台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程（二期）

环境影响报告书

（公示稿）

建设单位：中广核台山川岛风力发电有限公司

评价单位：广东三海环保科技有限公司

二〇二五年十二月

打印编号：1751941345000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	xtci98
建设项目名称	台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程（二期）
建设项目类别	54--152海底隧道、管道、电（光）缆工程
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	中广核台山川岛风力发电有限公司
统一社会信用代码	91440781669863326 4
法定代表人（签章）	孙文博 孙文博
主要负责人（签字）	莫钊文 莫钊文
直接负责的主管人员（签字）	罗康 罗康
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	广东三海环保科技有限公司
统一社会信用代码	91440105MA59CA5093
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
蔡淑娟	2016035440352014449907000529	BH022509	蔡淑娟

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
鲁珈余	1、概述，2、总则，5、环境现状调查与评价，7、环境风险评价，9、工程环境可行性分析	BH011755	鲁珈余
蔡淑娟	3、工程概况，4、工程分析，6、海洋生态环境影响预测与评价，8、环境保护措施与监测计划，10、环境影响评价结论及建议	BH022509	蔡淑娟

关于项目环境影响评价文件不涉密的说明

江门市生态环境局：

根据《中华人民共和国政府信息公开条例》、《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）规定，拟公开的《台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程（二期）环境影响报告书-公示稿》环评文件中不包含国家机密、商业秘密、个人隐私以及涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容。拟公开的环评文件中申请不公开的信息及理由如下：

项目	内容	申请不公开理由
1	路由拐点坐标	商业秘密
2	水文观测站位经纬度及站位图、水文分析图件	商业秘密
2	海洋环境现状调查站位表及站位图	商业秘密

注：申请不公开信息覆盖空白页或删除处理。

建设单位（盖章）：

法定代表人（签名）：刘文博

环评单位（盖章）：

法定代表人（签名）：

2025 年 12月 17日

建设项目环境影响报告书（表）
编制情况承诺书

本单位 广东三海环保科技有限公司 （统一社会信用代码 91440105MA59CA5093 ）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的 台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程（二期） 项目环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为 蔡淑娟 （环境影响评价工程师职业资格证书管理号 2016035440352014449907000529 ，信用编号 BH022509 ），主要编制人员包括 蔡淑娟 （信用编号 BH022509 ）、 鲁珈余 （信用编号 BH011755 ）（依次全部列出）等 2 人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位（公章）：

2025年7月8日

承诺书

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国行政许可法》《环境影响评价公众参与办法》（部令第 4 号），特对报批台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）环境影响评价文件作出如下承诺：

1、我们共同承诺对提交的项目环境影响评价文件及相关材料（包括但不限于建设项目内容、建设规模、环境质量现状调查、相关检测数据、公众参与调查结果）真实性负责；如违反上述事项，在环境影响评价工作中不负责任或弄虚作假等致使环境影响评价文件失实，我们将承担由此引起的一切责任。

2、我们承诺提交的环境影响评价文件报批稿已按照技术评估的要求修改完善，本报批稿的内容与经技术评估同意报批的版本内容完全一致，我们将承担由此引起的一切责任。

3、在项目施工期和营运期，严格按照环境影响评价文件及批复要求落实各项污染防治和风险事故防范措施，如因措施不当引起的环境影响或环境事故责任由建设单位承担。

4、我们承诺廉洁自律，严格按照法定条件和程序办理项目申请手续，绝不以任何手段和方法干扰项自评估及审批管理人员，以保证项目审批公正性。

建设单位（盖章）：　　环评单位（盖章）：

法定代表人（签名）：　　法定代表人（签名）：

2015 年 12 月 17 日

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.

中华人民共和国人力资源和社会保障部

approved & authorized by

Ministry of Human Resources and Social Security

The People's Republic of China

中华人民共和国环境保护部

approved & authorized by

Ministry of Environmental Protection

The People's Republic of China

编号：
No. HP 00019356

持证人签名：
Signature of the Bearer

蔡淑娟

管理号：20160354403520144499070005 29
File No.

姓名：蔡淑娟
Full Name

性别：女
Sex

出生年月：1986年05月
Date of Birth

专业类别：
Professional Type

批准日期：2016年05月22日
Approval Date

签发单位盖章：
Issued by

广东省人力资源和社会保障厅 专业技术人员资格考试证书专用章(1)

签发日期：2016 年 08 月 30 日
Issued on

20251218686312216 6

广东省社会保险个人参保证明

该参保人在广东省参加社会保险情况如下：

姓名	蔡淑娟	证件号码	
参保险种情况			

参保起止时间			单位	参保险种		
				养老	工伤	失业
202501	-	202512	广州市:广东三海环保科技有限公司	12	12	12
截止			2025-12-18 09:23 ，该参保人累计月数合计	实际缴费12个月，缓缴0个月	实际缴费12个月，缓缴0个月	实际缴费12个月，缓缴0个月

网办业务专用章

备注：

本《参保证明》标注的“缓缴”是指：《转发人力资源社会保障部办公厅 国家税务总局办公厅关于特困行业阶段性实施缓缴企业社会保险费政策的通知》（粤人社规〔2022〕11号）、《广东省人力资源和社会保障厅 广东省发展和改革委员会 广东省财政厅 国家税务总局广东省税务局关于实施扩大阶段性缓缴社会保险费政策实施范围等政策的通知》（粤人社规〔2022〕15号）等文件实施范围内的企业申请缓缴三项社保费单位缴费部分。

证明机构名称（证明专用章） 证明时间 2025-12-18 09:23

202512186818538961

广东省社会保险个人参保证明

该参保人在广东省参加社会保险情况如下：

姓名	鲁珈余	证件号码	
参保险种情况			

参保起止时间			单位	参保险种		
				养老	工伤	失业
202501	-	202512	广州市:广东三海环保科技有限公司	12	12	12
截止			2025-12-18 09:22 ，该参保人累计月数合计	实际缴费12个月，缓缴0个月	实际缴费12个月，缓缴0个月	实际缴费12个月，缓缴0个月

网办业务专用章

备注：

本《参保证明》标注的“缓缴”是指：《转发人力资源社会保障部办公厅 国家税务总局办公厅关于特困行业阶段性实施缓缴企业社会保险费政策的通知》（粤人社规〔2022〕11号）、《广东省人力资源和社会保障厅 广东省发展和改革委员会 广东省财政厅 国家税务总局广东省税务局关于实施扩大阶段性缓缴社会保险费政策实施范围等政策的通知》（粤人社规〔2022〕15号）等文件实施范围内的企业申请缓缴三项社保费单位缴费部分。

证明机构名称（证明专用章） 证明时间 2025-12-18 09:22

营业执照

(副 本) 编号 S0512016003959 (1-1)

统一社会信用代码 91440105MA59CA5093

名　　称	广东兰海环保科技有限公司
类　　型	有限责任公司(自然人独资)
住　　所	广州市海珠区赤岗北路8号1113、1114房（仅限办公用途）
法定代表人	祁正举
注册资本	壹仟万元整
成立日期	2016年03月31日
营业期限	2016年03月31日 至 长期
经营范围	科技推广和应用服务业（具体经营项目请登录广州市商事主体信息公示平台查询。依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动。）

广州工商

登记机关

广州市海珠区工商行政管理局

2017 年 05 月 02 日

目录

1 概述

1.1建设项目背景

中广核台山上川风电场位于广东省台山市川岛镇上川岛，原安装100台V52-850型风电机组，装机容量为85MW。台山上川风电场至今已运行10年时间，该风电场建成当时我国风电产业处于起步阶段，风机技术不够成熟，资源利用效率低，且老机型无法适应新型电网，环境适应能力差导致并网的安全性低。因此，中广核台山上川风电场拟实施中广核台山上川风电场“大代小”工程，进行增容改造，拟拆除100台850kW机组，新建34台单机容量为7.0MW风力发电机，改造后总容量为238MW，原110kV 升压站改造为220kV升压站，送电方向为台开恩地区。

上川风电场现有1回110kV出线至110kV上川站，通过110kV上川-下川-阁安线路送入220kV阁安站。近区有3座220kV变电站，分别为阁安站（2×180MVA）、唐美站（150+180MVA）、牛山站（2×180MVA）。由于近区上川站、下川站岛屿负荷很低，且110kV阁川线、川上线、风川线的线径小，输送能力有限，上川风电场扩容为238MW后，原110kV 升压站改造为220kV升压站，原有接入系统方案已不能满足改造项目的接入需求，需寻找新的接入点，实施“台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程”。

《中广核江门台山上川岛风电场工程项目“大代小”改造工程接入系统报告》对中广核江门台山上川岛风电场工程项目“大代小”改造工程接入系统进行比选，最终推荐的接入系统方案为：从上川风电场新建1回220kV出线至隆文风电场，包含上川风电升压站-上川电缆终端段场架空线路、海宴电缆终端场-隆文风电场段场架空线路和海缆工程（其中位于海上的14.66km），同时配套在隆文风电场升压站扩建1个与本工程相关的220kV出线间隔；该项目拟分两期建设，其中一期工程建设内容主要为陆上架空线路、扩建间隔及海缆的陆上部分，二期工程建设内容为海缆的海上部分（14.66km海底电缆管道）。本次仅对台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程的二期开展环境影响评价，评价对象为14.66km海底电缆工程。台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程（一期）已另行单独委托开展环境影响评价，并已于2025年12月2日取得了江门市生态环境局《关于江门台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程环境影响报告表的批复》（江台环辐〔2025〕4号）。

本项目海底电缆管道需穿越海洋生态保护红线，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“**五十四、海洋工程**”中“152、海底隧道工程；挖沟埋设单条管道长度 20 公里及以上的海上和海底电（光）缆工程、海上和海底输水管道工程、天然气及无毒无害物质输送管道工程；长度 1 公里及以上的海上和海底有毒有害及危险品物质输送管道等工程；**涉及环境敏感区的海底管道、电（光）缆工程**”，需编制环境影响报告书。为此，中广核台山川岛风力发电有限公司委托广东三海环保科技有限公司（以下简称“环评单位”）承担台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）以下简称“本项目”的环境影响评价工作。接受委托后，环评单位组成了项目组，制定了本项目环境影响评价实施计划，收集相关资料，并根据有关法律法规、环境政策、环境影响评价技术导则等，编制完成了《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）环境影响报告书》。

1.2建设项目特点

1.工程特点

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）新建 220kV 海底电缆线路起于上川电缆终端场，止于海宴电缆终端场，线路长约 14.66km，海缆拟采用直流铜芯交联聚乙烯绝缘铅套聚乙烯外护套粗圆钢丝铠装聚丙烯纤维外被层光电复合海底电缆，导体截面为 630mm^2，内置光缆为 2×48 芯，型号为 HYJQF41-F-127/220-3×630+2×48C。

本项目海底电缆用海总面积为 29.6296 公顷。根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府 2022 年批复海岸线 44.6m，岸线类型为自然岸线，用海期限为 26 年。

2. 环境及影响特点

本项目主要特点体现在以下几方面：

（1）本项目海底电缆管道需穿越广海湾重要渔业资源产卵场和小湾海岸侵蚀极脆弱区等 2 个生态保护红线区，项目选线涉及生态环境敏感区。

（2）本项目不位于大气一类环境功能区和声环境 0 类、1 类功能区，大气环境和

声环境敏感程度整体较低。

（3）本项目用海方式不改变海域和岸线的自然属性，产生的生态环境影响主要为施工期间海缆铺设施工悬浮泥沙入海影响，工程占用海域及悬沙对海洋生态环境的影响，以及工程建设对环境敏感区、环境保护目标的影响。

1.3环境影响评价工作过程

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）和《环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2016）等要求，本项目环境影响评价工作程序见图 1.3-1。

在调查分析和工作方案阶段，项目组对现场进行细致踏勘，收集工程、建设地点及海洋环境质量现状等各方面资料，并进行详细分析，识别并确定了评价重点和保护目标，确定评价工作等级、评价范围和评价标准。随后在分析论证和预测评价阶段，对项目进行了详细的工程分析，并在此基础上开展各环境要素的环境影响预测分析，评价项目环境影响。在最后的环境影响评价文件编制阶段，综合各专题环境影响分析评价结论，提出相应技术经济可行的环境保护措施与建议，最终给出建设项目环境可行性的评价结论，编制形成《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）环境影响报告书》。

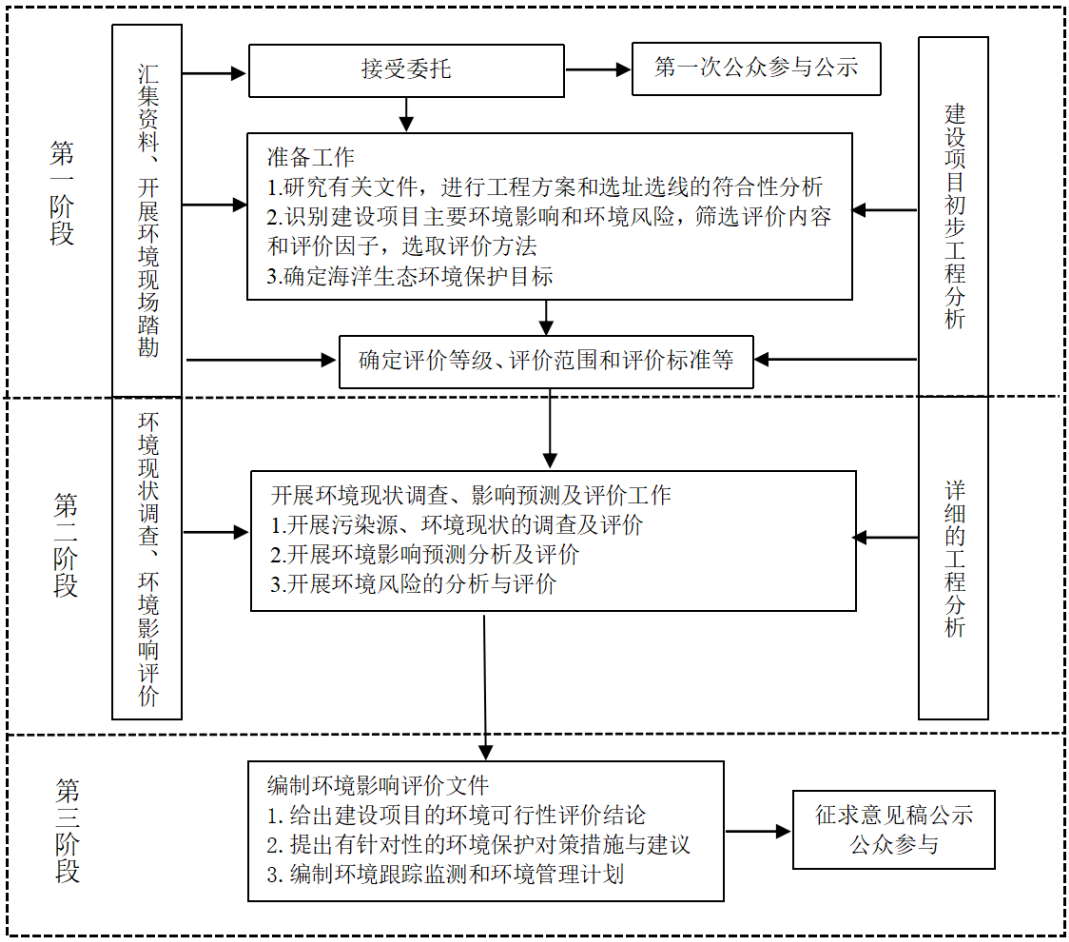

图 1.3-1 本项目环境影响评价工作程序

1.4 分析判定相关情况

本项目符合国家产业政策要求，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《台山市国土空间总体规划（2021-2035）》等国土空间规划要求，符合广东省及江门市的“三线一单”要求，符合“三区三线”中的生态保护红线管控要求，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《广东省电网发展“十四五”规划》《广东省推进能源高质量发展实施方案（2023-2025 年）》《广东省能源发展“十四五”规划》《2030 年前碳达峰行动方案》《江门市能源发展“十四五”规划》《广东省生态环境保护“十四五”规划》《江门市生态环境保护“十四五”规划》《台山市生态环境保护“十四五”规划》等相关规划、法律法规及规范性文件要求。

1.5关注的主要环境问题及环境影响

结合本项目及所在区域特点，本项目应着重关注以下几个环境问题：

（1）本项目海底电缆铺设过程不可避免地会对海洋生态环境等造成一定的影响，需关注海底电缆管道铺设对海洋生态环境造成的影响及引起的底栖生物和渔业资源等生物量损失，并提出相应保护措施。

（2）需关注本项目施工及运营期对海洋环境保护目标的影响。

（3）客观原因造成项目线路工程不可避免穿越广海湾重要渔业资源产卵场和小湾海岸侵蚀极脆弱区等生态保护红线，需关注项目穿越生态保护红线的合法合理性。

1.6综合评价结论

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）属于陆上风电项目配套建设的海底电缆工程，符合国家产业政策，选址符合相关规划要求。本工程建设会对海域环境产生一定的影响。针对本项目的工程特点和环境特征，本报告提出了相应的生态环境保护和污染防治对策措施、风险防范对策措施。评价认为：在建设单位认真落实报告书提出的各项污染防治、生态保护对策措施及风险防范措施的前提下，工程建设所造成的环境影响和生物资源损失在可接受的范围内，从环境影响和环境保护的角度考虑，台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）建设总体可行。

2 总则

2.1编制依据

2.1.1 国家法律法规、相关部门规章及规范性文件

（1）《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日起施行）；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日起施行）；

（3）《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023年10月24日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订）；

（4）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日修正）；

（5）《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年1月1日起施行）；

（6）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2021年12月24日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022年6月5日起施行；

（7）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年4月29日修订，2020年9月1日施行）；

（8）《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月 29 日修改并施行）；

（9）《中华人民共和国渔业法》（2013年12月28日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第四次修正）；

（10）《中华人民共和国海上交通安全法》（由中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议于2021年4月29日修订通过，现予公布，自2021年9月1日起施行）；

（11）《中华人民共和国野生动物保护法》，由中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议于2022年12月30日修订通过，自2023年5月1日起施行；

（12）《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017年10月7日修订）；

（13）《建设项目环境保护管理条例》（2017年7月16日修订）；

（14）《防治船舶污染海洋环境管理条例》（根据2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第六次修订））；

（15）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》

（2018年3月19日第三次修订）；

（16）《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2013〕86号）；

（17）《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》（交通运输部令2016年第83号）；

（18）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号）；

（19）《市场准入负面清单（2025年版）》，发改体改规〔2025〕466号；

（20）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号），2020年11月30日；

（21）《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第4号）；

（22）《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）；

（23）《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98号文）；

（24）《关于发布<一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准>等三项固体废物污染控制标准的公告》（公告2020年第65号），生态环境部，2021年7月1日起实施；

（25）《近岸海域环境功能区管理办法》，国家环护总局，〔1999〕8号；

（26）《海底电缆管道保护规定》，中华人民共和国国土资源部令第24号；

（27）《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）；

（28）《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（中华人民共和国交通运输部令2021年第24号），交通运输部，2021年9月1日；

（29）国家发展改革委 国家能源局 财政部 自然资源部 生态环境部 住房和城乡建设部 农业农村部 中国气象局 国家林业和草原局《关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知》（发改能源〔2021〕1445号），2021年10月21日。

（30）《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）“三区三线”划定成果作为报批建设启用项目用地用海依据的函》，自然资办函〔2022〕2207号，自然资源部办公厅，2022年10月14日；

（31）《中国海洋渔业水域图（第一批）》，中华人民共和国农业部公告第 189 号，2002 年 2 月。

2.1.2 地方法律法规、相关部门规章及规范性文件

（1）《广东省环境保护条例》（2022 年 11 月 30 日，广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议通过修改）；

（2）《广东省大气污染防治条例》（2022 年修正）；

（3）《广东省水污染防治条例》（根据 2021 年 9 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议《关于修改〈广东省城镇房屋租赁条例〉等九项地方性法规的决定》修正）；

（4）《广东省固体废物污染环境防治条例》（2018 年 11 月 29 日修订）；

（5）《广东省野生动物保护管理条例》（自 2020 年 5 月 1 日起施行）；

（6）《广东省渔业管理条例》（广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十四次会议第三次，2019 年 9 月 25 日修正）；

（7）《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）；

（8）《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号，广东省自然资源厅，2025 年 1 月 23 日）；

（9）《关于印发<广东省海洋工程建设项目环境保护监督管理办法（试行）>的通知》（粤海渔函〔2017〕1252 号，2017 年 11 月 9 日）；

（10）《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，广东省人民政府，2020 年 12 月 29 日；

（11）《广东省生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，2021 年 11 月 9 日；

（12）《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，2022 年 4 月 27 日；

（13）《广东省生态文明建设“十四五”规划》，广东省人民政府，2021 年 10 月 9 日；

（14）《广东省水生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，2021 年 12 月 3 日；

（15）《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护

红线管理的通知（试行）》，2023年11月28日；

（16）《广东省自然资源厅关于下发生态保护红线和“双评价”矢量数据成果的函》，广东省自然资源厅，2020年12月24日；

（17）《广东省国土空间规划（2021-2035年）》，2023年8月18日；

（18）《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035年）》，2023年5月10日；

（19）《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，粤自然资发〔2025〕1号，广东省自然资源厅，2025年1月23日；

（20）《广东省发展和改革委员会 广东省能源局 广东省科学技术厅 广东省工业和信息化厅 广东省自然资源厅 广东省生态环境厅关于印发广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021-2025年）的通知》，广东省发展和改革委员会、广东省能源局、广东省科学技术厅 广东省工业和信息化厅、广东省自然资源厅、广东省生态环境厅，2020年9月25日；

（21）《广东省能源发展“十四五”规划》（粤府办〔2022〕8号）；

（22）《江门市能源发展“十四五”规划（2021-2025年）》（江府〔2021〕20号）；

（23）《江门市人民政府关于印发江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）的通知》（江府〔2024〕15号）；

（24）《江门市生态环境保护“十四五”规划》；

（25）《江门市人民政府办公室关于印发江门市环境空气质量功能区划调整方案（2024年修订）的通知》（江府办函〔2024〕25号）；

（26）《关于印发<江门市声环境功能区划>的通知》（江环〔2019〕378号）；

（27）《江门市国土空间总体规划（2021-2035）》；

（28）《江门市电网专项规划（2020-2035年）修编（2025版）》；

（29）《台山市国土空间总体规划（2021-2035）》；

（30）《台山市生态环境保护“十四五”规划》。

2.1.3 技术标准及规范

（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 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；

（3）《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；

（4）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；

（5）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

（6）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

（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 声环境》（HJ2.4-2021）；

（9）《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；

（10）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；

（11）《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T 105-2021）；

（12）《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》；

（13）《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）；

（14）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局，2002 年 4 月)；

（15）《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

（16）《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；

（17）《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017）；

（18）《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）；

（19）《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113-2020）

（20）《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；

（21）《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）；

（22）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；

（23）《用水定额 第 3 部分：生活》（DB44/T 1461.3-2021）。

2.1.4 相关技术文件

（1）《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程可行性研究报告》，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2025 年 4 月；

（2）《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆路由选择依据说明材料》，中广核台山川岛风力发电有限公司，2025 年 4 月；

（3）《中广核台山上川风电场“大代小”改造项目接入系统报告》，江门电力设计院有限公司，2025 年 4 月；

（4）《中广核江门台山上川岛风电场工程项目“大代小”改造工程可行性研究报告》，中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司，2025 年 4 月；

（5）《中广核台山隆文（广海、端芬、汶村）风电场改造项目环境影响报告书》，

广州材高环保科技有限公司，2024 年 12 月；

（6）《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（一期）环境影响报告表》，广东三海环保科技有限公司，2025 年 11 月；

（7）《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告（海域段）》，广东三海环保科技有限公司，2025 年 11 月。

2.2生态环境功能区划

（1）近岸海域功能区划

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号），本项目海底电缆穿越沙边盐业、旅游、养殖功能区和上下川旅游、生态功能区，水质目标均为二类，本项目所在海域的近岸海域功能区登记表见表 2.2-1 所示。

表2.2-1 本项目所在海域近岸海域功能区划登记表

标识号	功能区名称	范围	主要功能	水质目标
1110	沙边盐业、旅游、养殖功能区	凌冲至浪鸡角岸段	盐业、旅游、养殖	二
1113	上下川旅游、生态功能区	上、下川岛周围 5 米等深线海域	旅游、养殖、生态保护	二

（2）海岸带及海洋空间规划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目海底电缆穿越川山群岛渔业用海区、广海湾重要渔业资源产卵场生态保护区、广海湾海洋预留区和小湾海岸侵蚀极脆弱区生态保护区。

（3）环境空气功能区划

根据《江门市人民政府办公室关于印发江门市环境空气质量功能区划调整方案（2024 年修订）的通知》（江府办函〔2024〕25 号），本项目不位于一类环境空气质量功能区，位于二类环境空气质量功能区。

（4）声环境功能区划

根据江门市生态环境局文件《关于印发<江门市声环境功能区划>的通知》（江环〔2019〕378 号）和《关于修改<江门市声环境功能区划>及延长文件有效期的通知》，江门市共划分了 5 类声环境功能区（0 类、1 类、2 类、3 类、4a 类、4b 类），未划定声环境功能区的区域留白，暂时按 2 类功能区管理。本项目海底电缆所在海域为未划定声环境功能区的区域留白，按 2 类功能区管理。

（5）生态功能区划

根据《江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）》，本项目穿越的海域环境管控单元包括川山群岛农渔业区（HY44070030010）、广海湾重要渔业资源产卵场（HY44070010004）、小湾海岸侵蚀极脆弱区（HY44070010018）。

根据《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《台山市国土空间总体规划（2021-2035）》，本项目海底电缆管道涉及占用海洋生态保护红线。

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号），本项目海底电缆穿越生态保护红线中的“广海湾重要渔业资源产卵场”和“小湾海岸侵蚀极脆弱区”。

（6）地下水功能区划

根据《广东省地下水功能区划》，本项目海底电缆所在海域未划定地下水环境功能区。

（7）小结

本项目所在地的环境功能区划详见下表 2.2-2。

表 2.2-2　项目所在区域环境功能区

序号	评价区域	功能区划分
1	近岸海域环境功能区	穿越沙边盐业、旅游、养殖功能区和上下川旅游、生态功能区，水质目标均为二类
2	海岸带及海洋空间规划	穿越川山群岛渔业用海区、广海湾重要渔业资源产卵场生态保护区、广海湾海洋预留区和小湾海岸侵蚀极脆弱区生态保护区
3	环境空气功能区	属于环境空气二类区。
4	声环境功能区	本项目海底电缆所在海域为未划定声环境功能区的区域留白，按 2 类功能区管理
5	生态功能区划	本项目穿越的海域环境管控单元包括川山群岛农渔业区（HY44070030010）、广海湾重要渔业资源产卵场（HY44070010004）、小湾海岸侵蚀极脆弱区（HY44070010018），穿越生态保护红线中的“广海湾重要渔业资源产卵场”和“小湾海岸侵蚀极脆弱区”
6	地下水功能区划	未划定功能区
7	污水处理厂集水范围	否
8	饮用水源保护区	否
9	基本农田保护区	否
10	自然保护区和风景名胜区	否
11	水库库区	否
12	文物保护单位	否

2.3 评价标准

2.3.1 环境质量标准

（1）海水水质标准

《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）覆盖水域测站的水质标准按近岸海域环境功能区划执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应标准限值（第二类）。近岸海域功能区划未覆盖海域的测站，由于所在海域主要功能为水产养殖等，属于《海水水质标准》（GB3097-1997）中划分的第二类海水水质分区。执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第二类海水水质标准。因此，本次各海水水质调查站位均执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第二类海水水质标准，具体标准限值详见表 2.3.1-1 所示。

表 2.3.1-1　海水水质标准（GB3097-1997）

评价因子	评价标准值（第一类	评价标准值（第二类	评价标准值（第三类	评价标准值（第四类
pH	7.8~8.5	7.8~8.5	6.8~8.8	6.8~8.8
溶解氧 DO	>6mg/L	>5mg/L	>4mg/L	>3mg/L
生化需氧量 BOD_5	≤1mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L
化学需氧量 COD	≤2mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L
活性磷酸盐	≤0.015mg/L	≤0.030mg/L	≤0.030mg/L	≤0.045mg/L
无机氮	≤0.20mg/L	≤0.30mg/L	≤0.40mg/L	≤0.50mg/L
汞	≤0.05μg/L	≤0.20μg/L	≤0.20μg/L	≤0.50μg/L
砷	≤20μg/L	≤30μg/L	≤50μg/L	≤50μg/L
总铬	≤50μg/L	≤100μg/L	≤200μg/L	≤500μg/L
锌	≤20μg/L	≤50μg/L	≤100μg/L	≤500μg/L
镉	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	≤10μg/L
铅	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L
铜	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L	≤50μg/L
石油类	≤0.05mg/L	≤0.05mg/L	≤0.30mg/L	≤0.50mg/L
挥发性酚	≤0.005mg/L	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	≤0.050mg/L
镍	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	≤0.020mg/L	≤0.050mg/L
硒	≤0.010mg/L	≤0.020mg/L	≤0.020mg/L	≤0.050mg/L

（2）海洋沉积物质量标准

根据《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），按照海域的不同使用功能和环境保护目标，海洋沉积物质量分为三类。

第一类 适用于海洋渔业水域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海

水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。

第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第三类 适用于海洋港口水域，特殊用途的海洋开发作业区。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，项目及调查站位所在海域主要规划为生态保护区和渔业用海区，属于《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中划分的第一类标准适用区，执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类海洋沉积物质量标准，标准限值详见表2.3.1-2所示。

表 2.3.1-2 海洋沉积物质量（GB18668-2002）

污染因子	石油类（$\times10^{-6}$）	Pb（$\times10^{-6}$）	Zn（$\times10^{-6}$）	Cu（$\times10^{-6}$）	Cd（$\times10^{-6}$）	Hg（$\times10^{-6}$）	As（$\times10^{-6}$）	Cr（$\times10^{-6}$）	有机碳（$\times10^{-2}$）	硫化物（$\times10^{-6}$）
第一类≤	500	60.0	150.0	35.0	0.50	0.20	20.0	80.0	2.0	300
第二类≤	1000	130.0	350.0	100.0	1.50	0.50	65.0	150.0	3.0	500
第三类≤	1500	250.0	600.0	200.0	5.00	1.0	93.0	270.0	4.0	600

（3）海洋生物质量标准

根据《海洋生物质量》（GB18421-2001），海洋生物质量按照海域的使用功能和环境保护的目标划分为三类。

第一类 适用于海洋渔业水域、海水养殖区、海洋自然保护区、与人类食用直接有关的工业用水区。

第二类 适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区。

第三类 适用于港口水域和海洋开发作业区。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，项目及调查站位所在海域主要规划为生态保护区和渔业用海区，属于《海洋生物质量》（GB18421-2001）中划分的第一类标准适用区，贝类样品质量执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的第一类海洋生物质量标准，标准限值详见表 2.3.1-3 所示。此外，海洋生物中的软体类（非双壳贝类）、甲壳类和鱼类生物体内污染物质含量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中“附录 C 其他海洋生物质量参考值”，详见表 2.3.1-4。

表 2.3.1-3　海洋生物质量（GB18421-2001）-贝类　单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
总汞≤	0.05	0.10	0.30
镉≤	0.2	2.0	5.0
铅≤	0.1	2.0	6.0
铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
石油烃≤	15	50	80
砷	1.0	5.0	8.0
铬	0.5	2.0	6.0
注：以贝类去壳部分的鲜重计。			

表 2.3.1-4　其他海洋生物质量参考值（鲜重：mg/kg）

生物类别 / 评价因子	软体动物（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
总汞	0.3	0.2	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20

（4）环境空气质量标准

根据《江门市人民政府办公室关于印发江门市环境空气质量功能区划调整方案（2024 年修订）的通知》（江府办函〔2024〕25 号），本项目不位于一类环境空气质量功能区，位于二类环境空气质量功能区。执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其 2018 年修改单中的二级标准限值，各因子标准值详见表 2.3.1-5。

表 2.3.1-5 大气环境质量标准限值

项目	取值时间	浓度限值	单位
二氧化硫（SO_2）	年平均	60	μg/m³
	24 小时平均	150	
	1 小时平均	500	
二氧化氮（NO_2）	年平均	40	μg/m³
	24 小时平均	80	
	1 小时平均	200	
臭氧（O_3）	日最大8 小时平均	160	μg/m³
	1 小时平均	200	
颗粒物（粒径小于等于10μm）（PM_{10}）	年平均	70	μg/m³
	24 小时平均	150	

项目	取值时间	浓度限值	单位
颗粒物（粒径小于等于2.5μm）（$PM_{2.5}$）	年平均	35	μg/m³
	24 小时平均	75	
一氧化碳（CO）	1 小时平均	4	μg/m³
	24 小时平均	10	

（5）声环境质量标准

根据江门市生态环境局文件《关于印发<江门市声环境功能区划>的通知》（江环〔2019〕378 号）和《关于修改<江门市声环境功能区划>及延长文件有效期的通知》，江门市共划分了 5 类声环境功能区（0 类、1 类、2 类、3 类、4a 类、4b 类），未划定声环境功能区的区域留白，暂时按 2 类功能区管理。

本项目海底电缆所在海域为未划定声环境功能区的区域留白，按 2 类功能区管理，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准限值，详见表 2.3.1-6。

表 2.3.1-6　声环境质量标准　　单位：dB（A）

类别	昼间	夜间	备注
2 类	60	50	《声环境质量标准》（GB3096-2008）

（6）电磁环境质量标准

根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）表 1 中的公众曝露控制限值，频率为 50Hz 的电场强度公众曝露控制限值为 4000V/m，磁感应强度公众曝露控制限值为 100μT。

2.3.2 污染物排放标准

（1）水污染物排放标准

本项目施工期涉及的船舶均在 298t 级及以上，施工船舶产生的污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中相应吨级船舶收集并接入接收设施的要求执行，将在船舶设置收集装置收集污水，污水由船舶污染物接收单位接收处理，不外排，船舶污染物排放标准见表 2.3.2-1。

表 2.3.2-1　船舶污染物排放控制标准

污水类别	船舶类别/排放水域	排放控制要求
机器处所含油污水	400 总吨及以上船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，按油污水处理装置出水口石油类浓度≤15mg/L 执行或收集并排入接收设施。
	400 总吨以下船舶（非渔船舶）	自 2018 年 7 月 1 日起，按油污水处理装置出水口石油类浓度≤15mg/L 执行或收集并排入接收设施。
含货油残余物的油污水	150 总吨及以上油船	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收设施，或在船舶航行中排放，并同时满足下列条件；

<table>
<tr><th>污水类别</th><th colspan="2">船舶类别/排放水域</th><th>排放控制要求</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td>（1）油船距最近陆地50海里以上；
（2）排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过30升/海里；
（3）排入海中油污水含油量不得超过货油总量的1/30000；
（4）排油监控系统运转正常。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">船舶生活污水</td><td rowspan="3">400总吨及以上的船舶，以及400总吨以下且经核定许可载运15人及以上的船舶</td><td>距最近陆地3海里以内（含）的海域</td><td>自2018年7月1日起利用船载收集装置收集，排入接收设施或利用船载生活污水处理装置处理达到“油污水处理装置出水口处BOD_5≤25mg/L、SS≤35mg、耐热大肠菌群数≤1000个/L、COD_{Cr}≤125mg/L、pH 6~8.5、总氯≤0.5mg/L”要求后在航行中排放。</td></tr>
<tr><td>3海里<与最近陆地间距离≤12海里的海域</td><td>自2018年7月1日起，同时满足下列条件：
（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；
（2）船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。</td></tr>
<tr><td>与最近陆地间距离＞12海里的海域</td><td>自2018年7月1日起，船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。</td></tr>
<tr><td>船舶垃圾</td><td colspan="2">任何海域</td><td>1.在任何海域应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施。
2.对于食品废弃物，在距最近陆地3海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地3海里至12海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于25毫米后方可排放；在距最近陆地12海里以外的海域可以排放。
3.对于货物残留物，在距最近陆地12海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地12海里以外的海域，不含危害海洋环境物质的货物残留物方可排放。
4.对于动物尸体，在距最近陆地12海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地12海里以外的海域可以排放。
5.在任何海域，对于货舱、甲板和外表面清洗水，其其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质的方可排放，其他操作废弃物应收集并排入接收设施。
6.在任何海域，对于不同类别船舶垃圾的混合垃圾的排放控制，应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求。</td></tr>
</table>

（2）大气污染物排放标准

本项目施工期废气主要为施工扬尘、施工机械设备燃油废气和施工船舶燃油废气，废气排放执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）第二时段无组织排放监控浓度限值。

表 2.3.2-2　施工期大气污染物排放标准

标准文号	污染物	无组织排放监控浓度限值	
		监控点	浓度（mg/m³）
DB44/27-2001	SO_2	周界外浓度最高点	0.40
	NOx		0.12
	颗粒物		1.0

（3）噪声排放标准

施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），见表 2.3.2-3。

表 2.3.2-3　建筑施工场界环境噪声排放标准　　单位：dB（A）

昼间	夜间
70	55

（4）固体废物污染控制标准

一般固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）的相关要求。同时，船舶垃圾需执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的排放控制要求，见表 2.3.2-1。

2.4环境影响评价等级及评价范围

2.4.1 环境影响评价等级

2.4.1.1 海洋生态环境影响评价等级

本项目用海总面积为 29.6296 公顷，小于 100 公顷；海底电缆总长为 14.66km，小于 60km，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），确定本项目的海洋生态环境影响评价等级为 3 级，判断依据详见表 2.4.1-1 所示。

表 2.4.1-1　海洋生态环境影响评价等级判据（依据 HJ1409-2025）

影响类型 \ 评价等级		1	2	3
废水排放量 Q（$10^4m^3/d$）[a]	含 A 类污染物	Q≥2	0.5≤Q＜2	Q＜0.5
	含 B 类污染物	Q≥20	5≤Q＜20	Q＜5
	含 C 类污染物	Q≥500	50≤Q＜500	Q＜50
水下开挖/回填量 Q（10^4m^3）[b]		Q≥500	100≤Q＜500	Q＜100
泥浆及钻屑排放量 Q（10^4m^3）		Q≥10	5≤Q＜10	Q＜5
挖沟埋设管缆总长度 L（km）[c]		L≥100	60≤L＜100	**L＜60**
水下炸礁、爆破挤淤工程量 Q（10^4m^3）[d]		Q≥6	0.2≤Q＜6	Q＜0.2
入海河口（湾口）宽度束窄/拓宽尺度占原宽度的比例 R%		R≥5	1＜R＜5	R≤1
用海面积 S（hm^2）	围海	S≥100	S＜100	/
	填海	S≥50	S＜50	/
	其他用海[e]	S≥200	100≤S＜200	**S＜100**
线性水工构筑物轴线长度 L（km）	透水	L≥5	1≤L＜5	L＜1
	非透水	L≥2	0.5≤L＜2	L＜0.5
人工鱼礁固体投放量 Q（空方 10^4m^3）		Q≥10	5≤Q＜10	Q＜5

[a]：排放口位于近岸海域以外海域的评价等级降低一级（最低为 3 级）；建设项目排放的污染物为受纳水体超标因子，评价等级应不低于 2 级。
[b]：海底隧道按水下开挖（回填）量划分评价等级，采用盾构、钻爆方式施工的海底隧道，评价等级降低一级（最低为 3 级）。
[c]：挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。
[d]：爆破挤淤工程量以挤出淤泥量计。
[e]：其他用海主要指海上风电、海上太阳能发电、海水养殖等开放式用海建设项目；不投加饵料的海水养殖项目，评价等级为 3 级。

2.4.1.2　电磁环境影响评价等级

本项目海底电缆管道全线铺设在海床以下，参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）中表 2 输变电建设项目电磁环境影响评价工作等级的确定原则，海缆线路工程的环境影响评价等级确定为三级。

表 2.4.1-2　本工程电磁环境影响评价工作等级

分类	电压等级	工程	条件	评价等级
交流	220~330kV	变电站	户内式、地下式	三级
			户外式	二级
		输电线路	**1）地下电缆** 2）边导线地面投影外两侧各 15m 范围内无电磁环境敏感目标的架空线	**三级**
			边导线地面投影外两侧各 15m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级

2.4.1.3 大气环境影响评价等级

本项目运行期无废气的产生与排放，施工期大气污染源主要为施工机械设备及船舶燃油废气等，均为无组织排放，排放量均较小。根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），确定本项目的大气环境影响评价等级为三级。

2.4.1.4 声环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），声环境影响评价等级主要依据工程所在地的声环境功能区等级、工程建设前后敏感点声级增高量和受影响人口规模进行划分。

本项目海底电缆所在海域按 2 类声环境功能区管理，工程建设前后环境保护目标处的噪声增加量小于 3dB（A）；本项目位于海上，受影响人口较少，变化不大；因此，本项目的声环境影响评价等级为二级。

2.4.1.5 环境风险评价等级

本项目海底电缆管道建成投入使用后，无环境风险源。本项目可能发生的环境风险事故为施工期海洋生态环境风险。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），海洋生态环境风险评价等级采用《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）的判定方法，分析建设项目环境风险潜势，判定风险评价等级。建设项目的海洋环境风险评价等级划分为一级、二级和三级。危险物质临界量和海洋环境敏感程度分级参见附录 G。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），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，确定评价工作等级。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。

A.危险物质数量与临界量比值（Q）

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中附录 G，油类物质的临界量为 100t，船舶在线量按单个船舶所载货油或船用燃料油全部舱容的数量确定。危险物质数量及临界量比值（Q），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。

根据本项目施工进度计划，本项目施工期涉及的船舶见表 2.4.1-3 所示。根据《船

舶污染海洋环境风险评价技术规范》，非油轮船舶燃油最大携带量可以用船舶总吨位推算，根据船型不同，一般取总吨位 8~12%，本评价按照总吨位 10%计算，由此计算得本项目施工期危险物质（船舶燃料油）总量与临界量的比值（Q）约为 11.2。

表 2.4.1-3　本项目施工期 Q 值确定表

项目	名称及规格	单位	数量	吨位	单船最大携油量（t）	临界量（t）	Q 值
海缆铺设	带埋设机的铺缆船	艘	1	5000t	500	100	5.0
	拖轮	艘	1	436t	43.6	100	0.4
	抛锚艇	艘	1	496t	49.6	100	0.5
	锚定船	艘	1	5000t	500	100	5.0
	交通船	艘	1	298t	29.8	100	0.3
合计					1123.0	100	11.2

B.行业及生产工艺（M）

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 C 表 C.1，将 M 划分为（1）M>20；（2）10<M≤20；（3）5<M≤10；（4）M=5，分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。本项目行业及生产工艺 M 值评分结果见表 2.4.1-4，属于 M4 等级。

表 2.4.1-4　项目 M 值确定表（摘录）

行业	生产装置/工艺	数量（套）	M 分值
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	/	**5**

C.危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据危险物质数量与临界量比值 Q（10≦Q<100）和行业及生产工艺 M（M4），按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 C 表 C.2 确定危险物质及工艺系统危险性等级（P），具体见表 2.4.1-5。项目行业及生产工艺 M 值评分结果为 M4，因此项目 P 值判定结果为 P4。

表 2.4.1-5　项目 P 值判定表

危险物质数量与临界量比值（Q）	行业及生产工艺（M）			
	M1	**M2**	**M3**	**M4**
Q≧100	P1	P1	P2	P3
10≦Q<100	P1	P2	P3	**P4**
1≦Q<10	P2	P3	P4	P4

D.环境敏感程度（E）

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），依据事故情况下危险物质泄漏可能影响生态敏感区的情况，分为三种类型，E1 为环境高度敏感区，E2

为环境中度敏感区，E3 为环境低度敏感区，具体判据见表 2.4.1-6 所示。

表 2.4.1-6　环境敏感程度分级

敏感性	环境敏感特征
E1	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第一类区域或**重要敏感区**
E2	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第二类区域或一般敏感区
E3	上述地区之外的其他地区

本项目穿越生态保护红线区，为重要敏感区，海洋生态环境为重要敏感区 E1。

E.建设项目环境风险潜势判断

根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结合事故情形下环境影响途径，确定本项目施工期环境风险潜势见表 2.4.1-7。因此，本项目的环境风险评价等级为二级（见表 2.4.1-8）。

表 2.4.1-7　项目环境风险潜势划分一览表

环境敏感程度（E）	危险物质及工艺系统危险性（P）			
	极高危害（P1）	高度危害（P2）	中度危害（P3）	轻度危害（P4）
环境高度敏感区（E1）	IV^+	IV	III	**III**
环境中度敏感区（E2）	IV	III	III	II
环境低度敏感区（E3）	III	III	II	II
本项目	物质及工艺系统危险性 P 值判定结果为 P4；海洋生态环境为一般敏感 E1，**环境风险潜势综合等级确定为 III。**			

表 2.4.1-8　环境事故风险评价工作等级划分依据

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	II
评价工作等级	一	二	三	简单分析 [a]
a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。				

2.4.1.6　地下水环境影响评价等级

本次评价项目主要拟进行海底电缆管道建设，根据《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ610-2016），本项目属于地下水环境影响评价项目类别的IV类项目，不开展地下水环境影响评价。

2.4.1.7　土壤环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》（HJ964-2018），本项目土壤影响评价项目类别属于IV类，可不开展土壤环境影响评价。

2.4.2 环境影响评价范围

2.4.2.1 海洋生态环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），管缆、航道类项目穿越非生态敏感区时，以线路中心线向两侧和两端外延 1km 为参考评价范围。穿越一般敏感区时，以线路中心线向两侧和两端外延 2km 为参考评价范围；穿越重要敏感区时，以线路中心线向两侧和两端外延 3km 为参考评价范围；实际确定评价范围时，应结合生态敏感区主要保护对象的分布、物种生态习性、项目的穿越方式等适当扩展。

本项目海底电缆穿越生态保护红线区（重要敏感区），根据上述原则，确定本项目的评价范围为以线路中心线向两侧和两端外延 3km 与海岸线围合区域，评价范围总面积约为 84.95km^2，评价范围主要拐点坐标见表 2.4.2-1 所示。

表 2.4.2-1 本项目海洋生态环境评价范围主要边界点坐标一览表

序号	东经	北纬	序号	东经	北纬
1	112°34'44.4"	21°45'43.2"	6	112°44'49.2"	21°43'37.2"
2	112°36'0"	21°43'8.4"	7	112°43'48"	21°44'24"
3	112°37'37.2"	21°42'25.2"	8	112°42'0"	21°44'27.6"
4	112°39'50.4"	21°41'42"	9	112°38'38.4"	21°45'32.4"
5	112°42'28.8"	21°41'13.2"	10	112°37'26.4"	21°47'24"

2.4.2.2 电磁环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ24-2020)中表 3 规定(摘录见表 2.4.2-2)，确定本项目海底电缆管道的电磁环境评价范围为海底电缆管道两侧边缘各外延 5m 内的区域。

表 2.4.2-2 输变电工程电磁环境评价范围

分类	电压等级	评价范围		
		变电站、换流站、开关站、串补站	线路	
			架空线路	**地下电缆**
交流	220~330kV	站界外 40m	边导线地面投影外两侧各 40m	**管廊两侧边缘各外延 5m（水平距离）**

2.4.2.3 环境空气评价范围

本项目大气环境影响评价等级为三级，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）关于评价范围的规定，三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

2.4.2.4 声环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）对声环境影响评价范围设定的要求：“变电站、换流站、开关站、串补站的声环境影响评价范围应按照 HJ 2.4 的相关规定确定；架空输电线路建设项目的声环境影响评价范围参照表 3 中相应电压等级线路的评价范围，地下电缆可不进行声环境影响评价”。本项目海底电缆均拟铺设于海床以下，因此，本项目海底电缆不进行声环境影响评价。

2.4.2.5 环境风险评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），环境风险评价范围一般不小于相应评价等级的生态环境影响评价范围，一、二级评价项目的评价范围分别根据危险物质72 h、48h扩散范围确定，可根据海域特征、生态敏感区分布情况等做适当调整。

本项目海洋生态环境风险评价等级为二级，本次按危险物质 48 h 扩散范围，同时结合生态敏感区分布情况确定环境风险评价范围，详见 7.4 节内容。

2.5评价内容及评价重点

2.5.1 评价内容

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）及本项目情况，确定本项目的评价因子及评价内容如表 2.5.1-1 所示。

表 2.5.1-1　海洋生态环境评价因子及评价内容一览表

受影响对象	评价因子	工程内容及影响方式[1]	影响性质[2]及影响时段[3]
初级生产力	叶绿素a	海底电缆管道，直接影响、间接影响、累积影响	施工期、运行期，可逆
浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、游泳动物（含鱼卵仔稚鱼）	种类组成、生物量、密度（丰度）、种群结构、群落特征、分布范围、物种多样性指数等	海底电缆管道，直接影响、间接影响、累积影响	施工期、运行期，可逆
珍稀濒危海洋生物及其生境	种类、数量、种群规模、结构、分布、行为特征等	海底电缆管道，直接影响、间接影响、累积影响	施工期、运行期，可逆
重要水生生物“三场一通道”	分布、生态功能等	海底电缆管道，直接影响、间接影响、累积影响	施工期、运行期，可逆
生态保护红线	主要保护对象及生态功能等	海底电缆管道，直接影响、间接影响、累积影响	施工期、运行期，可逆
自然岸线	长度、宽度、类型和功能等	海底电缆管道，间接影响	施工期、可逆
海洋水质环境	SS	海底电缆管道，直接影响	施工期，可逆

注 1：影响方式可分为直接、间接、累积生态影响。
注 2：影响性质包括长期和短期、可逆和不可逆。
注 3：影响时段包括施工期、生产运行期和服务期满后。

2.5.2 评价重点

根据本项目污染物排放特征及项目所在区域环境特点，确定本次环境影响评价重点为：

（1）施工期悬浮泥沙对海域海水水质的影响预测与评价；

（2）项目施工对海洋生态环境的影响分析与评价；

（3）项目对环境敏感区和环境保护目标的影响分析与评价；

（4）项目选址选线的环境合理性分析。

2.6环境保护目标和环境敏感目标

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中对环境敏感区的定义，通过资料收集、现场踏勘和“三区三线”划定成果等，确定本项目的海洋环境敏感区与环境保护目标主要包括养殖场、海洋生态红线区、三场一通道、红树林、海草床、海岛、中华白海豚、印太江豚等。此外，虽然国控水质监测点不属于前述文件规定的生态环境保护目标，但考虑到为确保国控水质监测点监测数据的准确性，其保护要求也较高，因此，本次也将评价范围内的国控水质监测点列为海洋生态环境保护目标。各保护目标的基本情况及与本项目的位置关系见表 2.6-1 所示。

表 2.6-1　主要海洋环境敏感区及保护目标一览表

序号	环境敏感区/保护对象		位置关系	最近距离（km）	概况	环境保护要求
1	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	本项目位于该保护区内	0	根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线以内水域，保护期为 1-12 月	禁止在保护区内进行底拖网作业，保护幼鱼、渔业资源及其生境
2		南海区幼鱼、幼虾保护区	本项目位于该保护区内	0	根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	保护幼鱼、幼虾及其生境
3		黄花鱼幼鱼保护区	本项目位于该保护区内	0	根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），本项目所在的保护区范围为上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小襟至漭洲），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	保护黄花鱼幼鱼及其生境
4	海洋生态红线	小湾海岸侵蚀极脆弱区	海底电缆穿越	0	红线类型为海岸侵蚀极脆弱区	保护海岸
5		广海湾重要渔业资源产卵场	海底电缆穿越	0	红线类型为重要渔业资源产卵场	保护产卵场及其生境
6		荔枝湾海草床	海底电缆西南侧	1.1	红线类型为海草床	保护海草床及其生境
7		江门市台山市红树林	海底电缆东北侧和西南侧	1.6~2.5	红线类型为红树林	保护红树林及其生境
8	红树林	扑手湾北侧红树林	海底电缆西北侧	2.5	位于海宴镇双洲河入海口两侧，主要红树树种为秋茄树、白骨壤、无瓣海桑等	保护红树林及其生境
9		北风湾南侧红树林	海底电缆西南侧	1.6	位于下川岛北侧	保护红树林及其生境
10	海草床	荔枝湾海草床	海底电缆西南侧	1.1	主要海草种类包括日本鳗草、贝克喜盐草	保护海草床及其生境
11	养殖区	台山市宴侨七号养殖场	海底电缆东侧	1.6	开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
12		台山市宴渔六号养殖场	海底电缆东侧	1.6	开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
13		台山市海宴镇望头七号养殖场	海底电缆东侧	0.9	用海面积为 72.48 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境

序号	环境敏感区/保护对象		位置关系	最近距离（km）	概况	环境保护要求
14		台山市海宴镇望头八号养殖场	海底电缆东侧	0.2	用海面积为 42.9159 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
15		台山市海宴镇望头六号养殖场	海底电缆东侧	0.1	用海面积为 76.5764 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
16		台山市海宴镇望头五号养殖场	海底电缆西侧	0.1	用海面积为 57.8418 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
17		台山市海宴镇望头四号养殖场	海底电缆西侧	1.0	用海面积为 65.6535 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
18		台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝二号养殖场	海底电缆西南侧	1.8	生蚝养殖场，养殖面积为 39.1178 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
19		台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝一号养殖场	海底电缆西南侧	1.2	生蚝养殖场，养殖面积为 39.1447 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
20		台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝三号养殖场	海底电缆西南侧	0.5	生蚝养殖场，养殖面积为 38.8827 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
21		台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝一号养殖场	海底电缆西南侧	0.1	生蚝养殖场，养殖面积为 40 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
22		台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝三号养殖场	海底电缆西南侧	0.7	生蚝养殖场，养殖面积为 33.6994 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
23		台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝二号养殖场	海底电缆西南侧	0.8	生蚝养殖场，养殖面积为 40 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
24		台山市川岛北风湾底播 6 号场	海底电缆西南侧	1.3	底播养殖，养殖面积为 14.0935 公顷	保护养殖水质、贝类及其生境
25		台山市川岛镇上川大澳养蚝一号养殖场	海底电缆南侧	1.8	生蚝养殖场，养殖面积为 8.5557 公顷	保护养殖水质、生蚝及其生境
26		台山海洋发展集团有限公司上川野柑湾一号养殖场	海底电缆北侧	0.011	用海面积为 96.6142 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境

序号	环境敏感区/保护对象			位置关系	最近距离（km）	概况	环境保护要求
27		台山市烽火角水产养殖基地有限公司上川野柑湾二号养殖场		海底电缆北侧	1.4	用海面积为 93.0982 公顷，开放式养殖场	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
28		下川岛北侧现状养殖场		海底电缆两侧	最近约 0.1	现状养殖场，大部分与确权养殖场重叠	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
29		上川岛北侧现状养殖场		海底电缆东侧	部分穿越	现状养殖场，部分与确权养殖场重叠	保护养殖水质、渔业资源、海洋生态环境
30	海岛	无居民海岛	黄麇洲	海底电缆西南侧	0.2	海岛岸线总长约 6791m	保护海岛岸滩及其周围生态环境
31			马骝头岛	海底电缆西南侧	0.7	海岛岸线总长约 843.6m	保护海岛岸滩及其周围生态环境
32			榄核岛	海底电缆西南侧	1.0	海岛岸线总长约 464.7m	保护海岛岸滩及其周围生态环境
33			飞妹洲	海底电缆西南侧	1.6	海岛岸线总长约 539.3m	保护海岛岸滩及其周围生态环境
34		有居民海岛	上川岛	路由登陆点东南侧	0	面积约 157km^2	保护海岛岸滩及其周围生态环境
35			下川岛	海底电缆西南侧	1.0	面积约 98.68km^2	保护海岛岸滩及其周围生态环境
36	国控水质监测点		GDN10008	海底电缆西侧	0.9	国控水质监测点	保护水质及其监测环境
37	国家重点保护水生野生动物		中华白海豚	——	——	分布于下川岛东北侧海域等区域	保护中华白海豚及其生
38			印太江豚	——	——	分布区上川岛西南侧海域等区域	保护印太江豚及其生境
39			海龟	——	——	项目周边海域有出没记录	保护海龟及其生境

3 建设项目概况

3.1项目概况

（1）项目名称：台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）

（2）建设单位：中广核台山川岛风力发电有限公司

（3）建设性质：新建

（4）建设地点：江门市台山市川岛海域。

（5）建设投资：19463 万元，其中环保投资总额约 310 万元，占工总投资的 1.59%

（6）建设周期：总工期为 5 个月，其中准备期 2 个月，海缆铺设总工期 3 个月。

（7）建设内容与规模：本项目拟建设 1 回 220kV 海底电缆，线路总长约 14.66km。

3.2项目组成及建设规模

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程拟建设上川风电场至隆文风电场的 1 回 220kV 输电线路，配套在隆文风电场升压站扩建 1 个与本工程相关的 220kV 出线间隔，其中输电线路包含上川风电升压站-上川电缆终端段场架空线路、海宴电缆终端场-隆文风电场段场架空线路和海缆工程（其中位于海上的 14.66km），该项目拟分两期建设，其中一期工程建设内容主要为陆上架空线路、扩建间隔及海缆的陆上部分，二期工程建设内容为海缆的海上部分（14.66km 海底电缆管道）。

本次评价对象为台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程二期，评价对象建设规模为 1 回长 14.66km 的 220kV 海底电缆管道。

3.3总平面布置

3.3.1 总体平面布置

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程输电线路包含上川风电升压站-上川电缆终端段场架空线路、海宴电缆终端场-隆文风电场段场架空线路和海缆工程。其中上川风电升压站-上川电缆终端段场架空线路起于上川风电升压站，止于上川电缆终端场。海宴电缆终端场-隆文风电场段场架空线路，起于海宴电缆终端场，止于隆文风电场。海缆起于上川电缆终端场，止于海宴电缆终端场，其中海上 14.66km。

3.3.2 海底电缆平面布置

本次仅对台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）进行评价，即仅对 220kV 海缆工程涉海海底电缆进行评价，因此下面仅对本段海底电缆进行介绍。

根据《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆路由选择依据说明材料》（中广核台山川岛风力发电有限公司，2025 年 4 月），海底电缆管道推荐线路方案如下：220kV 送出海底电缆从海宴镇登陆点出发以定向钻方式离开海岸向东南方向延伸约 3.80km 到达拐点 2，其间穿越生态保护红线区“小湾海岸侵蚀极脆弱区”和“广海湾重要渔业资源产卵场”，随后向南延伸约 7.95km 至拐点 3，再向东沿着 110kV 电缆川上线海缆延伸 2.54km 至拐点 4，最后向东南延伸 0.36km 至上川岛登陆点，海缆长度约 14.66km。

本项目海底电缆路由拐点坐标见表 3.3-1 所示。

表 3.3-1　海底电缆管道路由拐点坐标一览表

拐点编号	经度（E）	纬度（N）	长度（km）	备注
1			0	海宴镇登陆点
2			3.80	离开海岸向外延伸
3			11.75	穿越产卵场红线区
4			14.29	沿着原有 110kv 海缆
5			14.66	上川岛登陆点 2

3.3.3 登录点

根据海缆预选路由方案，本项目海底电缆始端登陆点位于江门市台山市海宴镇南部，终端登陆点位于上川岛西部。

大陆侧海宴登陆段该处为自然岸线，地势相对较平坦，登陆点比较稳定，便于海缆登陆。登陆点西侧分布有养殖塘、少量居民区和海晏神头角至下川荔枝湾光缆登陆点。北侧为空地，中间分布少量绿植。向海侧为海洋，无开发建设活动。

上川岛登陆段选择在上川岛的西侧，避免海缆环绕上川岛，在 110kV 电缆川上线的上川岛登陆点附近确定了本项目上川岛终端位置。上川岛登陆段为砂质岸线，属自然

岸线，地势起伏变化不大，相对较平坦。向岛一侧为山体，登陆点南侧为 110kV 电缆川上线登陆点和现状码头，此外，登陆点西侧沿岸分布有养殖活动。

3.4海底电缆设计

3.4.1 结构设计

本工程选用 1 回交流铜芯交联聚乙烯绝缘光电复合海底电缆，导线截面为 3×630mm^2，内置光缆为 2×48 芯，缩写型号为 HYJQF41-F-127/220-3×630+2×48C。

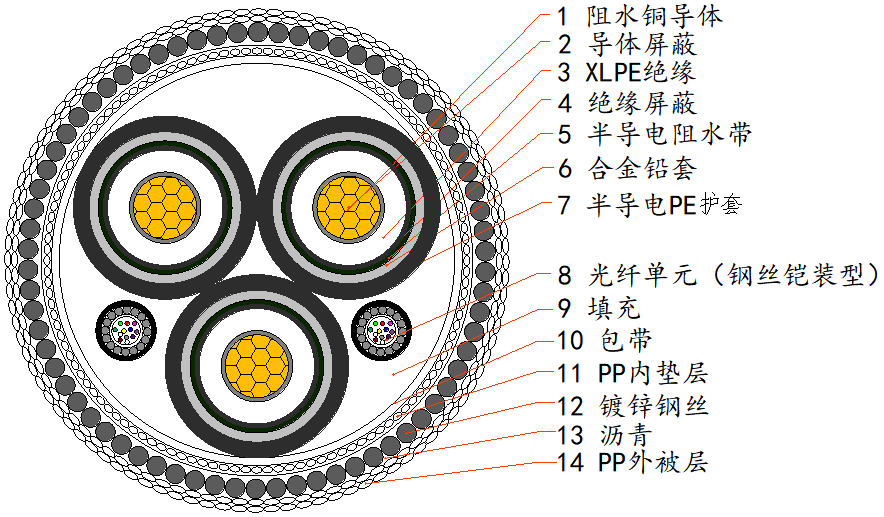

图 3.4-1 本项目海缆结构示意图

3.4.2 登陆设计

本项目海底电缆始端登陆为大陆岸，终端登陆为海岛岸，始端和终端登陆岸段均为砂质自然岸线，均为严格保护岸线，需避免破坏。因此，本项目海缆的始端登陆段和终端登陆段均拟采用对海岸线不会造成破坏的定向钻施工方式登陆。根据本项目可研报告，本项目始端登陆定向钻长度约 600m，管材质按钢管 Q355B，管径 0.72m，厚度 12mm，定向钻水平段最大埋深约为 9m。入钻点坐标 A1 （X=2408793.143，Y=38355876.070），出钻点坐标 B1（X=2408245.945，Y=38356122.189）。

终端登陆定向钻长度约 400m，管材质按钢管 Q355B，管径 0.72m，厚度 12mm，定向钻水平段最大埋深约为 9m。入钻点坐标 A2（X=2402444.584，Y=38367851.814），出钻点坐标 B2（X=2402686.312，Y=38367540.540）。

3.4.3 埋深及保护

1.埋设深度

本工程海底电缆铺设采用敷埋同步方式，海缆埋深要求不小于 3m，常规段的海缆埋深按 3 米设计；对于穿越航道区的海缆拟加大埋深至 5m；定向钻水平段最大埋深约为 9m。

其中本项目穿越航道段的埋深拟加深至 5m，并拟采用套管保护或加盖保护件的方式保护；同时项目在工程运行过程中，若因海床整体演变等原因造成海底电缆外露，也会根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程，如抛水泥压块、设置预制水泥盖板、布设钢丝铅笼网兜等设施，可确保海底电缆管道安全运行，其埋深具有合理性。

2.海缆保护

①对于穿越航道区或路由靠近大型锚地的海缆可加大电缆的埋深，在航道内施工时，需向海事主管机关申请交通管制，同时尽量避免航道封航。

②国家鼓励海底电缆所有者对海底电缆管道保护区和海底电缆管道的线路等设置标识。划定海底电缆防护区，电缆防护区周围还应设置禁锚标志，以提醒过往船舶不得在防护区内锚泊。

③在工程运行过程中，对海底电缆管道采取定期复查、监视等其他保护措施。若因海床整体演变等原因造成海底电缆外露，需根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程。

3.5施工方案

3.5.1 主要施工工艺

本项目 220kV 海底电缆线路起于上川电缆终端场，止于海宴电缆终端场，采用海缆铺设船敷埋同步方式进行铺设，本工程海缆有穿越航道的情况，根据锚重与投入表层深度的关系，穿越航道段敷缆深度定为 5m，未穿越航道的区域海缆铺设深度为 3m。正常海况条件为六级以下风力，海上正常条件下的铺设速度为（4～6）m/min。海缆沟槽的底端宽度 0.3m，海缆沟槽的顶端宽度 0.5m。

海底电缆始端登陆为大陆岸线，终端登陆为海岛岸线。为减轻对岸线的影响，本项目海底电缆的始端登陆段和终端登陆段均采用定向钻的施工方式从底土穿越海岸线。

常规海缆铺设主要施工工艺如下：

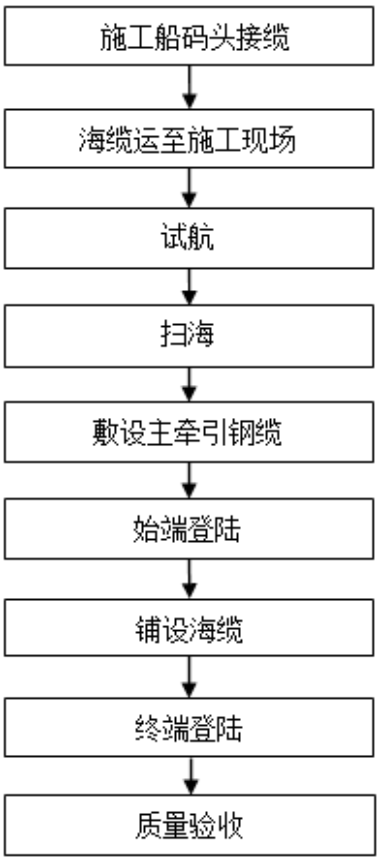

图 3.5-1　海缆铺设施工工艺

1.施工准备

现场确认登陆点位置和登陆段电缆路由，复查施工区域的水文气象情况，特别是根据流向流速、潮高、潮时等来计算确定施工船施工时就位的最佳位置和最佳时间。同时安排专人收集权威的当地海域气象预报，做好安全应对工作，安装土建监控装置等系统建设。在施工船抵达施工现场前，利用 GPS 测量系统对路由两端登陆点以及工程的各主要控制点进行测量复核。根据实际情况来调整施工方法，确保海缆的安全以及施工的质量。

2.接缆

在海缆过驳前，先对海缆进行出厂试验，包括逐根进行直流耐压、绝缘电阻、电容等测试，待试验符合设计标准后方可进行过驳施工。首先施工船靠泊海缆厂码头，调整船位并固定，将施工船的旋转式电缆盘退扭系统安装完毕。过缆时，利用电缆转盘中的驱动装置通过过缆桥将电缆退扭并储盘在承缆转盘架或储缆区中。散装过缆结束之后，施工船舶将海缆运输至施工现场或者指定场所等待进入下一流程。在此过程要妥善保护海缆，并严禁烟火。

3.试航

根据现场实际情况判断定向钻施工距离以及施工场地。施工船舶到达不熟悉的施工现场后，首先安排施工船在设计施工路由区域内进行试航，以熟悉施工区域内设计路由的各个关键点及潮水情况。试航过程中，船上的所有埋设设备及后台监测设备进行模拟操作演练，确保船舶、电缆输送机、埋设犁、锚泊系统、卷扬机等重要施工设备及监测装置的正常工作，确保施工顺利进行及海缆铺设质量。

4.扫海

路由扫海主要是为施工船施工时清除电缆路由上的一切障碍物，如渔网、废缆、绳索等，如遇到不能清除的障碍物，探明情况后，拟定解决方案并由建设单位确认。按作业方式的不同可分为拖锚扫海，声呐、多波束等仪器扫海，ROV（水下机器人）扫海等方式。施工前需沿每条设计路由往返扫海多次，直至施工路由上无影响埋设犁正常施工的障碍物为止，如发现障碍物则由潜水员水下清理；若遇到不能及时清理的大型障碍物，由潜水员水下探明情况，按现场探明的实际情况拟订解决方案并立即告知业主及监理。在对主干海缆路由扫海中，应特别注意对深水沟槽的了解，便于施工时采取相应措施。

5.铺设主牵引钢缆

施工船一般采用无动力方驳船，驳船吃水浅，便于近海施工。在潮流下，方驳船较其他船舶相对更稳定，给船上施工人员提供相对稳定的平台。施工过程中，施工船通过专门大锚机来收绞预先抛敷在设计路由上的主牵引钢缆，提供船舶前进动力，使施工船向前移动，同时拖动埋设机进行电缆深埋铺设。

6.海缆始端登陆

海缆始端登陆采用定向钻登陆的登陆方式，避免开挖。定向钻穿孔埋管主要工艺：施工准备→导向孔施工→反拉扩孔、成孔→牵引管道→回填→清场。

（1）施工准备

1）场地布置：设置工作坑、接收坑，

2）并布置泥浆制作系统和管道发送系统。针对工作坑位于陆上，接收坑一直位于水面以下的情况，由于浅滩水位的影响，接收坑无法开挖，本项目采用锚定船舶替代接收井，发挥接收工作平台的作用。需要运输船只一条，固定船只一条，配备专业潜水员，以固定船只代替接收平台。

2）钻机进场：水平定向钻机进场，包括钻机系统、动力系统和控向系统、泥浆系统。

（2）导向孔钻进

1）使用略大于钻杆外径的钻头，保持推力均匀、匀速前进。

2）遇到硬质障碍物时，记录钻杆长度，确定障碍物位置，或更换岩石钻头。

（3）扩孔

1）导向孔钻进至接收坑后，卸下钻头，换上扩孔钻头，开动钻机回拉扩孔。

2）同时注水机连续注适量水，通过钻具搅拌孔泥土造泥浆，用以保护成孔孔壁，保持围岩稳定，同时起到润滑作用。

（4）清孔

1）扩孔完成后，在钻杆一端换上拉泥盘，进行拉泥成孔工作。

2）此道工序主要是拉出扩孔碎屑的孔内土，形成光滑圆顺的埋管通道。

（5）回拖拉管

1）水平定向钻宜采用沿管道纵向抗拉性能强的柔性管材（如电缆保护管）。

2）电缆保护管熔接完成后，即可进入拉管施工。首先用封套将管头密封，然后在管头和钻杆间安装扩孔器，开始拉管施工，直至拉管完成。

本项目始端登陆定向钻长度约 600m，定向钻水平段最大埋深约为 9m。

7.中间段敷埋

中间段拟采用铺缆船敷埋同步方式施工，确保海缆在非航道段埋深达 3m，航道段埋深达 5m。具体施工过程为：施工船上设置牵引卷扬机，在船尾收绞预先铺设在路由轴线上的牵引钢缆，牵引施工船前进，施工船同时牵引水下埋设犁，海缆通过导缆笼进入埋设犁后，被埋设于海床上，埋设施工过程中由拖轮顶推调整船位。海缆埋设船属非自航船舶，靠船上卷扬机收绞预先铺设在海缆路由轴线上的牵引钢缆，牵引施工船前进；施工船同时牵引水下埋设犁埋深海缆。埋设过程中，由拖轮协助顶推，以调整船位。

8.海缆终端登陆

本项目海缆登陆点在上川岛岸，考虑避免开挖破坏岸线生态，同样拟采用定向钻穿进行海缆登陆方案。方案与始端登陆相同。终端登陆定向钻长度约 400m。

3.5.2 施工设备

本项目海缆线路工程施工船机设备安排如下。

表 3.5-1 海缆线路工程施工船机设备一览表

序号	机械设备名称	单位	数量	备　注
1	带埋设机的铺缆船	艘	1	海缆铺设，5000t 级
2	卷扬机	台	1	电缆牵引
3	拖轮	艘	1	铺缆船拖航及稳定性控制（备用），436t 级
4	抛锚艇	艘	1	铺缆船抛锚，496t 级
5	交通艇	艘	1	接送人员，298t 级
6	锚定船	艘	1	代替接收井作用，5000t 级

3.5.3 施工进度安排

本项目施工工期包括准备期和正式施工期，准备期主要包括场内扫海、施工供水、施工供电、施工通信等准备工程建设。工程准备工作完成以后，开展主体工程的施工。

本项目海缆施工总进度为 5 个月，其中准备期 2 个月，铺设施工工期为 1 个月，始端登陆和终端登陆的定向钻施工分别为 1 个月，施工进度计划安排见下表。

表 3.5-2　施工总进度计划表

序号	项　　目	工期（月）	计划开工（月）	计划结束（月）
1	施工准备	2	T+0	T+2
2	220kV 海缆施工	3	T+3	T+5

3.5.4 土石方平衡

本项目海底电缆主要拟采用海缆铺设船敷埋同步的施工方式，海缆常规铺设过程无多余土石方，多余土石方主要产生于定向钻施工过程。

根据项目施工方案，本项目定向钻施工过程中产生的钻屑约 0.095 万 m^3，拟运至政府指定的合法弃土场消纳处理。本项目土石方平衡见表 3.5-3 所示。

表 3.5-3　本项目土石方平衡一览表

序号	项目名称	挖方（万 m^3）	填方（万 m^3）	弃方（万 m^3）	去向
2	定向钻施工	0.095	0	0.095	外运至政府指定的合法弃土场消纳处理

3.6项目用海

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）中对电缆管道用海范围的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。结合本项目海底电缆的路由布置，海域使用论证报告确定本项目海底电缆用海总面积为 29.6296 公顷，采用分层立体设权，空间确权层为底土，具体用海面积以海域使用论证最终批准面积为准。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

本项目海底电缆申请用海范围需底土穿越广东省政府 2022 年批复海岸线 44.6m，岸线类型为砂质自然岸线。

本项目申请用海期限为 26 年。

4 工程分析

4.1工艺流程及产污环节分析

本项目海底电缆包括铺缆船常规施工段和定向钻施工段，其中陆域及海岛登陆段拟采用定向钻施工方式，而其他常规段拟采用铺缆船敷埋同步的施工方式，施工工艺流程及产污环节分别见图 4.1-1 和图 4.1-2。

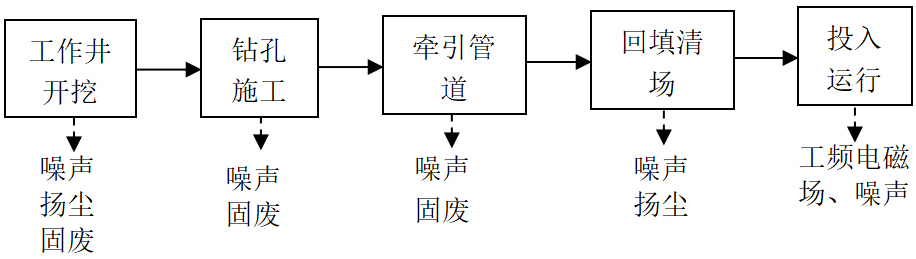

图 4.1-1　定向钻施工段施工及运行期工艺流程及产污环节示意图

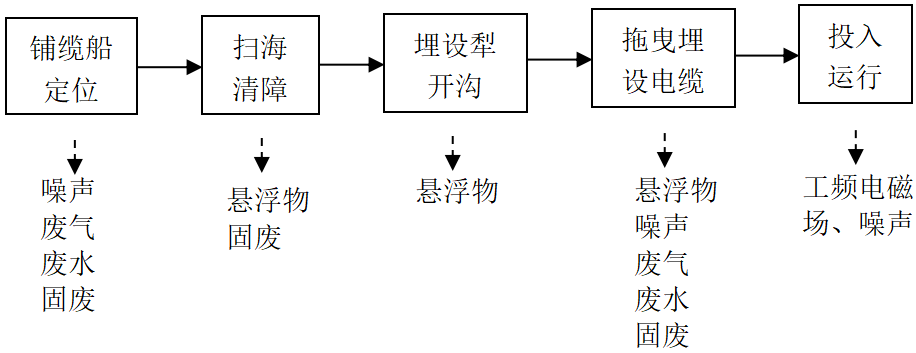

图 4.1-2　铺缆船施工段施工及运行期工艺流程及产污环节示意图

4.2施工期污染源强分析

4.2.1 悬浮泥沙

（1）扫海清障作业悬浮物

扫海作业范围在海底电缆两侧50m，采用声呐仪器扫海，发现障碍物才进行打捞回收，因此悬浮泥沙污染仅在打捞点发生。打捞的障碍物主要是缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，打捞操作一般发生在泥面以上，引起海底扰动较小，影响时间为打捞的瞬间。总体来看，扫海清障作业悬浮物影响很小，相比海缆铺设作业产生的悬沙源强，扫海源强基本可以忽略。

（2）登陆段海底电缆埋设悬浮物

本项目220kV海底电缆始端和终端登录均拟采用定向钻施工方案，基本无悬浮泥沙产生。

（3）中间埋敷段海底电缆埋设悬浮物

深水区域电缆埋设过程的悬浮物发生源强按以下公式计算：

$$F_s = Av\rho f$$

其中F_s为悬浮物源强，kg/s；A 为海缆开挖横截面积，m^2；v 为海缆施工速度，m/s；ρ 为底质沉积物干密度，kg/m^3；f 为起沙率，无量纲。

根据本项目可研报告，本工程海底电缆与航道交越范围内埋深 5m，其余范围海底电缆埋深为 3m，开挖沟剖面为倒梯形，按最不利条件考虑，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，本项目与航道交越范围的计算横截面积取 $2.0m^2$，其他常规段的计算横截面积取 $1.2m^2$。

泥沙干容重 ρ 按照公式 $\rho=1750D_{50}^{0.183}$ 计算，D_{50} 为泥沙中值粒径，根据 2025 年 4 月项目所在海域的表层沉积物中值粒径调查结果（7.216μm），计算得海缆所在海域泥沙干容重约为 $709.8kg/m^3$。单条电缆施工的悬浮物源强保守以施工土方量的 20%计起沙率。

本项目海缆铺设速度为（4~6）m/min，对于常规段，本次按其平均值取埋设速度为 5m/min 进行计算；对于与航道交越段，埋深拟增大至 5m，其埋设速率将有所降低，本次取 4m/min 进行计算。则由此计算得本项目各段海缆铺设过程产生的悬浮泥沙源强见表 4.2.1-1 所示。

表 4.2.1-1　本项目各段海缆铺设悬浮泥沙源强计算一览表

海缆铺设段	海缆开挖横截面积（m^2）	敷缆速度（m/min）	中值粒径（μm）	泥沙干容重（kg/m^3）	起沙率（%）	源强（kg/s）
送出海缆常规铺设段	1.2	5	7.216	709.8	20	14.2
送出海缆跨越航道段	2.0	4	7.216	709.8	20	18.9

4.2.2 废水

本项目海底电缆管道施工过程中产生的废水主要为施工船舶生活污水和含油舱底污水。

（1）施工船舶生活污水

本项目施工期间施工船舶工作人员约 30 人，参照《用水定额 第 3 部分：生活》

（DB44/T 1461.3-2021），船舶施工人员生活用水定额取 150L/人·d，污水发生量按 90%计，则施工船舶生活污水产生量约为 4.05m^3/d，拟由施工船舶内的生活污水收集设施收集后，由船舶污染物接收单位接收运至陆地专业处理设施处理，不直接排放入海。

（2）施工船舶舱底含油污水

本项目海底电缆铺设施工期间需投入 5 艘船舶，参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），估算本项目各船舶的舱底含油污水产生系数及产量见表 4.2.2-2，由此计算得本项目海底电缆铺设施工期间船舶舱底含油污水产生量约为 3.60t/d。船舶舱底含油污水中的含油量无实测资料时可取 2000mg/L~20000mg/L，本次取其中间值 10000mg/L 进行计算，由此计算得本项目海底电缆施工期间船舶舱底含油污水中的石油类产生量约为 36.0kg/d，船舶产生的含油污水拟经船上收集装置收集后，由船舶污染物接收单位进行接收处理，船舶污染物接收单位再将接收的污水运至陆地专业处理设施处理，不直接向海域排放。

表 4.2.2-2　本项目施工期施工船舶投入及舱底含油污水产生情况一览表

项目	名称及规格	单位	数量	吨位	舱底含油污水产生量（t/d·艘）	舱底含油污水产生量（t/d）
海缆铺设	带埋设机的铺缆船	艘	1	5000t	1.39	1.39
	拖轮	艘	1	436t	0.14	0.14
	抛锚艇	艘	1	496t	0.14	0.14
	锚定船	艘	1	5000t	1.39	1.39
	交通船	艘	1	298t	0.54	0.54
小计						3.60

4.2.3 废气

本项目施工期使用的各类机械设备、车辆及船舶等，前述机械设备、车辆及船舶以柴油或汽油为燃料，运行过程会产生一定的燃油废气，主要污染物质包括 NOx、CO、CmHn 等污染物）等。

4.2.4 噪声

本项目海底电缆的埋设由海缆铺设船进行。根据相关单位对厦门海沧钱屿附近现场调查结果，海域进行电缆铺设及船运通过等所造成的水下噪声谱级相比原来的水下环境背景噪声提高约（4~5）dB。本工程水下环境背景噪声峰值声压级（Lpeak）为 159dB~166dB，故预计本工程海底电缆铺设施工时叠加环境背景噪声后的水下噪声水平约 163dB~171dB。

此外，本项目施工材料等陆上运输车辆和海上其他施工设备及交通船等也会产生一定的噪声，噪声源强约为（85~120）dB（A）。

4.2.5 固体废物

本项目施工期固体废物主要包括施工人员生活垃圾、施工垃圾和弃土渣等。

（1）生活垃圾

本项目海底电缆管道施工人员约 30 人，生活垃圾产生量按 1.0kg/d·人计，则本项目施工人员生活垃圾产生量约为 30kg/d，拟经分类收集后，由船舶污染物接收单位接收运至陆域处理，不排放。

（2）施工垃圾

本工程海缆铺设作业垃圾主要为扫海清障作业时产生的各类生产垃圾，包括废弃缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，按每公里 10kg 计算，本项目海底电缆总长约 14.66km，则经估算其清障作业共产生废弃物约 146.6kg，随船携带，待船舶靠岸后由相关单位外运处理。

（3）弃渣土

根据项目施工方案，本项目施工过程中产生的弃土渣主要为定向钻钻屑，产生量约为 950m^3，拟外运至政府指定的合法弃土场消纳处理。

4.2.6 施工期污染源强汇总

本工程施工期源强汇总见表 4.2.6-1。

表 4.2.6-1　本项目施工期污染物排放状况一览表

环境要	污染源	主要污染物	污染物源强	拟采取污染防治措施
水环境	扫海清障作业	悬浮泥沙	少量	控制扫海范围等
	海缆铺设	悬浮泥沙	14.2kg/s~18.9kg/s	严格控制铺缆船航速和高压水冲泥管压力，精准定位等
	船舶生活污水	COD_{cr}、BOD_5、氨氮、SS、总磷等	4.05m^3/d	由船舶污染物接收单位接收运至陆地专业处理设施处理
	施工船舶舱底含油污水	废水量	3.60t/d	由船舶污染物接收单位接收运至陆地专业处理设施处理
		石油类	36.0kg/d	
环境空气	船机及运输车辆等	NOx、CO、CmHn 等	少量	使用低硫油等
声环境	海底电缆管道铺设	噪声	162dB~175dB	选用低噪声船机等 选择低噪声设备、合规规划车辆运输路线、控制鸣笛等
	运输车船及其他普通施工设备	等效 A 声级	（85～120）dB（A）	

环境要	污染源	主要污染物	污染物源强	拟采取污染防治措施
固体废物	生活垃圾	食品残渣、包装等	30kg/d	由船舶污染物接收单位接收运至陆地处理
	扫海清障生活垃圾	废弃缆线、绳索、插网、渔网等	146.6kg	收集上岸由有能力单位拉运处理
	定向钻施工	弃土渣	950m^3	政府指定的合法弃土场消纳处理

4.3运行期污染源强分析

本项目海底电缆建成投入使用后无废水、废气和固体废物等的产生与排放，运行期产生的污染物主要为工频电磁场。类比深圳中喆海洋科技有限公司于 2022 年 6 月 23-24 日在已建湛江徐闻海上风电场项目正常运行时的电磁辐射检测结果可知，离海底电缆边缘线 0m~500m 范围内的工频电场强度为 2.336（V/m）~2.854（V/m），工频磁场强度为 0.0187μT~0.0291μT。

4.4生态影响途径分析

本项目海底电缆建成投入使用后，无污废水、废气和固体废物的产生与排放，产生的工频电磁场强度也较小，基本不会对海洋生态环境产生影响，对海洋生态环境可能产生的影响主要来自施工期影响。

本项目海底电缆铺设施工需对海底进行开挖，将造成部分底栖生物的掩埋或死亡，但在施工完成后一段时间内海床即可恢复，形成底栖生物新的栖息生境，不会对底栖生物生境造成永久性占用。本项目海底电缆施工过程中产生的悬浮泥沙及水下施工噪声，会对浮游动植物、游泳动物等产生一定的影响，造成一定的生物量损失。

本项目线路穿越部分海洋生态保护红线，对海洋生态敏感区的影响主要为海缆施工破坏底栖生境及悬浮泥沙对生态敏感区内海洋生物的影响。

5 环境现状调查与评价

5.1 自然环境概况

5.1.1 气候、气象特征

本项目地处广东省西部沿海，位于北回归线以南，属于亚热带季风气候区。由于受东亚季风影响，项目所在区域气候有较强的季风性和较明显的海洋性，具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和季节变化明显等特征。温、光、水资源均较丰富，气候条件优越，灾害性天气（热带气旋、雷暴、风暴潮等）影响较频繁。

台山海洋站（21°51.3′N，112°55.6′E）位于项目附近，该站所测气象资料对调查海域有较好的代表性。因此，本节主要依据台山海洋站（2018~2022 年）历史气象观测资料对所在区域的气象要素特征进行分析。

1.气温

全年气温较高，多年年平均气温为 23.9℃。最高气温为 35.4℃，出现在 2022 年 9 月 15 日。最低气温为 6.5℃，出现在 2018 年 2 月 1 日。受太阳辐射和地球公转影响，各月气温差别较大，1 月为最冷月，7 月为最热月。月平均气温超过 20℃的月份为 3 月～11 月（详见表 5.1.1-1）。

表 5.1.1-1 台山海洋站 2018~2022 年气温统计（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	16.9	17.5	21.0	23.2	27.0	28.9	29.5	28.8	28.8	25.7	22.8	17.8	24.0
最高	24.8	25.1	27.7	30.3	33.2	33.7	34.7	34.3	35.4	31.8	29.1	25.7	35.4
最低	6.6	6.5	11.3	13.5	16.1	23.8	23.8	24.0	23.7	16.7	15.2	8.1	6.5

2.相对湿度

多年年平均相对湿度为 81%，2 月～9 月的多年月平均相对湿度均大于 80%，其中，3 月的月平均相对湿度最大，为 89%，其次是 5 月，其月平均相对湿度为 88%，12 月的月平均相对湿度最小为 69%（详见表 5.1.1-2）。

表 5.1.1-2 台山海洋站 2018~2022 年相对湿度统计（单位：%）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	77	83	89	86	88	87	84	85	80	73	75	69	81
最低	14	26	28	22	40	48	59	55	30	23	23	15	14

3.气压

台山海洋站多年年平均气压为 1011.6 hPa，多年最高气压为 1028.8 hPa，出现在 2022 年 2 月 24 日，多年最低气压为 958.3 hPa，出现在 2018 年 9 月 16 日。多年月平均气压为 1019.2hPa，气压月变化呈冬高夏低，12 月最高，为 1019.2hPa，8 月最低，为 1003.6hPa（详见表 5.1.1-3）。

表 5.1.1-3　台山海洋站 2018~2022 年气压统计（单位：hPa）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	1018.5	1017.9	1014.0	1012.7	1008.2	1004.7	1003.9	1003.6	1008.0	1012.9	1015.6	1019.2	1011.6
最高	1028.2	1028.8	1024.4	1025.3	1016.9	1011.4	1012.0	1013.1	1017.9	1021.3	1023.9	1028.3	1028.8
最低	1009.7	1007.2	1003.7	1003.3	1000.5	994.5	990.7	991.3	958.3	994.2	1005.7	1010.7	958.3

4.降水

台山海洋站地处湿润季风气候区，降雨量充沛，2018 年～2022 年平均降水量为 1964.0mm。降水量年内分配不均，4 月–10 月为雨季，多年平均降水量为 1761.1mm，占全年总降水量的 89.7%，11 月－翌年 3 月为旱季，多年平均降水量仅为 202.9 mm，占全年总降水量的 10.3%。月平均降水量，8 月最大，为 389.9mm，12 月最少，为 10.2 mm。日最高降水量为 424.9mm，出现在 2019 年 5 月 27 日。年平均降水日数为 110.8d，其中 8 月降水日数最多，月平均为 17.6d，　12 月降水日数最少，月平均为 2.4d（详见表 5.1.1-4）。

表 5.1.1-4　台山海洋站 2018~2022 年降水量与降水天数统计

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均降水量（mm）	13.0	62.6	73.3	88.3	332.0	348.9	239.2	389.9	230.8	132.0	43.8	10.2	1964.0
日最高降水量（mm）	12.1	56.1	74.8	102.9	424.9	247.2	88.7	124.5	98.2	106.7	58.2	14.1	424.9
平均降水日数	2.8	5.4	9.0	7.4	13.0	14.8	14.0	17.6	13.8	6.4	4.2	2.4	110.8

5.风

受大气环流系统变化的影响，台山海洋站风向的季节变化较明显。冬季，受大陆冷高压控制，盛行东北风。春季，随着冷高压的减弱，西太平洋副热带高压增强西伸，调查海区位于副热带高压的西侧，风向也随之向南偏转，以东南风占优势。夏季，受西南季风控制，以西南风为主。秋季，副热带高压东撤，台山海洋站受高压南侧的偏东气流影响，以偏东风为主导风。

台山海洋站的常风向是 ENE 向，出现频率为 19.20%，次常风向为 NE 向，出现频率为 13.03%；最小频率为 WNW，出现频率为 0.43%，W 向、WNW 向和 NW 向风出现频率均小于 1%。强风向为 S 向，最大风速为 22.0m/s（详见表 5.1.1-5）。

台山海洋站属于微风区，累年平均风速为 3.5m/s。7 月月平均风速最大，为 4.3m/s，次高为 10 月，月平均风速为 4.1m/s；2 月月平均风速最小，为 3.0m/s；多年最大风速为 22.0m/s，最大风向为 171°，极大风速为 35.0m/s，极大风向为 25°，出现在 2018 年 9 月 16 日，此时强台风“山竹”影响台山海洋站（详见表 5.1.1-7）。

台山海洋站大于等于 8 级风（瞬时风速≥17.2m/s）的年均大风日数为 12.8d， 7 月份出现大风最多，多年平均日数为 3.4d，10 月份次多，多年平均日数为 2.8d；大于等于 6 级风（瞬时风速≥10.8m/s）的年均大风日数为 120.8d。

表 5.1.1-5 台山海洋站累年各月各向风频率（%）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
N	10.78	8.66	4.70	4.50	2.66	2.78	1.77	4.87	9.25	13.55	13.25	19.76	7.90
NNE	9.03	6.83	4.54	5.00	2.96	2.28	1.56	4.68	8.14	13.98	11.11	13.33	6.83
NE	21.64	18.94	16.37	11.83	6.45	2.06	3.66	6.24	8.78	23.06	20.86	19.62	13.03
ENE	32.88	32.59	31.94	19.39	10.51	5.69	7.20	8.95	13.56	20.97	29.39	22.42	19.20
E	7.26	7.65	12.72	12.67	8.98	4.33	6.48	7.74	9.61	10.32	7.22	5.38	8.21
ESE	3.23	4.11	5.91	9.94	6.10	2.39	6.24	5.46	8.61	5.65	5.75	2.77	5.41
SE	0.67	1.89	2.39	5.69	3.15	2.67	6.77	5.46	4.06	1.67	1.58	0.86	3.02
SSE	0.59	1.77	1.37	5.00	4.70	3.19	5.56	5.32	4.86	0.94	0.67	0.43	2.82
S	0.73	1.51	2.31	6.97	12.58	10.64	9.25	7.26	4.36	0.81	0.67	0.46	4.72
SSW	0.59	1.15	1.77	3.97	16.91	27.08	20.99	7.74	3.81	1.08	0.83	1.05	7.14
SW	1.18	1.12	1.53	1.64	9.84	20.14	12.80	6.61	2.92	0.62	0.81	1.56	4.99
WSW	1.37	1.80	1.77	1.06	6.83	7.69	10.40	12.61	6.58	1.24	0.86	2.23	4.48
W	0.99	0.92	0.62	0.97	2.18	2.89	3.82	7.45	3.67	1.21	0.64	0.97	2.16
WNW	0.43	0.38	0.27	0.25	0.65	0.78	1.24	2.28	2.42	0.54	0.33	0.54	0.83
NW	0.38	0.68	0.16	0.50	0.13	0.47	0.38	1.08	1.19	0.70	0.44	0.89	0.57
NNW	3.79	3.99	1.16	1.11	0.51	0.69	0.38	2.31	4.81	2.85	3.42	5.54	2.49
C	4.46	6.00	10.46	9.50	4.87	4.22	1.51	3.95	3.39	0.83	2.17	2.20	6.19

表 5.1.1-6　台山海洋站累年各月平均风速、最大风速、极大风速及对应风向

（风速：　m/s，风向：°）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	3.5	3.0	3.1	3.1	3.7	3.9	4.3	3.5	3.2	4.1	3.4	3.2	3.5
最大	11.0	13.7	9.9	13.6	16.6	13.3	19.4	19.7	22.0	17.7	9.9	9.8	22.0
风向	72	76	83	37	212	178	87	83	171	92	67	34	171
极大	16.1	18.1	15.3	25.4	28.1	21.0	27.5	27.6	35.0	34.0	18.8	16.6	35.0
风向	34	79	343	40	256	266	62	93	25	37	35	29	25

表 5.1.1-7 台山海洋站累年各月大风平均日数（单位：d）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
大于 6 级风日数	8.4	8.8	7.2	8.4	8.2	12	12.4	13	9.8	15.4	9.6	7.6	120.8
大于 8 级风日数	0	0.4	0	0.2	0.8	1.4	3.4	2.4	1.2	2.8	0.2	0	12.8

5.1.2 海洋水文动力状况

5.1.2.1 基面关系

本项目潮位及高程基面均采用当地理论最低潮面，本工程海域的基准面换算关系：

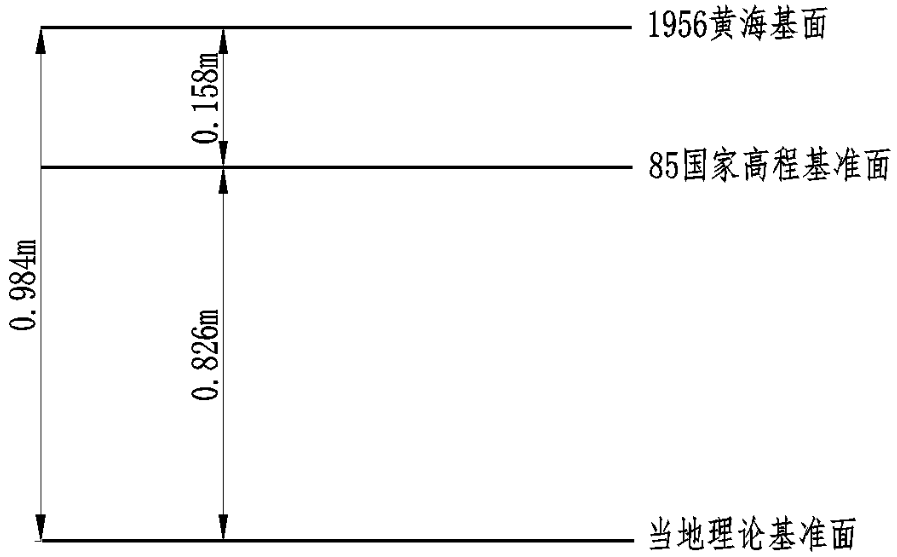

图 5.1.2-1　基准面换算关系

5.1.2.2 潮汐

台山市海域的潮汐类型属不正规半日潮。海岛附近海域的潮汐性质因受地形摩擦等因素的影响，潮汐类型在不同区域变化比较明显。

根据上川岛三洲站的验潮资料可知，上川岛附近海域平均涨潮历时为5小时23分平

均落潮历时为7小时2分，落潮时大于涨潮时。川岛附近海域平均潮差约为1.33m理论最大可能潮差为3.9m，平均海平面逐年最大波动值在0.20m以下。

5.1.2.3 波浪

本章节内容引自《台山市处置港澳惰性拆建物料项目（A、B、C、D、E 区）海域使用论证报告书》（三平环保咨询（北京）有限公司，2022 年 11 月）。该海域波浪以涌浪为主，占 69.1%，风浪为辅，占 30.9%，涌浪多来自 NE 向，年常、强浪向为 SE 向，频率为 58.8%，年最大波高 5.58m，最大周期 11.3 秒，年平均波高 1.12m，平均周期 5.14m。

鹅咀排站年波高分布集中在 ESE~S 方向和 $H_{1/10}$ 为 0.5m~1.0m 之间，分布频率占 43.4%，$H_{1/10}$ 大于 2.5 的频率仅占 0.9%。

5.1.3 区域地质与工程地质

5.1.3.1 区域地质构造

在区域上，本海区属于粤中坳陷的增城-台山断裂带，是坳陷中相对隆起的部分，晚古生代沉积明显变薄。基底为震旦、寒武系变质岩，加里东期混合岩出露。隆起带断裂发育，沿断裂有燕山期岩体侵入，发育中、新生代断裂盆地，构造线主要为北东向及东西向。

（1）褶皱

本区褶皱随大地构造阶段发展的不同而有明显的差异。下古生界及加里东期混合岩、混合花岗岩以近东西向及北东东向展布为主，局部次级褶皱近南北向展布，呈紧密线状褶皱及同斜倒状褶皱；上古生代褶皱多为较开阔的箱状褶皱，局部倒转，方向以南北向、北西向为主，或联合成弧形展布；中新生界断裂盆地多呈北东向展布，产状平缓。

（2）断裂构造

本区主要形成于燕山期。印支期、加里东期的断裂构造以近东西向展布为主。燕山期的断裂构造在展布方向上具有由近东西向转至北东东向至北东向的演化趋势，早期以东西向及北东东向为主，晚期以北东向为主。大陆一侧，以阳江-海晏东西向断裂离预选路由最近，影响较大。

上、下川岛作为川山群岛的主体，其地质构造有很大的一致性，分布的断裂多为北东—北东东向，主要有下川岛的 II-3、II-4、II-5 号断裂和上川岛的 II-7、II-8、II-9 号断

裂。它们的走向和规模大致相当，都是穿越全岛的。

断裂活动可能导致地层位移（如断层错动、沉降或隆起），活跃断裂带可能诱发地震，需考虑抗震设计。

5.1.3.2 工程地质

本节引用《台山市上川岛至隆文220KV输电线工程海底电缆管道路由勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2025年8月）中的勘测结果进行论述分析。该次勘测共在本项目海底电缆管道所在海域布置了14个钻孔。

由勘测结果可知，本项目海底电缆敷设段在勘察深度范围内自上而下可划分为海陆交互层、坡残积层等2个主要工程地质层，具体描述如下：

海陆交互层

②1淤泥：灰-灰褐色，流塑-软塑，饱和，黏性较好，土质均匀，局部含有少量贝壳碎屑。该层位于海域表层，分布连续，层顶标高，-8.73～-2.10m，埋深0.00m；该层未完全揭露，已揭露层厚7.00～9.05m；实测标贯击数1～4击，平均2.1击。

残坡积层

③粉质黏土：灰黄色、灰白色、褐红色、黄褐色、褐黄色，可塑，土质不均匀，黏性较好；局部混中粗砂。该层总体上位于海陆交互层以下，该层见于钻孔LK01、LK02，该层未完全揭露，层顶标高，-9.60～-9.10m，埋深7.00m；揭露层厚1.25～1.45m；实测标贯击数14～18击，平均16.0击。

综上可见，本项目海底电缆敷设段揭示地层以淤泥类土、粉质黏土为主，其中粉质黏土均匀性较差；揭示的地层力学性质一般。对于非开挖施工来说，较容易钻进施工，项目区域的构造比较稳定，地震活动的影响较小，工程地质条件适合海底光缆的敷设。

5.1.3.3 海底底质

1.区域海底底质

海宴-下川之间的海峡、上川和下川岛的港湾多为珠江口西侧的一系列山地溺谷峡湾，因为长年受到临近珠江口入海泥沙及西向近岸流的影响，每年都有大量的悬移质泥沙进入本海域沉积，在广海湾至镇海湾一带堆积形成宽广的粉砂淤泥质平原，仅在靠近岛屿边缘和大陆岸线外缘有砂质物分布。

（1）沉积物类型特征

粉砂质粘土：占据了本海区的大部分，样品中粘土含量为45%～72%，粉砂占26%～38%，砂含量少于18%。

粘土质粉砂：出现在黄茅海南部至上川岛东部和广海湾西南部，样品中粉砂含量为35%～46%，粘土占26%～38%，砂含量少于20%。

粘土质砂：分布在岛屿和大陆岸边浅海水域，样品中砂含量为50%～75%，粘土占约20%，其砂质物物源在近岸带，粘土物质主要来源于珠江口。

砂-粉砂-粘土：主要分布在海宴东南近岸，样品中砂含量约为30%，粉砂占30%～35%，粘土量约40%。沉积来自近岸。

（2）沉积物的分布特征

川山群岛的主要岛屿离大陆海岸数公里，周围水域开阔，一般为细粒砂质沉积区，主要有粉砂质粘土或粘土质粉砂，前者主要靠近流速相对较小的近岸浅水区域，如广海湾、镇海湾内外和大襟岛以北海域；后者主要分布于流速较大的深水区域，如上川岛东部等。各海岛周围除分布基岩、砂砾或砂质物外，在潮下带还分布有粉砂质砂和砂-粉砂-粘土等。

2.路由区海底底质及其工程特性

本节引用《台山市上川岛至隆文 220KV 输电线工程海底电缆管道路由勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2025 年 8 月）中的勘测结果进行论述分析。该次路由勘测，结合周围海区的地层分布情况以及钻孔资料，对浅地层剖面图像进行了解译分析。

根据解译分析结果，地层②1 淤泥在整个路由通道调查区域内普遍存在，厚度约为 3～10m，局部区域厚度可达 18m，是敷设海底电缆的主要目的地层，结合区域地质资料和路由线上的钻孔资料，该地层主要为软塑淤泥、淤泥质土～可塑粉质黏土，为第四系海相沉积物。路由区域内未发现明显的礁石区反射波特征；通过浅地层剖面探测数据分析，浅层未发现明显的断裂、断层、破碎带等构造，对海底电缆敷设影响不大。

5.2 自然资源概况

5.2.1 岛礁资源

本项目评价范围内分布有上川岛、下川岛、黄麇洲、马骝头岛、榄核岛、飞妹洲。其中上川岛、下川岛均为有居民海岛，均属于基岩岛，面积均大于 500 公顷，海岛与大

陆间水域宽阔。黄麋洲、马骝头岛、榄核岛和飞妹洲均属于无居民海岛。

5.2.2 港口、航道及锚地

1. 港口与锚地

本项目路由海区的海岛港湾的水深、屏蔽等综合条件较好，为了适应经济发展和国防需要，有驻军的海岛和居民点集中的港湾条件好的岸段都建了码头，这些港口码头主要分布在上川岛的三洲、沙堤，下川岛的角咀、东湾，漭洲岛的漭头等。目前，这些港口码头可通航的船舶吨位最大在500 t左右。

船舶的锚地多设在港湾或港口，与项目较近的港口码头为独湾码头、浪鸡角码头和上川大澳码头。

独湾码头位于下川岛东独湾岸线。目前，在独湾岸线，只建有岛陆交通码头一座（独湾码头），使用岸线 200m。近期，独湾码头扩建了防波堤，防波堤占用岸线 87m，并正在建设 1 个 400 吨车渡船泊位及 1 个 300 吨杂货船泊位（结构均按 1000 吨级预留）。

本项目海底电缆管道不涉及占用港口码头及其锚地水域。

2. 航道及锚地

本项目海底电缆穿越珠海高栏港外至阳江南鹏岛北近岸航路和山咀--独湾航线。

5.2.3 海草床

海草种类丰富，生物多样性高，是继红树林和珊瑚礁以外又一个重要的海洋生态系统，海草广泛分布于温带和热带的海岸带水域，并且常常受到自然原因和人为原因干扰，他们偏爱的生境主要是水流速度较小的沿海河口、海湾等。大面积的连片海草被称为海草床，是许多大型海洋生物甚至哺乳动物赖以生存的栖息地，在生态上具有重要意义。

根据《广东沿海海草床的现状、面临的威胁与保护建议》（生态环境部华南环境科学研究所，钟超等，2024），台山地区海草床的分布记录见表 5.2.3-1。

表 5.2.3-1　广东海草床面积和生物学特征

（引自《广东沿海海草床的现状、面临的威胁与保护建议》）

研究区域	海草床	种类	面积（公顷）	茎枝密度	生物量（g/m²）	文献来源
江门	上川岛湾仔角*	日本鳗草	7	4690.48	117.86	黄小平等，2010
	上川岛沙塘	日本鳗草	0.011	2256	161.8	Jiang et al，2020
	下川岛荔枝湾	日本鳗草 贝克喜盐草	0.17	——	——	Jiang et al，2020

*该海草床曾有记录，但 2017-2018 年调查（Jiang et al, 2020）未发现。——无数据。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，台山市海草床分布在下川岛荔枝湾，其基本情况见表 5.2.3-2 所示。

表 5.2.3-2　典型生境（海草床）分布情况登记表

（《引自广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》）

图斑编号	所在区域			行政区域代码	典型生境类别	面积（公顷）	生态保护修复目标
	省	市	县/区				
29	广东省	江门市	—	440700	海草床	334.65	海草床及生物多样性维护

综上所述，台山市海草床主要分布在下川岛荔枝湾，上川岛湾仔角、沙塘曾有分布记录，但近期已无发现，可能由于缺乏保护，人类过度和破坏性捕捞、海岸带建设等活动，使上川岛湾仔角、沙塘的海草床退化消失。

5.2.4 红树林

红树林是生长在热带、亚热带海岸潮间带的木本植物群落，作为一种独特的湿地生态系统，为鸟类、鱼类和其他生物提供了丰富的食物和良好的栖息环境。

结合遥感影像调查和林业部门提供的资料，本项目评价范围内红树林分布在扑手湾北侧及北风湾南侧，面积分别约为 7.45 公顷和 2.99 公顷，与本项目最近距离分别约为

2.5km 和 1.6km。江门红树林湿地分布有红树植物 17 种，其中：真红树植物 10 种，半红树植物 6 种，另引种真红树植物无瓣海桑（Sonneratiaapetala）1 种。江门红树林湿地属近海和海岸湿沼泽湿地类型，面积 1500hm²。主要分布在新会的崖门古炮台对岸，崖南围垦区；台山的广海、上川岛、下川岛、田头、深井、北陡的沙湾塘以及镇海湾的那夫顶、新潮围、恩平的洪窖。

台山市现有红树林面积 999.55 公顷，占江门市红树林总面积的 72%，主要沿海岸堤岸带状分布，通过调查、查找文献及相关资料进行统计，台山市现有红树林树种 12 科 15 属 16 种，其中真红树植物 8 科 10 属 11 种，半红树植物 4 科 5 属 5 种；台山市红树林主要群落类型有 9 种，包括桐花树群落、秋茄树群落、无瓣海桑群落、桐花树+秋茄树群落、桐花树+白骨壤群落、桐花树+秋茄树+白骨壤群落、桐花树+无瓣海桑+老鼠簕群落、白骨壤+老鼠簕群落、无瓣海桑+老鼠簕群落。

本项目评价范围内的红树林主要包括秋茄树、白骨壤、无瓣海桑等。

表 5.2.5-1　台山市红树林树种表

序号	科名	属名	种名	种类
1	马鞭草科 Verbenaceae	海榄雌属 *Avicennia*	白骨壤 *Avicennia marina*	真红树
2	紫金牛科 Myrsinaceae	蜡烛果属 *Aegiceras*	桐花树 *Aegiceras corniculatum*	
3	红树科 Rhizophoraceae	秋茄树属*Kandelia*	秋茄树 *Kandelia obovata*	
4	红树科 Rhizophoraceae	木榄属 *Bruguiera*	木榄 *Bruguiera gymnorhiza*	
5	红树科 Rhizophoraceae	红树属 *Rhizophora*	红海榄 *Rhizophora stylosa*	
6	海桑科 Sonneratiaceae	海桑属 *Sonneratia*	无瓣海桑 *Sonneratia apetala*	
7	海桑科 Sonneratiaceae	海桑属 *Sonneratia*	海桑 *Sonneratia caseolaris*	
8	大戟科 Euphorbiaceae	海漆属 *Excoecaria*	海漆 *Excoecaria agallocha*	
9	卤蕨科 Acrostichaceae	卤蕨属 *Acrostichum*	卤蕨 *Acrostichum aureum*	
10	爵床科 Acanthaceae	老鼠簕属 *Acanthus*	老鼠簕 *Acanthus ilicifolius*	
11	使君子科Combretaceae	对叶榄李属 *Laguncularia*	拉关木 *Laguncularia racemosa*	
12	锦葵科 Malvaceae	木槿属 *Hibiscus*	黄槿 *Hibiscus tiliaceus*	半红树
13	锦葵科 Malvaceae	桐棉属 *Thespesia*	杨叶肖槿 *Thespesia populnea*	
14	豆科Leguminosae	水黄皮属 *Pongamia*	水黄皮 *Pongamia pinnata*	
15	梧桐科 Sterculiaceae	银叶树属*Heritiera*	银叶树 *Heritiera littoralis*	
16	夹竹桃科Apocynaceae	海杧果属 *Cerbera*	海杧果 *Cerbera manghas*	

5.2.5 珍稀海洋生物

5.2.5.1 海豚

（1）中华白海豚

中华白海豚（Sousachinensis），又名印度太平洋驼背豚，属哺乳纲、鲸目、海豚科、驼背豚属、中华白海豚种。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中，中华白海豚被列为国家一级保护动物。在 1991 年颁布的《濒危野生动植物国际贸易公约》附录 I 中，中华白海豚被列为严格禁止贸易活动的物种。在 2006 年的国际自然保护联盟濒危物种红色名录（或称 ICN 红色名录）中，中华白海豚被列为濒危物种。

主要食物、活动特性：中华白海豚主食鱼类，虽在不同地区食性会有所变化，但都以浅滩底栖河口鱼类为主。中华白海豚的繁殖、觅食、社群活动等均在相对西定的港湾内进行，但具有明显的季节移动（Jeferson，2000;Karczmarski 等，2000 贾晓平等，2000;刘文华和黄宗国，2000）。

生境选择：中华白海豚对生境具有选择性，喜欢在近岸水域，一般在离岸 400m 以内的浅水域（水深一般小于 20m）内活动（Preen，2004;Liu 和 Hills，1997:Karczmarski，2000;Karczmarski 等，2000），近岸的暗礁区是中华白海豚的关键生境（Keith 等，2002;贾晓平等，2000）。但是其对水深要求的极限，Karczmarski 等（2000）认为是 25m，水深可能成为各亚种群之间基因交流的障碍。中华白海豚对水的透明度没有明显的偏好（Jefferson，2000;Bowater 等，2003）。

繁殖：Jefferson（2000）认为雌性 9-10 岁就可达到性成熟，雄性要晚一些，在 12 岁左右（Cockcroft，1989）。5-7 月份是中华白海豚的交配高峰期。妊娠期可达 11 个月;全年都可产仔，大多数在 1-8 月份产仔（Jeferson，2000），因此春夏季就成为了分娩高峰。每胎一仔，未发现有两仔。出生幼仔在 1m 左右，体重约 20-40kg（王不烈，1999）。幼体的体长在第一年内增长非常快，而以后增长相对较缓，12 岁前呈较快的指数增长，在 12 岁之后增长的幅度相当小（Jefferson，2000）。体长与体重也具有相关性（Jeferson，2000），随着体长的增大体重也呈指数增长，而且体长越长，体重的增长幅度越大。

根据《上川岛至海陵岛海域中华白海豚种群特征初探》（李敏等，2017），中国水产科学研究院南海水产研究所于 2013 年-2015 年采用船基截线法在上川岛至海陵岛海域进行了 8 个航次的考察。结果显示各个航次均有中华白海豚的目击记录，考察期共目击到 78 群次（约 623 头次），部分个体有重复目击记录证实了该海域常年栖息着一定

数量的中华白海豚。海豚的目击分布以下川岛、漭洲岛周围水域，以及东平港至庙湾角近岸水域较为集中。海豚的平均目击率与珠江东部河口（伶仃洋）和珠江西部河口区处于同一水平，海豚聚群规模较大并发现有大于30头的超大规模聚群，整体的年龄组成较为年轻化，表明上川岛至海陵岛海域是中华白海豚的重要栖息地。

根据《广东江门水域中华白海豚（Sousa chinensis）的空间分布模式与社会结构的研究》（崔梦冉，2020）在2016年-2018年80个航次共690头中华白海豚的1886个目击位置数据计算出的栖息地范围，可知江门水域的中华白海豚广泛分布于下川岛东北部至荷包岛、大岛的西部，核心分布海域为电厂南部至大襟岛与荷包岛之间。由此可知项目所在海域存在中华白海豚活动情况。

根据《江门川岛风电海域中华白海豚现状调查报告》，中国水产科学研究院南海水产研究所于2024年对江门川岛一、二海上风电项目及其送出海底电缆所在位置及周边海域的中华白海豚及其他鲸类种群进行了系统的海上截线抽样调查，2024年2月~9月，在近岸区进行了4个航次的调查，在离岸区进行了2个航次的调查。近岸区调查累计航程为1025.2 km，其中正式截线观测距离为707.4 km，共目击中华白海豚27群次（合计299头次），目击到的中华白海豚均位于近岸和海岛周围水深较浅的海域。离岸区调查累计航程为1084.1 km，其中正式截线观测距离为967.3 km，共目击印太江豚5群次（合计10头），瓶鼻海豚1群次（合计7头），未知鲸类1群次（1头），未目击到中华白海豚。调查中目击到的印太江豚分布于大襟岛东南、上川岛东面和下川岛南面较深的海域，瓶鼻海豚分布于离上川岛南较远的海域，在离上川岛南较远的海域目击到一头鲸类，种类未知。该航次调查也说明本项目所在海域存在中华白海豚活动情况。

（2）印太江豚

印太江豚（*Neophocaena phocaenoides*）也是沿岸定居性的小型齿鲸类，与中华白海豚一样，常年栖息于沿岸水域，是广东沿岸水域仅有的2种定居性鲸类之一。印太江豚属国家二级重点保护水生动物，隶属鼠豚科，江豚属，广泛分布于印度洋太平洋温带和热带的沿岸水域。根据搁浅记录，广东沿海江豚主要分布于汕头外海和珠江口外海，其中以珠江口外（包括香港南部水域）的记录较多。在珠江口海域江豚分布的区域较中华白海豚离岸一些，从深圳的大鹏澳至江门的下川岛海域均有分布，在夏季和秋季江豚趋向于近岸分布，目击次数较多、群体也较大。印太江豚的体形较小，成年体长在2m左右，雄成体的体长可达2.27m，雌成体可达2.12m。根据性腺的组织学观察和牙齿的年龄鉴定，南海的江豚雄性的最小性成熟年龄为3龄，雌性为4龄，最老的个体为21

龄。雌性性成熟体长约 1.5m，怀孕期约为 11-12 个月左右，一般每胎产 1 头，偶尔有双胞胎，初生仔豚体长 75-85cm，哺乳期超过半年，南海沿岸的江豚在 6 月至翌年 3 月间产仔，产仔高峰期在 8-12 月印太江豚的主要食物为小鱼、乌贼类和虾类，福建省南部沿海江豚的胃含物中有蛇鲻、白姑鱼、斑、鳓鱼、大头狗母鱼、小沙丁鱼、蓝圆鲹、棱鳀、短尾大眼鲷、中华海鲶、棘头梅童鱼等。

距离项目有一定距离的上川岛西南侧海域有印太江豚活动痕迹。结合《江门川岛风电海域中华白海豚现状调查报告》中 2024 年的观测结果可知，离岸较远且与本项目相距较远海域有观测到印太江豚，但项目所在近岸海域则未观测到印太江豚。

5.2.5.2 海龟

海龟隶属龟鳖目、海龟科、海龟属。广布于大西洋、太平洋和印度洋。中国海龟北起山东、南至北部湾近海均有分布。长可达 1 米多，寿命最大为 150 岁左右。头顶有一对前额鳞。四肢如桨，前肢长于后肢，内侧各有一爪。头、颈和四肢不能缩入甲内。为国家二级保护动物。海龟适应在水中生活，四肢变成状，利于游泳一般仅在繁殖季节离水上岸。雌龟将卵产在掘于沙滩的洞穴中。海龟以鱼类、头足纲、甲壳纲动物及海藻为食。4~10 月为繁殖季节，雌、雄海龟常在礁盘或沿岸水域交配，交尾时间长达 3~4 小时，交配后雌龟于晚间爬上岸边沙滩掘坑产卵，先以前肢挖一个深度与体高相当的大坑，伏于坑内，再藉后肢交替动作挖一个口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，产卵于坑内，产卵一般在夜晚 10 时至翌晨 3 时进行，卵产毕后，将卵坑用沙覆盖后离滩返海。每年可产卵 23 次，每产 91~157 枚，多可达 238 枚。卵白色，圆球形，卵壳革质而韧软，卵径 35~58mm。孵化期 30~90 天，通常 45~60 天，幼龟自出壳即爬归海水中生活。我国广东省惠东、海南的西沙群岛沿岸均为海龟产卵繁殖地。

相关研究通过对美国和中国台湾对龟的洄游路线卫星追踪情况，以及 2001 年-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。本项目距离海龟活动分布热点海域和洄游重要通道较远。

根据《惠东幼年绿海龟的洄游规律及觅食地选择》（动物学杂志 2021 年第 56 卷第 4 期，叶明彬等），2011 至 2015 年间，研究单位将 6 只来自广东惠东海龟国家级自然保护区人工培育 2~14a 的幼年海龟，分为夏季组及冬季组，在其背甲上安装追踪器。

由前述追踪及跟踪结果可知，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明

工程海域曾有海龟出没。

5.2.6 “三场一通道”分布情况

1、南海鱼类产卵场

本项目海底电缆不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

2、南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域，保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目海底电缆位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

3、南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，其间禁止底拖网渔船和拖虾渔船以及捕捞幼鱼幼虾为主的其它作业渔船进入生产。本项目海底电缆管道位于南海区幼鱼、幼虾保护区。

4、黄花鱼幼鱼保护区

黄花鱼幼鱼保护区共有 4 处。一为粤东汕头外表角至勒门列岛、南澳岛饶平宫口头一带内海，保护期为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日；二为海丰县遮浪横至惠东县平海角 20 米水深以内海域，保护期也为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日；三为上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小襟至漭洲），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日；四为湛江港口至硇洲岛周围 20 米水深以内海域，保护期亦为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目海底电缆位于上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小襟至漭洲）黄花鱼幼鱼保护区。

5.3 海洋水文动力环境现状调查与评价

5.3.1 调查概况

本节引用《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆项目附近海域海洋水文测验技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 5 月）中的海洋水文动力现状调查资料进行评价。该次调查共布设周日同步连续水文观测站 4 个，站位号为 SCL1～SCL4，观测内容包括温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况等，同时布设临时潮位观测站 2 个（15 天），观测站位坐标见表 5.3.1-1 所示。海洋水文动力环境质量现状由广州海兰图检测技术有限公司开展调查，其中潮流观测时间为 2025 年 04 月 28 日到 2025 年 04 月 29 日，潮位观测时间为 2025 年 04 月 28 日到 2025 年 05 月 12 日。

表 5.3.1-1 水文观测站位表

观测内容	序号	站号	经度（E）	纬度（N）	观测要素				
					潮位	海流	悬沙、粒径	温、盐	风速风向
海流悬沙观测站	1	SCL1				√	√	√	
	2	SCL2				√	√	√	√
	3	SCL3				√	√	√	
	4	SCL4				√	√	√	√
潮位	5	SCC1			√				
	6	SCC2			√				

5.3.2 风速风向、海况

在本次水文观测期间，观测海域主要受西南风和东南风影响，风向较为稳定，风速范围为 2.6m/s 至 8.7m/s，平均风速为 5.3m/s。该海域整体水深较浅，且海面上存在明显的遮挡物，如近岸建筑物、岛屿或码头设施等，因而不同站位的风速受地形遮挡和局地效应的影响较为显著。各个站位海况均为 1 级。

5.3.3 潮位

（1）实测潮位统计分析

根据 SCC1 和 SCC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2025 年 04 月 28 日 00 时至 2025 年 05 月 12 日 23 时（15 天），如图 5.3.3-1 至 5.3.3-2 所示（黑色线段表示 15 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：上川岛（三洲湾）站和台山（广东）站，其中黑色的线表示上川岛（三洲湾）站和台山（广东）站，红色表示 SCC1 站的潮位，蓝色表示 SCC2 站的潮位，绘制时间为 2025 年 04 月 20 日 0 时至 2025 年 05 月 20 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心。

由表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一个太阴日内有两次高潮和两次低潮，但相邻的高潮或低潮的高度不等，涨潮时和落潮时也不等。

（2）潮汐调和分析

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数，它的准确性十分重要。本报告根据收集的 SCC1 和 SCC2 连续 15 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，我们采用最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 5.3.3-1 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 5.3.3-1 调查海区调和常数统计分析（基于 15 天）

分潮	SCC1		SCC2	
	振幅（cm）	迟角（°）	振幅（cm）	迟角（°）
O_1	35.02	268	35.04	268
K_1	40.30	292	40.30	292
M_2	59.10	292	59.04	292
S_2	23.80	304	23.84	304
M_4	8.01	107	7.91	107
MS_4	4.73	170	4.61	170

由表可知，临时潮位站的分潮中 M_2 分潮振幅皆最大，其中 SCC1 的 M_2 分潮振幅为约为 59.10cm，迟角为 292°；SCC2 的 M_2 分潮振幅约为 59.04cm，迟角为 292°。

（3）潮汐性质和潮汐特征值

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F=\left(H_{O_1}+H_{k_1}\right)/H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F<0.5$ 正规半日潮

$0.5\le F<2.0$ 不正规半日潮

$2.0\le F<4.0$ 不正规全日潮

$4.0\le F$ 正规全日潮

对 SCC1 和 SCC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析，结果如表 5.3.3-2 所示，临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.27 和 1.28，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过上川岛（三洲湾）站和台山（广东）站的一个月的潮位数据，计算两个潮位观测站的潮汐性质系数，其结果分别为 1.19 和 1.29；而测量海区更靠近上川岛（三洲湾）站。因此 SCC1 和 SCC2 站为不正规半日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 3.13m，最低潮位为-0.02m，最大涨潮潮差为 2.16m，最大落潮潮差为 3.13m，SCC1 站的平均潮差为 1.33m，SCC2 站的平均潮差为 1.32m。

表 5.3.3-2 测验所设潮位站潮汐特征值统计

特征值	SCC1	SCC2
最高潮位（m）	3.13	3.13
最低潮位（m）	-0.02	-0.01
平均潮位（m）	1.56	1.56
最大涨潮潮差（m）	2.15	2.16
最大落潮潮差（m）	3.13	3.13
平均潮差（m）	1.33	1.32
平均涨潮历时（h）	12	12

特征值	SCC1	SCC2
平均落潮历时（h）	12	12
潮汐性质系数 F	1.27	1.28
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮

（4）平均潮差

潮差是标志潮汐强弱的重要指标，指某一定时期内的潮差的平均值，是潮汐的一个重要特征值，潮差不仅反映了海水在周期性涨落中的变幅，还能揭示出不同海域潮汐的活跃程度。在潮汐观测中，潮差的变化往往受到天文因素的影响，如太阳和月球的引力作用。通常情况下，大潮期间（如朔望潮），由于日月引潮力叠加，潮差达到最大值；而在小潮期间（如弦潮），潮差则相对较小。因此，通过分析某一时期内的潮差平均值，不仅可以了解海区的潮汐特性，还能推测出季节性变化以及潜在的异常现象。经计算 SCC1 和 SCC2 站的平均潮差分别为 1.33m 和 1.32m。

5.3.4 海流

表 5.3.4-1 为涨、落潮流统计表。

从海流的运动状态来看，观测期间各站点的海流普遍呈现出与等深线平行的潮流特征。各层潮流方向主要受局地地形和潮汐作用的共同影响。在垂向结构上，流速分布较为均匀，各层之间的流速差异不大。

观测期间最大涨潮流速为 99.9cm/s（方向为 348°），出现在 SCL3 站 0.2H 层；最大落潮流速为 65.6cm/s（方向为 186°），出现在 SCL3 站 0.2H 层；最大涨潮平均流速为 53.1cm/s（方向为 349°），出现在 SCL3 站 0.2H 层；最大落潮平均流速为 32.2cm/s（方向为 200°），出现在 SCL3 站 0.2H 层。在垂向结构上，由于观测海区整体水深较浅，混合作用显著，底摩擦效应较强，导致流速随深度变化较小，垂向差异不明显。在水平分布上，受地形影响，观测海区呈现出典型的“三岔路口”形态：涨潮时，潮流分别由上川岛北部及上下川岛之间的海域流入，并由下川岛北部流出；落潮时则相反，潮水由下川岛北部流入，经上川岛北部和上下川岛之间的通道流出。受此地形控制，上川岛北部的潮流方向以东北—西南向为主；而 SCL4 站位靠近岸边，处于潮流主通道的边缘，因此无论在涨潮还是落潮阶段，潮流方向均稳定呈西南向，表现出明显的地形引导效应和尾流效应。综上，该海区的潮流运动主要受地形格局与潮汐过程的共同控制。

表 5.3.4-1 大潮期涨、落潮流对比统计表

站位	层次	流速（cm/s）、流向（°）							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
SCL1	0.6H 层	29.8	283	20.1	284	28.1	106	16.9	107
	垂线平均	29.8	283	20.1	284	28.1	106	16.9	107
SCL2	0.6H 层	34.5	288	25.1	266	35.4	79	20.7	100
	垂线平均	34.5	288	25.1	266	35.4	79	20.7	100
SCL3	0.2H 层	99.9	348	53.1	349	65.6	186	32.2	200
	0.8H 层	99.2	2	53.1	354	62.7	193	32.1	202
	垂线平均	98.7	355	52.9	351	64.0	190	32.0	201
SCL4	0.2H 层	14.0	238	7.0	239	14.1	212	7.1	203
	0.8H 层	26.0	230	12.7	243	24.9	200	13.5	213
	垂线平均	20.0	233	9.8	242	15.7	229	10.1	209

5.3.5 潮流

5.3.5.1 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F=\left(W_{O_1}+W_{k_1}\right)/W_{M_2}$ 作为判别标准：

$F\leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5<F\leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0<F\leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0<F$ 正规全日潮流

其中 W_{O_1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速，W_{K_1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速，W_{M_2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。

各站各层潮流性质系数 F 值见表 5.3.5-1。根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出不正规全日潮流特征。由此可见，调查海区潮流类型主要表现为不正规全日潮流。

表 5.3.5-1 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
SCL1	0.6H 层	3.41	不正规全日潮流
SCL2	0.6H 层	3.43	不正规全日潮流
SCL3	0.2H 层	3.44	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.43	不正规全日潮流
SCL4	0.2H 层	3.79	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.86	不正规全日潮流

5.3.5.2 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

椭圆要素如表 5.3.5-2 所示。潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占优，M_2 分潮和 S_2 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 K_1 分潮流出现在 SCL3 站 0.8H 层，流速为 98.0cm/s。

表 5.3.5-2 各站各层潮流椭圆要素

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
SCL1-0.6H	O_1	9.8	4.7	-0.484	13
	K_1	10.4	5.5	-0.530	123
	M_2	5.9	3.6	-0.613	276
	S_2	5.2	2.3	-0.438	120
	M_4	1.5	0.4	-0.273	167
	MS_4	1.6	0.0	-0.012	25
SCL2-0.6H	O_1	32.2	0.8	-0.024	192
	K_1	34.1	0.9	-0.026	300
	M_2	19.3	1.0	-0.053	311
	S_2	15.8	0.6	-0.038	159
	M_4	3.2	0.7	0.222	119
	MS_4	2.8	0.5	0.160	331
SCL3-0.2H	O_1	85.2	0.7	-0.008	200
	K_1	90.3	0.7	-0.007	309
	M_2	51.0	0.7	-0.014	331
	S_2	45.3	0.5	-0.011	185
	M_4	6.3	0.6	0.095	272
	MS_4	6.4	0.4	0.056	117
SCL3-0.8H	O_1	92.2	0.7	-0.007	199

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	K_1	98.0	0.8	-0.008	308
	M_2	55.5	0.1	0.001	330
	S_2	49.1	0.1	0.002	183
	M_4	6.7	0.2	0.026	269
	MS_4	6.8	0.1	0.009	115
SCL4-0.2H	O_1	16.4	2.2	-0.136	24
	K_1	17.4	2.5	-0.145	133
	M_2	8.9	2.2	-0.245	160
	S_2	7.4	2.0	-0.268	13
	M_4	1.3	0.4	-0.318	192
	MS_4	1.3	0.3	-0.259	43
SCL4-0.8H	O_1	35.2	0.8	0.023	197
	K_1	37.2	0.8	0.022	305
	M_2	18.7	0.7	0.038	324
	S_2	15.8	0.7	0.047	176
	M_4	3.2	0.3	0.084	286
	MS_4	2.8	0.2	0.083	134

5.3.6 余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之后，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。大潮期水文观测各站各层余流对比见表 5.3.6-1。

由表可知，调查海区观测期间余流流速主要介于 1.3cm/s～11.9cm/s。最大余流为潮流 SCL4 站（0.8H 层，11.9cm/s，225°），最小余流为潮流 SCL1 站（0.6H 层，1.3cm/s，269°）。SCL1 站的余流方向主要为西方向，SCL3 站的余流方向主要为西北方向，其余站位各层的余流方向主要为西南方向。

表 5.3.6-1 观测期各站各层余流对比表

站位及层次	观测期间余流	
	流速（cm/s）	流向（°）
SCL1-0.6H	1.3	269
SCL2-0.6H	3.0	206
SCL3-0.2H	9.5	296
SCL3-0.8H	8.7	302
SCL4-0.2H	6.2	215
SCL4-0.8H	11.9	225

5.3.7 海水温度、盐度

本次水文观测期间，温度、盐度统计如表 5.3.7-1 所示。

（1）温度

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 27.45℃，出现在 SCL1 站 0.6H 层；测得水温的最小值为 24.70℃，出现在 SCL4 站 0.8H 层；观测海区整体水深较浅，海水未表现出明显的温度分层特征。这主要是由于在底摩擦作用和潮汐过程的共同影响下，垂向混合作用增强，促使水体上下层充分混合，导致表层与底层温度差异较小，整体温度分布较为均匀。

（2）盐度

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 29.64，出现在 SCL4 站 0.8H 层；测得盐度的最小值为 28.57，出现在 SCL1 站 0.6H 层。统计结果表明，观测海区整体水深较浅，海水未呈现出明显的盐度分层现象。这主要是由于底摩擦作用和潮汐过程的共同影响增强了垂向混合作用，使水体上下层盐度趋于一致，整体混合较为均匀。从空间分布来看，越靠近外海的站位盐度越高，而近岸站点受陆源物质输入及局地扰动影响较大，盐度波动显著，整体偏低。

表 5.3.7-1 各站温度、盐度统计

站位	层位	温度（℃）			盐度（PSU）		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
SCL1	0.6H 层	27.45	26.52	26.92	28.91	28.57	28.75
SCL2	0.6H 层	27.01	26.00	26.43	29.11	28.64	28.87
SCL3	0.2H 层	26.24	25.57	25.98	29.59	29.28	29.48
	0.8H 层	26.22	25.61	25.97	29.60	29.30	29.49
SCL4	0.2H 层	25.53	24.73	25.22	29.61	29.29	29.49
	0.8H 层	25.40	24.70	25.00	29.64	29.32	29.49

5.3.8 悬沙

（1）悬浮泥沙浓度

本次水文观测期间，各站悬沙浓度范围如表 5.3.8-1 所示。

由表结果可知：观测期间（1）调查海区悬沙浓度范围为 0.003kg/m³~0.030kg/m³，SCL1 站表层的悬沙浓度最大（0.030kg/m³），SCL2 站表层、SCL4 站表层和 SCL4 站底层的悬沙浓度最小（0.003kg/m³）；（2）在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。（3）空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 5.3.8-1 各站悬沙浓度情况表

项目		悬沙浓度（kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
SCL1	表层	0.030	0.005	0.016	0.016
SCL2	表层	0.016	0.003	0.008	0.008
SCL3	表层	0.024	0.008	0.015	0.015
	底层	0.027	0.007	0.015	
SCL4	表层	0.022	0.003	0.011	0.010
	底层	0.020	0.003	0.010	

（2）输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 5.3.8-2 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的大潮单宽输沙量统计结果。

涨潮期最大单宽输沙量为 1.15t/m，方向 355°，出现在 SCL3 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.28t/m，方向 198°，出现在 SCL3 站；最大单宽净输沙量为 0.51t/m，方向 262°，出现在 SCL3 站。SCL1 站的净输沙方向主要为西北向，SCL2 站为东南向，SCL3 站为东方向，SCL4 站则主要为西南向。由此可见，在潮汐主通道区域（SCL1 与 SCL2），净输沙量较小，说明该区域以潮汐动力为主导，泥沙难以长期滞留，整体不易发生淤积或冲刷加深；而 SCL3 与 SCL4 站的净输沙特征则表现出潮汐与地形共同作用的影响，输沙方向更受局地条件调控，表现出一定的空间差异性。

表 5.3.8-2 各站大潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）
SCL1	0.14	282	0.12	99	0.02	308
SCL2	0.10	261	0.14	96	0.05	125
SCL3	1.15	355	1.28	198	0.51	262
SCL4	0.10	245	0.20	211	0.28	222

（3）悬沙粒度分析

- **悬沙类型、粒级组成及含量**

粒度是悬浮泥沙研究的重要参数，它与泥砂搬运、沉积等过程关系密切。悬沙粒度

特征一直是海岸、河口地区沉积动力研究的重要内容之一，研究悬沙粒度的变化对于分析泥沙再悬浮和沉降作用、追溯沉积物的来源及其形成过程，理解生物地球化学循环具有重要意义，同时悬沙粒径还是影响絮凝沉降的重要因子。因此了解悬沙粒度及其变化是进一步研究泥沙再悬浮、沉降和输运规律的基础。按《海洋调查规范（GB/T12763.8—2007）》粒级间隔为 1，（粒级组成为 1~11）。悬沙样的分析统计结果及粒级组成见表 5.3.8-3 和表 5.3.8-4。

由表可知调查水域各站悬沙从组成成分类别来看，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，最后是砂。

各站大潮期间砂含量为 0.00%～2.08%，平均值为 0.54%，粉砂含量在 65.31%～81.59%之间，平均值为 75.35%，粘土含量在 16.46%～34.69%之间，平均值为 24.11%；悬沙样品类型为粉砂（11/16），粘土质粉砂（5/16），共 2 种样品类型。

表 5.3.8-3　悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（N=16）

潮 次	变 化 范 围	砂含量（%）	粉砂含量（%）	粘土含量（%）	平均粒径 M_z（Φ）	分选系数 σ_i（Φ）	偏态 S_{ki}	峰态 Kg	中值粒径 M_d（μm）
大 潮（N=16）	最大值	2.08	81.59	34.69	7.09	0.015	0.54	1.34	14.60
	最小值	0.00	65.31	16.46	5.84	0.006	0.24	0.84	5.85
	平均值	0.54	75.35	24.11	6.46	0.010	0.39	1.03	9.82

表 5.3.8-4　悬沙粒级组成和各粒级含量（N=16）

潮 次	粒　级	砂					粉　砂				粘　土		
	（粒径，mm）	2~1	1（0.5	0.5（0.25	0.25（0.125	0.125（0.063	0.063（0.032	0.032（0.016	0.016（0.008	0.008（0.004	0.004（0.002	0.002（0.001	<0.001
	（粒径，（）	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
大 潮（N=16）	最大值（%）	0.00	0.00	0.00	0.09	2.06	16.49	31.39	32.43	28.64	21.19	9.88	4.06
	最小值（%）	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	11.15	21.07	14.96	9.99	4.65	1.82
	平均值（%）	0.00	0.00	0.00	0.01	0.53	6.21	21.70	26.92	20.52	14.57	6.80	2.74
	累　计（%）	0.00	0.00	0.00	0.01	0.54	6.75	28.45	55.37	75.89	90.47	97.26	100.00

- **中值粒径（M_d，（m）**

中值粒径（M_d，（m）是在绘制颗粒粒径分布概率累积曲线图中读取含量 50%的对应粒径值，各站大潮各个时刻（落急、落憩、涨急、涨憩）中值粒径情况详见表 5.3.8-5。由表可知，各观测站位悬沙中值粒径变化范围在 5.85μm～14.60μm 之间，平均值为 9.82μm。SCL3 测站落憩最粗（14.60μm），SCL3 测站落急最细（5.85μm）。

表 5.3.8-5　悬沙中值粒径（M_d，（m）统计

站点	潮汛	落急	落憩	涨急	涨憩	平均
SCL1	大潮	8.51	8.88	7.21	5.87	7.62
SCL2	大潮	11.47	10.09	10.77	10.20	10.63
SCL3	大潮	5.85	14.60	14.03	13.26	11.94
SCL4	大潮	10.56	10.09	8.18	7.61	9.11

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。本航次落急、落憩、涨急、涨憩时中值粒径的平均值分别为 9.10μm、10.91μm、10.05μm、9.24μm。

- **平均粒径（M_z，（）**

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在 5.84（～7.09（之间，平均值为 6.46（。平均粒径的空间分布为：SCL3 站的落急最大，为 7.09（；SCL3 站的落憩最小，为 5.84 （。

- **分选系数（（$_i$，（）**

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 0.006（～0.015（，平均值为 0.010（。分选系数的最大值都小于 1.5，表明颗粒粒度越均匀，分选性越好。

- **偏态（S_{ki}）**

测区悬沙偏态系数变化范围为 0.24～0.54，平均值为 0.39。观测区域的偏态均为正偏，表示颗粒分布向粗粒方向偏移，在快速沉积环境中，较重的颗粒通常会较早沉积，而较轻的颗粒可能被搬运更长距离。

- **峰态（Kg）**

测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.84～1.34，平均值为 1.03。表明观测海区的颗粒的尺寸分布较为分散，没有明显的聚集。

5.4海底地形地貌和冲淤环境

5.4.1 海底地形地貌

5.4.1.1 水下地貌

台山海宴镇东南沿海为低矮的丘陵地，高程都在 40-200m，它与下川岛之间的海峡，海底地势平坦，海峡宽约 6-7km。水下地貌以淤泥滩（海宴）、水下浅滩（海峡主体）和岩滩（下川岛北岸）为主。

下川岛至上川岛之间海峡，为一小而短的海峡，北窄南宽，海峡北部宽约 4-5km，南部宽约 20-25km，近南北走向。海峡的海底地形比较复杂，地势起伏也较大，尤其是有小屿出现的地方，水深变化很大。水下地貌以岩滩、水下浅滩（海峡两侧靠岸）和水下岸滩（海峡中部）为主。

5.4.1.2 水下地形

本项目海底电缆路由拐点 1 位于海宴镇登陆点，路由向南偏东沿沙滩下水后延伸 3.8km 达到拐点 2，再转向东南方向延伸 7.95km 达到拐点 3，然后向东延伸 2.54km 达到拐点 4，后转向东南方向延伸 0.36km 至拐点 5 在上川岛登陆。根据《台山市上川岛至隆文 220KV 输电线工程海底电缆管道路由勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2025 年 8 月），本项目海底电缆所在海域水下地形情况分述如下

（1）KP0+000～KP0+300m（海宴镇登陆点拐点 1～水深 0m 处）

本段为路由的海陆交接地带，长约 300m，临近海宴镇登陆点处，海底面起伏不大，路由高程变化范围在 0m～1.4m 之间，高程沿路由中线方向由高变低，平均坡降约为 4.6‰。

（2）KP0+300m～KP3+796m（水深 0m 处～拐点 2）

本段路由长约 3.496m，海底面起伏较小，水深变化在 0m～3.2m 之间，沿路由中线方向由浅变深，平均坡度约为 0.92‰，路由走廊区域西侧有蚝排养殖区，养殖区沿路由方向约 1km。

（3）KP3+796m～KP11+748m（拐点 2～拐点 3）

本段路由长约 7.952km，海底面起伏较小，水深变化在 3.2m～8.0m 之间，沿路由中线方向由浅变深，平均坡度约为 0.60‰。

（4）KP11+748m～KP14+293m（拐点 3～拐点 4）

本段路由长约 2.545km，海底面起伏不大，水深变化在 8.1m～0.8m 之间，沿路由中线方向由深变浅，平均坡度约为 2.83‰。

（5）KP14+293m～KP14+458m（拐点 4～水深 0m 处）

本段路由长约 0.165km，海底面较平缓，水深变化在 0.8m～0m 之间，沿路由中线方向由浅变深，平均坡度约为 4.85‰。

（6）KP14+458m～KP14+657m（水深 0m 处～拐点 5 上川岛登陆点）

本段路由长约 0.199km，海底面较平缓，标高变化在 0m～0.9m 之间，沿路由中线方向至登陆点，平均坡度约为 4.52‰。

5.4.2 海床冲淤活动

以 2020 版的海图（水深数据测量年份为 2013）作为底图，把 2000 年版海图（水深数据测量年份为 1987）的 0m、2m、5m、10m、20m 等深线投到底图上，观察它们的变化来了解路由所在海域的冲淤变化。

在项目所在海域，自 1987 年至 2013 年间，0m 和 2m 等深线均向海宴陆侧移动明显，0m 等深线在路由附近向陆一侧移动了 250-300m，平均每年移动 11-14m；2m 等深线在路由附近向陆一侧移动了 900m，平均每年移动 40m 左右；说明有一定的侵蚀。而近下川岛岛岸一侧，0m、2m 和 5m 等深线均没有显著的移动，说明此处的冲淤变化不甚明显。近岛岸浅槽由 5.2-5.6m,加深到 5.6-5.8m，22 年间有 20-30cm 的变化。而在荔枝湾口则呈现淤积态势，原来一条连贯的浅槽被打断，分为东西两段，荔枝湾口北淤高 30-40cm。其余路由所涉海底大致稳定，地形地势无大改变。

下川岛至上川岛相关海域，自 1987 年至 2013 年间，0m、2m 和 5m 等深线均变动不大，说明冲淤变化不大；除在近岸有淤积和地形变化外，其余大部分区域的地形地势无大的变化。

5.5海水水质环境质量现状调查与评价

5.5.1 调查站位及时间

为了了解项目所在海域的海水水质现状情况，本次引用《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2025 年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 5 月）中的调查资料进行评价。该次调查共布设海水水质调查站位 12 个，调查站位坐标及调查内容见表 5.5.1-1 所示。12 个水质调查站位均位于项目海洋环境影响评价范围内，满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中 3 级评价不少于 2 个海水水质调查站位的要求。调查时间为 2025 年 04 月 18 日～04 月 19 日。

表 5.5.1-1　调查站位及检测内容一览表

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目
1	TS01			水质
2	TS02			水质、沉积物、生物生态、生物资源
3	TS03			水质、沉积物、生物生态、生物资源、生物质量
4	TS04			水质、生物生态、生物资源
5	TS05			水质、沉积物、生物生态、生物资源、生物质量
6	TS06			水质
7	TS07			水质
8	TS08			水质、沉积物、生物生态、生物资源、生物质量
9	TS09			水质、沉积物、生物生态、生物资源、生物质量
10	TS10			水质、沉积物、生物生态、生物资源
11	TS11			水质
12	TS12			水质、生物生态、生物资源、生物质量
13	TC01			潮间带生物、沉积物
14	TC02			潮间带生物、沉积物

5.5.2 调查项目及采样、分析方法

1. 调查项目

调查项目包括 pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬、挥发酚、硫化物、生化需氧量、硒、镍等 24 项。

2. 分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 5.5.2-1 所示。

表 5.5.2-1　海水水质调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
2	pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
4	溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
7	硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
9	氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
10	无机氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/35	/	/
11	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
12	挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
13	油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378. 4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
14	汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
15	砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031mg/L
20	铬	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
21	生化需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/33.1	五日培养法	/
22	硒	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
23	镍	《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收分光光度法	0.5μg/L
24	硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L

5.5.3 评价标准与方法

1）评价标准

《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）覆盖水域测站的水质标准按近岸海域环境功能区划执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应标准限值（第二类）。近岸海域功能区划未覆盖海域的测站，由于所在海域主要功能为水产养

殖等，属于《海水水质标准》（GB3097-1997）中划分的第二类海水水质分区。执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第二类海水水质标准。因此，各海水水质调查站位均执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第二类海水水质标准。

2）评价方法

海水水质现状评价采用单一站位的单因子标准指数法，采用《环境影响评价技术导则－地面水环境》（HJ 2.3-2018）中推荐的标准指数法进行评价，单项水质参数 i 在 j 点的标准指数为：

$$Pi，j=Ci，j / CS，i$$

溶解氧的标准指数为：

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \qquad DO_j > DO_f$$

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j \qquad DO_j \le DO_f$$

式中：DO_s：溶解氧的地表水质标准，mg/L；DO_j：第 j 点的溶解氧实测值，mg/L；DO_f：饱和溶解氧浓度，mg/L，对于河流，DO_f=468/（31.6+T），对于盐度较高的海域，DO_f=（491-2.65S）/（33.5+T），S：实用盐度符号，量纲为 1；T：水温，℃。

pH 的标准指数为：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \qquad pH_j \le 7.0$$

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \qquad pH_j > 7.0$$

式中： $S_{pH,j}$ —— pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j —— pH 值实测统计代表值；

pH_{sd} ——评价标准中 pH 值的下限值；

pH_{su} ——评价标准中 pH 值的上限值。

若水质参数的标准指数＞1，则表明该项水质参数超过了规定的水质标准，已不能满足标准相应的使用功能要求。

5.5.4 调查结果与评价

2025 年 4 月春季海水水质现状调查结果统计见表 5.5.4-1 所示，评价结果见表 5.5.4-2

所示。

根据调查结果，调查海域的超标因子为无机氮，最大超标倍数为 0.13，超标率为 41.7%；超标站位 TS01、TS02、TS04、TS09、TS12 海水中的无机氮含量不符合海水水质第二类标准要求，但符合海水水质第三类标准要求；其他水质监测因子均符合海水水质第二标准要求。

总体上，2025 年 4 月调查期间，调查海域的海水水质现状不能完全达标，主要可能受沿岸陆域生活污染源等入海影响所致。

表 5.5.4-1　海水水质调查结果

站位	层次	水温	水深	pH	盐度	溶解氧	悬浮物	化学需氧量	生化需氧量	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮	氨氮	无机氮	活性磷酸盐	油类	锌	挥发酚	硫化物	硒	汞	砷	铜	铅	镉	镍	总铬
		℃	m	/		mg/L											μg/L									
TS01	表层	24.1	3.1	8.03	29.451	7.14	9.7	1.10	0.66	0.291	0.0087	0.0343	0.334	0.0083	0.0112	0.0106	1.1L	0.2L	0.9	0.008	0.8	2.9	0.72	0.67	1.4	1.7
TS02	表层	24.1	2.4	8.04	29.451	7.16	13.5	1.18	0.57	0.274	0.0088	0.0337	0.316	0.0080	0.0098	0.0101	1.1L	0.2L	0.8	0.013	0.7	1.1	0.14	0.25	1.4	1.5
TS03	表层	24.5	3.1	8.06	29.796	7.18	9.9	2.08	0.69	0.208	0.0084	0.0302	0.247	0.0075	0.0199	0.0116	1.1L	0.5	0.5	0.014	0.9	2.0	0.29	0.51	1.3	1.6
TS04	表层	23.9	5.2	8.03	29.620	7.19	7.1	0.78	0.51	0.290	0.0180	0.0317	0.340	0.0076	0.0061	0.0111	1.5	0.2	0.4	0.008	0.8	2.2	0.72	0.40	1.9	2.5
TS05	表层	24.4	4.6	8.03	29.557	7.17	6.7	0.65	0.25	0.196	0.0114	0.0406	0.248	0.0073	0.0154	0.0121	1.5	0.3	0.5	0.020	0.7	2.2	0.54	0.49	2.0	1.7
TS06	表层	24.4	6.2	8.05	29.838	7.14	7.4	0.65	0.45	0.218	0.0117	0.0446	0.274	0.0075	0.0123	0.0111	1.1L	0.5	0.3	0.017	0.8	2.5	0.47	0.47	1.4	0.8
TS07	表层	23.0	6.6	8.01	30.256	7.23	7.9	0.82	0.56	0.188	0.0252	0.0323	0.246	0.0072	0.0114	0.0131	1.1L	0.2	0.2L	0.007L	0.8	1.9	0.36	0.42	1.6	2.6
TS08	表层	24.4	7.2	8.07	30.332	7.15	6.0	0.82	0.39	0.220	0.0271	0.0305	0.278	0.0063	0.0088	0.0101	1.1L	0.4	0.6	0.007L	0.8	4.0	0.45	0.50	1.6	2.6
TS09	表层	23.4	8.4	8.05	30.271	7.15	8.5	0.82	0.59	0.253	0.0257	0.0284	0.307	0.0074	0.0080	0.0131	1.2	0.2	0.2	0.011	0.8	2.7	0.67	0.36	1.7	2.0
TS10	表层	23.6	8.8	8.06	30.202	7.12	8.0	0.82	0.54	0.209	0.0245	0.0241	0.258	0.0067	0.0104	0.0121	1.1L	0.2	0.4	0.009	0.8	2.7	0.49	0.51	2.6	0.7
TS11	表层	23.8	10.7	8.06	30.233	7.26	7.2	0.82	0.55	0.197	0.0248	0.0215	0.243	0.0052	0.0083	0.0151	1.2	0.2	0.4	0.007L	0.9	2.8	0.31	0.39	2.0	2.0
	底层	24.0	/	8.08	30.153	6.65	7.7	0.82	0.58	0.166	0.0238	0.0288	0.219	0.0049	/	0.0126	1.1L	0.2	0.4	0.007L	0.8	2.6	0.67	0.40	1.2	2.0
	平均值	23.9	/	8.07	30.193	6.96	7.5	0.82	0.57	0.182	0.0243	0.0252	0.231	0.0051	0.0083	0.0139	0.7	0.2	0.4	0.004	0.9	2.7	0.49	0.40	1.6	2.0
TS12	表层	24.0	11.6	8.06	30.339	7.05	5.5	0.73	0.57	0.269	0.0230	0.0417	0.334	0.0067	0.0114	0.0106	1.5	0.2	0.3	0.007L	0.8	2.2	0.47	0.48	1.5	3.5
	底层	24.2	/	8.07	30.244	6.50	6.2	0.78	0.48	0.227	0.0231	0.0341	0.284	0.0060	/	0.0106	1.1L	0.2	0.5	0.012	0.8	2.6	0.52	0.47	1.4	1.9
	平均值	24.1	/	8.07	30.292	6.78	5.9	0.76	0.53	0.248	0.0231	0.0379	0.309	0.0064	0.0114	0.0106	0.9	0.2	0.4	0.008	0.8	2.4	0.50	0.48	1.5	2.7
最小值		23.0	2.4	8.01	29.451	6.50	5.5	0.65	0.25	0.166	0.0084	0.0215	0.219	0.0049	0.0061	0.0101	1.1L	0.2L	0.2L	0.007L	0.7	1.1	0.14	0.25	1.2	0.7
最大值		24.5	11.6	8.08	30.339	7.26	13.5	2.08	0.69	0.291	0.0271	0.0446	0.340	0.0083	0.0199	0.0151	1.5	0.5	0.9	0.020	0.9	4.0	0.72	0.67	2.6	3.5
平均值		24.0	6.5	8.05	29.982	7.08	8.0	0.92	0.53	0.229	0.0189	0.0326	0.281	0.0069	0.0111	0.0117	0.7	0.3	0.5	0.009	0.8	2.5	0.49	0.45	1.6	1.9

注：①包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率小于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。④站位平均值不参与最终平均值计算。

表 5.5.4-2　海洋环境水质结果评价指数表

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	油类	锌	挥发酚	硫化物	硒	汞	砷	铜	铅	镉	镍	总铬
TS01	0.69	0.70	0.37	0.22	1.11	0.28	0.22	0.21	0.06	0.01	0.05	0.04	0.03	0.29	0.14	0.13	0.14	0.02
TS02	0.69	0.70	0.39	0.19	1.05	0.27	0.20	0.20	0.06	0.01	0.04	0.07	0.02	0.11	0.03	0.05	0.14	0.02
TS03	0.71	0.04	0.69	0.23	0.82	0.25	0.40	0.23	0.06	0.01	0.03	0.07	0.03	0.20	0.06	0.10	0.13	0.02
TS04	0.69	0.01	0.26	0.17	1.13	0.25	0.12	0.22	0.30	0.01	0.02	0.04	0.03	0.22	0.14	0.08	0.19	0.03
TS05	0.69	0.02	0.22	0.08	0.83	0.24	0.31	0.24	0.30	0.01	0.03	0.10	0.02	0.22	0.11	0.10	0.20	0.02
TS06	0.70	0.01	0.22	0.15	0.91	0.25	0.25	0.22	0.06	0.01	0.02	0.09	0.03	0.25	0.09	0.09	0.14	0.01
TS07	0.67	0.69	0.27	0.19	0.82	0.24	0.23	0.26	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03	0.19	0.07	0.08	0.16	0.03
TS08	0.71	0.03	0.27	0.13	0.93	0.21	0.18	0.20	0.06	0.01	0.03	0.02	0.03	0.40	0.09	0.10	0.16	0.03
TS09	0.70	0.70	0.27	0.20	1.02	0.25	0.16	0.26	0.24	0.01	0.01	0.06	0.03	0.27	0.13	0.07	0.17	0.02
TS10	0.71	0.70	0.27	0.18	0.86	0.22	0.21	0.24	0.06	0.01	0.02	0.05	0.03	0.27	0.10	0.10	0.26	0.01
TS11	0.71	0.72	0.27	0.19	0.77	0.17	0.17	0.28	0.15	0.01	0.02	0.02	0.03	0.27	0.10	0.08	0.16	0.02
TS12	0.71	0.74	0.25	0.18	1.03	0.21	0.23	0.21	0.18	0.01	0.02	0.04	0.03	0.24	0.10	0.10	0.15	0.03
超标率%	0.0	0.0	0.0	0.0	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：样品检出率大于 1/2 时，未检出按检出限的 1/2 量值参与统计；样品检出率小于 1/2 时，未检出按检出限的 1/4 量值参与统计。

5.6海洋沉积物环境质量现状调查与评价

5.6.1 调查站位与时间

为了了解项目所在海域的海洋沉积物环境质量现状情况，本次引用《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2025 年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 5 月）中的调查资料进行评价。该次调查共布设海洋沉积物调查站位 6 个；潮间带沉积物调查断面 2 个，在潮间带的低潮带、中潮带和高潮带各采集 1 个样品，共采集 6 个潮间带沉积物样品。调查站位坐标及调查内容见表 5.5.1-1 所示。6 个沉积物调查站位和 2 个潮间带沉积物调查断面均位于评价范围内，满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）的要求。调查时间为 2025 年 04 月 18 日～04 月 19 日。

5.6.2 调查项目及采样、分析方法

常规海洋沉积物调查项目包括 pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷，潮间带沉积物调查项目包括含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷。海洋沉积物样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行。分析方法见表 5.6.2-1 所示。

表 5.6.2-1 海洋沉积物调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/19	重量法	/
2	有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%
3	石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
4	硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
5	铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
6	铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
7	镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
8	锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
9	总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
10	铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
11	砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
12	pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
13	粒度	《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪法	/

5.6.3 评价标准和方法

（1）评价标准

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，各海洋沉积物调查站位所在海域主要规划为生态保护区和渔业用海区，属于《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中划分的第一类标准适用区，执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类海洋沉积物质量标准。

（2）评价方法

评价方法采用单一样品的单因子标准指数法。

5.6.4 调查结果与评价

5.6.4.1 海洋沉积物调查结果与评价

（1）海洋沉积物质量调查结果与评价

2023年3月海洋沉积物环境质量现状调查结果见表5.6.4-1所示，评价结果见表5.6.4-2。

由调查结果可知，调查期间，该海域各调查站位沉积物中有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬的监测结果均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类标准要求，海洋沉积物环境质量现状良好。

表 5.6.4-1　2025 年 4 月春季海洋沉积物环境调查结果

站位	pH	风干样含水率	湿样含水率	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	/	$\times10^{-2}$			$\times10^{-6}$								
TS02	8.06	2.41	32.79	0.67	15.2	18.3	34.8	32.2	0.22	119	78.7	0.109	19.7
TS03	8.08	1.99	38.79	0.80	16.0	24.7	31.5	39.9	0.12	140	78.1	0.135	19.1
TS05	7.99	1.89	32.03	0.80	13.5	22.5	32.8	34.7	0.15	126	73.9	0.150	19.8
TS08	8.01	2.10	31.42	0.70	19.8	12.0	32.4	33.3	0.16	129	73.2	0.122	19.5
TS09	8.12	2.11	35.03	0.73	17.0	15.0	31.7	37.6	0.16	131	78.2	0.123	19.8
TS10	7.99	2.27	33.41	0.63	15.2	8.6	12.6	34.8	0.04L	64.5	51.7	0.039	7.44
最小值	7.99	1.89	31.42	0.63	13.5	8.6	12.6	32.2	0.04L	64.5	51.7	0.039	7.44
最大值	8.12	2.41	38.79	0.80	19.8	24.7	34.8	39.9	0.22	140	78.7	0.150	19.8
平均值	8.04	2.13	33.91	0.72	16.1	16.9	29.3	35.4	0.14	118	72.3	0.113	17.6

注：①包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率小于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

表 5.6.4-2　海洋沉积物标准指数一览表

站位	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
TS02	0.34	0.03	0.06	0.99	0.54	0.44	0.79	0.98	0.55	0.99
TS03	0.40	0.03	0.08	0.90	0.67	0.24	0.93	0.98	0.68	0.96
TS05	0.40	0.03	0.08	0.94	0.58	0.30	0.84	0.92	0.75	0.99
TS08	0.35	0.04	0.04	0.93	0.56	0.32	0.86	0.92	0.61	0.98
TS09	0.37	0.03	0.05	0.91	0.63	0.32	0.87	0.98	0.62	0.99
TS10	0.32	0.03	0.03	0.36	0.58	0.04	0.43	0.65	0.20	0.37
超标率%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

（2）粒度调查结果与评价

2025 年 4 月海洋沉积粒度调查结果见表 5.6.4-3 所示。

由调查结果可知，调查海域海洋沉积物砂含量在 0～8.93%，平均值为 3.15%，粉砂含量在 64.61%～68.26%，平均值为 66.28%，粘土含量在 26.46%～34.84%，平均值为 30.57%。

本次调查各站位沉积物样品类型均为粘土质粉砂。平均粒径介于（5.76~7.04）Φ；中值粒径为（5.831~9.036）μm，平均中值粒径为 7.216μm。

表 5.6.4-3　海洋沉积物粒度调查结果一览表

站位	砂含量（%）	粉砂含量（%）	粘土含量（%）	平均粒径 Mz（Φ）	分选系数σi（Φ）	偏态 S_{ki}	峰态 K_g	中值粒径 Md（μm）	沉积物名称及代号
TS02	3.27	68.26	28.47	6.28	0.01	0.65	1.40	7.977	粘土质粉砂
TS03	0.00	65.16	34.84	7.04	0.01	0.51	1.20	5.831	粘土质粉砂
TS05	2.27	66.96	30.77	6.59	0.01	0.63	1.54	6.931	粘土质粉砂
TS08	8.93	64.61	26.46	5.76	0.02	0.74	1.38	9.036	粘土质粉砂
TS09	2.46	65.87	31.67	6.58	0.01	0.65	1.56	6.809	粘土质粉砂
TS10	1.98	66.79	31.23	6.67	0.01	0.62	1.54	6.712	粘土质粉砂

5.6.4.2　潮间带沉积物调查结果与评价

2025年4月潮间带沉积物质量现状调查结果见表5.6.4-4所示，评价结果见表5.6.4-5。

由调查结果可知，调查期间，各潮间带沉积物样品中的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬的监测结果均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类标准要求，潮间带沉积物环境质量现状良好。

表 5.6.4-4　2025 年 4 月潮间带沉积物质量现状调查结果一览表

站位	风干样含水率	湿样含水率	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	$\times10^{-2}$			$\times10^{-6}$								
TC01-低潮带	0.48	5.44	0.11	18.0	0.3	2.3	22.4	0.04	26.1	15.0	0.013	2.74
TC01-中潮带	0.64	4.23	0.02L	6.6	0.3L	2.0L	14.6	0.04L	14.6	11.5	0.006	1.49
TC01-高潮带	0.66	6.83	0.17	9.9	0.4	5.0	27.8	0.04L	51.6	14.8	0.009	2.63
TC02-低潮带	0.52	8.31	0.02L	5.4	0.3L	2.3	19.2	0.04L	20.5	8.9	0.008	3.33
TC02-中潮带	0.62	10.25	0.02L	1.0	0.3L	2.0L	22.9	0.04L	16.1	6.4	0.006	2.75
TC02-高潮带	0.92	8.10	0.02	1.0L	0.3L	2.4	23.3	0.04L	19.6	6.3	0.014	3.49
最小值	0.48	4.23	0.02L	1.0L	0.3L	2.0L	14.6	0.04L	14.6	6.3	0.006	1.49
最大值	0.92	10.25	0.17	18.0	0.4	5.0	27.8	0.04	51.6	15.0	0.014	3.49
平均值	0.64	7.19	0.06	6.9	0.2	2.3	21.7	0.02	24.8	10.5	0.009	2.74

注：包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值

表 5.6.4-5　2025 年 4 月潮间带沉积物结果评价指数表

站位	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
TC01-低潮带	0.06	0.04	0.01	0.07	0.37	0.08	0.17	0.19	0.07	0.14
TC01-中潮带	0.09	0.02	0.01	0.14	0.46	0.02	0.34	0.19	0.05	0.13
TC01-高潮带	0.01	0.01	0.01	0.03	0.24	0.02	0.10	0.14	0.03	0.07
TC02-低潮带	0.01	0.01	0.01	0.07	0.32	0.02	0.14	0.11	0.04	0.17
TC02-中潮带	0.01	0.01	0.01	0.07	0.39	0.02	0.13	0.08	0.07	0.17
TC02-高潮带	0.01	0.01	0.01	0.03	0.38	0.02	0.11	0.08	0.03	0.14
超标率%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：计算标准指数时，若未检出率小于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

5.7海洋生物质量现状调查与评价

5.7.1 调查概况

1.调查站位及时间

为了了解项目所在海域的海洋生物质量现状情况，本次引用《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2025 年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 5 月）中的调查资料进行评价。该次调查共布设海洋生物质量监测站位 5 个，采集 5 个海洋生物质量样品，各样品所在调查站位坐标及调查内容见表 5.5.1-1。所采集的样品包括了鱼类、贝类和甲壳类等 3 类，满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）的要求。调查时间为 2025 年 04 月 18 日～04 月 19 日。

2.采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的贝类、甲壳类、定居性鱼类、其他软体动物和大型藻类样品进行分析检测，优先选取双壳贝类样品。

（1）贝类

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品，选取足够数量的完好贝类存于高密度塑料袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口，存于冷冻箱中。

（2）甲壳类与中小型类

按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

（3）大型鱼类采集

测量并记下鱼样的体长、体重。用清洁的刀切下至少100g肌肉组织，厚度至少5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

3.分析方法

海洋生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各监测指标的分析方法见表5.7.1-1所示。

表5.7.1-1 海洋生物质量分析方法一览表

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	石油烃	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/13	荧光分光光度法	0.2mg/kg
2	铜	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
3	铅	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
4	镉	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.005mg/kg
5	总汞	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
6	砷	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/11.1	原子荧光法	0.2mg/kg
7	锌	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
8	铬	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

5.7.2 评价标准

生物体内污染物质评价采用单项分指数法。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，贝类样品（TS05）所在海洋功能分区为广海湾重要渔业资源产卵场生态保护区，属于《海洋生物质量》（GB18421-2001）中划分的第一类标准适用区，贝类样品执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的第一类海洋生物质量标准。软体类（非双壳贝类）、甲壳类和

鱼类生物体内污染物质含量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中“附录 C 其他海洋生物质量参考值”。

5.7.3 调查结果与评价

2025年4月海洋生物质量现状调查结果见表5.7.3-1，评价结果见表5.7.3-2。

由调查结果可知，鱼类和甲壳类海洋生物各监测因子的监测结果均低于《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中“附录 C 其他海洋生物质量参考值”，超标率为 0；贝类样品的超标因子为铅和铬，超标倍数分别为 0.50 和 0.88，贝类的铅和铬含量不符合海洋生物质量一类标准但符合海洋生物质量二类标准，其他监测因子均符合海洋生物质量一类标准。贝类样品超标主要可能是由于贝类对重金属有一定的富集作用，从而导致其体内部分重金属含量超标。

表5.7.3-1 2025年4月春季海洋生物质量现状调查结果一览表（鲜重） 单位：mg/kg

站位	种名	类群	总汞	铜	铅	镉	锌	铬	砷	石油烃
TS03	褐蓝子鱼	鱼类	0.009	0.8	0.04L	0.005L	4.7	0.86	0.2	1.2
TS05	翡翠贻贝	贝类	0.014	1.1	0.15	0.065	10.0	0.94	0.6	10.0
TS08	线纹鳗鲇	鱼类	0.050	0.4L	0.04L	0.005L	3.5	0.80	0.2L	1.1
TS09	钝齿蟳	甲壳类	0.027	7.6	0.08	0.055	24.7	0.62	0.9	3.0
TS12	墨吉明对虾	甲壳类	0.031	5.6	0.08	0.010	10.7	0.60	0.4	2.0
最小值			0.009	0.4L	0.04L	0.005L	3.5	0.60	0.2L	1.1
最大值			0.050	7.6	0.15	0.065	24.7	0.94	0.9	10.0
平均值			0.026	3.1	0.07	0.027	10.7	0.76	0.4	3.5

注：包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值。

表5.7.3-2 2025年4月春季海洋环境生物质量评价标准指数表

站位	种名	类群	总汞	铜	铅	镉	锌	铬	砷	石油烃
TS03	褐蓝子鱼	鱼类	0.03	0.04	0.01	0.01	0.12	/	0.20	0.06
TS05	翡翠贻贝	贝类	0.28	0.11	1.50	0.33	0.50	1.88	0.60	0.67
TS08	线纹鳗鲇	鱼类	0.17	0.01	0.01	0.01	0.09	/	0.10	0.06
TS09	钝齿蟳	甲壳类	0.14	0.08	0.04	0.03	0.16	/	0.90	0.15
TS12	墨吉明对虾	甲壳类	0.16	0.06	0.04	0.01	0.07	/	0.40	0.10
超标率%			0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0

注：① “/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。②计算标准指数时，若未检出率小于等于1/2，取1/2检出限值参与计算，若未检出率大于1/2，取1/4检出限值参与计算。

5.8海洋生态环境质量现状调查与评价

5.8.1 调查概况

1.调查时间及站位

为了了解项目所在海域的海洋生态环境质量现状情况，本次引用《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2025 年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 5 月）中的调查资料进行评价。该次调查共布设海洋生态调查站位 8 个，潮间带生物调查断面 2 个，调查站位坐标及调查内容见表 5.5.1-1 所示。8 个海洋生态调查站位和 2 个潮间带调查断面均位于评价范围内，满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）的要求。调查时间为 2025 年 04 月 18 日～04 月 19 日、30 日。

2. 采样方法

（1）叶绿素 a 与初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，采集2 L海水样品后，加入3 mL碳酸镁悬浮液，混匀，并现场抽滤至0.45 μm孔径的纤维素酯微孔滤膜，过滤负压不超过50 kPa，冷藏保存，上岸后立即运回室内检测，采用分光光度法测定叶绿素a的含量。

②初级生产力

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算：

$$P = C_a QLt/2$$

式中：*P*—初级生产力（mg•C/m^2•d）；

Ca—叶绿素 *a* 含量（mg/m^3）；

Q—同化系数（mg•C/（mgChl-a•h）），根据南海水产研究所以往调查结果取值，春季取 3.32；

L—真光层的深度（m）；

t—白昼时间（h），根据南海水产研究所以往调查结果取值，春季取 11h。

（2）浮游植物

浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固

定，加入量为每升水加入 6.00mL～8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

（3）浮游动物

浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5%的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在生物显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

（4）大型底栖生物

定量样品采用 0.05m^{2}采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%～7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

（5）潮间带生物

潮间带 2 个调查断面岸相分布情况：TC01 断面为沙滩断面，TC02 断面为沙滩-岩石断面。

①在调查海区内选择不同生境（如泥滩、沙滩和岩滩）的潮间带断面，断面位置有陆上标志，走向与等深线垂直，选择在滩面底质类型相对均匀、潮带较完整、无人为破坏或人为扰动较小且相对较稳定的地点或调查断面，在每个剖面的高滩、中滩和低滩采集样品；

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5～2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锨。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×10cm 的定量框。滩涂和岩滩定量取样用对应的定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4～8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；在滩涂取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锨清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底

质分层情况确定；岩滩确定样方位置应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为1.0mm和0.5mm的过筛器进行生物样品筛选；

④为全面反映各断面的种类组成和分布，在每站定量取样的同时，应尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全，以作分析时参考，定性样品务必与定量样品分装，切勿混淆；

⑤取样时，测量各潮区优势种的垂直分布高度和滩面宽度，描述生物分布带的特征；样品存放于500mL～1000mL样品瓶中，加入适量淡水于4℃环境中存放6～8h，可使海洋底栖环节动物产生应激反应，表现出形态特征，再用体积分数为5%～7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。

（6）渔业资源调查

A.鱼卵与仔稚鱼

定量采样：网具使用浅水I型浮游生物网（水深＜30m）垂直采样，由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用水平拖网法，网具采用大型浮游生物网，于表层水平拖曳10min取得，拖速保持在1kn～2kn。海上采得的浮游生物样品按体积5%的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

B.游泳动物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。

①调查船舶：本次游泳动物调查船舶船号为粤台渔33089，使用的网具为网口宽2.5m、网衣长8m、网口目40mm、网囊目10mm的底拖网，平均拖网船速为3.0kn。

②调查工作流程：采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行，综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素，在距离站位位置2n mile～3n mile处放网，拖速控制在2kn～3kn左右，经0.5～1h后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位，放网时间以停止曳纲投放，曳纲着底开始受力时为准。拖网中尽量保持拖网方向朝向拖网站位，注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常等，若出现不正常拖网时，视其情况改变拖向或立即起网。临起网前准确记录船位，起网时间以起网机开始卷收曳纲时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

③样品处理：将囊网里全部渔获物收集，记录估计的网次总质量（kg）。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析；渔获物大于 40kg 时，从中挑出大型的和稀有的标本后，从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右，然后把余下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

3. 评价方法

（1）优势度（Y）

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

（2）Shannon-Weaver 多样性指数

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i$$

（3）Pielou 均匀度指数

$$J = H'/\log_2 S$$

（4）Margalef 丰富度指数（*D*）

生物丰富度值指数采用 Margalef 丰富度指数 F，

$$D = (S-1)/\log_2 N$$

上述（1）~（4）式中：

n_i—第 i 种的个体数量（ind）；

N—某站总生物数量（ind）；

f_i—某种生物的出现频率（%）；

P_i—第 i 种的个体数与总个体数的比值；

S—出现生物总种数。

（5）鱼卵仔稚鱼密度

垂直拖网密度计算：

$$N = \frac{n}{v}$$

式中：N—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m^3）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

v—滤水量（m^3）。

（6）渔业资源

游泳动物密度采用底拖网扫海面积法估算；根据渔获物中个体大小悬殊的特点，渔获物优势种分析通过 Pinkas 等提出的相对重要性指标（*IRI*）来确定。计算公式为：

①资源密度（*d*）

$$d = \frac{yt}{S\ (1-E)}$$

式中：*d*——重量密度（kg/km²）或个体密度（ind/km²）；

S—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）

Y——平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E——逃逸率（取 0.5）。

②相对重要性指标（*IRI*）

根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 *IRI*，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。

$$IRI = (N+W)\ F$$

式中：*N*—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现断面数占调查总断面数的百分比。

5.8.2 叶绿素 a 和初级生产力

（1）叶绿素 *a*

本次调查结果显示，以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（3.24~7.34）mg/m³，平均为 4.82 mg/m³，TS02 站位叶绿素 *a* 平均值最高，TS05 站位叶绿素 *a* 平均值最低（表 5.8.2-1）。

（2）初级生产力

本次调查海域的初级生产力变化范围在（195.565~401.811）mg·C/（m²·d）之间，平均值为 310.021 mg·C/（m²·d），其中 TS12 站位初级生产力值最高，TS03 站位初级生产力值最低（表 5.8.2-1）。

表5.8.2-1　叶绿素a和初级生产力测定结果

站位	透明度（m）	叶绿素 *a*（mg/m³）		站位叶绿素 *a* 均值（mg/m³）	初级生产力 mg·C/（m²·d）
		表	底		
TS02	0.6	7.34	/	7.34	241.251
TS03	0.6	5.95	/	5.95	195.565

站位	透明度（m）	叶绿素 *a*（mg/m³）		站位叶绿素 *a* 均值（mg/m³）	初级生产力 mg·C/（m²·d）
		表	底		
TS04	1.5	3.95	/	3.95	324.572
TS05	1.6	3.24	/	3.24	272.147
TS08	1.5	3.66	/	3.66	300.742
TS09	1.6	4.11	/	4.11	360.233
TS10	1.3	5.39	/	5.39	383.843
TS12	1.5	4.92	4.85	4.89	401.811
均值	1.3	4.82	4.85	4.82	310.021

注：“/”表示该层未采样。

5.8.3 浮游植物

（1）种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 3 门 4 纲 11 目 20 科 87 种。硅藻门种类最多，共 13 科 75 种，占总种类数的 86.21%；甲藻门种类次之，出现 6 科 11 种，占总种类数的 12.64%；蓝藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 1.15%。

以优势度 Y≥0.02 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 9 种，分别为密连角毛藻（*Chaetoceros densus*）、三角角藻（*Ceratium tripos*）、卡氏角毛藻（*Chaetoceros castracanei*）等，其中密连角毛藻为第一优势种，优势度为 0.567，平均密度为 8962.450×10³ cells/m³，占各站位平均密度的 38.93%（表 5.8.3-1）。

表 5.8.3-1　浮游植物优势度及其密度

种名	拉丁文	类群	优势度	平均密度（×10³ cells/m³）	密度占比（%）
密连角毛藻	*Chaetoceros densus*	硅藻	0.567	8962.450	38.93
三角角藻	*Ceratium tripos*	甲藻	0.047	659.559	2.87
卡氏角毛藻	*Chaetoceros castracanei*	硅藻	0.043	884.355	3.84
劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*	硅藻	0.040	3148.065	13.68
透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum*	硅藻	0.036	572.017	2.48
柔弱角毛藻	*Chaetoceros debilis*	硅藻	0.035	1405.840	6.11
中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*	硅藻	0.029	644.483	2.80
奇异棍形藻	*Bacillaria paradoxa*	硅藻	0.026	1410.782	6.13
柔弱伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia delicatissima*	硅藻	0.025	1205.997	5.24

（2）类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度变化范围在（3429.975~48163.840）×10³ cells/m³ 之间，平均值为 23019.106×10³ cells/m³，最高密度出现在 TS02 站位，最低密度出现在 TS05 站位（表 5.8.3-2）。

从门类来看，8 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门密度范围在（3410.400~47207.040）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 22194.005×10^3 cells/m^3；硅藻门各站位密度的占比在 90.63%~99.80%之间，各站位占比平均值为 95.67%。甲藻门密度范围在（19.575~2100.000）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 824.632×10^3 cells/m^3；各站位密度百分比在 0.20%~9.37%之间，占比平均值为 4.33%；蓝藻门密度范围在（0~3.750）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 0.469×10^3 cells/m^3；各站位密度百分比在 0~0.02%之间，占比平均值为 0.01%。

表 5.8.3-2　浮游植物各类群密度

站位	总密度（×10^3 cells/m^3）	硅藻门		甲藻门		蓝藻门	
		密度（×10^3 cells/m^3）	百分比（%）	密度（×10^3 cells/m^3）	百分比（%）	密度（×10^3 cells/m^3）	百分比（%）
TS02	48163.840	47207.040	98.01	956.800	1.99	0	0
TS03	25803.673	25751.155	99.80	52.518	0.20	0	0
TS04	36012.426	35785.478	99.37	226.948	0.63	0	0
TS05	3429.975	3410.400	99.43	19.575	0.57	0	0
TS08	5699.975	5165.906	90.63	534.069	9.37	0	0
TS09	16783.536	15779.309	94.02	1004.227	5.98	0	0
TS10	25286.925	23584.004	93.27	1702.921	6.73	0	0
TS12	22972.500	20868.750	90.84	2100.000	9.14	3.750	0.02
平均值	23019.106	22194.005	95.67	824.632	4.33	0.469	0.01

（3）浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 36~49 种。多样性指数范围在 2.002~3.364 之间，平均值为 2.720，多样性指数以 TS05 站位最高，TS04 站位最低；均匀度指数范围在 0.387~0.651 之间，平均值为 0.507，均匀度指数以 TS05 站位最高，TS04 站位最低；丰富度指数范围在 1.476~2.044 之间，平均值为 1.786，丰富度指数以 TS09 站位最高，TS04 站位最低（表 5.8.3-3）。

表 5.8.3-3　浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

站位	种类数	多样性指数（*H′*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
TS02	46	3.225	0.584	2.027
TS03	41	3.101	0.579	1.813
TS04	36	2.002	0.387	1.476
TS05	36	3.364	0.651	1.744
TS08	41	2.571	0.480	1.847
TS09	49	2.973	0.530	2.044
TS10	38	2.264	0.431	1.532
TS12	45	2.260	0.412	1.804
平均值	/	2.720	0.507	1.786

5.8.4 浮游动物

（1）种类组成和优势种

本次调查共记录浮游动物 4 门 7 纲 10 目 15 科 23 种（包括浮游幼体 7 种）。分属 7 个不同类群，即水母类、有尾类、毛颚类、桡足类、端足类、枝角类和浮游幼体。其中，以桡足类和浮游幼体最多，为 7 种，占总种类数的 30.43%；水母类次之，出现 4 种，占总种类数的 17.39%；其他类群出现种类较少。

以优势度 Y≥0.02 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 6 种。分别为长尾类幼虫（Macrura larva）、短尾类溞状幼虫（Brachyura zoea）、肥胖箭虫（*Sagitta enflata*）等，其中长尾类幼虫为第一优势种，优势度为 0.209，平均密度为 62.995 ind/m^3，占各站位平均密度的 29.30%，出现频率 100%（表 5.8.4-1）。

表 5.8.4-1　浮游动物优势种组成

优势种	拉丁名	优势度（Y）	平均密度（ind/m^3）	密度占比（%）
长尾类幼虫	Macrura larva	0.209	62.995	29.30
短尾类溞状幼虫	Brachyura zoea	0.182	41.141	19.13
肥胖箭虫	*Sagitta enflata*	0.109	27.514	12.80
肥胖三角溞	*Evadne tergestina*	0.063	12.773	5.94
鸟喙尖头溞	*Penilia avirostris*	0.030	8.466	3.94
薮枝螅水母	*Obelia* spp.	0.023	6.391	2.97

（2）密度与生物量

8 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（9.09~54.17）mg/m^{3}之间，平均值为 31.56 mg/m^3，其中 TS12 站位生物量最高，TS03 站位生物量最低；浮游动物密度变化范围在（59.131~379.690）ind/m^{3}之间，平均值为 215.024 ind/m^3，其中 TS12 站位密度最高，TS03 站位密度最低。从类群密度分布来看，本次调查浮游幼体平均密度最高，为 118.485 ind/m3，占比为 55.10%；其次是毛颚类，平均密度为 27.514 ind/m3，占比为 12.80%（表 5.8.4-2、表 5.8.4-3）。

表 5.8.4-2　浮游动物生物量统计

站位	密度（ind/m^3）	生物量（mg/m^3）
TS02	352.631	31.58
TS03	60.605	9.09
TS04	129.333	30.67
TS05	163.492	31.75
TS08	59.131	16.52
TS09	296.400	33.09

站位	密度（ind/m³）	生物量（mg/m³）
TS10	278.910	45.58
TS12	379.690	54.17
平均值	215.024	31.56

表 5.8.4-3　浮游动物各类群分布

站位	平均密度（ind/m³）	占比（%）
水母类	16.430	7.64
有尾类	0.360	0.17
毛颚类	27.514	12.80
桡足类	27.052	12.58
端足类	3.946	1.84
枝角类	21.239	9.88
浮游幼体	118.485	55.10

注：密度单位为 ind/m³。

（3）浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 6~15 种。浮游动物多样性指数变化范围在 1.407~3.228 之间，平均值为 2.589，其中 TS09 站位最高，TS02 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.544~0.919 之间，平均值为 0.784，其中 TS08 站位最高 TS02 站位最低；丰富度指数范围在 0.824~1.612 之间，平均值为 1.270，丰富度指数以 TS09 站位最高，TS02 站位最低（表 5.8.4-4）。

表 5.8.4-4　浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

站位	种类数	多样性指数（*H'*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
TS02	6	1.407	0.544	0.824
TS03	7	2.081	0.741	1.388
TS04	9	2.297	0.725	1.212
TS05	8	2.616	0.872	1.047
TS08	9	2.912	0.919	1.314
TS09	15	3.228	0.826	1.612
TS10	14	3.017	0.792	1.498
TS12	13	3.156	0.853	1.262
平均值	/	2.589	0.784	1.270

5.8.5 底栖生物

（1）种类组成和优势种

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 4 门 5 纲 11 目 15 科 17 种，分属 4 个不同类群，即环节动物、软体动物、节肢动物和纽形动物。其中环节动物种类数最多，为 9 种，占种类总数的 52.94%；软体动物次之，出现 4 种，占种类总数的 23.53%。

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查的优势种共 2 种，为凸壳肌蛤（*Musculus senhousia*）和中国中蚓虫（*Mediomastus chinensis*），其中凸壳肌蛤为第一优势种，优势度为 0.113。

表 5.8.5-1　大型底栖生物优势种组成

种名	拉丁文	优势度（*Y*）
凸壳肌蛤	*Musculus senhousia*	0.113
中国中蚓虫	*Mediomastus chinensis*	0.047

（2）生物量和栖息密度

①生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 8 个站位大型底栖生物的生物量范围在（0.185~63.445）g/m²之间，平均生物量为 10.691g/m²，其中 TS05 站位的生物量最高，TS02 站位生物量最低；栖息密度范围在（10.000~150.000）ind/m²之间，平均栖息密度为 33.125ind/m²，其中 TS10 站位的栖息密度最高，见表 5.8.5-2 和表 5.8.5-3。

②类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中软体动物平均生物量最高，平均生物量为 9.917 g/m²，占比为 92.76%；其次为节肢动物，平均生物量为 0.372 g/m²，占比为 3.48%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.073g/m²，占比为 0.68%。

软体动物平均栖息密度最高，为 19.375ind/m²，占比为 58.49%；其次为环节动物，平均栖息密度为 10.625 ind/m²，占比为 32.08%，最低为纽形动物，平均栖息密度为 1.250 ind/m²，占比为 3.77%。

表 5.8.5-2　大型底栖生物生物量分布（g/m²）

站位	环节动物	软体动物	节肢动物	纽形动物	合计
TS02	0.005	0	0	0.180	0.185
TS03	0.215	0	0	0	0.215
TS04	0.520	0	0	0	0.520
TS05	0.690	62.355	0	0.400	63.445
TS08	0.055	0.175	1.860	0	2.090
TS09	0.795	0	0.545	0	1.340
TS10	0.055	16.805	0.570	0	17.430
TS12	0.305	0	0	0	0.305
平均值	0.330	9.917	0.372	0.073	10.691
平均值占比	3.09%	92.76%	3.48%	0.68%	/

表 5.8.5-3　大型底栖生物栖息密度分布（ind/m²）

站位	环节动物	软体动物	节肢动物	纽形动物	合计
TS02	5.000	0	0	5.000	10.000
TS03	15.000	0	0	0	15.000
TS04	10.000	0	0	0	10.000
TS05	10.000	5.000	0	5.000	20.000
TS08	10.000	10.000	5.000	0	25.000
TS09	20.000	0	5.000	0	25.000
TS10	5.000	140.000	5.000	0	150.000
TS12	10.000	0	0	0	10.000
平均值	10.625	19.375	1.875	1.250	33.125
平均值占比	32.08%	58.49%	5.66%	3.77%	/

（3）大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 1~5 种，多样性指数变化范围在 0~2.000 之间，平均值为 1.252，其中 TS05 站位最高；均匀度指数变化范围在 0.538~1.000 之间，平均值为 0.911；丰富度指数范围在 0~1.500 之间，平均值为 0.941，丰富度指数以 TS05 站位最高，TS12 站位最低（表 5.8.5-4）。

表 5.8.5-4　大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

站位	种类数	多样性指数（*H'*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
TS02	2	1.000	1.000	1.000
TS03	2	0.918	0.918	0.631
TS04	2	1.000	1.000	1.000
TS05	4	2.000	1.000	1.500
TS08	4	1.922	0.961	1.292
TS09	4	1.922	0.961	1.292
TS10	5	1.250	0.538	0.815
TS12	1	0	--	0
平均值	/	1.252	0.911	0.941

5.8.6 潮间带生物

（1）潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 2 个调查断面岸相分布情况：TC01 断面为沙滩断面，TC02 断面为沙滩-岩石断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 4 门 5 纲 12 目 18 科 28 种，其中包括节肢动物 13 种、软体动物 8 种、脊索动物 6 种和星虫动物 1 种，分别占种类总数的 46.43%、28.57%、21.43%及 3.57%。

（2）潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 4 种，分别为潮间拟泵钩虾（*Parhaustorioides littoralis*）、刻缘短齿蛤（*Brachidontes setiger*）、杰克逊织纹螺（*Nassarius jacksonianus*）等。其中潮间拟泵钩虾为第一优势种，优势度为 0.189（表 5.8.6-1）。

表 5.8.6-1　潮间带生物优势种

种名	拉丁文	优势度（*Y*）
潮间拟泵钩虾	*Parhaustorioides littoralis*	0.189
刻缘短齿蛤	*Brachidontes setiger*	0.182
杰克逊织纹螺	*Nassarius jacksonianus*	0.077
痕掌沙蟹	*Ocypode stimpsoni*	0.028

（3）潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

2 个断面定量调查的平均生物量为 40.520 g/m²，平均栖息密度为 68.666 ind/m²。TC01 断面的生物量最大，为 45.261g/m²；TC02 断面的栖息密度最大，为 107.777 ind/m²（表 5.8.6-2）。

从类群分布来看，2 个断面中节肢动物的平均生物量最高，其次是软体动物；节肢动物的平均栖息密度最高，其次是软体动物。

表 5.8.6-2　潮间带各断面生物量和栖息密度分布

断面	项目	节肢动物	软体动物	脊索动物	星虫动物	合计
TC01	栖息密度（ind/m²）	15.333	2.222	12.000	0	29.555
	生物量（g/m²）	35.715	5.798	3.748	0	45.261
TC02	栖息密度（ind/m²）	52.667	53.333	0.444	1.333	107.777
	生物量（g/m²）	3.686	30.136	0.715	1.241	35.778
平均值	栖息密度（ind/m²）	34.000	27.778	6.222	0.667	68.666
	生物量（g/m²）	19.700	17.967	2.231	0.621	40.520

（4）潮间带各站位生物量及栖息密度分布

2 个调查断面中，TC01 断面的低潮带生物量最高，为 112.108g/m²；其次是 TC02 断面的低潮带，生物量为 80.864 g/m²；TC01 断面的高潮带生物量为最低，为 2.982 g/m²。TC02 断面的低潮带的栖息密度最高，为 256.000 ind/m²；其次是 TC01 断面的低潮带，栖息密度为 72.000 ind/m²；TC01 断面的高潮带的栖息密度最低，为 2.000 ind/m²（5.8.6-3）。

表 5.8.6-3　潮间带各站位生物量和栖息密度分布

采样点	项目	节肢动物	软体动物	脊索动物	星虫动物	总计
TC01 高潮带	栖息密度（ind/m²）	2.000	0	0	0	2.000
	生物量（g/m²）	2.982	0	0	0	2.982

采样点	项目	节肢动物	软体动物	脊索动物	星虫动物	总计
TC01 中潮带	栖息密度（ind/m²）	4.000	6.666	4.000	0	14.666
	生物量（g/m²）	2.891	17.395	0.408	0	20.694
TC01 低潮带	栖息密度（ind/m²）	40	0	32.000	0	72.000
	生物量（g/m²）	101.272	0	10.836	0	112.108
TC02 高潮带	栖息密度（ind/m²）	6.000	0	0	0	6.000
	生物量（g/m²）	6.824	0	0	0	6.824
TC02 中潮带	栖息密度（ind/m²）	44.000	15.999	1.333	0	61.332
	生物量（g/m²）	2.361	15.141	2.144	0	19.646
TC02 低潮带	栖息密度（ind/m²）	108.000	144.000	0	4.000	256.000
	生物量（g/m²）	1.872	75.268	0	3.724	80.864

（5）潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看，生物量由高到低排序为 TC01>TC02，栖息密度由高到低排序为 TC02>TC01（表 5.8.6-4）。

表 5.8.6-4　潮间带生物水平分布

项目	TC01	TC02
栖息密度（ind/m²）	29.555	107.777
生物量（g/m²）	45.261	35.778

本次潮间带生物调查从垂直分布上看，生物量由高到低排序为低潮带＞中潮带＞高潮带，栖息密度由高到低排序为低潮带＞中潮带＞高潮带（表 5.8.6-5）。

表 5.8.6-5　潮间带生物垂直分布

项目	高潮带	中潮带	低潮带
栖息密度（ind/m²）	4.000	37.999	164.000
生物量（g/m²）	4.903	20.170	96.486

（6）潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 2.073~3.574 之间，平均值为 2.824；均匀度指数的变化范围在 0.624~0.915 之间，平均值为 0.770；丰富度指数范围在 1.320~2.853 之间，平均值为 2.086（表 5.8.6-6）。

表 5.8.6-6　潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

采样站号	样方内种类数	样方内个体数（ind）	多样性指数（*H′*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
TC01	15	30	3.574	0.915	2.853
TC02	10	113	2.073	0.624	1.320
平均值	/	/	2.824	0.770	2.086

5.8.7 鱼卵与仔稚鱼

（1）种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 16 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 4 种，鲽形目 3 种，鮋形目 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 5 种，鲱形目 2 种，鲽形目、灯笼鱼目和银汉鱼目各 1 种（表 5.8.7-1）。

表 5.8.7-1　鱼卵仔稚鱼种类组成（数量单位：ind）

序号	纲目类群	物种	拉丁名	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
						水平拖网		垂直拖网	
1	灯笼鱼目	眶灯鱼属	*Diaphus* sp.		+	0	1	0	0
2	鲽形目	鲽科	Pleuronectidae	+		6	0	0	0
3	鲽形目	舌鳎科	Cynoglossidae	+		204	0	0	0
4	鲽形目	须鳎属	*Paraplagusia* sp.		+	0	1	0	2
5	鲽形目	鳎科	Soleidae	+		811	0	0	0
6	鲱形目	鲱科	Clupeidae	+		440	0	1	0
7	鲱形目	无齿鳀	*Anodontostoma chacunda*	+		1106	0	1	0
8	鲱形目	拟沙丁鱼属	*Sardinops* sp.		+	0	2	0	0
9	鲱形目	鳀科	Engraulidae	+	+	10798	2	3	0
10	鲱形目	棱鳀属	*Thryssa* sp.	+		4109	0	0	0
11	鲈形目	鳕科	Leiognathidae	+		1728	0	0	0
12	鲈形目	鳕属	*Lepidotrigla* sp.	+		24018	0	6	0
13	鲈形目	笛鲷科	Lutjanidae	+		2873	0	2	0
14	鲈形目	鲷科	Sparidae	+	+	6	9	0	0
15	鲈形目	鲹科	Carangidae	+	+	16868	2	3	1
16	鲈形目	石首鱼科	Sciaenidae	+	+	3714	2	0	1
17	鲈形目	肩鳃鳚属	*Omobranchus* sp.		+	0	1	0	0
18	鲈形目	鱚科	Sillaginidae	+		3734	0	1	0
19	鲈形目	银鲈科	Gerreidae	+	+	555	13	0	2
20	银汉鱼目	银汉鱼科	Atherinidae		+	0	9	0	0
21	鮋形目	鮋科	Scorpaenidae	+		105	0	0	0
合计						71075	42	17	6

注：“+”表示该发育阶段物种出现情况，鱼卵单位 ind，仔稚鱼单位为 ind。

（2）数量分布

调查 8 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 17 ind，仔稚鱼 6 ind；鱼卵平均密度为 2.084 ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.690 ind/m^3。TS08 站位鱼卵密度最高，密度为 4.349 ind/m^3，其次是 TS03 站位，密度为 3.030ind/m^3，共 7 个站位采获到鱼卵；TS05

站位仔稚鱼密度最高，密度为 1.587 ind/m^3，其次是 TS10 站位，密度为 1.360 ind/m^3，共 5 个站位采获到仔稚鱼（表 5.8.7-2）。

表 5.8.7-2　鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）

站位	鱼卵仔稚鱼发育期	
	鱼卵（ind/m^3）	仔稚鱼（ind/m^3）
TS02	0	0
TS03	3.030	0
TS04	2.666	1.333
TS05	1.587	1.587
TS08	4.349	0
TS09	1.438	0.719
TS10	2.040	1.360
TS12	1.563	0.521
均值	2.084	0.690

（3）主要种类的数量分布（水平拖网）

① **鲹科**（Carangidae）

鲹科鱼类分布于印度洋、太平洋、大西洋热带和亚热带水域，在世界海洋渔业中占有重要地位，是世界重要暖水性和暖温性海洋经济鱼类，在渔业生产上有重要经济价值。本次调查出现的鲹科鱼卵共有 16868 粒，出现在 8 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 TS08 站位数量最多；鲹科仔稚鱼共有 2 尾。出现在 TS10 站位。

② **鳙科**（Leiognathidae）

鳙鱼分布于红海、印度洋、南洋群岛、澳大利亚北部、中国台湾岛以及中国南海等海域，主要栖息于热带海洋的近岸或稍碱的水域。主要栖息于沿岸砂泥底质水域，大多栖息于浅水域，水深约在 1-40 公尺之间，有时会进入深水域，有时会进入河口区。一般在底层活动觅食，肉食性，以底栖生物为食。以流刺网或岸边滩钓均有可能捕获。为鳙科中体型较大的鱼种，味美且肉较多，红烧、煮汤皆宜。本次水平拖网调查出现的鳙科鱼卵共有 25746 粒，出现在 8 个站位，鳙属鱼卵在调查海域中 TS09 站位数量最多。

5.8.8 游泳动物

（1）种类组成和优势种

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 9 目 26 科 44 种，其中：鱼类 19 种，占总种类数的 43.18%，虾类 11 种（其中虾蛄类 3 种），占总种类数的 25%，蟹类 11 种，占总种类数的 25%，头足类 3 种，占总种类数的 6.82%。

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（*IRI*≥1000）共 3 种，分别为钝齿蟳（*Charybdis hellerii*）、变态蟳（*Charybdis variegata*）和双斑蟳（*Charybdis bimaculata*）等，钝齿蟳为第一优势种，其总渔获重量为 2.745 kg，占游泳动物总渔获重量的 33.27%；布氏项鳊的总尾数渔获量为 153 个，占游泳动物总渔获尾数的 25.84%（表 5.8.8-1）。

表 5.8.8-1　游泳动物 *IRI* 指数

种类	出现频率（%）	尾数渔获数		渔获重量		*IRI*
		（ind）	（%）	（kg）	（%）	
钝齿蟳	62.50	153	25.84	2.745	33.27	3694.54
变态蟳	62.50	137	23.14	0.738	8.94	2005.01
双斑蟳	75.00	71	11.99	0.337	4.09	1205.90
二长棘犁齿鲷	87.50	26	4.39	0.255	3.09	654.83
褐蓝子鱼	62.50	19	3.21	0.568	6.88	630.65
近亲蟳	75.00	20	3.38	0.392	4.74	609.23
伪装仿关公蟹	100.00	18	3.04	0.183	2.22	525.94
墨吉明对虾	37.50	11	1.86	0.532	6.45	311.54
隆线强蟹	50.00	8	1.35	0.184	2.23	178.93
圆鳞斑鲆	62.50	7	1.18	0.078	0.95	133.11
日本无针乌贼	50.00	4	0.68	0.155	1.88	127.68

（2）渔获率

①尾数渔获率

本次调查该海区 8 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 74 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 13 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 17.57%；虾类平均尾数渔获率为 5 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 6.93%；蟹类平均尾数渔获率为 55 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 73.65%；头足类的平均尾数渔获率为 1 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.86%（表 5.8.8-2）。

表 5.8.8-2　各站位尾数渔获率及类群所占比例

站位	尾数渔获率	尾数渔获率（ind/h）				渔获率占比（%）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
TS02	29	4	7	18	0	13.79	24.14	62.07	0
TS03	90	20	0	68	2	22.22	0	75.56	2.22
TS04	33	14	4	13	2	42.42	12.12	39.39	6.06
TS05	22	10	4	8	0	45.45	18.18	36.36	0
TS08	85	12	0	73	0	14.12	0	85.88	0
TS09	123	7	4	112	0	5.69	3.25	91.06	0
TS10	125	30	16	74	5	24.00	12.80	59.20	4.00
TS12	85	7	6	70	2	8.24	7.06	82.35	2.35
平均值	74	13	5	55	1	17.57	6.93	73.65	1.86

②重量渔获率

本次调查该海区 8 个站位的平均重量渔获率为 1.032 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 0.267 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 25.87%；虾类平均重量渔获率为 0.116kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 11.26%；蟹类平均重量渔获率为 0.606kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 58.73%；头足类的平均重量渔获率为 0.043 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 4.14%（表 5.8.8-3）。

表 5.8.8-3　各站位重量渔获率及类群所占比例

站位	重量渔获率	重量渔获率（kg/h）				渔获率占比（%）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
TS02	0.491	0.196	0.136	0.159	0	39.92	27.70	32.38	0
TS03	1.086	0.349	0	0.640	0.097	32.14	0	58.93	8.93
TS04	0.443	0.217	0.037	0.105	0.084	48.98	8.35	23.70	18.96
TS05	0.261	0.154	0.045	0.062	0	59.00	17.24	23.75	0
TS08	1.677	0.504	0	1.173	0	30.05	0	69.95	0
TS09	1.347	0.107	0.062	1.178	0	7.94	4.60	87.45	0
TS10	1.256	0.375	0.355	0.419	0.107	29.86	28.26	33.36	8.52
TS12	1.692	0.233	0.294	1.111	0.054	13.77	17.38	65.66	3.19
平均值	1.032	0.267	0.116	0.606	0.043	25.87	11.26	58.73	4.14

③幼体比例

本次调查区域游泳动物各类群幼体渔获情况见表 5.8.8-4。游泳动物幼体渔获总体占比为 19.09%，其中虾类幼体比例最高，为 39.02%；其次是鱼类，幼体比例为 29.81%；蟹类幼体比例为 15.14%；头足类为 0。

表 5.8.8-4　游泳动物各类群幼体渔获

类群	鱼类	虾类	蟹类	头足类	合计
总渔获尾数	104	41	436	11	592
幼体渔获尾数	31	16	66	0	113
幼体比例（%）	29.81	39.02	15.14	0.00%	19.09

（3）渔业资源密度

①尾数资源密度

本次调查 8 个站位尾数资源密度范围在（3.168~17.999）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 10.655×10^3 ind/km^2，尾数资源密度最高的站位为 TS10 站位，最低为 TS05 站位（表 5.8.8-5）。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在（0.576~4.32）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 1.872×10^3 ind/km^2，其中 TS10 站位最高，TS02 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围

在（0~2.304）×10^3 ind/km^{2}之间，平均值为 0.738×10^3 ind/km^2，其中 TS10 站位最高，TS03 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在（1.152~16.127）×10^3 ind/km^{2}之间，平均值为 7.847×10^3 ind/km^2，其中 TS09 站位最高，TS05 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在（0~0.720）×10^3 ind/km^{2}之间，平均值为 0.198×10^3 ind/km^2，其中 TS10 站位最高。

表 5.8.8-5　各站位尾数资源密度

站位	尾数资源密度	尾数资源密度（×10^3 ind /km^2）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
TS02	4.176	0.576	1.008	2.592	0
TS03	12.959	2.880	0	9.791	0.288
TS04	4.752	2.016	0.576	1.872	0.288
TS05	3.168	1.440	0.576	1.152	0
TS08	12.239	1.728	0	10.511	0
TS09	17.711	1.008	0.576	16.127	0
TS10	17.999	4.320	2.304	10.655	0.720
TS12	12.239	1.008	0.864	10.079	0.288
平均值	10.655	1.872	0.738	7.847	0.198

②重量资源密度

本次调查 8 个站位渔业资源重量资源密度范围在（37.58~243.628）kg/km^{2}之间，平均值为 148.542kg/km^2，TS12 站位最高，TS05 站位最低（表 5.8.8-6）。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在（15.407~72.57）kg/km^{2}之间，平均值为 38.427 kg/km^2，其中 TS08 站位最高，TS09 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在（0~51.116）kg/km^{2}之间，平均值为 16.721 kg/km^2，其中 TS10 站位最高，TS03 和 TS08 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在（8.927~169.618）kg/km^{2}之间，平均值为 87.239 kg/km^2，其中 TS09 站位最高，TS05 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在（0~15.407）kg/km^{2}之间，平均值为 6.156 kg/km^2，其中 TS10 站位最高。

表 5.8.8-6　各站位重量资源密度

站位	重量资源密度	重量资源密度（kg/km^2）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
TS02	70.698	28.222	19.582	22.894	0
TS03	156.372	50.252	0	92.153	13.967
TS04	63.788	31.246	5.328	15.119	12.095
TS05	37.580	22.174	6.479	8.927	0
TS08	241.468	72.570	0	168.898	0
TS09	193.952	15.407	8.927	169.618	0
TS10	180.850	53.310	51.116	60.331	15.407

站位	重量资源密度	重量资源密度（kg/km²）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
TS12	243.628	33.549	42.333	159.971	7.775
平均值	148.542	38.427	16.721	87.239	6.156

（4）游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 12~25 种，多样性指数变化范围在 1.995~3.621 之间，平均值为 2.864，其中 TS02 站位最高，TS08 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.539~0.915 之间，平均值为 0.727，其中 TS05 站位最高，TS08 站位最低；丰富度指数范围在 1.694~3.445 之间，平均值为 2.508，丰富度指数以 TS10 站位最高，TS03 站位最低（见表 5.8.8-7）。

表 5.8.8-7　游泳动物生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

站位	种类数	多样性指数（*H′*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
TS02	16	3.621	0.905	3.088
TS03	12	2.679	0.747	1.694
TS04	15	3.438	0.88	2.775
TS05	13	3.386	0.915	2.691
TS08	13	1.995	0.539	1.872
TS09	16	2.246	0.562	2.161
TS10	25	3.362	0.724	3.445
TS12	16	2.185	0.546	2.340
平均值	/	2.864	0.727	2.508

（5）主要经济种类规格和分布

①主要经济鱼类

a.　二长棘犁齿鲷

地理分布：分布于印度尼西亚，朝鲜，日本，中国南海、 台湾海峡、东海等地。我国产于南海和东海南部。

生活习性：长棘犁齿鲷系洄游小型鱼类，季节性很强，在浅海逗留时间短，约在 5 月间就销声匿迹、潜入深处。暖温性底层鱼类,栖息于近海水深 20-70 米,底质为沙泥、沙砾、岩礁或贝藻丛生的海区。

本次调查的二长棘犁齿鲷体长范围为 42~86 mm，体重范围为 2.74~21.17 g，平均体重为 12.72 g。

b.　褐蓝子鱼

地理分布：分布于日本琉球群岛、菲律宾、印度尼西亚、澳大利亚、台湾岛以及中国南海、黄渤海等海域。

生活习性：栖于平坦底质浅水或珊瑚礁，于高纬度地区，则栖息于岩礁区或浅水湾。食物以各种绿藻或小型甲壳类为主。生活水深 1 至 50 米。

本次调查的褐篮子鱼体长范围为 84~115 mm，体重范围为 13.25~41.81 g，平均体重为 30.26 g。

② 主要经济蟹类

钝齿蟳

地理分布：分布于朝鲜、日本、澳大利亚、马来群岛、新加坡、印度、波斯湾、红海、马达加斯加以及中国大陆的广西、广东、福建、浙江等地。

生活习性：常栖息于珊瑚礁或低潮线附近的岩礁中。

本次调查的钝齿蟳体长范围为 34~59 mm，体重范围为 11.76~36.81g，平均体重为 20.51g。

5.9 工程海域声环境质量现状调查

5.9.1 调查概况

为了了解项目选线所在海域水上、水下声环境质量现状，本次引用《上川岛风电场改造升级路由项目声环境现状监测分析报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 2 月）中的现状监测资料进行评价，该次调查共布设水上水下噪声监测点 9 个，各调查站位坐标见表 5.9.1-1。广州海兰图检测技术有限公司于 2025 年 01 月 20 日至 2025 年 01 月 21 日进行现场监测。测量在无雨、无雷电天气，风速为 5m/s 以下时进行。采用 AWA6292 型多功能声级计进行监测。

表5.9.1-1　水上、水下噪声测试点位置坐标表

站位	经度（E）	纬度（N）	调查项目
CD01			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD02			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD03			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD04			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD05			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD06			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD07			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD08			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度
CD09			水上噪声、水下噪声，工频电场强度和工频磁场强度

5.9.2 声环境质量现状调查结果与评价

1. 水上噪声监测结果与评价

监测海域海面上的昼间环境噪声等效连续 A 声级 Leq 在 35.3dB～49.4dB 之间，平均值为 44.1dB；夜间分布在 35.1dB～45.5dB 之间，平均值为 39.5dB。

表5.9.2-1　工程海域水上声环境监测结果

站位	监测时段	监测日期	监测时间	等效连续声级 Leq（dB）	累积百分声级 L_{10}（dB）	累积百分声级 L_{50}（dB）	累积百分声级 L_{90}（dB）
CD01	昼间	2025.01.20-01.21	17:32-17:42	42.4	42.3	37.0	35.1
	夜间	2025.01.20-01.21	22:03-22:13	44.0	39.1	34.4	32.3
CD02	昼间	2025.01.20-01.21	17:01-17:11	35.3	37.4	33.8	31.9
	夜间	2025.01.20-01.21	22:38-22:48	37.8	38.8	32.6	28.6
CD03	昼间	2025.01.20-01.21	16:29-16:39	49.1	49.9	47.4	44.6
	夜间	2025.01.20-01.21	23:03-23:13	39.4	42.2	30.8	27.8
CD04	昼间	2025.01.20-01.21	16:02-16:12	42.4	41.6	35.8	33.1
	夜间	2025.01.20-01.21	23:32-23:42	37.7	39.4	31.8	27.9
CD05	昼间	2025.01.20-01.21	15:28-15:38	38.3	39.0	36.0	34.3
	夜间	2025.01.20-01.21	00:07-00:17	45.5	45.2	37.8	33.4
CD06	昼间	2025.01.20-01.21	14:15-14:25	46.3	48.0	46.3	42.5
	夜间	2025.01.20-01.21	01:29-01:39	41.7	44.8	40.2	35.3
CD07	昼间	2025.01.20-01.21	13:30-13:40	49.4	51.9	47.9	45.4
	夜间	2025.01.20-01.21	02:06-02:16	35.1	36.6	32.9	31.0
CD08	昼间	2025.01.20-01.21	12:58-13:08	44.3	46.0	41.0	38.0
	夜间	2025.01.20-01.21	02:44-02:54	36.0	35.7	30.2	28.0
CD09	昼间	2025.01.20-01.21	14:50-15:00	49.4	47.3	42.8	40.7
	夜间	2025.01.20-01.21	00:51-01:01	38.4	39.3	37.5	35.3

2. 水下噪声监测结果与评价

（1）峰值声压级与全频带累积声压级

监测海域各站位昼间平均全频带累积声压级范围在 110dB/1μPa ~130dB/1μPa（以下简称 dB）之间，平均值为 123dB；夜间平均全频带累积声压级范围在 114dB/1μPa ~135dB/1μPa（以下简称 dB）之间，平均值为 121dB。

调查期间各站位测得最大峰值声压级范围在 159dB ~166dB，各站位差别不大。

各站位附近未观测到有人工设施运行或在建设施，个别站位偶有船只经过，故测量数据大多为海洋背景噪声，不同站位之间数据差别不大。水下声环境现场调查结果见表 5.9.2-2 和表 5.9.2-3。

表5.9.2-2　监测海域各站位昼间峰值声压级与全频带累积声压级

站位号	坐标	水深（m）	测点深度（m）	峰值声压级（dB/1μPa）	全频带累积声压级 Lp（dB/1μPa）		
					各测量点	各站点平均	调查海域平均值
CD01	112°36′46.77″E 21°45′18.74″N	2.3	1.0	159	122	121	123
			1.5	165	119		
CD02	112°37′06.24″E 21°44′25.26″N	3.5	1.0	165	127	130	
			2.5	163	133		
CD03	112°37′26.58″E 21°43′31.49″N	4.4	1.0	165	124	122	
			3.5	163	120		
CD04	112°39′03.41″E 21°43′48.58″N	4.5	1.0	162	123	122	
			3.5	162	121		
CD05	112°40′46.73″E 21°43′58.84″N	4.9	1.0	163	112	110	
			4.0	163	108		
CD06	112°42′28.39″E 21°44′11.66″N	6.5	1.0	164	132	129	
			3.0	163	126		
			5.5	164	130		
CD07	112°44′09.16″E 21°44′24.26″N	6.0	1.0	164	130	130	
			3.0	162	127		
			5.0	165	132		
CD08	112°45′50.53″E 21°44′36.34″N	6.5	1.0	163	126	121	
			3.0	164	116		
			5.5	165	121		
CD09	112°42′03.63″E 21°46′37.78″N	4.2	1.0	162	119	119	
			3.0	163	119		

表5.9.2-3　监测海域各站位夜间峰值声压级与全频带累积声压级

站位号	坐标	水深（m）	测点深度（m）	峰值声压级（dB/1μPa）	全频带累积声压级 Lp（dB/1μPa）		
					各测量点	各站点平均	调查海域平均值
CD01	112°36′46.77″E 21°45′18.74″N	2.3	1.0	165	129	129	121
			1.5	164	128		
CD02	112°37′06.24″E 21°44′25.26″N	3.5	1.0	161	137	135	
			2.5	164	132		
CD03	112°37′26.58″E 21°43′31.49″N	4.4	1.0	163	126	122	
			3.5	162	117		
CD04	112°39′03.41″E	4.5	1.0	162	118	116	

站位号	坐标	水深（m）	测点深度（m）	峰值声压级（dB/1μPa）	全频带累积声压级 Lp（dB/1μPa）		
					各测量点	各站点平均	调查海域平均值
			3.5	162	113		
CD05	112°40′46.73″E 21°43′58.84″N	4.9	1.0	163	119	119	
			4.0	162	119		
CD06	112°42′28.39″E 21°44′11.66″N	6.5	1.0	164	126	124	
			3.0	163	125		
			5.5	162	122		
CD07	112°44′09.16″E 21°44′24.26″N	6.0	1.0	164	115	115	
			3.0	163	116		
			5.0	161	113		
CD08	112°45′50.53″E 21°44′36.34″N	6.5	1.0	163	111	114	
			3.0	161	111		
			5.5	165	121		
CD09	112°42′03.63″E 21°46′37.78″N	4.2	1.0	166	114	114	
			3.0	163	113		

（2）噪声频带有效声压级

监测海域各站位的噪声频带有效声压级在低频段（如 20Hz、25Hz、31.5Hz）和中频段（如 500Hz、630Hz、800Hz）较高，随着频率增加（5kHz~20kHz），噪声频带有效声压级逐渐降低，这与低频噪声在水下传播衰减较小，而高频噪声传播衰减较强有关。此次测量昼间和夜间总体差别不大，水下声环境现场调查的噪声频带有效声压级结果见表 5.9.2-4 和表 5.9.2-5。

（3）噪声声压谱（密度）级

监测海域各站位的噪声声压谱（密度）级在低频段（20Hz~300Hz）和中频段（300Hz~3000Hz）中较高，随着频率增加，噪声声压谱（密度）级逐渐下降，尤其是在高频段（3kHz~20kHz），不同站位的噪声声压谱（密度）级出现显著下降，呈现一种逐渐下降的趋势。这是由于低频声波传播距离较远，衰减较小，而高频声波衰减较快；在同一站位不同深度测量结果可见没有明显的规律，说明在该监测海域，水深对噪声能量传播的影响不大。此次测量昼间和夜间差别不大，水下声环境现场调查的噪声声压谱（密度）级结果见表 5.9.2-6 和 5.9.2-7。

表5.9.2-4　监测海域昼间水下噪声环境调查结果-噪声频带有效声压级 单位：dB/1μPa

站位	水深（m）	测量深度（m）	1/3oct.倍频程频带声压级（dBre1V/μPa）														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
CD01	2.3	1.0	112	109	109	112	114	107	104	107	108	108	108	108	107	104	102
		1.5	109	106	110	114	110	106	101	101	101	97	95	94	93	92	94
CD02	3.5	1.0	114	114	115	116	118	114	107	112	110	110	113	111	115	114	110
		2.5	108	109	109	106	109	116	104	110	111	113	121	125	128	128	119
CD03	4.4	1.0	113	110	108	110	111	111	109	111	112	115	111	113	114	111	111
		3.5	109	107	104	104	109	104	104	104	105	110	107	109	113	105	104
CD04	4.5	1.0	102	101	102	105	111	106	98	107	108	116	112	111	114	111	110
		3.5	103	105	105	103	110	112	97	102	107	110	106	107	105	102	102
CD05	4.9	1.0	105	102	103	102	98	95	90	89	92	87	86	88	88	87	85
		4.0	88	88	88	89	92	87	86	87	89	90	87	86	91	90	91
CD06	6.5	1.0	122	120	119	113	111	113	111	114	114	114	113	115	118	121	125
		3.0	101	98	101	116	98	102	116	104	112	114	111	110	111	115	115
		5.5	104	100	105	121	109	114	122	118	118	117	115	115	118	118	120
CD07	6.0	1.0	121	122	123	118	115	116	107	107	108	107	107	112	113	113	115
		3.0	110	108	109	112	113	114	109	116	113	115	118	114	115	115	114
		5.0	109	107	110	118	113	121	122	119	119	118	114	118	119	120	122
CD08	6.5	1.0	116	113	117	118	115	111	107	105	113	116	108	111	113	110	109
		3.0	100	97	98	99	103	100	99	98	97	100	102	103	103	105	103
		5.5	111	107	109	111	106	110	103	104	104	105	107	109	112	109	107
CD09	4.2	1.0	106	106	110	104	106	102	104	99	100	103	102	103	102	103	103
		3.0	97	96	101	101	104	105	105	101	101	103	103	104	105	106	106

表5.9.2-4（续） 监测海域昼间水下噪声环境调查结果-噪声频带有效声压级 单位：dB/1μPa

站位	水深（m）	测量深度（m）	1/3oct.倍频程频带声压级（dBre1V/μPa）															
			630Hz	800 Hz	1k Hz	1.25k Hz	1.6k Hz	2k Hz	2.5k Hz	3.15k Hz	4k Hz	5k Hz	6.3k Hz	8k Hz	10k Hz	12.5k Hz	16k Hz	20kHz
CD01	2.3	1.0	98	97	99	99	98	102	100	102	102	102	103	104	104	104	103	105
		1.5	95	95	97	98	98	100	100	100	99	100	102	102	102	102	102	103
CD02	3.5	1.0	114	111	111	115	112	109	110	110	108	108	108	108	108	107	106	107
		2.5	119	119	117	114	112	109	110	109	107	107	105	105	105	107	105	102
CD03	4.4	1.0	110	106	104	103	98	99	105	104	100	100	101	101	101	101	101	101
		3.5	104	102	102	101	100	100	102	102	101	99	97	98	98	97	98	97
CD04	4.5	1.0	110	108	106	103	102	101	101	102	103	104	105	106	106	104	103	102
		3.5	99	99	98	99	98	100	102	104	106	107	108	109	108	107	106	105
CD05	4.9	1.0	85	90	91	92	92	95	98	97	96	97	98	99	98	96	94	93
		4.0	91	92	91	92	90	92	93	93	94	96	98	99	98	96	96	97
CD06	6.5	1.0	124	121	120	118	118	115	113	111	110	109	109	109	110	108	108	105
		3.0	114	113	118	114	113	111	109	107	106	108	108	107	106	105	104	102
		5.5	119	116	115	115	112	109	108	105	103	102	103	103	103	103	103	104
CD07	6.0	1.0	116	118	116	117	115	114	113	112	111	110	110	110	109	109	107	105
		3.0	115	114	113	113	111	110	110	110	109	109	109	109	109	109	109	109
		5.0	120	118	117	117	115	114	114	112	111	111	112	111	110	111	111	111
CD08	6.5	1.0	110	108	104	102	99	101	101	104	106	105	103	103	102	102	101	101
		3.0	100	97	98	98	97	99	103	105	105	104	103	103	102	102	102	103
		5.5	104	99	99	101	98	100	103	104	103	105	104	104	104	104	105	106
CD09	4.2	1.0	102	103	103	103	103	104	103	104	104	104	105	105	104	103	103	100
		3.0	104	105	104	103	103	103	104	104	104	104	105	105	105	104	103	102

表5.9.2-5 监测海域夜间水下噪声环境调查结果-噪声频带有效声压级 单位：dB/1μPa

站位	水深（m）	测量深度（m）	1/3oct.倍频程频带声压级（dBre1V/μPa）														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
CD01	2.3	1.0	119	118	117	118	118	120	114	120	116	114	114	115	118	115	113
		1.5	118	118	116	120	120	115	110	113	113	112	112	114	115	112	108
CD02	3.5	1.0	108	107	113	116	122	113	118	125	122	127	125	124	126	124	123
		2.5	117	114	121	120	117	111	113	118	119	120	120	119	122	120	121
CD03	4.4	1.0	108	106	122	122	109	110	109	102	105	105	102	100	101	100	100
		3.5	99	97	113	112	98	100	95	91	95	94	89	88	92	94	93
CD04	4.5	1.0	94	96	99	100	97	97	94	92	97	97	99	104	108	107	108
		3.5	98	96	95	95	97	92	86	87	85	84	83	84	87	85	87
CD05	4.9	1.0	107	107	106	106	106	106	102	98	99	99	98	99	101	106	99
		4.0	106	100	103	99	100	101	100	100	101	97	99	100	105	108	102
CD06	6.5	1.0	113	105	108	108	108	104	100	114	114	114	112	115	115	115	117
		3.0	99	92	99	95	108	101	113	118	119	114	110	111	108	106	104
		5.5	113	103	102	103	107	102	111	116	112	114	108	109	107	105	101
CD07	6.0	1.0	98	94	97	99	99	94	94	102	98	98	93	97	97	97	91
		3.0	104	103	104	105	104	99	97	99	97	94	93	93	95	92	90
		5.0	101	97	98	100	97	94	90	92	91	91	88	89	91	90	88
CD08	6.5	1.0	94	91	96	96	97	90	88	89	87	90	85	87	87	82	82
		3.0	95	91	95	98	101	94	92	94	92	91	89	89	88	86	82
		5.5	105	102	105	108	109	109	103	107	106	105	102	102	101	97	95
CD09	4.2	1.0	96	94	104	102	98	92	89	92	94	94	94	97	94	95	89
		3.0	96	94	103	98	98	95	90	92	97	97	96	97	97	96	95

表5.9.2-5（续） 监测海域夜间水下噪声环境调查结果-噪声频带有效声压级 单位：dB/1μPa

站位	水深（m）	测量深度（m）	1/3oct.倍频程频带声压级（dBre1V/μPa）															
			630 Hz	800 Hz	1kHz	1.25k Hz	1.6k Hz	2kHz	2.5k Hz	3.15k Hz	4kHz	5kHz	6.3k Hz	8kHz	10k Hz	12.5k Hz	16k Hz	20k Hz
CD01	2.3	1.0	108	106	106	106	105	107	105	106	106	106	107	109	109	109	108	109
		1.5	105	106	106	106	106	107	106	108	108	108	109	111	111	111	111	112
CD02	3.5	1.0	126	128	127	124	121	119	119	115	115	116	119	118	115	115	116	112
		2.5	122	119	116	110	106	108	108	107	109	106	107	108	110	110	110	110
CD03	4.4	1.0	103	103	104	102	102	105	103	104	102	101	103	103	104	104	105	106
		3.5	94	99	97	95	97	99	98	98	95	95	97	96	97	97	97	99
CD04	4.5	1.0	107	103	99	97	98	98	100	103	104	104	106	105	105	104	103	101
		3.5	89	89	89	90	91	95	98	100	102	104	105	104	104	103	101	99
CD05	4.9	1.0	99	98	97	98	99	101	102	103	104	105	106	108	108	106	105	103
		4.0	101	101	100	100	100	102	104	105	105	106	107	108	108	107	106	104
CD06	6.5	1.0	118	112	109	105	103	104	106	107	107	109	109	110	110	110	109	107
		3.0	103	103	102	100	109	104	109	108	109	109	109	107	107	106	106	103
		5.5	102	100	98	96	97	98	101	103	103	103	104	105	105	104	103	102
CD07	6.0	1.0	91	95	95	96	95	98	100	101	102	103	103	105	104	104	102	101
		3.0	90	93	94	95	95	98	103	103	102	103	104	105	105	104	103	103
		5.0	87	91	92	92	92	95	100	100	101	101	102	103	103	102	102	100
CD08	6.5	1.0	84	88	89	90	89	94	96	99	101	101	100	101	102	101	100	99
		3.0	83	88	89	90	88	93	95	97	98	100	101	101	102	101	100	99
		5.5	94	98	99	100	98	103	105	107	107	108	109	110	110	109	108	107
CD09	4.2	1.0	88	90	92	94	93	97	100	101	102	103	103	105	105	103	102	101
		3.0	91	91	93	92	91	95	98	99	100	101	101	102	102	101	101	99

表 5.9.2-6 监测海域昼间水下噪声环境调查结果-噪声声压谱（密度）级 单位：$dB(re\ 1\mu Pa/\sqrt{Hz})$

站位	水深（m）	测量深度（m）	噪声功率谱密度级（dBre1V/μPa）														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
CD01	2.3	1.0	106	102	100	103	103	95	91	93	93	92	92	90	89	84	82
		1.5	102	99	101	104	100	94	88	87	87	81	79	77	75	73	73
CD02	3.5	1.0	108	107	107	107	107	102	95	99	95	94	96	93	96	94	90
		2.5	102	101	101	97	99	105	92	97	96	97	104	107	109	108	98
CD03	4.4	1.0	107	102	99	100	101	99	96	97	97	99	94	95	95	91	90
		3.5	102	99	95	95	98	93	92	91	91	94	91	92	94	86	83
CD04	4.5	1.0	95	94	93	95	101	95	86	93	93	100	95	94	95	91	89
		3.5	97	97	96	93	99	100	84	88	92	95	89	90	87	82	81
CD05	4.9	1.0	98	95	94	93	88	84	77	76	78	71	70	70	70	68	65
		4.0	81	81	79	79	81	76	73	73	74	74	70	68	73	70	70
CD06	6.5	1.0	115	112	110	104	101	101	98	100	99	98	96	97	99	102	104
		3.0	95	90	93	106	88	90	103	90	97	98	95	93	92	95	94
		5.5	97	92	96	112	98	102	110	104	104	101	99	98	99	99	99
CD07	6.0	1.0	114	114	114	108	104	105	94	93	94	91	90	94	94	93	94
		3.0	103	100	100	103	103	102	96	102	98	99	101	96	96	95	94
		5.0	102	100	102	109	102	109	109	106	104	102	97	100	100	100	101
CD08	6.5	1.0	110	106	108	108	104	99	94	92	99	100	91	93	94	90	88
		3.0	93	89	89	89	92	89	87	84	83	84	86	85	84	85	83
		5.5	104	99	100	101	96	99	90	90	89	89	91	91	93	89	86
CD09	4.2	1.0	100	99	101	94	95	91	91	85	85	87	85	85	83	84	83
		3.0	91	88	93	91	94	93	93	88	86	88	86	86	86	87	85

表 5.9.2-6（续） 监测海域昼间水下噪声环境调查结果-噪声声压谱（密度）级 单位：$dB(re\ 1\mu Pa/\sqrt{Hz})$

站位	水深（m）	测量深度（m）	噪声功率谱密度级（dBre1V/μPa）															
			630 Hz	800 Hz	1kHz	1.25k Hz	1.6k Hz	2kHz	2.5k Hz	3.15k Hz	4kHz	5kHz	6.3k Hz	8kHz	10k Hz	12.5k Hz	16k Hz	20k Hz
CD01	2.3	1.0	76	75	76	75	73	76	72	74	72	72	72	72	70	69	68	68
		1.5	73	73	73	74	73	73	73	72	69	70	70	70	69	67	66	67
CD02	3.5	1.0	93	88	87	91	86	83	82	81	78	77	76	76	74	72	70	70
		2.5	97	96	94	89	86	83	82	80	77	76	74	72	72	72	69	66
CD03	4.4	1.0	89	84	80	78	73	72	77	76	70	70	69	69	68	66	65	64
		3.5	82	79	78	77	75	73	75	73	71	68	66	66	65	63	62	61
CD04	4.5	1.0	88	85	82	78	76	74	74	74	74	74	74	73	72	70	67	65
		3.5	77	76	74	74	72	73	75	76	76	77	77	76	75	72	70	69
CD05	4.9	1.0	64	67	67	68	66	68	71	68	66	66	66	67	65	62	58	56
		4.0	70	69	68	67	64	65	66	64	64	65	66	66	65	62	60	60
CD06	6.5	1.0	102	98	97	93	93	88	85	83	80	78	77	76	76	73	72	69
		3.0	92	90	94	90	87	85	82	79	77	77	76	74	72	70	68	65
		5.5	97	94	92	90	86	82	80	77	74	72	72	71	70	68	67	67
CD07	6.0	1.0	95	95	93	92	89	87	85	84	81	79	78	77	75	74	72	68
		3.0	94	92	89	88	85	83	82	82	80	78	77	77	76	75	73	72
		5.0	98	95	94	93	90	87	86	84	82	80	80	78	77	76	75	74
CD08	6.5	1.0	88	85	80	78	74	74	74	76	76	74	71	71	69	67	65	64
		3.0	78	74	74	73	71	73	76	76	75	73	71	71	68	68	66	66
		5.5	82	76	75	76	72	74	76	76	74	74	73	71	71	70	69	69
CD09	4.2	1.0	80	80	79	78	78	77	75	75	74	74	74	73	71	69	67	63
		3.0	82	82	80	79	77	76	76	75	74	74	73	72	71	69	67	66

表 5.9.2-7 监测海域夜间水下噪声环境调查结果-噪声声压谱（密度）级 单位： $dB(re\ 1\mu Pa/\sqrt{Hz})$

站位	水深（m）	测量深度（m）	噪声功率谱密度级（dBre1V/μPa）														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
CD01	2.3	1.0	113	111	108	108	108	108	102	106	102	99	97	97	99	95	93
		1.5	111	110	107	110	110	103	97	100	99	96	95	96	96	93	87
CD02	3.5	1.0	101	100	104	106	112	101	106	112	107	111	108	107	108	104	102
		2.5	111	106	113	110	107	99	101	105	104	104	103	101	103	101	100
CD03	4.4	1.0	101	99	113	112	98	99	97	89	90	89	85	83	82	81	79
		3.5	92	89	104	102	88	88	83	77	81	79	72	71	73	75	72
CD04	4.5	1.0	87	88	90	90	87	86	82	78	82	81	82	86	90	88	88
		3.5	91	88	87	86	86	80	74	74	70	68	67	67	68	65	66
CD05	4.9	1.0	100	100	98	96	95	94	89	85	85	84	82	81	83	86	79
		4.0	99	93	94	89	90	89	87	86	86	82	82	82	86	88	81
CD06	6.5	1.0	106	98	99	98	98	93	87	101	100	98	96	97	96	95	96
		3.0	93	84	91	85	97	89	100	105	104	99	94	94	89	86	83
		5.5	106	96	93	93	97	90	98	102	98	98	91	91	89	85	81
CD07	6.0	1.0	91	86	88	89	89	82	81	88	84	83	76	79	78	77	71
		3.0	98	95	96	96	93	87	84	85	82	79	77	76	76	73	69
		5.0	95	90	90	90	87	82	78	79	76	75	71	72	72	70	67
CD08	6.5	1.0	87	84	87	86	86	79	75	75	72	74	69	70	68	63	62
		3.0	89	83	86	88	90	82	79	81	78	75	72	71	69	67	62
		5.5	98	95	96	99	98	97	91	94	92	89	85	84	83	77	74
CD09	4.2	1.0	89	86	95	92	87	81	76	78	79	78	78	80	75	75	69
		3.0	90	86	94	88	88	83	77	79	82	81	79	79	78	77	75

表 5.9.2-7（续） 监测海域夜间水下噪声环境调查结果-噪声声压谱（密度）级 单位：$dB(re\ 1\mu Pa/\sqrt{Hz})$

站位	水深（m）	测量深度（m）	噪声功率谱密度级（dBre1V/μPa）															
			630 Hz	800 Hz	1kHz	1.25k Hz	1.6k Hz	2kHz	2.5k Hz	3.15k Hz	4kHz	5kHz	6.3k Hz	8kHz	10k Hz	12.5k Hz	16k Hz	20k Hz
CD01	2.3	1.0	86	84	83	81	79	81	77	77	76	75	76	76	75	74	73	73
		1.5	84	83	82	81	80	81	79	80	79	78	78	79	77	76	75	75
CD02	3.5	1.0	105	105	103	99	95	92	91	87	86	86	88	85	81	81	80	76
		2.5	100	97	92	85	81	81	80	79	79	75	76	75	76	75	74	74
CD03	4.4	1.0	81	80	80	78	76	78	76	75	73	71	72	70	70	69	69	70
		3.5	72	76	73	71	71	72	71	69	65	65	65	64	64	62	62	62
CD04	4.5	1.0	85	80	75	73	72	72	72	74	74	74	74	73	71	69	67	65
		3.5	67	67	65	65	66	69	70	72	73	73	73	71	70	68	66	63
CD05	4.9	1.0	77	76	74	74	73	74	74	74	75	74	74	75	74	71	69	67
		4.0	79	79	77	76	74	76	76	76	75	76	75	75	74	72	70	68
CD06	6.5	1.0	96	89	85	81	77	77	78	78	77	78	78	77	76	75	73	70
		3.0	81	81	79	76	83	77	82	79	79	79	78	74	73	72	70	66
		5.5	80	77	75	72	71	71	73	74	74	73	73	73	71	70	68	65
CD07	6.0	1.0	69	72	71	71	70	72	73	73	73	73	71	72	70	69	67	65
		3.0	68	70	71	71	70	72	75	75	73	73	73	72	72	70	68	66
		5.0	66	68	68	68	66	68	72	71	71	71	70	70	69	68	66	63
CD08	6.5	1.0	63	65	66	65	64	67	69	70	71	70	68	69	68	66	64	62
		3.0	62	65	65	65	62	67	68	68	69	69	69	69	68	67	65	63
		5.5	73	76	75	75	73	76	78	78	77	78	77	77	76	75	73	71
CD09	4.2	1.0	67	67	69	69	68	70	72	73	72	72	71	72	71	69	66	64
		3.0	70	68	70	67	66	68	70	70	70	71	70	70	69	67	65	62

5.10工程海域电磁环境现状调查结果与评价

为了了解项目选线所在海域电磁环境质量现状，本次引用《上川岛风电场改造升级路由项目电磁环境现状监测报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 1 月）中的现状监测资料进行评价，该次调查共布设电磁环境监测点 9 个，各调查站位与水上水下噪声监测点一致，坐标见表 5.9.1-1。广州海兰图检测技术有限公司于 2025 年 01 月 20 日进行现场监测。

广州海兰图检测技术有限公司根据《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）、《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2023）和《环境影响评价技术 输变电工程》（HJ24-2014）等文件的有关要求进行监测。本次测量用船号为粤新会渔02198，测试时停止船上一切机械设备，禁止一切与测量无关的操作工作。每个监测点连续测5次，每次监测时间不小于15秒，并读取稳定状态的最大值。若仪器读数起伏较大时，应适当延长监测时间。求出每个监测位置的5次读数的算术平均值作为监测结果；除监测数据外，应记录监测时的温度、相对湿度等，环境条件以及监测仪器、监测时间等。

调查海域中 9 个站位的电磁监测结果分别见表 5.10-1。

工频电场强度的值变化范围为 0.070V/m~0.780V/m，平均为 0.158V/m，其中 CD08 工频电场强度最高，CD05 和 CD06 工频电场强度最低。

工频磁场强度的值变化范围为0.0138μT ~0.0141μT，平均为0.0139μT，其中CD01工频磁场强度最高，CD03、CD04、CD05和CD06工频磁场强度最低。

调查海域CD01~CD09的9个站位的工频电场强度和工频磁场强度均低于《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）的限值（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为4000V/m和 100μT）。

表 5.10-1　电磁环境监测结果

监测站位名称	检测结果	
	工频电场场强度（V/m）	工频磁场强度（μT）
CD01	0.080	0.0141
CD02	0.092	0.0139
CD03	0.086	0.0138
CD04	0.080	0.0138
CD05	0.070	0.0138
CD06	0.070	0.0138
CD07	0.080	0.0140

监测站位名称	检测结果	
	工频电场场强度（V/m）	工频磁场强度（μT）
CD08	0.780	0.0140
CD09	0.086	0.0139
最小值	0.070	0.0138
最大值	0.780	0.0141
平均值	0.158	0.0139

5.11 大气环境质量现状调查与评价

本工程不位于自然保护区等区域，所在地属于大气环境二类功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（2018 年 9 月 1 日）的二级标准。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），“城市环境空气质量达标情况评价指标为 SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO 和 O_3，这六项污染物全部达标即为城市环境空气质量达标”。

为了了解项目所在区域的空气质量达标情况，本次引用江门市生态环境局公布的《2024 年江门市生态环境质量状况公报》中的常规因子监测结果进行评价，2024 年全年江门市常规污染物的具体指标情况见下表 5.11-1。

表 5.11-1　区域环境空气质量现状评价表（单位：μg/m³）

污染因子	SO_2	NO_2	$PM_{2.5}$	PM_{10}	CO	臭氧浓度
项目	年均值	年均值	年均值	年均值	日平均质量浓度第 95 百分位数	日最大 8 小时平均质量浓度第 90 百分位数
监测数值	6	25	23	39	900	170
二级标准值	60	40	35	70	4000	160
占标率	10.00%	62.50%	65.71%	55.71%	22.50%	106.25%
总体评价	达标	达标	达标	达标	达标	不达标

由上述监测结果可知，2024 年，本工程所在江门市 SO_2、NO_2、可吸入颗粒物 PM_{10}、细颗粒物 $PM_{2.5}$、CO 现状监测结果均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单年均浓度限值二级标准要求，而臭氧日最大 8 小时平均质量浓度第 90 百分位数则不能达标，超标倍数约为 0.06。因此项目所在区域为环境空气不达标区。但本项目施工及运营过程无臭氧的产生与排放，不会加重其不达标情况。

6 海洋生态环境影响预测与评价

6.1 水文动力环境影响分析

6.1.1 潮流数学模型

本项目所在海域水深为 0-8m（平均水深在 3m 左右），考虑到周边的地形特征以及当地的海水运动以潮汐、潮流为主，采用二维数值模式来进行潮流场的数值

1、潮流模型

（1）控制方程

1）提出假设

①Bousinesq 涡粘假定：

将紊动应力和时均流速梯度建立起关系：

$$\vartheta = \upsilon_t \frac{\partial u}{\partial z} = \overline{u'v'}$$

②静水压假设：

垂向加速度远小于重力加速度，因此在垂向动量方程中忽略垂向加速度而近似采用静水压假定。

2）笛卡尔坐标系下的二维浅水方程

连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS$$

动量方程

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\overline{vu}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + hu_sS$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\overline{uv}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}^{2}}{\partial y}=-f\bar{u}h-gh\frac{\partial\eta}{\partial y}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-$$
$$\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y}+\frac{\tau_{sy}}{\rho_0}-\frac{\tau_{by}}{\rho_0}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial y}+\frac{\partial s_{yy}}{\partial x}\right)$$
$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)+hv_sS$$

方程中t为时间；x、y、z为右手Cartesian坐标系；η为水面相对于未扰动水面的高度即通常所说的水位；h为静止水深；u、v、w分别为流速在x、y、z方向上的分量；p_a为当地大气压；ρ为水密度，ρ_0为参考水密度；$f=2\Omega\sin\varphi$为Coriolis参量（其中$\Omega=0.729\times10^{-4}s^{-1}$为地球自转角速率，$\varphi$为地理纬度）；$f\bar{v}$和$f\bar{u}$为地球自转引起的加速度；$s_{xx}$、$s_{xy}$、$s_{yx}$、$s_{yy}$为辐射应力分量；$T_{xx}$、$T_{xy}$、$T_{yx}$、$T_{yy}$为水平粘滞应力项，S为源汇项，（$u_s$，$v_s$）源汇项水流流速。

（2）定解条件

1）边界条件

①开边界：

$\eta_r=\eta_r(t)$　　或　　$\bar{u}_r=\bar{u}_r(t)$　　或　　$\bar{v}_r=\bar{v}_r(t)$

η_r、$\overline{u_r}$、$\bar{v}_r$为开边界r上已知水位、流速过程。

②闭边界：

$\bar{u}=0$　　或　　$\bar{v}=0$

2）初始条件

$$\eta(x,y,t)\big|_{t=t0}=\eta_0(x,y)$$
$$\bar{u}(x,y,t)\big|_{t=t0}=0$$
$$\bar{v}(x,y,t)\big|_{t=t0}=0$$

η_0为计算初始时刻水位空间分布函数。

（3）计算方法

模型求解采用非结构网格中心网格有限体积法求解，其优点为计算速度较快，非结构网格可以拟合复杂地形。

对计算区域内滩地干湿过程，采用水位判别法处理，即当某点水深小于一浅水深

ε_{dry}（如0.1m）时，令该处流速为零，滩地干出，当该处水深大于 ε_{flood}（如0.2m）时，参与计算，潮水上滩。

对笛卡儿坐标系下的二维浅水方程的归一化：

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial(F_x^I-F_x^V)}{\partial x}+\frac{\partial(F_y^I-F_y^V)}{\partial y}=S$$

其中：

$$U=\begin{bmatrix} h \\ h\bar{u} \\ h\bar{v} \end{bmatrix}$$

$$F_x^I=\begin{bmatrix} h\bar{u} \\ h\bar{u}^2+\frac{1}{2}g(h^2-d^2) \\ h\overline{uv} \end{bmatrix},F_x^V=\begin{bmatrix} 0 \\ hA(2\frac{\partial\bar{u}}{\partial x}) \\ hA(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial\bar{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$F_y^I=\begin{bmatrix} h\bar{v} \\ h\overline{uv} \\ h\bar{v}^2+\frac{1}{2}g(h^2-d^2) \end{bmatrix},F_y^V=\begin{bmatrix} 0 \\ hA(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial\bar{v}}{\partial x}) \\ hA(2\frac{\partial\bar{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$S=\begin{bmatrix} 0 \\ gh\frac{\partial d}{\partial x}+f\bar{v}h-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{xy}}{\partial y})+hu_s \\ gh\frac{\partial d}{\partial y}-f\bar{u}h-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{yy}}{\partial y})+hv_s \end{bmatrix}$$

对于归一化后的方程，在每一个单元上积分，根据高斯定理，将面积分化为线积分

$$\int_{A_i}\frac{\partial U}{\partial t}d\Omega+\int_{\Gamma_i}(F\cdot n)ds=\int_{A_i}S(U)d\Omega$$

进一步简化后得到:：

$$\frac{\partial U_i}{\partial t}+\frac{1}{A_i}\sum_j^{NS}F\cdot n\Delta\Gamma_j=S_i$$

（4）模型设置

1）地形条件

模型外海地形来源于海图，项目附近采用工程区实测地形图进行校正。

2）边界条件

模型大范围外海开边界由全球潮汐预报系统提供，小范围模型开边界由大模型提供。

3）时间步长

根据模型网格大小、水深条件动态调整模型计算时间步长，使CFL数小于0.8，满足模型稳定的要求，本文时间步长设置为30s。

（5）计算范围及网格划分

为拟合工程区附近复杂岸线及岛屿、码头等建筑物边界，计算模式采用非结构三角形网格。模开边界由大范围模型提供，大范围模型开边界来自于全球潮汐系统，模型共布置 173474 个网格，88874 个节点，采用三角形网格离散计算区域，最大网格尺寸为 3000m，桩基处最小网格尺寸为 50m。大模型坐标系为 WGS84 大地坐标系，小模型为 CGCS2000 坐标系，基面为理论深度基准面。

（6）模型验证

模型采用 2025 年 4 月 28 日 11 时至 4 月 29 日 13 时工程附近海域 SCL1~SCL4 测站的潮流资料以及 SCC1、SCC2 站的潮位资料对模型进行验证。

率定和验证结果表明：工程附近的潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，实测潮位与模拟潮位平均绝对误差为 0.08m。从误差分析表可以看出，模拟潮位与实测潮位基本吻合，误差主要出现在高高、低低潮时刻。

部分站点计算流速与实测流速的误差稍大，可能由于地形资料和边界条件的偏差引起，所建立的工程区潮流数学模型能基本反映了工程海域整体的潮流运动规律；工程海域 4 个潮流点的计算流速、流向和实测值也吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差在 10%以内，表明所建模型能够反映工程附近海域潮流的变化特征，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。总体而言，计算区域内潮汐和潮流模拟验证较好，计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。

表 6.1.1-1　　模型率定验证误差分析一览表

率定验证项	2025 年 4 月
高低潮时间相位差（h）	0.3
高低潮潮位偏差（cm）	8
流速时间相位差（h）	0.5
平均流速偏差（%）	9.6
平均流向偏差（%）	9.8

6.1.2 现状水动力环境分析

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的现状潮流场。本项目海底电缆所在的台山海域位于上川岛至台山陆地之间，海流受到上下川岛以及大陆岸线形成的两端不同类型潮波的影响。工程海域潮流基本表现为略带旋转的往复流特征，涨潮流向基本在 270°～350°之间，落潮流向基本在 90°～170°之间。工程海域潮流流速总体不大，涨潮平均流速在 0.35m/s 左右，落潮平均流速在 0.30m/s 左右。

6.1.3 水文动力环境影响分析

本项目施工期对水文动力的影响主要体现在海缆铺设期间对底床的扰动过程，由于本项目海缆挖沟宽度仅约为 0.3m，海缆埋深仅约为 3m~5m，对海底扰动较小，对水文动力和冲淤环境影响较小，且为短期扰动，随着施工期的结束而消失。

而本项目建成投入使用后，海底电缆铺设的海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，基本不对水文动力环境产生影响。

6.2 冲淤环境影响分析

本项目为海底电缆工程，海缆铺设前后海床地形基本不变，海底电缆为埋设形式，埋藏在海床以下，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，基本不会对周围地形地貌产生影响。海底电缆登陆段采用定向钻的施工方式穿越岸线，无需开挖，定向钻有一定深度，工程实施前后该区域水深基本不发生变化，工程前后海域潮汐动力不变，对工程所在海域冲淤状况基本不影响。

综合分析，本项目对冲淤环境基本无影响。

6.3 海水水质影响预测与评价

本项目海底电缆管道建成投入使用后，无废水的产生与排放，不会对海水水质产生

影响。因此，本项目对海水水质的影响主要为施工期影响。

6.3.1 悬浮物影响分析预测与评价

本项目对海水水质的影响主要来自海缆铺设施工过程，当采用铺缆船进行海底电缆铺设施工时，在海缆周围会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

1、模型介绍

（1）基本方程

悬浮物扩散方程：

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t}+\frac{\partial(uhC)}{\partial x}+\frac{\partial(vhC)}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(D_x h\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_y h\frac{\partial C}{\partial y}\right)+hF_s-kC$$

其中：

x、y —空间水平坐标轴；

u、v — x、y 轴向流速；

t — 时间变量；

h — 水深；

D_x、D_y — 沿 x、y 轴向的涡动分散系数；

c — 沿水深平均的人为升高物质浓度；

F_S — 污染物源项，$F_S=\sigma/(A\cdot h)$，σ为悬浮物源强（g/s），A 为源强所在计算节点的控制面积；

$k=\alpha\omega$，α—泥沙沉降机率。

ω—为沉速。

（2）浓度场定解条件

1）边界条件

数学模型通常使用开边界（水边）和闭边界（岸边）两种边界条件。对于开边界，流入计算域时：

$$h\left(\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}\right)=0$$

考虑到模型的范围足够大，取流入计算域的浓度值为零。

2）初始条件

$$C(x,y,0)=C_0$$

式中 C_0 为计算初始时刻水域中各点的浓度值，计算中取为零。

（3）计算参数

1）糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

2）模型计算时间步长

模型采用的时间步长（t＝30s。

3）涡动分散系数

沿水流方向 D_x 和垂直水流方向 D_y 的水流涡动分散系数分别采用以下公式拟定：

$$D_x=5.93\sqrt{g}|u|h/c\text{，}\quad D_y=5.93\sqrt{g}|v|h/c$$

4）泥沙沉降机率

泥沙沉降机率α取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁, 1963）文献中推荐公式：

$$\alpha=0.5+\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$$

其中函数$\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$根据机率积分，可查表得到；$\omega$为泥沙沉速，$\sigma$ 为脉动流速均方根，$\sigma=1.25\frac{u\sqrt{g}}{C}$，$C$ 为谢才系数，g 为重力加速度，u 为断面平均流速。

5）泥沙沉降速度

根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，其当量粒径取 0.03mm，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。因此，ω 计算公式采用下式：

$$w_s=\frac{(\rho_s-\rho)gd^2}{18\cdot\rho v}$$

式中：ρ_s为泥沙颗粒密度，取 2650kg/m^3；ρ为海水密度，取 1000kg/m^3；g 为重力加速度，取 9.8m/s^2；d 为泥沙粒径（m），取悬沙中值粒径；ν为海水粘滞系数，取 0.0001m^2/s。

根据实测底质中值粒径分析，工程区表层沉积物中值粒径取 0.007216mm，相应粒径的泥沙沉速约为 0.05cm/s。

2、海缆铺设过程悬浮泥沙影响预测与评价

（1）源强分析

由工程分析结果可知，本项目海底电缆铺设过程产生的悬浮泥沙源强约为 14.2kg/s~18.9kg/s。

（2）最大包络线预测结果

由于海缆铺设施工过程中，铺设船是移动的，且不同时刻的水动力条件和风况不同，因此，在不同的时刻，海缆铺设过程产生的悬浮泥沙影响范围是不同的，为了了解本项目整个海缆铺设施工过程中，可能影响到的全部范围情况，考虑到海缆铺设过程悬沙产生特点，将悬浮泥沙源强点均匀布置于海缆路由沿线，即海缆所经之处网格点均定义为悬沙源强点。海缆正常铺设速度控制在（4~6）m/min，铺设完成一段海缆即移至下一段，因此每个悬沙源强点不可能源源不断溢出悬沙，对于常规铺设段，模型每隔 300m 设置一个源强点；对于跨越航道段，模型每隔 240m 设置一个源强点；对于定向钻施工段，不布设源强点。每个源强持续溢出 1 小时后停止释放，此后，源强点不再继续往外溢出泥沙，但现有溢出泥沙在潮流影响下将继续扩散，因此，本次计算继续选择完整的自然半月潮（包含一个大潮、中潮和小潮）进行悬浮泥沙扩散计算，直至悬浮泥沙扩散范围不再扩大为止。

本次模拟施工船只设备进行海缆铺设等作业，输出每半小时的浓度场，统计本项目施工时的悬沙增量大于 10mg/L 面积，获得瞬时最大浓度场，并叠加模拟期间内各网格点构成的最大浓度值的浓度场，构成最大“包络浓度场”，其统计结果见表 6.3.1-1。

表 6.3.1-1　施工产生悬沙最大包络线增量面积（km²）

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离（km）			
					东向	南向	西向	北向
海缆线	13.286	8.437	5.021	2.233	1.2	1.3	1.1	1.1

计算结果显示，海底电缆的铺设施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域造成一定的影响。从分布趋势看，海缆施工产生的悬沙扩散主要是在海缆附近。整体上看，海缆铺设施工产生大于 10mg/L 浓度区的最大包络线面积为 13.286km²，大于 20mg/L 浓度区的最大包络线面积为 8.437km²，大于 50mg/L 浓度区的最大包络线面积为 5.021km²，大于

100mg/L 浓度区的最大包络线面积为 2.223km²。悬浮泥沙对海水水质的影响属于短期影响，将随着施工期的结束而较快消失。

（3）典型工况预测结果

根据施工安排，本项目海底电缆施工船舶为 1 艘。由于海底电缆铺设施工过程中，铺设船是移动的，且不同时刻的水动力条件不同，根据最大包络线预测结果，为了较准确且保守地预测本项目施工过程实际可能产生的悬浮泥沙影响范围，根据本项目的施工计划，本次在悬浮泥沙产生源强较大的与航道交越段设置 1 个典型代表点。考虑最不利影响，源强点单独溢出一个全潮期，模型输出每半小时的悬沙浓度场，统计在工程海域悬沙增量大于 10mg/L 面积，获得瞬时最大浓度场。其统计结果见表 6.3.1-2。

表 6.3.1-2　典型工况施工产生悬沙扩散包络线面积（km²）

浓度 包络线	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
海缆	1.191	0.582	0.329	0.072

计算结果显示，典型工况条件下，海缆施工产生大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 1.191km²，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 0.582km²，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.329km²，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.072km²。

6.3.2 施工期废水影响分析

本项目施工期产生的施工废水主要为施工船舶舱底含油污水和生活污水。

由工程分析可知，本项目施工船舶生活污水产生量约为 4.05m³/d，船舶舱底含油污水产生量约为 3.60t/d，拟由施工船舶内的生活污水或舱底含油污水收集设施收集后，由船舶污染物接收单位接收运至陆上处理，不向海域排放，不会对所在海域的海水水质产生影响。

6.4 大气环境影响分析

本项目海底电缆管道铺设完成投入使用后，无废气的产生与排放，不会对大气环境产生影响，对大气环境可能产生的影响主要来自施工期。

本项目海缆铺设施工使用的各类机械设备、车辆及船舶以柴油或汽油为燃料，使用过程会产生一定的燃油废气，主要污染物质包括 NOx、CO、CmHn 等污染物等。由于

项目所处海域开阔、空气流通性好，经稀释扩散后，船机及运输车辆燃油尾气不会对大气环境产生明显的不良影响。

6.5海洋沉积物环境影响分析

本项目建成投入运行后，无污染物的产生与排放，对海洋沉积物的影响主要来自施工期。

本项目海底电缆铺设期间搅起来的海底沉积物被堆积在缆沟两侧，在冲埋结束后，在海水运动作用下将回填于缆沟。海底电缆的施工对底质的直接影响就是冲起和覆盖，不会对沉积物性质产生明显影响。海底电缆铺设时会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。由数值模拟结果可知，本项目海底电缆施工引起的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的最大包络线面积为 13.286km^2。由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，因此经扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会发生明显变化，沉积物质量状况仍将基本保持现有水平。此外，本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均不排放入海，也不会对海洋沉积物质量产生影响。

综合分析，本项目对海洋沉积物质量不会产生明显的不良影响。

6.6声环境影响评价

本项目海底电缆管道铺设完成投入使用后，无噪声的产生与排放，对声环境的影响主要来自施工期的船舶噪声影响。

船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小。根据厦门大学课题组在厦门五缘湾海域、珠海海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的记录，海洋背景噪声的声压谱级为（55-60）dB，船舶噪声的声压谱级为（70-90）dB，相比背景噪声提高约 15-30dB。总体来说，施工船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小。

6.7固体废物环境影响分析

本项目海缆铺设完成投入使用后，无固体废物的产生与排放。

本项目海缆施工过程产生的扫海垃圾，待船舶靠岸后委托有能力单位外运处理。海底电缆登陆采用定向钻施工工艺，在浅滩出土点导入钢导管，连接至船上，通过钻机上的泵送压力，实现自流至船上的收集箱，后续将收集箱运至岸上进行处理；泥浆渣土分离后，钻液供钻机循环利用，其余钻屑（约 950m^3）拟外运至政府指定的合法弃土场消纳处理。此外，本项目施工期也会产生约 30kg/d 施工船舶垃圾，拟经船舶收集后，由船舶污染物接收单位接收至陆上处理。

综合前述分析，经采取措施后，本项目施工过程中产生的各类固体废物均能得到有效处理处置，施工期产生的固体废物不会对周围环境产生二次污染影响。

6.8海洋电磁环境影响分析

6.8.1 海洋电磁环境影响类比分析

目前，对陆地架空高压传输线电磁环境影响的研究已经比较成熟，而针对海底电缆电磁环境的研究仍比较少。海底电缆的传输方式（交流、直流）、电缆材料、电力传输特性和海水电导率等因素，都将对海底电缆的电磁环境有一定影响。

海底电缆的电场环境通过使用绝缘屏蔽外壳，良好的屏蔽接地，可使电场限制在电缆内部，其外部几乎没有电场，但是磁场却无法通过这种方式进行有效地屏蔽。因此，电缆外部产生的磁场辐射到周围的海底和海水中。根据麦克斯韦方程组，变化的磁场（无论是时间上的变化，还是空间位置的变化）将产生感生电场，那么电缆外部变化的磁场将产生感生电场，该感生电场随磁场而生无法屏蔽，但电场的幅度远比磁场的强度小得多。

本项目海底电缆建成投入使用后，会产生一定的电磁辐射，使周围电磁环境产生一定的变化。参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）三级评价的要求，对输电线路为地下电缆时的电磁环境影响预测采用定性分析的方式。因此，本评价采用定性类比分析方法对海底电缆进行电磁环境影响评价。

为了分析本项目建成运营后海上部分可能产生的电磁环境影响，本次类比湛江徐闻海上风电场项目的实测结果进行分析，类比可行性分析统计见表 6.8.1-1 所示。由类比

可行性分析结果可知，湛江徐闻海上风电场项目的送出海底电缆电压等级与本项目相同，电缆结构相同，海底整体地形均较为平坦；本项目拟采用 1 回 220kV 的海底电缆，送出海底电缆回数小于湛江徐闻海上风电场项目的；且该项目电磁环境监测期间，附近的湛江徐闻海上风电项目、广东粤电湛江外罗海上风电项目、广东粤电湛江新寮海上风电项目均已建成投入运营或试运营，该 3 个风电场的送出海底电缆路由采用统一管廊带并行布设，因此，其送出海底电缆边缘监测所得的工频电场强度和工频磁场强度为受前述 3 个风电场综合影响所得的强度。预计本项目送出海底电缆的电磁环境影响将小于其监测结果。因此，本次类比湛江徐闻海上风电场项目的电磁环境实测结果进行分析可较保守反映本项目建成后可能造成的电磁环境影响，具有可行性。

表 6.8.1-1　海洋电磁环境类比可行性分析

项目	湛江徐闻海上风电场项目	本工程情况
送出海底电缆等级	220kV（3 回，北区 2 回，南区 1 回）	220kV（1 回）
电缆结构	交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆	交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆
外围环境	海底，整体地形较为平坦	海底，整体地形较为平坦
类比监测点位置	送出海底电缆边缘（登陆段）	——

深圳中喆海洋科技有限公司于 2022 年 6 月 23 日~24 日对湛江徐闻海上风电场项目的海底电缆边缘线等的电磁环境进行现状监测，本次选取海底电缆边缘线的检测结果进行分析，各监测点的工频电场强度和工频磁场强度监测结果统计见表 6.8.1-2 所示。

表 6.8.1-2　类比对象湛江徐闻海上风电场项目的电磁环境现状监测结果一览表

点位代号	测点描述	工频电场强度（V/m）	工频磁场强度（μT）
——	离海底电缆边缘线 500m 处	2.356	0.0199
1#	海底电缆边缘线处	2.624	0.0291
2#	海底电缆边缘线 10m	2.734	0.0247
3#	海底电缆边缘线 20m	2.718	0.0201
4#	海底电缆边缘线 30m	2.834	0.0187
5#	海底电缆边缘线 40m	2.846	0.0193
6#	海底电缆边缘线 50m	2.854	0.0199
7#	海底电缆边缘线 60m	2.434	0.0198
8#	海底电缆边缘线 70m	2.336	0.0193
9#	海底电缆边缘线 80m	2.348	0.0191

类比对象正常运行期间，其海底电缆边缘至边缘外 80m 处的工频电场强度为（2.336~2.854）V/m，工频磁场强度为（0.0187~0.0291）μT，整体略高于离海底电缆边缘线 500m 处的背景点的（工频电场强度 2.356V/m，工频磁场强度约为 0.0199μT）。

海底电缆外各测点的工频电场强度和工频磁场强度均远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的公众曝露控制限制值要求（即电场强度 4kV/m，工频磁场强度 100μT）。

由类比对象的检测结果可知，本项目海底电缆运行过程中，虽可能会使所在海域的工频电场强度和工频磁场强度略高于背景值，但均远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的公众曝露控制限制值要求（即电场强度 4kV/m，工频磁场强度 100μT），能满足相应评价标准要求。

6.8.2 电磁环境对海洋生物的影响分析

研究表明磁场能够影响某些鱼类在生理、繁殖、生存等方面的能力，有些鱼类的体内具有磁性物质，用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。这些鱼类对磁场特别敏感，因此放置在海底地面的电缆将破坏洄游鱼类的地磁模式，影响其定位。在所有重要的硬骨鱼体内都有少量的磁性物质；在软骨鱼类（鲨鱼、鳐科鱼类）中发现了一种与硬骨鱼类不同的磁场感应机制，软骨鱼类通过探测海流运动以及鱼类本身穿过地球磁场活动所产生的磁场获取空间信息，在它们头部、嘴周围以及身体沿线通常都有敏感的电磁感受器。

1. 电磁环境对海洋生物影响的相关研究

行为学研究显示鱼类是能够接收磁场强度的。很多鱼类如鲈鱼（*Perca fluviatilis*）、白斑狗鱼（*Esox lucius*）等都趋于选择镶有磁铁的长网袋。洄游鱼类可能会利用磁场进行空间定位。Walker（1984）发现，黄鳍金枪鱼（*Thunnus albacares*）能够在两个磁场间进行辨识。由于鳗鲡是需要洄游至远方产卵的，因此在进行鱼类行为与磁力学的研究中对其予以特别的关注。在 Nishi, Kawamura 等（2004）对鳗鲡洄游线性的研究中发现，洄游数千千米进行产卵的日本鳗鲡（*Anguilla japonica*）对 12.663 μT 的磁场变化会产生反应。但 McCleave，Rommel，Catchart 等（1971,1973）在对美洲鳗鲡进行的磁场变化条件测试时所得出的结果却不很明确，Karlsson,Tesch,Wendt 等（1985,1992）在对欧洲鳗鲡（*Anguilla anguilla*）进行的实验展示了其对磁场的敏感性。

鱼类的生理方面也与磁场有关。例如，在溪红点鲑（*Salvelinus fontinalis*）的磁场暴露研究中发现，鱼体内激素水平发生了改变（Lerchl. A,et al, 1998）；另一项研究显示，磁场暴露能够缓鲑鱼（*Salmotrutta*）和虹鳟（*O.mykiss*）的胚胎发育，并能改变虹鳟晶胚以及梭鱼（*Esox lucius*）和鲤（*Cyprinius carpio*）等的循环运动（Formicki, K. and Winnicki, A, 1998）。Krzemieniewski 等（2004）在一项实验室实验中发现，当欧洲鲇

鱼（*Silurus glanis*）暴露于一个磁场强度持续为 0.4~0.6T 的磁场中时，其生物量下降，死亡率升高，但与之相反的是，幼体鲽鱼（*Plathichthys flesus*）在受到强度为 3.7mT 的静电磁场影响几个星期时并未受到影响（Bochert, R ea at.,2004）。

2. 海底电缆电磁场对鱼类影响的相关研究

文献研究表明（A.J. Kalmijn, 1982；A. B. Gill,2012,P. K. Adair ,1998；Centre for Marine & Coastal Studies.2003；A. B. Gill，2005；H. Westerberg，2008），某些海洋生物对海底电缆比较敏感，海底高压传输电缆产生的电磁环境可能对海洋生物或生态系统造成影响。比如，软骨鱼类中的鲨鱼（Shark）、鳐鱼（Rajiformes）、魟鱼（Stingray），主要采用电和/或磁信号进行定位、觅食、寻找伴侣等活动；洄游性的鱼类，比如大西洋鲑鱼（Salmo salar）或者欧洲鳗鱼（*Anguilla anguilla*），对环境中的磁场（如地球的大地磁场）会有反应（A.B.Gill,2012），这些鱼类能够检测到的磁场强度均在电缆电磁辐射强度的范围之内。其它海洋生物，如鲸豚类（鲸鱼、海豚等）对大地磁场在 30~60nT 变化比较敏感（地球的大地磁场大概在 50μT 左右），在具体的磁场强度上还需要更加精细的区分。

俄罗斯研究已证实（Poddubny etc.1979），河流中的鱼类从电线下方通过时会有反应，他们猜测这是磁力的影响。Westerberg 和 Begout-Anras（2000）进行了一项遥测研究，对欧洲银鳗在穿越南波罗的海海底电缆时的洄游形式进行了监测。其结果与假设一致，即鳗鲡追随着一个持续的磁性罗盘航向，而并非一个强度相同的直线方向，此直线磁场方向推测是由电缆产生的地磁异常。

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中，对 60 尾正在洄游的银鳗进行超声波标记，并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆（AC）的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4km 的间隔进行检测。电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流，可以发现鳗鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，但这种影响是很小的，从这些间隔通过引起了平均约 30min 的延迟，根据调查结论，电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

根据类比深圳中喆海洋科技有限公司于 2022 年 6 月 23-24 日在已建湛江徐闻海上风电场项目正常运行时的电磁辐射检测结果可知，离海底电缆边缘线 0m~500m 范围内的工频电场强度为 2.336（V/m）~2.854（V/m），工频磁场强度为 0.0187μT~0.0291μT，电磁强度均较低。前述电磁环境监测期间，湛江徐闻海上风电项目及其附近的广东粤电

湛江外罗海上风电项目、广东粤电湛江新寮海上风电项目均已建成投入运营或试运营，且该 3 个风电场的送出海底电缆路由采用统一管廊带并行布设，因此，前述海底电缆边缘监测所得的工频电场强度和工频磁场强度为受前述 3 个风电场综合影响所得的强度。预计本项目送出海底电缆的电磁环境影响将小于其监测结果。因此，本项目建成后，电磁辐射强度很小，基本不会影响周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式等，也不会对海洋生物的行为产生明显的影响。综合分析，本项目建成后产生的电磁辐射对所在海域的海洋生物可能产生的影响较小。

6.9海洋生态环境影响评价

6.9.1 对底栖生物和潮间带生物的影响分析

1. 施工期对底栖生物的影响分析

本工程海底电缆登陆时拟采用定向钻的施工方式，定向钻登陆施工不需开挖，不会对潮间带或底栖生物生境造成破坏。

本项目海上施工等产生的悬浮泥沙将在施工区附近海域扩散，造成水体悬浮物浓度增加，使得海水透明度降低，导致底栖生物正常的生理过程受到影响，但这种影响是短暂的，施工结束后受悬沙影响的底栖生物可以逐渐恢复到正常水平。本项目对底栖生物最主要的影响是海底电缆管道铺设将对底栖生物的栖息环境造成破坏，导致施工区周边一定范围内底栖生物的死亡。但海底电缆铺设海域及周围影响海域的底栖生物栖息环境改变属于暂时性的，施工期结束后一段时期将逐渐恢复，施工过程基本不会改变海域底栖生物的种类、组成和生物多样性。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（以下简称《规程》）的要求，本工程建设占用海域造成的底栖生物资源损害量评估按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i—第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里指底栖生物受损量。

D_i—评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米〔尾（个）/km^2〕、尾（个）每立方千米〔尾（个）/km^3〕或千克每平方千米（kg/km^2）。在此为底栖生物的资源密度。

S_i—第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km^2）或立方千米（km^3）。在此为海底电缆管道实际占用或影响的海域面积。

1）项目占用或影响海域情况

本工程海底电缆登陆时推荐采用定向钻（海上长度约 0.9km）的施工方式，海底电缆登陆时不需开挖，定向钻正常施工时不会对潮间带生境造成破坏。

海底电缆铺设会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏，进而引起底栖生物损失，除部分活动能力强的生物能够存活外，部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。《底泥悬浮物对水生生物的影响》（白雪梅、徐兆礼）对菲律宾蛤进行 96h 泥浆掩埋的试验结果表明：泥浆掩埋厚度低于 7cm 时菲律宾蛤仔的存活率均较高；当泥浆掩埋厚度达到 10cm 时，其存活率明显降低。因此，本报告以海底电缆铺设施工产生悬浮物覆盖高度大于 10cm 厚度的范围内大型底栖生物全部死亡计算，覆盖高度大于 7cm 而小于 10cm 厚度的范围内大型底栖生物一次性损失为 50%计算。

本工程常规段海底电缆通过“埋设犁”埋设在泥面下 3m 深处，局部穿越航道区埋设深度为 5m。对于穿越航道段，电缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20%计，假定搅动泥沙均匀沉积在海底电缆两侧，使得周围约 10cm 增厚范围内的底栖生物全部死亡，则单根海底电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围为 5m×0.4m×20%÷10cm=4.0m，即跨越航道段单根海底电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围约为两侧各 2.0m；大于 7cm 而小于 10cm 增厚范围内的底栖生物损失 50%，则单根电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围为 5m×0.4m×20%÷7cm=5.71m（7cm 增厚范围，含 10cm 增厚范围），即单根电缆开挖埋设大于 7cm 而小于 10cm 增厚范围约为两侧各（5.71m÷2-2.0m）=0.855m。埋深为 5m 的海底电缆管道冲刷开沟产生两侧覆盖土剖面示意见图 6.9.1-1 所示。

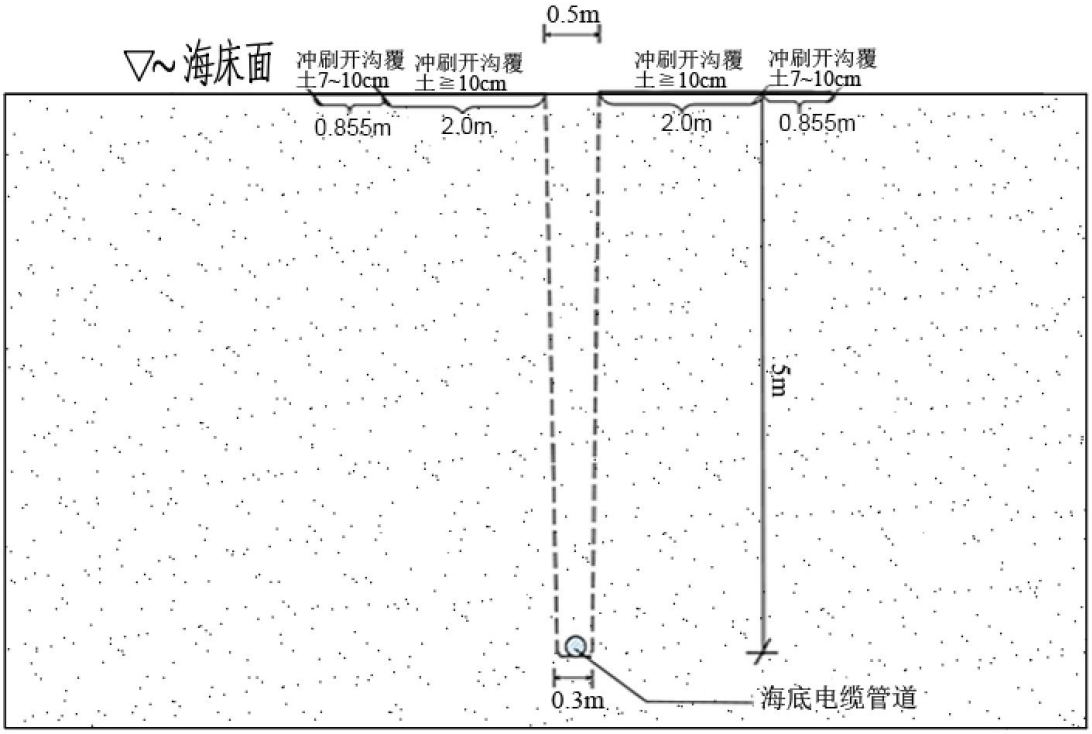

图 6.9.1-1　埋深为 5m 的海底电缆管道冲刷开沟产生两侧覆盖土典型剖面示意图

对于非跨越航道的普通海缆铺设段，单根电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围为 3m×0.4m×20%÷10cm=2.4m，即单根电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围约为两侧各 1.2m；大于 7cm 而小于 10cm 增厚范围内的底栖生物损失 50%，则单根电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围为 3m×0.4m×20%÷7cm=3.43m（7cm 增厚范围，含 10cm 增厚范围），即单根电缆开挖埋设大于 7cm 而小于 10cm 增厚范围约为两侧各（3.43m÷2-1.2m）=0.515m。埋深为 3m 的海底电缆管道冲刷开沟产生两侧覆盖土剖面示意见图 6.9.1-2 所示。

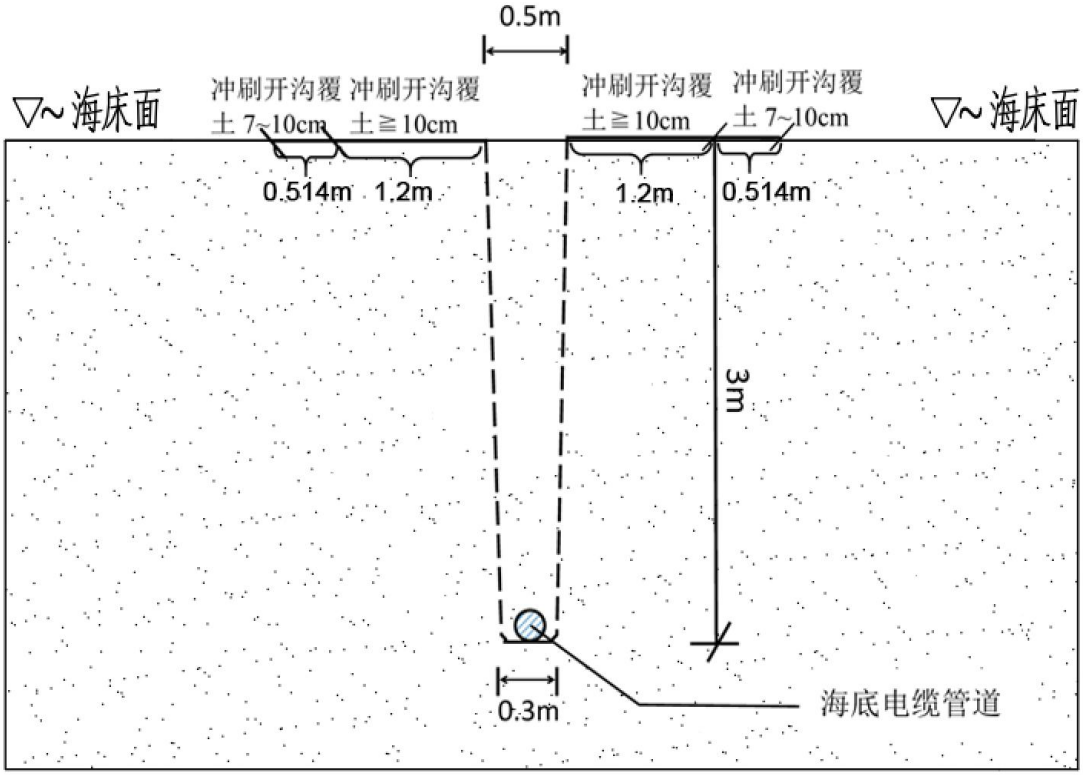

图 6.9.1-2　埋深为 3m 的海底电缆管道冲刷开沟产生两侧覆盖土典型剖面示意图

本项目 1 回 220kV 海缆总长度约为 14.66km，其中定向钻施工长度约为 0.9km，定向钻施工不会造成潮间带生物和底栖生物损失；此外，本项目 1 回 220kV 海缆需下穿珠海高栏港外至阳江南鹏岛北近岸航路、山咀——独湾航线，下穿航道段的施工长度分别约为 2.3km、1.0km（总长约 3.3km）。

因此，本项目穿越航道段造成底栖生物损失的海缆埋设总长度约为 3.3km，穿越航道段海缆施工造成的底栖生境完全破坏的面积约为 3.3km×（4+0.5）m=14850.0m^2（含悬浮物覆盖 10cm 厚的底栖生境），造成底栖生物损失 50%的面积为 3.3km×（2×0.855m）=5643.0m^2。

本项目未穿越航道区域的海底电缆实际会造成底栖生物损失的包括 1 回 220kV 送出海底电缆中的约（14.66-0.9-3.3）km≈10.46km，则本项目未穿越航道区域的海底电缆施工造成的底栖生境完全破坏的面积约为 10.46km×（2.4+0.5）m=30334m^2（含悬浮物覆盖 10cm 厚的底栖生境），海缆施工造成底栖生物损失 50%的面积为 10.46km×（0.515m×2）=10773.8m^2。

综合前述分析计算结果可知，本项目海缆埋设施工造成底栖生境完全破坏的总面积约为 14850.0m^2+30334m^2=45184.0m^2，造成底栖生物损失 50%的总面积约为 5643.0m^2+10773.8m^2=16416.8m^2。

2）生物资源密度取值

取 2025 年春季调查范围内所有调查站位的底栖生物平均生物量进行计算。

3）底栖生物量损失量计算结果

根据上述公式，计算得本项目海底电缆铺设施工造成的短期底栖生物直接损失量约为 570.9kg。

表 6.9.1-1　项目底栖生物损失量计算一览表

工程类型	破坏性质		占用面积（m^2）	生物量（g/m^2）	损失量（kg）
海底电缆埋设	短期破坏底栖生物生境	100%损失	45184.0	10.691	483.1
		50%损失	16416.8		87.8
短期破坏合计			61600.8		570.9

3.运行期对底栖生物和潮间带生物的影响分析

本项目建成投入使用后，海底电缆会产生电场和磁场。这些电场和磁场的强度相对较弱，但长期存在可能会对底栖生物产生潜在一定的影响，可能对电磁环境变化较敏感的底栖生物物种的生理功能产生一定的影响，局部改变海底电缆所在海域的底栖生物种类及其多样性。

由于本项目仅拟建设 1 回 220kV 海底电缆，建设规模较小，运营过程中产生的电场和磁场强度较弱，其影响主要集中在项目区及其邻近范围内，对所在海域底栖生物的总体影响不大，不会明显改变所在海域的底栖生物种类组成和群落结构，对其影响是可接受的。

6.9.2 对浮游植物及初级生产力的影响分析

1.施工期对浮游植物及初级生产力的影响分析

本项目海底电缆施工过程中，会产生悬浮泥沙，水体中悬浮物的增加会提高海水浊度，降低海水的透明度，最直接的影响是削弱水体的真光层厚度，而浮游植物和底栖藻类等初级生产者进行光合作用高度依赖光照，光照强度因浊度增加而减弱，将直接抑制它们的光合作用效率，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体内浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

研究表明，当水体浊度超过一定阈值时，浮游植物的光合作用速率可降低 50%以上。本项目施工中的海缆铺设等机械作业可能直接伤害到浅海区域的大型藻类和一些附着性的底栖藻类，破坏其生存环境，使其无法进行光合作用，减少了初级生产力的贡献。此外，施工造成的海水浊度、水下声环境等变化可能会使一些对环境敏感的初级生产者

物种减少，同时可能引入一些适应扰动环境的物种。这种生物群落结构的局部改变会影响海域的生态系统的功能，新的群落结构在初级生产力的效率和总量上往往与原群落存在差异，通常会导致初级生产力在短期内下降。

但由于本项目施工时间短，施工影响属于短期影响，预计项目所在海域初级生产力在本项目施工完成后，将得到较快恢复，不会对其产生长远的不良影响。

2.运行期对浮游植物及初级生产力的影响分析

相关研究发现，电场和磁场可能会干扰浮游植物的生理过程，如影响细胞内的离子平衡、酶的活性以及光合作用相关蛋白的表达。这些生理功能的改变会降低浮游植物的光合作用效率，进而影响初级生产力。一些实验表明，长期暴露于电场和磁场环境下的浮游植物，其生长速率和光合产物积累量均有所下降。由于本项目海底电缆长度不长，且仅为 1 回 220kV 海底电缆，运营过程中产生的电场和磁场强度较弱，其影响主要集中在项目区及其邻近范围内，对浮游植物和初级生产力的影响有限。

6.9.3 对浮游动物的影响分析

1.施工期对浮游动物的影响分析

本项目海底电缆管道铺设施工过程会引起局部海域悬浮物增加，这会降低水体透明度，影响浮游植物的光合作用，进而减少浮游动物的食物来源。根据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用；过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，影响其呼吸和正常生理活动，甚至造成机械损伤，导致部分个体死亡，使局部区域浮游动物密度降低，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。

此外，本项目海底电缆管道铺设施工过程中铺缆船、运输船的施工作业及海底电缆登陆定向钻施工会产生一定强度的噪声。浮游动物对声音较为敏感，强烈的噪声可能会干扰它们的行为，如使它们的游泳速度、方向发生改变，导致其分布格局发生变化。长期暴露在噪声环境中，可能会影响浮游动物的生理功能，如抑制其摄食、繁殖等活动，进而影响其种群数量。但由于本项目施工使用的船机数量较少，且施工时间短，施工噪声影响有限。

综上，本项目施工悬浮泥沙及施工噪声不可避免地会对浮游动物产生一定的影响，但该影响属于短期影响，将随着施工期的结束而消失，不会对其产生长远的不良影响。

2.运行期对浮游动物的影响分析

本项目海底电缆运行过程中产生的电磁辐射可能会影响浮游生物的趋光性、趋化性等行为特性，使它们的分布发生改变，原本均匀分布的浮游动物可能会聚集在某些区域，而在其他区域则数量减少。但由于本项目运营过程中电场和磁场强度相对较弱，预计电磁环境对初级生产力的影响有限。

6.9.4 对渔业资源的影响分析

1.施工期对渔业资源的影响分析

本节所述渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔稚鱼。施工过程中，悬浮物对部分游泳生物的影响较为显著，悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的，悬浮物质含量变化其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，他们将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量达到 1000mg/L 以上时，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。施工过程，游泳生物会由于施工影响范围内的 SS 增加而游离施工海域，施工作业完成后在很短的时间内，SS 的影响将消失，鱼类等水生生物又可游回。这种影响持续于整个施工过程，但施工结束后将逐渐消失，一般不会对该海域的水生生物资源造成长期、累积的不良影响，但施工期内会造成渔业资源一定量的损失，本项目将及时采取渔业资源增殖放流等措施进行补偿和恢复。

此外，施工过程中铺缆船、运输船的施工作业噪声会驱使鱼类离开施工水域，但由于本项目施工过程使用的船舶及设备数量较少，且施工时间短，基本不会造成鱼类的直接死亡，施工噪声对该海域中渔业资源影响有限。

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），悬浮物扩散范围内对渔业资源产生持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

M_i——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

W_i——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克（kg）；

T——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

D_{ij}——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km²）；

S_j——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij}——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n——某一污染物浓度增量分区总数。

1）污染物浓度增量影响的持续周期数（*T*）和污染水深（m）

影响周期主要为海缆铺设施工期。

本项目 1 回 14.66km 220kV 送出海底电缆拟采用 1 台敷缆机进行铺设，海缆铺设速度为（4~6）m/min，纯铺设时间预计不高于 10 天，取其影响周期为 1。影响水深取平均水深，约为 3m。

2）资源密度（D_{ij}）

选取 2025 春季所有调查站位的定量平均生物量进行计算，具体见表 6.9.1-2 所示。

表 6.9.1-2　项目渔业资源密度取值一览表

序号	类别	2025 年春季平均生物量
1	游泳生物（kg/km²）	148.542
2	鱼卵（粒/m³）	2.084
3	仔稚鱼（尾/m³）	0.690

3）浓度增量区面积 S_j

本项目海底电缆管道施工悬浮泥沙浓度增量面积取较为符合项目施工实际情况的典型工况包络线面积。各浓度增量面积统计见表 6.9.1-3 所示。

表 6.9.1-3　不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积

工程内容	污染物 *i* 的超标倍数 B_i	对应的 SS 浓度范围（mg/L）	SS 增量各浓度分区平均最大包络面积（km^2）
220kV 送出海底电缆铺设	B_i≤1 倍	10＜B_i≤20	（1.191-0.582）=0.609
	1＜B_i≤4 倍	20＜B_i≤50	（0.582-0.329）=0.253
	4＜B_i≤9 倍	50＜B_i≤100	（0.329-0.072）=0.257
	B_i>9 倍	B_i>100	0.072

4）生物资源损失率（K_{ij}）

根据《规程》，污染物对各类生物损失率根据污染物的超标倍数来确定（见表 6.9.1-4）。

表 6.9.1-4　《规程》中对污染物对各类生物损失率的规定

污染物 *i* 的超标倍数（B_i）	各类生物损失率（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
B_i≤1 倍	5	＜1	5	5
1＜B_i≤4 倍	5～30	1～10	10～30	10～30
4＜B_i≤9 倍	30～50	10～20	30～50	30～50
B_i≥9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注：
1.本表列出污染物 *i* 的超标倍数（B_i），指超《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。
2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。

本次评价按《规程》中的“污染物对各类生物损失率”确定本工程增量区的各类生物损失率（详见表 6.9.1-5）。

表 6.9.1-5　本工程悬浮物对各类生物资源损失率 K_{ij}

污染物 *i* 的超标倍数（B_i）	各类生物资源损失率 K_{ij}（%）	
	鱼卵和仔稚鱼	成体
B_i≤1 倍	5	0.5
1＜B_i≤4 倍	17.5	5
4＜B_i≤9 倍	40	15
B_i≥9 倍	50	20

5）渔业资源损失量计算结果

根据前述计算公式和参数（统计见表 6.9.1-6）计算得本项目悬浮泥沙造成的渔业资源生物直接损失量如下：鱼卵 1.33×10^6 粒，仔稚鱼 4.42×10^5 尾，游泳动物 10.20kg。

表 6.9.1-6　悬浮泥沙影响损失估算表

工程内容	浓度（mg/L）	种类	资源密度		影响面积 S（km^2）	持续周期数（T）	水深（m）（d）	损失率 K（%）	损失量计算公式	损失量	
			密度值 D	单位						损失量值	单位
220kV 送出海底电缆施工	10~20	鱼卵	2.084	ind/m³	0.609	1	3	5	D×S×d×K×T	1.90×10^5	粒
		仔稚鱼	0.690	ind/m³	0.609	1	3	5	D×S×d×K×T	6.30×10^4	尾
		游泳动	148.542	kg/km²	0.609	1	3	0.5	D×S×K×T	0.45	kg
	20~50	鱼卵	2.084	ind/m³	0.253	1	3	17.5	D×S×d×K×T	2.77×10^5	粒
		仔稚鱼	0.690	ind/m³	0.253	1	3	17.5	D×S×d×K×T	9.16×10^4	尾
		游泳动	148.542	kg/km²	0.253	1	3	5	D×S×K×T	1.88	kg
	50~100	鱼卵	2.084	ind/m³	0.257	1	3	40	D×S×d×K×T	6.43×10^5	粒
		仔稚鱼	0.690	ind/m³	0.257	1	3	40	D×S×d×K×T	2.13×10^5	尾
		游泳动	148.542	kg/km²	0.257	1	3	15	D×S×K×T	5.73	kg
	＞100	鱼卵	2.084	ind/m³	0.072	1	3	50	D×S×d×K×T	2.25×10^5	粒
		仔稚鱼	0.690	ind/m³	0.072	1	3	50	D×S×d×K×T	7.45×10^4	尾
		游泳动	148.542	kg/km²	0.072	1	3	20	D×S×K×T	2.14	kg
合计		鱼卵：1.33×10^6 粒，仔稚鱼：4.42×10^5 尾，游泳动物：10.20kg									

2.运行期对渔业资源的影响分析

本工程建成投入使用后，海底电缆均铺设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。根据电磁环境类比分析结果可知，本工程海底电缆附近的工频磁感应强度小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）公众暴露控制限值，不会对渔业资源产生明显的不良影响。

6.10对环境敏感区和环境保护目标的影响分析与评价

6.10.1对“三场一通道”的影响分析

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区、黄花鱼幼鱼保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区。

本项目对南海北部幼鱼繁育场保护区、黄花鱼幼鱼保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区的影响主要为施工期产生的悬浮泥沙影响，悬浮泥沙将引起项目所在海域及周边海域水质混浊，使海水光线透射率下降，溶解氧降低，将对前述保护区所在海域的水质产生一定的影响，从而造成一定的生物量损失；但本项目海底电缆管道长度较短，海缆铺设时间短，悬浮泥沙影响为短期影响，将随着施工期的结束而消失。本项目施工过程中施工船舶舱底含油污水和船舶上作业人员产生的生活污水，将由收集装置收集上岸后，交

由船舶污染物接收单位接收处理，不直接排放入海，不会对所在的“三场一通道”产生影响。

本项目营运期海缆埋设于海底，无废水和固体废物的产生与排放；虽然海底电缆运行过程会产生一定的电磁辐射，但由于磁场在海域介质的衰减特性，海底电缆附近磁场强度数量级较低，在目前的理论构架下，基本不会对海洋生物产生影响，海底电缆管道产生的电磁基本不会对“三场一通道”产生影响。

综合前述分析结果可知，本项目对“三场一通道”可能产生的影响主要为悬浮泥沙影响，项目施工过程中必须高度重视对海洋生物的保护，严格采取控制施工范围、在保证符合工程施工质量要求的前提下加快施工进度、加强施工期的跟踪监测、降低在南海区幼鱼、幼虾保护区和黄花鱼幼鱼保护区的保护期（3 月~5 月）的铺缆施工强度等措施，以将项目可能对南海区幼鱼、幼虾保护区和黄花鱼幼鱼保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区等的影响降至最低。

6.10.2对生态保护红线的影响分析

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号），本项目海底电缆需穿越小湾海岸侵蚀极脆弱区和广海湾重要渔业资源产卵场等两个海洋生态保护红线区，评价范围内还有荔枝湾海草床、江门市台山市红树林等海洋生态保护红线区。

（1）施工期影响

本项目所穿越的小湾海岸侵蚀极脆弱区是为了防止海岸侵蚀、保护岸线而划定的海洋生态红线区，本项目拟采用泥面以下底土定向钻穿越的施工方式穿越生态保护红线内的砂质海岸，能较好地保护海岸的自然风貌，不会改变其性质、长度、生态功能等。本项目海缆穿越的广海湾重要渔业资源产卵场的保护对象为重要渔业资源产卵场，本项目海底电缆铺设于海底土层以下，不会截断鱼类产卵洄游通道。本项目对海洋生态保护红线的影响主要为施工悬浮泥沙影响，施工过程中产生的悬浮泥沙会引起鱼类及其他海洋生物行动的改变，使其游离施工期；过量的悬浮固体也将妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖，造成一定量的渔业资源损失。但施工过程产生的悬浮泥沙影响范围主要集中在海底电缆管道两侧邻近海域，影响范围不大，且本项目海底电缆管道施工时间短，施工作业结束后在很短的时间内，悬浮泥沙的影响将消失，不会对该海域的水生生物造成长期、累积的不良影响，本项目也将尽量避开该海域鱼类及其他游泳生

物的产卵、孵化、育幼期（3 月~5 月），并及时采取渔业资源增殖放流等措施进行补偿和恢复，可将对所穿越的生态保护红线的影响降至最低。

此外，本项目评价范围内还有荔枝湾海草床、江门市台山市红树林等海洋生态保护红线区。根据数值模拟结果，本项目施工期产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的最大包络线不会扩散至附近其他海洋生态红线区，不会对前述生态保护红线区产生影响。

（2）运行期影响

本项目建成运行后，海底电缆管道将埋设于海底，对水文动力、地形地貌和冲淤环境不会产生影响，不会影响小湾海岸侵蚀极脆弱区的岸线稳定，不会导致其海岸侵蚀，对防止海岸侵蚀、保护岸线而划定的小湾海岸侵蚀极脆弱区基本无影响。

本项目运行期海缆埋设于海底，无废水和固体废物的产生与排放；埋设于海底的海缆对广海湾重要渔业资源产卵场内鱼类的洄游等无截断影响，虽然海底电缆运行过程会产生一定的电磁辐射，但由于磁场在海域介质的衰减特性，海底电缆附近磁场强度数量级较低，在目前的理论构架下，基本不会对海洋生物产生影响，海底电缆管道产生的电磁基本不会对广海湾重要渔业资源产卵场产生影响。

综合分析，本项目主要会对穿越的海洋生态保护红线产生影响，该影响主要集中在施工期，但该影响将随着施工期的结束而较快消失，且本项目施工时间将尽量避开鱼类及其他游泳生物的产卵、孵化、育幼期（3 月~5 月），降低对渔业资源的影响，并及时开展增殖放流等生态补偿措施，对本项目造成的生态环境影响进行一定的补偿和修复。总体上，本项目对生态保护红线的影响是可接受的，不会对其生态功能产生影响。

6.10.3对养殖场的影响分析

1.施工期影响

本项目评价范围内有 17 处确权养殖场及部分现状养殖场，养殖场分布于上川岛和下川岛北侧。项目海缆路由区内无确权养殖场，与确权养殖场的最近距离在 0.011km~1.8km，其中距离最近的为台山海洋发展集团有限公司上川野柑湾一号养殖场；本项目海底电缆部分穿越上川岛北侧现状未确权养殖场，与下川岛北侧现状未确权养殖场的最近距离约为 0.1km。项目对以上养殖场的影响主要在于占用养殖场及施工期海缆铺设施工造成的悬浮泥沙对养殖场的影响。

本项目 220kV 海底电缆施工时需临时占用上川岛北侧部分现状未确权养殖场，若本项目海底电缆管道铺设时，该养殖场仍在正常养殖，则采用常规铺缆船铺设将不可避

免地需占用部分养殖海域，同时施工过程中产生的悬浮泥沙也会对其产生一定的影响，造成一定的生物量损失；因此，若本项目海底电缆管道铺设时，该养殖场仍在正常养殖，建议本项目加大终端登陆段的定向钻施工长度，以定向钻方式穿越该现状养殖场，确保可能对其产生的影响降至最低；确实无法采用定向钻施工方式穿越现状养殖场时，则应与养殖户加强沟通协调，并对可能造成的经济损失予以补偿。若本项目海底电缆管道铺设时，该未确权现状养殖场已不复存在，或空置未正常养殖，由于本项目海底电缆管道所需施工时间很短，且施工悬浮泥沙的影响将随着施工期的结束而较快消失，则本项目海底电缆管道施工基本不会对其产生影响。

此外，根据数模结果，本项目施工期产生的增量超过10mg/L的悬浮泥沙会扩散至6处确权养殖场及部分现状养殖场，悬浮泥沙扩散会造成扩散范围内水体浑浊，降低水中溶解氧含量，进而对养殖生物产生不利影响。但这种影响仅持续于施工过程，短期内会造成养殖户经济损失，施工结束后将较快消失，一般不会对附近养殖项目造成长期、累积的不良影响。项目施工船舶生活污水、含油污水和固体废弃物均拟由船舶污染物接收单位接收处理，不排海。因此，本项目对周边养殖场的影响主要来自悬浮泥沙影响，建议采取在海缆铺设区两侧设置防污帘，同时对造成的渔业资源损失及养殖户经济损失进行补偿等措施，将可能对周边养殖场的影响降至最低。

2.运行期影响

本工程建成投入使用后，海底电缆均铺设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，根据电磁环境类比分析结果可知，本工程海底电缆附近的工频磁感应强度小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）公众暴露控制限值，不会对海洋生物产生明显的不良影响，不会对养殖场产生影响。

6.10.4对海岛的影响分析

本项目评价范围内有黄麖洲、马骝头岛、榄核岛、飞妹洲等4个无居民海岛，有上川岛、下川岛2个有居民海岛，与前述海岛的最近距离在0km~1.6km，其中本项目海缆东南侧登陆点位于上川岛，拟采用泥面以下底土定向钻穿越的施工方式穿越上川岛的砂质岸线，不会对海岛岸线造成直接的占用和破坏，能较好地保护上川岛砂质岸线的自然风貌，不会改变其性质、长度、生态功能等。

由数值模拟结果可知，本项目施工悬浮泥沙增量超过10mg/L的最大包络线会扩散至距离项目较近的上川岛和黄麖洲所在海域，会对其海洋生态环境造成一定的影响，但

该影响为施工期短期影响，将随着施工期的结束而较快消失，不会对其造成长期的不良影响。此外，本项目海底电缆管道建成后将埋设于海底，不会对水文动力和冲淤环境产生影响。因此，本项目的实施对周边岛礁岸滩的稳定性基本无影响。

综合分析，本项目不会对评价范围内海岛造成破坏性影响，仅施工期会对距离较近的上川岛和黄麖洲生态环境产生暂时性的影响，对附近海岛岸滩稳定性影响较小。总体上，本项目的实施对海岛的影响不大，是可接受的。

6.10.5对国控水质监测点的影响分析

本项目评价范围内有1个水质国控监测点，编号为GDN10008，与本项目的最近距离为0.9km。由数值模拟结果可知，本项目施工悬浮泥沙增量超过10mg/L的最大包络线不会扩散至该国控水质监测点，在该国控水质监测点的浓度贡献值约为6.168mg/L，满足所在海洋功能区“人为增加量≦10mg/L”的要求，基本不会引起评价范围内国控监测点所在海域水质发生明显的变化。但本项目仍应采取严格控制施工范围、在施工区两侧布设防污帘、尽量缩短施工周期、加强施工期间的跟踪监测、根据跟踪监测结果及时调整污染防治措施等措施，确保本项目施工过程不会对附近的国控水质监测点的水质产生影响。

6.10.6对红树林的影响分析

本项目用海范围内无红树林的分布，不涉及直接占用红树林，不会对红树林的根系等造成直接的破坏。本项目海洋环境影响评价范围内的红树林有 2 处，与其最近距离分别为 1.6km、2.5km。

由数值模拟结果可知，本项目海缆铺设过程产生的悬浮泥沙不会扩散至项目附近的红树林，且悬浮物对红树植物的影响主要是可能影响红树植物根系（呼吸根）的呼吸作用，红树植物生长在潮间带，在退潮时红树植物根系将裸露在空气中，不会受到悬浮物的直接影响；涨潮时红树植物根系淹没在水里，水体悬浮物浓度增加会对其产生一定的影响，但红树植物能够适应较为浑浊的水体，因此，本项目施工悬浮泥沙基本不会对附近的红树林产生影响。

本项目海底电缆管道施工过程会产生一定的噪声，可能会导致附近红树林内鸟类栖息、繁殖环境质量暂时下降，即噪声可能使生活在附近红树林内的鸟类受到惊吓，迫使部分鸟类迁徙他处，远离施工范围，从而影响项目附近鸟类种群分布。但施工期噪声对

附近鸟类资源的影响是暂时的，当工程施工结束，其影响将消失，且本项目距离红树林较远，噪声对红树林内鸟类的影响有限。

本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟采取有效措施进行处理处置，禁止直接排放入海域或地表水体，不会对附近的红树林产生影响。而本项目建成投入使用后，无污废水和固体废物的产生与排放，对附近的红树林基本无影响。

总体上，本项目的施工对红树林可能产生的影响较小。而本项目建成投入使用后，无废水、废气和噪声等污染物的产生与排放，运行期对红树林基本无影响。

6.10.7对海草床的影响分析

本项目用海范围内无海草床的分布，不涉及直接占用海草床。项目评价范围内的海草床有 1 处，为荔枝湾海草床，主要海草种类为日本鳗草和贝克喜盐草，与本项目最近距离为 1.1km。

悬浮泥沙会增加水体浊度，降低海水光照穿透力，导致海草的光合作用速率降低；同时悬浮泥沙沉降后覆盖海草叶片和根系，会进一步降低海草的光合作用，同时阻碍气体交换与营养吸收。本项目海底电缆管道铺设施工过程会引起局部海域悬浮物增加，根据数值模拟结果，本项目海缆铺设过程产生的增量超过 10mg/L 的悬浮泥沙不会扩散至荔枝湾海草床，施工期悬浮泥沙对项目附近海草床影响较小。

本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟采取有效措施进行处理处置，禁止直接排放入海，不会对附近的海草床产生影响。本项目送出海缆建成后将埋设于海底，对水文动力和冲淤环境基本无影响，不影响项目附近海草床海域的水体交换能力，对海草床生长的底质结构无影响。

综合分析，本项目对附近海草床的影响较小。

6.10.8对中华白海豚和印太江豚的影响分析

（1）悬浮泥沙的影响

本项目海缆铺设施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，对海水水质造成一定影响。根据数值模拟结果，悬沙扩散主要集中在项目施工区及其相邻海域。

从生理结构上来看，中海白海豚和印太江豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，这有别于用鳃呼吸的鱼类，浑浊的水体对其呼吸影响不大；从生境选择上来看，中海白海豚和印太江豚对水的透明度没有明显的偏好（Jefferson，

2000；Bowater 等，2003），其视觉不发达，主要依靠位于头部的回声定位系统来探测周围环境和识别物体，进行摄食活动和个体间的沟通联系。从生态习性上来看，中海白海豚和印太江豚长期生活的河口海域水体通常比较浑浊，表明中海白海豚和印太江豚对浑浊水体具有一定的适应性。综上，从中海白海豚和印太江豚的生理结构、生境选择、对浑浊水体具有一定的适应性等特征上来看，中海白海豚和印太江豚对悬浮泥沙影响具有一定的适应或趋避能力，对高悬浮物浓度区域将会自动避开。因此，本项目产生的悬浮泥沙不会对中海白海豚和印太江豚产生直接的明显不良影响，但会对中海白海豚和印太江豚摄食产生间接影响，但该影响是暂时的，随施工结束会较快消失。

总体上，本项目施工产生的悬浮泥沙对中海白海豚和印太江豚的影响较小。

（2）施工船舶的影响

本项目施工船舶在航行过程中，存在船体及其螺旋桨对偶遇的中华白海豚、印太江豚造成直接撞击伤害的事故风险。

船舶在各种不同的通航速度时对中华白海豚和印太江豚的影响会有所不同，船舶由远及近靠近中华白海豚、印太江豚时，对中华白海豚、印太江豚的影响逐渐加强，如果船舶速度较快，中华白海豚、印太江豚则有可能没有足够的时间反应，被船体或是螺旋桨撞伤或是致死。一般情况下，大中型船舶的通航速度相对较低，而且大多直线行驶，转弯缓慢，对中华白海豚、印太江豚的直接撞击的可能性较小；小型快艇由于速度较快，可能对中华白海豚、印太江豚产生一定程度上的潜在的威胁。因此，本项目需要对施工船舶的船只进行约束，按照国际上对于船速的要求，一般设定为 10n mile/h，以便在中华白海豚、印太江豚受到惊吓或是感受到危险时，有足够的反应时间，可以采取适当的逃避行为以避开船舶，也可将船舶通行对中华白海豚、印太江豚的碰撞风险影响降至最低。

则经采取限速、加强瞭望、注意避让等措施后，本项目对中华白海豚的影响是较小的，可接受的。

6.10.9对海龟的影响分析

根据收集的相关资料，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，工程海域可能有海龟出没。

本项目施工过程中会产生悬浮泥沙，其扩散可能对海龟的生活环境产生一定影响，但该影响为短期影响，将随着施工期的结束而较快消失，可能对其产生的影响较小，是

可接受的。

本项目施工过程中的施工船舶作业等会产生噪音。根据伍兹霍尔海洋研究所的相关研究成果，海龟对水下噪声较为敏感，暴露于高强度噪声后会出现暂时性听阈值偏移（TTS），即暂时性听力灵敏度下降。长期暴露在噪音环境中，可能会改变海龟的行为模式。Macarena Parra Díaz 等人在加拉帕戈斯群岛的实地观测中发现，绿海龟在游动状态下对船只噪声表现出高度警觉：噪声每增加 10 分贝，其抬头张望频率提高约 35%，导致游泳效率下降；但在休息或觅食时，同种噪声并未引发明显行为反应，表明海龟对噪声的响应与其行为状态密切相关。这种选择性响应实则为生存策略的妥协，为避免过度消耗能量，海龟不得不忽略部分风险信号，从而增加被捕食的概率。因此，本项目应严格控制施工范围，选用低噪声船机，以减低施工噪声可能对海龟正常生理活动产生的影响。

本项目建成投入使用后，海底电缆将埋设于海底，对海龟的栖息地及洄游等不会造成直接的影响。海底电缆运行时产生的电磁场，可能干扰海龟利用地球磁场导航的能力，影响其迁徙、觅食和繁殖等行为。但本项目海底电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，根据电磁环境类比分析结果可知，本工程海底电缆附近的工频磁感应强度远小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）公众暴露控制限值，预计可能对海龟产生的影响有限。

综合分析，由于本项目涉海工程量较小，海上施工过程中产生的悬浮泥沙及噪声等对海龟可能产生的影响较小，建成投入使用后对海龟可能产生的影响也较小。

6.10.10 对自然岸线的影响分析

本项目始端登陆点位于海宴镇，终端登陆点位于上川岛，海底电缆申请用海范围需底土穿越广东省政府 2022 年批复海岸线 44.6m，均为砂质自然岸线。本项目登陆段采用定向钻的施工方式从底土穿过岸线，无需开挖，不涉及采挖海砂、围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，不改变海岸线原有形态和生态功能。

此外，按照规定，项目建成后登陆点处将设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处岸线。因此，本项目海底电缆对所需底土穿越的砂质自然岸线基本没有影响。

6.11 通航环境影响评价

本项目海底电缆穿越珠海高栏港外至阳江南鹏岛北近岸航路和山咀--独湾航线。

本项目海缆施工期间，由于需要横穿航路、航线，施工期间海缆铺设船前后需要设立警戒，将对过往船舶通航安全产生碍航影响，对周边的通航环境产生一定影响。工程作业若碰到海况条件较恶劣时，亦可能对施工船舶自身航行安全带来危险，可能发生溢油事故从而影响海洋环境。但通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度，把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工的安全管理工作，运用良好船艺、谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少对通航环境和船舶通航的影响。

本项目海缆采用专业铺缆船进行铺设，采用埋设犁配合高压水枪冲埋等方式，将海缆铺设在海床底下（3~5）m，施工过程对局部海床有一定影响，但对其所在海域潮汐动力和冲淤环境影响很小；项目海底电缆施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，项目海底电缆的建设基本不会对周边航路、航线功能造成影响。

此外，航路来往船舶对本项目铺设的海缆可能会产生一定的影响，本项目对于穿越航道区的海缆将加大电缆的埋深至 5m，并拟采用套管保护、加盖保护件等方式保护，只要对海缆的深埋严格要求，真正达到设计标准，在海缆铺设后竖立警示标志、发布相关海域管理通告，则附近航道、航路对铺设后埋深为 5m 的海底电缆的影响较小，同时本项目的实施也不会影响到航道、航路的正常使用。

7 环境风险评价

7.1 总则

环境风险评价的目的是以突发性事故导致的危险物质环境急性损害防控为目标，对建设项目的环境风险进行分析、预测和评估，提出环境风险预防、控制、减缓措施，明确环境风险监控及应急建议要求，为建设项目环境风险防控提供科学依据。

7.2 风险调查

7.2.1 风险源调查

根据本项目特点，确定本项目的环境风险源为施工船舶。

7.2.2 环境风险保护目标调查

本项目潜在环境风险主要为海洋生态环境风险，根据数值模拟预测结果，确定本项目海洋生态环境保护目标包括三场一通道、海洋生态保护红线、养殖场、海岛、海草床、红树林和国控水质监测点等，统计见表 7.2.2-1。

表 7.2.2-1　主要海洋环境敏感区及保护目标一览表

序号	环境敏感区/保护对象			位置关系	最近距离（km）
40	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区		本项目位于该保护区内	0
41		南海区幼鱼、幼虾保护区		本项目位于该保护区内	0
42		黄花鱼幼鱼保护区		本项目位于该保护区内	0
43	海洋生态红线	小湾海岸侵蚀极脆弱区		海底电缆穿越	0
44		广海湾重要渔业资源产卵场		海底电缆穿越	0
45		荔枝湾海草床		海底电缆西南侧	1.1
46		江门市台山市红树林		海底电缆东北侧和西南侧	1.6~2.5
47		瓦窑湾海岸侵蚀极脆弱区		海底电缆东北侧	5.0
48		镇海湾重要河口		海底电缆西北侧	6.7
49		大海湾海岸防护物理防护极重要区		海底电缆东北侧	13.2
50		北陡海岸侵蚀极脆弱区		海底电缆西侧	22.6
51	海岛	无居民海岛	黄麇洲	海底电缆西南侧	0.2
52			马骝头岛	海底电缆西南侧	0.7
53			榄核岛	海底电缆西南侧	1.0
54			飞妹洲	海底电缆西南侧	1.6
55			漭洲	海底电缆西侧	24.5
56		有居民海岛	上川岛	路由登陆点东南侧	0
57			下川岛	海底电缆西南侧	1.0

序号	环境敏感区/保护对象		位置关系	最近距离（km）
58	开放式养殖	台山市宴侨七号养殖场	海底电缆东侧	1.6
59		台山市宴渔六号养殖场	海底电缆东侧	1.6
60		台山市海宴镇望头七号养殖场	海底电缆东侧	0.9
61		台山市海宴镇望头八号养殖场	海底电缆东侧	0.2
62		台山市海宴镇望头六号养殖场	海底电缆东侧	0.1
63		台山市海宴镇望头五号养殖场	海底电缆西侧	0.1
64		台山市海宴镇望头四号养殖场	海底电缆西侧	1.0
65		台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝二号养殖场	海底电缆西南侧	1.8
66		台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝一号养殖场	海底电缆西南侧	1.2
67		台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝三号养殖场	海底电缆西南侧	0.5
68		台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝一号养殖场	海底电缆西南侧	0.1
69		台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝三号养殖场	海底电缆西南侧	0.7
70		台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝二号养殖场	海底电缆西南侧	0.8
71		台山市川岛北风湾底播 6 号场	海底电缆西南侧	1.3
72		台山市川岛镇上川大澳养蚝一号养殖场	海底电缆南侧	1.8
73		台山海洋发展集团有限公司上川野柑湾一号养殖场	海底电缆北侧	0.011
74		台山市烽火角水产养殖基地有限公司上川野柑湾二号养殖场	海底电缆北侧	1.4
75		下川岛北侧现状养殖场	海底电缆两侧	最近约 0.1
76		上川岛北侧现状养殖场	海底电缆东侧	部分穿越
77		广海湾现状养殖场	海底电缆东侧	最近约 15.2
78	国控水质监测点	GDN10021	海底电缆西侧	14.7
79		GDN10008	海底电缆西侧	0.9
80		GDN10003	海底电缆东北侧	18.5
81		GDN10012	海底电缆东北侧	22.5
82	红树林	扑手湾北侧红树林	海底电缆西北侧	2.5
83		北风湾南侧红树林	海底电缆西南侧	1.6
84	海草床	荔枝湾海草床	海底电缆西南侧	1.1

7.3环境风险评价等级

本项目为220kV海底输电线路工程，不属于高风险行业，不涉及高风险工艺，

根据2.4.1.5节的环境风险评价等级判断结果，确定本项目的环境风险评价等级为二级。

7.4评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），一般不小于相应评价等级的生态环境影响评价范围，一、二级评价项目的评价范围分别根据危险物质72h、48h扩散范围确定，可根据海域特征、生态敏感区分布情况等做适当调整。

本项目海洋生态环境风险评价等级为二级，按危险物质48h扩散范围结合生态环境影响评价范围确定环境风险评价范围，环境风险评价范围见表7.4-1所示。

表 7.4-1　本项目海洋生态环境风险评价范围主要边界点坐标一览表

序号	东经	北纬	序号	东经	北纬
1	112°20'55.627"	21°42'46.188"	4	112°50'45.325"	21°54'42.723"
2	112°21'37.243"	21°39'30.576"	5	112°33'6.993"	21°46'12.27"
3	112°51'12.73"	21°46'20.065"	6	112°24'24.175"	21°44'40.002"

7.5风险识别及源项分析

7.5.1 风险识别

根据本项目建设规模、建设特点及周边环境特征，识别本项目主要环境风险源如下：

（1）施工期施工船舶碰撞或倾覆溢油事故；

（2）海底线缆泥沙冲刷掏空风险。

7.5.2 源项分析

1. 最大可信事故分析

最大可信事故是指“基于经验统计分析，在一定可能性区间内发生的事故中，造成环境危害最严重的事故”。根据本项目施工及运营特点，确定本项目的最大可信环境风险事故为溢油事故。“最大可信水上溢油事故”系指“在所有预测的概率不为零的事故中，溢油量最大的水上溢油事故”。根据风险识别，本项目溢油事故包括施工期施工船

舶碰撞溢油事故、施工船舶倾覆溢油事故，其中最大可信事故为施工船舶碰撞引发的燃油泄漏事故。

2. 船舶溢油风险事故概率分析

（1）船舶溢油风险事故概率分析

1）国内水上交通事故发生情况

1990～2010 年期间，共发生船舶溢油事故（溢油量≥50t），71 起，其中我国海域发生较大船舶溢油污染事故 36 起，发生频率为 1.71 次/a，所占比例 50.7%；发生重大船舶溢油事故 9 起，发生频率为 0.43 次/a，所占比例为 12.7%；发生特别重大船舶溢油污染事故 4 起，发生频率为 0.19 次/a，所占比例为 5.6%。根据分析结果可知，发生较大船舶溢油污染事故的频率较高，应引起重视。

船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装/卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故，包括违章故意排放。海损性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、沉没、火灾爆炸、操作性事故、船体破损、倾覆等 7 个原因引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究》，对于溢油量在 1t 以下的船舶溢油事故，其原因主要是操作性事故。对于溢油量在 7t 以上的船舶溢油事故，原因则主要是海损性事故。7 种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因，共发生溢油事件 42 起，其发生次数占总溢油次数的 59.15%，其导致的溢油总量也最高，占所有溢油事故溢油总量的 44.35%；其次是触礁/搁浅而引起的船舶溢油事故，共发生溢油事件 14 起，占总船舶溢油事件次数的 19.72%，其溢油总量为 6564t，占所有溢油事故溢油总量的 29.79%。由操作性原因和船体倾覆所导致的船舶事故次数最低，都为 2 起，占总船舶溢油事故的 2.82%。因此，碰撞、触礁/ 搁浅是我国溢油量在 50t 以上船舶溢油事故发生的主要原因。

2）广东省水上交通事故发生情况

收集广东省海事局 2007~2011 年度近 5 年的溢油资料进行统计分析，结果表明：2007~2011 年度，广东省共发生船舶污染事故 44 起，其中操作性事故 24 起，海损性事故 19 起。全省溢油污染事故发生的概率为 8.8 次/年，其中 10 吨以下的事故发生概率为 7.2 次/年，10~50 吨、100~500 吨事故发生概率均约为 0.6 次/年（约 1 年一遇）。

3）溢油事故概率

根据南开大学熊善高《海域船舶溢油风险评估及应急管理体系的研究》，船舶发生

碰撞事故时，其溢油的频率为2.0×10^{-4}次/船·年，散货船碰撞事故下溢油频率为3.7×10^{-4}次/船·年，杂货船碰撞事故下溢油频率为4.8×10^{-4}次/船·年，其他类型船舶碰撞事故下溢油频率为1.2×10^{-4}次/船·年。根据施工安排，本项目施工过程中同时最多施工船舶数量为5艘，以最不利分析，本项目碰撞事故溢油频率为2.4×10^{-3}次/船·年。

3.溢油源强

根据本项目特点，确定本项目的溢油源为施工船舶，因此，本次采用船舶吨位最大的施工船舶的溢油源强进行溢油的生态环境风险预测与分析。

本工程施工船舶最大吨位为5000吨级铺缆船和锚定船，非油轮船舶燃油最大携带量可用船舶总吨推算，根据船型的不同，一般取船舶总吨的8~12%，本项目按10%进行计算，一般船舶配有10个燃油舱，溢油源强按1个燃油舱的油量进行计算，则船舶溢油量确定为50t。

7.6自然灾害环境风险分析

可能对本项目产生影响并引发环境污染影响事故的为热带气旋和风暴潮。

台风是强烈的热带气旋，是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到12级以上的暖性低压强烈天气系统。台风引发的风暴潮会产生强劲潮流，同时台风本身也带来强大风能，二者共同作用之下，可能会使施工船舶倾覆发生溢油事故，对海洋环境产生污染影响。

此外，工程海域可能遭受风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆的局部冲刷，威胁海缆安全。海底线缆泥沙被冲刷淘空后，大量泥沙颗粒悬浮于海水中，会使海水的浑浊度明显上升；这不仅影响海水的光学性质，降低水体透明度，还会干扰水中光线的传播，影响水生植物的光合作用，进而影响水体中氧气的产生和分布。泥沙被冲刷淘空后，海底地貌会发生改变，一些海洋生物的栖息环境遭到破坏；例如，贝类、蟹类等底栖生物常栖息于相对稳定的海底泥沙环境中，冲刷淘空可能导致它们的洞穴被破坏、藏身之所消失，使其暴露于天敌之下，数量减少。

在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，减小局部冲刷。同时为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》的有关规定，铺设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。铺设完毕后，向主管机关报

送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作业。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行保护。

7.7溢油事故风险预测与评价

7.7.1 溢油模型

海上溢油的扩散行为受气象条件和潮流特征等环境条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历拓展、漂移及风化等复杂过程。溢油刚发生时，油膜主要在海中进行扩展过程，持续时间较短，随后在海中进行漂移和风化过程，持续时间较长。目前对溢油数值模拟研究的方法基本有两种，一种是基于对流扩散方程，将油膜视作一般污染物；另一种是 “油粒子”模型，采用拉格朗日随机走动发和粒子云团来描述溢油过程。“油粒子”模型将油膜分散成大量油粒子，油膜视为这些“油粒子”组成的粒子云团，该方法可以较好地反映海上溢油在各种环境因素影响下的行为情况，目前在溢油研究中被广泛使用。

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 开发的 MIKE21/3 OS 模块进行溢油的数值模拟，其基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反映油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分（分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C）和重质部分（分子量大于 160g/mol，沸点 300°C 以上），石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果、这通常称为油的风化过程，在模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等。

（1）扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay 重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{d\mathrm{A}_0}{dt}=K_\alpha \mathrm{A}_0^{1/3}\left(\frac{V_0}{\mathrm{A}_0}\right)^{4/3}$$

$$V_0=R_0^2\pi h_0$$

式中，A_0 为油膜扩展面积，V_0 为溢油体积，K_α 为系数，h_0 为油膜初始厚度，取 10cm，t 为时间。

（2）漂移过程

“油粒子”模型将漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程，在每个计算步长内，油粒子的变化都是这两个过程综合作用下的结果。

1）对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对流位移，可以表示为：

$$\mathrm{U}_P=\mathrm{U}_S+C_W\cdot\mathrm{U}_W\cdot\sin\left(\theta-\pi+\theta_W\right)$$

$$V_P=V_S+C_W\cdot\mathrm{U}_W\cdot\cos\left(\theta-\pi+\theta_W\right)$$

式中，U_P、V_P 分别为油粒子在 x、y 方向的对流移动分速度；U_S、V_S 分别是表面流速在 x、y 方向的分速度；U_W 为海面上 10m 处的风速；θ为风向角；C_W 为风漂移系数，一般取值为 0.03~0.04 之间，本模型取值为 0.03；θ_W 为风偏转角，可表示为：

$$\theta_W=\beta\exp\left(\frac{\alpha\left|U_W\right|^3}{g\gamma_w}\right)$$

其中，α=-0.3×10^{-8}；β=28.38′；g 为重力加速度；γ_w 为运动粘度。本模型取模型默认值，θ_W=28°。

2）紊流扩散过程

每个油粒子的空间是由水流的随机脉动所导致的，对于二维的情况，可以将随机运动的距离形式表示为：

$$\Delta S_\alpha=R\cdot\sqrt{6D_\alpha\cdot\Delta t}$$

其中 ΔS_α 为在 α 方向上的一个时间步长内可能扩散走动的距离，D_α 为 α 方向上的扩散系数，R 为-1 到 1 的随机数。

（3）溢油风化过程

溢油的风化包括蒸发、乳化以及溶解等过程。其过程十分复杂，与溢油自身属性、温度、风、阳光等许多因素有关。

1）蒸发过程

油类蒸发指液态的石油烃变成气态造成油膜与空气间进行物质交换的过程，油类的蒸发受油品本身及环境因素影响，油品本身性质决定着油类在水中的蒸发率，油膜厚度、风场及温度、水温、风速及太阳辐射等因素也影响着油类的蒸发。油膜蒸发是风化过程的主要部分，大多数原油的蒸发量可达 40%，蒸发数量一般占总溢油量的 20%～40%。蒸发率由下式表达：

$$N_i^e = K_{ei} \cdot P_i \cdot \frac{M_i}{\rho_i} / (RT)$$

式中：N_i^e 为蒸发率，P 为蒸汽压，i 为不同的油组分，R 为气体常数，K_{ei} 为物质传输系数，M 为分子量，T 为温度，ρ 为油组分密度，K_{ei} 由下式估算：

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_W^{0.78}$$

其中，K 为蒸发系数，Sc 为蒸汽 Schmidts 数，模型取 2.7。

2）乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起，油膜被打碎成油滴不断向水体运动，同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上，体积、粘度和比重都比原来大得多，这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大地影响扩散、蒸发等其它过程，严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻，扩散是最主要的运动方式，由于其是一种物理过程，油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎，将油膜分散成各种粒径的油滴，油滴进入水中，形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算：

a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中，水流的紊动作用将油膜打碎成油滴，油滴分散到水体

后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定，可以防止油滴返回油膜。在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力，而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为：

$$D = D_a + D_b$$

$$D_a = \frac{0.11(1+U_W)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_0 h_s \gamma}$$

式中，D_a 为油类进入到水中的分量，D_b 为进入水体后没有返回的分量，μ_0 为油的粘度，γ 为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为：

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a(1-D_b)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中，形成油包水型乳化，会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出：

$$\frac{dY_W}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a\left(Y_W^{\max} - Y_W\right)\frac{(1+U_W)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_W \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

其中，R_a、R_b 分别为水的吸收速率和释放速率，A_s 为溢油的沥青含量，W_a 为溢油的石蜡含量，Y_W 为乳化物含水率，$Y_W^{\max}$ 为最大含水率，K_a、K_b 分别为吸收系数和释放系数。$Y_W^{\max}$ 取值为 0.75。

3）溶解

溢油有微弱的溶于水的特性，主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的 1%，可以忽略不计。但考虑到溶解于水

中的溢油具有一定的毒性，溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\frac{dV_{di}}{dt} = K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$K_{di} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases}$$

其中，V_{di} 为溢油溶解量，K_{di} 为溶解传质系数，X_i 为摩尔分数，C_i^s 为溶解度，M 为摩尔质量。

（4）溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。

具体参数设置见表 7.7.1-1。

表 7.7.1-1　溢油模型参数设置表

参数名称	取值		说明
溢油类型	柴油		
源强	50t		
轻组分油密度	755kg/m³		
重组分油密度	940kg/m³		
水的运动粘性系数	1.14e-006m²/s		
20℃下油的动力粘度	1.4cP		
风漂移系数 C_W	0.035		对流过程
风偏向角 θ_W	28°		对流过程
乳化率	2.1e-006 s/m²		乳化过程
油的乳化物最大含水率 Y_W^{max}	0.75		乳化过程
吸收系数 K_a	5e-007		乳化过程
释出系数 K_b	1.2e-005		乳化过程
传质系数 K_{di}	2.36e-006		溶解过程
蒸发系数 K	0.06		蒸发过程
蒸汽 Schmidts 数 Sc	2.7		蒸发过程
油品组分	轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度）	83%	
	重组分油（重量超过 160 g / mol，沸点高于 300℃）	40%	

参数名称	取值		说明
	油中的蜡质（保守）	8%	
	油中沥青质含量（保守）	2%	

7.7.2 溢油工况

（1）流场参数

考虑到大潮期间潮流流速较大，油膜在大潮期扩散范围最大，因此在流场验证良好的基础上，在 2025 年 4 月实测潮型中选择大潮期的水动力场作为计算流场。

（2）气象参数

本项目可能发生的环境风险事故为海洋溢油风险事故，本次根据台山海洋站（21°51.3′N，112°55.6′E）（2018~2022 年）历史气象观测资料确定气象参数。台山海洋站夏季平均风速约为 3.90m/s，主导风向为 SSW；冬季平均风速约为 3.23m/s，主导风向为 ENE。风险工况针对主要环境敏感目标的不利工况，其风向根据所在海洋站常年主导风向情况确定为 ENE，风速取施工船舶抗风等级六级风上限 13.8m/s。

（3）溢油点

溢油点选取船舶交汇较多、发生溢油概率较大的本项目送出海底电缆管道与珠海高栏港外至阳江南鹏岛北近岸航路的交汇点（海上交通较繁忙、溢油风险较高的位置）。

（4）计算工况

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的 10%为瞬时溢油，90%为连续溢油。结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续 1h 溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式。溢油发生时刻分涨初和落初两种时刻。

溢油计算条件组合见表 7.7.2-2。

表7.7.2-2 各种风险条件组合表

工况	潮期	风向	风速（m/s）	备注	溢油点
工况1	大潮涨初	ENE	3.90	冬季	航道交越处
工况2	大潮落初	ENE			
工况3	大潮涨初	SSW	3.23	夏季	
工况4	大潮落初	SSW			
工况5	大潮涨初	ENE	13.8	不利工况	
工况6	大潮落初	ENE	13.8		

7.7.3 溢油预测结果

表 7.7.3-1 列出了不同工况组合下溢油影响范围统计结果，表 7.7.3-2 给出了油膜到达各敏感区的时间。

表 7.7.3-1　溢油事故分析表

工况	溢油时刻	风速（m/s）	风向	时间（h）	扫海面积（km^2）	漂移距离（km）
工况 1	大潮涨初	3.90	ENE	2	0.70	0.6
				12	7.61	4.3
				24	22.23	9.1
				48	64.90	16.6
工况 2	大潮落初	3.90	ENE	2	0.80	0.7
				12	9.41	6.2
				24	27.14	13.2
				48	79.41	21.9
工况 3	大潮涨初	3.23	SSW	2	0.79	0.8
				12	9.75	7.2
				24	19.25	13.7
				48	69.56	26.8
工况 4	大潮落初	3.23	SSW	2	0.81	0.8
				12	10.23	8.1
				24	21.79	14.5
				48	72.30	26.6
工况 5	大潮涨初	13.8	ENE	2	2.18	3.1
				12	26.67	11.4
				24	溢油事故发生后约 21 小时抵岸，扫海面积约为 43.79km^2，溢油残留量约为 295.6t	19.2
				48		
工况 6	大潮落初	13.8	ENE	2	1.63	2.3
				12	31.25	10.6
				24	溢油事故发生后约 23 小时后抵岸，扫海面积约为 57.59 km^2，溢油残留量约为 287.9t	17.8
				48		

表 7.7.3-2　溢油事故发生后油膜到达各敏感区的时间统计一览表

工况	敏感目标	到达时间（h）
工况 1	南海北部幼鱼繁育场保护区	发生即到达
	南海区幼鱼、幼虾保护区	发生即到达
	黄花鱼幼鱼保护区	发生即到达
	广海湾重要渔业资源产卵场	发生即到达
	台山市海宴镇望头四号养殖场	4.2
	台山市海宴镇望头五号养殖场	4.9
	下川岛北侧现状养殖场	4.2
	小湾海岸侵蚀极脆弱区	3.9
	镇海湾重要河口	31.5
	GDN10008	1.2
	GDN10021	41.8
工况 2	南海北部幼鱼繁育场保护区	发生即到达
	南海区幼鱼、幼虾保护区	发生即到达
	黄花鱼幼鱼保护区	发生即到达
	广海湾重要渔业资源产卵场	发生即到达
	台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝二号养殖场	11.5
	台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝一号养殖场	11.8
	台山市川岛镇下川荔枝湾养蚝三号养殖场	12.3
	台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝一号养殖场	6.2
	台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝三号养殖场	6.5
	台山市川岛镇下川北风湾大王公养蚝二号养殖场	6.4
	台山市川岛北风湾底播 6 号场	6.4
	下川岛北侧现状养殖场	6.2
	荔枝湾海草床	6.6
	下川岛	7.2
	小湾海岸侵蚀极脆弱区	27.4
	镇海湾重要河口	33.8
	GDN10021	40.2
工况 3	南海北部幼鱼繁育场保护区	发生即到达
	南海区幼鱼、幼虾保护区	发生即到达
	黄花鱼幼鱼保护区	发生即到达
	广海湾重要渔业资源产卵场	发生即到达
	下川岛现状养殖场	3.2
	台山市海宴镇望头五号养殖场	3.6
	台山市海宴镇望头七号养殖场	4.5
	台山市海宴镇望头六号养殖场	4.3
	台山市宴侨七号养殖场	5.6
	台山市宴渔六号养殖场	5.4
	广海湾现状养殖场	32.8

工况	敏感目标	到达时间（h）
	瓦窑湾海岸侵蚀极脆弱区	13.5
工况 4	南海北部幼鱼繁育场保护区	发生即到达
	南海区幼鱼、幼虾保护区	发生即到达
	黄花鱼幼鱼保护区	发生即到达
	广海湾重要渔业资源产卵场	发生即到达
	上川岛北侧现状养殖场	8.9
	广海湾现状养殖场	42.7
工况 5	南海北部幼鱼繁育场保护区	发生即到达
	南海区幼鱼、幼虾保护区	发生即到达
	黄花鱼幼鱼保护区	发生即到达
	广海湾重要渔业资源产卵场	发生即到达
	镇海湾重要河口	10.2
	GDN10021	18.4
工况 6	南海北部幼鱼繁育场保护区	发生即到达
	南海区幼鱼、幼虾保护区	发生即到达
	黄花鱼幼鱼保护区	发生即到达
	广海湾重要渔业资源产卵场	发生即到达
	镇海湾重要河口	10.8
	北陡海岸侵蚀极脆弱区	23
	GDN10021	13.5

7.7.4 溢油环境影响分析

1. 溢油对海洋生态环境及海洋生物的影响分析

发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗性弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

a）对浮游植物的影响

实验证明，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。这种破坏作用的程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。国内外许多毒性实验结果表明，浮游植物作为鱼虾类饵料的基础，其对各类油类的耐受能力均很低，浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的生物种类，即使油浓度低于 0.1mg/L 也会妨碍其细胞的分裂和生长的速率。

b）对底栖生物的影响

不同种类底栖生物对石油浓度的适应性具有差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小。

软体动物双壳类吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm 的石油可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制，进而导致死亡。

底栖生物的耐油污性通常很差，即使水体中石油含量只有 0.01ppm，也会导致其死亡。当水体中石油浓度在 0.1~0.01ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

c）对鱼类的影响

国内外许多研究均表明，高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，而低浓度石油所引起的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，其毒性随石油组分的不同而有差异。

d）对渔业资源的影响

船舶发生溢油事故后，进入海洋环境的燃料油，在发生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，直接危害鱼虾的早期发育。据黄海水产研究所对虾活体实验，油浓度低于 3.2mg/L 时，无节幼体变态率与人工育苗的变态率基本一致；但当油浓度大于 10mg/L

时，无节幼体因受油污染影响变态率则明显上升。对虾的蚤状幼体对石油毒性最为敏感，浓度低于 0.1mg/L 时，蚤状幼体的成活率和变态率基本一致，即无明显影响；当浓度达到 1.0mg/L 时，蚤状幼体便不能成活，96h L50 值为（0.62~0.86）mg/L，即安全浓度为（0.062~0.086）mg/L；浓度大于 3.2mg/L 时，可致幼体在 48 小时内死亡。

溢油对鱼类的影响是多方面的，首先燃油会引起鱼类摄食方式、洄游路线、种群繁殖的改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致畸变死亡。以对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为 3mg/L 时，其胚胎发育便受到影响，在 3.1~11.9mg/L 浓度下，孵出的大部分仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为 3.2mg/L 时，真鲷胚胎畸变率较对照组高 2.3 倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达 22.7%，当含油浓度增到 18mg/L 时，孵化仔鱼死亡率达 84.4%，畸变率达 96.6%。燃油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。此外，溢油漂移期间，渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获的鱼类也可因沾染油污而降低市场价值。

燃料油对鱼卵的危害主要体现在延缓胚胎发育，致使孵化率下降，并导致孵化仔鱼畸形，严重时直接致使仔鱼死亡。燃油同样也会对仔鱼造成显著的影响，主要是因为仔鱼游泳能力差，回避能力不足，燃油一旦扩散到一定浓度，将导致仔鱼死亡，但是燃料油与原油相比挥发更快，在一定时间内就会挥发大部分，因此燃料油泄漏对海洋生物资源的影响要低于原油。

e）溢油事故对海岸带贝类的危害

溢油一旦搁滩，在大量燃油覆盖的滩面，固着性生物，如贝类、甲壳类生物和藻类会窒息死亡。在油膜蔓延的滩面上，幼贝发育不良，产量下降，成年贝会因沾染油臭而降低市场价值。在潮间带的养殖贝类，也会受到严重的油污染。这些滤食性双壳类、在摄食时也同时摄入海水中的悬浊油分（乳化油滴）。进入蛤类胃中的乳化油滴破乳后结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验，当油浓度达到 1.0mg/L 时，可使贝类产生呼吸加快，捕食减少的致死效应。沉积在底质孔隙中的油浓度过高，会引起贝类大量死亡。此外，由于做为对虾饵料的贝类大量减少，对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育，降低产量。值得注意的是，溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐

涨落在附近周期性摆动，面积逐渐扩大，在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境；潮间带溢油也会由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

f）对其它海洋生物的影响

对于哺乳动物类、鸟类等这样大型的海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机物的同化作用下，能以各种不同方式富集于它们的食物链中。

2. 溢油对环境敏感区及环境保护目标的影响分析

本项目环境风险评价范围内有三场一通道、海洋生态保护红线、养殖场、海岛、海草床、红树林和国控水质监测点等环境保护目标，油膜到达各敏感区的时间统计见表 7.7.3-2 所示。

（1）对“三场一通道”的影响分析

本项目海底电缆管道位于南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区和黄花鱼幼鱼保护区内。若本项目发生溢油，将会对所在海域的“三场一通”道产生影响。

漂浮在海面的油膜易黏附在鱼卵和仔稚鱼表面，会使鱼卵不能正常孵化，仔稚鱼丧失或减弱活动能力，影响正常行为和生理功能，使受污个体沉降并最终死亡。海水中溶解油对鱼卵、仔稚鱼的危害主要是对生存系统的影响。海洋生物的幼体对石油类的毒性十分敏感，是因其神经中枢和呼吸器官都很接近其表皮，其表皮都很薄，有毒有害物质容易侵入体内。早期生命阶段的鱼卵和仔稚鱼对油污染的毒性最为敏感，油污染导致鱼卵成活率低，孵化仔鱼畸形率和死亡率增高，由此影响种群资源延续，造成资源补充量明显减少。

不同的油类对鱼类的毒性效应也不同，如胜利原油对鲻鱼幼体、真鲷仔鱼、哈牙鲆仔鱼的 96 小时半致死浓度分别为 6.5、1.0 和 1.6mg/L；20#燃料油对黑鲷的 96 小时半致死浓度为 2.34mg/L。事故性溢油一旦发生，在其扩散区内，海水中的石油烃浓度将大大超过鱼卵、仔鱼的安全浓度（一般安全浓度为 96 小时的半致死浓度的十分之一），对浮性卵和漂浮的仔鱼造成严重伤害。如果溢油发生在鱼类的繁殖季节，那么对鱼卵、仔鱼的伤害程度则更为严重。

石油溢漏入海后形成的乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反应。

相对于鱼卵和仔稚鱼而言，溢油事故对成体鱼类的影响相对较小，主要是由于大量油在海水表面以漂浮形态存在，而大多数鱼类是在中层和底层水中生活。另外，许多上层和中层鱼能逃避黑色油块，底层鱼凭视觉和嗅觉尽量不和下沉的油块接触。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类伤害程度轻；若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

（2）对养殖场的影响分析

本项目评价范围内有 17 处确权养殖场及部分现状未确权养殖场，现状未确权养殖场可分为上川岛北侧养殖场、下川岛北侧养殖场、广海湾现状养殖场。由表 7.7.3-2 可知，在本项目发生溢油时，将可能对养殖场产生影响。

油污染海洋水环境给养殖场和渔业资源带来的损害是多方面的，首先污染能引起当时水域的鱼虾回避或引起鱼类死亡。另外，油品泄露事故发生的时间和位置不同，渔业损失相当悬殊。如果油污染发生在产卵盛期和污染区正处于产卵中心，因鱼类早期生命发育阶段的胚胎和仔鱼是整个生命周期中对各种污染物最为敏感的阶段，油污染使产卵成活率低、孵化仔鱼的畸形率和死亡率高，所以能影响种群资源延续，造成资源补充量明显下降。

（3）对海洋生态红线的影响分析

由表 7.7.3-2 可知，本项目发生溢油事故时，油膜将可能扩散至广海湾重要渔业资源产卵场、小湾海岸侵蚀极脆弱区、镇海湾重要河口、瓦窑湾海岸侵蚀极脆弱区、荔枝湾海草床、北陡海岸侵蚀极脆弱区等生态保护红线区，从而对前述生态保护红线区产生影响。

对于渔业资源产卵场海洋生态保护红线，石油类可能会从亲体繁殖、鱼卵孵化、幼体存活三个关键环节破坏产卵场，导致渔业资源衰退。亲鱼接触石油后，可能出现体质下降、生殖器官损伤，导致卵子或精子质量变差；石油污染会驱离亲鱼，使其远离原有产卵场，破坏繁殖栖息地选择；石油中的有毒物质会影响亲鱼内分泌系统，降低繁殖意愿和产卵量。石油类会对鱼卵产生直接毒害，污染后的水质恶化（如溶解氧降低、酸碱度异常），会抑制鱼卵孵化成功率；石油成分会渗透到鱼卵内部，破坏胚胎发育，导致畸形率上升；石油薄膜覆盖鱼卵表面，堵塞呼吸通道，导致鱼卵缺氧窒息死亡。石油类

会对鱼卵孵化后的仔稚鱼的生存产生一定的威胁，仔稚鱼对石油毒性极为敏感，接触后易出现发育迟缓、活力下降，存活率显著降低；石油污染会破坏仔稚鱼的饵料基础（如浮游生物死亡），导致饥饿死亡；污染环境会增加仔稚鱼被天敌捕食的风险，同时影响其洄游和栖息地选择能力。此外，石油类也会对对产卵场生境造成破坏，污染导致产卵场水质、底质环境改变，改变原本适宜繁殖的生态条件；生境破坏后恢复周期长，可能导致产卵场功能永久性丧失，影响渔业资源再生。

石油类对海洋生物的影响是多方面的，其中最明显的是直接致死效应。不同种类的海洋生物及不同生命阶段对石油类的敏感性和耐受能力亦不尽相同。一般来讲，石油类对大部分成体海洋鱼、虾、贝类的致死浓度为 1～100mg/L，对较敏感的仔、幼体阶段的致死浓度为 0.1～1mg/L，大多数浮游藻类在 0.1～1mg/L 浓度中细胞死亡。某些藻类在 0.0001mg/L 浓度中都会死亡。溢油产生的油膜扩散进入海洋生态红线区并污染区内的水质，油膜扫过海洋生物成体、幼体和浮游藻类及表面游泳生物都将受影响，特别是在鱼类繁育期，幼鱼幼虾生产期发生的溢油事故，海域的生物资源损失将是较严重的。

对于海草床海洋生态保护红线，溢油事故发生后，扩散至海草床地油膜会直接覆盖在海草叶片表面，阻断阳光穿透，从而抑制光合作用，导致海草叶片光合作用受阻，能量合成锐减；大片的油膜覆盖在海面形成物理屏障，直接阻隔水体与大气之间的氧气交换，导致局部水域溶解氧浓度降低，双重胁迫使海草进入缺氧性代谢衰竭。同时，原油中的有毒成分会渗透进入海草组织，破坏细胞膜的完整性并干扰酶活性，引发叶片黄化脱落及根系腐烂。对于海草床生态系统中的底栖生物，油污会黏附在滤食性贝类的鳃部，导致其窒息或摄食功能障碍；甲壳类生物因油污包裹外骨骼而丧失运动与蜕皮能力，最终窒息死亡；鱼类幼体因直接接触油毒导致鳃部溃烂和肝脏损伤，更因海草叶片油污覆盖而失去隐蔽空间，暴露于捕食者之下，死亡率激增。毒素经食物链富集后，进一步威胁更高营养级生物（如海鸟、大型鱼类）。此外，沉积物中的油类残留会持续毒害底栖生物，并阻碍海草生长。

对于海岸侵蚀极脆弱区海洋生态保护红线，溢油发生后，一旦水面上的浮油在风浪和潮汐等因素作用下，浮上岸边，便会堆积在高潮线附近，粘附在岸边海砂表面，渗入上层的砂子里，这将对海岸生态环境造成较大影响。

（4）对中华白海豚的影响分析

由于本项目 220kV 送出海底电缆所经海域可能有中华白海豚出没，因此本项目发生溢油，也可能对其中的中华白海豚产生一定的影响，油污染可能由于其呼吸、代谢、

体表渗透和生物链传输，逐渐富集于中华白海豚生物体内，导致对中华白海豚产生毒性作用。此外，油块能堵塞中华白海豚的呼吸器官，而导致其死亡。

（5）对红树林的影响分析

本项目环境风险评价范围内的扑手湾北侧和北风湾南侧有红树林分布，由表 7.7.3-2 可知，本项目在设计的溢油点发生溢油事故时，油膜不会扩散至红树林内，但不排除在其他区域发生溢油事故，从而对其产生影响的可能。

溢油事故导致油膜在海水高潮时漂进红树林丛中，在退潮时油膜将滞留在气生根及沉积物的表面。重油或粘性堵塞红树呼吸孔后，会窒息靠呼吸孔摄取氧气的次表层根，从而可能造成红树林死亡。红树林也可能被油污毒死，因为油污中的成分，尤其是低分子量烃类化合物，能够损害次表层根的细胞膜。这反过来又能阻碍红树正常的盐分排出过程，导致植株内的盐分过量，对植株造成较大的压力。油污通过两种途径影响栖息在红树之间和红树之上的有机物。第一，油污可能会直接造成有机物的大量死亡。例如，油污会渗入洞穴内部，造成螃蟹和蠕虫死亡；或包住沉积物表层的软体动物和气生根使其窒息而死。第二，死亡树木会迅速腐烂，导致有机物的栖息场所减少，因为它们原本是生存在树枝、树冠和气生根系当中的。泄漏进入红树林内的油类对红树林的不利影响是长期、慢性的，随着时间的推移，已沉积在红树林的油污的毒性会因几个因素而降低，雨水和潮汐会减少土壤中的油污量；而且在油污的风化过程中，某些毒性较强的易挥发成分会蒸发掉；并且氧化之类的化学变化使得残油的毒性进一步降低；最终，土壤中又有足够的养分维持红树林的生长了，只是生长的时间标度会依据当地情况（如附近地区的循环水流量）的不同而有所差异。油污在热带的降解速度可能是很快的。但如果油污降解过程因土壤的厌氧性而受到阻碍，那就会延缓油污毒性的降低速度。另一种可能就是，丹宁酸含量过高的某些红树林泥炭沼，会抑制降解油污的细菌的生长。

（6）对海草床的影响分析

本项目环境风险评价范围内有海草床分布，由表 7.7.3-2 可知，本项目发生溢油事故时，油膜将可能扩散至荔枝湾海草床，从而对海草及栖息在海草床内的生物产生影响。

溢油事故发生后，扩散至海草床地油膜会直接覆盖在海草叶片表面，阻断阳光穿透，从而抑制光合作用，导致海草叶片光合作用受阻，能量合成锐减；大片的油膜覆盖在海面形成物理屏障，直接阻隔水体与大气之间的氧气交换，导致局部水域溶解氧浓度降低，双重胁迫使海草进入缺氧性代谢衰竭。同时，原油中的有毒成分会渗透进入海草组织，破坏细胞膜的完整性并干扰酶活性，引发叶片黄化脱落及根系腐烂。对于海草床生态系

统中的底栖生物，油污会黏附在滤食性贝类的鳃部，导致其窒息或摄食功能障碍；甲壳类生物因油污包裹外骨骼而丧失运动与蜕皮能力，最终窒息死亡；鱼类幼体因直接接触油毒导致鳃部溃烂和肝脏损伤，更因海草叶片油污覆盖而失去隐蔽空间，暴露于捕食者之下，死亡率激增。毒素经食物链富集后，进一步威胁更高营养级生物（如海鸟、大型鱼类）。此外，沉积物中的油类残留会持续毒害底栖生物，并阻碍海草生长。

（7）对海岛及岸线的影响分析

溢油发生后，一旦水面上的浮油在风浪和潮汐等因素作用下，浮上岸边，便会堆积在高潮线附近，粘附在海岛或岸边砂土表面，渗入上层的砂子里，这将对海岛岸线及大陆岸线生态环境造成严重影响。

（8）对国控水质监测点的影响分析

本项目环境风险评价范围内有 4 个国控水质监测点，一旦发生溢油事故，将可能对国控水质监测点产生一定的影响，主要体现在将直接影响水质监测点所在海域的水质，反映出水质的恶化；此外，溢油中的一些固体杂质以及油滴与水体中的悬浮颗粒结合，会使水体浊度增加，导致水质变得浑浊，影响水体的感官性状，也会干扰国控水质监测点对其他指标的准确测量，如影响光学法测量水中污染物浓度的准确性。

7.8环境风险防控方案

7.8.1 风险防范应急措施

7.8.1.1 自然灾害风险防范措施

（1）与气象部门、海洋预报中心建立实时数据对接，通过卫星云图、雷达监测台风路径及风暴潮预测，提前 48-72 小时获取预警信息。

（2）储备防风锚泊设备（如重型锚、缆绳）、应急排水泵、通讯设备（卫星电话），确保台风来临前设备固定牢靠。

（3）在灾害性天气来临之前及时撤离，避免进行海上施工。

（4）热带气旋、风暴潮过后对海缆加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行保护。

7.8.1.2 溢油风险防范措施

本项目溢油风险主要来自施工船舶溢油风险，为减小施工船舶溢油环境风险事故对环境的影响，对于溢油等环境事故风险必须具有高度的认识与戒备，切实贯彻“以防为

主，防治结合”的方针，制定切实可行的管理措施。此外，若发生溢油事故，必须采取相应的应急处理措施，以尽量减轻其所产生的危害。结合本项目的实际情况，本项目施工期溢油事故主要包括船舶交通航行事故（碰撞、触礁、搁浅等）、人为失误事故、船舶本身（完整性）事故（包括船舶结构损坏、设施故障等）和自然灾害事故等，针对本项目施工期可能发生的各类事故类型，本项目应采取如下溢油风险防范措施：

（1）船舶交通航行事故引起的溢油风险防范措施

①施工期施工单位应按规定办理水上水下施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。施工期间所有作业和运输船舶必须按照交通部信号管理规定悬挂信号灯，在施工现场设置必要的警示装置。施工向航道部门申请增设足够的临时航标，并按照海事部门和航道部门的要求按照划定的施工水域施工。

②在施工前发布航行公告，严禁无关船舶进入施工作业水域。注意施工期间对进出附近水域船舶的影响，加强对作业船舶的监管。

③施工单位在施工前应与海事部门等充分沟通协调，及时了解项目附近海域船舶进出情况，以便尽早采取避让措施，避免施工作业船舶与进出船舶发生碰撞事故。

④船舶夜间作业时显示的灯光应实行管制，防止出现影响船舶在出海航道正常航行的背景亮光，从而发生船舶碰撞事故。

⑤在项目施工期间，必须做好项目自身船舶的通航秩序，给出明显的通航标志，限制船舶行驶的速度。

（2）人为失误引起的溢油事故风险防范措施

①强化船员管理。船员必须持有与其所服务船舶种类、吨级、航区、职务等相符的有效的适任证书上岗。船员必须严格遵守《国际海上避碰规则》，谨慎驾驶，减少海上交通事故的发生。船舶万一发生事故致有沉没风险时，船员离船前应尽可能关闭或堵塞油舱（柜）管系的阀门和通气孔等，以减少或避免溢油事故的发生。

②加强船舶作业人员的技术培训、专业培训，提高操作人员责任心和专业技能。

（3）船舶本身（完整性）引起的溢油事故风险防范措施

①本项目施工船舶应精选性能良好的船舶。

②加强设备设施的保养和定期维修，以确保其保持良好的运行状态，防止由于设备、管道、阀门等损坏导致的泄漏。

（4）自然灾害引起的溢油事故风险防范措施

施工单位与业主单位应及时了解掌握天气情况，不得在6级风以上的气候等恶劣天

气条件下进行施工作业。加强值班了望，配备必要的救生设施、通讯器材，确保施工安全。作业船舶在发生紧急事故时，应立即采取必要的措施，同时向主管部门报告，以避免因台风等损坏管道造成油品泄漏入海的事故。

（5）配备溢油风险防范设施

本项目施工工程船上均需按照《船上油污应急计划》等的要求配备相应的溢油防范设施，主要包括围油栏、收油机、消油剂及喷洒装置、吸油材料等，具体数量根据船舶规模及《计划》要求配备。

（6）溢油事故敏感区保护措施

污染事故发生后，为防止或尽量降低污染事故对环境保护目标的影响，应极力防止溢出物靠近环境保护目标，应立即根据事故情况采取环境保护目标防护对策。一旦发生污染事故，应第一时间通知并协助保护目标管理部门、业主部门等采取保护对策。并及时报告主管部门（海事局、生态环境局等），并采取相应级别的应急预案，组织应急力量，调用清污设备实施救援。同时应根据溢油的扩散情况，预估可能影响的环境敏感区，及时在可能受影响的敏感区周围设置围油栏封闭保护目标周围海域或在海上阻隔油膜、改变油膜漂流方向，使之避开敏感目标。同时，为了确保保护目标能够得到及时地防护，应建立与保护目标管理机构和应急管理机构的应急联络机制。

7.8.1.3 海底电缆泥沙冲刷淘空等风险防范措施

本项目拟加大穿越航道段220kV海底电缆的埋深，将其埋深由3m加大至5m。同时应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》的有关规定，铺设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。铺设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂、抛锚等作业。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

7.8.2 突发环境风险事故应急预案

7.8.2.1 自然灾害应急预案

本项目用海区主要的自然灾害主要是可能突发的热带气旋、风暴潮、雷暴和地震等，为将自然灾害对项目的影响减至最低。

应尽量选择避开台风季节，在台风季节应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减

轻灾害带来的损失；在热带气旋和风暴潮发生前做好设备的固定与保护工作；作业运行期间，应注意避开雷暴天气，建议工程施工采取以下措施：

（1）使用经有关部门批准的防台锚地。

（2）根据工程特点，编制《防台措施》，并贯彻执行。

（3）施工期间应选择避开台风季节，确需在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

（4）热带气旋过后，应加强对海缆所在海底冲淤状况监测，及时掌握工程海域稳定状况，把项目的用海风险和对环境影响降低到最小程度。

（5）同时，建设单位应制订完善的事故防范计划和应急预案。

7.8.2.2 溢油事故应急预案

依据《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》和《国家船舶溢油应急设备库设备配置管理规定（试行）》，应通过对污染事故的风险评价，制定防止重大环境污染事故发生的工作计划，消除事故隐患的措施及突发性事故应急处理办法等，一旦出现重大事故，能有效地组织救援，及时控制污染、减少污染损失。建设单位应委托有能力的单位编制应急预案，与区域应急预案相衔接，并完成备案，本次根据《中国海上船舶溢油应急计划》等相关要求，制定如下应急预案，供参考。

1.预案适用范围

本预案适用于本项目施工期，海缆铺设线路附近发生的船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故的应急处置工作。同时，当周边区域发生溢油事故可能对本项目海域环境造成影响时，本预案亦适用，以实现与区域应急体系的协同响应。

2.区域应急预案

《台山市突发环境事件应急预案》（台府办〔2025〕6号）是台山市为建立健全突发环境事件应对工作机制，科学有序高效应对突发环境事件而制定的预案，未来本项目施工期一旦发生溢油船舶事故，通过及时上报应急管理部门，统一组织对海上溢油事故进行应急处理，本项目建设单位和施工单位可协助进行事故的处理。

双方应建立常态化的联络机制，明确日常联络人员和紧急联络人员，确保信息畅通。例如，设立24小时应急值班电话，施工船舶应急负责人与区域应急指挥中心的相关人员相互留存联系方式，并定期进行电话或信息沟通，核实联系方式的有效性。

应急现场应接受区域应急指挥中心的统一领导和指挥。施工船舶应急指挥小组需按照区域应急指挥中心的指令，开展现场的溢油控制和清理工作。

3.环境风险事件分类与分级

（1）事件分类

本预案重点针对船舶溢油导致的水污染事故，具体涵盖因船舶机械故障、操作失误、碰撞、触礁等原因引发的燃油、润滑油、货油等泄漏，致使海洋水体遭受污染的情况。

（2）事件分级

参考《中国海上船舶溢油应急计划》，结合本项目实际，将船舶溢油事件分为三级：

一般事故（III 级响应）：溢油量不足 10t，且事故发生在非敏感区域，水面溢油不威胁环境敏感区和岸线，动用本工程预案溢油应急反应队伍和设备能够控制溢油源，并能围控和清除海面溢油。

较大事故（II 级响应）：溢油量大于 10t 不足 50t，或满足以下条件之一：

- 溢油事故发生在敏感区内或距离敏感区有一定距离但极有可能对敏感区域或岸线造成污染损害；
- 围控和清除水面溢油所需资源超出所在地应急清污能力，需调用本辖区内其他应急资源。

重大事故（I 级响应）：溢油量在 50t 以上，或满足下列条件之一：

- 溢油对环境敏感区及岸线构成一般或严重威胁，动用本辖区资源较难防护敏感区和清除溢油；
- 溢油源不能控制，围控和清除水面溢油所需资源明显超出本辖区应急清污能力，需请求政府部门启动相应预案的应急行动。

3.组织机构与职责

①应急领导机构

应急组织机构由应急指挥部、现场指挥部和应急作业组组成。

应急组织机构框图如图 7.9.2-1。

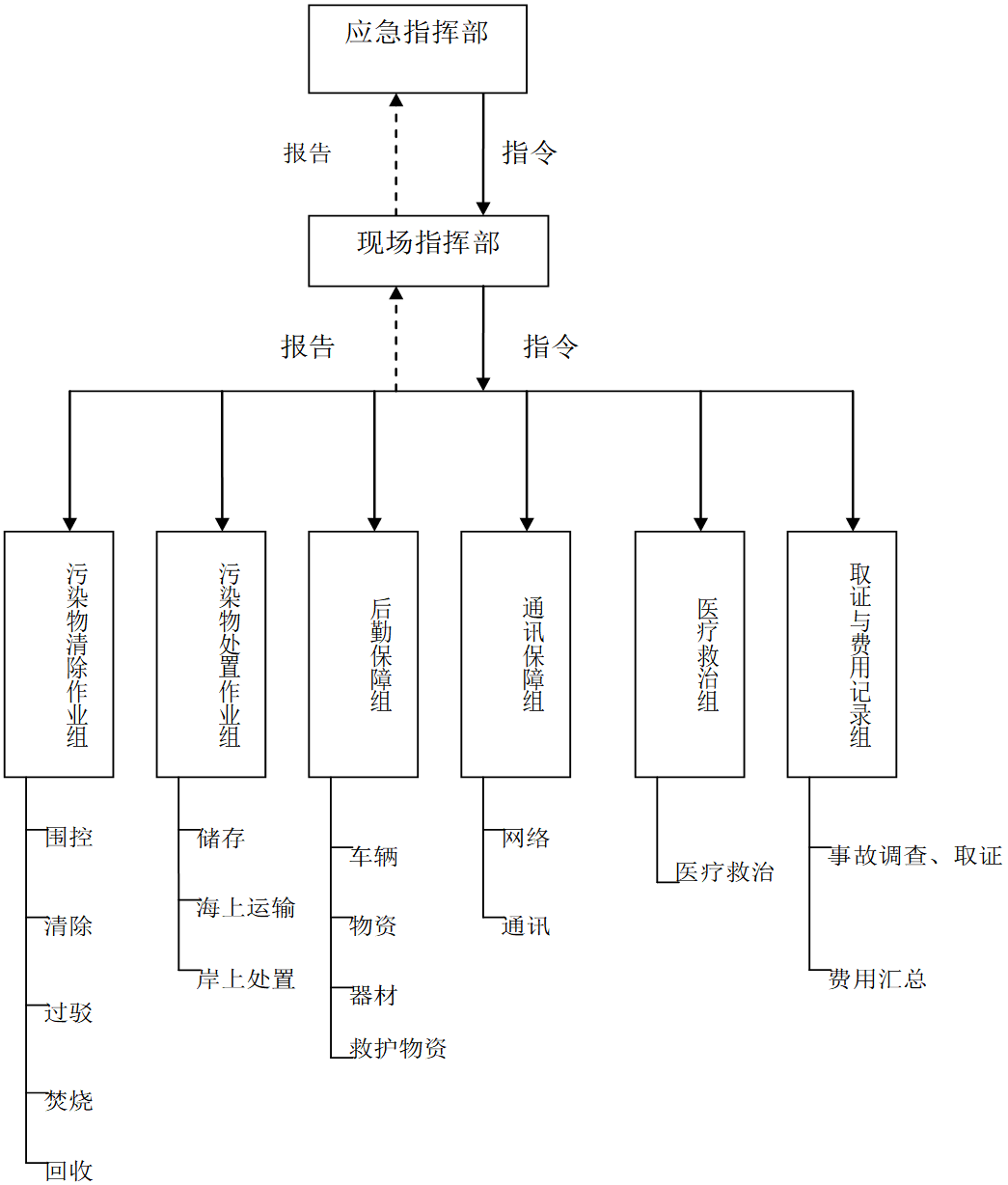

图 7.9.2-1 溢油事故应急程序图

②应急指挥部

由建设单位成立应急指挥部，负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥，负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥，并设日常办公机构，挂靠在行政人事部，负责应急指挥部的日常工作。应急指挥部成员由公司领导层、高级指挥人员和公司各部门负责人组成。

总指挥可由应急指挥部指定，必须是高级指挥人员。总指挥应当具备对船舶污染事故应急反应的宏观掌控能力，能够根据事故情形综合评估风险，及时做出应急反应决策，有效组织实施。

③现场指挥部

现场指挥部，由应急指挥部指派到溢油事故现场的临时指挥机构，在应急指挥机构的统一领导下，负责船舶污染事故现场的应急组织、协调和指挥。根据船舶污染事故现场情况，制定具体的污染清除作业方案，并组织应急作业组开展污染物清除和污染物处置作业。现场指挥官由应急指挥部指派，必须由中级以上指挥人员担任。

现场指挥官应根据指挥机构的对策，结合现场情况，制定具体的清污方案并组织应急操作人员实施。

④应急作业组

根据应急救援的需要，在应急指挥部领导下组建应急作业组，包括污染物清除作业组、污染物处置作业组、后勤保障组、通讯保障组、医疗救治组、取证与费用记录组等，具体负责协议单位船舶各类突发事件的污染处置工作。

污染物清除作业组和污染物处置作业组人员应由应急操作人员组成。应急操作人员应具备应急反应的基本知识和技能，正确使用应急设备和器材，实施清污作业。

4.监控和预警

（1）监控体系

在电缆铺设线路海域，安装船舶自动识别系统（AIS）、雷达监测设备，实时监控过往船舶动态；在施工船舶上配备油污监测传感器，对船舶燃油舱、货油舱等关键部位进行实时监测，及时发现泄漏隐患。同时，定期组织人员对施工海域进行巡查，重点关注船舶作业规范、设备运行状态等情况。

（2）预警分级

蓝色预警（III级）：可能发生一般溢油事故，如监测到船舶存在轻微漏油迹象、设备故障可能导致溢油等，提醒相关人员加强监测和防范。

黄色预警（II级）：可能发生较大溢油事故，如船舶在敏感区域附近出现异常航行状态、设备严重故障等，要求相关部门做好应急准备，调集部分应急资源。

红色预警（I级）：可能发生重大溢油事故，如船舶发生严重碰撞、触礁，存在大量溢油风险等，立即全面启动应急响应程序，组织所有应急力量待命。

（3）预警发布与解除

预警信息由应急指挥部通过短信、广播、船舶通讯系统等渠道向相关人员和船舶发布。当风险隐患消除，威胁解除后，由应急指挥部宣布解除预警。

5.应急响应

（1）响应分级

III级响应：发生一般溢油事故，由本项目应急指挥部启动响应，组织现场处置组、物资保障组等开展应急处置工作，及时向海事管理机构、海洋行政主管部门和生态环境主管部门报告情况。

II级响应：发生较大溢油事故，在本项目应急处置的基础上，立即向市级应急指挥中心报告，请求支援，配合市级应急指挥机构开展处置工作，接受统一指挥和调度。

I级响应：发生重大溢油事故，第一时间向省级和国家相关部门报告，在国家和省级应急指挥机构的领导下，全力配合开展应急处置，调动一切资源应对事故。

（2）响应程序

接警与报告：事发单位、现场作业人员、过往船舶或其他发现者一旦发现溢油事件，立即向就近的海事管理机构、海洋行政主管部门和生态环境主管部门报告，同时通知本项目应急指挥部。报告内容包括溢油发生的时间、地点、溢油源、溢油量初步估计、溢油的种类和性质、可能的影响范围以及已采取的初步应急措施。

应急启动：应急指挥部根据事件分级，迅速启动相应级别的应急响应程序，下达应急处置指令，各工作小组按照职责分工迅速开展工作。

现场处置：现场处置组根据溢油情况，科学合理地布设围油栏，防止溢油扩散；使用收油机、吸油毡等设备和材料进行溢油回收；对于无法直接回收的溢油，在符合相关规定和环境要求的前提下，合理使用消油剂进行处理。监测与评估组实时监测溢油扩散范围、环境影响变化等情况，及时向应急指挥部反馈。

区域联动：在应急处置过程中，加强与区域应急指挥中心、周边企业、港口等的联动协作。及时共享事故信息、应急资源情况，根据需要请求支援，协调周边应急力量参与处置，形成应急合力。

信息发布：信息联络组按照规定程序，及时、准确地向社会发布事故信息和应急处置进展情况，回应公众关切，避免造成恐慌。发布信息需经应急指挥部审核，确保信息真实、准确、统一。

响应终止：当溢油得到有效控制，海面油污基本清除，环境影响降至最低且无继续扩散风险，经应急指挥部评估确认后，宣布终止应急响应。

（3）报告程序

①初步报告

- 事发单位报告：海上施工单位一旦发现溢油事件，应立即向就近的海事管理机构、海洋行政主管部门和生态环境主管部门报告。报告内容包括溢油发生的时间、地点、溢油源、溢油量初步估计、溢油的种类和性质、可能的影响范围等基本信息，以及已采取的初步应急措施。
- 其他发现者报告：现场作业人员、过往船舶或其他相关人员发现海上施工溢油后，也有义务立即向就近的上述相关部门报告。

②核实与评估

- 部门核实：接到报告的海事管理机构、海洋行政主管部门和生态环境主管部门等，应立即核实溢油事件的真实性和基本情况。
- 初步评估：相关部门组织专业人员或委托专业机构，根据溢油的性质、规模、气象海况以及周边环境敏感点等因素，对溢油事件的危害程度和影响范围进行初步评估，确定事件的等级。

③详细报告

- 报告内容：在初步报告的基础上，随着调查的深入和对事件情况的进一步了解，施工单位和相关部门应及时提交详细报告。详细报告应包括溢油事件的详细经过、原因分析、溢油的准确数量、污染范围的精确测定、对海洋生态环境、渔业资源、沿海居民生活等方面造成的影响，以及已采取的应急处置措施和效果、下一步的应对计划等内容。
- 报告对象：对于一般或较大的海上施工溢油突发环境事件，事件发生地的县级或设区的市级相关部门应在规定时间内（一般为 4 小时）向本级人民政府和上一级相关部门报告。对于重大或特别重大的事件，应按照更严格的报告时限要求（一般为 2 小时）向上级部门报告，省级相关部门接到报告后，应在 1 小时内报告至国家相关主管部门。

④续报与终报

- 续报：在溢油事件应急处置过程中，施工单位和相关部门应持续跟踪事件的发展态势，包括溢油的扩散情况、应急处置措施的执行效果、对环境和社会经济的影响变化等，及时向有关方面进行续报，以便上级部门和相关单位及时掌握情况，做出相应的决策和部署。

终报：当溢油事件得到有效控制，应急处置工作基本结束后，施工单位和相关部门应提交最终报告，总结溢油事件的全过程，包括事件的起因、经过、处置结果、造成的损失和影响、经验教训以及改进措施等，为今后类似事件的预防和处置提供参考。

6.应急监测及事故处置

（1）应急监测

环境监测组负责人带领环境监测人员及应急查询资料到达现场，对事故原因、性质进行初步分析、取样、送样、并做好样品快速检测工作，及时提供监测数据、污染物种类、性质、控制方法及防护、处理意见，并发布应急监测简报，对事故出现后周围的安全防护距离、应急人员进出现场的要求等提供科学依据。

（2）事故处置

1）围油措施

根据溢油情况和海况，选择合适的围油栏进行布设，如在平静海域使用固体浮子式围油栏，在风浪较大海域使用充气式围油栏，形成封闭或半封闭的围油区域，防止溢油扩散。

2）收油措施

采用收油机、吸油毡、吸油拖栏等设备和材料，对围控区域内的溢油进行回收。对于较厚的油膜，优先使用收油机；对于零散油污，使用吸油毡吸附。

3）消油措施

在符合环境要求且经批准的情况下，使用消油剂对难以回收的溢油进行化学分解。严格控制消油剂的使用剂量和范围，避免对海洋生态造成二次污染。

7.应急保障

①应急防治队伍：工程全体工作人员组成，一旦发生溢油事故，指挥部可根据情况需要，动员、调配储备的人力资源投入行动。

②应急防治设备：配备吸油毡、围油栏等应急设施，防止石油类污染物扩散。本工程一旦发生溢油事故，应立即向台山市海事局汇报，启动台山市水上溢油应急预案，必须在 2 小时内采取必要措施，降低溢油事故带来的影响。

8.善后处理

整个应急处置和救援工作完成后，即溢油现场得到控制，事件条件已经消除；油品的泄漏或释放已降至规定限值以内；事件所造成的危害已被彻底消除，无续发可能；事件现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要；采取了必要的防护措施已能保证公众免受再次危害，并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。经现场指挥提议、领导小组批准，由现场指挥宣布解除应急状态，并发布有关信息。

岸上临时生活办公区工作人员协同有关部门做好现场清洁与清理，消除危害因素。

善后处理，对可能造成的危害提供处置建议等相关技术支持，并对事故现场和周边环境进行跟踪监测，直至符合国家环境保护标准。

9.预案管理与演练

（1）预案修订

根据国家法律法规、技术标准的变化，以及应急处置过程中发现的问题，每三年对应急预案进行全面修订，特殊情况及时修订。

（2）培训与教育

定期组织应急管理人员、专业清污人员等进行培训，内容包括溢油应急知识、设备操作技能、应急响应流程等。同时，通过宣传手册、媒体报道等方式，向公众普及海上溢油防范和应急知识。

（3）应急演练

每年至少组织一次海上溢油应急演练，演练形式包括桌面推演、实战演练等。通过演练检验和完善应急预案，提高应急队伍的协同作战能力和应急处置水平，发现问题及时整改。

7.9环境风险评价小结

本项目主要环境风险包括项目施工期施工船舶碰撞溢油事故、海底线缆上覆层泥沙冲刷掏空风险事故等。针对可能发生的环境事故，本报告提出了相应的事故防范措施，采取上述措施后，上述环境事故的发生概率可明显降低，事故发生对环境的影响可得到有效控制。

8 环境保护措施与监测计划

8.1环境保护措施

8.1.1 水污染防治措施

（1）海缆铺设悬浮泥沙控制措施

①合理安排施工进度计划，海缆铺设尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱的潮期内。

②严格控制铺缆船航速和高压水冲泥管压力。

③海缆铺设作业时，精确定位，尽量减小管沟开挖面和施工时间。

④优化施工方案，加强科学管理，严格限制施工区域，在满足施工质量要求的前提下，尽量缩小作业时间和用海范围。

⑤由于本项目海底电缆管道穿越海洋生态保护红线区，同时两侧也有较多的养殖场，为了尽量降低本项目海缆铺设的悬浮泥沙影响，建议海缆铺设时在两侧安装防污帘。

（2）船舶污水污染防治措施

施工船舶产生的生活污水和舱底含油污水，应集中收集和贮存，根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）和《防治船舶污染海洋环境管理条例》等的要求，不在海域排放，收集后，由船舶污染物接收单位接收拉运集中处理。

施工船舶甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱、废油等应收集后运回陆地交有资质单位统一处理。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的海事局报告。

船舶作业过程中，应加强对船舶的检修和管理，经常检查机械设备性能，避免发生机油溢漏事故。

8.1.2 海洋沉积物保护措施

（1）在海底电缆铺设等可能产生悬浮泥沙的作业中，采用先进的海缆铺设设备和施工工艺。采取 9.1.1.1 节中的悬浮泥沙控制措施，减低悬浮泥沙产生量及其扩散范围。

（2）施工过程中产生的各类污废水和固体废物禁止直接排放入海，避免污废水和固体废物对海洋沉积物产生影响。

（3）加强施工船舶及设备的维护保养，避免漏油对海洋沉积物的环境影响。

8.1.3 大气污染防治措施

①加强使用船舶、机械设备及运输车辆的运行管理与维护保养。

②施工设备及运输车辆使用满足《车用柴油》（GB19147-2016）标准的柴油，柴油机废气排放满足《重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB17691-2018）及《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》（GB36886-2018）要求。

③施工船舶应按照《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号）的相关要求，应使用含量不大于 0.5%/m 的船用燃油，降低船舶硫氧化物、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物等大气污染物的排放。

8.1.4 噪声污染防治措施

①选用低噪声铺缆船，从源头上进行噪声控制。

②施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

③加强员工环境保护意识教育，做到文明施工，杜绝因人为因素导致噪声影响加大。

8.1.5 固体废物污染防治措施

（1）施工船舶上施工人员产生的生活垃圾，应分类收集于船舶上，并由船舶污染物接收单位接收处理，禁止排海。

（2）施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废物，同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废物应由施工单位负责及时清理处置。施工结束时，需做好施工现场的清理和固体废弃物的处理处置工作。对有利用价值的施工废弃材料也应由施工单位负责及时清理处置。

（3）对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

（4）定向钻穿越施工需要采用泥浆循环工艺，泥浆渣土分离后，钻液供钻机循环利用，其余钻屑外运至政府指定的合法弃土场消纳处理。

8.1.6 电磁污染防治措施

针对海缆，应减少电力设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电。

8.1.7 海洋生态保护措施

8.1.7.1 保护措施

（1）优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。由于本项目海底电缆拟铺设长度较短，所需铺缆时间较短，有条件选择避开敏感期施工，在南海区幼鱼、幼虾保护区和黄花鱼幼鱼保护区的保护期内（3~5 月），应避免进行水下海底电缆铺设施工。

（2）严格限制施工区域和用海范围，避免因超范围施工而加重对海洋生态环境的影响。

（3）施工单位应采用低噪声、设备性能良好的施工船舶和设备，尽量降低施工作业船舶噪声可能对中华白海豚、印太江豚和大黄鱼等石首鱼科鱼类的环境影响。

（4）采取 9.1.1 节所述的悬浮泥沙污染防治措施，减小对海洋生态环境的影响。

（5）本项目海底电缆需穿越小湾海岸侵蚀极脆弱区和广海湾重要渔业资源产卵场等两个海洋生态保护红线区，需严格落实对生态保护红线的保护措施。

本项目所穿越的小湾海岸侵蚀极脆弱区是为了防止海岸侵蚀、保护岸线而划定的海洋生态红线区，本项目需严格采用泥面以下底土定向钻穿越的施工方式穿越生态保护红线内的砂质海岸，确保不会改变该生态保护红线范围内岸线的性质、长度、生态功能等。

本项目海缆穿越的广海湾重要渔业资源产卵场的保护对象为重要渔业资源产卵场，首先本项目海底电缆管道的铺设时间应避开工程海域鱼类的产卵期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节（3~5 月），施工前可在作业区域周边设置声学驱鱼装置（频率 200-500Hz，避免影响其他海洋生物），提前 24 小时开启，引导鱼类远离作业区；安排专业渔业观察员现场值守，发现产卵鱼群或大量卵苗时，立即停止施工并撤离作业区域，待生物远离后再恢复施工。

此外，为了尽量降低本项目对所穿越生态保护红线的影响范围，建议项目在海底电缆铺设施工过程中，在施工区两侧设置防污帘，将悬浮泥沙影响控制在较小范围内。

（6）委托具有相应监测能力的环境监测单位对项目区及其周围海域进行海洋生态环境的跟踪监测，针对跟踪监测发现的具体环境问题，及时反馈给施工单位，施工单位应根据跟踪监测结果及时调整和优化施工作业安排和生态保护措施。

（7）若本项目海底电缆管道铺设时，穿越的现状养殖场仍在正常养殖，则建议本项目加大终端登陆段的定向钻施工长度，以定向钻方式穿越该现状养殖场，确保可能对其产生的影响降至最低。确实无法采用定向钻施工方式穿越现状养殖场时，则应与养殖户加强沟通协调，并对造成的经济损失予以补偿。

（8）施工过程若周边存在养殖场，且对养殖场造成了影响，则对造成影响的养殖户进行经济损失补偿。

（9）施工结束后，选择适合本海域生长的鱼类进行增殖放流，具体可与渔业主管部门协商相关生态补偿的办法。从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，弥补本项目施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失。

（10）加强渔业资源和生态保护宣传，在进行海洋生物增殖放流时，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，加强社会环境保护教育。

8.1.7.2 生态修复与补偿措施

本项目海底电缆管道施工将破坏底栖生物的栖息环境，且工程施工过程中产生的悬浮物影响也会减弱浮游植物光合作用能力，在一定程度上影响水域的初级生产能力，并导致海域中浮游动物数量的减少，以及造成渔业资源的损失。

为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境水生生物的不利影响，建设单位应作为责任单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关规定，对项目附近水域的生物资源恢复作出经济补偿，具体补偿方案由建设单位协商农业农村主管部门确定。补偿金专款用于海洋渔业资源与生态环境的恢复。主要生态补偿措施包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、海洋牧场建设、自然岸线整治保护、人工岸线生态修复等，具体补偿方案由建设单位与主管部门协商确定。

本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物和渔业资源的损失，国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源等衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施；此外，底栖生物也可采用所在海域适宜放流的鱼苗进行补偿。通过增殖放流，可以迅速弥补建设项目施工和营运等因素对海洋生物资源造成的损失，下面主要对增殖放流方案进行简要论述，供建设单位参考，具体方案由建设单位与主管部门协商确定。

1）增殖放流区域的选择

根据《广东省海洋生物增殖放流技术指南》《海水鱼类增殖放流技术规范》（DB44/T 2280-2021）、《水生生物增殖放流技术规程》 （SC/T 9401-2010），增殖放流区域应远离排污口，非海洋倾废区，非港口，非盐场、电厂、养殖场等进排水区，非管制海区。同时，常见海水鱼类增殖放流海域应符合相应的水深、水温、盐度、底质和水质等要求。

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，项目所在江门市的重要放流海域为广海湾，项目可结合《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》《广东省海洋生物增殖放流技术指南》《海水鱼类增殖放流技术规范》（DB44/T 2280-2021）及《水生生物增殖放流技术规程》 （SC/T 9401-2010）等相关要求选取增殖放流点。

2）增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

3）增殖放流备选品种

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》中南海增殖放流分水域适宜性评价表及项目所在区域海洋生物及其栖息环境的实际情况，项目海区适宜增殖放流的备选品种包括：花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾。项目可结合当地苗场及备选品种情况，选取适宜的品种进行放流。

4）增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 1cm 左右；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当来自有处理能力的生产单位、检验机构认可。

5）增殖放流计划

根据项目实施进度情况，在竣工环保验收前，实施海洋生物增殖放流，每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避开高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果。

6）增殖流放前后的管理

放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

8.1.8 中华白海豚和印太江豚的保护措施

（1）声源设备控制措施。施工单位应采用低噪声、设备性能良好的施工船舶和设备，并且采用软启动的作业方式；施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，避免不必要的船舶汽笛声；加强设备检修，使施工机具和风机齿轮和轴承等保持良好的润滑条件，减小机械部件的振动，以降低振动噪声。

（2）加大宣传和管理力度，保护中华白海豚和印太江豚。加强对施工人员环保意识教育，施工过程中不得随意捕杀海洋生物，对可识别的大规模生物种群尤其是中华白海豚种群，施工船舶应予以减速避让。

（3）施工过程中应密切注意施工区及其周边水域的水质变化，及时掌握施工对海洋生态环境的影响状况，如引起变化而对中华白海豚和印太江豚产生不良影响，则立即采取措施，必要时可暂时停工。

（4）施工船舶应按照规定航线行驶，如发现中华白海豚和印太江豚在船舶 500m 范围内出没，应尽量减速慢行或采取避让措施，直至中华白海豚和印太江豚游离至安全区域。水上施工作业船舶可配备中华白海豚和印太江豚兼职观察员，同时安排船舶负责中华白海豚和印太江豚现场保护观察和应急救援工作，在每天施工作业时进行巡查，作业过程中不间断巡查本标段作业区及附近中华白海豚和印太江豚的活动情况，发现有中华白海豚和印太江豚活动时，通知项目作业船舶采用减速航行、绕行等措施，减小对中华白海豚和印太江豚的影响。施工船舶进入作业区域作业前，中华白海豚和印太江豚观察员可在船上视野开阔无遮挡处瞭望江面，检查附近水域有无中华白海豚和印太江豚活动迹象，确保无活动迹象才开始进入施工作业。施工作业过程中，观察员可对中华白海豚和印太江豚进行实时的监视性观测。

8.1.9 环保投资估算

本项目用于环境保护的投资主要包括环境管理和监测、生态补偿以及废水、固废等处理设施的投资。对建设项目拟采取的污染防治和生态保护措施进行投资估算，结果见表 8.1.9-1。本项目主要环保工程投资估计约 310 万元，占项目总投资 19463 万元的 1.59%，均由建设单位自行筹措落实。环保投资额较大，可以较好地满足环境保护的需

要。同时，环保投资相较于本项目可能产生的经济效益和社会效益，所占比例较小，因此环保投资数额合理。

表 8.1.9-1　环保投资估算表

序号	项目和费用名称	投资（万元）
一	**生态补偿及恢复费用**	**160**
1	海洋生物资源修复补偿预留费用	160
二	**环境保护临时措施费用**	**15**
1	施工期船舶污染物（舱底含油污水、生活污水和生活垃圾）收集及委托拉运处理措施	10
2	弃土渣委托外运处理	5
三	**环境管理费用**	**50**
1	施工期环境管理	50
四	**环境监测费用**	**35**
1	海洋环境跟踪监测	35
五	**风险防范措施**	**50**
1	溢油风险防范和设施配备	50
合计		310

8.1.10环境保护措施技术、经济可行性分析

本项目设计拟采取的环境保护措施是根据项目特点、工程设计技术规范、环境保护要求拟定，并在大量工程实例设计、施工、运行经验的基础上，加以分析、改进，在目前已投产的 220kV 交流海底电缆得到普遍采用。本项目采取上述同类环境保护措施，在技术上具备可行性、有效性和可靠性。

本项目建设单位有健全的管理架构和良好的经济实力，在管理上和经济上能保证上述环境保护设施、措施的实施和落实。本项目采取上述环境保护措施，在经济上具备可行性和可靠性。

因此，本次评价提出的环境保护设施、措施在技术上和经济上均有可行性。本项目建设单位必须确保各项配套环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

8.2环境管理与监测

8.2.1 环境管理

8.2.1.1 管理机构及职责

本工程环境管理由建设单位设立的环境管理机构负责，建设单位在业务上接受生态

环境部门的指导和监督。环保管理机构承担以下环境管理职责：

（1）贯彻、执行国家、省、市有关环境保护方面的法律、规范、标准及其他要求；

（2）组织制定项目环境保护规划和计划；

（3）负责制定和建立本项目环保制度与规章；

（4）制定项目环境保护管理目标和指标；

（5）负责项目的环境统计、环境保护档案的建立与管理；

（6）负责实施与监督项目环境管理；

（7）负责监督项目各项环保设施的正常运行、维修；

（8）负责对项目各级领导干部和员工的环境教育与培训。

8.2.1.2 环境管理计划

（1）初步设计和施工前期环境管理

①污染防治方案的审核

配合技术部门，对项目的工艺设计的可行性、环保措施的可行性进行论证。

②签订施工承包合同中应包括环境保护的专项条款

在施工招标发包时，应对施工单位的文明施工素质及施工期环境管理水平进行审核，在与中标单位签订施工委托合同时，应将施工期承包单位必须遵循的环境保护有关要求以专项条款方法写入合同文本中，并在施工过程中据此加强监督、检查、减少施工期对环境的污染影响。

（2）施工期环境管理

施工期的环境管理主要由施工单位具体实施，其在环境管理、污染控制及防治措施实施等方面将起到关键作用，因此，选择正规、有经验的施工单位，并将施工期的环境管理工作纳入到合同内容中是确保环境管理计划实施的前提。除此之外，委托有能力的监理单位进行施工期的环境监理，环境监理是实现项目全过程环境管理的手段。

施工期环境管理的具体要求如下：

①施工单位和监理单位在施工之前对相关人员开展环境保护的宣传和教育培训工作；

②施工单位需严格落实环评报告提出的环保措施，监理单位应做好施工现场的巡视检查、发现存在的环境问题并及时提出，对环保措施的落实情况进行监督。该工程施工期拟落实的主要污染防治措施包括：

A. 海缆铺设过程是否采取降低悬浮物的浓度和控制悬浮物扩散的措施；

B.施工过程中使用的各类机械设备及船舶是否依据有关法规控制噪声污染，噪声是否得到有效防治；

C.施工期各类废水和垃圾是否进行妥善处置；

D.施工期监测制度是否落实等。

（3）验收阶段环境管理

①落实环保投资，确保环保措施执行与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度，同时应确保各项环保治理措施达到设计要求；

②组织开展该工程环保设施的竣工验收手续，开展竣工验收监测、编制环保竣工验收报告等工作。

本工程的建设应执行污染治理设施。在本项目正式投产运行前，建设单位应按照《建设项目环境保护管理条例》《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》《建设项目竣工环境保护验收技术规范 输变电》（HJ705-2020）等的要求，在正式投产运行前，按照规定开展竣工环境保护验收工作。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照暂行办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

本项目竣工环境保护验收主要验收内容及要求见表 8.2.1-1 所示。

表 8.2.1-1　“三同时”竣工环保验收清单

类型	验收类别	治理措施内容	监控指标与标准要求	验收标准
废水	悬浮泥沙控制措施	严格控制铺缆船航速和高压水冲泥管压力，精准定位，在施工区两侧安装防污帘等；	/	将悬浮泥沙影响降至最低
	船舶含油污水	根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)排放控制要求，收集后由船舶污染物接收单位接收拉运处理，禁止直接排海	/	全部得到有效处理，不直接排海
	船舶生活污水	根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)排放控制要求，收集后由船舶污染物接收单位接收拉运处理，禁止直接排海	/	
废气	船舶、施工机械设备废气	使用低硫燃油，合理控制施工船舶密度和时间，加强施工机械和船舶的日常维护保养	/	满足广东省《大气污染排放限值》(DB44/27-2001)第二时段周界最高浓度限值
固废	施工废料、扫海清障废物	可回收的外卖资源回收单位，不可回收的委托专业公司外运处理		全部安全处置，不直接排海
	船舶生活垃圾	由船舶污染物接收单位接收拉运处理		全部安全处置，不直接排海
噪声	噪声	注意施工船舶及其配套机械的保养，维持施工机械低声级水平、合理安排作业时间	/	将声环境影响降至最低
电磁	电磁防护	减少电力设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电		满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中的限值要求。
生态	生态补偿	采取增殖放流等生态补偿措施对项目造成的生态损失进行补偿		组织实施生态补偿方案
环境风险	防范措施及应急预案	严格落实溢油等环境风险防范措施		将突发环境风险事故影响降至最低
其他	通航安全	保证施工船舶通航安全，避免发生通航安全事故		将通航安全影响降至最低
	环境管理	在施工期和运行期落实环境管理要求		按要求落实了环境管理要求
	环境监测计划执行情况	实施制定的环境监测计划		按要求落实了监测计划

（4）运营期环境管理

本项目运行期环境管理机构环境管理工作的责任和内容叙述如下：

（1）贯彻执行国家及地方环境保护法律、法规和方针政策，以及各级生态环境行政主管部门的要求。

（2）落实运行期环境保护措施，制定运行期的环境管理办法和制度。

（3）制定和实施各项环境管理计划。

（4）落实运行期的环境监测，并对结果进行统计分析和数据管理，建立环境监测数据档案。

8.2.2 环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目施工及运营期间所在地区的环境质量发展变化情况以及主要污染源的污染排放状况，建设单位必须定期委托有监测能力的环境监测单位对建设项目对海洋环境产生的影响进行跟踪监测，并提交具计量认证的跟踪监测分析测试报告，为主管部门对该项目进行环境监管提供技术依据，避免因工程建设和环境污染造成的纠纷和损害。并可向海洋行政主管部门申请，将监测工作纳入当地海洋年度监测计划，有利于资料对比和共享。

1.海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境监测计划

（1）监测站位

为与评价中的现状调查具有可比性，施工期监测范围参考环境现状调查站位，同时考虑到本项目所在海域水深现状及采样的可行性，施工期间环境监测站位主要针对本项目施工及其相邻海域，共设 5 个监测站位（监测过程中可视情况做适当的调整）， 站位坐标见表 8.2.2-1。

表 8.2.2-1 海洋环境监测站位一览表

站号	经度（E）	纬度（N）	监测内容
1	112°41′41.47″	21°42′56.48″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
2	112°39′18.11″	21°43′40.13″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
3	112°39′23.45″	21°45′11.23″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
4	112°36′44.61″	21°42′47.35″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
5	112°36′31.33″	21°45′20.14″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源

（2）监测项目

水质监测因子为：COD、DO、悬浮物、无机氮（氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮）、铜、铅、镉、活性磷酸盐和石油类；

沉积物监测因子为：石油类、铜、铅、镉；

生物生态和渔业资源监测因子为：叶绿素 a 及初级生产力、浮游动物、浮游植物、底栖生物、游泳生物、鱼卵仔稚鱼。

（3）监测时间与频率

施工期开展一次监测，竣工环保验收前监测一次。

2.电磁环境监测

监测布点：布设 4 个监测点，监测点位见表 8.2.2-2。

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测频率：前 5 年每年代表性一季，5 年后可视监测情况调整监测频率。

表 8.2.2-2　电磁环境监测站位坐标

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
1	112°42′32.68″	21°42′59.71″	电磁环境监测
2	112°39′03.35″	21°43′48.50″	电磁环境监测
3	112°37′26.47″	21°43′31.41″	电磁环境监测
4	112°36′46.70″	21°45′18.66″	电磁环境监测

3.监测技术要求

海洋环境监测数据分析测试与质量保证应满足《海洋监测规范》（GB 173782-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 127637-2007）等要求。

9 工程环境可行性分析

9.1 项目建设的产业政策符合性分析

本项目为陆上风电场的 220kV 输电线路工程海域部分，所服务的主体工程属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“五、新能源”中“1.风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，**高原、山区风电场建设与设备生产制造**，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”，属于鼓励类项目。因此，本项目作为山区风电场项目不可或缺的配套输电电路工程，符合国家产业政策要求。

此外，根据《市场准入负面清单（2025 年版）》，本项目不属于市场禁止准入行业，符合准入要求。

综合分析，本项目符合国家产业政策要求。

9.2 与国土空间规划的符合性分析

9.2.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

1.本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》提出，要优化四类空间布局安排，打造集约高效的城镇空间、营造记得住乡愁的农业空间、塑造山清水秀的生态空间、筑造开放活力的海洋空间。

本项目位于其中的海洋开发利用空间，同时需穿越海洋生态保护红线。

规划提出，要严守海洋生态保护红线。整体保护潮间带，养护海洋生物资源，维护海洋生物多样性，加强对中华白海豚、中国鲎等珍稀濒危物种的保护，形成类型全面、布局合理、功能完善的自然保护地体系。严格保护红树林、珊瑚礁、海草床、重要河口、重要滩涂及浅海水域、特别保护海岛、珍稀濒危物种分布区、重要渔业资源产卵场、海岸防护生物防护极重要区、海岸防护物理防护极重要区、沙源流失极重要区、海岸侵蚀极脆弱区12类海洋生态保护红线区。

规划提出，要强化能源节约和清洁利用。加强能源和煤炭消费总量控制，落实能源消费总量和能耗强度双控，实施珠三角地区煤炭消费减量管理。加大风电、沿海核电、光伏发电和潮汐能、波浪能和潮流能开发利用的政策支持力度，鼓励发展天然气水合物

勘探技术并逐步推进商业化开采。完善能源和煤炭消费统计、节能标准、能耗效率考核体系，提高节能低碳产业支持力度，健全节能低碳产品和技术装备推广机制。至2035年，全省非化石能源占能源消费总量比重达35%以上。

2.对国土空间规划分区的影响分析

本项目海底电缆埋设于海床下方约 3m~5m，建设完成后对所在海域的水文动力环境和地形地貌与冲淤环境基本没有影响。虽然海底电缆运行过程会产生一定的电磁辐射，但由于磁场在海域介质的衰减特性，海底电缆附近磁场强度数量级较低，在目前的理论构架下，基本不会对海洋生物产生影响，对海洋生态保护红线和海洋功能的分区的影响有限。

本项目施工过程中产生的悬浮泥沙，会对海洋生态保护红线和所在海洋功能分区的水质和生态环境造成一定影响，但因项目线路较短，施工期相对较短，对海域的海洋生态环境的影响范围和时间有限，同时影响也会随着施工的结束而消失，不会对穿越的海洋生态保护红线和海洋开发利用空间的生态环境产生不可逆的影响。此外，本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，禁止直接排海，施工过程中产生的各类污废水和固体废物也不会对穿越的海洋生态保护红线和海洋开发利用空间的生态环境产生影响。

综上，项目建设对所穿越的海洋开发利用空间和海洋生态保护红线的影响较小，是可接受的。

3.与国土空间规划的符合性分析

本项目海底电缆路由穿越海洋生态保护红线，目前建设单位已委托编制完成了《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告（海域段）》（2025 年 11 月），根据该说明报告的分析结果，本项目作为海底电缆工程，属于必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施，对海洋生态保护红线的生态功能不产生影响，符合《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）的要求。

本工程属于陆上风电建设项目的必要配套设施工程，项目建设和运营对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用、缓解环境保护压力、提高风电场近区供电能力都有着重要的意义，且本项目的实施对所在海洋功能分区的影响较小，因此，项目与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的规划目标是相符的。

9.2.2 与《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

1.本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（以下简称《市国空规划》）提出，统筹海洋空间保护与开发利用，强化海岸带综合管理，严格海域海岛管控，节约集约用海用岛，维护绿色安全海洋生态。充分发挥海洋作为高质量发展战略要地作用，大力拓展蓝色空间，高质量推进海洋渔业、海上风电、海洋旅游业和海洋交通运输业发展，打造现代化沿海经济强市，助力广东全面建设海洋强省。

《市国空规划》要求，协调加快电网体系建设。协调推进电力专项规划改建、新建电源、变电设施、电力通道选址落地。按国家相关规范及标准要求控制各电压等级架空走廊宽度。市域现状 500kV 变电站 5 座、220kV 变电站 28 座、110kV 变电站 131 座，结合电力专项规划，至 2035 年，全市 500 千伏、220 千伏、110 千伏变电站规模分别达到 6 座、54 座、250 座，市域电源装机容量达到 2170 万千瓦，通过优化完善电网主网，规范强化配网，实施新一轮农村电网改造升级工程，重点围绕城市新区和大型产业集聚区，发挥用电用热负荷集中分布优势，有序推动骨干电源和集中供热建设，为江门的经济发展提供安全可靠的供电设施体系。

《市国空规划》提出，按照生态用海、集约用海要求，陆海协同划定海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区。优先划定海洋生态保护区面积 1521.25 平方公里，将海洋生态保护红线全部纳入生态保护区范围，区内按照生态保护红线管理要求进行管控。根据海洋开发利用需求，充分兼容海底管廊、路桥隧道、航运等线性用海，将海洋发展区进一步细分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区、海洋预留区等海洋利用二级划分区，明确各类分区在空间准入、利用方式、生态保护等方面的管控要求。

本项目海底电缆穿越《市国空规划》中的海洋生态保护红线。

2.对国土空间规划分区的影响分析

本项目海底电缆埋设于海床下方约 3m~5m，建设完成后对所在海域的水文动力环境和地形地貌与冲淤环境基本没有影响。虽然海底电缆运行过程会产生一定的电磁辐射，但由于磁场在海域介质的衰减特性，海底电缆附近磁场强度数量级较低，在目前的

理论构架下，基本不会对海洋生物产生影响，对所在海域的海洋生态环境和穿越的海洋生态保护红线的影响有限。

本项目施工过程中产生的悬浮泥沙，会对所在海域及穿越的海洋生态保护红线的水质和生态环境造成一定影响，但因项目线路较短，施工期相对较短，对海域的海洋生态环境的影响范围和时间有限，同时影响也会随着施工的结束而消失，不会对所在海域的海洋生态环境产生不可逆的影响。此外，本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，禁止直接排海，施工过程中产生的各类污废水和固体废物也不会对所在海域及穿越的海洋生态保护红线的生态环境产生影响。

综上，项目建设对市国土空间规划分区的影响较小，是可接受的。

3.与国土空间规划的符合性分析

本项目海底电缆路由穿越海洋生态保护红线，目前建设单位已委托编制完成了《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告（海域段）》（2025 年 11 月），根据该说明报告的分析结果，本项目作为海底电缆工程，属于必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施，对海洋生态保护红线的生态功能不产生影响，符合《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）的要求。

本工程属于风电建设项目的重要配套设施工程，本项目的实施可优化完善电网，规范强化配网；同时项目建设和运营对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用、缓解环境保护压力、提高风电场近区供电能力都有着重要的意义，可协调加快电网体系建设，为江门的经济发展提供安全可靠的供电设施体系，且本项目的实施对所在海洋功能分区的影响较小。因此，本项目与《江门市国土空间规划（2021-2035 年）》是相符的。

9.2.3 与《台山市国土空间总体规划（2021-2035）》的符合性分析

1.本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（以下简称《台山国空规划》）提出，统筹陆海基础设施建设，推动港产城融合发展。加强海岸带地区供水、供电、通讯等基础设施建设，重点提升旅游配套设施建设，提升海岸带基础设施整体水平。完善电力设施布局增强区域电力供应，建设区域高压供电网络，科学规划、合理预留变电站和电力走廊用地，实现电网与城市建设一体化融合发展。

根据《台山国空规划》的附表 8-3，“中广核新能源台山隆文、上川岛、下川岛风电场效能提升项目”列入了能源基础设施类重点项目安排表。

附表 8—3 能源基础设施类重点项目安排表

序号	项目类型	项目名称	建设性质	建设年限	所在地区	项目依据
1	（一）煤电项目（1 项）	国能台山电厂 2×100 万千瓦煤电机组、2 号机组提效改造工程	新建、改建	2022—2025	赤溪镇	《江门市能源发展“十四五”规划三年行动计划（2021—2023）年》
2	（二）核电项目（2 项）	台山核电 3—6 号机组	新建	2024—2030	赤溪镇	《江门市发展改革局关于报送<广东省能源发展“十四五”规划>实施情况的报告》（江发改能源〔2023〕80 号）
3		台山第二核电	新建	2024—2030	赤溪镇	《江门市发展改革局关于报送<广东省能源发展“十四五”规划>实施情况的报告》（江发改能源〔2023〕80 号）
4	（三）风电项目（3 项）	中广核新能源台山隆文、上川岛、下川岛风电场效能提升项目	改建	2023—2025	端芬镇、川岛镇	《广东省电网发展“十四五”规划》（粤能电力〔2022〕66 号）》
5		江门川岛一海上风电项目、江门川岛二海上风电项目接入系统工	新建	2021—2025	台山市	《广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案》（粤发改能源函〔2023〕691 号）

《台山国空规划》要求，科学划定生态保护红线。将整合优化后的自然保护地，生态功能极重要、生态极脆弱区域，以及目前基本没有人类活动、具有潜在重要生态价值的区域划入生态保护红线。全市划定海洋生态保护红线 1127.04 平方公里，包括红树林、海草床、重要河口、重要滩涂及浅海水域、特别保护海岛、珍稀濒危物种分布区、重要渔业资源产卵场、海岸防护生物防护极重要区、海岸防护物理防护极重要区、海岸侵蚀极脆弱区 10 类红线类型。

本项目用海范围穿越《台山国空规划》中划定的海洋生态保护区（生态保护红线区）和渔业用海区，《台山国空规划》提出要统筹划定海洋规划分区：

海洋生态保护区：落实生态保护红线管理要求，严守自然生态安全边界，加 强人为活动管控，对自然保护地核心保护区和其他区域的开发利用活动实施分类管控。

渔业用海区。允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影响渔业用海区主导功能的用海类型。鼓励立体式利用，推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动。除渔业基础设施外，严格限制改变海域自然属性。

2.对国土空间规划分区的影响分析

本项目海底电缆埋设于海床下方约 3m~5m，建设完成后对所在海域的水文动力环境和地形地貌与冲淤环境基本没有影响。虽然海底电缆运行过程会产生一定的电磁辐射，但由于磁场在海域介质的衰减特性，海底电缆附近磁场强度数量级较低，在目前的理论构架下，基本不会对海洋生物产生影响，对所在的海洋生态保护区（海洋生态保护红线区）和渔业用海区的影响有限。

本项目施工过程中产生的悬浮泥沙，会对所穿越的海洋生态保护区（生态保护红线区）和渔业用海区的海水水质和生态环境等造成一定影响，但因项目线路较短，施工期相对较短，对海域的海洋生态环境的影响范围和时间有限，同时影响也会随着施工的结束而消失，不会对所在海域的海洋生态环境产生不可逆的影响。此外，本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，禁止直接排海，施工过程中产生的各类污废水和固体废物也不会对所穿越的海洋生态保护区（生态保护红线区）和渔业用海区的生态环境产生影响。

综上，项目建设对台山国土空间规划分区的影响较小，是可接受的。

3.与国土空间规划的符合性分析

本项目为台山市上川岛至隆文220kV输电线路工程（二期），属于《台山国空规划》中“能源基础设施类重点项目安排表”中所列的“中广核新能源台山隆文、上川岛、下川岛风电场交通提升项目”中的“中广核新能源上川岛效能提升项目”的必要配套输电线路工程，220kV海底电缆线路起于上川电缆终端场，止于海宴电缆终端场，海上线路长约14.66km。220kV海底电缆是上川岛风电场220kV升压站将风电机组发出的电能输送至隆文风电场220kV升压站必不可缺的一个环节，项目海底电缆的用海方式不会改变海域自然属性，属于渔业用海区兼容的不影响渔业用海区主导功能的用海类型，属于必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施，符合《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）的要求。项目建成后，能够强化台山川岛区域电力系统可靠性，优化电网结构，实现与周边电网的高效互联提升整个区域的供电保障能力，有利于调整电网的能源结构，为台山市的经济社会发展提供坚实的电力保障，促进地方经济和社会的可持续发展。因此，总体上，本项目的实施是符合《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的要求的。

9.3 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

（1）根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目海底电缆从上川岛登陆点（自然岸线）起，由南至北相继穿越了川山群岛渔业用海区、广海湾重要渔业资源产卵场生态保护区、广海湾海洋预留区和小湾海岸侵蚀极脆弱区生态保护区，并穿越了大陆海岸线中的严格保护岸线。本项目涉及的各功能分区登记表见表 9.3-1 所示。本项目与所在的各海洋空间规划分区的符合性对照分析见表 9.3-2。

由分析结果可知，本项目为输电线路建设项目，不属于开发性、生产性建设活动，属于允许的有限人为活动“线性基础设施”。本项目用海方式为海底电缆管道用海，不改变海域属性。拟采用定向钻施工方式穿越岸线，可将对岸线产生的影响降至最小，不会引起海岸侵蚀，不会损害潮间带地形地貌和生态环境。本项目不涉及无居民海岛，海缆埋设在海床以下（3~5）m，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对周边海岛产生影响。此外，本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，不得直接排放入海，施工期间和运行期间也将对生态环境进行监测，同时做好自然灾害风险防范。因此，本项目的实施是符合所在海洋规划功能分区管控要求的。

（2）在海岸线精细化管控方面，《海岸带规划》将海岸线分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类。本项目需底土穿越的为严格保护岸线，严格保护岸线要求生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止在严格保护岸线保护范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动。经科学论证，不损害海岸线原有形态或生态功能的项目，可在严格保护岸线保护范围内实施，包括空中跨越或底土穿越的跨海桥梁、海底隧道、透水构筑物、海底电缆管道，无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口，开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式项目，生态修复工程（丁坝、潜堤）等；以及已建非透水构筑物（水闸、防波堤、海堤、码头）、围海养殖等用海用岸活动的继续使用和升级改造。

本项目海底电缆管道拟采用定向钻的登陆施工方式从底土穿越严格保护岸线，属于可在严格保护岸线保护范围内实施的底土穿越的海底电缆管道，不会对严格保护岸线造成直接的破坏，不损害海岸线原有形态或生态功能。且本项目不涉及采挖砂围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为。此外，项目建成后，将按照规定在登陆点处设立显著标

志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处岸线。本项目海缆建成后将埋设于海底，对水文动力和冲淤环境基本无影响，可保持自然岸线的原态，不会影响其自然岸线形态及原有生态功能。

因此，本项目也符合《海岸带规划》对严格保护岸线的管控要求。

综合前述分析，本项目符合《海岸带规划》的管控要求和对严格保护岸线的管控要求，是符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的要求的。

表 9.3-1　所在海洋空间分区登记表

名称		川山群岛渔业用海区		代码	610-046	
分区类型		渔业用海区		位置	经度：112°　43′　38.788″ E 纬度：21°　41′　58.569″ N	
地理范围		川山群岛周边海域				
空间资源现状	岸线长度（千米）	0				
	潮间带面积（公顷）	1811.3242				
	海域面积（公顷）	43642.1738				
	海岛数量（个）	有居民海岛	2	无居民海岛	123	
开发利用现状		1.海湾内存在现状养殖，上川岛南侧存在人工鱼礁； 2.下川岛西侧分布有沿岸码头； 3.分布有高栏港外至阳江南鹏岛北、粤西沿海近岸航路、沙堤-黄廪门沿海航道、上下川沿海航道等多条航路航道； 4.存在海底电缆管道穿越。				
岸线类型	严格保护岸段	位置（岸段序号）	——	长度（千米）	0	
	限制开发岸段		——		0	
	优化利用岸段		——		0	
有居民海岛主体功能						
无居民海岛（名称）	生态保护区内	狮山咀礁、榄核岛、榄核仔岛、挂锭排、台山石排、竖箭洲、香炉仔岛、香炉洲、桅杆洲、排角南岛、排角岛、乌榄洲、大王洲、炒米洲、台山石洲、打鼓洲、羊岩、二洲礁、台山三牙石、龟仔石、晒谷排、大猪脚礁、米湾排、小鲇咀礁、珊瑚排、北风口礁、大头龟岛、长角石二岛、排仔咀礁、泻米排、篸口石、长角石、企人石、叠石排、略排、大王洲二岛、芒光咀礁、白头西岛、围夹咀上岛、泥湾石、大洲湾礁、牛过咀排、红角石、过头石、七姊妹礁、高咀石、围夹咀下岛、台山蟾蜍石、槟榔湾礁、鹭鸶礁、鹅卵石、北湾礁、海鳅排、海鳅排一岛、海鳅排二岛、海鳅排三				
	生态控制区内	——				
	海洋发展区内	鹰洲（其他用岛）、马骝头岛（其他用岛）、飞妹洲（特殊用岛）、大萍洲（特殊用岛）、小萍洲（特殊用岛）、高冠洲（游憩用岛）、黄廪洲（游憩用岛）				
管控要求	空间准入	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞用海等； 2.可兼容海底电缆管道、航运、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程、水下文物保护用海等； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运等用海空间可立体利用； 4.优先保障军事用海的用海需求； 5.保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。				
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。				
	保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展；				

名称		广海湾重要渔业资源产卵场生态保护区		代码	100-106	功能区位置图
分区类型		生态保护区		位置	经度:112° 32′ 46.061" E 纬度:21° 39′ 19.869" N	
地理范围		那琴村至海宴镇南侧及下川岛周边海域				
空间资源现状	岸线长度（千米）	0				
	潮间带面积（公顷）	295.1659				
	海域面积（公顷）	63975.5272				
	海岛数量（个）	有居民海岛	1	无居民海岛	55	
开发利用现状		1.分布有开放式养殖活动; 2.海域已确权底播养殖场项目; 3.有海底电缆管道穿越。				
岸线类型	严格保护岸段	位置（岸段序号）	——	长度（千米）	0	
	限制开发岸段		——		0	
	优化利用岸段		——		0	
有居民海岛主体功能						
无居民海岛（名称）	生态保护区内	南澳头南岛、曹白礁、牛鼻排、拦冈畲礁、东湾南岛、观鱼洲西岛、三角礁北岛、亚公北岛、黄埕尾岛、大洲礁、大洲礁南岛、大洲礁西岛、千锦石、上湾礁、东咀石、榕树排、榕树排外岛、榕树排内岛、三角礁南岛、三角礁东岛、亚婆礁、东湾北岛、南澳头东岛、拦冈畲南岛、观鱼洲北岛、北礁、马骝公东岛、马骝公南岛、绞水红排、台山独石、台山平礁				功能区空间范围图
	生态控制区内	——				
	海洋发展区内	黄埕岛（其他用岛）、扫杆洲（其他用岛）、山猪洲（游憩用岛）、磴口排（游憩用岛）、琵琶洲（游憩用岛）、木壳洲（游憩用岛）、马骝公岛（游憩用岛）、小风北岛（游憩用岛）、观鱼洲（游憩用岛）、狗尾岛（游憩用岛）、双石礁（其他用岛）、山猪尾岛（游憩用岛）、马骝公西岛（其他用岛）、东湾中岛（其他用岛）、王府洲（游憩用岛）、坪洲（游憩用岛）、双石礁外岛（其他用岛）、双石礁内岛（其他用岛）、笔架洲（特殊用岛）、三角礁（其他用岛）、石侧石（其他用岛）、大风北岛（游憩用岛）、大招头岛（游憩用岛）、格勒岛（游憩用岛）				
管控要求	空间准入	1.生态保护红线内的区域禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动，生态修复等有限人为活动; 2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动; 3.在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。				
	利用方式	严格限制改变海域自然属性。				
	保护要求	1.重点保护重要渔业资源产卵场; 2.保护潮间带; 3.保护和合理利用无居民海岛资源; 4.“南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史				

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">广海湾海洋预留区</td><td>代码</td><td colspan="2">660-021</td><td rowspan="13">功能区位置图</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">海洋预留区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度:112° 44′ 0.493" E
纬度:21° 51′ 4.560" N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">广海湾及其西侧海域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">31.1542</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">1852.9837</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">16897.9764</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">15</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="5">1.少量围海养殖及较多开放式养殖活动;
2.有海底电缆管道穿过。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td>44070261, 44070277, 44070230, 44070220, 44070219, 44070234, 44070235, 44070236, 44070207, 44070208, 44070209, 44070265, 44070267, 44070268, 44070269, 44070270, 44070271, 44070237, 44070240, 44070238, 44070239, 44070241, 44070242, 44070251, 44070252, 44070253, 44070254, 44070255, 44070256, 44070272</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td>14.5733</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>44070276, 44070275, 44070274, 44070273, 44070266, 44070264, 44070263, 44070262, 44070260, 44070259, 44070258, 44070257, 44070233, 44070232, 44070231, 44070206, 44070205, 44070204</td><td>12.8135</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>44070203, 44070221, 44070229</td><td>3.7673</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">鹿颈岛、扑手礁、大石棚、大禾礁、山咀湾岛、双鼓岛、鹿颈东岛、国山礁、深水湾岛、塘角咀岛、砧板石、高佬石</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">深水礁（其他用岛）、牛眠石（其他用岛）、水湾礁（农林牧渔业用岛）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="5">为重大项目预留的控制性发展区域，严禁随意开发。已存在的开发利用活动可保留现状，新增用海活动经科学论证后可准入。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="5">允许适度改变海域自然属性。集约节约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形、水动力环境等的影响。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="5">1.坚持集约节约用海用岸；区域内的无居民海岛，执行海岛分类管控要求;
2.切实保护严格保护岸线;
3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低;
4.保护红树林、基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="5">防范风暴潮灾害风险。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">小湾海岸侵蚀极脆弱区生态保护区</td><td>代码</td><td colspan="2">100-107</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">生态保护区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度:112° 35′ 36.493" E
纬度:21° 45′ 27.149" N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">海宴镇望头村南侧海域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">3.2656</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">234.8969</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">485.7075</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="5">分布有开放式养殖活动。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td>44070281,44070277,44070280,44070282</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td colspan="2">3.2656</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>——</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>——</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛
（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">门楼脐</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="5">1.生态保护红线的区域严格禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展管护巡护、调查监测、防灾减灾救灾、生态修复等有限人为活动;
2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动;
3.在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="5">禁止改变海域自然属性。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="5">1.防止海岸侵蚀;
2.切实保护严格保护岸线;
3.保护潮间带;
4.保护和合理利用无居民海岛资源。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="5">加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。</td></tr>
</table>

表 9.3-2　本项目与广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）符合性分析表

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
小湾海岸侵蚀极脆弱区生态保护区	空间准入	1. 生态保护红线的区域严格禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展管护巡护、调查监测、防灾减灾救灾、生态修复等有限人为活动； 2. 生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 3. 在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。	本项目为海底电缆管道用海，属于该功能区兼容用海类型。不属于开发性、生产性建设活动，属于允许的有限人为活动“线性基础设施”。	符合
	利用方式	禁止改变海域自然属性。	本项目用海方式为海底电缆管道用海，不改变海域自然属性。	
	保护要求	1. 防止海岸侵蚀； 2. 切实保护严格保护岸线； 3. 保护潮间带； 4. 保护和合理利用无居民海岛资源。	项目采用定向钻施工方式从底土穿越岸线，不会对岸线的自然属性造成影响，不会导致海岸侵蚀，可确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害潮间带地形地貌和生态环境。本项目不涉及无居民海岛，海缆埋设在海床以下（3~5）m，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对周边海岛产生影响。	
	其他要求	加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。	本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，不得直接排放入海。施工期间和运行期间将对生态环境进行监测。	
广海湾海洋预留区	空间准入	为重大项目预留的控制性发展区域，严禁随意开发。已存在的开发利用活动可保留现状，新增用海活动经科学论证后可准入。	项目拟进行海底电缆管道建设，已按有关要求开展海域使用论证	符合
	利用方式	允许适度改变海域自然属性。集约节约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形、水动力环境等的影响。	本项目用海方式为海底电缆管道用海，不改变海域自然属性。	
	保护要求	1. 坚持集约节约用海用岸； 2. 切实保护严格保护岸线； 3. 严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4. 保护红树林、基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。	本项目采用的海底管廊已统筹考虑了现有路由管廊带，有利于节约和集约用海，充分体现了集约节约用海的原则。项目海底电缆不涉及广海湾海洋预留区的严格保护岸线，海底电缆铺设于海底，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能，对其严格保护岸线及潮间带资源、红树林、基岩岸滩、	

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
			砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境基本没有影响	
	其他要求	防范风暴潮灾害风险。	本项目施工和运行期间，将做好风暴潮防范工作。	
广海湾重要渔业资源产卵场生态保护区	空间准入	1. 生态保护红线内的区域禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动，生态修复等有限人为活动； 2. 生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 3. 在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。	本项目为海底电缆管道用海，属于该功能区兼容用海类型。不属于开发性、生产性建设活动，属于允许的有限人为活动“线性基础设施”。	符合
	利用方式	严格限制改变海域自然属性。	本项目用海方式海底电缆管道用海，不改变海域自然属性。	
	保护要求	1. 重点保护重要渔业资源产卵场； 2. 保护潮间带； 3. 保护和合理利用无居民海岛资源； 4. “南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌。	1. 本项目施工期相对较短，对海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等的影响范围和时间有限，施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，项目也将及时采取增殖放流等措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。 2. 本项目施工时间短，施工后对岸线进行维护，项目底土穿越岸线，不会对岸线的自然属性造成影响，不会导致海岸侵蚀，可确保海岸线的生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害潮间带地形地貌和生态环境。 3. 本段海缆建设不涉及无居民海岛； 4. 项目建设距离南海 1 号较远，对考古调查发掘、文物保护活动的用海需求没有影响	
	其他要求	加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。	本项目施工过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，不得直接排放入海。施工期间和运行期间将对生态环境进行监测。	
川山群岛渔业用海区	空间准入	1. 允许渔业基础设施、增养殖、捕捞用海等； 2. 可兼容海底电缆管道、航运、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程、水下文物保护用海等；	本项目用海类型为海底电缆管道用海，属于可兼容用海活动。 海底电缆采用立体分层设权，空间确权层为底土，基本不影响渔业基础设施、增养殖、捕捞用海，也不影响军	符合

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
		3. 探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运等用海空间可立体利用； 4. 优先保障军事用海的用海需求； 5. 保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。	事用海、考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。	
	利用方式	1. 允许适度改变海域自然属性； 2. 增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	本项目用海方式海底电缆管道用海，不改变海域自然属性。	
	保护要求	1. 积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2. 保护和合理利用无居民海岛资源； 3. 保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4. “南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌。	1. 工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，对渔业用海区内沉积物环境质量不会产生明显变化。为弥补工程建设对渔业用海区海洋生态环境带来的不利影响，建设单位将做好环境保护工作和生态补偿工作，把不利影响降到最低。 2.本项目不涉及无居民海岛，海缆埋藏在海床以下（3~5）m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，铺设前后海床地形基本不变，对周边冲淤环境基本没有影响，不会影响海岛周边的地形地貌以及冲淤环境。 3. 本项目施工时间短，施工后对岸线进行维护，项目底土穿越岸线，不会对岸线的自然属性造成影响，不会导致海岸侵蚀，可确保海岸线的生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害潮间带地形地貌和生态环境。 4. 项目建设距离南海 1 号较远，对考古调查发掘、文物保护活动的用海需求没有影响。	
	其他要求	加强防范海浪灾害风险，加强渔业捕捞、海上交通、海洋工程、海上风电等海上作业防范。	本项目施工和运行期间，将做好海浪灾害风险防范工作，加强海上作业防范。	

9.4与“三线一单”的符合性分析

广东省人民政府在 2020 年 12 月颁布了《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类，其中优先保护单元以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线，确保生态功能不降低。重点管控单元以推动产业转型升级、强化污染减排、提升资源利用效率为重点，加快解决资源环境负荷大、局部区域生态环境质量差、生态环境风险高等问题。一般管控单元执行区域生态环境保护的基本要求，根据资源环境承载能力，引导产业科学布局，合理控制开发强度，维护生态环境功能稳定。

2021 年 6 月，《江门市“三线一单"生态环境分区管控方案》发布实施；2024 年 9 月 24 日，江门市人民政府发布了《江门市人民政府关于印发江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）的通知》（江府〔2024〕15 号）。江门市的“三线一单”方案按照省级生态环境分区管控要求，进一步细化了地区的分区管控要求。

结合江门市最新修订的“三线一单”生态环境分区管控方案，对照广东省“三线一单”数据管理及应用平台的查询结果，确定本项目涉及的海域环境管控单元包括川山群岛农渔业区（HY44070030010）、广海湾重要渔业资源产卵场（HY44070010004）、小湾海岸侵蚀极脆弱区（HY44070010018）。

本项目涉及的各管控单元的管控要求及本项目三线一单的符合性分析见表 9.4-1 所示。由分析结果可知，作为非工业开发的市政电力基础设施建设项目，不产生工业污染，环境风险水平低且可控，按规范要求建设可达到各管控单元中能源资源利用、污染物排放管控以及环境风险管控的要求。本项目为线性基础设施工程，因客观原因不可避免跨越部分生态保护红线区，但均符合生态保护红线的管控要求。此外，本项目也符合环境质量底线和准入要求。因此，本项目符合广东省及江门市“三线一单”要求。

表 9.4-1　本项目与“三线一单”符合性分析对照一览表

环境管控单元名称	管控单元类别	三线一单内容		本项目对照分析情况	符合性
川山群岛农渔业区（HY44070030010）	优先保护单元	区域布局管控	1-1 农渔业区要按照提升近海、开发深海、拓展远洋的原则，重点支持深水网箱养殖基地、人工鱼礁和现代海洋牧场建设，切实保障传统渔民生产用海、渔业基础设施建设用海。	本项目拟进行海底电缆管道建设，建成后拟埋设于海底，基本不影响渔业用海。	符合
		能源资源利用	2-1.严格控制近海捕捞强度。加强水生生物产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道保护，保持海洋生态系统结构与功能的稳定。	本项目不涉及捕捞，对海洋生态环境可能产生的影响主要集中于海缆施工过程，但海缆施工时间短，其影响时间也较短，将随着施工的结束而较快消失；而本项目建成后，电磁辐射可能对海洋环境的影响也较小。总体上，本项目的实施不会影响海洋生态系统结构与功能的稳定。	符合
		污染物排放管控	3-1.科学控制海湾养殖规模和密度。防止养殖自身污染和水体富营养化。 3-2.加强港湾综合整治，生产废水、生活污水须达标排海；严格执行农渔业区海水水质标准。	本项目拟进行海底电缆管道建设，不涉及养殖，建成投入使用后无污废水等的产生与排放，施工期产生的船舶污水拟由船舶污染物接收单位接收拉运处理，不直接排放入海。	符合
		环境风险防控	4-1.防止外来物种入侵	本项目不涉及引入外来物种。	符合
广海湾重要渔业资源产卵场（HY44070010004）	优先保护单元	区域布局管控	1.禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工及其他可能会影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动，禁止破坏性捕捞方式，严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定，禁止向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和污染海洋 环境、破坏海洋生态的放射性废水，禁止新设排污口，允许现有航道范围内清淤疏浚。核电项目温排水扩散至海洋生态红线区的，其温排水温升范围应按照核电项目温排水管控要求执行。 2.按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，改善海洋环境质量，执行相应功能区海水水质标准。	本项目拟进行海底电缆管道建设，不涉及围填海、水下爆破施工等行为，不涉及破坏性捕捞，不涉及向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和污染海洋环境、破坏海洋生态的放射性废水，不设排污口。本项目对海洋生态环境可能产生的影响主要集中于海缆施工过程，但海缆施工时间短，其影响时间也较短，将随着施工的结束而较快消失，基本不会改变所在海域的海洋环境质量。而本项目建成后，电磁辐射可能对海洋环境的影响也较小。总体上，本项目的实施对海洋环境可能产生的影响较小。	符合

环境管控单元名称	管控单元类别	三线一单内容		本项目对照分析情况	符合性
小湾海岸侵蚀极脆弱区（HY44070010018）	优先保护单元	区域布局管控	1.禁止实施可能改变或影响沙滩自然属性的开发建设活动。设立砂质海岸退缩线，禁止在高潮线向陆一侧第一个永久性构筑物或防护林以内构建永久性建筑和围填海活动。在砂质海岸向海一侧禁止采挖海砂、围填海等可能诱发沙滩蚀退的开发活动，加强对受损砂质岸线的修复，加强海漂和海岸垃圾整治，加强沿海防护林建设和养护。 2.按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和污染海洋环境、破坏海洋生态的放射性废水，禁止新设工业排污口和城镇污水处理厂排污口，改善海洋环境质量。执行相应功能区海水水质标准。	本项目拟进行海底电缆管道建设，拟采用定向钻的施工方式登陆，不涉及采挖海砂、围填海等可能诱发沙滩蚀退的开发活动，不会影响沙滩的自然属性。本项目不涉及向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和污染海洋环境、破坏海洋生态的放射性废水，不设排污口。本项目对海洋生态环境可能产生的影响主要集中于海缆施工过程，但海缆施工时间短，其影响时间也较短，将随着施工的结束而较快消失，基本不会改变所在海域的海洋环境质量。而本项目建成后，电磁辐射可能对海洋环境的影响也较小。总体上，本项目的实施对海洋环境可能产生的影响较小。	符合
生态保护红线				本项目海底电缆管道沿线需穿越广海湾重要渔业资源产卵场和小湾海岸侵蚀极脆弱区等生态保护红线，但不位于自然保护地。本项目属于输电线路工程，不属于开发性、生产性建设活动，属于生态保护红线内允许的有限人为活动“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”。目前本项目建设单位已委托第三方单位正在开展项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告，在项目用海报批前，需取得省政府出具的“项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见”。	符合
环境质量底线		水环境质量持续提升，市控断面基本消除劣Ⅴ类，地下水水质保持稳定，近岸海域水质保持稳定。环境空气质量持续改善，加快推动臭氧进入下降通道，臭氧与 $PM_{2.5}$ 协同控制取得显著成效。土壤环境稳中向好，受污染耕地安全利用率和污染地块安全利用率均完成省下达目标。		本项目施工过程产生的各类废水均不直接排放，海缆铺设过程产生的悬浮泥沙会对项目所在海域的海洋生态、海水水质等产生一定的影响，但经采取措施后，可将影响降至最低，且施工期影响是暂时的，将随着施工期的结束而逐渐消失，不会对所在海域的海水水质、海洋生态环境和海洋沉积物环境等长远的不良影响。本项目施工可能产生的大气环境、声环境等影响较小。本项目建成投入使用后，对环境质量基本不产生影响。	符合
环境准入负面清单				本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的鼓励类；不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》中的限制或禁止类别，符合环境准入要求。	符合

9.5项目用海与“三区三线”中的生态保护红线的符合性分析

自然资源部办公厅于 2022 年 10 月 14 日发布的《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》中明确，“广东省完成了‘三区三线’划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。”

本项目海底电缆穿越生态保护红线中的“广海湾重要渔业资源产卵场”和“小湾海岸侵蚀极脆弱区”，穿越长度分别约为 1.1362km 和 3.7875km，穿越区用海面积分别约为 2.3002 公顷和 7.6682 公顷。

根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。

①管护巡护、保护执法、科学研究、调查监测、测绘导航、防灾减灾救灾、军事国防、疫情防控等活动及相关的必要设施修筑。

②原住居民和其他合法权益主体，允许在不扩大现有建设用地、用海用岛、耕地、水产养殖规模和放牧强度（符合草畜平衡管理规定）的前提下，开展种植、放牧、捕捞、养殖（不包括投礁型海洋牧场、围海养殖）等活动，修筑生产生活设施。

③经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动。

④按规定对人工商品林进行抚育采伐，或以提升森林质量、优化栖息地、建设生物防火隔离带等为目的的树种更新，依法开展的竹林采伐经营。

⑤不破坏生态功能的适度参观旅游、科普宣教及符合相关规划的配套性服务设施和相关的必要公共设施建设及维护。

⑥必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施运行维护改造。

⑦地质调查与矿产资源勘查开采。包括：基础地质调查和战略性矿产资源远景调查等公益性工作；铀矿勘查开采活动，可办理矿业权登记；已依法设立的油气探矿权继续勘查活动，可办理探矿权延续、变更（不含扩大勘查区块范围）、保留、注销，当发现可供开采油气资源并探明储量时，可将开采拟占用的地表或海域范围依照国家相关规定调出生态保护红线；已依法设立的油气采矿权不扩大用地用海范围，继续开采，可办理采矿权延续、变更（不含扩大矿区范围）、注销；已依法设立的矿泉水和地热采矿权，在不超出已经核定的生产规模、不新增生产设施的前提下继续开采，可办理采矿权延续、变更（不含扩大矿区范围）、注销；已依法设立和新立铬、铜、镍、锂、钴、锆、钾盐、（中）重稀土矿等战略性矿产探矿权开展勘查活动，可办理探矿权登记，因国家战略需要开展开采活动的，可办理采矿权登记。上述勘查开采活动，应落实减缓生态环境影响措施，严格执行绿色勘查、开采及矿山环境生态修复相关要求。

⑧依据县级以上国土空间规划和生态保护修复专项规划开展的生态修复。

⑨根据我国相关法律法规和与邻国签署的国界管理制度协定（条约）开展的边界边境通视道清理以及界务工程的修建、维护和拆除工作。

⑩法律法规规定允许的其他人为活动。

（1）必须且无法避让分析

目前建设单位已委托编制完成了《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告（海域段）》（2025 年 11 月），本次结合该报告及《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆路由选择依据说明材料》（2025 年 4 月）中的相关内容，对本项目选址必须且无法避让情况进行分析说明。

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）上川岛风电场 220kV 升压站将风电机组发出的电能输送至隆文风电场 220kV 升压站必不可缺的一个环节，其建设是必要的。台山市上川岛为海岛，隆文风电场位于陆上，连接海岛及陆域的输电线路的建设占用海底空间是不可避免的。

根据《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程海底电缆路由选择依据说明材料》（2025 年 4 月），为了避免与现状已建海底电缆管道交越，避免穿越海上已确权规划建设的养殖场，同时使该输电线路的陆上部分避免占用基本农田等，路由选择阶段确定了 3 个路由比选方案。满足要求的 3 个方案均不可避免的需要穿越“广海湾重要渔业资源产卵场”和“小湾海岸侵蚀极脆弱区”；且本项目最终确定的路由方案始端登陆点位于江门市台山市海宴镇南部，可与中国电信光缆等已建海底电缆统一登录；终端登陆点

位于上川岛西部，可与已建 110kV 电缆统一登录，体现了集约节约利用海域和海岸线资源的原则；该方案是 3 个方案中线路最短，对海洋生态环境影响最小的最优方案。

综上，本项目海底电缆路由必须且无法避让“广海湾重要渔业资源产卵场”和“小湾海岸侵蚀极脆弱区”，目前确定的穿越方案已是综合比选的最优方案。

（2）对海洋生态保护红线的影响分析

由 6.10.2 节的分析结果可知，本项目拟采用泥面以下底土定向钻穿越的施工方式穿越海洋生态保护红线——小湾海岸侵蚀极脆弱区内的砂质海岸，能较好地保护海岸的自然风貌，不会改变其性质、长度、生态功能等。本项目不涉及围填海，施工期施工船舶的生活污水、含油污废水、生活垃圾均拟由船舶污染物接收单位接收处理，不直接排放入海；施工期对海洋生态保护红线的影响，主要体现在悬浮泥沙的扩散造成的水体质量暂时的下降和对海洋生态环境的影响，但因项目海底电缆管道短，施工期相对较短，对海域的海洋生态环境的影响范围和时间有限，同时影响也会随着施工的结束而消失，不会对周边海域的生态环境产生不可逆的长期影响。

本项目建成运行后，海底电缆管道将埋设于海底，对水文动力、地形地貌和冲淤环境不会产生影响，不会影响小湾海岸侵蚀极脆弱区的岸线稳定，不会导致其海岸侵蚀，对防止海岸侵蚀、保护岸线而划定的小湾海岸侵蚀极脆弱区基本无影响；埋设于海底的海缆对广海湾重要渔业资源产卵场内鱼类的洄游等无截断影响，虽然海底电缆运行过程会产生一定的电磁辐射，但由于磁场在海域介质的衰减特性，海底电缆附近磁场强度数量级较低，在目前的理论构架下，基本不会对海洋生物产生影响，海底电缆管道产生的电磁基本不会对广海湾重要渔业资源产卵场产生影响。

综上，本项目对海洋生态保护红线的影响主要为施工期的短期且可逆的影响，将随着施工期的结束而较快消失，不会对穿越的海洋生态保护红线的生态功能产生影响。

（3）符合性分析

由前述分析结果可知，本项目送出海底电缆必须且无法避让需穿越海洋生态保护红线中的“广海湾重要渔业资源产卵场”和“小湾海岸侵蚀极脆弱区”，但前述海洋生态保护红线区不属于自然保护地。本项目为线性基础设施——输电海底电缆管道建设项目，不属于开发性、生产性建设活动，符合《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划要求。项目建设对所穿越的生态保护红线区的影响有限且为暂时的和可恢复性的，不会对生态保护红线内的保护对象和生态功能造成破坏。因此，本项目属于《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》

（自然资发〔2022〕142 号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号）中“生态保护红线内允许开展的有限人为活动”中的第 6 条“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施……”的有限人为活动。

综上分析，项目送出海底电缆属于《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号）中明确的“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，项目的建设符合“三区三线””划定成果中的生态保护红线的管控要求。目前，项目建设单位已委托编制完成了《台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告（海域段）》（2025 年 11 月），并已于 2025 年 12 月 16 日取得了《江门市人民政府关于台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（海域段）符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见》。在项目用海报批前，需取得省政府出具的“项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见”。

9.6 与行业相关规划的符合性分析

9.6.1 与《广东省推进能源高质量发展实施方案（2023-2025 年）》的相符性分析

《广东省推进能源高质量发展实施方案（2023-2025 年）》提出：因地制宜发展陆上风电和生物质能。结合资源条件，在远离居民生活区且风能资源较为丰富的区域适度开发集中式陆上风电，因地制宜发展分散式陆上风电。因地制宜开发生物质能，统筹规划垃圾焚烧发电、农林生物质发电、生物天然气项目开发。

本项目属于陆上风电场——中广核台山上川风电场的配套输电海底电缆工程，本项目的实施有利于因地制宜发展分散式陆上风电，符合《广东省推进能源高质量发展实施方案（2023-2025 年）》的相关要求。

9.6.2 与《广东省能源发展“十四五”规划》的相符性分析

2022 年 3 月 17 日，广东省人民政府办公厅印发了《广东省能源发展“十四五”规

划》，规划提出适度发展陆上风电：结合资源条件，适度开发风能资源较为丰富地区的陆上风电项目，因地制宜发展分散式陆上风电。“十四五”时期新增陆上风电装机容量约 300 万千瓦。

规划也提出，要优化电网建设。全面推进安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网建设。稳步实施粤港澳大湾区目标网架建设，构建以粤港澳大湾区 500 千伏外环网为支撑、珠三角内部东西之间柔性直流互联的主网架格局。完善区域网架结构，加快珠三角负荷中心输变电工程和送电通道建设，尽快建成粤西第二通道，统筹优化海上风电、核电等电源基地送出通道规划建设。全面加强城乡配电网建设，提高农村电网的供电可靠性和供电质量。提升电网智能化水平，保障源网荷储的智能灵活互动。加快建设“重点保障、局部坚韧、快速恢复”的坚强局部电网，建成完善“本地电源分布平衡、应急自备电源托底、应急移动电源补充”的负荷中心和特大型城市应急保安电源体系。“十四五”初期，广州、深圳基本完成坚强局部电网建设；2025 年前，珠三角地区坚强局部电网基本覆盖，沿海重点城市坚强局部电网初步形成。

本项目属于陆上风电场的配套输电海底电缆工程，有利于因地制宜发展分散式陆上风电。此外，本项目的实施，可为上川风电场提供新的接入点，完善电网结构，形成结构合理、安全可靠的电力供应网络，符合规划提出的“优化电网建设”的要求。综合分析，本项目的实施是符合《广东省能源发展“十四五”规划》的要求的。

9.6.3 与《2030 年前碳达峰行动方案》的符合性分析

《2030 年前碳达峰行动方案》提出能源绿色低碳转型行动，要求大力发展新能源。全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展，坚持集中式与分布式并举，加快建设风电和光伏发电基地。加快智能光伏产业创新升级和特色应用，创新“光伏+”模式，推进光伏发电多元布局。坚持陆海并重，**推动风电协调快速发展**，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。积极发展太阳能光热发电，推动建立光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地。因地制宜发展生物质发电、生物质能清洁供暖和生物天然气。探索深化地热能以及波浪能、潮流能、温差能等海洋新能源开发利用。进一步完善可再生能源电力消纳保障机制。到 2030 年，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。

广东省内电源装机以火电机组为主，节能减排压力巨大，大力发展核电、风电等新

能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件。

本项目属于陆上风电场的配套输电海底电缆工程，有利于推动陆上风电发展，对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，对实现 2030 年前碳达峰目标有着重要的意义。因此，本项目建设符合《2030 年前碳达峰行动方案》的要求。

9.6.4 与《江门市能源发展“十四五”规划》的相符性分析

《江门市能源发展“十四五”规划（2021-2025 年）》提出：合理有序发展风电。结合资源条件，开展风电资源勘测，在做好环境保护和征地补偿的前提下，因地制宜推进陆上风电建设，做好海上风电场址储备和前期工作。

优化完善电网主网，规范强化配网，开展台山沿海区域电力输送专题研究，强化区域电力外送消纳能力。重点围绕江门国家高新区、蓬江产业转移工业园、银洲湖纸业基地和鹤山工业城，发挥用电用热负荷集中分布优势，有序推动骨干电源和集中供热建设。加强电网智能化建设，形成结构合理、安全可靠、经济绿色、先进环保、信息畅通的现代化电网，向全社会提供优质、稳定的电力，以满足社会经济发展对电力供应的需求。

本项目属于陆上风电场的配套输电海底电缆工程，有利于合理有序发展风电。此外，本项目的实施，可为上川风电场提供新的接入点，完善电网结构，形成结构合理、安全可靠的电力供应网络，符合规划提出的“优化完善电网主网，规范强化配网”的要求。综合分析，本项目的实施是符合《江门市能源发展“十四五”规划（2021-2025 年）》的要求的。

9.7 与生态环境保护相关法律法规及规范性文件的符合性分析

9.7.1 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《广东省生态环境保护“十四五”规划》提出，要持续优化能源结构。推进能源革命，安全高效发展核电，规模化开发海上风电，**因地制宜发展陆上风电**，提高天然气利用水平，大力推进太阳能发电和集热，加快培育氢能、储能、智慧能源等，加快建立清

洁低碳、安全高效、智能创新的现代化能源体系。科学推进能源消费总量和强度“双控”，推动工业、交通、建筑、公共机构、数字基础设施等重点用能领域能效提升。严格控制煤炭消费总量，保障煤电等重点领域用煤需求，其他领域新建耗煤项目必须严格实行煤炭减量替代；珠三角禁止新建、扩建燃煤燃油火电机组和企业燃煤燃油自备电站，推进沙角电厂等列入淘汰计划的老旧燃煤机组和企业自备电站有序退出，原则上不再新建燃煤锅炉，逐步淘汰生物质锅炉、集中供热管网覆盖区域内的分散供热锅炉；粤东西北地区县级及以上城市建成区禁止新建 35 蒸吨/小时及以下燃煤锅炉。加快推进天然气产供储销体系建设，全面实施工业园区集中供热，实现天然气县县通、省级园区通、重点企业通。到 2025 年，全省煤炭消费占一次能源消费比重控制在 31%以下，珠三角实现煤炭消费总量负增长；全省非化石能源占一次能源消费比重达到 29%以上；天然气占一次能源消费比重达到 14%。

本项目属于陆上风电场的配套输电海底电缆工程，所服务的主体工程是清洁能源开发利用项目，相较于火力发电等发电项目，在提供同等电力能源的情况下，可起到减污降碳协同增效的效果，所服务的主体工程属于《广东省生态环境保护“十四五”规划》中提出的要因地制宜发展的项目类型。本项目建成投入使用后无废水、废气等的产生与排放；经采取措施后，施工期对生态环境的影响也较小。

综上，本项目符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》的要求。

9.7.2 与《江门市生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《江门市生态环境保护“十四五”规划》第四章专栏一提出：“加强低碳能源体系建设，强化能源清洁高效利用。安全高效发展核电，加快推动抽水蓄能电站建设，加快天然气发展利用，大力发展可再生能源。发展产业园区天然气热电联产。加快锅炉清洁能源改造”。

第九章第一节提出：“严格保护重要自然生态空间。落实国土空间规划用途管制，强化自然生态空间保护，以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线。生态保护红线内的自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。对生态保护红线之外的生态空间，在不影响主导生态功能的前提下，可开展国家和省规定不纳入环评管理的项目建设，以及生态旅游、畜禽养殖、城市基础设施建设、村庄建设等人为活动”、第四节“加强生态保护修

复统一监管。健全国家地质公园、自然保护区等自然保护地生态环境监管体系，严肃查处涉及自然保护地的生态破坏行为”。

第十章第五节提出：“加强电磁辐射监管。强化电磁辐射设施的监督性监测”。

本项目属于陆上风电场的配套输电海底电缆工程，所服务的主体工程是可再生能源开发利用工程。本项目海底电缆避开了自然保护区，但不可避让的需穿越广海湾重要渔业资源产卵场和小湾海岸侵蚀极脆弱区等海洋生态保护红线，本项目所穿越的生态保护红线不属于自然保护地，属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号）中明确的允许有限人为活动“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，符合国家及广东省关于生态保护红线的相关管理要求。此外，本项目建成后，将按相关要求开展电磁环境跟踪监测。

综合分析，本项目的实施与《江门市生态环境保护“十四五”规划》的相关要求相符。

9.7.3 与《台山市生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《台山市生态环境保护“十四五”规划》第四章专栏一提出：“加强低碳能源体系建设，强化能源清洁高效利用。安全高效发展核电，加快推动抽水蓄能电站建设，加快天然气发展利用，大力发展可再生能源。发展产业园区天然气热电联产。加快锅炉清洁能源改造”。

第九章第一节提出：“严格保护重要自然生态空间。落实国土空间规划用途管制，强化自然生态空间保护，以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线。生态保护红线内的自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线之外的一般生态空间，在不影响主导生态功能的前提下，可开展国家和省规定不纳入环评管理的项目建设，以及生态旅游、畜禽养殖、城市基础设施建设、村庄建设等人为活动”。

第十章第五节提出：“加强电磁辐射监管。强化电磁辐射设施的监督性监测，加强电磁辐射监测能力建设”。

本项目属于陆上风电场的配套输电海底电缆工程，所服务的主体工程是可再生能源开发利用工程。本项目海底电缆避开了自然保护区，但不可避让的需穿越广海湾重要渔业资源产卵场和小湾海岸侵蚀极脆弱区等生态保护红线，本项目所穿越的生态保护红线不属于自然保护地，属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号）中明确的允许有限人为活动“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，符合国家及广东省关于生态保护红线的相关管理要求。此外，本项目建成后，将按相关要求开展电磁环境跟踪监测。

综合分析，本项目的实施与《江门市生态环境保护“十四五”规划》的相关要求相符。

10 环境影响评价结论

10.1建设项目概况

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程拟建设上川风电场至隆文风电场的 1 回 220kV 输电线路，配套在隆文风电场升压站扩建 1 个与本工程相关的 220kV 出线间隔，其中输电线路包含上川风电升压站-上川电缆终端段场架空线路、海宴电缆终端场-隆文风电场段场架空线路和海缆工程，该项目拟分两期建设，其中一期工程建设内容主要为陆上架空线路、扩建间隔及海缆的陆上部分，二期工程建设内容为海缆的海上部分（14.66km 海底电缆管道）。

本次仅对台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程的二期部分开展环境影响评价，评价对象为位于海上的 14.66km 海底电缆工程。台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（一期）已另外单独委托开展环境影响评价，并已于 2025 年 12 月 2 日取得了江门市生态环境局《关于江门台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程环境影响报告表的批复》（江台环辐〔2025〕4 号）。

本项目海底电缆用海总面积为 29.6296 公顷，采用分层立体设权，空间确权层为底土。根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府 2022 年批复海岸线 44.6m，岸线类型为自然岸线，用海期限为 26 年。

10.2工程分析结论

本项目施工期海缆铺设导致海底泥沙再悬浮影响局部海域海水水质和海洋沉积物环境，并由此可能对工程海域海洋生态环境和渔业资源等造成一定的损害。施工过程中产生的施工污废水、废气、施工噪声和固体废弃物等也可能对工程区域海洋环境质量产生一定的影响。本项目海底电缆建成运行过程中无废气、废水和固体废物等污染排放源，电磁辐射对生态环境影响微弱。

10.3环境质量现状调查与评价结论

10.3.1水文水动力环境

（1）潮汐特征

观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。

（2）实测海流

观测期间最大涨潮流速为 99.9cm/s，最大落潮流速为 65.6cm/s；最大涨潮平均流速为 53.1cm/s；最大落潮平均流速为 32.2cm/s。受此地形控制，上川岛北部的潮流方向以东北—西南向为主；而 SCL4 站位靠近岸边，处于潮流主通道的边缘，因此无论在涨潮还是落潮阶段，潮流方向均稳定呈西南向，表现出明显的地形引导效应和尾流效应。综上，该海区的潮流运动主要受地形格局与潮汐过程的共同控制。

调查海区观测期间余流流速主要介于 1.3cm/s～11.9cm/s。SCL1 站的余流方向主要为西方向，SCL3 站的余流方向主要为西北方向，其余站位各层的余流方向主要为西南方向。

调查期间调查海区测得的水温最大值为 27.45℃，最小值为 24.70℃。测得的盐度最大值为 29.64，最小值为 28.57。

观测期间，调查海区悬沙浓度范围为 0.003kg/m³~0.030kg/m³。在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。测区悬沙类型，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，最后是砂。悬沙中值粒径变化范围在 5.85μm～14.60μm 之间，平均值为 9.82μm

10.3.2海水水质

2025 年 4 月春季水质调查结果显示，调查海域的海水水质现状不能完全达标，超标因子为无机氮，主要可能受沿岸陆域生活污染源等的影响所致。

10.3.3海洋沉积物

2025 年 4 月春季调查期间，该海域各调查站位海洋沉积物中有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬的监测结果均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类标准要求，海洋沉积物环境质量现状良好。潮间带沉积物样品中的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬的监测结果也均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类标准要求，潮间带沉积物环境质量现状良好。

10.3.4海洋生态环境

（1）叶绿素 a 和初级生产力

2025 年 4 月，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（3.24~7.34）mg/m^3，平均为 4.82 mg/m^3。初级生产力变化范围在（195.565~401.811）mg·C/（m^2·d）之间，平均值为 310.021 mg·C/（m^2·d）。

（2）浮游植物

2025 年 4 月，本次调查共记录浮游植物 3 门 4 纲 11 目 20 科 87 种，密度变化范围在（3429.975~48163.840）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 23019.106×10^3 cells/m^3。多样性指数范围在 2.002~3.364 之间，平均值为 2.720。均匀度指数范围在 0.387~0.651 之间，平均值为 0.507。丰富度指数范围在 1.476~2.044 之间，平均值为 1.786。

（3）浮游动物

2025 年 4 月，本次调查共记录浮游动物 4 门 7 纲 10 目 15 科 23 种（包括浮游幼体 7 种），生物量变化范围在（9.09~54.17）mg/m^3 之间，平均值为 31.56 mg/m^3。浮游动物密度变化范围在（59.131~379.690）ind/m^3 之间，平均值为 215.024 ind/m^3。多样性指数平均值为 2.589，均匀度指数平均值为 0.784；丰富度指数平均值为 1.270。

（4）底栖生物

2025 年 4 月，共记录大型底栖生物 4 门 5 纲 11 目 15 科 17 种。生物量范围在（0.185~63.445）g/m^2 之间，平均生物量为 10.691g/m^2。栖息密度范围在（10.000~150.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 33.125ind/m^2。多样性指数平均值为 1.252，均匀度指数平均值为 0.911，丰富度指数平均值为 0.941。

（5）潮间带生物

2025 年 4 月，共记录潮间带生物 4 门 5 纲 12 目 18 科 28 种，平均生物量为 40.520 g/m^2，平均栖息密度为 68.666 ind/m^2。多样性指数平均值为 2.824，均匀度指数平均值为 0.770，丰富度指数平均值为 2.086。

（6）鱼卵与仔稚鱼

2025 年 4 月，本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 16 种，仔稚鱼 10 种。鱼卵平均密度为 2.084 ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.690 ind/m^3。

（7）游泳动物

2025 年 4 月，本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 9 目 26 科 44 种，平均尾数渔获率为 74 ind/h，平均重量渔获率为 1.032 kg/h，平均值尾数资源密度为 10.655×10^3

ind/km^2，平均重量资源密度为 148.542kg/km^2。

（8）海洋生物质量

由调查结果可知，2025 年 4 月所采集的鱼类和甲壳类海洋生物各监测因子的监测结果均低于《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中“附录 C 其他海洋生物质量参考值”，超标率为 0；贝类样品的超标因子为铅和铬，超标倍数分别为 0.50 和 0.88，贝类的铅和铬含量不符合海洋生物质量一类标准但符合海洋生物质量二类标准，其他监测因子均符合海洋生物质量一类标准。贝类样品超标主要可能是由于贝类重金属有一定的富集作用，从而导致其体内部分重金属含量超标。

10.3.5 声环境

2025 年 1 月，监测海域海面上的昼间环境噪声等效连续 A 声级 Leq 在 35.3dB～49.4dB 之间，平均值为 44.1dB；夜间分布在 35.1dB～45.5dB 之间，平均值为 39.5dB。监测海域各站位昼间平均全频带累积声压级范围在 110dB/1μPa ~130dB/1μPa（以下简称 dB）之间，平均值为 123dB；夜间平均全频带累积声压级范围在 114dB/1μPa ~135dB/1μPa（以下简称 dB）之间，平均值为 121dB。调查期间各站位测得最大峰值声压级范围在 159dB ~166dB。

10.3.6 电磁环境

2025 年 1 月，调查海域工频电场强度的值变化范围为 0.070V/m~0.780V/m，平均为 0.158V/m。工频磁场强度的值变化范围为 0.0138μT ~0.0141μT，平均为 0.0139μT。各调查站位的工频电场强度和工频磁场强度均满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100μT）。

10.3.7 大气环境

2024 年，本工程所在江门市的 SO_2、NO_2、可吸入颗粒物 PM_{10}、细颗粒物 $PM_{2.5}$、臭氧现状监测结果均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单年均浓度限值二级标准要求，而臭氧日最大 8 小时平均质量浓度第 90 百分位数则不能达标，超标倍数约为 0.06。因此项目所在区域为环境空气不达标区。但本项目施工及运营过程无臭氧的产生与排放，不会加重其不达标情况。

10.4环境影响评价结论

（1）水动力和冲淤环境影响分析

本项目涉海工程为海底电缆管道工程，埋设深度在 3.0m~5.0m，所采用的埋设犁冲埋刀的冲埋宽度约为 0.3m，海底电缆施工埋设犁施工过程仅在海底临时切割出一条缆沟，海缆立刻嵌入到缆沟中，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，基本不对水文动力环境和冲淤环境产生影响。

（2）水环境影响

本项目海底电缆管道建成后，无废水和固体废物等的产生与排放，运行期对海水水质基本无影响。

在海缆铺设及桩基施工作业中，会产生一定的悬浮泥沙，造成水体浑浊水质下降，主要污染物为 SS。数模计算结果显示，海缆施工产生的悬沙扩散主要是在缆线两边，施工时大于 100mg/L 高浓度区垂向范围最大包络线面积为 2.233km^2，而 10mg/L 浓度区主要随涨落潮往四周扩散，最大包络线覆盖范围为 13.286km^2。此外，项目施工船舶生活污水拟经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由船舶污染物接收单位接收处理；船舶产生的含油污水拟经船上收集装置收集上岸后由船舶污染物接收单位接收处理，不会对所在海域的海水水质产生影响。总体上，本项目施工期不会对海水等地表水环境产生明显的不良影响。

（3）大气环境影响

本项目海底电缆管道铺设完成投入使用后，无废气的产生与排放，不会对大气环境产生影响，对大气环境可能产生的影响主要来自施工期船机及运输车辆燃油废气。

由于项目所处区域开阔、空气流通性好，经稀释扩散后，船机及运输车辆燃油尾气不会对周边环境产生明显的不良影响。

（4）沉积物环境影响

本项目运行期无废水、固体废物等污染物的产生与排放，对海洋沉积物基本无影响。

本项目施工过程产生的少量悬浮泥沙来自本海区，因此经扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生明显变化。而且这种影响是暂时的，会随着施工的结束而逐渐消失。海底电缆埋设期间除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，不会影响海底沉积物质量。本项目施工期间产生的污水和固体废弃物均将收集上岸分别处理，均不得直接排入海域环境中，不会对所在海域的海洋沉积物质量

产生影响。综合分析，本项目施工期对项目及附近海域的沉积物环境产生影响的影响较小。

（5）海洋生态环境影响

本海缆铺设等施工将造成栖息于此的底栖生物量的损失，部分游泳能力差的底栖生物如底栖鱼类、虾类也将因为躲避不及而被损伤或掩埋。施工产生的悬浮物对浮游生物、游泳生物和鱼卵仔鱼也将产生一定的影响。本项目造成的直接生物损失量如下：底栖生物约 570.9kg、鱼卵 1.33×10^6 粒，仔稚鱼 4.42×10^5 尾，游泳动物 10.20kg。本项目应及时采取生态补偿措施，将可能对生态环境产生的影响降至最低。

本项目建成投入使用后，海底电缆会产生电场和磁场。这些电场和磁场的强度相对较弱，且本项目占用海域面积不大，其影响主要集中在项目区及其邻近范围内，对所在海域的海洋生态环境有限，是可接受的。

（7）声环境影响分析

施工期，本项目海底电缆施工船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小。

（8）固体废物

本项目海底电缆管道建成投入使用后，无固体废物的产生与排放。

本项目海缆施工过程产生的扫海垃圾，待船舶靠岸后委托外运处理；定向钻钻屑拟外运至政府指定的合法弃土场消纳处理，船舶生活垃圾拟由环卫部门清运处理。

（9）电磁环境

本项目建成后，电磁辐射强度很小，基本不会影响周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式等，也不会对海洋生物的行为产生明显的影响。综合分析，本项目建成后产生的电磁辐射对所在海域的海洋生物可能产生的影响较小。

10.5环境风险评价结论

本项目主要环境风险包括项目施工期施工船舶溢油事故。针对可能发生的环境事故，本报告提出了相应的事故防范措施，采取上述措施后，上述环境事故的发生概率可明显降低，事故发生对环境的影响可得到有效控制。

10.6环境保护措施

本项目环境保护措施详见本评价章节 9 内容。

本项目设计拟采取的环境保护措施是根据项目特点、工程设计技术规范、环境保护要求拟定，并在大量工程实例设计、施工、运行经验的基础上，加以分析、改进，在目前已投产的 220kV 交流海底电缆得到普遍采用。本项目采取上述同类环境保护措施，在技术上具备可行性、有效性和可靠性。

本项目建设单位有健全的管理架构和良好的经济实力，在管理上和经济上能保证上述环境保护设施、措施的实施和落实。本项目采取上述环境保护措施，在经济上具备可行性和可靠性。

因此，本次评价提出的环境保护设施、措施在技术上和经济上均有可行性。本项目建设单位必须确保各项配套环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

10.7项目建设环境可行性

本项目符合国家产业政策要求，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《台山市国土空间总体规划（2021-2035）》等国土空间规划要求，符合广东省及江门市的“三线一单”要求，符合“三区三线”中的生态保护红线管控要求，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《广东省电网发展“十四五”规划》《广东省推进能源高质量发展实施方案（2023-2025 年）》《广东省能源发展“十四五”规划》《2030 年前碳达峰行动方案》《江门市能源发展“十四五”规划》《广东省生态环境保护“十四五”规划》《江门市生态环境保护“十四五”规划》《台山市生态环境保护“十四五”规划》等相关规划、法律法规及规范性文件要求。

10.8公众参与

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 第 4 号，2019 年 1 月 1 日施行），项目组在接受委托后 7 个日内（2025 年 6 月 3 日）通过网络平台的方式开展了公众参与第一次公示，公开下列信息：

（一）建设项目名称、选址选线、建设内容等基本情况；

（二）建设单位名称和联系方式；

（三）环境影响报告书编制单位的名称；

（四）公众意见表的网络链接；

（五）提交公众意见表的方式和途径。

建设单位于 2025 年 6 月 30 日-2025 年 7 月 11 日开展了公众参与第二次公示，第二次公示采用了网络平台、报纸（两次）和现场张贴的方式进行，公开信息包括：

（一）环境影响报告书征求意见稿全文的网络链接及查阅纸质报告书的方式和途径；

（二）征求意见的公众范围；

（三）公众意见表的网络链接；

（四）公众提出意见的方式和途径；

（五）公众提出意见的起止时间。

在本项目两次公示期间，均未收到公众意见。

10.9综合结论

台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）属于陆上风电项目配套建设的海底电缆工程，符合国家产业政策，选址符合相关规划要求。本工程建设会对海域环境产生一定的影响。针对本项目的工程特点和环境特征，本报告提出了相应的生态环境保护和污染防治对策措施、风险防范对策措施。评价认为：在建设单位认真落实报告书提出的各项污染防治、生态保护对策措施及风险防范措施的前提下，工程建设所造成的环境影响和生物资源损失在可接受的范围内，从环境影响和环境保护的角度考虑，台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）建设总体可行。

从环境影响和环境保护的角度考虑，台山市上川岛至隆文 220kV 输电线路工程（二期）建设总体可行。

附表 1 海洋生态环境影响评价自查表

工作内容		自查项目	
影响识别	影响类型	直接向海洋排放废水□;短期内产生大量悬浮物☑;改变入海河口（湾口）宽度束窄比例□;直接占用海域面积☑;线性水工构筑物□;投放固体物□	
	生态敏感区	生态敏感区（ 养殖场、海洋生态红线区、三场一通道、红树林、海草床、中华白海豚、印太江豚等），相对位置 （占用、两侧）	
	影响因子	海水水质☑; 海洋沉积物☑; 海洋生态☑; 环境风险☑	
评价等级		一级□; 二级□; 三级☑	
评价范围		主流向（ ）km，垂直主流向（ ）km；管缆类（3）km	
评价时期		春季☑; 夏季□; 秋季□; 冬季□	
现状调查及评价			
海水水质	区域污染源	调查项目	数据来源
		已建□; 在建□; 拟建□; 其他□	环评□; 环保验收□; 既有实测□; 现场监测□; 入海排污口数据□;其他□
	调查时期	调查因子	调查断面或点位
	春季☑; 夏季□; 秋季□; 冬季□	(pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬、挥发酚、硫化物、生化需氧量、硒、镍）	（12） 个
	评价因子	(pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬、挥发酚、硫化物、生化需氧量、硒、镍）	
	评价标准	第一类□;第二类☑;第三类□;第四类□	
	评价结论	海洋环境功能区水质达标状况：达标□; 不达标☑, 超标因子（无机氮） 功能区外海域环境质量现状：符合第（ ）类	
海洋沉积物	调查站位	（共8个，其中海洋沉积物6个，潮间带沉积物2个） 个	
	调查因子	(pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷）	
	评价标准	第一类☑;第二类□;第三类□	
	评价结论	符合第（一）类，超标因子（ ）	
海洋生态	调查断面或点位	（8） 个	
	调查因子	(叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源、海洋生物质量）	
	评价标准	第一类☑;第二类□;第三类□; 附录 C□	
	评价结论	符合第（二）类，超标因子（铅、铬）	
影响预测及评价			
预测时期		春季☑; 夏季□; 秋季□; 冬季□	
预测情景		建设期☑; 生产运行期□; 服务期满后□	
海水水质影响预测与评价	预测方法	数值模拟☑; 类比分析□; 近似估算□; 物理模型□; 其他□	
	影响评价	污染控制措施及入海排污口排放浓度限值应满足国家和地方排放标准□; 达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案应满足行业污染防治可行技术指南的要求，环境影响可接受□; 不达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案时，应满足海域环境质量达标规划和污染物削减替代要求、海域环境改善目标要求及行业污染防治可行技术指南中污染防治先进技术要求，确保废水污染物达到最低排放强度和浓度，且环境影响可接受☑; 新设或调整入海排污口的建设项目，入海排污口位置、排放方式、排放规模具有环境 合理性□;	

工作内容		自查项目
		对海水水质产生重大不利影响□。
海洋沉积物影响评价	评价方法	定量预测□； 半定量分析□； 定性分析☑； 其他□
	影响评价	海洋沉积物质量的影响范围、影响程度可接受☑； 海洋沉积物对海洋生态环境敏感区和海洋生态环境保护目标的影响可接受☑。
海洋生态影响预测与评价	预测方法	类比分析法□； 图形叠置法☑； 生态机理分析法□； 海洋生物资源影响评价法☑； 其 他□
	影响评价	造成的生物资源损失量可接受☑； 对评价海域生物多样性的影响可接受☑； 对重要水生生物“三场一通道”、水产种质资源保护区的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑； 对珍稀濒危海洋生物种群和数量的影响，以及对其生境的占用、损害、阻隔和干扰等 影响可接受☑； 对重要湿地、特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场）等的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑； 对自然保护地、生态保护红线的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑； 造成的冲淤变化对岸滩长度、宽度、生态功能和景观等影响可接受☑； 产生重大的海洋生态和生物资源损害，造成或加剧区域的重大生态环境问题，存在不 可承受的损害或潜在损害□。
环境风险		
危险物质	名称	柴油（施工期）
	存在总量	1123.0
物质及工艺系统危险性[1]	Q 值	Q＜1□； 1≤Q＜10□； 10≤Q＜100☑； Q≥100□
	M 值	M1□； M2□； M3□； M4☑
	P 值	P1□； P2□； P3□ P4☑
环境敏感程度		E1☑； E2□； E3□
环境风险潜势		IV^+ □； IV□； III☑； II□； I□
评价等级		一级□； 二级☑； 三级□； 简单分析□
风险识别	物质危险性	有毒有害☑； 易燃易爆□
	环境风险类型	泄漏☑； 火灾爆炸引起的伴生/次生污染物排放□
事故情形分析	源强设定方法	计算法□； 类比估算法☑； 其他□
	预测模型	溢油粒子模型☑； 污染物扩散的数值模拟□
风险预测与评价		最近敏感目标（0）km，抵达时间（0）h
重点风险防范措施		严格落实溢油环境风险、自然灾害风险等环境风险事故防范措施，杜绝事故的发生。同时要加强突发事故的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。
评价结论		建设单位应做好各项风险的预防和应急措施，可将其影响范围和程度控制在较小程度之内。当发生风险事故时采取相应的措施和应急预案，可以把事故的危害程度降低到最低程度，环境风险水平可以接受。
主要污染物排放总量核算		污染物名称 / 排放量 / 排放浓度
污染物削减替代		污染物名称 / 削减量 / 来源

<table>
<tr><th colspan="2">工作内容</th><th colspan="2">自查项目</th></tr>
<tr><td colspan="2">污染防治和生态修复措施</td><td colspan="2">污水处理设施□;　生态修复措施☑;　区域削减□; 依托其他工程措施□;　其他□</td></tr>
<tr><td rowspan="5">监测计划</td><td>内容</td><td>环境质量</td><td>污染源</td></tr>
<tr><td>监测方式</td><td>手动☑;自动□;　无监测□</td><td>手动□;自动□;　无监测☑</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td>5 个</td><td>——</td></tr>
<tr><td>监测因子</td><td>水质、海洋沉积物、海洋生态、渔业资源、电磁环境</td><td>——</td></tr>
<tr><td>监测频次</td><td>施工期开展一次监测，竣工环保验收前监测一次</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">总体评价结论</td><td colspan="2">可接受☑;　不可接受□</td></tr>
<tr><td colspan="4">注 1：M 、P 的确定参照HJ169。</td></tr>
</table>