资质公司接收处置，不外排
			施工船舶生活污水	COD:250mg/L; BOD ₅ :150mg/L; SS: 250mg/L; NH ₃ -N: 25mg/L	设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排
	废气	航道工程	施工扬尘	TSP	洒水降尘、遮挡后无组织排放，面源
					周边环境空气质量满足《环境空气

运行期	船闸、桥梁工程	燃油废气	SO ₂ 、NO _x 和烃类	风力稀释后无组织排放，面源	质量标准》(GB3095-2012)中二级标准
		混凝土拌和系统粉尘	粉尘	洒水降尘、遮挡后无组织排放，面源	
		开挖粉尘	粉尘		
		施工机械尾气及扬尘	粉尘、SO ₂ 、NO _x 和烃类		
		桥梁拆除废气	粉尘、NO _x	洒水降尘后无组织排放，面源	
	噪声	航道工程噪声	Leq	线源、面源	厂界达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准要求；周边敏感点声环境质量满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准
		船闸、桥梁施工噪声		面源	
		施工工区噪声		面源	
		交通噪声		线源	
		施工爆破		间歇点源	
	固体废物	工程弃渣	弃土、弃渣	弃渣场	不外排
		生活垃圾	生活垃圾	委托环卫部门清运处理	
		隔油池油渣	隔油池油渣	交由有资质单位回收处理	
		施工船舶维修废物	废机油等	交由有资质单位回收处理	
		沉淀池污泥	污泥	运至弃渣场处理	
	废水	船舶舱底油污水	石油类：5000mg/L	委托有资质公司接收处置，不外排	不外排
		船舶生活污水	COD: 250mg/L; BOD ₅ : 150mg/L; SS: 250mg/L; NH ₃ -N: 25mg/L	设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排	不外排
		管理人员生活污水	COD: 250mg/L; BOD ₅ : 150mg/L; SS: 250mg/L; NH ₃ -N: 25mg/L	经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理	不外排
		桥面雨水径流	SS: 1000mg/L	经沉淀处理后排入雨水管网	不外排
	废气	船舶废气	SO ₂ 、NO _x	风力稀释后无组织排放，面源	周边环境空气满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准
		汽车尾气	CO、NO _x		
	噪声	船舶交通噪声	噪声	线源	厂界达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)4a类标准；周边敏感点声环境质量满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准
		桥梁交通噪声	噪声	线源	
	固体废物	船舶生活垃圾	生活垃圾	到港后委托有资质公司清运处理	不外排
		管理人员生活垃圾	生活垃圾	委托环卫部门清运处理	
		船舶维修废物	维修废物	委托有资质的单位收集处理	

11. 评价结论

11.1 工程概况

本工程研究范围是北江航道扩能升级上延工程武江段从桂头镇进一步向上延伸至乐昌长来镇约 21km 的航段，该工程总投资 279123.72 万元。按通航 1000t 级船舶标准建设，设计航道尺度为 $2.5\text{m} \times 60\text{m} \times 270\text{m}$ （水深 $\times$ 航宽 $\times$ 最小弯曲半径）。设计代表船型为 1000t 级内河干货船和 1000t 级多用途集装箱船。船闸工程方案为七星墩枢纽和长安枢纽 1000t 级船闸各一座，船闸有效尺度为 $190\text{m} \times 23\text{m} \times 4.5\text{m}$ （有效长度 $\times$ 有效宽度 $\times$ 门槛最小水深）。工程内容包括对沿线涉及的七星墩枢纽和长安枢纽分别新建 1 座 1000 吨级船闸，对长来大桥、杨溪大桥、桂头新桥、桂头大桥拆除重建，以及航道整治及其他工程。

由于重建的桂头大桥位于北江航道扩能升级上延工程（桂头至韶关段），本项目不再纳入评价。鉴于北江航道扩能升级上延工程——航道工程（先行疏浚清礁工程）环境影响报告表已经于 2023 年 11 月 22 日取得了韶关市生态环境局的批复（批文号：韶环审[2023]87 号），本报告仅对疏浚工程、清礁工程、临时工程等已批内容进行简述，不纳入本报告的评价内容。

11.2 环境质量现状评价结论

（1）地表水水质现状

地表水监测结果可以表明，W1~W4 监测断面水质指标均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准要求，W5~W6 监测断面水质指标均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类标准要求，评价范围内地表水环境质量状况总体良好。

（2）环境空气质量现状

根据乳源县、乐昌市 2023 年常规监测数据，各区域二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物、细颗粒物、臭氧、CO 的监测结果，对比标准中对应指标的标准值，可知工程所在区域各项环境空气监测指标均能符合二级标准，当地环境空气质量较好，工程所在区域环境空气质量属达标区。总体而言，评价区环境空气现状符合环境功能区划要求，项目选址所在区域的环境空气质量良好。

(3) 声环境现状

声环境质量现状监测与评价表明，工程附近声环境现状监测值昼夜间均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）相应标准限值要求。本项目声环境评价范围内各监测点的声环境质量现状良好。

(4) 河流底泥环境质量现状评价

由监测结果可以看出，各污染指标均未出现超标，满足《土壤环境质量农用地土壤风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）表1农用地土壤风险筛选值，项目所在区域地表水体底泥现状良好。

(5) 生态环境质量现状评价

①水生生物

2019 年对调查水域进行鱼类资源调查，共采集鱼类 66 种，分属于 7 目，18 科，55 属，鱼类名录见表 4-2。该水域鱼类种类以鲤形目最多，40 种占总数的 60.6%，其次是鲈形目 11 种占总数的 16.7%，再次是鲇形目 10 种占总数的 12.1%。在所有的科中，以鲤科最多 34 种，占总种类数的 51.5%，其次是鳊科 5 种占总种类数的 7.6%，再次是鳅科 4 种占总种类数的 6.1%，该水域鱼类种类组成以鲤科占显著优势，其次种类较多的依次是鳊科、鳅科，这与珠江水系鱼类 1989 年的区系组成一致。

2023 年共采集鱼类 57 种，隶属于 5 目 12 科 45 属，鱼类名录见下表。调查江段以鲤形目鱼类为最多（41 种），占鱼类总种数的 71.9%；鲇形目和鲈形目各 7 种，合计占鱼类总种数的 24.6%；鲢形目和鳊形目各 1 种，合计占鱼类总种数的 3.5%。在所有的科中，以鲤科最多 37 种，占总种类数的 64.9%，其次是鳊科 5 种，占总种类数的 8.77%，该水域鱼类种类组成以鲤科占显著优势，其次种类较多的依次是鳊科。

历史记录（来自珠江水系北江渔业资源，1987）记录武江分布有鱼类 88 种，2019 和 2023 年调查加上历史记录调查水域分布有鱼类 105 种。相较于历史资料，近几年调查鱼类种类呈现减少的趋势。

根据调查，调查江段鱼类组成非常丰富，鱼类多样性指数较高，各个生态类型的鱼类均有分布，由此可见调查范围内的鱼类资源非常丰富，调查江段生态环境较好。该水域鱼类种类组成以鲤科占显著优势，其次种类较多的依次是鳊科。

②浮游植物

2019 年、2022-2023 年，评价范围内共计调查到浮游植物 7 门 128 种，其中硅藻门最多有 71 种，占总数的 55.47%；其次为绿藻门有 31 种，占总数的 24.22%；裸藻

门 11 种，占总数的 8.59%；蓝藻门 7 种，占总数的 5.47%。

2019 年 11 月 28 日至 30 日对评价水域的浮游植物群落组成与分布进行了初步调查，调查期间共发现浮游植物种类 7 门，125 种（含 7 个变种）。其中硅藻 68 种，占总种数的 54.44%；绿藻 31 种，占总种数的 24.8%，裸藻 11 种，占总种数的 8.8%，蓝藻 7 种，占总种数的 5.6%，隐藻 4 种，甲藻 2 种，金藻 1 种。近年调查结果：浮游植物种类 7 门，117 种（含 7 个变种）。其中硅藻 66 种，占总种数的 56.41%；绿藻 29 种，占总种数的 24.79%，裸藻 11 种，占总种数的 9.40%，蓝藻 5 种，占总种数的 4.27%，隐藻 4 种，甲藻和金藻均为 1 种。

③浮游动物

2019 年、2022-2023 年，评价范围内共计调查到浮游动物 52 种，其中轮虫最多有 23 种，占总数的 44.23%；其次为原生动物有 15 种，占总数的 28.85%；桡足类 8 种，占总数的 15.38%；枝角类 6 种，占总数的 11.54%。

2022-2023 年调查期间共检出浮游动物 52 种，其中，原生动物 15 种，占 28.8%；轮虫类 23 种，占 44.2%；枝角类 11 种，占 21.2%；桡足类 8 种，占 15.4%。2019 年调查共检出浮游动物 36 种。其中，原生动物 12 种，占 33.33%；轮虫类 17 种，占 47.22%；枝角类 4 种，占 11.11%；桡足类 3 种，占 8.33%。

④底栖生物

调查期间共发现大型底栖动物 21 种，其中环节动物寡毛纲 8 种，软体动物腹足纲 4 种，软体动物双壳纲 2 种，节肢动物昆虫纲 5 种，肢动物甲壳纲 2 种。近年在下游水域调查共发现大型底栖动物 10 种。

⑤高等水生生物

在武江水域调查共采集水生维管束植物 13 种，隶属于 7 科 8 属，种类有：浮萍、竹叶眼子菜、黑藻、密刺苦草、穗状狐尾藻、微齿眼子菜、大茨藻、小眼子菜、轮藻、小茨藻、眼子菜、菹草、金鱼藻。根据《广东省乳源县污水塘头水电站工程环境影响评价报告，2018》记载的水生维管束植物共有 15 种；隶属于 6 科 12 属。其中眼子菜科最多，有 5 种；水鳖科 3 种；茨藻科 2 种；小二仙草 3 科；金鱼藻科和泽泻科各 1 种。主要种类有田子萍、浮萍、水蓼、旱苗、野慈菇、喜旱莲子草、水芹、连子草、密齿苦草、马来眼子菜、穗花狐尾藻、黑藻、水蓼衣、大花蓼衣、芦苇等。

⑥陆生植被

根据数据资料显示，工程区两岸植被分布简单，大部分面积为农田，仅局部地区分布有自然植被群落，代表性群落为樟树风水林群落。保护区两岸分布有少量面积的马尾松、尾叶桉人工林群落，但分布面积不大。因人工活动频繁，植被干扰严重，河边附近现基本为湿地草本群落，群落种类较多，代表性群落主要有长刺酸模+酸模叶蓼+小飞蓬+少花龙葵群落、芦苇-空心莲子草+鸭跖草群落、蔗草+酸模叶蓼群落等。

11.3 产业政策相符性及选址合理性分析结论

本项目符合国家和省相关产业政策要求；项目符合相关环保法律法规和规划的要求，具有环境可行性。因此，本项目的建设具有合法性和合理性。

11.4 环境影响评价结论

11.4.1 地表水环境影响评价结论

一、施工期

本项目航道工程锚地建设、废弃桥墩拆除、护岸抛石等其它施工作业的影响是短暂的、有限的，随着施工期的结束，这种影响也会随之消失。舱底油污水委托有资质公司接收处置，不外排。施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。施工生产废水首先进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于生产或道路洒水，不外排。综上，航道工程废水对武江水环境影响较小。

船闸工程施工人员生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理。混凝土拌和系统冲洗废水首先进入沉淀池进行沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于混凝土拌和系统生产或道路洒水，不外排。机械修配冲洗系统废水进入隔油沉淀池进行隔油、沉淀处理，再进入清水池，达到回用水要求后回用于机械修配冲洗或道路洒水，不外排。基坑废水达到回用水要求后全部回用于船闸混凝土养护及作业区降尘洒水，不外排。综上，船闸工程废水对武江水环境影响较小。

桥梁工程施工生产废水通过隔油池、沉淀池处理后进行回用，不外排。桥梁施工产生废水经沉淀池沉淀后回用，不外排。舱底油污水委托有资质公司接收处置，

不外排。施工船舶应设置储存容器收集生活污水，定期委托城镇污水处理厂进行处理，不外排。综上，桥梁工程废水对武江水环境影响较小。

2、营运期

运行期水污染源主要是来自船闸管理所工作人员的生活污水及航标船码头站场管理人员的生活污水。根据设计报告，船闸管理所中定员 36 人，按照用水标准 250L/人·d，污水排放系数 0.8 计算，生活污水总排放量为 7.2m³/d，生活污水中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。生活污水经三级化粪池处理后通过管网排入周边农村污水处理设施进行处理，其对环境的影响很小。

船舶的机舱是船舶动力装置的舱室，内部装备了各种动力机械和管理系统，机舱舱底水的主要来源是机舱内各种泵、阀门和管路漏出的油和水，机器在运转时漏出的润滑油，主辅机燃料油及加油时的溢出油，机械设备及机舱防滑铁板洗刷时产生的油污水等混合在一起形成的含油污水。机舱舱底含油污水水量与船舶、吨位以及功率有关，还与船舶航行、停泊作业时间的长短、维修及管理状况有关。

本工程代表船型为 1000t 级船。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）及有关经验推算，1000 吨级船舶舱底含油污水产生量约为 0.27t/d/艘。根据工程的年水运量（年运营天数按 330 天计）、货种安排、设计代表船型和船舶舱底油污水水量资料。未处理前含油浓度含量按 5000mg/L 计，计算得到船舶舱底油污水产生量见下表。船舶含油污水委托有资质公司接收处置，不外排。

按《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》并结合工程可行性研究报告的相关数据，1000t 级船平均以 10 人/艘计。船舶生活污水按人均用水量的 80% 计算，人均用水量取 250L/d/人，计算得到船舶生活污水产生量约为 100m³/d。生活污水成分中 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮的浓度值约为 250mg/L、150mg/L、25mg/L。

船舶生活污水待船舶靠港后委托有资质公司接收处置，不外排。

经采取上述处理措施后，工程船舶舱底废水对水环境影响很小。

11.4.2 大气环境影响评价结论

一、施工期

（一）航道工程环境空气影响分析

施工期主要是陆域施工对环境空气产生污染影响，主要污染物为颗粒物，主要污染环节为护岸工程开挖和削坡等作业过程，上述各环节在受风力的作用下将会对

施工现场产生颗粒物污染影响，且风力越大污染越严重。根据有关监测资料，施工作业场所颗粒物浓度约为 $1.5\text{mg}/\text{m}^3 \sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。施工活动工期短，这类粉尘在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响很小。

施工船舶主机、运输车辆及其它施工机械运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为 SO_2 、 NO_x 和烃类等，因其数量少且较分散，且表现为间歇性、短期性，污染程度较轻，在距离作业点 50m 外即可满足环境空气质量二级标准要求，对环境影响不大。

（二）船闸、桥梁工程环境空气影响分析

船闸工程施工期间，大气污染物主要来自施工露天开挖和混凝土拌和系统，主要污染物为 TSP，其次是燃油机械的废气排放，主要污染物为 SO_2 、 NO_2 和 NO 等。此外交通运输扬尘是工程施工公路沿线主要的大气污染源，会对沿线居民生产、生活带来一定影响。

1、混凝土拌和系统粉尘

根据《环境影响评价指南》（咸阳环境科学学会、咸阳市秦都区城乡建设环境保护局编制，天则出版社），混凝土拌和系统的粉尘排放在无相关措施的情况下为 $0.91\text{kg}/\text{t}$ 产品。混凝土拌和系统在采用全封闭拌和楼的情况下粉尘排放系数为 $0.009\text{kg}/\text{t}$ 产品，拌和系统区域的粉尘浓度一般为 $10 \sim 40\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据施工进度安排，2 个船闸各配备混凝土拌合系统 1 座，系统理论生产能力为 $220\text{m}^3/\text{h}$ （密度约为 $2.4\text{t}/\text{m}^3$ ），按每天 14 个小时计，则每个船闸工程混凝土拌和系统混凝土粉尘排放量为 $66.5\text{kg}/\text{d}$ 。在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响不大。

2、开挖粉尘

在开挖和填筑的过程中会产生大量的粉尘，粉尘的排放系数根据三峡水电站坝基开挖区粉尘产生量的估算值进行类比得出，粉尘的排放系数为 $12\text{t}/\text{万 m}^3$ ，在采取洒水降尘、遮挡环保措施后，粉尘的去除率预计达到 96%，采取措施后粉尘的排放系数为 $0.48\text{t}/\text{万 m}^3$ ，对周边大气环境影响不大。

3、施工机械尾气及扬尘

施工过程中建筑材料运输、装卸、堆放等环节，在风力的作用下会对施工现场及周围环境产生 TSP 污染，施工运输车辆行驶还将产生道路二次扬尘污染。根据同类工程施工现场起尘实测资料类比分析，临时土石方堆放点在土石方风干后且无遮

盖、风速 2.5m/s 的情况下，其下风向 150m 处 TSP 浓度可达 $0.49\text{mg}/\text{m}^3$ ；通过类比施工汽车运输扬尘现场监测结果，在做好路面清洁的情况下，运输车辆在自然风作用下产生的 TSP 浓度在下风向 100m 外可满足相应标准要求，对大气环境影响不大。

另外运输车辆及其它施工机械运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为 SO_2 、 NO_x 和烃类等，因其数量少且较分散，且表现为间歇性、短期性，污染程度较轻，在距离作业点 50m 外即可满足环境空气质量二级标准要求，对环境的影响不大。

4、桥梁拆除废气

在桥梁拆除活动中，各种细小颗粒在外力作用下形成扬尘，其次在施工场地清理和建筑垃圾堆放、运输过程中会造成扬尘污染。拆迁产生的扬尘量与拆迁方式、有无防护措施、当时的气象条件等因素有关。拆除活动工期短，这类粉尘在采取洒水降尘、遮挡的措施下，对周边大气环境影响较小。

另外针对桂头大桥、桂头新桥及周围环境的特点、工期要求，使用乳化炸药（硝酸铵、乳化剂）进行爆破拆除，炸药总使用量约为 $1.62\text{t}/\text{a}$ ，爆破时会产生粉尘、CO 和 NO_x 等污染物，污染源主要集中在桥梁拆除区。类比同类工程，爆破产生的粉尘、 NO_x 排放系数分别以 $47.49 (\text{kg 粉尘}/\text{t 炸药})$ 和 $3.508 (\text{kgNO}_x/\text{t 炸药})$ 计，估算出本桥梁拆除工程施工爆破产生的粉尘、 NO_x 的量分别为 0.077t 、 0.006t ，产生量很小经风力稀释后对环境的影响较小。

二、营运期

（一）船舶废气

航道整治后，在其运行发挥效益期间，本身并不排放任何污染物，不会对环境产生不利影响。间接影响为过往船舶产生的船舶废气，其影响采用类比分析。

（1）主要污染影响分析

航道内的大气污染源主要是船舶废气。由于航道经整治后，通行的船舶数量将会增加、船型也将以大中型船舶为主，根据工程分析，船舶废气为无组织排放源，具有近距离的污染特点，废气的排放将对环境空气产生一定污染影响，但这种影响仅局限在排放点 50m 范围内，均发生在航道范围内，不会对航道两侧的居民产生污染影响。

（2）航道整治后对环境空气的正效益

航道整治后，通过航道的大吨位船舶比例将逐步提高，大吨位船舶的动力设备和防污设施明显好于小型船舶，在年通过货运总量相同的情况下，船舶排放的废气

总量比以前将会明显减少。

航道整治实施后，河段通航条件变好，过往船舶有所增加，船舶排放的废气和污水量将有所增加，但对区域环境影响不大。航道整治后，随着航道沿线护岸工程和绿化工程的实施，航道沿线的环境空气质量将得到较大改善，对沿线环境保护目标基本不产生影响。

（二）汽车尾气

一般来讲，敏感点受汽车尾气中的 NO_x 污染的程度与汽车尾气排放量、气象条件有关，同时还与敏感点同路之间水平距离有较大关系，即交通量越大，污染物排放量越大；相对距离越近，污染物浓度越高；风速越小，越不利于扩散，污染物浓度越高；敏感点处在桥梁下风向时，其影响程度越大。

桥梁为开放式的广域扩散空间，且单辆汽车为移动式污染源，整个桥梁可看作很长路段的线状污染源，汽车尾气相对于长路段来说，扩散至桥梁两侧一定距离的敏感点处的 NO_x 浓度较低，一般在桥梁中心线两侧 20m 处均可达到国家环境空气质量一级标准浓度，汽车尾气对路侧敏感点的影响很小。拟建桥梁评价范围内的敏感点一般位于线路中线 20m 以外，在这种情况下，路侧 NO_x 的浓度一般可以达到二级标准限值要求，因此拟建桥梁路运营期汽车尾气 NO_x 对沿线敏感点的环境空气质量的影响较小。

11.4.3 声环境影响评价结论

一、施工期

（一）施工机械噪声

施工各阶段，将会对项目周围环境造成噪声污染。由于建筑工地的流动性、施工周期的阶段性和施工过程中的突击性，控制难度大。针对施工期噪声特点，本评价建议：

- （1）采用低噪声的施工机械和先进的施工技术，使施工噪声源强降低。
- （2）规范施工秩序，文明施工作业。
- （3）对产生噪声的施工设备加强维护和维修工作，对噪声的降低有良好作用。
- （4）合理安排运输车辆的路线和工作时间，尤其在深夜，避免运输车辆经过居民居住区，防止噪声扰民。

（二）施工爆破噪声影响分析

桥梁拆除工程爆破瞬间产生声级较大的噪声和振动。其中爆破噪声具有声值高，历时短的特点，对附近声环境敏感目标在短时间内具有较强烈的感官，但由于时间短，这类不利影响有限。根据中南水电院在向家坝水电站在施工区进行的爆破试验监测结果，在距爆炸中心 100m~450m 的范围内噪声声级平均为 128dB(A)，在爆破的瞬间其周边敏感点的声环境质量无法满足 60dB(A) 的要求，因此会对本工程枢纽工程周边的居民产生一定的声环境影响，考虑到爆破噪声为瞬时性，短暂的，在爆破结束后其声环境质量恢复到原来的水平。

因此，在通过合理确定爆破的剂量，选取选择低威力、低爆速的乳化炸药，合理安排爆破时间并提前通知当地居民等方式来减缓爆破噪声对周边居民的影响。

二、营运期

（一）船舶交通噪声

本工程主要噪声源为航行船舶的交通噪声。根据船舶工程设计规范，内河货运船舶舱室内噪声级最大为 70dB(A)，再经过船舱壁阻隔及水面衰减，船舶外噪声级将进一步减小。

船舶交通噪声在 21m 衰减至 70dB(A)，衰减至 55dB(A) 的距离为 119m。运输卡车在 26m 衰减值 70dB(A)，衰减至 55dB(A) 的距离为 162m，船舶鸣笛偶发噪声在 286m 衰减值 70dB(A)，由此可知，项目运营后，其船舶交通噪声以及运输卡车在 35m 均能达到 4 类昼间标准，夜间需 162m 才能达到 4 类夜间标准，加强对运输车辆的管理和限速等措施来减缓交通噪声对夜间声环境的影响。而船舶偶发噪声需要到 286m 才能达到标准，采取鸣笛限制措施，船舶交通噪声对沿岸噪声贡献值很小，仅 1dB 左右，对区域声环境质量影响很有限。

因此，项目建设运行后，在鸣笛限制、加强对运输车辆的管理和限速等措施实施后，其对区域周边环境影响较小。

（二）桥梁交通噪声

根据桥梁两侧达标距离的预测结果可知：由于车流量不大，运营远期，桥梁两侧 35m 范围内能达到 4a 类声环境功能区标准；运营远期桥梁两侧 35m 外可达 2 类声环境功能区标准。

结合对各声环境保护目标的声环境影响预测可知，项目运营后，对沿线声环境保护目标的有一定影响，特别是临近桥梁的长来镇区、东岸村、杨溪村、桂头镇等，在综合考虑了项目沿线各敏感点特征、公路特点、预测结果、所需的降噪效果以及

各种降噪措施适用的条件等各种因素的基础上，本着技术可行、经济合理、同时又兼顾公平的原则，主要推荐低噪路面作为降噪措施，确保声环境保护目标达标。

11.4.4 固体废物环境影响评价结论

一、施工期

1、生活垃圾

施工队伍在船上作业会产生一定量的生活垃圾，按施工人员每人每日产生生活垃圾 1kg 计，施工船舶的施工人員按每船 6 人计，施工船舶总数 24 艘，则施工人员所产生的生活垃圾量为 0.144t/d；另外，码头建设施工人员约为 90 人，生活垃圾产生量为 0.09t/d。施工工区高峰期生产人員为 500 人，则生活垃圾产生量为 0.5t/d。

则施工期间共产生生活垃圾 0.734t/d。生活垃圾委托环卫部门清运处理。

2、施工船舶维修废物

在施工船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船 20kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为 5.76t/a，属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性 T，I），须委托有资质公司收集处理。

3、工程弃渣

根据本工程设计报告，本工程施工期产生七星墩船闸弃渣量为 231.19 万 m³，长安船闸弃渣量为 108.92 万 m³，桥梁工程弃渣量为 2.13 万 m³，总弃渣量为 342.24 万 m³，各弃渣运输至弃渣场进行堆存。

4、隔油池油渣

机械修配废水处理过程中，设置隔油池，会产生隔油池油渣，根据《国家危险废物名录》（2021年），隔油产生的浮油属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-249-08，危险废物名称为：其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及含矿物油废物，危险特性 T，I），整个施工过程油渣产生量约为 2t，产生的油渣应按规定临时贮存，再交由有资质单位回收处理。

5、沉淀池污泥

施工期废水均经过沉淀池处理后回用，因此沉淀池内会产生一定量的污泥，因施工时间、天气、围堰工程地底渗水等不确定因素，产生量按废水处理量的 0.1% 估算，为 0.24t/d，污泥由施工人员清捞，运至弃渣场处理。

采取上述措施后，施工期固体废物对环境的污染影响很小。

二、营运期

1、船舶生活垃圾

根据北江航道运输量预测，1000t 级船平均以 10 人/艘计，船员按照 1.0kg/d 人计算，则 2045 年船舶运输产生生活垃圾量为 0.5t/d，船舶生活垃圾到港后委托有资质公司清运处理。

2、管理人员生活垃圾

另外，本工程各类管理人员共 36 人，按 1kg/(人·d) 计算，则生活垃圾量为 36kg/d，这部分生活垃圾将由环卫部门清运处理。

3、船舶维修废物

在船舶的日常维护过程中，还会产生维修垃圾，主要成份有油泥、金属等，船舶维修保养产生的固体废弃物产生量按每艘船 10kg/次计算，每月维修保养一次。则船舶维修废物产生量为 6t/a，船属于该名录中明确规定的危险废物（危废编号 HW08 废矿物油与含矿物油废物，行业来源为非特定行业，危废代码 900-214-08，危险废物名称为：车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，危险特性 T，I），须委托有资质公司收集处理。

采取上述措施后，项目营运期产生的固体废物对环境的污染影响很小。

11.4.5 环境风险评价结论

本项目属于航道工程，不涉及重大风险源，本项目的风险主要来自于施工期或运营期船舶碰撞或沉没等造成的漏油，由于管理疏忽、操作违反规章或失误等原因引起石油类跑、冒、滴、漏事故而引起环境污染风险。

为避免安全、消防风险事故发生后对环境造成的污染，建设单位首先应树立安全风险意识，并在管理过程中强化安全风险意识。在实际工作和管理过程中应按照相关部门的要求，严格落实安全风险防患措施，并自觉接受相关部门的监督管理。

同时，建设单位应制定切实可行的环境风险事故应急预案，当出现事故时，要采取应急措施，以控制事故和减少对环境造成的危害，做好事故发生后的次生环境

问题的处置工作。

总的来说，项目的建设在严格按照环保、安监、消防等部门的要求，落实环境风险防范措施和应急措施后，环境风险是可以接受的。

11.5 公众调查结论

本项目的环评公众参与按相关要求在广东韶科环保科技有限公司网站进行了两次信息公示，并在韶关日报及项目周边区域进行了第二次公示和报告书征求意见稿公示。

在公示期间，未收到公众的反对意见。建设单位表示确保本工程环境保护设施的“三同时”，在日常运营中多与周围公众进行沟通，及时解决出现的环境问题，以实际行动取得周围公众的支持，取得经济效益和社会效益双丰收。

11.6 综合结论

北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）的实施具有广泛的经济效益和社会效益。工程实施后，工程所在江段通航条件将得到较大程度的改善，航行安全将显著提高，对促进区域水运事业的发展、区域国民经济的持续发展提供基础和保障作用具有现实而深远的意义。

工程施工期对环境有短暂的污染影响，但采取适当的措施，加强管理，是可以避免或减缓的，施工期的环境影响是暂时的，随着施工的结束，污染也随之消失。

项目建设符合国家、地方产业政策及相关规划，符合“三线一单”的管控要求。工程实施不会造成水文情势重大变化，生态影响有限，通过合理的生态恢复、补偿措施减缓对生态环境影响，可使工程对环境的不利影响可以得到有效控制和缓解，并能够做到污染物达标排放。

因此，从环境保护角度分析，在落实报告书提出的各项环保措施和要求后，北江航道扩能升级上延工程（武江长来至桂头段）在环境上是可行的。