

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目 环境影响报告书

建设单位：国能

评价单位：广东

编制日期：二〇二六年六月



打印编号: 1779693368000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	3op12y		
建设项目名称	江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目		
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）	国能		
统一社会信用代码	91440781MADAD0YG83		
法定代表人（签章）	王忠宝		
主要负责人（签字）	宋建楠		
直接负责的主管人员（签字）	黄环		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	广东海兰信		
统一社会信用代码	91440101M		
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
姜惠吟	20210503544000000008	BH006995	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	
姜惠吟	概述、环境影响预测与评价、政策及规划相符性分析	BH006995	
郑茜元	区域自然环境现状、环境质量现状调查与评价、环境风险评价	BH040639	
黄素绿	总则、工程分析、环境保护措施及其可行性论证、环境影响经济效益分析、环境管理与监测计划、环境影响评价结论	BH040635	

委托书

广东海兰图环境技术研究有限公司：

我司为《龙源电力广东国能龙源新能源有限公司江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目前期咨询服务公开招标》项目中标人，兹委托贵司开展《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目环境影响报告书》的编制及相关工作，请贵司按照相关法律法规、技术标准和规范开展工作，保质保量完成任务。



中国能源建设集团广 限公司



2025年6月4日



扫码验证真伪：
www.chinaenergybidding.com.cn

国家能源集团国际工程咨询有限公司 中标通知书

国际工程中【2025】04153号

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司：

很高兴地通知您，由我公司组织招标的龙源电力广东国能龙源新能源有限公司江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目前期咨询服务公开招标（招标项目编号：CEZB250002503）评标工作已经结束，经评标委员会认真评审推荐，并经招标人确认，确定贵单位为该项目（第001标段龙源电力广东国能龙源新能源有限公司江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目前期咨询服务公开招标）中标人。中标金额为 [REDACTED] 伍万元整）

请贵单位在收到本通知书后30天内，到广东国能龙源新能源有限公司与招标人签订合同。

特此通知

国家能 [REDACTED] 限公司

2025年05月06日

声明

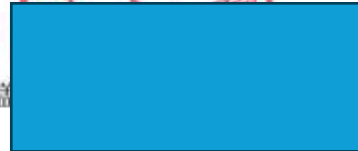
根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国行政许可法》《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》（环办[2013]103号）、《环境影响评价公众参与办法》（部令第4号），特对环境影响评价文件（公开版）作出如下声明：

我单位提供的《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目环境影响报告书（公开版）》不含国家秘密、商业秘密和个人隐私，同意按照相关规定予以公开。

建设单位（盖



环评单位（盖



法定代表人（



法定代表人（签名）：

2016年6月4日



注：本承诺书原件交环保审批部门，承诺单位可保留复印件

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位____广东____有限公司____（统一社会信用代码____）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江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目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）的编制主持人为姜惠吟（环境影响评价工程师职业资格证书管理号202105035440000000008，信用编号BH006995），主要编制人员包括姜惠吟（信用编号BH006995）、黄素绿（信用编号BH040635）、郑茜元（信用编号BH040639）（依次全部列出）等3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

2026 年 5 月 25 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），特对报批江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目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負責任或弄虛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目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）

法定代表人（签名）

注：本承诺书原件交环保审批部门，承诺单位可保留复印件

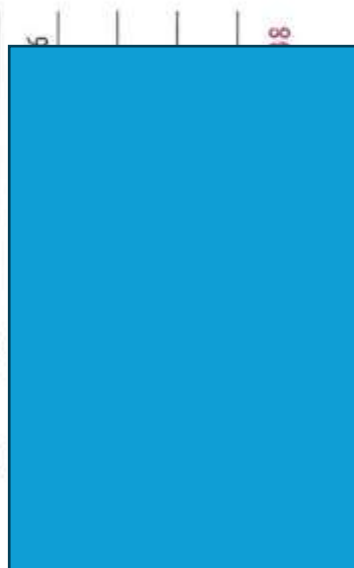


环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer



姓名: 姜惠吟



本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。



中华人民共和国人力资源和社会保障部



中华人民共和国生态环境部



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			姜惠吟			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			
202505	-	202605	广州市:广东海兰图环境技术研究有限公司			13	13	13			
截止			2026-05-26 16:13			该参保人累计月数合计			实际缴费13个月,缓缴0个月		
									实际缴费13个月,缓缴0个月		

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 2026-05-26 16:13



广东省社会保险个人参保证明

该参保人在广州市参加社会保险情况如下：

姓名		郑茜元		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	-	202605	广州市:广东海兰图环境技术研究有限公司			17	17	17
截止			2026-05-26 16:13 , 该参保人累计月数合计			实际缴费17个月, 缓缴0个月	实际缴费17个月, 缓缴0个月	实际缴费17个月, 缓缴0个月

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》（人社部发〔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〕45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

2026-05-26 16:13



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			黄素绿			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		-		202605		广州市:广东海兰图环境技术研究有限公司				17	17	17		
截止				2026-05-26 16:13				该参保人累计月数合计				实际缴费17个月,缓缴0个月	实际缴费17个月,缓缴0个月	实际缴费17个月,缓缴0个月

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 2026-05-26 16:13





编号: S1012022019550C(1-1)

统一社会信用代码

91440101MA59KQLF0D

营业执照

(副本)



扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解详细登记、
备案、许可、监
管信息。

名称 广东海兰图环境技
术有限公司
类型 其他有限责任公司
法定代表人 吕建海
经营范围 专业技术服务业
(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。)

注册 壹仟万元(人民币)

成立 2017年03月27日

营业 2017年03月27日至长期

住所 广州市南沙区珠江管理区发展路一巷3号二层293房



登记机关

2022年08月24日

国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过
国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制

目录

1	概述	1
1.1	项目由来	1
1.2	环境影响评价的工作过程	2
1.3	分析判定相关情况	4
1.4	关注的主要环境问题及环境影响	4
1.5	环境影响的主要结论	4
2	总则	6
2.1	编制依据	6
2.2	相关规划及环境功能区划	13
2.3	评价内容和重点	22
2.4	环境影响识别与评价因子筛选	23
2.5	评价标准	25
2.6	评价工作等级和评价范围	32
2.7	主要环境保护目标	44
3	工程分析	52
3.1	工程概况	52
3.2	总平面布置	54
3.3	工程结构方案	69
3.4	工程施工方案	71
3.5	工程用海情况	86
3.6	生产工艺与过程分析	91
3.7	工程各阶段污染源强分析	94
3.8	工程各阶段非污染环节与环境影响分析	114
3.9	总量控制	115
4	区域自然环境现状	117
4.1	自然环境概况	117
4.2	区域海洋资源	122
4.3	海域开发利用现状	134

4.4	周边污染源概况	135
5	环境质量现状调查与评价	136
5.1	水文动力环境现状调查	136
5.2	海洋地形地貌与冲淤环境现状	198
5.3	海水水质现状调查与评价	207
5.4	沉积物质量现状调查与评价	231
5.5	海洋生物质量现状调查与评价	242
5.6	海洋生态环境现状调查与评价	247
5.7	电磁环境现状调查与评价	297
5.8	声环境现状调查与评价	300
5.9	大气环境质量现状调查与评价	309
5.10	中华白海豚环境现状调查与评价	313
5.11	珊瑚礁现状调查	325
5.12	红树林资源现状调查	327
5.13	陆域生态环境现状	336
6	环境影响预测与评价	373
6.1	项目用海潮流动力环境影响分析	373
6.2	地形地貌与冲淤环境影响分析	385
6.3	对水质环境的影响分析	389
6.4	海洋沉积物环境影响预测与评价	395
6.5	海洋生态影响分析	396
6.6	陆域生态环境影响预测与评价	431
6.7	噪声环境影响预测与评价	447
6.8	电磁辐射环境影响预测与评价	463
6.9	大气环境影响分析	480
6.10	固体废物环境影响分析	483
6.11	对通航环境的影响分析	484
6.12	对江门台山曹峰山地方级自然保护区的影响分析	486
7	环境风险评价	497

7.1	环境风险评价等级	497
7.2	环境保护目标	497
7.3	环境风险识别	497
7.4	环境风险事故影响分析	499
7.5	环境风险防范措施	512
7.6	环境风险预案编制要求	519
7.7	环境风险评价小结	521
8	环境保护措施及其可行性论证	522
8.1	施工期环境保护措施及其可行性分析	522
8.2	营运期环境保护措施及其可行性分析	526
8.3	生态环境保护对策措施	532
8.4	环保措施技术、经济可行性分析小结	536
8.5	环境保护对策措施一览表	536
9	环境影响经济损益分析	540
9.1	环境保护设施和措施投资估算	540
9.2	环境保护的经济效益分析	540
9.3	社会经济效益分析	542
9.4	环境保护的技术经济合理性	542
10	政策及规划相符性分析	543
10.1	产业政策相符性分析	543
10.2	与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析	543
10.3	与“三区三线”的相符性分析	551
10.4	与“三线一单”的相符性分析	553
10.5	与海洋环境保护规划的符合性分析	560
10.6	区域和行业规划的符合性分析	561
10.7	与国土空间规划的符合性分析	568
11	环境管理与监测计划	575
11.1	环境管理	575
11.2	环境监测计划	577

12	环境影响评价结论	582
12.1	工程概况	582
12.2	工程分析结论	582
12.3	环境现状评价结论	585
12.4	环境影响预测分析与评价结论	602
12.5	环境风险预测与评价结论	608
12.6	环境经济损益分析	608
12.7	政策及规划相符性分析	608
12.8	公众意见采纳情况	609
12.9	综合结论	609

1 概述

1.1 项目由来

随着国家提出碳达峰、碳中和的中远期目标，大力发展光伏、风电等新能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，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。

2009 年 4 月，根据国家能源局下发的《关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》（国新能〔2009〕130 号）的要求，广东省启动海上风电场址规划及海上风电输电规划工作。2011 年 6 月，《广东省海上风电场工程规划》报告正式报送国家能源局；2011 年 7 月，《广东省海上风电场工程规划》通过水利水电规划总院审查；2012 年 8 月国家能源局对《广东省海上风电场工程规划》进行了批复，2016 年 9 月广东省能源局委托广东院进行《广东省海上风电发展规划》修编，对《广东省海上风电场工程规划》中原有场址进一步进行梳理，并作适当调整。近两年，我国加快了海上风电平价上网的步伐。2018 年 5 月，国家发改委能源局颁布《关于 2018 年度风电建设管理有关要求的通知》（国能发新能〔2018〕47 号），要求 2019 年以后新增核准的海上风电采用竞价上网的方式。2019 年 1 月，国家发改委能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》（发改能源〔2019〕19 号），2019 年 5 月配套出台《关于公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》（发改办能源〔2019〕594 号），2 个通知要求积极推进海上风电平价上网。2023 年 1 月，广东省发展改革委印发《关于调整全省海上风电场址的通知》。根据通知，广东省新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个，装机容量 1830 万千瓦；规划国管海域（领海线以外专属经济区）粤东海上风电基地场址 7 个，装机容量 3570 万千瓦。2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。

江门川岛风电场址位于江门市台山市南侧海域，中广核江门川岛一海上风电项目（以下简称川岛一海上风电项目）和国能江门川岛二海上风电项目（以下简称川

岛二海上风电项目）位于川岛风电场址内，场址面积分别为 47km² 和 52km²，风场场址水深在 41m~49m 之间，规划总装机容量均为 400MW。川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目建设单位分别为中广核新能源（江门）有限公司和国能（江门）风能开发有限公司。目前川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目均已取得了用海预审意见和项目核准。根据《广东省能源局关于征求广东省海上风电配套输电工程布局方案（2024-2028 年）》（征求意见稿）“坚持集约建设，节约资源。统筹海陆输电方案，通过共建共用海上风电海上变电站、海上输电通道、海缆登陆点、陆上集控站、运营维护基地以及陆上配套送出线路等方式，最大限度减少用地、用海及岸线资源，有效降低海上风电输电工程建设成本。”川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目共建共用海上升压站、海上无功补偿站、送出海底电缆、海缆登陆点，川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目建设的风电机组发出的电能通过集电海底电缆接入共建的海上升压站，升压后通过送出海底电缆输送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心。本项目为川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目的集中送出项目，建设内容为 1 座 500kV 海上升压站、1 座 500kV 海上无功补偿站、1 座陆上集控中心、2 回 500kV 海底电缆（2 回海底电缆长度分别为 116.329km、116.351km）及送出海底电缆陆上电缆。根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，江门川岛一、川岛二海上风电场项目登陆点位于江门市台山市赤溪镇。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》等有关法律法规的规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十四、海洋工程”中“152、海底隧道、管道、电（光）缆工程”的“……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”及“五十五、核与辐射”中“161、输变电工程”的“500 千伏及以上的……”，应编制环境影响报告书。

1.2 环境影响评价的工作过程

本次评价工作严格按照相关技术导则与标准规定的程序开展，在接受委托后，首先，项目组研究有关环境保护的法律法规、政策、标准、相关规划及其他技术文件等；第二，进行初步的工程分析，识别环境影响和评价因子，明确评价重点和敏

感目标，确定评价工作等级、范围和标准，并制定工作方案；第三，进行详细工程分析和正式的环境现状调查、监测等；第四，进行各要素、各专题分析、预测与评价；第五，提出环保措施，并进行论证，给出污染物排放清单，得出评价结论；最后，编制完成《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目环境影响报告书》。在上述工作期间，建设单位还按照相关要求开展公众参与工作。

根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）等相关技术规范的要求，本项目环境影响评价工作分为三个阶段，即前期准备、调研和工作方案阶段，分析论证和预测评价阶段，环境影响评价文件编制阶段。本次评价的环境影响评价工作流程见图 1.2-1。

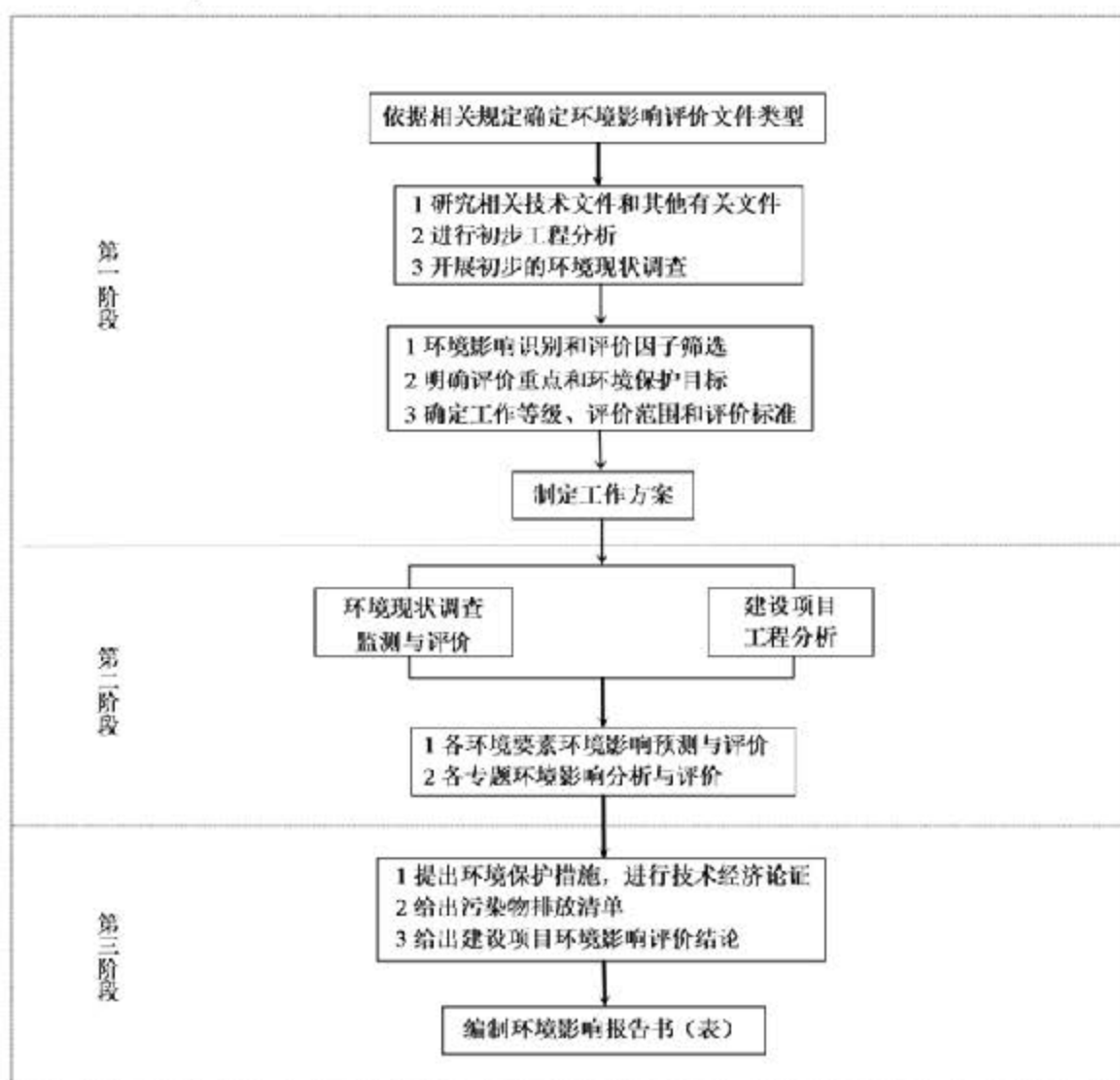


图 1.2-1 环境影响评价工作程序图

1.3 分析判定相关情况

本项目符合国家产业政策，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》《广东省国土空间规划（2021-2035）》中“三区三线”划定成果、广东省和江门市“三线一单”的管控要求。

本项目符合《“十四五”海洋生态环境保护规划》《广东省生态环境保护“十四五”规划》《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》《“十四五”现代能源体系规划》《广东省能源发展“十四五”规划》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021—2035 年）》等规划文件的目标和要求。

1.4 关注的主要环境问题及环境影响

关注的主要环境问题及环境影响包括：施工期海上升压站和海上无功补偿站基础建设、海缆施工对海域水质、沉积物的影响，项目建设对海洋生态、渔业资源的影响，施工船舶可能产生的溢油事故环境风险；营运期海上升压站和海上无功补偿站基础对周边海域水文动力、地形冲淤环境的影响，营运期海上升压站、海上无功补偿站、送出海缆、陆上电缆及陆上集控中心电磁辐射的影响；陆上集控中心噪声、生活污水、油烟对周围环境的影响；项目建设对周边各类保护区等环境敏感目标的影响。

1.5 环境影响的主要结论

本项目建设符合国家产业政策、符合广东省、江门市相关规划。虽然项目施工期和营运期会对周边的声环境、环境空气、电磁环境以及海域内的生态环境和水动力环境等产生一定的影响，经采取有效的环保措施后，污染物排放浓度和排放量得到有效控制。在严格落实报告书提出的各项污染控制和补偿措施的情况下，本工程方案对海水水质、生态环境、海洋水动力和冲淤环境等的负面影响可以控制在可接受程度。从环境保护的角度出发，江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目的

建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律、法规

- (1) 《中华人民共和国生态环境法典》(2026年8月15日起施行);
- (2) 《中华人民共和国环境保护法》(由中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议于2014年4月24日修订通过,自2015年1月1日起施行);
- (3) 《中华人民共和国海洋环境保护法》(根据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,自2024年1月1日起施行);
- (4) 《中华人民共和国环境影响评价法》(根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正,2018年12月29日施行);
- (5) 《中华人民共和国海域使用管理法》(2002年1月1日施行);
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(根据2020年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订,2020年9月1日施行);
- (7) 《中华人民共和国水污染防治法》(2018年1月1日第二次修正实施);
- (8) 《中华人民共和国大气污染防治法》(根据2018年10月26日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修正,2018年10月26日施行);
- (9) 《中华人民共和国噪声污染防治法》(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,自2022年6月5日起施行);
- (10) 《中华人民共和国渔业法》(根据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二次修正,2013年12月28日施行);
- (11) 《中华人民共和国海上交通安全法》(根据2021年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订,2021年9月1日施行);
- (12) 《中华人民共和国清洁生产促进法》(根据2012年2月29日第十一届全国人民代表大会常务委员会第二十五次会议修正,2012年7月1日施行);
- (13) 《中华人民共和国水土保持法》(2010年12月25日修订);
- (14) 《中华人民共和国文物保护法》(2017年11月4日修正);

- (15) 《中华人民共和国土地管理法》(2004 年 8 月 28 日修正);
- (16) 《中华人民共和国城乡规划法》(2015 年 4 月 24 日修正);
- (17) 《中华人民共和国海岛保护法》(2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过);
- (18) 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》(交通运输部令 2021 年第 24 号, 2021 年 9 月 1 日施行);
- (19) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》(国务院令第 475 号, 2018 年 3 月 19 日修订);
- (20) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》(2018 年 3 月 19 日修正);
- (21) 《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部部令第 4 号, 2019 年 1 月 1 日施行);
- (22) 《关于加强资源开发生态保护监管工作的意见》(环生态〔2020〕73 号);
- (23) 《近岸海域环境功能区管理办法》(2010 年 12 月 22 日修正);
- (24) 《国务院关于进一步加强对海洋管理工作若干问题的通知》(国发〔2004〕24 号);
- (25) 《海洋工程环境影响评价管理规定》(国家海洋局 2017 年 6 月修订);
- (26) 《中华人民共和国自然保护区条例》(2017 年修订);
- (27) 《海洋自然保护区管理办法》(国家海洋局, 1995 年 5 月 29 日施行);
- (28) 《国务院办公厅关于加强湿地保护管理的通知》(国办发〔2004〕50 号);
- (29) 《国家突发公共事件总体应急预案》(国务院 2006 年 1 月 8 日发布并实施);
- (30) 《中国海洋渔业水域图(第一批)》(农业部公告第 189 号, 2002 年 2 月 8 日);
- (31) 《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);
- (32) 《市场准入负面清单(2025 年版)》(发改体改规〔2025〕466 号);
- (33) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(国家发展和改革委员会 2023

年第7号令);

(34) 《中华人民共和国野生动物保护法》(2022年12月30日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订);

(35) 《中华人民共和国湿地保护法》(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);

(36) 《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);

(37) 《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);

(38) 《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有关事项的通知》(农办渔〔2018〕50号);

(39) 《电磁辐射环境保护管理办法》，1997年3月25日施行;

(40) 《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》(国海规范〔2017〕8号);

(41) 《海底电缆管道保护规定》(国土资源部令第24号，2004年3月);

(42) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》(国家海洋局，1992年8月);

(43) 《电力设施保护条例》，2011年1月8日修订;

(44) 《国家能源局 国家海洋局关于印发<海上风电开发建设管理办法>的通知》(国能新能〔2016〕394号);

(45) 《基本农田保护条例》(2011年1月8日修订);

(46) 《国家林业局关于修改〈湿地保护管理规定〉的决定》(中华人民共和国国家林业局令第48号);

(47) 《关于加强滨海湿地管理与保护工作的指导意见》(国海环字〔2016〕664号);

(48) 《国家海洋局关于印发〈海岸线保护与利用管理办法〉的通知》(国海发〔2017〕2号)。

2.1.2 地方性法规及规范性文件

(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第三次修正);

(2) 《广东省大气污染防治条例》(根据 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《关于修改〈广东省机动车排气污染防治条例〉等六项地方性法规的决定》修正);

(3) 《广东省固体废物污染环境防治条例》(根据 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《关于修改〈广东省机动车排气污染防治条例〉等六项地方性法规的决定》第三次修正);

(4) 《广东省海域使用管理条例》(广东省人大常委会, 2007 年 3 月 1 日起施行);

(5) 《广东省航道管理条例》, 1996 年 1 月 1 日施行;

(6) 《广东省海域使用管理条例(2021 修正)》(粤人常〔2021〕92 号);

(7) 《广东省野生动物保护管理条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十九次会议修订, 2020 年 3 月 31 日);

(8) 《广东省水污染防治条例》(2020 年 11 月 27 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十六次会议通过, 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);

(9) 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》, 粤府办〔2017〕62 号, 广东省人民政府办公厅, 2017 年 10 月 15 日;

(10) 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法(试行)的通知》(粤自然资规字〔2021〕4 号), 2021 年 7 月 2 日;

(11) 《广东省自然资源厅关于印发我省海岸线修测成果的通知》(粤自然资函〔2022〕51 号);

(12) 《广东省湿地保护条例》(2020 年修正);

(13) 《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);

(14) 《广东省林地保护管理条例》(2014 年 11 月 26 日修订)。

2.1.3 相关规划和区划

(1) 《全国海洋主体功能区规划》, 国发〔2015〕42 号, 国务院, 2015 年 8

月 1 日；

(2) 《全国生态功能区划（2015 年修编）》；

(3) 《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函〔2017〕359 号），广东省海洋与渔业厅，广东省发展和改革委员会；

(4) 《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号），广东省人民政府办公厅，1999 年 07 月 27 日；

(5) 《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）；

(6) 《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71 号），2020 年 12 月；

(7) 《关于印发<“十四五”海洋生态环境保护规划>的通知》（环海洋〔2022〕4 号），2022 年 1 月 11 日；

(8) 《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；

(9) 《广东省生态环境厅关于印发<广东省生态环境保护“十四五”规划>的通知》（粤环〔2021〕10 号）；

(10) 《关于印发<“十四五”现代能源体系规划>的通知》（发改能源〔2022〕210 号），2022 年 1 月 29 日；

(11) 《广东省能源发展“十四五”规划》（粤府办〔2022〕8 号），2022 年 4 月 13 日；

(12) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省自然资源保护与开发“十四五”规划的通知》（粤府办〔2021〕31 号），2021 年 9 月 29 日；

(13) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省海洋经济发展“十四五”规划的通知》（粤府办〔2021〕33 号），2021 年 9 月 30 日；

(14) 《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》（粤环〔2022〕7 号），2022 年 4 月 27 日；

(15) 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，粤府〔2021〕28 号，2021 年 4 月 25 日；

(16) 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》；

- (17) 《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》；
- (18) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，2023 年 5 月 17 日；
- (19) 《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），2024 年 9 月 24 日；
- (20) 《江门市人民政府关于印发<江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要>的通知》（江府〔2021〕8 号），2021 年 5 月 19 日；
- (21) 《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

2.1.4 技术标准和规范

- (1) 《建设项目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》（HJ 1409—2025）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (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 生态影响》（HJ19-2022）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (8) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；
- (9) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (10) 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）；
- (11) 《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）；
- (12) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (13) 《海洋监测技术规程》（HY/T147-2013）；
- (14) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (15) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (16) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (17) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (18) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；
- (19) 《海洋生态损害评估技术指南（试行）》（国海环字〔2013〕583 号）；

- (20) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007);
- (21) 《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018);
- (22) 《用水定额第3部分:生活》(DB44/T1461.3—2021);
- (23) 《水污染物排放限值》(DB44/26-2001);
- (24) 《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001);
- (25) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (26) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020);
- (27) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023);
- (28) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014);
- (29) 《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017);
- (30) 《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)(2019 修订版);
- (31) 《水生生物增殖放流技术规程》(SC-T 9401-2010);
- (32) 《广东省海洋生物增殖放流技术指南》;
- (33) 《海洋生态修复技术指南》(GB/T 41339.1-2022);
- (34) 《海水鱼类增殖放流技术规范》(DB44/T 2280-2021);
- (35) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》(试行)(HJ681-2013);
- (36) 《输变电建设项目环境保护技术要求》(HJ1113-2020);
- (37) 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号);
- (38) 《广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南》(粤农农函〔2024〕1318号);
- (39) 《生态环境分区管控管理暂行规定》(环环评〔2024〕41号)。

2.1.5 其他相关依据

- (1) 环评委托书;
- (2) 《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海底电缆路由调查勘测报告》(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司,2026年4月);
- (3) 《川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》(广州海兰图检测技术有限公司,2024年6月);
- (4) 《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》(广州海兰图检测技术有限公司,2024年7月);

(5) 《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告(2024年春季)》(广州海兰图检测技术有限公司, 2024年5月);

(6) 《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告(2023年秋季)》(广州海兰图检测技术有限公司, 2024年5月);

(7) 《江门川岛(电缆)海上风电项目(2023年冬季)调查报告》(广东宇南检测技术有限公司, 2023年12月);

(8) 《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海域使用论证报告书(报批稿)》(广东海兰图环境技术研究有限公司, 2026年5月)。

2.2 相关规划及环境功能区划

2.2.1 海洋功能区划

(1) 《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》海洋功能区

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》项目海缆穿越铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区、赤溪黑沙湾游憩用海区、江门港广海湾港区交通运输用海区、江门-珠海南部渔业用海区、台山特殊用海区、阳江-江门近海工矿通信用海区, 详见表 2.2.1-1 和图 2.2.1-1。

表 2.2.1-1 项目所在海域及周边海洋功能区分布表

序号	功能区名称	功能区类型	与项目位置关系	保护要求
1	铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区	工矿通信用海区	穿越	1.工业用海必须配套建设污水和生活垃圾处理设施,实现达标排放和科学处置;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.保护和合理利用无居民海岛资源;5.保护红树林、基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。
2	赤溪黑沙湾游憩用海区	游憩用海区	穿越	1.维护重要自然景观和人文景观的完整性和原生性,严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林;因地制宜建设旅游区污水、垃圾处理处置设施,禁止直接排海,必须实现达标排放和科学放置;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.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。
3	江门港广海湾港区交通运输用海区	交通运输用海区	穿越	1.加强港口综合治理,减少对周边功能区环境影响;维护和改善港口用海区和航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境;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.保护和合理利用无居民海岛资源;5.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。
4	江门-珠海南部渔业用海区	渔业用海区	穿越,海上无功补偿站位于	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.保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低;3.“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。
5	台山特殊用海区	特殊用海区	穿越	倾倒区需要选择水深较深,流速较急,污染物易向外海迅速扩散的开放海域。
6	阳江-江门近海工矿通信用海区	工矿通信用海区	穿越,海上升压站位于	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。

图 2.2.1-1 广东省海岸带分区发展及管控规划图-大广海湾区

2.2.2 地表水功能区划

本项目施工期和营运期的生活污水经处理后回用，不外排入地表水体。因此，本项目不涉及河流、湖泊、水库等地表水体，仅涉及近岸海域。

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）、《关于调整台山核电项目近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2008〕187号）及其批复，本项目送出海底电缆涉及的近岸海域环境功能区划主要为三类功能区。本工程主要位于三类功能区，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第三类标准，详见图 2.2.2-1。

图 2.2.2-1 江门市近岸海域环境功能区划图

2.2.3 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），项目海域工程未进行大气环境功能区划，陆域工程不涉及一类环境空气质量功能区，陆域工程所在区域为二类环境空气质量功能区，详见图 2.2.3-1。

2.2.4 声环境功能区划

根据《江门市声环境功能区划》（江环〔2019〕378 号）及修改单（江环〔2025〕13 号），项目比邻台山市赤溪曹峰山自然保护区，为 1 类声环境功能区。该 1 类区的划分依据为《关于同意赤溪曹峰山为县级自然保护区的复函》（台府办函〔2005〕160 号）、《关于印发江门市主体功能区规划的通知》（江府〔2016〕5 号）禁止开发区。

项目位置叠加台山市声环境功能区划示意图（左侧局部放大），项目位置叠加江门台山曹峰山地方级自然保护区片区示意图（右侧局部放大），详见图 2.2.4-1a。项目位置叠加江门市主体功能区规划，详见图 2.2.4-1b。由叠图可知，项目不位于江门台山曹峰山地方级自然保护区，不位于江门市主体功能区规划的禁止开发区。

由图 2.2.4-1a 可知，陆上集控中心大部分位于 2 类环境功能区，陆上集控中心东侧红线位于道路 35m 范围内，执行 4a 类环境功能区，电缆位于公路红线 35m 范围为 4a 类环境功能区，电缆位于公路 35m 范围外为 2 类环境功能区。

2.2.5 地下水环境功能区划

根据《广东省地下水功能区划》（广东省水利厅，2009 年 8 月），项目所在区域位于粤西桂南沿海诸河江门台山地质灾害易发区（代码为 H094407002S02），地下水执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅴ类标准，详见图 2.2.5-1。

2.2.6 生态环境功能区划

2.2.6.1 广东省生态环境功能区划

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，项目海域工程位于“海域环境管控单元”中的“重点管控单元”和“一般管控单元”，项目陆域工程位于“陆域环境管控单元”中的“重点管控单元”，详见图 2.2.6-1。

2.2.6.2 江门市生态环境功能区划

根据《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），项目海域工程位于海域管控单元中的 HY44070020003-广海湾工业与城镇用海区-劣四类海域重点管控单元、HY44070030010-川山群岛农渔业区一般管控单元和 HY44070030009-湛江-珠海近海农渔业区（江门范围）；项目陆域工程位于陆域管控单元中的 ZH44078120005-台山市重点管控单元 2，详见图 2.2.6-2。

图 2.2.3-1 项目位置叠加江门市大气环境功能分区示意图

图 2.2.4-1a 项目叠加台山市声环境功能区划（左侧局部放大）与整合优化江门台山曹峰山地方级自然保护区（右侧局部放大）示意图

图 2.2.4-1b 项目位置叠加江门市主体功能区规划示意图

图 2.2.4-1c 项目位置叠加整合优化前江门台山曹峰山地方级自然保护区示意图

图 2.2.5-1 江门市浅层地下水功能区划图

图 2.2.6-1 广东省环境管控单元图

图 2.2.6-2 江门市环境管控单元图

2.3 评价内容和重点

2.3.1 评价内容

(1) 按《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025) 确定

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025), 本工程必选环境影响评价内容包括海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境、环境风险, 并可根据项目具体情况选择其他评价内容。

2、按《海上风电工程环境影响评价技术规范》确定

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》, 必选环境影响评价内容包括海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态、电磁环境、环境风险, 并可视情况将景观纳入评价内容。

表 2.3.1-1 海上风电项目各环境要素环境影响评价内容

海上风电 项目 工程类型	海洋环境影响评价内容									
	海洋 水质 环境	海洋 沉积 物环境	海洋生态			海洋 水文 动力 环境	海洋 地形 地貌 与冲 淤环境	声环 境 (水 下和 水上)	电磁 环境	环境 风险
			海洋生 物生态	鸟类 生态	景观					
海底电缆 工程	★	★	★			☆	☆		☆	★
升压变电 站工程 ^a	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	★
注：★为必选环境影响评价内容，☆为依据建设项目具体情况可选环境影响评价内容。										
^a 当升压变电站工程位于海域时，应将海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境列为必选评价内容。										

综合考虑项目海域部分建设内容, 本次选择海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境、声环境、电磁环境、环境风险作为评价内容。

2.3.2 评价重点

- 1、工程建设对水文动力和地形冲淤环境的影响预测与评价;
- 2、工程施工期悬浮泥沙对海域水质环境的影响预测与评价;
- 3、工程建设水上、水下噪声和电磁辐射环境的影响预测与评价;
- 4、工程建设对海洋生态的影响分析与评价;

5、工程建设对环境敏感目标的影响分析与评价；

6、工程建设的环境事故风险预测与评价。

2.4 环境影响识别与评价因子筛选

2.4.1 环境影响因素识别

本项目施工和营运阶段的主要污染及非污染影响因素分析见表 2.4.1-1。

表 2.4.1-1 项目环境影响因素识别

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋生态	底栖生物	管沟开挖、构筑物建设	+++
		鱼卵、仔鱼	悬浮泥沙扩散	++
		浮游生物	悬浮泥沙扩散	++
	水环境	SS	管沟开挖、打桩产生悬浮物	+++
		石油类	船舶作业	+
		COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、总磷	施工人员	+
	海洋水文动力	潮流	海上构筑物影响	+++
	海洋沉积物	底质	悬浮物扩散	++
	海洋地形、地貌与冲淤	冲淤环境	海上构筑物影响	+++
	环境空气	SO ₂ 、NO _x 、颗粒物	船舶作业	+
	声环境	噪声	打桩、船舶和机械作业	+
	固体废物	生活垃圾、船舶垃圾	船舶作业、施工人员	+
	陆域生态	陆域动植物、水土流失情况	陆上集控中心、陆上电缆敷设开挖	+
营运期	水环境	石油类	运维船含油污水	+
		COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、总磷	陆上集控中心工作人员和检修人员的生活污水	+
	环境空气	SO ₂ 、NO _x 、颗粒物、油烟	运维船、厨房、备用发电机	+
	声环境	噪声	海上升压站、运维船、陆上集控中心	++
	固体废物	生活垃圾、船舶生活垃圾、污水处理设施污泥、检修废物	陆上集控中心和检修人员、海上升压站和海上无功补偿站检修	+
	电磁环境	电场强度和磁感应强度	海上升压站、海上无功补偿站、送出海缆、陆上集控中心及陆上电缆	+
注：+ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要分析与影响预测；				

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；				
+++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点影响分析与影响预测。				

2.4.2 评价因子筛选

根据本工程的环境影响要素识别、工程施工和工程后的特点，对评价因子进行筛选。筛选的结果见表 2.4.2-1。

表 2.4.2-1 评价因子筛选结果

环境要素	现状评价因子	影响评价因子
水环境	pH、水温、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、活性硅酸盐、石油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硒、镍、硫化物和挥发酚	SS
沉积物	pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷、粒度	—
生物体	铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷和石油烃	—
水动力	风速风向、海流、悬沙、海水盐度	流速、流向、地形地貌与冲淤
船舶溢油风险事故	—	石油类
固体废物	—	生活垃圾、船舶垃圾、污水处理设施污泥、检修废物
环境空气	SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、CO、O ₃	—
声环境	L _{Aeq}	L _{Aeq}
电磁环境	工频电场强度、磁感应强度	电场强度 (V/m)、磁感应强度 (μT)

表 2.4.2-2 海洋生态影响评价因子筛选表

受影响对象	本项目涉及对象	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	初级生产力	叶绿素 a	海底电缆、海上升压站、海上补偿站、直接	短期、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）	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、海上升压站、海上补偿站、直接	短期、可逆
珍稀濒危海洋生物及其生境	海龟、中华白海豚、印太江豚	种类、数量、种群规模、结构、分布、生境的面积、质量	海底电缆、海上升压站、海上补	短期、可逆

			偿站、间接	
重要水生生物 “三场一通道”	南海中上层鱼类产卵场内和南海底层、近底层鱼类产卵场、南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区内、黄花鱼幼鱼保护区	分布范围、生产力	海底电缆、海上升压站、海上补偿站、直接	短期、不可逆
自然保护地	江门台山曹峰山地方级自然保护区	主要保护对象数量和种群规模、主要生态功能、物种栖息地连通性	海底电缆、海上升压站、海上补偿站、间接	短期、可逆
	江门中华白海豚地方级自然保护区			
	江门上川岛猕猴地方级自然保护区			
	江门台山乌猪岛地方级海洋公园			
生态保护红线	江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园、江门中华白海豚地方级自然保护区			
自然岸线	自然岸线			
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 评价标准

2.5.1 环境质量标准

2.5.1.1 海水水质标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）、《关于调整台山核电项目近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2008〕187号）及其批复，本项目送出海底电缆部分涉及的近岸海域环境功能区划主要为三类功能区，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第三类标准。近岸海域环境功能区划外海域由于无海水水质管理目标，按海水水质标准符合性标准进行评价。

表 2.5.1-1 海水水质标准（单位：pH 无量纲，其余单位为 mg/L）

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
2	溶解氧	>6	>5	>4	>3
3	悬浮物	人为增加量≤10		人为增加量≤100	人为增加量≤150
4	化学需氧量（COD _{Mn} ）	≤2	≤3	≤4	≤5
5	生化需氧量（BOD ₅ ）	≤1	≤3	≤4	≤5
6	无机氮（以 N 计）	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
7	活性磷酸盐(以P计)	≤0.015	≤0.030		≤0.045
8	汞	≤0.00005	≤0.0002		≤0.0005
9	镉	≤0.001	≤0.005	≤0.010	
10	铅	≤0.001	≤0.005	≤0.010	≤0.050
11	砷	≤0.020	≤0.030	≤0.050	
12	铜	≤0.005	≤0.010	≤0.050	
13	锌	≤0.020	≤0.050	≤0.10	≤0.50
14	六价铬	≤0.005	≤0.01	≤0.02	≤0.05
15	总铬	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.50
16	石油类	≤0.05		≤0.30	≤0.50
17	硫化物(以硫计)	≤0.005	≤0.005	≤0.010	≤0.050

2.5.1.2 海洋沉积物质量

本项目送出海底电缆部分涉及的近岸海域环境功能区划主要为三类功能区，执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中第三类标准，海洋沉积物质量执行第二类标准。对于近岸海域环境功能区划覆盖的区域，沉积物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准，最高为一类沉积物质量标准。

表 2.5.1-2 海洋沉积物质量 (单位: $\times 10^{-6}$, 有机碳为%)

项目	第一类	第二类	第三类
有机碳≤	2.0	3.0	4.0
石油类≤	500.0	1000.0	1500.0
硫化物≤	300.0	500.0	600.0
汞≤	0.20	0.50	1.0
砷≤	20.0	65.0	93.0
镉≤	0.50	1.50	5.00
铅≤	60.0	130.0	250.0
铜≤	35.0	100.0	200.0
锌≤	150.0	350.0	600.0
铬≤	80.0	150.0	270.0

2.5.1.3 海洋生物质量

本项目送出海底电缆部分涉及的近岸海域环境功能区划主要为三类功能区，执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中第三类标准，海洋生物质量执行第二类标准。对于近岸海域环境功能区划覆盖的区域，海洋生物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准，最高为一类海洋生物质量标准。

软体动物(非双壳贝类)、甲壳类、鱼类生物质量参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境(HJ 1409—2025)》附录 C 执行，详见表 2.5.1.4。

表 2.5.1-3 海洋生物（双壳类贝类）质量标准（GB18421-2001）（鲜重：mg/kg）

项目	第一类	第二类	第三类
总汞≤	0.05	0.10	0.30
砷≤	1.0	5.0	8.0
镉≤	0.2	2.0	5.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
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
注：以贝类去壳部分的鲜重计			

表 2.4.1-4 其他海洋生物质量参考值（鲜重）（单位：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

2.5.1.4 环境空气质量标准

项目登陆点、陆上电缆和陆上集控中心所在区域属于环境空气质量二类功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）标准。

表 2.5.1-5 环境空气质量评价执行标准

污染物名称	取值时间	过渡阶段浓度限值	浓度限值	选用标准
SO ₂	年平均	60μg/m ³	20μg/m ³	《环境空气质量标准》 (GB3095-2026)
	24 小时平均	150μg/m ³	50μg/m ³	
	1 小时平均	500μg/m ³	150μg/m ³	
NO ₂	年平均	40μg/m ³	30μg/m ³	
	24 小时平均	80μg/m ³	50μg/m ³	
	1 小时平均	200μg/m ³	200μg/m ³	
PM ₁₀	年平均	60μg/m ³	50μg/m ³	
	24 小时平均	120μg/m ³	100μg/m ³	
PM _{2.5}	年平均	30μg/m ³	25μg/m ³	
	24 小时平均	60μg/m ³	50μg/m ³	
CO	24 小时平均	4mg/m ³	4mg/m ³	
	1 小时平均	10mg/m ³	10mg/m ³	
O ₃	日最大 8 小时平均	160μg/m ³	160μg/m ³	
	1 小时平均	200μg/m ³	200μg/m ³	

备注：自本标准实施之日起至 2030 年 12 月 31 日止，环境空气污染物基本项目实施过渡阶段浓

度限值：自 2031 年 1 月 1 日起，在全国范围内实施基本项目浓度限值。

2.5.1.5 声环境质量标准

由图 2.2.4-1a 可知，陆上集控中心大部分位于 2 类环境功能区，陆上集控中心东侧红线位于道路 35m 范围内，执行 4a 类环境功能区，电缆位于公路红线 35m 范围为 4a 类环境功能区，电缆 35m 位于公路 35m 范围外为 2 类环境功能区，本项目执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类、4a 标准。

表 2.5.1-6 声环境质量标准 单位：dB（A）

声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
2 类	60	50
4a 类	70	55

2.5.2 污染物排放标准

2.5.2.1 水污染物排放标准

本项目施工期施工船舶和营运期运维船的生活污水经收集上岸后交由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海；施工期施工船舶和营运期运维船的舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或油污储罐，施工期施工船舶和营运期运维船的舱底油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。本项目施工期陆域施工区域设置移动式公共卫生间，陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理，施工期产生的施工废水经处理后回用于施工过程中的洒水降尘等；营运期陆上集控中心的生活污水经污水处理设施处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）相应标准后用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，不外排。运营期海上升压站和海上无功补偿站检修人员生活污水由污水收集装置收集后随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理，不得直接排放入海。

表 2.5.2-1 船舶水污染物排放控制标准

污水类别	水域类别	船舶类别	排放控制要求
机器处所含油污水	沿海	400 总吨及以上船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收设施。
		400 总吨以下非渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg/L，排在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。
含货油残余物	沿海	150 总吨及以上油船	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施，或在达船舶航行中排放，并同时满足下列条件：

污水类别	水域类别	船舶类别	排放控制要求
的油污水			(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含量的 1/30000; (4) 排油监控系统运转正常。
		150 总吨以下油船	自 2018 年 7 月 1 日起, 收集并接入接收设施。
船舶生活污水	400 总吨及以上船舶, 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶	距最近陆地 3 海里以内 (含) 的海域	/
		3 海里 < 与最近陆地间距离 < 12 海里的海域	/
		与最近陆地间距离 > 12 海里的海域	/

表 2.5.2-2 城市杂用水水质基本控制项目及限值

序号	项目	城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工
1	pH	6.0~9.0
2	色度, 铂钴色单位	≤30
3	嗅	无不快感
4	浊度/NTU	≤10
5	五日生化需氧量 (BOD ₅) / (mg/L)	≤10
6	氨氮/ (mg/L)	≤8
7	阴离子表面活性剂/ (mg/L)	≤0.5
8	铁/ (mg/L)	—
9	锰/ (mg/L)	—
10	溶解性总固体/ (mg/L)	≤1000 (2000) ^a
11	溶解氧/ (mg/L)	≥2.0
12	总氯/ (mg/L)	≥1.0 (出厂), 0.2 ^b (管网末端)
13	大肠埃希氏菌/ (MPN/100mL 或 CFU/100mL)	无 ^c
注: “—”表示对此项无要求。		
^a 括号内指标值为沿海及本地水源中溶解性固体含量较高的区域的指标。		
^b 用于城市绿化时, 不应超过 2.5mg/L。		
^c 大肠埃希氏菌不应检出。		

2.5.2.2 大气污染物排放标准

本项目施工期施工船舶和营运期运维船的燃油废气执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168 号) 硫氧化物和颗粒物排放控制要求: 2019

年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区，应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油；氮氧化物排放控制要求：2022 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的、进入沿海控制区海南水域和内河控制区的中国籍国内航行船舶，所使用的单缸排量大于或等于 30 升的船用柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。

本项目施工机械的燃油废气执行执行《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)》(GB 20891—2014) 及 (修改单)。

施工扬尘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。

污水处理站产生少量臭气，氨、硫化氢、臭气浓度执行《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93) 新改扩建二级厂界标准值。

表 2.5.2-3 恶臭污染物厂界标准值

序号	控制项目	单位	二级 (新改扩建)
1	氨	mg/m^3	1.5
2	硫化氢	mg/m^3	0.06
3	臭气浓度	无量纲	20

本项目运营期的海上升压站、海上无功补偿站和陆上集控中心厨房油烟经集气罩收集后经静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放，执行《饮食业油烟排放标准 (试行)》(GB18483-2001) 的相关要求。

表 2.5.2-4 饮食单位的油烟最高允许排放浓度和油烟净化设施最低去除效率

规模	小型	中型
最高允许排放浓度	2.0mg/m^3	
净化设施最低去除效率	60%	75%

根据广东省环境保护厅 2019 年 7 月 12 日回复，目前我国及广东省还没有专门的固定式柴油发电机污染物排放标准，按照原国家环保总局《关于柴油发电机排气执行标准的复函》(环函〔2005〕350 号) 精神，在广东省柴油发电机污染物排放控制应参照广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 执行，该标准除对污染物排放浓度有明确要求外，对排气筒高度和排放速率也有具体规定。考虑到加高固定式柴油发电机排气筒高度会导致燃料燃烧不充分、增大污染物排放等现象，以及大功率柴油机存在无法满足排放速率限值的情况，建议目前固定式柴油发电机污染物排放浓度按照广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-

2001) 中的最高允许排放浓度指标进行控制, 对排气筒高度和排放速率暂不作要求。待国家《固定式压燃式发动机及设施排放标准》出台后, 固定式柴油发电机污染物排放按此标准执行。因此, 营运期陆上集控中心、海上升压站和海上无功补偿站的柴油发电机执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级排放浓度限值。

表 2.5.2-5 广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段标准

污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	无组织排放监控浓度限值	
		监控点	浓度 (mg/m ³)
SO ₂	500	周界外浓度最高点	0.40
NO _x	120		0.12
颗粒物	120		1.0

2.5.2.3 噪声排放标准

项目施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)。

表 2.5.2-6 噪声污染控制标准值表

标准号	控制标准	噪声限值	
		昼间 dB(A)	夜间 dB(A)
GB12523-2025	《建筑施工噪声排放标准》	70	55

陆上集控中心大部分位于 2 类环境功能区, 陆上集控中心东侧红线位于道路 35m 范围内, 执行 4a 类环境功能区, 故项目营运期陆上集控中心的噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类、4 类标准。

表 2.5.2-7 工业企业厂界环境噪声排放标准 单位: dB(A)

时段 边界处声环境功能区类型	昼间	夜间
2 类	60	50
4 类	70	55

注: 夜间频发噪声的最大声级超过限值的幅度不得高于 10dB(A); 夜间偶发噪声的最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB(A)。

2.5.2.4 电磁辐射控制限值

根据《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 中表 1 公众暴露控制限值, 以 4000V/m 作为工频电场强度的控制限值, 以 100 μ T 作为磁感应强度的控制限值。

2.5.2.5 固体废物污染控制标准

本项目的船舶生活垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 的船舶垃圾排放控制要求收集上岸后委托有处理能力的单位统一处理, 不得倾倒入海; 施工人员和陆上集控中心工作人员的生活垃圾通过及时收集和进行分类后, 交由当地环卫部门统一外运进行处理。一般固废暂存、处置过程执行《一般工业固体

废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020); 危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。

2.6 评价工作等级和评价范围

2.6.1 环境评价等级

2.6.1.1 海洋生态评价等级

(1) 依据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025) 判定

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025), 结合本项目的特点、规模及所在区域的环境状况, 确定海洋生态评价等级。

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目拟建一座 500kV 海上升压站、一座 500kV 海上无功补偿站、2 回 500kV 送出海缆总长度 232.68km 以及陆上集控中心。项目申请用海总面积 675.9526 公顷, 送出海缆总长度 232.68km, 大于 100km, 海洋生态环境评价评价等级为 1 级。

因此, 本项目海洋生态环境评价评价等级为 1 级。

表 2.6.1-1 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表

影响类型 \ 评价等级		1	2	3
挖沟埋设管缆总长度 L (km) ^c		L ≥ 100	60 ≤ L < 100	L < 60
用海面积 S (hm ²)	其他用海 ^e	S ≥ 200	100 ≤ S < 200	S < 100
^c : 挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。 ^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。				

2.6.1.2 地表水环境评价等级

(1) 施工期地表水环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018) 的规定, 本项目施工期既属于水污染影响型项目, 也属于水文要素影响型项目。

①水污染影响型评价等级

水污染影响型建设项目根据排放方式和废水排放量划分评价等级, 见表 2.6.1-2。

表 2.6.1-2 地表水环境影响评价等级判定表

评价等级	判定依据

	排放方式	废水排放量 $Q/(m^3/d)$
		水污染物当量数 $W/(\text{无量纲})$
一级	直接排放	$Q \geq 20000$ 或 $W \geq 600000$
二级	直接排放	其他
三级 A	直接排放	$Q < 200$ 且 $W < 6000$
三级 B	间接排放	——

本项目施工期施工船舶的生活污水经收集上岸后交由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海；施工期施工船舶的舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或油污储罐，施工期施工船舶的舱底油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。本项目陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理，施工期产生的施工废水经处理后回用于施工过程中的洒水降尘、汽车清洗等，不外排。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目施工期废水属于间接排放，判定施工期地表水水污染影响型评价等级为三级 B。

②水文要素影响型评价等级

水文要素影响型建设项目评价等级划分根据水温、径流与受影响地表水域等三类水文要素的影响程度进行判定。

本项目施工时破坏面积约 $232.70 (2.33km^2)$ ，工程扰动水底面积 $A_2=78.347km^2$ ，受影响的地表水域主要为近岸海域。根据《环境影响评价技术导则——地表水环境》（HJ2.3-2018）表 2 等级判定依据，可知 $A_2>3$ ，则水文要素影响评价等级为一级。

表 2.6.1-3 水文要素影响型建设项目评价等级判定表

评价等级	水温	径流		受影响地表水域		
	年径流量与总库容之比 α	兴利库容占年径流量百分比 $\beta\%$	取水量占多年平均径流量百分比 $\gamma\%$	工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2 ；工程扰动水底面积 A_2/km^2 ；过水断面宽度占用比例或占用水域面积比例 $R\%$		工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2 ；工程扰动水底面积 A_2/km^2
				河流	湖库	
一级	$\alpha \leq 10$ ；或稳定分层	$\beta \geq 20$ ；或完全年调节与多年调节	$\gamma \geq 30$	$A_1 \geq 0.3$ ；或 $A_2 \geq 1.5$ ；或 $R \geq 10$	$A_1 \geq 0.3$ ；或 $A_2 \geq 1.5$ ；或 $R \geq 20$	$A_1 \geq 0.5$ ；或 $A_2 \geq 3$
二级	$20 > \alpha > 10$ ；或不稳定分层	$20 > \beta > 10$ ；或季调节与不完全年调节	$30 > \gamma > 10$	$0.3 > A_1 > 0.05$ ；或 $1.5 > A_2 > 0.2$ ；或 $10 > R > 5$	$0.3 > A_1 > 0.05$ ；或 $1.5 > A_2 > 0.2$ ；或 $20 > R > 5$	$0.5 > A_1 > 0.15$ ；或 $3 > A_2 > 0.5$
三	$\alpha \geq 20$ ；或	$\beta \leq 2$ ，或无调	$\gamma \leq 10$	$A_1 \leq 0.05$ ；或	$A_1 \leq 0.05$ ；或	$A_1 \leq 0.15$ ；或

评价等级	水温	径流		受影响地表水域		
	年径流量与总库容之比 α	兴利库容占年径流量百分比 $\beta\%$	取水量占多年平均径流量百分比 $\gamma\%$	工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2 ；工程扰动水底面积 A_2/km^2 ；过水断面宽度占用比例或占用水域面积比例 $R\%$		工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2 ；工程扰动水底面积 A_2/km^2
级	混合型	节		河流	湖库	入海河口、近岸海域
				$A_1 \leq 0.2$ ；或 $R \leq 5$	$A_2 \leq 0.2$ ；或 $R \leq 5$	$A_2 \leq 0.5$

注 1:影响范围涉及饮用水水源保护区、重点保护与珍稀水生生物的栖息地、重要水生生物的自然产卵场、自然保护区等保护目标，评价等级应不低于二级。

注 2:跨流域调水、引水式电站、可能受到大型河流感潮河段咸潮影响的建设项目，评价等级不低于二级。

注 3:造成入海河口（湾口）宽度束窄（束窄尺度达到原宽度的 5%以上），评价等级应不低于二级。

注 4:对不透水的单方向建筑尺度较长的水工建筑物（如防波堤、导流堤等），其与潮流或水流主流向切线垂直方向投影长度大于 2km 时，评价等级应不低于二级。

注 5:允许在一类海域建设的项目，评价等级为一级。

注 6:同时存在多个水文要素影响的建设项目，分别判定各水文要素影响评价等级，并取其中最高等级作为水文要素影响型建设项目评价等级。

(2) 营运期地表水环境评价等级

本项目营运期运维船的生活污水经收集上岸后交由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海；营运期运维船的舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或油污储罐，营运期运维船的舱底油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。营运期陆上集控中心的生活污水经污水处理设施处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）相应标准后用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，不外排。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目营运期废水属于间接排放，判定营运期地表水水污染影响型评价等级为三级 B。

2.6.1.3 大气环境评价工作等级

本项目的废气主要产生在施工期，施工期废气主要为施工船舶和施工机械的燃油废气、施工扬尘等，由于施工期废气属于无固定源排放废气，属于无组织排放，具有流动性，仅进行定性分析。施工期产生的污染物对大气的影响是暂时的，会随着施工期的结束而逐渐消失。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目环境空气的评价等级为三级。

项目营运期废气污染主要来自运维船舶燃油废气、陆上集控中心和海上无功补

偿站厨房油烟和备用发电机尾气。运维船舶出海频率小，船舶燃油废气排放量小，且为无组织排放。陆上集控中心、海上升压站、海上无功补偿站厨房油烟经集气罩收集后经静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放，能满足《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）的相关要求。海上升压站、海上无功补偿站、陆上集控中心备用发电机尾气拟由排气筒引至所在建筑物楼顶排放，备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度达到广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表 2 中第二时段二级排放浓度限值要求，即 $SO_2 < 500mg/m^3$ ， $NO_x < 120mg/m^3$ ，烟尘 $< 120mg/m^3$ ，对周围空气质量不会造成明显不良影响。为了降低备用柴油发电机对环境的影响，建设单位应选用符合《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、四阶段）》（GB20891.2014）要求的应急柴油发电机。备用发电机的使用频率小，废气排放量小。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目环境空气的评价等级为三级。

2.6.1.4 声环境影响评价工作等级

根据《江门市声环境功能区划》（江环〔2019〕378 号）及修改单（江环〔2025〕13 号）。陆上集控中心大部分位于 2 类环境功能区，陆上集控中心东侧红线位于道路 35m 范围内，执行 4a 类环境功能区，电缆位于公路红线 35m 范围为 4a 类环境功能区，电缆 35m 位于公路 35m 范围外为 2 类环境功能区。本项目执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类、4a 类标准，本项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在 5dB（A）以上，且受影响人口数量变化不大。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），本项目声环境影响评价工作等级确定为二级。

综上所述，本项目的声环境影响评价工作等级确定为二级。

2.6.1.5 地下水环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A，本项目的行业类别属于“35、送（输）变电工程”中的“500kV 及以上”，地下水环境影响评价项目类别为IV类，可不开展地下水环境影响评价。因此，本项目不开展地下水环境影响评价。

2.6.1.6 土壤环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则土壤环境》(HJ964-2018)附录 A, 本项目的行业类别属于“其他行业”, 土壤环境影响评价项目类别为IV类。因此, 本项目不开展土壤环境影响评价。

2.6.1.7 电磁环境评价工作等级

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目拟建一座 500kV 海上升压站、一座 500kV 海上无功补偿站、2 回 500kV 送出海缆以及陆上集控中心。本项目 500kV 输电线路(登陆点至集控中心段)为地下电缆, 500kV 变压装置布置在户外。

本工程海底电缆为交流输电, 最高电压等级为 500kV, 本项目的海上升压站为户内式, 陆上集控中心为户外式。根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》, 本项目的送出海缆是海底电缆, 海上升压站为户内式, 因此本项目的电磁环境评价等级为二级, 详见表 2.6.1-4。

表 2.6.1-4 电磁环境影响评价等级判据

电流类型	电压等级	工程类型	条件	评价工作等级
交流电	110kV	输电线路	海底电缆	三级
			边导线投影外 10m 范围内有电磁环境敏感目标的架空输电线路	二级
			边导线投影外 10m 范围内无电磁环境敏感目标的架空输电线路	三级
		升压变电站	户外式	二级
			户内式、地下式	三级
	220~330kV	输电线路	海底电缆	三级
			边导线投影外 15m 范围内有电磁环境敏感目标的架空输电线路	二级
			边导线投影外 15m 范围内无电磁环境敏感目标的架空输电线路	三级
		升压变电站	户外式	二级
			户内式、地下式	三级
	500kV 及以上	输电线路	海底电缆	二级
			边导线投影外 20m 范围内有电磁环境敏感目标的架空输电线路	一级
			边导线投影外 20m 范围内无电磁环境敏感目标的架空输电线路	二级
		升压变电站	户外式	一级
			户内式、地下式	二级
直流电	+400kV 及以上	--	--	一级
	其它	--	--	二级

根据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020), 本项目的送出海缆是海底电缆, 海上升压站为户内式, 陆上电缆为地下电缆, 陆上集控中心为户外式, 因

此本项目的电磁环境评价等级为一级，详见表 2.6.1-5。

表 2.6.1-5 输变电建设项目电磁环境影响评价工作等级

电流类型	电压等级	工程类型	条件	评价工作等级
交流	110kV	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 10m 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 10m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级
	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 10m 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 10m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级
	500kV 及以上	变电站	户内式、地下式	二级
			户外式	一级
		输电线路	1.地下电缆 2.边导线地面投影外两侧各 10m 范围内无电磁环境敏感目标的架空线	二级
			边导线地面投影外两侧各 10m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	一级
直流电	+400kV 及以上	--	--	一级
	其它	--	--	二级

综上所述，本项目的电磁环境影响评价工作等级为一级。

2.6.1.8 环境风险评价等级

根据《建设项目环境影响风险评价技术导则》(HJ169-2018)，项目本身不存在物质危险性和功能性危险源，环境风险事故的发生由间接行为导致，主要环境风险为施工期施工船舶的燃料油泄漏和营运期的柴油。

(1) 施工期环境风险评价等级判定

1) 危险物质及工艺系统危险性 (P) 分级

①危险物质数量与临界量比值 (Q)

本项目施工期溢油风险主要涉及海域环境，施工期存在的风险物质为油类物质。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025) 附录表 G.1 危险物质临界量油类物质 (矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等) 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)。本

风电场施工期采用的施工船舶最大总吨位为 9750t 甲板货船（载货量 15000t）。参照《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）附录 C 中表 C.6，载货量 15000t 甲板货船的燃油总舱容 975m³，燃油总量 780m³。燃料油密度按 0.9t/m³ 计算，甲板货船最大载油量约为 702t， $Q=702/100=7.02$ 。

②行业及生产工艺（M）

分析项目所属行业及生产工艺特点，按照下表评估生产工艺情况。具有多套工艺单元的项目，对每套生产工艺分别评分并求和。将 M 划分为（1） $M>20$ ；（2） $10<M\leq 20$ ；（3） $5<M\leq 10$ ；（4） $M=5$ ，分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。

表 2.6.1-6 行业及生产工艺（M）

行业	评估依据	分值
石化、化工、医药、轻工、化纤、有色冶炼等	涉及光气及光气化工艺、电解工艺（氯碱）、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解（裂化）工艺、氟化工艺、加氢工艺、重氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、新型煤化工工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺	10/套
	无机酸制酸工艺、焦化工艺	5/套
	其他高温或高压，且涉及危险物质的工艺过程 ^a 、危险物质贮存罐区	5/套（罐区）
管道、港口/码头等	涉及危险物质管道运输项目、港口/码头等	10
石油天然气	石油、天然气、页岩气开采（含净化），气库（不含加气站的气库），油库（不含加气站的油库）、油气管线 ^b （不含城镇燃气管线）	10
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	5

a 高温指工艺温度 $\geq 300^{\circ}\text{C}$ ，高压指压力容器的设计压力（P） $\geq 10.0\text{MPa}$ ；
b 长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价。

本项目为海上风电工程，属于上表中的其他行业，涉及危险物质使用、贮存， $M=5$ ，则行业及生产工艺分级为 M4。

③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）和行业及生产工艺（M），按照下表确定危险物质及工艺系统危险性等级（P）。本项目 $Q=7.02$ ，行业及生产工艺为 M4，根据下表可知，本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4。

表 2.6.1-7 危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）

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
$Q\geq 100$	P1	P1	P2	P3
$10\leq Q<100$	P1	P2	P3	P4
$1\leq Q<10$	P2	P3	P4	P4

2）环境敏感程度（E）的分级判定

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409—2025）附录表 G.3 环

境敏感程度（E）的分级，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。

表 2.6.1-8 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

危险物质泄漏到水体的排放点海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）第一类标准，项目环境敏感程度分级为 E1。

3) 环境风险潜势划分

根据以上分析，本项目地环境敏感程度分级属于 E1 级，建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性为 P4，按照表 2.6.1-12 确定地表水环境风险潜势为 III。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中“建设项目环境风险潜势综合等级取各要素等级的相对高值”，则本项目环境风险潜势为 III。

表 2.6.1-9 建设项目环境风险潜势划分

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）
环境敏感程度（E1）	IV ⁺	IV	III	III
环境敏感程度（E2）	IV	III	III	II
环境敏感程度（E3）	III	III	II	I

注：IV⁺为极高环境风险

4) 评价工作等级

据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中“评价工作等级划分”表确定评价工作等级，项目环境风险潜势为 III，环境风险评级工作等级为二级。

表 2.6.1-10 环境风险评价工作等级划分

环境风险潜势	IV、IV ⁺	III	II	I
评价工作等级	—	二	三	简单分析 [*]

备注：^{*}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）营运期环境风险评价等级判定

①海域

本项目营运期运维船的最大载油量 50t，海上升压站和海上无功补偿站的柴油最大储油量分别为 25t。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409—

2025)附录表 G.1 危险物质临界量油类物质(矿物油类,如石油、汽油、柴油等;生物柴油等)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)。则 $Q=50/100=0.5$ 。 $Q<1$,项目营运期的环境风险潜势为I,进行简单分析。

②陆域

本项目营运期陆上集控中心的变压器油最大储存量 500t,陆上集控中心污水处理设施采用的二氧化氯最大储存量 0.1t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录表 B.1 突发环境事件风险物质及临界量中 381 油类物质(矿物油类,如石油、汽油、柴油等;生物柴油等)临界量为 2500t、二氧化氯临界量为 0.5t,则 $Q=500/2500+0.1/0.5=0.3$ 。 $Q<1$,项目营运期的环境风险潜势为I,进行简单分析。

综合确定本项目的环境风险评价工作等级为二级。

2.6.1.9 生态环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)6.1.1 依据建设项目影响区域的生态敏感性和影响程度,评价等级划分为一级、二级和三级。6.1.4 建设项目同时涉及陆生、水生生态影响时,可针对陆生生态、水生生态分别判定评价等级。6.1.7 涉海工程评价等级判定参照 GB/T 19485。

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)中的有关规定及现场踏勘分析:①本项目施工期临时场地用地 400m^2 ,陆上电缆长 853m,其中直埋段施工长度约 224m,定向钻施工长度约 629m,施工扰动范围按电缆两侧 4m 范围内考虑,则电缆施工临时用地 3412m^2 ,陆上集控各中心永久用地面积约为 0.0437km^2 ,本项目的临时用地和永久用地面积小于 20km^2 ;②陆上集控中心项目红线约 95m 涉及江门台山曹峰山地方级自然保护区。根据上述判别标准,确定本建设项目陆域生态环境影响评价等级为一级。

涉海部分参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025)要求,海洋生态评价等级定为 1 级。

2.6.2 评价范围

2.6.2.1 海洋生态环境评价范围

本项目海洋生态环境影响评价等级为 1 级,根据《环境影响评价技术导则 海洋

生态环境》(HJ 1409—2025)的规定, b) 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。项目送出海缆不穿越生态保护红线, 项目距离江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园和江门中华白海豚地方级自然保护区较近, 距离分别约 1.01km 和 1.30km。结合生态敏感区主要保护对象的分布、物种生态习性, 确定本项目评价范围为以项目用海外缘线为起点进行划定, 向外扩展 8km, 评价海域面积约 2011.83km², 评价范围控制点坐标详见表 2.6.2-1, 评价范围详见图 2.6.2-1。

表 2.6.2-1 海洋环境评价范围控制点坐标表

序号	纬度 (N)	经度 (E)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

图 2.6.2-1 本项目海洋环境评价范围图

2.6.2.2 地表水环境评价范围

(1) 施工期

按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018), 本项目施工期地表水环境评价等级为三级 B (水污染影响) 和一级 (水文影响), 结合项目选址周边情况, 确定评价范围与海洋环境评价范围一致, 详见图 2.6.2-1。

(2) 营运期

本项目营运期地表水环境评价工作等级为三级 B, 根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018) 中的有关规定, 评价工作等级为三级 B 时, 项目地表水环境评价范围应覆盖环境风险影响范围所涉及的水环境保护目标水域。

2.6.2.3 大气环境评价范围

本项目大气环境评价等级为三级，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。

2.6.2.4 声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)，本项目的声环境影响评价工作等级确定为二级。本项目的海域水上声环境影响评价范围为海上升压站和海上无功补偿站的边界外扩 200m 包络线范围，陆域声环境影响评价范围为陆上集控中心的边界外扩 200m 包络线范围。

图 2.6.2-2a 本项目海域水上声环境影响评价范围图

图 2.6.2-2b 本项目陆域声环境影响评价范围图

2.6.2.5 地下水环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)，本项目不开展地下水环境影响评价，不设置地下水环境评价范围。

2.6.2.6 土壤环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境》(HJ964-2018)，本项目不开展土壤环境影响评价，不设置土壤环境评价范围。

2.6.2.7 电磁环境评价范围

本工程海底电缆为交流输电，最高电压等级为 500kV，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》和《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020)，确定项目的电磁环境评价范围为海上升压站、海上无功补偿站和陆上集控中心的站界外 50m、送出海缆两侧边缘各外延 50m（水平）和陆上电缆管廊两侧边缘各外延 5m（水平距离）的范围。

图 2.6.2-3 本项目海域电磁环境影响评价范围图

图 2.6.2-4 本项目陆域电磁环境影响评价范围图

2.6.2.8 环境风险评价范围

本项目风险主要为溢油事故风险，风险影响主要为地表水，因此，本项目环境风险影响评价范围应依据海水环境风险评价范围，定为溢油 48h 后油膜可能影响范

围内所涉及的水环境保护目标水域。

2.6.2.9 生态环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ 19-2022)生态影响评价范围的确定原则,本项目属于涉海工程,其评价范围参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025)确定。本项目的水生生态环境影响评价等级为一级,评价范围与海洋环境影响评价范围一致。陆生生态环境评价等级为一级,评价为陆上集控中心外扩 1000m 范围和陆上电缆外扩 300m 范围的陆域区域。

图 2.6.2-5 本项目陆域生态评价范围图

2.6.3 小结

本项目各要素评价等级和评价范围见下表。

表 2.6.3-1 项目评价等级和评价范围一览表

序号	环境要素	评价等级		评价范围
1	海洋生态	1 级		以项目用海外缘线为起点进行划定,向外扩展 8km,评价海域面积约 2011.83km ² 。
2	地表水环境	施工期	三级 B (水污染影响), 一级 (水文要素影响)	与海洋环境影响评价范围一致
		营运期	三级 B	营运期废水应覆盖环境风险影响范围所涉及的水环境保护目标水域
3	环境空气	三级		不需设置环境空气影响评价范围
4	声环境	一级		海域水上声环境影响评价范围为海上升压站和海上无功补偿站的边界外扩 200m 包络线范围,陆域声环境影响评价范围为陆上集控中心的边界外扩 200m 包络线范围。
5	地下水环境	不开展地下水环境影响评价		不设置地下水环境评价范围
6	土壤环境	不开展土壤环境影响评价		不设置土壤环境评价范围
7	环境风险	施工期	二级	溢油 48h 后油膜可能影响范围内所涉及的水环境保护目标水域
		营运期	简单分析	不设置环境风险评价范围
8	生态环境	陆域	一级	陆上集控中心外扩 1000m 范围和陆上电缆外扩 300m 范围的陆域区域
		海域	1 级	与海洋环境影响评价范围一致
9	电磁环境	一级		海上升压站、海上无功补偿站和陆上集控中心的站界外 50m、海底电缆两侧边缘各外延 50m (水平) 和陆上电缆管廊两侧边缘各外延 5m (水平距离) 的范围

2.7 主要环境保护目标

2.7.1 主要海域环境保护目标

本项目海洋环境评价范围内环境保护目标主要有：海洋生态红线区、自然保护区、浴场、海岛等，各环境保护目标的基本情况、与项目的最短距离及海域环境保护目标等见表 2.7.1-1。本项目的海域环境保护目标与本项目的位置关系见图 2.7.1-1，项目所在海域“三场一通”分布情况见图 4.2.7-1~图 4.2.7-4。

表 2.7.1-1 项目海域环境保护目标一览表

序号	敏感点		位置关系	保护对象	管控措施
	类别	名称			
1	生态保护红线	江门中华白海豚地方级自然保护区	东侧，约 1.30km	白海豚及其生境	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），生态保护红线内自然保护区核心区外，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。
2		江门上川岛猕猴地方级自然保护区	西侧，约 9.00km	猕猴及其生境	
3		珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	西侧，约 7.05km	水土保持	
6		江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	西侧，1.01km	海洋生态、渔业资源、海洋生物多样性	
7		围夹岛特别保护海岛	西北侧，10.74km	海岛	
8	自然保护地	江门中华白海豚地方级自然保护区	东侧，约 1.30km	白海豚及其生境	在自然保护区的核心区和缓冲区内，不得建设任何生产设施。在自然保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施；建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。在自然保护区的实验区内已经建成的设施，其污染物排放超过国家和地方规定的排放标准的，应当限期治理；造成损害的，必须采取补救措施。在自然保护区的外围保护地带建设的项目，不得损害自然保护区内的环境质量；已造成损害的，应当限期治理。
9		江门上川岛猕猴地方级自然保护区	西侧，约 9.00km	猕猴及其生境	
10		江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	西侧，1.01km	海洋生态、渔业资源、海洋生物多样性	
12	国控站位	国控点 GDN10005	西侧，约 7.09km	水质	/
13		国控点 GDN10015	东侧，约 5.39km		
14		国控点 GDN10016	东侧，约 1.34km		
15		国控点 GDN10024	西侧，约 314m		
16		国控点 GDN10009	西北侧，约 4.0km		
17		国控点 GDN10011	北侧，约 700m		
18	养殖项目	赤溪镇广海湾增殖区	东北侧，约 5.81km	水质	/
19		台山市川岛镇上川飞东村民委员会三号底播养殖场	西侧，约 6.58km		
20		台山市川岛镇上川飞东村民委员会四号底播养殖场	西侧，6.77km		
21	严格保护岸线	严格保护岸线	穿越	岸线	项目建设占用海岸线导致岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现岸线占用与修复补偿相平衡。
22	三场一通道	南海中上层鱼类产卵场内	位于	水质和生态	12 月到翌年 3 月。
		南海底层、近底层鱼类产卵场	位于	水质和生态	产卵期为 11 月到翌年 8 月。
23		黄花鱼幼鱼保护区	位于	水质和生态	保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。
24		南海北部幼鱼繁育场保护区	位于	水质和生态	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。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。
25		南海区幼鱼、幼虾保护区	位于	水质和生态	保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。
26	珍稀海洋生物	海龟、中华白海豚、印太江豚、猕猴等	/	海龟、中华白海豚、印太江豚、猕猴等	/
27		珊瑚礁	西侧，6.15km	珊瑚礁	/
28	浴场	台山市赤溪黑沙湾海浴场	定向钻钻出点西南侧，0.4km	海水水质	/
29	海岛	上川岛	西侧，约 7.02km	海岛及其生态系统	/
30		大襟岛	东侧，约 6.97km		
31		头排	西北侧，约 7.64km		
32		头排北岛	西北侧，约 7.64km		
33		过船排	西北侧，约 7.38km		
34		台山三点金	西北侧，约 7.09km		
35		乌米石	西北侧，约 5.77km		
36		乌米石北岛	西北侧，约 5.77km		
37		鱼塘洲	西北侧，约 5.80km		
38		斧头石	西北侧，约 5.46km		
39		鱘鱼石	西北侧，约 5.50km		
40		大湾咀礁	西北侧，约 5.56km		
41		鹅玉仔岛	西北侧，约 5.23km		

序号	敏感点		位置关系	保护对象	管控措施
	类别	名称			
42		坭塘洲	西北侧，约 4.70km		
43		鱼湾礁	西北侧，约 4.57km		
44		庙咀礁	西侧，约 4.93km		
45		鱼箩石	西侧，约 3.41km		
46		铜鼓排	东侧，约 460m		
47		亚娘石	东侧，约 388m		
48		神咀排	东侧，约 382m		
49		神咀排一岛	东侧，约 460m		
50		神咀排二岛	东侧，约 579m		
51		神咀排三岛	东侧，约 639m		
52		神咀排四岛	东侧，约 709m		
53		钦头排	东北侧，约 3.02km		
54		襟头排	东北侧，约 3.56km		
55		襟头排东岛	东北侧，约 3.64km		
56		台山火烧排	东侧，约 7.88km		
57		辣螺排	西侧，约 8.00km		
58		银豆排	西侧，约 7.68km		
59		乌猪洲仔	西侧，约 7.54km		
60		洲仔北岛	西侧，约 7.35km		
61		洲仔大排	西侧，约 7.31km		
62		乌猪洲北岛	西侧，约 6.44km		
63		乌猪洲	西侧，约 4.42km		
64		甩洲	西侧，约 6.89km		

图 2.7.1-1a 项目海域环境保护目标分布示意图

图 2.7.1-1b 项目海域环境保护目标分布图（珊瑚礁）

图 2.7.1-1c 项目海域环境保护目标分布图（岛礁）

2.7.2 主要陆域环境保护目标

本项目陆域评价范围内项目周边涉及环境保护目标如下：

(1) 生态环境

保护对象：陆上集控中心厂界外 1000m 内及陆上地下电缆两侧各 300m 内的带状区域植被、水土保持设施等。本项目陆域生态评价范围内涉及永久基本农田、江门台山曹峰山地方级自然保护区、红树林陆域生态环境保护目标。

保护要求：保护江门台山曹峰山地方级自然保护区、红树林物种及生境、耕地。

表 2.7.2-1 陆域生态环境保护目标

序号	敏感点		位置关系	保护对象
	类别	名称		
1	生态保护红线/自然保护区	江门台山曹峰山地方级自然保护区	北侧 95m (红线); 115m (围墙)	曹峰山亚热带常绿阔叶林森林生态系统、国家珍稀濒危保护动植物
2	特殊生境	现状红树林	南侧 368m (集控中心红线); 电缆正上方	红树林及生境
3	永久基本农田	永久基本农田	西侧 460m (电缆)	耕地

(2) 电磁环境

保护对象：陆上集控中心厂界外 50m、电缆管廊两侧边缘各外延 5m，评价范围内涉及公众居住、工作或学习的建筑物等电磁环境保护目标，详见 2.7.2-2。

保护要求：敏感目标公众暴露的工频电场满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中 4kV/m 的控制限值，工频磁感应强度满足 100 μ T 的控制限值。

表 2.7.2-2 电磁环境保护目标

序号	电磁环境保护目标	空间相对位置/m			最近距离 (m)	方位	环境保护目标情况说明
		x	y	z			
1	居民楼 1	7	-120	-1	17 (红线); 36 (围墙)	南侧	1 层, 钢筋混凝土
2	居民楼 4	0	0	-1	1	电缆正上方	1~2 层, 钢筋混凝土
3	旅游功能房 1	0	0	-1	1		1 层, 钢筋结构
4	旅游功能房 2	0	0	-1	1		2 层, 钢筋混凝土

备注：居民楼 1 空间相对位置以陆上集控中心中心点为计；居民楼 4、旅游功能房 1、2 位于陆域电缆上，记录 z 相对位置，电磁敏感目标与电缆相对高度大于 1m，本次评价以 1m 计。

(3) 声环境

保护对象：陆上集控中心厂界外 200m 范围内，涉及声环境保护目标，详见表

2.7.2-3。

保护要求：保护敏感目标声环境质量达到《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准。

表 2.7.2-3 声环境保护目标

序号	声环境保护目标	空间相对位置 /m			与厂界最近距离 (m)	方位	执行标准/ 功能区类别	环境保护目标情况说明	影响期
		x	y	z					
1	江门台山曹峰山地方级自然保护区	-159	189	0	95 (红线) 119 (围墙)	北侧	1 类区	/	施工期、运营期
2	居民楼 1	7	-120	-3	17 (红线); 36 (围墙)	南侧	2 类区	1 层, 钢筋混凝土	
3	办公楼 2	190	110	-2	130 (红线); 115 (围墙)	东北侧	2 类区	5 层, 钢筋混凝土	
4	居民楼 3	-275	135	-3	190 (红线); 170 (围墙)	西北侧	2 类区	1~2 层, 钢筋混凝土	
5	居民楼 4	0	0	-1	1	电缆正上方	2 类区	1~2 层, 钢筋混凝土	施工期
6	居民楼 5	55	0	-1	55	东侧	2 类区	1~2 层, 钢筋混凝土	
7	居民楼 6	12	0	-1	12	东侧	2 类区	1~2 层, 钢筋混凝土	

备注：居民楼 1、办公楼 2、居民楼 3 空间相对位置以陆上集控中心中心点为计；居民楼 4 位于陆域电缆上，记录 z 相对位置，声敏感目标与电缆相对高度大于 1m，本次评价以 1m 计。居民楼 5、6 相对距离以陆域电缆最近距离为计。

图 2.7.2-1a 陆域生态环境敏感目标分布图

图 2.7.2-1b 电磁环境敏感目标分布图

图 2.7.2-1c 声环境敏感目标分布图

3 工程分析

3.1 工程概况

项目名称：江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目

项目性质：新建

建设单位：国能（江门）风能开发有限公司

项目投资：工程总投资 346874 万元，其中环保投资 1500 万元

建设位置：江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目位于江门市台山市南侧海域，海上升压站布置在江门川岛一、二海上风电场址中间预留的通道，海上无功补偿站布置在 500kV 送出海缆中部区域。500kV 送出海缆由海上升压站出发，送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至台山市赤溪镇登陆点，登陆点登陆后送至陆上集控中心，陆上集控中心位于台山市赤溪镇铜鼓湾北侧。

建设内容：

本项目拟建设 1 座 500kV 海上升压站（平台最外缘大小为 73.16m×52.6m）、1 座 500kV 海上无功补偿站（平台最外缘大小为 63.72m×54.52m）、1 座陆上集控中心、2 回 500kV 海底电缆（长度分别为 116.329km、116.351km）及送出海底电缆陆上电缆（约 853m）。

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目主要服务于江门市川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目。

图 3.1-1 项目地理位置图

3.2 总平面布置

川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目规划装机容量均为 400MW，川岛一、二风电机组发出电能均通过 66kV 集电海底电缆接入位于川岛一、二海上风电场址中间的海上升压站内，升压后通过 2 回 500kV 海底电缆送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心。项目总平面布置示意图详见图 3.2-1。

川岛一、川岛二海上风电项目风力发电机组及集电海底电缆分别由中广核新能源（江门）有限公司和国能（江门）风能开发有限公司申请建设，不在本项目评价范围。

3.2.1 海上升压站

本工程配套建设一座 500kV 海上升压站，海上升压站位于江门川岛一、二海上风电场址中间预留通道东侧，海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用四桩导管架型式。上部结构平台共四层，现设计平台最外缘大小为 73.16m×52.6m，平台北和真北逆时针夹角 45°。海上升压站布置图详见图 3.2.1-1。

1、海上升压站平面布置

本工程海上升压站共四层布置，首层层高为 7.5m，二层层高 10.2m，三层层高 2.8m，各层布置如下（最底层为基准 0m）：

底一层：主要布置救生装置、生活水泵房、消防设备间、污水处理间临时休息室、污水处理间集油罐间及柴油罐间，兼做电缆层，500kV 及 66kV 海缆通过 J 型管穿过本层夹板引上至配电装置，主变至 500kV 配电装置及 66kV 配电装置的电缆采用电缆桥架、支架敷设在此层。

二层：中间布置 2 台主变及 2 台 500kV 并联电抗器。一侧布置 500kV 配电装置、蓄电池室。另一侧布置 2 个项目独立的 66kV 配电装置。主变低压侧中性点设备布置在电抗器室内。

三层：为主变、高压并联电抗器及 500kV 配电装置上空。一侧布置了二次设备间。另一侧布置有柴油发电机、66kV 配电间吊物孔、380V 低压配电室、应急低压配电室。

顶层：设有直升机平台、吊车、设备检修孔、水箱、通讯、助航设备（航空障碍灯、雾笛）等设备。

生活污水处理装置主要用于营运期运维人员的生活污水收集处理使用，生活污

水处理装置处理能力 $2\text{m}^3/\text{h}$ 。生活污水经装置简易处理后随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理，不直接排放入海；事故油罐间可以收集事故情况下泄露的柴油，容积约为 220m^3 。

2、海上升压站设备配备情况

(1) 主变压器

A. 海上升压站主变压器

本期海上升压站 2 台 425MVA 的主变压器，由于风力发电会根据风速大小的变化而变化，无功损耗也实时变化，海上升压站母线电压波动较大，主变压器采用有载调压。故主变选择三相油浸式自然油循环自冷却型有载调压双绕组带平衡绕组变压器，主要电气参数如下：

型 号： SSZ-425000/220
额定容量： 425/425/2MVA
额定电压： $525\pm 8\times 1.25\%/66/10.5\text{kV}$
调压方式： 高压侧线端设有载调压分接开关
线圈联接组别： YN, YN, d11
电 抗： 16%（暂定）

(2) 500kV 配电装置

海上升压站 500kV 开关设备采用户内 GIS，采用 2 组线路变压器组接线。

500kV 开关设备电气参数如下：

额定电压： 550kV
额定电流： 2000A
额定开断电流： 63kA
额定关合电流： 160kA

(3) 中压配电装置

A. 66kV 海上升压站

海上升压站 66kV 配电装置选用户内成套 SF_6 设备，采用 2 组单母线接线。每段母线设置 1 个主变进线间隔，3 个集电电缆进线间隔，1 个母线设备间隔。2 组单母线分段设置联络间隔连接。

额定电压： 72kV

额定电流： 1250A/3150A（风机进线侧/主变低压侧、分段柜）

额定短路开断电流(有效值): 31.5kA 4s

额定短时耐受电流及时间: 31.5kA 4s

额定峰值耐受电流: 80kA

（4）无功补偿装置

海上升压站每回海缆装设 1 套并联电抗器。

额定电压: 525kV

额定容量: 220Mvar（暂定）

类型: 三相一体并联电抗器

数量: 2 台

（5）站用变压器

型 号: SCB18-1250/10.5

容 量: 1250kVA

电压组合: $10.5\pm 2\times 2.5\%/0.4\text{kV}$

接线组别: D, yn11

阻抗电压: $U_d=6\%$

（6）海上升压站应急柴油发电机

额定电压: 400V

额定容量: 600kW

数量: 1 台

3.2.2 海上无功补偿站

本工程配套建设一座 500kV 海上无功补偿站，海上无功补偿站布置在 500kV 送出海缆中部区域，平台北和真北逆时针夹角 45° 。

海上无功补偿站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用四桩导管架型式。上部结构平台共四层，平台最外缘大小为 $63.72\text{m}\times 54.52\text{m}$ 。海上无功补偿站布置图详见图 3.2.2-1。

1、海上无功补偿站平面布置

本工程海上无功补偿站共三层布置，首层层高为 7.5m，二层层高 5.1m，三层层高 7.9m，各层布置如下（最底层为基准 0m）：

底一层：主要布置救生装置、生活水泵房、污水处理间、临时休息室、污水处理间集油罐间及柴油罐间，兼做电缆层，500kV 海缆通过 J 型管穿过本层夹板引上至配电装置，高压并联电抗器至 500kV 配电装置的电缆采用电缆桥架、支架敷设在此层。

二层：中间布置 4 台 500kV 并联电抗器。一侧布置及 2 组 500kV 配电装置、二次设备间，另一侧布置 380/400V 低压配电间及应急配电室、消防设备间及楼梯间。

三层：中间区域为 500kV 并联电抗器及 500kV 配电装置上空。一侧布置通信蓄电池室、二次蓄电池室，另一侧布置有柴油发电机、暖通机房及楼梯间。

顶层：设有直升机平台、吊车、设备检修孔、水箱、通讯、助航设备（航空障碍灯、雾笛）等设备。

海上中间补偿站设置有生活污水处理装置和事故油罐间。生活污水处理装置主要用于营运期运维人员的生活污水收集处理使用，生活污水处理装置处理能力 $2\text{m}^3/\text{h}$ 。生活污水经装置简易处理后随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理，不直接排放入海；事故油罐间可以收集事故情况下泄露的柴油，容积约为 220m^3 。

2、海上无功补偿设备配备情况

（1）无功补偿装置

海上升压站每回海缆进线处装设 1 套并联电抗器。

额定电压：525kV

额定容量：220Mvar（暂定）

类型：自然冷却三相一体并联电抗器

数量：2 台

（2）中间补偿站

海上中间补偿站备选 1（距海上升压站约 52km），海上中间补偿站每回海缆进线处装设 2 套并联电抗器。

额定电压：525kV

额定容量：280Mvar（暂定）

类型：油浸式，自然冷却三相一体并联电抗器

数量：4 台

(2) 站用变压器

型 号： SCB18-800/10.5

容 量： 800kVA

电压组合： 10.5 $\pm$ 2 $\times$ 2.5%/0.4kV

接线组别： D， yn11

阻抗电压： $U_d=6\%$

(3) 海上中间补偿站应急柴油发电机

额定电压： 400V

额定容量： 500kW

数量：1 台

图 3.2.1-1 海上升压站、无功补偿站和 500kV 送出海底电缆平面布置图

图 3.2.1-1a 海上升压站一层甲板布置图

图 3.2.1-1b 海上升压站二层甲板布置图

图 3.2.1-1c 海上升压站三层甲板布置图

图 3.2.1-1d 海上升压站顶层甲板布置图

图 3.2.2-1a 海上无功补偿站一层甲板布置图

图 3.2.2-1b 海上无功补偿站二层甲板布置图

图 3.2.2-1c 海上无功补偿站三层甲板布置图

图 3.2.2-1d 海上无功补偿站顶层甲板布置图

3.2.3 500kV 送出海底电缆

根据《江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程项目海底电缆路由调查勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2026 年 4 月），推荐路由方案如下：

500kV 送出海底电缆从登陆点出发以定向钻方式从底土穿越黑沙湾海浴场后避开铜鼓排从其西侧向南延伸 40.64km 后到达位于江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园东南侧，期间避开周边海域在用及规划锚地和江门中华白海豚地方级自然保护区，随后向西南延伸 51.53km 至位于江门川岛场址东北角，再向西南方向顺着江门川岛场址东侧边缘延伸 24.07km 至海上升压站，单回长度约 116km。500kV 送出海底电缆共布置两回海缆，在靠近海上升压站、海上无功补偿站和登陆点时会逐渐收缩间距，示意图见图 3.2.3-2。

表 3.2.3-1 500kV 送出海底电缆西线路拐点坐标表

拐点	经度 (E)	纬度 (N)	长度 (km)	备注
1			0	定向钻陆域钻入点
2			0.853	定向钻海域钻出点
3			1.611	
4			9.806	
5			40.712	
6			64.163	避开航标
7			66.242	
8			66.462	
9			66.712	
10			76.042	避开沉船，距离沉船位置约 120m
11			96.244	
12			116.088	
13			116.329	海上升压站

备注：CGCS2000 椭球参数，高斯-克吕格投影，3° 分带，中央经线 114° E。

表 3.2.3-2 500kV 送出海底电缆东线路拐点坐标表

拐点	经度 (E)	纬度 (N)	长度 (km)	备注
1			0	定向钻陆域钻入点
2			0.853	定向钻海域钻出点
3			1.611	
4			9.806	
5			40.740	
6			64.219	避开航标
7			66.280	
8			66.513	
9			66.744	
10			76.082	避开沉船，距离沉船位置约 160m
11			92.279	
12			116.127	

拐点	经度 (E)	纬度 (N)	长度 (km)	备注
13			116.351	海上升压站

备注：CGCS2000 椭球参数，高斯-克吕格投影，3° 分带，中央经线 114° E。

图 3.2.3-1 500kV 送出海底电缆拐点分布示意图

图 3.2.3-2 500kV 送出海底电缆间距示意图

图 3.2.2-3 项目登陆点示意图

图 3.2.2-4 登陆点定向钻位置示意图

3.2.4 陆上集控中心

陆上集控中心站址内分为两大功能区，分别为站址北侧为储能设施区，站址南侧的集控区。南侧集控区规划为东西两个组团布置，集控东区为靠近核电道路的综合办公组团，布置为两个项目的综合楼和出入口警卫室大门等。集控西区为生产组团，主要布置有电气综合楼及相关电气设备、SVG 楼、检修间及材料库、危废暂存间、以及综合泵房、水池和污水处理设施等水区设施。

站址面向核电道路共设置两个车行出入口，两栋综合楼设置面向核电道路的人行入口。进站道路长度暂按 50m 长，宽度 6m 考虑。站内生产道路宽采用 6m，站内道路转弯半径采用 9.0m，部分非设备运输道路采用 4m，站内设置有露天停车位，分别位于站址出入口南侧综合办公组团，方便生产办公人员停放。

生活污水处理装置处理能力 $2\text{m}^3/\text{h}$ ；事故油罐间可以收集事故情况下泄露的柴油，容积约为 150m^3 。

陆上集控中心的设备配备情况详见表 3.2.4-1。

表 3.2.4-1 陆上集控中心设备配备情况一览表

序号	名称	型号和规格	单位	川岛一	川岛二	备注
一	500kV 配电装置					
1	500kV GIS 设备	550kV, 4000A, 50kA, 125kA 双母线接线, 2 个海缆进线间隔, 1 个出线间隔, 1 个降压变出线间隔, 1 个母联间隔, 2 个母线设备间隔	套	1		
二	500kV 变压器					
1	SVG 降压变	一级能效, 三相有载调压, 自然冷却, 双卷 降压变压器铜绕组 SZ-180000/500 180MVA 525±8×1.25%/36kV	台	1	1	
三	无功补偿装置					
1	500kV 电抗器	500kV 225Mvar 三相	台	2	2	暂定
2	动态无功补偿装置	SVG 型, 40.5kV, ±45Mvar	套	4		暂定
四	35kV 配电装置					
1	35kV 空气绝缘 铠装柜	40.5kV SF6 断路器柜 3150A, 31.5kA	面	1		
2	35kV 空气绝缘 铠装柜	附属柜	面	1		
3	35kV 空气绝缘 铠装柜	40.5kV SF6 断路器柜 1250A, 31.5kA	面	4+1		1 面预留滤波器备用

序号	名称	型号和规格	单位	川岛一	川岛二	备注
4	35kV 空气绝缘铠装柜	0.5kV, 真空断路器柜 1250A, 31.5kA	面	1		
5	35kV SF6 气体绝缘开关柜	PT 柜	面	1		
五	站用电系统					
1	站用变	SC18-1000/35, 35±2×2.5%/0.4kV, D,yn11, Ud=4%	套	1		
2	低压配电柜		面	18		
3	检修箱		个	10		
4	10kV 欧式预装式集装箱变电站	10kV/0.4kV, 含 10kV 进出线 2 回 630A, SCB18-1000/10 10±2×2.5%/0.4kV, D,yn11, Ud=4%1 台, 0.4kV 馈线 3 回, 加无功补偿装置	套	1		备用电源

图 3.2.4-1 陆上集控中心总平面布置图

3.3 工程结构方案

3.3.1 海上升压站

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。

海上升压站上部组块采用四层布置，平台最外缘大小（长×宽）（不包含楼梯和局部飘出部分长度）分别为一层 62.0m×47.6m、二层 62m×47.6m、三层 62m×47.6m，四层 62.0m×35.5m。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1500、H1200、H1000 及热轧 H 型钢 H900、H700、HM600、HM500、HN400，次梁采用热轧 H 型钢 HN300 等。立柱采用 $\phi 1600$ 、 $\phi 1000$ 钢管，两层主甲板间斜撑采用 $\phi 610$ 、 $\phi 508$ 、 $\phi 406$ 和 $\phi 356$ 等钢管，甲板之上满铺 6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用 Z 向钢钢材 DH36 加强。

海上升压站下部结构采用四桩导管架型式。主导管采用 $\phi 2200$ 钢管，成矩形布置，设置水平圆管 $\phi 1400$ 、组合型钢材及斜拉圆管，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。导管架上设靠船构件、登船平台等附属构件。导管架上设置靠船构件、登船平台以及阴极保护系统等。升压站导管架底部桩靴中心根开为 58m×48m，约重 4576t。

海上升压站钢管桩采用 $\phi 5500$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 40~80mm。桩长约为 101m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。4 根桩总重约 3550t。

在海上升压站两侧沿导管架分别布置 $\phi 325\text{mm}$ 的 66KV 海缆保护 J 型套管和 $\phi 508\text{mm}$ 的 500kV 海缆保护 J 型套管。66KV 海缆和 500kV 海缆沿 J 型套管登入、登出海上升压站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。

本工程海上升压站结构设计使用年限为 50 年，结构安全等级为一级。

图 3.3.1-1 海上升压站导管架基础立面图（2 轴立面图）

图 3.3.1-2 海上升压站导管架基础立面图（B 轴立面图）

3.3.2 海上无功补偿站

海上无功补偿站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。

海上无功补偿站上部组块采用四层布置，平台最外缘大小（长×宽）（不包含楼梯和局部飘出部分长度）分别为一层 50.0m×39.3m、二层 50.0m×39.3m、三层 50m×39.3m，四层 50m×31.3m。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1500、H1200、H1000 及热轧 H 型钢 H900、H700、HM600、HM500、HN400，次梁采用热轧 H 型钢 HN300 等。立柱采用 $\phi 1600$ 、 $\phi 1000$ 钢管，两层主甲板间斜撑采用 $\phi 610$ 、 $\phi 508$ 、 $\phi 406$ 和 $\phi 356$ 等钢管，甲板之上满铺 6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用 Z 向钢钢材 DH36 加强。

海上无功补偿站下部结构采用四桩导管架型式。主导管采用 $\phi 2200$ 钢管，成矩形布置，设置水平圆管、组合型钢材及斜拉圆管，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。导管架上设靠船构件、登船平台等附属构件。导管架上设置靠船构件、登船平台以及阴极保护系统等。补偿站导管架底部桩靴中心根开为 48m×48m，约重 3543t。

海上无功补偿站钢管桩采用 $\phi 4800$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 40~80mm。桩长约为 101m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。4 根桩总重约 2511t。

在海上无功补偿站两侧沿导管架分别布置 $\phi 508\text{mm}$ 的 500kV 海缆保护 J 型套管。500kV 海缆沿 J 型套管登入、登出海上无功补偿站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。

本工程海上无功补偿站结构设计使用年限为 50 年，结构安全等级为一级。

图 3.3.2-1 海上无功补偿站导管架基础立面图（B 轴结构立面图）

图 3.3.2-2 海上无功补偿站导管架基础立面图（5 轴结构立面图）

3.3.3 500kV 送出海缆

本项目布置两回 500kV 送海底电缆连接海上升压站与陆上集控中心，中间布置一座海上无功补偿站，单回长约 116km，拟选用型号 HYJQF41-F 290/500 3×800mm²的三芯海底电力电缆，电缆外径为 305mm。

表 3.3.3-1 500kV 海底电缆结构一览表

序号	名称	标称厚度 mm	近似外径 mm
1	阻水铜导体	/	33.6
2	导体屏蔽	2.4	38.8
3	XLPE 绝缘	34.0	106.8
4	绝缘屏蔽	1.5	109.8
5	半导体阻水带	2.0	113.8
6	合金铅套	3.9	121.6
7	半导体 PE 护套	4	129.6
8	光纤单元	2 根	13.6
9	填充	/	279.5
10	包带	0.1	279.8
11	PP 内垫层	1.5	282.8
12	铠装钢丝+沥青	6.0×(139±5)根	294.8
13	PP 外被层	4.0	302.8
14	单重	149.3kg/m (空气中)	
15	电容值 μF/km	0.126	
16	电感值 mH/km	0.456	
17	损耗值 (三相) kw/km	101.198	

图 3.3.3-1 500kV 海底电缆结构示意图

3.4 工程施工方案

3.4.1 施工工艺及方法

3.4.1.1 海上升压站、海上无功补偿站

海上升压站和海上无功补偿站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。一般来说，主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作→电气设备安装、调试→导管架沉放→钢管桩沉桩施工→上部平台整体安装→电气设备联动调试。

(1) 钢管桩、导管架的制作、运输

本阶段选择在工程周边区域内的大型钢结构加工企业或船厂类企业中进行

整体加工制作，钢管桩运输选择 15000t 级以上的驳船，考虑运输驳船使用拖轮拖带，驳船的配套拖轮考虑为 5000HP 及以上动力。

(2) 导管架沉放施工

在导管架运输至海上升压站和海上无功补偿站位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。为保证导管架安放水平，施工前，在辅助驳船上配冲喷设备、沙石料等，对海床实施扫海，垫砂整平，确保海床无障碍物及基本平整。本工程升压站导管架约重 4576t，补偿站导管架约重 3543t。根据导管架吊重、吊装尺寸的要求，并按照起重机 85%起重保证率的设备性能要求，同时考虑本标段升压站、补偿站基础工程桩长度较大，针对基础“先沉放导管架、后插桩施工”的施工顺序，对浮式起重船的吊高能力提出了相当严格的要求。为减少船机资源配置，本阶段初步选择 4000t 级全旋转浮式起重船进行导管架的沉放与钢管桩施工。导管架安装到位后，应及早跟进沉桩施工，以免导管架在风浪作用下滑移，超出偏差要求。

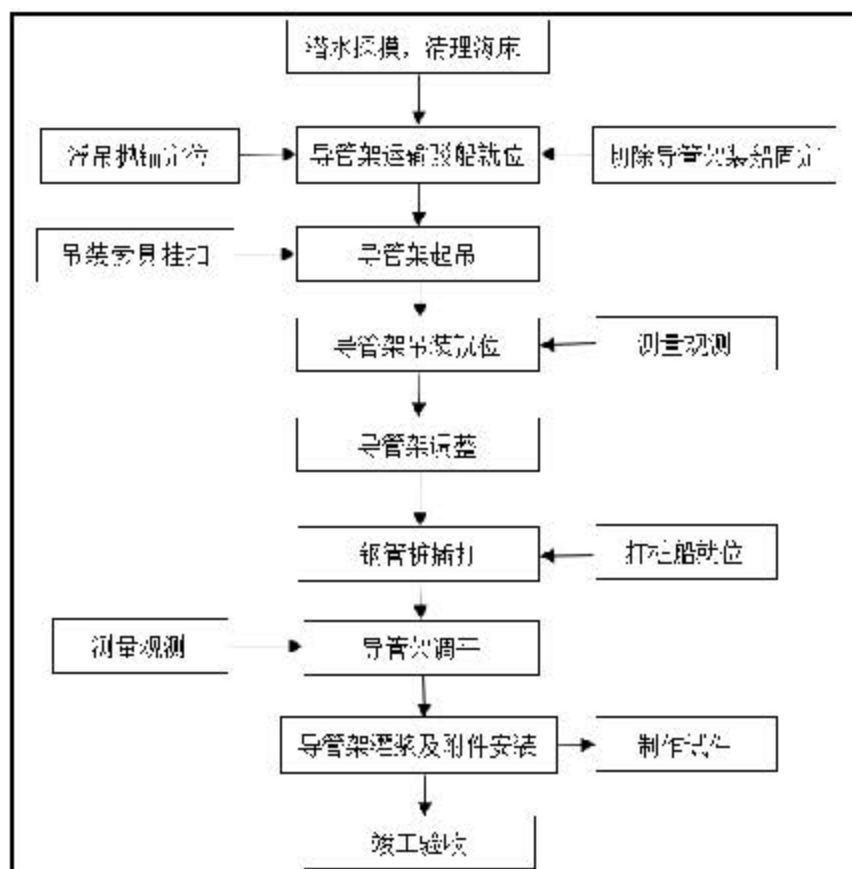


图 3.4.1-1 桩基础导管架施工流程图

(3) 钢管桩沉桩施工及连接段灌浆

为保证管桩的加工与施工质量，拟采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。沉桩过程中桩基为垂向入泥，桩穿过导管架上的桩靴，内部设置限位板，确保钢桩沉桩垂直度以及钢桩与导管架桩靴间的环缝的最小间距的精度，保证沉桩施工的角度与精度控制满足要求。桩锤系统根据工程基础管桩设计参数，选用 MHU1900 锤型。

钢管桩、导管架桩靴之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与桩管间的间隙后进行。灌浆施工由甲板驳船上所载的灌浆泵高压泵送灌注专用的灌浆材料，灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。由于可能存在泥沙等杂物，影响灌浆效果，灌浆前可用吸力较强的小型吸泥泵清理底部泥沙，吸泥完成后尽快进行灌浆施工。冲洗灌浆腔体的污水泵送至船上的污水收集箱，运回岸上有资质的单位进行处理。灌浆材料的性能必须确保满足设计要求，在施工监理方的监督下，采用小型压浆机将材料浆液压至导管与钢管桩的环缝内，自下而上注满。

施工时，用软管伸入导管架桩靴内部，利用灌浆的自重挤出空气达到密实，待浆液从顶部溢出后即可停止灌浆并迅速拔出软管。

(4) 上部组块制作

海上升压站、海上无功补偿站上部组块平台共分四层，一层平台、二层平台、三层平台及顶层平台。各电气设备按照功能需求设置在不同隔层范围内，本工程升压站、补偿站上部组块结构类同于海上石油类钻井平台上部组块结构，因此本阶段上部组块结构参考成熟的钻井平台上部组块结构的施工方案进行考虑，一般都在加工现场整体制作完毕后，现场进行一次性吊装。

根据类似工程实际的操作模式，为尽量减小现场的安装次数，避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时减少海上设备安装调试时间，海上升压站、海上无功补偿站上部平台采用陆上总装的方式，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。上部结构由立柱、甲板、主次梁和斜撑组成。

上部组块的主体设备是电设备，因此在钢结构制作过程中需要结合电气设备的到货时间来进行电气设备安装。

(5) 上部组块运输与安装

本工程海上升压站钢结构平台与内部电气设备组合形成整体的上部组块总重量约为 6400t，海上无功补偿站为 4900t，国内较少起重船施工能力满足其起吊安装要求，故建议主平台通过滑道或模块车，配合可调载自航驳船，依次进行装船作业。

运输用船舶应尽量保证升压站、海上无功补偿站上部组块的整体边界在船舶型宽范围内，尤其应保证底部四根主柱位置在船舶型宽有效范围内。根据上述对运输船舶尺寸数据的要求并参考同类海工结构组块实际选用运输船舶的情况，考虑运输稳性要求，推荐选用 15000t 级自航驳船进行运输。

海上运输条件复杂，升压站组块为大尺寸、超重量的构件，运输过程中受天气、海况等影响较大，船身可能出现横倾晃动的危险，因此需要根据升压站尺寸与重量等条件，统筹规划生产基地，选择有利的天气时机，并对运输船舶增加临时辅助固定装置，降低运输过程中的风险，增加运输过程中的可靠性。

根据钢桁架组合体上部结构整体吊装尺寸要求，选择 7500t 级及以上起重能力的浮式起重船进行组合体的安装工作。

3.4.1.2 500kV 送出海底海缆

本工程海缆敷设为海上升压站与海上无功补偿站、海上无功补偿站与陆上集控中心之间的 500kV 海底电缆。根据水深要求，主要采用深埋方式。初步预估电缆要求的埋设深度为：陆上段电缆埋设深度为土质地层为不小于 1m，石质地段不小于 0.5m；水陆连接段海区（0m 等深线以上）要求埋设深度为不小于 2m，并采用关节套管保护，在非航道段埋深 3m，航道段埋深 4m，具体实际埋深需根据路由勘察结果和实际安全需要确定。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。具体方案根据路由勘察报告确定。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：



图 3.4.1-2 海缆敷设施工工艺

(1) 接缆

接缆采用海缆敷设船接缆，接缆地点一般为生产厂家码头。电缆在过驳前首先对电缆进行出厂检验，对装载上船的海底电缆进行性能检测，包括逐根进行交流耐压、绝缘电阻、泄漏电流、铅包耐压等测试；待测试符合设计标准后方能进行过驳施工。装船完毕后重新对海底电缆性能检查测试，确认各项性能指标满足工程设计要求。

(2) 试航

施工船舶到达施工现场之后，可首先进行试航作业，以确保施工顺利及施工质量。

(3) 扫海

该工作主要解决施工路由轴线上影响施工顺利进行的旧有废弃缆线、插网、渔网等小型障碍物。采用锚艇尾系扫海工具，沿设计路由往返电缆路由扫海一次，发现障碍物由潜水员水下清理；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，拟订解决方案并上报。

(4) 敷设主牵引钢缆

海缆敷设船一般为无动力船型，需要拖轮拖带。本项目初步考虑采用设置主牵引钢缆引导敷设船的施工方法：首先施工船根据 DGPS 定位就位于始端登陆点附近路由轴线上，由锚艇在电缆设计路由上抛设牵引锚，牵引锚和主牵引钢缆连接后开始敷设主牵引钢缆，直至将主牵引钢缆和施工船上卷扬机连接。施工时，由锚艇敷设主牵引锚。当施工至终端登陆点附近时，将主牵引钢缆与预先设置在终端登陆点侧的地锚相连接，牵引钢缆敷设时采用 DGPS 定位系统。

(5) 始端登陆

完成海缆始端登陆施工后，在 GPS 定位下，由潜水员摸清预先在水下处理好的登陆段沟槽，然后沿登陆段海缆逐个拆除浮运海缆的轮胎，将海缆按设计路由沉放至海床上。

(6) 电缆敷埋段施工

本阶段推荐采用敷埋同步方式，确保海缆在非航道段埋深 3m，航道段埋深达 4m。考虑到集约用海的要求，对于不能满足海缆敷设间距的深水海域，建议施工单位采用含 DP 的高精度海缆敷设船进行敷设施工，并在海缆敷设完成对所有海缆进行扫测并提供扫测报告。

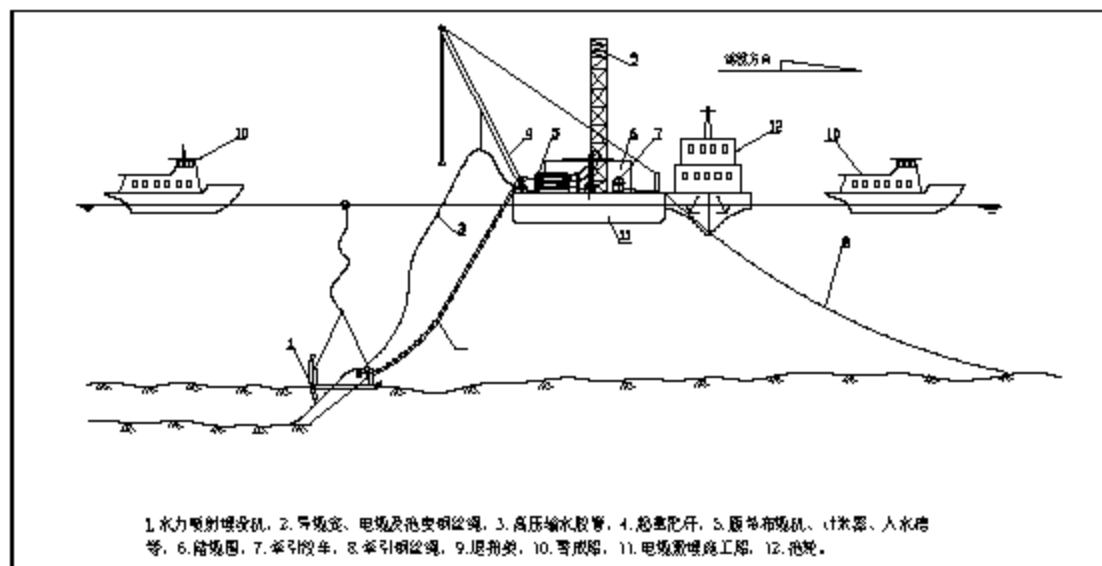


图 3.4.1-3 海底电缆敷设施工

(7) 终端登陆施工

在海缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。准确测量登陆长度后，在施工船上截下余缆，并对截断海缆两端进行铅包封堵工

作，防止海缆截断后外界环境对电缆造成电气性能及绝缘影响，确保海缆埋设及后续工作质量。海缆截断封堵结束后，进行海缆的终端登陆。

海底电缆在升压站、补偿站的登陆，需穿过与桩基固定的“J”管，登平台前应将钢丝绳置换“J”管内预先设置的牵引绳索，用船上绞车将电缆由海底通过“J”管口牵引至平台塔筒内预定位置。

(8) 登陆段施工

根据 2022 年广东省政府批复海岸线，本项目登陆段所涉及的岸线类型为人工岸线，所在岸线现状向海一侧是河口，向陆一侧为山乔木林地，根据对登陆段的施工方案的比较以及减轻对现状岸线附近开发活动的影响，本项目采用定向钻的施工方式进行底土的穿越，定向钻施工全长约 853m，入土点（

），位于岸线向陆一侧约 103m，出土点（

），位于岸线向海一侧约 750m。

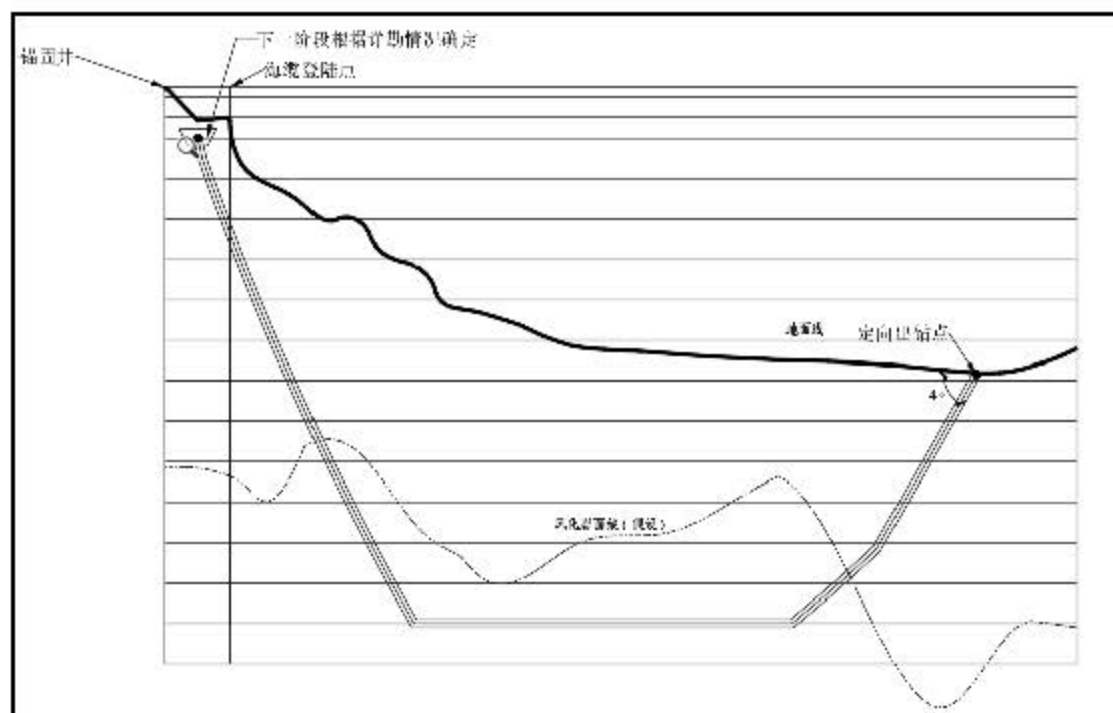


图 3.4.1-4 水平定向钻登陆纵断面示意图

定向钻埋管与海缆登陆描述如下：

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测量前对全站仪、经纬仪、水准仪等测量仪器进行校定，仪器必须经校

验合格且在有效期内方可使用。测量放线，确定穿越距离和设计穿越线路，根据施工图纸和有关资料，结合施工现场和钻机的实际情况，确定拉管的距离，描绘出导向管的路线图，图中反映敷设管线的进、出土点位置、长度、深度和管线的形状。根据施工要求，在靠近登陆点需开挖一个工作坑。在工作坑前方还需要停放施工机械以及导管拆装施工操作面，需占用 10m×4m 的地方做工作坑的施工操作空间。浅滩段出钻点需设置船舶锚泊作为接收平台。

②开钻前将探测仪的探头置于导向钻头上，并测试探头反射信号是否正常。将导向杆以设计入土角度入土开钻，钻孔过程中采用泥浆护壁工艺进行保护。入土深度达到设计管位中心高程时，导向杆沿管道轴线直走。在导向钻孔过程中技术人员根据所测获得钻头的角度、深度等数据，判断钻孔位置与钻进路线图的偏差，再向钻机操作人员进行调整，及时记录好导向数据。

③扩孔采用常规拉扩工艺，扩孔方向可由海上向陆地上扩，扩孔过程中，应随时监控扭矩的变化，如发现空转扭矩超过安全值，宜采取洗孔作业，洗孔结束后，再继续进行扩孔，扩孔结束后，如发现扭矩、拉力仍较大，可再进行洗孔作业。在每级扩孔施工中，要认真观察扩孔情况。如果发生扩孔不顺畅等，则需进行一次洗孔，实际扩孔尺寸可根据现场情况进行调整。完成扩孔后进行测孔（也可随扩孔、洗孔同时进行），若测孔参数不满足设计文件及相关规范对回拖管线的曲率要求，根据测孔数据针对有问题的部位进行修孔，直到满足回拖曲率要求。

④保护套管接上回扩头，将保护管拖入孔中，保护管回拖就位后，由预先穿在管内的钢丝牵引海缆穿管，回填工作坑，海缆敷设完成。

定向钻可行性分析：陆域集控中心位于登陆点北侧约 460m，定向钻由登陆点附近入钻，需穿过黑沙湾陆地部分，从黑沙湾南侧海域出钻，全长约 853m。黑沙湾地表为大片平地，上有少量建筑物，南侧海岸线为砂质海滩。定向钻扩孔难度不大，且灌入泥浆能够形成稳定孔壁，施工可行性高，项目定向钻穿越自然岸滩，施工可行。定向钻施工工艺为非开挖施工，避免了对所在岸线的开挖，有利于对所在岸线的生态环境保护，是合理的。

(9) 海缆保护

本工程海缆敷设包括海上升压站与海上无功补偿站、海上无功补偿站与陆上集控中心之间的主送出海缆。工程海域海床表层土为新近沉积淤泥土，建议采取以下防护措施进行海缆保护。

①建设单位应按照国家法律法规，维护自身合法权益，保护海底电缆的安全。

②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。

③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。

④海底电缆可采取全程埋设并采用套管保护、加盖保护件的保护方式。

⑤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。

3.4.1.3 陆域电缆施工

陆上电缆长度约 853m，其中直埋段施工长度约 224m，定向钻施工长度约 629m。

1、海域登录段（定向钻）：在陆侧设置钻机始发坑、海侧设置接收坑，采用导向仪实时监控钻进轨迹，按设计深度和方向钻进导向孔，再分级扩孔形成稳定孔道。随后匀速回拖电缆，避免扭曲拉伸，回拖完成后对孔道注浆填充，防止海床塌陷，同时设置海床标识浮标，全程采用环保型泥浆并回收处理，回收的泥饼运至集控中心，参与集控中心的土方平衡，交由台山市赤溪镇人民政府统一处置，定向钻泥浆泥水分离废水沉淀后回用于洒水抑尘，避免海域污染。

2、陆域直埋段：按设计深度开挖沟槽，槽底铺设细沙垫层，电缆敷设时控制弯曲半径，避免交叉扭曲。电缆上方覆盖细沙后，分层回填素土并压实，严禁使用建筑垃圾回填。回填后按规范设置电缆标识桩。

3、陆域林地段（定向钻）：在林地边缘设置始发坑，采用低扰动钻进工

艺，控制泥浆压力避免破坏根系层。分级扩孔时回收钻渣，回拖电缆后清理施工便道及坑位，施工期间配备防火设备，完工后经相关部门验收合格方可撤离。

图 3.4.1-6 登陆段及陆域电缆施工方式示意图

3.4.1.4 陆上集控中心施工

1、一般建（构）筑施工

陆上集控中心内主要是控制楼、办公生活楼、配电装置楼等建筑物的施工。施工流程包括以下方面：

（1）基础开挖

1) 土方开挖

土方开挖严禁超挖，机械挖到离设计标高 20cm 外，由人工清理到设计标高。土方开挖完成后要及时组织验收，尽快进行垫层施工，尽量避免气候变化的影响。基坑（槽）周围不得堆入弃土，并保持防雨水流入基坑（槽）的坡度。

2) 回填

回填分为基槽、基坑和房芯回填。基槽、基坑回填时，用木夯或汽夯进行分层夯实，工作面够宽时采用蛙式打夯机夯实，房芯回填时采用蛙式打夯机分层夯实。土方回填前应做好基础隐蔽验收工作，待基础结构验收合格后方能施工。施工时选用符合设计要求有机物不超过 5% 的土回填，用手推车运至现场。基槽、基坑回填时须对称两侧同步进行，从最低处开始，由下而上，逐层回填，分层夯实。

（2）砌体施工

砌体工程的主要施工工序为弹划平面线→检查柱、墙上的预留的连结筋，遗留的必须补齐→砌筑→安装或现浇门窗过梁→顶部砌体，砖墙砌筑应上下错缝，内外搭接、灰缝平直、砂浆饱满。

（3）脚手架工程

主体施工应采用扣件钢管搭设脚手架，四周采用密目网封闭，主体施工室

内采用满堂脚手架，主要用于支模，钢筋绑扎，混凝土浇筑、砖砌筑。

（4）钢筋工程

施工现场附近设置钢筋加工场，钢筋工程的施工质量要求及应达到的标准，钢筋锚固、搭接、保护层厚度，均应符合图纸及有关规范要求。

（5）混凝土工程

陆上集控中心的施工所需混凝土采用商品混凝土，直接在项目周边购买运输至现场即可。混凝土自搅拌机中卸出后，应及时运到浇筑地点，在运输过程中，要防止混凝土离析，水泥浆流失，坍落度变化以及产生初凝等现象，如混凝土运到浇筑地点有离析现象时，必须在浇灌前进行二次拌和，混凝土在现场运输工具有井架、混凝土搅拌机、混凝土泵车、手推车、滑槽等。浇筑混凝土浇筑时宜分段分层进行，每层浇筑高度应根据结构特点钢筋疏密决定，一般分层高度为插入式振动器作用部分长度的 1.25 倍，最大不超过 50cm，平板振动器的分层厚度为 20cm。使用插入式振动器应快插慢拔，插点均匀排列，逐点移动，按顺序进行，不得遗漏，做到均匀振实。移动间距不得大于振动棒作用半径的 1.5 倍（一般分为 300-400mm），振捣上一层时应插入下一层混凝土面 50mm，以消除两层间的接缝。平板振动器的移动间距应保证振动器的平板覆盖已振实部分的边缘。混凝土浇筑完成后，应在 12h 左右开始浇水养护，混凝土浇水养护日期不少于 7 天，掺有早强作用外加剂的不少于 14 天。

（6）内外装修

1）装饰抹灰施工

拌灰之前先清理基层，墙体冲水浸湿，先做灰饼，再进行大面积抹灰。抹灰分两三层进行，抹灰基本完成后，利用靠尺的冲筋平面作基准，赶平压实，然后再做抹平层。

2）内墙涂料施工

内墙涂料施工要求基层表面坚固、无酥皮、脱皮、起壳、粉化等现象；基层表面油污、灰尘清除干净，孔洞和不必要的沟槽应提前修补。涂刷时，其涂刷方向和行移距离应一致。涂刷层次符合设计要求，在前一度涂刷层表面干燥后才能进行后一度的涂刷。要求涂刷层厚度一致，色泽均匀，质感一致。

3) 外墙面砖镶贴施工

外墙面砖镶贴的原则是先贴大面，后贴阴阳角、凹槽等难度较大的部位，镶贴时应从阳角开始，使半砖留在阴角。施工程序为：找平层湿水→作面砖灰饼→抹纯水泥浆结合层→镶贴面砖，并以面砖灰饼为基准检查平整度→勾缝。施工前按设计要求挑选规格、颜色一致的瓷砖，并在使用前在清水中浸泡 2~3 小时后取出阴干备用。镶贴前要找好规矩，用水平尺找平，校核方正，算好纵横皮数和镶贴块数，并根据水平标准线，进行预排。

(7) 楼（地）面工程

楼（地）面一般为分别为石英玻化地砖、防滑地面砖、抗静电活动地板、现浇细石混凝土防水地面、环氧树脂自流平工业地坪涂料地面等做法。各层楼面施工均按 50mm 线控制标高，基层要清理干净，刷素水泥浆为粘结层。地砖铺贴工艺为清理面层→找标高、弹线→试饼、试排→铺找平后砌浆→铺地面砖→擦缝→养护。

(8) 天棚吊顶施工

施工工艺流程为：弹顶棚标高水平线→划龙骨分档线→安装主龙骨吊杆→安装主龙骨→安装次龙骨→刷防锈漆→安装铝合金罩面板→安装压条。施工时，主、次龙骨的档距要满足设计和规范的要求；在安装罩面板前，必须对顶棚内的各种管线进行检查验收，合格后，才允许安装。

(9) 门窗工程

门窗安装前要弹窗洞口竖向中心线和墙中心线，保证上下层竖向中心线重合。洞口水平中心线由室内 50cm 水平线控制。门窗施工工艺为弹出门窗中心线、位置线→套方→调整门窗固定→抹灰固定→清理污染→装推拉扇及玻璃→打密封胶→清洗→成品保护。

(10) 水电安装

水电安装主要包括给排水管线、卫生器具、电气照明、动力配线等安装。以上工序应与土建密切配合，在室内装饰前做好预埋、剔槽等工作，管线穿楼板或穿墙按规定做套管，土建应提前创造条件，管道背后墙面先做粉刷。

2、广场道路施工

站内道路的主要工艺流程为测量放线→垫层摊铺→碾压→基层摊铺→碾压→混凝土面层→切缝机切缝→填缝材料→养护→路面清扫。

3、电气安装与调试

(1) 电缆线路安装技术要求

电缆管的加工敷设，电缆敷设及电缆终端头的制作等均应符合《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》(GB50168)的有关规定和施工图纸要求。

(2) 主变压器安装技术要求和注意事项

主变压器到达现场后，除进行外观和数量检查外，还应检验制造厂的各项规定。变压器本体及附件的安装应遵守制造厂的安装装配图、安装使用说明书中的规定。绝缘油必须符合国家标准 GB50150《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》的规定。变压器安装完毕后，应用高于附件最高点的油柱压力进行整体密封试验，其压力为油箱底部达到 50kpa 压力，试验持续时间为 36h，应无渗漏。

(3) GIS 安装技术要求

GIS 全套设备和安装、调试，应在厂家指派工程师及安装说明书指导下，并应符合 GBJ147《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》的有关规定和施工图纸要求。

4、陆域电缆施工

本工程陆域电缆施工结合沿线地形、生态敏感区及岸线管控要求，采用定向钻穿越 + 直接开挖相结合的施工方式，统筹工程安全、生态保护与施工效率。电缆穿越岸线出口段，为避免破坏岸线形态、减少水土扰动与水体污染风险，选用定向钻非开挖施工，精准控制穿越轨迹，实现无扰动式岸线穿越。途经林地区域，为最大限度保护植被、减少林地占用与林木破坏，统一采用定向钻施工，规避开挖对林地生态的影响，严守生态保护要求。非林地区域地质条件稳定、无敏感生态约束，采用直接开挖敷设施工，简化作业流程、提升施工效率，开挖后及时恢复地表，做好场地平整与水土保持。全过程严格遵循施工规范，强化质量管控与安全防护，最大程度降低对周边环境的影响，保障电缆敷设工程有序推进。

3.4.2 施工总进度

本工程项目总工期计划为 13 个月，其中工程主体施工总工期为 11 个月。本工程于 T+0 月开工后，T+2 月后施工准备完成，主体工程开始施工，第 T+11 个月后升压站与补偿站的上部组块建造完成，第 T+11 月底 500kV 送出海缆铺设完成，第 T+13 个月升压站与补偿站调试完成，项目竣工验收。

图 3.4.2-1 项目施工进度计划表

序号	项 目	工期 (月)	计划开工 (月)	计划结束 (月)	备 注
1	施工准备	2	T+0	T+2	
2	海上升压站上部结构加工制作	8	T+3	T+10	
3	海上升压站下部基础加工制造	4	T+5	T+8	
4	海上升压站基础施工与上部安装调试	1	T+9	T+9	下部基础施工
		1	T+11	T+11	上部组块安装
		2	T+12	T+13	调试
5	海上无功补偿站上部结构加工制作	8	T+3	T+10	
6	海上无功补偿站下部基础加工制造	4	T+5	T+8	
7	海上无功补偿站基础施工与上部安装调试	1	T+9	T+9	下部基础施工
		1	T+11	T+11	上部组块安装
		2	T+12	T+13	调试
8	陆上集控中心	8	T+3	T+10	土建施工
9	500KV 送出海缆敷设	3	T+9	T+11	
10	陆域电缆施工	1	T+11	T+11	

3.4.3 施工机械

本项目工程施工主要项目有海上升压站和海上无功补偿站施工、500kV 送出海缆敷设、陆上电缆、陆上集控中心等，涉及的主要施工机械设备见表 3.4.3-1。

表 3.4.3-1 本项目施工主要机械一览表

海上升压站主要施工设备配置表					
序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	浮式起重船	4000t 级及以上	艘	1	导管架基础施工，配置 MHU1900 液压打桩锤作为首选桩锤
2	起重船	7500t 级及以上	艘	1	上部组块装船及现场安装
3	甲板驳船	10000t 级	艘	1	钢管桩、导管架的运输，船宽不小于 40m

4	甲板驳船	15000t 级	艘	1	上部组块运输；
5	拖轮	5000HP	艘	1	拖运船舶
6	抛锚艇	/	艘	2	打桩船、起重船等抛锚
7	交通艇	/	艘	2	
海上无功补偿站主要施工设备配置表					
1	浮式起重船	4000t 级及以上	艘	1	导管架基础施工，配置 MHU1900 液压打桩锤作为首选桩锤
2	起重船	7500t 级及以上	艘	1	上部组块装船及现场安装
3	甲板驳船	10000t 级	艘	1	钢管桩、导管架的运输，船宽不小于 40m
4	甲板驳船	15000t 级	艘	1	上部组块运输；
5	拖轮	5000HP	艘	1	拖运船舶
6	抛锚艇	/	艘	2	打桩船、起重船等抛锚
7	交通艇	/	艘	2	
海缆敷设					
1	带埋设机的铺缆船	载缆 10000t 及以上	艘	3	500kV 铺缆
2	卷扬机	/	台	2	电缆牵引
3	拖轮	/	台	2	铺缆船拖航及稳定性控制
4	抛锚艇	/	艘	2	铺缆船抛锚
5	交通艇	/	艘	2	接送人员
海缆登陆段施工设备					
1	水平穿越机	DDW-240/70	台	1	240T
2	泥浆泵及其循环系统	W-446	套	1	/
3	柴油发电机	STC-200	台	1	/
4	平板驳船	咸丰 7	艘	1	/
5	抛锚船		艘	1	/
6	拖轮		艘	1	/
7	交通艇		艘	1	/
陆上集控中心					
1	液压挖掘机	/	台	2	/
2	重型运输车	/	台	3	/
3	推土机	/	台	2	/
4	重型运输车	/	台	3	/
5	推土机	/	台	2	/
6	静力压桩基	/	台	2	/
7	重型运输车	/	台	3	/
8	混凝土振捣器	/	台	2	/
9	重型运输车	/	台	3	/

3.4.4 土石方平衡

本工程共建设 1 台海上升压站，1 台海上无功补偿站，500kV 送出电缆和 1 个陆上集控中心。

(1) 500kV 送出海底海缆

500kV 送出海缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，除送出海缆

始端登陆段需采用定向钻施工外，没有多余土石方产生。预计定向钻施工的钢管直径为 0.8m，单根长度约 850m，共计两根。预计定向钻施工产生的土石方量约 854m³，定向钻施工会产生泥浆，泥浆采用环保型泥浆回收处理，回收的泥饼（约 10m³）运至集控中心，参与集控中心的土方平衡，交由台山市赤溪镇人民政府统一处置。

（2）陆上集控中心（含陆域电缆）

陆上集控中心站区场地平整挖方约 45.68 万 m³，填方约 6.43 万 m³，清表回用约 0.80 万 m³，基槽挖土约 2.0 万 m³；陆域电缆挖方约 0.05 万 m³，填方约 0.05 万 m³；陆上集控中心外弃土方为 40.25 万 m³。

本项目共计外弃土方约 40.60 万 m³。项目的外弃土收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置。

表 3.4.4-1 土石方平衡一览表

序号	项目		产生土方（万 m³）		外弃土（万 m³）	去向
1	海底电缆		0.09		0.09	台山市赤溪镇人民政府统一处置
2	陆上集控中心	场地平整挖方	45.68	40.45	40.45	
3		场地平整填方	6.43			
4		清表回用	0.8			
5		基槽挖方	2			
6	陆域电缆		0.05		0.05	
合计			40.60		40.60	

3.4.5 施工组织

1、本项目陆域设有 1 个施工营地和 2 个临时施工场地，其中施工营地和 1 个临时施工场地设在陆上集控中心征地范围内，1 个临时施工场地，占地面积约 400m²。

2、本项目不设专用的运维码头，本项目海上施工的生活补给及海上施工人员的交通运输拟定依托项目附近码头。

3.5 工程用海情况

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），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海总面积 675.9526 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6760 公顷，海上无功补偿站透水构筑物用海面积为 0.6236 公顷，500kV 送出海缆海底电缆管道用海面积为 674.653 公顷，500kV 海底电缆管道采用立体确权。

本项目 500kV 送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 98.6m，其中自然岸线 77.7m、人工岸线 20.9m。

本项目申请用海期限为 27 年。

项目宗海位置图见图 3.5-1，项目宗海平面布置图详见图 3.5-2，项目宗海界址图见图 3.5-3。

图 3.5-1 项目宗海位置图

图 3.5-2 项目宗海平面布置图

图 3.5-3 项目宗海界址图

表 3.5-1 东海岸址点

图 3.5-4a 东海立体空间范围示意图 1（海上升压站至海上无功补偿站段）

图 3.5-4b 东海立体空间范围示意图 2（海上无功补偿站至近岸段）

图 3.5-4c 东海立体空间范围示意图 3（近岸至登陆段）

3.6 生产工艺与过程分析

3.6.1 施工期产污环节分析

3.6.1.1 海上升压站和海上补偿站施工

海上升压站和海上无功补偿站施工主要污染环节为：打桩时产生的噪声和悬浮物；施工船舶和机械产生的废水、废气以及固体废弃物等。其中废水主要为生活污水和船舶含油污水；废气主要为施工船舶和机械燃油废气；固体废弃物主要为施工人员生活垃圾以及生产垃圾等。

海上升压站和海上无功补偿站施工工序和产污环节如图 3.6.1-1。

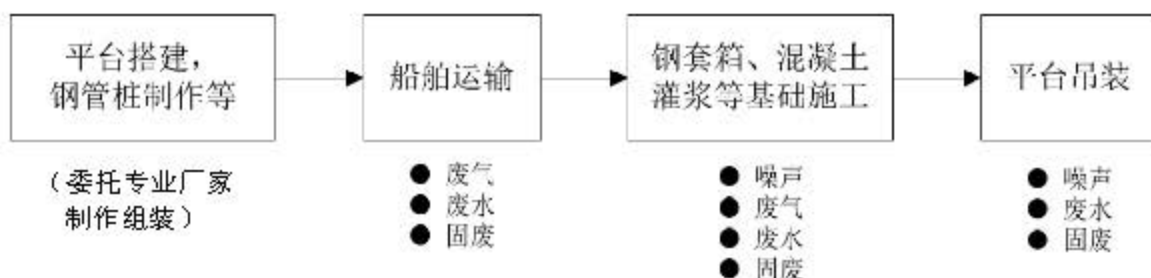


图 3.6.1-1 海上升压站和海上无功补偿站主要施工工序和产污环节

3.6.1.2 海缆施工

1、电缆施工

海底电缆施工主要污染环节为：埋设犁过程中以及埋设电缆过程中产生的悬浮物；施工船舶、运输船舶及其他施工机器设备的燃油废气、噪声、含油废水等；同时还有施工人员的生活污水和生活垃圾排放。

定向钻施工主要污染环节为：工作井开挖、钻孔施工及牵引管道过程产生的泥浆、土方、施工机械燃油废气、噪声等，同时还有施工人员的生活污水和生活垃圾。

陆域电缆开挖施工主要污染环节为：开挖施工产生固废、含泥废水、施工机械燃油废气、噪声等，同时还有施工人员的生活污水和生活垃圾。

陆上集控中心施工主要污染环节为：场地平整产生土方、施工废水、施工机械燃油废气、噪声、设备安装产生的废包装材料等，同时还有施工人员的生活污水和生活垃圾。

海底电缆施工工序与产污环节如图 3.6.1-2 和图 3.6.1-3。

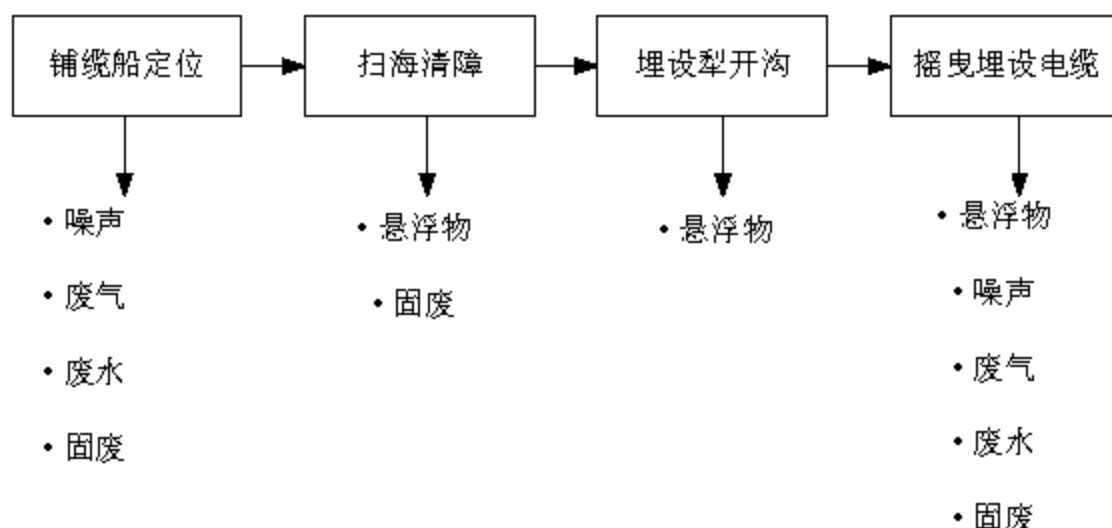


图 3.6.1-2 海底电缆主要施工工序与产物环节

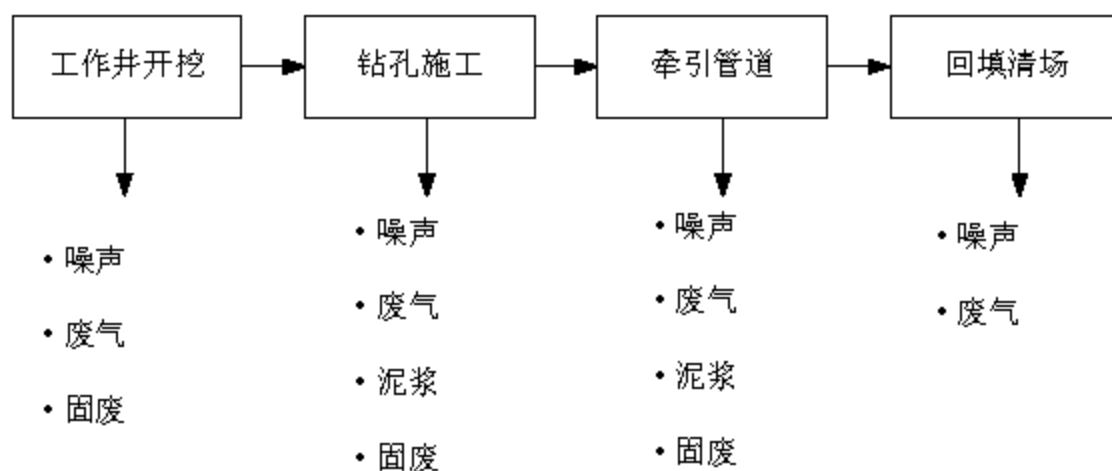


图 3.6.1-3 定向钻主要施工工序及产污环节

2、陆域电缆开挖施工

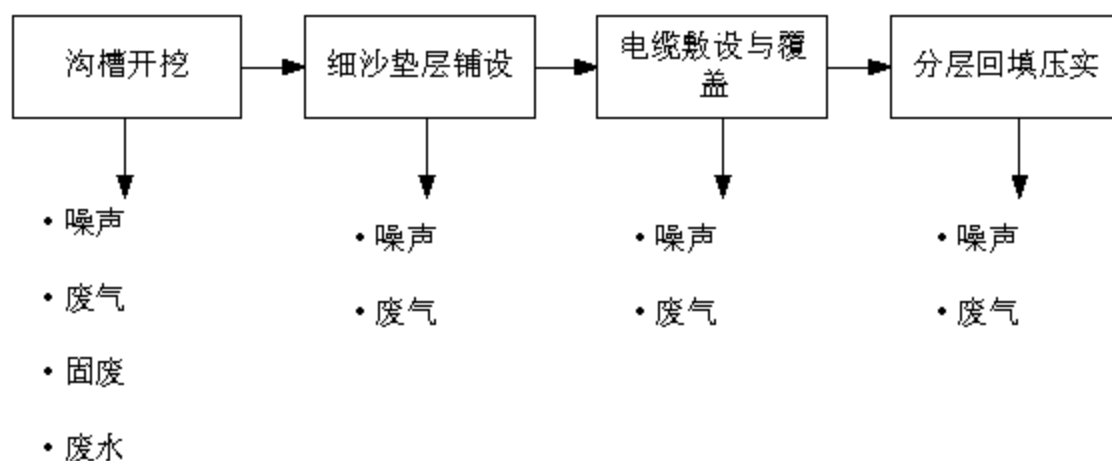


图 3.6.1-4 陆域电缆主要施工工序与产物环节

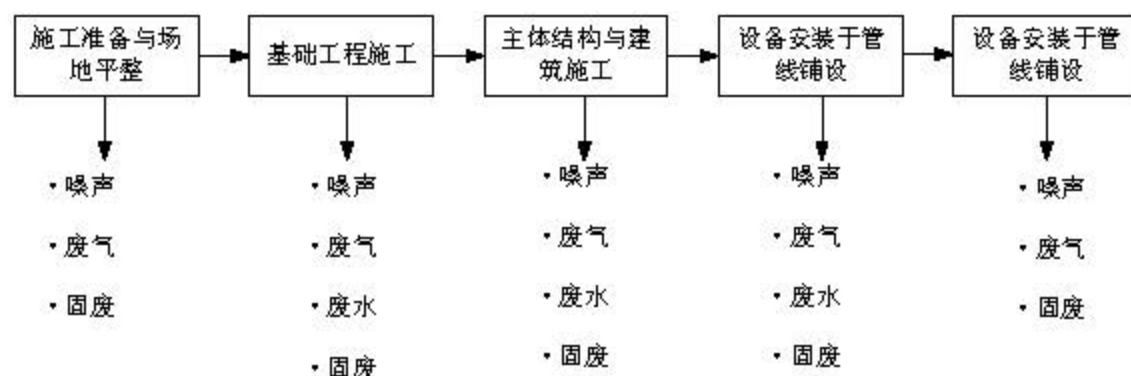


图 3.6.1-5 陆上集控中心主要施工工序与产物环节

3.6.2 营运期产污环节分析

营运期主要工艺为：江门川岛一、二海上风电场发电后采用 6 回 66kV 集电海底电缆接入海上升压站，通过 2 回 500kV 三芯交流海底电缆经无功补偿站后送至陆上集控中心。固废处置方面，中广核江门川岛一海上风电项目、国能江门川岛二海上风电项目运营产生的生活垃圾及一般固体废物，全部收集上岸后委托具备处置能力的单位处理，不在本项目评价范围，风机维修过程中产生的危险废物，则统一暂存于陆上集控中心，纳入本项目评价范围。

营运期污染因素包括：电缆输送产生的电磁辐射；海上升压站和海上补偿站产生的废气、噪声和电磁辐射；海上升压站和海上补偿站维护过程中的检修废物及船舶废气、废水和固废；风机检修过程中的危险废物；陆上集控中心产生的工作人员生活污水、生活垃圾、噪声、固废、电磁、废气等。

营运期工序和产污环节如图 3.6.1-4。

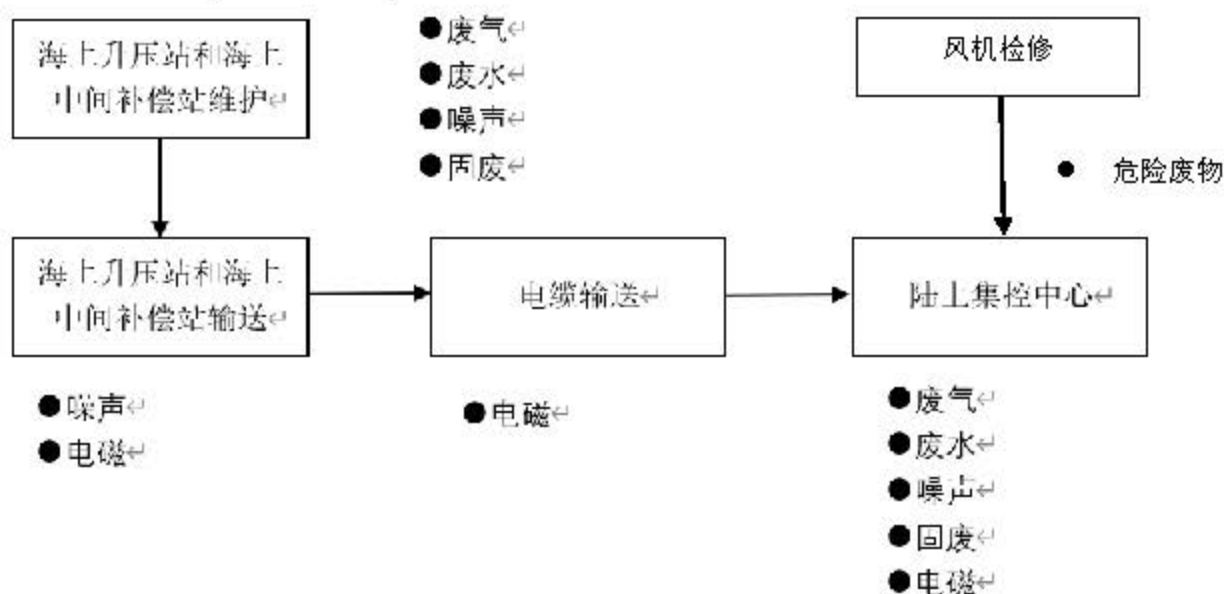


图 3.6.1-4 营运期运行主要工序和产污环节

3.7 工程各阶段污染源强分析

3.7.1 施工期污染源强分析

3.7.1.1 悬浮泥沙

(1) 扫海清障作业

扫海作业主要对海缆铺设路由两侧 50m 进行，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，悬浮泥沙源强小于 1kg/s（抓斗船小型作业强度悬沙源强），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) 钢管桩施工

工程钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算：

$$M=[0.25\times\pi\times D^2-0.25\times\pi\times (D-d)^2]\times h\times\rho\times n$$

其中，M: 桩基施工时产生的泥沙量；

D: 钢管桩直径，m；

d: 钢管桩厚度，m；

h: 桩基入泥深度，m；

ρ : 覆盖层泥沙浓度，根据报告计算得到泥沙干容重为 1168.46kg/m³、753.42kg/m³；

n: 泄漏量，按照淤工量的 5%估算。

2023 年 11 月的 CD18（比邻海上升压站）、LY16（比邻海上补偿站）站位的中值粒径分别为 0.11mm、0.01mm，计算得到海上升压站和海上补偿站的泥沙干容重为 1168.46kg/m³、753.42kg/m³。

海上升压站基础采用 $\phi 5500$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚范围为 40~80mm（取 80mm 计算），桩入泥约 95m。每根升压站基础钢管桩打桩施工时间约 9 小时。根据上述计算公式，单根升压站基础钢管桩打桩施工产生的悬浮物源强 $=[0.25\times\pi\times 5.5^2-0.25\times\pi\times (5.5-0.08)^2]\times 95\times 1168.46\times 5\%\div 9\div 3600=0.117\text{kg/s}$ 。

海上无功补偿站基础采用 $\phi 4800$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚范围为 50~80mm（取 80mm 计算），桩入泥约 85m（取 85m 计算）。每根补偿站基础钢管桩打桩施工时间约 7 小时。根据上述计算公式，单根无功补偿站基础钢管桩打桩施工

产生的悬浮物源强 $= [0.25 \times \pi \times 4.8^2 - 0.25 \times \pi \times (4.8 - 0.08)^2] \times 85 \times 753.42 \times 5\% + 7 + 3600 = 0.076 \text{ kg/s}$ 。

(3) 海底电缆敷设

本工程悬沙源强主要考虑海缆铺设施工悬沙源强，项目近岸段、中间段和靠近风电场段的源强设置如下：

根据上海节能 2023 年第 9 期《海底电缆敷设施工悬浮泥沙起悬比研究》（张琴等）研究表明：在底质粒径介于 0.011~0.11 mm 的粉砂质或淤泥质海域采用水力冲射法进行海底电缆敷设，产生的悬浮泥沙起悬比选取范围在 7%~10% 之间。悬浮泥沙起悬比主要与施工扰动强度（如施工方式和施工机械）、底质粒径有关，目前国内外研究中对海缆敷设悬浮泥沙起悬比的选取尚无实测数据支撑，水力冲射法埋设海缆时起悬比一般采用 15%~20%。本项目出于不利因素考虑悬浮物起悬以施工土方量的 20% 计。

根据设计方案，在非航道段埋深 3m，航道段埋深 4m，具体实际埋深需根据路由勘察结果和实际安全需要确定。

① 近岸段

根据施工方案，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 4m/min。近岸段总体埋深取 3m。单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20% 计，产生悬浮物泥沙量为 $0.96 \text{ m}^3/\text{min}$ 。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q = L \times A \times \gamma_s \times P$$

式中：Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s； γ_s 为泥沙干容重， kg/m^3 ；A 为海缆挖沟横截面， m^2 ；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20% 计。2023 年 11 月的 LY02、LY06 站位沉积物中值粒径分别为 0.014mm 和 0.009mm，近岸段取平均中值粒径为 0.0114mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 771.25 kg/m^3 ，电缆施工的悬浮物源强为 12.34 kg/s 。

② 中间段

根据施工方案，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 4m/min，中间段涉及航道，总体埋深取 4m。单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土

方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 $1.28\text{m}^3/\text{min}$ 。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L\times A\times\gamma_s\times P$$

式中：Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s； γ_s 为泥沙干容重， kg/m^3 ；A 为海缆挖沟横截面， m^2 ；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2023 年 11 月的 LY6、LY7、LY9、LY11、LY13、LY15、LY16、LY17、LY19 站位的中值粒径分别为 0.009mm、0.046mm、0.013mm、0.068mm、0.007mm、0.007mm、0.009mm、0.008mm 和 0.102mm，则取平均中值粒径为 0.0298mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 $920.25\text{kg}/\text{m}^3$ ，电缆施工的悬浮物源强为 $19.63\text{kg}/\text{s}$ 。

③靠近风电场段

根据施工方案，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 $4\text{m}/\text{min}$ 。靠近风电场段总体埋深 3m。单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 $0.96\text{m}^3/\text{min}$ 。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L\times A\times\gamma_s\times P$$

式中：Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s； γ_s 为泥沙干容重， kg/m^3 ；A 为海缆挖沟横截面， m^2 ；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2023 年 11 月的 CD18、CD20 站位沉积物中值粒径分别为 0.117mm、0.030mm，则取平均中值粒径为 0.0738mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 $1086.14\text{kg}/\text{m}^3$ ，电缆施工的悬浮物源强为 $17.38\text{kg}/\text{s}$ 。

3.7.1.2 废水

(1) 施工船舶生活污水

施工期船舶作业人员生活污水产生量按海上作业人员 150 人，船舶工作人员生活用水量按 $100\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，污水发生量按 85%计，则人均生活污水排放量 $85\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，计算可得船舶作业人员生活污水排放量为 $12.75\text{m}^3/\text{d}$ 。船舶工作人员生活污水拟经船舶上的生活污水收集设施收集后交由有处理能力的单位处理，不得直接排入海。

(2) 陆域施工生活污水

陆域施工人员按高峰期约 200 人计, 根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中提供的系数和计算方法来估算, 项目所在的广东属于五区, 主要污染物指标和产生系数见表 3.7.1-2。人均生活污水产生量为 213.6L/d, 则陆域施工队伍每天产生的生活污水约 42.72m³, 施工工期为 9 个月, 施工期生活污水量约为 12960m³。

表 3.7.1-2 五区城镇生活源水污染物产排核算系数

城市分类	污染物指标	单位	产生系数平均值	每日产污情况 (t/d)	施工期产污量 (t)
五区	人均日生活用水量	L/(人·天)	240	48	12960
	折污系数	无量纲	0.89	/	/
	人均日生活污水量	L/(人·天)	213.6	42.72	11534.4
	化学需氧量	mg/l	285	0.0122	3.287
	氨氮	mg/l	28.3	0.0012	0.326
	总氮	mg/l	39.4	0.0017	0.454
	总磷	mg/l	4.10	0.0002	0.047

陆域施工区域设置移动式公共卫生间, 陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理。

(3) 船舶舱底油污水

本项目施工船舶含油污水主要来自施工船舶产生的机舱油污水。根据《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)(2019 年修订), 每艘 500 吨以下的船舶舱底油污水产生量按 0.14t/d 计, 每艘 3000~7000 吨的船舶舱底油污水产生量按 1.39t/d 计, 每艘 7000~15000 吨的船舶舱底油污水产生量按 3.08t/d 计, 每艘 15000~25000 吨的船舶舱底油污水产生量按 5.60t/d 计。船舶油污水的含油浓度为浓度在 2000~20000mg/L 之间, 本次评价取 10000mg/L 计算。则本项目施工船舶含油污水最大产生量为 35.54t/d, 油类污染物产生量为 355.4kg/d。

表 3.7.1-3 船舶含油污水产生量统计

施工项目	施工船名称	船舶数量 (艘)	型号规格
海上升压站施工	浮式起重船	1	4000t 级及以上
	起重船	1	7500t 级及以上
	甲板驳船	1	10000t 级
	甲板驳船	1	15000t 级
	拖轮	1	15000t 级
	抛锚艇	2	/
	交通艇	2	/

施工项目	施工船名称	船舶数量（艘）	型号规格
海上无功补偿站施工	浮式起重船	1	4000t 级及以上
	起重船	1	7500t 级及以上
	甲板驳船	1	10000t 级
	甲板驳船	1	15000t 级
	拖轮	1	15000t 级
	抛锚艇	2	/
	交通艇	2	/
海缆敷设	铺缆船	1	10000t 级
	抛锚艇	2	/
	交通艇	2	/
海缆登录段施工	抛锚船	1	/
	拖轮	1	15000t 级
	交通艇	1	/

表 3.7.1-4 船舶舱底油污水产生量

船舶吨级（t）	船舶数量（艘）	舱底油污水产生量（t/d 污艘）	油污水产生总量（t/d）	含油浓度（mg/L）	油类污染物产生量（kg/d）
500 吨及以下	14	0.14	1.96	10000	19.6
3000~7000 吨	2	1.39	2.78	10000	27.8
7000~15000 吨	10	3.08	30.8	10000	308
合计	26	/	35.54	/	355.4

船舶舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或油污储罐，含油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。

（4）施工废水

本项目施工期的生产场地废污水主要包括建筑基坑废水、打桩废水、砂石料冲洗水、混凝土工程养护废水、定向钻泥浆泥水分离废水等。根据有关工程施工废水的实测资料，建筑基坑废水、打桩废水、砂石料冲洗废水的 SS 浓度约 7000~12000mg/L，另外，施工场地初期雨水中也含大量的悬浮物颗粒物，施工场地生产废水量与气候条件、地质情况等因素有关，无法定量分析。

上述废水均以悬浮物污染为主，且悬浮物主要是泥沙类物质，属于大颗粒不溶性的无机物颗粒，经一定时间沉降，悬浮物可以得到去除，废水可以循环利用。

项目拟在建筑施工场地设置沉淀池设施，将施工场地产生的施工废水进行拦截沉淀，沉淀后回用于洒水抑尘等，不外排入水体及市政污水管网。

（5）灌浆溢流

本项目海上升压站和海上中间补偿站基础施工时，待钢管桩沉桩到位之后，导管架与钢管桩采用水下灌浆方式连接。灌浆速率约为 2~3m³/h，当导管架上灌浆溢

流孔有浓浆溢出，即代表灌装完成，一般可在 3~5 分钟内可停止灌浆，则海上升压站和海上中间补偿站的灌浆溢流量最大约为 0.5m^3 。只要在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。

3.7.1.3 废气

施工期废气污染物主要为施工车船和施工机械的燃油尾气、施工扬尘等。

(1) 施工车船和施工机械的燃油尾气

施工车船和施工机械的燃油尾气主要污染物为 SO_2 、 NO_x 等，此类废气为间断排放，同时作业时间的相对有限，燃油量少，施工车船和施工机械使用符合标准的柴油，其烟气产生量相对较少，随着施工的结束将消失。

(2) 施工扬尘

施工过程中的扬尘主要来自电缆管沟开挖和回填、陆上集控中心施工扬尘、土方、建筑材料运输和堆积扬尘，以及施工场地的二次扬尘等。扬尘发生较随意，为无组织排放，施工期拟采用洒水抑尘，产生的扬尘较少，可忽略不计。

3.7.1.4 噪声

(1) 海上施工噪声

本项目海上施工噪声主要来自于来往施工船舶航行噪声和打桩噪声。本项目施工期的海上施工船舶主要包括敷缆船、甲板拖轮、起重船（液压打桩锤）等，这类施工船舶的噪声源强在 75~100dB(A) 之间，打桩噪声源强约在 250dB(A)。

(2) 陆上施工噪声

本项目陆域施工期的噪声源强主要来源于施工现场的各类机械设备，主要包括定向钻、液压挖掘机、运输车、推土机等，这类机械是最主要的施工噪声源，噪声源强在 73~86dB(A) 之间。

工程主要施工设备的噪声源强详见表 3.7.1-5。

表 3.7.1-5 各施工阶段主要噪声源状况

阶段*	声源名称	声源源强	数量	声源控制措施	运行时段
		声压级/距声源距离 (dB(A)/m) **			
岸线穿越	定向钻	85/5	1	设备维护；低噪声施工设备；隔声减	昼间
电缆沟开陆域挖、敷设	挖掘机	80/5	2		
	运输车	86/5	1		
集控中心施工场地四通一平	液压挖掘机	86/5	2		
	重型运输车	86/5	3		
	推土机	86/5	2		

阶段*	声源名称	声源源强	数量	声源控制措施	运行时段
		声压级/距声源距离 (dB(A)/m) **			
地基处理、建构筑物土石方开挖	重型运输车	86/5	3	震：施工围挡	
	推土机	86/5	2		
土建施工	静力压桩基	73/5	2		
	重型运输车	86/5	3		
	混凝土振捣器	84/5	2		
设备进场运输	重型运输车	86/5	3		

3.7.1.5 固体废弃物

(1) 船舶生活垃圾

施工期固体废弃物主要为工作人员生活垃圾，参考《水运工程环境保护设计规范》(JTS 149-2018)中沿海船舶生活垃圾产生量为 1.5kg/人·d，本工程海上施工人员 150 人，则船舶生活垃圾产生量为 225kg/d。施工过程中施工船舶所产生的的生活垃圾分类收集后送岸委托有处理能力的单位统一处理，禁止排海。

(2) 陆域生活垃圾

本项目施工期陆域施工人员约 200 人，施工人员生活垃圾发生系数按照 1.5kg/天·人估算，则陆域生活垃圾产生量为 300kg/d。陆域生活垃圾收集后交环卫部门统一处理。

(3) 生产垃圾

① 扫海清障垃圾

施工前期扫海清障有废弃沉船、渔具以及其他有碍施工的废弃物产生，一般经打捞后上岸处理。海缆路由清障作业产生的固体废物主要为废弃缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，按每公里 10kg 计算，路由清障作业共产生废弃物约 2.32t，随船携带，待船舶靠岸后外运处理。

② 定向钻弃土

500kV 送出海缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，除送出海缆始端登陆段需采用定向钻施工外，埋设犁冲沟施工没有多余土石方产生。预计定向钻施工产生的土石方量共计 854m³，收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置。

③ 定向钻泥浆泥水分离泥饼

定向钻施工会产生泥浆，泥浆采用环保型泥浆回收处理，回收的泥饼（约 10m³）运至集控中心，参与集控中心的土方平衡，交由台山市赤溪镇人民政府统一

处置。

④陆上集控中心弃土

陆上集控中心站区场地平整挖方约 45.68 万 m^3 ，填方约 6.43 万 m^3 ，清表回用约 0.80 万 m^3 ，基槽挖土约 2.0 万 m^3 ；陆域电缆挖方约 0.05 万 m^3 ，填方约 0.05 万 m^3 ；陆上集控中心外弃土方为 40.25 万 m^3 。

本项目共计外弃土方约 40.60 万 m^3 ，项目的外弃土收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置。

3.7.1.6 施工期污染物排放汇总

结合以上分析，施工期污染物排放情况见下表。

表 3.7.1-6 项目施工期主要污染物排放情况

种类	污染源	主要污染物		发生情况	排放方式
水污染物	扫海障碍物打捞	SS		1kg/s	自然排放
	海上升压站钢管桩打桩	SS		0.117kg/s	自然排放
	海上补偿站钢管桩打桩	SS		0.076kg/s	自然排放
	电缆敷设	近岸段	SS	12.34kg/s	自然排放
		中间段（航道交越段）	SS	19.63kg/s	自然排放
		风电场段	SS	17.38kg/s	自然排放
	船舶生活污水	污水量		12.75m ³ /d	收集上岸后交由有处理能力的单位处理
	船舶含油污水	污水量		35.54t/d	
		石油类		355.4kg/d	
	陆域生活污水	污水量		42.72m ³ /d	生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理
		化学需氧量		0.0122t/d	
		氨氮		0.0012t/d	
		总氮		0.0017t/d	
		总磷		0.0002t/d	
	施工废水	SS		/	沉淀后回用于洒水抑尘、汽车清洗等
	灌浆溢流	水泥砂浆		0.5m ³	自然排放
噪声	海上施工噪声	船舶噪声	等效 A 声级	75~100dB(A)	选用低噪声船舶
		打桩噪声	等效 A 声级	250B(A)	静压打桩锤
	陆上施工噪声	等效 A 声级		73~86dB(A)	设备选型、减振、加强保养、避免夜间施工、减少高噪音作业时间等
废气	施工机械设备和船舶燃油尾气	SO ₂ 、NO _x 、颗粒物		/	自然排放
	扬尘	TSP		/	合理规划施工区位置，避免大风条件下的施工，洒

种类	污染源	主要污染物	发生情况	排放方式
				水抑尘
固体废物	船舶生活垃圾	生活垃圾	225kg/d	分类收集上岸后交委托有处理能力的单位统一处理
	陆域生活垃圾	生活垃圾	300kg/d	交环卫部门统一处理
	扫海清障	废弃沉船、渔具等	2.32t	待船舶靠岸后外运处理
	定向钻弃土	弃土	854m ³	收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置
	泥浆泥水分离泥饼	泥饼	10m ³	
	陆上集控中心弃土	弃土	40.25 万 m ³	

3.7.2 营运期污染源强分析

3.7.2.1 废水

(1) 生活污水

①海上检修人员生活污水

本项目的海上升压站和海上无功补偿站的生活污水主要来自日常检修工作人员。营运期检修频率大概一个月一次，每次检修时间按照 3 天计算，检修人员约 5~6 人，保守考虑每次检修人员按照 6 人计算。

参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)，船舶工作人员生活用水量按 100L/人·d，污水发生量按 85%计，则人均生活污水排放量 85L/人·d 计，计算可得船舶作业人员生活污水排放量为 0.51m³/d，18.36m³/a。海上检修人员生活污水拟经海上升压站和海上无功补偿站上的污水收集装置收集处理后随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理，不得直接排放入海。

②陆上集控中心工作人员生活污水

本项目营运期陆上集控中心工作人员按 100 人计。根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中提供的系数和计算方法来估算，项目所在的广东属于五区，主要污染物指标和产生系数见表 3.7.2-1。

表 3.7.2-1 五区城镇生活废水污染物产排核算系数

城市分类	污染物指标	单位	产生系数平均值	每日产污情况 (t/d)	产污量 (t/a)
五区	人均日生活用水量	L/(人·天)	240	24	8760
	折污系数	无量纲	0.89	/	/
	人均日生活污水量	L/(人·天)	213.6	21.36	7796.4
	化学需氧量	mg/l	285	0.0061	2.222
	氨氮	mg/l	28.3	0.0006	0.221

城市分类	污染物指标	单位	产生系数平均值	每日产污情况 (t/d)	产污量 (t/a)
	总氮	mg/l	39.4	0.0008	0.307
	总磷	mg/l	4.10	0.0001	0.032

生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后，出水指标应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)的要求后，回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，正常情况下无污水外排。

(2) 船舶含油污水

本项目营运期维护需要 1 艘 800 吨级普通运维船。参考《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)的船舶舱底油污水水量表中 800 吨级船舶含油废水产生量为 0.22t/d，船舶含油污水含油量约 10000mg/L。海上升压站和海上无功补偿站检修频率大概一个月一次，每次检修时间按照 3 天。因此，营运期定期运维船含油污水产生量为 0.22t/d、7.92t/a。油类污染物产生量为 2.2kg/d、79.2kg/a。运维船舶上设置油水分离器和油污水罐，含油污水有处理能力的单位接收处理，严禁向水域排放含油污水。

(3) 检修含油污水

海上升压站和海上无功补偿站正常运行时不产生生产废水，当电气设备发生突发事故或检修时可能会有少量的漏油和油污水，油污水产生量少，约 20kg/a，收集后随检修船回收至岸上交有处理能力的单位处理。

3.7.2.2 废气

(1) 运维船废气

本项目营运期维护需要 1 艘 800 吨级普通运维船，检修频率大概一个月一次，每次检修时间按照 3 天。船舶废气主要污染物质包括 NO_x、SO₂ 及颗粒物等，以无组织形式排放。施工单位使用的施工船舶应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》(GB15097-2016)中第二阶段船机排气污染物排放限值，由于项目所处区域开阔、空气流通性好，且运维船舶使用频率低，项目船舶废气不会对环境产生明显影响。

(2) 厨房油烟

1) 海上补偿站、升压站

本项目海上补偿站、升压站设有简易厨房，无明火，海上无功补偿站、升压站按 2 个灶头为计。根据《饮食业油烟排放标准（试行）》(GB18483-2001)的规定，

海上无功补偿站的厨房为小型规模，所设置的厨房油烟净化设施的最低去除效率应不小于 60%，且油烟最高允许排放浓度不大于 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

厨房烹饪油烟废气产生的混合油烟的浓度约为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，油烟经集气罩收集后经效率不小于 60% 静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放，食堂排气筒出口油烟浓度可在 $1.5\text{mg}/\text{m}^3$ 左右，出口风量约为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，每天烹饪时间约 5 小时。海上无功补偿站、升压站的油烟排放能满足《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）的相关要求。

2) 陆上集控中心

陆上集控中心员工食堂产生油烟，厨房内的炉灶工作时产生的高温油烟废气。油烟废气中含油质、有机质及加热分解或裂解产物，经类比调查，食用油消耗系数按 $0.07\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，则本项目运营期食用油消耗量为 $7\text{kg}/\text{d}$ 。根据不同的烧炸工况，油烟气中烟气浓度及挥发量均有所不同，烹饪过程中的挥发损失约 8%。根据经验，油烟产生浓度约为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。陆上集控中心油烟经过油烟净化器出来后达到《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）最高允许排放浓度后排放，最高允许排放浓度 $\leq 2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(3) 海上升压站、海上无功补偿站备用发电机尾气

本项目的海上升压站和海上无功补偿站分别设置 1 台 500kW 柴油发电机作为事故紧急备用电源，平时不运行，运行时柴油将作为发电机的能源，内燃后会产生 NO_x 、 SO_2 及颗粒物等少量废气，经排烟管排放。发电机采用 0 号轻质柴油作为燃料，根据《GB252-2015 普通柴油》，2017 年 7 月 1 日起，0#柴油含硫量不大于 0.001%，因此柴油发电机使用含硫量按 0.001% 计。维护人员每次对海上升压站和海上无功补偿站进行维护时，对备用发电机进行保养，保养频率为每月空载运行 10 分钟；参照同类海上升压站和海上无功补偿站的运行情况，全年计划检修时间集中运行 10 天。根据设计单位提供的资料，预计海上升压站和海上无功补偿站的发电机全年耗油分别为 25t。

根据《环境统计手册》提供的参数，每燃烧 1kg 柴油将释放 14m^3 的烟气，则备用发电机排烟量为 $29167\text{m}^3/\text{h}$ ($350000\text{m}^3/\text{a}$)。参考燃料燃烧排放污染物物料衡算办法计算，烟尘产生系数为 0.095 (kg/t 油)，其 SO_2 和 NO_x 产生量算法如下：

① SO_2

$$C_{\text{SO}_2} = 2000 \times B \times S$$

C_{SO_2} —二氧化硫排放量, kg;

B—消耗的燃料量, t;

S—燃料中的全硫分含量, %; 本项目取 0.001%。

② NO_x

$$G_{NO_x} = 1630 \times B \times (N \times \beta + 0.000938)$$

G_{NO_x} —氮氧化物排放量, kg;

B—消耗的燃料量, t;

N—燃料中的含氮量, %; 本项目取值 0.02%;

β —燃料中氮的转化率, %; 本项目选 40%。

③烟尘及黑烟参考《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)》(GB20891-2014), 烟尘产生系数取 0.30g/kWh。

经计算, 发电机燃油的废气产生情况如下表:

表 3.7.2-2 项目发电机燃烧尾气污染物计算

废气污染物	废气量 (m ³ /a)	产生浓度 (mg/m ³)	产生量 (kg/a)	排放浓度 (mg/m ³)	排放量 (kg/a)
SO ₂	29167m ³ /h (350000m ³ /a)	1.43	0.50	1.43	0.50
NO _x		118.51	41.48	118.51	41.48
烟尘		0.86	0.30	0.86	0.30

由上表可知, 备用发电机尾气排放浓度可达到《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级标准。

(4) 污水处理站废气

本项目污水处理站恶臭主要污染物为硫化氢、氨气、臭气浓度等。废气以无组织形式散逸, 排放浓度低, 厂区扩散条件较好, 异味易快速稀释消散。污水处理站产生的臭气, 氨、硫化氢、臭气浓度能满足《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93) 新改扩建二级厂界标准值。

3.7.2.3 噪声

(1) 海上升压站噪声

本项目海上升压站营运期的噪声主要来自于变压器等设备, 变压器布置在室内, 类比类似 500kV 变电站噪声监测值类比分析, 海上升压站噪声源强 60~75dB(A)。

(2) 海上无功补偿站噪声

本项目海上无功补偿站营运期的噪声主要来自于高压电抗器等设备, 变压器布

置在室内，根据设计单位提供资料，从国标及行业标准指标来看三相一体并联电抗器噪声指标不超过 80dB，对于单相并联电抗器噪声指标可以按 75dB 设计，海上主变噪声 70dB，项目采用三相一体的电抗器，海上中间补偿站噪声源强 70~80dB(A)。

(2) 运维船噪声

本项目营运期维护需要 1 艘 800 吨级普通运维船对海上升压站和海上无功补偿站及相关设备进行检修，运维船舶噪声源强约为 110dB(A)。

(3) 陆上集控中心噪声

陆域集控中心营运期噪声主要来源于设备运行噪声和电磁噪声，主要噪声源有 500kV 电抗器、500kV GIS 设备、500kV 变压器等，噪声源强 60~75dB (A)。

本工程地下电缆线路电缆外层有绝缘层和金属外套，且电缆线路埋于地下，送电线路运行时产生的噪声对周围声环境影响很小，不会改变周边声环境质量状况。

表 3.7.2-3 陆上集控中心主要噪声源强一览表

序号	设备	1m 处声压级 dB (A)	声源 数量	频谱特性	声源控制措施	运行时段
1	500kV GIS 设备	75	1	中、低频	设备维护； 隔声减震； 建筑围挡	昼间、夜 间
2	SVG 降压变	60	2	低频		
3	500kV 电抗器	70	2	中、低频		

3.7.2.4 固体废弃物

中广核江门川岛一海上风电项目、国能江门川岛二海上风电项目运营会有生活垃圾、一般固体废物、危险废物产生。其中生活垃圾及一般固体废物，全部收集上岸后委托具备处置能力的单位处理，不在本项目评价范围；风机维修过程中产生的危险废物，收集上岸后统一暂存于陆上集控中心，纳入本项目评价范围。

1、陆上集控中心生活垃圾

本项目营运期陆上集控中心工作人员按 100 人计，陆上集控中心不设宿舍，设食堂。生活垃圾发生系数按照 1kg/天·人估算，则陆上集控中心的生活垃圾产生量为 100kg/d，以 365 天为计，生活垃圾产生量为 36.5t/a，生活垃圾收集后交环卫部门统一处理。

2、运维船生活垃圾

固体废物主要来自检修工作人员。由于海上升压站和海上无功补偿站按无常驻人员设计，因此进行维护和检修工作人员的生活垃圾可忽略。营运期检修频率大概

一个月一次，每次检修时间按照 3 天计算，检修人员约 5~6 人，保守考虑每次检修人员按照 6 人计算。检修工作人员生活垃圾产生量按照 1.5kg/人·d 计，每次检修工作人员生活垃圾产生量为 27kg，检修频率大概一个月一次，检修工作人员生活垃圾产生量为 324kg/a。运维船检修人员生活垃圾随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理。

3、污水处理站污泥

生活污水污泥按照污泥产生率系数约为 0.6kgVSS/kgBOD₅，本项目生活污水进水 BOD₅ 浓度为 150mg/L，出水 BOD₅ 浓度要求为 10mg/L，生活污水年产生量为 6408m³，则本项目陆上集控中心的污水处理设施污泥产生量为 0.58t/a，属于一般固体废物，不属于危险废物，定期抽吸外运集中处理。

4、检修废物

(1) 送出工程

企业定期检修海上升压站内置变压器等设备，会产生五金杂件、废产品包装等一般固体废物，并且会产生废变压器油、废油桶、废蓄电池、废变压器、废含油抹布及手套等危险废物。

1) 一般固体废物

①五金杂件

维修产生的废旧螺母、螺丝等五金杂件约 6t/a，为一般工业固废。海上升压站和海上无功补偿站每次检修后产生的五金杂件直接由运维船带回岸上交由外卖资源回收公司回收处理。

②废产品包装

零部件更换将产生一定废塑料、废纸箱等产品包装，约 0.05t/a，为一般工业固废。海上升压站和海上无功补偿站每次检修后产生的废产品包装直接由运维船带回岸上交由外卖资源回收公司回收处理。

2) 危险废物

①废变压器油

变压器维护、更换和拆解等过程将产生废变压器油。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，废变压器油的废物类别为 HW08 废矿物油与含矿物油废物，废物代码为 900-220-08。单台变压器单次维护产生的废变压器油约 0.01t，项目的海上升压

站（内设 2 台 425MVA 的变压器）、海上无功补偿站（内设 2 台 800MVA 的变压器）和陆上集控中心（内设 2 台 125MVA 变压器），变压器维修频率约半年 1 次，每年 2 次，则废变压器油产生量为 0.12t/a。海上升压站和海上无功补偿站的废变压器油每次维修后直接由运维船带回岸上和陆上集控中心的废变压器油交由有资质的单位处理。

②废油桶

变压器油使用后将产生一定废油桶。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，废油桶的废物类别为 HW08 废矿物油与含矿物油废物，废物代码为 900-249-08。本项目营运期的废油桶产生量约 0.02t/a，海上升压站和海上无功补偿站每次维修后产生的废油桶直接由运维船带回岸上和陆上集控中心的废油桶交由有资质的单位处理。

③废蓄电池

项目海上升压站和海上无功补偿站定期检修将产生少量废铅蓄电池。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，废蓄电池的废物类别为 HW31 含铅废物，废物代码为 900-052-31，产生量约 3t/a，每次检修后直接由运维船带回岸上交由有资质的单位处理。

④废变压器

海上升压站和海上无功补偿站内变压器预计每十年维修更换一次，项目的海上升压站（内设 2 台 525MVA 变压器）、海上无功补偿站（内设 2 台 800MVA 的变压器）和陆上集控中心（内设 2 台 115MVA 变压器），本项目营运期（按 27 年计）内废变压器产生量约 16.2 台（约 0.8t），单次单台产生量约 0.05t。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，废变压器的废物类别为 HW10 多氯（溴）联苯类废物，废物代码为 900-008-10，每次维修后直接由运维船带回岸上交由有资质的单位处理。

⑤废含油抹布及手套

维修环节将产生各类含润滑油、变压器油等物质的抹布及手套，预计产生量 0.01t/a。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，废含油抹布及手套的废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-041-49，海上升压站和海上无功补偿站每次维修后产生的废含油抹布及手套直接由运维船带回岸上和陆上集控中心的废含油抹布及手套交由有资质的单位处理。

综上，项目营运期固体废物分类收集由维护船舶直接带回岸上处理，其中海上生活垃圾随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理，危险废物分类收集后到岸交由有资质的单位处理，可回收的五金杂件等外卖资源回收公司回收处理。分类处理后，项目营运期固废不会对周围环境产生明显影响。

表 3.7.2-4 送出项目营运期固体废物产生情况和处理方式 单位：t/a

名称	类别		产生量 (t/a)	处理方式
生活垃圾	陆域生活垃圾		36.5	市政环卫部门处理
	海上生活垃圾		0.324	随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理
五金杂件	一般工业固废	900-001-S17	6	交由外卖资源回收公司回收处理
废产品包装		900-099-S17	0.05	
废变压器油	危险废物	HW08-900-220-08	0.12	交由有资质的单位处理
废油桶		HW08-900-249-08	0.02	
废蓄电池		HW31-900-052-31	3	
废变压器		HW10-900-008-10	0.05t/次	
废含油抹布及手套		HW49-900-041-49	0.01	

表 3.7.2-5 送出项目危险废物汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量 (t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废变压器油	HW08 废矿物油与含矿物油废物	900-220-08	0.12	变压器维护	液体	变压器油	变压器油	每半年	T, I	分类收集后，由维护船舶带回岸上，暂存陆上集控中心，定期交由专业危废处理资质单位回收处理
2	废油桶		900-249-08	0.02	变压器维护	固体	石油类、金属	石油类	每半年	T, I	
3	废蓄电池	HW31 含铅废物	900-052-31	3	废蓄电池更换	固体	铅、金属	铅	每半年	T	
4	废变压器	HW10 多氯（溴）联苯类废物	900-008-10	0.05t/次	设备更换	固体	多溴联苯、石油类	多溴联苯、石油类	每十年	T	
5	废含油抹布与手套	HW49 其他废物	900-041-49	0.01	维修检修	固体	化纤、石油类	石油类	每次维护	T/In	

(2) 川岛一

根据《中广核江门川岛一海上风电项目环境影响报告书》(2026 年 5 月)，川岛

一项目运营期危险废物产生情况详见下表。

表 3.7.2-6 川岛一项目危险废物汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量 (t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1.	废润滑油	HW08 废矿物油与含矿物油 废物	900-214-08	4.75	风机叶轴等维修	液体	润滑油	润滑油	每月	T, I	分类收集后, 由维护船舶带回岸上, 暂存陆上集控中心, 定期交由专业危废处理资质单位回收处理
2.	废变压器油		900-220-08	0.50	变压器维护	液体	变压器油	变压器油	每半年	T, I	
3.	废油桶		900-249-08	0.03	废油桶	固体	石油类、金属	石油类	每半年	T, I	
4.	废蓄电池	HW31 含铅废物	900-052-31	2	废蓄电池更换	固体	铅、金属	铅	每半年	T	
5.	废变压器	HW10 多氯(溴)联苯类废物	900-008-10	0.05t/次	设备更换	固体	多溴联苯、石油类	多溴联苯、石油类	每十年	T	
6.	废含油抹布与手套	HW49 其他废物	900-041-49	0.01	维修检护	固体	化纤、石油类	石油类	每次维护	T/In	

(3) 川岛二

根据《国能江门川岛二海上风电项目环境影响报告书》(2026 年 5 月), 川岛一项目运营期危险废物产生情况详见下表。

表 3.7.2-7 川岛二项目危险废物汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量 (t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废润滑油	HW08 废矿物油与含矿物油 废物	900-214-08	4.37	风机叶轴等维修	液体	润滑油	润滑油	每月	T, I	分类收集后, 由维护船舶带回岸上, 暂存
2	废变压器油		900-220-08	0.46	变压器维护	液体	变压器油	变压器油	每半年	T, I	
3	废油桶		900-249-08	0.03	废油桶	固体	石油类、金属	石油类	每半年	T, I	
4	废蓄	HW31	900-	2	废蓄电池	固	铅、金	铅	每	T	

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量(t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
	电池	含铅废物	052-31		更换	体	属		半年		陆上集控中心, 定期交由专业危废处理资质单位回收处理
5	废变压器	HW10多氯(溴)联苯类废物	900-008-10	0.05t/次	设备更换	固体	多溴联苯、石油类	多溴联苯、石油类	每十年	T	
6	废含油抹布与手套	HW49其他废物	900-041-49	0.01	维修检护	固体	化纤、石油类	石油类	每次维护	T/In	

表 3.7.2-8 送出及场址项目危险废物汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	川岛一产生量 (t/a)	川岛二产生量 (t/a)	送出产生量 (t/a)	合计	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废润滑油	HW08 废矿物油与含矿物油废物	900-214-08	4.75	4.37	/	9.12	风机叶轴等维修	液体	润滑油	润滑油	每月	T, I	分类收集后, 由维护船舶带回岸上, 暂存陆上集控中心, 定期交由专业危废处理资质单位回收处理
2	废变压器油		900-220-08	0.5	0.46	0.12	1.08	变压器维护	液体	变压器油	变压器油	每半年	T, I	
3	废油桶		900-249-08	0.03	0.03	0.02	0.08	废油桶	固体	石油类、金属	石油类	每半年	T, I	
4	废蓄电池	HW31 含铅废物	900-052-31	2	2	3	7	废蓄电池更换	固体	铅、金属	铅	每半年	T	定期交由专业危废处理资质单位回收处理
5	废变压器	HW10 多氯(溴)联苯类废物	900-008-10	0.05t/次	0.05t/次	0.05t/次	0.15t/次	设备更换	固体	多溴联苯、石油类	多溴联苯、石油类	每十年	T	
6	废含油抹布与手套	HW49 其他废物	900-041-49	0.01	0.01	0.01	0.03	维修检修	固体	化纤、石油类	石油类	每次维护	T/In	

3.7.2.5 工频电磁场影响

(1) 海上升压站和海上无功补偿站

本项目新建 1 座海上升压站和 1 座海上无功补偿站，由于海上升压站和海上无功补偿站的电气设备均布置在室内，经过建筑物的屏蔽，电气设备室外工频场强值基本与周围环境本底值接近，故海上升压站和海上无功补偿站对电磁环境影响很小；送出海缆埋设于海底 2.0m 以下，电磁影响很小。

(2) 陆域

变电站及高压输电线路和带电装置运行时，由于导线、金属构件等导体内部带有电荷而在周围产生电场，导体上有电流通过而产生磁场，随时间做 50Hz 周期变化的电场、磁场称之为工频电场和工频磁场，工频电场、工频磁场是一种频率极低的电场、磁场，也是一种准静态场。

变电站产生的电磁场强度与电压等级、设备性能、平面布置、地形条件等均密切相关。输电线路运行产生的工频电场、工频磁场强度与线路的电压等级、运行电流、导线排列及周围环境有关。其总体趋势是随着距离变电站或输电线路距离的增加，工频电磁场呈现逐渐降低的趋势。

3.7.2.6 营运期污染物排放情况

结合以上分析，本项目营运期污染物排放情况见下表。

表 3.7.2-6 项目营运期主要污染物排放情况

种类	污染源	主要污染物	发生情况	排放方式
废水	海上检修人员生活污水	污水量	18.36m³/a	随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理
	陆上集控中心工作人员生活污水	污水量	7796.4m³/a	生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌
		COD	2.222t/a	
		氨氮	0.221t/a	
		总氮	0.307t/a	
		总磷	0.032t/a	
	船舶含油污水	污水量	7.92t/a	随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理
		石油类	79.2kg/a	
	检修含油污水	含油污水	20kg/a	
噪声	海上升压站噪声	LAeq	60~75dB (A)	连续排放
	海上无功补偿站	LAeq	70~80dB(A)	连续排放
	运维船噪声	LAeq	110dB(A)	船舶行驶期间排放
	陆上集控中心及陆上电缆噪声	LAeq	60~75dB (A)	陆上集控中心运行期间排放
废气	运维船废气	SO ₂ 、NO _x 、颗粒物	/	自然排放
	海上升压站、海	油烟	<2.0 mg/m³	油烟经集气罩收集后经静

种类	污染源	主要污染物	发生情况	排放方式
	上无功补偿站、陆上集控中心厨房油烟			电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放
	污水处理站臭气浓度	氨、硫化氢、臭气浓度	少量	自然扩散
	海上升压站、海上无功补偿站备用发电机废气	SO ₂	0.50kg/a	经排烟管高空排放
		NO _x	41.48kg/a	
		颗粒物	0.30kg/a	
固体废物	生活垃圾	运维船生活垃圾	0.324t/a	随运维船回收至岸上交由有处理能力的单位处理
		陆上集控中心生活垃圾	36.5t/a	交由市政环卫部门处理
	污水处理站污泥	污泥	0.58t/a	定期抽吸外运集中处理
	检修废物	五金条件	6t/a	交由外卖资源回收公司回收处理
		废产品包装	0.05t/a	
		废润滑油	9.12 t/a	分类收集后，由维护船舶带回岸上，暂存陆上集控中心，定期交由专业危废处理资质单位回收处理
		废变压器油	1.07t/a	
		废油桶	0.08t/a	
		废蓄电池	7t/a	
		废变压器	0.15t/次	
		废含油抹布及手套	0.03t/a	
电磁辐射	海底电缆、变电器、陆上集控中心及陆上电缆	电磁辐射	工频电场远小于 4kV/m，磁感应强度远小于 0.1mT	连续排放

3.8 工程各阶段非污染环节与环境影响分析

3.8.1 工程建设对水动力环境的影响

本项目建成后，海上升压站和海上无功补偿站桩基基础建设在一定程度上改变局部海底地形，对周边海域潮流场产生一定影响，尤其是海上升压站和海上无功补偿站桩基基础周围的流速和流向均会发生变化。

3.8.2 工程建设造成海底地形地貌及冲淤变化

由于底流在海上升压站和海上无功补偿站基础周围产生涡流和局部冲刷，海上升压站和海上无功补偿站桩基基础在一定程度上改变局部海床自然性状，其地形地貌也将有所改变，产生局部的冲刷或淤积。

3.8.3 工程建设对通航的影响

本项目施工期船舶增加对周边航道通行造成影响；营运期由于海上升压站和海上无功补偿站存在可能影响周边航道的正常通行。

3.8.4 工程建设对海洋生态和渔业生产的影响

本工程建设对海洋生态和渔业的影响主要来自于以下几方面。

(1) 底栖和潮间带生境破坏

海上升压站和海上无功补偿站桩基基础及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物量的损失。

(2) 悬浮泥沙扩散影响

海缆施工前扫海清障、海缆敷设施工、海上升压站和海上无功补偿站桩基基础等工程施工会造成一定范围海域的含沙量暂时上升，会降低海洋中浮游植物生产力，对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成损失。

(3) 水下噪声及电磁场影响

海上升压站和海上无功补偿站桩基基础及各类施工船舶航行产生的水下噪声对海洋生物产生一定影响，水下噪声对海洋哺乳动物等海洋生物会造成一定影响。

本项目营运期对海洋生态及渔业资源的影响还可能来自水下输电线路产生的电磁场也可能对海洋生物生存产生一定潜在影响。

(4) 海域临时占用影响

施工期间，为保证施工作业及渔业生产船舶的安全将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少，同时受施工扰动影响，施工附近海域渔获率将有所降低，从而影响工程及周围海域捕捞产量。

(5) 对渔业资源和渔业生产的影响

本项目建成运行后，为了保护海底电缆的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，从而引起经济收入下降，对渔民的生活产生一定影响。同时，由于海上升压站和海上无功补偿站桩基的存在，特别是在迷雾天气，渔船与海上升压站和海上无功补偿站桩基相撞的概率大大增加，对渔船、海上升压站和海上无功补偿站都存在一定的安全隐患。

3.9 总量控制

本项目营运期主要污染物包括海上检修人员和陆上集控中心工作人员产生的生活污水和生活垃圾、海上升压站和海上无功补偿站设备检修产生的含油废水和检修废物、运维船舶产生的含油污水等，产生量均较小。检修人员生活污水由运维船舶收集后送至岸上交由有处理能力的单位处理，生活垃圾交由环卫部门清运。陆上集

控中心工作人员的生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后，出水指标应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）的要求后，回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，正常情况下无污水外排。海上升压站和海上无功补偿站设备检修产生的含油废水随运维船回收至岸上交由有能力处理的单位处理，一般检修废物由运维船舶带回岸上外卖资源回收公司，危险废物由运维船舶带回岸上交由有资质的单位处理。运维船舶含油污水交由有处理能力的单位处理。项目不会增加海域污染负荷，建设可满足《国家海洋局关于进一步加强海洋工程建设项目和区域建设用海规划环境保护有关工作的通知》中项目零污染、增产不增污的要求。

因此，本项目不设置总量控制目标。

4 区域自然环境现状

4.1 自然环境概况

4.1.1 气象特征

4.1.1.1 气温

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004 年~2023 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均温度为 23.1℃，月平均气温与极端气温 7 月气温最高（29℃），1 月气温最低（14.7℃）。近 20 年的年平均温度呈上升趋势，2020 年年平均气温最高（23.9℃），2010 年年平均气温最低（22℃）。

4.1.1.2 降水

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004 年~2023 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均降雨量为 1912.7mm，06 月降水量最大（351mm），12 月降水量最小（30.8mm）。近 20 年年降水总量呈现上升趋势，2007 年年总降水量最大（2609.7mm），2006 年年总降水量最小（1194 mm）。

4.1.1.3 日照

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004 年~2023 年的长期气候统计资料，台山气象站多年年平均日照时数为 1840.8h，07 月日照最长（224.7h），03 月日照最短（82.2h）。近 20 年年日照时数呈现下降趋势，2006 年年日照时数最长（2154.2h），2017 年年日照时数最短（1492.9h）。

4.1.1.4 相对湿度

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004 年~2023 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均相对湿度为 77.4%。06 月平均相对湿度最大（83.2%），12 月平均相对湿度最小（65.3%）。近 20 年年平均相对湿度无明显变化趋势，2018 年年平均相对湿度最大（82%），2007 年年平均相对湿度最小（74%）。

4.1.1.5 风况

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004 年~2023 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均风速为 2.1m/s，12 月份平均风速最大为 2.7m/s，8 月份平均风速最小为 1.7m/s。根据近 20 年资料分析，台山气象站风速无明显变化趋势，2010 年年平均风速最大（2.4m/s），2022 年年平均风速最小（1.90m/s）。主要风向为

NNE、N、S，占 40.9%，其中以 N 为主导风向，占全年 17.06%。

表 4.1.1-1 台山市近 20 年月平均风速变化统计表（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
风速	2.4	2.2	2.1	2	2	2	1.9	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	2.1

表 4.1.1-2 台山气象站年风向频率统计表（单位：%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	17.06	12.42	5.28	3.1	2.69	2.87	4.03	6.82	11.42
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	/
频率	6.18	3.51	1.72	2.18	2.22	3.99	6.40	8.15	/

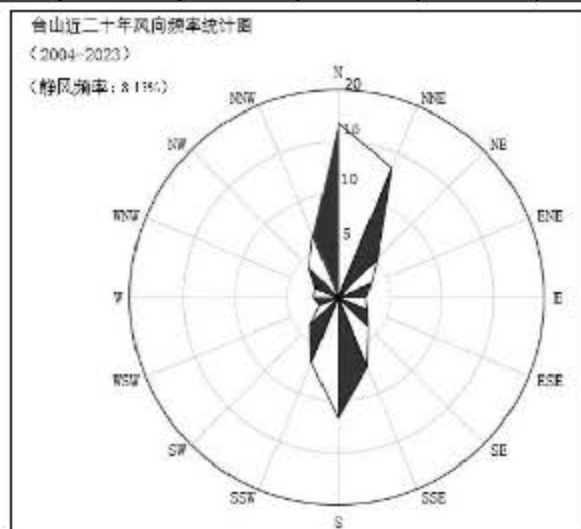


图 4.1.1-1 台山市近 20 年风向玫瑰图

4.1.2 海洋水文

4.1.2.1 基面关系

本海区的平均潮差在 1.34m~1.60m 之间，整个海区潮差是从东往西逐渐增大。各站最大潮差在 2.53~3.76m 之间；涨潮历时普遍小于落潮历时。基面关系见图 4.1.2-1。各主要潮位站的潮位特征值见表 4.1.2-1。

						珠江基面
					0.744m	
						85 高程基面
					0.59m	
					0.71m	烽火角理论最低潮面
					0.73m	大石山理论最低潮面
						沙堤理论最低潮面
					0.78m	黄嘴排理论最低潮面
					0.79m	荷包岛理论最低潮面
					1.06m	网鼓理论最低潮面

图 4.1.2-1 基面关系图

表 4.1.2-1 各主要潮位站的潮位特征值

站名	荷包岛	鹅嘴排	烽火角	沙堤	闸坡
最高潮位	2.13	2.22	4.01	2.49	2.92
最低潮位	-0.71	-0.72	-1.58	-1.05	-1.46
平均高潮位	1.31	1.41	1.36	1.64	1.40
平均低潮位	-0.04	-0.02	-0.05	-0.01	-0.16
平均潮位	0.63	0.67	0.66	0.82	0.62
最大潮差	2.59	2.53	3.52	3.06	3.76
年平均潮差	1.34	1.45	1.38	1.60	1.54
平均涨潮历时	6: 34	6:56	5:02	5: 48	5:50
平均落潮历时	6: 44	7:17	7:33	6: 26	6:35
统计年限	2004.7-2005.6	1988.8-1989.8	1965-2004	2005.8.20~9.20	1984-2004
使用基面	1985 国家高程基准				

4.1.2.2 波浪

根据《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目可行性研究报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2024 年 9 月），本工程现阶段波浪周年观测工作尚未完成，暂参考工程海域周边工程观测成果。

全年有效波高（ $H_{1/3}$ ）均值为 1.13m，最大值为 3.63m。最大波高（ H_{max} ）均值为 1.89m，最大值为 6.39m。 $T_{1/3}$ 均值为 5.71s，最大值为 9.33s。

全年常浪向为 E 向，年出现频率为 38.56%，全年次常浪向为 ESE，出现频率为 19.03%。全年强浪向为 NE 向，次强浪向为 ENE。

全年有效波高为 $\leq 0.5m$ 时，对应的 $T_{1/3}$ 主要分布在 4-6s 的区间，合计频率为 8.88%；有效波高为 0.5~1.0m 时，对应的 $T_{1/3}$ 以 4-6s 居多，合计频率为 31.83%；有效波高为 1.0m~1.5m 时， $T_{1/3}$ 以 4-7s 居多，合计频率为 23.40%；有效波高为 1.5m~2.0m 时， $T_{1/3}$ 以 5-8s 居多，合计频率为 15.25%；有效波高 $\geq 2.0m$ 时， $T_{1/3}$ 在 6s 以上居多。

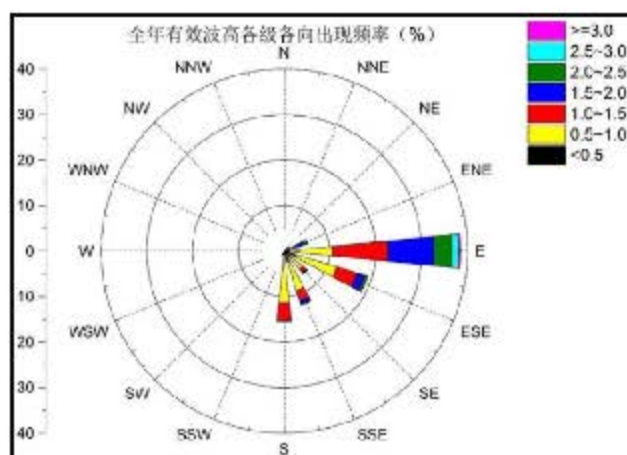


图 4.1.2-2 全年波浪玫瑰图

4.1.3 区域地质

场区在大地构造上位于华南褶皱系东南沿海。区域内断裂构造发育，经多次构造运动先后形成一系列规模不等、方向不一、性质不同的断裂，其中规模较大的断裂对沉积相和沉积厚度、岩浆活动及构造变形等均有明显的控制作用，在地球物理场中也有不同程度的反映。工程场区附近主要的区域性深、大断裂主要有北东向的五华-深圳断裂（F2）、鹤城-金鸡断裂（F8）、翠亨-田头断裂（F9），以及北西向的水利口-镇海湾断裂（F10）、西江断裂（F11）、滨海大断裂（F16）。

区域地质构造如图 4.1.3-1 所示。

图 4.1.3-1 区域地质构造图

4.1.4 自然灾害

4.1.4.1 热带气旋

热带气旋，是指发生、发展于西太平洋和南海上的热带气旋性天气系统。常带来狂风和暴雨，使农作物受损、交通通讯设施被破坏，甚至造成人民生命财产的严重损失。路由区几乎每年都可受到其影响，为影响海区的主要灾害性天气。

影响路由区附近的热带气旋来自太平洋和南海，按照《热带气旋等级》国家标准（GB/T 19201-2006）划分为：

热带低压：风力 6~7 级（风速 10.8~17.1m/s）；

热带风暴：风力 8~9 级（风速 17.2~24.4m/s）；

强热带风暴：风力 10~11 级（风速 24.5~32.6m/s）；

台风：风力 12 级~13 级（风速 32.7m/s~41.4 m/s）；

强台风：风力 14~15 级（风速 41.5 m/s~50.9 m/s）；

超强台风：风力 ≥ 16 级（风速 ≥ 51.0 m/s）。

南海在夏秋两季常受热带气旋影响。南海热带气旋 70%来自菲律宾以东的西太平洋面和加罗林群岛附近洋面，三成源自南海的西沙群岛和中沙群岛附近海面。进入南海的热带气旋对南海的影响非常巨大。根据中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据，统计了 1949 年至 2022 年影响南海的热带气旋。72 年间，影响该海域的热带低压 245 个，热带风暴 174 个，强热带风暴 216 个，台风 198 个，强台风 115 个，超强台风 71 个。南海区域的热带气旋多集中在 16°N~20°N 偏东的南海洋面上，路由北部绝大部分线路都处于热带气旋的高发区域。经统计，热带气旋多发生在 6 月~11 月，该时间内的发生次数占总数的 88%以上，9 月份发生次数最多，为 190 次，8 月份次之，为 181 次，12 月至次年 5 月台风较少，2 月发生过 5 次，1 月发生过 9 次。

4.1.4.2 风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。台风引起的增水见表 4.1.4-1。

表 4.1.4-1 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
温比亚	湛江市麻章区湖光镇沿海	2013 年 7 月 2 日	珠江口以西沿岸（38~182cm）
尤特	阳西县附近沿海	2013 年 8 月 14 日	台山站（120cm）
电母	湛江雷州市东里镇沿海地区	2016 年 8 月 18 日	珠江口到粤西沿岸（30~60cm）
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017 年 8 月 23 日	台山站（102cm）
帕卡	江门市台山东南部沿海	2017 年 8 月 27 日	台山站（52cm）
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017 年 10 月 16 日	台山站（105cm）
山竹	广东省台山海宴镇	2018 年 9 月 16 日	台山站（175cm）
韦帕	广东省湛江市	2019 年 8 月 1 日	台山站（78cm）
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020 年 8 月 19 日	台山站（50cm）
查帕卡	广东省阳江市江城区沿海	2021 年 7 月 20 日	台山站（51cm）
圆规	海南省琼海市沿海	2021 年 10 月 13 日	台山站（152cm）
暹芭	茂名市电白区沿海	2022 年 7 月 2 日	台山站（104cm）
马鞍	茂名市电白区沿海	2022 年 8 月 25 日	台山站（114cm）
泰利	广东省湛江市南三岛沿海	2023 年 7 月 17 日	台山站（116cm）
苏拉	广东省珠海市金湾区沿海	2023 年 9 月 2 日	台山站（58cm）

4.2 区域海洋资源

4.2.1 岸线资源

根据广东省政府 2022 年批复海岸线统计，本项目评价范围内的大陆海岸线共有 32.93km，包括人工岸线、基岩岸线、砂质岸线。其中人工岸线长度为 17.46km，基岩岸线长度为 11.00km，砂质岸线长度为 4.47km。

4.2.2 滩涂资源

根据《台山市养殖水域滩涂规划（2024-2030 年）》，台山市领海基线内水深 0~2 米浅海面积 42830 公顷，水深 2~5 米浅海面积 54550 公顷，滩涂面积 10790 公顷，主要分布在广海湾、镇海湾、崖门水道西侧。

4.2.3 岛礁资源

根据《中国海域海岛地名志 广东省第二册》，本项目评价范围内涉及到的岛礁资源有 36 个，包括 2 个有居民海岛，34 个无居民海岛。其中有居民海岛为上川岛和大襟岛；无居民海岛已开发的有 7 个，分别为过船排、鱼塘洲、庙咀礁、银豆排、乌猪洲仔、乌猪洲和甩洲；未开发的有 27 个，分别为头排、头排北岛、台山三点金、乌米石、乌米石北岛、斧头石、鱈鱼石、大湾咀礁、鹅玉仔岛、坭塘洲、鱼湾礁岛等。距离较近的海岛为神咀排，位于本项目送出海缆东侧约 381m。

4.2.4 港航资源

（1）港口资源

根据《江门港总体规划》（江门市交通运输局，2015 年 2 月），江门港划分为广海湾、恩平、新会、主城、开平、鹤山、台山等七大港区，各港区规划包括数量不等的作业区。

广海湾港区包括分布在江门市南端广海湾和上、下川岛的码头泊位。广海作业区：广海（一期）有限公司码头建有 3 个泊位（2 个客运和 1 个货运泊位），近年航道淤积严重，码头基本停用。广海鱼塘作业区目前已建成 2 个 5000 吨级泊位，设计吞吐能力 75 万吨。台山电厂专用煤码头设计最大靠泊能力为 5 万 t，吞吐能力 1000 万 t，首期泊位已随电厂投入使用。

恩平港区原有内河码头和沿海码头两类。目前内河码头功能已基本丧失。沿海码头建在镇海湾内，现称恩平港，是目前恩平市唯一的水上运输进出口门。现有泊

位 3 个，包括 2 个杂货泊位和 1 个石油制品泊位。

新会港区现状主要有西河口作业区和天马作业区，西河口作业区受陆域条件限制，基本无发展空间，天马作业区现状建有 2 个 5000 吨级多用途泊位，具有很大的发展空间。

主城港区包括高沙作业区、外海外贸码头、甘化厂码头、港澳客运码头、江门市发电厂燃油码头等。高沙作业区、外海外贸码头主要以集装箱及外贸货运输为主，目前已经饱和，已无继续发展的空间。其余码头基本为企业专用码头。

开平港区位于潭江中上游，主要码头有三埠客货运合营公司码头、粮油食品进出口公司码头、一运集团公司码头等，其余为企业货主码头。

鹤山港区位于江门市北部前沿、西江下游右岸，沿西江右岸主要分布有鹤山口岸客货运码头、东坡面粉厂码头、造纸厂码头、近年新建的南方实业公司油码头等。鹤山口岸客货运码头是鹤山港区中综合通过能力较大、功能设备较齐备的公共港口，属国家一类对外开放港口。现有货运泊位 3 个，客运泊位 1 个。

台山港区主要是指建在台山市北面潭江公益大桥下游的公益港。现有 1000 吨级泊位 4 个，设计通过能力 60 万吨，货类主要为集装箱、钢铁、有色金属等，进出地多为港澳地区。

（2）航道、航路资源

根据《广东海事局关于发布广东沿海主要公共航路的公告》，本项目评价范围内的航路有珠海高栏港外至阳江南鹏岛北、粤西沿海近岸航路、珠江口大蜘洲至江门上川岛南、珠江口桂山岛经东澳岛至江门上川岛南、广东沿海内航路、粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道。

根据《江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程通航安全专题报告》（武汉欣海远航科技研发有限公司，2024 年 11 月），本项目评价范围内的航道有铜鼓航道、荷包岛南航道和围阳航道。

（3）锚地资源

本项目评价范围内分布有 1 个在用锚地和 4 个规划锚地，其中在用锚地位于本项目送出海缆西侧约 0.67km，规划锚地距离本项目最近约 1.40km，位于本项目送出海缆西侧。

4.2.5 旅游资源

江门台山市是旅游大市，首批国家全域旅游示范区，省内著名的生态休闲旅游度假胜地，全国县域旅游发展潜力百佳县，连续十届被评为“广东省县（市）域旅游综合竞争力十强县”。台山旅游资源丰富，拥有“山湖泉海林、湾侨石岛楼”十大旅游资源，以及“滨海风光、温泉养生、田园牧歌、华侨文化、海丝史迹、红色经典、台山排球、影视基地”八大文旅品牌。目前，主要的旅游景区（景点）45个，包括国家4A级旅游景区3个、3A级旅游景区8个，川山群岛旅游景区、那琴半岛、五丰村、康桥温泉、梅家大院等景区（景点）远近闻名。

4.2.6 红树林资源

台山市红树林主要集中分布于镇海湾区域，是粤港澳大湾区连片面积最大、保存最完整的原生红树林湿地。据第三次全国国土调查数据，全市红树林总面积达759.76公顷，占江门市红树林总面积的70%；其中核心片区镇海湾红树林面积682.41公顷，为广东省省级重要湿地、国家湿地公园试点，亦是广东省四大万亩级红树林示范区之一。该区域红树林植物资源丰富，共记录到11科12属13种，其中真红树植物7科8属9种（主要包括秋茄、白骨壤、桐花树、木榄、老鼠簕、海漆、海莲、卤蕨、无瓣海桑等），半红树植物4科4属4种（主要包括黄槿、杨叶肖槿、海芒果、阔苞菊等），群落结构从早期相对单一的纯林发展为多元复合体系，以本土红树植物为建群种，优势种为秋茄、白骨壤和桐花树，形成了稳定的原生红树林群落结构台山市政府。

作为东亚—澳大利西亚候鸟迁飞区的重要停歇地与越冬地，该区域每年吸引超过4万只水鸟前来栖息、越冬或中转，记录到的野生陆生脊椎动物与两栖动物达69种，包括白鹳、黑鹳、黑脸琵鹭等国家一、二级保护野生动物，是粤港澳大湾区至关重要的水鸟栖息“天堂”和珍贵的“物种基因库”江门市政府。红树林生态系统兼具防风消浪、固岸护堤、促淤固滩、净化海水、蓝碳固碳、维护生物多样性等核心生态功能，其碳汇能力是普通森林的10倍，储存期可达数百年，是国际公认的三大滨海蓝碳生态系统之一，对抵御风暴潮、减缓海平面上升影响、改善近岸海域水质、维护海湾生态平衡具有不可替代的作用，是粤港澳大湾区关键的滨海生态屏障与珍贵的滨海湿地生态系统，生态保护价值与科研价值极为突出。

4.2.7 自然保护区

项目评价范围内自然保护区有 3 个，分别为江门中华白海豚地方级自然保护区、江门上川岛猕猴地方级自然保护区和江门台山曹峰山地方级自然保护区，详见图 4.2.7-1。

(1) 江门中华白海豚地方级自然保护区

广东江门中华白海豚省级自然保护区位于大襟岛周边海域，2003 年 12 月 13 日，江门市人民政府批准在该海域建立市级自然保护区；2007 年 1 月 25 日，广东省人民政府批准该保护区晋升为省级自然保护区；2008 年 1 月 21 日，该保护区被列入广东省人大自然保护区议案建设规划；2008 年 7 月 10 日，广东省机编办批准成立江门中华白海豚省级自然保护区管理处，为副处级事业单位，负责该保护区的具体管护工作。根据《关于调整江门中华白海豚省级自然保护区范围的函》（粤海渔函〔2009〕116 号），经广东省人民政府同意，广东省海洋与渔业局已原则同意对江门中华白海豚省级自然保护区的范围作调整，调整方案按《江门中华白海豚省级自然保护区调整可行性论证报告》推荐的方案执行，完成调整后的面积为 107.477km²，其中核心区 42.358km²、缓冲区 25.801km²、实验区 39.318km²。2011 年广东省江门市人民政府发文《关于印发江门市中华白海豚自然保护区管理办法的通知》（江府〔2011〕20 号），进一步明确了江门市中华白海豚自然保护区的具体管理办法，这是广东省首个关于中华白海豚保护的规范性文件。2022 年 3 月 24 日，江门市人民政府发布了《广东江门中华白海豚省级自然保护区管理办法》（江府〔2022〕9 号）。

根据《广东省自然资源厅、广东省林业局关于印发〈广东省自然保护地规划（2021-2035 年）〉的通知》（2021 年 12 月）和《江门市自然资源局关于印发〈江门市自然保护地规划（2022-2035 年）〉的通知》（江自然资〔2023〕585 号，2023 年 8 月），在 2025 年底前，将基本完成自然保护地的整合优化。整合后的保护区名称为江门中华白海豚地方级自然保护区，面积为 107.7117km²，距离本项目最近约 1.30km。

(2) 江门上川岛猕猴地方级自然保护区

广东台山上川岛猕猴省级自然保护区位于广东省江门市台山市川岛镇，是 1990 年 1 月经广东省人民政府批准建立的省级野生动物类型自然保护区，其主要保护对

象是猕猴及其栖息环境。保护区总面积 2281.00hm²，其中核心区 1257.11hm²、缓冲区 930.26hm²、实验区 44.30hm²，另有特别控制区 49.33hm²。上川岛猕猴保护区属亚热带季风常绿阔叶林生态系统，其野生动植物资源丰富，是广东省内最大的猕猴生态保护基地，也是广东省内自然保护区中海岛型的典型代表。

根据《广东省自然资源厅、广东省林业局关于印发〈广东省自然保护地规划（2021-2035 年）〉的通知》（2021 年 12 月）和《江门市自然资源局关于印发〈江门市自然保护地规划（2022-2035 年）〉的通知》（江自然资〔2023〕585 号，2023 年 8 月），在 2025 年底前，将基本完成自然保护地的整合优化。整合后的保护区名称为江门上川岛猕猴地方级自然保护区，面积为 2228.74 公顷，距离本项目最近约 9.14km。

（3）江门台山曹峰山地方级自然保护区

江门台山曹峰山县级自然保护区位于台山市东南部，保护区共涉及赤溪镇 7 个行政村，总面积 9459.00 公顷，地理坐标为

。分三个片区：曹峰山片区、大襟岛片区、东角山片区，最高峰凉帽顶，海拔 784.2 米。

保护区物种资源非常丰富，根据调查结果统计，曹峰山野生植物资源共有 662 种，隶属于 150 科 409 属，其中蕨类植物占 20 科 28 属 41 种，裸子植物占 4 科 4 属 5 种，被子植物占 126 科 377 属 616 种。有《国家重点保护野生植物名录（第一批）》Ⅱ级保护植物 6 种，分别为华南锥、绣球茜草、金毛狗、樟、花榈木、苦梓。此外，还有被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）》中的植物有 6 种，分别为多花脆兰、虾脊兰、吻兰、细裂玉凤花、镰翅羊耳蒜、扇唇羊耳蒜。保护区有国家重点保护物种 5 种，其中有国家Ⅱ级重点保护物种 3 种，分别为褐翅鸦鹃，小鸦鹃，黑翅鸢。另外，还有被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）》中的植物 6 种，保护区内有“三有”物种 56 种，广东省重点保护物种 5 种。《世界自然保护联盟》（IUCN）2016 年濒危物种红色名录近危物种 1 种，低危物种 59 种，《中国濒危动物红皮书》易危物种 4 种，稀有物种 1 种，《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录Ⅱ物种 1 种。

根据《广东省自然资源厅、广东省林业局关于印发〈广东省自然保护地规划（2021-2035 年）〉的通知》（2021 年 12 月）和《江门市自然资源局关于印发〈江门

市自然保护地规划（2022-2035 年）的通知》（江自然资〔2023〕585 号，2023 年 8 月），在 2025 年底前，将基本完成自然保护地的整合优化。整合后的保护区名称为江门台山曹峰山地方级自然保护区，面积为 78.0139km²，距离本项目最近约 95m。

图 4.2.7-1 项目周边海洋自然保护区分布图

图 4.2.7-2 项目周边陆域自然保护区分布图

4.2.8 重点保护水生野生动物

4.2.8.1 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 IUCN 红色名录）中，中华白海豚被列为濒危物种。

根据陈涛等（2010）《珠江西部河口中华白海豚的分布和季节变化》论文和 Chen et al (2011) 《Distribution and group dynamics of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the western Pearl River Estuary, China》的研究，中国水产科学研究院南海水产研究所 2007-2008 年采用船基截线法每月在珠江西部河口进行海豚调查，评估了该水域中华白海豚的分布、季节变化和群体组成。1 周年的月度调查共目击中华白海豚 153 群次，约 1035 头次。这是首次有关珠江西部河口中华白海豚种群的研究报道。研究发现，珠江西部河口中华白海豚主要分布于从三灶岛南至大襟岛西侧水深<10m 的水域，20m 等深线可能为该水域海豚离岸分布的界限，分布区在丰水期趋向河口北部浅水区，枯水期趋向离岸水域，季节性南北移动趋势与珠江东部河口相反；海豚目击率以丰水期较高，枯水期较低。比较本调查区和以往珠江东部河口各调查区（包括伶仃洋及其邻近水域）的海豚目击率表明，西部河口也是珠江河口中华白海豚的重要栖息地之一。从海豚目击分布图上（图 4.2.8-1）可知，本项目送出海缆所在近岸海域在 2007-2008 调查期内也有中华白海豚的活动迹象，但分布密度要低于崖门口外（大襟岛-荷包岛-大杧岛）海域以及高栏岛东面的

鸡啼门外海域。

图 4.2.8-1 2007-2008 年珠江河口西部海域中华白海豚的目击位置分布

根据郭亦玲（2017）《广东省江门市海域中华白海豚（*Sousa chinensis*）种群数量及其饵料资源的调查》论文，整合了 2012~2016 年于江门水域进行的野外船基照相识别调查的数据，对江门水域中华白海豚的种群数量变动进行了研究。该研究共识别出 352 头中华白海豚个体，主要集中分布在国华电厂至大襟岛附近海域。近三年来，种群分布范围逐渐扩大，白海豚在上川岛海域及大襟岛、大江岛和荷包岛之间的海域也有所分布。值得注意的是，在野外调查中发现，国华电厂港区内的白海豚目击频次较高，分布相对集中。该研究也是采用主动追踪调查，难以用于种群数量的准确评估。

图 4.2.8-2 2012-2016 年江门水域中华白海豚发现位点和栖息地范围

根据崔梦冉（2020）《广东江门水域中华白海豚的空间分布模式与社会结构的研究》论文，2016-2018 年采用船只调查法和焦点动物取样法，设计了两条航线对江门海域中华白海豚进行了研究。该研究共识别出中华白海豚个体 690 头，江门水域中华白海豚分布于下川岛东北部至荷包岛、大忙岛的西部，总栖息地面积为 676 平方公里，核心使用区域为电厂南部至大襟岛与荷包岛之间，面积为 74 平方公里。赤溪镇沿岸海域中华白海豚的目击点非常多。然而由于采用的是主动追踪调查，并未设置统一的观测截线，海上观测努力量并未均匀的覆盖整个研究海域，可能导致某些区域有效观测量大，则目击次数多，因此在这种情况下目击点的密集程度不能反映白海豚的相对密度大小。

图 4.2.8-3 2016-2018 年江门水域中华白海豚发现位点和栖息地范围

根据曾千慧（2021）《江门水域中华白海豚空间利用、社群动态及繁殖生态的研究》论文，整合了 2013~2019 年于江门水域进行的野外船基照相识别调查的数据，对江门水域中华白海豚的空间利用和数量变动进行了研究。该研究共识别 573 头中华白海豚，包括 477 头亚成体和成体以及 96 头少年个体。其中属于西黄茅海社群的个体共 471 头，高度可识别的亚成体和成体有 394 头。江门水域中华白海豚主要活跃于水深为 5-15m 的水域，且离岸距离基本不超过 5km。西黄茅海中华白海

豚社群总体的 95% FK 栖息地范围为 235.00km²，50% FK 栖息地范围为 31.67km²。该研究数据也是采用的主动追踪调查，未设置统一的截线，其目击密度可能难以完全反应白海豚的相对密度。

图 4.2.8-4 2013-2019 年江门水域中华白海豚发现位点和栖息地范围

根据雍李明（2024）《近 30 年我国东南沿海中华白海豚分布变迁及驱动因素研究》论文，该研究采用沿海渔民间卷调查、文献记录以及野外实地调查等方式，构建了我国东南沿海中华白海豚历史分布数据库。中华白海豚在广东省的分布区域为广东汕头南澳岛、汕尾陆丰、海丰、珠江口（含香港、澳门及河口西部水域）、茂名、湛江东部、湛江南部及湛江西侧水域。

图 4.2.8-5 2010-2022 年中国东南沿海中华白海豚分布记录

其中 1 类精度表示来自文献中分布点和野外实地调查所得点位；2 类精度表示文献中只提供了具体地名的点位；3 类精度表示问卷调查。

综合以上文献研究资料，珠江口-漠阳江口中华白海豚种群的历史分布范围为东至香港海域，西至海陵岛海域，北至岸线，南至 20m 等深线附近。送出海缆穿过的上川岛与大襟岛群岛之间的海域是中华白海豚的重要分布区。

4.2.8.2 海龟

海龟是高度洄游物种，能进行长距离跨洋际洄游。通过对美国和中国台湾对蠵龟的洄游路线卫星追踪情况，以及 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠵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。

图 4.2.8-6 中国台湾误捕蠵龟洄游路线卫星追踪图

图 4.2.8-7 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

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，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，6 只幼年绿海龟的洄游路线详见图 4.2.8-8。

图 4.2.8-8 只幼年绿海龟的洄游路线

蓝色和红色路线分别代表追踪终点时间在夏季和冬季的幼年绿海龟洄游路线；①~⑥分别代表编号分别为 73040、70464、65415、40470、53744、52694 幼年绿海龟的终点位置；★为起点，广东惠东海龟国家级自然保护区海龟产卵场沙滩。GEB CO Bathymetry 海洋大体水深图等深线标尺，不同颜色代表不同的海水深度。

根据《中国南海放归绿海龟 (*Chelonia mydas*) 的溯源与卫星追踪研究》，在 2020-2021 年通过卫星追踪总共监测了 18 只绿海龟个体去向，海龟的路线详见图 4.2.8-9。

图 4.2.8-9 放归海龟的迁移路径

根据图 4.2.8-6~图 4.2.8-9 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，但工程海域不是海龟的主要活动区域。

4.2.8.3 猕猴

猕猴是灵长目猴科猕猴属哺乳动物。躯体粗壮，在同属中体型偏小；手足均有 5 个指、趾，具扁平的指甲；四肢基本等长，拇指能与其他四指相对；面部裸露无毛，轮廓分明；眼眶由骨形成环状，使两眼向前；眼间的距离较窄，立体视觉发达，可以辨别色彩；前额低，有一突起的棱；脸部及两耳肉色，吻部突出；臀部胼胝体疣红色；体色多呈棕灰色或棕黄色，背部后半部毛呈橙黄色而有光泽；腹面淡灰色，尾短，具颊囊。

猕猴在中国主要分布于广东、广西、云南及贵州等地，福建、安徽、江西、湖南、湖北及四川等地有少量分布，陕西、山西、河南、河北、青海及西藏等地局部地点有分布；印度、泰国、老挝、缅甸、越南、阿富汗、巴基斯坦等国也有分布。栖息于热带、亚热带及暖温带阔叶林中，在从低丘到 4000 米高海拔、僻静的各种环境中均有栖息，尤喜在石山的林灌地带，特别是那些岩石嶙峋、悬崖峭壁又夹杂着溪河沟谷、攀藤绿树的广阔地段活动。集群生活，一般 30~50 只为一群。杂食性，以野果、树叶、昆虫为食，也盗食玉米、甘蔗等作物。每年产 1 胎，每窝 1 仔，孕期 6 个月左右。寿命约为 30 年。

猕猴是一种相对古老的灵长类动物。由于其杂食性和很强的繁殖生存能力，20 世纪中叶猕猴曾一度成为农业害兽而遭到各种方式的捕杀，导致在部分地区直接灭绝，数量大幅度下降；因出口而被肆意活捕也是导致猴群数量下降的因素。1989 年

被中国《国家重点保护野生动物名录》列为国家二级保护野生动物。

项目周边猕猴主要分布于江门上川岛猕猴地方级自然保护区，2021 年统计岛上的猕猴数量增加到 25 个种群、约 2200 只。

4.2.9 “三场一通道”分布情况

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），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 4.2.9-1 和图 4.2.9-2，本工程部分位于南海中上层鱼类产卵场内和南海底层、近底层鱼类产卵场。

（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（图 4.2.9-3），管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目部分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

根据《南海区水产资源保护示意图》（1985 年 8 月）确定、2002 年农业部发布 189 号文公布的幼鱼幼虾保护区范围，幼鱼幼虾保护区位于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（图 4.2.9-4），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，主要功能为渔业水域，保护内容为水质和生态。保护区性质为幼鱼幼虾保护区非水生生物自然保护区和水产种质资源保护区。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。本项目部分位于南海区幼鱼、幼虾保护区内。

（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（大小至洲），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。本项目部分位于上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小至洲）黄花鱼幼鱼保护区。

图 4.2.9-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

图 4.2.9-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

图 4.2.9-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

图 4.2.9-4 幼鱼幼虾保护区范围示意图

4.3 海域开发利用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、海上风电项目等。项目所在海域开发利用现状详见表 4.3-1 和图 4.3-1。

表 4.3-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
1	中广核阳江帆石一海上风电场项目	西侧，约 8.46km
2	中广核阳江帆石二海上风电场项目	西侧，约 8.68km
3	国能江门川岛二海上风电项目（拟申请）	集电海缆接入本项目海上升压站
4	中广核江门川岛一海上风电项目（拟申请）	
5	台山广海湾鱼塘港物流区建设项目	西侧，约 4.55km
6	台山发电厂工程	西侧，约 0.80km
7	广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程	送出海缆穿越
8	台山市赤溪黑沙湾海浴场	西侧，约 0.11km
9	广东台山核电一期工程项目	东北侧，约 3.06km
10	珠海高栏港外至阳江南鹏岛北	送出海缆穿越
11	粤西沿海近岸航路	北侧，约 3.67km
12	珠江口大蜘洲至江门上川岛南	送出海缆穿越
13	珠江口桂山岛经东澳岛至江门上川岛南	送出海缆穿越
14	广东沿海内航路	送出海缆穿越
15	粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道	北侧，约 12m
16	铜鼓航道	送出海缆穿越
17	荷包岛南航道	送出海缆穿越
18	围阳航道	北侧，约 1.44km
19	江门港广海湾港区引航锚地	西侧，约 6.24km
20	船舶检验和引水锚地	西侧，约 6.34km
21	青栏头锚地	西侧，约 734m
22	江门港台山电厂锚地	东侧，约 811m
23	广海湾小船锚地	西侧，约 3.11km
24	广海湾 1#锚地	东侧，约 1.93km
25	广海湾 2#锚地	西侧，约 1.47km
26	广海湾 3#锚地	西侧，约 1.42km
27	江门上川岛猕猴地方级自然保护区	西侧，约 9.14km
28	江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	西侧，约 1.01km
29	江门中华白海豚地方级自然保护区	东侧，约 1.30km
30	造礁石珊瑚	西侧，约 6.70km
31	在建跨河桥梁	登陆点西侧，紧邻
32	养殖鱼塘	登陆点北侧，约 40m
33	渔船停泊区	登陆点东侧，紧邻
34	水库入海口	登陆点南侧，紧邻

图 4.3-1a 项目周边开发利用现状图

图 4.3-1b 项目周边开发利用现状图（登陆点附近）

4.4 周边污染源概况

4.4.1 海域污染源调查

以污染物排放影响为主或可能导致水体交换能力明显下降的 1 级和 2 级评价项目应收集评价范围内有关污染源资料，主要包括：

- a) 排放同类污染物的已建项目、在建项目、拟建项目（已批复环境影响评价文件）的分布情况；
- b) 入海排污口的位置及污染物排放情况；
- c) 入海河流的水质、水量等。

本项目不属于以污染物排放影响为主的项目，项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海上升压站和海上无功补偿站采用导管架基础，为透水构筑物，对水体交换能力影响较小。

4.4.2 陆域污染源调查

项目陆域集控中心周边主要为养殖鱼塘和居民楼，主要污染源为养殖废水、生活污水、生活垃圾及厨房油烟。

5 环境质量现状调查与评价

5.1 水文动力环境现状调查

本节引用《川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 6 月）和《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 7 月），由广州海兰图检测技术有限公司分别于 2024 年 1 月和 2024 年 6 月在项目附近海域进行的水文动力观测数据。

5.1.1 调查概况

(1) 冬季

本次调查共布设 6 个水文站位（CDL1~CDL6 站位）和 3 个潮位观测站位（CDC1~CDC3 站位），具体位置见表 5.1.1-1 和图 5.1.1-1。

表 5.1.1-1 冬季水文观测站坐标和观测内容

站位	经度 (E)	纬度 (N)	水深 (m)	观测要素	观测时间
CDL1			15.2	海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向	小潮：2024 年 01 月 19 日 21 时至 2024 年 01 月 20 日 23 时
CDL2			34.2	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL3			26.4	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL4			40.4	海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向	中潮：2024 年 01 月 21 日 01 时至 2024 年 01 月 22 日 03 时
CDL5			39.4	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL6			47.1	海流、悬沙、粒径、温盐	大潮：2024 年 01 月 26 日 04 时至 2024 年 01 月 27 日 06 时
CDC1			/	潮位	2024 年 01 月 01 日 00 时至 2024 年 01 月 30 日 23 时
CDC2			/	潮位	
CDC3			/	潮位	

图 5.1.1-1 冬季水文观测站位图

(2) 夏季

本次调查共布设 6 个水文站位（CDL1~CDL6 站位）和 3 个潮位观测站位（CDC1~CDC3 站位），具体位置见表 5.1.1-2 和图 5.1.1-2。

表 5.1.1-2 夏季水文观测站坐标和观测内容

站位	经度 (E)	纬度 (N)	水深 (m)	观测要素	观测时间
CDL1			14.5	海流、悬沙、粒径、温盐、风速 风向	小潮：2024 年 06 月 15 日 21 时至 2024 年 06 月 16 日 23 时 中潮：2024 年 06 月 18 日 21 时至 2024 年 06 月 19 日 23 时 大潮：2024 年 06 月 20 日 01 时至 2024 年 06 月 21 日 03 时
CDL2			35.2	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL3			27.3	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL4			44.1	海流、悬沙、粒径、温盐、风速 风向	
CDL5			42.1	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL6			48.1	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDC1			/	潮位	2024 年 06 月 07 日 00 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时
CDC2			/	潮位	
CDC3			/	潮位	

图 5.1.1-2 夏季水文观测站位图

5.1.2 风速风向、海况

(1) 冬季

小潮水文观测期间，风向以北风和东北风为主，风速在 3.2m/s ~ 8.3m/s ，观测海域的平均风速大小为 5.5m/s 。各站点风速以及风向变化不大，观测海区整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

中潮水文观测期间，风向以东北风为主，风速在 5.3m/s ~ 9.5m/s ，观测海域的平均风速大小为 7.6m/s 。各站点风速以及风向变化不大，观测海区整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

大潮水文观测期间，风向以东北风和东风为主，风速在 5.3m/s ~ 9.3m/s ，观测海域的平均风速大小为 7.7m/s 。各站点风速以及风向变化不大，观测海区整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

(2) 夏季

小潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 4.5m/s ~ 10.8m/s ，观测海域的平均风速大小为 7.4m/s 。各站点风速以及风向变化不大，观测海区整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

中潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 6.3m/s ~ 10.0m/s 。观测海域的平均风速大小为 8.3m/s 。各站点风速以及风向变化不大，观测海区整体水深较深，

海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

大潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 $7.6\text{m/s}\sim 9.7\text{m/s}$ 。观测海域的平均风速大小为 8.6m/s 。各站点风速以及风向变化不大，观测海区整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

5.1.3 潮位

5.1.3.1 实测潮位统计分析

(1) 冬季

根据 CDC1、CDC2 和 CDC3 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 2024 年 01 月 01 日 00 时至 2024 年 01 月 30 日 23 时（30 天），如图 5.1.3-1 所示（黑色线段表示 30 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：上川岛和高栏岛，其中黑色的线表示上川岛和高栏岛，红色表示 CDC1 站的潮位，蓝色表示 CDC2 站的潮位，绿色表示 CDC3 站的潮位，绘制时间为 2024 年 01 月 01 日 0 时至 2024 年 01 月 30 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 5.1.3-2 所示。

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。

图 5.1.3-1a 冬季 CDC1 站潮位过程曲线

图 5.1.3-1b 冬季 CDC2 站潮位过程曲线

图 5.1.3-1c 冬季 CDC3 站潮位过程曲线

图 5.1.3-2a 冬季上川岛站潮位过程曲线

图 5.1.3-2b 冬季高栏岛站潮位过程曲线

(2) 夏季

根据 CDC1、CDC2 和 CDC3 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 2024 年 06 月 07 日 00 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时

(30 天), 如图 5.1.3-3 所示 (黑色线段表示 30 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: 上川岛和高栏岛, 其中黑色的线表示上川岛和高栏岛, 红色表示 CDC1 站的潮位, 蓝色表示 CDC2 站的潮位, 绿色表示 CDC3 站的潮位, 绘制时间为 2024 年 06 月 07 日 0 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时 (一个月), 其数据来自于国家海洋信息中心, 如图 5.1.3-4 所示。

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。

图 5.1.3-3a 夏季 CDC1 站潮位过程曲线

图 5.1.3-3b 夏季 CDC2 站潮位过程曲线

图 5.1.3-3c 夏季 CDC3 站潮位过程曲线

图 5.1.3-4a 夏季上川岛站潮位过程曲线

图 5.1.3-4b 夏季高栏岛站潮位过程曲线

5.1.3.2 潮汐调和分析

(1) 冬季

根据收集的 CDC1、CDC2 和 CDC3 连续 30 天潮位资料, 为了获得较准确的潮汐调和常数, 采用引入差比数 (采用了上川岛的差比关系) 的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 5.1.3-1 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 5.1.3-1 冬季调查海区调和常数统计分析 (基于 30 天)

分潮	CDC1		CDC2		CDC3	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
O ₁	29.96	248	30.07	248	29.96	248
K ₁	49.20	313	49.47	313	49.20	313
M ₂	52.32	271	52.71	271	52.32	271
S ₂	17.19	324	16.41	325	17.19	324
M ₄	8.61	88	8.77	89	8.61	88
MS ₄	3.04	156	3.76	176	3.04	156

临时潮位站的分潮中 M₂ 分潮振幅皆最大, 其中 CDC1 的 M₂ 分潮振幅为约为

52.32cm，迟角为 271°；CDC2 的 M_2 分潮振幅约为 52.71cm，迟角为 271°；CDC3 的 M_2 分潮振幅约为 52.32cm，迟角为 271°。

(2) 夏季

根据收集的 CDC1、CDC2 和 CDC3 连续 30 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，采用引入差比数（采用了上川岛的差比关系）的最小二乘法对潮位进行调和与分析，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 5.1.3-2 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 5.1.3-2 夏季调查海区调和常数统计分析（基于 30 天）

分潮	CDC1		CDC2		CDC3	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
O_1	30.55	256	30.51	256	32.15	259
K_1	49.06	305	49.08	305	48.71	308
M_2	50.19	277	50.38	278	56.44	286
S_2	12.11	320	12.07	320	14.10	335
M_4	7.91	105	7.92	105	7.09	103
MS_4	3.49	170	3.52	170	3.32	163

临时潮位站的分潮中 M_2 分潮振幅皆最大，其中 CDC1 的 M_2 分潮振幅为约为 50.19cm，迟角为 277°；CDC2 的 M_2 分潮振幅约为 50.38cm，迟角为 278°；CDC3 的 M_2 分潮振幅约为 56.44cm，迟角为 286°。

5.1.3.3 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 $F = (H_{O_1} + H_{K_1}) / H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F < 0.5$	正规半日潮
$0.5 \leq F < 2.0$	不正规半日潮
$2.0 \leq F < 4.0$	不正规全日潮
$4.0 \leq F$	正规全日潮

(1) 冬季

临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.51、1.51 和 1.50，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过上川岛站和高栏岛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 1.11 和 1.25；而测量海区更靠近上川岛站。因此 CDC1、CDC2 和 CDC3 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 3.10m，最低潮位为 -0.20m，最大涨潮潮差为 2.18m，最大落潮潮差为 3.22m。

表 5.13-3 冬季潮位站潮汐特征值统计

特征值	CDC1	CDC2	CDC3
最高潮位 (m)	2.99	3.10	3.03
最低潮位 (m)	-0.18	-0.19	-0.20
平均潮位 (m)	1.40	1.40	1.38
最大涨潮潮差 (m)	1.80	1.85	2.18
最大落潮潮差 (m)	3.14	3.21	3.22
平均涨潮历时 (h)	13	12	12
平均落潮历时 (h)	12	12	13
潮汐性质系数 F	1.51	1.51	1.50
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮	不正规半日潮

(2) 夏季

临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.59、1.58 和 1.43，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过上川岛站和高栏岛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 1.34 和 1.50；而测量海区更靠近上川岛站。因此 CDC1、CDC2 和 CDC3 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 3.09m，最低潮位为 0.01m，最大涨潮潮差为 1.98m，最大落潮潮差为 3.00m。

表 5.13-4 夏季潮位站潮汐特征值统计

特征值	CDC1	CDC2	CDC3
最高潮位 (m)	2.95	2.93	3.09
最低潮位 (m)	0.04	0.01	0.05
平均潮位 (m)	1.43	1.43	1.54
最大涨潮潮差 (m)	1.98	1.67	1.75
最大落潮潮差 (m)	2.89	2.91	3.00
平均涨潮历时 (h)	13	13	12
平均落潮历时 (h)	12	12	12
潮汐性质系数 F	1.59	1.58	1.43
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮	不正规半日潮

5.1.4 实测海流

5.1.4.1 冬季

(1) 小潮期

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间，处于路由场区的 CDL1、CDL2 和 CDL3 站实测最大涨潮流速分别

为 40.0cm/s (298°)、22.1cm/s (275°)、50.4cm/s (221°)，实测最大落潮流速分别为 46.2cm/s (162°)、19.0cm/s (159°)、54.6cm/s (221°)，实测涨潮平均流速依次为 12.6cm/s (313°)、10.1cm/s (270°)、16.5cm/s (210°)，实测落潮平均流速依次为 13.0cm/s (146°)、7.5cm/s (210°)、14.6cm/s (218°)；位于场区靠近外海的 CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 19.6cm/s (260°)、17.3cm/s (297°)、15.9cm/s (259°)；实测最大落潮流速分别为 16.4cm/s (256°)、18.1cm/s (133°)、24.1cm/s (142°)，实测涨潮平均流速依次为 9.7cm/s (263°)、6.8cm/s (295°)、7.4cm/s (245°)，实测落潮平均流速依次为 8.3cm/s (190°)、6.4cm/s (148°)、9.6cm/s (171°)。

最大涨潮流速为 50.4cm/s，最大落潮流速为 54.6cm/s，均出现在 CDL3 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 32.5cm/s 和 32.8cm/s，均出现在 CDL3 站表层。由于观测时间处于冬季，并且风速较大，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。其中最特别的是 CDL1 站和 CDL3 站，由于这两个站受附近的地形影响，表现出了不同的流速特征：CDL1 站处于两股海水汇聚的交接处，退潮时，上川岛北部的东南向的海水与东北风吹送过来的海水于 CDL1 站处交汇，使得 CDL1 站的流水结构很特别。而 CDL3 站则是受到经过上川岛和乌猪洲产生的狭管效应增强的海风影响，在海表面和次海表面形成了很强的西南流。除此之外，其余站位表现出了半日潮区的潮汐特征，具有明显的周期性。并且在开阔海域，各个站点的流速相差不大。

图 5.1.4-1a 冬季表层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-1b 冬季 0.2H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-1c 冬季 0.4H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-1d 冬季 0.6H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-1e 冬季 0.8H 海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-1f 冬季底层海流平面分布矢量图（小潮期）

表 5.1.4-1 冬季小潮期涨、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
CDL1	表层	39.7	295	20.4	290	46.2	162	18.7	211
	0.2H 层	40.0	298	21.3	298	44.7	158	20.4	190
	0.4H 层	32.3	335	17.6	332	43.1	144	18.6	139
	0.6H 层	24.0	331	13.4	319	40.3	120	13.5	131
	0.8H 层	19.1	322	12.6	317	31.8	145	15.7	123
	底层	16.8	336	10.7	352	30.3	124	11.5	106
	垂线平均	26.5	316	12.6	313	37.0	142	13.0	146
CDL2	表层	22.1	275	13.8	275	19.0	159	11.0	229
	0.2H 层	19.1	282	10.7	283	18.6	153	9.4	217
	0.4H 层	14.4	307	8.7	274	14.2	153	6.6	196
	0.6H 层	15.9	290	10.8	268	12.4	216	7.4	208
	0.8H 层	16.3	286	10.9	261	13.7	177	8.6	205
	底层	14.0	270	10.1	250	12.6	222	8.2	206
	垂线平均	15.4	287	10.1	270	11.0	161	7.5	210
CDL3	表层	50.4	221	32.5	216	54.6	221	32.8	217
	0.2H 层	45.1	214	28.1	216	34.8	220	21.8	217
	0.4H 层	27.1	214	17.3	219	30.5	217	13.7	228
	0.6H 层	21.9	210	14.5	209	23.7	226	11.4	217
	0.8H 层	19.7	143	11.1	188	24.4	220	11.2	212
	底层	17.8	139	9.0	145	20.4	224	8.9	207
	垂线平均	26.8	210	16.5	210	22.1	221	14.6	218
CDL4	表层	19.6	260	11.2	250	16.4	256	8.0	186
	0.2H 层	17.6	271	9.6	260	15.1	160	8.3	180
	0.4H 层	14.1	272	8.0	255	16.3	144	9.1	189
	0.6H 层	18.4	294	12.1	271	15.5	128	9.2	194
	0.8H 层	18.3	289	12.5	264	14.7	263	10.0	196
	底层	18.2	288	11.3	268	14.5	158	9.3	194
	垂线平均	16.7	279	9.7	263	12.1	152	8.3	190
CDL5	表层	17.3	297	10.3	296	14.2	178	7.1	199
	0.2H 层	13.7	287	7.4	294	16.6	153	7.2	154
	0.4H 层	13.0	314	6.6	285	18.1	133	9.1	145
	0.6H 层	13.1	301	8.2	268	13.0	138	7.5	149
	0.8H 层	12.8	306	6.7	305	14.4	126	6.8	134
	底层	10.9	305	5.9	329	12.6	117	6.2	127
	垂线平均	12.7	309	6.8	295	12.9	139	6.4	148
CDL6	表层	15.9	259	8.8	229	24.1	142	11.1	174
	0.2H 层	12.3	303	6.2	261	23.9	143	11.8	160
	0.4H 层	11.8	261	8.1	229	20.2	147	10.3	166
	0.6H 层	11.8	268	8.1	242	13.8	170	9.7	180
	0.8H 层	13.9	284	9.6	244	14.0	182	9.4	180
	底层	14.5	298	8.6	286	12.6	155	6.6	179
	垂线平均	11.8	277	7.4	245	15.8	157	9.6	171

(2) 中潮期

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间，处于路由场区的 CDL1、CDL2 和 CDL3 站实测最大涨潮流速分别为 48.4cm/s (324°)、27.7cm/s (265°)、48.2cm/s (217°)，实测最大落潮流速分别为 46.9cm/s (134°)、31.4cm/s (260°)、41.5cm/s (201°)，实测涨潮平均流速依次为 16.2cm/s (325°)、15.5cm/s (240°)、19.9cm/s (208°)，实测落潮平均流速依次为 17.0cm/s (170°)、18.9cm/s (239°)、9.5cm/s (243°)；位于场区靠近外海的 CDL4、CDL5、CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 39.4cm/s (288°)、38.9cm/s (313°)、33.7cm/s (292°)；实测最大落潮流速分别为 24.4cm/s (278°)、19.1cm/s (298°)、22.8cm/s (257°)，实测涨潮平均流速依次为 18.9cm/s (280°)、11.8cm/s (304°)、13.8cm/s (272°)，实测落潮平均流速依次为 16.9cm/s (244°)、9.9cm/s (228°)、15.2cm/s (235°)。

观测期间最大涨潮流速为 48.4cm/s，最大落潮流速为 46.9cm/s，分别出现在 CDL1 站 0.4H 层和 CDL1 站 0.8H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 32.6cm/s 和 33.4cm/s，均出现在 CDL3 站表层。由于观测时间处于冬季，并且风速较大，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。其中最特别的是 CDL1 站和 CDL3 站，由于这两个站受附近的地形影响，表现出了不同的流速特征：CDL1 站处于两股海水汇聚的交接处，退潮时，上川岛北部的东南向的海水与东北风吹送过来的海水于 CDL1 站处交汇，使得 CDL1 站的流水结构很特别。而 CDL3 站则是受到经过上川岛和乌猪洲产生的狭管效应增强的海风影响，在海表面和次海表面形成了很强的西南流。除此之外，其余站位表现出了半日潮区的潮汐特征，具有明显的周期性。并且在开阔海域，各个站点的流速相差不大。

图 5.1.4-2a 冬季表层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-2b 冬季 0.2H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-2c 冬季 0.4H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-2d 冬季 0.6H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-2e 冬季 0.8H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-2f 冬季底层海流平面分布矢量图（中潮期）

表 5.1.4-2 冬季中潮期涨、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
CDL1	表层	41.6	278	22.4	265	29.5	181	20.1	218
	0.2H 层	43.6	318	24.4	281	31.4	209	23.3	218
	0.4H 层	48.4	324	23.3	296	27.8	162	17.8	205
	0.6H 层	44.2	334	21.6	347	46.2	138	25.1	126
	0.8H 层	40.4	3	22.6	3	46.9	134	25.5	128
	底层	31.2	349	16.5	354	30.6	137	20.0	134
	垂线平均	40.4	333	16.2	325	28.9	161	17.0	170
CDL2	表层	26.3	256	19.0	231	31.4	260	22.2	236
	0.2H 层	27.7	265	18.3	246	28.3	271	20.7	244
	0.4H 层	25.5	266	16.9	247	25.7	263	18.2	237
	0.6H 层	22.2	258	15.2	241	25.5	257	18.2	239
	0.8H 层	19.6	256	14.2	233	25.0	265	19.1	239
	底层	19.4	246	14.9	225	24.7	265	17.8	236
	垂线平均	22.6	262	15.5	240	26.4	264	18.9	239
CDL3	表层	48.2	217	32.6	218	41.5	201	33.4	205
	0.2H 层	47.8	211	30.2	216	41.3	194	29.8	200
	0.4H 层	34.4	197	17.8	209	27.9	146	18.1	158
	0.6H 层	23.9	214	17.0	198	38.0	360	23.9	2
	0.8H 层	22.7	192	16.3	190	40.0	347	22.5	332
	底层	21.9	201	13.2	201	39.5	341	22.8	302
	垂线平均	28.0	202	19.9	208	21.9	210	9.5	243
CDL4	表层	37.4	279	22.7	264	24.4	278	19.1	236
	0.2H 层	39.4	288	24.4	273	23.0	242	18.1	247
	0.4H 层	37.4	294	22.7	279	24.0	251	17.9	246
	0.6H 层	35.0	303	19.8	289	21.6	252	17.1	246
	0.8H 层	24.9	292	13.9	290	21.5	252	15.9	242
	底层	21.8	284	11.0	288	20.4	244	14.8	239
	垂线平均	32.4	290	18.9	280	22.2	248	16.9	244
CDL5	表层	38.9	313	18.6	290	19.1	298	13.0	250
	0.2H 层	30.7	311	15.3	291	15.8	179	11.4	238
	0.4H 层	24.3	320	12.5	305	15.8	188	12.1	224
	0.6H 层	20.7	318	12.5	314	13.0	279	10.3	231

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
	0.8H 层	15.1	304	10.6	321	11.8	237	9.3	220
	底层	11.1	298	7.1	313	15.1	159	9.4	190
	垂线平均	22.4	310	11.8	304	12.9	182	9.9	228
CDL6	表层	33.3	274	19.0	254	22.8	257	18.7	244
	0.2H 层	33.7	292	18.6	268	17.8	246	15.5	249
	0.4H 层	28.5	279	16.6	271	22.5	266	16.1	249
	0.6H 层	23.8	283	13.9	275	21.3	257	14.9	240
	0.8H 层	20.8	299	11.7	287	21.1	256	16.1	214
	底层	14.2	203	8.2	300	22.8	186	17.7	204
	垂线平均	24.9	281	13.8	272	20.5	261	15.2	235

(3) 大潮期

从海流的运动状态来看, 观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征, 从各站海流过程矢量图可以看出, 各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐(半日潮区)的影响, 该海区表现出了极强的规律性; 在垂向结构上看, 流速整体分布均匀, 各层次的流速差异不大。

观测期间, 处于路由场区的 CDL1、CDL2 和 CDL3 站实测最大涨潮流速分别为 58.3cm/s (312°)、28.0cm/s (301°)、45.9cm/s (268°), 实测最大落潮流速分别为 67.8cm/s (136°)、20.7cm/s (135°)、39.3cm/s (245°), 实测涨潮平均流速依次为 27.2cm/s (342°)、13.0cm/s (298°)、17.1cm/s (284°), 实测落潮平均流速依次为 23.7cm/s (132°)、10.7cm/s (184°)、13.8cm/s (176°); 位于场区靠近外海的 CDL4、CDL5、CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 32.6cm/s (287°)、28.5cm/s (296°)、30.8cm/s (290°); 实测最大落潮流速分别为 27.6cm/s (139°)、28.2cm/s (125°)、27.3cm/s (154°), 实测涨潮平均流速依次为 16.1cm/s (282°)、14.9cm/s (321°)、14.2cm/s (272°), 实测落潮平均流速依次为 15.0cm/s (174°)、16.0cm/s (158°)、15.0cm/s (185°)。

观测期间最大涨潮流速为 58.3cm/s, 最大落潮流速为 67.8cm/s, 分别出现在 CDL1 站 0.4H 层和 CDL1 站 0.2H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 30.6cm/s 和 29.5cm/s, 分别出现在 CDL1 站 0.4H 层和 CDL1 站 0.2H 层。由于观测时间处于冬季, 并且风速较大, 各个站位都表现出表层流速最大, 随着深度加深依次减小。其中最特别的是 CDL1 站和 CDL3 站, 由于这两个站受附近的地形影响, 表现出了不

同的流速特征：CDL1 站处于两股海水汇聚的交接处，退潮时，上川岛北部的东南向的海水与东北风吹送过来的海水于 CDL1 站处交汇，使得 CDL1 站的流水结构很特别。而 CDL3 站则是受到经过上川岛和乌猪洲产生的狭管效应增强的海风影响，在海表面和次海表面形成了很强的西南流。除此之外，其余站位表现出了半日潮区的潮汐特征，具有明显的周期性。并且在开阔海域，各个站点的流速相差不大。

图 5.1.4-3a 冬季表层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-3b 冬季 0.2H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-3c 冬季 0.4H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-3d 冬季 0.6H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-3e 冬季 0.8H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-3f 冬季底层海流平面分布矢量图（大潮期）

表 5.1.4-3 冬季大潮期涨、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
CDL1	表层	52.0	133	22.8	313	63.8	140	28.1	147
	0.2H 层	53.9	129	29.3	332	67.8	136	29.5	143
	0.4H 层	58.3	312	30.6	336	61.6	136	26.4	137
	0.6H 层	55.9	326	30.1	347	54.2	131	25.3	126
	0.8H 层	55.6	336	28.1	351	46.2	139	21.9	115
	底层	49.9	339	23.5	351	43.1	140	19.2	117
	垂线平均	52.4	324	27.2	342	56.0	137	23.7	132
CDL2	表层	23.6	288	14.2	290	17.3	110	11.8	195
	0.2H 层	24.0	289	13.3	298	15.5	127	10.6	160
	0.4H 层	25.2	296	13.1	300	17.2	277	11.7	184
	0.6H 层	22.8	291	13.2	299	16.6	145	11.9	193
	0.8H 层	28.0	301	13.2	299	16.1	129	11.0	197
	底层	24.5	295	12.6	296	20.7	135	11.4	187
	垂线平均	23.9	293	13.0	298	14.3	138	10.7	184
CDL3	表层	44.7	261	25.8	263	39.3	245	24.7	204
	0.2H 层	45.9	268	25.2	272	37.4	254	23.6	212
	0.4H 层	38.8	270	21.9	280	30.0	266	17.6	206
	0.6H 层	29.4	294	16.6	290	22.9	146	11.9	157

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
	0.8H 层	29.0	120	16.7	325	25.7	118	15.7	110
	底层	19.3	331	12.2	7	31.5	109	20.3	105
	垂线平均	30.8	289	17.1	284	24.2	137	13.8	176
CDL4	表层	31.3	280	18.5	266	25.2	132	16.9	172
	0.2H 层	31.1	283	16.7	276	25.0	135	15.7	179
	0.4H 层	32.6	287	16.2	280	26.5	138	16.5	169
	0.6H 层	29.7	286	15.6	286	24.6	268	15.4	189
	0.8H 层	30.6	291	16.3	290	27.5	139	14.3	166
	底层	29.5	288	16.1	284	27.6	139	13.9	174
	垂线平均	30.2	284	16.1	282	23.8	140	15.0	174
CDL5	表层	26.8	287	13.5	278	28.2	125	16.0	158
	0.2H 层	28.5	296	13.5	292	24.7	127	15.5	154
	0.4H 层	28.5	301	12.7	302	24.5	132	13.6	143
	0.6H 层	27.0	306	14.1	308	22.3	131	13.8	157
	0.8H 层	25.9	305	14.3	312	26.4	128	12.4	137
	底层	26.5	313	14.9	321	21.8	127	12.0	139
	垂线平均	26.2	301	13.3	304	23.5	129	13.3	148
CDL6	表层	29.0	278	16.8	257	26.7	143	18.1	179
	0.2H 层	30.8	290	16.3	270	27.3	154	17.1	192
	0.4H 层	28.3	291	15.3	273	22.2	153	14.5	181
	0.6H 层	23.4	295	13.9	274	22.8	151	15.0	190
	0.8H 层	26.3	297	13.7	278	23.5	152	14.7	182
	底层	21.9	292	11.5	272	20.5	147	11.9	176
	垂线平均	25.9	287	14.2	272	22.8	151	15.0	185

5.1.4.2 夏季

(1) 小潮期

从海流的运动状态来看,观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征,各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐(半日潮区)的影响,该海区表现出了极强的规律性;在垂向结构上看,流速从表层随深度加深而减小,且表层主要受到夏季风控制。

观测期间,CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 49.6cm/s (122°)、83.4cm/s (51°)、74.8cm/s (41°)、41.0cm/s (268°)、60.1cm/s (53°)、48.2cm/s (185°),实测最大落潮流速分别为 89.3cm/s (132°)、86.5cm/s (76°)、75.1cm/s (125°)、65.4cm/s (102°)、64.2cm/s (81°)、48.4cm/s (176°),实测涨潮平均流速依次为 30.6cm/s (78°)、49.3cm/s (62°)、38.8cm/s (63°)、25.2cm/s (329°)、31.2cm/s (56°)、35.2cm/s (225°),实测落潮平均流速

依次为 44.0cm/s (130°)、53.7cm/s (85°)、56.5cm/s (84°)、36.5cm/s (103°)、39.6cm/s (79°)、31.6cm/s (103°)。

最大涨潮流速为 83.4cm/s (方向为 51°)，最大落潮流速为 89.3cm/s (方向为 132°)，分别出现在 CDL2 站表层和 CDL1 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 49.3cm/s (方向为 62°) 和 56.5cm/s (方向为 84°)，出现在 CDL2 站表层和 CDL3 站表层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，整体站位的流向往东北方向转变。其中，CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东，这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。

图 5.1.4-4a 夏季表层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-4b 夏季 0.2H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-4c 夏季 0.4H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-4d 夏季 0.6H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-4e 夏季 0.8H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

图 5.1.4-4f 夏季底层海流平面分布矢量图（小潮期）

表 5.1.4-4 夏季小潮期涨、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
CDL1	表层	49.6	122	30.6	78	89.3	132	44.0	130
	0.2H 层	28.5	124	18.3	43	62.8	132	39.4	137
	0.4H 层	38.4	10	22.0	22	57.2	142	25.9	138
	0.6H 层	29.7	358	20.9	21	24.3	142	15.7	137
	0.8H 层	26.5	349	16.4	7	28.1	121	17.1	138
	底层	23.9	337	13.8	358	17.6	111	11.6	130
	垂线平均	23.6	358	12.4	32	38.4	150	22.1	136

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
CDL2	表层	83.4	51	49.3	62	86.5	76	53.7	85
	0.2H 层	40.0	62	33.7	70	44.8	97	36.5	77
	0.4H 层	33.7	65	19.7	77	35.1	67	23.3	79
	0.6H 层	18.1	43	12.1	64	20.2	79	15.9	73
	0.8H 层	29.3	37	16.5	48	24.7	87	16.7	71
	底层	21.2	10	12.7	33	15.0	33	12.7	53
	垂线平均	27.3	57	21.4	64	29.8	78	24.1	77
CDL3	表层	74.8	41	38.8	63	75.1	125	56.5	84
	0.2H 层	42.1	71	35.5	77	59.7	126	46.9	106
	0.4H 层	28.4	68	18.0	105	34.9	61	19.8	96
	0.6H 层	16.7	70	9.6	115	25.5	79	13.8	98
	0.8H 层	17.8	107	12.3	126	23.6	114	12.8	108
	底层	16.5	41	10.1	75	22.5	78	14.3	97
	垂线平均	23.6	78	14.5	84	34.6	100	22.1	99
CDL4	表层	41.0	268	25.2	329	65.4	102	36.5	103
	0.2H 层	26.4	69	18.2	68	37.5	104	22.2	95
	0.4H 层	24.8	69	15.9	70	38.5	84	19.9	88
	0.6H 层	27.3	67	19.1	75	34.9	79	21.4	86
	0.8H 层	25.4	63	17.5	58	35.5	79	17.9	84
	底层	19.5	6	14.4	32	27.3	64	15.3	63
	垂线平均	23.0	69	14.8	62	33.3	83	20.5	89
CDL5	表层	60.1	53	31.2	56	64.2	81	39.6	79
	0.2H 层	34.3	91	21.7	91	55.7	99	37.7	94
	0.4H 层	37.4	74	24.3	87	35.2	97	20.1	108
	0.6H 层	37.5	103	23.3	95	43.4	105	24.6	107
	0.8H 层	25.0	51	16.2	59	34.9	95	20.8	83
	底层	19.8	36	12.1	40	17.8	84	13.1	63
	垂线平均	22.9	70	18.2	80	32.5	96	24.1	93
CDL6	表层	48.2	185	35.2	225	48.4	176	31.6	103
	0.2H 层	22.5	105	13.0	133	36.1	166	18.7	126
	0.4H 层	20.2	57	16.2	103	27.8	145	21.7	129
	0.6H 层	23.3	112	17.5	91	29.8	162	20.1	121
	0.8H 层	22.8	51	17.2	75	28.9	114	20.6	109
	底层	28.8	23	20.7	41	28.3	69	17.8	87
	垂线平均	14.2	79	10.9	92	22.1	137	16.9	117

(2) 中潮期

从海流的运动状态来看,观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征,各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐(半日潮区)的影响,该海区表现出了极强的规律性;在垂向结构上看,流速从表层随深度加深而减小,且表层主要受到夏季风控制。

观测期间，CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 66.0cm/s (325°)、41.0cm/s (106°)、50.0cm/s (93°)、50.7cm/s (82°)、37.2cm/s (19°)、56.8cm/s (357°)，实测最大落潮流速分别为 68.1cm/s (141°)、62.1cm/s (103°)、74.8cm/s (102°)、67.6cm/s (80°)、47.9cm/s (84°)、68.6cm/s (65°)，实测涨潮平均流速依次为 45.5cm/s (311°)、26.0cm/s (89°)、26.5cm/s (63°)、43.5cm/s (50°)、32.4cm/s (41°)、47.8cm/s (34°)，实测落潮平均流速依次为 35.6cm/s (98°)、39.5cm/s (106°)、47.5cm/s (103°)、39.8cm/s (82°)、30.8cm/s (65°)、40.5cm/s (58°)。

观测期间最大涨潮流速为 66.0cm/s (方向为 325°)，最大落潮流速为 74.8cm/s (方向为 102°)，出现在 CDL1 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 47.8cm/s (方向为 34°) 和 47.5cm/s (方向为 103°)，出现在 CDL6 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，整体站位的流向往东北方向转变。其中，CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东，这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。而 CDL1 在上川岛与大陆的海峡处（并且处于上川岛的东北部），南向来的夏季风受到上川岛隆起地形的影响，在海峡处形成一个风的窄道，形成了一个狭管效应，将南风转变成西北方向的强风。在强风和潮汐作用下，CDL1 站有强的北偏西的强流。

图 5.1.4-5a 夏季表层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-5b 夏季 0.2H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-5c 夏季 0.4H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-5d 夏季 0.6H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-5e 夏季 0.8H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

图 5.1.4-5f 夏季底层海流平面分布矢量图（中潮期）

表 5.1.4-5 夏季中潮期涨、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
CDL1	表层	66.0	325	45.5	311	43.5	98	20.0	297
	0.2H 层	37.5	340	23.4	352	52.8	156	20.1	111
	0.4H 层	38.1	32	25.6	27	68.1	141	35.6	98
	0.6H 层	45.6	324	23.5	314	66.7	126	27.5	121
	0.8H 层	37.8	319	22.4	334	51.9	148	21.8	148
	底层	29.9	318	18.7	333	37.0	131	15.1	148
	垂线平均	38.3	333	20.9	339	51.1	143	18.4	119
CDL2	表层	41.0	106	26.0	89	62.1	103	39.5	106
	0.2H 层	26.9	70	14.9	62	39.8	94	24.8	88
	0.4H 层	18.2	70	12.0	65	22.5	102	19.3	86
	0.6H 层	18.5	71	10.5	64	23.9	78	17.5	89
	0.8H 层	15.5	33	10.4	29	20.7	129	15.0	87
	底层	14.2	331	9.1	17	15.8	85	10.6	67
	垂线平均	15.1	65	11.5	61	24.2	102	19.3	90
CDL3	表层	50.0	93	26.5	63	72.0	82	38.0	78
	0.2H 层	43.3	125	25.6	126	74.8	102	47.5	103
	0.4H 层	34.9	120	21.3	96	59.9	98	34.9	102
	0.6H 层	27.1	19	14.1	51	34.9	71	22.2	99
	0.8H 层	22.2	56	16.4	58	28.8	112	20.7	96
	底层	15.1	61	10.2	67	39.0	119	23.2	105
	垂线平均	19.8	87	13.1	83	45.4	101	29.4	98
CDL4	表层	50.7	82	43.5	50	67.6	80	39.8	82
	0.2H 层	32.6	29	18.9	50	35.8	113	25.1	92
	0.4H 层	31.5	72	23.2	55	44.2	89	31.7	88
	0.6H 层	39.8	77	24.0	53	51.2	85	32.4	81
	0.8H 层	35.7	91	21.6	61	42.0	83	30.6	85
	底层	16.9	16	11.0	3	34.8	91	18.1	84
	垂线平均	26.0	74	20.8	52	34.8	92	28.4	85
CDL5	表层	37.2	19	32.4	41	47.9	84	30.8	65
	0.2H 层	16.0	5	10.2	38	32.2	102	19.0	106
	0.4H 层	17.2	36	8.4	54	25.8	109	17.4	112
	0.6H 层	18.4	54	10.7	65	24.7	108	19.2	110
	0.8H 层	18.5	334	12.1	6	23.3	130	13.1	103
	底层	19.3	345	11.5	3	15.0	130	10.5	97
	垂线平均	15.5	39	10.2	36	22.6	116	16.1	100
CDL6	表层	56.8	357	47.8	34	68.6	65	40.5	58
	0.2H 层	56.0	69	30.2	37	59.6	71	25.0	60
	0.4H 层	32.2	38	19.7	6	48.0	70	20.2	49
	0.6H 层	28.1	13	21.2	353	27.0	25	17.3	35
	0.8H 层	25.9	312	16.4	360	37.7	60	19.6	84
	底层	21.4	358	13.5	5	25.3	132	14.4	93

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
	垂线平均	23.0	47	17.9	15	32.2	75	17.7	59

(3) 大潮期

从海流的运动状态来看, 观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征, 各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐(半日潮区)的影响, 该海区表现出了极强的规律性; 在垂向结构上看, 流速从表层随深度加深而减小, 且表层主要受到夏季风控制。

观测期间, CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 70.4cm/s (338°)、43.1cm/s (81°)、31.3cm/s (84°)、51.5cm/s (35°)、34.3cm/s (24°)、38.1cm/s (53°), 实测最大落潮流速分别为 68.5cm/s (134°)、47.0cm/s (134°)、56.3cm/s (109°)、56.4cm/s (39°)、39.8cm/s (85°)、44.0cm/s (66°), 实测涨潮平均流速依次为 51.3cm/s (327°)、20.0cm/s (75°)、22.3cm/s (76°)、25.8cm/s (21°)、24.2cm/s (27°)、26.4cm/s (11°), 实测落潮平均流速依次为 34.2cm/s (116°)、27.6cm/s (102°)、37.7cm/s (95°)、26.3cm/s (71°)、27.8cm/s (81°)、27.4cm/s (69°)。

观测期间最大涨潮流速为 70.4cm/s (方向为 338°), 最大落潮流速为 68.5cm/s (方向为 134°), 出现在 CDL1 站表层和 CDL1 站 0.4H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 51.3cm/s (方向为 327°) 和 37.7cm/s (方向为 95°), 出现在 CDL1 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。由于观测时间处于夏季, 并且受风速较大的夏季风控制, 各个站位都表现出表层流速最大, 随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下, 整体站位的流向往东北方向转变。其中, CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东; 同时, 在南方向的夏季风控制下, 北向流遇到上川岛的地形阻碍, 在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东, 这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。而 CDL1 在上川岛与大陆的海峡处(并且处于上川岛的东北部), 南向来的夏季风受到上川岛隆起地形的影响, 在海峡处形成一个风的窄道, 形成了一个狭管效应, 将南风转变成西北方向的强风。在强风和潮汐作用下, CDL1 站有强的北偏西的强流。

图 5.1.4-6a 夏季表层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-6b 夏季 0.2H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-6c 夏季 0.4H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-6d 夏季 0.6H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-6e 夏季 0.8H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

图 5.1.4-6f 夏季底层海流平面分布矢量图（大潮期）

表 5.1.4-6 夏季大潮期涨、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
CDL1	表层	70.4	338	51.3	327	50.6	205	26.9	301
	0.2H 层	47.6	333	26.9	323	67.0	148	30.6	122
	0.4H 层	46.7	2	23.3	10	68.5	134	34.2	116
	0.6H 层	42.1	336	24.2	332	64.0	127	34.0	131
	0.8H 层	42.3	323	24.5	326	37.9	150	22.2	148
	底层	30.7	326	19.6	328	23.6	133	12.0	150
	垂线平均	39.7	327	22.1	333	48.2	145	20.2	128
CDL2	表层	43.1	81	20.0	75	47.0	134	27.2	110
	0.2H 层	33.4	87	16.6	83	40.8	102	27.6	102
	0.4H 层	23.4	55	14.5	61	30.6	101	21.8	87
	0.6H 层	26.4	63	13.9	60	33.9	86	21.8	90
	0.8H 层	23.8	55	12.1	21	22.4	79	13.1	74
	底层	18.6	63	8.5	19	19.3	65	10.2	63
	垂线平均	19.7	66	12.2	59	26.4	104	19.4	92
CDL3	表层	26.7	71	15.7	46	45.5	91	30.0	79
	0.2H 层	30.9	88	22.3	76	56.3	109	37.7	95
	0.4H 层	31.3	84	19.5	84	50.2	110	37.5	92
	0.6H 层	25.4	84	16.2	80	46.9	104	30.8	97
	0.8H 层	26.4	62	15.9	52	45.3	97	26.7	98
	底层	24.5	62	14.9	41	44.8	91	27.3	99
	垂线平均	20.9	78	15.5	71	46.7	102	31.0	94
CDL4	表层	47.6	50	22.0	43	56.4	39	26.3	71
	0.2H 层	32.2	17	19.8	23	43.5	82	24.7	69
	0.4H 层	51.5	35	25.8	21	38.6	104	24.2	75
	0.6H 层	39.8	17	24.0	18	40.3	90	23.1	74
	0.8H 层	48.6	9	22.7	41	42.7	100	25.9	88

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
	底层	48.7	10	17.2	1	22.3	112	14.5	84
	垂线平均	35.2	21	20.5	25	34.3	94	22.2	77
	表层	34.3	24	24.2	27	39.8	85	27.8	81
CDL5	0.2H 层	28.6	15	15.8	31	36.0	108	22.9	95
	0.4H 层	18.6	26	12.7	34	35.9	112	21.7	98
	0.6H 层	15.1	63	10.2	32	30.0	111	18.3	97
	0.8H 层	19.1	316	11.6	346	25.2	88	13.7	96
	底层	18.2	332	10.8	346	16.9	111	10.9	89
	垂线平均	17.7	347	12.5	20	29.9	109	18.5	94
	表层	38.1	53	26.4	11	44.0	66	27.4	69
CDL6	0.2H 层	20.6	58	13.8	1	29.1	79	18.6	58
	0.4H 层	24.7	355	14.4	17	24.1	86	16.1	81
	0.6H 层	27.4	354	15.6	4	26.5	120	18.5	119
	0.8H 层	31.1	10	14.7	356	39.6	127	19.5	122
	底层	24.6	4	16.0	12	30.5	140	16.6	106
	垂线平均	21.6	343	12.8	6	26.7	100	12.8	89

5.1.5 潮流

5.1.5.1 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F = (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2}$ 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。

(1) 冬季

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半日潮流特征。由此可见, 调查海区潮流类型主要表现为不正规半日潮流。

表 5.1.5-1 冬季潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
CDL1	表层	0.91	不正规半日潮流
	0.2H 层	1.01	不正规半日潮流
	0.4H 层	1.02	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.06	不正规半日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.8H 层	0.93	不正规半日潮流
	底层	0.94	不正规半日潮流
CDL2	表层	0.56	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.50	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.74	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.83	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.02	不正规半日潮流
	底层	0.98	不正规半日潮流
	表层	1.32	不正规半日潮流
CDL3	0.2H 层	1.53	不正规半日潮流
	0.4H 层	1.41	不正规半日潮流
	0.6H 层	2.13	不正规全日潮流
	0.8H 层	2.41	不正规全日潮流
	底层	1.71	不正规半日潮流
	表层	0.47	正规半日潮流
CDL4	0.2H 层	0.51	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.76	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.64	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.78	不正规半日潮流
	底层	0.74	不正规半日潮流
	表层	1.55	不正规半日潮流
CDL5	0.2H 层	1.32	不正规半日潮流
	0.4H 层	1.71	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.30	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.91	不正规半日潮流
	底层	1.24	不正规半日潮流
	表层	0.60	不正规半日潮流
CDL6	0.2H 层	0.60	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.62	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.63	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.73	不正规半日潮流
	底层	1.02	不正规半日潮流
	表层	0.60	不正规半日潮流

(2) 夏季

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半日潮流特征。由此可见，调查海区潮流类型主要表现为不正规半日潮流。

表 5.1.5-2 夏季潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
CDL1	表层	0.97	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.94	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.63	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.48	正规半日潮流
	0.8H 层	0.30	正规半日潮流
	底层	0.33	正规半日潮流
CDL2	表层	1.18	不正规半日潮流
	0.2H 层	1.21	不正规半日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.4H 层	0.83	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.62	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.66	不正规半日潮流
	底层	0.65	不正规半日潮流
CDL3	表层	1.84	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.76	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.85	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.03	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.75	不正规半日潮流
	底层	0.71	不正规半日潮流
CDL4	表层	0.73	不正规半日潮流
	0.2H 层	1.13	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.60	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.50	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.17	不正规半日潮流
	底层	0.54	不正规半日潮流
CDL5	表层	1.00	不正规半日潮流
	0.2H 层	1.21	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.92	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.94	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.49	正规半日潮流
	底层	0.40	正规半日潮流
CDL6	表层	1.52	不正规半日潮流
	0.2H 层	2.07	不正规全日潮流
	0.4H 层	1.26	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.97	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.40	不正规半日潮流
	底层	1.46	不正规半日潮流

5.1.5.2 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

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。

(1) 冬季

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 M_2 分潮占优， K_1 分潮和 O_1 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 M_2 分潮流出现在 CDL1 站 0.2H 层，流速为 67.9cm/s。

图 5.1.5-1a 冬季各站各层 O_1 分潮椭圆图

图 5.1.5-1b 冬季各站各层 K₁分潮椭圆图图 5.1.5-1c 冬季各站各层 M₂分潮椭圆图图 5.1.5-1d 冬季各站各层 S₂分潮椭圆图图 5.1.5-1e 冬季各站各层 M₄分潮椭圆图图 5.1.5-1f 冬季各站各层 MS₄分潮椭圆图

表 5.1.5-3 冬季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 (°)
CDL1-表层	O ₁	23.4	0.3	0.042	210
	K ₁	29.8	0.1	-0.009	175
	M ₂	58.6	1.2	0.069	195
	S ₂	11.4	0.5	0.139	227
	M ₄	15.0	0.5	-0.125	315
	MS ₄	5.7	0.3	-0.212	61
CDL1-0.2H	O ₁	30.0	1.9	-0.224	209
	K ₁	38.5	0.5	0.046	175
	M ₂	67.9	2.3	0.118	193
	S ₂	12.9	0.9	0.248	227
	M ₄	19.7	0.4	0.074	318
	MS ₄	7.1	0.8	-0.378	63
CDL1-0.4H	O ₁	29.7	4.2	-0.493	209
	K ₁	39.3	1.1	0.095	176
	M ₂	67.6	1.6	0.082	190
	S ₂	11.3	0.7	0.221	216
	M ₄	21.4	0.9	0.142	325
	MS ₄	7.1	0.6	-0.309	49
CDL1-0.6H	O ₁	27.3	3.3	-0.427	192
	K ₁	39.2	0.8	0.071	178
	M ₂	62.7	0.6	-0.034	192
	S ₂	11.2	0.3	-0.081	221
	M ₄	23.3	1.4	0.208	342
	MS ₄	8.3	0.3	0.127	51
CDL1-0.8H	O ₁	24.8	2.8	-0.397	174
	K ₁	36.0	0.7	0.064	181
	M ₂	65.2	0.9	-0.047	186
	S ₂	9.6	0.5	-0.164	202
	M ₄	24.5	0.1	-0.016	324
	MS ₄	7.0	0.5	0.237	22
CDL1-底层	O ₁	20.2	0.7	-0.119	171
	K ₁	29.0	0.2	0.019	181
	M ₂	52.1	0.4	0.026	176
	S ₂	7.5	0.2	0.095	163
	M ₄	21.0	0.1	-0.012	305

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 (°)
	MS ₄	6.1	0.2	-0.121	338
CDL2-表层	O ₁	7.1	0.0	-0.015	144
	K ₁	8.4	0.0	0.003	186
	M ₂	27.9	0.3	0.042	198
	S ₂	6.4	0.1	0.070	229
	M ₄	7.1	0.7	0.356	355
	MS ₄	3.5	0.1	-0.071	71
CDL2-0.2H	O ₁	5.7	0.2	-0.117	158
	K ₁	7.7	0.0	0.019	183
	M ₂	26.6	0.2	-0.026	177
	S ₂	4.3	0.1	-0.088	168
	M ₄	9.8	1.0	0.350	333
	MS ₄	3.3	0.1	0.104	344
CDL2-0.4H	O ₁	7.6	0.0	-0.019	162
	K ₁	10.5	0.0	0.003	183
	M ₂	24.5	0.3	0.038	179
	S ₂	3.9	0.1	0.133	176
	M ₄	7.4	0.9	0.424	336
	MS ₄	2.5	0.1	-0.138	359
CDL2-0.6H	O ₁	8.1	0.9	0.393	150
	K ₁	10.5	0.2	-0.068	184
	M ₂	22.4	0.1	-0.010	177
	S ₂	3.6	0.0	-0.035	170
	M ₄	3.9	0.9	0.841	292
	MS ₄	1.6	0.0	0.049	348
CDL2-0.8H	O ₁	8.0	1.1	0.485	166
	K ₁	11.5	0.2	-0.070	181
	M ₂	19.1	0.1	0.023	181
	S ₂	3.0	0.1	0.080	184
	M ₄	7.7	0.6	0.278	277
	MS ₄	2.5	0.1	-0.093	7
CDL2-底层	O ₁	7.7	1.2	0.534	156
	K ₁	10.6	0.3	-0.084	182
	M ₂	18.8	0.5	0.092	181
	S ₂	3.0	0.3	0.319	185
	M ₄	7.8	0.9	0.382	250
	MS ₄	2.6	0.3	-0.391	14
CDL3-表层	O ₁	15.3	0.4	0.102	116
	K ₁	10.3	0.2	-0.078	198
	M ₂	19.4	2.7	0.493	181
	S ₂	5.2	0.7	0.500	89
	M ₄	10.7	0.9	-0.308	139
	MS ₄	6.7	0.0	0.004	253
CDL3-0.2H	O ₁	21.2	1.5	0.250	102
	K ₁	10.5	1.1	-0.357	200
	M ₂	20.8	2.0	0.340	204
	S ₂	6.1	0.5	0.287	71
	M ₄	11.1	1.1	-0.360	178
	MS ₄	7.1	0.2	0.105	263
CDL3-0.4H	O ₁	19.5	2.0	0.364	109
	K ₁	13.6	1.0	-0.260	192
	M ₂	23.5	0.2	0.034	184
	S ₂	3.2	0.1	0.129	196

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 (°)
	M ₄	9.8	1.3	-0.479	266
	MS ₄	2.9	0.2	-0.183	8
CDL3-0.6H	O ₁	29.0	2.1	0.258	88
	K ₁	10.9	2.0	-0.631	351
	M ₂	18.8	1.5	0.280	7
	S ₂	3.3	0.6	0.651	60
	M ₄	12.7	1.0	-0.288	306
	MS ₄	12.9	0.3	0.074	168
CDL3-0.8H	O ₁	31.0	0.7	0.079	93
	K ₁	7.8	1.0	-0.426	251
	M ₂	16.1	0.4	0.082	180
	S ₂	2.2	0.2	0.330	180
	M ₄	7.4	1.3	-0.621	309
	MS ₄	2.7	0.3	-0.409	311
CDL3-底层	O ₁	22.6	0.5	-0.084	89
	K ₁	5.6	0.8	0.483	281
	M ₂	16.5	1.2	0.265	149
	S ₂	5.2	0.3	0.189	109
	M ₄	7.6	1.0	-0.442	60
	MS ₄	4.1	0.6	-0.509	257
CDL4-表层	O ₁	7.9	1.0	0.445	155
	K ₁	10.2	0.3	-0.117	185
	M ₂	38.3	0.2	0.019	198
	S ₂	7.2	0.1	0.027	241
	M ₄	2.8	0.2	0.200	254
	MS ₄	1.0	0.0	-0.053	74
CDL4-0.2H	O ₁	8.3	0.4	0.183	166
	K ₁	11.1	0.1	-0.044	183
	M ₂	37.9	0.6	0.059	194
	S ₂	6.0	0.2	0.120	234
	M ₄	3.7	0.5	0.466	310
	MS ₄	1.0	0.1	-0.241	52
CDL4-0.4H	O ₁	10.3	0.4	0.135	165
	K ₁	13.8	0.1	-0.032	183
	M ₂	31.9	0.8	0.093	191
	S ₂	4.5	0.3	0.234	230
	M ₄	4.1	0.1	0.096	353
	MS ₄	1.3	0.1	-0.193	68
CDL4-0.6H	O ₁	9.2	0.3	0.110	202
	K ₁	11.9	0.1	-0.029	175
	M ₂	33.1	1.2	0.126	186
	S ₂	3.8	0.5	0.475	219
	M ₄	8.9	0.3	0.126	359
	MS ₄	2.0	0.3	-0.572	55
CDL4-0.8H	O ₁	10.1	0.3	0.113	179
	K ₁	13.9	0.1	-0.025	180
	M ₂	30.6	0.4	0.049	181
	S ₂	3.0	0.2	0.259	188
	M ₄	5.7	0.9	0.567	292
	MS ₄	1.3	0.1	-0.314	9
CDL4-底层	O ₁	9.9	0.2	0.061	185
	K ₁	13.6	0.1	-0.014	179
	M ₂	31.9	0.3	0.032	184

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 (°)
	S ₂	3.3	0.1	0.152	201
	M ₄	3.7	0.3	0.247	212
	MS ₄	0.8	0.0	-0.188	24
CDL5-表层	O ₁	23.6	0.3	-0.049	291
	K ₁	14.2	0.3	0.071	37
	M ₂	24.5	0.3	-0.047	215
	S ₂	7.3	0.0	-0.017	260
	M ₄	1.1	0.1	0.287	287
	MS ₄	0.7	0.0	0.068	114
CDL5-0.2H	O ₁	21.0	0.3	-0.052	277
	K ₁	8.9	0.4	0.153	65
	M ₂	22.7	0.2	-0.030	218
	S ₂	7.2	0.0	-0.010	261
	M ₄	5.0	0.2	0.157	8
CDL5-0.4H	MS ₄	3.2	0.0	0.036	119
	O ₁	18.6	0.6	-0.115	267
	K ₁	7.3	0.8	0.386	102
	M ₂	15.1	0.1	0.028	218
	S ₂	4.9	0.0	0.009	261
	M ₄	2.7	0.2	-0.272	251
CDL5-0.6H	MS ₄	1.9	0.0	-0.042	123
	O ₁	12.5	0.3	-0.081	252
	K ₁	7.0	0.3	0.134	140
	M ₂	15.0	0.3	0.060	200
	S ₂	2.8	0.0	0.054	252
CDL5-0.8H	M ₄	2.9	0.5	-0.602	158
	MS ₄	1.7	0.2	-0.423	127
	O ₁	8.7	0.4	0.154	243
	K ₁	6.3	0.3	-0.153	153
	M ₂	16.6	0.0	-0.001	201
	S ₂	3.2	0.0	-0.001	252
CDL5-底层	M ₄	5.1	0.5	-0.362	99
	MS ₄	2.1	0.0	0.002	93
	O ₁	6.7	0.5	0.248	180
	K ₁	9.1	0.2	-0.072	180
	M ₂	12.7	0.4	-0.099	192
	S ₂	1.7	0.1	-0.188	244
CDL6-表层	M ₄	8.1	0.5	-0.229	84
	MS ₄	2.0	0.2	0.297	81
	O ₁	8.1	0.3	-0.131	159
	K ₁	10.3	0.1	0.039	186
	M ₂	30.8	0.3	0.038	199
	S ₂	5.5	0.1	0.045	247
CDL6-0.2H	M ₄	8.2	0.2	0.084	345
	MS ₄	2.9	0.1	-0.094	85
	O ₁	10.0	0.4	-0.137	206
	K ₁	12.3	0.2	0.044	173
	M ₂	37.1	0.4	0.035	194
	S ₂	5.2	0.1	0.068	239
CDL6-0.4H	M ₄	2.1	0.6	0.970	291
	MS ₄	0.8	0.0	-0.106	72
	O ₁	8.1	0.2	-0.088	196
	K ₁	10.6	0.1	0.025	176

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 (°)
	M ₂	30.4	0.6	0.071	192
	S ₂	4.0	0.2	0.159	237
	M ₄	5.7	0.7	0.414	328
	MS ₄	1.3	0.1	-0.266	58
CDL6-0.6H	O ₁	7.5	0.2	0.071	192
	K ₁	9.9	0.1	-0.020	177
	M ₂	27.6	0.2	0.022	188
	S ₂	2.8	0.1	0.082	224
	M ₄	2.3	0.0	-0.027	238
	MS ₄	0.5	0.0	-0.092	49
CDL6-0.8H	O ₁	9.4	0.5	0.181	169
	K ₁	12.5	0.2	-0.049	183
	M ₂	29.9	0.4	0.048	185
	S ₂	2.6	0.2	0.242	212
	M ₄	4.3	0.4	-0.332	20
	MS ₄	0.9	0.0	-0.136	53
CDL6-底层	O ₁	11.8	0.4	-0.122	182
	K ₁	16.0	0.1	0.032	180
	M ₂	27.1	0.5	0.061	183
	S ₂	2.2	0.2	0.366	203
	M ₄	4.9	0.7	-0.482	13
	MS ₄	1.0	0.1	-0.276	44

(2) 夏季

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 M₂分潮占优，K₁分潮和 O₁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 M₂分潮流出现在 CDL1 站 0.6H 层，流速为 105.8cm/s。

图 5.1.5-2a 夏季各站各层 O₁分潮椭圆图

图 5.1.5-2b 夏季各站各层 K₁分潮椭圆图

图 5.1.5-2c 夏季各站各层 M₂分潮椭圆图

图 5.1.5-2d 夏季各站各层 S₂分潮椭圆图

图 5.1.5-2e 夏季各站各层 M₄分潮椭圆图

图 5.1.5-2f 夏季各站各层 MS₄分潮椭圆图

表 5.1.5-4 夏季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 (°)
CDL1-表层	O ₁	41.1	1.0	-0.085	133
	K ₁	41.3	0.3	0.028	190
	M ₂	85.3	7.2	0.295	198
	S ₂	21.1	2.2	0.365	245
	M ₄	31.6	1.2	-0.128	17
	MS ₄	9.5	1.9	-0.692	40
CDL1-0.2H	O ₁	33.8	0.8	0.083	162
	K ₁	46.9	0.2	-0.015	183
	M ₂	85.9	1.9	0.077	200
	S ₂	20.0	0.6	0.107	237
	M ₄	41.6	3.0	0.253	4
	MS ₄	18.6	0.8	-0.158	73
CDL1-0.4H	O ₁	24.8	2.0	0.287	175
	K ₁	36.0	0.5	-0.046	181
	M ₂	96.1	2.5	-0.092	211
	S ₂	29.4	0.6	-0.074	247
	M ₄	32.7	1.3	0.135	37
	MS ₄	20.1	0.9	0.150	100
CDL1-0.6H	O ₁	26.0	1.5	-0.201	231
	K ₁	24.9	0.5	0.074	170
	M ₂	105.8	2.6	-0.087	201
	S ₂	25.3	0.8	-0.116	238
	M ₄	33.8	2.6	-0.264	23
	MS ₄	16.1	1.0	0.207	79
CDL1-0.8H	O ₁	11.6	0.2	0.051	198
	K ₁	16.1	0.0	-0.009	177
	M ₂	91.7	2.8	-0.108	180
	S ₂	12.7	1.6	-0.428	181
	M ₄	26.5	0.7	0.094	15
	MS ₄	7.2	1.2	0.600	333
CDL1-底层	O ₁	9.5	0.4	-0.159	221
	K ₁	10.6	0.1	0.043	172
	M ₂	60.9	1.4	-0.081	164
	S ₂	12.6	0.5	-0.144	129
	M ₄	20.2	0.1	0.014	14
	MS ₄	9.7	0.4	0.162	278
CDL2-表层	O ₁	28.6	0.2	-0.028	126
	K ₁	24.8	0.1	0.011	191
	M ₂	45.3	2.3	-0.174	192
	S ₂	9.1	1.0	-0.374	224
	M ₄	8.1	0.1	-0.047	289
	MS ₄	3.7	0.1	0.076	67
CDL2-0.2H	O ₁	19.2	0.9	0.162	123
	K ₁	15.9	0.3	-0.070	191
	M ₂	29.1	0.3	0.034	207
	S ₂	8.2	0.1	0.036	240
	M ₄	4.8	0.1	0.108	85
	MS ₄	2.6	0.1	-0.101	84
CDL2-0.4H	O ₁	16.5	0.0	-0.006	266
	K ₁	3.7	0.0	0.037	115
	M ₂	24.3	1.0	0.149	201
	S ₂	6.2	0.3	0.197	237
	M ₄	5.0	0.4	0.261	27

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 (°)
	MS ₄	1.6	0.3	-0.708	43
CDL2-0.6H	O ₁	12.2	0.4	0.111	266
	K ₁	2.9	0.5	-0.574	131
	M ₂	24.4	0.8	0.116	207
	S ₂	7.0	0.2	0.121	241
	M ₄	5.6	0.3	0.216	329
	MS ₄	2.3	0.2	-0.260	59
CDL2-0.8H	O ₁	8.6	1.4	0.553	242
	K ₁	8.6	0.4	-0.165	175
	M ₂	26.0	1.6	0.218	183
	S ₂	4.2	0.9	0.718	200
	M ₄	7.5	0.3	0.155	13
	MS ₄	2.7	0.1	-0.174	318
CDL2-底层	O ₁	4.8	0.4	0.314	184
	K ₁	7.1	0.1	-0.044	179
	M ₂	18.4	0.9	0.168	177
	S ₂	2.9	0.5	0.560	165
	M ₄	4.6	0.9	0.663	265
	MS ₄	1.5	0.4	-0.810	347
CDL3-表层	O ₁	39.8	3.3	0.291	119
	K ₁	32.0	1.4	-0.156	193
	M ₂	39.1	0.2	-0.016	205
	S ₂	10.2	0.0	-0.017	242
	M ₄	8.6	0.2	0.069	329
	MS ₄	4.8	0.1	0.041	93
CDL3-0.2H	O ₁	17.3	1.4	0.276	172
	K ₁	24.5	0.3	-0.048	181
	M ₂	54.9	0.7	0.047	203
	S ₂	13.4	0.2	0.056	240
	M ₄	10.3	0.1	0.028	356
	MS ₄	5.0	0.2	-0.107	83
CDL3-0.4H	O ₁	17.4	2.8	0.557	182
	K ₁	24.8	0.7	-0.094	180
	M ₂	49.9	0.0	0.000	210
	S ₂	14.5	0.0	0.000	247
	M ₄	6.0	0.5	0.277	175
	MS ₄	3.6	0.0	-0.001	96
CDL3-0.6H	O ₁	19.2	1.3	0.233	139
	K ₁	21.2	0.4	-0.066	188
	M ₂	39.1	0.1	0.006	201
	S ₂	8.9	0.0	0.009	237
	M ₄	7.0	0.9	0.450	88
	MS ₄	3.5	0.0	-0.017	77
CDL3-0.8H	O ₁	18.4	1.0	-0.187	258
	K ₁	8.2	0.8	0.330	334
	M ₂	35.4	0.1	0.013	192
	S ₂	6.2	0.1	0.031	222
	M ₄	8.3	0.6	0.246	60
	MS ₄	2.9	0.0	-0.042	53
CDL3-底层	O ₁	19.2	1.5	-0.279	251
	K ₁	12.1	0.8	0.246	344
	M ₂	44.3	0.9	0.070	193
	S ₂	8.0	0.4	0.155	225

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 (°)
	M ₄	5.6	0.9	0.533	49
	MS ₄	2.0	0.2	-0.280	44
CDL4-表层	O ₁	14.9	1.4	0.335	32
	K ₁	17.9	0.5	-0.099	353
	M ₂	45.1	0.1	-0.005	193
	S ₂	6.8	0.0	-0.010	231
	M ₄	8.6	0.1	-0.043	354
	MS ₄	2.6	0.0	0.013	64
CDL4-0.2H	O ₁	26.4	0.9	-0.121	123
	K ₁	21.3	0.5	0.080	198
	M ₂	42.2	1.8	0.148	210
	S ₂	11.8	0.3	0.096	253
	M ₄	3.5	0.3	-0.317	61
	MS ₄	1.5	0.1	-0.223	88
CDL4-0.4H	O ₁	15.7	1.8	-0.410	276
	K ₁	9.2	1.4	0.513	189
	M ₂	41.9	0.7	0.058	209
	S ₂	11.1	0.1	0.042	252
	M ₄	4.5	0.2	0.153	123
	MS ₄	2.6	0.0	-0.039	104
CDL4-0.6H	O ₁	29.9	2.9	-0.344	303
	K ₁	26.3	1.4	0.191	194
	M ₂	37.4	0.4	-0.035	203
	S ₂	8.3	0.1	-0.036	246
	M ₄	9.3	0.2	-0.068	126
	MS ₄	4.0	0.1	0.052	87
CDL4-0.8H	O ₁	21.2	1.9	-0.317	305
	K ₁	19.1	0.9	0.168	194
	M ₂	34.4	0.4	0.043	200
	S ₂	6.9	0.1	0.053	243
	M ₄	6.2	0.1	-0.057	126
	MS ₄	2.5	0.1	-0.088	84
CDL4-底层	O ₁	10.7	0.7	-0.243	135
	K ₁	10.9	0.3	0.099	191
	M ₂	39.9	1.8	0.154	188
	S ₂	5.2	0.7	0.456	230
	M ₄	3.7	0.1	-0.086	327
	MS ₄	0.7	0.1	-0.497	333
CDL5-表层	O ₁	27.7	0.2	-0.029	293
	K ₁	17.6	0.2	0.037	34
	M ₂	45.2	0.4	-0.034	215
	S ₂	13.4	0.0	-0.013	260
	M ₄	1.7	0.0	0.092	295
	MS ₄	1.1	0.0	0.021	117
CDL5-0.2H	O ₁	25.5	3.0	-0.418	128
	K ₁	24.7	1.6	0.230	194
	M ₂	41.4	0.3	0.029	211
	S ₂	11.4	0.0	0.013	258
	M ₄	6.0	0.7	-0.425	35
	MS ₄	3.4	0.0	-0.044	108
CDL5-0.4H	O ₁	17.7	2.5	0.502	111
	K ₁	14.4	1.6	-0.389	194
	M ₂	34.8	2.1	0.214	209

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 (°)
	S ₂	9.3	0.3	0.099	259
	M ₄	6.0	0.8	0.445	33
	MS ₄	3.1	0.3	-0.324	113
CDL5-0.6H	O ₁	22.8	1.9	0.291	278
	K ₁	10.9	2.0	-0.654	216
	M ₂	35.9	0.8	0.082	206
	S ₂	8.4	0.1	0.050	256
	M ₄	5.7	0.4	0.245	49
	MS ₄	2.5	0.1	-0.127	98
CDL5-0.8H	O ₁	14.5	1.6	0.377	261
	K ₁	8.2	1.4	-0.613	159
	M ₂	46.0	2.0	0.149	190
	S ₂	5.9	0.5	0.306	245
	M ₄	5.3	0.1	-0.075	13
	MS ₄	1.0	0.2	-0.601	75
CDL5-底层	O ₁	8.2	0.9	0.386	251
	K ₁	5.8	0.7	-0.404	159
	M ₂	35.2	0.8	0.077	182
	S ₂	2.4	0.4	0.564	199
	M ₄	5.8	0.1	0.063	30
	MS ₄	0.8	0.1	-0.325	345
CDL6-表层	O ₁	31.8	3.3	-0.359	311
	K ₁	31.3	1.6	0.180	13
	M ₂	41.6	1.7	0.143	217
	S ₂	13.3	0.2	0.053	260
	M ₄	13.0	0.6	0.153	53
	MS ₄	8.1	0.4	-0.186	119
CDL6-0.2H	O ₁	37.4	2.4	-0.220	291
	K ₁	23.6	1.8	0.269	29
	M ₂	29.4	2.5	0.299	231
	S ₂	12.1	0.2	0.067	264
	M ₄	6.8	0.4	-0.231	282
	MS ₄	5.0	0.3	-0.184	141
CDL6-0.4H	O ₁	24.4	0.2	-0.032	275
	K ₁	9.2	0.3	0.109	71
	M ₂	26.7	5.4	0.705	226
	S ₂	12.0	0.5	0.135	87
	M ₄	8.5	0.9	-0.365	93
	MS ₄	7.8	0.1	0.055	330
CDL6-0.6H	O ₁	14.6	3.5	-0.832	318
	K ₁	18.4	1.3	0.255	3
	M ₂	33.9	2.0	0.202	201
	S ₂	7.4	0.3	0.161	254
	M ₄	6.7	0.0	-0.001	282
	MS ₄	1.9	0.0	-0.037	74
CDL6-0.8H	O ₁	26.2	3.3	-0.447	146
	K ₁	31.0	1.4	0.156	188
	M ₂	40.7	1.8	0.158	202
	S ₂	8.8	0.3	0.128	253
	M ₄	6.4	0.1	0.075	22
	MS ₄	1.8	0.1	-0.197	74
CDL6-底层	O ₁	32.4	0.6	0.070	133
	K ₁	31.2	0.3	-0.037	196

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 (°)
	M ₂	43.7	0.4	0.029	192
	S ₂	5.7	0.1	0.066	236
	M ₄	11.0	0.3	-0.093	35
	MS ₄	2.8	0.1	-0.070	67

5.1.5.3 理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

根据《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015)规定,可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速。

潮流和风海流为主的近岸海区,海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

①对规则半日潮流海区可按下列式计算:

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_Q + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (1)$$

②对规则全日潮流海区可按下列式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_Q \quad (2)$$

式中 $\vec{V}_{\max}$ ——潮流的可能最大流速(流速:cm/s,流向:°)

$\vec{W}_{M_2}$ ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)

$\vec{W}_{S_2}$ ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)

$\vec{W}_{K_1}$ ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)

$\vec{W}_Q$ ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)

$\vec{W}_{M_4}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)

$\vec{W}_{MS_4}$ ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)

③对于不规则半日潮流海区和规则全日潮流海区,采用式(1)和式(2)中的较大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算:

①规则半日潮流海区按下式计算:

$$\bar{L}_{\max} = 184.3\bar{W}_{M_2} + 171.2\bar{W}_{S_2} + 274.3\bar{W}_{K_1} + 295.9\bar{W}_{Q_1} + 71.2\bar{W}_{M_4} + 69.9\bar{W}_{MS_4} \quad (3)$$

②规则全日潮流海区按下式计算：

$$\bar{L}_{\max} = 142.3\bar{W}_{M_2} + 137.5\bar{W}_{S_2} + 438.9\bar{W}_{K_1} + 429.1\bar{W}_{Q_1} \quad (4)$$

式中 $\bar{L}_{\max}$ ——潮流水质点的可能最大运移距离（距离：m，方向：°）

$\bar{W}_{M_2}$ ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\bar{W}_{S_2}$ ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\bar{W}_{K_1}$ ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\bar{W}_{Q_1}$ ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\bar{W}_{M_4}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\bar{W}_{MS_4}$ ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

③对于不规则半日潮流海区和规则全日潮流海区，采用式（3）和式（4）中的较大值。

（1）冬季

项目海域潮流可能最大流速为 64.3cm/s，出现在 CDL1 站 0.2H 层，各站层可能最大流速介于 16.0cm/s-64.3cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北为主；水质点可能最大运移距离为 16515.24m，出现在 CDL1 站 0.2H 层，各站层水质点可能最大运移距离介于 2588.94m~16515.24m 之间。

表 5.1.5-5 冬季各站层潮流可能最大流速

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
CDL1	表层	58.1	314	14269.96	133
	0.2H 层	64.3	311	16515.24	134
	0.4H 层	61.8	306	15878.99	133
	0.6H 层	57.7	308	15292.30	132
	0.8H 层	52.0	306	13354.27	129
	底层	43.8	304	11322.64	125
CDL2	表层	20.4	327	5956.51	156
	0.2H 层	20.8	333	5343.95	149
	0.4H 层	19.5	329	5183.01	148
	0.6H 层	18.2	323	5367.47	139
	0.8H 层	19.6	321	5136.44	140

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
CDL3	底层	21.4	325	5200.15	143
	表层	35.0	344	5386.10	60
	0.2H 层	32.2	330	5141.22	71
	0.4H 层	31.3	326	4136.13	98
	0.6H 层	26.8	331	6552.25	129
	0.8H 层	31.2	337	5249.59	123
	底层	30.0	339	5321.94	122
CDL4	表层	31.0	337	7894.83	157
	0.2H 层	28.0	334	7123.05	153
	0.4H 层	27.6	326	7801.54	148
	0.6H 层	27.5	323	6416.62	137
	0.8H 层	28.2	322	6486.84	138
	底层	26.6	320	6443.15	144
CDL5	表层	20.1	312	5309.48	134
	0.2H 层	17.8	312	5057.51	134
	0.4H 层	16.6	308	5000.30	131
	0.6H 层	16.4	310	4406.57	133
	0.8H 层	16.3	314	3285.49	135
	底层	16.0	295	2588.94	110
CDL6	表层	25.7	333	7062.93	155
	0.2H 层	26.3	317	6793.13	145
	0.4H 层	25.6	314	5264.26	132
	0.6H 层	23.5	316	5964.67	141
	0.8H 层	24.1	312	6401.19	135
	底层	21.1	305	5672.02	128

(2) 夏季

项目海域潮流可能最大流速为 79.4cm/s (方向为 298°), 出现在 CDL1 站表层, 各站层可能最大流速介于 12.6cm/s-79.4cm/s 之间, 各站潮流的可能最大流速方向以北为主; 水质点可能最大运移距离为 25705.61m, 出现在 CDL1 站表层, 各站层水质点可能最大运移距离介于 2878.78m~25705.61m 之间。

表 5.1.5-6 夏季各站层潮流可能最大流速

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
CDL1	表层	79.4	298	25705.61	104
	0.2H 层	65.7	301	18339.67	120
	0.4H 层	59.9	316	15493.39	134
	0.6H 层	61.9	306	11533.40	105
	0.8H 层	52.9	288	11215.35	97
	底层	39.8	290	8945.98	96
CDL2	表层	48.5	341	12328.79	159
	0.2H 层	28.7	278	9807.72	97
	0.4H 层	27.4	5	8483.98	23
	0.6H 层	20.1	349	3890.48	39

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
	0.8H 层	21.9	271	6462.55	76
	底层	12.6	278	3451.10	68
CDL3	表层	56.8	289	18920.90	88
	0.2H 层	51.9	292	13304.76	116
	0.4H 层	35.2	16	6222.72	54
	0.6H 层	27.2	8	6440.79	61
	0.8H 层	30.8	347	7250.52	34
	底层	30.5	352	6783.18	48
CDL4	表层	52.4	351	9964.51	170
	0.2H 层	25.5	19	7951.46	70
	0.4H 层	32.6	307	9789.13	130
	0.6H 层	32.4	324	8701.58	142
	0.8H 层	29.7	329	8860.38	144
	底层	26.7	323	7404.98	145
CDL5	表层	55.1	343	13635.86	47
	0.2H 层	37.0	335	10388.47	138
	0.4H 层	25.7	351	7664.90	56
	0.6H 层	28.4	352	4243.13	139
	0.8H 层	23.2	293	4748.41	78
	底层	20.0	293	4201.50	89
CDL6	表层	56.1	298	18095.24	109
	0.2H 层	40.5	356	2878.78	100
	0.4H 层	30.1	352	4807.66	26
	0.6H 层	25.4	306	4864.62	102
	0.8H 层	37.1	302	10882.58	126
	底层	38.6	290	12369.58	101

5.1.6 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。

(1) 冬季

调查海区观测期间余流流速主要介于 $2.3\text{cm/s} \sim 27.7\text{cm/s}$ 。最大余流为潮流 CDL3 站（表层， 27.7cm/s ， 222° ），最小余流为潮流 CDL5 站（底层， 2.3cm/s ， 299° ）。各站表层的余流流速最大，CDL1 表层余流的方向为西南方向，中低层余流的方向为东北方向，其余站位整体余流的方向为西南方向。而 CDL3 站的海表面余流较大是因为经过狭管效应增强的东北方向的海风，整体余流方向为西南方向。

表 5.1.6-1 冬季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 ($^\circ$)
CDL1-表层	9.2	249
CDL1-0.2H	8.2	264

站位及层次	观测期间余流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)
CDL1-0.2H	4.7	304
CDL1-0.2H	5.3	19
CDL1-0.8H	7.3	40
CDL1-底层	5.8	33
CDL2-表层	11.6	248
CDL2-0.2H	9.9	254
CDL2-0.4H	9.0	253
CDL2-0.6H	8.9	254
CDL2-0.8H	9.1	250
CDL2-底层	8.3	244
CDL3-表层	27.7	222
CDL3-0.2H	23.1	224
CDL3-0.4H	13.1	226
CDL3-0.6H	6.7	228
CDL3-0.8H	4.1	212
CDL3-底层	3.2	179
CDL4-表层	11.8	248
CDL4-0.2H	11.6	257
CDL4-0.4H	10.9	258
CDL4-0.6H	10.8	267
CDL4-0.8H	9.0	261
CDL4-底层	8.1	256
CDL5-表层	7.2	269
CDL5-0.2H	4.9	263
CDL5-0.4H	3.1	264
CDL5-0.6H	4.2	280
CDL5-0.8H	2.8	289
CDL5-底层	2.3	299
CDL6-表层	11.3	234
CDL6-0.2H	9.0	244
CDL6-0.4H	8.7	242
CDL6-0.6H	8.3	245
CDL6-0.8H	7.5	241
CDL6-底层	5.4	236

图 5.1.6-1 冬季观测期各站余流图

(2) 夏季

调查海区观测期间余流流速主要介于 $0.8\text{cm/s} \sim 34.0\text{cm/s}$ 。最大余流为潮流 CDL2 站（表层， 34.0cm/s ， 86° ），最小余流为潮流 CDL1 站（底层， 0.8cm/s ， 48° ）。受南海夏季风的影响，余流中的风海流占比大；在强季风控制下，观测海区出现了较大的风海流。各站表层的余流流速最大，CDL1 表层余流的方向为西北方向，中低层余流的方向为东方向，其余站位整体余流的方向为东北方向。

表 5.1.6-2 夏季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 (°)
CDL1-表层	10.6	335
CDL1-0.2H	6.9	84
CDL1-0.2H	16.3	91
CDL1-0.2H	8.5	118
CDL1-0.8H	3.6	137
CDL1-底层	0.8	48
CDL2-表层	34.0	86
CDL2-0.2H	23.9	83
CDL2-0.4H	17.2	79
CDL2-0.6H	13.8	78
CDL2-0.8H	11.7	62
CDL2-底层	9.2	46
CDL3-表层	31.5	70
CDL3-0.2H	33.0	97
CDL3-0.4H	20.9	99
CDL3-0.6H	14.6	95
CDL3-0.8H	14.0	89
CDL3-底层	13.7	93
CDL4-表层	23.1	71
CDL4-0.2H	17.6	71
CDL4-0.4H	20.3	68
CDL4-0.6H	20.7	68
CDL4-0.8H	20.9	73
CDL4-底层	11.3	50
CDL5-表层	25.4	59
CDL5-0.2H	17.7	87
CDL5-0.4H	14.7	93
CDL5-0.6H	15.8	96
CDL5-0.8H	10.4	69
CDL5-底层	7.7	51
CDL6-表层	18.7	46
CDL6-0.2H	12.0	65
CDL6-0.4H	9.4	69
CDL6-0.6H	8.9	64
CDL6-0.8H	9.7	84
CDL6-底层	10.8	61

图 5.1.6-2 夏季观测期各站余流图

5.1.7 温度、盐度

5.1.7.1 冬季

(1) 小潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 21.77℃，出现在 CDL5 站表层；测得水温的最小值为 19.98℃，出现在 CDL1 站底层和 CDL3 站底层；由于观测时间在冬季，冬季的海区一般的特点为越靠近外海温度越高，越靠近陆地温度越低，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。同时，由于冬季温度降低，海表

面的温度降低,使得海表面和海底的温差减小,使得垂向混合增强,可以看到各个站位没有一个明显的温度梯度(海表和海底的温度差异较小)。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果:调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.16,出现在 CDL2 的底层;测得盐度的最小值为 29.68,出现在 CDL1 站表层。统计结果表明,CDL1 站和 CDL2 站比较靠近陆源物质(崖门水道的淡水输入),整体盐度低于其他站位。同时,由于冬季温度降低,海表面的温度降低,使得海表面和海底的温差减小,使得垂向混合增强,整体混合均匀,可以看到各个站位没有一个明显的盐度梯度(海表和海底的盐度差异较小)。各站的盐度混合均匀,且受潮汐作用的影响。

表 5.1.7-1 冬季各站温度、盐度统计(小潮期)

站位	层位	温度(°C)			盐度(PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL1	表层	21.18	20.58	20.81	31.35	29.68	30.59
	0.2H 层	21.05	20.57	20.74	31.36	29.73	30.75
	0.4H 层	20.86	20.50	20.68	31.39	29.88	31.02
	0.6H 层	20.85	20.38	20.60	31.57	30.68	31.30
	0.8H 层	20.71	20.20	20.43	32.48	31.28	31.64
	底层	20.51	19.98	20.18	33.07	31.62	32.31
CDL2	表层	21.51	21.09	21.24	34.03	33.98	34.00
	0.2H 层	21.40	21.09	21.18	34.05	33.98	34.01
	0.4H 层	21.18	20.75	21.02	34.06	33.99	34.03
	0.6H 层	20.88	20.52	20.68	34.12	34.04	34.08
	0.8H 层	20.73	20.47	20.56	34.15	34.08	34.10
	底层	20.59	20.47	20.52	34.16	34.08	34.12
CDL3	表层	21.28	20.39	20.75	32.68	32.02	32.34
	0.2H 层	20.94	20.31	20.51	32.69	32.14	32.52
	0.4H 层	20.40	20.09	20.23	33.24	32.55	32.78
	0.6H 层	20.16	20.03	20.08	33.56	32.89	33.17
	0.8H 层	20.09	20.00	20.06	33.65	32.97	33.33
	底层	20.09	19.98	20.04	33.70	33.31	33.59
CDL4	表层	21.30	20.59	20.77	33.98	33.71	33.77
	0.2H 层	21.30	20.53	20.74	33.99	33.71	33.78
	0.4H 层	21.07	20.36	20.65	34.01	33.72	33.81
	0.6H 层	20.83	20.32	20.55	34.01	33.78	33.90
	0.8H 层	20.75	20.29	20.51	34.02	33.81	33.94
	底层	20.73	20.26	20.47	34.03	33.83	33.97
CDL5	表层	21.77	21.48	21.58	33.99	33.90	33.96
	0.2H 层	21.57	21.36	21.47	34.01	33.95	33.98
	0.4H 层	21.43	21.27	21.36	34.01	33.98	34.00
	0.6H 层	21.36	21.27	21.32	34.02	33.99	34.01
	0.8H 层	21.31	21.27	21.28	34.02	34.01	34.01
	底层	21.29	21.25	21.28	34.02	34.01	34.02

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL6	表层	21.29	20.91	21.02	33.89	33.76	33.82
	0.2H 层	21.03	20.75	20.92	33.89	33.77	33.82
	0.4H 层	21.03	20.73	20.88	33.89	33.78	33.84
	0.6H 层	21.03	20.58	20.80	33.89	33.80	33.84
	0.8H 层	20.97	20.51	20.76	33.90	33.81	33.86
	底层	20.93	20.45	20.69	33.97	33.85	33.90

(2) 中潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 21.49℃，出现在 CDL6 站表层；测得水温的最小值为 20.00℃，出现在 CDL3 站 0.8H 层和 CDL3 站底层；由于观测时间在冬季，冬季的海区一般的特点为越靠近外海温度越高，越靠近陆地温度越低，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。同时，由于冬季温度降低，海表面的温度降低，使得海表面和海底的温差减小，使得垂向混合增强，可以看到各个站位没有一个明显的温度梯度（海表和海底的温度差异较小）。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.25，出现在 CDL2 的各层；测得盐度的最小值为 29.67，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，CDL1 站比较靠近陆源物质（崖门水道的淡水输入），整体盐度低于其他站位。同时，由于冬季温度降低，海表面的温度降低，使得海表面和海底的温差减小，使得垂向混合增强，整体混合均匀，可以看到各个站位没有一个明显的盐度梯度（海表和海底的盐度差异较小）。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

表 5.1.7-2 冬季各站温度、盐度统计（中潮期）

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL1	表层	20.78	20.32	20.48	30.64	29.67	30.07
	0.2H 层	20.72	20.27	20.45	30.67	29.72	30.09
	0.4H 层	20.71	20.26	20.43	31.28	29.78	30.22
	0.6H 层	20.71	20.25	20.40	32.35	30.17	30.83
	0.8H 层	20.45	20.05	20.21	33.28	30.61	32.38
	底层	20.28	20.02	20.14	33.28	32.11	32.87
CDL2	表层	21.22	20.61	20.86	34.25	33.99	34.10
	0.2H 层	21.22	20.61	20.86	34.25	34.01	34.11
	0.4H 层	21.21	20.61	20.85	34.25	34.02	34.11
	0.6H 层	21.21	20.61	20.83	34.25	34.03	34.12
	0.8H 层	21.20	20.57	20.81	34.25	34.04	34.12
	底层	21.20	20.45	20.78	34.25	34.04	34.12
CDL3	表层	20.69	20.23	20.40	33.39	32.00	32.81
	0.2H 层	20.59	20.22	20.39	33.40	32.18	32.85

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
	0.4H 层	20.49	20.13	20.31	33.44	32.45	33.14
	0.6H 层	20.45	20.02	20.19	33.55	33.19	33.41
	0.8H 层	20.39	20.00	20.16	33.65	33.21	33.50
	底层	20.27	20.00	20.09	33.72	33.22	33.57
	表层	21.46	21.14	21.32	34.15	33.94	34.07
CDL4	0.2H 层	21.45	21.14	21.31	34.16	33.99	34.08
	0.4H 层	21.44	21.13	21.29	34.17	33.99	34.10
	0.6H 层	21.38	20.72	21.20	34.17	34.03	34.11
	0.8H 层	21.32	20.67	21.06	34.17	34.06	34.12
	底层	21.30	20.59	20.97	34.18	34.07	34.12
CDL5	表层	21.42	20.73	21.15	33.94	33.76	33.85
	0.2H 层	21.41	20.73	21.11	33.95	33.77	33.85
	0.4H 层	21.41	20.73	21.06	33.96	33.77	33.87
	0.6H 层	21.37	20.73	21.04	34.01	33.77	33.88
	0.8H 层	21.31	20.73	21.02	34.02	33.77	33.91
CDL6	底层	21.30	20.73	21.01	34.02	33.77	33.94
	表层	21.49	20.88	21.25	34.12	33.77	33.96
	0.2H 层	21.48	20.87	21.25	34.12	33.78	33.99
	0.4H 层	21.48	20.68	21.21	34.12	33.80	34.01
	0.6H 层	21.46	20.60	21.16	34.12	33.86	34.03
	0.8H 层	21.45	20.53	21.06	34.12	33.86	34.03
	底层	21.42	20.45	20.88	34.12	33.92	34.04

(3) 大潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 20.54℃，出现在 CDL6 站 0.4H 层、0.6H 层、0.8H 层和底层；测得水温的最小值为 16.06℃，出现在 CDL1 站表层；由于观测时间在冬季，冬季的海区一般的特点为越靠近外海温度越高，越靠近陆地温度越低，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。同时，由于冬季温度降低，海表面的温度降低，使得海表面和海底的温差减小，使得垂向混合增强，可以看到各个站位没有一个明显的温度梯度（海表和海底的温度差异较小）。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.35，出现在 CDL4 的底层、CDL6 站的 0.8H 层和底层；测得盐度的最小值为 30.03，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，CDL1 站比较靠近陆源物质（崖门水道的淡水输入），整体盐度低于其他站位。同时，由于冬季温度降低，海表面的温度降低，使得海表面和海底的温差减小，使得垂向混合增强，整体混合均匀，可以看到各个站位没有一个明显的盐度梯度（海表和海底的盐度差异较小）。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

表 5.1.7-3 冬季各站温度、盐度统计（大潮期）

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL1	表层	16.80	16.06	16.36	30.82	30.03	30.36
	0.2H 层	16.81	16.08	16.38	30.82	30.04	30.37
	0.4H 层	16.83	16.14	16.41	30.83	30.05	30.40
	0.6H 层	16.87	16.23	16.51	30.88	30.11	30.50
	0.8H 层	17.15	16.25	16.71	31.13	30.13	30.70
	底层	17.16	16.25	16.77	31.13	30.39	30.76
CDL2	表层	20.04	19.83	19.94	34.29	34.27	34.28
	0.2H 层	20.04	19.83	19.94	34.29	34.28	34.28
	0.4H 层	20.04	19.84	19.94	34.29	34.28	34.28
	0.6H 层	20.04	19.83	19.94	34.29	34.28	34.28
	0.8H 层	20.05	19.81	19.93	34.29	34.27	34.28
	底层	20.05	19.76	19.92	34.29	34.26	34.28
CDL3	表层	18.29	17.95	18.17	32.68	32.33	32.50
	0.2H 层	18.32	18.00	18.19	32.71	32.36	32.52
	0.4H 层	18.36	18.02	18.24	32.75	32.42	32.57
	0.6H 层	18.48	18.07	18.32	32.95	32.48	32.69
	0.8H 层	18.80	18.09	18.43	33.15	32.50	32.81
	底层	19.29	18.36	18.78	33.52	32.71	33.10
CDL4	表层	20.43	20.26	20.38	34.34	34.31	34.33
	0.2H 层	20.43	20.27	20.38	34.34	34.32	34.33
	0.4H 层	20.43	20.27	20.39	34.34	34.32	34.33
	0.6H 层	20.43	20.28	20.39	34.34	34.32	34.33
	0.8H 层	20.44	20.28	20.39	34.34	34.32	34.33
	底层	20.44	20.28	20.39	34.35	34.32	34.34
CDL5	表层	19.52	19.09	19.32	33.96	33.55	33.77
	0.2H 层	19.53	19.11	19.34	33.96	33.56	33.78
	0.4H 层	19.54	19.19	19.38	33.96	33.59	33.81
	0.6H 层	19.56	19.34	19.45	33.96	33.73	33.85
	0.8H 层	19.78	19.38	19.54	33.97	33.75	33.90
	底层	19.86	19.39	19.60	34.00	33.83	33.94
CDL6	表层	20.53	20.37	20.44	34.34	34.31	34.33
	0.2H 层	20.53	20.37	20.44	34.34	34.31	34.33
	0.4H 层	20.54	20.37	20.45	34.34	34.32	34.33
	0.6H 层	20.54	20.38	20.45	34.34	34.32	34.33
	0.8H 层	20.54	20.38	20.45	34.35	34.32	34.33
	底层	20.54	20.38	20.45	34.35	34.32	34.34

5.1.7.2 夏季

(1) 小潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 29.61℃，出现在 CDL5 站表层；测得水温的最小值为 22.39℃，出现在 CDL6 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个

站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.51，出现在 CDL6 的底层；测得盐度的最小值为 19.74，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

表 5.1.7-4 夏季各站温度、盐度统计（小潮期）

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL1	表层	28.96	28.20	28.51	24.81	19.74	22.21
	0.2H 层	28.95	27.06	28.05	30.89	22.01	25.69
	0.4H 层	28.74	26.58	27.25	33.24	24.37	30.02
	0.6H 层	26.99	26.49	26.60	33.35	30.80	32.97
	0.8H 层	26.58	26.45	26.55	33.36	32.84	33.27
	底层	26.57	26.53	26.55	33.36	33.20	33.32
CDL2	表层	28.96	26.73	27.62	31.17	24.68	28.23
	0.2H 层	27.34	26.52	26.73	32.94	28.28	31.54
	0.4H 层	26.71	26.37	26.55	33.31	31.73	33.06
	0.6H 层	26.57	26.02	26.47	34.06	33.18	33.62
	0.8H 层	26.56	25.53	25.94	34.13	33.45	34.04
	底层	26.13	25.42	25.75	34.15	34.03	34.10
CDL3	表层	29.16	27.99	28.52	24.87	24.00	24.45
	0.2H 层	28.65	26.72	27.27	31.17	24.93	28.77
	0.4H 层	26.56	26.37	26.44	33.25	32.33	32.81
	0.6H 层	26.48	26.39	26.45	33.35	33.08	33.26
	0.8H 层	26.57	26.39	26.48	33.67	33.27	33.38
	底层	26.59	26.51	26.56	33.78	33.53	33.66
CDL4	表层	29.20	28.20	28.75	32.56	23.90	29.66
	0.2H 层	28.73	26.79	27.37	33.54	30.93	33.03
	0.4H 层	27.23	26.86	26.96	33.81	33.41	33.64
	0.6H 层	27.53	26.33	26.97	34.01	33.65	33.79
	0.8H 层	27.06	24.32	25.84	34.39	33.73	34.06
	底层	25.05	24.03	24.57	34.27	34.17	34.22

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL5	表层	29.61	28.52	28.89	32.07	28.54	30.54
	0.2H 层	29.31	27.50	28.35	33.31	32.10	33.02
	0.4H 层	27.56	27.28	27.41	33.85	33.28	33.58
	0.6H 层	27.35	26.92	27.16	33.92	33.76	33.84
	0.8H 层	25.69	25.05	25.40	34.19	34.13	34.16
	底层	25.38	24.99	25.20	34.19	34.15	34.18
CDL6	表层	29.18	28.20	28.66	32.59	29.87	31.31
	0.2H 层	28.26	27.39	27.84	33.74	32.39	33.22
	0.4H 层	28.29	26.79	27.37	34.04	33.31	33.75
	0.6H 层	27.37	26.33	26.86	34.14	33.63	33.92
	0.8H 层	26.82	24.26	25.66	34.21	33.67	34.03
	底层	24.62	22.39	23.00	34.51	34.09	34.32

(2) 中潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.40℃，出现在 CDL4 站表层；测得水温的最小值为 22.36℃，出现在 CDL6 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.38，出现在 CDL5 的 0.8H 层；测得盐度的最小值为 11.39，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

表 5.1.7-5 夏季各站温度、盐度统计（中潮期）

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL1	表层	30.09	29.30	29.67	16.01	11.39	12.90
	0.2H 层	29.83	28.94	29.41	18.90	12.84	16.10
	0.4H 层	29.73	27.63	29.07	28.10	16.19	21.02

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
	0.6H 层	28.69	26.54	27.16	33.26	25.75	30.54
	0.8H 层	27.14	26.52	26.58	33.36	30.26	32.74
	底层	26.56	26.50	26.53	33.37	32.40	33.01
CDL2	表层	29.80	27.01	28.91	31.20	26.66	27.87
	0.2H 层	29.17	26.71	27.06	33.09	27.49	31.92
	0.4H 层	26.80	26.58	26.68	33.65	33.44	33.53
	0.6H 层	26.45	25.60	26.02	34.14	33.83	34.04
	0.8H 层	25.16	23.72	24.14	34.29	34.16	34.25
	底层	24.23	23.72	23.94	34.28	34.21	34.27
CDL3	表层	29.95	29.05	29.44	28.00	26.78	27.48
	0.2H 层	29.54	27.01	28.65	31.73	27.08	28.58
	0.4H 层	29.26	26.70	27.34	32.75	27.31	31.37
	0.6H 层	26.99	26.58	26.76	33.31	32.73	32.96
	0.8H 层	26.83	26.57	26.67	33.51	33.09	33.29
	底层	26.64	25.71	26.33	34.13	33.29	33.80
CDL4	表层	30.40	28.97	29.76	28.90	27.32	28.23
	0.2H 层	29.24	28.41	28.81	33.69	32.07	33.23
	0.4H 层	28.87	27.06	27.85	33.94	32.70	33.68
	0.6H 层	28.01	26.31	27.17	34.11	33.81	33.95
	0.8H 层	26.95	23.42	26.33	34.33	33.96	34.07
	底层	26.14	23.14	23.82	34.35	34.00	34.26
CDL5	表层	30.37	29.89	30.11	28.31	27.17	27.80
	0.2H 层	29.10	27.53	28.09	33.47	32.32	33.15
	0.4H 层	27.51	27.32	27.45	33.88	33.76	33.83
	0.6H 层	27.15	26.55	26.99	34.02	33.88	33.93
	0.8H 层	23.29	23.00	23.14	34.38	34.33	34.34
	底层	23.25	22.99	23.11	34.36	34.33	34.34
CDL6	表层	30.31	29.94	30.12	31.05	28.69	29.81
	0.2H 层	30.03	28.09	29.01	33.46	30.70	32.14
	0.4H 层	29.65	26.77	27.93	34.00	31.01	33.16
	0.6H 层	28.24	25.74	26.89	34.14	33.25	33.82
	0.8H 层	27.06	22.96	25.40	34.28	34.03	34.13
	底层	24.01	22.36	22.53	34.37	34.24	34.35

(3) 大潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.78℃，出现在 CDL6 站表层；测得水温的最小值为 22.30℃，出现在 CDL6 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.45，出现在 CDL2 的底层；测得盐度的最小值为 7.36，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

表 5.1.7-6 夏季各站温度、盐度统计（大潮期）

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL1	表层	30.62	29.58	30.07	11.55	7.36	9.20
	0.2H 层	30.40	29.23	29.81	14.67	8.03	11.90
	0.4H 层	30.16	27.93	29.35	28.11	10.68	17.97
	0.6H 层	29.04	26.61	27.48	32.16	21.41	29.27
	0.8H 层	27.04	26.49	26.65	33.02	30.89	32.30
	底层	26.63	26.48	26.54	33.09	32.27	32.76
CDL2	表层	30.02	29.15	29.57	27.80	27.00	27.37
	0.2H 层	28.62	26.63	27.06	32.96	28.91	31.88
	0.4H 层	26.76	26.39	26.66	33.65	33.11	33.46
	0.6H 层	26.69	25.33	26.24	34.18	33.64	33.94
	0.8H 层	24.85	23.32	23.77	34.29	34.04	34.25
	底层	23.86	23.20	23.66	34.45	34.27	34.30
CDL3	表层	30.72	29.55	30.05	27.65	26.67	27.03
	0.2H 层	30.40	28.45	29.76	28.51	26.71	27.25
	0.4H 层	30.23	27.02	28.21	32.49	27.33	29.97
	0.6H 层	28.61	26.71	27.13	33.04	28.24	32.44
	0.8H 层	27.06	26.36	26.75	33.45	32.86	33.26
	底层	26.77	25.24	26.33	34.18	33.37	33.81
CDL4	表层	30.70	30.06	30.37	28.30	27.75	28.08
	0.2H 层	29.63	28.00	28.79	33.67	31.61	33.21
	0.4H 层	28.56	27.11	27.78	33.95	33.53	33.84
	0.6H 层	28.56	26.52	27.00	34.11	33.57	33.98
	0.8H 层	26.85	23.05	25.73	34.33	33.97	34.14
	底层	23.29	22.94	23.11	34.34	34.17	34.32
CDL5	表层	30.47	29.90	30.15	27.69	27.47	27.57
	0.2H 层	28.19	27.32	27.67	33.76	33.22	33.59
	0.4H 层	27.33	27.14	27.25	33.93	33.81	33.88
	0.6H 层	27.20	26.39	26.90	34.16	33.91	33.98
	0.8H 层	24.16	22.89	23.11	34.34	34.16	34.32
	底层	23.13	22.68	23.06	34.36	34.33	34.33

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
CDL6	表层	30.78	30.00	30.26	30.64	28.88	30.05
	0.2H 层	30.01	28.33	29.26	33.52	29.26	32.36
	0.4H 层	29.82	27.24	28.23	33.98	31.74	33.35
	0.6H 层	28.53	25.68	26.90	34.15	33.37	33.95
	0.8H 层	27.50	22.88	25.19	34.32	34.02	34.17
	底层	25.67	22.30	22.64	34.42	34.16	34.35

5.1.8 悬浮泥沙

5.1.8.1 悬浮泥沙浓度

(1) 冬季

①小潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.002\text{kg/m}^3 \sim 0.041\text{kg/m}^3$ ，CDL1 站底层的悬沙浓度最大 (0.041kg/m^3)，CDL5 站表层、0.2H 层和底层、CDL6 站整层的悬沙浓度最小 (0.002kg/m^3)。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。

表 5.1.8-1 冬季各站悬沙浓度情况表 (小潮期)

项目		悬沙浓度 (kg/m^3)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL1	表层	0.028	0.011	0.018	0.020
	0.2H 层	0.029	0.011	0.019	
	0.6H 层	0.032	0.011	0.020	
	0.8H 层	0.037	0.011	0.020	
	0.8H 层	0.039	0.011	0.021	
	底层	0.041	0.010	0.021	
CDL2	表层	0.019	0.007	0.013	0.014
	0.2H 层	0.019	0.007	0.014	
	0.6H 层	0.020	0.007	0.014	
	0.8H 层	0.022	0.007	0.015	
	0.8H 层	0.023	0.008	0.015	
	底层	0.025	0.008	0.015	
CDL3	表层	0.010	0.003	0.006	0.007
	0.2H 层	0.010	0.004	0.007	
	0.6H 层	0.010	0.005	0.007	
	0.8H 层	0.010	0.004	0.007	
	0.8H 层	0.011	0.005	0.008	
	底层	0.012	0.004	0.008	
CDL4	表层	0.009	0.006	0.007	0.008
	0.2H 层	0.009	0.006	0.008	
	0.6H 层	0.009	0.006	0.008	
	0.8H 层	0.009	0.006	0.008	
	0.8H 层	0.009	0.007	0.008	
	底层	0.010	0.005	0.007	

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL5	表层	0.006	0.002	0.004	0.004
	0.2H 层	0.005	0.002	0.004	
	0.6H 层	0.005	0.003	0.004	
	0.8H 层	0.006	0.003	0.004	
	0.8H 层	0.006	0.003	0.004	
	底层	0.006	0.002	0.004	
CDL6	表层	0.004	0.002	0.003	0.003
	0.2H 层	0.004	0.002	0.003	
	0.6H 层	0.004	0.002	0.003	
	0.8H 层	0.004	0.002	0.003	
	0.8H 层	0.004	0.002	0.003	
	底层	0.004	0.002	0.003	

②中潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.036kg/m³，CDL1 站底层的悬沙浓度最大 (0.036kg/m³)，CDL6 站表层和 0.2H 层的悬沙浓度最小 (0.001kg/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。

表 5.1.8-2 冬季各站悬沙浓度情况表 (中潮期)

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL1	表层	0.027	0.008	0.017	0.018
	0.2H 层	0.028	0.008	0.017	
	0.6H 层	0.030	0.008	0.018	
	0.8H 层	0.033	0.008	0.018	
	0.8H 层	0.034	0.009	0.019	
	底层	0.036	0.008	0.019	
CDL2	表层	0.021	0.007	0.013	0.014
	0.2H 层	0.021	0.007	0.013	
	0.6H 层	0.022	0.006	0.013	
	0.8H 层	0.023	0.006	0.014	
	0.8H 层	0.023	0.007	0.015	
	底层	0.022	0.007	0.016	
CDL3	表层	0.010	0.003	0.007	0.008
	0.2H 层	0.011	0.003	0.007	
	0.6H 层	0.011	0.004	0.008	
	0.8H 层	0.012	0.004	0.008	
	0.8H 层	0.015	0.005	0.009	
	底层	0.017	0.005	0.010	
CDL4	表层	0.009	0.004	0.007	0.007
	0.2H 层	0.009	0.004	0.007	
	0.6H 层	0.009	0.004	0.006	
	0.8H 层	0.010	0.004	0.007	
	0.8H 层	0.010	0.005	0.007	

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
	底层	0.011	0.006	0.008	
CDL5	表层	0.006	0.002	0.004	0.004
	0.2H 层	0.005	0.003	0.004	
	0.6H 层	0.005	0.003	0.004	
	0.8H 层	0.006	0.003	0.004	
	0.8H 层	0.006	0.003	0.004	
	底层	0.007	0.002	0.004	
CDL6	表层	0.004	0.001	0.003	0.003
	0.2H 层	0.004	0.001	0.003	
	0.6H 层	0.004	0.002	0.002	
	0.8H 层	0.004	0.002	0.002	
	0.8H 层	0.004	0.002	0.003	
	底层	0.004	0.002	0.003	

③大潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.039kg/m³，CDL1 站 0.6H 层的悬沙浓度最大 (0.039kg/m³)，CDL6 站表层和 0.2H 层的悬沙浓度最小 (0.001kg/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。

表 5.1.8-3 冬季各站悬沙浓度情况表 (大潮期)

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL1	表层	0.033	0.009	0.017	0.019
	0.2H 层	0.033	0.009	0.018	
	0.6H 层	0.035	0.007	0.019	
	0.8H 层	0.039	0.005	0.019	
	0.8H 层	0.035	0.004	0.020	
	底层	0.036	0.004	0.021	
CDL2	表层	0.016	0.007	0.012	0.013
	0.2H 层	0.016	0.008	0.012	
	0.6H 层	0.017	0.007	0.012	
	0.8H 层	0.018	0.006	0.013	
	0.8H 层	0.019	0.008	0.013	
	底层	0.022	0.010	0.014	
CDL3	表层	0.008	0.003	0.006	0.007
	0.2H 层	0.009	0.003	0.006	
	0.6H 层	0.009	0.002	0.006	
	0.8H 层	0.010	0.002	0.007	
	0.8H 层	0.011	0.003	0.008	
	底层	0.012	0.005	0.009	
CDL4	表层	0.011	0.004	0.008	0.008
	0.2H 层	0.011	0.005	0.008	
	0.6H 层	0.011	0.005	0.008	
	0.8H 层	0.013	0.005	0.008	

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
	0.8H 层	0.013	0.006	0.008	
	底层	0.012	0.005	0.009	
CDL5	表层	0.008	0.003	0.005	0.005
	0.2H 层	0.008	0.003	0.005	
	0.6H 层	0.007	0.003	0.005	
	0.8H 层	0.007	0.003	0.005	
	0.8H 层	0.008	0.003	0.005	
	底层	0.008	0.003	0.005	
CDL6	表层	0.004	0.001	0.003	0.003
	0.2H 层	0.004	0.001	0.003	
	0.6H 层	0.004	0.002	0.003	
	0.8H 层	0.004	0.002	0.003	
	0.8H 层	0.004	0.002	0.003	
	底层	0.004	0.002	0.003	

(2) 夏季

①小潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.023kg/m³，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大 (0.023kg/m³)，CDL2 站表层、0.2H 层和 0.4H 层，CDL3 站 0.2H 层、0.4H 层和 0.8H 层，CDL4 站整层，CDL5 站整层，CDL6 站整层的悬沙浓度最小 (0.001kg/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。

表 5.1.8-4 夏季各站悬沙浓度情况表 (小潮期)

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL1	表层	0.013	0.003	0.007	0.009
	0.2H 层	0.015	0.002	0.006	
	0.4H 层	0.012	0.002	0.008	
	0.6H 层	0.015	0.004	0.009	
	0.8H 层	0.023	0.004	0.013	
	底层	0.022	0.006	0.013	
CDL2	表层	0.011	0.001	0.006	0.007
	0.2H 层	0.011	0.001	0.006	
	0.4H 层	0.011	0.001	0.006	
	0.6H 层	0.012	0.002	0.006	
	0.8H 层	0.015	0.002	0.008	
	底层	0.015	0.002	0.009	
CDL3	表层	0.011	0.002	0.007	0.007
	0.2H 层	0.014	0.001	0.006	
	0.4H 层	0.013	0.001	0.007	
	0.6H 层	0.012	0.002	0.006	
	0.8H 层	0.015	0.001	0.009	
	底层	0.015	0.003	0.009	

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL4	表层	0.010	0.001	0.005	0.004
	0.2H 层	0.008	0.001	0.003	
	0.4H 层	0.010	0.001	0.004	
	0.6H 层	0.010	0.001	0.004	
	0.8H 层	0.009	0.001	0.006	
	底层	0.011	0.001	0.004	
CDL5	表层	0.011	0.001	0.004	0.004
	0.2H 层	0.010	0.001	0.003	
	0.4H 层	0.009	0.001	0.003	
	0.6H 层	0.009	0.001	0.004	
	0.8H 层	0.010	0.001	0.004	
	底层	0.010	0.001	0.004	
CDL6	表层	0.008	0.001	0.002	0.003
	0.2H 层	0.009	0.001	0.002	
	0.4H 层	0.008	0.001	0.004	
	0.6H 层	0.008	0.001	0.002	
	0.8H 层	0.009	0.001	0.004	
	底层	0.011	0.001	0.005	

②中潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.027kg/m³，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大 (0.027kg/m³)，CDL2 站 0.2H 层，CDL3 站表层和 0.2H 层，CDL4 站整层，CDL5 站整层，CDL6 站整层的悬沙浓度最小 (0.001kg/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。

表 5.1.8-5 夏季各站悬沙浓度情况表 (中潮期)

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL1	表层	0.014	0.004	0.009	0.011
	0.2H 层	0.015	0.003	0.008	
	0.4H 层	0.016	0.002	0.010	
	0.6H 层	0.018	0.004	0.009	
	0.8H 层	0.027	0.009	0.016	
	底层	0.023	0.009	0.015	
CDL2	表层	0.015	0.002	0.008	0.009
	0.2H 层	0.014	0.001	0.008	
	0.4H 层	0.015	0.003	0.009	
	0.6H 层	0.016	0.003	0.008	
	0.8H 层	0.016	0.007	0.012	
	底层	0.017	0.005	0.011	
CDL3	表层	0.015	0.001	0.007	0.008
	0.2H 层	0.015	0.001	0.007	
	0.4H 层	0.014	0.003	0.008	

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
	0.6H 层	0.016	0.002	0.009	
	0.8H 层	0.014	0.002	0.007	
	底层	0.015	0.002	0.008	
CDL4	表层	0.010	0.001	0.005	0.006
	0.2H 层	0.011	0.001	0.005	
	0.4H 层	0.012	0.001	0.005	
	0.6H 层	0.011	0.001	0.006	
	0.8H 层	0.014	0.001	0.006	
	底层	0.012	0.001	0.007	
	表层	0.009	0.001	0.004	0.004
CDL5	0.2H 层	0.008	0.001	0.003	
	0.4H 层	0.008	0.001	0.003	
	0.6H 层	0.009	0.001	0.005	
	0.8H 层	0.009	0.001	0.004	
	底层	0.012	0.001	0.005	
	表层	0.009	0.001	0.003	0.004
CDL6	0.2H 层	0.007	0.001	0.003	
	0.4H 层	0.009	0.001	0.004	
	0.6H 层	0.009	0.001	0.003	
	0.8H 层	0.009	0.001	0.005	
	底层	0.009	0.001	0.004	

③大潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.025kg/m³，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大 (0.025kg/m³)，CDL2 站表层和 0.4H 层，CDL3 站 0.2H 层、0.4H 层和底层，CDL4 站除 0.8H 层外的所有层，CDL5 站表层和 0.2H 层，CDL6 站除 0.8H 层和底层外的所有层的悬沙浓度最小 (0.001kg/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。

表 51.8-6 夏季各站悬沙浓度情况表 (大潮期) (单位: kg/m³)

站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL1	表层	0.017	0.002	0.011	0.013
	0.2H 层	0.019	0.005	0.012	
	0.4H 层	0.016	0.004	0.012	
	0.6H 层	0.020	0.005	0.011	
	0.8H 层	0.025	0.010	0.016	
	底层	0.020	0.009	0.016	
CDL2	表层	0.017	0.001	0.009	0.012
	0.2H 层	0.018	0.003	0.010	
	0.4H 层	0.017	0.001	0.011	
	0.6H 层	0.019	0.004	0.011	
	0.8H 层	0.023	0.005	0.015	
	底层	0.021	0.006	0.014	

站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
CDL3	表层	0.017	0.002	0.009	0.009
	0.2H 层	0.018	0.001	0.009	
	0.4H 层	0.018	0.001	0.008	
	0.6H 层	0.023	0.002	0.009	
	0.8H 层	0.018	0.002	0.010	
	底层	0.016	0.001	0.009	
CDL4	表层	0.009	0.001	0.004	0.006
	0.2H 层	0.010	0.001	0.005	
	0.4H 层	0.013	0.001	0.006	
	0.6H 层	0.012	0.001	0.005	
	0.8H 层	0.011	0.002	0.006	
	底层	0.013	0.001	0.007	
CDL5	表层	0.010	0.001	0.005	0.007
	0.2H 层	0.011	0.001	0.005	
	0.4H 层	0.013	0.002	0.008	
	0.6H 层	0.011	0.002	0.007	
	0.8H 层	0.013	0.003	0.008	
	底层	0.013	0.003	0.007	
CDL6	表层	0.011	0.001	0.005	0.006
	0.2H 层	0.011	0.001	0.005	
	0.4H 层	0.010	0.001	0.005	
	0.6H 层	0.010	0.001	0.005	
	0.8H 层	0.013	0.002	0.007	
	底层	0.012	0.002	0.006	

5.1.8.2 输沙量

(1) 冬季

小潮期的涨潮最大单宽输沙量为 2.09t/m，方向 273°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.91t/m，方向 141°，出现在 CDL1 站；最大单宽净输沙量为 2.89t/m，方向 214°，出现在 CDL3 站。观测期间，CDL1、CDL5 和 CDL6 站点的净输沙量方向主要为南方向，CDL2、CDL3 和 CDL4 站点的净输沙量方向主要为西南方向。

中潮期间的涨潮最大单宽输沙量为 4.13t/m，方向 245°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 3.30t/m，方向 238°，出现在 CDL2 站；最大单宽净输沙量为 7.41t/m，方向 242°，出现在 CDL2 站。观测期间，各站点的净输沙量方向主要为西南方向或者西方向。

大潮期间的涨潮最大单宽输沙量为 2.72t/m，方向 296°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 2.82t/m，方向 131°，出现在 CDL1 站；最大单宽净输沙量为 3.08t/m，方向 135°，出现在 CDL5 站。观测期间，CDL1 站点的净输沙量方向主

要为东方向，CDL5 站点的净输沙量方向主要为东南方向，其余站点的净输沙量方向主要为西南方向或者西方向。

表 5.1.8-7 冬季各站大潮单宽输沙量统计表

潮期	站位	涨潮		落潮		净输沙	
		输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
		(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
小潮期	CDL1	1.66	317	1.91	141	0.28	168
	CDL2	2.09	273	1.51	198	2.88	243
	CDL3	1.29	209	1.61	218	2.89	214
	CDL4	1.10	264	1.17	189	1.80	225
	CDL5	0.23	297	0.47	146	0.29	170
	CDL6	0.32	248	0.69	170	0.82	193
中潮期	CDL1	2.53	325	1.66	162	1.06	297
	CDL2	4.13	245	3.30	238	7.41	242
	CDL3	2.42	206	0.51	263	2.74	215
	CDL4	2.92	281	1.61	242	4.28	267
	CDL5	0.96	304	0.43	227	1.13	282
	CDL6	0.88	270	0.59	235	1.41	256
大潮期	CDL1	1.87	347	2.82	131	1.69	91
	CDL2	2.72	296	0.81	189	2.59	279
	CDL3	1.27	287	0.74	169	1.14	251
	CDL4	2.46	281	1.34	181	2.60	250
	CDL5	1.68	135	1.40	136	3.08	135
	CDL6	0.76	269	0.67	186	1.07	231

图 5.1.8-1 冬季净输沙示意图（小潮期）

图 5.1.8-2 冬季净输沙示意图（中潮期）

图 5.1.8-3 冬季净输沙示意图（大潮期）

（2）夏季

小潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.96t/m，方向 64°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 3.29t/m，方向 75°，出现在 CDL2 站；最大单宽净输沙量为 5.22t/m，方向 71°，出现在 CDL2 站。

中潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.92t/m，方向 52°，出现在 CDL4 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.17t/m，方向 87°，出现在 CDL4 站；最大单宽净输沙量为 5.85t/m，方向 76°，出现在 CDL4 站。

大潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 2.28t/m，方向 55°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.33t/m，方向 95°，出现在 CDL3 站；最大单宽净输沙量为

5.93t/m, 方向 88°, 出现在 CDL3 站。

表 5.1.8-8 夏季各站单宽输沙量统计表

潮期	站位	涨潮		落潮		净输沙	
		输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
		(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
小潮期	CDL1	0.60	23	1.30	134	1.22	107
	CDL2	1.96	64	3.29	75	5.22	71
	CDL3	1.16	83	2.42	100	3.54	94
	CDL4	1.19	60	2.18	88	3.28	78
	CDL5	1.20	81	1.87	92	3.06	88
	CDL6	0.63	86	1.46	113	2.04	105
中潮期	CDL1	1.30	334	1.71	124	0.87	77
	CDL2	1.66	59	3.16	90	4.66	79
	CDL3	1.15	77	3.72	99	4.81	94
	CDL4	1.92	52	4.17	87	5.85	76
	CDL5	0.79	33	1.40	100	1.86	77
	CDL6	1.36	16	1.54	58	2.71	38
大潮期	CDL1	1.81	332	1.57	129	0.70	31
	CDL2	2.28	55	3.75	89	5.78	77
	CDL3	1.72	70	4.33	95	5.93	88
	CDL4	2.01	25	3.12	77	4.63	57
	CDL5	1.33	19	2.95	95	3.52	73
	CDL6	1.56	3	1.69	87	2.42	48

图 5.1.8-4 夏季净输沙示意图（小潮期）

图 5.1.8-5 夏季净输沙示意图（中潮期）

图 5.1.8-6 夏季净输沙示意图（大潮期）

5.1.8.3 悬沙粒度分析

(1) 冬季

①悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范（GB/T12763.8-2007）》粒级间隔为 1ϕ ，粒级组成为 $1\phi \sim 11\phi$ 。

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。

各站小潮期间砂含量为 0.00~46.59%，平均值为 2.79%，粉砂含量在 35.60%~91.50%之间，平均值为 64.20%，粘土含量在 1.69%~64.40%之间，平均值为 33.01%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（128/162），粉砂（12/162），粉砂质粘土

(12/162), 砂质粉砂 (10/162), 共 4 种样品。

各站中潮期间砂含量为 0.00~79.10%, 平均值为 1.75%, 粉砂含量在 18.72%~91.12% 之间, 平均值为 63.52%, 粘土含量在 2.18%~62.40% 之间, 平均值为 34.72%; 悬沙样品类型为粘土质粉砂 (126/162), 粉砂 (19/162), 粉砂质粘土 (12/162), 粉砂质砂 (2/162), 细粉砂 (1/162), 砂质粉砂 (1/162), 砂 (1/162), 共 6 种样品。

各站大潮期间砂含量为 0.00~49.62%, 平均值为 3.10%, 粉砂含量在 10.43%~89.98% 之间, 平均值为 64.54%, 粘土含量在 1.49%~59.57% 之间, 平均值为 32.36%; 悬沙样品类型为粘土质粉砂 (129/162), 粉砂 (17/162), 砂质粉砂 (10/162), 粉砂质粘土 (5/162), 粉砂质砂 (1/162), 共 5 种样品。

表 5.1.8-9 冬季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=486)

潮次	变化范围	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 $M_z(\Phi)$	分选系数 $\sigma_z(\Phi)$	偏态 S_{ki}	峰态 K_g	中值粒径 $M_d(\Phi)$
小潮 (N=162)	最大值	46.59	91.50	64.40	8.17	0.115	0.85	6.00	8.41
	最小值	0.00	35.60	1.69	4.00	0.002	-0.23	0.62	4.06
	平均值	2.79	64.20	33.01	6.71	0.011	0.48	1.21	7.11
中潮 (N=162)	最大值	79.10	91.12	62.40	7.94	0.429	0.84	4.48	8.35
	最小值	0.00	18.72	2.18	0.64	0.003	-0.53	0.50	0.24
	平均值	1.75	63.52	34.72	6.81	0.015	0.46	1.08	7.20
大潮 (N=162)	最大值	49.62	87.89	59.57	8.00	0.253	0.92	2.37	8.25
	最小值	0.00	40.43	1.49	2.50	0.002	-0.14	0.66	4.00
	平均值	3.10	64.54	32.36	6.68	0.012	0.48	1.12	7.09

表 5.1.8-10 冬季悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=486)

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, ϕ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
小潮 (N=162)	最大值(%)	0.80	5.72	2.23	13.35	41.30	44.48	31.95	48.51	45.24	39.91	23.78	11.10
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	2.05	1.23	0.45	0.01
	平均值(%)	0.00	0.04	0.02	0.35	2.37	5.68	13.77	21.11	23.64	19.02	10.04	3.96
	累计(%)	0.00	0.04	0.06	0.42	2.79	8.47	22.24	43.35	66.99	86.00	96.04	100.00
中潮 (N=162)	最大值(%)	22.47	53.65	0.22	4.67	12.80	26.43	38.16	39.16	45.24	39.76	23.98	11.30
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	3.35	1.62	0.56	0.00
	平均值(%)	0.33	0.78	0.00	0.06	0.58	3.33	13.56	22.61	24.03	19.74	10.65	4.33
	累计(%)	0.33	1.10	1.11	1.17	1.75	5.08	18.64	41.24	65.28	85.02	95.67	100.00
大潮 (N=162)	最大值(%)	2.30	13.58	6.02	12.26	43.79	32.92	31.17	39.49	41.93	37.53	20.23	8.81
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	1.56	1.12	0.37	0.00
	平均值(%)	0.01	0.08	0.04	0.47	2.50	4.68	14.42	22.62	22.83	18.55	9.86	3.95
	累计(%)	0.01	0.10	0.14	0.60	3.10	7.78	22.20	44.81	67.64	86.19	96.05	100.00

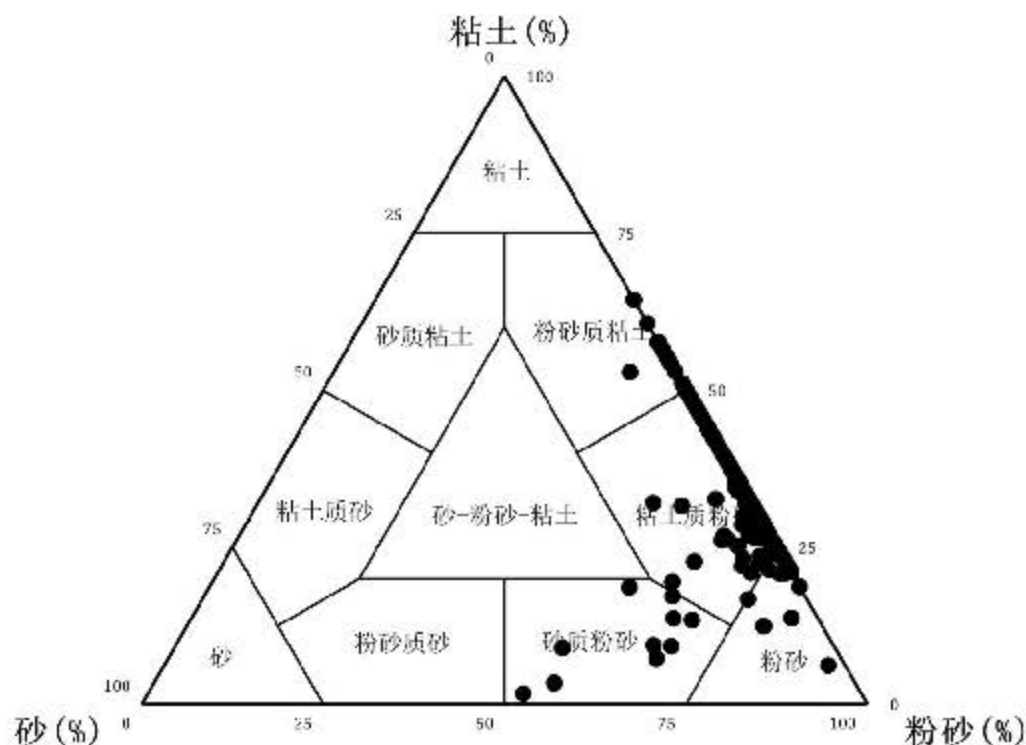


图 5.1.8-7 冬季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (小潮期)

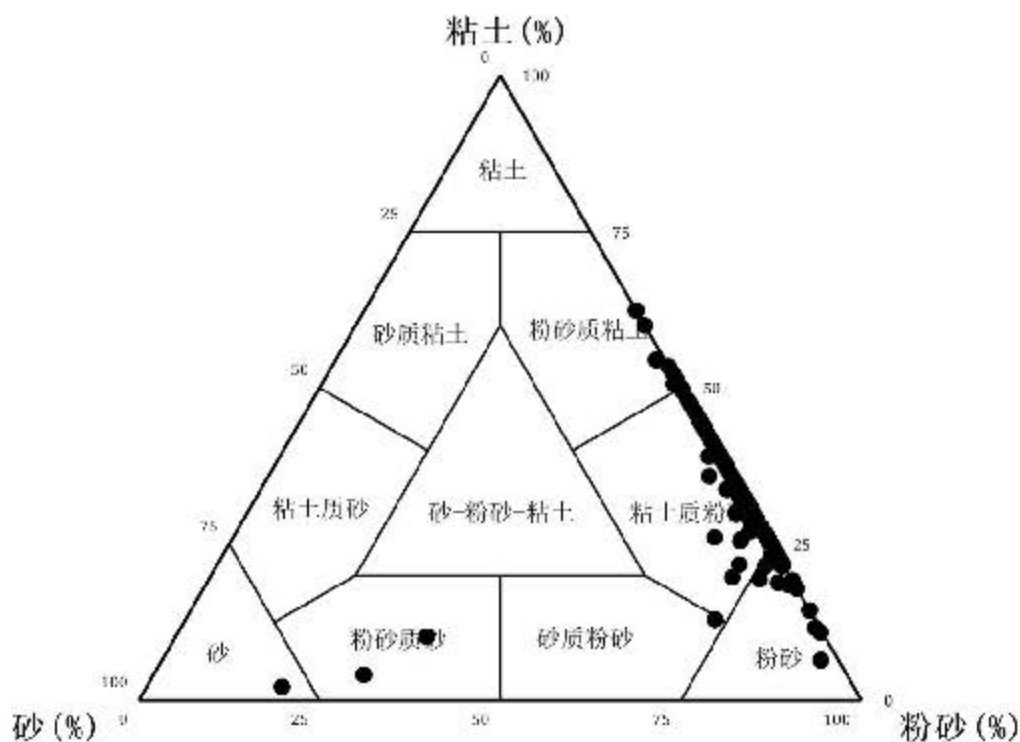


图 5.1.8-8 冬季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (中潮期)

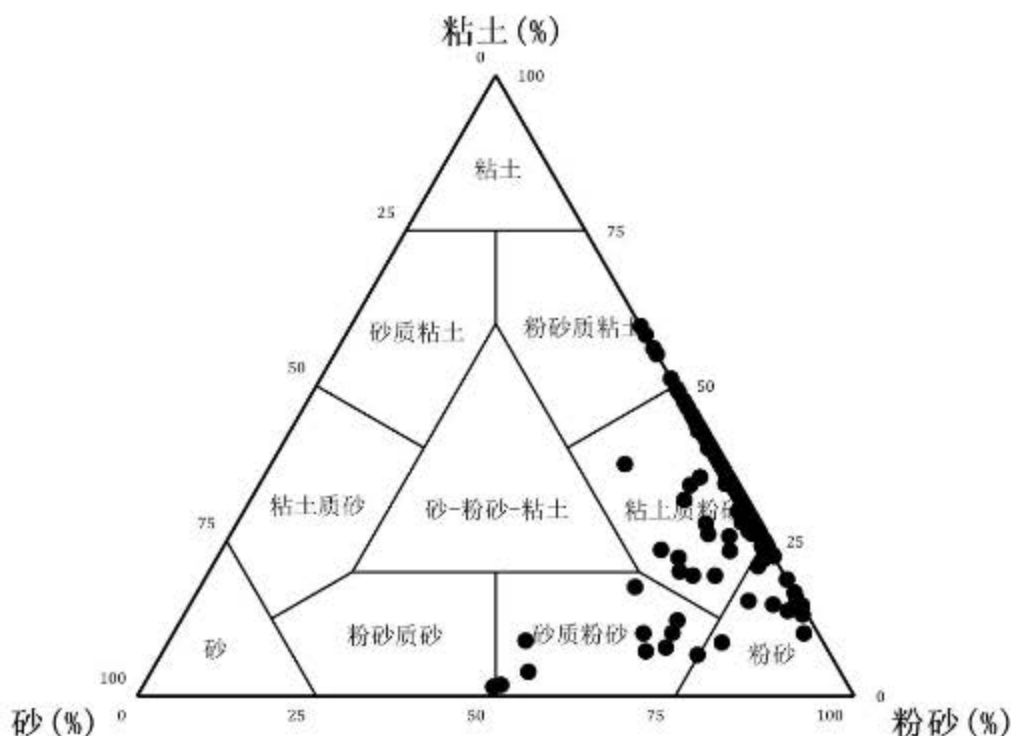


图 5.1.8-9 冬季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (大潮期)

②中值粒径 (M_d , μm)

中值粒径 (M_d , μm) 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。

小潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $4.06\mu\text{m} \sim 8.41\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $7.11\mu\text{m}$ 。CDL4 测站 20:00 悬沙粒径最粗 ($8.41\mu\text{m}$), CDL5 测站 6:00 悬沙粒径最细 ($4.06\mu\text{m}$)。

中潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $0.24\mu\text{m} \sim 8.35\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $7.20\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 05:00 悬沙粒径最粗 ($8.35\mu\text{m}$), CDL4 测站 13:00 悬沙粒径最细 ($0.24\mu\text{m}$)。

大潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $4.00\mu\text{m} \sim 8.25\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $7.09\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 18:00 悬沙粒径最粗 ($8.25\mu\text{m}$), CDL6 测站 23:00 悬沙粒径最细 ($4.00\mu\text{m}$)。

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, 本次调查中的悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。小潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.19\mu\text{m}$ 、 $7.03\mu\text{m}$ 、 $7.02\mu\text{m}$ 、 $7.27\mu\text{m}$ 、 $7.11\mu\text{m}$ 和 $7.05\mu\text{m}$ 。中潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.35\mu\text{m}$ 、 $7.24\mu\text{m}$ 、 $7.18\mu\text{m}$ 、 $6.93\mu\text{m}$ 、

7.15 μm 和 7.37 μm 。大潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 7.05 μm 、7.21 μm 、6.88 μm 、7.05 μm 、7.42 μm 和 6.95 μm 。

③平均粒径 (M_z, ϕ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

小潮测量期间测区平均粒径在 4.00 ϕ ~8.17 ϕ 之间, 平均值为 6.71 ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL4 站的 20:00 最大, 为 8.17 ϕ ; CDL5 站的 06:00 最小, 为 4.00 ϕ 。

中潮测量期间测区平均粒径在 0.64 ϕ ~7.94 ϕ 之间, 平均值为 6.81 ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL4 站的 12:00 最大, 为 7.94 ϕ ; CDL4 站的 13:00 最小, 为 0.64 ϕ 。

大潮测量期间测区平均粒径在 2.50 ϕ ~8.00 ϕ 之间, 平均值为 6.68 ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL5 站的 13:00 最大, 为 8.00 ϕ ; CDL3 站的 22:00 最小, 为 2.50 ϕ 。

④分选系数 (σ_s, ϕ)

测区小潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.002 ϕ ~0.115 ϕ , 平均值为 0.011 ϕ 。测区中潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.003 ϕ ~0.429 ϕ , 平均值为 0.015 ϕ 。测区大潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.002 ϕ ~0.253 ϕ , 平均值为 0.012 ϕ 。

⑤偏态 (S_{sk})

测区小潮期间悬沙偏态系数变化范围为-0.23~0.85, 平均值为 0.48。测区中潮期间悬沙偏态系数变化范围为-0.53~0.84, 平均值为 0.46。测区大潮期间悬沙偏态系数变化范围为-0.14~0.92, 平均值为 0.48。

⑥峰态 (K_g)

测区小潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.62~6.00, 平均值为 1.21。测区中潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.50~4.48, 平均值为 1.08。测区大潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.66~2.37, 平均值为 1.12。

(2) 夏季

①悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范 (GB/T12763.8-2007)》粒级间隔为 1 ϕ , 粒级组成为 1 ϕ ~11 ϕ 。

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。

各站小潮期间砂含量为 0.00%~4.57%,平均值为 0.26%,粉砂含量在 33.29%~85.13%之间,平均值为 65.38%,粘土含量在 14.21%~66.71%之间,平均值为 34.36%;悬沙样品类型为粘土质粉砂(128/162),粉砂(26/162),粉砂质粘土(8/162),共 3 种样品。

各站中潮期间砂含量为 0.00%~82.11%,平均值为 0.91%,粉砂含量在 13.93%~85.15%之间,平均值为 66.01%,粘土含量在 3.96%~62.03%之间,平均值为 33.08%;悬沙样品类型为粉砂(27/162),粘土质粉砂(125/162),粉砂质粘土(9/162),砂(1/162),共 4 种样品。

各站大潮期间砂含量为 0.00%~6.33%,平均值为 0.65%,粉砂含量在 24.97%~85.19%之间,平均值为 72.43%,粘土含量在 11.48%~75.03%之间,平均值为 26.93%;悬沙样品类型为粘土质粉砂(108/162),粉砂(51/162),粉砂质粘土(2/162),粘土(1/162),共 4 种样品。

表 5.1.8-11 夏季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=486)

潮次	变化范围	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 $M_z(\Phi)$	分选系数 $\sigma_z(\Phi)$	偏态 S_{ki}	峰态 K_g	中值粒径 $M_d(\mu m)$
小潮 (N=162)	最大值	4.57	85.13	66.71	8.11	0.016	0.78	3.42	8.51
	最小值	0.00	33.29	14.21	5.68	0.003	0.17	0.73	5.84
	平均值	0.26	65.38	34.36	6.94	0.009	0.59	1.48	7.55
中潮 (N=162)	最大值	82.11	85.15	62.03	8.29	0.358	0.76	3.06	8.53
	最小值	0.00	13.93	3.96	1.38	0.003	0.17	0.75	1.49
	平均值	0.91	66.01	33.08	6.87	0.012	0.58	1.44	7.46
大潮 (N=162)	最大值	6.33	85.19	75.03	8.47	0.019	0.69	1.39	8.75
	最小值	0.00	24.97	11.48	5.46	0.002	0.19	0.64	5.66
	平均值	0.65	71.72	27.63	6.19	0.014	0.57	0.78	6.88

表 5.1.8-12 夏季悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=486)

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, ϕ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
小潮 (N=162)	最大值(%)	0.00	0.00	0.00	0.01	4.57	20.27	31.87	49.67	38.57	31.94	24.25	11.27
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	8.32	11.66	7.82	2.70	1.35
	平均值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	6.38	13.98	22.46	22.56	17.13	11.50	5.73
	累计(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	6.64	20.62	43.08	65.64	82.77	94.27	100.00
中潮 (N=162)	最大值(%)	8.33	22.48	41.35	9.95	10.47	21.73	28.95	46.61	40.79	29.32	21.78	10.93
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.54	6.04	4.38	2.55	1.13	0.28

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	
2)	(粒径, φ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	平均值(%)	0.05	0.14	0.26	0.08	0.38	6.21	14.52	23.08	22.19	16.84	10.88	5.37	
	累计(%)	0.05	0.19	0.45	0.52	0.91	7.12	21.65	44.72	66.92	83.75	94.63	100.00	
	最大值(%)	0.00	0.00	0.00	0.50	5.94	23.89	31.58	39.69	32.51	32.18	28.20	15.81	
大潮(N=162)	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.73	10.49	7.19	0.11	0.56	
	平均值(%)	0.00	0.00	0.00	0.20	0.45	16.26	20.77	18.09	16.60	14.42	10.94	2.26	
	累计(%)	0.00	0.00	0.00	0.20	0.65	16.91	37.68	55.77	72.37	86.80	97.74	100.00	
	最大值(%)	0.00	0.00	0.00	0.20	0.65	16.91	37.68	55.77	72.37	86.80	97.74	100.00	

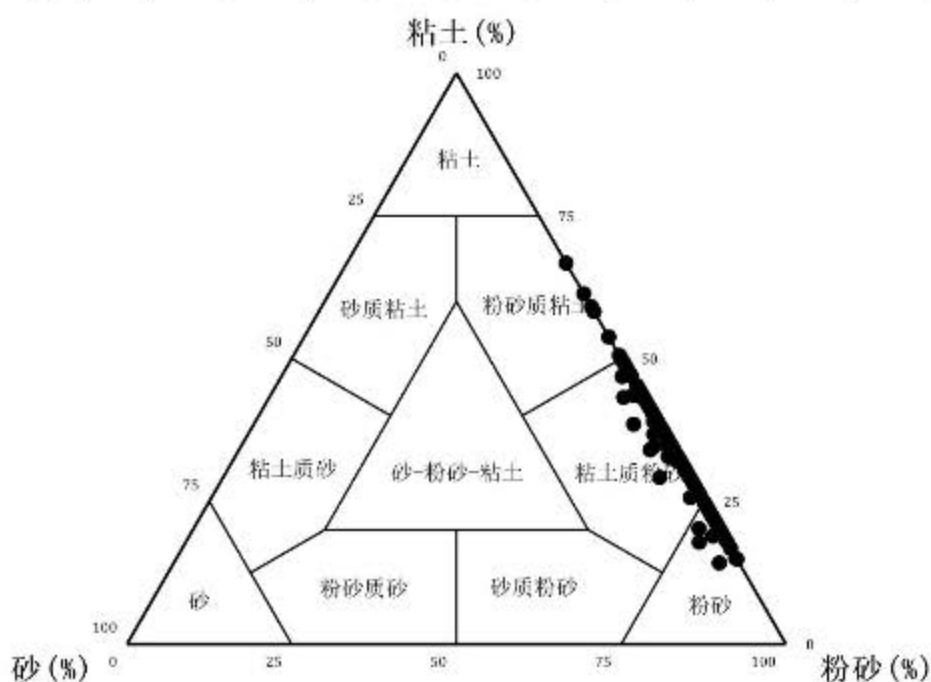


图 5.1.8-10 夏季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (小潮期)

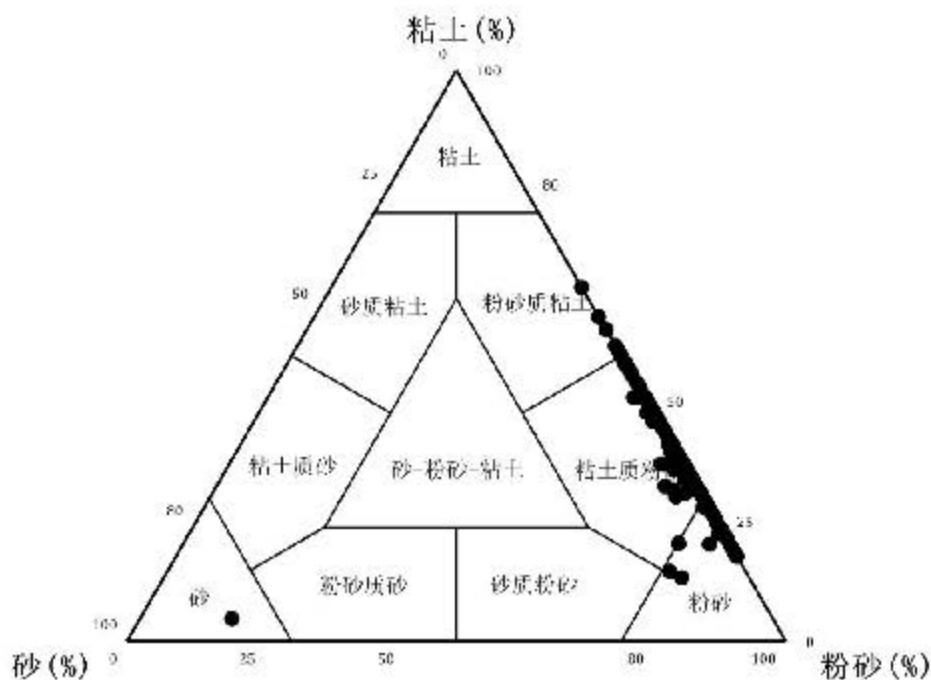


图 5.1.8-11 夏季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (中潮期)

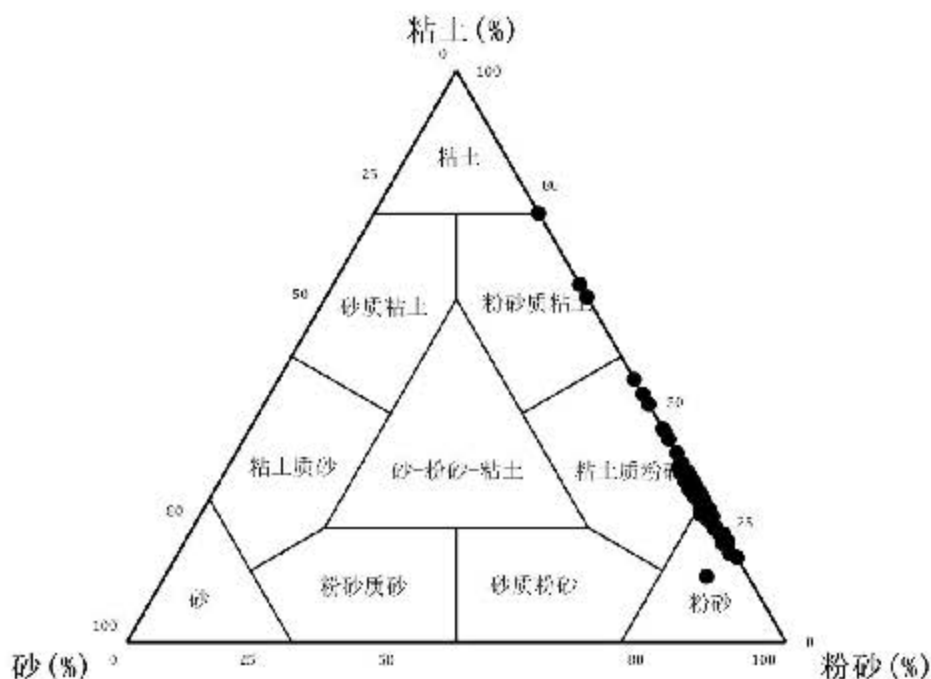


图 5.1.8-12 夏季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (大潮期)

②中值粒径 (M_d , μm)

中值粒径 (M_d , μm) 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。

小潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $5.84\mu\text{m} \sim 8.51\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $7.55\mu\text{m}$ 。CDL4 测站 2024 年 6 月 16 日 12:00 悬沙粒径最粗 ($8.90\mu\text{m}$), CDL2 测站

2024年6月16日23:00悬沙粒径最细 ($5.84\mu\text{m}$)。

中潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $1.49\mu\text{m}\sim 8.53\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $7.46\mu\text{m}$ 。CDL2 测站 2024 年 6 月 18 日 21:00 悬沙粒径最粗 ($8.53\mu\text{m}$), CDL4 测站 2024 年 6 月 18 日 05:00 悬沙粒径最细 ($1.49\mu\text{m}$)。

大潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $5.66\mu\text{m}\sim 8.75\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $6.88\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 2024 年 6 月 21 日 17:00 悬沙粒径最粗 ($8.75\mu\text{m}$), CDL2 测站 2024 年 6 月 21 日 07:00 悬沙粒径最细 ($5.66\mu\text{m}$)。

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, 本次调查中的悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。小潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.56\mu\text{m}$ 、 $7.41\mu\text{m}$ 、 $7.59\mu\text{m}$ 、 $7.56\mu\text{m}$ 、 $7.61\mu\text{m}$ 、 $7.60\mu\text{m}$ 。中潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.46\mu\text{m}$ 、 $7.32\mu\text{m}$ 、 $7.41\mu\text{m}$ 、 $7.34\mu\text{m}$ 、 $7.59\mu\text{m}$ 、 $7.63\mu\text{m}$ 。大潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $6.79\mu\text{m}$ 、 $6.70\mu\text{m}$ 、 $6.84\mu\text{m}$ 、 $6.84\mu\text{m}$ 、 $7.03\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 。

③平均粒径 (M_z, ϕ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

小潮测量期间测区平均粒径在 $5.68\phi\sim 8.11\phi$ 之间, 平均值为 6.94ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL4 站的 2024 年 6 月 16 日 12:00 最大, 为 8.11ϕ ; CDL2 站的 2024 年 6 月 15 日 23:00 最小, 为 5.68ϕ 。

中潮测量期间测区平均粒径在 $1.38\phi\sim 8.59\phi$ 之间, 平均值为 6.87ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL5 站的 2024 年 6 月 19 日 00:00 最大, 为 8.59ϕ ; CDL4 站的 2024 年 6 月 19 日 05:00 最小, 为 1.38ϕ 。

大潮测量期间测区平均粒径在 $5.46\phi\sim 8.47\phi$ 之间, 平均值为 6.19ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL5 站的 2024 年 6 月 20 日 17:00 最大, 为 8.47ϕ ; CDL2 站的 2024 年 6 月 20 日 07:00 最小, 为 5.46ϕ 。

④分选系数 (σ_s, ϕ)

测区小潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.003\phi\sim 0.016\phi$, 平均值为 0.009ϕ 。测区中潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.003\phi\sim 0.358\phi$, 平均值为 0.012ϕ 。测区大潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.002\phi\sim 0.019\phi$, 平均值为 0.014ϕ 。

⑤偏态 (S_{sk})

测区小潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.17~0.78，平均值为 0.59。测区中潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.17~0.76，平均值为 0.58。测区大潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.19~0.69，平均值为 0.57。

⑧峰态 (Kg)

测区小潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.73~3.42，平均值为 1.48。测区中潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.75~3.06，平均值为 1.44。测区大潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.64~1.39，平均值为 0.78。

5.2 海洋地形地貌与冲淤环境现状

5.2.1 地形地貌

路由区水深多在 50m 以内，位于广东沿岸陆架水下岸坡以外至水深 50m 左右传统上的内陆架平原上，海底地形平坦，平均坡降为 0.53‰，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元。总体地形特点为水深缓慢由北向南逐渐增大，等深线规则近平行排列，无明显地形凸起或下凹，为典型的南海北部陆架区地形。

总的来说，路由所处海域水深条件较好，海底地形较平坦，但近岸区局部可能存在礁石，地形局部有起伏。

图 5.2.1-1a 项目水深地形图（登陆点至海上补偿站）

图 5.2.1-1b 项目水深地形图（海上补偿站至海上升压站）

5.2.2 工程地质

本节引自《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海底电缆路由调查勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2026 年 4 月）。

根据本次勘测结果，海缆路由沿线底质主要为海相沉积的淤泥、淤泥质土、粉砂混淤泥；海陆过渡相沉积黏土、粉质黏土、粉砂、粉砂混黏性土、粉土，各土层描述如下：

素填土 (①)

棕红色，稍湿，松散，成分主要为黏性土和粉细砂颗粒，含少量碎石等，已进

行过初步压实处理，人工成因。该层厚度为 0.90m~4.30m，层底面高程为 0.60m~3.94m，层顶面高程为 4.38m~4.90m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 5~7 击。

淤泥 (①₁)

深灰色，饱和，流塑，含粉细砂颗粒，局部混贝壳碎屑，碎屑粒径约 0.5cm~2.5cm，含有机质，手捏腻滑，具腥臭味，海相沉积成因。该层厚度为 0.60m~8.45m，层底面高程为-51.29m~-8.70m，层顶面高程为-46.60m~-5.60m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 1 击。

淤泥质土 (①₂)

深灰色，饱和，流塑，含粉细砂颗粒，混贝壳碎屑，碎屑粒径约 0.5cm~2.5cm，含有机质，略具腥臭味，海相沉积成因。该层厚度为 0.95m~6.45m，层底面高程为-56.19m~-13.00m，层顶面高程为-51.29m~-8.70m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 1~3 击。

粉砂混淤泥 (①₃)

深灰色，松散，主要矿物为石英和长石，局部混淤泥质土或粉土夹层，混贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，海相沉积成因，饱和。该层厚度为 1.00m~7.50m，层底面高程为-46.20m~-5.00m，层顶面高程为-42.70m~1.46m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 2~10 击。

粉质黏土 (②₀₋₁)

灰、灰红色，很湿，软塑，局部呈可塑状，切面较光滑，土质黏性好，韧性中等，局部表现为黏土，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 1.40m~6.05m，层底面高程为-49.35m~-8.24m，层顶面高程为-45.80m~-6.04m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 4~5 击。

粉质黏土 (②₁₋₁)

灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，局部夹薄层粉砂，土质黏性一般，韧性中等，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 1.00m~13.00m，层底面高程为-52.25m~-6.20m，层顶面高程为-49.60m~-3.26m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 6~15 击。

粉质黏土 (②₂₋₁)

灰黄、灰白色，稍湿，硬塑，含粉细砂颗粒，摇震中等，土质韧性差，干强度低，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 1.70m~4.95m，层底面高程为-23.54m~-8.22m，层顶面高程为-18.59m~-6.52m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 16~21 击。

粉砂 (②₃)

灰色，饱和，松散~稍密，部分中密，主要矿物为石英和长石，级配差，混细粒质土，呈团块状，局部夹黏性土或粉土薄层，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 0.50m~5.45m，层底面高程为-46.35m~1.84m，层顶面高程为-40.90m~3.94m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 6~14 击。

粉砂混黏性土 (②₃₋₁)

灰色，饱和，松散~稍密，部分中密，主要矿物为石英和长石，级配差，混多量细粒质土，多夹薄层黏性土，海陆过渡相沉积成因，饱和，稍密。该层厚度为 1.00m~5.70m，层底面高程为-46.75m~-0.63m，层顶面高程为-45.30m~2.08m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 3~14 击。

细砂 (②₄)

灰、灰黑色，饱和，松散~稍密，主要矿物为石英和长石，级配差~一般，混细粒质土，局部呈团块状，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 2.20m~3.60m，层底面高程为-4.01m~1.59m，层顶面高程为-1.81m~5.09m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 7~15 击。

中砂 (②₅)

灰色，饱和，松散~稍密，主要矿物为石英和长石，级配一般，局部混细粒质土，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 2.30m~4.80m，层底面高程为-3.50m~-0.59m，层顶面高程为-1.20m~4.21m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 9~15 击。

中砂混黏性土 (②₅₋₁)

灰色，饱和，松散，主要矿物为石英和长石，级配一般，混多量细粒质土，岩芯呈团块状，海陆过渡相沉积成因。该层厚度为 2.50m，层底面高程为-8.99m，层顶面高程为-6.49m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 5 击。

粗砂 (②₆)

灰色，饱和，稍密~中密，部分密实，砂的主要成分为石英，级配良，颗粒亚圆形，含少量贝壳碎片，混细粒质土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 0.90m~4.30m，层底面高程为-17.10m~-1.99m，层顶面高程为-16.20m~1.84m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 11~33 击。

粗砂混黏性土 (②_{6.1})

灰色，饱和，松散，砂的主要成分为石英，级配良，颗粒亚圆形，含少量贝壳碎片，混多量细粒质土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 1.60m~3.00m，层底面高程为-16.61m~-12.61m，层顶面高程为-13.61m~-11.01m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 8~10 击。

粉土 (层号②₈)

灰色，饱和，松散，含多量粉细砂，摇震中等，干强度低，局部表现为粉质黏土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 1.55m~5.10m，层底面高程为-47.15m~-45.60m，层顶面高程为-45.60m~-40.50m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 2~5 击。

粉质黏土 (④)

灰白、棕黄色，湿，可塑，主要由粉粒和黏粒组成，局部夹风化碎屑，切面粗糙，岩性较差，遇水易软化崩解，残积成因。该层厚度为 1.50m~2.50m，层底面高程为-17.66m~-6.01m，层顶面高程为-15.76m~-4.01m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 6~14 击。

砾质黏性土 (④₁)

灰白、棕黄色，湿，可塑，含多量石英砾、粗砂颗粒，黏性差，韧性低，遇水易软化，残积成因。该层厚度为 3.90m~4.60m，层底面高程为-19.80m~-12.12m，层顶面高程为-15.80m~-8.22m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 7~15 击。

砾质黏性土 (④_{1.1})

灰白、棕黄色，稍湿，硬塑，含多量石英砾、粗砂颗粒，黏性差，韧性低，遇水易软化，残积成因。该层厚度为 2.05m~10.95m，层底面高程为-18.99m~-11.16m，层顶面高程为-15.44m~-4.73m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 16~35 击。

钻孔布置平面图见图 5.2.2-1，工程地质剖面图见图 5.2.2-2，钻孔柱状图见图 5.2.2-3~图 5.2.2-6。

图 5.2.2-1 钻孔平面布置图

图 5.2.2-2a 工程地质剖面图 (1—1')

图 5.2.2-2b 工程地质剖面图 (1—1')

图 5.2.2-3a 钻孔柱状图 (DXZ03)

图 5.2.2-3b 钻孔柱状图 (DXZ03)

图 5.2.2-4a 钻孔柱状图 (DXZ04)

图 5.2.2-4b 钻孔柱状图 (DXZ04)

图 5.2.2-5a 钻孔柱状图 (DXZ13)

图 5.2.2-5b 钻孔柱状图 (DXZ13)

图 5.2.2-6 钻孔柱状图 (DXZ17)

5.2.3 冲淤环境变化

本节引自《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海底电缆路由调查勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2026年4月）。

（1）海缆登陆点岸线稳定性

为了分析路由登陆点的海岸稳定性，收集2010年和2024年间的卫星影像图。将两个不同年代的卫星图像进行叠加对比得到两期海岸线对比图，从图上可以看出，登陆端西侧海岸线在2010年~2024年间较为稳定，几乎没有变化；在登陆点东侧，海岸线呈向海淤积推进趋势，平均推进约4m。综上，近几年海缆登陆点附近的岸线比较稳定。

图 5.2.3-1 2010 和 2024 年路由登陆端海岸卫星图（黄：2010 年，蓝：2024 年）

（2）海床冲淤稳定性

根据两期海图资料分析海域的海床冲淤活动性，海图资料年限分别为2016年（图号：15500，珠江口至海陵水道，1:250000，2005年10月第一次印刷，2013年8月第3版，2016年12月第4次印刷）和2020年（图号：15500，珠江口至海陵水道，1:250000，2005年10月第1版，2020年11月第4版，2020年11月第5次印刷）。利用GIS工具，对每幅海图进行配准矢量化，并提取等深线，最后将不同年代的等深线叠加在一起进行对比分析，结果见图5.2.3-2。

10m等深线附近海床整体呈现稳定状态，在拐点3附近出现等深线向岸移动的现象，分析原因可能是江门港航道疏浚引起的等深线前移。20m等深线海床整体表现与10m等深线附近大致相同，海床整体呈现稳定状态。30m等深线除乌猪洲部分存在淤积外海床整体呈现略微侵蚀的状态。工程海域的潮流动力较弱，区域海床泥沙不活跃，海床冲淤相对稳定。

图 5.2.3-2 路由区 2016~2020 年海床等深线变化图

5.3海水水质现状调查与评价

5.3.1 区域海水水质状况

5.3.1.1 调查概况

本节数据引用广东省生态环境厅发布的《广东省 2023~2025 年近岸海域海水水质监测信息》。经核对，2023 年、2024 年和 2025 年各有 6 个近岸海域国控站位在项目评价范围内，站位基本信息如表 5.3.1-1 和图 5.3.1-1。

表 5.3.1-1 项目评价范围内的近岸海域国控站位基本信息一览表

序号	年份	监测站位	所在城市	经度°	纬度°
1	2023 年、2024 年和 2025 年	GDN10005	江门		
2		GDN10009	江门		
3		GDN10011	江门		
4		GDN10015	江门		
5		GDN10016	江门		
6		GDN10024	江门		

图 5.3.1-1 项目评价范围内的近岸海域国控站位示意图

5.3.1.2 评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府[1999]68 号）、《关于同意调整台山核电项目近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2008〕187 号），各近岸海域国控站位执行的水质标准见表 5.3.1-2 和图 5.3.1-2。

表 5.3.1-2 评价范围内近岸海域国控站位所处近岸海域环境功能区划水质标准要求表

调查站位	海水水质标准要求
GDN10005	执行海水水质第三类标准

注：其余站位不在近岸海域范围内，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析。

图 5.3.1-2 近岸海域国控站位所处近岸功能区示意图

5.3.1.3 调查结果与评价

项目评价范围内近岸海域国控站位 2023~2025 年的监测和统计结果见表 5.3.1-3。各监测站位水质评价因子的标准指数见表 5.3.1-4。

执行海水水质第三类标准的站位有：GDN10005。由监测结果及标准指数表结果可知：超标因子为无机氮，超标率为 44.4%。2023 年 4 月的 GDN10005、2024 年 4 月、7 月和 10 月的 GDN10005 站位的无机氮含量超过海水水质第三类标准，但均

符合海水水质第四类标准；其余监测因子均符合海水水质第三类标准。

GDN10009、GDN10011、GDN10015、GDN10016 和 GDN10024 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析，即从第一类标准开始评价，评价到达标为止。由监测结果及标准指数表结果可知：全部站位 2023~2025 年的 pH、活性磷酸盐、石油类、化学需氧量、汞、镉和铅均符合海水水质第一类标准。GDN10015 站位 2023 年~2025 年的无机氮符合海水水质第三类标准，其余站位均符合海水水质第一类标准；GDN10016 站位的铜仅在 2024 年 7 月符合海水水质第二类标准，其余站位均符合海水水质第一类标准。

通过对项目评价范围内国控站位 2023 年~2025 年的监测数据分析得出，执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，部分站位的无机氮含量超过其相对应功能区划的标准限值，其余监测因子均符合相应功能区水质标准限值要求。超标原因可能是由周边海域网箱、渔排养殖活动和周边陆域污染源排放造成的，养殖户投放的饵料中含氮等元素，未被鱼群吞食的饵料溶解在海水中导致调查海域内的无机氮含量超标。按水质类别符合性评价的站位，各监测因子大部分符合海水水质第一类标准限值要求。

表 5.3.1-3 评价范围内近岸海域国控站位 2023 年~2025 年监测结果 (单位: pH 无量纲, 其余为 mg/L)

年份	监测站位	监测日期	pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	化学需氧量	铜	汞	镉	铅	总氮	总磷
2023 年	GDN10005	2023-04-26	8.03	0.425	0.019	0.003	6.30	0.50	—	—	—	—	—	—
	GDN10009	2023-04-18	8.16	0.059	0.007	0.006	6.89	0.34	—	—	—	—	—	—
	GDN10011	2023-04-18	8.41	0.037	0.008	0.003	5.97	0.20	—	—	—	—	—	—
	GDN10015	2023-04-19	8.21	0.289	0.007	0.016	8.27	0.64	—	—	—	—	—	—
	GDN10016	2023-04-19	8.24	0.138	0.009	0.004	6.37	0.35	—	—	—	—	—	—
	GDN10024	2023-04-19	8.16	0.075	0.012	0.006	6.30	0.40	—	—	—	—	—	—
	GDN10005	2023-07-21	8.23	0.117	0.008	0.001	6.62	1.56	0.00105	0.000025	0.000015	0.00031	0.522	0.029
	GDN10009	2023-07-14	8.12	0.023	0.003	0.001	6.29	0.63	0.00066	0.000036	0.000015	0.00004	0.154	0.010
	GDN10011	2023-07-14	8.09	0.069	0.006	0.001	6.35	0.21	0.00031	0.000021	0.000088	0.00023	0.152	0.011
	GDN10015	2023-07-20	7.92	0.280	0.007	0.003	6.10	1.32	0.00075	0.000004	0.000080	0.00008	0.686	0.031
	GDN10016	2023-07-21	8.05	0.074	0.012	0.001	6.21	0.71	0.00101	0.000014	0.000033	0.00096	0.296	0.032
	GDN10024	2023-07-21	8.04	0.085	0.006	0.001	5.52	0.66	0.00062	0.000019	0.000033	0.00024	0.252	0.011
	GDN10005	2023-10-31	7.99	0.286	0.004	0.006	6.34	0.74	—	—	—	—	—	—
	GDN10009	2023-10-25	8.09	0.062	0.006	0.005	6.84	0.43	—	—	—	—	—	—
	GDN10011	2023-10-25	8.13	0.154	0.004	0.005	6.71	0.39	—	—	—	—	—	—
	GDN10015	2023-10-31	7.98	0.324	0.007	0.007	6.81	1.20	—	—	—	—	—	—
	GDN10016	2023-10-29	8.11	0.168	0.003	0.009	6.63	0.56	—	—	—	—	—	—
	GDN10024	2023-10-26	8.04	0.166	0.007	0.006	6.68	0.53	—	—	—	—	—	—
2024 年	GDN10005	2024-04-17	8.09	0.414	0.002	0.003	6.49	1.40	—	—	—	—	—	—
	GDN10009	2024-04-17	8.21	0.108	0.002	0.002	6.32	0.45	—	—	—	—	—	—
	GDN10011	2024-05-12	8.09	0.162	0.001	0.001	7.79	0.57	—	—	—	—	—	—
	GDN10015	2024-04-15	8.20	0.312	0.004	0.004	6.64	1.41	—	—	—	—	—	—
	GDN10016	2024-04-17	8.05	0.120	0.005	0.004	6.26	1.22	—	—	—	—	—	—
	GDN10024	2024-04-17	8.13	0.109	0.004	0.006	6.34	0.43	—	—	—	—	—	—
	GDN10005	2024-07-17	8.22	0.414	0.001	0.007	6.33	1.74	0.00286	0.000018	0.00014	0.00025	—	—
	GDN10009	2024-07-19	8.16	0.122	0.008	0.003	6.24	0.78	0.00250	0.000020	0.00002	0.00004	—	—
	GDN10011	2024-08-11	8.15	0.014	0.003	0.012	6.28	0.48	0.00056	0.000008	0.00003	0.00035	—	—
	GDN10015	2024-07-16	8.16	0.260	0.001	0.009	6.81	1.63	0.00389	0.000015	0.00002	0.00033	—	—
	GDN10016	2024-07-20	8.21	0.108	0.007	0.014	6.17	1.66	0.00586	0.000027	0.00002	0.00004	—	—
	GDN10024	2024-07-20	8.30	0.156	0.004	0.002	6.27	0.83	0.00363	0.000015	0.00003	0.00004	—	—

年份	监测站位	监测日期	pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	化学需氧量	铜	汞	镉	铅	总氮	总磷
	GDN10005	2024-10-13	8.10	0.404	0.014	0.002	6.63	0.64	—	—	—	—	—	—
	GDN10009	2024-10-22	8.15	0.041	0.004	0.001	6.44	0.55	—	—	—	—	—	—
	GDN10011	2024-10-10	8.30	0.062	0.002	0.050	5.50	0.31	—	—	—	—	—	—
	GDN10015	2024-10-12	8.04	0.318	0.011	0.007	6.76	0.64	—	—	—	—	—	—
	GDN10016	2024-10-22	8.10	0.188	0.013	0.002	6.43	0.70	—	—	—	—	—	—
	GDN10024	2024-10-22	8.12	0.086	0.006	0.002	6.44	0.65	—	—	—	—	—	—
2025 年	GDN10005	2025-04-15	7.94	0.370	0.008	0.010	7.04	0.56	—	—	—	—	—	—
	GDN10009	2025-04-15	8.05	0.073	0.005	0.006	7.13	0.33	—	—	—	—	—	—
	GDN10011	2025-04-26	8.15	0.058	0.004	0.004	6.85	0.20	—	—	—	—	—	—
	GDN10015	2025-04-15	7.92	0.346	0.004	0.003	7.14	0.36	—	—	—	—	—	—
	GDN10016	2025-04-15	8.00	0.154	0.007	0.007	7.22	0.55	—	—	—	—	—	—
	GDN10024	2025-04-15	8.05	0.123	0.006	0.008	7.19	0.41	—	—	—	—	—	—
	GDN10005	2025-07-05	8.17	0.375	0.006	0.008	6.82	1.90	0.00006	0.000004	0.00006	0.00013	—	—
	GDN10009	2025-07-14	8.17	0.082	0.008	0.021	6.22	0.50	0.00047	0.000034	0.00007	0.00052	—	—
	GDN10011	2025-07-11	8.24	0.025	0.002	0.013	5.61	0.43	0.00039	0.000004	0.00002	0.00010	—	—
	GDN10015	2025-07-15	8.14	0.362	0.010	0.018	6.22	0.55	0.00127	0.000033	0.00002	0.00063	—	—
	GDN10016	2025-07-14	8.04	0.122	0.011	0.015	6.43	0.60	0.00054	0.000035	0.00002	0.00097	—	—
	GDN10024	2025-07-14	8.13	0.084	0.012	0.013	6.31	0.50	0.00101	0.000036	0.00022	0.00037	—	—
	GDN10005	2025-10-15	8.33	0.367	0.006	0.002	6.18	1.79	—	—	—	—	—	—
	GDN10009	2025-10-16	8.12	0.078	0.008	0.004	5.84	0.45	—	—	—	—	—	—
	GDN10011	2025-10-13	8.31	0.019	0.001	0.025	6.06	0.40	—	—	—	—	—	—
	GDN10015	2025-10-16	8.07	0.383	0.014	0.003	6.19	1.38	—	—	—	—	—	—
	GDN10016	2025-11-03	8.05	0.137	0.005	0.008	5.89	0.37	—	—	—	—	—	—
	GDN10024	2025-11-09	8.14	0.096	0.009	0.001	5.81	0.37	—	—	—	—	—	—

注：(1)“—”代表无数据。(2)数据来自广东省生态环境厅发布的《2023 年广东省近岸海域水质监测信息》(https://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4368568.html)、《广东省 2024 年近岸海域水质监测信息》(https://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4666144.html)和《2025 年广东省近岸海域水质监测信息》(https://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4872313.html)。

表 5.3.1-4a 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（执行第三类海水水质标准）

年份	监测站位	监测日期	pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	化学需氧量	铜	汞	镉	铅
2023 年	GDN10005	2023-04-26	0.57	1.06	0.63	0.01	0.13	—	—	—	—

年份	监测站位	监测日期	pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	化学需氧量	铜	汞	镉	铅
2024 年	GDN10005	2023-07-21	0.68	0.29	0.27	0.00	0.39	0.02	0.13	0.00	0.03
	GDN10005	2023-10-31	0.55	0.72	0.13	0.02	0.19	—	—	—	—
	GDN10005	2024-04-17	0.61	1.04	0.07	0.01	0.35	—	—	—	—
	GDN10005	2024-07-17	0.68	1.04	0.03	0.02	0.44	0.06	0.09	0.01	0.03
	GDN10005	2024-10-13	0.61	1.01	0.47	0.01	0.16	—	—	—	—
2025 年	GDN10005	2025-4-15	0.52	0.93	0.27	0.03	0.14	—	—	—	—
	GDN10005	2025-7-5	0.65	0.94	0.20	0.03	0.48	0.00	0.02	0.01	0.01
	GDN10005	2025-10-15	0.74	0.92	0.20	0.01	0.45	—	—	—	—
超标率%			0.0	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：“—”代表无数据。

表 5.3.1-4b 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（水质类别符合性分析）

年份	监测站位	监测日期	pH	无机氮			活性磷酸盐	石油类	化学需氧量	铜		汞	镉	铅
标准			一类	一类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类
2023 年	GDN10009	2023-04-18	0.77	0.30	0.20	0.15	0.47	0.12	0.17	—	—	—	—	—
	GDN10011	2023-04-18	0.94	0.19	0.12	0.09	0.53	0.06	0.10	—	—	—	—	—
	GDN10015	2023-04-19	0.81	1.45	0.96	0.72	0.47	0.32	0.32	—	—	—	—	—
	GDN10016	2023-04-19	0.83	0.69	0.46	0.35	0.60	0.08	0.18	—	—	—	—	—
	GDN10024	2023-04-19	0.77	0.38	0.25	0.19	0.80	0.12	0.20	—	—	—	—	—
	GDN10009	2023-07-14	0.75	0.12	0.08	0.06	0.20	0.02	0.32	0.13	0.07	0.72	0.02	0.04
	GDN10011	2023-07-14	0.73	0.35	0.23	0.17	0.40	0.02	0.11	0.06	0.03	0.42	0.09	0.23
	GDN10015	2023-07-20	0.61	1.40	0.93	0.70	0.47	0.06	0.66	0.15	0.08	0.08	0.08	0.08
	GDN10016	2023-07-21	0.70	0.37	0.25	0.19	0.80	0.02	0.36	0.20	0.10	0.28	0.03	0.96
	GDN10024	2023-07-21	0.69	0.43	0.28	0.21	0.40	0.02	0.33	0.12	0.06	0.38	0.03	0.24
	GDN10009	2023-10-25	0.73	0.31	0.21	0.16	0.40	0.10	0.22	—	—	—	—	—
	GDN10011	2023-10-25	0.75	0.77	0.51	0.39	0.27	0.10	0.20	—	—	—	—	—
	GDN10015	2023-10-31	0.65	1.62	1.08	0.81	0.47	0.14	0.60	—	—	—	—	—
	GDN10016	2023-10-29	0.74	0.84	0.56	0.42	0.20	0.18	0.28	—	—	—	—	—
	GDN10024	2023-10-26	0.69	0.83	0.55	0.42	0.47	0.12	0.27	—	—	—	—	—
2024 年	GDN10009	2024-04-17	0.81	0.54	0.36	0.27	0.13	0.04	0.23	—	—	—	—	—
	GDN10011	2024-05-12	0.73	0.81	0.54	0.41	0.07	0.02	0.29	—	—	—	—	—

年份	监测站位	监测日期	pH	无机氮			活性磷酸盐	石油类	化学需氧量	铜		汞	镉	铅
标准			一类	一类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类
	GDN10015	2024-04-15	0.80	1.56	1.04	0.78	0.27	0.08	0.71	—	—	—	—	—
	GDN10016	2024-04-17	0.70	0.60	0.40	0.30	0.33	0.08	0.61	—	—	—	—	—
	GDN10024	2024-04-17	0.75	0.55	0.36	0.27	0.27	0.12	0.22	—	—	—	—	—
	GDN10009	2024-07-19	0.77	0.61	0.41	0.31	0.53	0.06	0.39	0.50	0.25	0.40	0.02	0.04
	GDN10011	2024-08-11	0.77	0.07	0.05	0.04	0.20	0.24	0.24	0.11	0.06	0.16	0.03	0.35
	GDN10015	2024-07-16	0.77	1.30	0.87	0.65	0.07	0.18	0.82	0.78	0.39	0.30	0.02	0.33
	GDN10016	2024-07-20	0.81	0.54	0.36	0.27	0.47	0.28	0.83	1.17	0.59	0.54	0.02	0.04
	GDN10024	2024-07-20	0.87	0.78	0.52	0.39	0.27	0.04	0.42	0.73	0.36	0.30	0.03	0.04
	GDN10009	2024-10-22	0.77	0.21	0.14	0.10	0.27	0.02	0.28	—	—	—	—	—
	GDN10011	2024-10-10	0.87	0.31	0.21	0.16	0.13	1.00	0.16	—	—	—	—	—
	GDN10015	2024-10-12	0.69	1.59	1.06	0.80	0.73	0.14	0.32	—	—	—	—	—
	GDN10016	2024-10-22	0.73	0.94	0.63	0.47	0.87	0.04	0.35	—	—	—	—	—
	GDN10024	2024-10-22	0.75	0.43	0.29	0.22	0.40	0.04	0.33	—	—	—	—	—
2025 年	GDN10009	2025-4-15	0.70	0.37	0.24	0.18	0.33	0.12	0.17	—	—	—	—	—
	GDN10011	2025-4-26	0.77	0.29	0.19	0.15	0.27	0.08	0.10	—	—	—	—	—
	GDN10015	2025-4-15	0.61	1.73	1.15	0.87	0.27	0.06	0.18	—	—	—	—	—
	GDN10016	2025-4-15	0.67	0.77	0.51	0.39	0.47	0.14	0.28	—	—	—	—	—
	GDN10024	2025-4-15	0.70	0.62	0.41	0.31	0.40	0.16	0.21	—	—	—	—	—
	GDN10009	2025-7-14	0.78	0.41	0.27	0.21	0.53	0.42	0.25	0.09	0.05	0.68	0.07	0.52
	GDN10011	2025-7-11	0.83	0.13	0.08	0.06	0.13	0.26	0.22	0.08	0.04	0.08	0.02	0.10
	GDN10015	2025-7-15	0.76	1.81	1.21	0.91	0.67	0.36	0.28	0.25	0.13	0.66	0.02	0.63
	GDN10016	2025-7-14	0.69	0.61	0.41	0.31	0.73	0.30	0.30	0.11	0.05	0.70	0.02	0.97
	GDN10024	2025-7-14	0.75	0.42	0.28	0.21	0.80	0.26	0.25	0.20	0.10	0.72	0.22	0.37
	GDN10009	2025-10-16	0.75	0.39	0.26	0.20	0.53	0.08	0.23	—	—	—	—	—
	GDN10011	2025-10-13	0.87	0.10	0.06	0.05	0.07	0.50	0.20	—	—	—	—	—
	GDN10015	2025-10-16	0.71	1.92	1.28	0.96	0.93	0.06	0.69	—	—	—	—	—
	GDN10016	2025-11-3	0.70	0.69	0.46	0.34	0.33	0.16	0.19	—	—	—	—	—
	GDN10024	2025-11-9	0.76	0.48	0.32	0.24	0.60	0.02	0.19	—	—	—	—	—

注：“—”代表无数据。

5.3.1.4 水质年际变化的趋势及特征

评价范围内的国控站位 2023 年~2025 年的监测年均值变化趋势图见图 5.3.1-3，由图可知，2023 年~2025 年间无机氮、石油类、汞、铅监测年均值总体呈上升趋势，活性磷酸盐、铜监测年均值总体呈下降趋势，化学需氧量、镉监测年均值总体平稳。无机氮、活性磷酸盐、石油类、化学需氧量、铜、汞、镉、铅三年的年均值均满足海水水质第一类标准。综上所述，2023 年~2025 年评价范围内的水质情况呈上下波动变化。

图 5.3.1-3 2023 年~2025 年水质变化趋势图

5.3.2 海水水质现状调查与评价

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2024 年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 5 月）和《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 5 月），由广州海兰图检测技术有限公司分别于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋环境质量现状调查数据。

5.3.2.1 调查概况

（1）春季

本次调查时间为 2024 年 03 月 23 日~03 月 28 日，共设水质调查站位 22 个，海洋生物生态、生物体质量和渔业资源调查站位 14 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 5.3.2-1 和图 5.3.2-1。

评价范围站位布设和数量满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）要求。

表 5.3.2-1 春季海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
CD13			水质、海洋生态、渔业资源
CD17			水质、海洋生态、渔业资源
LY01			水质
LY02			水质、海洋生态、渔业资源
LY03			水质、海洋生态、渔业资源
LY04			水质
LY05			水质
LY06			水质、海洋生态、渔业资源
LY07			水质、海洋生态、渔业资源
LY08			水质
LY09			水质、海洋生态、渔业资源

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY10			水质
LY11			水质、海洋生态、渔业资源
LY12			水质
LY13			水质、海洋生态、渔业资源
LY14			水质
LY15			水质、海洋生态、渔业资源
LY16			水质、海洋生态、渔业资源
LY17			水质、海洋生态、渔业资源
LY18			水质
LY19			水质、海洋生态、渔业资源
LY20			水质、海洋生态、渔业资源
J01			潮间带生物
J02			潮间带生物
J03			潮间带生物

图 5.3.2-1 春季海洋环境与生态现状调查站位布设图

(2) 秋季

本次调查时间为 2023 年 11 月 20 日~11 月 22 日，共设水质调查站位 22 个，沉积物调查站位 12 个，海洋生物生态 14 个、生物体质量和渔业资源调查站位 14 个，具体调查站位详见表 5.3.2-2 和图 5.3.2-2。

评价范围站位布设和数量满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）要求。

表 5.3.2-2 秋季海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY01			水质
LY02			水质、沉积物、海洋生态
LY03			水质、海洋生态
LY04			水质
LY05			水质
LY06			水质、沉积物、海洋生态
LY07			水质、沉积物、海洋生态
LY08			水质
LY09			水质、沉积物、海洋生态
LY10			水质
LY11			水质、沉积物、海洋生态
LY12			水质
LY13			水质、沉积物、海洋生态
LY14			水质
LY15			水质、沉积物、海洋生态
LY16			水质、沉积物、海洋生态
LY17			水质、沉积物、海洋生态
LY18			水质

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY19			水质、沉积物、海洋生态
LY20			水质、海洋生态
CD18			水质、沉积物、海洋生态
CD20			水质、沉积物、海洋生态
J01			潮间带生物
J02			潮间带生物
J03			潮间带生物

图 5.3.2-2 秋季海洋环境与生态现状调查站位布设图

5.3.2.2 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、生化需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、活性硅酸盐、石油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硒、镍、硫化物和挥发酚。

5.3.2.3 采样与分析方法

(1) 采样方法

①水样采集通用方法

1) 按照《海洋监测规范》(GB 17378-2007) 和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 中的要求执行;

2) 使用 GPS 定位导航调查船只进入预定站位后开始测量水深。根据实测水深, 进行透明度、水色等现场观测, 当站位水深浅于 10m 时 (以现场水深为准, 下同), 仅采表层水样一个; 当站位水深在 10m~25m 时, 分别采集表层和底层水样各一个; 当站位水深在 25m~50m 时, 分别采集表层、10m、底层水样各一个;

3) 采用向风逆流采样, 严格控制来自船体自身的污染, 采样时严禁船舶排污, 采样位置远离船舶排污口, 并严格按照相关规定程序和操作要求进行样品的分装、预处理、编号记录、贮存和运输;

4) 对无法现场分析的样品, 按《海洋监测规范》(GB 17378-2007) 加固定剂后带回实验室分析;

5) 水文气象观测执行《海洋调查规范 第 3 部分: 海洋气象观测》(GB/T 12763.3-2020)、《海洋调查规范 第 2 部分: 海洋水文观测》(GB/T 12763.2-2007)) 和《海洋观测规范 第 2 部分: 海滨观测》(GB/T 14914.2-2019)。

②特殊指标水样采集方法

1) 溶解氧样品的采集: 将乳胶管的一端接上玻璃管, 另一端套在采水器的出

水口，放出少量水样，洗水样瓶两次。将玻璃管插到水样瓶底部慢慢注入水样，待水样装满并溢出约为瓶子体积的 50%时，将玻璃管慢慢抽出盖上瓶盖，再取下瓶盖，立即用自动加液器（管尖靠近液面）依次注入 1.00mL 氯化锰溶液和 1.00mL 碱性碘化钾溶液。塞紧瓶塞并用手抓住瓶塞和瓶底，将瓶缓慢地上下颠倒 20 次，使样品与固定液充分混匀。待样品瓶内沉积物降至瓶体 60%以下时方可进行分析。如样品瓶浸泡在水中，允许存放 24h，避免阳光直射和温度剧烈变化，如温差较大，应在 12h 内测定。

2) pH 样品的采集：样品瓶洗净后，用海水浸泡 1d。采样时需用采样点的海水洗涤两次，再装入水样瓶固定，盖好瓶盖混合均匀，待测，允许保存 48h。

3) 重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45 μ m 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO₃酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

4) 油类样品的采集：测定水中油含量应用单层采水器固定样品瓶在水体中直接灌装，采样后立即提出水面，在现场用石油醚（或正己烷）萃取或者在现场采集油类样品后，加 0.1mol/L 硫酸溶液固定，带回实验室萃取；测定油类样品的容器禁止预先用海水冲洗。

(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，各项的分析方法如表 5.3.2-3。

表 5.3.2-3 海水调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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	/
pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
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‰
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
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	/
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
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
亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB	萘乙二胺分光光度	0.0002mg/L

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	17378.4-2007/37	法	
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
无机氮	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/35	/	/
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
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
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
石油类	《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
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
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
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
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
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
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
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
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	/
活性硅酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/17.1	硅钼黄法	0.0126mg/L
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
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

5.3.2.4 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

参照《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)所推荐的附录 D 单因子标准指数法进行评价。

①一般性水质因子(随着浓度增加而水质变差的水质因子)的指数计算公式:

$$S_{ij}=C_{ij}/C_{si}$$

式中: S_{ij} —评价因子 i 的水质指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

C_{ij} —评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值, mg/L;

C_{si} —评价因子 i 的水质评价标准限值, mg/L。

②溶解氧(DO)的标准指数计算公式:

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j \quad DO_j \leq DO_s$$

$$S_{DO,j} = [DO_s - DO_j] / (DO_s - DO_f) \quad DO_j > DO_s$$

式中： $S_{DO,j}$ ——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j ——溶解氧在 j 站位的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L；对于河流， $DO_f = 468 / (31.6 + T)$ ；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

S ——实用盐度符号，量纲一；

T ——水温，℃。

③pH 值的指数计算公式：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}}, \quad pH_j \leq 7.0;$$

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

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。

(2) 评价标准

①春季

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府[1999]68号）、《关于同意调整台山核电项目近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2008〕187号），各站位所处近岸海域功能区见表 5.3.2-4 和图 5.3.2-3。

表5.3.2-4 春季评价范围内各站位所处近岸海域环境功能区划水质标准要求表

调查站位	海水水质标准要求
LY01、LY02	执行海水水质第三类标准

注：其余站位不在近岸海域范围内，其无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析。

图 5.3.2-3 春季各站位所处近岸功能区示意图

②秋季

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府[1999]68号）、《关于同意调整台山核电项目近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2008〕187号），各站位所处近岸海域功能区见表 5.3.2-5 和图 5.3.2-4。

表5.3.2-5 秋季评价范围内各站位所处近岸海域环境功能区划水质标准要求表

调查站位	海水水质标准要求
LY01、LY02	执行海水水质第三类标准

注：其余站位不在近岸海域范围内，其无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析。

图 5.3.2-4 秋季各站位所处近岸功能区示意图

5.3.2.5 海水水质调查结果与评价

(1) 调查结果

①春季

海水的盐度值变化范围为 29.423‰~33.405‰，平均为 31.420‰，其中 CD17 站位底层海水的盐度值最高，LY03 站位表层海水的盐度值最低。

海水的 pH 变化范围为 7.92~8.16，平均为 8.12，其中 LY11 站位表层海水的 pH 值最高，LY04 站位表层海水的 pH 值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 8.0mg/L~28.2mg/L，平均为 14.3mg/L，其中 LY05 站位底层海水的悬浮物含量值最高，CD17 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.37mg/L~7.61mg/L，平均为 6.91mg/L，其中 CD17 站位表层海水的溶解氧含量值最高，LY13 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.16mg/L~1.39mg/L，平均为 0.75mg/L，其中 LY07 站位表层海水的化学需氧量含量值最高，CD13 站位 10m 层和 CD13 站位表层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的生化需氧量含量变化范围为 0.12mg/L~0.78mg/L，平均为 0.39mg/L，其中 LY06 站位底层海水的生化需氧量含量值最高，CD13 站位表层海水的生化需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0455mg/L~0.594mg/L，平均为 0.170mg/L，其中 LY01 站位表层海水的无机氮含量值最高，CD13 站位底层海水的无机氮含量值最

低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.0018mg/L~0.0373mg/L，平均为 0.0095mg/L，其中 LY01 站位表层海水的无机磷含量值最高，CD17 站位底层海水的无机磷含量值最低。

海水的活性硅酸盐含量变化范围为 0.164mg/L~1.35mg/L，平均为 0.601mg/L，其中 LY01 站位表层海水的活性硅酸盐含量值最高，CD13 站位 10m 层海水的活性硅酸盐含量值最低。

海水的油类含量变化范围为 0.0037mg/L~0.0208mg/L，平均为 0.0101mg/L，其中 LY12 站位表层海水的油类含量值最高，LY14 站位表层海水的油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0063mg/L~0.0178mg/L，平均为 0.0111mg/L，其中 LY15 站位底层海水的锌含量值最高，LY16 站位表层海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1L μ g/L~1.6 μ g/L，平均为 0.6 μ g/L，其中 LY04 站位表层和 LY08 站位底层海水等的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2L μ g/L~0.5 μ g/L，平均为 0.3 μ g/L，其中 LY06 站位底层和 LY07 站位表层等海水的硫化物含量值最高。

海水的铜含量变化范围为 0.9 μ g/L~2.5 μ g/L，平均为 1.4 μ g/L，其中 CD17 站位表层海水的铜含量值最高，LY16 站位 10m 层海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.16 μ g/L~0.77 μ g/L，平均为 0.33 μ g/L，其中 LY14 站位底层海水的铅含量值最高，LY06 站位表层和 LY02 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.15 μ g/L~0.85 μ g/L，平均为 0.38 μ g/L，其中 LY19 站位 10m 层海水的镉含量值最高，LY20 站位表层海水的镉含量值最低。

海水的铬含量变化范围为 0.6 μ g/L~2.0 μ g/L，平均为 1.0 μ g/L，其中 LY14 站位表层海水的铬含量值最高，LY15 站位表层和 LY06 站位表层等海水的铬含量值最低。

海水的汞含量变化范围为 0.007L μ g/L~0.025 μ g/L，平均为 0.010 μ g/L，其中 LY18 站位表层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 0.7 μ g/L~1.5 μ g/L，平均为 0.9 μ g/L，其中 LY09 站位表层海水的砷含量值最高，LY10 站位表层和 LY12 站位底层海水的砷含量值最低。

海水的镍含量变化范围为 0.5L μ g/L~2.2 μ g/L，平均为 0.8 μ g/L，其中 LY19 站位

底层海水的镍含量值最高。

海水的硒含量变化范围为 $0.2\mu\text{g/L}$ ~ $1.1\mu\text{g/L}$ ，平均为 $0.4\mu\text{g/L}$ ，其中 LY20 站位底层海水的硒含量值最高。

②秋季

海水的盐度值变化范围为 30.925‰ ~ 33.815‰ ，平均为 33.017‰ ，其中 CD18 站位底层海水的盐度值最高，LY01 站位表层海水的盐度值最低。

海水的 pH 变化范围为 8.01 ~ 8.21 ，平均为 8.13 ，其中 LY09 站位表层海水的 pH 值最高，LY01 站位表层和 LY11 站位底层海水的 pH 值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 6.8mg/L ~ 19.6mg/L ，平均为 10.5mg/L ，其中 LY09 站位底层海水的悬浮物含量值最高，CD18 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.46mg/L ~ 7.82mg/L ，平均为 7.00mg/L ，其中 LY07 站位表层海水的溶解氧含量值最高，LY09 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.50 mg/L ~ 1.88mg/L ，平均为 1.16mg/L ，其中 LY03 站位表层海水的化学需氧量含量值最高，LY18 站位 10m 层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的生化需氧量含量变化范围为 0.19 mg/L ~ 0.58mg/L ，平均为 0.37 mg/L ，其中 LY13 站位底层海水的生化需氧量含量值最高，LY16 站位底层海水的生化需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0383mg/L ~ 0.368 mg/L ，平均为 0.1314mg/L ，其中 LY01 站位表层海水的无机氮含量值最高，CD20 站位 10m 和底层海水的无机氮含量值最低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.0006mg/L ~ 0.0284mg/L ，平均为 0.0094mg/L ，其中 LY02 站位表层海水的活性磷酸盐含量值最高。

海水的活性硅酸盐含量变化范围为 0.163mg/L ~ 1.15 mg/L ，平均为 0.567mg/L ，其中 LY01 站位表层海水的活性硅酸盐含量值最高，CD18 站位 10m 层海水的活性硅酸盐含量值最低。

海水的石油类含量变化范围为 0.0046 mg/L ~ 0.0214mg/L ，平均为 0.0107 mg/L ，

其中 LY13 站位表层海水的油类含量值最高，LY14 站位表层海水的油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0059 mg/L~0.0166 mg/L，平均为 0.0108 mg/L，其中 LY05 站位表层海水的锌含量值最高，LY07 站位底层、LY16 站位底层和 LY20 站位底层海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1 μ g/L~1.8 μ g/L，平均为 0.661 μ g/L，其中 LY01 站位表层、LY10 站位表层和 CD20 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2 μ g/L~0.7 μ g/L，平均为 0.3 μ g/L，其中 LY02 站位表层海水的硫化物含量值最高。

海水的铜含量变化范围为 0.7 μ g/L~3.3 μ g/L，平均为 1.4 μ g/L，其中 CD20 站位 10m 层海水的铜含量值最高，LY10 站位 10m 海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.15 μ g/L~0.91 μ g/L，平均为 0.50 μ g/L，其中 LY07 站位表层海水的铅含量值最高，LY15 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.21 μ g/L~0.70 μ g/L，平均为 0.39 μ g/L，其中 LY20 站位表层海水的镉含量值最高，LY10 站位 10m 层海水的镉含量值最低。

海水的总铬含量变化范围为 0.4 μ g/L~2.5 μ g/L，平均为 0.9 μ g/L，其中 LY09 站位表层海水的总铬含量值最高，LY15 站位底层海水的总铬含量值最低。

海水的汞含量变化范围为 0.007 μ g/L~0.019 μ g/L，平均为 0.006 μ g/L，其中 LY20 站位 10m 层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 0.9 μ g/L~3.4 μ g/L，平均为 1.2 μ g/L，其中 LY15 站位底层海水的砷含量值最高，LY20 站位表层和底层海水的砷含量值最低。

海水的镍含量变化范围为 0.5 μ g/L~1.5 μ g/L，平均为 0.5 μ g/L，其中 CD20 站位 10m 层海水的镍含量值最高。

海水的硒含量变化范围为 0.2 μ g/L~0.8 μ g/L，平均为 0.4 μ g/L，其中 LY17 站位底层海水的硒含量值最高。

(2) 评价结果

①春季

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 5.3.2-8。

1) 海洋环境功能区水质达标情况

执行第三类海水水质标准的站位：LY01 和 LY02。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标因子为无机氮和活性磷酸盐，超标率均为 100.0%。LY01 和 LY02 站位的无机氮均超过海水水质第三类标准，且均劣于海水水质第四类标准；LY01 和 LY02 站位的活性磷酸盐均超过海水水质第三类标准，但符合海水水质第四类标准；其余监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

CD13、CD17、LY03~LY20 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析，即从第一类标准开始评价，评价到达标为止。由监测结果及标准指数表结果可知：所有站位的 pH、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、石油类、锌、挥发酚、硫化物、铜、铅、镉、总铬、汞、砷、镍和硒均符合海水水质第一类标准。LY05、LY06 和 LY07 站位的无机氮符合海水水质第三类标准，LY03 站位的无机氮符合海水水质第四类标准，LY04 站位的无机氮劣于海水水质第四类标准，其余站位的无机氮均符合海水水质第一类标准。LY04~LY07 站位的活性磷酸盐符合海水水质第二类标准，LY03 站位的活性磷酸盐符合海水水质第四类标准，其余站位的活性磷酸盐均符合海水水质第一类标准。

综上所述，本次调查海域执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，部分站位的无机氮和活性磷酸盐超过其相应功能区水质标准限值要求，其余监测因子均符合。超标原因可能是由周边海域网箱、渔排养殖活动和周边陆域污染源排放造成的，养殖户投放的饵料中含氮、磷等元素，未被鱼群吞食的饵料溶解在海水中导致调查海域内的无机氮和活性磷酸盐含量超标。按水质类别符合性评价的站位，大部分监测因子均符合海水水质第一类标准限值要求。

2) 生态敏感区水质达标情况

根据图 5.3.2-5，LY05 站位位于江门中华白海豚地方级自然保护区，LY10 站位位于江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园。由表 5.3.2-4 可知，LY05 和 LY10 站位按水质类别符合性分析。

由监测结果及标准指数表结果可知：LY05 站位的无机氮符合海水水质第三类标准，活性磷酸盐符合海水水质第二类标准，其余监测因子均符合海水水质第一类标准；LY10 站位的全部监测因子均符合海水水质第一类标准。

图 5.3.2-5 海洋环境现状调查站位与生态敏感区的叠图（春季）

②秋季

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 5.3.2-9。

1) 海洋环境功能区水质达标情况

执行第三类海水水质标准的站位：LY01 和 LY02。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

CD13、CD17、LY03~LY20 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析，即从第一类标准开始评价，评价到达标为止。由监测结果及标准指数表结果可知：所有站位的 pH、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、石油类、锌、挥发酚、硫化物、铜、铅、镉、总铬、汞、砷、镍和硒均符合海水水质第一类标准。LY04~LY07 站位的无机氮符合海水水质第二类标准，LY03 站位的无机氮符合海水水质第三类标准，其余站位的无机氮均符合海水水质第一类标准。LY03~LY07 站位的活性磷酸盐符合海水水质第二类标准，其余站位的活性磷酸盐均符合海水水质第一类标准。

综上所述，本次调查海域执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，所有站位的监测因子均符合其相应功能区水质标准限值要求。按水质类别符合性评价的站位，大部分监测因子均符合海水水质第一类标准限值要求。

2) 生态敏感区水质达标情况

根据图 5.3.2-6，LY05 站位位于江门中华白海豚地方级自然保护区，LY10 站位位于江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园。由表 5.3.2-5 可知，LY05 和 LY10 站位按水质类别符合性分析。

由监测结果及标准指数表结果可知：LY05 站位的无机氮和活性磷酸盐符合海水水质第二类标准，其余监测因子均符合海水水质第一类标准；LY10 站位的全部监测因子均符合海水水质第一类标准。

图 5.3.2-6 海洋环境现状调查站位与生态敏感区的叠图（秋季）

表 5.3.2-6a 春季海水水质监测结果

站位	层次	水温	水深	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		℃	m	‰	/	mg/L											μg/L										
CD13	表层	21.3	47.2	33.231	8.14	9.9	7.60	0.16	0.12	0.0250	0.0018	0.0317	0.0585	0.0022	0.194	0.0056	0.0147	1.5	0.3	2.2	0.53	0.40	0.7	0.007L	0.9	1.7	0.2L
	10m	21.0	/	33.234	8.13	9.5	6.69	0.16	0.14	0.0187	0.0013	0.0271	0.0471	0.0021	0.164	/	0.0161	1.1L	0.2	1.5	0.52	0.18	1.3	0.017	1.2	1.3	0.2L
	底层	20.1	/	33.271	8.12	11.7	6.46	0.25	0.17	0.0176	0.0007	0.0272	0.0455	0.0019	0.216	/	0.0140	1.1L	0.2L	1.7	0.51	0.37	0.7	0.014	1.1	1.1	0.2
CD17	表层	21.5	42.8	33.282	8.14	8.1	7.61	0.90	0.37	0.0264	0.0013	0.0315	0.0592	0.0028	0.315	0.0056	0.0069	1.1L	0.2L	2.5	0.42	0.27	0.9	0.010	0.8	1.0	0.2L
	10m	21.2	/	33.312	8.13	8.5	6.90	0.98	0.33	0.0228	0.0011	0.0313	0.0552	0.0022	0.282	/	0.0118	1.1L	0.2L	1.0	0.49	0.55	0.8	0.011	0.8	0.6	0.2L
	底层	20.4	/	33.405	8.11	8.0	6.50	0.33	0.26	0.0240	0.0011	0.0293	0.0544	0.0018	0.347	/	0.0083	1.1L	0.3	1.7	0.49	0.19	0.7	0.008	0.8	1.0	0.3
LY01	表层	21.8	2.9	29.517	8.05	20.6	6.80	0.94	0.56	0.0465	0.0125	0.535	0.594	0.0373	1.35	0.0090	0.0095	1.1L	0.3	1.8	0.30	0.44	0.9	0.011	0.8	0.6	0.5
LY02	表层	21.8	7.2	29.561	8.09	22.4	6.99	0.82	0.39	0.0509	0.0132	0.512	0.576	0.0327	1.31	0.0075	0.0089	1.1L	0.4	1.3	0.16	0.30	0.7	0.007L	0.8	0.5L	0.5
LY03	表层	21.8	9.5	29.423	8.01	20.0	6.92	1.31	0.61	0.0399	0.0115	0.425	0.476	0.0316	1.12	0.0068	0.0127	1.3	0.4	1.5	0.24	0.39	0.9	0.007L	0.9	0.6	0.2
LY04	表层	22.0	9.6	29.712	7.92	20.2	7.05	1.15	0.55	0.0645	0.0131	0.449	0.527	0.0268	1.07	0.0082	0.0101	1.6	0.2	1.1	0.28	0.24	0.8	0.007L	0.8	0.6	0.5
LY05	表层	22.0	12.3	30.025	8.12	20.6	7.09	0.86	0.58	0.0491	0.0128	0.315	0.377	0.0263	0.903	0.0068	0.0082	1.1L	0.3	1.4	0.22	0.30	0.7	0.008	0.8	0.5L	0.6
	底层	21.6	/	30.111	8.13	28.2	6.67	0.70	0.43	0.0367	0.0092	0.289	0.335	0.0195	0.859	/	0.0076	1.1L	0.4	1.8	0.24	0.40	0.8	0.008	0.9	0.7	0.4
LY06	表层	22.0	15.4	30.116	8.05	23.0	7.02	1.09	0.59	0.0312	0.0108	0.334	0.376	0.0280	1.11	0.0166	0.0121	1.1L	0.4	1.2	0.16	0.31	0.6	0.009	0.8	0.6	0.2L
	底层	21.9	/	30.128	8.05	21.0	6.53	1.33	0.78	0.0300	0.0111	0.319	0.360	0.0258	0.945	/	0.0108	1.1L	0.5	1.2	0.34	0.35	0.7	0.007L	0.8	0.7	0.2L
LY07	表层	22.0	18.4	30.229	8.10	19.2	7.17	1.39	0.50	0.0365	0.0104	0.331	0.378	0.0217	0.964	0.0142	0.0121	1.3	0.5	1.1	0.19	0.25	0.8	0.007L	0.8	1.1	0.3
	底层	21.8	/	30.241	8.11	23.4	6.61	0.82	0.65	0.0269	0.0103	0.313	0.350	0.0187	0.785	/	0.0121	1.1L	0.4	1.6	0.23	0.37	0.7	0.014	0.8	1.8	0.4
LY08	表层	21.8	24.2	30.618	8.10	27.6	7.14	1.15	0.42	0.0278	0.0037	0.131	0.162	0.0094	0.791	0.0065	0.0114	1.1L	0.4	1.5	0.26	0.35	0.6	0.007L	0.8	0.5L	0.3
	底层	21.6	/	30.632	8.14	23.6	6.57	0.78	0.46	0.0154	0.0036	0.104	0.123	0.0075	0.682	/	0.0152	1.6	0.3	1.5	0.24	0.35	0.7	0.010	0.9	0.8	0.3
LY09	表层	22.0	31.6	31.302	8.05	19.0	7.12	0.68	0.45	0.0286	0.0042	0.119	0.152	0.0093	0.767	0.0069	0.0101	1.1L	0.4	1.4	0.18	0.43	1.0	0.008	1.5	0.5L	0.3
	10m	22.0	/	31.314	8.10	22.0	6.95	0.84	0.47	0.0247	0.0032	0.0992	0.127	0.0076	0.710	/	0.0127	1.1L	0.3	1.4	0.29	0.48	1.0	0.008	0.8	0.8	0.4
	底层	21.5	/	31.298	8.15	24.4	6.57	1.15	0.45	0.0269	0.0031	0.114	0.144	0.0063	0.731	/	0.0114	1.1L	0.4	1.5	0.22	0.47	0.7	0.007L	0.9	0.6	0.3
LY10	表层	21.3	28.9	31.217	8.15	12.8	7.21	0.66	0.35	0.0334	0.0088	0.154	0.196	0.0134	0.945	0.0129	0.0101	1.1L	0.2	1.2	0.24	0.29	1.5	0.007L	0.7	0.5	0.5
	10m	21.0	/	31.269	8.13	16.3	6.86	0.45	0.26	0.0266	0.0084	0.143	0.178	0.0114	0.828	/	0.0159	1.1L	0.2	1.2	0.27	0.41	1.7	0.007L	0.8	0.6	0.3
	底层	20.6	/	31.321	8.12	13.2	6.62	0.86	0.52	0.0230	0.0093	0.153	0.185	0.0091	0.868	/	0.0101	1.1L	0.3	1.2	0.22	0.31	1.0	0.007L	0.9	0.7	0.6
LY11	表层	21.5	35.7	31.226	8.16	11.4	7.25	0.37	0.27	0.0336	0.0086	0.147	0.189	0.0057	0.664	0.0201	0.0108	1.3	0.3	1.6	0.28	0.34	1.2	0.011	0.8	0.8	0.9
	10m	21.1	/	31.243	8.14	11.4	6.77	0.57	0.44	0.0186	0.0074	0.142	0.168	0.0030	0.607	/	0.0108	1.1L	0.3	1.4	0.31	0.35	1.0	0.007L	0.9	0.7	0.5
	底层	20.2	/	31.271	8.11	11.1	6.59	0.78	0.50	0.0177	0.0090	0.149	0.176	0.0076	0.656	/	0.0101	1.1L	0.3	1.7	0.24	0.34	0.8	0.007L	0.8	0.6	0.7
LY12	表层	21.6	34.4	31.257	8.14	13.2	7.38	0.74	0.41	0.0268	0.0081	0.137	0.172	0.0051	0.588	0.0208	0.0095	1.5	0.3	1.6	0.28	0.37	0.7	0.011	0.8	0.5	0.5
	10m	21.1	/	31.264	8.12	11.0	6.81	0.62	0.45	0.0248	0.0069	0.131	0.163	0.0035	0.349	/	0.0089	1.3	0.4	1.7	0.21	0.53	0.9	0.008	0.8	0.5L	0.3
	底层	20.3	/	31.272	8.11	12.6	6.56	0.94	0.49	0.0217	0.0091	0.140	0.171	0.0069	0.409	/	0.0089	1.1L	0.4	1.4	0.27	0.42	1.2	0.008	0.7	0.8	0.3
LY13	表层	21.4	37.4	31.384	8.13	12.2	7.38	0.91	0.40	0.0163	0.0022	0.0523	0.0708	0.0045	0.432	0.0045	0.0140	1.1L	0.2L	1.5	0.51	0.34	1.5	0.007L	0.8	0.6	0.5
	10m	21.0	/	31.407	8.14	10.5	6.90	0.78	0.25	0.0141	0.0012	0.0464	0.0617	0.0036	0.354	/	0.0133	1.1L	0.3	1.3	0.25	0.39	1.4	0.007L	0.8	0.8	0.7
	底层	20.2	/	31.431	8.15	11.5	6.37	0.82	0.47	0.0121	0.0012	0.04.															

站位	层次	水温	水深	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		°C	m	‰	/	mg/L												μg/L									
LY18	表层	21.6	35.8	31.812	8.14	11.0	7.23	0.74	0.33	0.0229	0.0022	0.0526	0.0777	0.0064	0.436	0.0088	0.0121	1.1L	0.4	1.2	0.45	0.55	0.8	0.025	0.8	0.5	0.3
	10m	21.3	/	31.823	8.14	11.0	6.76	0.66	0.24	0.0197	0.0021	0.0505	0.0723	0.0052	0.394	/	0.0133	1.1L	0.2L	1.2	0.37	0.40	1.1	0.011	1.3	1.2	0.5
	底层	20.9	/	31.836	8.12	10.2	6.57	0.74	0.48	0.0183	0.0017	0.0475	0.0675	0.0048	0.444	/	0.0095	1.1L	0.2	1.5	0.18	0.45	1.2	0.010	0.8	1.1	0.6
LY19	表层	21.5	34.1	32.023	8.14	10.1	7.32	0.62	0.27	0.0262	0.0021	0.0611	0.0894	0.0082	0.442	0.0162	0.0121	1.3	0.3	1.4	0.65	0.59	1.1	0.013	0.8	2.0	0.5
	10m	21.2	/	32.034	8.13	10.6	6.81	1.07	0.22	0.0235	0.0013	0.0613	0.0861	0.0064	0.392	/	0.0089	1.3	0.2L	1.1	0.42	0.85	1.0	0.014	0.9	1.3	0.5
	底层	20.5	/	32.136	8.12	10.2	6.44	0.41	0.23	0.0229	0.0010	0.0554	0.0793	0.0048	0.401	/	0.0114	1.1L	0.2L	1.5	0.26	0.77	1.1	0.017	0.9	2.2	0.4
LY20	表层	21.4	45.7	33.057	8.15	9.0	7.42	0.35	0.24	0.0232	0.0016	0.0393	0.0641	0.0044	0.282	0.0154	0.0076	1.1L	0.2	1.5	0.69	0.15	1.4	0.019	0.8	0.5L	0.8
	10m	21.2	/	33.081	8.13	9.7	6.94	0.35	0.24	0.0201	0.0014	0.0375	0.0590	0.0033	0.233	/	0.0101	1.1L	0.2L	1.1	0.45	0.18	1.2	0.010	0.8	0.5L	1.0
	底层	20.1	/	33.072	8.12	10.1	6.58	0.78	0.38	0.0131	0.0014	0.0315	0.0460	0.0021	0.318	/	0.0082	1.1L	0.2	1.4	0.19	0.83	1.0	0.021	0.9	1.4	1.1
最大值		22.0	47.2	33.405	8.16	28.2	7.61	1.39	0.78	0.0645	0.0132	0.535	0.594	0.0373	1.35	0.0208	0.0178	1.6	0.5	2.5	0.77	0.85	2.0	0.025	1.5	2.2	1.1
最小值		20.1	2.9	29.423	7.92	8.0	6.37	0.16	0.12	0.0111	0.0007	0.0271	0.0455	0.0018	0.164	0.0037	0.0063	1.1L	0.2L	0.9	0.16	0.15	0.6	0.007L	0.7	0.5L	0.2L
平均值		21.3	28.1	31.420	8.12	14.3	6.91	0.75	0.39	0.0243	0.0050	0.141	0.170	0.0095	0.601	0.0101	0.0111	0.6	0.3	1.4	0.33	0.38	1.0	0.010	0.9	0.8	0.4

注：①包含“L”的检测结果表明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，若未检出率少于等于 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。

表 5.3.2-6b 春季海水水质监测结果平均值

站位	水温	水深	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
	°C	m	‰	/	mg/L												μg/L									
CD13	20.8	47.2	33.245	8.13	10.4	6.92	0.19	0.14	0.0204	0.0013	0.0287	0.0504	0.0021	0.191	0.0056	0.0149	0.7	0.2	1.8	0.52	0.32	0.9	0.012	1.1	1.4	0.1
CD17	21.0	42.8	33.333	8.13	8.2	7.00	0.74	0.32	0.0244	0.0012	0.0307	0.0563	0.0023	0.315	0.0056	0.0090	0.3	0.2	1.7	0.47	0.34	0.8	0.010	0.8	0.9	0.2
LY01	21.8	2.9	29.517	8.05	20.6	6.8	0.94	0.56	0.0465	0.0125	0.535	0.594	0.0373	1.35	0.009	0.0095	0.3	0.3	1.8	0.3	0.44	0.9	0.011	0.8	0.6	0.5
LY02	21.8	7.2	29.561	8.09	22.4	6.99	0.82	0.39	0.0509	0.0132	0.512	0.576	0.0327	1.31	0.0075	0.0089	0.3	0.4	1.3	0.16	0.3	0.7	0.004	0.8	0.3	0.5
LY03	21.8	9.5	29.423	8.01	20	6.92	1.31	0.61	0.0399	0.0115	0.425	0.476	0.0316	1.12	0.0068	0.0127	1.3	0.4	1.5	0.24	0.39	0.9	0.004	0.9	0.6	0.2
LY04	22	9.6	29.712	7.92	20.2	7.05	1.15	0.55	0.0645	0.0131	0.449	0.527	0.0268	1.07	0.0082	0.0101	1.6	0.2	1.1	0.28	0.24	0.8	0.004	0.8	0.6	0.5
LY05	21.8	12.3	30.068	8.13	24.4	6.88	0.78	0.51	0.0429	0.0110	0.3020	0.3560	0.0229	0.881	0.0068	0.0079	0.3	0.4	1.6	0.23	0.35	0.8	0.008	0.9	0.5	0.5
LY06	22.0	15.4	30.122	8.05	22.0	6.78	1.21	0.69	0.0306	0.0110	0.3265	0.3680	0.0269	1.028	0.0166	0.0115	0.3	0.5	1.2	0.25	0.33	0.7	0.006	0.8	0.7	0.1
LY07	21.9	18.4	30.235	8.11	21.3	6.89	1.11	0.58	0.0317	0.0104	0.3220	0.3640	0.0202	0.875	0.0142	0.0121	0.8	0.5	1.4	0.21	0.31	0.8	0.009	0.8	1.5	0.4
LY08	21.7	24.2	30.625	8.12	25.6	6.86	0.97	0.44	0.0216	0.0037	0.1175	0.1425	0.0085	0.737	0.0065	0.0133	0.9	0.4	1.5	0.25	0.35	0.7	0.007	0.9	0.5	0.3
LY09	21.8	31.6	31.305	8.10	21.8	6.88	0.89	0.46	0.0267	0.0035	0.1107	0.1410	0.0077	0.736	0.0069	0.0114	0.3	0.4	1.4	0.23	0.46	0.9	0.007	1.1	0.6	0.3
LY10	21.0	28.9	31.269	8.13	14.1	6.90	0.66	0.38	0.0277	0.0088	0.1500	0.1863	0.0113	0.880	0.0129	0.0120	0.3	0.2	1.2	0.24	0.34	1.4	0.004	0.8	0.6	0.5
LY11	20.9	35.7	31.247	8.14	11.3	6.87	0.57	0.40	0.0233	0.0083	0.1460	0.1777	0.0054	0.642	0.0201	0.0106	0.6	0.3	1.6	0.28	0.34	1.0	0.006	0.8	0.7	0.7
LY12	21.0	34.4	31.264	8.12	12.3	6.92	0.77	0.45	0.0244	0.0080	0.1360	0.1687	0.0052	0.449	0.0208	0.0091	1.0	0.4	1.6	0.25	0.44	0.9	0.009	0.8	0.5	0.4
LY13	20.9	37.4	31.407	8.14	11.4	6.88	0.84	0.37	0.0142	0.0015	0.0466	0.0623	0.0039	0.392	0.0045	0.0129	0.3	0.2	1.4	0.34	0.39	1.4	0.004	0.8	0.8	0.5
LY14	21.2	35.7	31.336	8.14	12.3	6.87	0.73	0.39	0.0146	0.0014	0.1277	0.1437	0.0072	0.581	0.0037	0.0131	0.3	0.3	1.3	0.38	0.29	1.6	0.012	0.8	0.6	0.5
LY15	21.4	28.3	31.177	8.13	11.1	6.96	0.82	0.49	0.0186	0.0065	0.1577	0.1827	0.0070	0.700	0.0126	0.0129	0.6	0.2	1.6	0.39	0.37	0.8	0.010	1.0	0.7	0.6
LY16	21.2	38.2	31.315	8.14	10.6	6.92	0.59	0.24	0.0135	0.0016	0.0483	0.0634	0.0045	0.547	0.0054	0.0082	1.0	0.3	1.3	0.46	0.27	1.3	0.014	0.8	0.6	0.5
LY17	21.2	42.9	31.595	8.14	12.8	6.98	0.77	0.33	0.0140	0.0015	0.0495	0.0650	0.0048	0.311	0.0078	0.0116	0.6	0.4	1.3	0.27	0.32	1.3	0.012	0.8	0.4	0.4
LY18	21.3	35.8	31.824	8.13	10.7	6.85	0.71	0.35	0.0203	0.0020	0.0502	0.0725	0.0055	0.425	0.0088	0.0116	0.3	0.2	1.3	0.33	0.47	1.0	0.015	1.0	0.9	0.5
LY19	21.1	34.1	32.064	8.13	10.3	6.86	0.70	0.24	0.0242	0.0015	0.0593	0.0849	0.0065	0.412	0.0162	0.0108	1.0	0.2	1.3	0.44	0.74	1.1	0.015	0.9	1.8	0.5
LY20	20.9	45.7	33.070	8.13	9.6	6.98	0.49	0.29	0.0188	0.0015	0.0361	0.0564	0.0033	0.278	0.0154	0.0086	0.3	0.2	1.3	0.44	0.39	1.2	0.017	0.8	0.6	1.0

表 5.3.2-7a 秋季海水水质监测结果

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	°C	‰	/	mg/L												μg/L									
LY01	表层	2.8	23.6	30.925	8.01	15.7	7.43	1.45	0.41	0.0285	0.0447	0.295	0.368	0.0273	1.15	0.0105	0.0104	1.8	0.5	1.8	0.41	0.28	1.1	0.007L	2.1	0.5L	0.4

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	°C	‰	/	mg/L												μg/L									
LY02	表层	7.1	23.7	31.167	8.09	14.7	7.08	1.58	0.42	0.0272	0.0444	0.284	0.356	0.0284	1.04	0.0076	0.0132	1.5	0.7	1.6	0.56	0.39	1.1	0.007L	1.2	0.6	0.4
LY03	表层	9.3	23.8	31.054	8.11	9.9	7.17	1.88	0.51	0.0245	0.0383	0.259	0.322	0.0229	0.971	0.0115	0.0115	1.5	0.5	1.3	0.87	0.36	0.8	0.016	1.2	0.5L	0.4
LY04	表层	9.7	24.1	31.582	8.08	7.8	7.66	1.49	0.43	0.0230	0.0397	0.209	0.272	0.0241	0.943	0.0145	0.0076	1.1L	0.4	1.3	0.90	0.36	0.8	0.007L	1.1	0.5L	0.4
LY05	表层	12.2	24.0	31.848	8.12	10.0	7.26	1.03	0.36	0.0236	0.0400	0.179	0.243	0.0216	1.10	0.0108	0.0166	1.5	0.5	1.3	0.74	0.43	1.3	0.008	1.1	0.5L	0.3
	底层	/	23.8	31.948	8.12	9.7	6.79	1.47	0.49	0.0212	0.0392	0.163	0.223	0.0226	0.947	/	0.0149	1.1L	0.4	1.1	0.48	0.27	0.6	0.011	1.3	0.5L	0.4
LY06	表层	15.3	24.2	31.982	8.18	9.1	7.09	1.45	0.53	0.0230	0.0333	0.191	0.247	0.0211	0.928	0.0088	0.0110	1.2	0.3	1.5	0.47	0.32	0.7	0.008	1.2	0.8	0.5
	底层	/	24.0	32.102	8.16	9.4	6.59	1.56	0.45	0.0213	0.0316	0.182	0.235	0.0196	0.823	/	0.0104	1.1L	0.2	1.2	0.24	0.36	0.5	0.010	1.2	0.8	0.3
LY07	表层	18.5	24.4	32.107	8.13	7.6	7.82	1.27	0.49	0.0243	0.0326	0.215	0.272	0.0216	0.741	0.0138	0.0081	1.1L	0.4	1.3	0.91	0.40	1.0	0.007L	1.1	0.5L	0.5
	底层	/	24.1	32.232	8.11	7.9	6.73	1.39	0.37	0.0202	0.0328	0.206	0.259	0.0185	0.727	/	0.0059	1.2	0.4	1.1	0.34	0.31	1.1	0.012	1.1	0.5L	0.4
LY08	表层	24.1	24.3	32.324	8.16	11.6	7.64	1.43	0.40	0.0215	0.0376	0.116	0.175	0.0186	0.685	0.0171	0.0098	1.2	0.3	1.6	0.53	0.36	1.2	0.009	1.1	0.5L	0.2
	底层	/	24.4	32.475	8.13	11.1	6.87	0.91	0.36	0.0167	0.0367	0.107	0.160	0.0176	0.661	/	0.0110	1.1L	0.3	1.3	0.69	0.28	0.9	0.011	1.1	0.5L	0.2L
LY09	表层	31.5	24.4	32.758	8.21	8.1	7.40	1.47	0.52	0.0139	0.0363	0.0912	0.141	0.0115	0.737	0.0069	0.0121	1.2	0.3	1.1	0.69	0.41	2.5	0.007L	1.0	0.8	0.3
	10m	/	23.3	32.825	8.20	10.2	6.88	1.37	0.41	0.0125	0.0365	0.0822	0.131	0.0098	0.636	/	0.0132	1.1L	0.2	1.6	0.58	0.41	1.2	0.011	1.1	0.7	0.4
	底层	/	24.5	32.884	8.14	19.6	6.46	1.82	0.45	0.0145	0.0302	0.0789	0.124	0.0077	0.577	/	0.0121	1.1L	0.5	1.2	0.41	0.32	0.8	0.012	1.0	0.6	0.7
LY10	表层	28.7	24.3	32.775	8.12	11.4	7.43	0.99	0.54	0.0122	0.0234	0.106	0.142	0.0072	0.446	0.0119	0.0098	1.8	0.4	2.2	0.24	0.26	1.0	0.007L	1.0	0.8	0.4
	10m	/	24.2	32.913	8.09	9.5	6.90	1.47	0.43	0.0118	0.0237	0.0875	0.123	0.0064	0.401	/	0.0104	1.1L	0.3	0.7	0.28	0.21	0.6	0.007L	1.6	0.5L	0.6
	底层	/	24.8	32.998	8.07	16.2	6.82	1.86	0.52	0.0100	0.0215	0.0864	0.118	0.0051	0.430	/	0.0098	1.1L	0.3	1.2	0.58	0.26	0.6	0.007L	1.0	0.6	0.5
LY11	表层	35.4	24.4	32.966	8.07	9.1	7.45	1.13	0.47	0.0105	0.0242	0.0935	0.128	0.0062	0.493	0.0129	0.0115	1.5	0.2	1.9	0.56	0.40	1.2	0.007L	1.0	0.8	0.4
	10m	/	24.3	33.012	8.05	8.8	6.85	1.19	0.37	0.0100	0.0230	0.0791	0.112	0.0054	0.462	/	0.0098	1.1L	0.3	1.3	0.23	0.37	0.9	0.007L	1.0	0.6	0.3
	底层	/	24.6	33.123	8.01	15.7	6.62	1.74	0.37	0.0092	0.0215	0.0719	0.103	0.0053	0.413	/	0.0104	1.2	0.2L	1.9	0.56	0.35	1.2	0.011	1.0	0.6	0.3
LY12	表层	34.3	24.4	33.047	8.12	9.3	7.35	1.47	0.48	0.0099	0.0235	0.0610	0.0944	0.0085	0.615	0.0114	0.0081	1.1L	0.3	1.2	0.44	0.55	0.8	0.007L	1.1	1.4	0.4
	10m	/	24.2	33.139	8.11	9.7	6.89	1.31	0.34	0.0089	0.0235	0.0501	0.0825	0.0084	0.576	/	0.0087	1.1L	0.3	1.1	0.55	0.30	0.8	0.007L	1.1	0.5L	0.5
	底层	/	24.7	33.274	8.09	9.8	6.65	1.17	0.39	0.0082	0.0229	0.0489	0.0800	0.0079	0.526	/	0.0098	1.1L	0.2	1.2	0.83	0.40	0.8	0.007L	1.1	0.6	0.4
LY13	表层	37.6	23.9	33.112	8.19	11.4	7.34	1.55	0.42	0.0129	0.0242	0.0547	0.0918	0.0084	0.601	0.0214	0.0098	1.2	0.3	1.6	0.45	0.34	1.0	0.009	1.1	0.5L	0.3
	10m	/	23.8	33.224	8.17	9.9	6.81	1.15	0.30	0.0119	0.0231	0.0507	0.0857	0.0082	0.516	/	0.0098	1.5	0.3	1.8	0.57	0.34	1.1	0.011	1.1	0.5L	0.4
	底层	/	24.0	33.308	8.13	12.1	6.60	1.58	0.58	0.0094	0.0230	0.0476	0.0800	0.0078	0.625	/	0.0087	1.1L	0.3	1.3	0.44	0.29	0.7	0.007L	1.1	0.6	0.4
LY14	表层	35.5	23.6	33.284	8.14	10.6	7.46	0.96	0.22	0.0140	0.0535	0.0905	0.158	0.0093	0.678	0.0046	0.0138	1.5	0.3	1.6	0.21	0.35	1.0	0.007L	1.1	0.7	0.6
	10m	/	23.8	33.328	8.12	9.8	6.89	1.04	0.30	0.0104	0.0498	0.0764	0.137	0.0085	0.632	/	0.0138	1.1L	0.3	1.4	0.24	0.31	0.9	0.007L	1.1	0.5L	0.5
	底层	/	24.2	33.367	8.08	12.3	6.71	1.12	0.22	0.0094	0.0454	0.0705	0.125	0.0043	0.724	/	0.0121	1.1L	0.2	1.1	0.31	0.30	0.7	0.011	1.7	0.5L	0.3
LY15	表层	28.3	23.8	33.148	8.16	12.4	7.19	1.04	0.29	0.0144	0.0516	0.0956	0.162	0.0087	0.816	0.0083	0.0070	1.1L	0.3	1.2	0.15	0.47	0.8	0.007L	1.1	0.5L	0.4
	10m	/	24.1	33.184	8.16	11.5	6.87	0.56	0.32	0.0130	0.0476	0.0798	0.140	0.0068	0.655	/	0.0076	1.1L	0.3	1.2	0.31	0.26	0.8	0.007L	1.1	0.6	0.3
	底层	/	24.3	33.291	8.15	11.2	6.64	0.72	0.30	0.0146	0.0438	0.0858	0.144	0.0043	0.686	/	0.0081	1.1L	0.4	0.9	0.82	0.25	0.4	0.007L	3.4	0.5L	0.2
LY16	表层	38.1	23.9	33.184	8.19	11.1	7.20	0.94	0.26	0.0123	0.0307	0.0521	0.0951	0.0074	0.585	0.0066	0.0087	1.1L	0.2	1.2	0.18	0.52	0.7	0.007L	1.1	0.5L	0.4
	10m	/	24.2	33.243	8.18	10.6	6.80	1.06	0.52	0.0095	0.0246	0.0537	0.0878	0.0067	0.534	/	0.0076	1.1L	0.2	1.5	0.38	0.47	0.8	0.008	1.1	0.5L	0.4
	底层	/	24.5	33.384	8.14	12.6	6.60	0.76	0.19	0.0108	0.0227	0.0512	0.0847	0.0062	0.575	/	0.0059	1.1L	0.2L	1.2	0.34	0.56	0.8	0.007L	1.2	0.6	0.4
LY17	表层	42.4	25.2	33.435	8.15	8.8	7.51	0.76	0.24	0.0136	0.0130	0.0620	0.0886	0.0086	0.570	0.0059	0.0144	1.1L	0.2L	1.7	0.31	0.43	1.0	0.010	1.0	0.7	0.4
	10m	/	25.1	33.548	8.12	8.4	6.89	0.92	0.24	0.0103	0.0113	0.0569	0.0785	0.0069	0.321	/	0.0155	1.1L	0.2L	1.6	0.32	0.39	0.8	0.010	1.0	0.5L	0.3
	底层	/	24.9	33.553	8.10	16.1	6.65	0.96	0.38	0.0103	0.0072	0.0540	0.0715	0.0052	0.400	/	0.0138	1.1L	0.3	1.7	0.30	0.40	0.8	0.012	1.1	0.5L	0.8
LY18	表层	35.6	25.1	33.498	8.13	8.4	7.47	0.60	0.22	0.0101	0.0181	0.0574	0.0856	0.0086	0.528	0.0088	0.0161	1.1L	0.2	1.3	0.78	0.53	0.8	0.010	1.1	0.5L	0.3
	10m	/	24.9	33.617	8.12	10.7	6.94	0.50	0.24	0.0096	0.0176	0.0439	0.0711	0.0068	0.409	/	0.0149	1.1L	0.3	1.5	0.75	0.49	0.8	0.013	1.1	0.6	0.2L
	底层	/	25.3	33.654	8.09	10.4	6.68	1.20	0.48	0.0111	0.0137	0.0473	0.0721	0.0049	0.457	/	0.0161	1.1L	0.2L	2.0	0.45	0.50	1.0	0.013	1.3	0.6	0.2
LY19	表层	34.3	24.7	33.619	8.14	11.2	7.06	0.80	0.23	0.0131	0.0221	0.0548	0.0900	0.0065	0.495	0.0130	0.0093	1.1L	0.2L	1.6	0.78	0.55	0.7	0.007L	1.1	0.9	0.4
	10m	/	24.8	33.658	8.14	11.1	6.86	1.00	0.42	0.0113	0.0182	0.0511	0.0806	0.0054	0.411	/	0.0110	1.5	0.2	1.2	0.45	0.55	1.2	0.007L	1.1	0.7	0.7
LY20	表层	45.4	24.6	33.784	8.13	7.0	7.64	0.80	0.26	0.0187	0.0023	0.0471	0.0681	0.0025	0.250	0.0162	0.0064	1.1L	0.2	2.6	0.49	0.70	1.0	0.007L	0.9	0.8	0.4
	10m	/	24.5	33.798	8.12	8.2	6.89	0.64	0.31	0.0143	0.0019	0.0466	0.0628	0.0020	0.199	/	0.0070	1.1L	0.2L	2.0	0.82	0.58	1.1	0.019	1.8	1.0	0.5

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	°C	‰	/	mg/L												μg/L									
CD18	底层	/	24.9	33.804	8.09	7.1	6.69	0.76	0.27	0.0140	0.0019	0.0365	0.0524	0.0012	0.209	/	0.0059	1.1L	0.2	1.2	0.70	0.50	1.2	0.011	0.9	0.5	0.5
	表层	44.5	23.7	33.782	8.13	8.3	7.22	1.03	0.34	0.0155	0.0027	0.0428	0.0610	0.0013	0.227	0.0063	0.0098	1.1L	0.3	1.4	0.37	0.40	0.9	0.012	1.0	0.6	0.3
	10m	/	23.8	33.779	8.14	8.9	7.02	1.07	0.20	0.0133	0.0025	0.0392	0.0550	0.0009	0.163	/	0.0093	1.2	0.2L	0.9	0.60	0.37	0.6	0.007L	1.0	0.5L	0.2L
	底层	/	23.9	33.815	8.14	6.8	6.50	1.47	0.47	0.0139	0.0023	0.0425	0.0587	0.0008	0.197	/	0.0121	1.1L	0.2L	1.1	0.64	0.32	0.5	0.012	1.3	0.8	0.2L
CD20	表层	42.3	23.7	33.778	8.13	7.8	7.13	1.27	0.32	0.0152	0.0028	0.0316	0.0496	0.0013	0.203	0.0064	0.0138	1.8	0.4	1.1	0.62	0.29	0.5	0.007L	1.0	0.8	0.3
	10m	/	23.9	33.771	8.13	8.8	6.66	1.27	0.29	0.0138	0.0026	0.0219	0.0383	0.0011	0.192	/	0.0121	1.1L	0.2	3.3	0.37	0.34	2.0	0.007L	1.1	1.5	0.2
	底层	/	24.0	33.785	8.15	7.6	6.58	0.87	0.43	0.0102	0.0026	0.0255	0.0383	0.0006L	0.230	/	0.0149	1.1L	0.2	1.6	0.60	0.35	0.8	0.013	1.1	0.6	0.4
最小值		2.8	23.3	30.925	8.01	6.8	6.46	0.50	0.19	0.0082	0.0019	0.0219	0.0383	0.0006L	0.163	0.0046	0.0059	1.1L	0.2L	0.7	0.15	0.21	0.4	0.007L	0.9	0.5L	0.2L
最大值		45.4	25.3	33.815	8.21	19.6	7.82	1.88	0.58	0.0285	0.0535	0.295	0.368	0.0284	1.15	0.0214	0.0166	1.8	0.7	3.3	0.91	0.70	2.5	0.019	3.4	1.5	0.8
平均值		27.9	24.3	33.017	8.13	10.5	7.00	1.16	0.37	0.0144	0.0252	0.0918	0.1314	0.0094	0.567	0.0107	0.0108	0.7	0.3	1.4	0.50	0.39	0.9	0.006	1.2	0.5	0.4

注：①包含“L”的检测结果表明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，若未检出率少于等于 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。

表 5.3.2-7b 秋季海水水质监测结果平均值

站位	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
	m	°C	‰	/	mg/L												μg/L									
LY01	2.8	23.6	30.925	8.01	15.7	7.43	1.45	0.41	0.0285	0.0447	0.295	0.368	0.0273	1.15	0.0105	0.0104	1.8	0.5	1.8	0.41	0.28	1.1	0.002	2.1	0.3	0.4
LY02	7.1	23.7	31.167	8.09	14.7	7.08	1.58	0.42	0.0272	0.0444	0.284	0.356	0.0284	1.04	0.0076	0.0132	1.5	0.7	1.6	0.56	0.39	1.1	0.002	1.2	0.6	0.4
LY03	9.3	23.8	31.054	8.11	9.9	7.17	1.88	0.51	0.0245	0.0383	0.259	0.322	0.0229	0.971	0.0115	0.0115	1.5	0.5	1.3	0.87	0.36	0.8	0.016	1.2	0.3	0.4
LY04	9.7	24.1	31.582	8.08	7.8	7.66	1.49	0.43	0.023	0.0397	0.209	0.272	0.0241	0.943	0.0145	0.0076	0.3	0.4	1.3	0.9	0.36	0.8	0.002	1.1	0.3	0.4
LY05	12.2	23.9	31.898	8.12	9.9	7.03	1.25	0.43	0.0224	0.0396	0.1710	0.2330	0.0221	1.024	0.0108	0.0158	0.9	0.5	1.2	0.61	0.35	1.0	0.010	1.2	0.3	0.4
LY06	15.3	24.1	32.042	8.17	9.3	6.84	1.51	0.49	0.0222	0.0325	0.1865	0.2410	0.0204	0.876	0.0088	0.0107	0.7	0.3	1.4	0.36	0.34	0.6	0.009	1.2	0.8	0.4
LY07	18.5	24.25	32.170	8.12	7.8	7.28	1.33	0.43	0.0223	0.0327	0.2105	0.2655	0.0201	0.734	0.0138	0.0070	0.7	0.4	1.2	0.63	0.36	1.1	0.007	1.1	0.3	0.5
LY08	24.1	24.35	32.400	8.15	11.4	7.26	1.17	0.38	0.0191	0.0372	0.1115	0.1675	0.0181	0.673	0.0171	0.0104	0.7	0.3	1.5	0.61	0.32	1.1	0.010	1.1	0.3	0.2
LY09	31.5	24.1	32.822	8.18	12.6	6.91	1.55	0.46	0.0136	0.0343	0.0841	0.1320	0.0097	0.650	0.0069	0.0125	0.6	0.3	1.3	0.56	0.38	1.5	0.008	1.0	0.7	0.5
LY10	28.7	24.4	32.895	8.09	12.4	7.05	1.44	0.50	0.0113	0.0229	0.0933	0.1277	0.0062	0.426	0.0119	0.0100	0.8	0.3	1.4	0.37	0.24	0.7	0.002	1.2	0.6	0.5
LY11	35.4	24.4	33.034	8.04	11.2	6.97	1.35	0.40	0.0099	0.0229	0.0815	0.1143	0.0056	0.456	0.0129	0.0106	1.0	0.2	1.7	0.45	0.37	1.1	0.005	1.0	0.7	0.3
LY12	34.3	24.4	33.153	8.11	9.6	6.96	1.32	0.40	0.0090	0.0233	0.0533	0.0856	0.0083	0.572	0.0114	0.0089	0.3	0.3	1.2	0.61	0.42	0.8	0.002	1.1	0.8	0.4
LY13	37.6	23.9	33.215	8.16	11.1	6.92	1.43	0.43	0.0114	0.0234	0.0510	0.0858	0.0081	0.581	0.0214	0.0094	1.0	0.3	1.6	0.49	0.32	0.9	0.007	1.1	0.4	0.4
LY14	35.5	23.9	33.326	8.11	10.9	7.02	1.04	0.25	0.0113	0.0496	0.0791	0.1400	0.0074	0.678	0.0046	0.0132	0.7	0.3	1.4	0.25	0.32	0.9	0.005	1.3	0.4	0.5
LY15	28.3	24.1	33.208	8.16	11.7	6.90	0.77	0.30	0.0140	0.0477	0.0871	0.1487	0.0066	0.719	0.0083	0.0076	0.3	0.3	1.1	0.43	0.33	0.7	0.002	1.9	0.4	0.3
LY16	38.1	24.2	33.270	8.17	11.4	6.87	0.92	0.32	0.0109	0.0260	0.0523	0.0892	0.0068	0.565	0.0066	0.0074	0.3	0.2	1.3	0.30	0.52	0.8	0.004	1.1	0.4	0.4
LY17	42.4	25.1	33.512	8.12	11.1	7.02	0.88	0.29	0.0114	0.0105	0.0576	0.0795	0.0069	0.430	0.0059	0.0146	0.3	0.2	1.7	0.31	0.41	0.9	0.011	1.0	0.4	0.5
LY18	35.6	25.1	33.590	8.11	9.8	7.03	0.77	0.31	0.0103	0.0165	0.0495	0.0763	0.0068	0.465	0.0088	0.0157	0.3	0.2	1.6	0.66	0.51	0.9	0.012	1.2	0.5	0.2
LY19	34.3	24.9	33.667	8.13	12.5	6.85	0.79	0.31	0.0113	0.0187	0.0508	0.0807	0.0054	0.461	0.013	0.0099	1.1	0.2	1.3	0.55	0.55	0.8	0.002	1.1	0.7	0.5
LY20	45.4	24.7	33.795	8.11	7.4	7.07	0.73	0.28	0.0157	0.0020	0.0434	0.0611	0.0019	0.219	0.0162	0.0064	0.3	0.2	1.9	0.67	0.59	1.1	0.011	1.2	0.8	0.5
CD18	44.5	23.8	33.792	8.14	8.0	6.91	1.19	0.34	0.0142	0.0025	0.0415	0.0582	0.0010	0.196	0.0063	0.0104	0.6	0.2	1.1	0.54	0.36	0.7	0.009	1.1	0.6	0.2
CD20	42.3	23.9	33.778	8.14	8.1	6.79	1.14	0.35	0.0131	0.0027	0.0263	0.0421	0.0009	0.208	0.0064	0.0136	0.8	0.3	2.0	0.53	0.33	1.1	0.006	1.1	1.0	0.3

表 5.3.2-8a 春季海水水质监测站位各要素的标准指数（执行第三类海水水质标准）

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
LY01	0.58	0.59	0.24	0.14	1.49	1.24	0.03	0.10	0.03	0.00	0.04	0.03	0.04	0.00	0.06	0.02	0.03	0.03
LY02	0.61	0.57	0.21	0.10	1.44	1.09	0.03	0.09	0.03	0.00	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03
超标率	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5.3.2-8b 春季海水水质监测站位各要素的标准指数（水质类别符合性分析）

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮				活性磷酸盐			石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
标准	一类	一类	一类	一类	一类	二类	三类	四类	一类	二、三类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
CD13	0.75	0.87	0.10	0.14	0.25	0.17	0.13	0.10	0.14	0.07	0.05	0.11	0.75	0.14	0.01	0.36	0.52	0.32	0.02	0.24	0.06	0.28	0.01
CD17	0.75	0.86	0.37	0.32	0.28	0.19	0.14	0.11	0.15	0.08	0.05	0.11	0.45	0.06	0.01	0.34	0.47	0.34	0.02	0.20	0.04	0.18	0.02
LY03	0.67	0.87	0.66	0.61	2.38	1.59	1.19	0.95	2.11	1.05	0.70	0.14	0.64	0.26	0.02	0.30	0.24	0.39	0.02	0.08	0.05	0.12	0.02
LY04	0.61	0.85	0.58	0.55	2.64	1.76	1.32	1.05	1.79	0.89	0.60	0.16	0.51	0.32	0.01	0.22	0.28	0.24	0.02	0.08	0.04	0.12	0.05
LY05	0.75	0.87	0.39	0.51	1.78	1.19	0.89	0.71	1.53	0.76	0.51	0.14	0.40	0.06	0.02	0.32	0.23	0.35	0.02	0.16	0.05	0.10	0.05
LY06	0.70	0.88	0.61	0.69	1.84	1.23	0.92	0.74	1.79	0.90	0.60	0.33	0.58	0.06	0.03	0.24	0.25	0.33	0.01	0.12	0.04	0.14	0.01
LY07	0.74	0.87	0.56	0.58	1.82	1.21	0.91	0.73	1.35	0.67	0.45	0.28	0.61	0.16	0.03	0.28	0.21	0.31	0.02	0.18	0.04	0.30	0.04
LY08	0.75	0.87	0.49	0.44	0.71	0.48	0.36	0.29	0.57	0.28	0.19	0.13	0.67	0.18	0.02	0.30	0.25	0.35	0.01	0.14	0.05	0.10	0.03
LY09	0.73	0.87	0.45	0.46	0.71	0.47	0.35	0.28	0.51	0.26	0.17	0.14	0.57	0.06	0.02	0.28	0.23	0.46	0.02	0.14	0.06	0.12	0.03
LY10	0.75	0.87	0.33	0.38	0.93	0.62	0.47	0.37	0.75	0.38	0.25	0.26	0.60	0.06	0.01	0.24	0.24	0.34	0.03	0.08	0.04	0.12	0.05
LY11	0.76	0.87	0.29	0.40	0.89	0.59	0.44	0.36	0.36	0.18	0.12	0.40	0.53	0.12	0.02	0.32	0.28	0.34	0.02	0.12	0.04	0.14	0.07
LY12	0.75	0.87	0.39	0.45	0.84	0.56	0.42	0.34	0.35	0.17	0.12	0.42	0.46	0.20	0.02	0.32	0.25	0.44	0.02	0.18	0.04	0.10	0.04
LY13	0.76	0.87	0.42	0.37	0.31	0.21	0.16	0.12	0.26	0.13	0.09	0.09	0.65	0.06	0.01	0.28	0.34	0.39	0.03	0.08	0.04	0.16	0.05
LY14	0.76	0.87	0.37	0.39	0.72	0.48	0.36	0.29	0.48	0.24	0.16	0.07	0.66	0.06	0.02	0.26	0.38	0.29	0.03	0.24	0.04	0.12	0.05
LY15	0.75	0.86	0.41	0.49	0.91	0.61	0.46	0.37	0.47	0.23	0.16	0.25	0.65	0.12	0.01	0.32	0.39	0.37	0.02	0.20	0.05	0.14	0.06
LY16	0.76	0.87	0.30	0.24	0.32	0.21	0.16	0.13	0.30	0.15	0.10	0.11	0.41	0.20	0.02	0.26	0.46	0.27	0.03	0.28	0.04	0.12	0.05
LY17	0.76	0.86	0.39	0.33	0.33	0.22	0.16	0.13	0.32	0.16	0.11	0.16	0.58	0.12	0.02	0.26	0.27	0.32	0.03	0.24	0.04	0.08	0.04
LY18	0.75	0.88	0.36	0.35	0.36	0.24	0.18	0.15	0.37	0.18	0.12	0.18	0.58	0.06	0.01	0.26	0.33	0.47	0.02	0.30	0.05	0.18	0.05
LY19	0.75	0.87	0.35	0.24	0.42	0.28	0.21	0.17	0.43	0.22	0.14	0.32	0.54	0.20	0.01	0.26	0.44	0.74	0.02	0.30	0.05	0.36	0.05
LY20	0.75	0.86	0.25	0.29	0.28	0.19	0.14	0.11	0.22	0.11	0.07	0.31	0.43		0.01	0.26	0.44	0.39	0.02	0.34	0.04	0.12	0.10

表 5.3.2-9a 秋季海水水质监测站位各要素的标准指数（执行第三类海水水质标准）

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
LY01	0.56	0.08	0.36	0.10	0.92	0.91	0.04	0.10	0.18	0.01	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02
LY02	0.61	0.56	0.40	0.11	0.89	0.95	0.03	0.13	0.15	0.01	0.03	0.06	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02
超标率%	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5.3.2-9a 秋季海水水质监测站位各要素的标准指数（水质类别符合性分析）

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮				活性磷酸盐			石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
标准	一类	一类	一类	一类	一类	二类	三类	四类	一类	二、三类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
LY03	0.74	0.03	0.94	0.51	1.61	1.07	0.81	1.53	0.76	0.23	0.58	0.30	0.03	0.03	0.26	0.87	0.36	0.02	0.32	0.06	0.06	0.06	0.04
LY04	0.72	0.55	0.75	0.43	1.36	0.91	0.68	1.61	0.80	0.29	0.38	0.06	0.02	0.02	0.26	0.90	0.36	0.02	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04
LY05	0.75	0.85	0.63	0.43	1.17	0.78	0.58	1.47	0.74	0.22	0.79	0.18	0.03	0.03	0.24	0.61	0.35	0.02	0.20	0.06	0.06	0.06	0.04
LY06	0.78	0.88	0.76	0.49	1.21	0.80	0.60	1.36	0.68	0.18	0.54	0.14	0.02	0.02	0.28	0.36	0.34	0.01	0.18	0.06	0.16	0.16	0.04
LY07	0.75	0.25	0.67	0.43	1.33	0.89	0.66	1.34	0.67	0.28	0.35	0.14	0.02	0.02	0.24	0.63	0.36	0.02	0.14	0.06	0.06	0.06	0.05
LY08	0.77	0.26	0.59	0.38	0.84	0.56	0.42	1.21	0.60	0.34	0.52	0.14	0.02	0.02	0.30	0.61	0.32	0.02	0.20	0.06	0.06	0.06	0.02

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮			活性磷酸盐		石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
LY09	0.79	0.87	0.78	0.46	0.66	0.44	0.33	0.65	0.32	0.14	0.63	0.12	0.02	0.26	0.56	0.38	0.03	0.16	0.05	0.14	0.05
LY10	0.73	0.08	0.72	0.50	0.64	0.43	0.32	0.41	0.21	0.24	0.50	0.16	0.02	0.28	0.37	0.24	0.01	0.04	0.06	0.12	0.05
LY11	0.69	0.00	0.68	0.40	0.57	0.38	0.29	0.37	0.19	0.26	0.53	0.20	0.01	0.34	0.45	0.37	0.02	0.10	0.05	0.14	0.03
LY12	0.74	0.00	0.66	0.40	0.43	0.29	0.21	0.55	0.28	0.23	0.45	0.06	0.02	0.24	0.61	0.42	0.02	0.04	0.06	0.16	0.04
LY13	0.77	0.87	0.72	0.43	0.43	0.29	0.21	0.54	0.27	0.43	0.47	0.20	0.02	0.32	0.49	0.32	0.02	0.14	0.06	0.08	0.04
LY14	0.74	0.00	0.52	0.25	0.70	0.47	0.35	0.49	0.25	0.09	0.66	0.14	0.02	0.28	0.25	0.32	0.02	0.10	0.07	0.08	0.05
LY15	0.77	0.87	0.39	0.30	0.74	0.50	0.37	0.44	0.22	0.17	0.38	0.06	0.02	0.22	0.43	0.33	0.01	0.04	0.10	0.08	0.03
LY16	0.78	0.87	0.46	0.32	0.45	0.30	0.22	0.45	0.23	0.13	0.37	0.06	0.01	0.26	0.30	0.52	0.02	0.08	0.06	0.08	0.04
LY17	0.75	0.18	0.44	0.29	0.40	0.27	0.20	0.46	0.23	0.12	0.73	0.06	0.01	0.34	0.31	0.41	0.02	0.22	0.05	0.08	0.05
LY18	0.74	0.20	0.39	0.31	0.38	0.25	0.19	0.45	0.23	0.18	0.79	0.06	0.01	0.32	0.66	0.51	0.02	0.24	0.06	0.10	0.02
LY19	0.75	0.88	0.40	0.31	0.40	0.27	0.20	0.36	0.18	0.26	0.50	0.22	0.01	0.26	0.55	0.55	0.02	0.04	0.06	0.14	0.05
LY20	0.74	0.19	0.37	0.28	0.31	0.20	0.15	0.13	0.06	0.32	0.32	0.06	0.01	0.38	0.67	0.59	0.02	0.22	0.06	0.16	0.05
CD18	0.76	0.87	0.60	0.34	0.29	0.19	0.15	0.07	0.03	0.13	0.52	0.12	0.01	0.22	0.54	0.36	0.01	0.18	0.06	0.12	0.02
CD20	0.76	0.88	0.57	0.35	0.21	0.14	0.11	0.06	0.03	0.13	0.68	0.16	0.02	0.40	0.53	0.33	0.02	0.12	0.06	0.20	0.03

5.4沉积物质量现状调查与评价

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023年秋季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024年5月），由广州海兰图检测技术有限公司于2023年11月在项目附近海域进行的海洋沉积物质量现状调查数据。具体调查站位详见5.3.2.1节。

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于2025年5月在项目附近进行潮间带沉积物调查。

5.4.1 调查概况

5.4.1.1 海洋沉积物

本次调查时间为2023年11月20日~11月22日，共设沉积物调查站位12个，具体站位详见表5.3.2-2和图5.3.2-2。

5.4.1.2 潮间带沉积物

本次调查时间为2025年5月28日，共设潮间带沉积物调查站位3个，具体调查站位详见表5.4.1-1和图5.4.1-1。

表 5.4.1-1 潮间带沉积物调查站位

站位	坐标		备注
	经度（E）	纬度（N）	
J01			每条断面分别位于高潮带、中潮带、低潮带各设1个监测点
J02			
J03			

图 5.4.1-1 潮间带沉积物调查站位布设示意图

5.4.2 调查项目

调查项目包括 pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷、粒度。

5.4.3 采样与分析方法

5.4.3.1 采样方法

（1）海洋沉积物样品采集

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）中的要求，进行海洋沉积物样品的采

集、保存与运输。

①到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与 0.05m^2 抓斗式采泥器连接，同时测量站位水深，开动绞车将采泥器下放至离海底 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ 时，全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上，打开采泥器上部耳盖，轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后，用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部 $0\text{cm}\sim 1\text{cm}$ 的沉积物。如遇砂砾层，可在 $0\text{cm}\sim 3\text{cm}$ 层内混合取样；

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

③取样和处理样品时，注意层次，结构和代表性，同一采样点采集 $3\sim 6$ 次，将样品混合均匀分装。现场记录底质类型，并分装与处理、保存；

④稠度和粘性描述：流动、半流动、软泥、致密和固结，强粘性、弱粘性和无粘性的描述；

⑤分装顺序：重金属（铜、铅、镉、锌、铬、砷等）指标用聚乙烯袋分装大约 600g ；取大约 $100\sim 200\text{g}$ 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，加入约 5mL 醋酸锌，使样品隔离空气，供硫化物分析所用；再取 $500\sim 600\text{g}$ 湿样，盛入已洗净的 500mL 棕色玻璃瓶内，供含水率、有机碳、石油类、总汞等指标分析所用；

⑥分装要求：样品瓶（袋）要贴标签，并将样品瓶号及样品箱号记入现场描述记录表内，在柱状样品的取样位置上放入标签，其编号与瓶（袋）号一致。认真作好采样详细记录；

⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗；

⑧记录采样点位的经纬度、拍摄采样照片、记录可能影响结果的现场情况或拍摄视频记录等，出具数据时一并提供。

（2）潮间带沉积物样品采集

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《潮间带调查规范》（GB/T 42639-2023）中的要求，进行潮间带沉积物样品的采集、保存与运输。

①表层沉积物样品采集可使用采样铲、挖勺、抓斗等各种可行工具；

②人工现场调查时，宜在大潮低潮期间进行，高、中滩调查也可在中、小潮期间进行；

③底质为基岩或大块砾石的潮间带，可不采集样品，但应设置观测站位，记录

底质类型与位置信息；

④潮间带沉积物采集：采集沉积物样品。用塑料刀或勺在调查站位仔细取上部 0cm~1cm 的沉积物。如遇砂砾层，可在 0cm~3cm 层内混合取样；

⑤表层沉积物样品应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度），记录描述一定用铅笔书写；

⑥取样和处理样品时，注意层次，结构和代表性，将样品混合均匀分装，现场记录底质类型，并分装与处理、保存；

⑦稠度和粘性描述：流动、半流动、软泥、致密和固结，强粘性、弱粘性和无粘性的描述；

⑧分装顺序：重金属（铜、铅、镉、锌、铬、砷等）指标用聚乙烯袋分装大约 600g；取大约 100~200g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，加入约 5ml 醋酸锌，使样品隔离空气，供硫化物分析所用；再取 500~600g 湿样，盛入已洗净的 500mL 棕色玻璃瓶内，供含水率、有机碳、石油类、总汞等指标分析所用；

⑨分装要求：样品瓶（袋）要贴标签，并将样品瓶号及样品箱号记入现场描述记录表内，在柱状样品的取样位置上放入标签，其编号与瓶（袋）号一致。认真作好采样详细记录；

⑩记录采样点位的经纬度、拍摄采样照片、记录可能影响结果的现场情况或拍摄视频记录等，出具数据时一并提供。

5.4.3.2 分析方法

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，各项目的分析方法如表 5.4.3-1。

表 5.4.3-1 沉积物项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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	/
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%
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
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
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

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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
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
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
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
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
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
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	/
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	/

5.4.4 评价方法与评价标准

5.4.4.1 评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i = C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第*i*种评价因子的质量指数；

C_i 为第*i*种评价因子的实测值；

C_{si} 为第*i*种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

5.4.4.2 评价标准

(1) 海洋沉积物

对于近岸海域环境功能区划覆盖的区域，沉积物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准，最高为一类沉积物质量标准。各调查站位沉积物质量执行标准见表 5.4.4-1。

表 5.4.4-1 各沉积物站位执行的标准要求一览表

调查站位	海水水质标准要求	沉积物质量标准要求
LY02	执行海水水质第三类标准	执行海洋沉积物质量第二类标准
注：其余站位不位于近岸海域功能区划中，无沉积物质量目标管理要求，按沉积物质量类别符合性分析。		

(2) 潮间带沉积物

对于近岸海域环境功能区划覆盖的区域，沉积物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准，最高为一类沉积物质量标准。各调查站位沉积物质量

量执行标准见表 5.4.4-2。

表 5.4.4-2 各沉积物站位执行的标准要求一览表

调查站位	海水水质标准要求	沉积物质量标准要求
J01、J02、J03	执行海水水质第三类标准	执行海洋沉积物质量第二类标准

5.4.5 沉积物质量调查结果与评价

5.4.5.1 调查结果

(1) 海洋沉积物

① 粒度分析结果

按《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) 粒级间隔为 1ϕ ，粒级组成为 $1\sim >11\phi$ 。沉积物样品的分析统计结果及粒级组成见表 5.4.5-1。

该项目海域海洋沉积物砂含量在 2.49 %~61.43%，平均值为 25.66%，粉砂含量在 28.00 %~67.27%，平均值为 53.79%，粘土含量在 10.57 %~30.28%，平均值为 20.55%。LY02、LY06、LY09、LY13、LY15、LY16 和 LY17 等 7 个调查站位的沉积物样品类型均为：粘土质粉砂 YT，LY07 站位和 CD20 站位的沉积物样品类型为：砂质粉砂 ST，LY11、LY19 和 CD18 等 3 个调查站位的沉积物样品类型为：粉砂质砂 TS。

② 沉积物质量调查结果

沉积物的 pH 值变化范围为 7.89~8.31，平均为 8.15，其中 LY19 站位的 pH 值最高，LY06 站位的 pH 值最低。

沉积物的风干样含水率变化范围为 $(0.82\sim 3.94)\times 10^{-2}$ ，平均为 1.87×10^{-2} ，其中 LY13 站位的含水率最高，CD20 站位的含水率最低。

沉积物的湿样含水率变化范围为 $(32.69\sim 55.03)\times 10^{-2}$ ，平均为 44.17×10^{-2} ，其中 LY15 站位的含水率最高，CD20 站位的含水率最低。

沉积物的有机碳含量变化范围为 $(0.25\sim 0.99)\times 10^{-2}$ ，平均为 0.72×10^{-2} ，其中 LY19 站位的有机碳含量最高，LY07 站位的有机碳含量最低。

沉积物的硫化物含量变化范围为 $(0.8\sim 83.1)\times 10^{-6}$ ，平均为 32.7×10^{-6} ，其中 LY06 站位的硫化物含量最高，CD20 站位的硫化物含量最低。

沉积物的石油类含量变化范围为 $(2.5\sim 44.9)\times 10^{-6}$ ，平均为 18.4×10^{-6} ，其中 LY06 站位的石油类含量最高，LY02 站位的石油类含量最低。

沉积物的铜含量变化范围为 $(16.2\sim34.2)\times10^{-6}$ ，平均为 27.2×10^{-6} ，其中 LY07 站位的铜含量最高，LY09 站位的铜含量最低。

沉积物的铅含量变化范围为 $(17.8\sim34.2)\times10^{-6}$ ，平均为 26.1×10^{-6} ，其中 LY13 站位的铅含量最高，LY07 站位的铅含量最低。

沉积物的镉含量变化范围为 $(0.04\sim0.14)\times10^{-6}$ ，平均为 0.05×10^{-6} ，其中 LY02 站位的镉含量最高。

沉积物的锌含量变化范围为 $(69.1\sim111)\times10^{-6}$ ，平均为 88.1×10^{-6} ，其中 LY13 站位的锌含量最高，CD20 站位的锌含量最低。

沉积物的铬含量变化范围为 $(60.3\sim78.7)\times10^{-6}$ ，平均为 69.6×10^{-6} ，其中 LY15 站位的铬含量最高，LY07 站位的铬含量最低。

沉积物的总汞含量变化范围为 $(0.038\sim0.116)\times10^{-6}$ ，平均为 0.078×10^{-6} ，其中 LY15 站位的总汞含量最高，CD18 站位的总汞含量最低。

沉积物的砷含量变化范围为 $(5.75\sim19.2)\times10^{-6}$ ，平均为 14.0×10^{-6} ，其中 LY06 站位的砷含量最高，CD18 站位的砷含量最低。

(2) 潮间带沉积物

沉积物的含水率变化范围为 $(8.03\sim24.29)\times10^{-2}$ ，平均为 14.41×10^{-2} ，其中 J02-低潮带站位的含水率最高，J01-高潮带站位的含水率最低。

沉积物的有机碳含量变化范围为 $(0.02\sim0.09)\times10^{-2}$ ，平均为 0.05×10^{-2} ，其中 J03-高潮带站位的有机碳含量最高。

沉积物的石油类含量变化范围为 $(1.0\sim28.1)\times10^{-6}$ ，平均为 4.5×10^{-6} ，其中 J01-低潮带站位的石油类含量最高。

沉积物的硫化物含量变化范围为 $(0.3\sim9.3)\times10^{-6}$ ，平均为 3.1×10^{-6} ，其中 J03-低潮带站位的硫化物含量最高。

沉积物的铜含量变化范围为 $(2.0\sim7.3)\times10^{-6}$ ，平均为 1.5×10^{-6} ，其中 J01-低潮带站位的铜含量最高。

沉积物的铅含量变化范围为 $(5.8\sim41)\times10^{-6}$ ，平均为 18.0×10^{-6} ，其中 J01-高潮带站位的铅含量最高，J02-低潮带站位的铅含量最低。

沉积物的镉含量变化范围为 $(0.04\sim0.07)\times10^{-6}$ ，平均为 0.04×10^{-6} ，其中 J02-低潮带站位的镉含量最高。

沉积物的锌含量变化范围为 $(16.7\sim56.1)\times10^{-6}$ ，平均为 42.2×10^{-6} ，其中 J02-中潮带站位的锌含量最高，J01-中潮带站位的锌含量最低。

沉积物的铬含量变化范围为 $(3.2\sim14.5)\times10^{-6}$ ，平均为 10.5×10^{-6} ，其中 J02-中潮带和 J02-低潮带站位的铬含量最高，J01-中潮带站位的铬含量最低。

沉积物的总汞含量变化范围为 $(0.008\sim0.017)\times10^{-6}$ ，平均为 0.013×10^{-6} ，其中 J03-高潮带站位的总汞含量最高，J01-中潮带站位的总汞含量最低。

沉积物的砷含量变化范围为 $(1.9\sim6.11)\times10^{-6}$ ，平均为 3.97×10^{-6} ，其中 J02-中潮带站位的砷含量最高，J01-中潮带站位的砷含量最低。

5.4.5.2 评价结果

(1) 海洋沉积物

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 5.4.5-4。

执行海洋沉积物质量第二类标准的站位有 LY02。由监测结果及标准指数表结果可知：LY02 调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

LY06、LY07、LY09、LY11、LY13、LY15、LY16、LY17、LY19、CD18 和 CD20 站位不位于近岸海域功能区划中，无沉积物质量目标管理要求，按沉积物质量类别符合性分析，即从第一类标准开始评价，评价到达标为止。由监测结果及标准指数表结果可知：LY06、LY07、LY09、LY11、LY13、LY15、LY16、LY17、LY19、CD18 和 CD20 站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

综上所述，本次调查海域执行近岸海域环境功能区划相应沉积物标准限值的站位中所有的监测因子均符合相应功能区沉积物质量标准限值要求。近岸海域功能区外接沉积物类别符合性评价的站位，各监测因子均符合沉积物水质第一类标准限值要求。

(2) 潮间带沉积物

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 5.4.5-5。

执行海洋沉积物质量第二类标准的站位有 J01、J02 和 J03。由监测结果及标准

指数表结果可知：J01、J02 和 J03 调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

综上所述，潮间带沉积物中所有站位监测指标均符合其所在功能区的标准限值。

表 5.4.5-1 海洋沉积物粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量

站位	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 $Mz(\Phi)$	分选系数 $\sigma_i(\Phi)$	偏态 Sk_i	峰态 Kg	中值粒径 $Md(\mu m)$	沉积物名称及代号
LY02	15.02	64.54	20.44	5.28	0.03	0.70	1.16	13.50	粘土质粉砂 YT
LY06	8.60	65.07	26.33	5.79	0.02	0.73	1.37	9.227	粘土质粉砂 YT
LY07	37.39	50.92	11.69	4.32	0.04	0.24	0.76	45.56	砂质粉砂 ST
LY09	14.38	63.85	21.77	5.35	0.03	0.73	1.46	12.69	粘土质粉砂 YT
LY11	51.14	35.47	13.39	3.24	0.13	0.59	1.06	67.90	粉砂质砂 TS
LY13	2.49	67.27	30.24	6.55	0.01	0.65	1.53	6.931	粘土质粉砂 YT
LY15	3.36	66.36	30.28	6.50	0.01	0.67	1.66	6.974	粘土质粉砂 YT
LY16	7.81	66.34	25.85	6.02	0.02	0.72	1.84	8.675	粘土质粉砂 YT
LY17	11.96	61.45	26.59	5.88	0.03	0.80	3.61	8.332	粘土质粉砂 YT
LY19	55.70	31.07	13.23	3.07	0.11	0.29	0.65	102.2	粉砂质砂 TS
CD18	61.43	28.00	10.57	3.15	0.09	0.02	0.60	117.4	粉砂质砂 TS
CD20	38.63	45.14	16.23	3.87	0.08	0.74	0.92	30.19	砂质粉砂 ST

表 5.4.5-2 海洋沉积物质量监测结果

站位	pH	风干样 含水率	湿样含 水率	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	/	$\times 10^{-2}$			$\times 10^{-6}$								
LY02	8.25	1.10	39.95	0.59	35.1	2.5	16.3	22.6	0.14	71.0	62.0	0.061	13.0
LY06	7.89	1.86	47.76	0.91	83.1	44.9	30.0	33.4	0.05	98.2	77.6	0.101	19.2
LY07	7.97	1.02	33.62	0.25	12.6	11.4	34.2	17.8	0.11	69.4	60.3	0.067	12.5
LY09	8.23	1.79	45.58	0.82	40.5	20.9	16.2	32.0	0.04L	91.9	72.2	0.093	16.0
LY11	8.22	1.32	41.20	0.64	11.0	17.0	33.7	24.6	0.04L	85.5	67.1	0.076	12.8
LY13	8.03	3.94	54.75	0.91	78.4	27.2	30.3	34.2	0.04L	111	76.2	0.103	18.1
LY15	7.99	2.66	55.03	0.95	45.4	21.1	18.9	30.4	0.06	109	78.7	0.116	19.1
LY16	8.18	1.75	50.24	0.81	30.2	23.4	31.6	25.2	0.04L	95.3	71.0	0.083	15.8
LY17	8.14	3.71	52.49	0.89	40.0	24.6	33.7	31.2	0.05	103	78.3	0.089	15.5
LY19	8.31	1.20	36.03	0.99	13.3	12.9	27.2	22.1	0.04L	82.4	68.1	0.068	14.1

站位	pH	风干样 含水率	湿样含 水率	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	/	$\times 10^{-2}$			$\times 10^{-6}$								
CD18	8.28	1.24	40.72	0.48	2.1	7.8	27.1	20.3	0.05	71.8	60.7	0.038	5.75
CD20	8.30	0.82	32.69	0.39	0.8	7.1	26.8	19.4	0.04L	69.1	63.5	0.043	6.58
最小值	7.89	0.82	32.69	0.25	0.8	2.5	16.2	17.8	0.04L	69.1	60.3	0.038	5.75
最大值	8.31	3.94	55.03	0.99	83.1	44.9	34.2	34.2	0.14	111	78.7	0.116	19.2
平均值	8.15	1.87	44.17	0.72	32.7	18.4	27.2	26.1	0.05	88.1	69.6	0.078	14.0

注：①包含“L”的检测结果表明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，若未检出率少于等于 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 5.4.5-3 潮间带沉积物质量监测结果

站位	含水率	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	$\times 10^{-2}$		$\times 10^{-6}$								
J01-高潮带	8.03	0.02L	7.4	0.3L	2.0L	41.0	0.04L	36.9	4.1	0.010	2.47
J01-中潮带	11.72	0.02L	3.8	0.3	2.0L	28.6	0.04L	16.7	3.2	0.008	1.90
J01-低潮带	9.02	0.07	28.1	0.3L	7.3	33.1	0.04L	26.3	3.8	0.013	2.44
J02-高潮带	15.23	0.05	1.0L	1.3	2.4	9.8	0.04	49.2	13.3	0.013	4.83
J02-中潮带	13.16	0.07	1.0L	4.0	2.0L	15.9	0.05	56.1	14.5	0.012	6.11
J02-低潮带	24.29	0.04	1.0L	3.5	2.0L	5.8	0.07	46.8	14.5	0.014	4.29
J03-高潮带	16.47	0.09	1.0L	2.9	2.0L	7.0	0.04L	49.4	14.2	0.017	4.71
J03-中潮带	14.35	0.04	1.0L	6.4	2.0L	10.2	0.05	54.9	13.9	0.016	4.61
J03-低潮带	17.44	0.05	1.0L	9.3	2.0L	10.2	0.05	43.3	13.4	0.013	4.41
最小值	8.03	0.02L	1.0L	0.3L	2.0L	5.8	0.04L	16.7	3.2	0.008	1.9
最大值	24.29	0.09	28.1	9.3	7.3	41	0.07	56.1	14.5	0.017	6.11
平均值	14.41	0.05	4.5	3.1	1.5	18.0	0.04	42.2	10.5	0.013	3.97

注：①包含“L”的检测结果表明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，若未检出率少于等于 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 5.4.5-4a 海洋沉积物监测站位各要素标准指数（执行第二类海洋沉积物质量）

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
LY02	0.20	0.07	0.00	0.16	0.17	0.09	0.20	0.41	0.12	0.20
超标率%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若未检出率少于等于 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 5.4.5-4b 海洋沉积物监测站位各要素标准指数（沉积物质量类别符合性分析）

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
标准	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
LY06	0.46	0.28	0.09	0.86	0.56	0.10	0.65	0.97	0.51	0.96
LY07	0.13	0.04	0.02	0.98	0.30	0.22	0.46	0.75	0.34	0.63
LY09	0.41	0.14	0.04	0.46	0.53	0.04	0.61	0.90	0.47	0.80
LY11	0.32	0.04	0.03	0.96	0.41	0.04	0.57	0.84	0.38	0.64
LY13	0.46	0.26	0.05	0.87	0.57	0.04	0.74	0.95	0.52	0.91
LY15	0.48	0.15	0.04	0.54	0.51	0.12	0.73	0.98	0.58	0.96
LY16	0.41	0.10	0.05	0.90	0.42	0.04	0.64	0.89	0.42	0.79
LY17	0.45	0.13	0.05	0.96	0.52	0.10	0.69	0.98	0.45	0.78
LY19	0.50	0.04	0.03	0.78	0.37	0.04	0.55	0.85	0.34	0.71
CD18	0.24	0.01	0.02	0.77	0.34	0.10	0.48	0.76	0.19	0.29
CD20	0.20	0.00	0.01	0.77	0.32	0.04	0.46	0.79	0.22	0.33

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若未检出率少于等于 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 5.4.5-5 潮间带沉积物监测站位（执行第二类海洋沉积物质量）各要素标准指数

站位	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
J01-高潮带	0.00	0.01	0.00	0.01	0.32	0.01	0.11	0.03	0.02	0.04
J01-中潮带	0.00	0.00	0.00	0.01	0.22	0.01	0.05	0.02	0.02	0.03
J01-低潮带	0.02	0.03	0.00	0.07	0.25	0.01	0.08	0.03	0.03	0.04
J02-高潮带	0.02	0.00	0.00	0.02	0.08	0.03	0.14	0.09	0.03	0.07
J02-中潮带	0.02	0.00	0.01	0.01	0.12	0.03	0.16	0.10	0.02	0.09
J02-低潮带	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.05	0.13	0.10	0.03	0.07
J03-高潮带	0.03	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.14	0.09	0.03	0.07
J03-中潮带	0.01	0.00	0.01	0.01	0.08	0.03	0.16	0.09	0.03	0.07
J03-低潮带	0.02	0.00	0.02	0.01	0.08	0.03	0.12	0.09	0.03	0.07
超标率%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若未检出率少于等于 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。

5.5 海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2024年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024年5月）和《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023年秋季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024年5月），由广州海兰图检测技术有限公司分别于2024年3月和2023年11月在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据。具体调查站位详见5.3.2.1节。

5.5.1 调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷和石油烃。

5.5.2 采样与分析方法

5.5.2.1 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，选取具有代表性的样品进行分析检测。

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。

5.5.2.2 分析方法

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，各项的分析方法如表5.5.2-1。

表 5.5.2-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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
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
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
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
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

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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
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
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

5.5.3 评价方法与评价标准

5.5.3.1 评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i = C_i / C_{si}$ 。

式中： P_i 为第*i*种评价因子的质量指数；

C_i 为第*i*种评价因子的实测值；

C_{si} 为第*i*种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的生物质量标准。

5.5.3.2 评价标准

春秋季采集到的鱼类、甲壳类、软体类采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录C其他海洋生物质量参考值中的标准进行评价。

5.5.4 海洋生物质量调查结果与评价

5.5.4.1 调查结果

（1）春季

生物质量调查结果见表5.5.4-1。

生物质量的石油烃含量变化范围为（9.0~22.4）mg/kg，平均值为13.9mg/kg，其中LY11采集到的口虾蛄生物体中石油烃含量最高，LY02采集到的隆线强蟹生物体中石油烃含量最低。

生物质量的铜含量变化范围为（0.4L~11.6）mg/kg，平均值为2.5mg/kg，其中LY11采集到的口虾蛄生物体中铜含量最高。

生物质量的铅含量变化范围为（0.04L~0.13）mg/kg，平均值为0.07mg/kg，其中LY02采集到的隆线强蟹生物体中铅含量最高。

生物质量的镉含量变化范围为（0.005L~0.013）mg/kg，平均值为0.008mg/kg，其中LY06采集到的佩氏骨鲮和LY13采集到的黑鳃兔头鲷生物体中镉含量最高。

生物质量的锌含量变化范围为（3.0~26.4）mg/kg，平均值为12.1mg/kg，其中

LY15 采集到的直额螯生物体中锌含量最高，CD13 采集到的日本金线鱼生物体中锌含量最低。

生物质量的铬含量变化范围为（0.19~0.41）mg/kg，平均值为 0.28mg/kg，其中 CD17 采集到的膜蛸生物体中铬含量最高，LY06 采集到的佩氏骨鲇生物体中铬含量最低。

生物质量的总汞含量变化范围为（0.010~0.181）mg/kg，平均值为 0.033mg/kg，其中 LY19 采集到的棕斑兔头鲈生物体中汞含量最高，LY20 采集到的短尾大眼鲷生物体中汞含量最低。

生物质量的砷含量变化范围为（0.2L~3.5）mg/kg，平均值为 0.9mg/kg，其中 CD17 采集到的膜蛸生物体中砷含量最高。

（2）秋季

生物质量调查结果见表 5.5.4-2。

生物质量的石油烃含量变化范围为（5.1~12.1）mg/kg，平均值为 9.2mg/kg，其中 LY20 采集到的广东蛸生物体中石油烃含量最高，LY11 采集到的杜氏梭鲈生物体中石油烃含量最低。

生物质量的铜含量变化范围为（0.4L~13.6）mg/kg，平均值为 4.3mg/kg，其中 LY16 采集到的直额螯生物体中铜含量最高。

生物质量的铅含量变化范围为（0.04L~0.13）mg/kg，平均值为 0.05mg/kg，其中 LY13 采集到的口虾蛄生物体中铅含量最高。

生物质量的镉含量变化范围为（0.005L~0.296）mg/kg，平均值为 0.036mg/kg，其中 LY19 采集到的伍氏平虾蛄生物体中镉含量最高。

生物质量的锌含量变化范围为（3.3~29.3）mg/kg，平均值为 14.1mg/kg，其中 CD18 采集到的红星梭子蟹生物体中锌含量最高，CD20 采集到的日本金线鱼生物体中锌含量最低。

生物质量的铬含量变化范围为（0.22~0.44）mg/kg，平均值为 0.29mg/kg，其中 LY07 采集到的须赤虾生物体中铬含量最高，LY09 采集到的食蟹豆齿鳗和 LY15 采集到的周氏新对虾生物体中铬含量最低。

生物质量的总汞含量变化范围为（0.014~0.155）mg/kg，平均值为 0.038mg/kg，其中 LY09 采集到的食蟹豆齿鳗生物体中汞含量最高，LY15 采集到的

周氏新对虾生物体中汞含量最低。

生物质量的砷含量变化范围为 (0.2~6.1) mg/kg, 平均值为 2.4mg/kg, 其中 LY16 采集到的直额螳和 LY20 采集到的广东蛸生物体中砷含量最高。

5.5.4.2 评价结果

(1) 春季

采用上述单项指数法, 对现状监测结果进行标准指数计算, 各监测点生物体评价因子的标准指数见表 5.5.4-3。

由监测结果及标准指数表结果可知: 在 LY11 站位采集到的甲壳类生物体内的石油烃超标, 超标率为 7.1%; 在 CD17 站位采集到的软体类、LY13 站位采集到的鱼类和 LY15 站位采集到的甲壳类生物体内的砷超标, 超标率为 21.4%。其余站位采集到的鱼类、甲壳类生物体的污染物含量均达到生物质量标准限值。

超标原因分析: 根据生态毒理学报告 2019 年第 14 卷第 1 期《海洋生物体内砷含量及其形态研究进展》(张伟等), 由于海洋环境污染, 且海洋生物对砷具有较强的富集能力, 在摄食过程中会不断积累砷, 随着食物链的传递, 砷在生物体内的浓度逐渐升高。船舶在航行过程中的含油污水排放、燃油泄漏以及船舶事故性溢油等, 是海洋中石油烃的重要来源。这些石油烃会在海水中扩散, 生物将其摄入体内, 导致石油烃超标。

(2) 秋季

采用上述单项指数法, 对现状监测结果进行标准指数计算, 各监测点生物体评价因子的标准指数见表 5.5.4-4。

由监测结果及标准指数表结果可知: LY01、LY11 站位采集到的鱼类、LY07、LY13、LY15、LY16、LY19、CD18 站位采集到的甲壳类和 LY20 采集到的软体类生物体内的砷超标, 超标率为 64.3%。其余站位采集到的鱼类、甲壳类生物体的污染物含量均达到生物质量标准限值。

超标原因分析: 根据生态毒理学报告 2019 年第 14 卷第 1 期《海洋生物体内砷含量及其形态研究进展》(张伟等), 由于海洋环境污染, 且海洋生物对砷具有较强的富集能力, 在摄食过程中会不断积累砷, 随着食物链的传递, 砷在生物体内的浓度逐渐升高。

表 5.5.4-1 春季海洋生物质量监测结果 (湿重, 单位: mg/kg)

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
CD13	鱼类	日本金线鱼	14.8	0.4L	0.05	0.005	3.0	0.21	0.029	0.2L
CD17	软体类	膜蚶	19.6	4.4	0.08	0.007	13.3	0.41	0.011	3.5
LY02	甲壳类	隆线强蟹	9.0	1.0	0.13	0.009	10.2	0.31	0.018	0.4
LY03	鱼类	尖吻小公鱼	12.6	6.6	0.04L	0.006	22.2	0.35	0.011	0.5
LY06	鱼类	佩氏骨鲮	11.9	0.7	0.08	0.013	6.8	0.19	0.012	0.2L
LY07	鱼类	杜氏梭鲈	16.5	1.0	0.07	0.010	13.8	0.35	0.026	0.4
LY09	鱼类	鹿斑仰口鲷	10.0	0.7	0.07	0.007	10.9	0.23	0.017	0.5
LY11	甲壳类	口虾蛄	22.4	11.6	0.05	0.009	24.4	0.26	0.030	0.9
LY13	鱼类	黑鳃兔头鲈	10.1	0.4L	0.06	0.013	8.6	0.31	0.018	1.4
LY15	甲壳类	直额螯	12.5	6.8	0.09	0.009	26.4	0.33	0.027	3.1
LY16	鱼类	花莲小沙丁鱼	16.0	1.1	0.07	0.010	8.8	0.24	0.028	0.2L
LY17	鱼类	颈斑项鲷	15.4	0.5	0.05	0.006	10.5	0.23	0.040	0.2L
LY19	鱼类	棕斑兔头鲈	10.4	0.4L	0.09	0.011	6.7	0.32	0.181	1.0
LY20	鱼类	短尾大眼鲷	13.5	0.6	0.05	0.005L	4.1	0.21	0.010	0.4
最小值			9.0	0.4L	0.04L	0.005L	3.0	0.19	0.010	0.2L
最大值			22.4	11.6	0.13	0.013	26.4	0.41	0.181	3.5
平均值			13.9	2.5	0.07	0.008	12.1	0.28	0.033	0.9

注：包含“L”的检测结果表明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，若未检出率少于等于 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 5.5.4-2 秋季海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
LY02	鱼类	孔虾虎鱼	7.8	0.4L	0.05	0.005L	7.9	0.31	0.077	2.6
LY03	鱼类	中颌梭鲈	9.1	0.6	0.04L	0.015	8.1	0.40	0.035	0.7
LY06	鱼类	缝鳞小沙丁鱼	9.8	0.6	0.04L	0.005L	8.0	0.25	0.016	0.4
LY07	甲壳类	须赤虾	9.0	5.7	0.10	0.016	14.3	0.44	0.020	5.9
LY09	鱼类	食蟹豆齿鲷	9.4	0.4L	0.04	0.005L	20.7	0.22	0.155	0.2L
LY11	鱼类	杜氏梭鲈	5.1	0.9	0.04L	0.013	6.5	0.23	0.049	1.1
LY13	甲壳类	口虾蛄	10.8	11.0	0.13	0.031	20.5	0.30	0.020	2.0
LY15	甲壳类	周氏新对虾	8.1	4.2	0.04	0.010	13.5	0.22	0.014	1.9
LY16	甲壳类	直额螯	8.4	13.6	0.05	0.025	19.3	0.29	0.025	6.1
LY17	鱼类	横带银口天竺鲷	8.6	0.4L	0.04L	0.005L	6.2	0.29	0.015	0.4
LY19	甲壳类	伍氏平虾蛄	11.4	11.0	0.04	0.296	18.7	0.26	0.020	2.5
LY20	软体类	广东蚶	12.1	0.8	0.04	0.011	20.9	0.35	0.021	6.1
CD18	甲壳类	红星梭子蟹	9.5	10.7	0.06	0.076	29.3	0.28	0.031	2.7
CD20	鱼类	日本金线鱼	9.1	0.4L	0.04L	0.005L	3.3	0.28	0.031	0.7
最小值			5.1	0.4L	0.04L	0.005L	3.3	0.22	0.014	0.2L
最大值			12.1	13.6	0.13	0.296	29.3	0.44	0.155	6.1
平均值			9.2	4.3	0.05	0.036	14.1	0.29	0.038	2.4

注：包含“L”的检测结果表明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，若未检出率少于等于 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 5.5.4-3 春季海洋生物监测站位各要素标准指数

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	总汞	砷
CD13	鱼类	日本金线鱼	0.74	0.01	0.03	0.01	0.08	0.10	0.10
CD17	软体类	膜蛸	0.98	0.04	0.01	0.00	0.05	0.04	3.50
LY02	甲壳类	隆线强蟹	0.45	0.01	0.07	0.00	0.07	0.09	0.40
LY03	鱼类	尖吻小公鱼	0.63	0.33	0.01	0.01	0.56	0.04	0.50
LY06	鱼类	佩氏骨鲻	0.60	0.04	0.04	0.02	0.17	0.04	0.10
LY07	鱼类	杜氏梭鲈	0.83	0.05	0.04	0.02	0.35	0.09	0.40
LY09	鱼类	鹿斑仰口鲷	0.50	0.04	0.04	0.01	0.27	0.06	0.50
LY11	甲壳类	口虾蛄	1.12	0.12	0.03	0.00	0.16	0.15	0.90
LY13	鱼类	黑鳃兔头鲈	0.51	0.01	0.03	0.02	0.22	0.06	1.40
LY15	甲壳类	直额螯	0.63	0.07	0.05	0.00	0.18	0.14	3.10
LY16	鱼类	花莲小沙丁鱼	0.80	0.06	0.04	0.02	0.22	0.09	0.10
LY17	鱼类	颈斑项鲷	0.77	0.03	0.03	0.01	0.26	0.13	0.10
LY19	鱼类	棕斑兔头鲈	0.52	0.01	0.05	0.02	0.17	0.60	1.00
LY20	鱼类	短尾大眼鲷	0.68	0.03	0.03	0.00	0.10	0.03	0.40
超标率%			7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若未检出率少于等于 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 5.5.4-4 秋季海洋生物监测站位各要素标准指数

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	总汞	砷
LY02	鱼类	孔虾虎鱼	0.39	0.01	0.03	0.00	0.20	0.26	2.60
LY03	鱼类	中颌梭鲈	0.46	0.03	0.01	0.03	0.20	0.12	0.70
LY06	鱼类	缝鳞小沙丁鱼	0.49	0.03	0.01	0.00	0.20	0.05	0.40
LY07	甲壳类	须赤虾	0.45	0.06	0.05	0.01	0.10	0.10	5.90
LY09	鱼类	食蟹豆齿鲈	0.47	0.01	0.02	0.00	0.52	0.52	0.10
LY11	鱼类	杜氏梭鲈	0.26	0.05	0.01	0.02	0.16	0.16	1.10
LY13	甲壳类	口虾蛄	0.54	0.11	0.07	0.02	0.14	0.10	2.00
LY15	甲壳类	周氏新对虾	0.41	0.04	0.02	0.01	0.09	0.07	1.90
LY16	甲壳类	直额螯	0.42	0.14	0.03	0.01	0.13	0.13	6.10
LY17	鱼类	横带银口天竺鲷	0.43	0.01	0.01	0.00	0.16	0.05	0.40
LY19	甲壳类	伍氏平虾蛄	0.57	0.11	0.02	0.15	0.12	0.10	2.50
LY20	软体类	广东蛸	0.61	0.01	0.00	0.00	0.08	0.07	6.10
CD18	甲壳类	红星梭子蟹	0.48	0.11	0.03	0.04	0.20	0.16	2.70
CD20	鱼类	日本金线鱼	0.46	0.01	0.01	0.00	0.08	0.10	0.70
超标率%			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.3

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若未检出率少于等于 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。

5.6海洋生态环境现状调查与评价

5.6.1 调查概况

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋生态环境现状调查监测报告（2024 年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 5 月）和《国能江门川

岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 5 月），由广州海兰图检测技术有限公司分别于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋生态环境现状调查数据。具体调查站位详见 5.3.2.1 节。

5.6.2 采集与处理方法

5.6.2.1 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，经 GF/F 玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于 50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于低温冷藏壶中，带回实验室分析，采用分光法测定叶绿素 a 的含量。初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。每 500mL 加入 2.00mL 碳酸镁溶液，使用抽滤泵抽滤。

5.6.2.2 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。

5.6.2.3 浮游动物

浮游动物样品用浅水 II 型浮游生物网（加重锤）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，然后在体视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，并提供其种类名录。

5.6.2.4 大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 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，并提供其种类名录。

5.6.2.5 潮间带生物

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。配套工具是平头铁锹。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；后用铁锹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。

5.6.2.6 鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，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。定量采样：网具使用浅水I型浮游生物网（水深 $<30\text{m}$ ）或大型浮游生物网（ $30\text{m}<\text{水深}<200\text{m}$ ）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，网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 2 节左右。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。

5.6.2.7 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调查船舶要求：游泳生物调查船应由专业调查船承担，或选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，调查船舶应具备能在调查海区中定位的卫星定位仪、能在调查海区与陆地基地联络的通讯设备，性能良好的探鱼仪和雷达，能随时观察曳网情况的网位仪，与调查水深和调查网具相匹配的起网机和起吊设备，具备渔获物样品冷藏库或冷冻库。

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 $2\text{n mile}\sim 3\text{n mile}$ 处放网，拖速控制在 $2\text{kn}\sim 3\text{kn}$ 左右，经 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）。

5.6.3 计算方法

(1) 初级生产力

采用叶绿素 a 法, 按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算:

$$P = C_a Q L t / 2$$

式中: P —初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$);

C_a —叶绿素 a 含量 (mg/m^3);

Q —同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-}a\cdot\text{h})$), 根据南海水产研究所以往调查结果取值, 见表 5.6.3-1;

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, 见表 5.6.3-1。

表 5.6.3-1 南海北部海域初级生产力估算系数

月份	季度	光照时间 (h) t	转化系数 (同化系数) Q
3-5	春	11	3.32
6-8	夏	13	3.12
9-11	秋	10.5	3.42
12-2	冬	9.5	3.52

(2) 优势度 (Y)

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

(3) Shannon-Weaver 多样性指数 (H')

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

(4) Pielou 均匀度指数 (J)

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

(5) Margalef 丰富度指数 (D)

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

上述 (2) ~ (5) 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。

(6) 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/m³)；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为 (ind)；

v—滤水量 (m³)。

(7) 渔业资源

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法 (密度指数法)，来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。

$$S = (y) / (a(1-E))$$

式中：S—重量密度 (kg/km²) 或个体密度 (ind/km²)；

a—底拖网每小时的扫海面积 (扫海宽度取浮网长度的 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)。

(8) 游泳生物优势种

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—某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

5.6.4 海洋生态调查结果与评价

5.6.4.1 叶绿素 a 与初级生产力

(1) 春季

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 a 变化范围在 (0.34~7.02) mg/m³，平均为 2.94mg/m³；10m 水层叶绿素 a 变化范围在 (0.29~5.11) mg/m³，平均为 1.48mg/m³；底层叶绿素 a 含量变化范围在 (0.23~6.50) mg/m³，平均为 1.84mg/m³。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 (0.29~6.76) mg/m^3 ，平均为 2.61 mg/m^3 ，LY06 站位叶绿素 a 平均值最高，CD17 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (139.579~1104.365) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 457.757 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，其中 LY11 站位初级生产力值最高，LY09 站位初级生产力值最低。

表 5.6.4-1 春季叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	透明度 (m)	叶绿素 a (mg/m^3)			站位叶绿素 a 均 值 (mg/m^3)	初级生产力 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
		表	10m	底		
CD13	14.2	0.53	0.40	0.37	0.43	334.487
CD17	13.8	0.34	0.29	0.23	0.29	219.230
LY02	1.5	5.54	/	/	5.54	455.222
LY03	1.6	4.57	/	/	4.57	400.551
LY06	2.5	7.02	/	6.50	6.76	925.782
LY07	2.5	5.47	/	3.53	4.50	616.275
LY09	2.6	1.92	0.53	0.49	0.98	139.579
LY11	4.5	4.99	4.33	4.12	4.48	1104.365
LY13	3.5	1.12	1.04	0.93	1.03	197.482
LY15	3.7	5.59	5.11	3.15	4.62	936.409
LY16	4.8	0.93	0.61	0.57	0.70	184.061
LY17	5.2	0.91	0.56	0.54	0.67	190.854
LY19	5.0	1.28	1.19	1.05	1.17	320.463
LY20	9.1	0.98	0.69	0.65	0.77	383.843
均值	5.3	2.94	1.48	1.84	2.61	457.757
变化范围	1.5~14.2	0.34~7.02	0.29~5.11	0.23~6.50	0.29~6.76	139.579~1104.365

注：“/”表示该层未采样。

(2) 秋季

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 a 变化范围在 (0.62~3.26) mg/m^3 ，平均为 1.58 mg/m^3 ；10m 水层叶绿素 a 变化范围在 (0.52~1.59) mg/m^3 ，平均为 1.03 mg/m^3 ；底层叶绿素 a 含量变化范围在 (0.36~1.36) mg/m^3 ，平均为 0.77 mg/m^3 。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 (0.52~3.26) mg/m^3 ，平均为 1.30 mg/m^3 ，LY03 站位叶绿素 a 平均值最高，CD18 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (148.560~1073.459) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 514.703 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，其中 LY17 站位初级生产力值最高，LY02 站位初级生产力值最低。

表 5.6.4-2 秋季叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	透明度 (m)	叶绿素 a (mg/m^3)			站位叶绿素 a 均 值 (mg/m^3)	初级生产力 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
		表	10m	底		
CD18	14.3	0.62	0.57	0.36	0.52	398.229

站位	透明度 (m)	叶绿素 a (mg/m^3)			站位叶绿素 a 均值 (mg/m^3)	初级生产力 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
		表	10m	底		
CD20	14.0	0.80	0.56	0.48	0.61	462.269
LY02	1.4	1.97	/	/	1.97	148.560
LY03	1.5	3.26	/	/	3.26	263.400
LY06	4.7	1.83	/	1.12	1.48	373.419
LY07	5.4	1.23	/	1.11	1.17	340.319
LY09	7.5	1.25	0.81	0.51	0.86	346.217
LY11	10.2	1.75	1.43	0.60	1.26	692.273
LY13	10.9	1.70	1.46	1.36	1.51	884.803
LY15	9.6	0.71	0.61	0.38	0.57	288.108
LY16	11.2	1.28	1.18	0.94	1.13	683.525
LY17	12.1	2.32	1.53	1.09	1.65	1073.459
LY19	9.4	2.74	1.59	0.89	1.74	881.016
LY20	12.8	0.66	0.52	0.43	0.54	370.246
均值	8.9	1.58	1.03	0.77	1.30	514.703
变化范围	1.4~14.3	0.62~3.26	0.52~1.59	0.36~1.36	0.52~3.26	148.560~1073.459

注：“/”表示该层未采样。

5.6.4.2 浮游植物

(1) 春季

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 3 门 4 纲 12 目 26 科 133 种。硅藻门种类最多，共 13 科 88 种，占总种类数的 66.17%；甲藻门种类次之，出现 12 科 43 种，占总种类数的 32.33%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.50%。

②个体数量及占比

调查区域内各站位浮游植物个体数量分布差异较大，变化范围在 $(125.487\sim5340.629)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $1764.254\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，最高个体数量出现在 LY16 站位，最低个体数量出现在 CD17 站位。

从门类来看，14 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门个体数量范围在 $(118.280\sim5300.352)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $1705.650\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ；硅藻门各站位个体数量的占比在 89.34%~99.37%之间，各站位占比平均值为 95.61%。甲藻门个体数量范围在 $(4.835\sim269.629)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $57.897\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0.60%~10.66%之间，占比平均值为 4.29%；蓝藻门个体数量范围在 $(0\sim2.767)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $0.707\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0%~0.49%之间，占比平均值为 0.10%。

表 5.6.4-3 春季浮游植物各类群个体数量（个体数量单位为 $\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，百分比单位为%）

站位	总个体数量	硅藻门		甲藻门		其他类群	
		个体数量	百分比	个体数量	百分比	个体数量	百分比
CD13	135.502	130.202	96.09	4.985	3.68	0.315	0.23

站位	总个体数量	硅藻门		甲藻门		其他类群	
		个体数量	百分比	个体数量	百分比	个体数量	百分比
CD17	125.487	118.280	94.26	6.589	5.25	0.618	0.49
LY02	1352.756	1208.572	89.34	144.184	10.66	0	0
LY03	3139.110	2869.481	91.41	269.629	8.59	0	0
LY06	1552.668	1480.419	95.35	72.249	4.65	0	0
LY07	2011.606	1870.241	92.97	141.365	7.03	0	0
LY09	219.991	197.532	89.79	21.939	9.97	0.520	0.24
LY11	794.421	763.026	96.05	31.395	3.95	0	0
LY13	3454.364	3429.063	99.27	22.534	0.65	2.767	0.08
LY15	683.365	662.678	96.97	20.428	2.99	0.259	0.04
LY16	5340.629	5300.352	99.25	38.235	0.72	2.042	0.04
LY17	3746.435	3722.668	99.37	22.457	0.60	1.310	0.03
LY19	731.087	725.769	99.27	4.835	0.66	0.483	0.07
LY20	1412.141	1400.820	99.20	9.732	0.69	1.589	0.11
平均值	1764.254	1705.650	95.61	57.897	4.29	0.707	0.10

③优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 8 种, 分别为劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、格氏圆筛藻 (*Coscinodiscus granii*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*)、优美旭氏藻 (*Schroderella delicatula*) 和笔尖形根管藻 (*Rhizosolenia styliformis*) 等。其中劳氏角毛藻为第一优势种, 优势度为 0.232, 平均个体数量为 $396.434 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$, 占各站位平均个体数量的 22.47%。

表 5.6.4-4 春季浮游植物优势度及其个体数量 (单位: ind/m^3)

种名	拉丁文	类群	优势度	平均个体数量	个体数量占比 (%)
劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	硅藻	0.232	396.434	22.47
格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i>	硅藻	0.085	398.609	22.59
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	硅藻	0.075	117.377	6.65
优美旭氏藻	<i>Schroderella delicatula</i>	硅藻	0.037	98.003	5.55
笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	硅藻	0.033	55.832	3.16
威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>	硅藻	0.028	95.076	5.39
柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	硅藻	0.026	61.843	3.51
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>	硅藻	0.021	49.132	2.78

④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 24~67 种。多样性指数范围在 1.804~4.676 之间, 平均值为 3.329, 多样性指数以 CD17 站位最高, LY03 站位最低; 均匀度指数范围在 0.375~0.771 之间, 平均值为 0.586, 均匀度指数以 CD17 站位最高, LY03 站位最低; 丰富度指数范围在 1.096~3.487 之间, 平均值为 2.372, 丰富度指数以 CD17 站位最高, LY03 站位最低。

表 5.6.4-5 春季浮游植物多样性、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)
CD13	57	4.371	0.749	2.918
CD17	67	4.676	0.771	3.487

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (D)
LY02	33	2.325	0.461	1.634
LY03	28	1.804	0.375	1.269
LY06	24	2.069	0.451	1.096
LY07	30	2.349	0.479	1.339
LY09	48	4.149	0.743	2.440
LY11	60	3.929	0.665	2.769
LY13	67	3.665	0.604	2.808
LY15	54	3.540	0.615	2.551
LY16	64	3.514	0.586	2.607
LY17	63	3.230	0.540	2.601
LY19	62	3.260	0.548	2.889
LY20	64	3.731	0.622	2.797
平均值	/	3.329	0.586	2.372

⑤小结

本次调查共记录浮游植物 3 门 4 纲 12 目 26 科 133 种, 个体数量变化范围在 $(125.487\sim5340.629)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $1764.254\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 。优势种共出现 8 种, 分别为劳氏角毛藻、格氏圆筛藻、透明辐杆藻、优美旭氏藻、笔尖形根管藻、威氏圆筛藻、柔弱伪菱形藻和丹麦细柱藻, 其中劳氏角毛藻为第一优势种。浮游植物的多样性指数平均值为 3.329, 均匀度指数平均值为 0.586, 丰富度指数平均值为 2.372。

(2) 秋季

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 25 科 129 种。硅藻门种类最多, 共 13 科 91 种, 占总种类数的 70.54%; 甲藻门种类次之, 出现 10 科 34 种, 占总种类数的 26.36%; 金藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.55%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.55%。

②个体数量及占比

调查区域内各站位浮游植物个体数量分布差异较大, 变化范围在 $(26.874\sim1134.633)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $322.200\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$, 最高个体数量出现在 CD18 站位, 最低个体数量出现在 LY16 站位。

从门类来看, 14 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门个体数量范围在 $(19.253\sim1110.212)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $290.259\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$; 硅藻门各站位个体数量的占比在 47.42%~97.85%之间, 各站位占比平均值为 80.57%。甲藻门个体数量范围在 $(1.278\sim57.082)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $22.286\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$; 各站位个体数量百分比在 1.35%~44.35%之间, 占比平均值为 13.44%; 其他类群 (包括金

藻门和蓝藻门) 个体数量范围在 $(2.303\sim 21.794) \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $9.655 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$; 各站位个体数量百分比在 0.80%~20.34%之间, 占比平均值为 6.00%。

表 5.6.4-6 秋季浮游植物各类群个体数量 (个体数量单位为 $\times 10^3 \text{ ind/m}^3$, 百分比单位为 %)

站位	总个体数量	硅藻门		甲藻门		其他类群	
		个体数量	百分比	个体数量	百分比	个体数量	百分比
CD18	1134.633	1110.212	97.85	15.288	1.35	9.133	0.80
CD20	589.718	532.860	90.36	35.064	5.95	21.794	3.70
LY02	155.478	132.279	85.08	10.989	7.07	12.210	7.85
LY03	88.992	79.251	89.05	7.109	7.99	2.632	2.96
LY06	138.088	65.836	47.68	57.082	41.34	15.170	10.99
LY07	100.645	47.727	47.42	44.632	44.35	8.286	8.23
LY09	241.917	211.418	87.39	18.126	7.49	12.373	5.11
LY11	509.903	492.168	96.52	6.897	1.35	10.838	2.13
LY13	72.584	44.258	60.97	22.769	31.37	5.557	7.66
LY15	105.276	80.690	76.65	18.620	17.69	5.966	5.67
LY16	26.874	19.253	71.64	2.156	8.02	5.465	20.34
LY17	324.681	294.122	90.59	21.286	6.56	9.273	2.86
LY19	55.147	51.566	93.51	1.278	2.32	2.303	4.18
LY20	966.862	901.992	93.29	50.704	5.24	14.166	1.47
平均值	322.200	290.259	80.57	22.286	13.44	9.655	6.00

③优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 5 种, 分别为海链藻属 (*Thalassiosira* sp.)、劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、红海束毛藻 (*Trichodesmium erythraeum*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*) 和拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*)。其中海链藻属为第一优势种, 优势度为 0.278, 平均个体数量为 $89.564 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$, 占各站位平均个体数量的 27.80%。

表 5.6.4-7 秋季浮游植物优势度及其个体数量 (单位: ind/m^3)

种名	拉丁文	类群	优势度	平均个体数量	个体数量占比 (%)
海链藻属	<i>Thalassiosira</i> sp.	硅藻	0.278	89.564	27.80
劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	硅藻	0.211	59.145	18.36
红海束毛藻	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	蓝藻	0.037	16.396	5.09
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	硅藻	0.028	13.509	4.19
拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	硅藻	0.022	9.148	2.84

④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 25~66 种。多样性指数范围在 2.287~4.404 之间, 平均值为 3.414, 多样性指数以 LY16 站位最高, LY03 站位最低; 均匀度指数范围在 0.394~0.797 之间, 平均值为 0.606, 均匀度指数以 LY16 站位最高, LY11 站位最低; 丰富度指数范围在 1.491~3.027 之间, 平均值为 2.652, 丰富度指数以 CD20 站位最高, LY03 站位最低。

表 5.6.4-8 秋季浮游植物多样性、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)
CD18	64	3.940	0.657	2.842
CD20	65	3.656	0.607	3.027
LY02	32	3.357	0.671	1.886
LY03	25	2.287	0.492	1.491
LY06	42	3.466	0.643	2.345
LY07	46	3.512	0.636	2.595
LY09	54	2.925	0.508	2.733
LY11	60	2.329	0.394	2.856
LY13	52	3.848	0.675	2.843
LY15	54	3.574	0.621	2.932
LY16	46	4.404	0.797	2.723
LY17	61	2.772	0.467	2.958
LY19	52	4.194	0.736	2.932
LY20	66	3.530	0.584	2.959
平均值	/	3.414	0.606	2.652

⑤小结

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 25 科 129 种, 个体数量变化范围在 $(26.874\sim1134.633)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $322.200\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 。优势种共出现 5 种, 分别为海链藻属、劳氏角毛藻、红海束毛藻、透明辐杆藻和拟旋链角毛藻, 其中海链藻属为第一优势种。浮游植物的多样性指数平均值为 3.414, 均匀度指数平均值为 0.606, 丰富度指数平均值为 2.652。

5.6.4.3 浮游动物

(1) 春季

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 5 门 9 纲 17 目 36 科 74 种 (包括浮游幼体 14 种)。分属 10 个不同类群, 即水母类、枝角类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体。其中, 以桡足类最多, 为 36 种, 占总种类数的 48.65%; 浮游幼体次之, 出现 14 种, 占总种类数的 18.92%; 其他类群出现种类较少。

②个体数量与生物量

14 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 $(247.46\sim2537.04)\text{mg}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $554.791\text{mg}/\text{m}^3$, 其中 LY03 站位生物量最高, LY13 站位生物量最低; 浮游动物个体数量变化范围在 $(1584.563\sim24490.739)\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $5403.402\text{ind}/\text{m}^3$, 其中 LY03 站位个体数量最高, CD13 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看, 本次调查桡足类个体数量最高, 为 $2752.249\text{ind}/\text{m}^3$, 占总个体

数量的 50.94%；其次是浮游幼体，个体数量为 1407.132ind/m³，占总个体数量的 26.04%。

表 5.6.4-9 春季浮游动物生物量统计

站位	全网数量 (ind)	个体数量 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
CD13	5603	1584.563	281.39
CD17	10112	3175.885	297.74
LY02	3666	7900.865	1293.10
LY03	15870	24490.739	2537.04
LY06	4993	4657.65	662.31
LY07	9310	7096.041	353.66
LY09	7303	3191.869	250.87
LY11	7715	2949.163	388.76
LY13	10757	3908.79	247.46
LY15	5275	2507.131	293.25
LY16	7565	2686.433	297.23
LY17	10025	3140.667	305.14
LY19	7414	2979.901	300.64
LY20	18371	5377.93	258.49
平均值	8856	5403.402	554.791

表 5.6.4-10 春季浮游动物各类群分布

类群	平均个体数量 (ind/m ³)	占比 (%)
水母类	17.566	0.33
枝角类	450.167	8.33
被囊类	3.046	0.06
有尾类	717.904	13.29
腹足类	16.767	0.31
毛颚类	16.278	0.30
介形类	22.130	0.41
桡足类	2752.249	50.94
樱虾类	0.164	0.00
浮游幼体	1407.132	26.04

③优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 9 种。分别为小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、桡足幼体 (*Copepoda larvae*)、异体住囊虫 (*Oikopleura dioica*) 和拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*) 等。其中小拟哲水蚤为第一优势种，优势度为 0.217，平均个体数量为 1524.671ind/m³，占各站位平均个体数量的 28.22%，出现频率 100%。

表 5.6.4-11 春季浮游动物优势种组成

优势种	拉丁名	优势度 (Y)	平均个体数量 (ind/m ³)	个体数量占比 (%)
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	0.217	1524.671	28.22
桡足幼体	<i>Copepoda larvae</i>	0.194	891.11	16.49
异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>	0.111	717.904	13.29
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	0.067	236.341	4.37

优势种	拉丁名	优势度 (Y)	平均个体数量 (ind/m ³)	个体数量占比 (%)
多毛类幼体	Polychaeta larva	0.063	250.178	4.63
中隆水蚤	Oncaea media	0.040	134.339	2.49
多型大眼蚤	Polyphemus polyphemoides	0.035	332.804	6.16
针刺拟哲水蚤	Paracalanus aculeatus	0.024	95.159	1.76
长尾类幼虫	Macrura larva	0.021	70.577	1.31

④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 17~40 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.387~4.183 之间,平均值为 3.280,其中 LY19 站位最高,LY03 站位最低;均匀度指数变化范围在 0.526~0.786 之间,平均值为 0.663,其中 LY19 站位最高,LY09 站位最低;丰富度指数范围在 1.147~3.132 之间,平均值为 2.353,丰富度指数以 CD13 站位最高,LY03 站位最低。

表 5.6.4-12 春季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)
CD13	40	3.771	0.709	3.132
CD17	36	3.296	0.638	2.631
LY02	19	2.747	0.647	1.520
LY03	17	2.387	0.584	1.147
LY06	21	2.815	0.641	1.628
LY07	26	2.882	0.613	1.896
LY09	34	2.674	0.526	2.571
LY11	35	3.593	0.700	2.633
LY13	34	3.407	0.670	2.464
LY15	29	3.402	0.700	2.264
LY16	34	3.500	0.688	2.561
LY17	38	3.589	0.684	2.784
LY19	40	4.183	0.786	3.034
LY20	39	3.672	0.695	2.683
平均值	/	3.280	0.663	2.353

⑤小结

本次调查共记录浮游动物 5 门 9 纲 17 目 36 科 74 种 (包括浮游幼体 14 种)。浮游动物生物量变化范围在 (247.46~2537.04) mg/m³ 之间,平均值为 554.791mg/m³。个体数量变化范围在 (1584.563~24490.739) ind/m³ 之间,平均值为 5403.402ind/m³。优势种共 9 种,分别为小拟哲水蚤、桡足幼体、异体住囊虫、拟长腹剑水蚤、多毛类幼体、中隆水蚤、多型大眼蚤、针刺拟哲水蚤和长尾类幼虫,其中小拟哲水蚤为第一优势种。浮游动物多样性指数平均值为 3.280,均匀度指数平均值为 0.663,丰富度指数平均值为 2.353。

(2) 秋季

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 5 门 8 纲 14 目 28 科 62 种（包括浮游幼体 9 种）。分属 9 个不同类群，即水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 35 种，占总种类数的 56.45%；浮游幼体次之，出现 9 种，占总种类数的 14.52%；其他类群出现种类较少。

②个体数量与生物量

14 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（148.16~1043.86） mg/m^3 之间，平均值为 $392.66\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 LY02 站位生物量最高，LY17 站位生物量最低；浮游动物个体数量变化范围在（2644.581~26894.737） ind/m^3 之间，平均值为 $9182.732\text{ind}/\text{m}^3$ ，其中 LY02 站位个体数量最高，CD18 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查桡足类个体数量最高，为 $6067.236\text{ind}/\text{m}^3$ ，占总个体数量的 66.07%；其次是浮游幼体，个体数量为 $2540.657\text{ind}/\text{m}^3$ ，占总个体数量的 27.67%。

表 5.6.4-13 秋季浮游动物生物量统计

站位	全网数量 (ind)	个体数量 (ind/m^3)	生物量 (mg/m^3)
CD18	8780	2644.581	267.47
CD20	12576	4000.003	286.90
LY02	12264	26894.737	1043.86
LY03	15469	24476.268	950.95
LY06	18041	16955.829	558.27
LY07	12169	9218.939	409.09
LY09	13187	5783.771	200.44
LY11	14242	5494.599	286.65
LY13	16311	5892.706	250.00
LY15	15127	7189.638	358.37
LY16	18110	6449.433	299.86
LY17	9686	3072.969	148.16
LY19	17295	6906.947	240.81
LY20	12136	3577.827	196.34
平均值	13957	9182.732	392.66

表 5.6.4-14 秋季浮游动物各类群分布

类群	平均个体数量 (ind/m^3)	占比 (%)
水母类	18.765	0.20
被囊类	1.213	0.01
有尾类	282.657	3.08
腹足类	80.555	0.88
毛颚类	95.583	1.04
介形类	72.985	0.79
桡足类	6067.236	66.07
樱虾类	23.082	0.25
浮游幼体	2540.657	27.67

③优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游动物优势种共 7 种。分别为桡足幼体 (Copepoda larvae)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*) 和丽隆水蚤 (*Oncaea venusta*) 等。其中桡足幼体为第一优势种, 优势度为 0.281, 平均个体数量为 2279.394 ind/m³, 占各站位平均个体数量的 24.82%, 出现频率 100%。

表 5.6.4-15 秋季浮游动物优势种组成

优势种	拉丁名	优势度 (Y)	平均个体数量 (ind/m ³)	个体数量占比 (%)
桡足幼体	Copepoda larvae	0.281	2279.394	24.82
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	0.233	2518.903	27.43
针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>	0.091	1060.145	11.54
丽隆水蚤	<i>Oncaea venusta</i>	0.024	169.481	1.85
尖额谐猛水蚤	<i>Euterpina acutifrons</i>	0.023	150.881	1.64
红住囊虫	<i>Oikopleura rufescens</i>	0.021	242.069	2.64
小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i>	0.044	348.466	3.79

④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 14~35 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.372~3.796 之间, 平均值为 3.096, 其中 CD20 站位最高, LY03 站位最低; 均匀度指数变化范围在 0.623~0.740 之间, 平均值为 0.676, 其中 CD20 站位最高, LY03 站位最低; 丰富度指数范围在 0.934~2.497 之间, 平均值为 1.724, 丰富度指数以 CD20 站位最高, LY03 站位最低。

表 5.6.4-16 秋季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)
CD18	30	3.487	0.711	2.214
CD20	35	3.796	0.740	2.497
LY02	15	2.442	0.625	1.031
LY03	14	2.372	0.623	0.934
LY06	19	2.822	0.664	1.273
LY07	22	3.152	0.707	1.547
LY09	28	3.013	0.627	1.973
LY11	27	3.379	0.711	1.884
LY13	33	3.602	0.714	2.287
LY15	32	3.139	0.628	2.233
LY16	23	3.033	0.670	1.555
LY17	24	3.053	0.666	1.737
LY19	18	2.832	0.679	1.208
LY20	25	3.225	0.694	1.769
平均值	/	3.096	0.676	1.724

⑤小结

本次调查共记录浮游动物 5 门 8 纲 14 目 28 科 62 种 (包括浮游幼体 9 种)。浮游动物生物量变化范围在 (148.16~1043.86) mg/m³ 之间, 平均值为 392.66 mg/m³。

个体数量变化范围在 (2644.581~26894.737) ind/m³ 之间, 平均值为 9182.732ind/m³。优势种共 7 种, 分别为桡足幼体、小拟哲水蚤、针刺拟哲水蚤、丽隆水蚤、尖额谐猛水蚤、红住囊虫和小毛猛水蚤, 其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物多样性指数平均值为 3.096, 均匀度指数平均值为 0.676, 丰富度指数平均值为 1.724。

5.6.4.4 大型底栖生物

(1) 春季

①种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 8 门 12 纲 27 目 54 科 75 种, 分属 9 个不同类群, 即环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、星虫动物、脊索动物、纽形动物、刺胞动物和半索动物。其中环节动物种类数最多, 为 30 种, 占种类总数的 40.00%, 软体动物 20 种, 占种类总数的 26.67%, 节肢动物 13 种, 占种类总数的 17.33%。

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 14 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.435~83.745) g/m² 之间, 平均生物量为 15.178g/m², 其中 LY06 站位的生物量最高, CD13 站位生物量最低; 栖息密度范围在 (15.000~195.000) ind/m² 之间, 平均栖息密度为 65.357ind/m², 其中 LY15 站位的栖息密度最高, LY02 站位栖息密度最低。

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环节动物平均生物量最高, 平均生物量为 6.599g/m², 占比为 43.48%; 其次为软体动物, 平均生物量为 6.569g/m², 占比为 43.28%, 最低为纽形动物, 平均生物量为 0.006g/m², 占比为 0.04%。

环节动物平均栖息密度最高, 为 24.286ind/m², 占比为 37.16%; 其次为棘皮动物, 平均栖息密度为 20.714ind/m², 占比为 31.69%, 最低为纽形动物、刺胞动物和半索动物, 平均栖息密度均为 0.357ind/m², 分别占总栖息密度的 0.55%。

表 5.6.4-17 春季大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m²)

站位	环节	软体	节肢	棘皮	星虫	脊索	纽形	刺胞	半索	合计
CD13	0.310	0	0.035	0	0	0	0.090	0	0	0.435
CD17	0.200	0	0.105	0	0	0	0	0	5.555	5.860
LY02	0.080	3.230	0	0	0	0	0	0	0	3.310
LY03	1.440	3.000	0	0	0	0	0	0	0	4.440

站位	环节	软体	节肢	棘皮	星虫	脊索	纽形	刺胞	半索	合计
LY06	10.710	70.035	0	2.120	0.565	0	0	0.315	0	83.745
LY07	11.345	1.600	0.440	0.270	0.005	0	0	0	0	13.660
LY09	26.330	8.940	3.900	1.130	0	1.025	0	0	0	41.325
LY11	1.350	0	0.820	1.490	0	0	0	0	0	3.660
LY13	0	1.270	0.085	0.090	0	0	0	0	0	1.445
LY15	37.130	0.945	0.445	3.145	0	0	0	0	0	41.665
LY16	1.070	0.900	0.005	0.550	0	0	0	0	0	2.525
LY17	0.460	0.345	0	0.230	0	0	0	0	0	1.035
LY19	0.275	1.415	0.045	0.055	0	0	0	0	0	1.790
LY20	1.680	0.285	0.435	2.735	0	2.455	0	0	0	7.590
合计	92.380	91.965	6.315	11.815	0.570	3.480	0.090	0.315	5.555	212.485
均值	6.599	6.569	0.451	0.844	0.041	0.249	0.006	0.023	0.397	15.178
最大值	37.130	70.035	3.900	3.145	0.565	2.455	0.090	0.315	5.555	83.745
最小值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.435
平均值占比	43.48	43.28	2.97	5.56	0.27	1.64	0.04	0.15	2.61	/

表 5.6.4-18 春季大型底栖生物栖息密度分布 (单位: ind/m²)

站位	环节	软体	节肢	棘皮	星虫	脊索	纽形	刺胞	半索	合计
CD13	10.000	0	5.000	0	0	0	5.00 0	0	0	20.000
CD17	10.000	0	10.00 0	0	0	0	0	0	5.00 0	25.000
LY02	10.000	5.000	0	0	0	0	0	0	0	15.000
LY03	20.000	5.000	0	0	0	0	0	0	0	25.000
LY06	35.000	55.000	0	15.000	5.000	0	0	5.00 0	0	115.00 0
LY07	60.000	10.000	5.000	5.000	5.000	0	0	0	0	85.000
LY09	60.000	25.000	15.00 0	85.000	0	5.000	0	0	0	190
LY11	20.000	0	5.000	20.000	0	0	0	0	0	45.000
LY13	0	10.000	20.00 0	10.000	0	0	0	0	0	40.000
LY15	35.000	25.000	10.00 0	125.00 0	0	0	0	0	0	195.00 0
LY16	25.000	5.000	5.000	5.000	0	0	0	0	0	40.000
LY17	20.000	5.000	0	5.000	0	0	0	0	0	30.000
LY19	20.000	15.000	5.000	10.000	0	0	0	0	0	50.000
LY20	15.000	5.000	5.000	10.000	0	5.000	0	0	0	40.000
合计	340.00 0	165.00 0	85.00 0	290.00 0	10.00 0	10.00 0	5.00 0	5.00 0	5.00 0	915.00 0
均值	24.286	11.786	6.071	20.714	0.714	0.714	0.35 7	0.35 7	0.35 7	65.357
最大值	60.000	55.000	20.00 0	125.00 0	5.000	5.000	5.00 0	5.00 0	5.00 0	195.00 0
最小值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.000
平均值占比	37.16	18.03	9.29	31.69	1.09	1.09	0.55	0.55	0.55	/

③优势种

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, 为光滑倍棘蛇尾 (*Amphioplus laevis*) 和洼颚倍棘蛇尾 (*Amphioplus depressus*), 光滑倍棘蛇尾为

第一优势种，优势度为 0.052。

表 5.6.4-19 春季大型底栖生物优势种组成

种名	拉丁文	优势度 (Y)
光滑倍棘蛇尾	<i>Amphioplus laevis</i>	0.052
洼颚倍棘蛇尾	<i>Amphioplus depressus</i>	0.021

④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 3~17 种，多样性指数变化范围在 1.585~3.969 之间，平均值为 2.631，其中 LY06 站位最高，LY02 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.619~1.000 之间，平均值为 0.938，其中 CD13、CD17、LY02、LY16 和 LY17 站位最高，LY15 站位最低；丰富度指数范围在 1.262~3.537 之间，平均值为 2.048，丰富度指数以 LY06 站位最高，LY02 站位最低。

表 5.6.4-20 春季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)
CD13	4	2.000	1.000	1.500
CD17	5	2.322	1.000	1.723
LY02	3	1.585	1.000	1.262
LY03	4	1.922	0.961	1.292
LY06	17	3.969	0.971	3.537
LY07	9	2.652	0.837	1.957
LY09	16	3.448	0.862	2.858
LY11	7	2.642	0.941	1.893
LY13	7	2.750	0.980	2.000
LY15	13	2.291	0.619	2.270
LY16	8	3.000	1.000	2.333
LY17	6	2.585	1.000	1.934
LY19	8	2.922	0.974	2.107
LY20	7	2.750	0.980	2.000
平均值	/	2.631	0.938	2.048

⑤小结

本次调查共记录大型底栖生物 8 门 12 纲 27 目 54 科 75 种。大型底栖生物的生物量范围在 (0.435~83.745) g/m^2 之间，平均生物量为 15.178 g/m^2 。栖息密度范围在 (15.000~195.000) ind/m^2 之间，平均栖息密度为 65.357 ind/m^2 。优势种共有 2 种，分别为光滑倍棘蛇尾和洼颚倍棘蛇尾。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.631，均匀度指数平均值为 0.938，丰富度指数平均值为 2.048。

(2) 秋季

①种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 20 目 39 科 52 种，分属 7 个不同类群，即环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、纽虫动物、刺胞动物

和半索动物。其中环节动物种类数最多，为 28 种，占种类总数的 53.85%，节肢动物 9 种，占种类总数的 17.31%，软体动物 8 种，占种类总数的 15.38%。

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 14 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.230~50.865) g/m^2 之间，平均生物量为 11.219g/m^2 ，其中 LY07 站位的生物量最高，LY19 站位生物量最低；栖息密度范围在 (5.000~135.000) ind/m^2 之间，平均栖息密度为 48.214ind/m^2 ，其中 LY07 站位的栖息密度最高，CD18 和 LY19 站位栖息密度最低。

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环节动物平均生物量最高，平均生物量为 4.725g/m^2 ，占比为 42.12%；其次为软体动物，平均生物量为 4.283g/m^2 ，占比为 38.17%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.036g/m^2 ，占比为 0.32%。

环节动物平均栖息密度最高，为 23.929ind/m^2 ，占比为 49.63%；其次为棘皮动物，平均栖息密度为 13.214ind/m^2 ，占比为 27.41%，最低为刺胞动物和半索动物，平均栖息密度均为 0.357ind/m^2 ，分别占总栖息密度的 0.74%。

表 5.6.4-21 秋季大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m^2)

站位	环节	节肢	软体	棘皮	纽形	刺胞	半索	合计
CD18	0.280	0	0	0	0	0	0	0.280
CD20	0.095	0.185	0	0.160	0	0	0	0.440
LY02	4.925	0	0	1.060	0	0	0	5.985
LY03	5.650	0	29.335	1.255	0	0	0	36.240
LY06	26.860	0.840	13.540	0	0.480	1.100	0	42.820
LY07	21.655	10.795	13.300	5.115	0	0	0	50.865
LY09	0.190	0.230	0	0.115	0.020	0	0	0.555
LY11	0.695	1.205	3.780	1.315	0	0	2.830	9.825
LY13	0.225	0	0	2.300	0	0	0	2.525
LY15	0.585	0	0	1.420	0	0	0	2.005
LY16	0.540	0	0	0	0	0	0	0.540
LY17	4.180	0	0	0.295	0	0	0	4.475
LY19	0	0.230	0	0	0	0	0	0.230
LY20	0.275	0	0	0	0	0	0	0.275
合计	66.155	13.485	59.955	13.035	0.500	1.100	2.830	157.060
平均值	4.725	0.963	4.283	0.931	0.036	0.079	0.202	11.219
最大值	26.860	10.795	29.335	5.115	0.480	1.100	2.830	50.865
最小值	0	0	0	0	0	0	0	0.230
平均值占比	42.12	8.59	38.17	8.30	0.32	0.70	1.80	100.00

表 5.6.4-22 秋季大型底栖生物栖息密度分布 (单位: g/m^2)

站位	环节	节肢	软体	棘皮	纽形	刺胞	半索	合计
CD18	5.000	0	0	0	0	0	0	5.000
CD20	10.000	10.000	0	5.000	0	0	0	25.000

站位	环节	节肢	软体	棘皮	纽形	刺胞	半索	合计
LY02	35.000	0	0	15.000	0	0	0	50.000
LY03	65.000	0	25.000	10.000	0	0	0	10.0000
LY06	75.000	10.000	20.000	0	5.000	5.000	0	115.000
LY07	45.000	20.000	20.000	50.000	0	0	0	135.000
LY09	15.000	5.000	0	10.000	5.000	0	0	35.000
LY11	20.000	10.000	10.000	40	0	0	5.000	85.000
LY13	20.000	0	0	25.000	0	0	0	45.000
LY15	20.000	0	0	25.000	0	0	0	45.000
LY16	10.000	0	0	0	0	0	0	10.000
LY17	5.000	0	0	5.000	0	0	0	10.000
LY19	0	5.000	0	0	0	0	0	5.000
LY20	10.000	0	0	0	0	0	0	10.000
合计	335.000	60.000	75.000	185.000	10.000	5.000	5.000	675.000
平均值	23.929	4.286	5.357	13.214	0.714	0.357	0.357	48.214
最大值	75.000	20.000	25.000	50.000	5.000	5.000	5.000	135.000
最小值	0	0	0	0	0	0	0	5.000
平均值占比	49.63	8.89	11.11	27.41	1.48	0.74	0.74	/

③优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查的优势种共 1 种, 为洼颞倍棘蛇尾 (*Amphioplus depressus*), 优势度为 0.148。

表 5.6.4-23 秋季大型底栖生物优势种组成

种名	拉丁文	优势度 (Y)
洼颞倍棘蛇尾	<i>Amphioplus depressus</i>	0.148

④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 1~13 种, 多样性指数变化范围在 0~3.556 之间, 平均值为 1.744, 其中 LY06 站位最高, CD18 和 LY19 站位最低; 均匀度指数变化范围在 0.810~1.000 之间, 平均值为 0.925, 其中 CD20、LY16 和 LY17 站位最高, LY15 站位最低; 丰富度指数范围在 0.301~2.653 之间, 平均值为 1.502, 丰富度指数以 LY02 站位最高, LY06 站位最低。

表 5.6.4-24 秋季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)
CD18	1	0.000	—	—
CD20	5	2.322	1.000	1.723
LY02	2	0.881	0.881	0.301
LY03	12	3.446	0.961	2.545
LY06	13	3.556	0.961	2.653
LY07	13	3.052	0.825	2.524
LY09	5	2.236	0.963	1.425
LY11	9	2.696	0.850	1.957
LY13	3	1.352	0.853	0.631
LY15	5	1.880	0.810	1.262
LY16	2	1.000	1.000	1.000
LY17	2	1.000	1.000	1.000
LY19	1	0.000	—	—

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J')	丰富度指数 (D')
LY20	2	1.000	1.000	1.000
平均值	/	1.744	0.925	1.502

⑤小结

本次调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 20 目 39 科 52 种。大型底栖生物的生物量范围在 (0.230~50.865) g/m² 之间, 平均生物量为 11.219g/m²。栖息密度范围在 (5.000~135.000) ind/m² 之间, 平均栖息密度为 48.214ind/m²。优势种共有 1 种, 为洼颚倍棘蛇尾。大型底栖生物多样性指数平均值为 1.744, 均匀度指数平均值为 0.925, 丰富度指数平均值为 1.502。

5.6.4.5 潮间带生物

(1) 春季

①潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况: J01 为沙滩-岩石断面、J02 和 J03 断面为沙滩断面。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 20 科 29 种, 其中包括软体动物 14 种、节肢动物 7 种、环节动物 7 种, 星虫动物 1 种, 分别占种类总数的 48.28%、24.14%、24.14%和 3.45%。

②潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为 71.163g/m², 平均栖息密度为 47.777ind/m²。J02 断面的生物量最大, 为 93.603g/m²; J01 断面的栖息密度最大, 为 80.221ind/m²。

从类群分布来看, 3 个断面中软体动物的平均生物量最高, 其次是节肢动物; 节肢动物平均栖息密度最高, 其次是软体动物。

表 5.6.4-25 春季潮间带各断面生物量和栖息密度分布

断面	项目	环节	节肢	软体	合计
J01	栖息密度 (ind/m ²)	12.444	18.444	49.333	80.221
	生物量 (g/m ²)	1.027	11.845	59.262	72.134
J02	栖息密度 (ind/m ²)	3.333	23.333	7.111	33.777
	生物量 (g/m ²)	0.156	8.662	84.785	93.603
J03	栖息密度 (ind/m ²)	5.333	19.556	4.444	29.333
	生物量 (g/m ²)	0.071	7.684	39.996	47.751
平均值	栖息密度 (ind/m ²)	7.037	20.444	20.296	47.777
	生物量 (g/m ²)	0.418	9.397	61.348	71.163

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中, J02 断面的低潮带生物量最高, 为 215.916g/m²; 其次是 J01

断面的低潮带，生物量为 142.236g/m^2 ；J03 断面的高潮带生物量为最低，为 7.464g/m^2 。J01 断面低潮带的栖息密度最高，为 172.000ind/m^2 ；其次是 J01 断面的中潮带，栖息密度为 $66.666.000\text{ind/m}^2$ ；J01 断面的高潮带的栖息密度最低，为 2.000ind/m^2 。

表 5.6.4-26 春季潮间带各站位生物量和栖息密度分布

采样点	项目	环节动物	节肢动物	软体动物	总计
J01 高潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	2.000	0	2.000
	生物量 (g/m^2)	0	23.512	0	23.512
J01 中潮带	栖息密度 (ind/m^2)	5.333	5.333	56.000	66.666
	生物量 (g/m^2)	0.532	0.343	49.779	50.654
J01 低潮带	栖息密度 (ind/m^2)	32.000	48.000	92.000	172.000
	生物量 (g/m^2)	2.548	11.680	128.008	142.236
J02 高潮带	栖息密度 (ind/m^2)	6.000	38.000	8.000	52.000
	生物量 (g/m^2)	0.348	8.952	43.734	53.034
J02 中潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	12.000	1.333	13.333
	生物量 (g/m^2)	0	1.661	10.196	11.857
J02 低潮带	栖息密度 (ind/m^2)	4.000	20	12.000	36.000
	生物量 (g/m^2)	0.120	15.372	200.424	215.916
J03 高潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	16.000	0	16.000
	生物量 (g/m^2)	0	7.464	0	7.464
J03 中潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	26.667	1.333	28.000
	生物量 (g/m^2)	0	13.681	0.897	14.578
J03 低潮带	栖息密度 (ind/m^2)	16.000	16.000	12.000	44.000
	生物量 (g/m^2)	0.212	1.908	119.092	121.212

④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 $J02 > J01 > J03$ ，栖息密度由高到低排序为 $J01 > J02 > J03$ 。

表 5.6.4-27 春季潮间带生物水平分布

项目	J01	J02	J03
栖息密度 (ind/m^2)	80.222	33.778	29.333
生物量 (g/m^2)	72.134	93.602	47.751

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 $>$ 高潮带 $>$ 中潮带，栖息密度由高到低排序为低潮带 $>$ 中潮带 $>$ 高潮带。

表 5.6.4-28 春季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/m^2)	23.333	36.000	84.000
生物量 (g/m^2)	28.003	25.696	159.788

⑤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 5 种，分别为韦氏毛带蟹 (*Dotilla wickmanni*)、变化短齿蛤 (*Brachidontes*

variabilis)、青蚶 (*Barbatia obliquata*)、宽带活额寄居蟹 (*Diogenes fasciatus*) 和锥唇吻沙蚕 (*Glycera onomichiensis*)。其中韦氏毛带蟹为第一优势种, 优势度为 0.205。

表 5.6.4-29 春季潮间带生物优势种

种名	拉丁文	优势度 (<i>P</i>)
韦氏毛带蟹	<i>Dotilla wickhami</i>	0.205
变化短齿蛤	<i>Brachidontes variabilis</i>	0.041
青蚶	<i>Barbatia obliquata</i>	0.035
宽带活额寄居蟹	<i>Diogenes fasciatus</i>	0.030
锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>	0.022

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 1.812~3.290 之间, 平均值为 2.327; 均匀度指数的变化范围在 0.572~0.842 之间, 平均值为 0.694; 丰富度指数范围在 1.093~2.136 之间, 平均值为 1.577。

表 5.6.4-30 春季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	多样性指数 (<i>H'</i>)	均匀度指数 (<i>J</i>)	丰富度指数 (<i>D</i>)
J01	15	94	3.290	0.842	2.136
J02	7	45	1.878	0.669	1.093
J03	9	40	1.812	0.572	1.503
平均值	/	/	2.327	0.694	1.577

⑦小结

J01 为沙滩-岩石断面、J02 和 J03 断面为沙滩断面。本次调查共记录潮间带生物 4 门 5 纲 12 目 20 科 29 种。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 71.163g/m², 平均栖息密度为 47.777ind/m², 软体动物的平均生物量最高, 节肢动物平均栖息密度最高。从水平分布来看 J02 断面生物量最高, J01 断面栖息密度最高; 从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 2.327, 均匀度指数平均值为 0.694, 丰富度指数平均值为 1.577。

(2) 秋季

①潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况: J01 和 J02 为沙滩-岩石断面、J03 断面为泥沙滩断面。本次潮间带生物定性定量调查, 共记录潮间带生物 3 门 4 纲 8 目 14 科 18 种, 其中包括节肢动物 8 种、软体动物 8 种、环节动物 2 种, 分别占种类总数的 44.44%、44.44% 和 11.11%。

②潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为 44.574g/m^2 ，平均栖息密度为 31.333ind/m^2 。J02 断面的生物量最大，为 80.971g/m^2 ；J01 断面的栖息密度最大，为 42.889ind/m^2 。

从类群分布来看，3 个断面中软体动物的平均生物量最高，其次是节肢动物；节肢动物平均栖息密度最高，其次是软体动物。

表 5.6.4-31 秋季潮间带各断面生物量和栖息密度分布

断面	项目	环节	节肢	软体	合计
J01	栖息密度 (ind/m^2)	9.333	6.889	26.667	42.889
	生物量 (g/m^2)	0.407	10.085	37.414	47.906
J02	栖息密度 (ind/m^2)	0	14.889	6.222	21.111
	生物量 (g/m^2)	0	3.667	77.304	80.971
J03	栖息密度 (ind/m^2)	12.000	16.667	1.333	30.000
	生物量 (g/m^2)	0.079	3.563	1.204	4.846
平均值	栖息密度 (ind/m^2)	7.111	12.815	11.407	31.333
	生物量 (g/m^2)	0.162	5.772	38.641	44.574

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，J02 断面的低潮带生物量最高，为 222.412g/m^2 ；其次是 J01 断面的低潮带，生物量为 110.756g/m^2 ；J03 断面的中潮带生物量为最低，为 1.703g/m^2 。J01 断面低潮带的栖息密度最高，为 112.000ind/m^2 ；其次是 J03 断面的低潮带，栖息密度为 40.000ind/m^2 ；J01 断面的中潮带的栖息密度最低，为 6.667ind/m^2 。

表 5.6.4-32 秋季潮间带各站位生物量和栖息密度分布

采样点	项目	环节动物	节肢动物	软体动物	总计
J01 高潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	10.000	0	10.000
	生物量 (g/m^2)	0	26.068	0	26.068
J01 中潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	2.667	4.000	6.667
	生物量 (g/m^2)	0	1.503	5.389	6.892
J01 低潮带	栖息密度 (ind/m^2)	28.000	8.000	76.000	112.000
	生物量 (g/m^2)	1.220	2.684	106.852	110.756
J02 高潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	14.000	0	14.000
	生物量 (g/m^2)	0	3.180	0	3.180
J02 中潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	10.666	2.667	13.333
	生物量 (g/m^2)	0	3.581	13.739	17.320
J02 低潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	20.000	16.000	36.000
	生物量 (g/m^2)	0	4.240	218.172	222.412
J03 高潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	38.000	0	38.000
	生物量 (g/m^2)	0	8.986	0	8.986
J03 中潮带	栖息密度 (ind/m^2)	0	12.000	0	12.000
	生物量 (g/m^2)	0	1.703	0	1.703

采样点	项目	环节动物	节肢动物	软体动物	总计
J03 低潮带	栖息密度 (ind/m ²)	36.000	0	4.000	40.000
	生物量 (g/m ²)	0.236	0	3.612	3.848

④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 J02>J01>J03, 栖息密度由高到低排序为 J01>J03>J02。

表 5.6.4-33 秋季潮间带生物水平分布

项目	J01	J02	J03
栖息密度 (ind/m ²)	42.889	21.111	30.000
生物量 (g/m ²)	47.905	80.971	4.846

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>高潮带>中潮带, 栖息密度由高到低排序为低潮带>高潮带>中潮带。

表 5.6.4-34 秋季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/m ²)	20.667	10.667	62.667
生物量 (g/m ²)	12.745	8.638	112.339

⑤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 7 种, 分别为韦氏毛带蟹 (*Dotilla wichmanni*)、痕掌沙蟹 (*Ocypode stimpsoni*)、鳞腹沟虫 (*Scoelepis squamata*)、文蛤 (*Meretrix meretrix*)、粗糙拟滨螺 (*Littoraria articulata*)、多齿围沙蚕 (*Perinereis nuntia*) 和豆斧蛤 (*Donax faba*)。其中韦氏毛带蟹为第一优势种, 优势度为 0.353。

表 5.6.4-35 秋季潮间带生物优势种

种名	拉丁文	优势度 (Y)
韦氏毛带蟹	<i>Dotilla wichmanni</i>	0.353
痕掌沙蟹	<i>Ocypode stimpsoni</i>	0.137
鳞腹沟虫	<i>Scoelepis squamata</i>	0.098
文蛤	<i>Meretrix meretrix</i>	0.069
粗糙拟滨螺	<i>Littoraria articulata</i>	0.034
多齿围沙蚕	<i>Perinereis nuntia</i>	0.029
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>	0.025

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 0.955~3.306 之间, 平均值为 2.112; 均匀度指数的变化范围在 0.603~0.894 之间, 平均值为 0.797; 丰富度指数范围在 0.381~2.287 之间, 平均值为 1.173。

表 5.6.4-36 秋季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	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (D)
J01	13	38	3.306	0.893	2.287
J02	5	26	2.075	0.894	0.851
J03	3	38	0.955	0.603	0.381
平均值	/	/	2.112	0.797	1.173

⑦小结

J01 和 J02 为沙滩-岩石断面、J03 断面为泥沙滩断面。本次调查共记录潮间带生物 3 门 4 纲 8 目 14 科 18 种。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 44.574g/m²，平均栖息密度为 31.333ind/m²，软体动物的平均生物量最高，节肢动物平均栖息密度最高。从水平分布来看 J02 断面生物量最高，J01 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 2.112，均匀度指数平均值为 0.797，丰富度指数平均值为 1.173。

5.6.5 渔业资源调查结果与评价

5.6.5.1 鱼卵仔稚鱼

(1) 春季

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，鲱形目和鲽形目 2 种，鳗鲡目、鲉形目、仙女鱼目和鲻形目各 1 种；仔稚鱼 20 种，其中包括鲈形目 12 种，鲽形目和鲻形目各 2 种，灯笼鱼目、鲱形目、鲉形目和银汉鱼目各 1 种。

表 5.6.5-1 春季鱼卵仔稚鱼种类组成

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	标灯鱼属	<i>Symbolophorus</i> sp.		+	0	2	0	0
2	鲽形目	鲽科	Bothidae	+		1	0	2	0
3	鲽形目	舌鳎科	Cynoglossidae		+	0	0	0	2
4	鲽形目	鳎科	Soleidae	+		34	0	7	0
5	鲽形目	牙鲽科	Paralichthyidae		+	0	1	0	1
6	鲱形目	鲱科	Clupeidae	+		12	0	22	0
7	鲱形目	鳀科	Engraulidae	+	+	356	17	15	12
8	鲈形目	鲻属	<i>Lepidotrigla</i> sp.	+		12	0	0	0
9	鲈形目	光胸鲻属	<i>Photopectoralis</i> sp.		+	0	0	0	1
10	鲈形目	大眼鲷科	Priacanthidae		+	0	1	0	1
11	鲈形目	带鱼科	Trichiuridae	+	+	3	0	0	1
12	鲈形目	笛鲷科	Lutjanidae	+		915	0	22	0
13	鲈形目	鲷科	Sparidae	+	+	100	73	16	6
14	鲈形目	金线鱼科	Nemipteridae		+	0	4	0	16

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	
15	鲈形目	雀鲷科	Pomacentridae		+	0	1	0	0
16	鲈形目	鲹科	Carangidae	+	+	216	4	43	27
17	鲈形目	副叶鲹属	<i>Alepes</i> sp.		+	0	2	0	0
18	鲈形目	石首鱼科	Sciaenidae	+	+	741	1	26	12
19	鲈形目	天竺鲷科	Apogonidae	+		2	0	3	0
20	鲈形目	肩鳃鲷属	<i>Omobranchus</i> sp.		+	0	2	0	0
21	鲈形目	鲳科	Sillaginidae	+	+	461	0	11	30
22	鲈形目	银鲈科	Gerreidae		+	0	69	0	7
23	鳗鲡目	蛇鳗科	Ophichthyidae	+		0	0	1	0
24	鲉形目	鲉科	Tetraodontidae	+	+	0	0	1	1
25	仙女鱼目	狗母鱼科	Synodontidae	+		1	0	2	0
26	银汉鱼目	银汉鱼科	Atherinidae		+	0	0	0	1
27	鲷形目	鲷科	Mugilidae	+		5	0	0	0
28	鲷形目	龟鲈属	<i>Chelon</i> sp.		+	0	79	0	1
29	鲷形目	莫鲷属	<i>Moolgarda</i> sp.		+	0	7	0	0
合计						2859	263	171	119

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

②数量分布

调查 14 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 171ind，仔稚鱼 119ind；鱼卵平均密度为 $1.597\text{ind}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均密度为 $0.813\text{ind}/\text{m}^3$ 。LY03 站位鱼卵密度最高，密度为 $5.589\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 LY15 站位，密度为 $3.802\text{ind}/\text{m}^3$ ，共 14 个站位采获到鱼卵；LY07 站位仔稚鱼密度最高，密度为 $3.050\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 LY13 站位，密度为 $1.277\text{ind}/\text{m}^3$ ，共 12 个站位采获到仔稚鱼。

表 5.6.5-2 春季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)
CD13	0.950	0.135
CD17	0.301	0.251
LY02	2.609	0.000
LY03	5.589	1.242
LY06	1.492	1.119
LY07	1.830	3.050
LY09	0.140	0.000
LY11	0.672	1.100
LY13	0.581	1.277
LY15	3.802	0.190
LY16	1.307	0.796
LY17	0.601	0.751
LY19	1.543	0.901
LY20	0.936	0.563

站位	鱼卵仔稚鱼发育期	
	鱼卵 (ind/m ³)	仔稚鱼 (ind/m ³)
均值	1.597	0.813
范围	0.140~5.589	0~3.050

③主要种类的数量分布（水平拖网）

1) 笛鲷科

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 915 粒，出现在 12 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 LY09 站位数量最多。

2) 石首鱼科

本次水平拖网调查出现的石首鱼科鱼卵共有 741 粒，出现在 14 个站位，石首鱼科鱼卵在调查海域中 LY03 站位数量最多；石首鱼科仔稚鱼共有 1 尾，出现在 CD13 站位。

④小结

在本次定性调查中共记录鱼卵 16 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目和鲹形目 2 种，鳀鲷目、鲈形目、仙女鱼目和鲱形目各 1 种；仔稚鱼 20 种，其中包括鲈形目 12 种，鲱形目和鲱形目各 2 种，灯笼鱼目、鲱形目、鲈形目和银汉鱼目各 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 1.597ind/m³；仔稚鱼平均密度为 0.813ind/m³。常见鱼卵仔稚鱼为笛鲷科和石首鱼科等。

(2) 秋季

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 12 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲹形目 1 种；仔稚鱼 13 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲹形目 2 种。

表 5.6.5-3 秋季鱼卵仔稚鱼种类组成

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	鲈形目	舌鳎属	<i>Cynoglossus</i> sp.		+	0	1	0	0
2	鲈形目	须鳎属	<i>Paraplagusia</i> sp.		+	0	0	0	1
3	鲈形目	鳎科	Soleidae	+		73	0	2	0
4	鲱形目	鲱科	Engraulidae	+	+	130	17	23	2
5	鲱形目	宝刀鱼科	Chirocentridae	+		1	0	0	0
6	鲱形目	鲱科	Clupeidae	+		62	0	28	0
7	鲱形目	棱鲱属	<i>Thrissa</i> sp.		+	0	4	0	0
8	鲱形目	小公鱼属	<i>Stolephorus</i> sp.		+	0	0	0	1
9	鲈形目	鳎属	<i>Lepidotrigla</i> sp.	+		425	0	5	0
10	鲈形目	带鱼科	Trichiuridae	+	+	4	2	1	0
11	鲈形目	笛鲷科	Lutjanidae	+		508	0	15	0

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	
12	鲈形目	鲷科	Sparidae	+	+	846	10	10	1
13	鲈形目	鲹科	Carangidae	+	+	0	5	1	7
14	鲈形目	石首鱼科	Sciaenidae	+	+	3	4	2	0
15	鲈形目	天竺鲷科	Apogonidae	+	+	50	13	0	4
16	鲈形目	鲳科	Sillaginidae		+	0	3	0	0
17	鲈形目	多鳞鲳	Sillago sihama		+	0	10	0	0
18	鲈形目	银鲈科	Gerreidae		+	0	33	0	2
19	鲈形目	鲷科	Sphyracidae	+		5	0	1	0
合计						2107	102	88	18

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 14 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 88ind，仔稚鱼 18ind；鱼卵平均密度为 0.599ind/m³，仔稚鱼平均密度为 0.127ind/m³。LY02 站位鱼卵密度最高，密度为 2.655ind/m³，其次是 LY09 站位，密度为 2.246ind/m³，共 13 个站位采获到鱼卵；LY02 站位仔稚鱼密度最高，密度为 0.885ind/m³，其次是 CD20 站位，密度为 0.306ind/m³，共 7 个站位采获到仔稚鱼。

表 5.6.5-4 秋季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)
CD18	0.096	0.288
CD20	0.255	0.306
LY02	2.655	0.885
LY03	0	0
LY06	0	0
LY07	0	0
LY09	2.246	0.070
LY11	0.617	0.062
LY13	0.694	0
LY15	0.760	0
LY16	0	0.114
LY17	0.457	0
LY19	0.320	0
LY20	0.283	0.047
均值	0.599	0.127
范围	0~2.655	0~0.885

③主要种类的数量分布（水平拖网）

1) 鲷科

本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有 846 粒，出现在 12 个站位，鲷科鱼卵在调查海域中 LY02 站位数量最多；鲷科仔稚鱼共有 10 尾，出现在 3 个站位，鲷科仔稚鱼在调查海域中 CD18 站位数量最多。

2) 笛鲷科

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 508 粒，出现在 9 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 LY09 站位数量最多。

3) 鲷属

本次水平拖网调查出现的鲷属鱼卵共有 425 粒，出现在 10 个站位，鲷属鱼卵在调查海域中 LY03 站位数量最多。

④小结

在本次定性调查中共记录鱼卵 12 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲷形目 1 种；仔稚鱼 13 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲷形目 2 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 $0.599\text{ind}/\text{m}^3$ ；仔稚鱼平均密度为 $0.127\text{ind}/\text{m}^3$ 。常见鱼卵仔稚鱼为鲷科、笛鲷科和鲷属等。

5.6.5.2 游泳动物

(1) 春季

①种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91108，使用的网具为网上纲 24m、网衣长 20m、网口目 30mm、网囊目 10mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.8kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 14 目 58 科 159 种，其中：鱼类 105 种，占总种类数的 66.04%，虾类 22 种（其中虾蛄类 7 种），占总种类数的 13.84%，蟹类 22 种，占总种类数的 13.84%，头足类 10 种，占总种类数的 6.29%。

②渔获率

1) 尾数渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 $506\text{ind}/\text{h}$ 。其中，鱼类平均尾数渔获率为 $373\text{ind}/\text{h}$ ，占游泳动物平均尾数渔获率的 70.94%；虾类平均尾数渔获率为 $73\text{ind}/\text{h}$ ，占游泳动物平均尾数渔获率的 15.94%；蟹类平均尾数渔获率为 $28\text{ind}/\text{h}$ ，占游泳动物平均尾数渔获率的 5.82%；头足类的平均尾数渔获率为 $32\text{ind}/\text{h}$ ，占游泳动物平均尾数渔获率的 7.31%。

表 5.6.5-5 春季各站位尾数渔获率及类群所占比例

站位	尾数渔获率 (ind/h)	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
CD13	285	235	25	22	3	82.46	8.77	7.72	1.05
CD17	495	344	1	20	130	69.49	0.20	4.04	26.26
LY02	310	115	71	72	52	37.10	22.90	23.23	16.77

站位	尾数渔获率 (ind/h)	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
LY03	183	120	54	4	5	65.57	29.51	2.19	2.73
LY06	419	280	80	22	37	66.83	19.09	5.25	8.83
LY07	931	668	150	98	15	71.75	16.11	10.53	1.61
LY09	640	447	149	31	13	69.84	23.28	4.84	2.03
LY11	616	354	254	8	0	57.47	41.23	1.30	0.00
LY13	483	435	16	32	0	90.06	3.31	6.63	0.00
LY15	494	412	33	48	1	83.40	6.68	9.72	0.20
LY16	779	727	17	13	22	93.32	2.18	1.67	2.82
LY17	695	654	10	4	27	94.10	1.44	0.58	3.88
LY19	333	159	151	7	16	47.75	45.35	2.10	4.80
LY20	425	272	13	7	133	64.00	3.06	1.65	31.29
均值	506	373	73	28	32	70.94	15.94	5.82	7.31

2) 重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的平均重量渔获率为 7.436kg/h。其中, 鱼类平均重量渔获率为 4.932kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 68.21%; 虾类平均重量渔获率为 0.782kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 12.00%; 蟹类平均重量渔获率为 0.456kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 6.92%; 头足类的平均重量渔获率为 1.265kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 12.87%。

表 5.6.5-6 春季各站位重量渔获率及类群所占比例

站位	重量渔获率 (kg/h)	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
CD13	6.115	3.847	0.383	0.547	1.338	62.91	6.26	8.95	21.88
CD17	14.292	6.478	0.023	1.219	6.572	45.33	0.16	8.53	45.98
LY02	3.886	1.857	0.455	1.108	0.466	47.79	11.71	28.51	11.99
LY03	3.616	2.806	0.727	0.049	0.034	77.60	20.11	1.36	0.94
LY06	6.196	3.606	1.333	0.438	0.819	58.20	21.51	7.07	13.22
LY07	9.589	6.895	1.438	0.914	0.342	71.91	15.00	9.53	3.57
LY09	6.720	4.392	1.396	0.666	0.266	65.36	20.77	9.91	3.96
LY11	7.336	4.368	2.880	0.088	0.000	59.54	39.26	1.20	0
LY13	5.034	4.769	0.038	0.227	0.000	94.74	0.75	4.51	0
LY15	5.570	4.422	0.544	0.596	0.008	79.39	9.77	10.70	0.14
LY16	6.999	6.211	0.274	0.183	0.331	88.74	3.91	2.61	4.73
LY17	11.463	8.565	0.072	0.023	2.803	74.72	0.63	0.20	24.45
LY19	7.603	5.935	1.339	0.146	0.183	78.06	17.61	1.92	2.41
LY20	9.679	4.903	0.051	0.183	4.542	50.66	0.53	1.89	46.93
平均值	7.436	4.932	0.782	0.456	1.265	68.21	12.00	6.92	12.87

③渔业资源密度

1) 尾数渔获密度

本次调查 14 个站位尾数渔获密度范围在 $(4.941 \sim 20.946) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $11.897 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 尾数渔获密度最高的站位为 LY07 站位, 最低为 LY03 站位。

其中, 鱼类尾数渔获密度分布范围在 $(3.105 \sim 16.356) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $8.717 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 LY16 站位最高, LY02 站位最低; 虾类尾数渔获密度分布范围在 $(0.023 \sim 5.912) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $1.747 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 LY11 站位最高, CD17 站位最低; 蟹类尾数渔获密度分布范围在 $(0.090 \sim 2.205) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $0.666 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 LY07 站位最高, LY17 站位最低; 头足类尾数渔获密度分布范围在 $(0 \sim 3.095) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $0.768 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 LY20 站位最高。

表 5.6.5-7 春季各站位尾数渔获密度

站位	尾数渔获密度 ($\times 10^3 \text{ ind/km}^2$)	尾数渔获密度 ($\times 10^3 \text{ ind/km}^2$)			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
CD13	6.633	5.469	0.582	0.512	0.070
CD17	11.520	8.006	0.023	0.465	3.026
LY02	8.370	3.105	1.917	1.944	1.404
LY03	4.941	3.240	1.458	0.108	0.135
LY06	9.752	6.517	1.862	0.512	0.861
LY07	20.946	15.029	3.375	2.205	0.337
LY09	15.427	10.775	3.592	0.747	0.313
LY11	14.337	8.239	5.912	0.186	0
LY13	11.643	10.486	0.386	0.771	0
LY15	11.907	9.931	0.795	1.157	0.024
LY16	17.525	16.356	0.382	0.292	0.495
LY17	15.636	14.714	0.225	0.090	0.607
LY19	8.028	3.833	3.640	0.169	0.386
LY20	9.892	6.331	0.303	0.163	3.095
平均值	11.897	8.717	1.747	0.666	0.768

2) 重量渔获密度

本次调查 14 个站位渔业资源重量渔获密度范围在 $(97.624 \sim 332.632) \text{ kg/km}^2$ 之间, 平均值为 177.652 kg/km^2 , CD17 站位最高, LY03 站位最低。

其中, 鱼类重量渔获密度变化范围在 $(50.135 \sim 192.697) \text{ kg/km}^2$ 之间, 平均值为 117.970 kg/km^2 , 其中 LY17 站位最高, LY02 站位最低; 虾类重量渔获密度变化范围在 $(0.535 \sim 64.795) \text{ kg/km}^2$ 之间, 平均值为 18.924 kg/km^2 , 其中 LY11 站位最高, CD17 站位最低; 蟹类重量渔获密度变化范围在 $(0.517 \sim 29.914) \text{ kg/km}^2$ 之间, 平均值为 11.250 kg/km^2 , 其中 LY02 站位最高, LY17 站位最低; 头足类重量渔获密度变化范围在 $(0 \sim 152.957) \text{ kg/km}^2$ 之间, 平均值为 29.509 kg/km^2 , 其中 CD17 站位最高。

表 5.6.5-8 春季各站位重量渔获密度

站位	重量渔获密度 (kg/km^2)	重量渔获密度 (kg/km^2)			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类

站位	重量渔获密度 (kg/km ²)	重量渔获密度 (kg/km ²)			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
CD13	142.321	89.535	8.914	12.731	31.141
CD17	332.632	150.769	0.535	28.371	152.957
LY02	104.914	50.135	12.284	29.914	12.581
LY03	97.624	75.756	19.627	1.323	0.918
LY06	144.205	83.926	31.024	10.194	19.061
LY07	258.882	186.15	38.823	24.676	9.233
LY09	161.987	105.87	33.651	16.054	6.412
LY11	165.047	98.272	64.795	1.980	0
LY13	121.346	114.958	0.916	5.472	0
LY15	134.266	106.593	13.113	14.367	0.193
LY16	157.465	139.736	6.165	4.117	7.447
LY17	257.896	192.697	1.620	0.517	63.062
LY19	183.271	143.064	32.277	3.519	4.411
LY20	225.269	114.112	1.187	4.259	105.711
平均值	177.652	117.970	18.924	11.250	29.509

④优势种

相对重要性指数显示, 本次调查游泳动物无明显优势种 ($IRI \geq 1000$), IRI 指数较高的物种有为颈斑项鳎 (*Nuchequula nuchalis*)、鹿斑仰口鳎 (*Secutor ruconius*)、杜氏枪乌贼 (*Uroteuthis duvauceli*)、杜氏棱鳀 (*Thryssa dussumieri*)、周氏新对虾 (*Metapenaeus joyneri*) 等。颈斑项鳎为 IRI 指数最高的物种, 其总渔获重量为 7.912 kg, 占游泳动物总渔获重量的 7.60%; 杜氏棱鳀的总尾数渔获量为 726 个, 占游泳动物总渔获尾数数的 10.24%。

表 5.6.5-9 春季游泳动物 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	尾数渔获数		渔获重量		IRI
		(ind)	(%)	(kg)	(%)	
颈斑项鳎	42.86	726	10.24	7.912	7.60	764.77
鹿斑仰口鳎	50.00	784	11.06	4.12	3.96	750.91
杜氏枪乌贼	42.86	313	4.42	9.842	9.45	594.48
杜氏棱鳀	35.71	785	11.08	5.530	5.31	585.20
周氏新对虾	50.00	472	6.66	3.766	3.62	513.82
细纹鳎	42.86	376	5.30	3.876	3.72	386.96
黑口鰺	50.00	167	2.36	2.789	2.68	251.75
花斑蛇鲻	50.00	105	1.48	3.53	3.39	243.64
斑鳍白姑鱼	35.71	206	2.91	2.764	2.66	198.6
中华小公鱼	42.86	264	3.72	0.770	0.74	191.33
日本金线鱼	57.14	49	0.69	2.733	2.63	189.53
短带鱼	42.86	118	1.66	2.759	2.65	184.93
伍氏平虾蛄	57.14	87	1.23	1.816	1.74	169.8
隆线强蟹	50.00	96	1.35	1.956	1.88	161.69
佩氏骨鲚	50.00	57	0.80	2.128	2.04	142.43
短尾大眼鲷	71.43	61	0.86	0.833	0.80	118.65
沙带鱼	42.86	74	1.04	1.551	1.49	108.62
屈氏叫姑鱼	28.57	152	2.14	1.707	1.64	108.1

种类	出现频率 (%)	尾数渔获数		渔获重量		IRI
		(ind)	(%)	(kg)	(%)	
棕斑兔头鲈	42.86	29	0.41	2.129	2.04	105.17

⑤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 26~40 种，多样性指数变化范围在 2.364~4.005 之间，平均值为 3.398，其中 LY02 站位最高，LY17 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.465~0.831 之间，平均值为 0.669，其中 LY03 站位最高，LY17 站位最低；丰富度指数范围在 3.326~4.654 之间，平均值为 3.740，丰富度指数以 LY19 站位最高，LY03 站位最低。

表 5.65-10 春季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')
CD13	31	2.583	0.521	3.679
CD17	34	3.283	0.645	3.687
LY02	34	4.005	0.787	3.987
LY03	26	3.908	0.831	3.326
LY06	32	3.965	0.793	3.559
LY07	35	3.590	0.700	3.447
LY09	35	3.618	0.705	3.647
LY11	38	3.967	0.756	3.993
LY13	35	3.593	0.700	3.813
LY15	33	3.525	0.699	3.576
LY16	40	2.633	0.495	4.060
LY17	34	2.364	0.465	3.495
LY19	40	3.752	0.705	4.654
LY20	31	2.789	0.563	3.436
平均值	/	3.398	0.669	3.740

⑥主要经济种类规格和分布

1) 主要经济鱼类

a、颈斑项鲈

地理分布：分布于西北太平洋区，包括日本、台湾及中国等海域。台湾北部、东北部有产。

生活习性：主要栖息于砂泥底质的沿海地区，亦可生活于河口区，甚至河川下游。群游性，一般皆在底层活动，活动深度较浅。肉食性，以小型甲壳类、多毛类及小鱼为食。

本次调查的颈斑项鲈体长范围为 52~88 mm，体重范围为 3.62~21.18 g，平均体重为 10.90 g。

b、鹿斑仰口鲈

地理分布：分布于印度-西太平洋区，西起非洲东岸、红海，东至中国台湾地

区、南中国海，南迄澳洲。

生活习性：栖息于泥沙底质的沿海地区，亦可以生活于河口区，甚至河川下游，群游性，一般皆在底层活动，活动深度较浅；肉食性，以小型甲壳类为食。

本次调查的鹿斑仰口鲷体长范围为 31~73 mm，体重范围为 1.89~12.44 g，平均体重为 5.26 g。

2) 主要经济虾类

a、周氏新对虾

地理分布：分布于我国南海沿岸、日本海等海区。

生活习性：栖息于海岸沙地和红树林附近，40 公尺以下水深之沙底海域。周氏新对虾主要以底栖无脊椎动物为食，如多毛类、小型甲壳类和双壳类软体动物等，有时也捕浮游动物。

本次调查的周氏新对虾体长范围为 15~31 mm，体重范围为 3.70~14.55 g，平均体重为 7.98 g。

b、伍氏平虾蛄

地理分布：主要分布于西印度洋至印尼、越南、香港、台湾、中国、日本、菲律宾及澳洲。

生活习性：栖息于 50 公尺以下之平坦沙泥底浅水海湾或近岸水域。

本次调查的伍氏平虾蛄体长范围为 10~33 mm，体重范围为 4.09~46.44 g，平均体重为 20.87 g。

3) 主要经济头足类

杜氏枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏枪乌贼体长范围为 32~103 mm，体重范围为 6.54~63.14 g，平均体重为 31.44 g。

⑦小结

本次调查共记录游泳动物 3 门 3 纲 14 目 58 科 159 种，平均总尾数渔获率为

506ind/h, 平均总重量渔获率为 7.436kg/h, 平均重量渔获密度为 177.652kg/km², 平均尾数渔获密度为 11.897×10³ind/km²。游泳动物无明显优势种, IRI 指数较高的种类分别为颈斑项鳐、鹿斑仰口鳐和杜氏枪乌贼等。游泳动物的多样性指数平均值为 3.398, 均匀度指数平均值为 0.669, 丰富度指数平均值为 3.740。主要经济种类为颈斑项鳐、鹿斑仰口鳐、周氏新对虾、伍氏平虾蛄和杜氏枪乌贼等。

(2) 秋季

①种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91108, 使用的网具为网上纲 24m、网衣长 20m、网口目 60mm、网囊目 20mm 的底拖网, 平均拖网船速为 3.0kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 14 目 60 科 148 种, 其中: 鱼类 101 种, 占总种类数的 68.24%, 虾类 19 种 (其中虾蛄类 4 种), 占总种类数的 12.84%, 蟹类 21 种, 占总种类数的 14.19%, 头足类 7 种, 占总种类数的 4.73%。

②渔获率

1) 尾数渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 1210ind/h。其中, 鱼类平均尾数渔获率为 871ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 67.46%; 虾类平均尾数渔获率为 168ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 15.70%; 蟹类平均尾数渔获率为 168ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 16.07%; 头足类的平均尾数渔获率为 2ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 0.76%。

表 5.6.5-11 秋季各站位尾数渔获率及类群所占比例

站位	尾数渔获率 (ind/h)	尾数渔获密度 (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
LY02	886	820	37	24	5	92.55	4.18	2.71	0.56
LY03	2096	2030	27	38	1	96.85	1.29	1.81	0.05
LY06	1191	992	46	149	4	83.29	3.86	12.51	0.34
LY07	2302	1945	228	126	3	84.49	9.90	5.47	0.13
LY09	1539	1485	20	33	1	96.49	1.30	2.14	0.06
LY11	1807	1753	16	37	1	97.01	0.89	2.05	0.06
LY13	1003	310	383	310	0	30.91	38.19	30.91	0.00
LY15	1230	509	638	83	0	41.38	51.87	6.75	0.00
LY16	979	461	138	376	4	47.09	14.10	38.41	0.41
LY17	1493	780	238	475	0	52.24	15.94	31.82	0.00
LY19	668	261	264	142	1	39.07	39.52	21.26	0.15
LY20	104	65	9	21	9	62.50	8.65	20.19	8.65
CD18	1164	357	283	524	0	30.67	24.31	45.02	0.00
CD20	478	430	28	19	1	89.96	5.86	3.97	0.21
均值	1210	871	168	168	2	67.46	15.70	16.07	0.76

2) 重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的平均重量渔获率为 11.853 kg/h。其中, 鱼类平均重量渔获率为 9.206 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 70.14%; 虾类平均重量渔获率为 1.071 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 10.32%; 蟹类平均重量渔获率为 1.470 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 17.81%; 头足类的平均重量渔获率为 0.105 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 1.73%。

表 5.6.5-12 秋季各站位重量渔获率及类群所占比例

站位	重量渔获率 (kg/h)	重量渔获密度 (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
LY02	11.844	11.333	0.085	0.096	0.330	95.69	0.72	0.81	2.79
LY03	17.685	17.471	0.074	0.127	0.013	98.79	0.42	0.72	0.07
LY06	14.950	14.381	0.045	0.245	0.279	96.19	0.30	1.64	1.87
LY07	27.779	24.202	3.150	0.234	0.193	87.12	11.34	0.84	0.69
LY09	13.101	12.958	0.052	0.086	0.005	98.91	0.40	0.66	0.04
LY11	14.939	14.792	0.036	0.108	0.003	99.02	0.24	0.72	0.02
LY13	6.169	1.597	2.385	2.187	0.000	25.89	38.66	35.45	0.00
LY15	15.133	4.983	4.534	5.616	0.000	32.93	29.96	37.11	0.00
LY16	6.198	2.942	0.301	2.803	0.152	47.47	4.86	45.22	2.45
LY17	7.652	4.189	0.953	2.510	0.000	54.74	12.45	32.80	0.00
LY19	7.458	4.043	2.294	1.073	0.048	54.21	30.76	14.39	0.64
LY20	2.643	1.854	0.030	0.356	0.403	70.15	1.14	13.47	15.25
CD18	7.804	1.738	1.006	5.060	0.000	22.27	12.89	64.84	0.00
CD20	12.582	12.407	0.045	0.082	0.048	98.61	0.36	0.65	0.38
平均值	11.853	9.206	1.071	1.470	0.105	70.14	10.32	17.81	1.73

③渔业资源密度

1) 尾数渔获密度

本次调查 14 个站位尾数渔获密度范围在 $(2.338\sim50.119)\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $26.836\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 尾数渔获密度最高的站位为 LY07 站位, 最低为 LY20 站位。

其中, 鱼类尾数渔获密度分布范围在 $1.462\sim44.198\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $19.229\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 LY03 站位最高, LY20 站位最低; 虾类尾数渔获密度分布范围在 $0.202\sim13.891\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $3.757\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 LY15 站位最高, LY20 站位最低; 蟹类尾数渔获密度分布范围在 $0.414\sim12.196\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $3.803\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 CD18 站位最高, CD20 站位最低; 头足类尾数渔获密度分布范围在 $0\sim0.202\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $0.048\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 LY20 站位最高。

表 5.6.5-13 秋季各站位尾数渔获密度

站位	尾数渔获密度	尾数渔获密度 ($\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$)

	($\times 10^3 \text{ ind/km}^2$)	鱼类	虾类	蟹类	头足类
LY02	19.933	18.449	0.832	0.540	0.112
LY03	45.635	44.198	0.588	0.827	0.022
LY06	25.931	21.598	1.002	3.244	0.087
LY07	50.119	42.347	4.964	2.743	0.065
LY09	34.624	33.410	0.450	0.742	0.022
LY11	39.343	38.167	0.348	0.806	0.022
LY13	23.344	7.215	8.914	7.215	0.000
LY15	26.780	11.082	13.891	1.807	0.000
LY16	22.026	10.372	3.105	8.459	0.090
LY17	33.591	17.549	5.355	10.687	0.000
LY19	14.545	5.683	5.748	3.092	0.022
LY20	2.338	1.462	0.202	0.472	0.202
CD18	27.092	8.309	6.587	12.196	0.000
CD20	10.408	9.362	0.610	0.414	0.022
平均值	26.836	19.229	3.757	3.803	0.048

2) 重量渔获密度

本次调查 14 个站位渔业资源重量渔获密度范围在 59.463~604.817 kg/km^2 之间, 平均值为 261.708 kg/km^2 , LY07 站位最高, LY20 站位最低。

其中, 鱼类重量渔获密度变化范围在 37.169~526.937 kg/km^2 之间, 平均值为 202.529 kg/km^2 , 其中 LY07 站位最高, LY13 站位最低; 虾类重量渔获密度变化范围在 0.675~98.716 kg/km^2 之间, 平均值为 23.749 kg/km^2 , 其中 LY15 站位最高, LY20 站位最低; 蟹类重量渔获密度变化范围在 1.785~122.274 kg/km^2 之间, 平均值为 33.091 kg/km^2 , 其中 LY15 站位最高, CD20 站位最低; 头足类重量渔获密度变化范围在 0~9.067 kg/km^2 之间, 平均值为 2.338 kg/km^2 , 其中 LY20 站位最高。

表 5.6.5-14 秋季各站位重量渔获密度

站位	重量渔获密度 (kg/km^2)	重量渔获密度 (kg/km^2)			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
LY02	266.469	254.972	1.912	2.160	7.424
LY03	385.046	380.387	1.611	2.765	0.283
LY06	325.498	313.110	0.980	5.334	6.075
LY07	604.817	526.937	68.583	5.095	4.202
LY09	294.749	291.532	1.170	1.935	0.112
LY11	325.259	322.058	0.784	2.351	0.065
LY13	143.577	37.169	55.508	50.900	0.000
LY15	329.483	108.492	98.716	122.274	0.000
LY16	139.444	66.190	6.772	63.062	3.420
LY17	172.156	94.245	21.441	56.470	0.000
LY19	162.379	88.026	49.946	23.362	1.045
LY20	59.463	41.712	0.675	8.009	9.067
CD18	181.630	40.450	23.414	117.766	0.000
CD20	273.941	270.131	0.980	1.785	1.045
平均值	261.708	202.529	23.749	33.091	2.338

④优势种

相对重要性指数显示,本次调查游泳动物优势种 ($IRI \geq 1000$) 共 2 种,分别为杜氏棱鯧(*Thryssa dussumieri*)和缝鳞小沙丁鱼 (*Sardinella fimbriata*)。杜氏棱鯧为第一优势种,其总渔获重量为 23.615 kg,占游泳动物总渔获重量的 14.23%;杜氏棱鯧的总尾数渔获量为 3254 个,占游泳动物总渔获尾数数的 19.21%。

表 5.6.5-15 秋季游泳动物 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	尾数渔获数		渔获重量		IRI
		(ind)	(%)	(kg)	(%)	
杜氏棱鯧	78.57	3254	19.21	23.615	14.23	2627.39
缝鳞小沙丁鱼	71.43	2470	14.58	31.264	18.84	2387.33
日本金线鱼	85.71	527	3.11	12.716	7.66	923.44
直额鲷	92.86	690	4.07	3.769	2.27	589.16
中颌棱鯧	28.57	1700	10.04	12.843	7.74	507.83
银光梭子蟹	100	528	3.12	1.322	0.80	391.34
横带银口天竺鲷	57.14	766	4.52	2.808	1.69	355.07
黑口魮	50	347	2.05	5.753	3.47	275.77
红星梭子蟹	42.86	90	0.53	8.807	5.31	250.25
中华管鞭虾	64.29	441	2.60	1.341	0.81	219.31
乳香鱼	85.71	181	1.07	2.432	1.47	217.17
伍氏平虾蛄	42.86	349	2.06	4.171	2.51	196.02
须赤虾	92.86	256	1.51	0.903	0.54	190.86
周氏新对虾	42.86	456	2.69	2.55	1.54	181.24
疾进鲷	57.14	394	2.33	1.358	0.82	179.67
细巧仿对虾	64.29	392	2.31	0.216	0.13	157.12
棕斑兔头鲈	100	50	0.30	2.002	1.21	150.17
麦氏犀鲨	64.29	274	1.62	1.083	0.65	145.94
鹿斑仰口鲷	64.29	284	1.68	0.612	0.37	131.5
银姑鱼	64.29	88	0.52	2.447	1.47	128.19
印度洋银口天竺鲷	50	283	1.67	1.239	0.75	120.86

⑤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 33~57 种,多样性指数变化范围在 1.764~4.780 之间,平均值为 3.291,其中 LY20 站位最高,LY03 站位最低;均匀度指数变化范围在 0.335~0.925 之间,平均值为 0.608,其中 LY20 站位最高,LY02 站位最低;丰富度指数范围在 2.900~5.968 之间,平均值为 4.270,丰富度指数以 LY19 站位最高,LY03 站位最低。

表 5.6.5-16 秋季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)
LY02	41	1.795	0.335	4.085
LY03	33	1.764	0.350	2.900
LY06	48	2.615	0.468	4.600
LY07	48	3.374	0.604	4.208
LY09	41	1.923	0.359	3.778
LY11	39	2.009	0.380	3.512

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (D)
LY13	40	4.274	0.803	3.912
LY15	41	3.295	0.615	3.897
LY16	47	4.305	0.775	4.630
LY17	41	3.876	0.723	3.794
LY19	57	4.224	0.724	5.968
LY20	36	4.780	0.925	5.224
CD18	36	4.061	0.786	3.436
CD20	53	3.778	0.660	5.842
平均值	/	3.291	0.608	4.270

⑥主要经济种类规格和分布

1) 主要经济鱼类

a、繸鳞小沙丁鱼

地理分布：繸鳞小沙丁鱼分布于印度-西太平洋区，西起非洲东部，东至菲律宾，北至台湾，南至巴布新几内亚。台湾分布于南部、西部及澎湖海域。

生活习性：繸鳞小沙丁鱼为集群性洄游鱼类、近海暖水性鱼类，主要摄食浮游生物。

本次调查的繸鳞小沙丁鱼体长范围为 79~133 mm，体重范围为 6.54~29.44 g，平均体重为 12.66 g。

b、日本金线鱼

地理分布：分布于印度西太平洋区，包括东非、红海、波斯湾、塞舌尔群岛、马尔代夫印度、日本、韩国、中国台湾地区、中国东海、南海等海域。

生活习性：主要栖息于沿岸及近海砂泥底质的水域，栖息深度可达 80 公尺深。主要觅食甲壳类、头足类或其他小鱼等为食

本次调查的日本金线鱼体长范围为 52~143 mm，体重范围为 2.47~63.64 g，平均体重为 24.13 g。

c、杜氏棱鲉

地理分布：广泛分布印度及西太平洋区，包括在中国主要分布在南海、台湾附近海域。

生活习性：杜氏棱鲉主要栖息于沿岸，常出现在沙泥质海域及河口区。栖息水深 1~20 m。

本次调查的杜氏棱鲉体长范围为 70~90 mm，体重范围为 4.43~9.62 g，平均体重为 7.26 g。

2) 主要经济虾类

a、伍氏平虾蛄

地理分布：主要分布于西印度洋至印尼、越南、香港、台湾、中国、日本、菲律宾及澳洲。

生活习性：栖息于 50 公尺以下之平坦沙泥底浅水海湾或近岸水域。

本次调查的伍氏平虾蛄体长范围为 16~30 mm，体重范围为 1.81~28.27 g，平均体重为 11.95 g。

b、须赤虾

地理分布：须赤虾在印度尼西亚、日本、朝鲜及我国南海、东海各省区均有分布。

生活习性：须赤虾栖息于水深 5~220 米之软泥至细砂底海区，尤以 20~70 米海区为密集，其对水温和盐度变化有较强的适应能力，底质自软泥至细沙环境都能适应。除摄食底栖生物外，还摄食底层游泳生物。

本次调查的须赤虾体长范围为 10~37 mm，体重范围为 0.55~13.22 g，平均体重为 3.53 g。

3) 主要经济蟹类

红星梭子蟹

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为 24~70 mm，体重范围为 6.28~201.39 g，平均体重为 97.86 g。

⑦小结

本次调查共记录游泳动物 3 门 3 纲 14 目 60 科 148 种，平均总尾数渔获率为 871ind/h，平均总重量渔获率为 9.206kg/h，平均重量渔获密度为 261.708kg/km²，平均尾数渔获密度为 26.836×10³ind/km²。游泳动物优势种共 2 种，分别为杜氏棱鯧和繸鳞小沙丁鱼，第一优势种为杜氏棱鯧。游泳动物的多样性指数平均值为 3.291，均匀度指数平均值为 0.608，丰富度指数平均值为 4.270。主要经济种类为繸鳞小沙

丁鱼、日本金线鱼、杜氏棱鲉、伍氏平虾蛄、须赤虾和红星梭子蟹等。

5.6.6 海洋生物多样性现状及总体变化趋势变化

5.6.6.1 海洋生物多样性现状评价

根据《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017)(以下简称指南),对海洋生物多样性现状进行评价。

(1) 评价指标的等级划分

海洋生物多样性评价指标划分为 5 个等级,根据指南中表 3 并结合《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告(2024 年春季)》(广州海兰图检测技术有限公司,2024 年 5 月)和《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告(2023 年秋季)》(广州海兰图检测技术有限公司,2024 年 5 月),由广州海兰图检测技术有限公司分别于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋生态环境现状调查数据,本项目海洋生物多样性评价指标的等级划分如下表 5.6.6-1 和表 5.6.6-2。

表 5.6.6-1 本项目 2024 年 3 月海洋生物多样性评价指标的等级划分

海洋生物	多样性指数	总物种数	平均单站物种数	丰度/密度	生物量	丰富度
浮游植物	II	I	II	—	—	—
浮游动物	II	I	II	I	II	III
大型底栖生物	II	IV	IV	IV	III	IV
潮间带生物	II	V	IV	V	IV	IV

注:“—”表示无需划分等级。

表 5.6.6-2 本项目 2023 年 11 月海洋生物多样性评价指标的等级划分

海洋生物	多样性指数	总物种数	平均单站物种数	丰度/密度	生物量	丰富度
浮游植物	II	I	II	—	—	—
浮游动物	II	I	III	I	II	IV
大型底栖生物	II	IV	IV	IV	III	IV
潮间带生物	II	V	IV	V	IV	IV

注:“—”表示无需划分等级。

(2) 对海洋生物多样性进行赋值

赋值公式如下:

$$Y_{ij} = \frac{Y_{ijmax} - Y_{ijmin}}{I_{ijmax} - I_{ijmin}} (I_{ij} - I_{ijmin}) + Y_{ijmin}$$

式中:

Y_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的赋值得分；

Y_{ijmax} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的分值上限，见指南表 4；

Y_{ijmin} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的分值下限，见指南表 4；

L_{ijmax} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的指标值上限，见指南表 3；

L_{ijmin} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的指标值下限，见指南表 3；

L_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的实测值。

根据赋值标准和赋值公式，本项目海洋生物多样性赋值结果详见表 5.6.6-3 和表 5.6.6-4。

表 5.6.6-3 本项目 2024 年 3 月海洋生物多样性赋值结果

海洋生物	多样性指数	总物种	平均单站物种数	丰度/密度	生物量	丰富度
浮游植物	90.94	100.00	97.92			
浮游动物	88.75	100.00	75.63	100.00	75.02	55.88
大型底栖生物	84.91	32.95	46.43	49.71	57.71	37.46
潮间带生物	81.27	17.61	35.71	23.90	37.86	39.43

表 5.6.6-4 本项目 2023 年 11 月海洋生物多样性赋值结果

海洋生物	多样性指数	总物种	平均单站物种数	丰度/密度	生物量	丰富度
浮游植物	92.58	100.00	84.62	—	—	—
浮游动物	85.88	100.00	65.28	100.00	77.44	43.10
大型底栖生物	76.38	26.49	33.33	36.94	53.26	26.96
潮间带生物	78.71	11.93	27.27	11.18	28.04	29.33

(3) 海洋生物多样性综合指数计算

海洋生物多样性综合指数 (MBI) 按以下公式计算，数值范围 0~100。

$$MBI = \sum_{i=1}^5 W_i \sum_{j=1}^n Y_{ij} W_{ij}$$

式中：

MBI ——海洋生物多样性综合指数；

W_i ——第 i 个一级指标的权重；

Y_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的赋值得分；

W_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的权重。评价指标采用等权重，并且各层级指标权重之和均等于 1。

根据海洋生物多样性综合指数 (MBI) 得分，海洋生物多样性的现状划分为四个等级：高、中、一般、低，见表 5.6.6-5。

表 5.6.6-5 海洋生物多样性现状分级

海洋生物多样性等级	海洋生物多样性综合指数	海洋生物多样性现状
高	$\geq 75 \sim 100$	海洋生物物种高度丰富，物种分布均匀，各生物群落的物种多样性高度丰富，生态系统类型丰富多样
中	$\geq 50 \sim < 75$	海洋生物物种较丰富，物种分布较均匀，局部区域或部分生物群落的物种多样性高度丰富，局部地区生态系统高度丰富
一般	$\geq 25 \sim < 50$	海洋生物物种较少，物种分布较不均匀，局部区域或个别生物群落的物种多样性较高，但生物多样性总体水平一般
低	$0 \sim < 25$	海洋生物物种贫乏，物种分布不均匀，生态系统类型单一，生物多样性总体低

根据指数计算公式，计算得出本项目 2024 年 3 月和 2023 年 11 月的海洋生物多样性综合指数 (MBI) 分别为 67.42 和 61.08，海洋生物多样性等级为中，海洋生物多样性现状为海洋生物物种较丰富，物种分布较均匀，局部区域或部分生物群落的物种多样性高度丰富，局部地区生态系统高度丰富。

5.6.6.2 海洋生物多样性总体变化趋势评价

海洋生物多样性综合指数变化幅度 (ΔMBI) 按以下公式计算，数值范围 -100~100。

$$\Delta MBI = MBI_a - MBI_b$$

式中：

ΔMBI ——海洋生物多样性综合指数的变化幅度；

MBI_a ——第 a 时期的海洋生物多样性综合指；

MBI_b ——第 b 时期的海洋生物多样性综合指；

按海洋生物多样性指数的数值变化幅度 (ΔMBI)，海洋生物多样性变化趋势划分为三个等级：无明显变化、略有变化（提高或下降）、显著变化（提高或下降）。见表 5.6.6-6。

表 5.6.6-6 海洋生物多样性总体变化趋势分级

变化幅度	级别	描述
$ \Delta\text{MBI} \leq 10$	无明显变化	生物多样性无明显变化
$10< \Delta\text{MBI} <25$	略有变化（提高或下降）	若 $10<\Delta\text{MBI}<25$ ，生物多样性略有提高；若 $-25<\Delta\text{MBI}<-10$ ，生物多样性略有下降
$ \Delta\text{MBI} \geq 25$	显著变化（提高或下降）	若 $\Delta\text{MBI}>25$ ，生物多样性显著提高；若 $\Delta\text{MBI}<-25$ ，生物多样性显著下降

根据计算，2024年3月与2023年11月的海洋生物多样性综合指数的变化幅度 ΔMBI 为 $(67.42-61.08)=6.34$ 。

综上所述，根据海洋生物多样性总体变化趋势分级判定，2023年11月至2024年3月海洋生物多样性指数的数值变化幅度小于10，海洋生物多样性总体无明显变化。

5.6.7 海洋生态健康状况评价

参考《近岸海洋生态健康评价指南》（GBT+42631-2023）中评价方法，具体评价如下。本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023年秋季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2024年5月）由广州海兰图检测技术有限公司于2023年11月在项目附近海域进行的秋季海洋调查数据。

5.6.7.1 评价指标类别与权重分值

河口生态系统和海湾生态系统生态健康评价包括水环境、沉积环境、生物质量、栖息地、生物群落五类指标，各类指标权重分值见表。

表 5.6.7-1 河口生态系统和海湾生态系统指标权重分值

指标	水环境	沉积环境	生物质量	栖息地	生物群落
权重分值	15	10	10	20	45

5.6.7.2 水环境

（1）指标及赋值

水环境指标按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中优良水质（一、二类）面积指标 I 级赋值为 15、II 级赋值为 10、III 级赋值为 5。

表 5.6.7-2 河口生态系统和海湾生态系统水环境评价指标

指标	I 级	II 级	III 级
优良（一、二类）水质面积比例 %	≥ 80	$50\leq <80$	<50

（2）评价结果

根据 2023 年秋季调查，海域平均分布 22 个水质调查站位，其中满足优良水质的站位有 19 个，占比 86.4%。本项目水环境指标属于 I 级，赋值为 15，水环境为健康。

5.6.7.3 沉积环境

(1) 指标及赋值

沉积环境评价包括有机碳含量、硫化物含量两类指标，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 10，II 级赋值为 5、III 级赋值为 1。

表 5.6.7-3 沉积环境评价指标

序号	指标	I 级	II 级	III 级
1	有机碳含量%	≤2	2<≤4	>4
2	硫化物含量 μg/g	≤300	300<≤600	>600

各项评价指标计算公式为：

$$S_q = \frac{\sum_{i=1}^n S_{qi}}{n}$$

式中：

S_q ——沉积环境中第 q 项评价指标数值；

n ——评价区域监测点位总数；

S_{qi} ——沉积环境中第 i 个点位第 q 项评价指标赋值。

沉积环境健康指数计算公式为：

$$S_{indx} = \frac{\sum_{q=1}^m S_q}{m}$$

式中：

S_{indx} ——沉积环境健康指数；

m ——评价指标总数；

S_q ——第 q 项评价指标数值。

(2) 评价结果

根据调查，沉积物指标如下。

表 5.6.7-4 沉积物计算指标

站位	有机碳	指标	硫化物	指标
	ω/%		μg/g	
LY02	0.59	I	35.1	I
LY06	0.91	I	83.1	I
LY07	0.25	I	12.6	I
LY09	0.82	I	40.5	I
LY11	0.64	I	11.0	I
LY13	0.91	I	78.4	I
LY15	0.95	I	45.4	I
LY16	0.81	I	30.2	I
LY17	0.89	I	40.0	I
LY19	0.99	I	13.3	I
CD18	0.48	I	2.1	I

站位	有机碳	指标	硫化物	指标
	w/%		μg/g	
CD20	0.39	I	0.8	I

硫化物指标数值: $S_{\text{硫化物}} = (10 \times 12) / 12 = 10$

有机碳指标数值: $S_{\text{有机碳}} = (10 \times 12) / 12 = 10$

沉积环境健康指数 $S_{\text{indx}} = (S_{\text{硫化物}} + S_{\text{有机碳}}) / 2 = 10 \geq 7.5$

$S_{\text{indx}} = 10 \geq 7.5$, 沉积物环境为健康。

5.6.7.4 生物质量

(1) 指标及赋值

按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中, 其中各指标 I 级赋值为 10, II 级赋值为 5, III 级赋值为 1。生物质量评价包括汞 (Hg)、镉 (Cd)、铅 (Pb)、砷 (As) 和石油烃五类指标, 各评价指标见表。

表 5.6.7-5 生物质量评价指标

序号	指标/ (μg/g)	I 级	II 级	III 级
1	Hg	≤0.05	0.05 < ≤0.30	>0.30
2	Cd	≤0.2	0.2 < ≤5.0	>5.0
3	Pb	≤0.1	0.1 < ≤6.0	>6.0
4	As	≤1.0	1.0 < ≤8.0	>8.0
5	石油烃	≤15	15 < ≤80	>80

每个生物样品生物质量计算公式为:

$$BR_q = \frac{\sum_{i=1}^n BR_i}{n}$$

式中:

BR_q ——第 q 项评价指标数值;

n ——评价的污染物指标总数;

BR_i ——第 i 项评价指标赋值。

生物质量健康指数计算公式为:

$$BR_{\text{indx}} = \frac{\sum_{q=1}^m BR_q}{m}$$

式中:

BR_{indx} ——生物质量健康指数;

m ——评价区域监测生物样品总数;

BR_q ——评价区域第 q 份样品数值。

(2) 评价结果

根据调查, 生物质量指标如下。

表 5.6.7-6 生物质量评价计算指标

站位	汞	指标	镉	指标	铅	指标	砷	指标	石油烃	指标
CD13	0.029	I	0.005	I	0.05	I	0.2L	I	14.8	I
CD17	0.011	I	0.007	I	0.08	I	3.5	II	19.6	II
LY02	0.018	I	0.009	I	0.13	II	0.4	I	9.0	I
LY03	0.011	I	0.006	I	0.04L	I	0.5	I	12.6	I
LY06	0.012	I	0.013	I	0.08	I	0.2L	I	11.9	I
LY07	0.026	I	0.010	I	0.07	I	0.4	I	16.5	II
LY09	0.017	I	0.007	I	0.07	I	0.5	I	10.0	I
LY11	0.030	I	0.009	I	0.05	I	0.9	I	22.4	II
LY13	0.018	I	0.013	I	0.06	I	1.4	II	10.1	I
LY15	0.027	I	0.009	I	0.09	I	3.1	II	12.5	I
LY16	0.028	I	0.010	I	0.07	I	0.2L	I	16.0	II
LY17	0.040	I	0.006	I	0.05	I	0.2L	I	15.4	II
LY19	0.181	II	0.011	I	0.09	I	1.0	I	10.4	I
LY20	0.010	I	0.005L	I	0.05	I	0.4	I	13.5	I

经公式计算 $BR_{\text{indx}}=9.43 \geq 7.5$ ，生物质量为健康。

5.6.7.5 栖息地

(1) 指标及赋值

栖息地评价包括滨海湿地分布面积、表层沉积物主要粒径组分含量年度变化两类指标。按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 20，II 级赋值为 10、III 级赋值为 5。

表 5.6.7-7 河口生态系统和海湾生态系统栖息地评价指标

序号	指标	I 级	II 级	III 级
1	滨海湿地分布面积变化	增加或无变化	减少 $\leq 5\%$	减少 $> 5\%$
2	表层沉积物主要粒径组分含量年度变化	$\leq 2\%$	$2\% < \leq 5\%$	$> 5\%$

(2) 评价结果

据资料，滨海湿地分布面积增加或无变化，表层沉积物主要粒径组分含量年度变化 $\leq 2\%$ 。

$E_{\text{indx}}=20 \geq 15$ ，栖息地为健康。

5.6.7.6 生物群落

(1) 指标及赋值

生物群落评价包括浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、鱼卵及仔鱼密度、大型底栖动物密度、大型底栖动物生物量六类指标，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 45，II 级赋值为 30、III 级赋值为 15。A、B、C、D、E 分别为浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、大型底栖动物密度、大型底栖动物生物量的评价标准值。

表 5.6.7-8 河口生态系统和海湾生态系统生物群落评价指标

序号	指标	I 级	II 级	III 级
1	浮游植物密度 cells/m ³	50%A≤≤150%A	10%A<≤50%A 或 150%A<≤200%A	<10%A 或>200%A
2	浮游动物密度 ind./m ³	75%B≤≤125%B	50%B<≤75%B 或 125%B<≤150%B	<50%B 或>150%B
3	浮游动物生物量 mg/m ³	75%C≤≤125%C	50%C<≤75%C 或 125%C<≤150%C	<50%C 或>150%C
4	鱼卵及仔鱼密度 ind./m ³	>50	5<≤50	≤5
5	大型底栖动物密度 ind./m ²	75%D≤≤125%D	50%D<≤75%D 或 125%D<≤150%D	<50%D 或>150%D
6	大型底栖动物生物 量 g/m ²	75%E≤≤125%E	50%E<≤75%E 或 125%E<≤150%E	<50%E 或>150%E
浮游植物密度采用浅水 III 型浮游生物网垂直拖网采样的密度。 浮游动物密度采用浅水 II 型浮游生物网垂直拖网采样的密度。 浮游动物生物量采用浅水 I 型浮游生物网垂直拖网采样，除去水母类等胶质生物后的生物量。 鱼卵与仔鱼的密度为鱼类主要产卵季节的调查结果。				

各指标的赋值 (D_q) 根据平均值 ($\bar{D}_q$) 及赋值要求确定。各项指标平均值 $\bar{D}_q$ 计算公式为:

$$\bar{D}_q = \frac{\sum_{i=1}^n D_{qi}}{n}$$

式中:

$\bar{D}_q$ ——评价区域第 q 项评价指标平均值;

n ——评价区域监测点位总数;

D_{qi} ——第 i 个点位第 q 项评价指标测值。

生物群落健康指数计算公式为:

$$D_{indx} = \frac{\sum_{q=1}^m D_q}{m}$$

式中:

D_{indx} ——生物群落健康指数;

m ——生物评价指标总数;

D_q ——第 q 个生物评价指标赋值。

(2) 评价结果

本项目所在海域为广东西部海域, 参考秋季调查的生态数据, 评价如下。

序号	指标	调查情况	广东西部海域标准值	指标	赋分
1	浮游植物密度 cells/m ³	322.200×10 ³	180×10 ⁵	III	15
2	浮游动物密度 ind./m ³	9182.732	10×10 ³	I	45

序号	指标	调查情况	广东西部海域标准值	指标	赋分
3	浮游动物生物量 mg/m ³	392.66	30	III	15
4	鱼卵及仔鱼密度 ind./m ³	0.726	/	III	15
5	大型底栖动物密度 ind./m ²	48.214	240	III	15
6	大型底栖动物生物量 g/m ²	11.219	10	I	45

$D_{\text{indx}} = (15+45+15+15+15+45) / 6 = 25$, 当 $22.5 \leq D_{\text{indx}} < 37.5$ 时, 生物群落为亚健康。

5.6.7.7 生态健康指数

河口生态系统和海湾生态系统生态健康指数按下列公式计算:

$$CEH_{\text{indx}} = W_{\text{indx}} + S_{\text{indx}} + BR_{\text{indx}} + E_{\text{indx}} + D_{\text{indx}}$$

式中:

CEH_{indx} ——河口生态系统和海湾生态系统生态健康指数。

根据上述计算结果, 本项目 $CEH_{\text{indx}} = 15 + 10 + 9.43 + 20 + 25 = 79.43$ 。

$CEH_{\text{indx}} = 79.43$, $43 \leq CEH_{\text{indx}} \leq 80$, 生态系统处于亚健康状态。

5.7 电磁环境现状调查与评价

5.7.1 海域电磁环境现状调查

本节引自《江门川岛(电缆)海上风电项目(2023年冬季)调查报告》(广东宇南检测技术有限公司, 2023年12月)。

5.7.1.1 调查概况

广东宇南检测技术有限公司于2023年12月6-7日在工程海域开展电磁辐射和噪声环境现状调查, 各站点经纬度坐标详见表5.7.1-1。调查站点详见图5.7.1-1。

表 5.7.1-1 电磁环境和噪声调查站位

监测站位	经度	纬度	监测内容
S3			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S10			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S14			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S18			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S19			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S20			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S21			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S22			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S23			水下噪声、水上噪声、电磁辐射

图 5.7.1-1 电磁环境和噪声调查站位图

5.7.1.2 调查内容

调查内容包括工频电场强度和工频磁场感应强度。

5.7.1.3 分析方法

工频电场和工频磁场测量方法按照《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）标准进行。

5.7.1.4 检测结果

项目所在海区现场监测结果显示，工频电场强度在（0.07~0.35）V/m 之间，工频磁场强度在（0.0072~0.0116） μ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）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 100 μ T）。

表 5.7.4-1 电磁环境调查结果

监测点 名称	检测结果	
	工频电场强度（V/m）	工频磁场强度（ μ T）
S3	0.11	0.0073
S10	0.07	0.0094
S14	0.18	0.0072
S18	0.12	0.0084
S19	0.35	0.0096
S20	0.26	0.0076
S21	0.30	0.0074
S22	0.13	0.0081
S23	0.13	0.0116

5.7.2 陆域电磁环境现状调查

本节引自《江门川岛一、二海上风电和集中送出工程项目电磁环境监测报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2026 年 2 月）。

5.7.2.1 调查概况

本次调查共设电磁环境监测调查站位共 11 个，具体调查站位详见表 5.7.2-1 和图 5.7.2-1。

表 5.7.2-1 电磁环境监测调查站位

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目	备注
1	T1			电磁环境监测	陆上集控中心北侧
2	T2			电磁环境监测	陆上集控中心东北侧
3	T3			电磁环境监测	陆上集控中心东南侧

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目	备注
4	T4			电磁环境监测	陆上集控中心西南侧
5	T5			电磁环境监测	陆上集控中心西北侧
6	T6			电磁环境监测	敏感点 1
7	T7			电磁环境监测	海缆登陆点（敏感点 4）
8	T8			电磁环境监测	旅游功能房 1（敏感点 2）
9	T9			电磁环境监测	旅游功能房 2（敏感点 3）
10	T10			电磁环境监测	电缆 1
11	T11			电磁环境监测	电缆 2

图 5.7.2-1 陆域电磁环境监测站位图

5.7.2.2 调查内容

调查内容包括工频电场强度和工频磁场感应强度。

5.7.2.3 分析方法

电磁环境的分析按照《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）（HJ681-2013）进行，各项目的分析方法如表 5.7.2-2。

表 5.7.2-2 电磁环境调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	工频电场强度	《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）HJ681-2013	电磁辐射分析仪法	/
2	工频磁感应强度	《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）HJ681-2013	电磁辐射分析仪法	/

5.7.2.4 检测结果

调查 11 个站位的电磁监测结果分别见表 5.7.2-3。

工频电场强度的值变化范围为 0.092V/m~5.426 V/m，平均为 1.043V/m，其中站位 T6 的工频电场强度最高，站位 T7 的工频电场强度最低。

工频磁感应强度的值变化范围为 0.0137 μ T ~0.0218 μ T，平均为 0.0147 μ T，其中站位 T10 的工频磁感应强度最高，站位 T4 的工频磁感应强度最低。

调查站位 T1~T11 的 11 个站位工频电场强度和工频磁感应强度均满足《电磁环境控制限值》（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 100 μ T）。

表 5.7.2-3 电磁环境监测结果

监测站位名称	监测结果	
	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
T1	0.216	0.0143
T2	0.106	0.0145
T3	0.188	0.0142
T4	0.106	0.0137
T5	0.156	0.0143
T6	5.426	0.0139
T7	0.092	0.0139
T8	0.396	0.0139
T9	0.140	0.0138
T10	3.410	0.0218
T11	1.232	0.0139
最小值	0.092	0.0137
最大值	5.426	0.0218
平均值	1.043	0.0147

5.8 声环境现状调查与评价

5.8.1 水上水下噪声环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（电缆）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（广东宇南检测技术有限公司，2023 年 12 月）。

5.8.1.1 调查概况

广东宇南检测技术有限公司于 2023 年 12 月 6-7 日在工程海域开展噪声环境现状调查，调查站位布设与电磁调查站位一致，各站点经纬度坐标详见表 5.7.1-1。调查站点详见图 5.7.1-1。

5.8.1.2 调查内容

水上噪声包括等效连续声级、累积百分声级 $L_{10}(\text{dB})$ 、累积百分声级 $L_{50}(\text{dB})$ 和累积百分声级 $L_{90}(\text{dB})$ 。水下噪声调查内容为频程频带声压级(L_p)、噪声功率谱密度级以及各测点的峰值声压级。

5.8.1.3 调查结果

(1) 水上噪声环境调查结果

由水上声环境现场调查结果可知, 该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 (49~63) dB 之间, 算术平均值为 56 dB 。

表 5.8.1-1 工程海域水上声环境质量调查结果

站位	噪声源	监测时间	等效连续声级 $L_{eq}(\text{dB})$	累积百分声级 $L_{10}(\text{dB})$	累积百分声级 $L_{50}(\text{dB})$	累积百分声级 $L_{90}(\text{dB})$
S3	海上环境	2023.12.07	56	57	46	42
S10	海上环境	2023.12.06	49	47	41	38
S14	海上环境	2023.12.06	49	52	43	36
S18	海上环境	2023.12.06	49	48	41	36
S19	海上环境	2023.12.07	56	59	53	49
S20	海上环境	2023.12.07	61	65	55	49
S21	海上环境	2023.12.07	62	66	57	51
S22	海上环境	2023.12.07	56	59	54	50
S23	海上环境	2023.12.07	63	57	57	49

(2) 水下噪声峰值声压级

各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级详见表 5.8.1-2。

表 5.8.1-2 工程海域水下噪声峰值声压

站位	检测深度 (m)	总声级 (20Hz-20kHz) (dB)	峰值声压 L_{peak} (dB)
S3	5	125	163
	25	123	162
	36	123	163
S10	5	124	162
	26	128	161
	39	122	163
S14	5	130	169
	28	131	162
	42	122	161
S18	5	126	166
	28	128	164
	42	122	162
S19	5	130	166
	23	134	171
	33	128	165
S20	5	129	167
	22	129	165
	32	127	165

站位	检测深度 (m)	总声级 (20Hz-20kHz) (dB)	峰值声压 L_{peak} (dB)
S21	5	132	172
	21	133	165
	31	128	164
S22	5	128	166
	21	135	169
	29	126	165
S23	5	132	168
	10	129	167
	12	128	168

(3) 水下噪声环境调查结果

该海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 77dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 16dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 106dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 87dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 86dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 71dB 以下。

表 5.8.3-3a 工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(Lps)

站位	水深 (m)	测量深度 (m)	1/3oct.频程频带声压级 (dB)														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
S3	41.1	5	118	116	118	118	113	108	119	111	105	102	99	95	95	94	92
		25	118	115	112	113	109	108	119	111	105	103	99	96	95	93	92
		36	119	114	113	113	109	107	118	110	104	102	98	94	94	94	92
S10	43.8	5	113	117	118	119	113	107	108	105	104	101	99	96	96	96	97
		26	120	120	124	122	116	112	114	111	107	103	99	94	93	94	94
		39	116	113	115	113	108	105	114	111	105	98	97	93	93	93	93
S14	46.5	5	119	124	125	124	116	109	111	108	109	106	99	99	98	98	100
		28	122	126	128	121	117	112	116	110	105	105	98	96	95	96	97
		42	114	113	114	110	105	104	116	110	102	101	96	95	94	95	97
S18	47.2	5	114	119	120	121	116	105	107	106	109	99	100	98	98	97	100
		28	121	120	122	121	118	114	110	108	110	102	100	99	96	96	98
		42	114	115	117	113	107	104	108	105	105	100	101	101	96	96	97
S19	37.6	5	120	118	118	125	126	121	116	116	114	113	104	101	100	99	99
		23	125	123	124	128	128	125	121	120	120	118	109	106	102	100	100
		33	121	118	117	121	123	118	111	110	110	111	103	100	99	99	99
S20	36.8	5	116	113	117	124	124	120	116	116	114	113	106	105	104	104	105
		22	117	117	116	121	123	121	117	116	115	114	104	103	103	102	103
		32	118	116	117	118	120	117	111	111	115	114	106	103	103	102	102
S21	35.5	5	119	119	121	127	127	121	116	116	118	115	109	106	106	104	105
		21	120	120	120	124	128	128	124	118	119	118	106	104	103	104	105
		31	117	119	118	123	121	118	111	110	110	106	103	105	104	107	107
S22	34.2	5	117	113	114	124	124	117	112	110	109	109	106	100	99	98	98
		21	120	118	123	128	131	125	121	121	118	118	109	104	103	100	100
		29	119	116	114	119	121	117	111	111	111	112	105	103	101	99	101
S23	16.7	5	119	115	120	127	128	122	117	117	116	115	106	103	102	101	102
		10	121	119	118	122	123	118	112	111	111	112	108	106	104	104	104
		12	116	118	116	122	122	120	115	111	112	113	109	109	107	106	107

表 5.8.3-3b 工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(Lps)

站位	水深 (m)	测量深度 (m)	1/3oct. 频程频带声压级 (dB)															
			630 Hz	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	20k Hz
S3	41.1	5	90	90	89	89	90	89	88	88	88	88	89	89	90	92	92	90
		25	90	90	89	89	90	89	88	88	88	87	88	89	89	92	92	90
		36	91	90	89	89	90	89	88	88	89	88	89	90	91	93	93	91
S10	43.8	5	97	96	94	94	94	93	92	91	91	89	88	88	88	88	87	86
		26	95	95	92	92	93	91	90	89	90	88	88	88	88	89	88	87
		39	95	95	91	91	92	91	89	88	89	88	88	89	88	89	88	87
S14	46.5	5	101	101	101	103	105	105	103	100	103	100	99	96	91	90	89	87
		28	100	102	103	105	107	106	104	102	105	102	101	97	91	89	87	86
		42	100	102	103	105	107	106	105	102	105	102	101	97	92	89	88	86
S18	47.2	5	101	100	99	100	103	102	101	98	101	98	97	94	91	89	88	86
		28	100	101	102	104	106	105	104	101	104	101	100	97	91	89	88	86
		42	100	101	101	104	105	104	103	100	103	100	99	96	91	89	88	87
S19	37.6	5	99	99	99	98	98	95	95	94	93	92	91	90	87	85	85	84
		23	100	99	100	98	98	94	92	91	91	90	89	88	87	86	85	84
		33	99	99	99	98	98	93	91	91	90	90	89	88	87	86	85	83
S20	36.8	5	104	106	108	108	103	96	96	95	94	92	91	90	88	85	83	82
		22	104	106	108	109	104	94	91	91	90	89	88	86	85	83	82	81
		32	104	106	108	108	102	93	92	92	91	90	88	86	85	84	83	81
S21	35.5	5	105	106	108	108	103	99	100	98	97	95	92	89	86	84	83	82
		21	106	107	109	108	104	96	94	93	92	91	89	87	85	83	83	81
		31	109	110	110	109	108	96	94	95	91	89	88	86	85	84	83	82
S22	34.2	5	99	98	98	98	97	95	95	94	93	92	91	89	88	86	84	83
		21	101	98	97	97	97	94	93	93	92	91	89	87	86	84	83	82
		29	103	98	97	96	95	91	90	91	90	89	88	86	85	84	83	82
S23	16.7	5	102	104	105	105	101	97	96	95	94	92	90	88	86	84	83	82
		10	105	105	106	104	101	95	93	93	91	90	89	88	86	85	84	83
		12	109	107	108	106	105	98	95	94	93	92	92	91	90	88	89	89

表 5.8.3-4a 工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

站位	水深 (m)	测量深度 (m)	噪声功率谱密度级 (dB)														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
S3	41.1	5	112	109	110	108	101	97	109	97	91	88	83	77	78	73	71
		25	111	108	104	104	99	95	109	96	91	89	83	80	78	73	72
		36	111	106	103	104	97	95	109	94	90	89	82	77	74	73	71
S10	43.8	5	106	109	109	112	100	97	94	92	90	85	82	77	77	77	77
		26	113	110	115	112	104	100	100	95	95	88	82	76	74	75	73
		39	108	106	107	103	97	95	101	95	92	84	80	75	74	74	73
S14	46.5	5	111	115	115	115	105	97	98	90	96	89	84	81	79	79	79
		28	115	119	118	112	105	99	102	94	91	89	82	79	77	76	74
		42	107	104	105	100	95	92	103	92	88	86	81	78	74	76	74
S18	47.2	5	107	111	112	112	101	92	95	91	98	83	84	80	81	78	78
		28	117	114	115	110	107	103	96	98	97	85	85	80	77	76	76
		42	108	107	110	102	96	91	95	90	91	82	85	82	79	76	74
S19	37.6	5	112	110	111	116	112	107	102	102	98	97	86	83	81	79	78
		23	118	116	116	120	118	114	106	106	105	102	91	86	83	80	80
		33	113	110	109	109	112	105	99	96	97	98	83	82	81	78	78
S20	36.8	5	108	104	108	116	113	105	100	101	100	97	88	89	84	84	84
		22	111	110	107	110	114	107	105	104	101	96	86	86	82	83	82
		32	111	108	110	107	110	103	98	97	103	99	87	86	82	83	82
S21	35.5	5	112	111	111	117	119	110	102	101	105	100	92	91	85	86	83
		21	113	112	112	114	118	116	111	102	106	104	89	93	83	86	86
		31	110	112	111	111	110	105	97	94	103	92	87	95	84	86	87
S22	34.2	5	109	106	106	113	115	102	96	95	94	93	89	81	81	79	77
		21	114	110	115	117	121	112	107	106	100	102	91	87	84	81	79
		29	112	110	105	107	111	103	99	97	97	96	87	86	81	79	79
S23	16.7	5	113	108	112	117	118	107	102	101	100	99	88	84	84	81	80
		10	114	111	110	112	112	105	99	97	96	97	89	88	84	84	82
		12	110	110	107	110	111	107	99	99	97	97	91	91	87	84	85

表 5.8.3-4b 工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

站位	水深 (m)	测量深度 (m)	噪声功率谱密度级 (dB)															
			630 Hz	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	20k Hz
S3	41.1	5	69	67	65	65	64	62	60	59	58	57	56	56	56	58	57	54
		25	69	67	66	65	64	62	60	59	59	57	56	56	55	55	55	53
		36	71	67	65	64	65	62	61	60	59	57	58	58	57	57	57	53
S10	43.8	5	75	72	71	69	68	67	65	62	61	58	57	55	54	53	51	50
		26	74	72	68	67	67	64	63	60	60	57	56	55	54	54	53	50
		39	74	73	68	66	66	64	62	60	59	57	56	56	55	53	54	51
S14	46.5	5	79	79	78	79	80	79	77	71	73	68	68	63	58	55	53	51
		28	79	81	78	80	81	81	77	72	75	71	69	65	58	54	52	49
		42	79	80	79	81	81	81	77	73	75	70	70	64	58	55	53	49
S18	47.2	5	84	78	75	76	78	76	73	69	71	68	66	62	57	55	52	50
		28	81	80	77	79	80	79	76	72	75	69	68	64	58	54	53	49
		42	79	80	77	79	80	78	75	71	74	69	67	64	57	55	52	51
S19	37.6	5	78	76	75	73	72	69	67	66	63	61	58	57	54	51	49	48
		23	78	76	76	74	74	67	64	62	61	59	58	55	53	52	50	46
		33	78	77	74	74	73	66	64	62	60	59	57	56	54	52	49	46
S20	36.8	5	82	84	84	85	76	69	68	66	64	61	60	58	54	50	48	45
		22	82	83	85	85	77	67	64	62	61	59	56	54	52	49	47	45
		32	84	84	83	83	76	66	64	63	61	60	57	54	51	49	47	44
S21	35.5	5	85	84	84	84	78	73	74	69	67	64	60	57	53	50	47	45
		21	86	84	85	83	78	68	66	65	62	60	57	55	51	49	46	45
		31	87	87	86	84	81	68	66	66	61	58	56	54	52	49	47	46
S22	34.2	5	79	76	75	74	71	69	68	65	62	62	59	56	55	51	49	47
		21	81	75	74	72	71	68	66	64	61	60	57	55	53	50	48	46
		29	82	74	73	71	68	64	62	62	60	58	56	54	51	49	47	46
S23	16.7	5	80	81	82	80	75	70	68	66	64	62	59	56	53	50	47	46
		10	82	82	83	79	76	70	66	64	61	60	58	55	53	50	48	46
		12	86	83	86	81	79	72	67	65	63	62	60	59	57	53	53	52

5.8.2 陆域声环境现状调查与评价

5.8.2.1 调查概况

项目委托广东省精美检测技术有限公司在 2026 年 3 月 9 日~3 月 10 日在项目周边开展的陆域声环境调查资料。

本次调查共布置 15 个声环境调查站位，详见表 5.8.2-1 和图 5.8.2-1。

表 5.8.2-1 陆域声环境现状监测布点一览表

站位	坐标（东经，北纬）	位置
S1		陆上集控中心北侧
S2		陆上集控中心东北侧
S3		陆上集控中心东南侧
S4		陆上集控中心西南侧
S5		陆上集控中心西北侧
S6		敏感点 1（1 层）
S7		敏感点 2（5 层）
S8		敏感点 3（1~2 层）
S9		海缆登陆点（敏感点 4）（1~2 层）
S10		电缆钻出点 1
S11		电缆钻入点 1
S12		敏感点 4（2 层）
S13		敏感点 5（2 层）
S14		电缆钻出点 2
S15		电缆钻入点 2

备注：敏感目标 1~2 层，监测 1 层数据；敏感目标 5 层，监测 1、3 层数据。

图 5.8.2-1 陆域声环境调查站位分布示意图

5.8.2.2 调查项目

监测项目为等效连续 A 声级 $Leq(A)$ 。

5.8.2.3 调查频次

连续检测 2 天，每天昼夜间各检测 1 次。

5.8.2.4 评价标准及方法

陆上集控中心大部分位于 2 类环境功能区，陆上集控中心东侧红线位于道路 35m 范围内，执行 4a 类环境功能区，电缆位于公路红线 35m 范围为 4a 类环境功能区，电缆 35m 位于公路 35m 范围外为 2 类环境功能区。

对照评价标准限值，对监测结果进行统计分析，评价项目声环境质量现状。

表 5.8.2-2 监测点位执行标准

序号	执行标准

S1、S2、S4~S9、S11~S13	《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2类
S3、S10、S14、S15	《声环境质量标准》（GB 3096-2008）4a类

5.8.2.5 调查与评价结果

(1) 调查结果

项目声环境质量现状监测结果见下表 5.8.2-3。

表 5.8.2-3 项目声环境质量现状监测结果（单位：dB（A））

检测日期	站 位	检测结果		参考限值		主要声源		结果评价
		昼间 Leq	夜间 Leq	昼间 Leq	夜间 Leq	昼 间	夜 间	
2026.3.9~2026.3.10	S1	49.2	44.8	60	50	环境噪声	环境噪声	达标
	S2	50.9	44.4	60	50			达标
	S3	63.3	51.7	70	55			达标
	S4	51.7	45.6	60	50			达标
	S5	55.4	49.2	60	50			达标
	S6（1层）	57.9	48.6	60	50			达标
	S7（1层）	54.6	47.3	60	50			达标
	S7（3层）	53.1	48.3	60	50			达标
	S8（2层）	50.6	47.8	60	50			达标
	S9（2层）	56.7	47.9	60	50			达标
	S10	58.7	50.6	70	55			达标
	S11	56.5	47.5	60	50			达标
	S12（2层）	53.5	47.2	60	50			达标
	S13（2层）	52.5	46.0	60	50			达标
	S14	64.4	52.1	70	55			达标
S15	69.1	53.3	70	55	达标			
2026.3.10~2026.3.11	S1	51.0	44.3	60	50			达标
	S2	51.8	45.8	60	50			达标
	S3	64.9	52.3	70	55			达标
	S4	52.6	44.9	60	50			达标
	S5	59.1	44.9	60	50			达标
	S6（1层）	56.7	44.1	60	50			达标
	S7（1层）	54.2	46.6	60	50			达标
	S7（3层）	56.4	45.7	60	50			达标
	S8（2层）	54.5	45.6	60	50			达标
	S9（2层）	57.5	48.3	60	50			达标
	S10	60.5	52.0	70	55			达标
	S11	56.4	45.9	60	50			达标
	S12（2层）	53.9	47.6	60	50			达标
	S13（2层）	53.0	45.6	60	50			达标
	S14	64.7	52.6	70	55	达标		
S15	67.1	52.9	70	55	达标			
2026.3.9~2026.3.10：天气晴，风速 1.3~1.8m/s，温度 25.1℃，大气压 101.57kPa								
2026.3.10~2026.3.11：天气晴，风速 1.3~1.8m/s，温度 23.4℃，大气压 101.72kPa								

(2) 评价结果

根据表 5.8.2-3 监测结果，S1、S2、S4~S9、S11~S13 站位在两天的监测中昼夜间噪声值均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准，S3、S10、S14、S15 在两天的监测中昼夜间噪声值均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准。

5.9 大气环境质量现状调查与评价

5.9.1 项目所在区域环境空气质量现状

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）中 6.2.1.1 项目所在区域达标判定，基本污染物环境质量现状数据优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告或环境质量报告中的数据或结论。本评价基本污染物因子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》（https://www.jiangmen.gov.cn/bmpd/jmssthjj/hjzl/ndhjzkgb/content/post_3273685.html）中相关数据，具体如下：

2024 年度，江门市环境空气质量较去年同比改善，综合指数改善 0.6%；空气质量优良天数比例为 88.0%，同比上升 2.2 个百分点，其中优天数比率为 51.6%（189 天），良天数比率为 36.3%（133 天），轻度污染天数比例为 10.7%（39 天）、中度污染天数比例为 1.4%（5 天），无重度及以上污染天气。首要污染物为臭氧，其作为每日首要污染物的天数比例为 74.3%，NO₂、PM₁₀ 及 PM_{2.5} 作为首要污染物的天数比率分别为 11.7%、5.0%、9.0%。PM_{2.5} 平均浓度为 23 微克/立方米，同比上升 4.5%；PM₁₀ 平均浓度为 39 微克/立方米，同比下降 4.9%；SO₂ 平均浓度为 6 微克/立方米，同比持平；NO₂ 平均浓度为 25 微克/立方米，同比持平；CO 日均值第 95 百分位浓度平均为 0.9 毫克/立方米，同比持平；O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度平均为 170 微克/立方米，同比下降 1.2%。江门市空气质量综合指数在全国 168 个重点城市中保持在前 30 位。

表 5.9.1-1 区域空气质量现状评价表

污染物	评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	过渡阶段浓度 限值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率 (%)	达标情况
PM _{2.5}	年平均质量浓度	23	30	76.7	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	39	60	65.0	达标
SO ₂	年平均质量浓度	6	60	10.0	达标
NO ₂	年平均质量浓度	25	40	62.5	达标
CO	日均值第 95 百分位浓度	900	4000	22.5	达标

污染物	评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	过渡阶段浓度 限值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率 (%)	达标情况
O_3	日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度	170	160	106.25	不达标

由上表可知， $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 五项污染物监测数据达到《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）的过渡阶段浓度限值二级标准的要求， O_3 未达到《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）的过渡阶段浓度限值二级标准要求，属于不达标区。

5.9.2 大气环境质量监测现状

5.9.2.1 监测点位布设

项目委托广东省精美检测技术有限公司在 2026 年 3 月 9 日~3 月 15 日在项目周边开展的大气环境调查数据。

本次调查在江门台山曹峰山地方级自然保护区布置 1 个大气环境调查站位，详见表 5.9.2-1 和图 5.9.2-1。

表 5.9.2-1 环境空气质量现状调查监测点

编号	名称	经纬度		方位	常规污染物监测项目 (6 个)
		经度 (E)	纬度 (N)		
Q1	江门台山曹峰山地方级自然保护区			北侧	SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$

图 5.9.2-1 大气监测站位图

5.9.2.2 监测时间与指标

监测频率及时间要求见表 5.9.2-2。

表 5.9.2-2 污染物监测频次

监测指标	小时浓度或一次值	日平均浓度	备注
SO_2 、 NO_2 、 CO	每天 02、08、14、20 时的 小时平均浓度值，各小时 至少采样 45 分钟	每天至少连续采样 20 个小时	连续监测 7 天
臭氧	每天 02、08、14、20 时的 小时平均浓度值，各小时 至少采样 45 分钟	8 小时平均，每 8 小时至少连 续采样 6 小时	
PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$	/	每天至少连续采样 20 个小时	

5.9.2.3 评价方法

最大质量浓度值占相应标准质量浓度限值的百分比按下式计算：

$$P_i=C_i/C_{oi}\times 100\%$$

式中：P_i：最大质量浓度值占标准质量浓度限值的百分比，%；

C_i：监测项目的最大质量浓度值；

C_{oi}：测项目的相应环境空气质量标准。

P_i<100%表示污染物浓度未超评价标准，P_i>100%表示污染物浓度超出评价标准，P_i越大，超标越严重。

5.9.2.4 执行标准

《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

5.9.2.5 监测与评价结果

（1）监测结果

环境空气质量现状补充监测结果如下。

表 5.9.2-3 监测点监测期间气象数据记录表

采样日期	天气	风向	风速（m/s）	相对湿度（%RH）	温度（℃）	大气压（kPa）
2026.03.09	晴	南	1.5	56.8	26.4	102.38
2026.03.10	晴	南	1.8	58.1	26.4	102.38
2026.03.11	晴	南	1.6	55.3	28.6	102.46
2026.03.12	晴	南	1.4	52.8	30.4	102.60
2026.03.13	晴	南	1.5	50.8	32.0	102.02
2026.03.14	晴	南	1.6	52.1	32.6	101.88
2026.03.15	晴	南	1.36	51.5	33.7	101.51

表 5.9.2-4a 环境空气检测结果一览表

采样日期	检测点位	检测项目	检测频次及检测结果			
			2：00~3：00	8：00~9：00	14：00~15：00	20：00~21：00
2026.3.9	Q1	二氧化硫 (mg/m ³)	0.027	0.025	0.026	0.026
2026.3.10			0.022	0.024	0.020	0.021
2026.3.11			0.016	0.019	0.022	0.021
2026.3.12			0.026	0.027	0.023	0.024
2026.3.13			0.028	0.023	0.021	0.026
2026.3.14			0.022	0.021	0.024	0.023
2026.3.15			0.022	0.024	0.024	0.025
2026.3.9	Q1	二氧化氮 (mg/m ³)	0.026	0.027	0.042	0.034
2026.3.10			0.038	0.039	0.058	0.049
2026.3.11			0.027	0.043	0.057	0.050
2026.3.12			0.036	0.038	0.059	0.049
2026.3.13			0.030	0.037	0.059	0.049
2026.3.14			0.042	0.038	0.052	0.043
2026.3.15			0.044	0.030	0.043	0.035

采样日期	检测点位	检测项目	检测频次及检测结果			
			2: 00~3: 00	8: 00~9: 00	14: 00~15: 00	20: 00~21: 00
2026.3.9	Q1	一氧化碳 (mg/m ³)	0.5	0.6	0.7	0.4
2026.3.10			0.4	0.4	0.4	0.5
2026.3.11			0.4	0.5	0.7	0.5
2026.3.12			0.5	0.7	0.7	0.7
2026.3.13			0.6	0.7	0.8	0.6
2026.3.14			0.4	0.5	0.7	0.5
2026.3.15			0.4	0.7	0.7	0.5
2026.3.9	Q1	臭氧 (mg/m ³)	0.034	0.028	0.016	0.025
2026.3.10			0.030	0.019	0.027	0.019
2026.3.11			0.027	0.013	0.019	0.025
2026.3.12			0.031	0.027	0.022	0.025
2026.3.13			0.031	0.022	0.016	0.027
2026.3.14			0.031	0.022	0.025	0.010
2026.3.15			0.036	0.022	0.016	0.028

表 5.9.2-4b 环境空气检测结果一览表

采样日期	检测点位	检测项目及检测结果					
		臭氧 (mg/m ³)	二氧化硫 (mg/m ³)	二氧化氮 (mg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	一氧化碳 (mg/m ³)
2026.3.9	Q1	0.021	0.023	0.031	35	23	0.5
2026.3.10		0.022	0.022	0.030	35	22	0.5
2026.3.11		0.019	0.020	0.031	37	22	0.6
2026.3.12		0.021	0.021	0.033	37	21	0.6
2026.3.13		0.020	0.020	0.032	36	24	0.6
2026.3.14		0.021	0.021	0.031	36	25	0.6
2026.3.15		0.020	0.021	0.030	32	23	0.5

(2) 评价结果

二氧化氮：监测点 Q1 的 1h 平均浓度范围为 0.026~0.059mg/m³，最大浓度占标率为 29.5%；24h 平均浓度范围为 0.03~0.033mg/m³，最大浓度占标率为 41.3%，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

二氧化硫：监测点 Q1 的 1h 平均浓度范围为 0.016~0.028mg/m³，最大浓度占标率为 18.7%；24h 平均浓度范围均为 0.02~0.023mg/m³，最大浓度占标率为 46.0%，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

一氧化碳：监测点 Q1 的 1h 平均浓度范围为 0.4~0.8mg/m³，最大浓度占标率为 8.0%；24h 平均浓度范围为 0.5~0.6mg/m³，最大浓度占标率为 15.0%，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

臭氧：监测点 Q1 的 1h 平均浓度范围为 0.01~0.036mg/m³，最大浓度占标率为 22.5%；8h 平均浓度范围为 0.019~0.022mg/m³，最大浓度占标率为 22.0%，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

PM₁₀：监测点 Q1 的 24h 平均浓度范围为 0.032~0.037mg/m³，最大浓度占标率

为 74.0%，均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

PM_{2.5}：监测点 Q1 的 24h 平均浓度范围为 0.021~0.025mg/m³，最大浓度占标率为 71.4%，均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

综上所述，监测点 Q1 的二氧化氮、二氧化硫、一氧化碳、臭氧、PM₁₀、PM_{2.5} 监测结果均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

表 5.9.2-5 环境空气监测结果标准指数一览表

监测点名称	污染物	平均时间	浓度单位	过渡阶段浓度限值	监测浓度范围	最大浓度占标率/%	超标率/%	达标情况
Q1	二氧化氮	1h 平均	mg/m ³	0.2	0.026~0.059	29.5	0	达标
		24h 平均	mg/m ³	0.08	0.03~0.033	41.3	0	达标
	二氧化硫	1h 平均	mg/m ³	0.15	0.016~0.028	18.7	0	达标
		24h 平均	mg/m ³	0.05	0.02~0.023	46.0	0	达标
	一氧化碳	1h 平均	mg/m ³	10	0.4~0.8	8.0	0	达标
		24h 平均	mg/m ³	4	0.5~0.6	15.0	0	达标
	臭氧	1h 平均	mg/m ³	0.16	0.01~0.036	22.5	0	达标
		8h 平均	mg/m ³	0.1	0.019~0.022	22.0	0	达标
	PM ₁₀	24h 平均	mg/m ³	0.05	0.032~0.037	74.0	0	达标
	PM _{2.5}	24h 平均	mg/m ³	0.035	0.021~0.025	71.4	0	达标

5.10 中华白海豚环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛一、二海上风电和集中送出工程项目中华白海豚监测及影响专题评价报告》（中国水产科学研究院南海水产研究所，2025 年 3 月）。

5.10.1 调查概况

根据工程影响海域海豚的分布现状，监测分为近岸区（中华白海豚定居区）和离岸区（中华白海豚常规分布范围之外）两部分。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。

图 5.10.1-1 监测范围及航线设置

近岸区：分别于 2024 年 2 月、5 月、7 月和 9 月各开展了 1 个航次的截线考查，累计航程为 1025.2km，其中正式截线观测距离为 707.4km，在优良海况（蒲福

海况 ≤ 3 级) 下载线测距离为 590.1km, 占比达 83.4%。共目击中华白海豚 27 群次 (合计 299 头次), 其中 20 群次 (合计 200 头次) 为正式截线观测中目击, 7 群次 (合计 99 头次) 为非截线观测中目击。

表 5.10.1-1 近岸区中华白海豚截线考察各航次数据统计

航次	正式观测截线长度 /km		目击海豚/群次		目击海豚/头次		海豚目击率 (0-3 级)	
	所有	0-3 级	所有	0-3 级	所有	0-3 级	群/100 km	头/100 km
2024.02	191.88	150.92	7	6	35	33	4.0	21.9
2024.05	183.81	148.60	5	2	106	49	1.3	33.0
2024.07	159.87	123.23	6	4	106	67	3.2	54.4
2024.09	171.80	167.30	9	8	52	51	4.8	30.5
合计	707.36	590.05	27	20	299	200	3.4	33.9

离岸区: 分别于 2024 年 6 月和 9 月各开展了 1 个航次的截线考查, 累计航程为 1084.1km, 其中正式截线观测距离为 967.3km, 在优良海况 (蒲福海况 ≤ 3 级) 下载线测距离为 910.2km, 占比达 94.1%。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。

表 5.10.1-2 离岸区鲸类截线考察各航次数据统计

航次	正式观测截线长度 /km	目击中华白海豚/群次 (头次)	目击印太江豚/群次 (头次)	目击瓶鼻海豚/群次 (头次)	目击其他鲸类/群次 (头次)
2024.06	462.7	0	2 (6)	0	0
2024.09	504.6	0	3 (4)	1 (7)	1 (1)
合计	967.3	0	5 (10)	1 (7)	1 (1)

图 5.10.1-2 现状调查航迹

5.10.2 调查方法

5.10.2.1 海豚截线观测

野外调查工作选择在天气良好的情况下开展, 以整体覆盖动物活动范围为前提开展野外调查工作。具体调查范围按照实际情况进行调整, 充分考虑海豚活动区域广泛, 海豚的游动能力较强及活动范围大, 以及种群在各区域分布的联动性。

采取船基截线距离抽样法, 租用渔船作为观测船。观测台设于船艏上甲板, 目视点离水面约 3-5m。在适宜的观测条件下 (海况 0-4 级, 无大雨, 能见度大于 1200 m), 调查船以 7~8 节 (约 13-15 km/h) 的航速沿着预设的截线航行, 由 3 人 (主要观察员) 组成观察小组 (primary observation team), 其中 2 人分别负责左右两侧的观察, 通过望远镜 (内置指南针) 和双眼交替搜寻船首 90 度范围内的海

面；另一人负责截线观测数据的记录，包括观测开始及结束的时间和位置、航速、海况、能见度和航程等，发现海豚将结束一个观测系列。主要观察员每 30 分钟轮换一次。在观察小组之外另设一独立观察员（Conditionally Independent Observer），记录可能被主要观察员漏计的海豚来估计动物探测概率 $g(0)$ 。

当发现海豚时，记录海豚目击数据，包括目击时间、位置、航向、目击方向、目测距离、个体数、体色组成和行为等。位置、航速和航程均由手持 GPS 仪获得，航向和角度由内置指南针望远镜测得，海豚年龄的判别参照 Jefferson 等（1997，2000）在珠江口的研究，划分为 6 个年龄阶段。完成数据收集后，调查船返回航线位置，继续沿着截线开始新的观测行程，直至整个航次结束。

当发现海豚时暂停观测，结束一个观测系列。调查船靠近海豚群，将调查船靠近海豚群，释放无人机进行拍摄，录制海豚视频，或从屏幕中估算海豚个体数、群体组成和行为观察等，并利用长焦镜头拍摄不同侧面的海豚照片以供个体识别。记录海豚目击数据（包括最初的目击时间、位置、航向、目击方向、目测距离、个体数、组成和行为等）。位置、航速和航程均由手持 GPS 获得，航向和目击方向由内置指南针望远镜测得。海豚年龄的判别参照 Jefferson 等（1997，2000）在珠江口的研究，划分为 6 个阶段即无斑点婴儿期（UC）、无斑点少年期（UJ）、斑点少年期（SJ）、斑点亚成年期（SS）、斑点成年期（SA）和无斑点成年期（UA）。在拍摄员确认群体覆盖率（>90%）及记录员收集足够的行为学数据后，调查船返回航线位置，继续沿着截线开始新的观测行程，直至整个航次结束。

5.10.2.2 海豚种群参数分析方法

（1）海豚分布分析

海豚的群分布、大聚群（>10 头）的目击分布、幼豚和觅食、社交等重要行为的分布位置使用手持 GPS 获得，使用 GIS ArcView©在底图中绘制。

（2）海豚目击率分析

中华白海豚目击率仅使用截线正式观测中、蒲福海况 0~3 级的目击记录，计算每 100 km 观测截线目击的海豚群数和个体数，计算公式如下：

$$E_n = n/L$$

$$E_s = \sum_{i=1}^n S_i/L$$

其中 E_n : 群目击率; E_s : 个体目击率; n : 目总击次数; S_i : 第 i 群内个体总数; L : 观测截线总长度 (单位: 100km)。

(3) 栖息地使用的定量分析

将调查水域划分为面积均一的网格, 确保每个网格均有截线穿过。计算每个小方格的目击密度 (截线观测中每平方公里的目击群次) 和海豚密度 (截线观测中每平方公里目击海豚的个体数), 再根据各个方格内的观测工作努力量加以标准化, 比较各块栖息地的使用率, 界定栖息地的重要等级。

栖息地使用评价指标包括 SPSE (即每 100 个单位观测工作努力量目击的海豚群次) 和 DPSE (即每 100 个单位观测工作努力量目击的海豚个体数), 计算栖息地使用评价指标包括 SPSE (即每 100 个单位观测工作努力量目击的海豚群次) 和 DPSE (即每 100 个单位观测工作努力量目击的海豚个体数), 计算公式如下:

$$SPSE = ((S / E) \times 100) / SA$$

$$DPSE = ((D / E) \times 100) / SA$$

其中: S = 截线观测中目击群次的总数; D = 截线观测中目击海豚个体的总数; E = 截线观测单位努力量的总数; SA = 方格中海域的面积 (km^2)。

在栖息地保护研究中应采用系统方式调查以避免空间采样偏差, 以寻找海豚拍照进行个体识别为主要目的的焦点追踪法调查, 不系统地设置调查路线, 每次调查的路线不固定, 根据经验海豚发现概率较高的地方可能会给予较多的关注, 这会导致整个研究区域的调查努力量空间分配不均匀。故本研究采用快艇进行截线调查, 每次观测沿着预设的样线在整个调查区域平均搜寻海豚, 因而整个研究区域的调查努力量基本上是均匀的, 故可以较为合理、准确地反应调查海域海豚栖息地的分布。

(4) 海豚个体识别及活动范围

中华白海豚出生后在自然环境中生活, 有些个体会因各种原因在身体上留下一些标志, 如背鳍上的缺刻、身体上疤痕等, 有时身体上的色斑也可以作为参考, 可以根据这些标志识别不同的海豚个体。从现场拍摄的照片中筛选出清晰可辨认的背鳍正面照片, 根据海豚背鳍上的缺刻、身体上疤痕、斑点等特征对每个个体进行识别编号, 建立个体档案; 利用神经网络自动识别程序, 辅助人工识别对比研究区域

识别个体与邻近海域个体资料库，识别重复个体；利用 GIS ArcView©在地图中标注重复识别的个体目击位置，分析海豚个体迁移和活动情况。

(5) 其他群体参数

海豚年龄组成依据各个海豚群个体识别进行年龄段划分，计算各年龄阶段的个体百分比。其中 UC 和 UJ 期为 1 岁以下的幼豚，其余类别对应的年龄阶段互有重叠，SA 和 UA 期为成年海豚。统计所有航次目击的各体色类型的个体数，计算各年龄层次个体数比例。海豚群体大小分布频率依据现场数据进行统计，海豚分布与水深关系依据现场调查船水深仪探测数据进行统计。

5.10.3 调查结果

5.10.3.1 鲸豚整体目击分布特征

近岸区 4 个航次和离岸区 2 个航次的截线抽样调查中目击到的鲸类分布如图 5.10.3-1 所示。在调查的近岸区（送出海缆近岸海域）发现有中华白海豚、印太江豚和瓶鼻海豚的分布，中华白海豚分布于台山赤溪镇南部近岸、崖门口、大襟岛周围和上川岛西北海域；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，栖息地与中华白海豚有一定的生态位分离；目击到的一群瓶鼻海豚在离上川岛南较远的海域。

在调查的离岸区（江门川岛一、二海上风电场址、以及送出海缆离岸海域）未发现中华白海豚和印太江豚等，但在川岛一场址西南海域目击到一头鲸类，由于发现时天色已晚且距离较远，未确认种类。

图 5.10.3-1 中华白海豚及其他鲸类目击位置

5.10.3.2 中华白海豚分布特征

由于项目所在海域主要目击对象为中华白海豚（近岸区），这部分主要分析中华白海豚的种群特征。监测期中华白海豚目击位置如图 5.10.3-2 所示，四个航次共有 27 次目击记录，均位于近岸和海岛周围水深较浅的海域，主要有崖门口（3 群次目击）、大襟岛西和南（4 次）、国华电厂港池口（9 次）以及上川岛北和西（7 次）海域。

中华白海豚目击位置水深范围为 4.9m~14.8m，目击水深与发现频次的关系如图 5.10.3-3 所示，在约 9 米和 10 米水深处发现频次最多。这些海域以南至江门川岛

一、二场址海域均未目击到中华白海豚。

近岸区除了中华白海豚以外，在中华白海豚分布范围以南水深较深的海域还有多次印太江豚的目击，如在广东江门中华白海豚省级自然保护区东南角海域、上川岛东北角和东南角、以及下川岛东南角海域均有印太江豚的发现（共 5 群次 10 头次）。印太江豚发现水深范围为 14.3m~21.1m，与中华白海豚发现水深对比图如 5.10.3-4 所示，显示其分布范围与中华白海豚有一定的生态位分离。

此外在上下川岛以南较远海域还发现 1 群次瓶鼻海豚分布，发现位置水深为 25.2m，共 7 头（图 5.10.3-2）。

图 5.10.3-2 中华白海豚目击分布（红色圆点为中华白海豚目击位置）

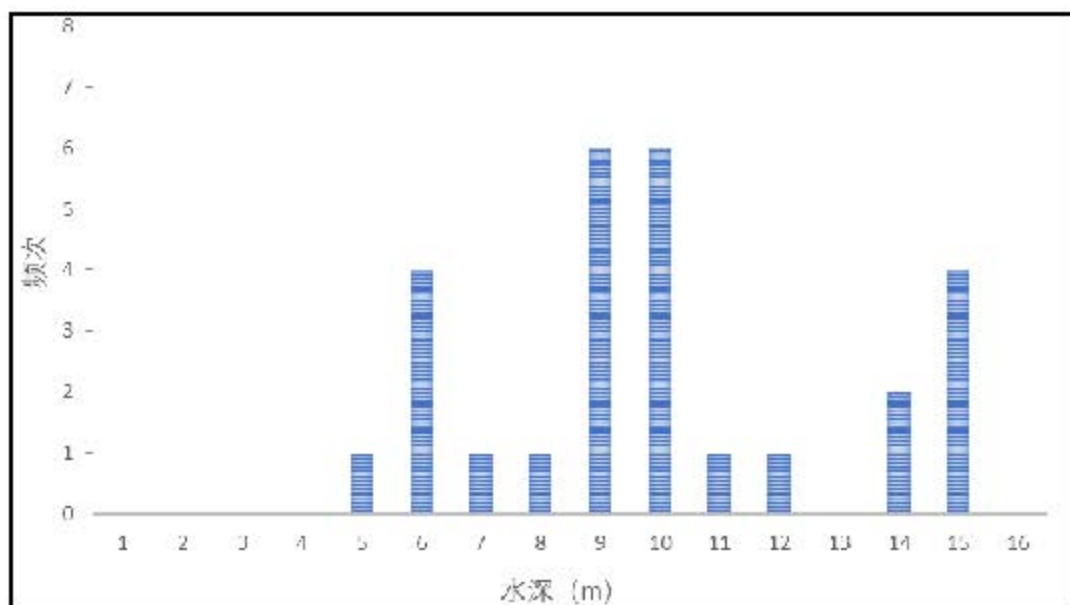


图 5.10.3-3 中华白海豚目击位置水深与发现频次关系

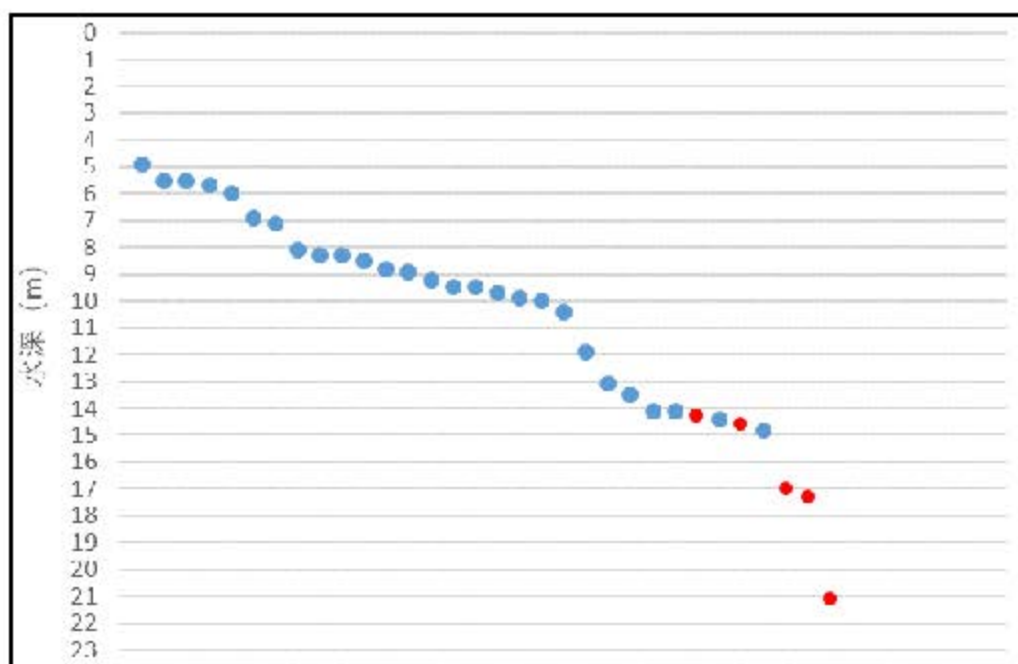


图 5.10.3-4 (近岸区) 中华白海豚与印太江豚目击位置水深对比示意图 (蓝色代表中华白海豚, 红色代表印太江豚)

5.10.3.3 海豚目击率

2024 年度四个航次的截线观测统计数据 and 海豚目击率如表 5.10.3-1 和图 5.10.3-5 所示, 中华白海豚总体目击率为 3.4 群/100km (33.9 头/100km)。从各个月份航次群次目击率来看, 2024 年 4 月监测航次的海豚目击率最低, 平均每 100km 仅目击到 1.3 群海豚。9 月航次目击率最高, 平均每 100km 能目击到 4.8 群海豚。而从头次目击率来看, 2024 年 1 月监测航次的海豚目击率最低, 平均每 100km 仅目击到 21.8 头海豚。7 月航次头次目击率最高, 平均每 100km 能目击到 54.4 头海豚。

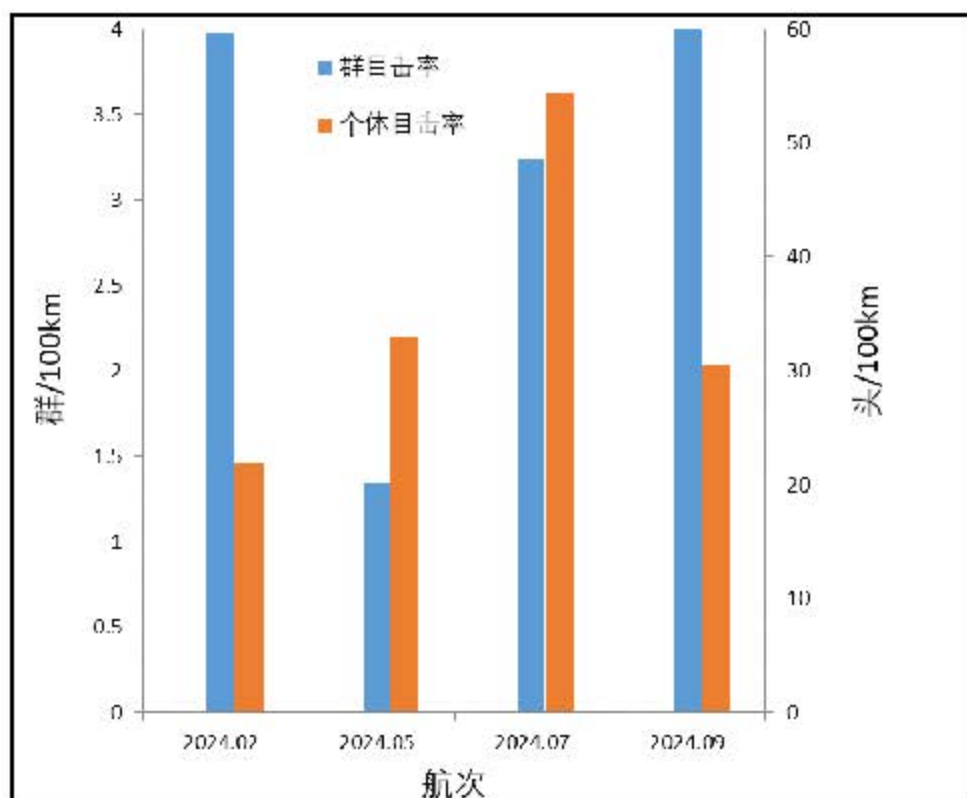


图 5.10.3-5 各航次中华白海豚目击率

5.10.3.4 聚群特征

2024 年调查目击到的中华白海豚聚群大小的变化范围为 1~32 头（图 5.10.3-6），平均聚群大小 11.1 头（SD=8.7）。各组聚群的目击频次分布见图 5.10.3-7。本监测期内大聚群（ ≥ 10 头以上）有 18 群次，占总目击频次的 48.1%。其中 ≥ 20 头的大聚群有 4 次目击。最大数量的 1 群目击为 32 头。

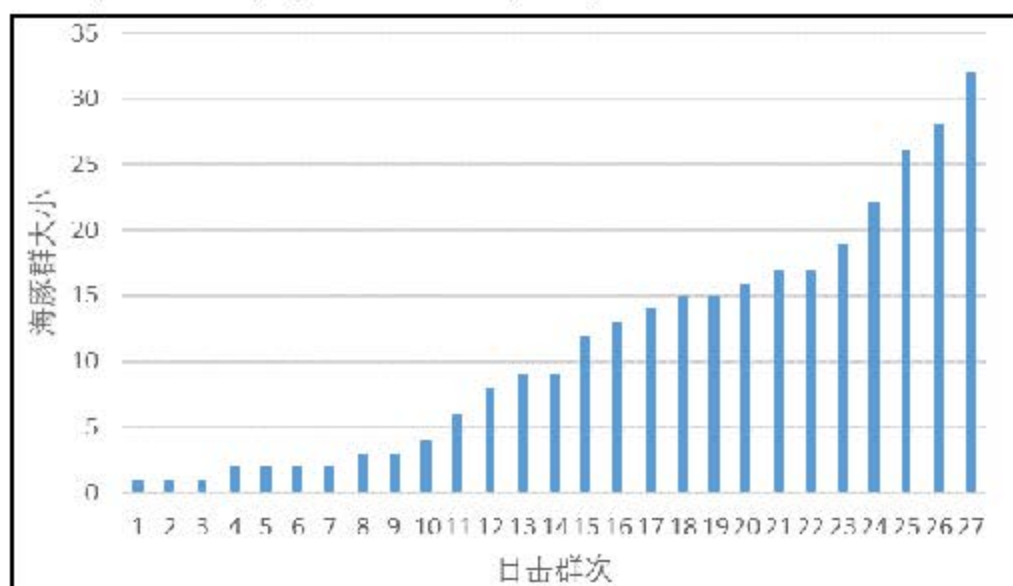


图 5.10.3-6 中华白海豚聚群大小

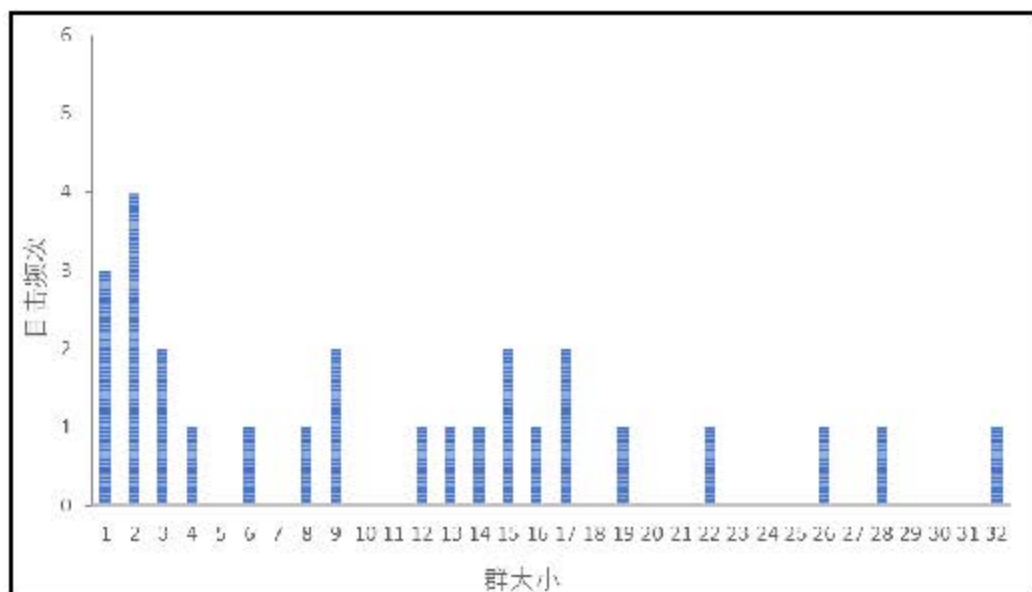


图 5.10.3-7 中华白海豚聚群大小频次分布

中华白海豚大聚群的分布如图 5.10.3-8 所示，这些较大的聚群的分布趋势偏向近岸和海岛周围浅水水域，如大襟岛周围近岸、国华电厂港池口、上川岛西北海域。本监测期超过 30 头的超大聚群仅目击到 1 次，目击位置位于台山国华电厂港池外海域。

图 5.10.3-8 中华白海豚大聚群目击分布（黑色圆点为>10 头的聚群位置）

中华白海豚的社群组织比较松散，根据以往对个体照片识别的结果来看，聚群的组成大多数情况下比较随机，所以短时期内聚群大小的变化是一个动态的过程，需要进行长时期的监测来寻找规律以及其代表的生物学意义。

5.10.3.5 年龄结构

目击到的 299 头海豚中，共识别中华白海豚年龄段海豚共 293 头，其中婴儿期（UC）3 头次、少年期（UJ）71 头次、少年期（SJ）73 头次、亚成年期（SS）67 头次、成年期（SA）60 头次和成年期（UA）19 头次。整体年龄构成如图 5.10.3-9 所示。从目击群体的年龄阶段组成来看，本监测期目击到的海豚幼儿期（UJ）、少年期（SJ）、青年期（SS）和成年期（UA）个体占比相当，处于 20%~25%之间。监测期发现刚出生的婴儿期（UC）幼豚比例仅 1.0%，而老年期（UA）个体比例约 6.4%。

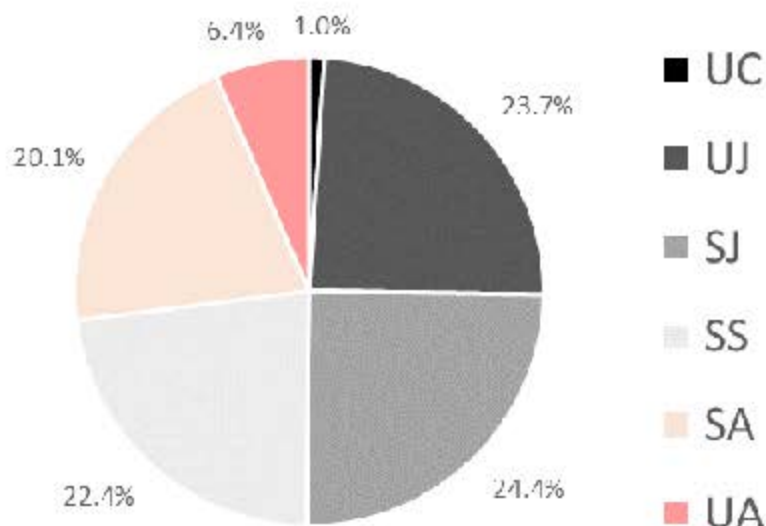


图 5.10.3-9 中华白海豚年龄体色比例构成

监测期项目海域包含有幼豚（包含婴儿期 UC 和幼儿期 UJ）的中华白海豚聚群分布如图 5.10.3-10 所示。在 27 群次的目击记录中，大部分（20 群次）的海豚群发现有 UC 或 UJ 期幼豚，3 群次含有新生婴儿期的目击位置为崖门口海域和上川岛西海域。

图 5.10.3-10 中华白海豚幼豚目击分布（蓝色圆点为婴儿期（UC）和幼儿期（UJ）海豚，绿色圆点为仅有幼儿期（UJ）海豚）

5.10.3.6 行为特征

中华白海豚野外行为中最常见的行为是觅食和社交行为，也是种群生存中比较重要的行为。2024 年监测期目击到的有觅食行为的群次为 24 群次，占总群次的 88.9%。频繁的觅食行为从某种程度上反应当地海域食物资源并非很充分。觅食行为遍布海豚的目击分布范围（图 5.10.3-11），没有体现出特殊的海域偏好，反映出整个近岸海域均可以作为他们的觅食区。

监测期目击到的社交行为共 7 次，占总群数的 25.9%。社交行为的分布一般与大聚群的分布相关联，且同时有觅食行为（图 5.10.3-12），主要是在国华电厂港池口、上川岛西海域，可以视为中华白海豚的社交场所。大聚群为社交提供必要条件，也有利于海豚合作捕食。而小聚群海豚（特别是 1、2 头的群）捕食的同时不一定有社交行为。

图 5.10.3-11 中华白海豚觅食行为目击分布（青色圆点为海豚觅食行为目击位置）

图 5.10.3-12 中华白海豚社交行为目击分布（紫色圆点为海豚社交行为目击位置）

2024 年监测期与渔业活动相关的聚群目击仅有 4 次。从观察到的与渔业活动相关的情况来看，有 1 群次跟随虾拖网、1 群次跟随双拖船渔船进行觅食，另有 2 群次在流刺网/地笼区域觅食。目击位置分别位于电厂以南对开海域、大襟岛西南海域、上川岛北和鱼塘湾。

图 5.10.3-13 与渔业活动关联的中华白海豚目击分布（黄色圆点为与渔业活动关联的海豚目击位置）

5.10.3.7 栖息地分布

利用监测海域 4 航次的海上调查数据，根据单位海域面积中目击的中华白海豚群数和群体大小，绘制中华白海豚栖息地定量利用等级分布图。中华白海豚 SPSE（即每 100 个单位观测努力量所目击的海豚群数）如图 5.10.3-14 所示，DPSE（即每 100 个单位观测努力量所目击的海豚个体数）如图 5.10.3-15 所示，由图可见调查截线穿过的水域方格二者数值变化幅度非常大，表明中华白海豚对各栖息海域的利用程度不同。本监测期 SPSE 和 DPSE 值非常高的海域集中在国华电厂港池口—大襟岛海域，以及上川岛西海域，显示中华白海豚对这些海域的使用率非常高，是中华白海豚分布的热点区域和重要的栖息地。其中国华电厂港池口—大襟岛海域是江门川岛风电送出海缆穿越位置，也是登陆点所在区域。

图 5.10.3-14 中华白海豚目击群次的栖息地使用格局**图 5.10.3-15 中华白海豚目击个体的栖息地使用格局**

需要指出的是，本项目虽然开展了 4 个航次的中华白海豚近岸区截线监测，观察截线也进行了交错设计的优化，但某些航次由于天气原因影响整体海豚目击率偏低。在进行栖息地使用的定量分析时，多数具有观察努力量的方格水域（即有观测截线穿过的水域）并没有海豚目击数据，因此数据量的不足可能导致栖息地定量分析的偏差，从而影响栖息地等级的划定。后续需要针对性的增加观测努力量，增加海豚目击数据来提高栖息地定量分析的准确度。

5.10.3.8 个体活动模式

中华白海豚是高度社会化的动物，对某个种群来说往往具有一定的社群结构。以往的研究表明其个体具有较强的栖息地忠诚度，即个体活动范围并非很大。了解中华白海豚的个体移动范围和活动模式，对评价人类活动对其生活的影响具有非常重要的意义。

从拍摄的海豚照片中筛选出清晰可辨认的背鳍正面照片，结合机器学习的智能自动识别程序和人工识别，根据其缺刻及身体上疤痕、色斑等进行个体识别。基于本项目监测期，从 4 个近岸区航次的目击数据共识别出中华白海豚个体约 90 头。将识别个体与历年来在江门海域进行监测的累计识别个体比对，发现重复目击次数 ≥ 5 的有 52 头（占比 57.8%），重复目击次数 ≥ 6 的有 32 头（占比 35.6%），最多的重复目击了 10 次。

利用 32 头重复目击 6 次以上海豚的目击位置，采用 MCP 方法计算个体最小活动范围（家域面积）变化范围为 $0.28-96.08\text{km}^2$ ，平均值为 30.44km^2 。绝大部分个体活动范围很小，有 50%（16 头）的个体的家域面积小于 20km^2 ，而若按最大活动直线距离计算，59.4%（19 头）的个体在不超过 20km 的范围内活动。目击到的直线移动距离最远的个体为 19#，达到了 34km。

根据个体活动范围推测，32 头重复目击个体共有 7 种类型的偏好栖息地：

（1）电厂港池口海域：如 31#、37#、49#、165#、241#个体，活动范围非常小，仅在国华电厂港池口海域有目击；

（2）电厂港池口—大襟岛海域：如 7#、9#、10#、28#、45#、46#、56#、73#、92#、101#、109#个体，在电厂至大襟岛海域活动，这个海域是最多个体选择的栖息地之一；

（3）电厂港池口—崖门口海域：如 35#、48#、64#、86#、91#、203#、209#、119#、164#个体，这些个体活动范围较大，越过了大襟岛。这个海域同样是较多个体的栖息地；

（4）上川北—电厂港池口—崖门口：如 19#、118#这些个体活动范围最大；

（5）电厂港池口—上川岛北：20#个体；

（6）崖门口海域：如 6#、111#、199#个体，仅在大襟岛-大杧岛-荷包岛之间的崖门口海域活动。

(7) 上川岛西-北海域: 27#。

在以上目击次数较多的个体中, 栖息地使用类型以“电厂港池口—大襟岛海域”和“电厂港池口—崖门口海域”两种为主, 分别有 11 头(占比为 34.4%)和 9 头(占比为 28.1%)。绝大部分(28 头)个体在国华电厂港池口海域有目击记录, 结合栖息地定量分析和目击的觅食行为来看, 表明这个海域是江门海域中华白海豚较为稳定的觅食场, 能吸引到非常多的海豚, 从而成为海豚聚集的热点区域。

本监测期内识别的典型中华白海豚个体家域均较小, 表明这些重复目击个体可能是江门海域的“常驻个体”。送出海缆穿越了大多数典型识别个体的家域。

5.11 珊瑚礁现状调查

2024 年 4 月, 自然资源部南海生态中心利用船载水下便携式摄像设备和人工潜水等技术手段在项目附近海域开展《江门川岛海上风电项目造礁石珊瑚群落现状调查》, 以掌握项目周边海域造礁石珊瑚分布状况和生态状况。

5.11.1 调查概况

结合现场实际情况, 利用船载水下便携式摄像设备和现场人工潜水等技术手段, 以 200~500m/条间距布设垂直于岸线的断面, 在上川岛东侧岸线(约 35km), 乌猪洲岛岸线(约 12km), 铜鼓排(约 1km), 登入点岸段(约 2km)的范围内开展造礁石珊瑚群落分布状况调查, 以获取掌握造礁石珊瑚的分布范围和面积。其中, 上川岛东侧岸段采用船载水下便携式摄像设备和现场人工潜水方式两种手段交替设置断面开展调查, 其余岸段以人工潜水方式开展。实际调查断面点见图 5.11.1-1。

调查要素包括: 造礁石珊瑚种类数、活造礁石珊瑚覆盖率、造礁石珊瑚死亡率、硬珊瑚补充量、造礁石珊瑚白化与病害情况、造礁石珊瑚形态组成。

图 5.11.1-1 造礁石珊瑚群落分布状况调查断面点

5.11.2 调查方法

(1) 造礁石珊瑚分布状况调查

采用船载便携式水下摄像设备和现场人工潜水调查相结合的方式沿岸线垂直方向(水深从 0m-20m), 按 200~500m/条间距设置珊瑚调查断面, 断面调查点间距 10~20m, 以 50m 范围内未见造礁石珊瑚作为分布边缘点评判标准, 通过浮球和

GPS 定位确定并记录造礁石珊瑚分布边缘点的经纬度。

操作流程如下：

①在划定的调查区域内按照 200~500m 间距设置断面，在海角、底质类型过渡区增设断面，将断面信息导入移动导航设备。

②驾驶小艇到达预设断面，测量水深，根据水深情况调整小艇位置，小艇尽量靠近岸边。

③采用人工潜水录像、岸边踏勘等方式记录小艇无法到达区域的造礁石珊瑚分布状况，小艇能到达区域采用放下船载便携式珊瑚礁分布调查设备，沿岸线垂直方向（可借助潜水装备中的三联表）每隔 10~20 m（可根据珊瑚礁分布连续程度进行调整）设置 1 个调查点位，放下设备观察，记录影像和经纬度信息，直至造礁石珊瑚与泥沙边界区，然后再沿调查断面往外设置 5 个调查点位，确认 50m 范围内无造礁石珊瑚。

④断面调查过程中记录各截面岸线底质情况。

（2）造礁石珊瑚生态状况调查

①断面设置和样带铺设

在 2m~4m、5m~7m 和 9m~12m 处沿等深线布设 1 条~3 条断面，断面之间相互平行，断面长度 50m。若珊瑚实际分布水深超过 12m，应布设 3 条断面，各断面水深可适当调整。按断面布设要求铺设大于 50m 的样带皮尺，作为一条断面。

铺设样带皮尺时，皮尺应拉直，每隔 10m 缠绕固定在礁石上，固定卷尺起点和终点，并放置浮球，标示位置，记录断面起点和终点的位置及水深。

断面皮尺铺设完后，依次开展珊瑚群落、硬珊瑚补充量等项目现场拍摄工作。第一次调查时，应尽可能用钢钉和浮球等工具标识断面位置，并记录经纬度。

②造礁石珊瑚群落调查

一名调查技术人员手持摄像机，镜头离样带 0.2m~0.3m，从起点开始沿样带皮尺缓慢匀速游动，镜头垂直向下对准皮尺，拍摄皮尺和皮尺下面的生物和基质，镜头画面应避免晃动，保证清晰。一直拍摄到样带皮尺终点为止，录像时长至少 10min。

另一名调查技术人员在录像人员之后微距拍摄样带皮尺下各种类造礁石珊瑚照片，并少量采集稀有种类标本。

③硬珊瑚补充量调查

在断面两侧各 2.5m 范围内随机放置 10 个 50cm×50cm 样方或 40 个 25cm×25cm 样方，拍摄样方照片。

5.11.3 调查结果

本次调查海岸线约 50km，累计完成调查断面 143 条，其中有造礁石珊瑚分布的断面 21 条，乌猪洲西南部的海湾内是集中分布区。造礁石珊瑚沿海岸水下陡坡生长，生长水深多在 10m 以浅，水深 6~8m 最为集中。造礁石珊瑚分布带宽度窄，宽度范围约 15~35m，共划定造礁石珊瑚分布面积约 6.22 公顷。样带定量调查共发现造礁石珊瑚 4 科 5 属 6 种，各种类均以生长速度慢、环境耐受性强的皮壳状形态出现，澄黄滨珊瑚占绝对优势。各站位活造礁石珊瑚覆盖率范围为 0.8%~12.0%，平均 6.9%；硬珊瑚补充量变化范围为 0.0~0.8 个/平方米，平均 0.5 个/平方米，造礁石珊瑚新生幼体补充不足；未发现造礁石珊瑚出现白化、死亡和病害情况。

此外，乌猪洲东南部和围夹岛西北面个别断面发现极少个体的造礁石珊瑚，不成规模，因此乌猪洲东南部和围夹岛西北面不划定造礁石珊瑚群落分布范围和面积。

图 5.11.3-1 造礁石珊瑚分布图

5.12 红树林资源现状调查

本节引用《江门川岛一、二海上风电和集中送出工程项目红树林监测调查报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2026 年 2 月），广州海兰图检测技术有限公司于 2026 年 1 月对项目附近海域红树林现状进行的调查资料。

5.12.1 调查概况

2026 年 1 月 26 日至 1 月 27 日，调查单位对调查范围内红树林情况进行调查，并利用遥感影像调查分析红树林植被面积、分布、盖度，在有红树林分布的区域设置调查断面和植被调查样方开展红树林树种、胸径、基径、树高调查。调查断面和样地布设参照《红树林生态监测技术规程》和《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 3 部分：红树林》的有关要求进行。红树林计划调查范围四至点见表 5.12.1-1、图 5.12.1-1。

经现场踏查确定后，调查范围内有零星的红树林分布，主要集中在分布重点调查区域内，根据调查范围的红树生长现状，共完成 12 个调查样方，具体调查样方详见表 5.12.1-2 和图 5.12.1-2。

表 5.12.1-1 红树林生态监测站位表

四至点	经度(E)	纬度(N)	调查项目	备注
A			红树林分布情况	红树林分布调查区
B			红树林分布情况	红树林分布调查区
C			红树林分布情况	红树林分布调查区
D			红树林分布情况	红树林分布调查区
E			红树林分布情况	红树林分布调查区
F			红树林分布情况	红树林分布调查区
G			红树林分布情况	红树林分布调查区
a			红树林分布情况	红树林分布重点调查区
b			红树林分布情况	红树林分布重点调查区
d			红树林分布情况	红树林分布重点调查区
e			红树林分布情况	红树林分布重点调查区

注 1：在有红树林分布的区域根据现场红树植物分布情况设置调查断面和植被样方。

表 5.12.1-2 红树林生态监测样方表

样方	经度(E)	纬度(N)	调查项目
HSL01			红树林群落调查
HSL02			红树林群落调查
HSL03			红树林群落调查
HSL04			红树林群落调查
HSL05			红树林群落调查
HSL06			红树林群落调查
HSL07			红树林群落调查
HSL08			红树林群落调查
HSL09			红树林群落调查
HSL10			红树林群落调查
HSL11			红树林群落调查
HSL12			红树林群落调查

图 5.12.1-1 红树林生态调查区域示意图

图 5.12.1-2 红树林群落调查样方布置图

5.12.2 调查方法

(1) 红树林面积、盖度和分布调查

结合《红树林生态监测技术规程》和《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 3 部分：红树林》方法要求，采用遥感调查和无人机现场调查等方式。

①图像判读与野外工作图的编制

在 GIS 支持下,在计算机上对遥感卫星数据各景图像进行人工目视判读,区划红树林小班,勾绘其边界线,得到多边形小班面状图层。以 1:10 000 地形图为基础,产生相关的图层,并与由图像判读得到的小班面状图层进行叠加后,输出以遥感图像为背景的、包含行政界线和有关地物的比例尺为 1:20 000 的红树林小班区划草图,作为野外调查的工作图。

②野外调查方法

深入实地,逐一对照、检查工作图上红树林小班区划的合理性、界线定位的准确性。若通过目测判定某一小班区划合理,小班界线在图上位移小于或等于 2.0 mm,面积误差小于或等于 15%,则认为工作图上该小班的界线是准确的;若区划不合理,或界线位移明显偏大,或工作图上没有勾绘的零星分布红树林、末成林林地、天然更新林地等,采用 GPS 绕测定位修正,将其数据通过 GIS 数据处理软件下载后,生成面状图层后对计算机上的原小班界线图进行修正;对于紧靠或紧邻山丘、海堤、建构筑物等明显地物点,通过目测在工作图上能够准确定位和勾绘的红树林小班,直接在工作图上进行小班界线修正和补充勾绘,并通过直接转绘法和扫描量化法两种方法对计算机上的原小班界线图进行修正。

小班界线修正和补充勾绘完成后,进入小班内部,选择有代表性地段,采用目测法调查其盖度(郁闭度)。

③红树林分布面积计算

采用 GIS 对野外修正后的图像进行空间分析,计算红树林林地分布总面积,并填写数据报表。

(2) 红树林样方调查

红树林植被其他要素调查采用样方调查,根据以下不同植被类型设置不同样方进行调查:

①植物样方布设

——乔木型植被调查应设置 10m×10m 的调查样方,调查样方内成年植株和幼树(株高大于 1m、小于 2m,胸径小于 5cm)的物种、数量、株高、胸径。在样方中,布设 1m×1m 嵌套样方,记录样方内的幼苗(株高小于等于 1m)和附生草本植物的物种、数量、株高,气生根的类型、数量。相关参数调查按 HY/T 081 规定执

行：

——灌木型植被调查应设置 5m×5m 的调查样方，如植被茂密，可设置 2m×2m 调查样方，调查参数及调查方法同乔木型植被调查方法。

②周长和株高

红树植物周长和株高的测量：用 2 m 玻璃钢纤维卷尺测量样地内周长大于 4cm 的树木基干周长（C），测量大约在地面以上 1.5m 处。

难以形状和生长形态测量树木基干周长的，采用以下方法：

——若树木在胸部高度以下分叉，或在近地面或地面之上的基部单向萌芽，将每一分枝看作单独的茎干加以测量（在记录中，将主茎干记为“1”，其余的分枝记为“2”）；

——若茎干具有支撑根系或下部树干呈现凹槽形（红树科植物），则在根颈上部 20cm 处测量树木基干周长；

——若在测量点茎干具有隆起、枝条或畸形时，要把测量基干周长的位置稍微上移或下移。

测量树木基干周长的同时测定每株红树林的株高（地面至植株的最高点）。

胸径（DBH）计算见下式，同时测定样地内每株红树植物的株高（地面至植株的最高点）。

$$\text{胸径 (DBH)} = \frac{C}{\pi}$$

式中：

DBH——胸径，cm；

C——树木基干周长，cm。

③红树植物物种组成

记录样地内所有红树植物种类，并按种类分别记录不同生长阶段的红树植物数量。植物种类根据《中国植物志》分类标准进行鉴定。

④红树植物种类、密度

鉴定样地内所有红树林种类按以下三类记录不同种类的植株数量：

大树，DBH 大于 4 cm；小树，DBH 大于 1cm、小于 4 cm，且株高大于 1m；

幼树，树高小于 1m。

红树林密度按下式计算。

$$d = \frac{n}{s} \times 10$$

式中：

d——红树林植株密度，株/10m²；

n——样地内红树林植株数，株；

s——样地面积，m²。

植物种类根据《中国植物志》分类标准进行鉴定，红树植物生长阶段判定见下表 5.12.2-1。

表 5.12.2-1 红树林调查斑块信息表

序号	生长阶段	判定条件	备注
1	大树	DBH 大于 4 cm	/
2	小树	DBH 大于 1cm、小于 4cm，且株高大于 1 m	/
3	幼树	树高小于 1 m	/

5.12.3 调查结果

5.12.3.1 红树林面积及分布

调查区域（电缆外扩 300m 范围）的红树林总面积约为 2906.76 m²（图 5.12.3-1），主要集中在红树林分布重点调查区域的东角水闸桥两侧水域，电缆初次登陆点附近为黑沙湾旅游度假区，沙滩上植被裸露，无红树植被分布；电缆二次登陆后沿线区域为 273 省道，主要为道路、建筑空地、鱼塘和山地，无红树植被分布。

图 5.12.3-1 调查区域红树林分布图

5.12.3.2 物种构成

本次调查，样方调查中共记录到红树植物 6 科 6 属 6 种，其中真红树植物有 3 种，分别为无瓣海桑（*Sonneratia apetala*）、老鼠簕（*Acanthus ilicifolius*）和桐花树（*Aegiceras corniculatum*），半红树植物有 3 种，分别为苦郎树（*Volkameria inermis*）、黄槿（*Talipariti tiliaceum*）和阔苞菊（*Pluchea indica*）。其中无瓣海桑和黄槿为乔木类型的红树植物，桐花树、老鼠簕、苦郎树和阔苞菊为灌木类型的红树植物。

表 5.12.3-1 红树物种构成

中文名	拉丁学名	科名	属名	类型	生活型
老鼠簕	<i>Acanthus ilicifolius</i>	爵床科	老鼠簕属	真红树	灌木

中文名	拉丁学名	科名	属名	类型	生活型
桐花树	<i>Aegiceras corniculatum</i>	报春花科	桐花树属	真红树	灌木
无瓣海桑	<i>Sonneratia apetala</i>	千屈菜科	海桑属	真红树	乔木
黄槿	<i>Talipariti tiliaceum</i>	锦葵科	黄槿属	半红树	乔木
苦郎树	<i>Volkameria inermis</i>	唇形科	苦郎树属	半红树	灌木
阔苞菊	<i>Pluchea indica</i>	菊科	阔苞菊属	半红树	灌木

5.12.3.3 红树林群落概况

调查区域内，主要的红树林群落包括苦郎树群落、无瓣海桑+老鼠簕群落、老鼠簕群落和黄槿群落，群落面积均较小。

苦郎树群落，主要呈带状或点状分布于调查区域水道两侧滩涂或养殖池塘边缘的岸堤上，平均盖度为 60.0%，常与芦苇（*Phragmites australis*）、狗牙根（*Cynodon dactylon*）、藿香蓟（*Ageratum conyzoides*）、南美蟛蜞菊（*Sphagneticola trilobata*）、楝（*Melia azedarach*）、鬼针草（*Bidens pilosa*）等常见陆生植物混生，本次样方调查中为 HSL04、HSL05、HSL08 为苦郎树群落，占总样方数的比例为 25%。

无瓣海桑+老鼠簕群落，主要呈斑块状分布于调查区域水道两侧滩涂，平均盖度为 52.5%，乔木层优势种为无瓣海桑，灌木和草本层为老鼠簕单优势种或为老鼠簕和芦苇混生，林下偶有桐花树分布，本次样方调查中为 HSL02、HSL11 为无瓣海桑+老鼠簕群落，占总样方数的比例为 16.7%。

老鼠簕群落，主要呈条带状分布于调查区域水道两侧滩涂，平均盖度为 35.0%，为老鼠簕单优势种或为老鼠簕和芦苇混生，本次样方调查中为 HSL01、HSL07 为老鼠簕群落，占总样方数的比例为 16.7%。

黄槿群落，主要呈斑块状分布于调查区域水道两侧滩涂，平均盖度为 70.0%，群落外缘偶有无瓣海桑、老鼠簕、芦苇生长；也有少量黄槿分布于岸堤上，成黄槿单优群落或与木麻黄（*Casuarina equisetifolia*）、对叶榕（*Ficus hispida*）、楝、木棉（*Bombax ceiba*）等混生，本次样方调查中为 HSL03、HSL06、HSL09、HSL10、HSL12 为黄槿群落，占总样方数的比例为 41.6%。

本次调查，各群落内的苦郎树株高范围为（104~153）cm，平均株高为 123.8cm；老鼠簕株高范围为（86~168）cm，平均株高为 124.0cm；无瓣海桑株高范围为（267~657）cm，平均株高为 409.1cm，胸径范围为（5.1~13.4）cm，平均胸径为 8.4cm；黄槿株高范围为（172~722）cm，平均株高为 407.8cm，胸径范围为（1.9~14.3）cm，平均胸径为 4.2cm（图 5.12.3-2~图 5.12.3-4）。各样方株高、胸径、植株密度、盖度等生长参数详见表 5.12.3-2。

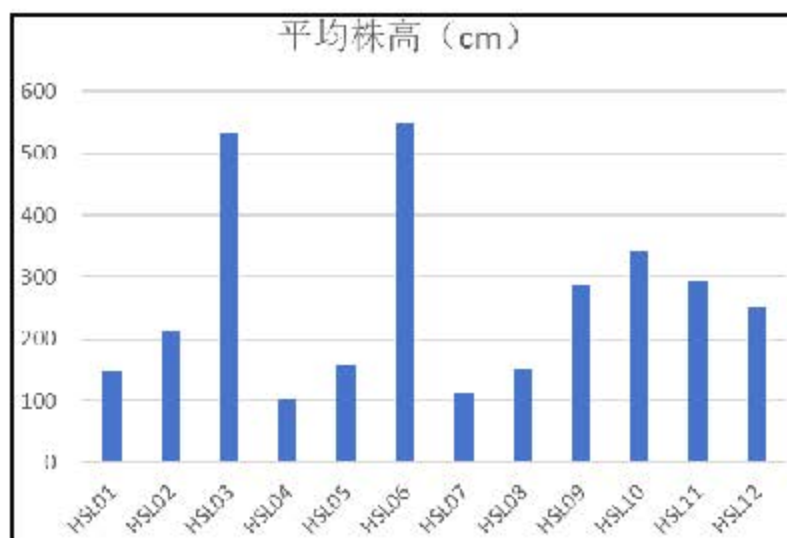


图 5.12.3-2 各调查样方红树株高情况

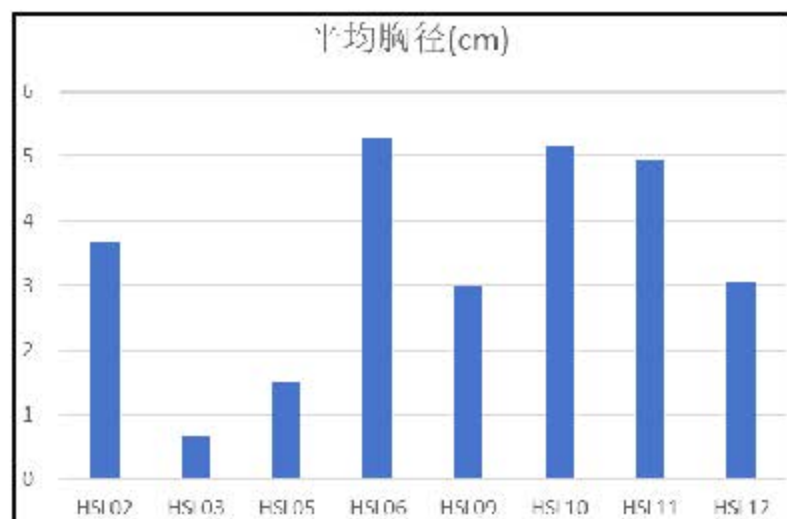


图 5.12.3-3 各调查样方红树胸径情况

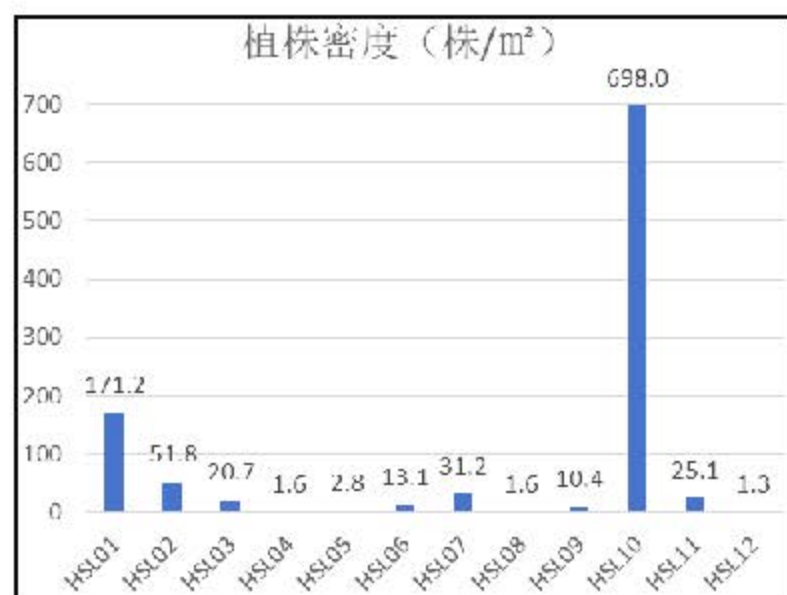


图 5.12.3-4 各调查样方红树植株密度情况

表 5.12.3-2 各调查样方红树林群落关键要素

样方	样方面积 (m ²)	盖度 (%)	平均株高 (cm)	平均胸径 (cm)	植株密度 (株/m ²)	气生根密度 (株/m ²)	幼苗密度 (株/m ²)	样方内红树植物
HSL01	25	40	146.0	/	171.2	/	13	老鼠簕、苦郎树
HSL02	100	30	211.3	3.7	51.8	38	2	无瓣海桑、老鼠簕、苦郎树
HSL03	100	75	532.6	3.9	20.7	89	6	黄槿、无瓣海桑、老鼠簕
HSL04	25	70	104.0	/	1.6	/	/	苦郎树
HSL05	100	80	158.7	1.5	2.8	/	/	苦郎树、黄槿、阔苞菊
HSL06	100	85	548.7	5.3	13.1	169	1	无瓣海桑、黄槿、老鼠簕
HSL07	25	30	113.0	/	31.2	/	7	老鼠簕
HSL08	25	30	153.0	/	1.6	/	/	苦郎树
HSL09	25	80	286.0	3.0	10.4	/	3	黄槿
HSL10	25	75	341.4	5.2	698.0	/	11	黄槿、老鼠簕、苦郎树
HSL11	100	75	295.4	4.9	25.1	194	8	无瓣海桑、老鼠簕
HSL12	100	35	249.9	3.1	1.3	/	1	黄槿、苦郎树

5.13 陆域生态环境现状

5.13.1 调查时间

项目委托华南农业大学对陆生生态开展调查，调查时间为 2025 年 6 月~2026 年 5 月。

5.13.2 调查方法及范围

（一）植被及植物群落、物种多样性的调查方法及范围

评价区：1）植被及植物群落调查：利用遥感影像数据和林班图，结合实地调查（2025 年 7 月和 2026 年 3 月），确定每个植被类型。评价区现有植被类型主要为常绿阔叶林及栽培植被。选择其中较为典型的植物群落进行取样，实地调查时，对每一个不同的植被类型的典型区域设置样方，样方大小视建群种或优势种的生活型而定，其中乔木类 40m×40m（自然植被）或 30m×30m（栽培植被），灌木类为 5m×5m，草本类 3m×3m。对样方内胸径（DBH）≥1cm 的立木进行每木检尺，记录其种名、树高、胸径和冠幅等调查因子；记录样方内所有灌木、草本、藤本植物的种类、高度、株数、盖度等数量特征。共布设样方 20 个，见图 5.13.2-1。

图 5.13.2-1 样方位置示意图

2）植物物种调查：对评价区在图纸上预设样线，使样线贯穿评价区内各种不同的地形地貌，记录样线两侧可视范围内见到的所有植物，现场能识别的种类登记在植物种类线路调查表中，存疑种采集标本进行专门鉴定，从而形成评价区完整的植物名录；针对国家重点保护及珍稀濒危植物、古树名木等记录其位置及个体数。

调查范围：即植物评价区范围。为工程建设项目的陆域集控中心外扩 1km，合并陆上海缆外扩 300m 的范围。

（二）陆栖野生脊椎动物调查

整个调查过程参考《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规范》和《环境影响评价技术导则—生态影响》（HJ19-2022），以设置样线调查为主，并结合对当地林业工作人员及居民的访问，作为调查数据的补充。由于林区山地的地形比较复杂，只能在调查区域可到达的地区设计样线。

在 2025 年 7 月-2026 年 4 月，调查人员在评价区域设置了 10 条调查线路，对陆生野生脊椎动物，即两栖类、爬行类、鸟类和兽类 4 个纲的野生动物进行了实地调查。

样线的设计与长度综合考虑根据评价区的地形地貌、植被类型分布、野生动物栖息环境、不同动物类群的生活习性和人为干扰程度等因素，尽可能穿越野生动物的不同生境类型，并尽量沿拟建工程垂直方向布设。调查路线长以能遍历各小区域 M 型往返为准。在调查过程中，调查人员以约 2km/h 的速度步行，观察、记录或拍照发现的动物实体和查找各种野生动物的活动痕迹（包括足迹、粪便、卧迹、食迹、毛发、巢穴和叫声等）。

在实地调查的基础上，分析评价区内野生动物物种多样性和国家重点保护物种现状，同时调查了解保护区管护现状、主要保护对象及其主要生境与建设项目的关系，收集重要物种的相关资料。根据建设项目的影响因子及可能受影响的环境要素，采用类比分析法、生态机理法和专家咨询法等方法，预测项目建设和运营对野生动物资源和主要受保护物种的影响程度。

主要调查时段为上午 06:00-12:00，下午 14:00-18:00，晚上 20:00-23:00，不同对象的具体调查时间见表 5.13.2-1。在野外调查时，对有疑问的种类借助长焦照相机进行拍摄，将拍摄到的资料带回室内鉴定分类。

根据工程走向，确定工程对野生动物影响的范围为工程两侧 1000m 内，并综合考虑实际地形确定评价区范围。

表 5.13.2-1 陆栖野生脊椎动物野外调查时间

调查对象	调查月份	每日调查时间段	备注
两栖类	2025 年 7 月、9 月、12 月； 2026 年 4 月	8:00-10:00 16:00-18:00 20:00-22:00	两栖类一般只在夜间或当天气温暖和和潮湿时活动
爬行类	2025 年 7 月、9 月、12 月； 2026 年 4 月	9:00-12:00 14:00-16:00 20:00-23:00	日行性种类：9 点之后阳光充足外出活动 夜行性种类：夜间 20:00 后外出捕食
鸟类	2025 年 7 月、9 月； 2026 年 12 月、4 月	6:00-10:00 15:00-19:00	早晨与傍晚多为鸟类觅食等活动高峰期
兽类	2025 年 7 月、9 月； 2026 年 12 月、4 月	7:00-12:00 14:00-18:00 20:00-23:00	根据生活习性不同，有日行性种类和夜行性种类

调查范围：参考《环境影响评价技术导则—生态影响》（HJ19-2022）和《自然保护区建设项目生物多样性影响评价技术规范》（LY/T2242-2014）要求，以及

工程所涉及区域的生态特征，确定评价范围为：工程建设项目的陆域集控中心外扩 1km，合并陆上海缆外扩 300m 的范围，并结合地形对评价区进行适当调整，综合确定评价区域。动物评价区面积为 4.65km²。

(3) 鱼类调查

采用市场调查法与捕捞法进行鱼类调查。市场调查法指蹲守沿岸周边的鱼市，随机抽样购买渔获物；捕捞法调查指下网捕捞作业。捕捞工具包括地笼、定置刺网、撒网和流刺网等。每次调查时间持续一天，对于捕获的样本进行现场拍照、测量体长、称重后带回实验室鉴定、保存。

调查范围：共设置 2 个调查站位，分别位于赤溪镇龙颈村河流上游和中游。

(4) 土地资源

采用线路调查和重点调查相结合的方法，在现场使用图斑勾绘，重点调查土地利用类型，并预估工程建设对土地资源的影响。

调查范围：陆上集控中心永久用地 4.34 hm²，用地性质为农用地，已取得广东省人民政府同意转位建设用地并办理征地手续，用地现状为林地，土地利用现状类型均为乔木林地，占用植被类型为乔木林，使用林地已取得广东省林业局同意，同时办理了林木采伐许可证。

本项目施工期临时场地用地 400 m²，陆上电缆长 853 m，其中直埋段施工长度约 224 m，定向钻施工长度约 629 m，施工扰动范围按电缆两侧 4 m 范围内考虑，则电缆施工临时用地 3412 m²。

5.13.3 植被及植物多样性调查

5.13.3.1 植被

1、植被分类

根据实地调查，按照《中国植被》对植被型组的划分，对评价区域内植被类型进行分类，划分为自然植被和栽培植被。其中自然植被共有 3 个植被型组，6 个植被型，7 个植被亚型，9 个群系及 9 个群丛，栽培植被共有 2 个类型，4 个型，5 个组合型和 9 个组合。

表 5.13.3-1 评价区域植被类型表

植被型组	植被型	植被亚型	群系	代表群丛	涉及工程占地 (hm ²)
针叶林	I.暖性针叶林	一、暖性常绿针叶林	1.马尾松林	(1) 马尾松-芒萁群丛	/

植被组	植被型	植被亚型	群系	代表群丛	涉及工程占地 (hm ²)
	II.暖性针阔混交林	二、暖性常绿针阔混交林	2.马尾松+大头茶林	(2) 马尾松+大头茶-芒萁群丛	0.45 (永久占地)
阔叶林	III.常绿阔叶林	三、季风常绿阔叶林	3.大头茶林	(3) 大头茶-芒萁群丛	/
	IV.红树林	四、真红树林	4.老鼠簕群系	(4) 老鼠簕群丛	/
		五、半红树林	5.苦郎树群系	(5) 苦郎树群丛	/
灌丛和灌草丛	V.常绿阔叶灌丛	六、海滨常绿阔叶灌丛	6.喙荚鹰叶刺灌丛	(6) 喙荚鹰叶刺群丛	/
	VI.灌草丛	七、暖热性灌草丛	7.露兜树灌草丛	(7) 露兜树群丛	/
			8.类芦灌草丛	(8) 类芦群丛	/
			9.野茅群系	(9) 野茅群丛	/
栽培植被	类型	型	组合型	组合	/
	VII.木本类型	八、经济林型	10.用材林	(10) 尾叶桉林	/
				(11) 湿地松林	1.41 (永久占地); 0.000054 (临时占地)
				(12) 台湾相思林	/
				(13) 大叶相思林	2.48 (永久占地); 0.025 (临时占地)
		九、果园型	11.其它经济林	(14) 土沉香林	/
			12.热性果树组合型	(15) 荔枝林	/
	VIII.草本类型	十、大田作物型	13.一年两熟作物组合型	(16) 龙眼林	/
		十一、蔬菜作物型	14.一年多作蔬菜组合型	(17) 以稻为主的作物组合	/
				(18) 以蔬菜为主的作物组合	/

图 5.13.3-1 评价范围植被现状图

2、针叶林

评价区域的针叶林包括暖性针叶林和暖性针阔混交林。

(1) 马尾松林

属于暖性针叶林中的暖性常绿针叶林中，代表性群丛为马尾松-芒萁群丛。

群落分布范围较广，主要分布于评价区域的西北部和 273 省首西侧。主林层郁闭度 0.6，马尾松占明显优势。其它还有大头茶、竹节树、密花山矾、豺皮樟等。

灌木层盖度 0.05，主要有岗松、桃金娘、变叶榕等。

草本层盖度 0.7，芒萁占绝对优势。其它还有黑莎草、乌毛蕨、芒等。

自然植被乔木类植物群落主林层重要值及有关指数统计见表 5.13.3-2。

图 5.13.3-2 马尾松林

表 5.13.3-2 样方重要值统计（乔木前五）及多样性指数

种名	相对频度 RF%	相对多度 RA%	相对显著度 RP%	重要值 IV%
马尾松	32.65	56.55	88.50	177.70
大头茶	30.61	24.45	6.12	61.18
竹节树	14.29	13.05	4.14	31.47
豺皮樟	12.24	3.26	0.82	16.32
密花山矾	4.08	0.52	0.12	4.72
Pielou 均匀度指数	0.6445			
Shannon-Wiener 指数	1.1548			
Simpson 指数	0.019			

（2）马尾松+大头茶林

属于暖性针阔混交林中的暖性常绿针阔混交林中，代表性群丛为马尾松+大头茶-芒其群丛群丛。

群落主林层郁闭度 0.5，马尾松和大头茶占优势。其它还有岭南山竹子、山乌柏等。

灌木层盖度 0.2，主要桃金娘、梔子、桃金娘等。

草本层盖度近 0.6，芒其占优势。其它还有黑莎草、鳞籽莎、垂穗石松等。

自然植被乔木类植物群落主林层重要值及有关指数统计见表 5.13.3-3。

图 5.13.3-3 马尾松+大头茶林

表 5.13.3-3 样方重要值统计（乔木前五）及多样性指数

种名	相对频度 RF%	相对多度 RA%	相对显著度 RP%	重要值 IV%
马尾松	24.49	32.34	55.02	111.85
大头茶	32.65	57.49	38.70	128.85
岭南山竹子	16.33	5.39	2.92	24.64
山乌柏	12.24	1.37	2.96	16.57
野漆	8.16	0.90	0.14	9.21
Pielou 均匀度指数	0.5773			
Shannon-Wiener 指数	1.0343			
Simpson 指数	0.5611			

3、阔叶林

评价区域的阔叶林包括常绿阔叶林和红树林。

（1）大头茶林

属于常绿阔叶林中的季风常绿阔叶林。代表性群丛为大头茶-芒其群丛。

群落主林层郁闭度常达 1.0，大头茶占绝对优势，其它还有岭南山竹子、豺皮

樟等。

林下盖度通常不到 0.2，主要为芒萁、黑莎草等。

自然植被乔木类植物群落主林层重要值及有关指数统计见表 5.13.3-4。

图 5.13.3-4 大头茶林

表 5.13.3-4 样方重要值统计（乔木前五）及多样性指数

种名	相对频度 RF%	相对多度 RA%	相对显著度 RP%	重要值 IV%
大头茶	44.44	92.59	94.14	231.17
岭南山竹子	16.67	2.78	4.07	23.51
豺皮樟	16.67	2.31	0.85	19.83
野漆	11.11	0.93	0.34	12.38
布渣叶	2.78	0.46	0.27	3.51
Pielou 均匀度指数	0.2063			
Shannon-Wiener 指数	0.3696			
Simpson 指数	0.1412			

（2）老鼠簕群系

属于红树林中的真红树林。代表性群丛为老鼠簕群丛。

群落分布于铜鼓前哨附近的海边滩涂上，高 0.5-1 m，盖度达 1.0，真红树老鼠簕为唯一建群及优势植物。

（3）苦郎树群系

属于红树林中的半红树林。代表性群丛为苦郎树群丛。

群落分布于铜鼓前哨附近的海堤上，高 0.5-1 m，盖度 0.9，半红树苦郎树为唯一建群及优势植物。

老鼠簕群系	苦郎树群系

图 5.13.3-5 老鼠簕群系+苦郎树群系

4、灌丛和灌草丛

评价区域的灌丛和灌草丛主要为常绿阔叶灌丛和灌草丛中。

（1）喙荚鹰叶刺灌丛

属于常绿阔叶灌丛中的海滨常绿阔叶灌丛。代表性群丛为喙荚鹰叶刺群丛。

群落分布于评价区域东南，盖度 0.9，高 0.5-1.6 m，喙荚鹰叶刺占明显优势。其它还有石马缨丹、类芦、龙珠果等。

（2）露兜树灌草丛

属于灌草丛中的暖热性灌草丛。代表性群丛为露兜树灌草丛。

群落分布于评价区域东南近海滩涂，盖度达 1.0，高 1.5-3 m，露兜树占绝对优势。群落边缘有阔苞菊、苦郎树等。

(3) 类芦灌草丛

属于灌丛中的暖热性灌丛。代表性群丛为类芦群丛。

群落盖度 0.9，高 1.8-2.5 m，类芦占绝对优势，其它还有鬼针草、肾蕨、华南毛蕨、蜈蚣凤尾蕨等。

(4) 野芋群系

属于灌丛中的暖热性灌丛。代表性群丛为野芋群丛。

群落盖度达到 1.0，高 0.5-1.0 m，野芋占绝对优势。其它偶见地耳草、天胡荽、地毯草等。

图 5.13.3-6 灌丛和灌草丛

5、栽培植被

评价区域的栽培植被包括为木本类型和草本类型。

木本类型主要为经济林型和果园型。

经济林型多分布于评价区域东部，主要有尾叶桉林、湿地松林、大叶相思林、台湾相思林和土沉香林。

尾叶桉林	湿地松林
大叶相思林	台湾相思林
	/
土沉香林	/

图 5.13.3-7 栽培植被

果园型多分布于在评价区域西部龙颈村附近，主要有荔枝林和龙眼林等。

荔枝林	龙眼林

图 5.13.3-8 果园

草本类型主要为大田作物型和蔬菜作物型，多分布于评价区域西侧龙颈村周边。

大田作物型主要为水田作物亚型中的一年两熟作物组合型，对评价区域来

说，两熟的作物均为水稻。在 2026 年 3 月调查期间，部分水田还没整地，部分水田正准备插秧。

图 5.13.3-9 稻田（未整地，秧苗为去年晚稻未完全收取的水稻自然萌发）

图 5.13.3-10 稻田（调查期间插下的秧苗）

蔬菜作物型主要为一年多作蔬菜组合型，种植的蔬菜类型繁多。

图 5.13.3-10 菜地

6、生物量

计算表明，在评价区 464.613 hm^2 面积范围内，目前累积的植物生物量是 18355.76 t （干重），平均每公顷约 39.51 t （干重）。其中常绿阔叶林、针阔叶混交林和暖性针叶林的生物量处于最高的前三位，反映了评价区的植被以常绿阔叶林、针阔叶混交林和暖性针叶林为优势的现状。

表 5.13.3-5 评价范围不同植被类型分布面积和生物量评价结果

植被类型	分布面积 (hm^2)	分布面积比 例 (%)	单位面积生 物量 (t/hm^2)	评价区生物 量 (t)	占评价区总 生物量比例 (%)	工程占地 涉及生物 量 (t)
常绿阔叶林	152.23	32.76	73.28	11155.41	60.77	183.56
暖性针叶林	21.04	4.53	52.575	1106.18	6.03	74.14
针阔混交林	91.59	19.71	57.44	5260.93	28.66	25.85
暖性灌草丛	8.80	1.89	36.47	320.94	1.75	/
农田作物	47.923	10.31	10.69	512.30	2.79	/
水体	97.01	20.88	/	/	/	/
建设用地	34.52	7.43	/	/	/	/
其它	11.50	2.48	/	/	/	/
合计	464.613	100	/	18355.76	100	283.55

注：各植被类型平均生物量数据来源于：方精云，刘国华，徐嵩龄，我国森林植被的生物量和净生产量[J]，生态学报，1996，16(5)：497~508；薛春泉，广东省森林植物生物量及其分布规律的研究，2005；杨昆，管东生，森林林下植被生物量收获的样方选择和模型[A]，生态学报，2007，27(2)：705~714。

7、生产力

在评价区面积 464.613 hm^2 范围内，每年的生物生产力约 4369.62 （干重 t/a ），平均每年每公顷约 9.40 （干重 $\text{t}/(\text{a} \cdot \text{hm}^2)$ ）。其中，年生物生产量最高的前三位依然是常绿阔叶林、针阔叶混交林和暖性针叶林。

表 5.13.3-6 评价范围不同植被类型分布面积和生产力评价结果

植被类型	分布面积 (hm ²)	分布面积比例 (%)	单位面积生产力 (t/a*hm ²)	评价区生产力 (t/a)	占评价区总生产力比例 (%)	工程占地涉及生产力 (t/a)
常绿阔叶林	152.23	32.76	16.81	2558.99	58.56	42.11
暖性针叶林	21.04	4.53	9.74	204.93	4.69	13.73
针阔混交林	91.59	19.71	13.28	1216.32	27.84	8.98
暖性灌草丛	8.80	1.89	8.85	77.88	1.78	/
农田作物	47.923	10.31	6.5	311.50	7.13	/
水体	97.01	20.88	/	/	/	/
建设用地	34.52	7.43	/	/	/	/
其它	11.50	2.48	/	/	/	/
合计	464.613	100	/	4369.62	100	64.82

注：平均生产力参考《我国森林植被的生物量和净生产量》（方精云、刘国华、徐嵩林，1996，生态学报，16（5））、《中国不同气候带各类型森林的生物量和净第一性生产力》（李高飞，任海，2004，热带地理，24（4））的研究成果取值进行生产力估算。

5.13.3.2 植被多样性

1、植物区系组成

植物区系采用专家咨询和资料检索相结合的方法。首先，对评价区域范围进行详细调查，编制出野生植物名录，然后进行各类群代表性科的性质和属的分布区类型，按照吴征镒和李锡文划分科、属的分布区类型等统计分析。

据调查统计，评价区域共有维管植物 104 科 293 属 370 种，其中野生维管植物 91 科 235 属 291 种。由于野生种子植物在数量上占有绝对的优势（80 科 222 属 275 种），在森林群落的各个层次中也占据领导地位。因此，以下用评价区域的野生种子植物进行区系分析。

（一）科的区系分析

科是植物分类学和系统学研究中较为自然的分类单位，在植物区系地理学中具有重要的意义。参照吴征镒对植物科的地理成分的划分准则，评价区域野生种子植物的 80 个科的分布区类型表 5.13.3-7：

表 5.13.3-7 评价区域野生种子植物科的分布区类型一览表

序号	科中文名	科拉丁名	科的分布区类型
1	苋科	Amaranthaceae	1
2	伞形科	Apiaceae	1
3	菊科	Asteraceae	1
4	十字花科	Brassicaceae	1
5	旋花科	Convolvulaceae	1
6	莎草科	Cyperaceae	1
7	小二仙草科	Haloragaceae	1
8	唇形科	Lamiaceae	1

序号	科中文名	科拉丁名	科的分布区类型
9	母草科	Linderniaceae	1
10	马钱科	Loganiaceae	1
11	通泉草科	Mazaceae	1
12	桑科	Moraceae	1
13	杨梅科	Myricaceae	1
14	木樨科	Oleaceae	1
15	柳叶菜科	Onagraceae	1
16	酢浆草科	Oxalidaceae	1
17	车前科	Plantaginaceae	1
18	禾本科	Poaceae	1
19	蓼科	Polygonaceae	1
20	马齿苋科	Portulacaceae	1
21	报春花科	Primulaceae	1
22	毛茛科	Ranunculaceae	1
23	鼠李科	Rhamnaceae	1
24	蔷薇科	Rosaceae	1
25	茜草科	Rubiaceae	1
26	茄科	Solanaceae	1
27	瑞香科	Thymelaeaceae	1
28	爵床科	Acanthaceae	2
29	漆树科	Anacardiaceae	2
30	番荔枝科	Annonaceae	2
31	夹竹桃科	Apocynaceae	2
32	天南星科	Araceae	2
33	棕榈科	Arecaceae	2
34	落葵科	Basellaceae	2
35	藤黄科	Clusiaceae	2
36	鸭跖草科	Commelinaceae	2
37	牛栓藤科	Connaraceae	2
38	葫芦科	Cucurbitaceae	2
39	五桠果科	Dilleniaceae	2
40	薯蓣科	Dioscoreaceae	2
41	谷精草科	Eriocaulaceae	2
42	大戟科	Euphorbiaceae	2
43	豆科	Fabaceae	2
44	买麻藤科	Gnetaceae	2
45	黏木科	Ixonanthaceae	2
46	樟科	Lauraceae	2
47	锦葵科	Malvaceae	2
48	野牡丹科	Melastomataceae	2
49	楝科	Meliaceae	2
50	防己科	Menispermaceae	2
51	桃金娘科	Myrtaceae	2
52	山柚子科	Opiliaceae	2
53	西番莲科	Passifloraceae	2
54	叶下珠科	Phyllanthaceae	2
55	红树科	Rhizophoraceae	2
56	芸香科	Rutaceae	2

序号	科中文名	科拉丁名	科的分布区类型
57	山榄科	Sapotaceae	2
58	苦木科	Simaroubaceae	2
59	蕺菜科	Smilacaceae	2
60	山矾科	Symplocaceae	2
61	山茶科	Theaceae	2
62	荨麻科	Urticaceae	2
63	葡萄科	Vitaceae	2
64	冬青科	Aquifoliaceae	3
65	五加科	Araliaceae	3
66	仙人掌科	Cactaceae	3
67	紫茉莉科	Nyctaginaceae	3
68	马鞭草科	Verbenaceae	3
69	天门冬科	Asparagaceae	4
70	露兜树科	Pandanaaceae	4
71	猪笼草科	Nepenthaceae	5
72	姜科	Zingiberaceae	5
73	小盘木科	Pandaceae	6
74	大麻科	Cannabaceae	8
75	忍冬科	Caprifoliaceae	8
76	金丝桃科	Hypericaceae	8
77	松科	Pinaceae	8
78	杨柳科	Salicaceae	8
79	鼠刺科	Iteaceae	9
80	阿福花科	Asphodelaceae	12

评价区域野生种子植物的 80 个科的分布区类型统计见表 5.13.3-8:

表 5.13.3-8 评价区域野生种子植物科的分布区类型统计

分布区类型	科数	占百分比
1.世界分布	27	扣除
2.泛热带分布	36	67.92
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	5	9.43
4.旧世界热带分布	2	3.77
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	2	3.77
6.热带亚洲至热带非洲连续或间断分布	1	1.89
8.北温带分布	5	9.43
9.东亚及北美间断分布	1	1.89
12.地中海区、西亚至中亚分布	1	1.89
合计	80	100

(1) 世界分布科

评价区域种子植物区系中有世界分布科 27 个, 主要有莎草科、禾本科、小二仙草科、蔷薇科等。该分布就其生活型来看, 多为草本, 多分布于路旁、林缘、林下等生境, 无法在地带性森林植被中占据重要地位, 不是本区区系的主要表征部分, 在植被和植物群落中的作用不大, 统计时一般扣除。

(2) 泛热带分布科

评价区域种子植物区系中的泛热带分布科有 36 科，其科数占总科数 67.92%（扣除世界分布，下同）。主要有番荔枝科、樟科、金粟兰科、天南星科等。这些泛热带分布科所包含的种类也多，许多种类更是评价区域的优势种类和常见种类。

（3）热带亚洲和热带美洲间断分布科

本分布区类型共 5 个科，其科数占总科数 9.43%。主要有冬青科、五加科、仙人掌科、紫茉莉科和马鞭草科。它们中的部分种类如冬青属等在局部森林群落中会成为优势种类。

（4）旧世界热带分布科

本类型共 2 科，其科数占总科数 3.77 %。主要有天门冬科和露兜树科。

（5）热带亚洲至热带大洋洲分布科

本类型包含 2 科，占 3.77 %。它们是姜科、猪笼草科，几乎所有种类均生于群落的下层。

（6）热带亚洲至热带非洲连续或间断分布科

本类型包含 1 科，科数占总科数 1.89 %，为小盘木科。

（7）北温带分布科

评价区域种子植物区系中的北温带分布科 5 科，占总科数的 9.43%。

（8）东亚和北美洲间断分布科

评价区域种子植物区系中此分布科有 1 科，科数占总科数的 1.89%。

（9）地中海区、西亚至中亚分布

评价区域种子植物区系中东亚分布科有 1 科，科数占总科数的 1.89%，为阿福花科。

按照气候性质来划分，评价区域科的分布区类型可分为 3 类：世界分布（类型 1）、热带性分布（类型 2-7）、温带性分布（类型 8-12 型）（表 5.13.3-9），可以看出评价区域种子植物科的地理成分中，热带性的科达 46 个，占总科数（扣除世界分布科）的 86.79%，但也有一定的温带成分（7 科，13.21%）。即评价区域的热带性较强，这与评价区域地处属亚热带季风气候区相吻合。

表 5.13.3-9 评价区域野生种子植物科的分布区类型按性质划分统计表

区系性质	科数	占总科数的比例%
世界分布	27	扣除
热带性分布	46	86.79

温带性分布	7	13.21
合计	80	100

(二) 属的区系分析

参照吴征镒对属的划分方法, 评价区域的 222 个野生种子植物属的分布区类型见表 5.13.3-10:

表 5.13.3-10 评价区域野生种子植物属的分布区类型一览表

序号	属中文名	属拉丁名	属的分布区类型
1	赤箭莎属	<i>Schoenus</i>	1
2	蔊菜属	<i>Rorippa</i>	1
3	积雪草属	<i>Centella</i>	1
4	金丝桃属	<i>Hypericum</i>	1
5	联毛紫菀属	<i>Symphytotrichum</i>	1
6	蔊属	<i>Persicaria</i>	1
7	芦苇属	<i>Phragmites</i>	1
8	毛茛属	<i>Ranunculus</i>	1
9	南天藤属	<i>Ticanto</i>	1
10	茄属	<i>Solanum</i>	1
11	莎草属	<i>Cyperus</i>	1
12	山格木属	<i>Cathetus</i>	1
13	黍属	<i>Panicum</i>	1
14	猫荻属	<i>Sigesbeckia</i>	1
15	苋属	<i>Amaranthus</i>	1
16	腺毛蔊属	<i>Dysphania</i>	1
17	香茶菜属	<i>Isodon</i>	1
18	悬钩子属	<i>Rubus</i>	1
19	夜香牛属	<i>Cyanthillium</i>	1
20	余甘子属	<i>Emblica</i>	1
21	酢浆草属	<i>Oxalis</i>	1
22	巴戟天属	<i>Morinda</i>	2
23	菝葜属	<i>Smilax</i>	2
24	白粉藤属	<i>Cissus</i>	2
25	白茅属	<i>Imperata</i>	2
26	爵床属	<i>Scolopia</i>	2
27	刺蒴麻属	<i>Triumfetta</i>	2
28	大戟属	<i>Euphorbia</i>	2
29	大青属	<i>Clerodendrum</i>	2
30	刀豆属	<i>Canavalia</i>	2
31	地胆草属	<i>Elephantopus</i>	2
32	地毡草属	<i>Axonopus</i>	2
33	丁香蓼属	<i>Ludwigia</i>	2
34	冬青属	<i>Ilex</i>	2
35	耳草属	<i>Hedyotis</i>	2
36	梵天花属	<i>Urena</i>	2
37	狗尾草属	<i>Setaria</i>	2
38	狗牙根属	<i>Cynodon</i>	2
39	谷精草属	<i>Eriocaulon</i>	2

序号	属中文名	属拉丁名	属的分布区类型
40	含羞草属	<i>Mimosa</i>	2
41	红叶藤属	<i>Rourea</i>	2
42	虎尾草属	<i>Chloris</i>	2
43	花椒属	<i>Zanthoxylum</i>	2
44	黄花棣属	<i>Sida</i>	2
45	黄檀属	<i>Dalbergia</i>	2
46	鸡血藤属	<i>Callerya</i>	2
47	假泽兰属	<i>Mikania</i>	2
48	九节属	<i>Psychotria</i>	2
49	阔苞菊属	<i>Pluchea</i>	2
50	鬼针草属	<i>Bidens</i>	2
51	狼尾草属	<i>Pennisetum</i>	2
52	冷水花属	<i>Pilea</i>	2
53	鳢肠属	<i>Eclipta</i>	2
54	莲子草属	<i>Alternanthera</i>	2
55	鳞花草属	<i>Lepidagathis</i>	2
56	龙爪茅属	<i>Dactyloctenium</i>	2
57	马齿苋属	<i>Portulaca</i>	2
58	马钱属	<i>Strychnos</i>	2
59	买麻藤属	<i>Gnetum</i>	2
60	母草属	<i>Lindernia</i>	2
61	牡荆属	<i>Vitex</i>	2
62	囊颖草属	<i>Sacciolepis</i>	2
63	牛膝属	<i>Achyranthes</i>	2
64	飘拂草属	<i>Fimbristylis</i>	2
65	千金子属	<i>Leptochloa</i>	2
66	青葙属	<i>Celosia</i>	2
67	苘麻属	<i>Abutilon</i>	2
68	琼楠属	<i>Beilschmiedia</i>	2
69	榕属	<i>Ficus</i>	2
70	山矾属	<i>Symplocos</i>	2
71	山黄麻属	<i>Trema</i>	2
72	山麻杆属	<i>Alchornea</i>	2
73	柃属	<i>Eleusine</i>	2
74	鼠尾粟属	<i>Sporobolus</i>	2
75	薯蓣属	<i>Dioscorea</i>	2
76	水蜈蚣属	<i>Kyllinga</i>	2
77	水线草属	<i>Oldenlandia</i>	2
78	素馨属	<i>Jasminum</i>	2
79	算盘子属	<i>Glochidion</i>	2
80	糖蜜草属	<i>Melinis</i>	2
81	天胡荽属	<i>Hydrocotyle</i>	2
82	天料木属	<i>Homalium</i>	2
83	田菁属	<i>Sesbania</i>	2
84	乌柏属	<i>Triadica</i>	2
85	锡叶藤属	<i>Tetracera</i>	2
86	鸭跖草属	<i>Commelina</i>	2
87	鸭嘴草属	<i>Ischaemum</i>	2

序号	属中文名	属拉丁名	属的分布区类型
88	叶下珠属	<i>Phyllanthus</i>	2
89	银合欢属	<i>Leucaena</i>	2
90	鹰叶刺属	<i>Guilandina</i>	2
91	珍珠茅属	<i>Scleria</i>	2
92	栀子属	<i>Gardenia</i>	2
93	苎麻属	<i>Boehmeria</i>	2
94	黑莎草属	<i>Gahnia</i>	2-1
95	西番莲属	<i>Passiflora</i>	2-1
96	岗松属	<i>Baeckea</i>	2-2
97	金腰箭属	<i>Synedrella</i>	2-2
98	箬竹属	<i>Bambusa</i>	2-2
99	马缨丹属	<i>Lantana</i>	2-2
100	雾水葛属	<i>Pouzolzia</i>	2-2
101	藜香薷属	<i>Ageratum</i>	3
102	量天尺属	<i>Hylocereus</i>	3
103	落葵薯属	<i>Anredera</i>	3
104	木姜子属	<i>Litsea</i>	3
105	雀梅藤属	<i>Sageretia</i>	3
106	山芝麻属	<i>Helicteres</i>	3
107	仙人掌属	<i>Opuntia</i>	3
108	野甘草属	<i>Scoparia</i>	3
109	叶子花属	<i>Bougainvillea</i>	3
110	羽芒菊属	<i>Tridax</i>	3
111	飞机草属	<i>Chromolaena</i>	4
112	合欢属	<i>Albizia</i>	4
113	楝属	<i>Melia</i>	4
114	露兜树属	<i>Pandanus</i>	4
115	毛茛属	<i>Antirhea</i>	4
116	蒲桃属	<i>Syzygium</i>	4
117	酸藤子属	<i>Embelia</i>	4
118	无根藤属	<i>Cassytha</i>	4
119	血桐属	<i>Macaranga</i>	4
120	鸦胆子属	<i>Brucea</i>	4
121	野桐属	<i>Mallotus</i>	4
122	一点红属	<i>Emilia</i>	4
123	猪肚木属	<i>Canthium</i>	4
124	竹节树属	<i>Carallia</i>	4
125	紫玉盘属	<i>Uvaria</i>	4
126	瓜馥木属	<i>Pissistigma</i>	4-1
127	乌口树属	<i>Tarenna</i>	4-1
128	木荷属	<i>Schima</i>	7-1
129	波罗蜜属	<i>Artocarpus</i>	5
130	桂属	<i>Cinnamomum</i>	5
131	海杧果属	<i>Cerbera</i>	5
132	黑面神属	<i>Breynia</i>	5
133	猴耳环属	<i>Archidendron</i>	5
134	假鹰爪属	<i>Desmos</i>	5
135	姜属	<i>Zingiber</i>	5

序号	属中文名	属拉丁名	属的分布区类型
136	结缕草属	<i>Zoysia</i>	5
137	酒饼霸属	<i>Atalantia</i>	5
138	苦郎树属	<i>Volkameria</i>	5
139	链珠藤属	<i>Alyxia</i>	5
140	鳞籽莎属	<i>Lepidosperma</i>	5
141	毛扇香属	<i>Adenosma</i>	5
142	蜜茱萸属	<i>Melicope</i>	5
143	莪花属	<i>Wikstroemia</i>	5
144	山橙属	<i>Melodinus</i>	5
145	山柑藤属	<i>Cansjera</i>	5
146	山菅兰属	<i>Dianella</i>	5
147	山油柑属	<i>Acronychia</i>	5
148	桃金娘属	<i>Rhodomyrtus</i>	5
149	通泉草属	<i>Mazus</i>	5
150	吴茱萸属	<i>Tetradium</i>	5
151	小二仙草属	<i>Gonocarpus</i>	5
152	野牡丹属	<i>Melastoma</i>	5
153	银柴属	<i>Aporosa</i>	5
154	鹧鸪草属	<i>Eriachne</i>	5
155	猪笼草属	<i>Nepenthes</i>	5
156	蓖麻属	<i>Ricinus</i>	6
157	狗骨柴属	<i>Diplospora</i>	6
158	海漆属	<i>Excoecaria</i>	6
159	老鼠簕属	<i>Acanthus</i>	6
160	类芦属	<i>Neyraudia</i>	6
161	芒属	<i>Miscanthus</i>	6
162	藤槐属	<i>Bowringia</i>	6
163	藤黄属	<i>Garcinia</i>	6
164	土蜜树属	<i>Bridelia</i>	6
165	小盘木属	<i>Microdesmis</i>	6
166	羊角拗属	<i>Strophanthus</i>	6
167	野苘蒿属	<i>Crassocephalum</i>	6
168	鱼眼草属	<i>Dichrocephala</i>	6
169	稗荩属	<i>Sphaerocaryum</i>	7
170	秤钩风属	<i>Diploclisia</i>	7
171	翅子树属	<i>Pterospermum</i>	7
172	葛属	<i>Pueraria</i>	7
173	构属	<i>Broussonetia</i>	7
174	海芋属	<i>Alocasia</i>	7
175	葫芦茶属	<i>Tadehagi</i>	7
176	黄牛木属	<i>Cratogeomys</i>	7
177	黄桐属	<i>Endospermum</i>	7
178	鸡屎藤属	<i>Paederia</i>	7
179	蜡烛果属	<i>Aegiceras</i>	7
180	轮环藤属	<i>Cyclea</i>	7
181	茅瓜属	<i>Solena</i>	7
182	黏木属	<i>Ixonanthes</i>	7
183	苹婆属	<i>Sterculia</i>	7

序号	属中文名	属拉丁名	属的分布区类型
184	破布叶属	<i>Microcos</i>	7
185	润楠属	<i>Machilus</i>	7
186	箬竹属	<i>Indocalamus</i>	7
187	蛇婆子属	<i>Waltheria</i>	7
188	省藤属	<i>Calamus</i>	7
189	铁榄属	<i>Sinosideroxylon</i>	7
190	夜花藤属	<i>Hypserpa</i>	7
191	薏苡属	<i>Coix</i>	7
192	芋属	<i>Colocasia</i>	7
193	棕叶芦属	<i>Thysanolaena</i>	7
194	梭罗树属	<i>Reevesia</i>	7-1
195	匙羹藤属	<i>Gymnema</i>	7-4
196	稗属	<i>Echinochloa</i>	8
197	蒿属	<i>Polygonum</i>	8
198	蒿属	<i>Artemisia</i>	8
199	画眉草属	<i>Eragrostis</i>	8
200	假臭草属	<i>Praxelis</i>	8
201	蜚薹菊属	<i>Sphagneticola</i>	8
202	漆树属	<i>Toxicodendron</i>	8
203	蔷薇属	<i>Rosa</i>	8
204	忍冬属	<i>Lonicera</i>	8
205	松属	<i>Pinus</i>	8
206	盐麸木属	<i>Rhus</i>	8
207	杨梅属	<i>Morella</i>	8-4
208	白前属	<i>Vincetoxicum</i>	9
209	大头茶属	<i>Polyspora</i>	9
210	红豆属	<i>Ormosia</i>	9
211	鸡眼草属	<i>Kummerowia</i>	9
212	假地豆属	<i>Grona</i>	9
213	鼠刺属	<i>Itea</i>	9
214	小槐花属	<i>Ohwia</i>	9
215	梨属	<i>Pyrus</i>	10
216	莴苣属	<i>Lactuca</i>	10-3
217	黄鹌菜属	<i>Youngia</i>	14
218	金发草属	<i>Pogonatherum</i>	14
219	山麦冬属	<i>Liriope</i>	14
220	石斑木属	<i>Rhaphiolepis</i>	14
221	番薯属	<i>Ipomoea</i>	15
222	绣球茜属	<i>Dunnia</i>	15

评价区域野生种子植物的 222 个属的分布区类型统计见表 5.13.3-11。

表 5.13.3-11 评价区域野生种子植物属的分布区类型统计表

分布区类型	属数	占百分比%
1.世界分布	21	扣除
2.泛热带分布	72	35.82
2-1.热带亚洲、大洋洲（至新西兰）和中、南美（或墨西哥）间断分布	2	1.00
2-2.热带亚洲、非洲和中、南美洲间断分布	5	2.49

分布区类型	属数	占百分比%
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	10	4.98
4.旧世界热带分布	15	7.46
4-1.热带亚洲、非洲（或东非、马达加斯加）和大洋洲间断分布	2	1.00
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	27	13.43
6.热带亚洲至热带非洲分布	13	6.47
7.热带亚洲（印度-马来西亚）分布	25	12.44
7-1.爪哇（或苏门达腊）、喜马拉雅间断或星散分布到华南、西南	2	1.00
7-4.越南（或中南半岛）至华南（或西南）分布	1	0.50
8.北温带分布	11	5.47
8-4.北温带和南温带（全温带）间断	1	0.50
9.东亚和北美洲间断分布	7	3.48
10.旧世界温带分布	1	0.50
10-3.欧亚和南部非洲间断分布	1	0.50
14.东亚分布	4	1.99
15.中国特有分布	2	1.00
合计	222	100

（1）世界分布属

世界分布型属是指广布于世界各大洲而没有特殊分布中心的属。评价区域中的世界分布属共 21 个，如藁草属、莎草属、拳茅属、刺子莞属、马唐属等。从生活型来看，世界分布大多数为草本植物，且多生于路旁、林缘等生境，生命力顽强，传播速度快。这些属对区系性质没有代表意义，所以在区系成分分析时将其扣除。

（2）泛热带分布属

泛热带分布属是指广布于东、西半球热带和在全世界有一个或多个分布中心，但在其它地区也有分布的属。评价区域中此类型及其变型（2-1、2-2）共有 79 属，占非世界属数的 39.30%，是各分布区类型中比例最高的，且很多属所含有的种类比较常见，如大青属、牡荆属、冬青属等。

（3）热带亚洲和热带美洲间断分布属

热带亚洲和热带美洲间断分布类型属是指间断分布于美洲和亚洲温暖地区的热带属。评价区域中有此类型 10 属，占非世界属数的 5.00%。比较常见的有木姜子属、雀梅藤属、山芝麻属等。

（4）旧世界热带分布属

旧世界热带属是指分布于热带亚洲、非洲和大洋洲及其邻近岛屿的属。评价区域种子植物区系有此类型及其变型（4-1）共 17 属，占非世界属的 8.50%。比较常见的有五月茶属、楝属等。

(5) 热带亚洲至热带大洋洲分布属

热带亚洲至热带大洋洲是旧世界热带的东翼。评价区域种子植物区系有此类型 27 属，占非世界分布数的 13.50%。其中比较常见的有姜属、小二仙草属、桃金娘属、吴茱萸属等。

(6) 热带亚洲至热带非洲分布属

本分布区是旧世界热带的西翼。评价区域种子植物区系有此类型共 13 属，占非世界分布属的 6.50%。比较常见的有类芦属、狗骨柴属、芒属等。

(7) 热带亚洲（印度-马来西亚）分布属

热带亚洲（印度-马来西亚）是旧世界热带的中心部分，评价区域种子植物区系有此类型及其变型（7-1、7-4）共 28 属，占非世界分布属的 14.00%。

本分布区类型的多个属中的多个种类是评价区域森林群落的上层优势树种或建群种。

(8) 北温带分布属

北温带分布属是指那些广泛分布于欧洲、亚洲和北美洲温带地区的属。评价区域种子植物区系有此类型及其变型（8-4）共 12 属，占非世界分布属的 6.0%。其中松属等是森林群落的重要组成部分。

(9) 东亚和北美间断分布属

东亚和北美间断分布属是指间断分布于东亚和北美温带及亚热带地区的属。评价区域有东亚和北美间断分布属 7 个，占非世界分布属的 3.5%。如枫香树属、鼠刺属、蛇葡萄属等。

(10) 旧世界温带分布属

此类型主要是分布于欧洲、亚洲中高纬度温带、寒温带的属。评价区域种子植物区系有此分布类型及其变型（10-3）共 2 属，占非世界分布属的 1.00%。主要有莴苣属、梨属。

(11) 东亚分布属

东亚分布的范围是指从东喜马拉雅一直分布到日本的属。评价区域种子植物有此类型共 4 个属，占非世界分布属的 2.00%。

(12) 中国特有分布属

评价区域种子植物有此类型 2 属，占非世界分布属的 1.00%，有绣球茜属、番

茄属等。

把上述的各个分布区类型按照气候性质划分，可分为 5 类：世界分布（类型 1）、热带性分布（类型 2-7）、温带性分布（类型 8-13）、东亚分布（类型 14）、中国特有分布（类型 15）。

表 5.13.3-12 评价区域野生种子植物属的分布区类型按性质划分统计

区系性质	属数	占总属数的比例%
世界分布	21	扣除
热带性分布	174	86.57
温带性分布	21	10.45
东亚分布	4	1.99
中国特有分布	2	1.00
合计	222	100

从表可看出，热带成分达 174 属，占非世界分布属的 86.57%；而温带成分类型 21 属（10.45%）；东亚成分也有 4 属（1.99%）；中国特有分布有 2 属（1.00%）。由此可知，评价区域的属的种子植物区系成分是以热带成分为主，温带成分有一定渗入，同时也有一些东亚类型，这一区系特点与评价区域所处的亚热带季风气候区的地理位置相符。

2、植物多样性

（一）种类统计

据调查统计，评价区域共有维管植物 104 科 293 属 370 种（含种下分类单位，下同），其中野生维管植物 91 科 235 属 291 种，栽培维管植物 44 科 71 属 79 种。

表 5.13.3-13 评价区域维管植物统计

分类群	科数	属数	种数
蕨类植物	11	13	16
裸子植物	4	4	5
被子植物	89	276	349
合计	104	293	370

表 5.13.3-14 评价区域野生维管植物统计

分类群	科数	属数	种数
蕨类植物	11	13	16
裸子植物	2	2	2
被子植物	78	220	273
合计	91	235	291

表 5.13.3-15 评价区域栽培维管植物统计

分类群	科数	属数	种数
蕨类植物	0	0	0
裸子植物	3	3	3
被子植物	41	68	76

合计	44	71	79

野生维管植物是自然评价区域的自然属性的充分体现，且在各分类群中占据绝对优势。所以，下文的各描述和分析，如无特别说明，均指野生维管植物。

（二）优势类群

评价区域共有野生维管植物 91 科 235 属 291 种，被子植物占绝对优势，共 78 科 220 属 273 种。评价区域的 291 种野生维管植物隶属于 91 科，其中种数 10 种或以上的科共 16 个，共含植物 133 种，占评价区域野生维管植物 291 种的 45.70%，而其科数仅占 91 科的 17.58%。

表 5.13.3-16 评价区域野生维管植物种类优势科

序号	科名	所含种数
1	禾本科	33
2	菊科	23
3	豆科	20
4	茜草科	14
5	大戟科	11
6	锦葵科	11
7	叶下珠科	11
8	莎草科	10
9	禾本科	33
10	菊科	22
11	豆科	20
12	茜草科	14
13	大戟科	11
14	锦葵科	11
15	叶下珠科	11
16	莎草科	10
合计		133

评价区域的 291 种野生维管植物隶属于 235 属，其中种数 3 种或以上的属共 9 个共含植物 33 种，占评价区域野生维管植物 291 种的 11.34%，而其属数仅占 235 属的 3.83%。

表 5.13.3-17 评价区域野生维管植物种类优势属

序号	属名	所含种数
1	榕属	5
2	菝葜属	4
3	狗尾草属	4
4	蓼属	4
5	茄属	4
6	冬青属	3
7	耳草属	3
8	黄檀属	3
9	算盘子属	3

序号	属名	所含种数
合计		33

(三) 资源植物

评价区域的野生植物中，有许多种类可用作药用植物、观赏植物、用材树种、野生水果、芳香植物等，蕴藏着较大的潜在经济价值。

表 5.133-18 评价区域资源植物统计表

序号	资源类别	种数	占评价区域野生维管植物总种数的比例 (%)	代表物种
1	药用植物资源	137	47.08	鸭跖草 <i>Commelina communis</i>
2	观赏植物资源	52	17.87	栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>
3	纤维植物资源	65	22.34	无根藤 <i>Cassytha filiformis</i>
4	用材树种资源	25	8.59	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>
5	保健植物资源	17	5.84	菝葜 <i>Smilax china</i>
6	油脂植物资源	32	11.00	山芝麻 <i>Helicteres angustifolia</i>
7	鞣料植物资源	22	7.56	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>
8	芳香植物资源	19	6.53	山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>
9	野菜植物资源	20	6.87	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>
10	水果植物资源	16	5.50	金樱子 <i>Rosa laevigata</i>
11	淀粉植物资源	8	2.75	土茯苓 <i>Smilax glabra</i>

(四) 重要物种（濒危及重点保护野生植物）

重要物种（濒危及重点保护野生植物）是指在生态影响评价中需要重点关注、具有较高保护价值或保护要求的物种，包括国家及地方重点保护野生动植物名录所列的物种，《中国生物多样性红色名录》中列为极危（Critically Endangered）、濒危（Endangered）和易危（Vulnerable）的物种，国家和地方政府列入拯救保护的极小种群物种，特有种以及古树名木等。评价区域共有此类植物 4 科 4 属 4 种，其中国家 II 级重点保护野生植物 2 种（凹叶红豆和绣球茜），广东省级重点保护野生植物 1 种（猪笼草），被《中国生物多样性红色名录》中列为易危（Vulnerable）的物种 2 种，即猪笼草和黏木（*Ixonanthes reticulata*）。

表 5.133-19 评价区域濒危及国家重点保护野生植物

序号	种中文名	种拉丁名	国家保护*	CITES 附录	广东省级保护**	中国生物多样性红色名录***
1	凹叶红豆	<i>Ormosia emarginata</i>	二级			
2	绣球茜	<i>Dunnia sinensis</i>	二级			
3	猪笼草	<i>Nepenthes mirabilis</i>			√	VU 易危
4	黏木	<i>Ixonanthes reticulata</i>				VU 易危

*国家林业和草原局、农业农村部公告 2021 年第 15 号

**粤府函 2023 年 30 号

***中国生物多样性红色名录—高等植物卷（2020）（2023年5月22日生态环境部和中国科学院联合发布）

图 5.13.3-10 评价范围重点保护及珍稀濒危野生植物分布图

（五）古树名木现状

参照《古树名木鉴定规范》（LY/T 2737-2016）、《古树名木普查技术规范》（LY/T 2738-2016）、广东省古树名木信息管理系统，调查过程中评价区内未发现古树名木。

（六）外来入侵植物

1、种类统计

外来植物是指在一个特定地域的生态系统中，不是本地自然发生和进化而来，而是后来通过不同的途径从其它地区传播过来的植物。外来植物如果在自然状态下获得生长和繁殖，并对当地的生物多样性、农林牧渔业生产以及人类健康造成经济损失或酿成生态灾难，就构成了外来植物的入侵。

外来入侵植物有很强的侵略性和危害性。它们具有生长速度快、适应能力强、繁殖能力强的特点，一旦由原产地进入入侵地，就会形成单优势种群，给当地造成经济损失与资源生态灾难。

据中国科学院植物研究所“中国外来入侵物种信息系统”及调查统计，评价区域共有外来入侵植物 14 科 33 属 37 种，全部为被子植物。

表 5.13.3-20 评价区域外来入侵植物一览表

编号	科中文名	属中文名	种中文名	种拉丁名	保护等级
1	菊科	藿香蓟属	藿香蓟	<i>Ageratum conyzoides</i>	1 级（恶性入侵）
2	苋科	莲子草属	喜旱莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	1 级（恶性入侵）
3	苋科	苋属	刺苋	<i>Amaranthus spinosus</i>	1 级（恶性入侵）
4	落葵科	落葵属	落葵	<i>Anredera cordifolia</i>	1 级（恶性入侵）
5	苋科	青葙属	青葙	<i>Celosia argentea</i>	1 级（恶性入侵）
6	菊科	飞机草属	飞机草	<i>Chromolaena odorata</i>	1 级（恶性入侵）
7	苋科	腺毛藜属	土荆芥	<i>Dysphania ambrosioides</i>	1 级（恶性入侵）
8	旋花科	番薯属	五爪金龙	<i>Ipomoea cairica</i>	1 级（恶性入侵）
9	马鞭草科	马缨丹属	马缨丹	<i>Lantana camara</i>	1 级（恶性入侵）
10	菊科	假泽兰属	微甘菊	<i>Mikania micrantha</i>	1 级（恶性入侵）
11	豆科	含羞草属	光荚含羞草	<i>Mimosa bimucronata</i>	1 级（恶性入侵）
12	菊科	假臭草属	假臭草	<i>Praxelis clematidea</i>	1 级（恶性入侵）
13	菊科	联毛紫菀属	钻叶紫菀	<i>Symphotrichum subulatum</i>	1 级（恶性入侵）
14	苋科	苋属	皱果苋	<i>Amaranthus viridis</i>	2 级（严重入侵）
15	菊科	野苘蒿属	野苘蒿	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	2 级（严重入侵）
16	大戟科	大戟属	飞扬草	<i>Euphorbia hirta</i>	2 级（严重入侵）

17	豆科	银合欢属	银合欢	<i>Leucaena leucocephala</i>	2级（严重入侵）
18	豆科	含羞草属	含羞草	<i>Mimosa pudica</i>	2级（严重入侵）
19	仙人掌科	仙人掌属	仙人掌	<i>Opuntia dillenii</i>	2级（严重入侵）
20	禾本科	黍属	铺地黍	<i>Panicum repens</i>	2级（严重入侵）
21	大戟科	蓖麻属	蓖麻	<i>Ricinus communis</i>	2级（严重入侵）
22	车前科	野甘草属	野甘草	<i>Scoparia dulcis</i>	2级（严重入侵）
23	茄科	茄属	喀西茄	<i>Solanum aculeatissimum</i>	2级（严重入侵）
24	茄科	茄属	水茄	<i>Solanum torvum</i>	2级（严重入侵）
25	菊科	蟛蜞菊属	南美蟛蜞菊	<i>Sphagneticola trilobata</i>	2级（严重入侵）
26	菊科	金腰箭属	金腰箭	<i>Synedrella nodiflora</i>	2级（严重入侵）
27	菊科	羽芒菊属	羽芒菊	<i>Tridax procumbens</i>	2级（严重入侵）
28	禾本科	糖蜜草属	红毛草	<i>Melinis repens</i>	3级（局部入侵）
29	西番莲科	西番莲属	龙珠果	<i>Passiflora foetida</i>	3级（局部入侵）
30	禾本科	狼尾草属	象草	<i>Pennisetum purpureum</i>	3级（局部入侵）
31	菊科	阔苞菊属	翼茎阔苞菊	<i>Pluchea sagittalis</i>	3级（局部入侵）
32	茄科	茄属	少花龙葵	<i>Solanum americanum</i>	3级（局部入侵）
33	锦葵科	蛇婆子属	蛇婆子	<i>Waltheria indica</i>	3级（局部入侵）
34	菊科	鳢肠属	鳢肠	<i>Eclipta prostrata</i>	4级（一般入侵）
35	菊科	鬼针草属	鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	1级（恶意入侵）
36	荨麻科	冷水花属	小叶冷水花	<i>Pilea microphylla</i>	4级（一般入侵）
37	锦葵科	黄花棣属	黄花棣	<i>Sida acuta</i>	4级（一般入侵）

2、优势科统计

评价区域的 37 种外来入侵植物隶属于 14 科 33 属，各科所含的外来入侵植物种数及比例见表 5.13.3-21。可以看出，菊科种数最多，有 12 种，占比 32.43%，此外苋科含 5 种，占比 13.51%，豆科、禾本科和茄科各有 3 种，各占比 8.11%。

表 5.13.3-21 评价区域外来入侵植物各科种数及占比统计表

序号	科名	种数	占总种数的比例（%）
1	菊科	12	32.43
2	苋科	5	13.51
3	豆科	3	8.11
4	禾本科	3	8.11
5	茄科	3	8.11
6	大戟科	2	5.41
7	锦葵科	2	5.41
8	车前科	1	2.70
9	落葵科	1	2.70
10	马鞭草科	1	2.70
11	西番莲科	1	2.70
12	仙人掌科	1	2.70
13	旋花科	1	2.70
14	荨麻科	1	2.70
合计		37	100

3、入侵等级统计

根据外来入侵植物的入侵等级，评价区域外来入侵植物可分为4个等级。

表 5.13.3-22 评价区域外来入侵植物入侵等级统计

序号	入侵等级	种数	占入侵植物比例 (%)
1	1 级 (恶性入侵类)	14	37.84
2	2 级 (严重入侵类)	14	37.84
3	3 级 (局部入侵类)	6	16.22
4	4 级 (一般入侵类)	3	8.11
合计		37	100

从表可看出，评价区域的外来入侵植物以 1 级 (恶性入侵类) 和 2 级 (严重入侵类) 占优势，两者共 28 种，占总数的 74.80%。

4、官方公布的四批外来入侵植物

根据国家官方发布的四批《中国外来入侵物种名单》，评价区域共有外来入侵植物 6 科 10 属 10 种，分别占评价区域入侵植物 14 科 32 属 36 种 42.86 %、31.25 %、27.78 %。其中第一批外来入侵物种 2 种，第二批有 3 种、第三批有 2 种、第四批有 3 种；菊科 4 种，苋科 2 种，藜科、旋花科、马鞭草科、豆科各 1 种。原产地均为美洲 (含南美洲、北美洲、热带美洲、巴西)；草本 9 种，灌木 1 种；入侵级别均为 1 级 (恶性入侵类)。

表 5.13.3-23 评价区域国家官方公布的四批外来入侵植物

序号	种名	学名	科名	原产地	习性	入侵级别	批次	备注
1	微甘菊	<i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	菊科 Asteraceae	美洲	草本	1	第一批	国家环保局 (环发 [2003]11 号)
2	喜旱莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb	苋科 Amaranthaceae	巴西	草本	1		
3	马缨丹	<i>Lantana camara</i> L.	马鞭草科 Verbenaceae	热带美洲	灌木	1	第二批	环境保护部 (环发 [2010]4 号)
4	土荆芥	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	藜科 Chenopodiaceae	热带美洲	草本	1		
5	刺苋	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	苋科 Amaranthaceae	热带美洲	草本	1		
6	钻叶紫菀	<i>Aster subulatus</i> Michx.	菊科 Asteraceae	北美洲	草本	1	第三批	环境保护部 中国科学院 (公告 2014 年第 57 号)
7	假臭草	<i>Praxelis clematidea</i> (Grisebach.) King et Robinson	菊科 Asteraceae	南美洲	草本	1		
8	光荚含羞草	<i>Mimosa bimucronata</i> (D.C.) Kuntze	豆科 Fabaceae	热带美洲	草本	1	第四批	环境保护部 中国科学院 (公告 2016

序号	种名	学名	科名	原产地	习性	入侵级别	批次	备注
9	五爪金龙	<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	旋花科 Convolvulaceae	热带美洲	草本	1		年第 78 号)
10	藜香薷	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	菊科 Asteraceae	热带美洲	草本	1		

5.13.4 野生动物栖息地及多样性调查

5.13.4.1 物种多样性

评价区记录到陆生野生脊椎动物 16 目 44 科 66 种，包括两栖类 1 目 4 科 6 种、爬行类 1 目 6 科 10 种、鸟类 10 目 28 科 42 种、哺乳类 4 目 6 科 8 种。

表 5.13.4-1 评价区动物物种组成

类群	目数	科数	种数
两栖类	1	4	6
爬行类	1	6	10
鸟类	10	28	42
兽类	4	6	8
合计	16	44	66

5.13.4.2 两栖类

两栖动物物种鉴定主要依据《中国两栖动物图鉴》（费梁等，2020 年）、中国两栖类网站等；两栖类分类系统参照中国科学院昆明动物研究所（2017，<http://www.amphibiachina.org>），地理区划参考《中国动物地理》（张荣祖，2011）；国家重点保护等级参考《国家重点保护野生动物名录》（2021 年）。CITES 附录参考中国 CITES 附录物种数据库（中华人民共和国濒危物种科学委员会，2023）。广东省重点保护等级主要参考《广东省重点保护陆生野生动物名录》（2021 年）。

本次调查在评价区共记录到两栖动物 6 种，隶属 1 目，4 科。

其中蟾蜍科 1 种、蛙科 1 种、树蛙科 1 种、姬蛙科 3 种。

无国家级重点保护野生动物、“三有”动物 2 种。

表 5.13.4-2 评价区两栖类名录

序号	目	科	物种中文名	物种学名	珍稀濒危级别					
					N	P	CITES	CHN	IUCN	三有
1	无尾目	蟾蜍科	黑眶蟾蜍	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>				LC	LC	√
2	无尾	姬蛙	花狭口蛙	<i>Kaloula pulchra</i>				LC	LC	

	目	科							
3	无尾目	姬蛙科	饰纹姬蛙	<i>Microhyla fissipes</i>				LC	LC
4	无尾目	姬蛙科	花姬蛙	<i>Microhyla pulchra</i>				LC	LC
5	无尾目	蛙科	沼水蛙	<i>Hylarana guentheri</i>				LC	LC
6	无尾目	树蛙科	斑腿泛树蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>				LC	LC

珍稀濒危级别：N-国家重点保护，I-国家一级重点保护野生动物、II-国家II级重点保护野生动物；P-广东省重点保护；CITES-濒危野生动植物种贸易公约附录，I-附录I物种、II-附录II物种；CHN-中国生物多样性红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；IUCN-世界自然保护联盟红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；三有-“三有动物”名录。

5.13.4.3 爬行类

物种鉴定参考《中国蛇类（上、下卷）》（赵尔宓，2006）及《广东陆生脊椎动物分布名录》（邹发生等，2016）；爬行类分类系统参照蔡波等（2015）；地理区划参考《中国动物地理》（张荣祖，2011）；国家重点保护等级参考《国家重点保护野生动物名录》（2021年）。CITES 附录参考中国 CITES 附录物种数据库（中华人民共和国濒危物种科学委员会，2023）。广东省重点保护等级主要参考《广东省重点保护陆生野生动物名录》（2021年）。

本次调查在评价区共记录到爬行动物 1 目 6 科 10 种。

评价区记录的 10 种爬行动物中，壁虎科 1 种、鬣蜥科 1 种、石龙子科 3 种、蝾螈科 1 种、眼镜蛇科 2 种、游蛇科 2 种。

CITES 公约附录物种 1 种、中国生物多样性红色名录受威胁物种 2 种，“三有”动物 10 种。

表 5.13.4-3 评价区爬行类名录

序号	目	科	物种中文名	物种学名	珍稀濒危级别					
					N	P	CITES	CHN	IUCN	三有
1	有鳞目	壁虎科	原尾蜥虎	<i>Hemidactylus bowringii</i>				LC	LC	√
2	有鳞目	石龙子科	铜蜓蜥	<i>Sphenomorphus indicus</i>				LC	LC	√
3	有鳞目	石龙子科	股鳞蜓蜥	<i>Sphenomorphus incognitus</i>				LC	LC	√
4	有鳞目	石龙子科	南滑蜥	<i>Scincella reevesii</i>				LC	LC	√

5	有鳞目	鬲蜥科	变色树蜥	<i>Calotes versicolor</i>				LC	LC	√
6	有鳞目	蝮科	白唇竹叶青蛇	<i>Trimeresurus albolabris</i>				LC	LC	√
7	有鳞目	眼镜蛇科	银环蛇	<i>Bungarus multicinctus</i>				VU	VU	√
8	有鳞目	眼镜蛇科	舟山眼镜蛇	<i>Naja atra</i>			II	VU	VU	√
9	有鳞目	游蛇科	台湾小头蛇	<i>Oligodon formosanus</i>				LC	LC	√
10	有鳞目	游蛇科	翠青蛇	<i>Cyclophiops major</i>				LC	LC	√

珍稀濒危级别：N-国家重点保护，I-国家I级重点保护野生动物、II-国家II级重点保护野生动物；P-广东省重点保护；CITES-濒危野生动植物种贸易公约附录，I-附录I物种、II-附录II物种；CHN-中国生物多样性红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；IUCN-世界自然保护联盟红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；三有-“三有动物”名录。

5.13.4.4 鸟类

鸟类分类系统参照《中国鸟类分类与分布名录》（第四版）（郑光美，2023），鉴定参照《中国鸟类观察手册》（刘阳和陈水华，2021）和《中国野外鸟类手册》（马敬能等，2000），鸟类居留型和区系参照《中国动物地理》（张荣祖，2011）。国家重点保护等级参考《国家重点保护野生动物名录》（2021年）。CITES 附录参考中国 CITES 附录物种数据库（中华人民共和国濒危物种科学委员会，2023）。广东省重点保护等级主要参考《广东省重点保护陆生野生动物名录》（2021年）。

评价区调查共记录到鸟类 10 目 28 科 42 种，占广东省已记录鸟类 553 种（邹发生等，2016）的 7.59%，占中国已记录 1507 种（郑光美，2023）的 2.79%。其中记录到鸛鹑目 1 种、鸽形目 1 种、鸛形目 2 种、鹤形目 1 种、鸛形目 2 种、鸛形目 4 种、鹰形目 1 种、佛法僧目 1 种、啄木鸟目 1 种、雀形目 28 种。

国家重点保护动物 2 种，广东省重点保护动物 5 种、CITES 公约附录物种 1 种、“三有”动物 40 种。

表 5134-4 评价区鸟类名录

序号	目	科	物种中文名	物种学名	居留型	珍稀濒危级别					
						N	P	CITES	CHN	IUCN	三有
1	鸛鹑目	鸛鹑科	小鸛鹑	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	R				LC	LC	√
2	佛法僧目	翠鸟科	普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>	R				LC	LC	√
3	鸽形目	鸠鸽科	珠颈斑鸠	<i>Streptopelia chinensis</i>	R				LC	LC	√
4	鹤形目	秧鸡科	黑水鸡	<i>Gallinula</i>	R		√		LC	LC	√

序号	目	科	物种中文名	物种学名	居留型	珍稀濒危级别					
						N	P	CITES	CHN	IUCN	三有
				<i>chloropus</i>							
5	鸻形目	鸻科	白腰草鸻	<i>Tringa ochropus</i>	W				LC	LC	√
6	鸻形目	鸻科	环颈鸻	<i>Charadrius alexandrinus</i>	W				LC	LC	√
7	鸻形目	杜鹃科	褐翅鸦鹃	<i>Centropus sinensis</i>	R	I	I		LC	LC	
8	鸻形目	杜鹃科	噪鹃	<i>Eudynamis scolopaceus</i>	R				LC	LC	√
9	鸻形目	鹭科	白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	R		√		LC	LC	√
10	鸻形目	鹭科	大白鹭	<i>Ardea alba</i>	W		√		LC	LC	√
11	鸻形目	鹭科	池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	R		√		LC	LC	√
12	鸻形目	鹭科	牛背鹭	<i>Eubulcus coromandus</i>	R		√		LC	LC	√
13	鹰形目	鹰科	黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	R	I	I	II	LC	LC	
14	啄木鸟目	拟啄木鸟科	大拟啄木鸟	<i>Psilopogon virens</i>	R				LC	LC	√
15	雀形目	绣眼鸟科	暗绿绣眼鸟	<i>Zosterops japonicus</i>	R				LC	LC	√
16	雀形目	椋鸟科	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	R				LC	LC	√
17	雀形目	椋鸟科	黑领椋鸟	<i>Gracupica nigricollis</i>	R				LC	LC	√
18	雀形目	鸭科	白喉红臀鸭	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	R				LC	LC	√
19	雀形目	鸭科	白头鸭	<i>Pycnonotus sinensis</i>	R				LC	LC	√
20	雀形目	鸭科	红耳鸭	<i>Pycnonotus jocosus</i>	R				LC	LC	√
21	雀形目	鹀科	白鹀	<i>Motacilla alba</i>	R				LC	LC	√
22	雀形目	鹀科	树鹀	<i>Anthus hodgsoni</i>	W				LC	LC	√
23	雀形目	梅花雀科	斑文鸟	<i>Lonchura punctulata</i>	R				LC	LC	√
24	雀形目	鹀科	北红尾鹀	<i>Phoenicurus auroreus</i>	W				LC	LC	√
25	雀形目	鹀科	北灰鹀	<i>Muscicapa dauurica</i>	W				LC	LC	√
26	雀形目	鹀科	东亚石鹀	<i>Saxicola stejnegeri</i>	W				LC	NR	√
27	雀形目	鹀科	鹀	<i>Copsychus saularis</i>	R				LC	LC	√
28	雀形目	鹀科	乌鹀	<i>Turdus mandarinus</i>	R				LC	LC	√
29	雀形目	扇尾莺科	黄腹山鹀	<i>Prinia flaviventris</i>	R				LC	LC	√
30	雀形目	山雀科	大山雀	<i>Parus cinereus</i>	R				LC	NR	√
31	雀形目	柳莺科	褐柳莺	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	W				LC	LC	√

序号	目	科	物种中文名	物种学名	居留型	珍稀濒危级别					
						N	P	CITES	CHN	IUCN	三有
32	雀形目	柳莺科	黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>	W				LC	LC	√
33	雀形目	卷尾科	黑卷尾	<i>Dicrurus macrocerus</i>	R				LC	LC	√
34	雀形目	噪鹛科	黑脸噪鹛	<i>Garrulax perspicillatus</i>	R				LC	LC	√
35	雀形目	林鹀科	红头穗鹀	<i>Cyanoderma ruficeps</i>	R				LC	LC	√
36	雀形目	鸫科	红嘴蓝鸫	<i>Urocissa erythroryncha</i>	R				LC	LC	√
37	雀形目	燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	S				LC	LC	√
38	雀形目	燕雀科	金翅雀	<i>Chloris sinica</i>	R				LC	LC	√
39	雀形目	雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	R				LC	LC	√
40	雀形目	树莺科	强脚树莺	<i>Horornis fortipes</i>	R				LC	LC	√
41	雀形目	扇尾莺科	长尾缝叶莺	<i>Orthotomus sutorius</i>	R				LC	LC	√
42	雀形目	伯劳科	棕背伯劳	<i>Lanius schach</i>	R				LC	LC	√

珍稀濒危级别：N-国家重点保护，I-国家I级重点保护野生动物、II-国家II级重点保护野生动物；P-广东省重点保护；CITES-濒危野生动植物种贸易公约附录，I-附录I物种、II-附录II物种；CHN-中国生物多样性红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；IUCN-世界自然保护联盟红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；三有-“三有动物”名录。

5.13.4.5 兽类

哺乳类分类系统参照《中国哺乳动物多样性及地理分布》（蒋志刚，2015），动物地理区划主要参考《中国动物地理》（张荣祖，2011）。国家重点保护等级参考《国家重点保护野生动物名录》（2021年）。CITES 附录参考中国 CITES 附录物种数据库（中华人民共和国濒危物种科学委员会,2023）。广东省重点保护等级主要参考《广东省重点保护陆生野生动物名录》（2021年）。

评价区调查共记录到哺乳类 4 目 6 科 8 种，占广东省已记录 144 种（邹发生等，2016）的 5.56%，占中国已记录 693 种（蒋志刚，2017）的 1.15%。

松鼠科 1 种、鼠科 3 种、鼯鼯科 1 种、狐蝠科 1 种、蝙蝠科 1 种、鼬科 1 种。

“三有”动物 2 种。

表 5.13.4-5 评价区兽类名录

序号	目	科	物种中文名	物种学名	珍稀濒危级别					
					N	P	CITES	CHN	IUCN	三有
1	劳亚食虫目	鼯鼯科	臭鼯	<i>Suncus murinus</i>				LC	LC	

2	翼手目	狐蝠科	犬蝠	<i>Cynopterus sphinx</i>				NT	LC	
3	翼手目	蝙蝠科	东亚伏翼	<i>Pipistrellus abramus</i>				LC	LC	
4	食肉目	鼬科	鼬獾	<i>Melogale moschata</i>				NT	LC	√
5	啮齿目	松鼠科	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus</i>				LC	LC	√
6	啮齿目	鼠科	褐家鼠	<i>Rattus norvegicus</i>				LC	LC	
7	啮齿目	鼠科	黄胸鼠	<i>Rattus tanezum</i>				LC	LC	
8	啮齿目	鼠科	板齿鼠	<i>Bandicota indica</i>				LC	LC	

珍稀濒危级别：N-国家重点保护，I-国家I级重点保护野生动物、II-国家II级重点保护野生动物；P-广东省重点保护；CITES-濒危野生动植物种贸易公约附录，I-附录I物种、II-附录II物种；CHN-中国生物多样性红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；IUCN-世界自然保护联盟红色名录，VU-易危、EN-濒危、CR-极危；三有-“三有动物”名录。

5.13.4.6 鱼类

采用传统采样方法（刺网捕捞、抄网等）进行调查，并以走访调查为主，主要询问附近村民关于河流的鱼类资源情况。

根据调查获得的鱼类数据，对鱼类群落进行划分，可分为以下三个方面：（1）依据生态习性的差异，可将生态类型划分为洄游性（migratory，M）、半洄游（semi-migratory，SM）和定居性（sedentary，S）3种，半洄游是指鱼类因繁殖育幼等原因，在江河中从一种类型的水体到另一种类型的水体移栖，或江河上下游之间运动的生态类型；（2）按食性（营养结构）的差异，可划分为滤食性（filter-feeder，F）、植食性（herbivore，H）、杂食性（omnivore，O）和肉食性（carnivore，C）4种；（3）按栖息习性的差异，可分为中上层（mid and superstratum，1）、中下层（mid and substratum，2）和底栖（benthic，3）3种。

共调查鱼类 14 种，分别为高体鲮（*Rhodeus ocellatus*）、鲮（*Hemiculter leucisculus*）、鲮（*Cirrhinus molitorella*）、广东鲮（*Megalobramater minalis*）、鳙（*Hypophthalmichthys nobilis*）、青鱼（*Mylopharyngodon piceus*）、鲢（*Hypophthalmichthys molitrix*）、草鱼（*Ctenopharyngodon idellus*）、鲤（*Cyprinus carpio*）、鲫（*Carassius auratus*）、齐氏罗非鱼（*Tilapia zillii*）、斑鳊（*Channa maculata*）、乌鳢（*Channa argus*）黄颡鱼（*Pelteobagrus fulvidraco*）。其中杂食性鱼类有 7 种，占有所有鱼类种类的 50.00%；滤食性和植食性鱼类各 2 种，分别占鱼类总种数的 14.29%；肉食性鱼类 3 种，占鱼类总种数的 21.43%；就食性而言，虽然调查到的物种种类较少，但鱼类食性结构组成也算较为完整，包括了不同食性的种类，食物网结构合理；从生态习性来看，水库鱼类生态习性以定居性鱼类

(10 种) 为主, 占鱼类总种数的 71.43%; 其次是半洄游性鱼类, 为 4 种, 占鱼类总种数的 28.57%, 本次调查未调查到洄游性鱼类; 从栖息习性上看, 水库栖息习性以中下层鱼类为最多, 共有 6 种, 占鱼类总种数的 42.86%; 底栖鱼类有 5 种, 占鱼类总种数的 35.71%; 中上层鱼类 3 种, 占鱼类总种数的 21.43%; 总体上看, 不同生境的鱼类分布较为均匀, 具有平衡的群落结构, 有利于维持水库生态系统的动态平衡。

表 5.13.4-6 评价区鱼类名录

分类地位	食性	生态习性	栖息习性
I 鲤形目 CYPRINIFORMES			
(一) 鲤科 Cyprinidae			
1 高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	O	S	2
2 鳊 <i>Hemiculter leuciscus</i>	O	S	1
3 鲮 <i>Cirrhinus molitorella</i>	H	S	3
4 广东鲂 <i>Megalobrama minalis</i>	O	SM	2
5 鲮 <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	F	SM	1
6 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	C	SM	3
7 鲮 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	F	SM	1
8 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	H	S	2
9 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	O	S	2
10 鲫 <i>Carassius auratus</i>	O	S	2
II 鲈形目 PERCIFORMES			
(二) 丽鱼科 Cichidae			
11 齐氏罗非鱼 <i>Tilapia zillii</i> △	O	S	2
(三) 鳊科 Channidae			
12 斑鳊 <i>Channa maculata</i>	C	S	3
13 乌鳢 <i>Channa argus</i>	C	S	3
III 鲇形目 SILURIFORMES			
(四) 鲇科 Bagridae			
14 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	O	S	3

注: 表中 F、C、O、H 分别滤食性、肉食性、杂食性和植食性鱼类; SM、M、S 分别代表半洄游性、洄游性和定居性鱼类; 1、2、3 分别代表中上层、中下层和底栖鱼类; △表示该物种为入侵物种。

5.13.4.7 珍稀濒危保护野生动物

项目评价区共记录到国家重点保护野生动物 2 种: 褐翅鸦鹃和黑鸢; 广东省重点保护野生动物 5 种: 黑水鸡、白鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭; CITES 公约附录II野生动物 2 种: 舟山眼镜蛇和黑鸢; 中国生物多样性红色名录收录受威胁野生动物 2 种: 银环蛇、舟山眼镜蛇; “三有”动物 54 种。

图 5.13.4-1 评价区重点保护及珍稀濒危动物分布图

5.13.5 土地资源调查

5.13.5.1 土地资源数量

陆上集控中心永久用地 4.34hm^2 ，用地性质为农用地，已取得广东省人民政府同意转位建设用地并办理征地手续，用地现状为林地，土地利用现状类型均为乔木林地，占用植被类型为乔木林，使用林地已取得广东省林业局同意，同时办理了林木采伐许可证。

本项目施工期临时场地用地 400m^2 ，陆上电缆长 853m ，其中直埋段施工长度约 224m ，定向钻施工长度约 629m ，施工扰动范围按电缆两侧 4m 范围内考虑，则电缆施工临时用地 3412m^2 。

5.13.5.2 土地利用类型

评价区总面积为 464.613hm^2 。其中，乔木林地面积最大，为 263.61hm^2 ，占评价区总面积的 56.74% ；水田面积为 37.04hm^2 ，占 7.97% ；坑塘水面面积为 34.70hm^2 ，占 7.47% ；海洋面积为 29.23hm^2 ，占 6.29% ；沿海滩涂面积为 20.26hm^2 ，占 4.36% ；建制镇面积为 13.73hm^2 ，占 2.96% ；裸岩石砾地面积为 11.50hm^2 ，占 2.48% ；河流水面面积为 10.95hm^2 ，占 2.36% ；果园面积为 8.08hm^2 ，占 1.74% ；公路用地面积为 6.88hm^2 ，占 1.48% ；村庄面积为 6.07hm^2 ，占 1.31% ；灌木林地面积为 6.07hm^2 ，占 1.31% 。此外，采矿用地面积为 3.09hm^2 ，占 0.67% ；农村道路面积为 2.99hm^2 ，占 0.64% ；其他林地面积为 2.69hm^2 ，占 0.58% ；沟渠面积为 1.87hm^2 ，占 0.40% ；风景名胜及特殊用地面积为 1.25hm^2 ，占 0.27% ；水浇地面积为 1.17hm^2 ，占 0.25% ；其他草地面积为 0.93hm^2 ，占 0.20% ；竹林地面积为 0.79hm^2 ，占 0.17% ；其他园地面积为 0.66hm^2 ，占 0.14% ；设施农用地面积为 0.55hm^2 ，占 0.12% ；建制镇独立工业用地面积为 0.24hm^2 ，占 0.05% ；村庄独立工业用地面积为 0.23hm^2 ，占 0.05% ；水工建筑用地面积为 0.04hm^2 ，占 0.01% 。对于曹峰山自然保护区，工程无占地情况。

表 5.13.5-1 评价区土地利用现状

地类	面积 (hm^2)	占比 (%)
乔木林地	263.603	56.74
建制镇	13.73	2.96
水田	37.04	7.97
坑塘水面	34.70	7.47
海洋	29.23	6.29
沿海滩涂	20.26	4.36

裸岩石砾地	11.50	2.48
河流水面	10.95	2.36
公路用地	6.88	1.48
果园	8.08	1.74
村庄	6.07	1.31
灌木林地	6.07	1.31
沟渠	1.87	0.40
农村道路	2.99	0.64
其他林地	2.69	0.58
采矿用地	3.09	0.67
其他园地	0.66	0.14
风景名胜及特殊用地	1.25	0.27
水浇地	1.17	0.25
其他草地	0.93	0.20
设施农用地	0.55	0.12
水工建筑用地	0.04	0.01
竹林地	0.79	0.17
村庄独立工业用地	0.23	0.05
建制镇独立工业用地	0.24	0.05
合计	464.613	100

图 5.13.5-1 评价区土地利用现状图

5.13.6 生态系统现状调查

5.13.6.1 生态系统类型

生态系统现状调查包括生态系统类型及保护现状的调查，在 Arcgis10 软件中进行生态系统类型的分析与统计；生态系统保护现状采用现场调查、文献查阅相结合的方法。

根据对评价区土地利用现状的分析，结合动植物分布和生物量的调查，参照《全国生态状况调查评估技术规范——生态系统遥感解译与野外核查》（HJ-1166-2021）对生态系统类型的划分，对评价范围的生态环境进行生态系统划分。可分为森林生态系统、灌草生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统以及其他生态系统。根据遥感解译数据，评价范围内各生态系统面积见表 5.13.6-1。评价范围内以森林生态系统为主，面积为 264.86 hm^2 ，占比为 57.01%，其次为湿地生态系统，面积为 97.01 hm^2 ，占比为 20.88%，农田生态系统次之，面积为 47.92 hm^2 ，占比 10.31%，其它生态系统面积比例最小，面积为 11.50 hm^2 ，占比仅为 2.48%，主要为裸岩石砾地。

表 5.13.6-1 评价区生态系统统计表

生态系统分类	评价范围	
	面积 (hm ²)	比例 (%)
森林生态系统	264.86	57.01
灌草生态系统	8.80	1.89
湿地生态系统	97.01	20.88
农田生态系统	47.923	10.31
城镇生态系统	34.52	7.43
其他	11.50	2.48
合计	464.613	100

图 5.13.6-1 评价区生态系统分布图

5.13.6.2 生态系统结构与功能

1、森林生态系统

评价范围森林生态系统总面积 264.86 hm²，占评价范围总面积的 57.01%。评价范围人为干扰频繁，森林生态系统内植被以次生林和人工林为主，其中针叶林主要为暖性常绿针叶林，常见的群系有马尾松林、湿地松林等，阔叶林主要有常绿阔叶林，常见群系为大头茶林、相思林等，针阔混交林常见的群系有马尾松+大头茶林。此外，评价范围还有少量灌草丛分布，常见的群系有喙荚鹰叶刺灌丛、露兜树灌草丛及类芦灌草丛等。人工林是评价范围森林生态系统的重要组成部分，广泛遍布于整个区域，且面积较大，常见的群系有桉树林、相思林、马尾松林等。评价范围森林生态系统乔木层郁闭度较高，群落物种多样性丰富，是各种动物的好避难所，也是野生动物的主要活动场所，如树栖型两栖类、灌丛石隙型爬行动物，鸣禽、攀禽、猛禽等鸟类及哺乳类等。森林生态系统与其它生态系统相比，具有更加复杂的空间结构和营养链式结构，这有助于提高系统自身调节适应能力。森林生态系统对于维持区内水循环的稳定，维持氮、钙、磷等物质循环的稳定也有十分重要的意义。因此，森林是评价范围最重要的生态系统。

2、灌草生态系统

评价范围灌草生态系统总面积 8.80 hm²，占评价范围总面积的 1.89%。该生态系统零星分布于山体林缘、路边，主要种类有喙荚鹰叶刺灌丛、露兜树灌草丛及类芦灌草丛等。灌丛生态系统是评价范围生物量和生产力相对较低的生态系统，对区内生态系统的稳定也有重要作用。由于灌丛生态系统的结构特征，成为了众多鸟类（如雀形目的斑文鸟、黄腹山鹧鸪等）

3、湿地生态系统

评价范围湿地生态系统总面积 97.01hm²，占评价范围总面积的 20.88%。湿地生态系统是鱼类、两栖类和水鸟类的重要栖息地，在区内生态系统水循环中的作用也是别的生态系统无法替代的。其植被类型以水生维管束植物构成的草丛为主，是多种两栖类、爬行类及游禽、涉禽等水鸟的重要栖息场所。评价范围湿地生态系统具有较高的连通性，其连通性对于维持河流生态系统正常的生态功能有着重要的意义。

4、农田生态系统

评价范围农田生态系统总面积 47.92 hm²，占评价范围总面积的 10.31%，广泛分布。该生态系统是区内人工引进的种植拼块，属于农业生产活动中心，以输出农副产品为主要功能的区域，农作物有水稻、花生，兼种甘薯、豆类等。由于农业生态系统距离居民区较近而易受人为干扰，区域植被类型较为单一，植物种类较少，因此农田生态系统中动物种类较少。两栖类主要有黑眶蟾蜍、沼水蛙；爬行类主要有变色树蜥、南滑蜥等；鸟类主要有鹧鸪、红耳鹎等；哺乳类主要有褐家鼠、臭鼩等。农业生态系统的主要生态功能体现在农产品及副产品生产，包括为人们提供农产品，为现代工业提供加工原料，以及提供生物生源等。此外，农业生态系统也具有大气调节、环境净化、土壤保持、养分循环、水分调节、传粉播种、病虫害控制、生物多样性及基因资源等功能。

5、城镇生态系统

城镇生态系统类型主要包括村落、道路等。评价范围城镇生态系统总面积 34.52 hm²，占评价范围总面积的 7.43%。该生态系统为人工引进拼块中的聚居地，属人工形成的景观，大多沿河流分布于自然环境条件相对较好，有饮用水源，交通便利的地方，通过公路网形成城镇生态系统，以人的生活、生产活动为中心，拥有大量人工建筑物，原生性的自然环境已经不复存在。该生态系统的结构较为单一，受人为干扰严重，生态系统中与人类伴居的动物多活动于此，如麻雀、喜鹊和各种鼠类等。

6、其它生态系统

评价范围内其它生态系统为裸岩石砾地，总面积 11.50 hm²，占评价范围总面积的 2.48%。

5.13.7 评价区现状生态资源综合评价

评价区所在区域主要位于村镇区，人为活动和人工干扰较强，土地利用方式、植物多样性和植被类型、野生动物多样性和栖息地等受到人工干扰的程度较强。评价区的生态现状表现出：自然环境质量一般、人与自然和谐相处、生态资源人工干预较强的生态特征。

评价区的林地大部分为森林植被所覆盖，其次为湿地和农田。土地利用表现出如下特征：土地利用率高，土地利用方式人工干预强烈，林地的森林覆盖率高，基本无水土流失现象。

评价区记录维管植物 104 科 293 属 370 种。其中国家 II 级重点保护野生植物 2 种（凹叶红豆和绣球茜），广东省级重点保护野生植物 1 种（猪笼草），被《中国生物多样性红色名录》中列为易危（Vulnerable）的物种 2 种。

评价区记录到陆生野生脊椎动物 16 目 44 科 66 种，包括两栖类 1 目 4 科 6 种、爬行类 1 目 6 科 10 种、鸟类 10 目 28 科 42 种、哺乳类 4 目 6 科 8 种。这 66 种陆生野生脊椎动物中，记录到国家重点保护野生动物 2 种：褐翅鸦鹃和黑鸢；广东省重点保护野生动物 5 种：黑水鸡、白鹭、牛背鹭、池鹭、大白鹭；CITES 公约附录 II 野生动物 2 种：舟山眼镜蛇和黑鸢；中国生物多样性红色名录收录受威胁野生动物 2 种：银环蛇、舟山眼镜蛇；“三有”动物 54 种。鱼类 3 目 4 科 14 种，未发现国家重点保护物种。

6 环境影响预测与评价

6.1 项目用海潮流动力环境影响分析

6.1.1 三维水动力数学模型

6.1.1.1 地形数据及风场数据来源

(1) 国家海洋科学数据中心发布的共享水深数据；

(2) 相关海图为：2015 年 3 月出版的 1: 150000 担杆岛至高栏岛（南海海区），图号 84001；2012 年 7 月出版的 1: 150000 上川岛至海陵岛（南海海区），图号 85001；2023 年 8 月出版的 1: 75000 川山群岛附近（高栏列岛至琼州海峡），图号 85101；2018 年 2 月出版的 1: 25000 镇海湾（高栏列岛至琼州海峡），图号 85103；2018 年 2 月出版的 1: 25000 镇海港（高栏列岛至琼州海峡），图号 85104；2024 年 9 月出版的 1: 75000 海陵岛附近（高栏列岛至琼州海峡），图号 86101；

(3) 收集工程周边水域地形测量资料；

(4) 风速资料采用 ECMWF 再分析风场资料。

图 6.1.1-1 工程区模型计算范围地形

6.1.1.2 基本方程

三维水动力数学模型是基于三维不可压缩流，雷诺平均化的 N-S 方程，服从 Boussinesq 假定和静水压力假设，它包括了紊流影响以及密度变化，同时包含了温度平衡方程：

(1) 控制方程

①连续方程

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uD}{\partial x} + \frac{\partial vD}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

②动量方程

$$\frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial uwD}{\partial \sigma} - f_v D + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right]$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x \\
 & \frac{\partial v D}{\partial t} + \frac{\partial uv D}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial vw D}{\partial \sigma} + fu D + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right] \\
 & -\frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_y \\
 & DF_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[2DA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \\
 & DF_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[2DA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \\
 & \sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta}
 \end{aligned}$$

$$z = \eta, \sigma = 0$$

$$z = -H, \sigma = -1$$

其中：

x 、 y 、 z —坐标系三个分量；

D —总水深(m)， $D = H + \eta$ ， H 为平均海平面下水深(m)， η 为平均海平面起算水位(m)；

u — x 方向（东方向）流速（m/s）；

v — y 方向（北方向）流速（m/s）；

w — σ 坐标系流速（m/s），方向为等 σ 线的法线方向，它与三维直角坐标系下垂向流速 W 的关系为：

$$w = W - u \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - v \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) - \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \right)$$

f —科氏参数；

g —重力加速度；

A_H —水平湍流粘滯係數，採用 Smagorinsky 公式計算；

A_M —垂直湍流粘滯係數，由求解雙方程湍動能封閉模型求得；

ρ_0 為參考密度，取 1025kg/m^3 ；

ρ 為海水密度，由海水狀態方程計算。

(2) 溫鹽輸運擴散方程為：

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u \frac{\partial CD}{\partial x} + v \frac{\partial CD}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_M \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_M D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right)$$

其中， C 分別代表溫度或鹽度。 K_M 為水平擴散係數，取 $0.05 A_H$ ， K_v 為垂直擴散係數，由雙方程湍動能封閉模型求得。

(3) 初始條件

初始速度場、水位場(開邊界除外)均為 0。初始溫鹽場採用 HYCOM 溫鹽預報數據，分別插值到對應網格與層次。

(4) 邊界條件

①在自由表面上 ($\sigma = 0$):

$$w(0)=0$$

$$\rho_0 K_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{ax}, \tau_{ay}), \quad \tau_{ax}, \tau_{ay} \text{ 為海表風應力在 } x、y \text{ 方向上的分量。}$$

②在海底 ($\sigma = -1$):

$$w(-1)=0$$

$$\rho_w A_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}), \quad \tau_{bx}, \tau_{by} \text{ 為海底切應力 } x、y \text{ 方向上的分量。}$$

③側邊界條件：

在固邊界上，流的法向分量恒為零， $\vec{V}(x, y, \sigma, t) = 0$ ，無熱、鹽交換。

外海開邊界潮位主要考慮十個分潮，包括四個半日分潮 (M_2 、 S_2 、 N_2 和 K_2)、四個全日分潮 (K_1 、 O_1 、 P_1 和 Q_1) 和兩個淺水分潮 (M_4 、 MS_4)，由

TPXO 全球潮汐模型计算获得开边界中每个网格点的调和常数，并用实测资料对其进行了修正后得到开边界中每个网格点的潮位序列。

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^8 A_i f_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u_0) - \varphi_i)$$

式中， η_0 为平均潮位， A 为分潮振幅， ω 为分潮角速率， f 为交点因子， t 是区时， $(V_0 + u_0)$ 是平衡潮展开分潮的区时初相角， φ 为区时迟角。

温、盐边界条件采用 HYCOM 温盐预报数据，分别插值到对应网格与层次。

④干湿边界

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。

(5) 计算方法

对笛卡尔坐标系下的控制方程的归一化：

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

其中：

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

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

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

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

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：

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

6.1.1.3 模型搭建及地形处理

(1) 模型搭建

水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数分为 5 层，计算三维变量，按稳定性要求 $\Delta t/2 < (\alpha \Delta s)/\sqrt{(gH_{\max})}$ ， $\alpha=1\sim 3$ ，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，糙率 n 取值为 0.001。涡粘系数采用 Smagorinsky 公式确定。

$$A = C \Delta x \Delta y \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中： u, v 分别为 x, y 方向的流速分量(m/s)； Δx 为 x 方向网格尺寸， Δy 为 y 方向网格尺寸； C 为常数，计算时通过输入 C 的值来计算涡粘系数， C 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取模型默认参数为 0.28。

本项目为江门川岛一、二海上风电场项目的集中送出工程，包含海上升压站、海上无功补偿站与 2 回 500kV 送出海底电缆。其中，海上升压站为四桩导管架基础，桩径为 5.5m，根开 53m×48m；海上补偿站为四桩导管架基础，桩径为 4.8m，根开 48m×48m。项目对潮流的影响表现为四桩导管架基础对水流的影响。升压站和补偿站对水流的影响通过拖曳力模拟，拖曳力 F 可表示为：

$$F = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_e V^2$$

其中 ρ_w 是水的密度， C_D 是拖曳系数， A_e 为受潮流影响的桩基基础面积， V 是潮流流速。其中，升压站和补偿站分别考虑四桩导管架基础的阻水作用。参考谢启迪等人在《海上风电场桩基的水动力特性》中的研究，临界雷诺数下的单圆柱绕流的拖曳系数 C_D 约为 1.2。

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。从外海至近岸海域区网格尺寸逐渐减小，其中近岸海域网格尺寸为 50~100m，外海网格尺度约 1km。工程海域附近网格进行局部加密，最小网格尺寸约 20m。模型网格图见图 6.1.1-2。计算时长为 15d，求解积分时间步长 0.01s~30s。

图 6.1.1-2 工程区模型计算网格

6.1.1.4 模型验证

（1）验证资料

本模型验证分别采用《川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 1 月）及《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2024 年 6 月）在项目所在海域布置 3 个潮位站（CDC1、CDC2 和 CDC3 站位）、6 个海流观测站（CDL1~CDL6 站），同步进行潮位与潮流观测数据。本次验证包括潮位验证和潮流验证内容，各观测站位分布见图 4.1.1-5。潮位观测时间为 2024 年 1 月 1 日到 2024 年 1 月 30 日、潮流观测时间为 2024 年 01 月 19 日到 2024 年 01 月 27 日及潮位观测时间为 2024 年 06 月 07 日到

2024 年 07 月 06 日、潮流观测时间为 2024 年 06 月 15 日到 2024 年 06 月 21 日的实测海流数据以对模型参数进行率定和结果验证。

(2) 验证结果

各潮位站潮位以及流速过程验证结果见下图。验证结果表明：潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，所建立的工程范围海域潮流数学模型合理可信，基本反映了项目所在海域整体的潮流运动规律；工程海域潮流点的计算流速、流向和实测值吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，潮位绝对误差在 0.1m 以内（平均误差在 0.06~0.09m），流速值的相对误差大部分在 10%以内（平均误差在 4.5%~9.5%），流向值的相对误差大部分在 15°以内（平均误差在 5°~12°）表明所建模型能够反映项目所在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。

潮位验证结果见图 6.1.1-6~图 6.1.1-7。

图 6.1.1-3 验证站位分布图

图 6.1.1-4 潮位验证（CDC1~CDC3 为 2024 年 1 月潮位）

图 6.1.1-5 潮位验证（CDC1~CDC3 为 2024 年 6 月潮位）

②潮流验证

潮流验证结果见图 6.1.1-6~图 6.1.1-7。

表层验证成果

中层验证成果

底层验证成果

图 6.1.1-6 CDL1~CDL6 潮流站实测值与计算值对比（流速、流向）
（2024 年 1 月）

表层验证成果

中层验证成果

底层验证成果

图 6.1.1-7 CDL1~CDL6 潮流站实测值与计算值对比（流速、流向）

(2024年6月)

6.1.2 工程前潮流动力环境分析

6.1.2.1 2024年1月

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的潮流场。图 6.1.2-1、图 6.1.2-2 为计算域涨急和落急流场图。

模拟结果显示，本项目附近海域潮流呈往复流，由于冬季受东北季风的影响，外海涨潮流整体上从 E 向 NW，涨潮流表底层流向基本一致，涨急流速为 0.2~0.4m/s；外海落潮流整体上从 NW 向 E 落潮流表底层流向基本一致，落急流速为 0.1~0.2m/s。总体上，表层流速略大于底层流速。

图 6.1.2-1a 工程前涨急流场图（表层）

图 6.1.2-1b 工程前涨急流场图（中层）

图 6.1.2-1c 工程前涨急流场图（底层）

图 6.1.2-2a 工程前落急流场图（表层）

图 6.1.2-2b 工程前落急流场图（中层）

图 6.1.2-2c 工程前落急流场图（底层）

6.1.2.2 2024年6月

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的潮流场。图 6.1.2-3、图 6.1.2-4 为计算域涨急和落急流场图。

模拟结果显示，本项目附近海域潮流呈往复流，由于夏季受西南季风的影响，外海涨潮流整体上从 SSW 向 NE，涨潮流表底层流向基本一致，涨急流速为 0.1~0.2m/s；外海落潮流整体上从 NW 向 E，落潮流表底层流向基本一致，落急流速为 0.2~0.4m/s。总体上，表层流速略大于底层流速。

图 6.1.2-3a 工程前涨急流场图（表层）

图 6.1.2-3b 工程前涨急流场图（中层）

图 6.1.2-3c 工程前涨急流场图（底层）

图 6.1.2-4a 工程前落急流场图（表层）

图 6.1.2-4b 工程前落急流场图（中层）

图 6.1.2-4c 工程前落急流场图（底层）

6.1.3 工程后潮流动力环境变化

6.1.3.1 2024 年 1 月

本项目涉海工程主要有海底电缆、海上升压站和海上补偿站，海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，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，因此不对潮流动力产生影响。影响潮流主要是海上升压站和海上补偿站。

为了分析工程实施后对附近水域潮流动力环境的影响，在升压站和补偿站附近海域分别布置了 12 个代表点进行定量分析。各代表点具体位置分布见图 6.1.3-1。

图 6.1.3-1a 项目补偿站附近代表点分布示意图

图 6.1.3-1b 项目升压站附近代表点分布示意图

各代表点工程前后大潮的涨急、落急时刻中层流速流向变化结果见表 6.1.3-1 和表 6.1.3-2。工程实施后升压站和补偿站附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于 $-0.013 \sim 0.001 \text{ m/s}$ 之间；大潮涨急流向变化值位于 $-0.752 \sim 0.863^\circ$ 之间；各代表点大潮落急流速变化值位于 $-0.008 \sim 0.001 \text{ m/s}$ 之间，大潮落急流向变化值位于 $-0.583 \sim 0.955^\circ$ 之间；

工程实施前后涨落急流场对比图见图 6.1.3-2~图 6.1.3-5。涨急时刻表现为桩基东西方向（升压站）、东西方向（补偿站）流速减少，落急时刻表现为桩基南北方向（升压站）、西北-东南方向（补偿站）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

表 6.1.3-1 工程后-工程前大潮涨急时刻流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)			流向 ($^\circ$)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.471	0.459	-0.012	266.574	266.530	-0.044

T2	0.470	0.469	-0.001	266.559	267.422	0.863
T3	0.473	0.469	-0.004	266.416	266.394	-0.022
T4	0.469	0.470	0.001	266.474	265.722	-0.752
T5	0.469	0.456	-0.013	266.673	266.631	-0.042
T6	0.470	0.459	-0.011	266.620	266.538	-0.082
T7	0.470	0.462	-0.008	266.520	266.446	-0.074
T8	0.469	0.470	0.001	266.389	266.009	-0.380
T9	0.470	0.466	-0.004	266.403	265.996	-0.407
T10	0.472	0.469	-0.003	266.372	266.508	0.136
T11	0.471	0.468	-0.003	266.423	266.763	0.340
T12	0.469	0.469	0.000	266.519	266.955	0.436
T13	0.224	0.218	-0.006	266.028	265.703	-0.325
T14	0.225	0.226	0.001	266.007	266.444	0.437
T15	0.225	0.223	-0.002	266.005	265.984	-0.021
T16	0.225	0.226	0.001	265.991	265.344	-0.647
T17	0.226	0.221	-0.005	265.917	265.824	-0.093
T18	0.224	0.221	-0.003	265.907	265.919	0.012
T19	0.224	0.225	0.001	265.854	265.535	-0.319
T20	0.225	0.223	-0.002	265.996	265.665	-0.331
T21	0.225	0.223	-0.002	266.047	266.157	0.110
T22	0.225	0.224	-0.001	265.998	266.428	0.430
T23	0.224	0.225	0.001	266.072	266.494	0.422
T24	0.225	0.221	-0.004	265.982	265.927	-0.055

表 6.1.3-2 工程后-工程前大潮落急时刻流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.219	0.216	-0.003	108.860	109.336	0.476
T2	0.219	0.219	0.000	108.678	108.095	-0.583
T3	0.219	0.216	-0.003	108.572	108.359	-0.213
T4	0.217	0.218	0.001	108.769	108.691	-0.078
T5	0.218	0.215	-0.003	108.775	108.570	-0.205
T6	0.219	0.217	-0.002	108.829	108.868	0.039
T7	0.218	0.217	-0.001	108.854	109.291	0.437
T8	0.217	0.218	0.001	108.779	109.017	0.238
T9	0.218	0.210	-0.008	108.712	108.851	0.139
T10	0.219	0.217	-0.002	108.630	108.766	0.136
T11	0.220	0.219	-0.001	108.615	108.491	-0.124
T12	0.219	0.219	0.000	108.602	108.233	-0.369
T13	0.122	0.119	-0.003	159.856	160.811	0.955
T14	0.122	0.121	-0.001	159.741	159.346	-0.395

T15	0.123	0.123	0.000	159.465	158.896	-0.569
T16	0.123	0.119	-0.004	159.674	159.392	-0.282
T17	0.124	0.123	-0.001	159.935	160.255	0.320
T18	0.122	0.120	-0.002	159.841	159.940	0.099
T19	0.122	0.119	-0.003	159.694	159.381	-0.313
T20	0.122	0.118	-0.004	159.533	159.416	-0.117
T21	0.123	0.123	0.000	159.420	158.866	-0.554
T22	0.123	0.123	0.000	159.592	159.141	-0.451
T23	0.122	0.121	-0.001	159.776	159.712	-0.064
T24	0.122	0.121	-0.001	159.748	160.022	0.274

图 6.1.3-2a 工程后-工程前涨急流场对比图（升压站-中层）

图 6.1.3-2b 工程后-工程前涨急流场对比图（补偿站-中层）

图 6.1.3-3a 工程后-工程前落急流场对比图（升压站-中层）

图 6.1.3-3b 工程后-工程前落急流场对比图（补偿站-中层）

图 6.1.3-4a 工程后-工程前涨急流速变化等值线图（升压站-中层）

图 6.1.3-4b 工程后-工程前涨急流速变化等值线图（补偿站-中层）

图 6.1.3-5a 工程后-工程前落急流速变化等值线图（升压站-中层）

图 6.1.3-5b 工程后-工程前落急流速变化等值线图（补偿站-中层）

6.1.3.2 2024 年 6 月

本项目涉海工程主要有海底电缆、海上升压站和海上补偿站，海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，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，因此不对潮流动力产生影响。影响潮流主要是海上升压站和海上补偿站。

各代表点工程前后大潮的涨急、落急时刻中层流速流向变化结果见表 6.1.3-3 和表 6.1.3-4。工程实施后升压站和补偿站附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于 $-0.007 \sim 0.000 \text{ m/s}$ 之间；大潮涨急流向变化值位于 $-0.540 \sim -0.559^\circ$ 之间；各代表点大潮落急流速变化值位于 $-0.012 \sim 0.001 \text{ m/s}$ 之间，大潮落急流向变化值位于 $-0.638 \sim -0.495^\circ$ 之间；

工程实施前后涨落急流场对比图见图 6.1.3-6~图 6.1.3-9。涨急时刻表现为桩基东北-西南方向（升压站）、东北-西南方向（补偿站）流速减少，落急时刻表现为桩基东西方向（升压站）、东西方向（补偿站）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

表 6.1.3-3 工程后-工程前大潮涨急时刻流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.195	0.194	-0.001	57.235	56.767	-0.468
T2	0.195	0.194	-0.001	57.105	57.171	0.066
T3	0.198	0.193	-0.005	57.196	56.917	-0.279
T4	0.197	0.197	0.000	57.107	57.666	0.559
T5	0.194	0.193	-0.001	57.204	56.664	-0.540
T6	0.195	0.194	-0.001	57.244	56.775	-0.469
T7	0.197	0.195	-0.002	57.105	57.384	0.279
T8	0.196	0.195	-0.001	57.120	57.437	0.317
T9	0.196	0.195	-0.001	57.198	57.436	0.238
T10	0.198	0.193	-0.005	57.141	57.218	0.077
T11	0.196	0.189	-0.007	57.225	57.318	0.093
T12	0.194	0.194	0.000	57.259	57.271	0.012
T13	0.183	0.181	-0.002	35.733	35.775	0.042
T14	0.183	0.182	-0.001	35.704	35.482	-0.222
T15	0.183	0.181	-0.002	35.593	35.212	-0.381
T16	0.183	0.183	0.000	35.547	36.102	0.555
T17	0.185	0.184	-0.001	35.692	35.360	-0.332
T18	0.183	0.181	-0.002	35.614	35.542	-0.072
T19	0.183	0.182	-0.001	35.530	35.734	0.204
T20	0.183	0.182	-0.001	35.568	36.019	0.451
T21	0.183	0.181	-0.002	35.691	35.558	-0.133
T22	0.183	0.177	-0.006	35.659	35.924	0.265
T23	0.183	0.182	-0.001	35.647	35.577	-0.070
T24	0.183	0.182	-0.001	35.703	35.470	-0.233

表 6.1.3-4 工程后-工程前大潮落急时刻流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.401	0.396	-0.005	88.009	88.036	0.027
T2	0.401	0.401	0.000	87.901	87.524	-0.377
T3	0.403	0.393	-0.010	87.752	87.740	-0.012
T4	0.400	0.400	0.000	87.834	88.329	0.495

T5	0.399	0.395	-0.004	87.948	87.576	-0.372
T6	0.401	0.398	-0.003	88.033	87.887	-0.146
T7	0.401	0.398	-0.003	87.918	88.283	0.365
T8	0.399	0.399	0.000	87.848	88.218	0.370
T9	0.401	0.389	-0.012	87.870	88.018	0.148
T10	0.402	0.393	-0.009	87.761	87.952	0.191
T11	0.402	0.398	-0.004	87.845	87.952	0.107
T12	0.401	0.402	0.001	87.940	87.610	-0.330
T13	0.224	0.221	-0.003	92.500	91.969	-0.531
T14	0.225	0.226	0.001	92.630	91.992	-0.638
T15	0.225	0.219	-0.006	92.682	92.641	-0.041
T16	0.226	0.226	0.000	92.604	93.061	0.457
T17	0.227	0.226	-0.001	92.554	92.566	0.012
T18	0.224	0.223	-0.001	92.557	92.909	0.352
T19	0.225	0.225	0.000	92.542	92.884	0.342
T20	0.225	0.220	-0.005	92.621	93.037	0.416
T21	0.225	0.220	-0.005	92.699	92.856	0.157
T22	0.225	0.225	0.000	92.685	92.552	-0.133
T23	0.225	0.225	0.000	92.619	92.128	-0.491
T24	0.225	0.223	-0.002	92.596	92.360	-0.236

图 6.1.3-6a 工程后-工程前涨急流场对比图（升压站-中层）

图 6.1.3-6b 工程后-工程前涨急流场对比图（补偿站-中层）

图 6.1.3-7a 工程后-工程前落急流场对比图（升压站-中层）

图 6.1.3-7b 工程后-工程前落急流场对比图（补偿站-中层）

图 6.1.3-8a 工程后-工程前涨急流速变化等值线图（升压站-中层）

图 6.1.3-8b 工程后-工程前涨急流速变化等值线图（补偿站-中层）

图 6.1.3-9a 工程后-工程前落急流速变化等值线图（升压站-中层）

图 6.1.3-9b 工程后-工程前落急流速变化等值线图（补偿站-中层）

6.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

6.2.1 风电场大范围海床冲淤分析

从模型计算结果分析可知，工程建设对流态的影响主要在工程附近海域，对远

处海域流态影响较小。因此可初步认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，而工程远区冲淤影响较小。为进一步确定工程实施对周围海域冲淤变化的影响，采用由动力场变化引起的半经验半理论公式进行冲淤估算。

本工程完成后会造成附近海域水力条件的改变，进而造成不同部位的冲刷和淤积。根据工程区的波浪条件、水深情况和起步工程的平面布置特点，工程实施后导致项目附近的淤积应主要是悬沙落淤造成。

由于泥沙问题的复杂性，本工程实施后淤积预报是主管和设计部门非常关注的问题。预报的准确程度将主要取决于两点，一是研究单位对工程海区水文泥沙资料的占有量和对同类型项目泥沙淤积掌握的广度和经验；二是淤积量预报公式的正确选取及其计算参数的正确确定。

本报告采用选取泥沙研究工作经常采用的公式对工程方案实施后附近水域底床的淤积情况进行计算：

$$P = \frac{\alpha \omega S_s T}{\gamma_d} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{2m} \right]$$

式中：P——年平均淤积强度（m）；

α ——沉降几率，取 0.67；

ω ——泥沙沉降速度（cm/s），冬季根据测区大潮悬沙中值粒径变化范围在 $6.88\mu\text{m} \sim 7.42\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.09\mu\text{m}$ （ 0.00709mm ）；夏季根据测区大潮悬沙中值粒径变化范围在 $6.73\mu\text{m} \sim 7.03\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $6.85\mu\text{m}$ （ 0.00685mm ）。根据文献（淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，刘家驹，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 $0.0004 \sim 0.0005\text{m/s}$ 沉降，因此沉速取 0.0005m/s （ 0.05cm/s ）；

S_s ——为水体平均悬沙含量，根据工程附近悬沙调查结果，冬季平均含沙量为 0.009kg/m^3 、夏季平均含沙量为 0.007kg/m^3 ；

T——泥沙沉降时间，按一年的总秒数计；

γ_d ——淤积物的干容重，冬季根据测区大潮悬沙中值粒径平均值为 $7.09\mu\text{m}$ ；夏季根据测区大潮悬沙中值粒径平均值为 $6.85\mu\text{m}$ 。根据经验公式

$\gamma_c = 1750 D_{50}^{0.183}$ ，冬季取 γ_c 为 707.5kg/m^3 、夏季取 γ_c 为 703.0kg/m^3 ；

v_1, v_2 ——分别为数值计算工程前、工程后全潮平均流速，单位为 m/s ，

m ——根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1。

6.2.1.1 2024 年 1 月

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 $0.005\text{m/a} \sim 0.01\text{m/a}$ 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

基于水动力结果计算了工程实施前后附近水域年冲淤变化，工程实施后附近海域年冲淤变化图见图 6.2.1-1。（+表示淤积，-表示冲刷）

图 6.2.1-1a 升压站附近工程实施后附近海域年冲淤变化图

图 6.2.1-1b 补偿站附近工程实施后附近海域年冲淤变化图

6.2.1.2 2024 年 6 月

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 0.005m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

基于水动力结果计算了工程实施前后附近水域年冲淤变化，工程实施后附近海域年冲淤变化图见图 6.2.1-2。（+表示淤积，-表示冲刷）

图 6.2.1-2a 升压站附近工程实施后附近海域年冲淤变化图

图 6.2.1-2b 补偿站附近后工程实施后附近海域年冲淤变化图

6.2.2 风机桩基础附近局部冲刷影响分析

风电场建设后，风电场大范围的潮流动力几乎没有变化，风电场大范围地形地貌及冲淤环境也不会发生明显变化。但具体到风机桩基础，可能发生局部冲淤。

影响桩基最大可能局部冲刷的因素主要有以下几方面：波浪在传递过程中引起的水质点的运动，是造成桩基冲刷的主要动力；潮流流速大小直接影响水流对泥沙的搬运能力；桩径的大小和桩基与海面垂直方向上的夹角大小，对最大冲刷深度也有一定的影响；此外，最大可能冲刷深度与水深增加不完全呈单调增大趋势，与泥沙粒径减小也不完全呈增大趋势。总而言之，风电机组桩基改变了海底局部水沙环境，造成比自然状态更为复杂的冲刷趋势。判别局部冲刷深度的方法有数值分析法、物理模型实验法和经验公式法等。在众多方法中，经验公式法主要依据广泛的实测资料根据数理分析方法建立的计算公式，具有一定的可靠性，同时因其公式比较简单直观，在工程设计前期应用较广。自 20 世纪 60 年代以来从桩基的冲刷机理可看出，桩基局部最大冲刷深度涉及水动力、底质、桩径等多种因素，各国学者通过现场观察和室内试验先后对冲刷深度进行研究，提出许多根据试验数据提炼出的经验公式，如 Shen,H.W.等提出的经验模式、贝斯金模式、全苏水科院模式、天津大学模式、韩海骞公式、王汝凯公式等。本报告采用韩海骞公式计算本项目升压站、补偿站桩径的最大可能冲刷深度值，韩海骞通过物理模型试验，得到实测数据，并通过量纲分析得到在潮流作用下桩墩局部冲刷深度计算公式：

$$\frac{h_b}{h} = 17.4k_1k_2\left(\frac{B}{h}\right)^{0.326}\left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{0.167}F_r^{0.628}$$

式中： h_b 为潮流作用下桩墩最大局部冲刷深度（m）； h 为全潮最大水深（m）； B 为最大水深条件下平均阻水宽度（m）； d_{50} 为海床泥沙的中值粒径（m）； F_r 为 Froud 参数， $F_r = u/(gh)^{0.5}$ ， u 为全潮最大流速（m/s）； k_1 为基础桩平面布置系数，条形取 1.0，梅花形取 0.862； k_2 为基础桩垂直布置系数，直桩取 1.0，斜桩取 1.176。

相关结果见表 6.2.2-1，上述经验公式计算结果仅供设计参考，建议下阶段开展桩基局部冲刷专题研究，为桩基基础设计提供合理数据。另外，建议在工程建设

期间及工程建成后，对风机基础局部冲刷情况加强监测，及时采取防护措施。

表 6.2.2-1 工程桩基最大可能局部冲刷深度

参数	升压站	补偿站
水深 (m)	47	38
最大流速(m/s)	0.25	0.4
泥沙中值粒径 (mm)	0.0738	0.0274
桩径 (m)	5.5	4.8
最大可能局部冲刷深度 (m)	2.66	2.78
最大可能局部冲刷直径 (m)	14.72	14.44

6.3 对水质环境的影响分析

本工程施工对水质影响主要考虑电缆敷设施工过程中所产生的源强。当采用船舶进行电缆敷设施工时，在电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。

6.3.1 基本方程

项目施工期带来的悬浮物输运扩散对水质环境的影响采用悬浮物扩散方程进行预测。Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w_f \frac{\partial C}{\partial \sigma} = K_M \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + K_M \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + D S_c$$

其中：C 为水体悬沙含量，Sc 为输入源强，wf 为泥沙有效沉速，wf = w - ws，ws 为泥沙静水中沉速。KM 为水平扩散系数，采用欧拉公式

$$K_{MX} = 5.93 \sqrt{g H |\mu|} / C_z \quad K_{MY} = 5.93 \sqrt{g H |\nu|} / C_z$$

Cz 为 chezy 系数。Kv 为垂直扩散系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

岸界边界条件：

侧开边界的边界条件：

$$\text{入流时 } C|_{\Gamma} = P_0 ;$$

Γ 为水边界，P0 为边界上浓度，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取 P0 = 0。

出流时 $\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0$ U_n 为边界法向流速；

自由表面上： $w_f C + K_v \frac{\partial C}{\partial z} = 0$

$$\text{海底床面: } -K_v \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M(\frac{v^2}{v_e^2} - 1) & v \geq v_e \\ 0 & v_d < v < v_e \\ w_{fb} C_b (\frac{v^2}{v_d^2} - 1) & v \leq v_d \end{cases}$$

式中： M 为冲刷系数，取曹祖德实验参数， $M=6.4 \times 10^{-3}$ ； w_{fb} 为近底层泥沙有效沉速， $w_{fb}=w_s-w$ ， w_s 为泥水静水沉速， $w_{fb} \times C_b$ 为悬沙垂直沉降通量， $K_v \frac{\partial C}{\partial z}$ 为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量； V 为底层流速， V_d 为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速， V_e 为床面泥沙悬扬临界流速。

(2) 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 $\Delta t=30s$ 。

③泥沙沉降速度

根据文献〈淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，刘家驹，2012年〉，对于粒径小于 0.03mm 的泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降。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，采用张瑞瑾通用泥沙沉速公式计算，

$$w = \sqrt{(13.95 \frac{v}{D})^2 + 1.09 \alpha g D} - 13.95 \frac{v}{D}$$

其中， v 为水运动粘滞系数，取值 0.01146cm²/s； D 为泥沙粒径； α 为重率系数，取 1.7。根据实测资料，项目所在区域的泥沙平均中值粒径约为 0.035mm，沉速取 0.07cm/s。

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； ω 为泥沙沉速， σ 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。

6.3.2 源强及预测情景设定

6.3.2.1 源强

本工程悬沙源强主要考虑海缆铺设施工悬沙源强，项目近岸段、中间段和靠近风电场段的源强根据前文 3.7.1.1 节计算可知，结果如下：

近岸段

①电缆施工的悬浮物源强为 12.34kg/s。

②中间段

电缆施工的悬浮物源强为 19.63kg/s。

③靠近风电场段

电缆施工的悬浮物源强为 17.38kg/s。

6.3.2.2 预测情景设定

本工程施工对水质影响主要考虑电缆敷设施工所产生的悬浮物扩散影响。

采用近似于实际铺缆开沟的方式模拟施工过程悬沙扩散，即沿电缆线逐时逐段释放悬沙源强。根据海底电缆开挖特点，海缆施工时产生的瞬时源强主要存在于底层，模型在模拟计算过程中将源强点布置于距离底床 3m 的位置，以此模拟海缆敷设过程中产生的悬浮泥沙扩散过程。项目海底电缆施工源强点沿海缆走向设置，设置间隔约为 120m，共设置 980 个源强点，每个源强点释放持续时间 0.5 小时。

悬沙源强点位见图 6.3.2-1。

图 6.3.2-1 悬沙源强布置图

6.3.3 模拟结果

本次预测考虑输出每小时的浓度场，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。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“包络浓度场”，其统计结果见表 4.3.3-1。图 4.3.3-1 为冬季模拟期内施工作业悬沙增量包络线浓度场、图 4.3.3-2 为夏季模拟期内施工作业悬沙增量包络线浓度场。

模拟完整的全潮周期（15 天）施工所产生的悬沙输运和扩散，输出每半小时的浓度场，分别统计施工悬沙增量大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的包络线面积（即在 15 天模拟期间内各网格点构成的最高浓度值），项目施工悬沙最大浓度影响统计可见表 4.1.3-1。

6.3.3.1 2024 年 1 月

表层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 3.617 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 1.564 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 0.431 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.237 km²；

次表层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 4.712 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 1.678 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 0.553 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.263 km²；

中层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 8.179 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 2.679 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 0.717 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.282 km²；

次底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 29.646 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 9.010 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 1.584 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.406 km²；

底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 78.347 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 41.515 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 15.959 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 5.435 km²。

垂向平均悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 24.864 km²，大于 20mg/L

包络线面积为 11.289 k m²；大于 50mg/L 包络线面积为 3.849 k m²，大于 100mg/L 包络线面积为 1.325 k m²。

整体而言，施工产生悬浮泥沙扩散的影响范围主要位于底层和次底层。电缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。施工悬沙向周边平均扩散，呈现 500-700m 的污染带，最远到达 1000m。

表 6.3.3-1 海缆施工产生悬沙增量面积(km²)

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	3.617	1.564	0.431	0.237
次表层	4.712	1.678	0.553	0.263
中层	8.179	2.679	0.717	0.282
次底层	29.464	9.010	1.584	0.406
底层	78.347	41.515	15.959	5.435
垂向平均	24.864	11.289	3.849	1.325

图 6.3.3-1a 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（表层）

图 6.3.3-1b 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次表层）

图 6.3.3-1c 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（中层）

图 6.3.3-1d 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次底层）

图 6.3.3-1e 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（底层）

6.3.3.2 2024 年 6 月

表层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 2.907 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 1.088 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 0.489 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.228 k m²；

次表层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 3.572 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 1.344 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 0.562 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.239 km²；

中层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 5.668 km²，大于 20mg/L 包络线面积为 1.994 km²；大于 50mg/L 包络线面积为 0.623 km²，大于 100mg/L 包络线面积为 0.259 km²；

次底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 19.270 km²，大于 20mg/L 包

络线面积为 5.489 km^2 ；大于 50mg/L 包络线面积为 1.086 km^2 ，大于 100mg/L 包络线面积为 0.324 km^2 ；

底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 57.923 km^2 ，大于 20mg/L 包络线面积为 31.817 km^2 ；大于 50mg/L 包络线面积为 12.605 km^2 ，大于 100mg/L 包络线面积为 3.628 km^2 。

垂向平均悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 17.868 km^2 ，大于 20mg/L 包络线面积为 8.346 km^2 ；大于 50mg/L 包络线面积为 3.073 km^2 ，大于 100mg/L 包络线面积为 0.936 km^2 。

整体而言，施工产生悬浮泥沙扩散的影响范围主要位于底层和次底层。电缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。悬沙向周边平均扩散，呈现 $300\text{-}500\text{m}$ 的污染带，最远到达 850m 。

表 6.3.3-2 海缆施工产生悬沙增量面积(km^2)

层次	$>10\text{mg/L}$	$>20\text{mg/L}$	$>50\text{mg/L}$	$>100\text{mg/L}$
表层	2.907	1.088	0.489	0.228
次表层	3.572	1.344	0.562	0.239
中层	5.668	1.994	0.623	0.259
次底层	19.270	5.489	1.086	0.324
底层	57.923	31.817	12.605	3.628
垂向平均	17.868	8.346	3.073	0.936

图 6.3.3-2a 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（表层）

图 6.3.3-2b 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次表层）

图 6.3.3-2c 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（中层）

图 6.3.3-2d 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次底层）

图 6.3.3-2e 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（底层）

6.3.4 施工废水对水质影响分析

船舶工作人员生活污水拟经船舶上的生活污水收集设施收集后交由有处理能力的单位处理；船舶含油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理；施工期无废水排海，对工程海域水质基本无污染影响。

陆上集控中心施工区域拟设置沉淀池，施工废水经沉淀池沉淀后清水回用于洒

水抑尘、汽车清洗等，避免污废水直排到附近海域。陆域施工区域设置移动式公共卫生间，陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至东平镇污水处理厂处理，禁止排放到附近海域。

在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。施工期无废水排海，对工程海域水质基本无污染影响。

施工期产生的施工废水对水环境产生的不利影响较小。

6.3.5 营运期水环境影响预测与评价

海上检修人员生活污水拟经运维船上的生活污水收集设施收集后交由有处理能力的单位处理，不得直接排放入海。运维船舶含油污水上岸交由有处理能力的单位处理，基本不会对海域水质环境造成不利影响。海上升压站和补偿站检修含油污水收集后随检修船回收至岸上交由有能力处理的单位处理，禁止排海。海上升压站和补偿站生活污水收集由运维船运回岸上交由有处理能力的单位处理。

陆上集控中心工作人员的生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后，出水指标应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）的要求后，回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，正常情况下无污水外排。

6.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

6.4.1 施工期海洋沉积物环境影响预测与评价

（1）海上升压站、海补偿站基础施工

根据本次沉积物环境现状调查的结果，送出海缆附近沉积物环境质量状况良好，符合评价海域目标沉积物质量要求。海上升压站基础、海上中间补偿站基础施工建设有少量施工悬沙扩散属于清洁沉积物。不会对附近海域沉积物环境质量造成不利影响，不会产生累积影响。

施工期施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生一定数量的含油废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区域海域沉积物环境质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。

（2）海底电缆敷设

海底电缆埋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。

海底电缆铺设时产生的悬浮沙将沉降覆盖在海底电缆两侧，使原海底沉积物受到一定程度的覆盖和破坏。工程施工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。

6.4.2 营运期海洋沉积物环境影响预测与评价

本项目海底电缆外被层均为聚丙烯纤维，是由丙烯聚合而制得的一种热塑性树脂，具有较高的耐冲击性，机械性质强韧，抗多种有机溶剂和酸碱腐蚀。因此海缆服务期间在路由海域不易发生腐蚀，不会产生反应产物，不会对沉积物环境造成影响。

6.5 海洋生态影响分析

6.5.1 对生物资源的影响分析

本项目主要建设内容为风电场送出海缆敷设、升压站、补偿站等。海缆敷设、升压站、补偿站建设施工用海短时间会内改变附近地表水和海域的底质环境，海缆敷设、升压站、补偿站桩基施工造成水体悬浮物浓度增加，对周边附近地表水和海域生物造成一定影响。项目营运期生活污水、生活垃圾均得到妥善处置，对周边的海洋生态和生物资源不产生影响。本项目对附近海域生态和生物资源的影响主要发生在施工期。

6.5.1.1 项目施工对海洋生态和生物资源的影响

1、海洋生态影响类型和范围的判定

项目建设的生态影响主要发生在施工期，施工期生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要为海缆敷设、升压站、补偿站桩基建设范围之内。

海缆敷设、升压站、补偿站桩基建设将直接破坏底栖生物、潮间带生物生境，掩埋底栖生物、潮间带生物栖息地；间接影响则是由于海缆敷设等致使施工的局部水域悬浮物增加，施工过程带来悬浮物对区域海洋生物造成毒害，以及施工行动的

干扰等。

施工活动直接、间接生态影响判定表见表 6.5.1-1。

表 6.5.1-1 施工直接、间接影响判定表

类型	影响区域	影响原因	恢复可能性	生物表现
直接影响	桩基施工区域、海缆敷设区域	海缆敷设开挖和桩基占用	部分恢复	原有底栖生物、潮间带生物消失，部分可以恢复
间接影响	施工悬沙扩散	透明度降低	可以恢复	海洋生物部分受损

2、对底栖生物、潮间带生物和底栖生物的影响

(1) 影响范围的确定

升压站、补偿站桩基施工及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖及潮间带生境造成直接破坏，进而引起底栖生物的损失。海上升压站、补偿站站及海缆施工造成底栖生境、潮间带生境破坏面积见下表。

表 6.5.1-2 施工期底栖生境、潮间带生境破坏面积一览表

工程名称	直径 (m)	数量/根	生境破坏面积/m ²
升压站基础桩基	5.5	4	95.03
补偿站基础桩基	4.8	4	72.38
工程名称	宽度/m	长度/km	生境破坏面积/m ²
海缆	10*	232.68**	2326800
合计			2326967.41

说明：*考虑海缆管沟开挖及其悬浮物再沉降的边际效应，海底电缆铺设造成底栖生物生境破坏范围按照电缆两侧各 5m 宽计算；

**本工程海缆总长度 232.68km（2 回海底电缆长度分别为 116.329km、116.351km）。

由上表可知，本项目施工造成底栖生物底质生境面积为 2326967.41m²。

(2) 底栖生物的影响

升压站、补偿站基础及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物的损失。

升压站及补偿站桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的。

本项目海底电缆敷设等海上作业施工，改变了底栖生物原有的栖息环境，局部施工海域将彻底改变其底质环境，使得少量活动能力强的底栖生物逃往他处，而大

部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都难以存活。

施工悬浮物等增加将降低海水透明度，透明度降低会使底栖生物正常的生物过程受到影响，一些敏感种会受损、甚至消失，由于悬浮物影响程度及范围均较小，且施工停止后，可以恢复到接近正常水平。

通过分析可以看出，本工程建设对底栖生物栖息环境的彻底破坏，且是永久的、不可恢复的；海底电缆敷设作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境的破坏，施工结束后，随着新的底栖生物等植入而产生新的栖息环境。

3、浮游生物及游泳生物的影响

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆路由沿线较大范围海域的含沙量暂时上升。

海上升压站和海上中间补偿站基础施打产生悬浮泥沙对海洋生物将产生一定的影响，根据分析，柱基础施打会引起周围 100m 半径范围内悬浮泥沙增加 ($>10\text{mg/L}$)。

施工悬浮物使工程附近局部海域混浊度增加，降低了水体的透光率，限制了浮游植物和底栖植物的光合作用率，导致该水域内初级生产力下降。初级生产力的降低将通过食物链影响到整个生态系统的各个环节。透光率的降低还会改变某些靠光线强弱而进行垂直迁移的浮游动物的生活规律。

对部分游泳生物来讲，悬浮物的影响也较为显著。悬浮固体，细微的固体颗粒会粘附在动物的表面，干扰动物的感觉功能；有些粘附甚至引起动物表皮组织溃烂；通过动物的呼吸，悬浮物会阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内消化系统混乱。水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对用于生物和浮游动物产生不利影响。

由于水质浑浊，阳光透射率下降，使得该片水域内的游泳生物迁移到别处。在施工期间，洄游到这里或经过这里产卵的群体，由于产卵场的环境受到干扰而改变正常的洄游路线。在这里栖息、生长的一些地方性种类以及幼体、在浅水区索饵成长的幼鱼幼虾，其正常的分布规律被扰乱，导致部分鱼群改变原有的集群和正常的洄游路线。

施工懸沙濃度增加導致海水水質變差，魚卵和仔稚魚將受到懸浮泥沙的影響而死亡。懸浮泥沙對魚卵的影響很大，水體中若含有過量的懸浮固體，細微顆粒會粘附在魚卵的表面，妨礙魚卵呼吸，不利於魚卵的孵化，從而影響魚類繁殖。據研究，當懸浮固體物質含量大到 1000mg/L 以上，魚類的魚卵能夠存活的時間將很短。

從水環境影響預測結果來看，施工懸沙增量大於 10mg/L（超二類海水水質標準）的夏季垂向平均影響範圍為施工區域附近 24.864km² 內，冬季垂向平均影響範圍為施工區域附近 17.868km² 內，施工期這一範圍內，初級生產力下降，漁業資源受到一定的影響。根據以往同類型工程產生的懸浮物的影響程度來看，懸浮物對水質的影響在工程結束後延續 4~5 個小時可基本消除。因此，施工懸沙對水質的影響屬於短期環境效應，隨著施工作業的結束，水質將逐漸恢復，隨之而來的便是生物的重新植入。

4、對魚類仔魚的影響

懸浮物濃度增加導致海水水質變差，魚卵和仔稚魚將受到懸浮物的影響而死亡。懸浮物對魚卵的影響很大，水體中若含有過量的懸浮固體，細微顆粒會粘附在魚卵的表面，妨礙魚卵呼吸，不利於魚卵的孵化，從而影響魚類繁殖。據研究，當懸浮固體物質含量大到 1000mg/L 以上，魚類的魚卵能夠存活的時間將很短。工程懸浮物對魚卵仔魚影響隨著施工作業結束，影響將逐漸減輕。

5、對漁業生產和漁業資源的影響

1) 施工懸浮泥沙對漁業生產和漁業資源的影響

① 直接導致魚類和其他水生生物死亡

水中大量存在的懸浮物對生物的毒理危害首先表現為堵塞或破壞海洋生物的呼吸器官，嚴重損害鰓部的濾水和呼吸功能，從而造成窒息死亡。室內毒性實驗表明，前鱗鰻幼魚在香港維多利亞港疏浚淤泥懸浮液中的中毒症狀主要為缺氧窒息，鏡檢發現幼魚鰓部不同程度地分布着懸浮微粒從而阻礙其正常呼吸。大顆粒懸浮物在沉降過程中還將直接覆蓋底棲生物，如貝類、甲殼類，尤其是它們的稚幼體。長時期的累積覆蓋影響將導致底棲生物的減產或死亡。懸浮顆粒粘附在動物體表面，也會干擾其正常的生理功能，濾食性游泳動物及魚類會吞食適當粒徑的懸浮顆粒，

造成内部消化系统紊乱。南海水产研究所根据国内外文献资料整理的关于悬浮物对某些水生生物种类的致死浓度和明显影响浓度见表 6.5.1-3。

表 6.5.1-3 悬浮物对海洋生物的致死浓度和明显影响浓度 (mg/L)

种类	成体		幼体	
	致死浓度	明显影响浓度	致死浓度	明显影响浓度
鱼类	52000	500	250	125
虾类	8000	500	400	125
蟹类	9200	4300	700	125
贝类	700	500	250	125

不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关的实验数据，悬浮物质的含量水平为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量水平为 6000mg/L 时，最多能存活一周；含量水平为 300mg/L 时，若每天作短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L，则鱼类能存活 3~4 周。通常认为，悬浮物质的含量在 200mg/L 以下及影响较短时期时，不会导致鱼类直接死亡。但在取土作业点中心区域附近的鱼类，即使高浓度的悬浮物质未能引起死亡，但其鳃部会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。

②对鱼类行为的影响分析

鱼类和其他水生生物较易适应水环境的缓慢变化，对环境的急剧变化敏感。疏浚工程使作业区和附近的水体悬浮物含量增加，水体的浑浊度起了变化，从而导致鱼类和其他游泳动物的行为变化，多数鱼类喜爱清水环境而规避浑浊水域，此外还有作业工程产生的搅动、噪声等干扰因素，施工作业对这些鱼类动物产生“驱赶效应”。繁殖群体的局部产卵通道同样可能受阻，导致产卵亲鱼受到干扰、阻碍，从而产生回避反应。

③对鱼类繁殖（鱼卵仔鱼）的影响分析

水体中过高的和细小的悬浮物颗粒会粘附于鱼卵表面，妨碍鱼卵的呼吸，不利于鱼卵的成活、孵化，从而影响鱼类繁殖。

④减弱海域的饵料基础

水体悬浮颗粒的增加阻碍了光的透射，减弱真光层厚度，影响光合作用，因而使水域的浮游植物量减少、初级生产力下降，以浮游植物为饵料的浮游动物生物量下降，而捕食浮游动物为生的鱼类由于饵料减少，其丰度也会随之下降，掠食鱼类

的大型鱼类又因上一级生产者资源下降寻觅不到食物。水体中悬浮物含量增加，对整个水域食物链的影响是多方面的。

2) 施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场机械、船舶作业产生噪声，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。

由于春夏季是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议施工尽量避开这一季节。因此，本项目施工产生的悬浮物会对渔业资源产生一定的影响，但不会对附近海域重要渔业品种有较大影响，也不会对其三场一通道造成破坏。通过增殖放流等生态补偿措施可以使海洋生物资源得到有效的恢复和保护。

因此，项目施工期和营运期基本上不会对评价海域生物多样性产生影响。

6.5.1.2 海洋生物资源损失估算

参照农业部颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007) (以下简称《规程》) 对本工程生态损失进行评估计算。

1、底栖生物资源损失量估算

海上升压站和海上中间补偿站基础及保护砂被长期占压海域底质，对底栖生物及生态系统造成了长久的影响。桩基、海底电缆的铺设造成底栖生物一次性破坏。参照《规程》，底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中： W_i —第 i 种生物资源受损量，此处为底栖生物资源受损量；

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度，此处为底栖生物平均生物量；

S_i —第 i 种生物占用的水域面积，此处为破坏面积。

计算结果见下表。

表 6.5.1-4 底栖生物直接损失量估算表

工程	破坏性质	破坏面积 (m^2)	底栖生物生物量 (g/m^2)			底栖生物损失量 (t)
			秋季	春季	平均	
海上升压站基础 桩基压占	长久占用底 栖生境	95.03	11.219	15.178	15.83	0.001
海上补偿站基础 桩基压占	长久占用底 栖生境	72.38				0.001
海底电缆敷设	一次性破坏 底栖生境	2326800				30.711

6.5.1.3 浮游生物及渔业资源损失量估算

(1) 计算公式

本工程的施工污染物主要为海缆敷设及升压站和补偿站基础施工产生的悬浮泥沙。升压站、补偿站基础施工（仅需进行 8 根钢管桩打桩）用时为 3 天，则升压站和补偿站基础施工悬浮物浓度增量区域存在时间少于 15 天，根据《规程》界定对海洋生物资源的损害属于一次性损害。

工程海底电缆施工属于移动源，悬沙最大包络线浓度增量区域存在时间均少于 15 天，根据《规程》界定对海洋生物资源的损害属于一次性损害。

根据《规程》，生物资源损害量按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中：Mi——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

Wi——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（以实际影响天数除以 15），单位为个。

Dij——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）；

Sj——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

Kij——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。

海缆施工悬浮物浓度增加（>10mg/L）的范围包含升压站、补偿站基础施工悬浮物浓度增加（>10mg/L）的范围，选用海缆施工悬浮物浓度增加（>10mg/L）的范围计算海洋生物资源损失量。

(2) 取值依据

①污染物浓度增量区面积（Si）和分区总数（n）

根据 6.3 节水质环境影响预测与评价，结合《规程》对污染物超标倍数的分

类，不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积汇总见下表。

表 6.5.1-5 不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积汇总

污染物 i 的超标倍数 B_i	对应的 SS 浓度范围 (mg/L)	夏季和冬季 SS 增量各浓度平均最大包络面积 (km ²)
$B_i \leq 1$ 倍	$10 < B_i \leq 20$	11.5485
$1 < B_i \leq 4$ 倍	$20 < B_i \leq 50$	6.3565
$4 < B_i \leq 9$ 倍	$50 < B_i \leq 100$	2.3305
$B_i > 9$ 倍	$B_i > 100$	1.1305

②生物资源损失率 (K_{ij})

基于《规程》中关于污染物对各类生物损失率的描述，本报告中不同扩散浓度范围内生物损失率取值见下表。

表 6.5.1-6 《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
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注：

1. 污染物 i 的超标倍数 (B_i)，指超出《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。
4. 本表对 pH、溶解氧参数不适用。

表 6.5.1-7 海洋生物损失率取值

污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)				
	鱼卵	仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	5	0.5	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	10	10	5	20	20
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30	30	15	40	40
$B_i \geq 9$ 倍	50	50	20	50	50

③持续周期数 (T) 和计算区超标范围的水层平均厚度

影响周期为海缆铺设施工期，即每个点的海缆铺设是一次性施工，悬沙污染影响周期取 1。悬沙影响范围内平均水深约 34m。

④生物资源密度 (D_{ij})

2023 年秋季和 2024 年春季现状调查的数据统计详见下表。

表 6.5.1-8 春季和秋季调查海洋生物资源统计表

海洋生物类别	单位	2024 年春季	2023 年秋季	两季平均值
浮游植物	ind/m ³	1764254	322200	1043227
浮游动物	mg/m ³	554.791	392.66	473.7255
鱼卵	ind/m ³	1.597	0.599	1.098
仔鱼	ind/m ³	0.813	0.127	0.47
游泳生物	kg/km ²	177.652	261.708	219.68

(3) 海洋生物资源损失量计算结果

①对浮游生物的影响

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆路由沿线较大范围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带来影响。桩基施工和电缆沟开挖会引起海底泥沙再悬浮，海底泥沙中有害物质也会再溶出，从而可能对周围水域的浮游生物产生一定不利的影响。

②对渔业资源的影响

海上升压站和海上中间补偿站桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对开挖区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应 $\leq 10\text{mg/L}$ ，悬浮物浓度增量大于 10mg/L ，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生死亡，在该范围内成鱼可以回避，但幼体由于缺乏足够的游泳能力将出现部分死亡。

同时，上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

表 6.5.1-9 项目施工悬浮泥沙扩散对生物资源损失评估

悬浮物扩散浓度	渔业资源	影响面积/km ²	平均水深/m	资源密度		损失率%	直接损失量	
				密度	单位		损失量	单位
10~20mg/L	浮游植物	11.5485	34	1043227	个/m ³	5	2.05×10^{13}	个
	浮游动物			473.7255	mg/m ³	5	9.30	t
	鱼卵			1.098	粒/m ³	5	2.16×10^7	粒
	仔鱼			0.47	尾/m ³	5	9.23×10^6	尾
	游泳生物			219.68	kg/km ²	0.5	0.01	t
20~50mg/L	浮游植物	6.3565	34	1043227	个/m ³	20	4.51×10^{13}	个
	浮游动物			473.7255	mg/m ³	20	20.48	t
	鱼卵			1.098	粒/m ³	10	2.37×10^7	粒
	仔鱼			0.47	尾/m ³	10	1.02×10^7	尾

悬浮物扩散浓度	渔业资源	影响面积/km ²	平均水深/m	资源密度		损失率%	直接损失量	
				密度	单位		损失量	单位
	游泳生物			219.68	kg/km ²	5	0.07	t
50~100mg/L	浮游植物	2.3305	34	1043227	个/m ³	40	3.31×10 ¹³	个
	浮游动物			473.7255	mg/m ³	40	15.01	t
	鱼卵			1.098	粒/m ³	30	2.61×10 ⁷	粒
	仔鱼			0.47	尾/m ³	30	1.12×10 ⁷	尾
	游泳生物			219.68	kg/km ²	15	0.08	t
>100mg/L	浮游植物	1.1305	34	1043227	个/m ³	50	2.00×10 ¹³	个
	浮游动物			473.7255	mg/m ³	50	9.10	t
	鱼卵			1.098	粒/m ³	50	2.11×10 ⁷	粒
	仔鱼			0.47	尾/m ³	50	9.03E×10 ⁶	尾
	游泳生物			219.68	kg/km ²	20	0.05	t

表 6.5.1-10 项目施工悬浮泥沙扩散对生物直接损失量汇总表

工程	海洋生物种类	直接损失量
悬浮物扩散	浮游植物 (个)	1.19×10 ¹⁴
	浮游动物 (t)	53.89
	鱼卵 (粒)	9.25×10 ⁷
	仔鱼 (尾)	3.97×10 ⁷
	游泳生物 (t)	0.21

因此, 本工程施工期浮游植物的损失量为 1.19×10^{14} 个, 浮游动物的损失量为 53.89t, 鱼卵的损失量 9.25×10^7 粒, 仔稚鱼的损失量为 3.97×10^7 尾, 游泳生物的损失量为 0.21t。

6.5.1.4 海洋生态环境自查表

海洋生态环境自查表详见附表一。

6.5.2 水文动力和冲淤环境变化对生态环境的影响分析

6.5.2.1 水文动力变化影响分析

根据上午 6.1.3 节分析, 本项目实施后周边海域水文动力变化主要如下:

一、冬季工况:

工程实施后升压站和补偿站附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于 -0.013~0.001m/s 之间; 大潮涨急流向变化值位于 -0.752~0.863° 之间; 各代表点大潮落急流速变化值位于 -0.008~0.001m/s 之间, 大潮落急流向变化值位于 -0.583~0.955° 之间;

涨急时刻表现为桩基东西方向 (升压站)、东西方向 (补偿站) 流速减少, 落

急时刻表现为桩基南北方向（升压站）、西北-东南方向（补偿站）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

二、夏季工况：

工程实施后升压站和补偿站附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.007~0.000m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-0.540~0.559° 之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.012~0.001m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.638~0.495° 之间；

涨急时刻表现为桩基东北-西南方向（升压站）、东北-西南方向（补偿站）流速减少，落急时刻表现为桩基东西方向（升压站）、东西方向（补偿站）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

6.5.2.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

1、风电场大范围海床冲淤分析

（1）冬季

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 0.005m/a~0.01m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

（2）夏季

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 0.005m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

2、风机桩基础附近局部冲刷影响分析

升压站最大可能局部冲刷深度 2.66m，最大可能局部冲刷直径 14.72m。补偿站最大可能局部冲刷深度 2.78m，最大可能局部冲刷直径 14.44m。

6.5.3 营运期海洋生态环境影响分析

营运期影响主要是海上升压站和海上中间补偿站基础占压影响。在升压站和补偿站桩基群占用海域范围内，原有泥质型的底栖生物类群在很长一段时间内不可恢复。

此外，本项目营运期海上产生的污染物主要有海上升压站和海上中间补偿站检修产生的少量检修废物等，本项目营运期过程中产生的油污水如果直接排海，对该海域的海洋水质造成严重污染，危害海洋生态环境。

石油类污染是目前海洋环境污染中的几大问题之一，它对海洋水生生物的影响是多方面的：①石油类对浮游植物的致死浓度范围为 0.1~10mg/L，对浮游动物的急性中毒致死浓度范围为 0.1~15mg/L，致死的主要原因为浮游植物会因细胞溶化、藻体分解而死亡，浮游动物也会在石油的毒性和缺氧条件下大量死亡；②石油块（粒）覆盖生物体表后会影响动物的呼吸和进水系统；③石油随悬浮物沉降在潮间带和浅水区后，会使底栖生物的幼虫与孢子失去合适的固着基质，甚至发生严重的化学毒性效应。

在一定的海域范围内过量的排放含油污水或直接排放未经处理的高浓度含油污水，将会给海洋生态环境造成极大的危害。尤其是石油组分中的芳香烃类会对海洋生物构成威胁和危害，其特点是不论高、低沸点的组份对一切生物均有毒性。实验证明石油烃会破坏浮游植物细胞，油膜会阻碍海—气交换，影响光合作用。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般约为 1.0mg/L。对于更加敏感的种类，石油浓度低于 0.1mg/L 时，同样会影响细胞的分裂与生长速率。即使是达标排海的含油污水，在大量集中排放时仍然会对排放口周边水体中的浮游生物构成影响。

浮游动物的石油急性中毒致死浓度一般在 0.1~15mg/L 之间，当水体中的油含量为 0.05mg/L，小型拟哲水蚤 *Paracalanusspp.* 的半致死时间为 4d。一般情况下，浮

游动物的幼体对油污染的敏感程度要大于成体。

底栖生物的种类和体积不同对石油浓度的适应程度有差异，多数底栖生物的石油烃急性中毒致死浓度范围约在 2.0~15mg/L 之间（幼体的致死浓度范围更接近其下限）。例如：0.01mg/L 的石油可以使牡蛎产生明显的油味，甚至可以使耐油污性很差的海胆、海盘车等底栖生物死亡。当海水中石油浓度在 0.01~0.1mg/L 时，对藤壶幼体和蟹幼体就有明显的毒效。

长期处于低浓度含油废水中可影响鱼类的摄食和繁殖，使渔获物产生油臭味而影响其食用价值。据相关报导，20 号燃料油对黑鲷的 20 天生长试验结果，其最低影响浓度和无影响浓度分别为 0.096mg/L 和 0.032mg/L。例如 20 号燃料油的浓度为 0.004mg/L 时，5d 就能使对虾产生油味，14d 使文蛤产生异味。

海上升压站和海上中间补偿站在日常检修中少量的油污水和固废通过收集带回岸上交由有处理能力的单位处理，对海洋环境影响很小。

6.5.4 对环境保护目标的影响分析

本项目对周围海洋环境保护目标的影响主要表现在施工期入海悬沙的增加。根据水质影响预测结果，施工产生的悬浮物扩散包络线与海洋环境保护目标叠图见图 6.5.4-1。

图 6.5.4-1a 本项目夏季施工悬浮物扩散>10mg/L 包络线与海域环境保护目标叠图

图 6.5.4-1b 本项目冬季施工悬浮物扩散>10mg/L 包络线与海域环境保护目标叠图

6.5.4.1 对生态保护红线（三区三线）的影响分析

本项目海缆线路较长，评价范围内分布有较多的生态红线，评价范围内的“三区三线”（优先保护单元）主要有江门中华白海豚地方级自然保护区（东侧 1.30km）、江门上川岛猕猴地方级自然保护区（西侧 9.00km）、珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线（西侧 7.05km）、江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园（西侧 1.01km），项目海缆敷设与周边生态保护红线保持一定距离，不涉及占用和穿越，不会对生态保护红线造成直接影响。

由悬沙预测结果可知，夏季预测悬沙最远扩散距离为 850m，冬季预测悬沙最

远扩散距离为 1000m，根据“图 6.5.4-1 本项目施工期悬浮物扩散 $>10\text{mg/L}$ 包络线与海洋环境敏感区叠加图”可知，项目施工过程中产生的悬浮泥沙不会扩散至“三区三线”，不会对生态保护红线造成间接影响。

本项目为海上风电场集中送出工程，海缆铺设施工期较短，船舶生活污水和船舶机舱含油污水收集贮存后定期交有处理能力的单位接收处理，不排海。项目施工悬沙影响是暂时的，随着海缆施工的结束而结束，项目实施不会改变红线区自然属性。运营期船舶生活污水、含油污水、生活垃圾收集贮存后定期交有处理能力的单位接收处理，危险废物收集交由有资质的单位接收处理。

因此，本项目的建设对生态保护红线产生的影响是可以接受的。本项目施工期和运营期不会对周边生态保护红线生态功能、物种栖息地连通性等造成影响。

6.5.4.2 对自然保护区的影响分析

项目评价范围内自然保护地有 3 个，距离较近的为江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园和江门中华白海豚地方级自然保护区，分别位于本项目西侧约 1.01km 和东侧约 1.30km 处。

根据“图 6.5.4-1 本项目施工期悬浮物扩散 $>10\text{mg/L}$ 包络线与海洋环境敏感区叠加图”可知，项目施工产生的底层悬浮泥沙增量不会扩散到江门中华白海豚地方级自然保护区、江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园所在海域，不会对其所在海域水质环境产生影响。本项目建设对中华白海豚的影响主要为施工噪声影响，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；本项目仅海上升压站、海上无功补偿站基础建设需进行打桩，施工量较小，打桩施工时间较短，造成的噪声影响也较小，通过配备海豚观察员，发现中华白海豚出现在工程海域附近时采用无害声驱的方法将其驱逐出作业海域再进行施工作业，施工期对中华白海豚的影响在可控的范围之内。因此，本项目建设对江门中华白海豚地方级自然保护区及其保护对象影响较小。

综上所述，本项目实施基本上不会对自然保护地的生态功能、物种栖息地连通性等造成影响。

6.5.4.3 对岸线的影响分析

项目路由登陆点位于江门市台山市赤溪镇南部，项目送出海缆通过定向钻从黑

沙湾海浴场地下通过，定向钻入钻点在登陆点附近陆域上，距离入海口处北侧岸线约 103m，岸线类型为人工岸线。出钻点位于黑沙湾南侧海域，距离黑沙湾南侧海岸线约 750m，岸线类型为自然岸线。本项目不涉及填海、非法侵占岸线和采挖海沙等活动，砂质岸线不设置永久性构筑物，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，定向钻施工技术较为成熟，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响。因此，该施工方式能够尽量保存自然岸线的原态，对原砂质岸线的类型和生态功能不会造成影响。本项目在进行定向钻施工时应严格控制施工作业范围，制定合理施工计划，合理安排施工进度。由于陆地施工期较短，登陆段植被覆盖较少，对岸线破坏较少，施工期间主要做好水土保持工作，可确保电缆登陆作业不破坏岸线自然属性和周边生态环境。项目产生的船舶油污水、固体废弃物等均统一收集交给有处理能力的单位接收处理，不排海，不堆放于岸线所处区域。综上，本项目送出海底电缆对所在岸线的影响较小。

6.5.4.4 对近岸海域监测国控站位的影响分析

项目评价范围内有 6 个近岸海域监测国控站位，分别为 GDN10005（西侧，7.09km）、GDN10015（东侧，5.39km）、GDN10016（东侧，1.34km）、GDN10024（西侧，314m）、GDN10009（西北侧，4.0km）、GDN10011（北侧，700m）。根据“图 6.5.4-1 本项目施工期悬浮物扩散 $>10\text{mg/L}$ 包络线与海洋环境敏感区叠加图”可知，项目海缆敷设施工悬浮物扩散 10mg/L 包络线会扩散至周边 GDN10024、GDN10011 国控站位，不会扩散至其他国控站位。

海缆铺设施工期较短，且为移动污染源（铺设速度一般为 $3\sim5\text{m/min}$ ，污染源随铺缆船移动），施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，国控站位及周边水质环境可在较短时间内恢复。施工期应做好水质跟踪监测，船舶生活污水和船舶机舱含油污水收集贮存后定期交有处理能力的单位接收处理，不排海。本项目将严格按照既定路由施工，禁止随意改变电缆路由进入国控监测站位。

因此，本项目对近岸海域监测国控站位的影响较小。

6.5.4.5 对“三场一通道”影响分析

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），本项目位于南海中上层鱼类产卵场内和南海底层、近底层鱼类产卵场、南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区、黄花鱼幼鱼保护区内。项目实施对中上层、底层、近底层鱼类产卵、洄游、经济鱼类繁殖场保护区等将产生一定影响和损害。

电缆沟开挖会引起海底泥沙再悬浮，导致水体浑浊、污染局部海水水质，影响局部沉积物环境，从而对周围海域的浮游生物、底栖生物、游泳生物产生不利影响。项目桩基施工和电缆沟开挖对水体产生扰动，施工过程中产生的悬浮泥沙对附近区域造成一定的污染影响，施工期间悬浮物浓度大于 10mg/L 范围内，对经济鱼类繁育会产生一定程度的影响，将使经济鱼类造成一定的损失，另外，施工期产生的悬浮泥沙其扩散亦会对鱼卵和仔稚鱼的存活产生一定的影响。海缆铺设施工期较短，且为移动污染源（铺设速度一般为 3~5m/min，污染源随铺缆船移动），施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，属于短期，可恢复性质的影响。

由于项目仅海上升压站和补偿站桩基施工涉及打桩，施工打桩时间有限，施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续性，持续时间也有限，无多声源叠加等特点，但打桩施工噪声也会对临近的海洋生物资源造成一定程度的影响。施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间有限，无多声源叠加等特点，水下噪声对幼鱼的声讯交流影响较小，升压站和补偿站基础海上打桩施工时，应采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度。为减少对海洋生态和渔业资源的影响，可实施以增殖放流为主的生态修复措施。

本项目营运期海上升压站和海上补偿站检修过程产生的含油污水、生活污水、固体废物等污染物均收集上岸处理，禁止排入周边海域，基本上不会对周边海洋生物造成影响。

营运期对重要经济物种“三场一通道”的影响主要为电磁场对鱼类的影响和因海域占用减少渔业资源空间。营运期本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，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，且根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本项目电磁强度低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的限值要求，电磁环境对海洋生物的影响在可接受范围。本项目升压站、补偿站桩基占用了天然渔业空间，减少了天然鱼卵、仔鱼生长发育以及索饵觅食的理想场所，桩基础的存在有可能妨碍鱼类的正常洄游路线，从而对渔业空间资源产生影响。但本项目桩基数量较少，且海底电缆均敷设于海底土层以下，不妨碍鱼类的正常洄游路线，因此，营运期本项目对“三场一通道”的影响较小。

6.5.4.6 对渔业生产的影响分析

（1）对浅海养殖区的影响分析

项目路由线路评价范围内分布有 3 处现状养殖区赤溪镇广海湾增殖区（东北侧 5.81km）、台山市川岛镇上川飞东村民委员会三号底播养殖场（西侧 6.58km）、台山市川岛镇上川飞东村民委员会四号底播养殖场（西侧 6.77km），距离均较远，不在悬沙扩散范围内，海缆铺设施工期较短，养殖区周边海缆施工期较短，施工期做好水质跟踪监测，船舶生活污水和船舶机舱含油污水收集贮存后定期交有处理能力的单位接收处理，不排海。因此本项目施工对现状养殖区影响较小。

（2）对渔民捕捞的影响

本工程海缆施工期占用渔业捕捞作业区域面积，对捕捞作业、从事捕捞的渔民、渔船产生影响。营运期，根据国家海洋局发布的《海底电缆管道保护管理规定》（2004 年），沿海宽阔海域海底电缆管道两侧各 500m 为海底电缆管道保护区范围，禁止在海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，对渔民捕捞存在一定的影响。

6.5.4.7 对海龟的影响分析

根据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，但工程海域不是海龟的主要活动区域，送出海缆穿越海龟的洄游通道。海缆施工造成工程区海域悬浮物增量及影响范围较小，且施工期间海龟会改变自身的游泳模式和方向，因此不会对海龟的洄游及觅食造成影响。

但是施工以及运营期间可能间接会造成一些干扰，包括水体变化、地貌变化以

及饵料变化，都可能会对海龟的活动区域产生影响。施工期间若发现海龟应停止施工，驱逐，并上报有关部门，加强对施工人员的教育，禁止捕杀海龟等珍稀生物。

海龟是高度洄游的动物，其所有生命阶段都与海岸带相关：幼年时离岸迁徙，青年和成年时在觅食地和繁殖/筑巢地之间觅食和迁徙；根据生命阶段的不同，它们可能生活在近岸或大洋。在这些区域内，幼年海龟从出生的海滩迁徙到大洋的过程中很可能会置身于海底电缆所产生的磁场中，因为这些海龟无法避开电缆产生的与筑巢地点附近的海岸相交的磁场。觅食的亚成年和成年海龟也会置于电缆磁场之下，因为海龟会到达海底附近。对处在近岸交配期的成年海龟和上岸产卵的雌性海龟也是如此。因为电缆产生的磁场强度在海龟的敏感度范围内。

由于在海底电缆附近较浅的近岸水域活动的幼年和亚成年海龟将无法避开磁场波动，并且交流电缆磁场区域在海底可达 25m，直流磁场区域在海底可达 68m，因此海龟行为可能会受到海底电缆辐射的伤害（Normandeau Associates, Inc., 2011）。对于在海底水平距离 68m 范围内，觅食的青年和成年海龟来说，波动的电缆磁场对海龟行为的影响也是不可避免的。

然而，关于电缆磁场影响的结论仍然是假设性的，因为尚不清楚海龟是如何探测或处理地球磁场的波动的。海龟会使用其他多种“指引”方式（地磁和非磁）来导航和迁徙。此外，一些实验已经证明了海龟可以采用其他方法来补偿“由于错误指引”纠正导航的能力，因此地磁是否是绝对重要的也还不清楚（Normandeau Associates, Inc., 2011）。

海龟感知能力的机制尚不清楚，到目前为止，也还没有关于海底电缆磁场对海龟影响的数据。现有研究资料表明，由本项目 50Hz 交流电缆产生的磁场可改变自然磁场 $0.05\mu\text{T}$ ，可能会在短距离（如 25m）范围内影响海龟的磁场检测系统；本项目 $\pm 500\text{kV}$ 直流电缆产生的磁场可能会在距离（如 68m）范围内影响海龟的磁场检测系统，改变并使它们不能做出其他方法进行补偿，或者没有其他的指引方式（如日光）下，可能会影响海龟的导航和迁徙。

（1）对幼龟迁移的影响：尽管还未研究过，但仍可以推测在近海底电缆 68m 范围内，对晚上试图离开筑巢海滩的幼年海龟（游泳能力较弱）的离岸迁徙可能有某些影响。

(2) 对成年海龟的影响：青年或成年海龟在捕食底栖生物时也可能置于 68m 影响的电缆磁场之中，在某些特别浅的水域可能整个水柱（因此即使不靠近底部也可能受到影响）。Lohmann 等（Lohmann et al.,2008b）假设青年和成年海龟的导航取决于迁徙的阶段：最初它们依赖于它们具有的磁地图感知，但一旦它们靠近目的地，它们更依赖于当地的指引，很可能是嗅觉信号。因此，虽然由电缆引起的地磁场局部扰动可能会改变青年或成年红海龟的航向，但最大的影响可能是使海龟偏离了直接到达目的地的路线。

(3) 本工程海底电缆主要敷设于海底土层以下约 3m，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，且海龟活动空间较大，在海底区域活动的海龟数量相对较少。因此，电缆电磁环境的影响总体上较为有限。

6.5.4.8 对造礁石珊瑚的影响分析

本项目西侧约 6.70km 乌猪洲西南部的海湾内为造礁石珊瑚集中分布区，根据上文 6.3 节预测结果分析，项目施工产生的冬季底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 78.347km²，冬季预测悬沙最远扩散距离为 1000m；夏季底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 57.923km²，夏季预测悬沙最远扩散距离为 850m，不会扩散到造礁石珊瑚所在海域。本项目施工作业及建设区域不涉及造礁石珊瑚所在海域，因此本项目建设不会对其产生影响。

6.5.4.9 对浴场的影响分析

项目定向钻钻出点西南侧约 400m 为台山市赤溪黑沙湾海浴场（距离海域定向钻钻出点约 260m），施工产生的悬浮泥沙可能对浴场造成短暂影响，但整体影响可控。

从施工时间看，该段电缆较短，施工时间短，大幅缩短了悬浮泥沙产生的时间，悬浮泥沙在海域水流作用下易扩散沉降，无长期累积条件，实际影响浴场水质的时长通常仅 1-2 天，且多集中在施工时段，过后可快速恢复。

建设单位应建立协调机制：施工前将与浴场管理方充分沟通，明确施工窗口期（避开旅游旺季高峰）；若造成实际影响，将第一时间与浴场协商补偿方案，保障其合法权益。综上，项目通过短周期施工、科学管控及主动协调，可将浴场的影响降至最低。

6.5.4.10 对海岛的影响分析

项目评价范围有海岛 36 个，其中 1km 范围内的海岛有 7 个，分别为铜鼓排、亚娘石、神咀排、神咀排一岛、神咀排二岛、神咀排三岛、神咀排四岛，受扰动风险相对较高。海缆铺设作业会产生悬浮泥沙，扩散后将短期降低周边海水透明度，对海岛潮间带及近岸水生生物生存环境造成轻微影响。施工期间产生的生活污水、含油污水、固体废物均统一收集后上岸处置，不直接排海，有效避免污染物污染海岛及周边海域。项目完工后将开展增殖放流工作，落实生态补偿措施，逐步修复施工带来的短期生态扰动。通过全过程管控与生态修复相结合，将项目对海岛的不利影响降到最低。

6.5.5 施工期对中华白海豚等鲸豚的影响分析

根据《江门川岛一、二海上风电和集中送出工程项目中华白海豚监测及影响专题评价报告》（中国水产科学研究院南海水产研究所，2025 年 3 月），江门川岛风电集中送出海缆近岸海域穿过的上川岛与大襟岛群岛之间的海域是历史上一直中华白海豚的重要分布区，特别是登陆段附近海域，中华白海豚的目击频率和密度很高，是中华白海豚的热点分布区。本节影响分析引用《江门川岛一、二海上风电和集中送出工程项目中华白海豚监测及影响专题评价报告》相关内容。

川岛风电场建设施工期对中华白海豚等哺乳类的影响因素可能有噪声、悬浮物、船舶干扰、水质、食物资源减少等，本部分详细论述主要的几个因素对评价海域的中华白海豚的影响。

6.5.5.1 噪声的影响

本项目施工期产生的噪声主要包括常规桩沉桩施工，海上升压站、补偿站桩基施工以及施工船舶的噪声等，对中华白海豚等鲸类的影响主要表现在造成中华白海豚的听力损伤、干扰个体间的交流、引起中华白海豚的躲避行为和可能影响繁殖等方面。

1、中华白海豚声信号介绍

中华白海豚视力欠佳，依赖回声定位系统觅食、避险和沟通，声信号分为定位、通讯、应急三类。其 Click 定位信号频谱能量分布广，频率 30—130kHz，能

量集中于此频段。听力阈值呈 U 型曲线，20kHz-120kHz 为听觉灵敏区，45kHz 时最灵敏，达 47dB/ μ Pa。且随年龄增长，最低听觉阈值向低频漂移，老年白海豚听力最敏感频率及回声定位声频率均低于年轻个体。

2、水下噪声对海豚的直接影响

声音屏蔽：噪声干扰使动物难接收重要生物声音，影响求偶、亲子沟通、觅食等行为，海豚会通过增强信号等方式克服屏蔽。

生理反应：声能会引发生理反应，听觉系统最敏感，噪声可致压力增大、组织损伤、暂时性听力损失等，影响因素包括声波特性及动物自身状况。

身体损伤：高强度或长时间暴露在噪声中，可造成听力永久性缺失或灵敏度减弱，致感觉细胞和神经纤维受损。

生态影响：噪音间接影响与鲸豚类相关的生态物种，改变生态关系与结构，影响鲸豚类觅食、生长、繁殖和生存。

累计效应：个体上不明显的影响，经时间积累或与其他声源、因素叠加，会产生重要影响，多种因素综合威胁海洋哺乳动物生存。

3、水下噪声对海豚行为的影响

测量数据及研究表明，虽撞击式桩基施工不会直接致死或致伤一定距离外的鲸豚类动物，但长时间较高声压水平的施工对其存在累积性慢性影响，主要体现在以下几个方面：

行为改变：Brandt 等在研究港湾鼠海豚(Harbor porpoises)对打桩噪声行为反映的研究中发现，港湾鼠海豚在距离打桩施工点 2.6km 处，打桩后 1 小时内几乎无积极活动，24-72 小时活动量仍低，且随距离增加影响减弱；船舶接近时，宽吻海豚呼吸间隔增大、个体间距离缩小、游动方向改变且游速加快，灰鲸在不同声压下呈现不同躲避率。

声行为变化：船舶经过后，澳大利亚昆士兰地区的白海豚 whistle 声信号次数显著增加，母子海豚受影响尤为明显；佛罗里达海域的宽吻海豚在船舶靠近时，whistle 频次增多；20inch 直径钢管桩打桩噪声，在 40km 外就能对宽吻海豚声信号产生屏蔽，且屏蔽范围随频率增大而缩小。

行为模式破坏：长期水下噪声使鲸豚长期紧张，心率加快、荷尔蒙大量分

泌。其正常下潜、上浮的呼吸节奏被打乱，下潜提前、水面呼吸时间缩短、游速加快，导致能量过度消耗，影响器官机能和健康，长期还会造成内分泌失调、免疫力下降，对深潜鲸豚影响更显著，如桩基施工噪声致使附近中华白海豚游速明显加快。

4、水下打桩等高能噪声的影响

水下打桩和爆破产生的噪声，对海豚影响极为剧烈。爆破产生的高压、超低压交替振动，应力波形成的冲击波，在接触海洋生物流体组织与气腔界面时，会破坏空腔，致使血管、肾、肝、脾等器官受损，甚至导致生物死亡。历史上，1992 年珠海新机场建设的陆地炮台山爆破、1993-1995 年香港赤鱲角国际机场建设的工程爆破，以及 2004 年厦门的水下炸礁工程，均因爆破导致多头中华白海豚死亡，后经预防保护，此类事件减少。

打桩噪声高频衰减快，传播后能量集中于低频段。对中华白海豚不同声信号影响各异：其 Click 信号频率高达 100kHz 左右，峰值频率、信号重复周期均与打桩脉冲差异大，故打桩噪声对 Click 信号干扰较小；Burstpulse 应急信号集中于 15kHz 左右的中低频段，部分能量会被打桩噪声掩蔽，导致信号传播距离受限，警示范围缩小；Whistle 信号频率在 3-8kHz 左右，处于低频段，几乎完全被打桩噪声掩蔽，严重干扰中华白海豚群体间的交流信号，影响其群体活动中的沟通协作。

5、海洋鲸豚类受噪声影响的声压阈值

依据美国国家海洋渔业局现行采用的〈过渡性〉保护门限值（NOAA Fisheries Northwest Regional Office, 2012）〈表 6.5.5-1〉，目前在水下噪声对海洋哺乳动物相关阈值判断中，根据水下工程噪声对海洋生物影响的危害性程度进行分级。其中**声源级高于 180dB 的水下噪声为危险级**，可能会对海豚的听觉系统造成伤害，主要有打桩噪声和水下爆破噪声；**声源级高于 160dB（脉冲式）或高于 120dB（非脉冲式）的水下噪声为警告级**，可能会对海豚行为产生影响，主要有施工船舶噪声；**声源级低于 120dB 的水下噪声强度基本接近海洋环境噪声**，因此评定为安全级。

表6.5.5-1 美国对海洋哺乳动物水下噪声（过渡性）门限值

门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB 危险级)	基于暂时性听力阈值提升 (TTS) 和保守估计的永久性听力阈值提升 (PTS) 伤害门限	鳍足类: 190dB RMS 鲸豚类: 180dB RMS
B 级 (120~180dB, 警告级)	脉冲式噪声(如冲击打桩)可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS
B 级 (<120dB, 安全级)	非脉冲式噪声(如钻孔)可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS

6、海豚与噪声源之间的安全距离

(1) 桩基打桩

风电场建设中水下打桩噪声对中华白海豚的影响研究得比较多。不同桩基打桩施工所产生的水下噪声有效声源级各有差异。冲击式水下打桩为海上风电场施工期间可能最大的水下噪声源强。桩基施打的所产生的水下噪声源强主要取决于桩柱管径、重锤敲击能量、海域水深、海底地质等参量。依据打桩施工噪声的声传播损失估算采用的声衰减计算公式:

$$TL=F*\log(D/R)$$

式中: TL 为声传播损失, 为声源级减去目标声级值 (即保护阈值) 的差, 单位为 dB;

D 为目标声级值所在的位置与声源的距离, 单位为 m;

R 为计算传播损失时的参考距离, 根据声源级计算点与声源本身的距离而定, 按照通用标准惯例通常取 1m;

F 是衰减因子, 其值会随着海况 (如水深、底质状况、海面宽阔程度) 和打桩的工程参量 (如桩的类型材质、以及桩机功率) 而变化, 依据施工海域水深较浅, 声传播衰减较大, 一般的数值在 10—30 之间。

表 6.5.5-2 综合了湛江、阳江、珠海和汕头几个海上风电场施工对周围海域声环境的影响, 并计算了对中华白海豚的安全距离。对于不同的桩基类型 (如单桩、四桩导管架) 采取了不同的桩基声源级数值, 根据不同的声传播场景 (如海域水的深浅、海水浑浊度、海底地形) 等选择衰减因子, 最终推算出在噪声门限值以下的安全距离值。

表 6.5.5-2 不同海域和风机基础施工在不同声压级下对应的中华白海豚安全距离要求

风电场	桩基类型	桩基声源级 (dB)	声传播场景	衰减 因子	声压级 (dB) / 距离 (km)				
					190	180	160	158	150
广东粤电湛江 新寮海上风电 场	桩 径 7.50m 钢管 单桩	248	浅海、浑浊海 水域	25	0.21	0.53	3.31	3.98	8.32
湛江徐闻海上 风电场	大 桩 径 单 桩	248	海底地形总体 比较平缓, 局 部起伏较大	24	0.26	0.68	4.6	5.5	11.8
粤电阳江青洲 一海上风电场	四 桩 导 管 架	232	海底地形总体 比较平缓, 局 部起伏较大	21	0.10	0.30	2.68	3.34	8.03
南 澳 勒 门 I 海 上 风电	四 桩 导 管 架	230	—	22	0.07	0.19	1.52	—	—
珠海桂山海上 风电场二期工 程	管 桩 直 径 为 2.5~2.6m	220	水下地形较平 坦	—	0.03	0.10	1.0	—	—

根据本报告计算, 桩基施工机械 (冲击打桩) 产生的打桩噪声源强取值为 250dB。基于厦门大学对莆田平海湾一期打桩施工的监测结果, 以及港珠澳大桥打桩水下噪声源传播衰减和厦门五缘湾打桩噪声传播衰减, 本项目评估中的扩展系数 F 取 22, 该衰减因子适用于浅海声传播的较近距离的球面扩展损失。

依据表 6.5.5-2, 声压级高于 180dB 的水下打桩可能会对海豚的听觉系统造成伤害, 是影响中华白海豚等鲸豚类的危险级噪声, 高于 160dB 可能会对海豚行为产生影响, 为警告级噪声。在工程建设中必须考虑声源与中华白海豚活动区域之间的距离, 以便使冲击波有足够长的距离衰减至警告级或安全级的范围之外。

根据上文公式, 通过公式计算出在保护阈值为 180dB (对鲸豚听力保护范围) 和 160dB (对海洋哺乳动物行为干扰) 时施工所对应的影响距离。

表 6.5.5-3 风电送出工程施工期鲸豚防护距离

声源级保护阈值	声源级	影响	防护距离
180dB (对鲸豚等海洋生 物听力保护范围)	250dB	听觉	1.52km
160dB (对鲸豚类海洋生 物行为干扰)	250dB	行为	12.4km

本工程项目桩基打桩施工在 1520m 范围内会对中华白海豚等鲸类的听力造成危险影响,在风机打桩施工点的 12.4km 范围内会对中华白海豚等鲸类的行为产生干扰。

(2) 施工船舶

根据报告计算,施工期补偿站和升压站施工船舶源强为 169dB (以 12464t 级甲板货船,10 海里航速为例),施工期集中送出工程施工船舶噪声的声压谱级为 70-90dB。通过公式计算出在保护阈值 180dB (对鲸豚听力保护范围)和 160dB (对海洋哺乳动物行为干扰)时船舶航行给中华白海豚等鲸豚产生影响的防护距离。

表 6.5.5-4 风电送出施工期船舶对鲸豚的防护距离

声源级保护阈值	声源级	影响	防护距离
180dB (对鲸豚等海洋生物听力保护范围)	升压站、补偿站施工船舶 161dB	听觉	-
160dB (对鲸豚类海洋生物行为干扰)	升压站、补偿站施工船舶 161dB	行为	1.2m
180dB (对鲸豚等海洋生物听力保护范围)	送出海缆施工船舶 90dB	听觉	-
160dB (对鲸豚类海洋生物行为干扰)	送出海缆施工船舶 90dB	行为	-

本项目使用的其他船舶产生的源强较小,且船舶航行安全距离远大于船舶航道对海洋生物的噪声影响距离,因此不考虑船舶航行的噪声叠加影响。由上表可知船舶航行产生的噪声对鲸豚基本无伤害。

根据海洋哺乳动物水下噪声门限值标准,参照上表中打桩噪声和海豚安全距离的评估,综合预估应确立在打桩 1520m 范围内为危险区域,在 12.4km 范围内为警告区域,工程开始前应对在这些海域范围内的海豚进行驱赶(图 6.5.5-1)。由于低频噪声的能量衰减较慢,传播距离较远,对警告区域范围外的声场环境有一定影响,如干扰海豚行为,但不会对海豚造成伤害。

7、噪声对海豚影响预估

(1) 打桩噪声

送出海缆工程的海上无功补偿站基础打桩位置距离中华白海豚的分布区在

30km 以上，远远大于上文中海豚与噪声源之间的安全阈值，不在打桩噪声影响的范围内（图 6.5.5-1）。因此风电场打桩施工噪声基本上不会对中华白海豚造成影响。

然而本项目的海上调查结果表明，在评价范围之内、在升压站及补偿站周围海域有其他种类的鲸类如瓶鼻海豚、印太江豚的目击记录，表明这些海域是众多鲸豚类（均为国家二级保护动物）的栖息地，因此在打桩噪声影响的危险区域（打桩点 1520m 范围内）和警告区域（打桩点 12.4km 范围内）很有可能会有这些鲸类的活动，打桩可能对这些鲸类造成或干扰，短期内可能驱离这些鲸类离开工程区域，需要做好保护措施。

图 6.5.5-1 川岛一、二海上风电及集中送出工程打桩噪声影响范围示意图红色区域为噪声影响危险区域，黄色区域为警告区域

依据国内外风电建设对海洋哺乳类影响的研究，一般认为在施工打桩干扰后，哺乳动物会重新回到栖息地活动。丹麦国家环境研究所研究了海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹造成影响进行了研究（Svend Tougaard, et al, 2006）。该研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和营运期水下噪声对海豹的影响，发现在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期没有见到斑海豹。类比分析认为，川岛一、二风电及送出工程的施工打桩期可能造成鲸类动物（瓶鼻海豚、印太江豚）在工程海域的分布减少，但施工结束后会逐渐恢复。



图 6.5.5-2 丹麦风电场施工期和营运期海豹数量的变化

(2) 船舶噪声

集中送出工程施工船舶噪声（70-90dB）均较小，船舶航行噪声衰减达到中华白海豚等鲸豚的安全距离较短，与水下背景噪声相当，故施工船舶航行产生的噪声对鲸豚基本无伤害。

(3) 其他噪声

在集中送出工程的施工期，其他施工活动如冲孔使水下噪声级在某些低频段上有所提高。根据有关研究，水下施工中钻孔、施工船舶等活动将使水下噪声级提高 20~30dB。根据目前国际上对连续存在的水下噪声可能对海洋生物的行为干扰的安全级阈值设定 120dB re 1V/ μ Pa 的导则要求，工程所采用的一般水下施工等活动基本上不会对海洋生物带来影响。

6.5.5.2 悬浮物的影响

1、悬浮物对鲸豚的影响

涉海工程施工过程中，尤其是海缆敷设施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质造成一定影响。悬浮物增加或海水含氧量下降对用肺呼吸的鲸豚类动物的影响有限，加之中华白海豚长期生活的河口咸淡水海域水体浑浊，水中悬浮物的增加不会直接影响白海豚的活动。但是悬浮物增加可能会增加海豚体表感染细菌的机会，特别是新生的幼豚。

悬浮物对海豚的间接影响表现为可能影响到白海豚的饵料供应。悬浮物使海水的光线透射率下降，溶解氧降低，不利于浮游植物的光合作用，使单位水体浮游植物的数量降低，导致工程海域初级生产力水平下降，直接影响鱼类的生长繁殖，可能导致受影响海域渔业资源的下降，从而影响中华白海豚到此区域进行觅食。

2、本项目区域悬浮物

项目施工对水质影响主要考虑电缆敷设施工过程中所产生的源强。当采用船舶进行电缆敷设施工时，在电缆周围会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流运输、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。

根据江门川岛一、二海上风电集中送出工程水质环境分析，采用悬沙扩散方程进行预测结果表明，冬季和夏季悬浮泥沙底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 78.347km^2 ，整体而言，施工产生悬浮泥沙扩散的影响范围主要位于底层和次底层。电缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

3、本项目悬浮物对海豚影响预估

集中送出海缆工程穿越中华白海豚的热点区域和重要的栖息地——国华电厂港池口一大襟岛海域。依据预测，海缆施工表、中、底层产生悬沙增量包络线图如图 6.5.5-3 所示，在扩散范围内有中华白海豚的目击分布，但由于扩散范围很小，对中华白海豚这种用肺呼吸的水生生物来说，有别于用鳃呼吸水中溶解氧的鱼类，悬浮物增加或海水含氧量下降对海洋哺乳动物的直接影响有限。此外，中华白海豚长期生活在水体浑浊的河口水域，其视觉不发达，主要靠位于头部的回声定位系统来探测周环境和识别物体，故对浑浊水体具有一定的适应性，较不易受水中悬浮物增加的影响。

图6.5.5-3 集中送出海缆施工产生悬沙增量包络线图及中华白海豚的目击分布

左上：表层；右上：中层；左下：底层；右下：中华白海豚目击分布

值得注意的是，悬浮物扩散范围影响区域也是中华白海豚幼体较多的区域，对于幼豚来说，由于其抵抗力和免疫力相对较低，悬浮物的负面影响主要是可能会增加其体表感染细菌的机会。

此外，海缆施工过程中需要挖开海床，损害底栖生物，鲸豚类鱼类等为食，施工期的悬浮物会影响其前来觅食。由现状调查结果可知，送出海缆近岸段周围

海域是中华白海豚觅食行为较多的海域，说明这个海域是海豚的觅食场。海水中悬浮物浓度过高，致使水体透光度和含氧量降低，对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，从食物链的角度浮游动植物对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，从而影响到中华白海豚等海洋顶级捕食者的食物来源。

从行为学上来说，中华白海豚长期的进化也使其对外界环境变化具有一定的趋避能力。假设海水中的悬浮泥沙明显影响了白海豚的正常活动，白海豚将会选择逃避来减少受到的伤害。悬浮泥沙的影响不是永久性的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，送出海缆周边中华白海豚的活动会较快得到恢复。

6.5.5.3 船舶干扰的影响

江门川岛一、二风电集中送出海缆敷设，将增加工程海域船舶通行量。对于送出海缆近岸段，工程海域均为中华白海豚的重要分布区，故施工船只路线均需穿越中华白海豚的活动场所。一般情况下，施工船等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，对海豚的直接撞击的可能性很小，但这个海域是幼豚的重要分布区，可能干扰到幼豚的正常生活。成年个体游动能力较强，一般情况下会产生回避。而刚出生的幼豚高度依赖母豚，回避能力较弱，船舶航行可能会造成幼豚的不适应，并干扰海豚母子之间的讯息传递，可能造成母子失散。

对于经常出现送出海缆近岸段海域的中华白海豚个体，船舶在海缆段的施工还可能造成这些海豚活动模式的改变。依据本报告中华白海豚个体活动模式的分析结果，海缆施工将穿越较多典型个体的“家域”，如以下几种栖息地使用类型的个体：

（1）电厂港池口—大襟岛海域：如 7#、9#、10#、28#、45#、46#、56#、73#、92#、101#、109#个体，在电厂至大襟岛海域活动（图 6.5.5-4）。

图 6.5.5-4 活动区域在“电厂港池口—大襟岛海域”的中华白海豚个体示例

(2) 电厂港池口—崖门口海域：如 35#、48#、64#、86#、91#、203#、209#、119#、164#个体，这些个体活动范围较大，越过了大襟岛（图 6.5.5-5）；

图 6.5.5-5 活动区域在“电厂港池口—崖门口海域”的中华白海豚个体示例

(3) 上川北—电厂港池口—崖门口：如 19#、118#这些个体活动范围最大（图 6.5.5-6）；

图 6.5.5-6 活动区域在“上川北—电厂港池口—崖门口海域”的中华白海豚个体示例

海缆敷设施工船只穿梭于这些海豚的家域，将改变他们的活动模式和范围。综合上述影响分析，在施工船只发现中华白海豚活动时，应尽量减速慢行或采取避让措施，直至白海豚游离航线之外。

6.5.5.4 食物资源减少的影响

1、工程影响渔业资源的途径

江门川岛一、二海上风电工程及集中送出工程建设通过多种途径影响施工海域的渔业资源，从而可能间接影响中华白海豚等鲸豚的食物来源。包括但不限于以下途径：

(1) 通过破坏底栖生物

基础及海底电缆施工直接摧毁作业区底栖生境。风机桩基永久占用海域，掩埋覆盖范围内底栖生物，造成资源永久性损失；海底电缆施工改变底质环境，大部分底栖生物被掩埋致死，少量强活动能力生物逃离。施工产生的悬浮物虽影响较小且可恢复，但仍干扰底栖生物正常生命活动，部分敏感物种消失。

(2) 通过破坏浮游生物

海缆施工扫海清障、桩基施打致使海底泥沙悬浮，增加水体含沙量与混浊度，降低透光率。这限制浮游植物和底栖植物光合作用，使初级生产力下降，进而影响整个生态系统。同时，改变浮游动物垂直迁移规律，细微悬浮颗粒还会干扰游泳生物感觉、呼吸和消化系统，降低水体溶氧量，危害浮游与游泳生物生存。

(3) 通过破坏游泳生物

施工导致的水质浑浊、阳光透射率下降，迫使游泳生物迁移。洄游产卵群体改变路线，本地栖息的幼体、幼鱼分布规律被扰乱。悬沙浓度增加对鱼卵和仔稚鱼危害极大，过量悬浮颗粒粘附鱼卵表面，阻碍呼吸与孵化，当悬浮固体超 1000mg/L 时，鱼卵难以存活。

从水环境影响预测结果来看，施工悬沙增量大于 10mg/L（超二类海水水质标准）的垂向平均影响范围为施工区域附近 24.864km² 内，施工期这一范围内，初级生产力下降，渔业资源受到一定的影响。根据以往疏浚工程产生的悬浮物的影响程度来看，悬浮物对水质的影响在工程结束后延续 4~5 个小时可基本消除。因此，施工悬沙对水质的影响属于短期环境效应，随着施工作业结束，水质将逐渐恢复，随之而来的便是生物的重新植入。

2、工程海域渔业资源损失估算

桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对开挖区附近高度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应≤10mg/L、悬浮物浓度增量大于 10mg/L 时可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生死亡，在该范围内成鱼可以回避，但幼体由于缺乏足够的游泳能力将出现部分死亡。

通过计算结果显示，项目施工造成底栖生物损失 30.713t、鱼卵的损失量 9.25×10^7 粒，仔稚鱼的损失量为 3.97×10^7 尾，游泳生物的损失量为 0.21t。施工期集中送出海缆敷设施工为船舶“埋设犁”敷设施工，悬浮物浓度增量影响的持续时间一般不超过 15 天，且海缆敷设施工为线型移动敷设。在中华白海豚的集中分布区，施工期渔业资源的减少可能造成中华白海豚食物资源减少，而降低中华白海豚对这个海域的使用率。但上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工渔业资源减少对中华白海豚的影响是暂时的、可逆的。

6.5.6 营运期对中华白海豚影响评价

送出工程营运期对中华白海豚的影响主要为海缆电磁辐射的影响。

1、营运期电磁辐射预估

对于 500kV 送出海底电缆，在距离电缆剖面的 50m 范围内，最大电场强度及最大磁感应强度均远小于《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

2、营运期对海豚的影响预估

海洋环境中存在一定的电磁场，一些海洋生物，例如鲨鱼、鲑鱼和海龟等，可以监测到自然界中的电场或磁场，并利用这些信号帮助它们导航或捕食等。海上风电项目的电磁场主要来自于海底电力电缆产生的电场和磁场组成。包括（1）电场：当海底电缆通电时，会产生电场。（2）磁场：当电流流过电缆时，会产生磁场。（3）感应电场：交流电产生的磁场振荡会产生感应电场。（4）运动感应电场：当导电物体或电荷穿过磁场时，会产生运动感应电场。如海水或水生动物穿过静态磁场（地球的地磁场或水下电缆周围的磁场）时，就会产生运动感应电场。

海洋动物的感官能力决定了它可以检测到的电磁场类别（即电场、磁场、感应电场）。它们对电磁场的敏感度以及它们可以感知磁场的最小和最大强度阈值将决定它是否对从电缆发出的电磁场做出响应。对电磁场的敏感性因每个物种而异，但并没有针对性的研究，因此很难将可被电磁影响的一组内的所有动物。其次电磁场的频率也很重要。已证明某些物种可以感知到直流和低频（例如<10Hz）电磁场。但很少有证据证明海洋生物的感知系统会对交流电产生的 50-60Hz 较高频率的电磁场产生反应。掩埋电缆能最高效地减小磁场峰值。对于埋设于浅水区的海底电缆，电磁波在海水中的传播的能量衰减速率较空气环境中更大。

根据模拟实验，风电场电磁环境对相关海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、锚尾鳐虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）基本上没有影响。工频电磁辐射对海洋生物短期影响实验研究显示，海洋生物能够感知强度为 1.0mT 以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应，这种生理反应的持久性未进行进一步评估。强度在 0.3mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，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，且鲸豚类活动空间较大。根据类比陆上电缆线路可知，由类比分析可知，本工程海缆上方 1m（中心处）工频磁感应强度远低

于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)公众暴露控制限值 0.1mT。因此工程产生的电磁场对海洋生物的影响较小。本工程海底电缆建成运行后,即便在线缆电路附近有中华白海豚经过,初步判断将不会对它们产生不利的电磁场影响。但是磁场变化导致鲸类的搁浅事件确实有发生,因此在运营期应当加强对电磁场、以及包括中华白海豚在内的海洋哺乳动物的监测。

6.5.7 对海洋功能区的影响分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035 年)》项目海缆穿越铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区、赤溪黑沙湾游憩用海区、江门港广海湾港区交通运输用海区、江门-珠海南部渔业用海区、台山特殊用海区、阳江-江门近海工矿通信用海区。

表 6.5.7-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布表

序号	功能区名称	与项目位置关系	功能区类型
1	黄茅海渔业用海区	东侧,约 1.42km	渔业用海区
2	铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区	项目位于	工矿通信用海区
3	赤溪黑沙湾游憩用海区	项目位于	游憩用海区
4	大襟岛工矿通信用海区	东侧,约 6.88km	工矿通信用海区
5	江门中华白海豚地方级自然保护区生态保护区	东侧,约 1.30km	生态保护区
6	江门港广海湾港区交通运输用海区	项目位于	交通运输用海区
7	广海湾工矿通信用海区	西北侧,约 7.42km	工矿通信用海区
8	川山群岛渔业用海区	西侧,约 3.09km	渔业用海区
9	江门-珠海南部渔业用海区	项目位于	渔业用海区
10	江门台山乌猪岛生态保护区	西侧,约 1.01km	生态保护区
11	乌猪洲交通运输用海区	西北侧,约 5.37km	交通运输用海区
12	台山特殊用海区	项目位于	特殊用海区
13	阳江-江门近海工矿通信用海区	项目位于	工矿通信用海区

本项目施工悬沙对周边海洋功能区划的影响详见下

图 6.5.7-1a 本项目施工期悬浮物扩散 $>10\text{mg/L}$ 包络线与海洋功能区划叠图(夏季)

图 6.5.7-1b 本项目施工期悬浮物扩散 $>10\text{mg/L}$ 包络线与海洋功能区划叠图(冬季)

由图 6.5.7-1 可知,项目悬沙扩散范围主要为铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区、

赤溪黑沙湾游憩用海区、江门港广海湾港区交通运输用海区、江门-珠海南部渔业用海区、台山特殊用海区、阳江-江门近海工矿通信用海区，不会扩散至其他用海区。施工期悬浮物主要随涨落潮流向工程所在海域扩散，夏季水文预测结果悬沙浓度大于 10mg/L 的水域垂向平均面积 17.868km^2 ，东西两侧最远扩散距离为 850m ，浓度增量大于 100mg/L 的覆盖范围为 0.936km^2 。冬季水文预测结果悬沙浓度大于 10mg/L 的水域垂向平均面积 24.864km^2 ，东西两侧最远扩散距离为 1000m ，浓度增量大于 100mg/L 的覆盖范围为 3.849km^2 。不会扩散至周边其他海洋功能区，对其余功能区的生态环境几乎无影响。本项目涉及的海洋功能区在施工过程中，所引起的悬浮泥沙在潮流的作用下向外海扩散，造成悬沙扩散范围内的海洋功能区水体混浊水质下降，并使得周边水域底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响。海缆铺设施工期较短，且为移动污染源（铺设速度一般为 $3\sim 5\text{m/min}$ ，污染源随铺缆船移动），施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，施工期结束后其影响也逐渐消失，基本不会对周边海洋功能区海洋环境产生较大的不利影响。对扩散范围内的海洋功能区内因工程造成的生物资源损失，进行生态补偿（增殖放流措施）。对造成的海洋生态损失进行补偿等措施后，可将本项目对所在海洋功能区的影响降至最低，不会对其产生长远的不良影响。

同时，项目建设与所涉及各海洋功能区划的空间准入、利用方式、保护要求、其他要求是相符的，具体相符性分析详见下文 10.2 节。

另外，项目施工期、运营期产生的船舶油污水、生活污水、固体废弃物等均统一收集交给有资质的单位处理，不排海。项目施工期采取控制施工强度，规范施工范围等措施下，对海洋功能区造成的不良影响较小。

此外，本项目施工期间将增加附近水域的船舶数量，对涉及的海洋功能区内通航环境有一定影响。施工单位应将施工实际情况报至管理部门，根据管理部门的审批有序组织施工，并在施工水域附近海域配备必要的导助航等安全保障设施施工过程中通过严格、科学的施工组织及合理的生产调度，把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工作业的安全管理工作，海事部门加强现场管理，认真落实通航安全报告书中所提的安全保障措施，有关各方加强工程及其附近海域的安全管

理，其不利影响将得到缓解或消除。

因此，在采取一系列报告中提出的相关有效的控制、调整、污染防治等措施后，同时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施后，可将本项目对所在海洋功能区的影响降至最低，不会对其产生长远的不良影响。项目范围外周边海洋功能区影响较小。

6.5.8 小结

综上分析，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 F 中表 F.1 海洋生态影响程度划分表，本项目海洋生态影响程度汇总见表 6.5.8-1，本项目对涉及海洋生态敏感区、生物资源、特殊生境的影响程度为“弱”，对重要物种的影响程度为“无”。

表 6.5.8-1 项目海洋生态影响程度汇总

影响要素		影响程度
生态敏感区	江门中华白海豚地方级自然保护区	受到间接扰动，主要保护对象数量和种群规模略有减少，主要生态功能和物种栖息地连通性略受干扰，影响程度属于“弱”
	江门上川岛猕猴地方级自然保护区	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象数量和种群规模基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”
	珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象数量和种群规模基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”
	江门市台山市红树林	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”
	上川岛飞沙滩重要滩涂及浅海水域	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”
	江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”
	乌猪洲海洋保护区	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”
	南海中上层鱼类产卵场内和南海底层、近底层鱼类产卵场	受到永久占用，但主要保护对象数量和种群规模仅略有减少，主要生态功能和物种

	南海北部幼鱼繁育场保护区	栖息地连通性略基本不受干扰，影响程度属于“弱”
	南海区幼鱼、幼虾保护区	
	黄花鱼幼鱼保护区内	
生物资源		生物资源略受损害，重要水生生物“三场一通道”受到一定程度的干扰，生产能力略受损害，影响程度属于“弱”
重要物种	中华白海豚等鲸豚类	生物数量基本不变、种群规模无变化，生境受到基本不受干扰，活动空间基本不受限，饵料生物基本不受影响，生物栖息繁衍（或生长繁殖）基本不受影响，影响程度属于“无”
	海龟	生物数量基本不变、种群规模无变化，生境受到基本不受干扰，活动空间基本不受限，饵料生物基本不受影响，生物栖息繁衍（或生长繁殖）基本不受影响，影响程度属于“无”
特殊生境	造礁石珊瑚	特殊生境未受破坏或干扰，物种盖度、生物多样性无变化，生境稳定性未受影响

6.6 陆域生态环境影响预测与评价

6.6.1 施工期陆域生态环境影响评价

本工程建设期对生态环境的影响主要表现在陆上集控中心、陆上电缆敷设开挖、施工临时占地对土地的扰动、植被的破坏造成的影响。

陆上集控中心永久用地 4.34hm²，用地性质为农用地，已取得广东省人民政府同意转位建设用地并办理征地手续（详见附件 3），用地现状为林地，土地利用现状类型均为乔木林地（详见前文图 5.13-1），占用植被类型为乔木林（详见前文图 5.13-2），使用林地已取得广东省林业局同意（详见附件 4），同时办理了林木采伐许可证（详见附件 5）。

本项目施工期临时场地用地 400m²，陆上电缆长 853m，其中直埋段施工长度约 224m，定向钻施工长度约 629m，施工扰动范围按电缆两侧 4m 范围内考虑，则电缆施工临时用地 3412 m²。

6.6.1.1 对土地资源的影响分析

1、对土地资源的影响分析

工程永久占用面积为 4.34 hm²，主要为乔木林。施工期临时场地占用面积为 400 m²，用地类型为空地、荒地。陆上电缆长 853m，直埋段施工长度约 224m，用地类型为空地、荒地；定向钻施工长度约 629m，用地类型为林地，主要为乔木

林，采用定向钻施工，将对林地的影响降到最低。可见，本项目建设会减少植被覆盖面积，对评价区的植被覆盖率产生一定影响。

2、对水土流失的影响分析

(1) 水土流失情况现状

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)及《广东省人民政府授权发布全省水土流失重点防治区的通告》，项目区的水土流失类型主要是降雨产生地表径流冲刷引起的水力侵蚀，水土流失主要表现为坡面面蚀和浅沟侵蚀。按全国水土流失类型区的划分，项目区属于水力侵蚀为主的类型区——南方红壤丘陵区，土壤容许流失量为 $500t/(km^2 \cdot a)$ 。

项目区域内措施防护完善，植物长势较好，发挥了较好的保水固土作用。但是在项目开工以后，由于大面积的土壤裸露地面及大量土石方开挖和回填及运输，将会造成比较严重的水土流失。如果不对裸露的土壤施加临时防护措施，在大风天气就有可能造成扬尘，污染周边环境，如遇暴雨将可能造成严重的水土流失，污染河流水质。

(2) 工程对水土保持的影响分析

a、损坏水土保持设施情况

水土保持设施是指具有水土保持功能的一切实物总称，如原地貌、自然植被等都具有水土保持功能，均应视为水土保持设施。损坏水土保持设施是指开发建设项目在施工过程中使原有水土保持功能丧失或降低。在本工程施工建设过程中，损坏的水土保持设施有：

- ① 项目区内的地形地貌进行重新塑造，损坏了原有涵养水土的功能。
- ② 破坏拟建工程沿线的原有绿化等。
- ③ 工程施工过程中对现状路面的铲除和部分绿化破坏了原有地表。

本工程建设对项目区内的地形地貌进行重新塑造，损坏了原有涵养水土的功能，其中陆上集控中心建设损坏水土保持设施面积 4.34 hm^2 ，陆域电缆开挖部分占用为荒地、空地，不涉及损害水土保持设施，电缆定向钻部分将在林地地下部分穿越林地，不会损坏水土保持设施，由此可见，共计损坏水土保持设施面积 4.34 hm^2 。

b、可能造成水土流失危害预测

项目建设有大量开挖、回填土方工程，项目区将产生新的地表裸露及边坡。在区域年均降雨量较大而地表径流又比较集中的情况下，裸露地表无植被防护，易造成大面积水土流失。发生的水土流失类型和形式主要有水力侵蚀：溅蚀、面蚀、沟蚀。可能造成水土流失危害主要有以下几个方面：

①项目所在区域降雨量大，降雨量集中，暴雨强度大，冲出区外的泥沙将淤积于下游泄洪通道，降低其排洪能力，影响下游防洪安全；

②开挖和回填所产生的边坡防护不当将形成滑坡、坍塌等危险影响施工进度和施工安全，还将威胁到完工后的集控中心运行安全和生活管理安全；

③本项目土方工程量较大，重型车辆进出频繁，遇干燥大风天气，裸露地面会扬风起沙，将降低项目区周边空气质量。

因此，应当进行水土流失防治，降低因本项目施工产生的水土流失，避免因水土流失而产生的各种危害。随着本方案中水土保持工程措施和植被措施的实施，项目区的水土流失将会得到逐步改善。

④水土流失敏感区分析

项目工程靠近曹峰山地方级自然保护区，工程施工过程中土方开挖、回填土方工程量大施工期应重点防护。

表 6.6.1-1 水土流失敏感点分析

项目	水土流失部位	水土流失原因
项目建设区	陆上集控中心	需现状开挖土方，大量土方工程容易造成高强度水土流失。
	陆上电缆开挖段	需现状开挖土方，土方工程容易造成低强度水土流失。

工程施工结束后，通过设置相应工程防护措施、土地整治和植物措施等，工程开挖面周边森林仍将发挥良好的固土保水作用，达到保护环境、恢复生态、保障工程安全运行的目的，新增水土流失量将逐渐减小。但由于植物恢复发挥作用尚需一段时间，土壤侵蚀强度仍高于建设前强度，不可避免存在一定的水土流失。因此，工程的建设和运营会对评价区水土流失有一定的影响，特别是施工期，应该做好相关的防治与治理措施，防治水土流失。

经过工程防护与植物恢复措施，其水土保持功能将逐渐发挥作用；施工进场道

路等临时用地仅在施工阶段，工程结束后将停止使用，地表植被的水土保持功能逐渐恢复，因施工作业而影响水土流失的各种因素在自然封育下可逐渐消失。可以通过集中施工的方法，避开雨季施工，以减少水土流失的可能，并且工程施工过程中将会采取相应的保护措施、及时做好植被恢复，其对地表水土环境的不良影响是可以尽量避免和降低的。随着时间的推移，生态环境将逐步得到恢复和改善，水土流失量逐渐减少直至达到新的稳定状态。

3、小节

本项目建设会减少植被覆盖面积，对评价区的植被覆盖率产生一定影响。

6.6.1.2 对植被及植物多样性的影响分析

项目的施工建设都会产生一定的永久占地和临时占地，一定程度上改变现状植被；临时占地经过一段时间自然保育或人工恢复，可恢复现状植被。项目开挖时要清除地表的所有植被，会造成植被破坏，项目陆域集控中心建设已取得建设用地批复（粤府土审（14）（2025）81号，详见附件3），使用林地审核同意书（粤江林许准〔2024〕143号，详见附件4），林木采伐许可证（台山市采字〔2025〕00001号，详见附件5）。

按照《中国植被》中的植被区划，评价区内自然植被共有3个植被型组，6个植被型，7个植被亚型，9个群系及9个群丛，栽培植被共有2个类型，4个型，5个组合型和9个组合。主要有针叶林、阔叶林、灌丛和灌草丛以及栽培植被。

1、对植被及植物多样性的直接影响

（1）工程建设对植被及植物的直接影响表现有以下几个方面：

- ①工程建设用地对部分原生、次生植被的清除、人为转变环境下垫面性质，导致地面植被覆盖面积减少、植被组成以及动植物生境发生不良变化；
- ②施工过程中产生的弃碴堆积或其他工程废弃物所导致的表层土壤被剥离、工程用地及其周边表层土壤理化性质改变、表层植物压埋；
- ③施工生产活动中产生的过量粉尘吸附在植物叶表面，影响植物正常地进行新陈代谢，如光合、呼吸和蒸腾作用，限制植物的生长发育，情况严重将导致植物个体死亡；
- ④在施工和生活活动中，施工人员将不可避免地践踏施工用地沿线周围的草

本植物，或对木本植物树干、树冠、根系造成损坏损伤，造成植物生长不良甚至死亡；

⑤因施工用地对原有植物生境斑块的侵占，形成新的人为斑块，对植物群落发育、扩张、竞争等植物群落演变过程产生不可控的阻碍作用。尤其对以乡土、本土植物为主的本土植物群落发育演变的阻碍相对较大，将会加剧外来物种、入侵物种群落组成。从生物多样性角度而言，短期内生物多样性或许会增加，但由于本地区植物群落的组成结构已发生转变，长远而言植物多样性、群落内部自稳定性将会恶化下降。

在施工期间对周边自然环境资源保护措施的缺乏往往会导致上述针对植被的不良情况发生，因此在施工过程中，采取一定的保护措施存在必要性，通过一定的保护措施，可以减少工程对周边环境生物多样性与自然资源的不良影响。

(2) 对植被的影响——据调查，整个评价区内的自然植被主要有暖性针叶林、暖性针阔混交林、常绿阔叶林、红树林、常绿阔叶灌丛、灌草丛、栽培木本类型、栽培草本类型 8 种植被型。工程占用区域涉及的植被类型主要为次生的常绿阔叶灌丛和灌草丛，不具有唯一性，其在评价区其他地段仍有分布，工程占地对评价区植被多样性的影响较小。

(3) 对珍稀濒危植物、古树名木或特有种的影响——根据现场调查和咨询有关部门，拟建项目评价区内尚未发现有古树名木。发现的国家重点保护及珍稀濒危野生植物均未分布在工程占地区，因此工程建设不会对珍稀濒危植物、古树名木或特有种造成影响。

(4) 对植物种类多样性的影响——整个评价区的植物共记录到 369 种维管植物，绝大多数为常见种。从物种组成看，评价区域的乔木主要以马尾松、大头茶、湿地松、大叶相思、台湾相思、荔枝、龙眼等为主，灌木以喙荚鹰叶刺等居多，草本多为野芋、类芦等，这些物种皆为当地常见种，且在评价区内广泛分布。工程占地虽然会对该区域的植物多样性带来一定影响，但不会导致这些常见物种消失。

2、对植被及植物多样性的间接影响

(1) 对植物生长环境的间接影响

施工过程中人为踩踏、重型器械、施工运输车辆的碾压会导致土壤板结，造成

表层土壤的土壤容重、土壤通气性、非毛管孔隙度等表土物理性质恶化，增加植物根系在土壤空间生长的机械阻力；石灰、矿粉等施工用料或废料的堆置、洒落、废弃、填埋等不规范措施会改变土壤的酸碱度，致使碱化土壤形成以及土壤盐碱化，并对后续植物根系的生长空间造成侵占。此外，工程废料不合理堆放会引起土壤重金属污染与微塑料污染，对生态系统本底产生破坏、以上这些引起的土壤结构及理化性质的改变，将不利于植物根系生长，进而制约着植物的生长及发育。工程施工包括地面平整、土石方开挖、弃碴堆积等都会使表层土层被剥离，表层土壤变稀薄，将导致表土微生物多样性恶化，微生物群落活力降低，将影响土壤内高分子有机物向游离态营养物质的转变生产，进而对植被的恢复产生不利影响。另外，植被群落被破坏后，会导致区域内土壤内各类元素如碳、氮、磷等的固定吸收作用，且土壤水分涵养能力降低，破坏原有的土壤结构以及根—土复合体的构建与水稳性团聚体的形成，容易造成水土流失，进而也会影响植被的恢复。

(2) 生物入侵

工程建设过程中往往由以下几种途径造成、促进了外来入侵物种的蔓延：

1) 建设过程中不可控地将地理位置间隔较远的其他生境中的外来物种带到该区域；

2) 平整场地、清理地表植被及障碍物、土壤挖方、填方过程，将会恶化该地区植物生境，尤其是部分对于生境生态因子敏感的植物（如本土植物）生长造成抑制，进而在种群间竞争、互助等群落演变过程中处于弱势甚至消亡，造成生态位空缺，为入侵物种种群构建创造了条件；

3) 周围植被构成、表土理化性质、生境微环境等的改变降低了原有植被的活力，进而对外来物种入侵及其在本地区种群的形成与稳定提供了一种竞争较少的环境，或者说，提供了相对于本土植物群落或次生演变植物群落而言生态胁迫较少的环境。入侵植物一般在入侵地区中具有较强的竞争侵占能力，能在短时间内形成单一优势种群，排挤本地物种，威胁当地生物多样性。该评价区已发现 36 种入侵植物，虽暂时未发现大面积的分布，但有必要进行动态监测，及时对过量生长的入侵物种、种群进行清理等必要管理措施。

6.6.1.3 对野生动物多样性及栖息地影响分析

1、工程施工期对动物多样性的直接影响

(1) 栖息环境的改变

陆域集控中心等永久占地，施工、临时施工道路的开辟和施工人员活动都会对区域野生动物的生境造成干扰和破坏，造成领地范围的改变和竞争，迫使部分动物迁离原栖息地，但同时也为部分人居型动物提供了适宜的生存空间，进而影响区域动物的种群结构。但由于工程施工区域主要为现状村镇斑块绿地，生境单一，动物多样性较低，因此工程施工期施工扰动对野生动物栖息地的影响有限。

两栖动物在系统进化上是介于鱼类和爬行类之间的类群，生活史的某些阶段必须在水中完成。工程建设会改变建设区域的栖息地性质，原来的乔木林转化为裸地后，失去遮蔽的环境将变得干燥，不利于两栖动物的生活。

另一个可能的影响是工程建设废料和土方的堆放，阻塞或改变现有的溪流等水体，从而影响到其中鱼类、两栖类或爬行类的生存。

对于一些穴居的蛇类和哺乳类而言，工程建设会暂时破坏其正在居住的环境，不过这种影响会随着穴居动物找到新的居穴而降低。

一般来说，群落结构复杂完整的森林内因生态位多样，会有更多的鸟类物种。不过对于喜欢在开阔地猎食或水源附近活动的猛禽（如黑鸢等）以及一些喜欢在林缘生活的鸟类来说，工程所开的林窗可能是有利的。

(2) 对两栖类的影响

施工废水、施工人员产生的生活污水若不经处理随意排放到附近水体中，会导致两栖类的生活环境恶化，破坏两栖类体表内外的渗透压平衡、酸碱度平衡，影响其对外界环境的适应能力，导致栖息地缩小和种群及数量的减少。随着施工的结合，这种影响会逐渐消失。

临时及永久占地将占用两栖类的生境，使其生境面积缩小，种群数量下降。评价范围内的陆栖型两栖动物包括黑眶蟾蜍、花狭口蛙、饰纹姬蛙；树栖型两栖动物包括斑腿泛树蛙，它们主要在离水源不远的农田及附近的坡草丛、树林中活动。工程临时及永久占地将占用其部分生境，迫使其寻找替代生境生活。评价范围内及其附近还存在大面积的相似生境，可供这些动物转移。施工活动结束后，随着水土保

持工程的开展，植被的恢复，临时占地处的两栖类生存环境将会逐步得到恢复。

人类活动对两栖类的影响主要是人为捕杀，两栖类中一些种类肉味鲜美，有较高的经济价值，如沼水蛙等。若施工人员对其进行捕杀将会造成部分个体死亡，但这种影响可通过宣传教育等措施加以避免。除此之外施工噪声、振动、扬尘和施工人员产生的生活垃圾等也会对两栖类造成一定不利影响，但其影响程度相对较小。

(3) 对爬行类的影响

工程永久及临时占地将占用其生境，将其驱赶到附近替代生境中生活。由于工程影响区域附近相似生境较多，爬行类可以顺利迁移，且临时占地植被恢复后，其可重新回到原来的栖息地生活。与两栖类类似，爬行类动物对水也有一定依赖性，因此，桥梁施工、施工废水和生活污水也会对其生境产生一定影响，但这种影响会随着施工的结束逐渐消失。

施工过程中，施工人员的生活垃圾若随意丢弃，将对爬行类产生一定影响。生活垃圾的丢弃将吸引昆虫和鼠类的聚集，以昆虫和鼠类为食物的爬行类较多，会使这些爬行类聚集在这些区域，对其分布格局产生一定影响，同时可能会造成传染病的传播。这种影响可以通过对施工人员进行宣传教育、对生活垃圾及时处理等方式加以避免。

(4) 对鸟类的影响

鸟类的感官非常灵敏，对噪声和振动反应较为敏感。施工期间挖掘机、推土机等机械噪声、装卸汽车、载重汽车在运输和装卸过程中产生的噪声将对鸟类产生一定影响。其中施工机械和运输车辆产生的噪声持续时间较长，将使得声源附近栖息的鸟类迁移到影响范围以外生活。由于鸟类的迁移能力强，评价范围内鸟类适宜生境较多，且噪声影响是暂时的，随着施工的结束而消失，因此，在做好科学合理的施工进度安排，采取适当的保护措施的前提下，噪声对鸟类的影响可以减小。

施工期间工程占地将占用部分鸟类生境：占用灌丛及灌草丛将占用部分鸣禽的生境；占用阔叶林将占用部分鸣禽、攀禽和陆禽的生境。虽然集控中心等将占用鸣禽、攀禽、陆禽部分生境，迫使其向占地区域以外迁移，但评价范围内在日常情况下，鸟类对此区域的利用较小，鸟类的多样性水平较低，多为常见物种，所以工程的建设对鸟类影响甚微，其影响是可接受的。且由于周边替代生境多，鸟类迁移能

力强，这种影响较小。且对于临时占地处，随着工程的结束，临时占地处的植被恢复，受占地影响而迁移的这些鸟类可以重新回到原生境生活。此外，施工废水和施工人员的生活污水对鸟类也有一定影响，但影响较小。

(5) 对兽类的影响

兽类感官敏锐、迁移能力较强，对人类活动的敏感程度高于鸟类，其生活类型多样，涵盖筑巢地下而地面觅食的半地下生活型、主要在地面活动觅食的地面生活型、林间活动的树栖型及栖息于居民点或岩洞的岩洞栖息型等。

工程施工期对兽类的影响主要体现在多方面：施工噪声与震动会对其产生明显驱赶作用，不过多数兽类（除鼠类等傍人生活种类外）本身远离人类活动区域，且部分为夜行性，因此这类影响主要表现为限制其活动范围，使其觅食时主动避开施工区域，整体影响程度低于鸟类，且会随施工结束而消失；施工产生的生活垃圾可能改变兽类觅食行为与分布格局，人类活动也会对其造成直接扰动；此外，施工占地、扬尘以及施工废水、生活污水等，也会对兽类的栖息环境与食物来源产生一定干扰。

值得注意的是，施工占用的林地以人工林为主，这类区域植被结构简单，兽类分布的种类和数量相对较少；同时兽类活动能力强，能够较为容易地在施工区域周边找到相似的适宜生境，因此施工活动不会对兽类的生存、繁衍造成显著不利影响。

(6) 对哺乳类的影响

哺乳类感官非常敏锐、迁移能力较强，对人类活动的敏感程度较鸟类更甚。由于建设项目附近哺乳类种类和数量较少，附近区域多为小型的常见野生动物。因此，项目的建设对哺乳类的影响是有限的。工程施工期间占用部分林地，会使林地中生活的哺乳类生境有一定缩减。哺乳类繁殖一般在植被较好的山地中，施工活动对其活动、食物来源都有一定影响。但在工程沿线有许多哺乳类的替代生境，且哺乳类的活动能力较强，可以比较容易的在评价范围周围找到相似生境，施工活动不会对其产生较大的影响。另外扬尘、施工废水和施工人员的生活污水对哺乳类也有一定影响，但影响较小。

施工过程中施工人员产生的生活垃圾若不经处理随意丢弃，将会招引鼠类及昆

虫类。一方面，鼠类聚集，对哺乳类分布格局产生一定影响；另一方面，昆虫的增多会吸引其捕食者如蛙类等，从而使捕食蛙类的蛇类等也向生活垃圾丢弃处集中，蛇类同时也是鼠类的捕食者。这些因素综合起来会导致鼠类数量和分布格局的改变，同时鼠类的聚集也会导致传染病的传播，危害施工人员及当地居民健康。

2、工程对动物多样性的间接影响

工程对动物多样性的间接影响主要为施工期产生的噪声影响，这种影响主要对鸟类栖息干扰比较明显。

（1）对鸟类栖息地的间接影响

工程的建设期间产生的噪声，会导致鸟类的活动场所减少，宜鸟类停歇、觅食的范围减小，可能使鸟类在邻近区域重新选择觅食地，导致工程区域鸟类种群密度降低。

（2）影响植被演替和大型动物种群数量的恢复

工程占地区的灌草丛若任其自由演替，将有可能吸引更多大型动物如野猪、赤麂的回迁和繁衍。工程的建设一定程度上限制减缓了局部植被的演替和恢复，从而将有可能减缓这一进程，对区域内植被自然演替和大型动物回迁繁衍将产生一定的影响。

3、工程对重点保护动物的影响

项目评价区内共记录到国家重点保护野生动物 2 种：褐翅鸢和黑鸢；广东省重点保护野生动物 5 种：黑水鸡、白鹭、牛背鹭、池鹭、大白鹭；CITES 公约附录 II 野生动物 2 种：舟山眼镜蛇和黑鸢；中国生物多样性红色名录收录受威胁野生动物 2 种：银环蛇、舟山眼镜蛇；“三有”动物 54 种，以鸟类为主。鸟类的活动能力较强，对于工程干扰有较强的适应能力，在工程项目建设初期可能在一定程度上会受到噪声、振动及灯光等干扰的影响，但随着项目工程的完成及后期的运营，对这些影响逐渐适应起来。项目地表施工未占用保护动物舟山眼镜蛇的栖息地，对其影响较小。综合而言，工程建设对评价区内重点保护和珍稀濒危野生动物影响轻微。

4、工程对野生动物的生态影响总体评价

项目施工期，对动物的影响主要为工程占地、施工机械和施工人员进场、土料堆积场及施工噪声等干扰因素以及植被破坏等，这些变化将影响现有野生动物的生

存环境、活动区域及觅食范围，对该区域的动物的生存将产生一定的影响，运营期对动物资源的影响主要表现在部分动物生境丧失及生境片段化对动物的影响。但无论是施工期还是运营期，影响程度的大小取决于各类动物的栖息环境、生活习性、居留情况以及工程对生态环境影响大小等多方面的因素。结合对评价区实地调查的结果综合得出，建设项目对动物多样性的影响程度较低。

由于施工期间道路、山体的开挖、道路的铺设、临时场地的修建、材料的堆放以及人为干扰活动的增加等方面因素，工程周边植被遭到破坏，从而破坏或缩小一些动物的栖息地。对于一些鸟类而言，由于噪声及环境的变化，项目区域周边鸟类种群数量可能会降低。对于林下灌丛、灌草丛中的两栖类、爬行类和小型哺乳类等动物而言，它们的生存环境会有小部分破坏，但它们都具有一定的迁移能力，能够规避工程建设带来的直接影响，在非施工区域找到适合生存的栖息地。

工程建设对评价区内的陆生脊椎动物存在某些有利的方面，如开阔环境对掠食性鸟类如猛禽的利好。但是更多的是次生植被转变为人工环境所带来的不利影响。评价区记录物种多为常见种，没有记录到高濒危级别的物种，工程建设会在工程建设区域周边对各物种种群分布和种群数量造成影响，但不至于导致动物种群的严重衰退。

6.6.1.4 对生态系统影响分析

工程影响评价区人为活动和人工干扰较强。自然环境处于良好的保护状态，受工程项目建设影响的主要是灌草丛生态系统。

1、对区域自然生态系统结构的影响

工程永久占用 4.34 hm² 地表土地，评价区记录维管植物 104 科 293 属 370 种。其中国家 II 级重点保护野生植物 2 种（凹叶红豆和绣球茜），广东省级重点保护野生植物 1 种（猪笼草），被《中国生物多样性红色名录》中列为易危（Vulnerable）的物种 2 种。评价区记录到陆生野生脊椎动物 16 目 44 科 66 种，其中国家重点保护野生动物 2 种：褐翅鸢和鸢；广东省重点保护野生动物 5 种：黑水鸡、白鹭、牛背鹭、池鹭、大白鹭；CITES 公约附录 II 野生动物 2 种：舟山眼镜蛇和鸢；中国生物多样性红色名录收录受威胁野生动物 2 种：银环蛇和舟山眼镜蛇；“三有”动物 54 种。工程建设开展时，地表施工区域需使用林地，挖填土方等施工

作业必然会对评价区现有的灌草丛生态系统和水资源系统造成一定的影响。

(1) 对人工乔木林生态系统的影响

工程在建设过程中，由于工程挖填方、施工场地修建，将造成区域内人工乔木植被的直接破坏，一定程度会减少区域内植被覆盖率，影响植被的完整性。施工引起的污染物、灰尘沉降也会影响植物的光合作用、呼吸蒸腾，导致土壤污染，进而会影响植物的生长、组成和结构。人工乔木林（湿地松和相思林）生态系统在评价区域内广泛分布，不具有唯一性，因此项目工程对乔木林生态系统服务功能的影响较小。

工程临时占地仅在施工期会对占地及周边区域的人工乔木林生态系统产生微弱的影响，但随着施工结束及复绿工作的完成，这种影响会逐步减弱直至消失。

(2) 对水域生态系统的影响

工程施工阶段的平整填挖方会造成相应区域地下水位的升高或降低、可饮用水资源减少；另一方面，土壤结构的破坏将形成水土流失，使得局部区域泥沙沉积，或多或少会影响区域内水系水质和原有的生态系统。

但因工程永久占地、施工区域以及施工临时便道等临时占地区域只占周边自然生态系统净生产力的很小一部分，不足以对周边生态系统生物量和净生产力造成影响。通过生态恢复后，项目建设区域自然体系仍可处于较高的生产力水平，对自然系统生产能力的影响在区域自然系统可以承受的范围之内。

2、对自然生态系统功能的影响

工程建成后，使得评价区内部分土地类型发生变化，植被面积减少，非林地面积增加，工程施工期会降低占用区及其影响区的生态系统功能。工程永久占地面积不大，工程临时便道和临时占地等在施工结束后会逐步实施复绿，因此工程影响只占区域生态系统生物量很小一部分，通过生态恢复后，评价区的自然生态系统功能会逐步恢复。

3、对自然生态系统生物量和生产力的影响

生态系统的稳定性包括两种特征，即阻抗和恢复。阻抗是生态系统在环境变化或潜在干扰时反抗或阻止变化的能力。而恢复是生态系统被改变后返回原来状态的能力。因此，对生态系统稳定状况的度量要从恢复的稳定性和阻抗的稳定性两个方

面来分析评价。

自然系统的恢复稳定性，是根据植被净生产力来度量的。本区域生态环境质量的控制组分主要为林地，处于中亚热带，水热条件良好，且区域内大面积天然常绿阔叶林及人工种植的植被，生长速度快，生物量较大，净生产力高，则其恢复稳定性强。因此，区域内生态环境具有较强的阻抗能力和受干扰后的恢复能力。总的来说，调查区内自然植被具有较高的生物恢复力，恢复稳定性较强，区域内自然植被对于干扰具有很强的自维持能力，将对维持调查区内的生态平衡发挥极其重要的作用。

自然系统的阻抗稳定性是由系统中生物组分异质性的 高低决定的。异质性是指一个区域里（景观或生态系统）对一个种或更高级的生物组织的存在起决定作用的资源在空间或时间上的变异程度。异质化程度高的自然系统，当某一斑块形成干扰源时，相邻的异质性组分就成为了干扰的阻断，从而达到增强生态系统抵御内外干扰的作用，有利于体系生态稳定性的提高。区域内林地斑块面较大，连续性大，生物组分异质性高，具有较强的阻抗稳定性。

评价范围内的农田、果林、村镇等的阻抗稳定性和恢复稳定性水平均较低，容易受到外来因素的干预和改变。尤其部分区域地表扰动较大，一定规模的植物入侵有可能改变当地物种生存环境，以至于影响其生存繁衍。因此，评价范围的森林生态系统稳定性需要有效保持；此外，需通过采取相应生态措施，以进一步加强区域内的生态稳定性的水平。目前人类活动对生态环境有一定的干扰，对区域内的总体生态环境影响较小。

4、对自然生态系统稳定性的影响

工程永久占地主要为人工乔木林，永久占地面积较小，且植被均为人工种植物种，待工程结束后，植被恢复和水土保持均采用当地乡土植被种类，基本不会对周边生态系统演替造成影响。

施工临时占地区域在施工结束后会恢复林业生产条件，实施复绿工作，对区域自然生态系统的稳定性基本无影响。

工程建设后，在做好防护措施，合理安排施工工期的情况下，不会对区域物流、物种流、能源流造成阻断。工程建设会对区域内视觉景观造成分割，但不会对

森林林地造成分割和破碎化，区域生态系统仍是由常绿阔叶林和栽培植被主导，生态系统处于亚稳定状态，不会破坏所在区域的生态系统完整性。

5、人为直接伤害

在施工活动中，施工人员将不可避免地践踏施工沿线周围的草本植物，造成植物生长不良甚至死亡。但施工结束后施工人员的践踏问题也将消失。工程建设过程中，涉及部分植被砍伐，因此，将不可避免地造成沿线生态系统的生物量的损失。

根据统计，生物量损失总计 283.55 t，其中永久生物量损失 281.72 t，临时生物量损失 1.83 t。本项目建设引起的生物量损失详见表 6.6.1-2。

在实际工程建设过程中，可通过优化道路的布设、减少林木砍伐或只砍伐林下灌草、施工临时占地植被恢复等方式减少对生态系统服务功能的影响。农田生态系统和森林生态系统中的人工林类型主要服务功能为服务人类生产生活，这类功能可通过货币补偿等方式保持其有机物生产的生态系统服务功能不明显降低。由于森林、灌草丛、农田生态系统的生物量受损，其水土保持和野生动物栖息的生态功能将受到一定损失，工程涉及这几类生态系统的占地中，临时占地的生物量损失为临时损失，在工程施工结束并进行植被恢复后，其水土保持功能、野生动物栖息功能等均将逐步恢复。

表 6.6.1-2 项目实施后占用区植被生物量变化一览表

植被类型	永久占用面积 (hm ²)	临时占用面积 (hm ²)	平均生物量 (t/hm ²)	永久生物量损失 (t)	临时生物量损失 (t)	评价范围生物量	变化比例
常绿阔叶林	2.48	0.025	73.28	181.73	1.83	11155.41	减少 1.65%
针阔混交林	0.45	0	57.44	25.85	0	5260.93	减少 0.49%
针叶林	1.41	0.000054	52.58	74.14	0.0028	1106.18	减少 6.70%
非林地	0	0.35	0	0	0	/	/
合计	4.34	0.375054	183.3	281.72	1.83	17522.52	/

表 6.6.1-3 项目实施后占用区植被生产力变化一览

植被类型	永久占用面积	临时占用面积	平均生产力 (t/a* (hm ²))	永久占地区生产力损失 (t/a)	临时占地区生产力损失 (t/a)	评价范围生产力	变化比例

常绿阔叶林	2.48	0.025	16.81	41.69	0.42	2558.99	减少 1.65%
针阔混交林	0.45	0	13.28	5.98	0	1216.32	减少 0.49%
针叶林	1.41	0.000054	9.74	13.73	0.000525	204.93	减少 6.70%
非林地	0	0.35	0	0	0	0	/
合计	4.34	0.375054	39.83	61.4	0.420525	3980.24	/

6.6.1.5 对景观的影响分析

本项目施工期对景观影响主要体现在站址开挖和电缆沟施工等工程行为对原有地形地貌的破坏与改变，工程建设，将使工程区涉及的生态系统结构发生一定变化，部分植被将被破坏，以人工林为主的森林生态系统、草地生态系统，在局部地区形成一定的破碎化，工程建设后，新的建筑物会对项目附近的自然景观和人文景观造成改变。施工结束后应及时进行植被和绿化恢复，场地内主要杂草、灌木、乔木等植被，占地固化并绿化后，减缓对景观产生的不利影响，使得本项目融入自然景观，且所在区域生态环境一般，本项目周边人为活动频繁，区域逐步从自然生态向人工生态转换，本项目对景观的影响是可以接受的。

6.6.1.6 海缆穿越区域

本项目预选登陆点位于江门市台山市赤溪镇南部，台山电厂大坑水库入海口处北侧，水库呈西北—东南走向，登陆点北侧为养殖区，西侧紧挨内部道路跨水库桥梁。定向钻由登陆点附近入钻，穿过黑沙湾陆地部分，从黑沙湾南侧海域出钻，黑沙湾地表为大片平地，上有少量建筑物。

登陆点和定向钻位置示意图如图 6.6.1-1 所示。

图 6.6.1-1 位置示意图

穿过黑沙湾陆地部分采用定向钻施工，不需要开挖地标减少地表结构和植被破坏，泥浆废水经沉淀处理后用于场地周边洒水抑尘、设备清洗，不直接排放，基本不会对周边生态环境造成的影响。施工期间噪声，会对周边动物造成一定影响，造成动物逃窜，这部分影响是短暂的，施工期应尽量避免高噪声施工，并强化施工人员教育，做好野生动物保护工作。

6.6.2 营运期陆域生态环境影响评价

6.6.2.1 对植物的影响分析

(1) 植被生态系统结构的影响

本项目占地类型以林地为主，物种均为本地区常见物种。因此，项目运营期对周边植物类型影响较小。尽管项目建设会造成局部生物多样性减少，但不会对区域生物多样性产生不利影响。陆上集控中心营运行期主要进行电能的转换和传输，无其他生产和建设活动，运行期的主要环节影响因子为工频电磁场、合成电场及电磁和机械噪声，不会对附近区域生态环境造成直接影响。

(2) 林地破碎化的影响

永久性占地内植被将完全被破坏，取而代之的硬化地面及建筑设备，形成建筑用地类型。项目永久占地较小，不会造成群落破碎化明显，影响有限。

(3) 电磁环境影响

针对电场、磁场对植物的影响也有过不少研究。美国电力研究所（EPRI）将 85 种 16000 棵植物置于均匀的、未受干扰的 0~50kV/m 的电场中进行试验。试验发现：植物受损与其几何形状及起始含水量有关。像小麦这种苗尖极尖锐的植物，在低至 20kV/m 场强时就记录到电晕和损害，这是研究中所发现的最低起始损伤水平。大多数植物的起始损伤水平大于 34kV/m，而某些圆形或钝形叶片的品种甚至在 50kV/m 时也不受损伤。罗切斯特大学研究了电场对地下植物的生长影响（Miller 等人，1979 年），将电极装在浸泡植物的水溶液中，发现溶液中场强在 360-430V/m 时，根生长速度减慢。研究者认为，如果电极处于空气中（输电线路属于这种情况），要在水或土壤中产生这样强度的电场是不可能的。由美国电力系统投资，珀杜大学和诺特戴姆大学在印第安纳进行了这一研究(Hodges 等人 1975，Hodges 和 Mitchell 1979，Greene 1979)。具体研究了电场强度最高达 12kV/m 的 765kV 附近农作物的一般生长情况，发现所有植物的生长速度都没有减慢。这些研究结果说明电磁场对植物的生长没有明显的影响。

6.6.2.2 对动物的影响分析

项目营运期主要对陆生动物造成影响，以下重点对运营过程可能对陆生动物带

来的影响进行分析。

国外对不同场强对动物的影响做了不少试验和研究。Knicherboher 的报告中指出：1000kV/m 电场可使试验动物(鼠)麻痹。700kV/m 时，动物烦躁不安，并全身毛发竖立，220kV/m 时稍有不妥，160kV/m 则无明显不妥。22 只试验鼠在 160kV/m 场强中经过 1482h 后，除暴露于强电场下的后代雄鼠的体重较对照组轻外，试验组鼠的一般习性和生殖力没有发现明显差异。意大利的 ENEL 在 1973-1976 年对大白鼠、兔、狗等动物进行试验，场强为 25kV/m 及 100kV/m。

试验结果显示，动物的心搏出量、心律、动脉血压的平均值皆无明显变化，除狗的血红蛋白和红血球下降外，其余动物的血相均无变化，生化指标都在正常范围。从现有的研究和试验结果来看，对动物有影响的一般都是强电场，其强度往往大至数十甚至数百 kV/m。

本工程为 500kV 超高压输变电工程，产生的工频电场对陆生动物的可能会产生一定的影响，但由于动物的活动范围较大，并不是一直暴露在工频电场范围内，所以这种影响应该较小。

6.6.2.3 对景观的影响分析

本项目周边人为活动频繁，正在进行开发建设，区域逐步从自然生态向人工生态转换，项目距离周边滨海旅游区有一定的距离，本项目所处位置相对于周边滨海旅游区距景观敏感度不高，本项目与周围自然景观能够协调。

6.7 噪声环境影响预测与评价

6.7.1 施工期海域噪声影响预测与评价

6.7.1.1 海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

由于水下打桩噪声的强声源特点及对海洋中各类生物所产生的危害，自上世纪 90 年代，美国和欧洲等海洋国家就开始了针对水下打桩噪声的监测和研究。美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值见下表。

表 6.7.1-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级（>180dB 危险级）	基于暂时性听力阈值提升（TTS）和保守估计的永久性听力阈值提升（PTS）伤	鳍足类：190dB RMS 鲸豚类：180dB RMS

害门限		
B 级 (120~180dB, 警告级)	脉冲式噪声(如冲击打桩)可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS
B 级 (<120dB, 安全级)	非脉冲式噪声(如钻孔)可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值(适用于所有鱼): 206dB	累积暴露级(Cumulative SEL): 对质量大于等于 2 克的鱼体: 187dB 对质量小于 2 克的鱼体: 183dB

由于美国没有大黄鱼等对声音较为敏感的石首科鱼类, 噪声对鱼类伤害的门限值定的比较松。

不同鱼类对声压的忍受力不同, 其中石首科鱼类对声压最为敏感。本报告以对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼为研究对象, 以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。厦门大学在福建闽威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验表明: 大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz, 声压级约 140dB/re 1 μ Pa 时幼苗对声波即有明显反应, 当声压级达到 172dB/re 1 μ Pa 时有些幼苗直接死亡; 大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz, 当声强达到 150dB/re 1 μ Pa 以上小鱼有主动避开声源的行为, 当声源强度达到 187dB/re 1 μ Pa, 在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡; 大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近, 当声源达到 192dB/re 1 μ Pa 时, 鱼群受惊吓明显, 反应迟钝, 虽未产生直接死亡, 但在其后行为发生明显变化, 出现不进食等现象, 并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。

6.7.1.2 施工水下噪声对渔业资源影响

根据厦门大学在威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验, 大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz, 当声压级达到 172dB/ μ Pa 时有些幼苗直接死亡; 大黄鱼成鱼的声敏感频率转移至 600Hz, 当声源达到 192dB/ μ Pa 时, 鱼群受惊吓明显, 反应迟钝, 虽未产生直接死亡, 但在其后行为发生明显变化, 出现不进食等现象, 并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。因此桩基打桩作业对渔业资源将产生一定的影响, 主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。如果这一水域有石首鱼科种类产卵, 打

桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。施工期对产卵场、索饵场和洄游通道的影响是负面的，主要是电缆铺设产生的增量悬沙、打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，只要工程中作业顺序安排得当，电缆铺设和打桩尽可能的避开渔业敏感季节，施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

6.7.1.3 施工水下噪声对海洋哺乳动物影响

虽然相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工不会对一定距离外（200m 左右）的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋鱼类的累积效应可能造成慢性影响。研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

施工期噪声可能会对海洋哺乳动物和鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可能造成成年海豹与幼崽的隔离（David Kastaket al.1999）。

下图为丹麦国家环境研究所在研究海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard, et al, 2006）。研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和营运期水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期没有见到斑海豹。类比分析认为，本工程施工期可能造成海洋哺乳动物在工程海域数量分布减少，但施工结束后相应生物资源量会逐渐恢复。

图 6.7.1-2 丹麦风电场施工期和营运期海豹数量的变化

总体上施工中水下噪声对鱼类、海洋哺乳动物的影响主要表现为噪声干扰导致鱼类或海洋哺乳动物暂时游离施工水域，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类或海洋哺乳动物离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，不会造成大范围鱼类死亡。

总体上来说，本项目仅海上升压站、补偿站基础需进行打桩，施工量较小，打桩施工时间较短，造成的噪声影响也较小。

6.7.1.4 施工船舶噪声对海洋生物的影响

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 55-60dB，船舶噪声的声压谱级为 75~100dB，相比背景噪声提高约 20~40dB。

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。

6.7.2 施工期陆域噪声影响预测与评价

本项目施工期陆域主要的噪声来源是定向钻、陆域集控中心施工。

(1) 源强

本项目施工期的噪声源强主要来源于施工现场的各类机械设备，主要包括定向钻、液压挖掘机、运输车、推土机等，这类机械是最主要的施工噪声源，噪声源强在 73~86dB(A) 之间，夜间不进行施工。

表 6.7.2-1 各施工阶段主要噪声源状况

阶段*	声源名称	空间相对位置/m			声源源强	数量	声源控制措施	运行时段
		X	Y	Z	声压级/距声源距离 (dB(A)/m) **			
岸线穿越	定向钻	-174.14	-336.76	0.5	99/1	1	设备维护；低噪声施工设备；隔声减震；施工围挡	昼间
电缆沟开	挖掘机	-60.14	-234.25	1	94/1	2		
陆域挖、敷设	运输车	-46	-215.26	1	100/1	1		
集控中心 施工场地 四通一平	液压挖掘机	59.57	121.22	1	100/1	2		
	重型运输车	35.85	74.53	1	100/1	3		
	推土机	-65.38	177.73	1	100/1	2		
地基处理、建构 筑物土石方开挖	重型运输车	11.14	35.24	1	100/1	3		
	推土机	-165.65	169.82	1	100/1	2		
土建施工	静力压桩基	-64.5	144.31	1	84/1	2		
	重型运输车	-193.8	190.05	1	100/1	3		

阶段*	声源名称	空间相对位置/m			声源源强	数量	声源控制措施	运行时段
		X	Y	Z	声压级/距声源距离 (dB(A)/m) **			
	混凝土振捣器	-22.28	129.36	1	98/1	2		
设备进场运输	重型运输车	-221.94	212.03	1	100/1	3		

注：*设备及网架安装阶段施工噪声明显小于其他阶段，在此不单独预测；

**陆上集控中心施工所采用设备为中等规模，因此参考 HJ 2034-2013，选用适中的噪声源源强值；以陆上集控中心南侧端点为原点，坐标约。东
西向为 X 轴，南北向为 Y 轴。

(2) 预测模式

根据噪声排放特点，并结合《环境影响评价技术导则-声环境》(HJ2.4-2021) 的要求，可选择点声源预测模式模拟预测声源排放噪声随距离的衰减变化规律。固定声源的噪声向周围传播过程中，会发生反射、折射、衍射、吸收等现象。在预测时，为留有较大余地，以噪声对环境最不利的情况为前提，仅考虑距离衰减，其他衰减因素均不考虑，其计算模式如下：

1) 户外声传播衰减计算方法

①预测点处声压级按下式计算：

$$L_p(r) = L_p(r_0) + DC - (A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc})$$

式中：L_p(r)—预测点处声压级，dB；

L_p(r₀)—参考位置 r₀ 处的声压级，dB；

DC—指向性校正，它描述点声源的等效连续声压级与产生声功率级 L_w 的全向点声源在规定方向的声级的偏差程度，dB；

A_{div}—几何发散引起的衰减，dB；

A_{atm}—大气吸收引起的衰减，dB；

A_{gr}—地面效应引起的衰减，dB；

A_{bar}—障碍物屏蔽引起的衰减，dB；

A_{misc}—其他多方面效应引起的衰减，dB。

②噪声源叠加公式

对两个以上多个声源同时存在时，其预测点总声压级采用下面公式：

$$L_{eqg} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1L_{Aj}} \right) \right]$$

式中：Leqg——预测点的总等效声级，dB(A)；

tj——在 T 时间内 j 声源工作时间，s；

ti——在 T 时间内 i 声源工作时间，s；

T——用于计算等效声级的时间，s；

N——室外声源个数；

M——等效室外声源个数。

③噪声贡献值公式

$$L_{eqg} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_i t_i 10^{0.1L_{Ai}} \right)$$

式中：Leqg——噪声贡献值，dB；

T——预测计算的时间段，s；

ti——i 声源在 T 时间段内的运行时间，s；

LAi——i 声源在预测点产生的等效连续 A 声级，dB。

④对室外噪声声源主要考虑噪声的几何发散衰减及环境因素衰减：

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中：Lp(r)——预测点处声压级，dB；

Lp(r0)——参考位置 r0 处的声压级，dB；

r——预测点距声源的距离；

r0——参考位置距声源的距离。

ΔL——各种因素引起的衰减量(包括声屏障、空气吸收等引起的衰减量)

2) 对两个以上多个声源同时存在时，其预测点总声压级采用下面公式：

$$L_{eqg} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1L_{Aj}} \right) \right]$$

式中：Leqg——预测点的总等效声级，dB(A)；

tj——在 T 时间内 j 声源工作时间，s；

t_j ——在 T 时间内 i 声源工作时间, s;

T——用于计算等效声级的时间, s;

N——室外声源个数;

M——等效室外声源个数。

(2) 预测结果

项目陆域评价范围内声环境敏感目标详见表 6.7.2-2, 按施工期所有设备同时运行预测, 施工期噪声预测结果图详见图 6.7.2-1, 周边环境敏感目标噪声达标情况详见表 6.7.2-2。

由预测结果可知, 施工期项目边界噪声可满足《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025): 昼间 ≤ 70 dB (A), 夜间 ≤ 55 dB (A)。电缆沿线东侧居民楼(噪声监测点 S12), 在采取北侧, 西侧、南侧三面设置 2m 高围挡后, 施工期间周边 200m 范围内的居民楼、办公楼等敏感目标均可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。江门台山曹峰山地方级自然保护区可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准。本项目施工期噪声对周边环境敏感目标的影响较小。

图 6.7.2-1 施工期噪声贡献值预测结果图

表 6.7.2-2 施工期场界噪声预测结果与达标分析表

序号	边界位置	噪声贡献值/dB (A)		噪声标准/dB (A)		超标和达标情况	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1	施工场界北	55.9	0	70	55	达标	达标
2	施工场界东	58.9	0	70	55	达标	达标
3	施工场界南	58.6	0	70	55	达标	达标
4	施工场界西	60.4	0	70	55	达标	达标

表 6.7.2-3 施工期项目周边声环境保护目标噪声预测结果与达标分析表

序号	声环境保护目标名称	噪声背景值/dB (A)		噪声现状值/dB (A)		噪声标准/dB (A)		噪声贡献值/dB (A)		噪声预测值/dB (A)		较现状增量/dB (A)		超标和达标情况	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1	集控中心南侧居民楼 1	57.9	48.6	57.9	48.6	60	50	54.9	0	59.7	48.6	1.8	0	达标	达标
2	集控中心北侧办公楼 2	56.4	48.3	56.4	48.3	60	50	49.0	0	57.1	48.3	0.7	0	达标	达标
3	集控中心西北侧居民楼 3	54.5	47.8	54.5	47.8	60	50	47.1	0	55.2	47.8	0.7	0	达标	达标
4	登陆点北侧居民楼	57.5	48.3	57.5	48.3	60	50	49.9	0	58.2	48.3	0.7	0	达标	达标
5	电缆沿线居民楼 2 (S13)	53.0	46.0	53.0	46.0	60	50	53.3	0	56.17	46.0	3.17	0	达标	达标
6	电缆沿线居民楼 3 (S12)	53.9	47.6	53.9	47.6	60	50	57.9	0	59.4	47.6	5.5	0	达标	达标
7	江门台山曹峰山地方级自然保护区	51.0	44.8	51.0	44.8	55	45	50.8	0	53.9	44.8	2.9	0	达标	达标

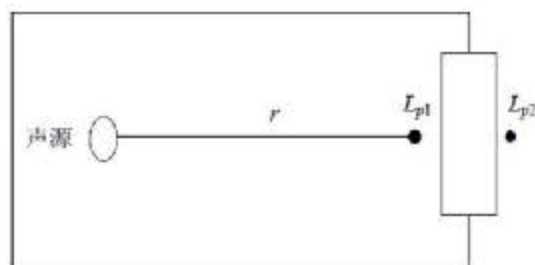
6.7.3 营运期噪声影响预测与评价

6.7.3.1 营运期陆域声环境影响分析

1、评价方法

采用导则推荐的模式预测方法，预测陆上集控中心营运期噪声环境影响。本次评价噪声预测采用声场仿真软件 Cadna/A，该软件由德国 DataKustik 公司开发。该软件在我国已取得原环境保护部环境工程评估中心的认证（国环评估中心文[2001]7号）。

噪声预测采用《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021）中附录 A 中的工业噪声源预测模式，先将室内声源等效室外声源，然后再根据室外声源在预测点产生的声级公式进行模式预测。



(1) 如上图所示，首先计算出某个室内靠近围护结构处的倍频带声压级：

$$L_{p1} = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

式中：

L_{p1} —为某个室内声源在靠近围护结构处产生的倍频带声压级，dB；

L_w —为某个声源的倍频带声功率级，dB；

r —为室内某个声源与靠近围护结构处的距离，m；

R —房间常数， m^2 ； $R = Sa / (1-a)$ ， S 为房间内表面积， a 为平均吸声系数。

Q —方向因子，无量纲值。通常对无指向性声源，当声源放在房间中心时， $Q=1$ ；当放在一面墙的中心时， $Q=2$ ；当放在两面墙夹角时， $Q=4$ ；当放在三面墙夹角处时， $Q=8$ 。

(2) 计算出所有室内声源在靠近围护结构处产生的总倍频带声压级：

$$L_{p1i}(T) = 10 \lg \left[\sum_{j=1}^N 10^{0.1 L_{p1ij}} \right]$$

式中：

$L_{p1i}(T)$ —靠近围护结构处室内 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

L_{p1ij} —室内 j 声源 i 倍频带的声压级，dB；

N —室内声源总数。

在室内近似为扩散声场时，按③中公式计算出靠近室外围护结构处的声压级。

(3) 计算出室外靠近围护结构处的声压级：

$$L_{p2i}(T) = L_{p1i}(T) - (TL_i + 6)$$

式中：

$L_{p2i}(T)$ —靠近围护结构处室外 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

TL_i —围护结构 i 倍频带的隔声量，dB。

然后按公式将室外声源的声压级和透过面积换算成等效的室外声源，计算出中心位置位于透声面积 (S) 处的等效声源的倍频带声功率级。

(4) 将室外声级 $L_{p2}(T)$ 和透声面积换算成等效的室外声源，计算出等效声源第 i 个倍频带的声功率级 L_w ：

$$L_w = L_{p2}(T) + 10 \lg S$$

式中：

S —透声面积， m^2 。

(5) 等效室外声源的位置为围护结构的位置，其倍频带声功率级为 L_w ，由此按室外声源方法计算等效室外声源在预测点产生的声级。

(6) 计算某个室外声源在预测点的倍频带声压级

$$L_p(r) = L_w + D_c - A$$

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

式中：

$L_p(r)$ —点声源在预测点产生的倍频带声压级；

L_w —参考位置 r_0 处的倍频带声压级；

D_c —指向性校正, dB;

A —各种因素引起的衰减量(包括几何发散引起的倍频带衰减(A_{div}), 大气吸收引起的倍频带衰减(A_{atm}), 地面效应引起的倍频带衰减(A_{gr}), 声屏障引起的倍频带衰减(A_{bar}), 其他多方面效应引起的倍频带衰减(A_{misc}))。

如果已知声源的倍频带声功率级 L_W , 且声源可看作是位于地面上的(声源处于半自由声场), 则

$$L_p(r) = L_W - 20\lg(r) - 8$$

(7) 由各倍频带声压级合成计算出该声源产生的声级 L_A 。

(8) 计算声压级

设第 i 个室外声源在预测点产生的 A 声级为 L_{Ai} , 在 T 时间内该声源工作时间为 t_i ; 第 j 个等效室外声源在预测点产生的 A 声级为 L_{Aj} , 在 T 时间内该声源工作时间为 t_j , 则预测点的总等效声级为:

$$L_{eqg} = 10\lg\left[\frac{1}{T}\left(\sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1L_{Aj}}\right)\right]$$

式中:

t_i —在 T 时间内 i 声源工作时间, S;

t_j —在 T 时间内 j 声源工作时间, S;

T —计算等效声级的时间, h;

N —室外声源个数, M 等效室外声源个数。

2、预测参数

(1) 噪声源

①噪声源强及源强简化

声环境影响预测, 一般采用声源的倍频带声功率级、 A 声功率级或靠近声源某一位置的倍频带声压级、 A 声级来预测计算距声源不同距离的声级。

本工程营运期噪声源主要是变压器、电抗器等设备运行产生的噪声等。根据《环境影响评价技术导则-声环境》(HJ2.4-2021), 结合设计文件提供的主变外形尺寸等, 确定本项目主要噪声源的源强。

陆上集控中心主要噪声源强如表 6.7.3-1。

表 6.7.3-1 陆上集控中心主要噪声源强一览表

序号	设备	1m 处 声压级 dB (A)	空间相对位置/m			声 源 数 量	频谱特性	声源控 制措施	运行时 段
			X	Y	Z				
1	500kV GIS 设备	75	-65.86	178.57	1.2	1	中、低频	设备维 护；隔 声减 震；建 筑围挡	昼间、 夜间
2	SVG 降压变	60	-67.25	167.33	1.2	2	低频		
3	500kV 电抗器	70	-81.93	187.11	1.2	2	中、低频		

②站内主要声源与陆上集控中心厂界位置关系

结合陆上集控中心总平面布置图，主要噪声源与厂界的相对位置关系见表 6.7.3-2。

表 6.7.3-2 陆上集控中心主要室外噪声源与厂界、最近建筑物相对距离

目标	声源	500kV 变压器
东侧厂界		约 76m
南侧厂界		约 114m
西侧厂界		约 244m
北侧厂界		约 75m

(2) 衰减因素选取

噪声的预测计算过程中，在满足工程所需精度的前提下，采用较为保守的方法。本次评价主要考虑几何发散（A_{div}）、空气吸收（A_{atm}）、地面效应（A_{gr}）引起的噪声衰减，而未考虑其他多方面效应（A_{misc}）引起的噪声衰减。

(3) 预测高度

厂界噪声预测点高度为 1.2m，网格点高度为 1.2m。

(4) 预测方案

将集控中心本期建设的主要声源设备作为源强，预测集控中心建成后对厂界噪声的影响，并以厂界噪声的贡献值作为评价量对集控中心的声环境影响进行评价。

3、预测结果及评价

本工程已设计如下噪声控制措施：

(1) 建设单位选择采购低噪声设备，将噪声值作为设备采购、产品验收的强制性指标之一进行重点要求。

(2) 优化厂区平面布局，将建构物布置在高噪声源周围作为天然声屏障，减少噪声对外界的影响。

(3) 变压器、电抗器之间设置防火墙（具有隔声屏障作用）。

(4) 围墙采用实体围墙，尽量增加高度，起到一定的隔声屏障作用。

陆上集控中心本期建成后的厂界噪声预测结果见图 6.5.3-1、表 6.5.3-3。

图 6.7.3-1 运营期噪声贡献值预测结果图

表 6.7.3-3 厂界噪声计算结果单位: dB (A)

序号	预测点	贡献值	标准值		达标情况	
			昼间	夜间	昼间	夜间
1	集控中心北围墙外 1m	29.2	60	50	达标	达标
2	集控中心东围墙外 1m	19.4	70	55	达标	达标
3	集控中心南围墙外 1m	18.5	60	50	达标	达标
4	集控中心西围墙外 1m	19.3	60	50	达标	达标

由表 6.7.3-3 可知, 集控中心四侧围墙外 1m 噪声贡献值为 18.5~29.2dB (A), 可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类、4 类标准。由预测结果可知, 营运期周边 200m 范围内的敏感目标可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。本项目营运期噪声对周边环境敏感目标的影响基本维持现状, 影响较小。

表 6.7.3-4 营运期项目周边声环境保护目标噪声预测结果与达标分析表

序号	声环境保护目标名称	噪声背景值/dB (A)		噪声现状值/dB (A)		噪声标准/dB (A)		噪声贡献值/dB (A)		噪声预测值/dB (A)		较现状增量/dB (A)		超标和达标情况	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1	集控中心南侧居民楼 1	57.9	48.6	57.9	48.6	60	50	20.1	20.1	57.9	48.6	0	0	达标	达标
2	集控中心北侧办公楼 2	56.4	48.3	56.4	48.3	60	50	16.8	16.8	56.4	48.3	0.7	0	达标	达标
3	集控中心西北侧居民楼 3	54.5	47.8	54.5	47.8	60	50	13.0	13.0	54.5	47.8	0.7	0	达标	达标
4	登陆点北侧居民楼	57.5	48.3	57.5	48.3	60	50	7.7	7.7	57.5	48.3	0.7	0	达标	达标
5	电缆沿线居民楼 2 (S13)	53.0	46.0	53.0	46.0	60	50	10.0	10.0	53.0	46.0	3.17	0	达标	达标
6	电缆沿线居民楼 3 (S12)	53.9	47.6	53.9	47.6	60	50	11.3	11.3	53.9	47.6	5.5	0	达标	达标
7	江门台山曹峰山地方级自然保护区	51.0	44.8	51.0	44.8	55	45	19.7	19.7	51.0	44.8	2.9	0	达标	达标

6.7.3.2 营运期海域声环境影响分析

1、海上升压站声环境影响分析

项目营运期海上升压站的运行噪声主要为变压器等设备，噪声值约为 60~75dB(A)。本项目海洋背景噪声的声压谱级为 49-63dB，项目海上升压站营运期设备声压谱级为 60~75dB，相比背景噪声提高约 11~12dB。海上升压站周边无水上声环境保护目标。总体来说，营运期海上升压站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。

2、海上中间补偿站声环境影响分析

项目营运期海上中间补偿站的运行噪声主要为高压电抗器等，噪声值约为 70~80dB(A)。本项目海洋背景噪声的声压谱级为 49-63 dB，项目海上补偿站营运期设备声压谱级为 70~80dB，相比背景噪声提高约 21~27dB。海上中间补偿站周边无水上声环境保护目标。总体来说，营运期海上中间补偿站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。

6.7.4 声环境影响评价自查表

表 6.7.4-1 声环境影响评价自查表

工作内容		自查项目					
评价等级与范围	评价等级	一级 ☐ 二级 ☒ 三级 ☐					
	评价范围	200m ☒ 大于 200m ☐ 小于 200m ☐					
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级 ☒ 最大 A 声级 ☐ 计权等效连续感觉噪声级 ☐					
评价标准	评价标准	国家标准 ☒ 地方标准 ☐ 国外标准 ☐					
现状评价	环境功能区	0 类区 ☐	1 类区 ☐	2 类区 ☒	3 类区 ☐	4a 类区 ☒	4b 类区 ☐
	评价年度	初期 ☐		近期 ☒		中期 ☐	远期 ☐
	现状调查方法	现场实测法 ☒ 现场实测加模型计算法 ☐ 收集资料 ☐					
	现状评价	达标百分比			100%		
噪声源调查	噪声源调查方法	现场实测 ☐ 已有资料 ☒ 研究成果 ☐					
声环境影响预测与评	预测模型	导则推荐模型 ☐ 其他 ☐					
	预测范围	200m ☐ 大于 200m ☐ 小于 200m ☐					
	预测因子	等效连续 A 声级 ☐ 最大 A 声级 ☐ 计权等效连续感觉噪声级 ☐					

工作内容		自查项目		
价	场界噪声贡献值	达标 ☒ 不达标 ☐		
	声环境保护目标处噪声值	达标 ☒ 不达标 ☐		
环境 监测 计划	排放监测	场界监测 ☐ 固定位置监测 ☐ 自动监测 ☐ 手动监测 ☐ 无监测 ☒		
	声环境保护目标处噪声监测	监测因子: (/)	监测点位数 (/)	无监测 ☐
评价 结论	环境影响	可行 ☒ 不可行 ☐		
注:“ ☐ ”为勾选项,可√;“(/)”内容填写项。				

6.8 电磁辐射环境影响预测与评价

目前陆上埋地电缆运用较多,陆上电缆电磁场传播介质为空气,海底电缆电磁场传播介质为海水,但海底电缆与陆上电缆均埋设于地下,土壤和海底沉积物对电磁场均有一定的屏蔽作用,因此类比陆上电缆线路有较好的可比性。

6.8.1 海上升压站营运期电磁环境影响分析

海上升压站和海上中间补偿站是本项目营运期电磁环境污染源之一。海上升压站和海上中间补偿站电气设备,因电压、电流而产生工频电场及工频磁场;站内各种电气设备可能会局部电晕放电,进而产生无线电干扰,通过出线顺着导线方向及通过空间垂直方向朝外传播。本工程包括新建一座海上升压站及一座海上中间补偿站,根据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020),电磁环境影响采用类比评价的方法。

(1) 类比对象选择的原则

电荷或者带电导体周围存在着电场;有规则地运动的电荷或者流过电流的导体周围存在着磁场。亦即电压产生电场、电流产生磁场。根据《电磁学》关于电磁场相关理论,工频电场强度主要取决于电压等级,与周围环境、植被及地理地形因子等条件密切相关,工频磁感应强度主要取决于电流强度。

对于海上升压站产生的工频电场,类比工程在电压等级相同、主变容量相似或较大、场内布置等类似的情况下,可认为具有可比性。在实际工作中,工频电场的类比条件相对容易实现,因为类比工程主设备和母线电压基本稳定,不会随时间

和负荷的变化而产生大的变化，而产生的工频磁场的电流却随负荷变化而有较大的变化，工频电磁场也有相应的变化。

根据以往对 500kV 变电站的电磁环境的类比监测结果，变电站周围的磁感应强度远小于 100 μ T 标准限值，电场强度可能是此类型项目电磁环境制约因素，而磁感应强度不是。因此本工程主要针对工频电场考虑类比对象。

(2) 类比分析

参考广东省东莞市环境监测中心站对东莞市某 500kV 变电站及输电线路电磁场水平调查，类比分析本项目海上升压站电磁环境。表 6.8.1-1 为变电站可比性分析表。

表 6.8.1-1 变电站可比性分析

变电站		东莞市某 500kV 变电站（类比变电站）	本项目海上升压站
电压等级		500kV	500kV
主变压器	容量	总容量 3000MVA	本期 2×525MVA
	形式	三相有载调压变压器	三相有载调压变压器
电气布置形式	500kV、200kV、35kV 三个电压等级布置	户内 GIS 布置	户内 GIS 布置
站区地形		四周围墙高 3m，东侧是果园，南侧是道路，西侧是农田菜地，北侧是山地果园，地形开阔	海上

本项目海上风电工程中的海上升压站承担变电功能，将输电电压升至 500 kV 后经 500 kV 海底电缆送至陆上集控中心，最终以 500 kV 等级电压接入广东电网。本陆上集控中心实际功能为开关站，设置 1 台降压变压器主要为站用供电。目前省内海上风电项目尚无运行的 500kV 等级交流输变电工程可供类比，因此本次类比分析主要从电压等级考虑选取东莞市某 500kV 变电站作为类比对象。

由表 6.8.1-1 可知，本项目变电站与类比对象 500 kV 东莞市某 500kV 变电站电压等级相同（均为 500 kV）；变压器均为户外布置；500 kV 配电装置均采用户内 GIS 布置；本工程的主变压器台数及容量小于类比对象。因此，东莞市某 500kV 变电站的电磁环境影响理论上大于本项目，选取该工程作为类比对象，其电场强度、磁感应强度监测值可作为保守预测值对本项目进行预测评价。

东莞市某 500kV 变电站的主变压器有 5 台，总容量为 3000MVA，站内有

500kV\200kV\35kV 三个电压等级。变电站四周空旷，环境干扰因素少。主要对变电站外周边、站内典型点位及输电线路的工频电磁场水平进行布点监测。调查在变电站四周设置了 14 个环境监测点位，并根据电磁场水平较高点，选取衰减监测点线，布设 10 个电磁场睡觉监测点，开展瞬时巡测。每个监测点连续测量 6 次，每次测量时间 15s，记录和计算 6 个测量数据的平均值作为该点的监测结果。调查仪器为全频段电磁辐射分析仪、全频段电磁辐射分析仪（德国 narda/NBM-550 型）。

东莞市某 500kV 变电站工频电磁场类比监测结果见表 6.8.1-2、图 6.8.1-1、图 6.8.1-2。由图中可见，随着离变电站距离的增大，工频电场水平先增高后降低，在 20m 处出现峰值后，工频电场水平呈下降趋势；工频电场强度分布在 721.1V/m~197.8V/m 之间；磁感应强度分布在 0.4617 μ T~0.1018 μ T 之间，均低于导则推荐的居民区评价标准（工频电场强度 $\leq$ 4kV/m，工频磁感应强度 $\leq$ 0.1mT）。由于受 500kV 出线影响，围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

因此，可以类比本项目 500kV 海上升压站的最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

表 6.8.1-2 变电站周边环境点位监测结果

监测点位	电场强度/（kV/m）		磁感应强度/ μ T	
	范围	均值	范围	均值
变电站南侧围墙外	0.0087~0.4067	0.2291	0.4358~2.5433	1.3334
变电站西侧围墙外	0.1648~0.8860	0.5573	0.4617~2.2915	0.9768
变电站北侧围墙外	0.1422~0.3969	0.2342	0.6141~1.0601	0.7692
变电站东侧围墙外	0.0100~0.1815	0.0818	0.5184~3.3013	1.2986
标准限值	4		100	

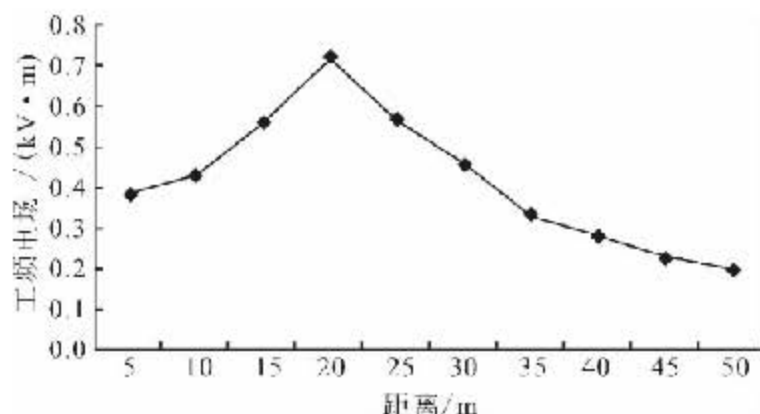


图 6.8.1-1 变电站外电场强度随距离的变化

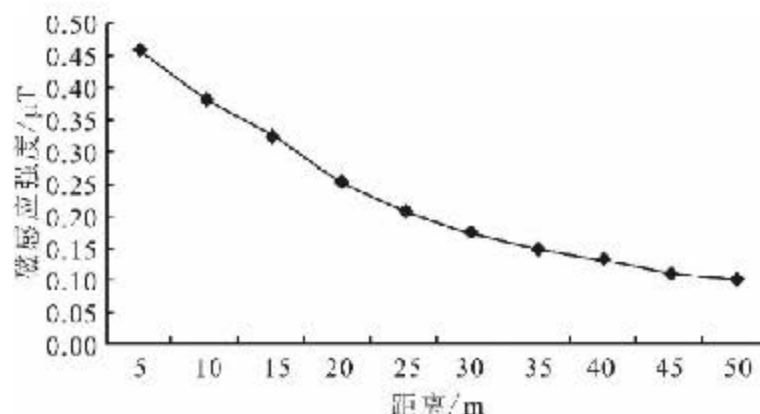


图 6.8.1-2 变电站外磁感应强度随距离的变化

6.8.2 海上中间补偿站营运期电磁环境影响分析

交流输电系统的串联电容补偿技术是将电力电容器串联于交流输电线路中，补偿交流输电线路的电气距离，从而达到增加系统输送能力、提高系统稳定性、减低网损的作用。国内电网 500 千伏串补站一般采用在原变电站站内加装串补装置或者建设独立的补偿站二种形式。为了更好的类比本项目海上中间补偿站建成后的电磁环境，选取硃山 500kV 串补站（摘自中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司编制的《兴仁至独山通道等西电东送网络完善工程竣工环保验收调查报告》）进行类比。

表 6.8.2-1 本项目补偿站级类比串补站工程条件

项目	本项目补偿站	硃山 500kV 串补站
地点	-	文山州
电压等级	500kV	500kV
电气设备装置	常规户外布置方式	常规户外布置方式
500kV 出线	2 回	4 回
串补容量 (Mvar)	220	2×870
周边环境概况	海上	农田

本项目海上中间补偿站与类比的硇山 500kV 串补站电压等级、电器设备布置方式均相同，本工程的串补容量小于类比对象。因此，硇山 500kV 串补站的电磁环境影响理论上大于本项目，选取该工程作为类比对象，其电场强度、磁感应强度监测值可作为保守预测值对本项目进行预测评价。

(1) 类比监测因子

工频电场、工频磁场。

(2) 监测方法及仪器

1) 监测方法

《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/T988-2005)》

2) 监测仪器

硇山 500kV 串补站工频电场、工频磁场监测仪器：EHP-50D 电磁场测量系统，在年检有效期内。

(3) 监测点布设

在串补站无进出线或远离进出线的围墙外且距离围墙 5m 的地方布点测量，选择其中监测值最大值为测量方向；按该方向围墙的垂直线，作为测试路径；在测试路径上以围墙为起点，测点间距为 5m，依次测至 50m 处为止。

(4) 监测单位、监测时间及检测条件

硇山 500kV 串补站：广西壮族自治区辐射环境监督管理站，2012 年 11 月 19 日，昼间：天气阴天，环境温度 25~26℃，湿度 70-72%，静风。

(5) 类比监测结果

硇山 500kV 串补站运行工况详见表 6.8.2-2，类比监测结果见表 6.8.2-3。

表 6.8.2-2 500kV 硇山串补站运行工况负荷情况表

时间	名称	参数	最大值	最小值
2012.8.28	500kV 硇崇甲 线 串补	电压 Uab (kV)	541.11	540.53
		A 相电流 (A)	1531.06	1597.85
		有功功率 (MW)	1421.13	1464.97
		无功功率 (Mvar)	-252.08	-259.38

表 6.8.2-3 硇山 500kV 串补站四周围墙外工频电场、工频磁场监测结果

点位描述	工频电场强度 (kV/m)	工频磁场强度 (mT)
站西 1#	1.03	1.35×10 ⁻³
站北 2#	1.38	3.85×10 ⁻³
站东 3#	1.69	1.97×10 ⁻³
站南 4#	2.42	8.49×10 ⁻³

站址大门外 距离 (m)	1	1.24	2.09×10^{-3}
	2	1.14	2.06×10^{-3}
	4	1.03	1.99×10^{-3}
	5	0.975	1.95×10^{-3}
	6	0.909	1.92×10^{-3}
	8	0.804	1.85×10^{-3}
	10	0.706	1.81×10^{-3}
	12	0.626	1.77×10^{-3}
	14	0.554	1.72×10^{-3}
	15	0.513	1.71×10^{-3}
	16	0.485	1.70×10^{-3}
	18	0.428	1.64×10^{-3}
	20	0.385	1.61×10^{-3}
	22	0.351	1.59×10^{-3}
	24	0.323	1.55×10^{-3}
	25	0.311	1.52×10^{-3}
	26	0.299	1.51×10^{-3}
	28	0.275	1.52×10^{-3}
	30	0.253	1.51×10^{-3}
	35	0.221	1.47×10^{-3}
	40	0.174	1.01×10^{-3}
	45	0.141	9.07×10^{-4}
	50	0.115	8.10×10^{-4}
	55	0.084	7.18×10^{-4}
	60	0.061	6.25×10^{-4}

(6) 电磁环境分析

由表 6.8.2-3 可知，硯山 500kV 串补站站界四周工频电场强度在 $1.03\text{kV/m} \sim 2.42\text{kV/m}$ 之间，满足电场强度公众曝露限值 4kV/m 的要求；工频磁感应强度在 $1.35\mu\text{T} \sim 8.49\mu\text{T}$ 之间，满足公众曝露控制限值 $100\mu\text{T}$ 的要求。硯山 500kV 串补站衰减断面监测到的最大工频电场强度为 1.24kV/m ，出现在围墙外 1m 处；随着距围墙距离的增大，工频电场强度迅速降低。硯山 500kV 串补站衰减断面监测到的工频磁感应强度最大值为 $2.09\mu\text{T}$ ，最大值出现在围墙外 1m 处，但远小于公众曝露控制限值 ($100\mu\text{T}$)。随着与围墙距离增大，工频磁感应强度逐渐降低。

类比监测结果表明，500kV 硯山串补站厂界工频电场、工频磁场均分别低于 4000V/m 、 $100\mu\text{T}$ ，且工频电场、工频磁场影响随距离的增大呈现衰减的趋势。据此类比分析，海上补偿站建成后，在正常运行工况下产生的工频电场、工频磁场分布情况与硯山串补站类似，补偿站外的工频电场和工频磁场将均小于 4000V/m 、 $100\mu\text{T}$ 。

6.8.3 500kV 送出海底电缆电磁环境影响分析

海底电缆电磁环境影响分析类比项目西侧《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电项目电磁噪声对海洋生物影响专题研究报告》（广东海洋大学 2022 年 6 月）的

相关研究成果进行编制。中广核阳江帆石一海上风电规划装机总容量为 1000MW，拟布置 84 台 12.0MW 风电机组，同时配套建设一座 500kV 海上升压站和中间无功补偿站。风电机组发出电能通过 16 回 66kV 集电海底电缆接入 500kV 海上升压站和中间无功补偿站，升压后通过 2 回三芯 500kV 海底电缆接入陆上集控中心。

考虑尾流损失后年发在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 500kV 海底电缆，在距离电缆线 20m 外，磁感应强度已降在 $10\mu\text{T}$ 以下。

为了通过计算机仿真量化分析海上风电场的电磁辐射强度和影响的几何范围，需要进行几何建模。假设三相系统的海底电缆介质沿电缆长度方向均匀分布，则可采用二维模型分析整根导线的电磁辐射情况。

1) 仿真软件

采用 Ansoft 公司开发的 Maxwell 2D 软件进行电磁场分析计算，在电磁体满足轴向均匀的条件下，该软件采用有限元方法求解麦克斯韦方程组。将整个结构分割为许多细小的区域，描述为由多个三角形构成的有限元网络，通过输入结构模型、材料特性参数和描述场的边界条件、电流或电压源激励等参数进行分析计算。软件中有多种场求解器，本项目中主要采用其中两个场求解器。

A 交流传导场求解：用来分析导体中时变电场和有损电介质引起的传导电流，可以分析电流分布、电场分布、电势差、导纳等。此外，其它电磁场量都可以从这些基本场量中导出并加以分析。通过求解电势差，可求得 E 场和 H 场。

B 涡流场求解：用麦克斯韦方程组来求解由变化磁场产生感应的涡流场。可以仿真平行导体结构中时变电流的影响，并对涡流、趋肤效应和磁通量进行建模，其它磁场量也可由这些基本磁场量导出。相对于电场势而言，该求解器主要用于求解电流密度。采用 Maxwell 第二方程，求解得到的媒质中的电流密度和电磁强度结果与场预测分析方法的结果类似。

2) 仿真结果与讨论

文献 (Andrew B Gill, 2003) 研究了三芯海底电缆的电磁辐射情况，其具体布置场景如图 6.8.3-1 所示，设平均水深为 20m，海砂层厚 11m，电缆埋在海床以下 1m 处。海底电缆的相间电压为 135kV 有效交流电压，每一相的交流电流为 700A。

图 6.8.3-1 三芯海底电缆的布置示意图

A 交流传导场求解仿真分析

随时间变化的电压分配给每一相导线，由于有 120° 的相位差，各相的电场分布交替达到最大值。将金属护套接地，这样电场可被严格限制在每个核内部，且在绝缘 DLPE 内部呈对称径向分布。假设理想条件下电缆的金属护套完全接地，则海底电缆外部没有任何电场。此外，从麦克斯韦方程组可知，交变电场将产生磁场，并且通过交流电流存在于每一相导线。正是这些时变的磁场使得周围媒质感应出电场，并且导体中存在涡流。下面用涡流场求解器仿真感生的 E 场。

B 涡流场求解仿真分析

营运中的海上风电场电缆在每一相导体中均存在 120° 的相位差，使得周围导体产生变化的磁场。图 6.6.3-2 给出了不同相位条件下，电缆内部的磁场强度。注意到，磁场沿电缆轴向存在旋转现象。

尽管电缆的护套提供了良好的电场屏蔽，但是无法屏蔽磁场，因此可以预想到电缆外部存在磁场。图 6.8.3-3 给出了电缆外部的磁感应强度仿真结果，可见在越靠近电缆磁场强度越大，强度在电缆横截面上随着半径距离增加而减少，且磁场强度在相同距离上是一致的，这是由于海水和海砂的非磁属性。

图 6.8.3-3 出了海水和海砂中的电流密度仿真结果。由于海水和海砂有着不同的电导率，仿真得到的电流密度在海水和海砂之间的界面处呈现不连续状态，同样距离的观测半径时，海水中的电流密度约为海砂中的 5 倍。仿真结果与文献（Centre for Marine & Coastal Studies, 2003）中的分析预测算法结果一致。

图 6.8.3-2 海底电缆内部不同相位磁场强度 H，不同颜色表示范围为 1 到 10^3 A/m

图 6.8.3-3 海底电缆外部磁感应强度，不同颜色表示的范围为 10^{-10} 到 10^{-5} T

6.8.4 电磁场对海洋生物影响评价

根据厦门大学课题组在厦门大学生态场水池研究的工频电磁环境大黄鱼、半滑舌鲷、矛尾鰕虎鱼、口虾蛄、日本对虾、菲律宾蛤仔、缢蛏等 7 种海洋生物在强度分别为 0.3mT, 0.6mT, 1.2mT 交流电磁场的持续作用下 48 小时的影响，评价指标包括生物肌肉、肝脏、血液的碱性磷酸酶（AKP），酸性磷酸酶（ACP），超氧化物歧化酶（SOD）的活性，通过单因素方差分析有以下结论：

（1）工频电磁场能够不同程度的提高大黄鱼、半滑舌鲷、矛尾鰕虎鱼、口虾

姑、日本对虾、菲律宾蛤仔、缢蛏等的酸性磷酸酶（ACP）的活性水平，对甲壳动物（口虾蛄，日本对虾）肌肉的影响明显强于对鱼类肌肉的影响，对鱼类肝脏的影响明显大于对鱼类肌肉的影响；

（2）无论是工频电磁场还是噪声对于 7 种海洋生物的碱性磷酸酶（AKP）的活性的影响都不及酸性磷酸酶的影响显著，甲壳类的碱性磷酸酶水平均无显著性变化，鱼类肌肉中该酶的活性亦有部分显著升高；

（3）无论是工频电磁场还是噪声对于 7 种海洋生物的超氧化物歧化酶（SOD）的活性的影响可以认为绝大部分都不显著。

因此可以发现海洋生物能够感知强度为 1.0mT 以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应，强度在 0.3mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著。但是磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有害还是有害。

目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还没有科学的定论。

行为学研究显示鱼类是能够感觉到电场的，但是目前所知这种影响是较小的。Formicki 等（2004 年）人对很多种鱼进行研究发现，如鲈鱼(*Perca fluviatilis*)、白斑狗鱼(*Esox lucius*)、拟鲤(*Rutilus rutilus*)、红眼鱼(*Scardinius erythrophthalmus*)、鲷科鱼东方欧鲷(*Abramis brama*)和鲈科鱼梅花鲈(*Gymnocephalus cernuus*)等都趋于选择镶有磁铁的长袋网。但这些研究都是以淡水鱼类为研究对象，因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。在 Nishi、Kawamura 和 Matsumoto（2004）的研究中发现，无论是在海水中、淡水中还是在养殖区域的日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)均会对 12663nT~192473nT 的磁场变化产生反应。以上科研成果为实验研究的结论，仅能说明特定鱼类可能对磁场产生反应。

Westerberg 和 Begout-Anras（2000）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遥测研究。研究表明，鳗鲡随着持续的磁性罗盘航向迁移，并没有受到电缆产生的电磁异常影响。此外，Westerberg（1994）从研究的角度测试了南波罗的海近岸风力发电机附近的欧洲鳗鲡的洄游形式，在风力发电机 500m 范围内，鳗鲡的洄游形式没有发生任何改变。

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中,将 60 尾正在洄游的银鲑放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆(AC)北部。其洄游速度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。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下,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。根据类比陆上电缆线路磁场分布可知,本工程海底电缆上方 1m(中心处)工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)公众暴露控制限值 0.1mT,基本可以判定本项目产生的电磁对工程附近的海洋生物影响较小。

6.8.4.1 营运期电磁场对鲸豚类等保护动物的影响分析

详见上文 6.5.6 节分析。

6.8.4.2 营运期电磁场对海龟等保护动物的影响分析

海龟可以感知磁场,并利用地球磁场及其他引导方式进行远距离导航、迁徙和定向。研究表明,红海龟对磁场强度的敏感度和行为反应在 0.0047~4000 μ T 之间,绿海龟在 29.3~200 μ T 之间。尽管还有些海龟物种未研究过,但解剖学、生活史和行为相似性表明,因此它们可能在相似的阈值水平上做出反应(Normandeau Associates, Inc., 2011)。

6.8.5 陆域电磁环境影响分析与评价

根据《环境影响评价技术导则输变电》,本项目的陆上集控中心和陆上电缆电磁环境影响采用类比评价的方法。

陆上集控中心采用类比分析的方法对本工程投运后的工频电场强度及工频磁感应强度进行预测分析,即选取与本工程电压等级、主变容量、总平面布置、环境条件等相似的已投运的 500kV 变电站进行电磁环境监测,其监测数据用以类比分析本工程陆上集控中心建成投运后对工程周围电磁环境的影响。

陆上 500kV 电缆采用类比分析的方法对本工程投运后的工频电场强度及工频磁感应强度进行预测分析,即选取与本工程电压等级、电缆截面积、埋深等相似的已投运的 500kV 电缆进行电磁环境监测,其监测数据用以类比分析本工程 500kV 电缆和地下电缆建成投运后对工程周围电磁环境的影响。

6.8.5.1 集控中心电磁环境影响评价

(1) 类比对象选择的原则

对于陆上集控中心围墙外的工频电场，类比工程在电压等级相同、主变容量相似或较大、场内布置等类似的情况下，可认为具有可比性。在实际工作中，工频电场的类比条件相对容易实现，因为类比工程主设备和母线电压基本稳定，不会随时间和负荷的变化而产生大的变化，而产生的工频磁场的电流却随负荷变化而有较大的变化，工频电磁场也有相应的变化。

根据以往对 500kV 变电站的电磁环境的类比监测结果，变电站周围的磁感应强度远小于 100 μ T 标准限值，电场强度可能是此类型项目电磁环境制约因素，而磁感应强度不是。因此本工程主要针对工频电场考虑类比对象。

(2) 类比对象

根据陆上集控中心的本期规模、电压等级、容量、总平面布置、环境条件等因素，本环评选定湛江市内 2022 年运行的 500kV 安澜变电站作为类比对象，500kV 安澜（湛南）输变电工程项目已取得了环评批复，于 2022 年 1 月 25 日竣工投产，并于 2022 年 3 月完成竣工环保验收，进行电磁环境的类比分析及评价。类比变电站的规模及环境条件详见表 6.8.5-1。

表 6.8.5-1 本工程陆上集控中心与类比工程规模比较表

站内主要设施	陆上集控中心建设规模	500kV 安澜变电站监测时规模
电压等级 kV	500	500
500kV 变压器 (MVA)	1×500	2×750
主变布置方式	户外布置	户外布置
500kV 出线间隔 (个)	1	4
电抗器数量 (套)	2	6
总平面布置	500kV 主变和高压电抗器户外布置；500kV 配电装置采用户内 GIS 设备	站区由东至西依次布置 500kV 配电室（一层）、主变压器、35kV 配电装置区、220kV 配电室（一层），主控通讯楼位于站区东北侧
进出线方式	进线为 2 回 500kV 地下电缆，出线为 500kV 架空线路	进出线均为架空线路
主变压器距厂界最近距离 (m)	27	32
地形	海积平原	海积平原

(3) 可类比性分析

由于陆上集控中心产生的工频电场主要与运行电压有关，对于设计和布置基本

相同且电压等级相同的变电站，其产生的工频电场即具有可比性；对于工频磁场，则主要与主变压器容量（即运行电流）和线路电流有关，且目前实测的变电站围墙外工频磁场均较小，工频磁场不是陆上集控中心的环保制约因素。

本项目海上风电工程中的海上升压站承担变电功能，将输电电压升至 500kV 后经 500kV 海底电缆送至陆上集控中心，最终以 500kV 等级电压接入广东电网。本陆上集控中心实际功能为开关站，设置 1 台降压变压器主要为站用供电。目前省内海上风电项目尚无运行的 500kV 等级交流输变电工程可供类比，而省内电网的 500kV 输变电工程暂无与本项目规模完全一致的项目，因此本次类比分析主要从电压等级考虑选取安澜变电站作为类比对象。

由表 6.8.5-1 可知，陆上集控中心与类比对象 500kV 安澜变电站环境条件相似；电压等级相同（均为 500kV）；变压器均为户外布置；本工程的 500kV 出线间隔少于类比对象，本工程 500kV 配电装置采用户内 GIS 布置，优于类比对象；本工程进线为 2 回 500kV 地下电缆，出线为 500kV 架空线路，影响小于全为架空的类比对象；本工程的主变压器台数及容量小于类比对象。因此，500kV 安澜变电站的电磁环境影响理论上大于本项目，选取该工程作为类比对象，其电场强度、磁感应强度监测值可作为保守预测值对本项目进行预测评价。

（4）类比监测因子、监测布点及监测内容

类比监测因子、监测布点及监测内容见 6.8.5-2，监测布点见图 6.8.5-1。

表 6.8.5-2 类比监测因子、监测布点及监测内容一览表

监测项目	监测因子	监测内容
厂界	工频电场 工频磁感应	在厂界四周共设置 9 个测点，点位在厂界围墙外 5m、距地面 1.5m 高处。
断面	工频电场工频 磁感应	在变电站围墙外避开进出线的一侧垂直于围墙方向，以围墙为起点作为衰减测量路径，测点间距为 5m，分别测量离地面 1.5m 高度处的工频电场、工频磁场，依次测至围墙外 50m 处。

图 6.8.5-1 500kV 安澜变电站电磁类比监测布点示意图

（5）监测单位、监测仪器及监测方法

监测单位：广东智环创新环境科技有限公司。

监测仪器：仪器名称：电磁场探头（交变磁强计/工频电场测试仪）仪器型号：SEM-600/LF-04 仪器编号：D-1643/ I-1643 生产厂家：北京森馥科技股份有限公司

频率范围：1Hz~400kHz 测量范围：0.005V/m-100kV/m（电场）1nT-10mT（磁场）

校准单位：华南国家计量测试中心广东省计量科学研究院证书编号：

WWD202102973 校准日期：2021年11月2日有效期：1年。

监测方法：按《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）中推荐的方法进行。

（6）监测时间、监测频次及气象条件

监测时间：2022年1月28日。

监测频次：白天监测1次。

气象条件：天气：无雾、无雨雪、无雷电，温度16~22℃，相对湿度：49~61%，风向：东风，风速3.5~4.6m/s，气压：1019hPa。

（7）监测期间运行工况

监测时500kV安澜变电站运行工况见表6.8.5-3。

表 6.8.5-3 500kV 安澜变电站 监测时运行工况

变电站名称	主要设备名称	工况负荷			
		电压（kV）	电流（A）	有功功率（MW）	无功功率（MW）
500kV 安澜变电站	#2主变	513.2~516.8	426.7~521.6	389.4~508.3	-37~3.2
	#2主变	514.3~518.8	438.5~519.4	416.8~604.5	-46~3.6
	安港甲线	506.2~513.8	379.2~456.2	380.4~562.5	1.2~49.2
	安港乙线	508.4~520.3	359.7~462.8	268.9~552.7	0.1~39.5
	徐安甲线	507.9~511.7	291.3~449.8	250.7~428.3	5.8~62.1
	徐安乙线	506.6~514.1	281.6~468.1	289.4~459.7	-0.8~32.6

8）类比监测结果

500kV 安澜变电站厂界和衰减断面的工频电场、工频磁场监测结果见表 6.6.5-4、表 6.6.5-5。衰减断面曲线见图 6.8.5-2、图 6.8.5-3。

表 6.8.5-4 500kV 安澜变电站厂界工频电场、工频磁场类比监测结果

测点编号	测点位置	电场强度（kV/m）	磁感应强度（μT）	备注
#1	站址北侧测点①	7.3	2.4×10 ⁻²	围墙外 5m 处
#2	站址北侧测点②（大门处）	9.7	1.7×10 ⁻²	
#3	站址东侧测点①	3.1	3.7×10 ⁻²	
#4	站址东侧测点②	17	6.6×10 ⁻²	
#5	站址南侧测点①	55	8.1×10 ⁻²	
#6	站址南侧测点②	84	3.7×10 ⁻²	
#7	站址西侧测点①	5.8×10 ²	0.12	
#8	站址西侧测点②	17	2.4×10 ⁻²	

表 6.8.5-5 500kV 安澜变电站衰减断面上工频电场、工频磁场类比监测结果

测点距监测起点的距离 (m)	电场强度 (kV/m)	磁感应强度 (μT)	备注
5	9.7	1.7×10^{-2}	站址东侧、南侧及西侧 5m 外均为斜坡，无断面监测条件，故在站址北侧进行断面监测，且以 2#为断面起点进行监测。
10	9.4	1.3×10^{-2}	
15	8.9	1.2×10^{-2}	
20	8.3	1.1×10^{-2}	
25	7.3	1.1×10^{-2}	
30	6.6	9.6×10^{-2}	
35	5.3	8.3×10^{-2}	
40	4.0	7.1×10^{-2}	
45	3.5	6.2×10^{-2}	
50	2.4	5.6×10^{-2}	

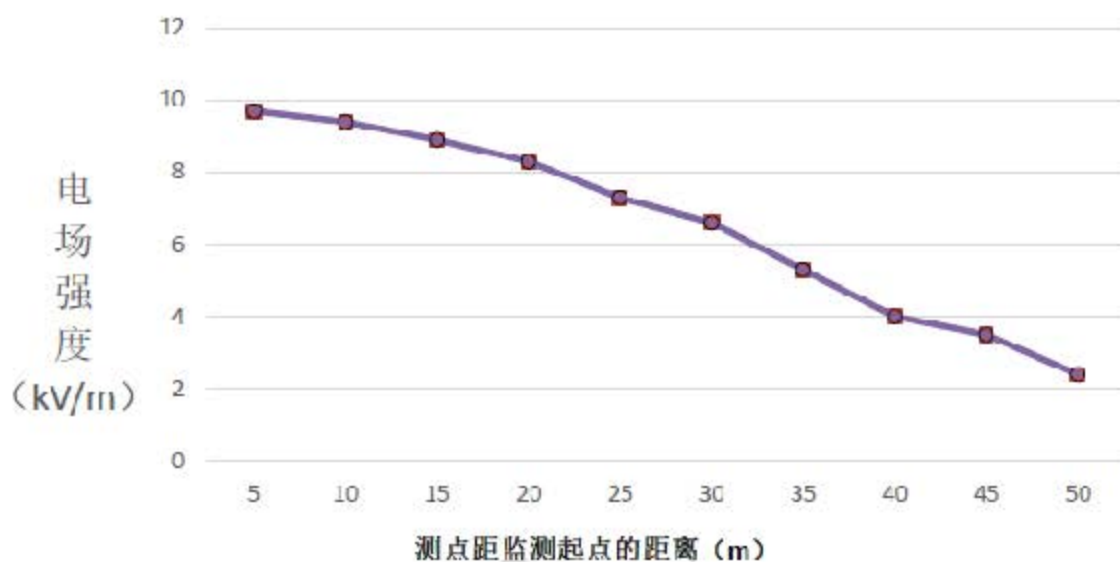


图 6.8.5-2 电场强度类比监测结果分布图（衰减断面）

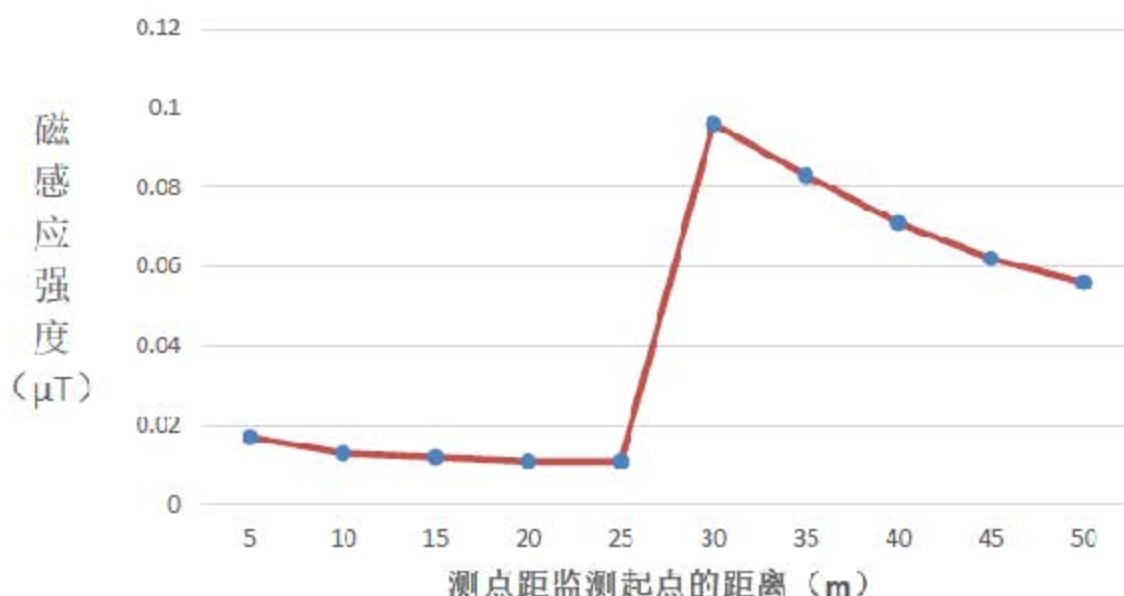


图 6.8.5-3 磁感应强度类比监测结果分布图（衰减断面）

（9）类比监测结果分析

变电站厂界：500kV 安澜变电站外四周电场强度为 3.1~580kV/m，最大值出现在站址西侧测点①，各点测值均低于 4000V/m；磁感应强度为 0.017~0.12μT，最大值出现在站址西侧测点①，各点测值均低于 100μT。

变电站衰减断面：500kV 安澜变电站外衰减断面电场强度最大值为 9.7kV/m，磁感应强度最大值为 0.017μT，工频电场、工频磁场随着距围墙距离的增加呈递减趋势；衰减断面上电场强度均小于 4000V/m，磁感应强度均小于 100μT。

6.8.5.2 本项目陆上集控中心电磁环境影响分析与评价

类比监测结果表明，500kV 安澜变电站厂界工频电场、工频磁场均分别低于 4000V/m、100 μT，且工频电场、工频磁场影响随距离的增大呈现衰减的趋势。据此类比分析，陆上集控中心建成后，在正常运行工况下产生的工频电场、工频磁场分布情况与安澜变电站类似，围墙外的工频电场和工频磁场均将小于 4000V/m、100 μT。

6.8.6 输电线路电磁环境影响评价

本项目的陆上输入线路采用地下输电线路，类比对象依据《环境影响评价技术导则输变电》（HJ24-2020）中的类比要求和《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）（HJ681-2013）》中的监测技术要求选择。

①类比的可行性

本工程选取南方电网与海南电网联网工程，海缆登陆后接入南岭终端站作为类比项。

南岭终端站已建设 500kV 出线间隔 4 个，向东 2 回为至林诗岛海缆终端站（I、II）的海底电缆出线，向西 2 回为至徐闻 500kV 海缆高抗站（I、II）的架空出线。本评价选取南岭终端站外 2 回线路电缆沟作为类比对象。与本工程输电电缆线路电压等级、电缆型号、埋地深度、电缆回数相同，导线截面大于本工程，以南方电网与海南电网联网工程作类比进行本工程电磁环境影响预测与评价是可行的。

类比线路和本工程线路的相关情况见表 6.8.6-1。

表6.8.6-1 类比输电线路相关情况

主要指标	南方电网与海南电网联网工程 (类比对象)	本工程输电线路
电压等级	500kV	500kV
回数	2	2
电缆形式	每回 3 根单芯	每回 3 根单芯
敷设方式	电缆沟	电缆沟
埋深 m	1	1
导线截面	800mm ²	400mm ²
线路沿线环境	海边滩涂	海边滩涂

②类比监测

a.监测因子

监测因子：工频电场、工频磁场。

b.监测布点

工频电场、以地下输电电缆线路中心正上方的地面为起点，沿垂直于线路方向进行，监测点间距为 1m，顺序测至电缆管廊两侧边缘各外延 5m 处为止。对于以电缆管廊中心对称排列的地下输电电缆，只需在管廊一侧的横断面方向上布置监测点。

c.测量仪器及监测单位

工频电场、工频磁场：PMM8053B 电磁场测量系统监测单位：广东核力工程勘察院。

d.测量时间及监测环境

类比测量时间为 2021 年 8 月 20 日，多云，温度 31-32℃，相对湿度 75%。

e.监测方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）

f. 监测工况

表6.8.6-2 监测工况

监测项目	电压 (kV)	平均输出电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率 (MVar)
500KV 徐港甲线	537.6	53.86	46.64	4.61

③类比监测结果及评价

a. 监测结果

南方电网与海南电网联网工程地下电缆类比监测结果见表 6.8.6-3。

表 6.8.6-3 南方电网与海南电网联网工程地下电缆工频电场、工频磁场监测结果

序号	测点描述	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
E1	电缆管廊中心	18	1.0
E2	电缆管廊中心南侧 1m	17	1.0
E3	电缆管廊中心南侧 2m	16	1.0
E4	电缆管廊南侧边缘	16	1.0
E5	电缆管廊南侧边缘外 1m	16	0.93
E6	电缆管廊南侧边缘外 2m	15	0.75
E7	电缆管廊南侧边缘外 3m	15	0.59
E8	电缆管廊南侧边缘外 4m	16	0.48
E9	电缆管廊南侧边缘外 5m	16	0.42

b. 监测结果分析

类比对象南方电网与海南电网联网工程电缆线路离地面 1.5m 高处的工频电场强度监测结果为 15~18V/m，工频磁感应强度测量值 0.42~1.0 μ T。类比工程监测结果满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中频率为 0.05kHz 的公众暴露控制限值要求，即电场强度 4000V/m、磁感应强度 100 μ T。

c. 电磁环境影响计算评价结论

为了保护电缆并屏蔽其电磁场影响，每一相电缆外都包有绝缘层和金属护层，有效屏蔽工频电磁场向外传播。同时电缆敷设于电缆管廊中，电缆管廊除了具有保护电缆的作用外，对工频电场、磁场也具有一定的屏蔽作用，地下电缆对地面处的电磁环境影响非常小。由类比对象监测结果也可知，本项目建成后，在正常运行工况下电缆线路产生的工频电场、工频磁感应强度预计小于南方电网与海南电网联网工程电缆线路，其电缆中心正上方处的工频电场、工频磁场水平很低，远小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的公众暴露控制限值。因此，本项目输

电线路对周边电磁环境敏感目标影响较小。

6.9 大气环境影响分析

6.9.1 施工期大气环境影响分析

根据工程分析，在本项目施工建设期间，产生的主要大气影响是扬尘污染。另外还会产生少量施工船舶、车辆、机械设备的燃油尾气，但此部分燃油尾气产生量较少。

6.9.1.1 施工扬尘影响分析

输变电工程施工过程中，车辆行驶产生的扬尘量一般占施工扬尘总量的 70%以上。在同样的路面条件下，车速越快，扬尘量越大；在同样的车速情况下，路面越脏，扬尘量越大。因此，限制车辆行驶速度以及保持路面的清洁是减少汽车扬尘的有效手段。

本工程陆上集控中心站区和陆上电缆开挖主要在露天进行，临时堆土及建筑材料需要露天堆放，在气候干燥且有风的情况下，可能会产生扬尘。起尘风速与粒径和含水量有关，因此，减少露天堆放和保证一定的含水量及减少裸露地面是减少风力起尘的有效手段。

本项目施工期产生的大气污染物均属无组织排放，在时间及空间上均较零散，采用类比调查的方法进行分析，施工场地采取洒水措施后，TSP 浓度明显降低，洒水前、后 TSP 浓度对比见表 6.9.1-1。

表 6.9.1-1 洒水前、后 TSP 浓度对比

监测点位置		场地不洒	场地洒水后
距场地不同距离处 TSP 的浓度值 (mg/m ³)	10m	1.75	0.437
	20m	1.30	0.350
	30m	0.78	0.310
	40m	0.365	0.265
	50m	0.345	0.250
	100m	0.330	0.238

由表可见，在不采取措施时，工程场地 100m 范围内施工期间受 TSP 影响相对较大，但在通过洒水降尘，并设置隔离围屏降低扬尘浓度后，可有效减轻施工扬尘对其产生的影响，在施工场地外 10m 处，施工扬尘浓度可达到广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级无组织排放标准。但在通过洒水降尘，并在距离居民区较近位置（陆上集控中心南侧、登陆点周边）设置隔离围屏降低扬尘浓度后，可有效减轻施工扬尘对其产生的影响，在施工场地外 10m 处，

施工扬尘浓度可达到广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级无组织排放标准。本项目陆上集控中心周边 10m 范围内无大气环境敏感目标, 在采取洒水降尘、设置隔离围屏等防尘措施后, 对附近的敏感度影响较小, 且施工扬尘影响是暂时性的, 随着施工结束, 影响也随之消失。

施工场地需落实大气污染防治 7 个百分百, 即应 100%落实: 施工围挡及外架 100%全封闭, 出入口及车行道 100%硬底化, 出入口 100%安装冲洗设施, 易起尘作业面 100%湿法施工, 裸露土及易起尘物料 100%覆盖, 出入口 100%安装总悬浮颗粒物在线监测设备。本项目具体降尘措施如下:

1、陆上集控中心施工建设采取洒水降尘措施, 并设置洒水降尘措施: 电缆敷设开挖应采取洒水抑尘、土方遮盖等有效措施, 及时回填, 减少地面裸露时间。

2、施工场地出入口设置洗车平台, 配备高压冲洗设备, 所有运输车辆出场前必须冲洗轮胎和车身, 防止带泥上路。

3、对施工现场内的易扬尘物料(如水泥、砂石)用防尘网全覆盖, 运输过程中车辆需加盖篷布或使用封闭罐车。

4、在土方开挖、回填、运输等作业中, 采用洒水车实时喷淋, 或使用雾炮机喷雾降尘。

5、运输砂石、土方、建筑垃圾等易扬尘物料的车辆必须加盖密闭篷布, 严禁超载、冒装。

6、行驶路线尽量避开居民区、学校等敏感区域, 车速限制在 15 公里/小时以内, 减少颠簸扬尘。

7、风力 ≥ 4 级时, 停止土方开挖、拆除作业和易扬尘物料运输, 对裸露地面增加覆盖层。

8、对施工人员开展扬尘防治培训, 普及粉尘危害及防护知识, 提高环保意识, 确保措施落实到位。

6.9.1.2 施工车船和机械燃油尾气影响分析

施工期间以燃油为动力的施工机械设备、施工车辆在施工场地附近排放一定量的 SO_2 、 NO_x 、CO 和碳氢化合物等废气, 由于本工程施工作业具有暂时性和间歇性的特点, 施工机械及车辆废气使所在地区废气排放量在总量上增加不大。另外, 本工程区域地形开阔, 空气流动条件较好, 有利于污染物的扩散。

因此，施工机械、车辆废气排放的污染物将迅速扩散，只要加强设备及施工机械的养护，其对周围空气环境不会有明显的影响。

6.9.2 营运期大气环境影响分析

本本项目营运期维护需要 1 艘 800 吨级普通运维船，检修频率大概一个月一次，每次检修时间按照 3 天。船舶废气主要污染物质包括 NO_x 、 SO_2 及颗粒物等，以无组织形式排放。本项目海上升压站和海上中间补偿站设有简易厨房，油烟经集气罩收集后经静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放，海上升压站和海上中间补偿站的油烟排放能满足《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）的相关要求。海上升压站和海上中间补偿站配有备用柴油发电机，在应急情况下柴油发电机启动发电过程中会产生一定量的燃油废气。由于备用柴油发电机运行期使用时间数少，废气排放量较少，而且采用含硫量小于 0.001% 的轻质柴油作燃料，污染物排放量较少。运行期升压站和补偿站维护和检修时船舶会产生少量船舶废气，属于无组织排放，由于项目所处区域开阔、空气流通性好，不会对环境产生明显影响。陆域集控中心生活污水处理站运行过程中会产生少量恶臭气体，主要污染物为氨、硫化氢等，产生源强较低、无组织排放。项目周边以山体为主，场地开阔，空气流通与扩散条件良好，恶臭物质经大气扩散稀释后浓度较低，可满足《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）相关限值要求，不会对周边环境空气及敏感目标产生明显不利影响。

表 6.9.2-1 建设项目大气环境影响评价自查表

工作内容		自查项目				
评价等级 与 范围	评价等级	一级□		二级□		三级☑
	评价范围	边长=50km□		边长 5~50km□		边长=5km□
评价因子	SO ₂ +NO _x 排放量	≥2000t/a□	500~2000t/a□			<500t/a☑
	评价因子	基本污染物: (CO、O ₃ 、SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5}) 其他污染物: (/)			包括二次 PM _{2.5} □ 不包括二次 PM _{2.5} ☑	
评价标准	评价标准	国家标准☑		地方标准□	附录 D□	其他标准□
现状评价	环境功能区	一类区□		二类区□		一类区和二类区☑
	评价基准年	(2026) 年				
	环境空气质量 现状调查数据来源	长期例行监测数据□		主管部门发布的数据☑		现状补充监测☑
	现状评价	达标区☑			不达标区□	

工作内容		自查项目						
污染源调查	调查内容	本项目正常排放源 ☐ 本项目非正常排放源 ☐ 现有污染源 ☐			拟替代的污染源 ☐		其他在建、拟建项目污染源 ☐	区域污染源 ☐
大气环境影响预测与评价	预测模型	AERMOD ☐	ADMS ☐	AUSTAL2000 ☐	EDMS/AEDT ☐	CALPUFF ☐	网格模型 ☐	其他 ☐
	预测范围	边长 $\geq 50\text{km}$ ☐		边长 $5 \sim 50\text{km}$ ☐			边长 $= 5\text{km}$ ☐	
	预测因子	预测因子 (/)					包括二次 PM _{2.5} ☐ 不包括二次 PM _{2.5} ☐	
	正常排放短期浓度贡献值	C 本项目最大占标率 $\leq 100\%$ ☐					C 本项目最大占标率 $> 100\%$ ☐	
	正常排放年均浓度贡献值	一类区	C 本项目最大占标率 $\leq 10\%$ ☐				C 本项目最大占标率 $> 10\%$ ☐	
		二类区	C 本项目最大占标率 $\leq 30\%$ ☐				C 项目最大占标率 $> 30\%$ ☐	
	非正常排放 1h 浓度贡献值	非正常持续时长 (/) h	C 非正常占标率 $\leq 100\%$ ☐			C 非正常占标率 $> 100\%$ ☐		
	保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值	C 叠加达标 ☐					C 叠加不达标 ☐	
区域环境质量的整体变化情况	k $\leq -20\%$ ☐					k $> -20\%$ ☐		
环境监测计划	污染源监测	监测因子: ()				有组织废气监测 ☐ 无组织废气监测 ☐	无监测 ☒	
	环境质量监测	监测因子: ()				监测点位数 (/)	无监测 ☒	
评价结论	环境影响	可以接受 ☒ 不可以接受 ☐						
	大气环境防护距离	距 (/) 厂界最远 (/) m						
	污染源年排放量	SO ₂ : (/) t/a	NO _x : (/) t/a			颗粒物: (/) t/a	VOCs: (/) t/a	

注：“☐”为勾选项，填“☒”；“(/)”为内容填写项

6.10 固体废物环境影响分析

6.10.1 施工期固体废物环境影响分析

(1) 海域

施工前期扫海清障有废弃沉船、渔具以及其他有碍施工的废弃物产生，收集上岸后交专业公司回收处理；海上升压站和海上中间补偿站安装过程中也会有生产垃圾发生，主要是废弃的包装、焊接头等，收集上岸后交专业公司回收处理；施工过程中所产生的船舶生活垃圾分类收集后送岸委托有处理能力的单位统一处理。施工过程中产生的固体废物禁止排海，对周围环境影响较小。

(2) 陆域

陆上集控中心和陆上电缆施工产生的固体废物主要为施工人员的生活垃圾、定向钻弃土以及陆上集控中心弃土。施工生活垃圾统一收集后由环卫部门外运处置，定向钻弃土和陆上集控中心弃土收集后运至指定弃渣场。

施工期的固体废物排放是暂时的，随着施工的结束而不再增加，在落实具体处置措施后，通过积极有效的施工管理措施，施工期固体废物不会对环境造成明显影响。

6.10.2 营运期固体废物环境影响分析

项目运营期固体废物分类收集由维护船舶直接带回岸上处理，其中生活垃圾统一交由市政环卫部门处理，危险废物（废润滑油、废变压器油、废油桶、废蓄电池、废变压器、废含油抹布及手套）分类收集后到岸交由专业危废处理资质单位，可回收的五金杂件等外卖资源回收。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》（环发[2017]43号）和《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597）等规定，维修船舶船舱内设置危险废物存放点，存放点做到防风、防雨、防晒、防渗漏；各种危险废物必须使用符合标准的容器盛装；装载危险废物的容器内须留足够空间，容器顶部与液体表面之间保留100mm以上的空间；盛装危险废物的容器上必须粘贴的标签，标签内容应包括废物类别、行业来源、废物代码、危险废物和危险特性。各类危险废物必须交由相应类别危险废物处理资质单位的处理。

综上，由于固体废物均由维修船舶及时带回陆域，船舱暂存时均在防雨、防渗、防漏的临时暂存点，而且按照废物的物化特性，尤其是危险废物，尽可能利用原有包装容器对废物进行包装，进一步使废物与外环境隔离。

运营期陆域集控中心产生的生活垃圾收集后交环卫部门统一处理，禁止随意丢弃。污水处理站污泥定期抽吸外运集中处理。

在正常情况下，本项目产生的固体废物在严格按照操作规程进行管理，基本不会对环境产生明显不良影响。

6.11 对通航环境的影响分析

根据《江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程通航安全专题报告》（武汉欣海远航科技研发有限公司，2024年11月），本项目送出海缆穿越珠海高栏港外至阳江南鹏岛北、珠江口大蚬洲至江门上川岛南、珠江口桂山岛经东澳岛至江门上川

岛南、广东沿海内航路、铜鼓航道和荷包岛南航道，送出海缆北侧约 12m 为粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道，北侧约 3.67km 为粤西沿海近岸航路。海缆全线主要采用掩埋保护、套管保护和覆盖保护等敷设保护方式，埋深为 3.0m。

图 6.11-1 路由预选区及周边航道航线分布图

本项目海缆施工期间，由于需要横穿航道、航路，施工期间海缆敷设船前后一定范围需要设立警戒，将对过往船舶通航安全将产生碍航影响，对周边的通航环境产生一定影响。本项目海上升压站位于川岛一、川岛二场址中间，与周边航道、航路距离较远；海上无功补偿站与周边航道、航路间有一定距离，最近约 1.61km，海上升压站及海上无功补偿站建设规模不大且周边海域开阔，施工期间对周边航道、航路影响较小。

项目送出海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，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，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，项目送出海底电缆的建设基本不会对周边航道、航路功能造成影响。工程实施对海域冲淤影响主要出现在海上升压站及海上无功补偿站桩基附近。由 6.2.1 节明，工程实施后海上升压站及海上无功补偿站桩基附近出现 0.05/a 左右的淤积，冲刷作用不明显。因此，项目建设基本不会对周边航道、航路所在海域水文动力、冲淤环境造成影响，不会对其功能造成影响。此外，航路来往船舶对本项目海缆的调查和铺设会带来一定的影响，但只要对海缆的深埋严格要求，真正达到设计标准，在海缆铺设后树立警示标志、发布相关海域管理通告，该影响较小，同时也不会影响到航道、航路的正常使用。

针对上述通航风险影响因子，如果采取相关安全措施，可以降低风险因子的影响。

(1) 本工程施工船舶在附近水域航行时，应密切关注天气预报信息，及时掌握港区水文气象信息，及时守听海事部门发布的安全航行信息，提前制定应急撤离路线及恶劣天气的应急预案，并做好各项演练。施工船舶撤离时应谨慎驾驶，提前做好各项恶劣自然条件下的应急准备工作，准确预配风流压差角，正确显示号灯、号型及声响信号。

(2) 本项目施工期间，施工船舶进出场会与周围航道（航线）内通航船舶形成交叉相遇局面，使得周围航道（航线）水域的船舶通航态势更加复杂。为此，施

工船舶进出场需密切关注周围航道（航线）内船舶动态，做好施工船舶调度工作，加强与周围船舶的沟通联系，注意船舶间的协调避让。

（3）本项目在周围航道（航线）水域作业期间，施工船舶现场作业会对航道内正常通航船舶的航行安全产生一定碍航性。为此，建设单位、施工单位需密切关注航道水域的船舶交通流特征，做好航道水域船舶交通组织工作，安排警戒船负责现场值守和引导航道内船舶绕开施工安全作业区。加强与附近船舶沟通、协调行动，密切注意航道水域通航环境，严格遵守交管部门统一调度，做好各项应急准备。

（4）本项目在周围航道（航线）水域的埋设深度，应充分考虑了工程海域航道的复杂性。为确保船舶在航道内应急锚泊作业安全，建议建设单位尽可能将海缆路由埋深，做好周围航道（航线）水域海缆的安全防范工作。

（5）建议施工过程中应注意避让过往船只，增强风险防范意识；制定相关的安全保障措施，合理安排工期，确保降低该海域的船舶碰撞风险。工程的建设对附近航路航行的船舶有一定影响，但项目建设施工期间及后期运维过程中设立标识并加强监测，能够很好地保护勘察施工安全和项目运行安全。

6.12 对江门台山曹峰山地方级自然保护区的影响分析

江门台山曹峰山县级自然保护区现有《国家重点保护野生植物名录（第一批）》Ⅱ级保护植物 6 种，分别为华南锥、绣球茜草、金毛狗、樟、花榈木、苦梓。此外，有国家重点保护物种 5 种，其中有国家Ⅱ级重点保护物种 3 种，分别为褐翅鸦鹃，小鸦鹃，黑翅鸢。还有被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)》中的植物 6 种，保护区内有“三有”物种 56 种，广东省重点保护物种 5 种，《世界自然保护联盟》(IUCN) 2016 年濒危物种红色名录近危物种 1 种，低危物种 59 种，《中国濒危动物红皮书》易危物种 4 种，稀有物种 1 种，《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录Ⅱ物种 1 种。

工程建设占地不涉及曹峰山自然保护区，项目红线距离江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，因此对保护区无直接影响。但由于项目距离保护区相对较近，因此可能产生以下影响。

6.12.1 施工期影响分析

6.12.1.1 对保护区植物多样性的影响

(1) 植物多样性的影响分析

本项目距离江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，严格控制施工范围，不在保护区范围内施工，不会对保护区内植物资源造成的直接破坏，加强施工人员环保意识培训，禁止砍伐、采摘、移植保护区内植被。

项目建设不会造成保护区植物多样性下降。

(2) 植被的影响分析

评价范围内保护区的植被类型主要分为暖性常绿针叶林、暖性针阔混交林、人工荔枝林。本项目距离江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，项目施工红线区不涉及自然保护区，严格控制施工范围，不在保护区范围内施工，因此项目施工不会对自然保护区植被的造成直接影响。

因此，本项目施工对江门台山曹峰山县级自然保护区整体植物多样性不会造成明显影响。

(3) 水土流失

本项目距离江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，严格控制施工范围，不在保护区范围内施工，因此不会对保护区的土地资源造成影响，也基本不会对保护区有水土流失方面的影响。

因此，本项目施工基本上不会造成自然保护区水土流失。

6.12.1.2 对古树名木的影响

本项目评价范围内未发现分布有古树名木，不会对古树名木产生影响。

6.12.1.3 对野生动物多样性及栖息地影响分析

工程未占用保护区范围，但项目最近处距保护区直线距离 95 m，可能会对保护区的野生动物产生一定影响。

1、对两栖类的影响

项目施工过程中会对区域两栖类动物存在潜在干扰，但落实各项生态防护措施后，整体造成的环境影响程度较低，施工结束后生态环境可逐步自然恢复。

施工废水、施工人员生活污水若直接排入周边水体，会改变水域原有水环境，打破两栖类体表渗透压与酸碱平衡，降低其环境适应能力，进而缩减栖息范围、影

响种群数量。本项目将配套完善污水收集处理设施，所有污水经处理合规处置，杜绝无序排污行为，能够有效保护水体生态，大幅削减此类负面影响，待施工完工后，水域生态可稳步复原。

沼水蛙等部分两栖类物种具备一定经济价值，存在施工人员非法捕猎的潜在风险，易造成两栖个体伤亡。项目将针对现场作业人员开展野生动物保护宣传与规范教育，明令禁止捕杀两栖生物，约束人员日常行为，可从根源上避免人为捕猎带来的伤害，该类影响基本能够消除。

施工产生的噪声、机械振动、场地扬尘，以及人员生活垃圾，会对两栖类正常栖息活动产生小幅干扰。现场将同步落实降噪减震、扬尘抑制、生活垃圾统一清运等防护手段，有效降低外界扰动强度，此类干扰范围小、程度低，不会对两栖类种群造成实质性危害。

综上，在全面落实生态保护、污染防治、人员管理等各项措施前提下，项目建设对保护区两栖类动物栖息繁衍、种群存续的实际负面影响较小。

2、对爬行类的影响

项目与保护区相距约 95 米，项目建设不会直接侵占保护区栖息空间，因此不会对区内爬行类动物造成直接性影响。

施工期间仅存在生活垃圾随意丢弃带来的潜在干扰，废弃物易滋生昆虫、吸引鼠类活动，进而诱使以其为食的爬行类动物聚集，不仅会改变爬行类原有分布格局，还存在疫病交叉传播的潜在风险。

项目将针对性开展生态保护宣传教育，规范施工人员日常行为，同时对生活垃圾做到统一收集、及时清运处置，可有效规避上述不良隐患。各项防护措施落实后，工程建设对保护区内爬行类动物造成的实际影响整体极小。

3、对鸟类的影响

鸟类的感官非常灵敏，对噪声和震动反应较为敏感。施工期间挖掘机、推土机和混凝土生产机等机械噪声、装卸汽车、载重汽车在运输和装卸过程中产生的噪声、土方开挖噪声将对鸟类产生一定影响。其中施工机械和运输车辆产生的噪声持续时间较长，将使得声源附近栖息的鸟类迁移到影响范围以外生活。由于鸟类的迁移能力强，评价区内鸟类适宜生境较多，且噪声影响是暂时的，随着施工的结束而消失，因此，在做好科学合理的施工进度安排，采取适当的保护措施的前提下，噪

声对鸟类的影响不大。

运输车辆在运输过程中产生的扬尘、汽车尾气、土石方开挖产生的粉尘等将对工程影响区造成一定的污染，受污染地区将不适合鸟类生存，在此生存的鸟类会迁移他处，但这种影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束而消失。

鸟类的视觉极其敏锐，施工期由于进驻的施工人数较多，施工人员的活动将对鸟类造成一定驱赶作用，但与噪声的影响类似，由于评价区内鸟类适宜生境较多，且影响是暂时的，这种影响不大。

综上所述，项目在采取上述环保措施的前提下对鸟类造成的整体影响较小。

4、对兽类的影响

兽类感官非常敏锐、迁移能力较强，对人类活动的敏感程度较鸟类更甚。其生活类型也是多种多样，有筑巢于地下但主要在地面觅食的半地下生活型，主要在地面觅食活动的地面生活型，活动于林中的树栖型和在人类居民点或岩洞中生活的岩洞栖息型等。工程施工期对其影响主要有，施工噪声、震动对其的驱赶，生活垃圾对其觅食和分布的影响，人类活动对其的影响，占地、扬尘、施工废水和生活污水对其的影响等。其中施工噪声、震动、生活垃圾和人类活动的影响较为明显。

与鸟类类似，兽类的感官也非常敏锐，其中对噪声、震动非常敏感，但由于除傍人生活的种类，如鼠类外，大多数种类对人类活动非常敏感，栖息地远离人类活动区域，且相当一部分种类为夜行性，噪声和震动对其影响主要为限制其活动范围，使部分种类觅食时不敢靠近施工区域，其影响较鸟类小。施工结束后，这些影响将消失。

工程施工期间会占用较多林地，工程会使林地中生活的兽类生境有一定缩减。施工活动对其活动、食物来源都有一定影响，但是占用的主要为人工林，植被结构简单，兽类分布种类和数量较少；且兽类的活动能力较强，可以比较容易的在评价区周围找到相似生境，施工活动不会对其有大的影响。

5、对哺乳类的影响

哺乳类感官非常敏锐、迁移能力较强，对人类活动的敏感程度较鸟类更甚。由于建设项目附近哺乳类种类和数量较少，附近区域多为小型的常见野生动物。因此，项目的建设对哺乳类的影响是有限的。哺乳类的活动能力较强，可以比较容易的在远离工程区域的保护区内其它位置找到相似生境，施工活动不会对其产生较大

的影响。另外扬尘、施工废水和施工人员的生活污水对哺乳类也有一定影响，但影响较小。

多数哺乳类的听觉、视觉或嗅觉较为敏锐，对人类的活动较为敏感，施工期施工人员大量进驻将对区域内哺乳类的数量和种类组成造成一定影响，一方面，对傍人生活的哺乳类，如鼠科、蝙蝠科哺乳类等，提供了食物来源和庇护所，使这些哺乳类数量增多；另一方面，其他哺乳类，特别是地面生活型的种类可能惧怕人类，将造成施工区域内及周边这些种类数量减少或消失。这些因素综合起来将改变施工区域及其周边哺乳类数量和种类组成发生变化。另外，评价区中分布的哺乳类中，若不进行有效管理可能遭到施工人员的捕杀，这类影响也是暂时的，施工结束后影响将消失。

6、小节

施工期对野生动物的影响是必然的，是不可避免，但这种影响由于只涉及施工区域，范围较小，而且整个施工区环境与施工区以外环境十分相似，施工区影响范围内野生动物较容易就近找到新的栖息地，这些野生动物不会因为工程的施工失去栖息地而死亡，种群数量也不会有显著的变化，但施工影响范围内的野生动物密度会明显降低。项目选址未占用保护区，整体工程对保护区野生动物的影响程度较小。

6.12.1.4 对保护动物的影响

江门台山曹峰山县级自然保护区有国家Ⅱ级重点保护物种 2 种，分别为褐翅鸦鹃、黑鸢。广东省重点保护野生动物 5 种：黑水鸡、白鹭、牛背鹭、池鹭、大白鹭；CITES 公约附录Ⅱ野生动物 2 种：舟山眼镜蛇和黑鸢；中国生物多样性红色名录收录受威胁野生动物 2 种：银环蛇和舟山眼镜蛇。

1、褐翅鸦鹃

褐翅鸦鹃平时多在地面活动，休息时也栖息于小树枝桠，或在芦苇顶上晒太阳，尤其在雨后。它善于隐蔽，遇到干扰或有危险的时候就很快藏在地上草丛或灌丛中，也善于在地面行走，跳跃取食，行动十分迅速，还常把尾、翅展成扇形，上下急扭。褐翅鸦鹃食性较杂，主要以毛虫、蝗虫、蚱蜢、象甲、蜚蠊、蚁和蜂等昆虫为食，也吃蜈蚣、蟹、螺、蚯蚓、甲壳类、软体动物等其它无脊椎动物，以及蛇、蜥蜴、鼠类、鸟卵和雏鸟等脊椎动物，有时还吃一些杂草种子和果实等植物性

食物。

2、黑鸢

隶属鹰形目鹰科鸢属，体长 54-69 厘米，翼展 135-160 厘米，上体暗褐色具黑褐色羽干纹，下体棕褐色具纵纹，初级飞羽基部白色形成翅下白斑，尾呈标志性浅叉状（鱼尾状）。

常栖息于平原至海拔 5000 米山区、森林、城郊及水域周边，适应力强，喜成群活动，迁徙时可集成百只大群。飞行轻捷，擅长长时间滑翔盘旋，觅食半径可达 30 公里。食性极广，以小型兽类、鸟类、爬行类、两栖类、鱼类、昆虫及腐肉为主，也取食人类垃圾与市场废弃物，还会空中抢夺其他鸟类食物。

3、黑水鸡

隶属鹤形目秧鸡科黑水鸡属，中型涉禽，体长 24-35 厘米，体重 140-400 克。头、颈及上背灰黑色，下背至尾上覆羽暗橄榄褐色，飞羽和尾羽黑褐色，下体灰黑色，下腹羽端白色形成黑白块斑，两胁具宽白色条纹，尾下覆羽中央黑色、两侧白色。

栖息于淡水水域，善游泳和潜水，也能在陆地上快速行走，遇危险时迅速潜入水中或藏于芦苇丛。常成对或成群活动，性机警，晨昏活动频繁。食性杂，以水生昆虫、蠕虫、软体动物、小鱼、水生植物嫩芽、根茎、种子等为食，也吃藻类和小型无脊椎动物。

4、白鹭

隶属鹤形目鹭科白鹭属，中型涉禽，体长 52-68 厘米。通体白色，嘴黑色，腿和趾黑色，繁殖期枕部着生两条狭长软矛状羽（羽冠），肩背具长形蓑羽，前颈下部有矛状饰羽。

栖息于湖泊、沼泽、稻田、海岸红树林等湿地，常单独、成对或小群活动，性胆怯，见人即飞。涉水觅食，步履轻盈，以鱼类、虾、蟹、水生昆虫、软体动物等为食，也吃少量植物性食物。

5、牛背鹭

隶属鹤形目鹭科牛背鹭属，中型涉禽，体长 50-58 厘米。繁殖期头、颈、背羽橙黄色，其余白色；非繁殖期通体白色，嘴黄色，腿黑色，与其他白鹭的区别在于体型较粗壮，颈较短。

独特习性是常伴随家畜活动，捕食被惊扰的昆虫，也栖息于稻田、沼泽、湿地等，喜集群营巢。食性以昆虫为主（如蝗虫、蚱蜢、牛虻等），也吃蜘蛛、蛙、小鱼、螺类及植物性食物，觅食时常跟随在耕牛、水牛身后，或站立于牛背上。

6、池鹭

隶属鸨形目鹭科池鹭属，中小型涉禽，体长约 47 厘米，俗称红毛鹭、红头鹭。夏羽头、颈栗红色，背蓝黑色，翼白色；冬羽头、颈、胸具褐色纵纹，背暗黄褐色，翼白色，飞行时白色翅膀极为明显。

栖息于稻田、池塘、沼泽、溪流等水域，性羞怯，常隐蔽于芦苇丛或树林中，晨昏活动频繁。涉水或在水边行走觅食，以鱼类、虾、蛙、水生昆虫、软体动物等为食，也吃少量植物性食物。

7、大白鹭

隶属鸨形目鹭科鹭属，大型涉禽，体长 82-98 厘米，体重 620-1100 克，是中国境内体型最大的白鹭。通体洁白，颈、嘴、脚甚长，嘴裂过眼，非繁殖期嘴黄色，繁殖期转为黑色，腿和趾黑色，繁殖期肩背部着生三列长形蓑羽，可长达 50 厘米。

栖息于开阔河川、湖泊、水田、海滨、河口等湿地，常单独或小群活动，飞行时颈呈“S”形弯曲，脚向后伸直。涉水觅食，以鱼类、虾、蟹、水生昆虫、软体动物等为食，也吃少量植物性食物。

8、银环蛇

隶属爬行纲眼镜蛇科环蛇属，剧毒前沟牙类毒蛇，体长 1-1.8 米。头椭圆形，与颈部区分不明显，无颊鳞，脊鳞扩大，背鳞通体 15 行，尾短，尾下鳞单行。体背具黑白相间横纹，黑横纹远宽于白横纹，腹部白色，幼蛇斑纹对比度更高。

栖息于平原、丘陵、山地的灌丛、草丛、溪边、塘边及住宅附近，昼伏夜出，性情温和，受惊时先蜷缩成球，很少主动攻击。食性专一，主要以其他蛇类、鼠类、蛙类、鱼类、蜥蜴及鸟卵为食，毒液为强烈神经毒素，LD₅₀ 约 0.08-0.108mg/kg，为中国陆地毒蛇中毒性最强的种类之一。

9、舟山眼镜蛇

隶属爬行纲眼镜蛇科眼镜蛇属，剧毒前沟牙类毒蛇，成体体长 1.5-2 米，俗称“饭铲头”。头部椭圆形，与颈部界限分明，吻端钝圆，瞳孔圆形，躯干鳞片光

滑，受惊时竖起前半身，膨扁颈部，颈背具白色眼镜状斑纹，发出低沉嘶嘶声。体色多为黑褐色或灰褐色，部分个体具浅色横纹，腹鳞灰白色，幼蛇体色较浅。

栖息于平原、丘陵、山地的灌丛、草丛、溪边、塘边、稻田及住宅附近，广适性陆栖蛇类，昼夜均有活动，性情较暴躁。食性杂，以鼠类、蛙类、鸟类、鸟卵、蜥蜴、蛇类、鱼类及小型哺乳动物为食，毒液为混合毒（神经毒为主，含血循毒），LD₅₀ 约 0.34-0.53mg/kg，单次排毒量可达 200 毫克以上，咬伤后伤口剧痛肿胀，易溃烂坏死，严重时导致呼吸肌麻痹。

项目施工期间，各类施工作业活动频繁，机械作业噪声、人员往来等人类活动干扰，会惊扰施工范围内昆虫、小型动物，致使其逃窜迁移，一定程度缩减黑鸢、黑水鸡、白鹭、牛背鹭、池鹭、大白鹭的天然捕食范围，对其短期觅食活动产生轻微扰动。同时施工开挖、机械震动、人员踩踏及场地作业，也会对区域内银环蛇、舟山眼镜蛇造成惊扰，迫使蛇类个体躲避迁徙，暂时改变其原有活动与觅食区域。

从生物适应能力来看，黑鸢、黑水鸡及各类鹭鸟活动机动性强，银环蛇、舟山眼镜蛇也擅长隐匿穿行，均可灵活迁移至施工外围林地、草丛等适宜生境栖息觅食，有效避开施工干扰区域。加之本项目施工占地范围有限，作业区域紧邻公路，原本人为活动就较为频繁，区域内小型野生动物资源偏少，既不是各类鸟类主要捕食、栖息核心区，也并非银环蛇、舟山眼镜蛇的集中繁衍活动地带。

综合而言，施工带来的干扰均为短期暂时性影响，不会大幅改变野生动物生存环境，不会严重阻碍鸟类、蛇类正常觅食与栖息活动，也不会造成个体大量损伤，对区域内各类野生动物种群结构与种群稳定基本不会产生明显不利影响。

同时施工期应加强对施工工人的宣传教育，提高生态环境保护意识，提高对珍稀动植物的认知，禁止发生捕鸟、打猎、设陷阱、掏鸟蛋、破坏植被等违法行为，禁止乱丢垃圾、高声恐吓动物等不文明行为。

综上所述，在采取本方案提出的各种措施后，本项目施工期对保护物种的影响较小。

6.12.1.5 小结

本项目红线距离江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，不涉及保护区占地，对保护区无直接影响。施工期虽可能产生间接干扰，但经科学防控后整体影响极小。

植物方面，项目严格控制施工范围，严禁砍伐、采摘保护区植被，不破坏区内植被类型与土地资源，基本不会引发保护区水土流失，也不会导致植物多样性下降，对保护区植物生态系统无明显不利影响。

动物方面，施工噪声、人员活动等虽会轻微惊扰两栖类、爬行类、鸟类、兽类及哺乳类，暂时影响其活动与觅食区域，但各类动物适应能力较强，可就近迁移至外围适宜生境避扰。且施工范围有限，作业区紧邻公路、人为活动频繁，非野生动物核心栖息或繁衍地带，干扰具有短期暂时性，不会造成动物个体大量损伤，也不会影响种群结构与稳定。

针对保护区内褐翅鸦鹃、黑鸢等重点保护物种，施工期将强化人员环保宣传教育，严禁捕猎、破坏植被等行为。各类保护物种可灵活规避干扰，施工不会阻碍其正常生存繁衍。

综上，落实各项防护措施后，项目施工期对保护区生态环境及各类生物的整体影响较小。

6.12.2 运营期影响分析

项目运营期陆域集控中心对江门台山曹峰山县级自然保护区的影响主要为噪声、电磁辐射、废水、固废、人类活动干扰等因素。

6.12.2.1 噪声影响

集控中心运营期的噪声主要来自 500kV GIS 设备、SVG 降压变、500kV 电抗器等设备运行，源强通常在 60-75dB (A) 之间。根据上文 6.7.3 预测分析可知，集控中心四侧围墙外 1m 噪声贡献值为 18.5~29.2dB (A)，可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类、4 类标准，营运期周边 200m 范围内的敏感目标可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。本项目距江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，项目围墙距离约 115m，项目运营期不会造成保护区内声环境超标。噪声传播至 100m 外的保护区时噪声值已大幅衰减，不会对保护区内野生动物的栖息、觅食及繁殖造成明显干扰。

6.12.2.2 电磁辐射影响

根据上文 6.8.5 节分析，陆上集控中心建成后，在正常运行工况下围墙外的工频电场和工频磁场均将小于 4000V/m、100 μ T，《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 中表 1 公众暴露控制限值。本项目集控中心距江门台山曹峰山县级自然保护

区最近距离约 95m，在距离衰减作用下，电磁环境影响将进一步降低。

集控中心运行产生的工频电磁场属于极低频非电离辐射，随距离增加快速衰减，对动植物不产生电离、损伤或致畸作用。现有科学研究及大量工程实践表明，符合 GB 8702-2014 标准的工频电磁场，不会对自然保护区内植被、野生动物及生态系统造成不利影响。

综上，在正常运行工况下，陆上集控中心产生的电磁辐射对江门台山曹峰山县级自然保护区的影响极小，可接受。

6.12.2.3 废水影响

陆上集控中心工作人员的生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后，出水指标应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）的要求后，回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，正常情况下无污水外排。因此本项目运营期产生的废水不会对周边保护区造成影响。

6.12.2.4 固废影响

本项目运营期陆域集控中心产生的固废主要为生活垃圾及污水处理站污泥。其中，生活垃圾若未妥善收集处置，易被周边自然保护区内的鸟类、野生动物误食，进而对其生存造成不利影响。为防范此类风险，项目已明确固废处置措施：生活垃圾经分类收集后，统一交由当地环卫部门进行规范化处理，严禁随意丢弃；污水处理站产生的污泥定期进行抽吸外运，送至专业机构集中处置。上述处置措施可确保运营期固废得到安全、合规处理，不会对周边江门台山曹峰山县级自然保护区造成不利影响。

6.12.2.5 人类活动影响

运营期值守人员往来、车辆通行等活动频次稳定且范围固定，严格管控人员、车辆进入保护区范围，不会破坏保护区植被及野生动物栖息地，也不会对小褐翅鸢、黑鸢等保护动物的活动产生持续性扰动。加强对值守人员的宣传教育，提高生态环境保护意识，提高对珍稀动植物的认知，禁止发生捕鸟、打猎、设陷阱、掏鸟蛋、破坏植被等违法行为，禁止乱丢垃圾、高声恐吓动物等不文明行为。

6.12.2.6 生态影响

本项目陆上集控中心距曹峰山县级自然保护区约 95 米，运营阶段不占用保护区土地，不会对区域生态造成直接破坏。

运营期以设备值守、远程监控为主，无土方开挖、植被损毁作业，不会扰动保护区地表地貌，也不会引发水土流失问题，区内植被类型与植物多样性可保持原有稳定状态。项目运营产生的生活污水、固体废弃物均实行规范化收集处置，无污染物直排进入保护区范围，大气、水体环境基本不受干扰。

相较于施工阶段，运营期机械扰动大幅降低，设备运行产生的声响强度低、工况稳定，野生动物可逐步适应周边环境。区内鸟类、爬行类、两栖类及各类保护物种的栖息、觅食活动不会受到明显干扰，动物种群结构与数量能够维持平稳。同时运营区域人员活动范围固定，日常严格落实生态管护要求，杜绝伤害野生物种、破坏植被等行为。

整体而言，项目运营对保护区生态环境扰动程度微弱，不会改变区域原有生态格局。

6.12.2.7 小结

本项目运营期陆域集控中心对江门台山曹峰山县级自然保护区的影响主要包括噪声、电磁辐射、废水、固废、人类活动及生态影响，总体影响较小且可控。

噪声方面，设备运行源强 60-75dB (A)，经衰减后围墙外 1m 贡献值仅 18.5-29.2dB (A)，传播至保护区时已大幅减弱，不会干扰野生动物栖息繁殖。电磁辐射符合《电磁环境控制限值》标准，随距离快速衰减，对动植物无电离、损伤作用，影响可接受。废水经处理后全部回用于绿化浇灌，无外排情况，不污染保护区水体。固废通过分类收集、环卫处置及污泥专业处理，杜绝随意丢弃，避免野生动物误食风险。

人类活动方面，值守人员与车辆通行范围固定，严格管控进入保护区行为，同时强化环保宣传教育，杜绝捕猎、破坏植被等行为。运营期无土方开挖、植被损毁作业，设备扰动微弱且工况稳定，野生动物可逐步适应，区内动植物种群结构与数量保持平稳，生态系统维持原有稳定格局。

整体而言，项目运营对保护区生态环境扰动极微，不会改变区域生态现状。

7 环境风险评价

7.1 环境风险评价等级

7.1.1 风险调查

本项目为海上风电场集中送出工程，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录中附录 B、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409—2025）附录 G 及《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），本项目不属于高风险行业，不涉及高风险工艺。本项目施工期和营运期不涉及产品生产，并且无中间产品或副产品、副产物产生，主要的风险物质为船舶和备用发电机的柴油、主变压器的变压油和陆上集控中心生活污水处理站使用的二氧化氯。

7.1.2 风险潜势判断及等级判定

根据 2.6.1.8 节的环境风险评价等级判断结果，本项目施工期环境风险潜势为 III，环境风险评级工作等级为二级，本项目施工期风险主要涉及海域环境；营运期环境风险潜势为 I，可开展简单分析；综合确定本项目的环境风险评价工作等级为二级。

7.2 环境保护目标

本项目的环境风险保护目标详见下表。

表 7.2-1 环境风险保护目标一览表

序号	类别	名称	位置关系
1	自然保护地及红线	江门中华白海豚地方级自然保护区	东侧，约 1.30km
2	自然保护地及红线	江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	西北侧，1.01km
3	生态保护红线	上川岛飞沙滩重要滩涂及浅海水域	西侧，11.11km
4	生态保护红线	珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	西侧，约 7.05km
5	自然保护地及红线	江门上川岛猕猴地方级自然保护区	西侧，约 9.00km
6	海岛	乌猪岛	西侧，4.42km
7	海岛	围央岛	西侧，11.47km
8	岸线	上川岛岸线	西侧，11.60km

7.3 环境风险识别

1、海域环境风险识别

本项目海域建设的风险主要来自两个方面。一方面是由于自然灾害对海域使用项目造成的危害。另一方面是用海项目自身引起的突发或缓发事件导致对海域资源、环境造成的危害，主要发生于施工期。由于本项目海上升压站和海上无功补偿站的主变压器和柴油发电机均布置在海上升压站和海上中间补偿站平台上，发生灾害时发生泄漏事故可能性较小，因此，本评价选择施工期船舶碰撞溢油进行预测分析。

本项目施工期间存在船舶碰撞事故溢油风险，施工期大量施工船舶往来于作业海域，势必加剧航道通航压力。一旦发生船舶碰撞事故，可能造成船舶柴油泄露的可能。船舶若遭遇恶劣天气，风大、流急、浪高、加之轮机失控，造成进出船舶搁浅或与其他过往船舶发生碰撞事故，有可能发生单方或双方船体的油舱破损、燃油溢出事故。施工期船舶燃油补充由油轮运输至施工场内供给，船舶航行过程中可能发生碰撞溢油、加油过程中可能发生泄漏、火灾爆炸等事故。

根据工程特点分析，本项目引起溢油事故发生的主要因素如下：①施工期施工船舶在工程位置作业或者行进时，由于管理疏忽、操作违反规程或失误等原因引起石油类跑、冒、滴、漏事故，这类溢油事故对环境影响相对较小，但也会对水域造成油污染；②由于船舶本身出现设施损废，在行进中受海上风浪影响，或者发生船舶碰撞，有可能使油类溢出造成污染。

柴油的理化性质见下表。

表 7.3-1 柴油的理化性质

项目	特性	项目	特性
外观及气味	黄色或棕色具有轻微特殊气味的液体	熔点 (°C)	-18
液体相对密度	0.82~0.84	闪点 (°C)	38
沸点 (°C)	282~338	溶解性	难溶于醚，易溶于醇和其他有机溶剂
相对蒸汽密度 (空气=1)	0.70~0.75	燃烧热 (KJ/mol)	30000-46000
爆炸下限% (V/V)	0.6	爆炸上限% (V/V)	6.5
危险特性	其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸	灭火方法	二氧化碳、干粉、泡沫

2、陆域环境风险识别

本项目陆上集控中心配置二氧化氯消毒系统（污水处理设施）及含油设备（变

压器油)，相关物质在储存、输送及使用过程中，若出现设备老化破损、阀门失效、操作不当等情况，可能引发二氧化氯泄漏或事故油泄漏，进而对周边大气、土壤、水体环境及人员健康造成危害，因此，本评价选址陆上集控中心二氧化氯泄漏、事故油泄漏风险进行预测分析。

表 7.3-2 二氧化氯的理化性质

项目	特性	项目	特性
外观及气味	常温常压下为黄绿色至橙黄色气体，冷却至 11℃以下液化成红棕色液体，低于 -59℃凝固为橙黄色固体，具有类似氯气和硝酸的特殊刺激性臭味	熔点 (°C)	-59
液体相对密度	液态二氧化氯约 1.64g/cm ³	闪点 (°C)	/
沸点 (°C)	11	溶解性	极易溶于水 (20℃、常压下溶解度约 8 g/L，为氯气的 5~8 倍)，不与水发生反应；可溶于冰醋酸、四氯化碳，遇碱溶液会分解
相对蒸汽密度 (空气=1)	2.3 (摩尔质量计算值≈2.33，通用安全数据)	燃烧热 (KJ/mol)	/
爆炸下限 % (V/V)	10 (空气中体积分数，超过该浓度易发生分解爆炸，研究值约 9.5%，取通用安全值 10%)	爆炸上限 % (V/V)	/
危险特性	具有强氧化性，化学性质极不稳定。受热、光照、撞击或接触有机物、还原剂、易燃物 (如硫、磷) 时，易发生剧烈分解反应，放出大量热量并生成氧气，引发燃烧或爆炸；对人体呼吸道、皮肤和黏膜有强烈刺激性与腐蚀性，吸入高浓度可致肺水肿甚至死亡	灭火方法	迅速切断气源，用雾状水冷却受影响容器，无法切断气源时严禁熄灭泄漏处火焰 (防止形成爆炸性混合气体)；可使用雾状水、砂土灭火，严禁使用还原剂、易燃性灭火剂或直接冲击泄漏物

7.4 环境风险事故影响分析

7.4.1 溢油风险分析

本项目施工期间存在船舶碰撞事故溢油风险，施工期大量施工船舶往来于作业海域，势必加剧航道通航压力，从而带来船舶碰撞的风险，一旦发生船舶碰撞事故，可能造成船舶柴油泄露的可能。

类比我国近岸海域溢油污染事故的发生状况，分析本项目船舶碰撞最大可信事故确定依据。

(1) 国内船舶溢油事故统计

据不完全统计,2009-2021 年,我国共发生船舶污染事故 309 起,平均每年约 23.7 起。其中船舶油污事故 298 起,占比约 96.4%;化学品污染事故 11 起,占比约 3.6%。

按照事故成因可将船舶污染事故分为海损性事故和操作性事故。据统计,船舶碰撞、搁浅、沉船等海损事故引发的污染事故共 222 起,占总数的 71.8%,平均每年 17.1 起;操作性引发的污染事故 87 起,占总数的 28.2%,平均每年 6.7 起。

按船舶油污事故等级分,100 吨以下的一般事故 285 起,占比 95.7%;100 吨至 500 吨的较大事故 7 起,占比 2.3%;500 吨以上的重大事故 4 起,占比 1.3%;特别重大事故 2 起,占比 0.7%。按季节来分近 10 年来,春季发生油污事故 80 起,占比 26.5%;夏季发生油污事故 67 起,占比 23.5%;秋季发生油污事故 66 起,占比 21.9%;冬季发生油污事故 85 起,占比 28.1%。见图 7.4.1-1。

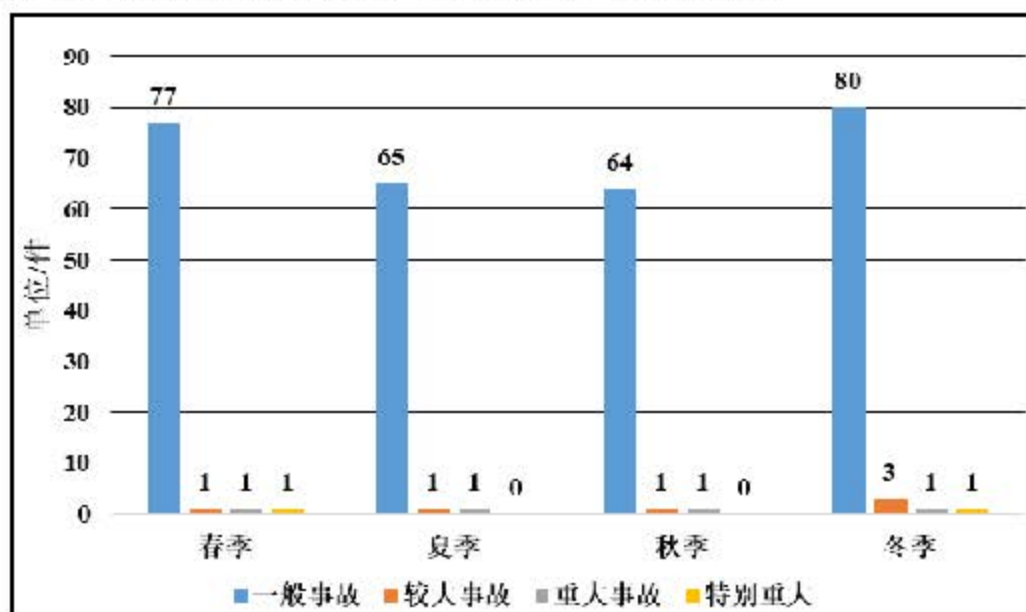


图 7.4.1-1 船舶油污事故等级按季节分对照图

冬季发生污染事故最多,春季其次。这与冬季气候多变、风大浪急,船舶操纵较为困难等因素不无关系。如 2018 年 1 月“桑吉”轮特别重大污染事故就发生在冬季。

据国内外溢油事故统计资料表明,船舶碰撞发生溢油事故最主要的原因是船舶突遇恶劣天气,风大、流急、浪高,加之轮机失控,造成船舶触礁和搁浅,引发重大溢油事故发生,事故发生地点主要在河口、港湾、沿海等近岸水域。

(2) 广东省内船舶溢油事故统计

根据广东海事局对广东水域船舶交通事故的统计分析,2020年,广东局辖区列入统计范围的一般等级以上水上交通事故40起,死亡失踪65人,沉船19艘,直接经济损失8176.9万元,40起事故中,一般事故34起,较大事故5起,重大事故1起。事故类型统计见表7.4.1-2。

表 7.4.1-2 2020 年船舶安全事故统计表

年份	事故类型及数量										
	碰撞	搁浅	触礁	触损	浪损	火灾	风灾	机损	自沉	其他	合计
2020	18		1	2		1	1		8	9	40

2020年广东辖区发生的40起一般及以上等级水上交通中,碰撞18起,其他9起,自沉8起,触碰2起,风灾1起,触礁1起,火灾/爆炸1起(死亡0人)。碰撞、其他、自沉等事故占事故总数的87.5%,其中,碰撞事故就占了45.0%。

7.4.2 溢油事故预测分析

7.4.2.1 预测模型

海上的溢油行为受气象条件和潮流特性等环境条件以及溢油本身化学性质的影响,会经历十分复杂的物理化学变化过程。溢油运动包括自身扩展、漂移和风化。油膜的扩展过程是由于其自身的重力、惯性力、粘性力以及表面张力相互作用的结果,可按主导作用力的不同将其划分为三个阶段。漂移运动是指溢油在风、潮流等环境因素作用下的对流过程和紊动扩散。风化作用包括了溢油的蒸发、乳化和溶解等生化反应。本溢油模型根据模拟得到的水动力基础数据建立项目所在海域溢油扩散预测模型。模拟溢油在海上的扩展、漂移和风化过程。

根据经过验证的水动力模型建立溢油扩散数学模型。采用拉格朗日随机走动法计算溢油漂移轨迹的“油粒子”模式,模拟溢油在海上的扩展、漂移和风化过程。

(1) 控制方程

在潮流场计算的基础上,采用拉格朗日法计算溢油漂移扩散影响范围,控制方程如下:

$$X = x_0 + (U + \alpha w_{10} \cos A + r \cos B) \Delta t$$

$$Y = y_0 + (V + \alpha w_{10} \cos A + r \cos B) \Delta t$$

式中:

x_0 、 y_0 ——某质点初始坐标(m);

U, V ——流速 (m/s);

w_{10} ——风速 (m/s);

A ——风向;

α ——修正系数;

R ——随机扩散项, $r = RE$, R 为 0~1 之间的随机数;

E ——扩散系数;

B ——随机扩散方向。

模型同时还考虑了包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程, 在这些过程中油粒子的组分发生改变, 但其水平位置没有发生变化。

1) 蒸发

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因素的影响。假定在油膜内部扩散不受限制 (气温高于 0 度以及油膜厚度低于 10 cm 时基本如此), 油膜完全混合, 油组分在大气中的分压与蒸气压相比可忽略不计。

蒸发率可由下式表示:

$$N_i^e = k_{ei} \cdot \frac{P_i^{SAT}}{RT} \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot X$$

式中: N_i^e ——蒸发率; k_{ei} ——物质输移系数; P_i^{SAT} ——蒸汽压; R ——气体常数; T ——温度; M ——分子量; ρ ——油组分的密度; X ——摩尔分数; i ——代表各种油组分。

k_{ei} 由下式估算:

$$k_{ei} = k \cdot A_{oi}^{0.045} \cdot Sc_i^{-\frac{2}{3}} \cdot U_w^{0.78}$$

式中:

k ——蒸发系数;

Sc_i ——组分 i 的蒸气 Schmidt 数。

2) 溶解

油在水中的溶解率用下式表示:

$$\frac{dV_{oi}}{dt} = K_s \cdot C_i^{SAT} \cdot X_{wi} \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot A_{oi}$$

式中：

V_{oil} ——油膜体积；

C_i^{SAT} ——组分 i 的溶解度；

X_{moli} ——组分 i 的摩尔分数；

M_i ——组分 i 的摩尔质量；

k_{si} ——溶解传质系数 ($k_{si}=2.36 \cdot 10^{-6} e_i$)；

3) 乳化

乳化是一种液体以微小液滴均匀地分散在互不相溶的另一种液体中的作用。油向水体中的运动包括扩散、溶解和沉淀等。从油膜扩散到水体中的油分损失量 D 为：

$$D = D_a \cdot D_b$$

$$D_a = \frac{0.11(1 + U_w)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1 + 50\mu_{oil}h_s\gamma_{ow}}$$

式中：

D_a ——进入到水体的分量；

D_b ——进入到水体后没有返回的分量；

U_w ——风速；

μ_{oil} ——油粘度；

h_s ——油膜厚度；

γ_{ow} ——油-水界面张力。

油滴返回油膜的速率为：

$$\frac{dV_{oil}}{dt} = D_a \cdot (1 - D_b)$$

油中含水率变化可由下式平衡方程表示：

$$\frac{dy_w}{dt} = R_1 - R_2$$

$$R_1 = K_1 \frac{(1 + U_w)^2}{\mu_{oil}} (y_w^{max} - y_w)$$

$$R_2 = K_2 \frac{1}{As \cdot Wax \cdot \mu_{oil}} y_w$$

式中： y_w ——实际含水率；

R_1 、 R_2 ——分别为水的吸收速率和释出速率；

As ——油中沥青含量；

Wax ——油中石蜡含量；

K_1 、 K_2 ——分别为吸收系数和释放系数。

具体参数设置见表 7.4.2-1。

表 7.4.2-1 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	105.3t		
轻组分油密度	755kg/m ³		
重组分油密度	940kg/m ³		
水的运动粘性系数	1.14e-006m ² /s		
20°C下油的动力粘度	1.4cP		
风漂移系数 C_W	0.03		对流过程
风偏向角 θ_W	28°		对流过程
乳化率	2.1e-006 s/m ²		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_{ad}	2.36e-006		溶解过程
蒸发系数 K	0.06		蒸发过程
蒸汽 Schmidt 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）	50%	

	重组分油（重量超过 160 g/mol，沸点高于 300°C）	40%	
	油中的蜡质（保守）	8%	
	油中沥青质含量（保守）	2%	

7.4.2.2 溢油预测情景

（1）最大可信事故确定

最大可信事故指在所有预测的概率不为 0 的事故中，对环境(或健康)危害最严重的重大事故。本项目可能发生的溢油污染事故类型为船舶燃料油泄漏事故，风险评价预测污染因子为石油类污染物。

根据工程分析，本风电场施工期采用的施工船舶最大总吨位为 9750t 甲板货船（载货量 15000t）。参照《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）附录 C 中表 C.6，载货量 15000t 甲板货船的燃油总舱容 975m³，燃油总量 780m³，单舱燃油量 117m³。燃料油密度按 0.9t/m³ 计算，甲板货船单仓最大载油量约为 105.3t，则施工期施工船舶碰撞发生燃料油舱泄露造成的最大漏油量约为 105.3t。

发生溢油事故的可能位置选择在电缆施工区域船舶航道交叉的位置。发生燃料油泄漏事故位置见图 7.4.2-1。

图 7.4.2-1 溢油事故位置图

（2）计算工况确定

从环境风险的最不利影响角度出发，燃料油以连续点源的形式泄漏，在 1 小时内泄漏完毕。分别对大潮涨潮初期和落潮初期发生泄漏事故的情景进行计算。计算结果给出 48h 的预测结果，统计溢油轨迹。

海上风况（风速和风向）对油膜的运动有很大的影响，计算必须考虑风对油膜运动的影响。根据工程海域的风向频率特征并考虑附近环境敏感目标的分布情况，选取可能对计算域内的敏感目标产生不利影响的不利风向进行预测分析，溢油时刻选取大潮涨潮、落潮。

根据项目所处位置，选取主导风向、不利风向作为本次溢油事故风向，考虑平均风速、不利风速时发生溢油事故。模拟工况组合情况如表 7.4.2-2。

表 7.4.2-2 溢油工况表

序号	风险类型及	泄漏物质	预测风况	事故发生	说明

	泄漏位置	及泄漏量	风向	风速 (m/s)	时刻		
1	电缆与航道交叉的位置 1	燃料油 105.3t	W	4.6	涨潮初期	平均风速	
2					落潮初期		
3				13.8	涨潮初期	不利风	
4					落潮初期		
5	电缆与航道交叉的位置 2			SE	4.6	涨潮初期	平均风速
6						落潮初期	
7					13.8	涨潮初期	不利风
8						落潮初期	

7.4.2.3 溢油结果

事故溢油预测结果表明，发生泄漏事故时，油膜的扩展轨迹受风和潮流的共同影响。

常年主导风、不利风条件下，船舶在海缆与航道交越位置的水域碰撞，发生燃料油泄漏事故发生 48h 后，油膜扫海面积、油膜漂移距离统计见表 7.4.2-3，图 7.4.2-2~图 7.4.2-9 给出了不同工况组合下溢油轨迹图。

表 7.4.2-3 溢油事故分析表

溢油点	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)
溢油点位 1	工况 1	大潮涨 初	4.6	W	2	0.923	2.77
					12	7.536	6.82
					24	12.916	10.13
					48	溢油事故发生后 48 小时未抵岸，扫海面积约为 32.410km ² ，溢油残留量约为 69.029t	19.34
	工况 2	大潮落 初	4.6		2	1.308	4.11
					12	6.869	12.88
					24	13.443	13.56
					48	溢油事故发生后 48 小时未抵岸，扫海面积约为 36.526km ² ，溢油残留量约为 69.028t	21.33
	工况 3	大潮涨 初	13.8		2	0.107	0.86
					12	12.613	16.80
					24	38.464	30.10
					48	溢油事故发生后 48 小时未抵岸，扫海面积约为 95.158km ² ，溢油残留量约为 68.577t	60.28

溢油点	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4	大潮落初	13.8		2	1.805	5.69
					12	17.846	21.27
					24	33.529	28.60
					48	溢油事故发生后 48 小时未抵岸，扫海面积约为 97.972km ² ，溢油残留量约为 68.576t	62.08
溢油点位2	工况5	大潮涨初	4.6	SE	2	0.860	2.88
					12	9.927	10.87
					24	16.369	12.36
					48	溢油事故发生后约 44.83 小时抵岸，扫海面积约为 33.115km ² ，溢油残留量约为 69.027t	18.38
	工况6	大潮落初	4.6		2	0.097	0.99
					12	5.264	6.07
					24	10.734	9.71
					48	溢油事故发生后约 24 小时抵岸（乌猪岛），扫海面积约为 10.994km ² ，溢油残留量约为 69.025t	10.21
	工况7	大潮涨初	13.8		2	1.605	4.34
					12	15.561	16.93
					24	溢油事故发生后约 13.5 小时抵岸，扫海面积约为 17.464km ² ，溢油残留量约为 68.575t	18.29
					48		
	工况8	大潮落初	13.8		2	0.774	2.51
					12	8.877	16.70
					24	溢油事故发生后约 22 小时抵岸，扫海面积约为 19.763km ² ，溢油残留量约为 68.574t	24.69
					48		

表 7.4.2-4 溢油到达敏感点时间统计表

序号	敏感点		到达时间							
	类型	名称	工况1	工况2	工况3	工况4	工况5	工况6	工况7	工况8
1	敏感目标	江门中华白海豚地方级自然保护区	9h30min	40min	5h30min	30min	—	—	—	—
2		江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	—	—	—	—	40min	13h40min	40min	50min
3		上川岛飞沙滩重要滩涂及浅海水域	—	—	—	—	—	—	—	18h40min

4	珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	——	——	——	——	44h50min	——	13h30min	——
5	江门上川岛猕猴地方级自然保护区	——	——	——	——	——	——	——	——
6	乌猪岛	——	——	——	——	——	24h	——	——
7	围夹岛	——	——	——	——	——	——	——	——
8	抵达上川岛岸线	——	——	——	——	44h50min	——	13h30min	22h

图 7.4.2-2 工况 1 溢油轨迹图（涨潮、风向 W、风速 4.6m/s、48 时）

图 7.4.2-3 工况 2 溢油轨迹图（落潮、风向 W、风速 4.6m/s、48 时）

图 7.4.2-4 工况 3 溢油轨迹图（涨潮、风向 W、风速 13.8m/s、48 时）

图 7.4.2-5 工况 4 溢油轨迹图（落潮、风向 W、风速 13.8m/s、48 时）

图 7.4.2-6 工况 5 溢油轨迹图（涨潮、风向 SE、风速 4.6m/s、48 时）

图 7.4.2-7 工况 6 溢油轨迹图（落潮、风向 SE、风速 4.6m/s、48 时）

图 7.4.2-8 工况 7 溢油轨迹图（涨潮、风向 SE、风速 13.8m/s、48 时）

图 7.4.2-9 工况 8 溢油轨迹图（落潮、风向 SE、风速 13.8m/s、48 时）

7.4.2.4 溢油事故影响分析

（1）对海洋生态环境的影响

①溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，从而影响水的物理化学和生物化学过程。

溢油后，石油的重组分可自行沉积，或粘附在悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降，从而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

②溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成

一定危害，沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此，一旦发生事故溢油且处理不及时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

（2）对海洋生物的影响

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。

①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。

②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 0.01~0.1ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

③对渔业资源的影响

石油溢漏入海后，以油包水或水包油的形式分散在水中，形成乳化油。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映，其症状表现为急性、亚急性和慢性。急性和亚急性中毒是指大剂量、高浓度的中毒反映，其症状证据要表现为致死性、神经性、对造血功能的损伤和酶活性的抑制；慢性中毒的影响，既是在小剂量、低浓度下，仍表现代谢毒性、生活毒性以及致癌、致畸、致突变等毒理效应。同时，发生溢油时，不仅表现在对渔业生物的伤害和发育生长的影响，当海水中石油浓度达到一定含量时，就会使渔业生物致臭，不仅使鱼类失去鲜美的味道，更主要的是石油类富集于鱼体内，通过食物链危害人体健康。

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避开和下沉的油块接触。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。

突发性溢油对渔业资源带来的损害是多方面的。首先，污染可能引起该海区的鱼虾回避，造成捕捞产量的直接减产；其次表现为由于品质的下降造成产值损失。另外，溢油对于渔业资源的影响程度还受海区的水文、气象以及地理位置的不同而不同，如果事故发生在产卵盛期和污染区正处于产卵场密集区，成鱼可以回避，但卵子和仔稚鱼难逃死亡的命运。

④对渔业生产的影响

溢油事故对渔业资源的中、长期累积影响主要是造成渔业资源种类、数量及组成的改变，从而使渔业长期逐渐减产。这种影响在水域环境中可持续数年至十几年，因溢油规模及溢油地点而异。一般在近岸、河口或盐沼地发生溢油的恢复时间相对要长些。根据对法国布列塔尼发生的 AmocoCadiz 溢油影响的研究表明，溢油后 1 年，在 2 个湾里有几种鱼类的幼体完全消失而其成体的生长则显著减少，并且出现病态及畸变，估计其资源恢复到平衡至少需几年时间。根据对美国马萨诸塞州 Buzzards 湾发生的佛罗时达号油驳轮溢油的研究发现，溢油后 3~4 年，大型底栖生物仍没有明显的恢复，而盐沼潮间带的某些蟹类在溢油 7 年后仍未完全恢复，估计溢油的影响最少持续 10 年。根据对加利福尼亚州附近发生的一次溢油观察也表明，大多数生物种群在溢油几年后才得到恢复，但水产资源鲍鱼在 16 年后仍未恢

复，而且许多种类也没有达到溢油前的丰度。Barry 等（1975）曾报道了一次溢油的研究结果，溢油初期潮间带蛤类大量死亡，估计其资源最少要在 5~6 年后才有明显的恢复。Hiyama（1979）报道了日本 SetoInlandSea 一次溢油的观察，表明溢油初期沿岸渔业资源曾受严重损害，但一年后基本恢复正常，其主要归因于采取迅速而有力的恢复工作。考虑到本项目油品为易挥发油品，一定时间内大部分可以挥发至大气，而且本项目配备了必需的溢油应急设施，出现溢油立即启动应急预案，可有效减轻溢油对水生生态和渔业资源的影响程度。

（3）对南海底层和近底层鱼类产卵场、南海北部长尾大眼鲷产卵场、南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼幼虾保护区的影响分析

本项目位于南海中上层鱼类产卵场内和南海底层、近底层鱼类产卵场、黄花鱼幼鱼保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区。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幼鱼的安全浓度（一般安全浓度为 96 小时的半致死浓度的十分之一），对幼鱼造成严重伤害。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映。

因此，一旦发生溢油事故需尽快启动相应的应急预案进行处理。溢油事故对生态环境影响巨大，需对溢油事故严加防范、杜绝发生，避免造成经济损失和环境污染。

7.4.3 陆域环境风险分析

本项目陆上集控中心配置二氧化氯消毒系统（污水处理设施）及含油设备（变压器油），相关物质在储存、输送及使用过程中，若出现设备老化破损、阀门失效、操作不当等情况，可能引发二氧化氯泄漏或事故油泄漏，进而对周边大气、土壤、水体环境及人员健康造成危害。

二氧化氯消毒系统主要服务于集控中心生活污水的杀菌消毒环节，涉及二氧化氯发生器、输送管路及投加装置等设施，若设备长期运行导致密封件老化失效、原料输送管路因腐蚀出现破裂、投加阀门故障或人工操作时出现误配比、误操作，易引发二氧化氯气体或含氯废液泄漏。二氧化氯为强氧化性刺激性气体，泄漏后易在集控中心近地面大气中扩散，对现场作业人员的呼吸道、皮肤及黏膜产生强烈刺

激，高浓度暴露下可引发中毒、肺水肿甚至窒息风险；含氯废液若未被及时收集而进入场地土壤，会改变土壤酸碱度、抑制土壤微生物活性，破坏土壤生态功能，渗入地下后还可能对浅层地下水造成污染，威胁陆域土壤与地下水环境安全。

集控中心内主变压器等电气设备配套的变压器油，项目运行过程中，若设备密封结构因老化、腐蚀出现开裂，或输油管路穿孔、法兰密封失效，甚至因设备故障、外力撞击导致本体破损，均可能引发变压器油泄漏事故。变压器油为疏水性烃类混合物，泄漏后若未被事故油池及时收集，会在集控中心场地形成油膜污染地表土壤，渗入地下后可长期滞留于土壤孔隙中，破坏土壤结构与通气性，影响土壤微生物环境；若油液随场地雨水径流外排，还可能进入周边地表水体，形成油膜阻碍水体复氧，威胁水生生物生存；此外，泄漏的变压器油挥发形成的油蒸气，在陆域半封闭空间内易积聚，遇明火或高温设备可能引发火灾、爆炸，次生消防废水还会携带油类污染物进一步扩散，加剧土壤与地下水污染风险。

7.5 环境风险防范措施

鉴于事故性溢油危害较大且大多由人为因素所致，因此杜绝溢油事故主要是从管理方面着手，制定并采取切实可行的管理、防范措施。另外，一旦发生溢油事故必须立即采取有效措施，以减轻其所产生的危害，切实做到“以防为主，管治结合”。杜绝事故隐患，避免船舶发生碰撞、事故溢油的污染影响。

7.5.1 自然灾害风险防范措施

(1) 施工单位应时常关注气象信息，当得知有风暴潮、台风等灾害性天气气象时，要及时做好灾前各项准备工作，将灾害性天气带来的损失降至最低。

(2) 施工单位应做好灾前检查，发现问题，及时纠正，做好防风；加强对灾害性天气条件下项目周边交通安全监管，不超过安全适航抗风等级开航，避免在恶劣天气和危及航行安全的情况下航行。

(3) 如有影响较大的台风过境，应尽快安排航道水下地形测量，如航道发生骤淤应尽快安排航道疏浚清淤。

7.5.2 通航风险防范措施

施工期作业船舶将增加所在海域的船舶流量，但采取相应的安全保障措施后影响可控，主要措施包括：

(1) 施工作业前应向当地海事局申请办理《水上水下施工作业许可证》，划定施工水域，设立警示标，并向过往船只发出公告。除在施工安全作业区设置警戒灯浮和警戒船守护外，还要求施工船舶按规定在明显易见处显示相应的信号，尤其在锚链入水处显示灯光信号并用探照灯提示。另外，要求所有施工船舶在专用频道 24 小时值守。

(2) 参与施工的各种船舶（包括配合施工作业的交通船、运输船等）必须符合安全要求，同时还必须持有各种有效证书，按规定配齐各类合格船员。船机、通讯、消防、救生、防污等各类设备必须安全有效，并通过当地海事局的安全检查。

(3) 施工船舶应严格按照施工组织设计和划定的施工作业区进行施工，每天定时向项目部及局指挥部报告工程进展情况和安全情况，通报作业区施工船舶分布及动态情况，禁止施工船舶随意调换作业区和随意穿越其他作业区；禁止施工船舶将锚位抛出作业区；禁止施工船舶不按计划施工。

(4) 施工项目部调度室应随时与当地气象、水文站等部门保持联系，每日收听气象预报，并做好记录，随时了解和掌握天气变化和水情动态，尤其是台风和热带气旋出现时，以便及时采取应对措施。

(5) 严格执行《水上水下施工作业通航安全管理规定》及水上航运安全管理规定，谨慎操作，确保安全。水上施工应设专用救生船，并有专人值班，各施工作业点应配备救生圈、救生衣等救生设备。

(6) 施工船舶要与调度室昼夜保持通讯畅通，并按规定显示有效的航行、停泊和作业信号。在各施工作业点，夜间应按规定显示警戒灯标或采用灯光照明，避免航行船舶碰撞水中桩墩。在显示灯光照明时应注意避免光直射水面，影响船舶人员的瞭望。施工船舶应加强值班制度，保持 24 小时 VHF 高频电话收听和对周围情况的观察了解。船上应有夜间照明设备，设有发电设备的船只，应备有防风灯和电池灯具。

(7) 对未按推荐航道航行擅自进入安全作业区的船舶，应立即报告有关人员及现场警戒船，进行及时纠正。

(8) 编制适宜的应急安全预案，应至少包含：施工船舶碰撞事故应急处置措施和施工船舶泄漏应急处置措施等。

(9) 施工期间应结合施工船舶尺寸，合理安排施工时序，保障施工船舶顺利

进出施工区域。

7.5.3 风险事故防范措施

7.5.3.1 施工船舶溢油事故防范措施

(1) 根据施工区周围的水布置及安全要求, 加强施工面的规划布置, 从施工方案设计上避免溢油风险事故的发生。

(2) 本项目施工时, 施工船舶占用一定的航行水域, 将会影响该海域的航行。建设单位应加强对施工单位的管理和要求, 根据海域船舶动态, 合理安排施工船舶的作业面, 在有船舶通过时, 提前采取避让的措施。施工船舶必须遵守交通管理规则。施工时应有小拖轮监护。

(3) 项目施工期间, 相关主管部门应加强航道区的船舶秩序管理: 引航站在引航时加强与施工船舶的联系; 在导助航设施中增加 DGPS 定位系统, 保证引航安全和可靠。

(4) 合理安排施工船舶的作业, 使船舶间的间距尽可能大, 应根据船舶装载状态、水文、气象和航道作业状况, 合理安排船期, 以保证作业安全。

(5) 选择有相应施工资质、有相关工程经验的施工单位进行现场施工。

(6) 加强施工人员的业务培训和安全教育, 树立良好的风险防范和安全生产意识, 避免人为事故, 或把人为因素导致的溢油事故的发生概率降至最低程度。

(7) 施工期间所有施工船舶须按照国际信号管理规定显示信号。

(8) 施工作业船舶在发生紧急事件时, 应立即采取必要的措施, 同时向海上交管中心报告。

(9) 严禁施工单位擅自扩大施工作业安全区, 禁止与施工无关的船舶进入事先设定的施工作业区, 及时申请发布航行公告。

(10) 遇到风暴潮、台风、大雾等恶劣天气时, 应停止施工作业, 提前做好安全防护工作, 避免发生船只碰撞、翻船等事故。

(11) 施工期间应建立反应机制, 明确责任主体。

7.5.3.2 加油油轮风险防范措施

(1) 油轮配备的设备应是具有相应资质的生产单位的合格产品, 符合相关标准要求的设施。

(2) 装设高液位自动监测系统, 具有储油罐渗漏的监测功能和高液位的警报

功能，及时掌握油罐情况，如果发生泄漏能够及时发现及时采取措施。

(3) 对储罐、阀门、加油设备等进行定期检测。

(4) 做到灭火装置完整有效，一旦发生加油机火灾、爆炸事故能及时启动，进行灭火。

(5) 油轮设置醒目的防火、禁止吸烟及明火标志。

(6) 根据国家有关法规和条例的要求，油轮应配备《船上油污应急计划》，在人员和

器材配备上做到有备无患。

(7) 在台风、大雾等恶劣天气条件下禁止出海运送燃油补给。

(8) 穿越周边航道、航路等通航船舶较多的海域应加强防范，注意避让。

(9) 加强施工人员的业务培训和安全教育，树立良好的风险防范和安全生产意识，避免人为事故，或把人为因素导致的溢油事故的发生概率降至最低程度。

(10) 油轮必须按照交通部信号管理规定显示信号。

(11) 经常对船舶进行检查，进行必要的维修保养，避免由于机械事故或者出现跑、冒、滴、漏等情况所造成的对海域的污染。

7.5.3.3 溢油应急设备

1、周边可协调应急物资

根据调查江门市内距离项目较近的有 3 个应急储备点，台山铜鼓点（台山国华电厂内）、川岛点（上川岛海事基地内）、恩平横板点，周边可用应急物资储备点分布详见图 7.5.3-1。应急储备点物资见表 7.5.3-1。

表 7.5.3-1 项目周边应急物资一览表

应急储备点	序号	物资名称	型号	数量
台山铜鼓点（台山国华电厂内）	1	浮子式 PVC 塑料围油栏	WGV900	400m
	2	吸油拖栏	(20m) PP-T-220	1000m
	3	污水水储存专用	QG10 立方	2 个
	4	连接属具		若干
川岛点（上川岛海事基地内）	1	固体浮子式橡胶围油栏	WGJ900	1000m
	2	镀锌连接夹板	900	1 付 2 件 (49)
	3	镀锌铰链式快速接头	900	1 套 5 件 (2)
	4	镀锌拖杆	900	1 付 2 件 (3)
	5	浮子式 PVC 围油栏	WGV900	1150m
恩平横板点	1	浮子式 PVC 塑料围油栏	WGV900	240m
	2	吸油拖栏	(20m) PP-T-220	500m
	3	污水水储存装置	QG10 立方	1 个

应急响应过程中，应急单位主要设备、救援人员从公司、应急基地或设备库出

发后到达事故地点所需的时间。在计算到达时间时，考虑到不同的海域航道情况，船舶行驶平均速度取 30km/h，动员时间为 0.5h 计算，台山铜鼓点应急基地距离本项目电缆与航道交叉的位置 2 的距离约为 34km。到达时间按以下公式计算：

到达时间 = 动员时间 + 水上（距离/速度）= 0.5 + 34/30 = 1.63h。

可以保证在 2 小时内抵达本项目事故现场进行救援。

图 7.5.3-1 周边可用应急物资储备点分布示意图

2、本项目应急物资

根据前述分析，区域溢油应急已可满足本项目溢油应急要求，建议施工船舶参照《港口码头水上溢油污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）从事非散货液体污染危害性货物作业水上污染事故基本应急防备的要求配备溢油应急设施和器材，同时配备钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等，以便能够及时应对溢油风险以及跑、冒、滴、漏油等大概率事件发生。

常规的吸附材料为吸油毡，也是目前处理日常作业小型船舶污染事故的常用材料之一，它主要将水面溢油直接渗透到材料内部或吸附于表面，以便于回收溢油，通常有聚氨酯、聚乙烯、聚丙烯、尼龙纤维和尿素甲醛泡沫等材料。

1) 计算方法

我国<船用吸油毡>行业标准规定，其吸油性应达到本身重量 10 倍以上，吸水性为本身重量 10% 以下，持油性保持率 80% 以上。所需数量计算如下：

$$I = T \times P_3 \div (J \times K \times \phi 1)$$

式中：I——吸收吸附材料数量，t（单位：吨）；

T——总溢油量，t（单位：吨）；

P_3 ——吸附回收量占总溢油量的比例，本评价取 20%；

J——吸收吸附倍数，本评价取 15；

K——油保持率，本评价取 90%；

$\phi 1$ ——吸收吸附加权系数，取 1。

2) 配置要求

经计算，按照溢油量 105.3 吨为计，本项目需要配备 1.56 吨吸油毡，建议项目设置 1.6 吨吸油毡。

建议施工单位应该与有能力的溢油应急单位签订应急服务合同，确保项目发生溢油时，防治溢油污染工作船能在现场及时处理溢油事故。具体见表 7.5.3-2。

表 7.5.3-2 项目配备应急物资一览表

码头、装卸站	围油栏	收油机	吸收或吸附材料 (t)	溢油分散剂 (t)	临时储存容器 (m ³)	配套工属具
从事非散装液体污染危害性货物作业	-	-	1.6	0.2	0.4~1	钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等

注：参考码头、装卸站水上污染事故基本应急防备要求（节选）。

a：根据码头、装卸站大小和储存场所的空间选择配备。

7.5.3.4 陆上集控中心变压器溢油事故防范措施

（1）设置事故油收集设施

本工程主变压器附近设置一座事故油池。事故油池有效容积根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB50229-2019)中设计规定，“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定，并设置油水分离装置”。事故油池有效容积按最大一台主变油量 100%设计，在变压器附近设置 1 座容积约为 150m³ 的事故油池。

正常情况下，变压器油坑内的雨水通过事故排油管道进入事故油池，经过油水分离后，下部雨水排至站区室外雨水管网（事故油废水管槽最深处埋深约为 3.2m，废水检查井底板垫层最深处埋深约为 3.5m）。

事故状态下，当变压器发生事故排油时，变压器绝缘油通过管道排至事故油池内进行储存。事故排油后，运维人员应尽快利用油罐车将事故油抽走外运。事故油池设有检修人孔和排水泵孔。运维检修期间，油池内油水分离后的雨水可通过移动式潜水泵进行排空。

因此，本项目在变压器附近设置 1 座容积约为 150m³ 的事故油池，满足最大排油量要求。事故油池具油水分离功能，做好防渗措施。

（2）加强事故油的贮存管理和“三防措施”

在设计时，选取性能优良、品质可靠的变压器，选取优良的符合国家标准变压器油。经常性地对变压器进行维护，并定期取样检测变压器油，根据变压器的运行参数或其他表现以及变压器油取样检测结果，及时发现细小问题，防患于未然。在运行过程中，如果需要对变压器油进行过滤净化，须请专业机构实施，使用性能良好的油液抽取设备及容纳器材，严格依照规程操作。主变压器及高压电抗器事故状态下产生漏油时，进入事故贮油池中的含油污水不得随意处置，必须由全部交有

危险废物处理资质的单位回收处置，并按照危险废物转移的五联单制度进行移交。

（3）建立报警系统

针对本工程主要风险源主变压器及高压电抗器存在的风险，应建立报警系统，高压电抗器增设专门摄像头，与监控设施联网，一旦发生事故漏油，监控人员便启动报警系统，实施既定环境风险应急预案。

（4）加强事故油池常态化检查

加强对事故油池的常态检查，确保事故油池经常处于空池状态，设置油池液位报警装置，禁止雨水或其它水进入事故油池。

（5）防止进入周围土壤、水体

由以上分析可知，一旦发生事故漏油，渗流入下方铺有鹅卵石层的事故油坑，然后通过排油管道进入事故油池，全部含油污水和事故油交由具有危险废物处理资质的单位回收处理，不外排。

7.5.3.5 陆上集控中心二氧化氯泄漏风险防范措施

1、优化设备选型与施工安装，陆上集控中心污水处理区选用耐腐蚀、密封性能优良的二氧化氯发生器、输送管道及阀门管件，所有管路接口做好密封防渗处理，从源头降低设备破损泄漏概率。

2、建立常态化日常巡检制度，安排专人每日巡查消毒系统运行状态，重点检查原料储罐、输送管线、投加阀门等关键部位，及时排查裂缝、松动、渗液等安全隐患。

3、严格执行标准化作业规程，落实专人专管制度，作业人员严格按照配比要求调配消毒原料，杜绝违规操作、误操作引发的二氧化氯气体及原液泄漏问题。

4、规范消毒药剂分区储存，分区存放于阴凉通风库房，远离高温热源、电气设备及易燃易爆物品，分类隔离管控，防止原料混合异常产生泄漏风险。

5、定期开展设备维护保养，按使用年限及时更换老化密封垫片、破损管路及老化配件，对闲置停运设备做好排空、封存养护，减少自然老化引发的泄漏事故。

6、强化从业人员安全培训，定期开展二氧化氯理化特性、泄漏危害、初期处置方法等安全知识培训，提升工作人员风险识别与应急处置能力。

7、定期组织泄漏应急处置演练，完善应急处置预案，切实提升突发泄漏事件应对能力。

7.6 环境风险预案编制要求

1、应急预案纲要

油料泄露将对海域环境发生较大的污染损害，事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。因此，本项目应根据可能发生的风险事故类型制订应急预案。

本工程应参照相关规定建立相关应急反应部门的应急通讯联络机制，制订本项目对突发污染事故的应急反应对策。本项目突发事故应急预案纲要见表 7.5.6-1，供制订预案参考。

表 7.6-1 应急预案纲要

序号	项目	内容及要求
1	总则	
2	应急计划区	作业区
3	应急组织	建立本项目的应急反应组织机构，包括建立单位内的应急反应领导小组，落实各级上级主管部门
4	预案分级响应条件	将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故一般污染事故自行处理，较大、重大、特大污染事故启动上级预案，接受上级应急反应部门的领导
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式
6	应急救援保障	主要依靠项目配备的应急设施和区域应急设备
7	紧急处置措施	制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序
8	事故应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序规定事故现场善后处理，恢复措施 规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
9	应急培训计划	制订培训与演练计划
10	公众教育和信息	对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息
11	附件	应急联络方式，包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式 预案编制与更新等

建议建设单位参考本报告提出的应急预案纲要，制定污染事故应急预案，编制的应急预案应与主管海事的应急预案进行衔接，列入海事联系方式。当污染事故发生时，有关人员应迅速将准确的将事故信息上报至海事主管部门，并根据海事主管部门的指示，按照制定好的应急预案开展应急清污行动。同时应请求海事统一调配周边应急力量，共同完成溢油事故风险控制工作。

2、应急指挥、救援机构职责和分工

成立污染事故应急救援“指挥领导小组”，小组由总指挥、现场指挥组成：

下设应急救援队伍。当现场发生重大事故时，以指挥领导小组为领导核心，应急救援队伍为救援骨干，全面负责污染救援的组织指挥和救援控制。

指挥领导小组的职责：（1）负责本单位“预案”的制订、修改；（2）组建应急救援专业队伍，并组织实施和演练；（3）检查督促做好重大事故的预防措施和应急救援的各项准备工作。

指挥部的职责：（1）发生事故时和事故处理完毕后，分别由指挥部发布和解除应急救援命令、信号；（2）组织指挥救援队伍实施救援行动；（3）及时向有关部门单位发出救援请求；（4）组织事故调查，总结应急救援工作经验教训。

应急救援队伍的职责：（1）各施工人员都负有事故应急救援的责任；（2）应急救援队伍是防泄漏污染应急救援的骨干力量，其任务主要是担负污染事故的现场救援以及尽最大努力防止污染扩散，将污染危害程度在最短时间里控制在最小范围内。

3、应急救援保障

本项目主要依托社会的应急设备，应与周边企业、清污公司、应急设备库建立联络机制。

4、建立事故应急反应计划和应急反应措施

考虑到溢油对海域环境的污染损害严重性，建立快速科学有效的海上污染防治和应急反应体系是非常必要的。事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。

（1）应急计划主要内容

- ①明确组织指挥机构；
- ②绘制该地区环境资源敏感图，确定重点优先保护区域；
- ③了解周边清污设备器材储备，建立清污设备器材储备；
- ④加强清污人员训练；
- ⑤建立通畅有效的指挥通讯网络。

（2）事故应急反应措施

本项目事故应急反应措施应在以下几个方面做好工作：

- ①建立健全的应急反应的指挥系统；

②应急响应设施、设备的配备：了解海区的应急响应设施、设备配备情况，建立畅通的联络通道。

③应急防治队伍及演习：根据项目的特点，为减少人员及日常开支，充分利用海事局系统应急防治力量。

④应急通讯联络

为确保项目船舶突发性溢油污染事故的报告、报警和通报，以及应急响应各种信息能及时、准确、可靠的传输，必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络，包括与海事主管部门应急响应指挥系统联络。

⑤应急监视监测

事故的应急监视系统是通过监视手段，及时发现船舶溢油泄漏，迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等，为应急反应对策措施及方案的选定提供依据。

7.7 环境风险评价小结

本项目主要环境风险包括项目海域内船舶碰撞溢油风险、柴油、变压器油、二氧化氯泄露等。项目周边敏感目标较多，属于高度敏感区，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，降低项目风险事故发生的概率。

建设单位在认真、切实落实环境风险评价提出的各项风险防范措施的基础上，本项目的环境风险水平可控。

8 环境保护措施及其可行性论证

8.1 施工期环境保护措施及其可行性分析

8.1.1 海水水质保护措施及其可行性分析

施工期水污染环境保护对策措施主要分为悬浮泥沙、船舶生活污水、施工船舶舱底油污水、施工废水和陆域生活污水。

8.1.1.1 海上升压站、海上中间补偿站基础施工及海缆铺设悬浮泥沙

(1) 采用较新、较先进、较环保的施工船舶和设备。

(2) 合理安排施工进度计划，将悬沙产生作业环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱的潮期内；施工期尽可能避开南海中上层鱼类产卵场珠江口近海区产卵期 12-3 月、南海底层、近底层鱼类产卵场的产卵期为 11 月到翌年 8 月、黄花鱼幼鱼保护区（3 月 1 日至 5 月 31 日）和南海区幼鱼、幼虾保护区的保护期（3 月 1 日至 5 月 31 日），减少对鱼类产卵和仔鱼生长的影响。尽量避开保护期，如不能避开保护期，在不影响项目施工进度的前提下，尽可能降低施工强度。

(3) 严格控制铺缆船航速和高压水冲泥管压力。

(4) 选用高效桩基施打设备，控制工艺桩拔除强度。

(5) 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。

(6) 优化施工方案，加强科学管理，严格限制施工区域，尽量缩小作业时间和用海范围。

(7) 限制桩基数量不能大于 2 个进行施工。

(8) 加强施工过程的环境跟踪监测，在施工过程中定期对海水水质悬浮物、石油类等进行监测评估，发现问题及时检讨改进，并利用结果反过来约束施工作业，尽量减少项目对临近水体的环境所产生的影响。

(9) 施工前主动对接浴场管理方。若施工造成浴场受到影响，将第一时间与对方协商处置，同步采取控沙、调整施工时段等措施。

8.1.1.2 海域施工人员的生活污水和船舶机舱含油废水

(1) 海域施工期间，现场施工人员每天产生一定量的生活污水，经船舶统一收集，运至岸上交由有处理能力的单位处理。

(2) 施工船舶装灌油污水的舱柜或容器等，集中收集和贮存，按照《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》的要求,不在海域排放,交由有能力的单位接收到岸上集中达标处理。

(3) 船舶及其它设备漏油或者维修产生的油污设专用容器,回收施工残油、废油;含油废水经收集后运至岸上,交由有处理能力的单位处理。

(4) 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。

(5) 加强施工设备的管理与养护,杜绝石油类物质泄漏,减少海水受污染的可能性。

(6) 施工活动应尽量在风浪较小的时段施工,既能保障施工安全,利于施工进行,也能减小悬浮物的影响范围和影响程度。招标时应优先选择先进的施工工艺,进一步控制和减缓施工对水质的影响。

8.1.1.3 其他废水污染防治措施

(1) 加强施工设备的管理与养护,杜绝石油类物质泄漏,减少海水受污染的可能性。

(2) 登陆段海缆定向钻施工导向坑开挖应在下一个潮位来临前完成回填,防止沙土随潮流入海。

(3) 项目拟在建筑施工场地设置沉淀池设施,将施工营地产生的施工废水进行拦截沉淀,沉淀后回用于洒水抑尘、汽车清洗等,不外排入水体及市政污水管网。

(4) 陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理。

(5) 海上升压站和海上中间补偿站导管架与钢管桩之间的灌浆施工时,采用先进的无毒无害快硬的高强灌浆材料,对灌浆情况进行水下监控,防止溢出。

本项目施工期采取的水环境保护措施均是常规环保措施,在国内外类似工程中应用广泛,在经济、技术等方面可行。

8.1.2 海洋沉积物保护措施及其可行性

施工期对附近海洋沉积物环境的影响主要为悬浮泥沙、污废水、固体废物。

(1) 悬浮泥沙

悬浮泥沙相关减少和环境保护措施详见上文 8.1.1.1 节。

(2) 施工污废水

施工期产生的船舶含油污水、生活污水处置措施详见上文 8.1.1.2 节，陆域生活污水及施工废水处置措施详见 8.1.1.3 节。

运营期废水主要为海上检修人员生活污水、陆上生活污水、船舶含油污水、检修含油污水等，处置措施详见下文 8.2.1 节。

(3) 固废

本项目施工期的固体废弃物主要是施工船舶生活垃圾、陆域生活垃圾、扫海清障垃圾、定向钻弃土、定向钻泥浆泥水分离泥饼，施工固废处置措施详见下文 8.1.5 节。

综合分析，项目施工期采取的海洋沉积物保护措施均是常规、有效的环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

8.1.3 环境空气保护措施及其可行性分析

(1) 加强施工船舶管理，避免施工区域船舶拥堵，降低噪声及废气污染产生。

(2) 采用油耗低的机械设备，保证施工机械正常运行，加强施工机械维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械进入施工区，减少废气排放。

(3) 采用低硫柴油（含硫率低于 0.001%）；施工船舶采用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，施工单位使用的施工船舶应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016）中第二阶段船机排气污染物排放限值。

(4) 施工过程中的扬尘主要来自电缆管沟开挖和回填、陆上集控中心施工扬尘、土方、建筑材料运输和堆积扬尘，以及施工场地的二次扬尘等。扬尘发生较随意，为无组织排放，施工期拟采用洒水抑尘。

本项目施工期采取的环境空气保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

8.1.4 声环境保护措施及其可行性分析

(1) 施工船舶采用低噪声船舶，应有效控制主辅机噪声，船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱上布置主辅机消声器，合理设置消声器和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。

(2) 合理安排施工布置和施工时间，尽量避免高噪声施工机械和设备同时运作，严格控制施工时间，尤其是夜间严禁高噪声机械进行施工，同时对不同施工阶段，严格执行《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025)，同时，应加强各类施工设备的维护和保养，保持其良好运转，以便从根本上降低噪声源强。

(3) 对施工机械进行科学安排，以降低施工噪声的影响。

(4) 合理安排施工活动，尽量缩短施工期，减少施工噪声影响时间。避免强噪声施工机械在同一区域内同时使用。

(5) 做好施工船舶、机械和运输车辆的调度和交通疏导工作，减少车船鸣笛，降低交通噪声。

(6) 尽可能选用低噪声设备，采用静压打桩锤，减少打桩产生的噪声和振动。

(7) 电缆沿线东侧居民楼(噪声监测点 S12)，应采取北侧、西侧、南侧三面设置 2m 高围挡，降低施工噪声对居民点的影响。

本项目施工期采取的噪声环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

8.1.5 固体废弃物处置措施及其可行性分析

(1) 对于施工期产生的生活垃圾，主要在各施工船舶上，返回时收集上岸，委托有处理能力的单位统一处理，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) 对于施工前期扫海清障产生的固体废弃物，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) 陆域生活垃圾分类收集后交由环卫部门统一处理。

(5) 定向钻弃土收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置。

(6) 陆上集控中心弃土收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置，不能随意丢弃。

本项目施工期采取的固体废物处置措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

8.2 营运期环境保护措施及其可行性分析

8.2.1 水环境保护措施及其可行性分析

(1) 海上检修人员生活污水拟经运维船上的生活污水收集设施收集后交由有处理能力的单位处理，不得直接排放入海。

(2) 陆上集控中心工作人员产生的生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后，出水指标应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)的要求后，回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，正常情况下无污水外排。

(3) 本项目陆上集控中心的污水处理设施采用一体化生物处理设备（处理能力： $Q=2\text{m}^3/\text{h}$ ）进行处理生活污水。在污水处理设施设置一座污水调节池收集陆上集控中心内的生活污水，用泵提升至一体化生物处理设备进行生物二级处理，然后经过滤及二氧化氯消毒后，出水储存于回用水池，定期由回用水泵提升输送至陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌。经处理后的出水指标应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)的规范要求，本项目陆上集控中心的生活污水经污水处理设施处理后陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，不外排。

废水回用可行性分析

① 水量回用的可行性分析

本项目陆上集控中心的绿化面积为 8675m^2 、道路面积为 5000m^2 ，参照广东省地方标准《第 3 部分：生活》(DB44/T 1461.3-2021)“表 A.1 服务业用水定额”中“公共设施管理业 浇洒道路和场地和市内园林绿化的用水定额均为 $2\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ”，则陆上集控中心的绿化、道路和广场用地每天耗水量为 $27.35\text{m}^3/\text{d}$ ，项目所在地多年平均降雨天数为 150.3 天，降雨时无需进行浇水，则年耗水量为 4110.705m^3 。本项目生

活污水产生量为 7796.4t/a，项目绿化及道路洒水用水可以消耗一半的生活污水，且项目周边为大面积的乔木林地，完全能满足本项目陆上集控中心营运期的生活污水浇灌情况。

因此，在非下雨天的情况下，本项目陆上集控中心营运期的生活污水用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌是可行的。

本项目陆上集控中心营运期的生活污水排放量为 $21.36\text{m}^3/\text{d}$ ，污水处理设施的回用水池容积至少需要能容纳 10 天的生活污水（容积不小于 213.6m^3 ），能满足雨天暂存的要求。因此，下雨时期生活污水暂存于场内回用水池是可行的。

② 出水水质可行性分析

本项目陆上集控中心的污水处理设施采用一体化生物处理设备（处理能力： $Q=2\text{m}^3/\text{h}$ ）进行处理生活污水。在污水处理设施设置一座污水调节池收集陆上集控中心内的生活污水，用泵提升至一体化生物处理设备进行生物二级处理，然后经过滤及二氧化氯消毒后，出水储存于回用水池，定期由回用水泵提升输送至站区绿化和周边林地浇灌。

调节池对水量和水质的调节，调节污水 pH 值、水温，使管渠和构筑物正常工作，不受废水高峰流量或浓度变化的影响。

1) 接触氧化法工艺可行性

生物接触氧化法是一种介于活性污泥法与生物滤池之间的生物膜法工艺，其特点是在池内设置填料，池底曝气对污水进行充氧，并使池体内污水处于流动状态，以保证污水与污水中的填料充分接触，避免生物接触氧化池中存在污水与填料接触不均的缺陷。

该法中微生物所需氧由鼓风曝气供给，生物膜生长至一定厚度后，填料壁的生物会因缺氧而进行厌氧代谢，产生的气体及曝气形成的冲刷作用会造成生物膜的脱落，并促进新生物膜的生长，此时，脱落的生物膜将随出水流出池外。生物接触氧化法具有以下特点：

A、由于填料比表面积大，池内充氧条件良好，池内单位容积的生物固体量较高，因此，生物接触氧化池具有较高的容积负荷；

B、由于生物接触氧化池内生物固体量多，水流完全混合，故对水质水量的骤变有较强的适应能力；

C、剩余污泥量少，不存在污泥膨胀问题，运行管理简便。

根据《生物接触氧化法污水处理工程技术规范》(HJ2009-2011)中可知，接触氧化法污水处理工艺污染物去除效率设计值中“城镇污水中 BOD₅ 的去除效率为 80-95%、COD_{Cr} 的去除效率为 80-90%、SS 的去除效率为 70-90%、氨氮的去除效率为 60-90%”

2) MBR 膜工艺可行性

MBR 又称膜生物反应器，是一种由活性污泥法与膜分离技术相结合的新型水处理技术。与许多传统的生物水处理工艺相比，MBR 具有以下主要特点：

A、出水水质优质稳定

由于膜的高效分离作用，分离效果远好于传统沉淀池，处理出水极其清澈，悬浮物和浊度接近于零，细菌和病毒被大幅去除，出水水质优于建设部颁发的生活杂用水水质标准 (GB/T 18920-2020)，可以直接作为非饮用市政杂用水进行回用。同时，膜分离也使微生物被完全被截流在生物反应器内，使得系统内能够维持较高的微生物浓度，不但提高了反应装置对污染物的整体去除效率，保证了良好的出水水质，同时反应器对进水负荷(水质及水量)的各种变化具有很好的适应性，耐冲击负荷，能够稳定获得优质的出水水质。

B、剩余污泥产量少

该工艺可以在高容积负荷、低污泥负荷下运行，剩余污泥产量低（理论上可以实现零污泥排放），降低了污泥处理费用。

C、占地面积小，不受设置场合限制

生物反应器内能维持高浓度的微生物量，处理装置容积负荷高，占地面积大大节省；该工艺流程简单、结构紧凑、占地面积省，不受设置场所限制，适合于任何场合，可做成地面式、半地下式和地下式。

D、可去除氨氮及难降解有机物

由于微生物被完全截流在生物反应器内，从而有利于增殖缓慢的微生物如硝化细菌的截留生长，系统硝化效率得以提高。同时，可增长一些难降解的有机物在系统中的水力停留时间，有利于难降解有机物降解效率的提高。

E、操作管理方便，易于实现自动控制

该工艺实现了水力停留时间(HRT)与污泥停留时间(SRT)的完全分离，运行控制

更加灵活稳定，是污水处理中容易实现装备化的新技术，可实现微机自动控制，从而使操作管理更为方便。

F、易于从传统工艺进行改造

该工艺可以作为传统污水处理工艺的深度处理单元，在城市二级污水处理厂出水深度处理（从而实现城市污水的大量回用）等领域有着广阔的应用前景。

根据《排污许可证申请与核发技术规范 水处理（试行）》（HJ 1107-2020）表 4 污水处理可行技术参照表，项目陆上集控中心的一体化生物处理设备的处理工艺技术可行，可保障处理后的水质满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中的城市杂用水水质（城市绿化、道路清扫、消防建筑施工）要求。

（3）运维船舶上设置油水分离器和油污水罐，含油污水有处理能力的单位接收处理，严禁向水域排放含油污水。

（4）海上升压站和海上中间补偿站检修时可能会有少量的漏油和油污水，收集后随检修船回收至岸上交有能力处理的单位处理。

本项目营运期采取的水环境保护措施均是常规环保措施，在经济、技术等方面可行。

8.2.2 海洋沉积物保护措施及其可行性

营运期对附近海洋沉积物环境的影响主要为污废水、固体废物。

（1）污废水

营运期废水主要为海上检修人员生活污水、船舶含油污水、检修含油污水等，处置措施详见上文 8.2.1 节。

（2）固废

营运期的固体废弃物主要是运维船生活垃圾、检修废物，固废处置措施详见下文 8.2.5 节。

本项目营运期采取的海洋沉积物保护措施均是常规、有效的环保措施，在经济、技术等方面可行。

8.2.3 环境空气保护措施及其可行性分析

本项目营运期废气主要运维船船舶燃油废气、海上升压站和海上中间补偿站厨房油烟、柴油发电机排放尾气、污水处理站臭气浓度。

（1）运维船燃油废气的防治措施

根据《广东省交通运输厅关于印发广东省珠三角水域船舶排放控制区实施意见的通知》（粤交港〔2017〕469号）和《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），本项目位于沿海控制区范围，该区域执行“2019年1月1日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油”的要求。本项营运期运维船应使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。

（2）海上升压站和海上中间补偿站厨房油烟

海上升压站、海上中间补偿站和陆上集控中心厨房油烟经集气罩收集后经静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放，能满足《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）的相关要求。

（3）备用发电机尾气

本项目备用发电机尾气拟由排气筒引至所在建筑物楼顶排放，备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度达到广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表2中第二时段二级排放浓度限值要求。

（4）污水处理设施臭气浓度

本项目采用地埋式设计，污水管网密闭输送，从源头减少污染物与异味散逸，减少臭气无组织扩散。

污水恶臭主要源于厌氧区域发酵产生的氨气、硫化氢等有害异味气体。日常及时清运栅渣、定期抽排剩余污泥，杜绝污泥腐化加重异味。运行中合理调控池内溶解氧，优化生化工况，减少恶臭物质生成，可有效控制厂区恶臭影响，满足环保大气管控要求。

本项目营运期采取的环境空气保护措施均是常规环保措施，在经济、技术等方面可行。

8.2.4 声环境保护措施及其可行性分析

本项目营运期对声环境的声源主要有海上升压站、海上中间补偿站、运维船航行和陆上集控中心工作时产生的噪声，本项目建设后仍应采取以下防治措施，使得噪声对环境的影响降低到最低限度。建议采取的措施如下：

（1）海上升压站和海上中间补偿站的设备尽量采用低噪声设备，加强海上升

压站和海上中间补偿站设备的维修养护，降低海上升压站和海上中间补偿站在工作过程中产生的振动和噪声。

(2) 运维船采用低噪声船舶，应有效控制主辅机噪声，船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱上布置主辅机消声器，合理设置消声器和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。加强运维船的维修养护，降低运维船在行驶过程中产生的噪声。

(3) 优化陆上集控中心平面布局，将建构筑物布置在高噪声源周围作为天然声屏障，减少噪声对外界的影响；变压器、电抗器之间设置防火墙（具有隔声屏障作用）；围墙采用实体围墙，尽量增加高度，起到一定的隔声屏障作用。

本项目营运期采取的噪声环境保护措施均是常规环保措施，在经济、技术等方面可行。

8.2.5 固体废弃物处置措施及其可行性分析

(1) 防止海上升压站和海上中间补偿站运行和维护过程油类的跑、冒、漏、滴，对出现的跑、冒、滴、漏要进行收集和处理。

(2) 海上升压站和海上中间补偿站维护产生的少量废油（通常是润滑油），含油的棉纱等应收集，委托有相应资质的单位回收处置。

(3) 陆上集控中心的污水处理设施污泥定期抽吸外运集中处理。

(4) 检修过程产生的五金杂件、废产品包装等可回收固废，收集上岸后交由外卖资源回收公司回收处理。

(5) 海上升压站和海上中间补偿站检修时所产生的废变压器油、废油桶、废蓄电池等，应进行收集上岸后交由有资质的单位处理。

(6) 运维船检修人员生活垃圾随船收集带走，分类收集后送岸上委托有处理能力的单位统一处理，禁止排海。

(7) 陆上集控中心工作人员产生的生活垃圾收集后交环卫部门统一处理。

通过采取以上措施，可以有效减少固体废物，降低项目营运期间固体废物对周围生态环境的影响。

8.2.6 电磁环境保护措施及其可行性分析

(1) 保证海上升压站、海上中间补偿站和陆上集控中心内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡

的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。

(2) 海上升压站、海上中间补偿站和陆上集控中心内金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等均做到表面光滑，尽量避免毛刺的出现。

(3) 本项目陆上电缆途经居民楼地下时，需从设计、施工、运营全阶段落实电磁防护措施。设计阶段选用带金属屏蔽层电缆，优化敷设路径远离建筑基础，采用深埋敷设、三相合理排布及可靠接地；施工阶段严格按规范施工，保障屏蔽与接地质量，避免与其他管线交叉干扰；运营期定期开展电磁环境监测，确保满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)要求，同步做好日常运维与公众沟通，通过全流程管控有效降低电磁影响，保障周边居民环境安全。

本项目运营期采取的电磁环境保护措施均是常规环保措施，在经济、技术等方面可行。

8.3 生态环境保护对策措施

8.3.1 施工期生态环境保护对策措施

8.3.1.1 施工期海洋生态环境保护对策措施

1、渔业资源和渔业生产保护对策措施

(1) 施工期施工期尽可能避开南海中上层鱼类产卵场珠江口近海区产卵期 12-3 月、南海底层、近底层鱼类产卵场的产卵期为 11 月到翌年 8 月、黄花鱼幼鱼保护区(3 月 1 日至 5 月 31 日)和南海区幼鱼、幼虾保护区的保护期(3 月 1 日至 5 月 31 日)，减少对鱼类产卵和仔鱼生长的影响。尽量避开保护期，如不能避开保护期，在不影响项目施工进度的前提下，尽可能降低施工强度。

(2) 施工期间对附近水域开展海洋环境及渔业资源跟踪监测。

2、其他珍稀海洋生物保护对策措施

(1) 施工期间若发现海龟、海豚等珍稀海洋生物应停止施工并且进行驱逐，待珍稀生物游离后方可作业，避免被机器或船只螺旋桨撞伤，并上报有关部门。

(2) 严格限制项目的施工区域。

3、对海域底栖生物影响的减缓措施

(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。

(2) 严格限制工程方的施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

(3) 施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

4、自然岸线保护措施

送出海缆登陆段铺设采用定向钻施工工艺，禁止采用开挖施工方式。送出海缆登陆段铺设应保证定向钻穿越人工岸线的登陆段海缆埋设深度在最低潮位线以下，并充分考虑沙滩的冲刷情况，不露出。入钻点、工作井、出钻点等均应布置在人工岸线之外，并与人工岸线有一定的保护距离，保证海缆登陆段铺设施工活动不会侵入人工岸线。

做好海域和陆域的施工人员生活污水、生活垃圾和油污、废弃物的收集处置工作，禁止在人工岸线沙滩随意排放、弃置。登陆段海缆铺设施工完成后及时清理、平整入钻点、工作井等场地，恢复地表原状。

8.3.1.2 施工期陆域生态环境影响减缓措施

(1) 做好选址选线工作，优化施工布局和临时占地，尽量减少占用农田和植被，不占用基本农田。

(2) 做好工程施工的规划工作，合理安排施工时序，减少雨季施工时间，以减轻水土流失影响。

(3) 在工程施工区设置警示牌，标明施工活动区，严令禁止到非施工区域活动，非施工区严禁烟火等活动。

(4) 在施工期间对施工人员和附近居民加强施工区生态保护的宣传教育，教育施工人员，禁止施工人员捕食蛙类、蛇类、鸟类、兽类，以减轻施工队当地陆生动植物的影响，并采取有效措施抑制鼠类的危害。

(5) 为减少临时用地及施工过程中造成水土流失，应采取截、排水沟、挡渣墙等一系列防护措施进行防护，特别是雨季施工应加强这方面的工作，以避免松散土水载、冲刷、污染水系。

(6) 施工结束后选择该地区植被群落的优势种类作为恢复植被的主要物种。

(7) 为将工程对植被的影响减少到最低限度，应在所有可能的地区采用可能的方法恢复植被，形成完整的生态影响恢复措施体系。所采取的措施包括在原地进

行植被重建，以补偿植被损失；永久占地可在岸坡上以及周边进行植被建设，增加绿地面积。

（8）因地制宜地采取水土保持措施，有效控制工程施工期可能造成水土流失，保护和恢复防治责任范围的植被等水土保持设施，结合当地土地利用规划开展综合治理，使主体工程安全得到保障，工程建设和生态环境相协调发展。

8.3.2 营运期生态环境保护对策措施

8.3.2.1 海洋生态环境保护对策措施

1、输电电缆保护措施

（1）在送出海缆登陆点和陆上电缆沿线设立明显的警告设施提醒，避免各种人为活动影响电缆的正常运行。

（2）送出海缆两侧 500m 海域范围内，应严禁各类船舶抛锚、底拖网等作业活动。

2、加强海洋珍稀生物生态调查

本项目送出海底电缆距离江门中华白海豚地方级自然保护区相对较近。

在一定符合规定和有充分的缓解措施的情况下，项目在施工期和营运期对上述海洋生态敏感区不会造成直接的破坏，但考虑到海洋的流动性，生物活动范围的广泛性，和工程造成的潜在二次威胁，建议在项目施工期和运营初期（至少 3 年）开展海洋生态敏感区范围内的巡航、海洋生态和海洋生物的监测。

在运营期间，根据实际情况安排开展项目邻近海域渔业资源和生态环境监测工作，项目在施工期和营运期周围海域渔业资源和生态环境的变动情况，评估生态补偿措施的实施效果，为更好地恢复和保护海域渔业资源和生态环境提供科学依据。

3、其他保护对策措施

（1）加强对施工人员的教育，加强环保意识，禁止捕杀海龟、海豚等珍稀生物。

（2）在施工结束后，需用原状土填平工作井，并恢复场地地貌至原状。

（3）加强环境管理和环境监理工作，做好环境跟踪监测工作。

8.3.2.2 陆域生态环境保护对策措施

为加强施工期生态环境保护，建设单位和施工单位应严格执行相关规定，本项目建议措施如下：

(1) 减少土地占用

①施工单位落实施工组织设计，把施工场所落实到施工图中，施工时应严格遵守前期设计方案，不得随意调整施工线路。

②施工单位应文明施工，集中堆放物料，划定施工作业区域，严禁随意践踏非施工区域内地表植被。

③建议业主以合同形式要求施工单位在施工过程中必须按照设计要求，严格控制开挖范围及开挖量，开挖多余的土石方回填后剩余部分在附近找平，以及周边绿化，基本实现平衡，禁止任意倾倒，不外弃。及时恢复原状、归还临时用地。

(2) 绿化和植被恢复

①施工完毕，对施工临时占地损坏的植被进行恢复，恢复植被应当为当地物种。

②当拟施工区域内存在未发现的国家重点保护动植物时，应相应调整施工方案。

(3) 水土保持

①陆上集控中心：施工期间要求排水沟先行施工，永临结合，排水出口设砖砌沉沙沉沙池，建筑基础施工时，针对建筑基础临时堆土采用编织土袋挡墙和彩条布苫盖。施工结束后针对围墙外空地新增全面整地和撒播草籽措施。

②进场道路区：在道路两侧布置排水沟，排水沟出水口设砖砌沉沙池。

③陆上电缆区：管线开挖时将土方堆放至一侧，用编织土袋拦挡，彩条布苫遮盖，施工结束后进行全面整地和撒播草籽。

④陆上集控中心建筑基础临时堆土设置在项目用地空地内，陆上电缆管线开挖严禁将土方堆放在自然岸线或农田内。

⑤加强施工管理，合理安排施工时序，避开雨季施工。

8.3.3 生态补偿措施

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》，本工程施工期底栖生物的损失量为 30.713t，浮游植物的损失量为 1.19×10^{14} 个，浮游动物的损失量为 53.89t，鱼卵的损失量 9.25×10^7 粒，仔稚鱼的损失量为 3.97×10^7 尾，游泳生物的损失量为 0.21t。

根据《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有

关事项的通知》（农办渔〔2018〕50号），建设单位是水生生物资源保护和补偿的主体，应根据环境影响评价报告中所列的水生生物资源保护和补偿内容，制定具体的实施方案。渔业部门要对实施方案编制进行组织协调和指导把关，确保方案合理可行。建设单位应根据实施方案，组织落实水生生物资源保护和补偿措施。无能力落实保护和补偿措施的，可以委托具备相应能力的社会第三方机构实施。

本项目生态修复和补偿方案建议结合项目周边海域实际情况和生态保护要求，推荐多样化的生态补偿修复和补偿建议，比如增殖放流等方式。

根据地方规定及相应要求，具体的海洋生物资源和渔业资源补偿实施方案与渔业等主管部门协商制定，报主管部门审查后实施。

8.4 环保措施技术、经济可行性分析小结

施工期，严格按照施工管理要求，减少悬浮泥沙和施工噪声影响；施工期间产生的污水均妥善处理。这在技术上都是可行的，在经济方面没有较大投入。

营运期，应及时进行海上升压站、海上中间补偿站和陆上集控中心的维护和检修，保证其正常运转。这在技术上亦是可行的，在经济方面也没有较大投入。

本项目从污染治理、技术措施与管理手段等多个角度设计和建立本项目环境保护措施、对策，在实施环境保护措施情况下施工和运营，其产生的海洋环境影响达到最小，海区渔业资源和环境敏感目标所受损害较小，营运期产生的主要污染物质采取了相应的污染防治措施，可以得到妥善处理。经过分析，认为项目具有较好的经济效益，相比之下，环境污染经济损失是可以承受的，环境经济效益比较明显。因此，本项目的环境保护措施在技术上和经济上是可行的。

8.5 环境保护对策措施一览表

本项目拟采取的环境保护措施如表 8.5-1 所示。

表 8.5-1 主要环境保护设施和措施汇总表

阶段	污染项目		环保对策措施	责任主体	预期效果
施工期	废水	船舶生活污水、船舶含油污水	收集上岸后委托有处理能力的单位接收处理	施 工 单 位	废水不直接排海
		陆域生活污水	设置移动式公共卫生间收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理		
		施工废水	经沉淀处理后回用于洒水抑尘、汽车清洗等		
	废气	施工机械设备和船舶燃油尾气	采用油耗低的机械设备，保证施工机械正常运行，采用低硫柴油（含硫率低于 0.001%）；施工船舶采用硫含量不大于 0.5%mm 的船用燃油。		减少对大气环境的污染影响
		扬尘	洒水抑尘		
	噪声	海上施工噪声	选用低噪声船舶，采用静压打桩锤，减少打桩产生的噪声和振动		《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）
		陆上施工噪声	设备选型、减振、加强保养、避免夜间施工、减少高噪音作业时间等；电缆沿线东侧居民楼（噪声监测点 S12），应采取北侧，西侧、南侧三面设置 2m 高围挡		
	固体废物	船舶生活垃圾	分类收集上岸后交委托有处理能力的单位统一处理		回收利用或安全处置，不会影响海域水质和生态环境
		陆域生活垃圾	交环卫部门统一处理		
		扫海清障	待船舶靠岸后外运处理		
		定向钻弃土及泥水分离器泥饼	收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置		
		陆上集控中心弃土	收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置		
	生态损失		严格限制施工区域和用海范围，进行生态补偿（如增殖放流等）		使受到破坏的生态环境尽快恢复
营运期	废水	检修人员生活污水	随运维船收集上岸后交由有处理能力的单位处理	建 设 单 位	废水不直接排海
		船舶含油污水			
		检修含油污水			
		陆上集控中心工作人员生活污水	经陆上集控中心污水处理设施处理后回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌		《城市污水再生利用城市杂用水水质》

阶段	污染项目		环保对策措施	责任主体	预期效果
					(GB/T18920-2020)
	废气	运维船废气	船舶选用符合标准的、含硫量低的燃料		减少对大气环境的污染影响
		海上升压站和海上中间补偿站备用发电机尾气	经排气筒高空排放		
		污水处理站臭气	地埋式设计, 污水管网密闭输送, 从源头减少污染物与异味散逸, 减少臭气无组织扩散。		
		厨房油烟	油烟净化器处理后排放		
	噪声	海上升压站和海上中间补偿站噪声	加强海上升压站的维修养护, 降低海上升压站在工作过程中产生的振动和噪声		减少对声环境的污染影响
		运维船噪声	运维船采用低噪声船舶, 应有效控制主辅机噪声, 船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定, 机舱上布置主辅机消声器, 合理设置消声器和机舱室结构, 限制突发性高噪声, 避免不必要的船舶汽笛鸣放。加强运维船的维修养护, 降低运维船在行驶过程中产生的噪声		
		陆上集控中心噪声	优化陆上集控中心平面布局, 将建构筑物布置在高噪声源周围作为天然声屏障, 减少噪声对外界的影响; 变压器、电抗器之间设置防火墙 (具有隔声屏障作用); 围墙采用实体围墙, 尽量增加高度, 起到一定的隔声屏障作用。		
	固体废物	生活垃圾	收集上岸后由船舶污染物接收单位处理		回收利用或安全处置, 不会影响海域水质和生态环境
		污水处理设施污泥	定期抽吸外运集中处理		
		五金条件、废产品包装	每次维修后直接由维护船舶带回岸上外卖资源回收公司		
		废润滑油、废变压器油、废油桶、废蓄电池、废变压器、废含油抹布及手套	分类收集后, 由维护船舶带回岸上, 暂存陆上集控中心, 定期交由专业危废处理资质单位回收处理		

阶段	污染项目	环保对策措施	责任主体	预期效果
	电磁	保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封；变电站内金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等均做到表面光滑，尽量避免毛刺的出现；设计阶段选用带金属屏蔽层电缆，优化敷设路径远离建筑基础，采用深埋敷设、三相合理排布及可靠接地；施工阶段严格按规范施工，保障屏蔽与接地质量，避免与其他管线交叉干扰；运营期定期开展电磁环境监测，保障周边居民环境安全。		满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的相关限值要求

9 环境影响经济损益分析

9.1 环境保护设施和措施投资估算

本报告拟采取的环境保护设施和措施主要针对会对环境造成影响的水污染和固体废物污染，并提出了生态保护措施，比较清楚、具体，可以有效执行，能够达到环境保护的要求。

根据当前的市场经济价格估算，本次评价所提出的各项污染防治措施费用约 1500 万元，总投资约 346874 万元，占总投资的 0.43%，环境保护措施资金来源包含于项目总投资内，见表 9.1-1。

表 9.1-1 环保投资估算表

环保投资类别	具体内容	环保投资(万元)
大气环境	洒水抑尘、防尘设施等	30
水环境	船舶舱底油污水和生活污水交由有处理能力的单位处理	20
	污水处理设施	50
固体废物	生活垃圾收集设施	10
	生活垃圾、污泥、检修废物等处置费	20
声环境污染防治	船舶控制主辅机噪声、设备保养等	30
海洋生态	生态补偿	1012.541
施工期环境监测	监测费	80
环保竣工验收	竣工环境保护验收	40
营运期环境监测	监测费	80
事故应急	配备溢油回收、清除设备及器材等	50
预留费用	其他不可预见环保设施费用	77.459
合计	/	1500

9.2 环境保护的经济效益分析

9.2.1 环境影响经济损失分析

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失，本工程的环境经济损失主要包括生态破坏经济损失、水污染经济损失、沉积物污染经济损失等。

(1) 生态破坏经济损失

在工程建设中，由于送出海缆敷设等施工作业改变了生物的原有栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少量活动能力强的底栖种类逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。工程施工属于短期行为，其影响也属于短期、

可恢复性质。悬浮物浓度增加引起的水质超标也属于短期、可恢复性质，不会产生长期的、不可恢复性的不良影响。

以上生态环境损失，可以通过适当的环保措施来减缓直至消除。有些是阶段性的，如施工水域附近局部海域水体悬浮物增加导致浮游生物受到的损害，施工期的扰动影响将随施工结束而逐渐消失。根据第 6 章估算工程总生物损失量如下：底栖生物的损失量为 30.713t，浮游植物的损失量为 1.19×10^{14} 个，浮游动物的损失量为 53.89t，鱼卵的损失量 9.25×10^7 粒，仔稚鱼的损失量为 3.97×10^7 尾，游泳生物的损失量为 0.21t。

（2）水污染经济损失

水体污染通常是指受人为因素而引起的，即由于废污水的排放，使得起初为清洁的天然水体水质超标，导致水体功能减弱或丧失而遭受的经济损失。

根据工程分析，本项目对水质环境的影响主要来源于海缆敷设等。施工期产生的水污染物主要为海缆敷设等施工产生的悬浮物、施工船舶污水，SS 污染经济损失已计入生态损失中。

（3）沉积物环境损失

项目建设过程中，对海洋沉积物的影响主要是海上升压站和海上中间补偿站桩基基础、送出海缆敷设等施工作业对沉积物的影响，以及通过影响水质而对沉积物造成的间接影响。根据沉积物质量调查，评价区沉积物质量现状良好，施工对沉积物造成的间接影响不明显。因此，周围海域沉积物环境质量不会因本项目的影响而产生明显变化，即沉积物质量状况仍将基本保持现有水平。考虑沉积物环境影响较小，其经济损失忽略不计。

9.2.2 环境正效益分析

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目，经济效益主要体现在风电场运行过程中。风电场的生产过程是将当地的风能转变为机械能，再将机械能转变为电能的过程。在整个流程中，不需要消耗其他常规能源，不产生大气、液体、固体废弃物等方面的污染物，也不会产生大的噪声污染。风电的节能效益主要体现在风电场运行时不需要消耗其他常规能源，环境效益主要体现在不排放任何有害气体和不消耗水资源。

本项目的建设增加了可再生能源在广东电网中的份额，对缓解电力供需矛盾和

改善电源结构有重要的意义。本工程对后续类似工程的开发具有指导意义，同时，建设本项目对贯彻落实国家的可持续发展战略和大力开发风力资源、提高风机本地化率的政策，对我国风电事业有积极地推动作用。

建设本项目可以减少化石资源的消耗，有利于缓解环境保护压力，实现经济与环境的协调发展，项目节能和环保效益显著。

9.3 社会经济效益分析

本项目的建设可作为主网的补充电源，直接向当地电网供电，减轻主网的潮流输送并相应减少线损，从而有助于满足区域负荷发展的需要。实现电力一次能源多样化，对促进区域经济和社会可持续发展将产生积极的作用。

建设风电场，会带动地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而带动和促进地区国民经济的全面发展和社会进步。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展，加快实现小康社会起到积极作用。

综上所述，本项目对于促进当地相关产业，带动地方经济快速发展将起到积极作用。另外，对于发展和推动我国风电机组的国产化水平具有现实意义，项目社会效益显著。

9.4 环境保护的技术经济合理性

本项目实施将会给项目所在海域环境带来一定的影响，并由此还会带来一定的经济损失；在采取相应的治理措施后，对环境的影响是可以接受的。同时，项目施工期与工程完成后，建设单位也将采取相关环境保护措施，将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些污染防治办法与环境保护措施在经济上是合理的、可行的。

10 政策及规划相符性分析

10.1 产业政策相符性分析

根据国家发展改革委发布的《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），本项目属于“第一类、鼓励类”中“五、新能源-1.风力发电技术与应用：海上风电场建设与设备及海底电缆制造”项目，符合国家产业政策。

根据《市场准入负面清单（2025 年版）》，本项目不属于该清单中所列的项目，对市场准入负面清单以外的行业、领域、业务等，各类市场主体皆可依法平等进入。

10.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《省海岸带规划》）是国土空间规划体系下的专项规划，是对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的补充与细化，在国土空间总体规划确定的主体功能定位及规划分区基础上，统筹协调海岸带资源节约集约利用、生态保护修复、产业布局优化、人居环境品质提升等开发保护活动，有效传导至市级国土空间总体规划和海岸带专项规划，指导海岸带地区国土空间精细化管理。

《省海岸带规划》承接《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》空间布局和沿海县（市、区）主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化生态保护区、生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能区管理要求。

《省海岸带规划》提出，以“六湾区一半岛”为空间载体，落实国家区域重大战略、协调发展战略、主体功能区战略，转化自然资源禀赋为发展优势，促进陆海空间功能协调，提升沿海城市的海洋功能，加强美丽海湾建设，推进自然资源的高水平保护高效率利用。充分发挥湾区融合对集聚整合资源、塑造新竞争力促进区域协调发展的重要作用，提升“六湾区一半岛”整体发展水平，推动形成开放活力、优势互补的海岸带发展格局。本项目位于“六湾区一半岛”中的大广海湾区，规划提出保障海上风电等绿色能源规模化开发，支持珠三角海上风电研发服务基地。本项目所

在海域及周边海洋功能分区详见下表：

表 10.2-1 项目所在海域及周边海洋功能区分布表

序号	功能区名称	功能区类型	与项目位置关系
1	铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区	工矿通信用海区	穿越
2	赤溪黑沙湾游憩用海区	游憩用海区	穿越
3	江门港广海湾港区交通运输用海区	交通运输用海区	穿越
4	江门-珠海南部渔业用海区	渔业用海区	穿越，海上无功补偿站位于
5	台山特殊用海区	特殊用海区	穿越
6	阳江-江门近海工矿通信用海区	工矿通信用海区	穿越，海上升压站位于

本项目涉及工矿通信用海区、渔业用海区、游憩用海区、交通运输用海区、特殊用海多个类型功能区。

《省海岸带规划》承接《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》空间布局和沿海县主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能区管理要求，作为用途管控依据。其中的海洋发展区是海洋开发利用活动集中分布区，总面积 44072.07 平方千米，占海域面积的 67.99%，结合资源禀赋特征、国家重大项目实施要求和地方发展实际需求，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、特殊用海区和海洋预留区。

海洋生态空间包括生态保护区和生态控制区，总面积 20721.47 平方千米，占海域面积的 32.01%，是维护海洋生态安全屏障的主体，要强化生态系统保护修复，构建生态廊道和生物多样性保护网络，提升生态系统质量和稳定性，增强海洋碳汇能力。

《省海岸带规划》将全省大陆海岸线划分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类，对海岸线及其两侧空间实行分类分段精细化管理。其中的严格保护岸线为切实保护严格保护岸线的自然形态和生态功能。自然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线应划为严格保护岸线，主要包括优质沙滩、典型地质地貌景观、重要滨海湿地、红树林、珊瑚礁等所在海岸线。……经科学论证，不损害海岸线原有形态或生态功能的，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括：空中跨越的跨海桥梁和透水构筑物；**底土穿越的海底隧道和海底电缆管道；……。**

本项目建设包含海上升压站、补偿站建设和海缆敷设，经图件叠加分析，项目

位于海洋发展区中铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区、赤溪黑沙湾游憩用海区、江门港广海湾港区交通运输用海区、江门-珠海南部渔业用海区、台山特殊用海区、阳江-江门近海工矿通信用海区。所在岸线为严格保护岸线。项目位置见图 10.2-1。

经分析，本项目为风电海缆送出及其配套工程建设，海域使用类型为电力工业用海。本项目海上升压站、补偿站为透水构筑物，电缆海底开挖敷设，不会改变海域自然属性。项目登陆点岸线为严格保护岸线，海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，定向钻施工技术较为成熟，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响。不影响自然岸线形态及原有生态功能，基本上不会影响严格保护岸线。海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式，无需开挖，基本上不会对潮间带区域造成影响。海缆铺设施工期较短，船舶生活污水和船舶机舱含油污水收集贮存后定期交有处理能力的单位接收处理，不排海。项目施工悬沙影响是暂时的，随着海缆施工的结束而结束。因此本项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中提出的发展的原则和方向。

综上分析，本项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中关于“铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区”、“赤溪黑沙湾游憩用海区”、“江门港广海湾港区交通运输用海区”、“江门-珠海南部渔业用海区”、“台山特殊用海区”和“阳江-江门近海工矿通信用海区”的管控要求。本项目与各分区的符合性分析见表 10.2-2。

图 10.2-1 广东省海岸带分区发展及管控规划图

表 10.2-2 项目与广东省海岸带及海洋空间规划功能区的符合性分析

序号	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
266	阳江-江门近海工矿通信海区	空间准入	1.允许可再生能源、海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增殖用海； 3.探索推进海域立体分层设权，海上风电、增殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。	本项目为风电海缆送出及其配套工程建设，海域使用类型为电力工业用海。	符合
		利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	1.本项目海上升压站为透水构筑物，电缆海底开挖敷设，不会改变海域自然属性； 2.海上升压站不位于航道、航路范围内，项目电缆不与其他海缆交越，保留一定安全距离，项目建设不会妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	符合
		保护要求	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。	已制定运营期水文跟踪监测计划。	符合
		其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上交通等海上作业防范。	项目已制定相关安全预防措施。	符合
347	台山特殊用海区	空间准入	1.允许排污倾倒用海； 2.未开发利用前，可兼容海底电缆管道等用海； 3.保障风电管廊建设用海需求。	本项目为风电海缆送出及其配套工程建设。	符合
		利用方式	严格限制改变海域自然属性。	项目电缆海底开挖敷设不会改变海域自然属性。	符合
		保护要求	倾倒区需要选择水深较深，流速较急，污染物易向外海迅速扩散的开放海域。	本项目为风电管廊建设用海，不涉及倾倒区。	符合
		其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上作业安全防范。	项目已制定相关安全预防措施。	符合
390	江门-珠海南	空间准入	1.允许增殖、捕捞用海等； 2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、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；	本项目为风电海缆送出及其配套工程建设，海域使用类型为电力工业用海。	符合

序号	名称	管控要求	符合性分析	是否符合
	部渔业用海区		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.保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。	
		利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 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。	符合
		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.保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 3.“南海I号”水下文物保护单位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。	符合
		其他要求	1.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； 2.加强海啸灾害防范。	符合
359	江门港广海湾港区交通	空间准入	1.允许港口、航运等用海； 2.可兼容工业、海底电缆管道、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，交通运输与海底电缆管道等用海空间可立体利用。	可兼容
		利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化港区平面布置，节约集约利用海域资源； 3.保障进出港航道畅通； 4.严禁在航道、锚地内建设构筑物等； 5.改善区域水动力条件和泥沙冲淤环境。	符合

序号	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
	运输用海区	保护要求	1.加强港口综合治理,减少对周边功能区环境影响;维护和改善港口用海区和航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境; 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.保护和合理利用无居民海岛资源; 5.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。	项目登陆点岸线为严格保护岸线,海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式,该施工方式地底穿过砂质岸线,无需开挖,定向钻施工技术较为成熟,不会造成岸滩侵蚀,对沙滩基本无影响,不影响自然岸线形态及原有生态功能,基本上不会影响严格保护岸线,基本上不会对潮间带区域造成影响。	符合
		其他要求	1.重点防范海浪灾害风险,加强海上交通、海洋工程等海上作业防范; 2.保障临海工业(核电)的温排水需求; 3.支持国家重大项目占用岸线,项目依法批准建设后形成的人工岸线可按照优化利用岸线进行管理。	项目已制定相关安全预防措施,项目不涉及温排水排放。	--
360	赤溪黑沙湾游憩用海区	空间准入	1.允许风景旅游、文体休闲娱乐用海; 2.可兼容海洋保护修复及海岸防护工程等用海。	项目海底穿越赤溪黑沙湾游憩用海区,不会影响风景旅游、文体休闲娱乐用海。	可兼容
		利用方式	1.严格限制改变海域自然属性; 2.禁止在沙滩上建设永久性构筑物。	1.本项目电缆海底采用定向钻穿越赤溪黑沙湾游憩用海区,不会改变海域自然属性。	符合
		保护要求	1.维护重要自然景观和人文景观的完整性和原生性,严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林;因地制宜建设旅游区污水、垃圾处理处置设施,禁止直接排海,必须实现达标排放和科学放置; 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.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。	1. 本项目施工期施工船舶和营运期运维船的生活污水经收集上岸后交由有处理能力的单位接收处理,不得直接排放入海;施工期施工船舶和营运期运维船的舱底油污水及时收集上岸,委托有处理能力的单位接收处理。陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理,施工期产生的施工废水经处理后回用于施工过程中的洒水降尘、汽车清洗等;营运期陆上集控中心的生活污水经污水处理设施处理达标后用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌,不外排。 2. 项目登陆点岸线为严格保护岸线,海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式,该施工方式地底穿过砂质岸线,无需开挖,定向钻施工	符合

序号	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
				技术较为成熟，不会造成岸滩侵蚀，对严格保护岸线基本无影响。 3. 海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式，无需开挖，基本上不会对潮间带区域造成影响。	
		其他要求	保障临海工业（核电）的温排水需求。	项目不涉及温排水。	——
361	铜鼓湾-赤溪湾工矿通信用海区	空间准入	1.允许油气、工业、可再生能源、海底电缆管道用海等； 2.可兼容海底电缆管道、航运等用海； 3.在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增殖养殖用海。	本项目为风电海缆送出及其配套工程建设，海域使用类型为电力工业用海。	可兼容
		利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化用海平面布局，节约集约利用海域资源。	项目电缆海底开挖敷设不会改变海域自然属性。	符合
		保护要求	1.工业用海必须配套建设污水和生活垃圾处理设施，实现达标排放和科学处置； 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.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.保护红树林、基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。	1. 本项目施工期施工船舶和营运期运维船的生活污水经收集上岸后交由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海；施工期施工船舶和营运期运维船的舱底油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理，施工期产生的施工废水经处理后回用于施工过程中的洒水降尘、汽车清洗等；营运期陆上集控中心的生活污水经污水处理设施处理达标后用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌，不外排。 2. 项目登陆点岸线为严格保护岸线，海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，定向钻施工技术较为成熟，不会造成岸滩侵蚀，对严格保护岸线基本无影响。 3. 海缆登陆段施工采用定向钻的施工方式，无需开挖，基本上不会对潮间带区域造成影响。 4.项目范围不涉及无居民海岛。 5.项目登陆点范围不涉及红树林、定向钻穿越砂质海岸，在采取措施情况下，对工数量、砂质海岸的影响较小。	符合
		其他	1.加强海啸灾害防范，重点防范风暴潮灾害风	项目已制定相关安全预防措施。	符合

序号	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
		要求	险；防范极端海平面事件引发的咸潮和滨海城市 洪涝等复合型灾害风险； 2.保障临海工业（核电）的温排水需求。		

10.3 与“三区三线”的相符性分析

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》中表示，“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。

根据表 10.3-1 项目与周边海洋生态保护红线位置关系与图 10.3-1 项目周边海洋生态保护红线分布情况可知，本项目选址不涉及“三区三线”划定的生态保护红线。

表 10.3-1 项目与周边生态保护红线位置关系

序号	项目周边海洋生态保护红线	距离、位置
1	江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	西侧，1.01km
2	江门中华白海豚地方级自然保护区	东侧，1.30km
3	江门台山曹峰山地方级自然保护区	北侧，95m

根据《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程，属于线性基础设施，根据模型计算结果，本项目 500kV 送出海缆施工悬浮泥沙不会对海洋生态保护红线产生影响。项目不占用江门台山曹峰山地方级自然保护区，施工期运营期对该生态保护红线的影响较小。

本项目海底电缆埋置深度不小于 2m，运营期间正常情况下无需对送出海缆进行维护，运营期间项目对周边海域的不利影响主要来自海底电缆被腐蚀后的重金属污染物释放。因此，应根据所在海区海水与沉积物的腐蚀特征，选取关键的影响因子进行腐蚀性环境分析，采取一定措施防止海底电缆的电化学等腐蚀，设备材料的选定及防护措施的设计应予充分考虑，尽量避免海底电缆遭腐蚀，减少腐蚀后重金属污染物的释放量，保护周边海域沉积物环境。

因此，本项目的建设符合“三区三线”的相关要求。

图 10.3-1a 项目周边海洋生态保护红线叠加示意图

图 10.3-1b 项目周边陆域生态保护红线叠加示意图

10.4 与“三线一单”的相符性分析

10.4.1 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的相符性分析

为全面贯彻《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》，落实生态保护红线，环境质量底线、资源利用上线，广东省人民政府于 2020 年发布了《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71 号），确定了生态环境准入清单（以下简称“省三线一单”）。

（1）与生态保护红线及一般生产空间符合性分析

根据“省三线一单”的要求，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。全省共划定海域环境管控单元 471 个，其中优先保护单元 279 个，为海洋生态保护红线；重点管控单元 125 个，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域和现状劣四类海水海域；一般管控单元 67 个，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

项目海域工程位于“海域环境管控单元”中的“重点管控单元”和“一般管控单元”，项目陆域工程位于“陆域环境管控单元”中的“重点管控单元”，具体位置见图 10.4.1-1。根据前述章节分析，本项目用海、岸线的利用与生态保护红线中各相关红线区的要求相符。

本项目为服务于海上风电场建设项目的送出工程，项目建成后能够充分地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，有利于调整省内能源结构，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。

本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后不会影响路由穿越的管控单元的海洋环境质量。

项目施工期用海风险主要有船舶通航风险、船舶溢油风险自然灾害如雷击、台风、风暴潮等风险，以及意外事故风险，但这些风险都可以通过执行必要的防护措施、制定应急预案、加强监测等方法来避免或者减弱影响。

综上所述，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但项目没有大规模、高强度的工业和城镇建设，建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续

发展。经分析，项目用海对周边海域的水动力环境、地形地貌与冲淤环境和生态环境影响较小，不会对所在海域产生严重影响，不存在潜在的、重大的安全和环境风险，能确保生态功能不降低。

因此，本项目符合生态保护红线及一般生态空间的要求。

图 10.4.1-1a 本项目海域工程与广东省海域环境管控单元叠加示意图

(2) 与环境质量底线符合性分析

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道，不会对用海区域水文动力环境、地形地貌与冲淤环境产生明显影响。施工期产生的悬浮泥沙是暂时性的，待施工完成后将不会对周围环境造成影响。运营期废水主要是维护船舶产生的船舶生活污水和船舶含油废水，统一收集上岸交由有能力的单位收运处理，不会对工程海域水质产生明显影响，运营期产生的废气主要为运维船只巡护过程中排放的尾气，对周围大气环境产生影响较小；项目运营期内不会对周围声环境造成明显影响。

本项目的建设可以满足环境质量目标，符合环境质量底线原则。

(3) 资源利用上线

本项目的送出海底电缆用海方式为海底电缆管道，采取立体设权。本项目送出海底电缆进行立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率，同时不会改变海域自然属性。项目涉及的海洋功能区划为平岗-东平农渔业区和湛江-珠海近海农渔业区，与项目用海类型不冲突且符合管理要求。

本项目除登陆点、陆上电缆和陆上集控中心外，其他建设均位于海域，登陆点、陆上电缆和陆上集控中心不涉及占用基本农田和耕地，土地资源消耗符合要求。

综上所述，项目建设不会突破当地的资源利用上线。

(4) 生态环境准入清单

根据《产业结构调整指导目录》(2024 年本)，本项目属于“五 新能源 1.风力发电技术与应用 海上风电场建设与设备及海底电缆制造”，为鼓励类，符合国家产业结构政策要求。

本项目为电力工业用海。根据《市场准入负面清单》(2025 版)，在获得许可的前提下，项目不属于禁止准入类，与《市场准入负面清单》要求相符。

10.4.2 与《江门市“三线一单”生态环境分区管控方案》的相符性分析

根据《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），项目海域工程位于海域管控单元中的HY44070020003-广海湾工业与城镇用海区-劣四类海域重点管控单元、HY44070020009-川山群岛农渔业区-劣四类海域重点管控单元、HY44070030010-川山群岛农渔业区一般管控单元和HY44070030009-湛江-珠海近海农渔业区（江门范围）；项目陆域工程位于陆域管控单元中的ZH44078120005-台山市重点管控单元2，具体位置见图10.4.2-1。

图 10.4.2-1 本项目位置与江门市环境管控单元叠图

表 10.4.2-1 江门市环境管控单元符合性分析

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元分类	管控要求	项目情况	相符性
HY44170 030009	湛江-珠海近海农渔业区	一般管控单元	区域布局管控: 1.开发利用海洋资源,应当根据海洋功能区划合理布局,不得造成海洋生态环境破坏。 能源资源利用: 1.严格控制近海捕捞强度,实行近海捕捞产量负增长政策,严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。 污染物排放管控: 1.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放,禁止直接排入海域。 2.海水养殖应当科学确定养殖密度,并应当合理投饵、施肥,正确使用药物,防止造成海洋环境的污染。 环境风险防控: 1.引进海洋动植物物种,应当进行科学论证,避免对海洋生态系统造成危害。	①项目的建设符合《广东省海洋主体功能区规划》《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》,施工期和营运期落实各项污染防治、生态保护对策措施,基本不会对海洋生态环境造成明显影响; ②项目不涉及渔业养殖及捕捞作业; ③项目不向海域排放污水和生活垃圾; ④本项目不涉及渔业生产活动,增殖放流品种为项目海域已有品种,不引进新海洋动植物物种。	符合
ZH440781 20005	台山市重点管控单元 2	重点管控单元	区域布局管控: 1-1.【产业/鼓励引导类】主要布局绿色石化、高端装备制造、清洁能源、新一代电子信息等产业。 1-2.【产业/鼓励引导类】重点打造以临港先进制造业、海洋新兴产业、现代服务业和生态农渔业为主导的产业体系。 1-3.【产业/鼓励引导类】石化项目应纳入国家产业规划。 1-4.【生态/禁止类】生态保护红线原则上按照禁止开发区域要求进行管理。自然保护区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,在符合现行法律法规前提下,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。 1-5.【生态/禁止类】单元内江门台山曹峰山地方级自然保护区按《中华人民共和国自然保护区条例》(2017 年修改)及其他相关法律法规实施管理。 1-6.【大气/综合类】大气环境高排放重点管控区内,应强化达标监	1.项目为海上风电项目,属于清洁能源产业。项目选址不涉及生态保护红线及江门台山草风扇地方级自然保护区。项目清洁能源项目,不涉及畜禽养殖。 2.项目属于海上风电清洁能源项目,不涉及其他行业。 3.项目不属于两高企业,废水、固废污染物得到有效处理,不直接排放。 4.项目不属于核电项目。	符合

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元分类	管控要求	项目情况	相符性
			管，引导工业项目落地集聚发展，有序推进区域内行业企业提标改造。 1-7.【水/禁止类】畜禽禁养区内不得从事畜禽养殖业。 能源资源利用： 2-1.【能源/鼓励引导类】：积极发展先进核电、海上风电等清洁能源，逐步提高可再生能源与低碳清洁能源比例，建立现代化能源体系。 2-2.【能源/综合类】：科学推进能源消费总量和强度“双控”，新建高能耗项目单位产品（产值）能耗达到国际国内先进水平，实现煤炭消费总量负增长。 2-3.【水资源/综合类】贯彻落实“节水优先”方针，实行最严格水资源管理制度。 2-4.【水资源/综合类】市、县两级人民政府及其有关部门应对石化和化工等重大产业基地基地规划开展规划水资源论证，确保规划与当地水资源条件相适应。需开展水资源论证的相关规划，应在水资源论证阶段开展节水评价，在水资源论证报告书中编写节水评价章节。 2-5.【土地资源/限制类】落实单位土地面积投资强度、土地利用强度等建设用地控制性指标要求。 污染物排放管控： 3-1.【大气/限制类】大气环境高排放重点管控区，强化火电企业达标监管，新上“两高”项目能效水平要达到国内先进水平，除国家规划布局的煤电项目外，涉及煤炭消费的新建“两高”项目实行煤炭消费减量替代且规模需来自省内。 3-2.【大气/限制类】大厂海湾绿色石化产业区、高端装备制造产业区、新能源产业区在大气受体敏感区、布局敏感区、弱扩散区以外区域布局，发展方向实现绿色化、智能化、集约化。石化、装备制造、新能源产业需通过源头预防、过程控制、末端治理等综合措施，加强工艺废气排放控制，减少VOCs排放。 3-3.【大气/限制类】新建石化、化工项目应按照《关于加强重点行业		

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元分类	管控要求	项目情况	相符性
			建设项目区域削减措施监督管理的通知》要求，依据区域环境质量改善目标，制定配套区域污染物削减方案，采取有效的污染物区域削减措施，腾出足够的环境容量。 3.4.【土壤/禁止类】禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。 环境风险防控： 4-1.【风险/综合类】台山核电厂规划限制区内禁止设立炼油厂、化工厂、油库、爆炸方法作业的采石场、易燃易爆品仓库、人口密集场所等对核电厂安全存在威胁的项目。 4-2.【风险/综合类】台山核电厂规划限制区内可以发展养殖业、种植业、旅游业、捕捞业和适合当地发展的第三产业，但不得违反有关产业发展和人口数量控制规划规定，且应依法获得所需相关许可。 4-3.【风险/综合类】需要通过规划限制区的运输危险货物的船舶，应遵守国家关于危险货物和运输的管理规定。 4-4.【风险/综合类】规划限制区内沿核电厂离岸 500 米范围为电厂警戒管制区，在该区域内不得进行非法养殖，不得非法建设或设置建筑物和构筑物，不得违法使用无人机等工具入侵、窥视台山核电厂。 4-5.【风险/综合类】核电厂应当具备保障其工作人员、周围公众和环境免遭超过国家规定限值的核辐射照射和放射性污染的安全措施。 4-6.【风险/综合类】核电厂应当定期对固体废物和气体、液体放射性排放物及冷却水进行监测。 4-7.【土壤/限制类】土地用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地时，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查。重度污染农用地转为城镇建设用地的，由所在地县级人民政府负责组织开展调查评估。		
HY44070020003	广海湾工业与城镇用海区-劣四类海域	重点管控单元	区域布局管控： 1-1 工业与城镇用海区要重点保障国家产业政策鼓励发展项目、现代海洋产业体系建设项目、重大涉海基础设施项目用海。1-2 做好与土地利用总体规划、城乡规划等的衔接，优化空间布局，加强自然岸线	1.项目属于海上风电清洁能源项目，不涉及围海、填海。 2.项目采用节约集约用海原则申请用海。	符合

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元分类	管控要求	项目情况	相符性
	重点管控单元		和海岸景观的保护，加强对工业与城镇建设围填海选址、填海方式、面积合理性和平面设计的引导。 能源资源利用： 2-1 节约集约用海，合理控制规模，优化空间布局，提高海域空间资源的整体使用效能。 污染物排放管控： 3-1.加强海洋环境监测，建立完善的应急管理体系，降低对海域生态环境的影响。 3-2.生产废水、生活污水须达标排海。 环境风险防控： /	3.项目已提出海洋环境监测要求，生产废水、生活污水回用或委外处理。 4./。	
HY44070020009	川山群岛农渔业区	重点管控单元	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。 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。 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。 环境风险防控： 4-1 防止外来物种入侵。	1.项目海底电缆穿越农渔业区，不会影响农渔业区区域布局管控。 2.项目不涉及近海捕捞，海水养殖，项目海域施工污水均未在近岸直接排放。 3.项目不涉及引进外来物种。	符合

综上所述，本项目的建设与《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）相关要求是相符的。

10.5 与海洋环境保护规划的符合性分析

10.5.1 与《“十四五”海洋生态环境保护规划》的符合性分析

《“十四五”海洋生态环境保护规划》提出：加强海洋环境风险源头防范，全面摸排重大海洋环境风险源，以海上溢油为重点，构建分区分类的海洋环境风险防控体系。加强应急响应能力建设，健全海洋生态环境损害赔偿制度，保障人民生命财产安全和海洋健康活力。

本项目主要环境风险为船舶碰撞溢油风险。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。项目通过加强应急响应能力建设，健全海洋生态环境损害赔偿制度，保障海洋健康活力。

综上所述，本项目的建设符合《“十四五”海洋生态环境保护规划》。

10.5.2 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《广东省生态环境保护“十四五”规划》提出：围绕“碳达峰碳中和”战略部署，开展碳排放达峰行动，强化产业、能源、交通结构调整优化，同向发力推动减污降碳协同增效，提升生态系统碳汇增量，增强应对和适应气候变化能力，推动经济社会全面绿色转型。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。

综上所述，本项目作为服务于海上风电项目的送出工程，布局于江门市南侧海域，符合规划中关于“碳达峰碳中和”战略部署，可减少化石资源的消耗，减轻燃煤等发电燃料对生态环境的污染。因此，本项目的建设符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》。

10.5.3 与《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》符合性分析

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》规定：海岸线占补是指项目建设占用海岸线导致岸线原有形态或生态功能发生变化，

要进行岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现岸线占用与修复补偿相平衡。

本项目作为服务于海上风电项目的送出工程，海底电缆底部穿越人工岸线，不会造成岸线原有形态或生态功能发生变化，故项目不涉及岸线占补。综上所述，项目的建设符合《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》。

10.6 区域和行业规划的符合性分析

10.6.1 与《“十四五”现代能源体系规划》符合性分析

根据《“十四五”现代能源体系规划》提出：加快推动能源绿色低碳转型，坚持生态优先、绿色发展，壮大清洁能源产业，实施可再生能源替代行动，推动构建新型电力系统，促进新能源占比逐渐提高，推动煤炭和新能源优化组合。大力发展非化石能源，加快发展风电、太阳能发电。全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用，加快负荷中心及周边地区分散式风电和分布式光伏建设，推广应用低风速风电技术。在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和光伏发电集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深远岸区域布局。

本项目作为服务于海上风电项目的送出工程，符合国家可持续发展政策和国家新能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，减轻燃煤等发电燃料对生态环境的污染。

因此，本项目的建设符合《“十四五”现代能源体系规划》。

10.6.2 与《广东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析

2022年3月17日，《广东省能源发展“十四五”规划》由广东省人民政府正式印发。《规划》指出，“十四五”时期，广东将全力推进能源高质量发展，构建清洁低碳、安全高效、智能创新的现代能源体系，为广东在全面建设社会主义现代化国家新征程中走在全国前列、创造新的辉煌提供坚实可靠的能源保障。

规划发展目标：“十四五”时期，到2025年，清洁低碳、安全高效、智能创新的现代能源体系建设取得实质进展。到2035年，建成国内领先的清洁低碳、安全高

效、智能创新的现代能源体系。能源消费总量控制在 4.8 亿吨标准煤以内；非化石能源消费比重争取提升至 40%左右；能源安全保障能力大幅提升；能源利用效率基本达到世界先进水平；能源科技创新取得较大突破；形成新兴能源产业体系。

规划重要任务：“十四五”时期，大力发展清洁能源。大力发展海上风电，新增装机容量约 1700 万千瓦。

本项目作为服务于海上风电项目的送出工程，符合广东将全力推进能源高质量发展，构建清洁低碳、安全高效、智能创新的现代能源体系的要求，可减少化石资源的消耗，清洁能源可减少对生态环境的污染。

因此，本项目的建设符合《广东省能源发展“十四五”规划》。

10.6.3 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

2021 年 11 月 3 日，《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》由广东省人民政府正式印发，该规划是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了 9 项重大工程，系统推进自然资源高水平保护高效率利用，全力支撑全省高质量发展。

规划要求，科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线，形成陆海生态保护红线“一张图”，确保陆域和海域生态保护红线面积不低于 5 万平方千米。优化海域资源配置方式，严格用海控制指标，推进海域混合分层利用，盘活闲置低效用海，不断提高海域资源节约集约利用水平。

规划提出，拓展蓝色海洋发展空间全面建设海洋强省。培育壮大海洋新兴产业。培育战略性、先导性产业，不断突破关键技术，增强产业链供应链自主可控能力，引导产业集中布局、集聚发展，抢占未来产业发展先机。加快海上风电规模化开发，完善产业链，建设珠三角海上风电研发服务基地和粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地，打造海上风电产业集群。

规划提出的“十四五”重大工程共 9 项，其中第 6 项：海洋产业集群建设工程。工程内容是聚焦打造海上风电、海洋油气化工、海洋工程装备制造、海洋船舶工业、海洋旅游以及海洋渔业等 6 大海洋产业集群，依托特有区位优势 and 现有海洋产业发展基础，逐步完善上下游产业链，着重在深海关键技术与装备、深水油气资源开发、海水养殖和海洋生物技术、海洋可再生能源、海洋电子信息等领域突破一批

产业关键技术，推动核心设备国产化，逐步形成规模化的产业集聚，进一步提升广东海洋产业综合竞争力，推动海洋高质量发展。

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。本项目所在的江门海域具有开发风力发电的有利条件。海上风电场的建设将有利于改善广东省的电源结构，推动我国海上风电产业的发展，并对开发可再生能源也有着重要的意义。本项目作为服务于海上风电项目的送出工程，有利于发展海上风电。虽然工程施工期间对该敏感目标海水水质产生了不利影响，但工程施工符合周边海洋功能区的管控要求，且对其造成的悬浮物影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响保护区、渔业区和红线区的功能。

项目建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展。因此，本项目的建设符合《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求相符合。

10.6.4 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》符合性分析

《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》于 2021 年 1 月 26 日经省十三届人大四次会议审议批准。文件提出，推动海洋传统产业转型升级。完善海上风电产业链，着力推进近海深水区风电项目规模化开发，积极推进深远海浮式海上风电场建设，加快形成产值超千亿元海上风电产业集群。

本项目位于珠三角江门海域，作为服务于海上风电项目的送出工程，有利于发展海上风电。本项目的建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

10.6.5 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》符合性分析

广东省人民政府办公厅于 2021 年 9 月 30 日印发《广东省海洋经济发展“十四五”规划》。规划提出“打造海上风电产业集群。推动海上风电项目规模化开发，基本建成已规划近海浅水区项目，推动省管海域近海深水区项目开工建设，争取粤东千万千瓦级海上风电基地纳入国家相关规划并推动基地项目开工建设”，在“附件 2 广东省海洋经济发展“十四五”规划重大工程项目”中提出“重点建设省管海域阳江南鹏岛、沙扒、青洲、湛江外罗、徐闻、新寮、珠海桂山、金湾、惠州港口、汕尾后

湖、甲子、揭阳神泉、汕头勒门、海门等海上风电项目、推动国管海域专属经济区海上风电项目陆续开工建设。”

本项目位于珠三角江门海域，作为服务于海上风电项目的送出工程，有利于发展海上风电。本项目的建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》。

10.6.6 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》提出：

强化涉海风险源头防范。督促沿海地级以上市加强沿海石化、原油、危化品、油气管线、陆域终端等涉海环境风险源的调查、识别与评估，明确高环境风险地区，绘制环境风险地图。开展重点区域环境风险源专项检查，压实企业环境风险防控主体责任。防范海上溢油风险，建立健全海上溢油风险监控监测体系，提升风险识别和预报预警能力。

加强海洋生态空间保护。海洋空间坚持保护为主、适度开发，实施海洋“两空间内部一红线”。按照国家的统一部署，探索建立海岸建筑退缩线制度，清理整治非法占用自然岸线、滩涂湿地等行为。推进建设以国家海洋公园为主体、海洋自然保护区为基础、各类海洋自然公园为补充的自然保护地体系，科学划定海洋自然保护区，整合优化以中华白海豚、中国鲎、黄唇鱼等珍稀物种，珊瑚群落、红树林、海草床等典型海洋生态系统为保护对象的自然保护区。加强底线约束和空间管控，严格落实生态保护红线管控。生态保护红线内的自然保护区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。定期开展海洋自然保护区和海洋生态保护红线的保护成效评估。

加强海洋生物及其栖息地保护，提升广东沿海湿地作为东亚—澳大利亚水鸟迁徙路线上重要停歇点和越冬地的作用，加强汕头韩江—榕江口、汕尾海丰、惠州考洲洋、深圳湾、茂名水东湾、湛江雷州半岛东西两侧海湾等全球候鸟迁徙路线重要节点的湿地保护与修复。加强海洋渔业资源保护，严格执行海洋伏季休渔制度，在珠江口探索实施更严格的禁休渔制度，加大珠江口产卵场、索饵场和洄游通道的保护力度。

本项目主要环境风险包括项目海域内船舶碰撞溢油风险、海缆泥沙冲刷掏空风险等。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。此外，项目通过海上溢油风险数值模拟预测，同时加强应急响应能力建设，明确了建设单位环境风险防控主体责任，并健全海上溢油风险监控监测体系，全面提升项目的风险识别和预报预警能力。项目作为服务于海上风电项目的送出工程，本项目的海底电缆不涉及穿越“三区三线”划定的生态保护红线。本项目的海底电缆在铺设施工时会使得海底泥沙悬浮扩散，造成海缆路由沿线海域悬浮泥沙含量暂时上升，但是不会影响到生态保护红线，降低沿线海域浮游植物生产力，进而对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，造成鱼卵仔鱼资源量损失，但悬浮泥沙的扩散影响是暂时的，随施工结束而终止，悬浮泥沙很快沉降。因此，海底电缆在生态保护红线区铺设施工对沿线海域海洋生态系统影响不大。本项目不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和其他废弃物，不会对渔业水域水质造成不利影响。

综上所述，本项目的建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》。

10.6.7 与《广东省环境保护条例》符合性分析

根据《广东省环境保护条例》，第三十七条 固体废物产生者应当按照国家规定对固体废物进行资源化利用或者无害化处置；不能自行利用或者处置的，应当提供给符合环境保护要求的企业利用或者处置。

危险废物产生者必须按照国家规定处置危险废物，不得擅自倾倒、堆放。确需临时贮存的，必须采取符合国家环境保护标准的防护措施，且贮存期限不得超过一年，并向生态环境主管部门报告临时贮存的时间、地点以及采取的防护措施。

第四十七条 在依法设立的各级自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要水源地、湿地公园、重点湿地以及世界文化自然遗产等特殊保护区域，应当依据法律法规规定和相关规划实施强制性保护，不得从事不符合主体功能区定位的各类开发活动，严格控制人为因素破坏自然生态和文化自然遗产原真性、完整性，在进行旅游资源开发时应当同步建设完善污水、垃圾等收集清运设施，保护环境质量。

本项目施工期的船舶生活垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的船舶垃圾排放控制要求收集上岸后委托有处理能力的单位统一处理，不得倾倒入海；陆域生活垃圾通过及时收集和进行分类后，交由当地环卫部门统一外运进行处理；扫海清障垃圾随船携带靠岸后外运处理；定向钻弃土和陆上集

控中心弃土收集后交由台山市赤溪镇人民政府统一处置。本项目营运期的陆上集控中心的生活垃圾收集后交环卫部门统一处理；运维船生活垃圾随船收集带走，分类收集后送岸上委托有处理能力的单位统一处理；污水处理设施污泥定期抽吸外运集中处理；检修废物的五金杂件、废产品包装交由外卖资源回收公司回收处理，废润滑油、废变压器油、废油桶、废蓄电池、废变压器、废含油抹布及手套等危险废物交由有资质的单位处理。

本项目不涉及各级自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要水源地、湿地公园、重点湿地以及世界文化自然遗产等特殊保护区域。

因此，本项目的建设符合《广东省环境保护条例》的相关要求。

10.6.8 与《广东省湿地保护条例》符合性分析

根据《广东省湿地保护条例》，第二十六条 禁止在湿地范围内从事下列活动：

- （一）围垦、开垦、填埋湿地；
- （二）排干湿地或者永久性截断湿地水源；
- （三）擅自挖塘、挖砂、采砂、采矿、取土、取水、烧荒；
- （四）直接排放未经处理或者排放不达标的污水，倾倒、储存、堆放有毒有害物质、废弃物、垃圾，投放可能危害水体、水生以及湿生生物的化学物品；
- （五）破坏鱼类等水生生物洄游通道，采用电鱼、炸鱼、毒鱼、绝户网等灭绝性方式捕捞鱼类以及其他水生生物；
- （六）破坏野生动植物的繁殖区、栖息地、原生地和迁徙通道，滥采滥捕野生动植物；
- （七）引进、放生外来物种；
- （八）擅自放牧、捕捞；
- （九）采伐林木，采集国家或者省重点保护的野生植物；
- （十）猎捕保护的野生动物或者捡拾掏取鸟蛋；
- （十一）其他破坏湿地及其生态功能的活动。

项目不涉及占用湿地，项目作为服务于海上风电场建设项目的送出工程，不涉及围垦、开垦、填埋湿地活动等禁止在湿地范围内从事的相关活动，项目建设符合《广东省湿地保护条例》。

10.6.9 与《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》符合性分析

2021 年 5 月 19 日，江门市十五届人大七次会议审议批准《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称《市十四五规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025 年）江门经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对 2035 年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划；是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年我市经济社会发展的宏伟蓝图和全市人民共同的行动纲领。

《市十四五规划》提出，打造特色平台“强支撑”。积极推动与港澳合作建设大广海湾经济区，拓展在金融、旅游、文化创意、电子商务、海洋经济、职业教育、生命健康等领域合作，打造粤港澳深度合作发展试验区。加快银湖湾滨海新区的开发，探索粤港澳合作发展新模式，打造绿色智慧滨海新城、粤港澳大湾区产业服务平台。高标准推动粤港澳大湾区（珠西）高端产业集聚发展区规划建设，打造粤港澳大湾区科技创新走廊重要产业承载区、高水平区域协同发展新样板。深入推进华侨华人文化交流合作重要平台建设，打造侨乡特色国际旅游目的地、粤港澳大湾区多元文化交流示范区。积极扩宽港澳居民就业创业空间，推动中国（江门）“侨梦苑”华侨华人创新产业聚集区建设取得新进展。高水平建设粤港澳大湾区（江门）高质量农业合作发展平台，打造粤港澳大湾区重要绿色农产品供应基地、农业合作创新创业示范高地。

《市十四五规划》提出，优化能源供给结构。大力发展清洁能源，发展太阳能发电，积极开展海上风电、氢能、天然气水合物等新能源研究因地制宜开发利用生物质能。安全高效发展核电，推进台山核电二期工程。合理发展气电，有序建设抽水蓄能电站，大力推动储能产业发展，推动煤电清洁高效利用。拓宽天然气供应渠道，提高天然气利用水平。完善天然气储备体系，以集中建设为主，建立健全政府储备与企业社会责任储备有机结合、互补联动的天然气储备体系，进一步提高天然气供气保障能力和储气调峰能力。

《市十四五规划》提出，大力发展绿色产业。积极推行源头减量、清洁生产、资源循环、末端治理的绿色生产方式。持续深入推进产业结构调整 and 低碳转型，构

建清洁低碳的绿色产业体系。重点发展绿色制造和循环经济产业，走绿色低碳新型工业化道路。推进绿色产业补链强链，提高技术装备水平和产业规模。加快低碳技术革新与推广应用，推进电力、化工、建材、纺织等行业开展节能改造。推动重点行业企业开展清洁生产审核；支持企业实施清洁生产，重点建设一批循环经济工业园和共性工厂。积极推进核能、风能、太阳能、海洋能、生物质能等清洁能源建设。

本项目是海上风电项目的配套工程，主要建设海上升压站、海上无功补偿站和送出海底电缆。本项目的建设有利于当地风能资源转化为经济效益，有利于补充电网清洁能源，有利于地方经济的发展，对提高全省绿色新能源装机容量比例，优化全省能源供应结构，具有积极的推动作用。

因此，本项目符合《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》关于大力发展清洁能源、积极推进风能等清洁能源建设的规划要求。

10.7 与国土空间规划的符合性分析

10.7.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

2023 年 8 月 8 日，国务院批复了《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《规划》），并提出《规划》是广东省空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图，是各类开发保护建设活动的基本依据。《规划》以当好“两个重要窗口”为主题，以“在全面建设社会主义现代化国家新征程中走在全国前列、创造新的辉煌”为总要求，坚持“高水平保护、高质量发展、高品质生活、高效能治理”的规划理念，提出面向未来广东国土空间开发保护的基本思路。

发展愿景和总体定位。以“世界窗口、活力广东、诗画岭南、宜居家园”为发展愿景，着力把广东建设成为“中国特色社会主义先行区、高质量发展的引领区、美丽中国建设的示范区、开放包容智慧的宜居家园”。

国土空间开发保护目标。积极推进国土空间保护、开发、利用和修复，到 2035 年，全面建成安全、繁荣、和谐、美丽的高品质国土。更可持续、更具韧性的安全国土-国土生态安全格局全面夯实，耕地质量提升和布局优化，综合防灾减灾和应急体系全面建成，粮食安全、**能源安全**、水安全、军事安全保障更加有力，应对气候变化和抵御自然灾害的能力显著增强，形成全天候、系统性、现代化的国土安全保

障体系。更加集约、高效、开放的繁荣国土-自然资源利用效率和水平显著提升，集约、紧凑、高效的城镇化空间格局全面形成，高质量的现代化产业空间得到充分保障，**海洋资源开发能力持续增强，陆海统筹、内外联动的开放型国土开发格局更加优化**，国际竞争力显著增强，高质量发展成为全国典范。

《规划》以“三区三线”为基础构建国土空间开发保护总体格局。立足资源环境承载能力，发挥各地区比较优势，统筹划定落实“三区三线”，深入实施主体功能区战略，优化资源要素配置与生产力空间布局，加快形成开发与保护相协调的国土空间开发保护新格局，有力支撑“一核一带一区”区域发展格局。

打造开放活力的海洋空间，充分发挥海洋作为高质量发展的战略要地作用，陆海统筹推进海洋空间保护与利用，加强海岸带综合管理，维护绿色安全海洋生态，打造现代化沿海经济带，全面建设海洋强省。支持培育现代化海洋产业集群。推进海洋优势产业集中集约布局，拓展新兴产业后备发展空间，强化潜力产业基础空间保障，重点支持打造海洋油气化工、海洋旅游、**海洋清洁能源**、船舶与海洋工程装备、海洋生物等五个千亿级以上海洋产业集群，统筹推进现代海洋产业集聚区、沿海产业园区建设。加强产学研基地、海洋科技创新平台、跨区域海洋创新创业等涉海自主研发平台建设，大力推进科技兴海产业示范基地、国家海洋高技术产业基地、海洋经济发展试点示范建设，鼓励珠三角海洋科技创新企业在粤东和粤西地区建设海洋高技术成果高效转化基地和产业基地，打造海洋产业高质量发展典范。

建设世界先进制造业高地。以“一核一带一区”为引领，优化全省产业空间布局。①珠三角核心区突出创新驱动、示范带动，积极培育发展十大战略性支柱产业和十大战略性新兴产业集群，重点建设广深港、广珠澳科技创新走廊和环珠江口现代服务业集聚区，推进产业发展组团和产业重大平台建设，优化形成“走廊+组团+平台”的网络化产业协同布局模式。②**沿海经济带**突出陆海统筹、港产联动，以港口和临港经济区、临港新城为载体，做大做强临港临海产业集群，加快建设大型产业集聚区，打造世界级沿海产业带。③北部生态发展区突出生态优先、绿色发展，“据点式”布局现代农业产业园和特色工业园区，着力建设以生态农业、绿色工业、生态旅游为主体的生态产业体系，因地制宜发展绿色低碳、环境友好型产业。

科学有序推进近海风电场开发建设，积极探索深远海风电开发，支持珠三角海上风电研发服务基地、粤东千万千瓦级海上风电基地、粤西千万千瓦级海上风电基

地等基地建设，**优化海上风电选址，打造世界级风电产业基地**。优近用远完善用海布局。统筹各类用海布局，优先保障国防安全、航运交通、能源矿产等资源开发利用的用海需求和安全，严格执行建设项目用海控制标准。**推动海上风电项目、海洋养殖向深水远岸布局**，促进海上风电与海洋油气开发、深水养殖综合开发利用，海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制。统筹海底油气管道、通信光缆、电缆等线性设施敷设的海底廊道，**重点加强海上风电电缆集中布局规划和管理，统筹设置集中登陆点**。划定管廊保护范围，加强海底管廊保护，在确保安全的前提下推进管廊复合利用、管线集中铺设。**合理安排国家重大项目、重大战略和海洋矿产能源开发利用等工矿用海布局**，主要包括：国家重大建设项目，广东自贸区、广东海洋经济综合试验区及粤港澳大湾区等国家重大战略规划用海，洋东、勒门、海门、靖海、神泉、后湖、甲子、桂山、港口、南鹏岛、沙扒、外罗、新寮、徐闻等近海浅水区海上风电建设及深水区的海上风电建设用海，海上石油、天然气、天然气水合物等油气资源勘探开发用海，波浪能、潮流能、海上光伏等海洋可再生能源开发用海等。

项目位于沿海经济带，该区域根据重要产业集群布局规划为新能源重要产业集群。根据海洋空间功能布局，本项目送出海底电缆穿越了海洋生态保护空间，海上升压站及海上无功补偿站位于海洋开发利用空间。

根据海洋空间功能布局，本项目送出海底电缆不位于海洋生态保护空间。经分析，本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期及营运期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。

本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后有利于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，有利于调整省内能源结构，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，符合新能源重要产业集群的规划分区要求。

本项目是海上风电项目的配套工程，主要建设海上升压站、海上无功补偿站和送出海底电缆，海上风电项目的建设可推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压

力，实现绿色发展，可以利用良好的风能资源，向电网提供清洁的可再生能源，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。工程的建设可以全面提升江门市的供电能力，大力推动江门市沿海经济带高质量发展。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用，项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为下一步广东省海上风电规模化开发，为后续海上风电建设提供宝贵经验和示范。

根据对所在海域国土空间规划分区的影响分析，本项目用海方式不改变海域自然属性，符合所在海域国土空间规划分区的用途管制要求。因此，本项目建设与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》相符合。

图 10.7.1-1 广东省海洋空间功能布局图（《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》）。

10.7.2 与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析

《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》提出：2025年，着重抓好广东省重点生态功能区、生态保护红线内、重点国家级自然保护区等区域生态保护和修复，解决一批重点区域的核心生态问题，使全省生态安全屏障更加牢固，生态环境质量持续改善，生态系统安全性稳定性显著增强；2035年，全面构建安全、健康、美丽、和谐的高品质国土，人与自然和谐共生格局基本形成，碳排放率先达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽广东基本建成。

基于“三屏五江多廊道”生态安全格局，围绕生态、农业、城镇三大空间，聚焦重点单元，总体布局国土空间生态修复任务，形成安全健康、美丽的高品质国土空间。其中，生态空间-系统保护修复“三屏”“五江”等重点生态功能区，重点推进森林保育、水源涵养、水土保持生物多样性保护、**沿海地区海岸带**保护等。“三屏”：即加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障、以丘陵山地、森林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、滨海湿地、海湾、海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复。

保障“一核一带一区”区域发展格局。一核-生态融核，打造人与自然和谐共生的国际一流湾区。一带-陆海统筹，构建生态经济协调发展的黄金海岸带。一区-生态活区，打造生态引领的粤北生态发展区。

推进重要生态系统保护修复。护卫蓝色海洋生态屏障，以15个生态保护和修复单元为重点，统筹推进河口、海湾、海岛海岸带整治修复，提高海洋带防护功能，加强海洋生物多样性保护。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程-重要海湾生态系统保护修复：大亚湾-大鹏湾生物多样性保护修复、拓林湾及周边海域典型海湾保护修复、靖海湾砂质海岸-防护林保护修复、红海湾-碣石湾滨海湿地保护修复、阳江湾典型海湾生态系统保护修复、水东湾-博贺湾海洋综合整治修复、镇海湾—广海湾—银湖湾生态系统保护修复、雷州半岛东部滨海湿地生态系统保护和修复、雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程-重要海岛生态系统保护修复：南澳岛—南澎列岛生物多样性保护恢复、川山群岛生物多样性保护恢复、万山群岛及周边海域生物多样性保护恢复。

经与规划图件叠加分析，项目穿越了镇海湾—广海湾—银湖湾生态系统保护修

复单元和川山群岛生物多样性保护与恢复单元。本项目建设主要为施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失，不会对规划中明确的生态系统保护修复单元产生影响。

因此，本项目的建设符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的相关要求。

图 10.7.2-1 项目与广东省重要生态系统生态保护和修复布局图叠加示意图

10.7.3 与《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出，分区管控近岸海域，划设海洋开发利用空间和海洋生态空间。工矿通信用海在赤溪半岛、广海湾、大襟岛西侧沿岸以及大帆石南部近海海域划出工矿通信用海区，配合海岸带临海工业和近海风电项目的规划与实施需求。渔业用海主要布局在黄茅海、上川岛周边海域。合理安排镇海湾近岸海水增养殖基地等渔业用海布局，满足渔港及渔业设施建设用海需求。

规划提出，发展临港先进制造。加快推进海洋交通运输装备、船舶制造、船舶拆解及修理等产业转型升级。依托银洲湖中小船舶基地，重点发展特种工程船、高端游艇修造及关键零部件产业。积极引进半潜式钻井平台和钻井船、海上供应船、海上钢结构、风电设备、海洋环保设备制造等海洋工程平台类装备制造业，配套海洋工程装备研发制造，突破核心技术，全面提升船舶和海洋工程装备制造竞争力。推动海洋牧场与海洋工程装备制造联动发展，建立现代化海洋养殖装备生产基地。

规划提出，培育海洋新兴产业。大力发展海洋新材料产业，重点研究开发海洋金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料。积极发展海洋基因技术、生物工程技术、药物与保健品等海洋高新技术产业，支持海洋创新药物、海洋生物基因资源开发，规划建设研发、中试、产业化一体化的海洋生物医药高新技术园区。做强滨海新能源产业，依托深水港口，引入大型天然气企业综合利用产业基地项目，构建 LNG 综合利用产业链。**统筹推进海上风电项目建设，丰富大广海湾区建设能源支撑。**

规划明确，工矿通信用海——在赤溪半岛、广海湾、大襟岛西侧沿岸以及大帆石南部近海海域划出工矿通信用海区，配合海岸带临海工业和近海风电项目的规划

与实施需求。渔业用海——主要布局在黄茅海、上川岛周边海域。合理安排镇海湾近岸海水增养殖基地等渔业用海布局。满足渔港及渔业设施建设用海需求。

本项目送出电缆路由穿越工矿通信用海区、渔业用海区，详见图 10.7.3-1。陆上集控中心选址不涉及永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界，详见图 10.7.3-2。

本项目的海底电缆铺设施工时会使得海底泥沙悬浮扩散，但是不会影响到在生态保护红线区，悬浮泥沙造成海缆路由沿线海域悬浮泥沙含量暂时上升，降低沿线海域浮游植物生产力，进而对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，造成鱼卵仔鱼资源量损失，但悬浮泥沙的扩散影响是暂时的，随施工结束而终止，悬浮泥沙很快沉降。本项目不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和其他废弃物，不会对渔业水域水质造成不利影响。

本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后有利于开发利用广东省近海风能资源，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，有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，助力能源绿色低碳转型，增强区域电力供应，完善保障有力的供电系统。因此，本项目的建设符合《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的相关要求。

图 10.7.3-1 江门市海洋功能分区局部图（《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》）

图 10.7.3-1 江门市市域国土空间控制线规划图（《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》）

11 环境管理与监测计划

根据国家和省市环境保护行政主管部门的要求，结合本工程建设情况及工程污染特点实际情况，有针对性地提出本工程不同阶段、具有可操作性的环境管理与监测计划，作为本工程建设和营运期开展环境管理与监测工作的依据。

11.1 环境管理

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》和《企业法》的精神，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护生态环境应是其重要的职责之一。环境管理是控制污染、保护环境的重要措施，应根据《建设项目环境保护管理条例》等法规的要求，确定环保管理机构，制定环境保护管理计划。环境管理的基本任务是：控制污染物的排放量，以及避免排出的污染物对环境污染质量的损害。根据本项目的特点，提出相关的环境监测计划与建议，建设单位及施工单位应高度重视环境保护工作，应成立专门机构进行环境保护管理工作。

根据有关法规并结合本项目建设特点制定相应的环境监测计划，确定环境监测工作的组织、监测职责范围等，其中环境监测计划中应包括污染物排放监测和环境质量监测等内容。

本项目环境管理工作由建设单位、监理单位和施工单位共同承担。

11.1.1 施工单位环境管理机构设置

本项目在施工期产生一定量的悬浮物、生活污水和含油污水废水、废弃泥浆及其它施工垃圾等，对环境产生一定程度的不利影响。建设施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

施工单位的管理内容主要为：

（1）负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

（2）及时向生态环境主管部门或向单位负责人汇报与本项目施工有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

（3）按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施和各

项经费的落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

（4）合理安排施工时间、方式，确保将工程建设对渔业资源的影响减到最小；确保施工期间施工废水和生活污水妥善处理；合理安排施工方式、时间，确保施工场界噪声达标；保持场地整洁，保证施工机械和船舶废气排放符合国家有关规定；做好施工人员卫生防疫工作。

11.1.2 建设单位环境管理机构

11.1.2.1 施工期环境管理

为了有效保护项目拟建址所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，聘请有资质的施工监理机构对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

加强建设项目的环境管理，根据本报告提出的污染防治措施和对策，制定出切实可行的环境污染防治办法和措施。

项目建设单位环保管理机构的职责如下：

- （1）宣传并执行国家有关环保法规、条例、标准，并监督有关部门执行；
- （2）负责本项目施工期与运营期的环境保护管理工作，负责监督各项环保措施的落实与执行情况；
- （3）在施工地点，应由工程环境监理人员在施工现场跟踪监控管理，监察环保设施设置与实施情况；
- （4）工程环境监理纳入工程监理，接受生态环境主管部门的指导和监督，以便更好地履行职责；
- （5）按生态环境主管部门地规定和要求填报各种环境管理报表；
- （6）配合生态环境主管部门进行环保设施竣工验收；
- （7）负责对营运期污染事故的调查、监测分析工作，并写出调查报告；

(8) 协调、处理因本项目的建设和营运所产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施；

(9) 环境监测工作及监测计划的实施，应由建设单位的环保机构完成，在不具备条件的情况下亦可委托有资质的环境监测站协助进行。

11.1.2.2 营运期环境管理

本项目运行期间，环境管理职能由建设单位承担，安排专职人员对项目运行期环境保护工作统一管理、并配合地方海洋、环保和海事部门共同做好工程运行期环境管理，包括海洋渔业资源、通航安全管理等的监督和检查工作。

11.1.3 环境保护管理建议

针对本项目的建设和投入营运，提出如下环境保护管理要求和建议：

(1) 所有与本项目直接相关的污染防治设施的建设必须与项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

(2) 项目竣工投入试运营后，应按照有关要求申请进行建设项目环保竣工验收。

(3) 建议本项目在落实各项环境保护设施时，采用生态环境主管部门认证合格单位的污染治理技术或设施。

(4) 工程施工应实行环境监理制度，监理工程师必须接受必要的环境知识、工程监理知识的培训，按照保证工程质量和环保要求对项目进行全面质量监理。

11.2 环境监测计划

本项目施工期和营运期应委托具有相关资质的单位对工程区域海洋环境、生态环境等进行监测并提交有效的跟踪监测计量认证分析测试报告。对海洋生态环境的跟踪监测调查要遵循相应的海洋调查规范（GB 12763）和海洋监测规范（GB17378）。

11.2.1 施工期监测计划

11.2.1.1 海洋环境监测

为了了解和掌握项目施工期悬浮物的污染状况，桩基施工及电缆沟开挖对海洋水质、沉积物环境的影响，以及工程施工海域水生生态、渔业资源的现状情况，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，评价施工期水质是否满足海水水质标准，为施

工期环境管理提供依据，对项目施工期海洋环境质量进行跟踪监测。

承担监测的单位应认真分析监测数据，发现异常及时通报给建设单位，以便采取相应的环保对策措施。加强监测数据的管理，全部监测数据报项目建设部门存档备案，作为项目验收的重要资料。

1、监测站位

为与评价中的现状调查具有可比性，施工期监测范围与环境现状调查范围保持基本一致，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有所减少，主要针对本工程海域。根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的规定，本报告对在施工期拟在海底电缆沿线设置 10 个跟踪监测站位（监测过程可视情况做适当的调整），监测站位坐标见表 11.3.1-1，监测站位位置见图 11.3.1-1。监测工作由建设单位委托具有海洋环境监测资质的单位承担，监测方法按照《海洋监测规范》《海洋调查规范》相关规定进行，监测单位进行监测时可根据实际情况适当调整站位，并接受各级生态环境保护部门的监督。

表 11.3.1-1 施工期跟踪监测站位坐标表

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY02			水质、沉积物、海洋生态
LY04			水质
LY06			水质、沉积物、海洋生态
LY08			水质
LY11			水质、沉积物、海洋生态
LY16			水质、沉积物、海洋生态
LY18			水质
CD18			水质、沉积物、海洋生态
CD20			水质、沉积物、海洋生态
J02			潮间带生物

图 11.3.1-1 施工期跟踪监测站位图

2、监测项目

海水水质：悬浮物、铜、铅、镉、锌、石油类。

海洋沉积物：铜、铅、镉、锌、石油类。

海洋生物质量：铜、铅、镉、锌、石油类。

海洋生态环境：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔稚鱼、游泳动物、潮间带生物。

3、监测时间与频率

海水水质：送出海缆敷设施工期间监测一次。

海洋沉积物：送出海缆敷设施工期间监测一次。

海洋生物质量：送出海缆敷设施工期间监测一次。

海洋生态环境：送出海缆敷设施工期间监测一次。

4、监测数据采集与处理

按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的要求进行样品的采集、保存与运输，样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）、《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）等进行。

11.2.1.2 噪声监测

1、水上噪声监测

①监测位置

在海上升压站、中间补偿站施工区各设置 1 个水上噪声监测点。

②监测内容

昼、夜等效连续 A 声级 L_d 、 L_n 。

③监测频率

施工期高峰期监测一次。噪声监测时段为昼间（06:00～22:00）和夜间（22:00～06:00）各监测一次，每次连续采样 20min。

2、水下噪声监测

①监测位置

在距离海上升压站、中间补偿站基础结构不得少于 3 倍水深且在总水深（H）0.7H~0.85H 处进行峰值声压的测量，同时距离基础结构 100m~500m 处、在送出海缆工程区水层深度的中间处设置 2 个以上测点。

②监测内容

打桩施工所产生的最大声压级 L_{peak} （dB re 1 μ Pa）、噪声频带有效声压级（dB re 1 μ Pa）；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪声时-频特性。

③监测频率

至少进行一次完整的施工期（锤击打桩）噪声跟踪测定。

11.2.1.3 监测数据管理

施工期由受委托监测单位根据工程施工进度按监测计划进行监测，若有异常情况应及时通知当地环境保护行政主管部门，以便采取相应的对策措施；同时要将工程施工的环境监测结果编制年度监测报告。

11.2.2 营运期监测计划

11.2.2.1 海洋环境监测

1、监测站位

本项目营运期监测站位布设与施工期监测站位保持一致（监测过程可视情况做适当的调整），监测站位坐标见表 11.3.1-1，监测站位位置见图 11.3.1-1。

2、监测项目

海水水质：水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD₅、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐。

海洋沉积物：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、锌、铬、镉、砷。

海洋生物质量：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃。

海洋生态环境：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、鱼卵仔鱼和渔业资源等。

3、监测频次

海水水质：项目稳定运行后一年内春、秋季各一次。

海洋沉积物：营运期春季或秋季安排一次。

海洋生物质量：营运期春季或秋季安排一次。

海洋生态环境：营运期春季或秋季安排一次。

4、监测数据采集与处理

按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的要求进行样品的采集、保存与运输，样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）、《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）等进行。

11.2.2.2 水文监测

为了解和掌握工程建设对项目所在海域流场的影响和冲刷情况，同时为检验本次评价预测的准确程度，要求在工程投运后对海上升压站、中间补偿站海域潮流场状况进行调查监测，监测内容包括：

监测位置：选择海上升压站、中间补偿站、路由及其周边海域 5 处位置。

监测时间及频次：工程运行后 4 年内每 2 年监测 1 次，共 2 次。

监测项目：流速、流向、悬浮泥沙及表层沉积物粒径。

营运期的环境监测项目由本工程的业主委托当地有资质的环境监测单位开展，如有可能应与当地环境监测部门的年度监测相结合，以充分利用现有资源并便于整个地区的环境质量变化情况相对照，监测单位应提交有效的计量检测认证的成果。

12 环境影响评价结论

12.1 工程概况

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目位于江门市台山市南侧海域，海上升压站布置在江门川岛一、二海上风电场址中间预留的通道，海上无功补偿站布置在 500kV 送出海缆中部区域。500kV 送出海缆由海上升压站出发，送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至台山市赤溪镇登陆点，登陆点登陆后送至陆上集控中心，陆上集控中心位于台山市赤溪镇铜鼓湾北侧。

本项目拟建设 1 座 500kV 海上升压站（平台最外缘大小为 73.16m×52.6m）、1 座 500kV 海上无功补偿站（平台最外缘大小为 63.72m×54.52m）、1 座陆上集控中心、2 回 500kV 海底电缆（长度分别为 116.329km、116.351km）及送出海底电缆陆上电缆（约 853m）。

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目主要服务于江门市川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目。

12.2 工程分析结论

12.2.1 施工期工程分析

（1）悬浮物

本项目施工期对水环境和水生生态环境的影响主要表现为扫海清障作业、钢管桩施工、海底电缆敷设等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，并由此可能对工程海域海洋生态环境（底栖生物和浮游动、植物）和渔业资源造成一定损害。施工期海洋环境主要污染因子为悬浮物，经估算海上升压站单根基础钢管柱打桩施工悬浮物的源强为 0.117kg/s，海上中间补偿站单根基础钢管柱打桩施工悬浮物的源强为 0.076kg/s；近岸段单条海缆施工悬浮物的源强为 12.34kg/s，中间段（航道交越段）单条海缆施工悬浮物的源强为 19.63kg/s，风电场段单条海缆施工悬浮物的源强为 17.38kg/s。

（2）废水

施工船舶生活污水经收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海；施工船舶舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或者

油污储罐，施工船舶舱底油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。本项目施工期陆域施工人员生活污水收集后经三级化粪池预处理后由槽罐车运至赤溪镇污水处理厂处理；施工期产生的施工废水经处理后回用于施工过程中的洒水降尘、汽车清洗等；海上升压站和海上中间补偿站基础时产生的灌浆溢流，只要在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵。

（3）废气

在本项目施工建设期间，产生的主要大气影响是施工扬尘、施工机械和施工车船的燃油尾气等。不同施工阶段产生扬尘的环节较多，且各处的扬尘排放方式不同、影响因素不同、持续时间也不固定，既有面源污染，也有线源污染；施工机械和施工车船的燃油尾气为间断排放，同时作业时间的相对有限，燃油量少，施工船舶车辆使用符合标准的柴油，其烟气产生量相对较少，随着施工的结束将消失。

（4）噪声

本项目海上施工噪声主要来自于来往施工船舶航行噪声。本项目施工期的海上施工船舶主要包括敷缆船、甲板拖轮、起重船等，这类施工船舶的噪声源强在75~100dB(A)之间，打桩噪声源强约在250dB(A)。本项目陆域施工期的噪声源强主要来源于施工现场的各类机械设备，主要包括定向钻、液压挖掘机、运输机、推土机等，这类机械是最主要的施工噪声源，噪声源强在73~86dB(A)之间。

（5）固体废弃物

施工船舶生活垃圾分类收集后送岸上委托有处理能力的单位统一处理；陆域生活垃圾收集后交环卫部门统一处理；扫海清障垃圾待船舶靠岸后外运处理；定向钻弃土、定向钻泥浆泥水分离泥饼和陆上集控中心弃土收集后交由江门市台山市曹溪镇人民政府统一处置。

12.2.2 营运期工程分析

（1）废水

本项目海上检修人员生活污水经收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海；运维船舶舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或者油污储罐，船舶舱底油污水及时收集上岸，委托有处理能力的单位接收处理。陆上集控中心工作人员生活污水经陆上集控中心污水处理设施处理后，出

水指标应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)的要求后,回用于陆上集控中心的绿化和道路浇灌以及周边林地浇灌,正常情况下无污水外排。船舶生活垃圾收集上岸委托有处理能力的单位统一处理。一处理,陆上集控中心的污水处理设施污泥定期抽吸外运集中处理,海上升压站和海上中间补偿站检修含油污水收集后随检修船回收至岸上交有能力处理的单位处理。

(3) 废气

本项目营运期使用的运维船应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中国第一、二阶段)》(GB15097-2016)中第二阶段船机排气污染物排放限值,由于海上升压站和海上中间补偿站所处区域开阔、空气流通性好,且运维船舶使用频率低,运维船废气不会对环境产生明显影响。海上升压站、海上中间补偿站和陆上集控中心厨房油烟经集气罩收集后经静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放,能满足《饮食业油烟排放标准(试行)》(GB18483-2001)的相关要求。海上升压站和海上中间补偿站柴油发电机尾气拟由排气筒引至所在建筑物楼顶排放,备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度和排放速率可达到广东省《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)表2中第二时段二级排放浓度限值要求。污水处理站排放浓度低,厂区扩散条件较好能满足《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)新改扩建二级厂界标准值。

(4) 噪声

项目海上升压站营运期的噪声主要来自于变压器等设备,变压器布置在室内,类比类似500kV变电站噪声监测值类比分析,海上升压站噪声源强60~75dB(A)。项目海上无功补偿站营运期的噪声主要来自于高压电抗器等设备,变压器布置在室内,项目采用三相一体的电抗器,海上中间补偿站噪声源强70~80dB(A)。项目营运期维护需要1艘800吨级普通运维船对海上升压站和海上中间补偿站及相关设备进行检修,运维船舶噪声源强约为110dB(A)。陆域集控中心营运期噪声主要来源于设备运行噪声和电磁噪声,主要噪声源有500kV电抗器、500kV GIS设备、500kV变压器等,噪声源强60~75dB(A)。本工程地下电缆线路电缆外层有绝缘层和金属外套,且电缆线路埋于地下,送电线路运行时产生的噪声对周围声环境影响很小。

(5) 固体废弃物

本项目营运期陆上集控中心工作人员生活垃圾收集后交环卫部门统一处理;检

修人员生活垃圾随船收集带走，分类收集后送岸上委托有处理能力的单位统一处理。危险废物（废润滑油、废变压器油、废油桶、废蓄电池、废变压器、废含油抹布及手套）分类收集后到岸交由专业危废处理资质单位，可回收的五金杂件等外卖资源回收。

12.3 环境现状评价结论

12.3.1 水文动力环境现状调查与评价结论

(1) 夏季调查

a、小潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 $4.5\text{m/s}\sim 10.8\text{m/s}$ ，观测海域的平均风速大小为 7.4m/s 。各个站位海况均为 2 级；中潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 $6.3\text{m/s}\sim 10.0\text{m/s}$ 。观测海域的平均风速大小为 8.3m/s 。各个站位海况均为 2 级；大潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 $7.6\text{m/s}\sim 9.7\text{m/s}$ 。观测海域的平均风速大小为 8.6m/s 。各个站位海况均为 2 级。

b、临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.59、1.58 和 1.43，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。临时潮位站的分潮中 M_2 分潮振幅皆最大，其中 CDC1 的 M_2 分潮振幅为约为 50.19cm ，迟角为 277° ；CDC2 的 M_2 分潮振幅约为 50.38cm ，迟角为 278° ；CDC3 的 M_2 分潮振幅约为 56.44cm ，迟角为 286° 。由表可知，观测期间调查海区最高潮位为 3.09m ，最低潮位为 0.01m ，最大涨潮潮差为 1.98m ，最大落潮潮差为 3.00m 。距离调查海区最近的上川岛的潮汐性质系数 F 值为 1.34，佐证调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。

c、小潮观测期间最大涨潮流速为 83.4cm/s （方向为 51° ），最大落潮流速为 89.3cm/s （方向为 132° ），分别出现在 CDL2 站表层和 CDL1 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 49.3cm/s （方向为 62° ）和 56.5cm/s （方向为 84° ），出现在 CDL2 站表层和 CDL3 站表层；中潮观测期间最大涨潮流速为 66.0cm/s （方向为 325° ），最大落潮流速为 74.8cm/s （方向为 102° ），出现在 CDL1 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 47.8cm/s （方向为 34° ）和 47.5cm/s （方向为 103° ），出现在 CDL6 站表层和 CDL3 站 0.2H 层；大潮观测期间最大涨潮流速为 70.4cm/s （方向为 338° ），最大落潮流速为 68.5cm/s （方向为 134° ），出现在 CDL1 站表层和 CDL1 站 0.4H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 51.3cm/s （方向为 327° ）和 37.7cm/s （方向为 95° ），出现在 CDL1 站表层和 CDL3 站

0.2H 层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，整体站位的流向往东北方向转变。在南海夏季风的控制下，CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东，这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。而 CDL1 在上川岛与大陆的海峡处（并且处于上川岛的东北部），南向来的夏季风受到上川岛隆起地形的影响，在海峡处形成一个风的窄道，形成了一个狭管效应，将南风转变成西北方向的强风。在强风和潮汐作用下，CDL1 站有强的北偏西的强流。大潮涨潮和落潮期间，潮差较大，流速较大，流速变化特征比较明显，涨、落向基本呈东北-西北向。从低潮至高潮的涨潮期间，潮流向东北方向流动。海面升至半潮面时，潮流流速达到最大。海面位于高潮和低潮时，流速将至最低，为转流时刻。从高潮至低潮的落潮期间，潮流向西北方向流动，海面落至半潮面时，向东南方向流动的流速达到最大。潮流主轴不对称，整体往北方向偏转是由于夏季风强势控制观测海区，使得潮流主轴往北偏转。

d、本次观测所有站位各层次潮流中，其中 M_2 分潮占优， K_1 分潮和 O_1 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 M_2 分潮流出现在 CDL1 站 0.6H 层，流速为 105.8cm/s。根据各站层潮流性质，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，根据计算，国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目海域潮流可能最大流速为 79.4cm/s（方向为 298° ），出现在 CDL1 站表层，各站层可能最大流速介于 12.6cm/s-79.4cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北为主；水质点可能最大运移距离为 25705.61m，出现在 CDL1 站表层，各站层水质点可能最大运移距离介于 2878.78m~25705.61m 之间。

f、调查海区观测期间余流流速主要介于 0.8cm/s~34.0cm/s。最大余流为潮流 CDL2 站（表层，34.0cm/s， 86° ），最小余流为潮流 CDL1 站（底层，0.8cm/s， 48° ）。受南海夏季风的影响，余流中的风海流占比大；在强季风控制下，观测海区出现了较大的风海流。各站表层的余流流速最大，CDL1 表层余流的方向为西北方向，中低层余流的方向为东方向，其余站位整体余流的方向为东北方向。

g、温度结果：小潮调查期间调查海区测得的水温最大值为 29.61°C ，出现在

CDL5 站表层；测得水温的最小值为 22.39℃，出现在 CDL6 站底层；中潮调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.40℃，出现在 CDL4 站表层；测得水温的最小值为 22.36℃，出现在 CDL6 站底层；大潮调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.78℃，出现在 CDL6 站表层；测得水温的最小值为 22.30℃，出现在 CDL6 站底层。由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。垂向上，大部分测站水温均呈随深度增加而逐渐降低的趋势，表层至底层水温逐渐降低；表层水温最高，底层水温最低，符合夏季近岸海域的温度垂向变化特征。其中小潮表底层最大垂向水温日变幅为 6.46℃，平均垂向水温日变幅为 4.06℃；中潮表底层最大垂向水温日变幅为 7.93℃，平均垂向水温日变幅为 6.02℃；大潮表底层最大垂向水温日变幅为 8.41℃，平均垂向水温日变幅为 6.54℃。

h、盐度结果：小潮调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.51，出现在 CDL6 的底层；测得盐度的最小值为 19.74，出现在 CDL1 站表层；中潮调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.38，出现在 CDL5 的 0.8H 层；测得盐度的最小值为 11.39，出现在 CDL1 站表层；大潮调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.45，出现在 CDL2 的底层；测得盐度的最小值为 7.36，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。垂向上，大部分测站盐度均呈随深度增加而逐渐增大的趋势，表层至底层盐度逐渐升高；表层盐度较低，底层盐度较大，符合近岸海域的盐度垂向变化特征。其中小潮表底层最大垂向盐度日变幅为 13.58 PSU，平均垂向盐度日变幅为 6.57 PSU；中潮表底层最大垂向盐度日变幅为 21.82 PSU，平均垂向盐度日变幅为 8.01 PSU；大潮表底层最大垂向盐度日变幅为 25.46 PSU，平均垂向盐度日变幅为 7.91 PSU。

i、悬沙浓度分析结果：（1）小潮观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.023\text{kg/m}^3$ ，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（ 0.023kg/m^3 ），CDL2 站表层、0.2H 层和 0.4H 层，CDL3 站 0.2H 层、0.4H 层和 0.8H 层，CDL4 站整层，CDL5 站整层，CDL6 站整层的悬沙浓度最小（ 0.001kg/m^3 ）；（2）中潮观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.027\text{kg/m}^3$ ，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（ 0.027kg/m^3 ），CDL2 站 0.2H 层，CDL3 站表层和 0.2H 层，CDL4 站整层，CDL5 站整层，CDL6 站整层的悬沙浓度最小（ 0.001kg/m^3 ）；（3）大潮观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.025\text{kg/m}^3$ ，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（ 0.025kg/m^3 ），CDL2 站表层和 0.4H 层，CDL3 站 0.2H 层、0.4H 层和底层，CDL4 站除 0.8H 层外的所有层，CDL5 站表层和 0.2H 层，CDL6 站除 0.8H 层和底层外的所有层的悬沙浓度最小（ 0.001kg/m^3 ）；（4）在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。（5）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。

j、小潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.96t/m ，方向 64° ，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 3.29t/m ，方向 75° ，出现在 CDL2 站；最大单宽净输沙量为 5.22t/m ，方向 71° ，出现在 CDL2 站。

中潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.92t/m ，方向 52° ，出现在 CDL4 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.17t/m ，方向 87° ，出现在 CDL4 站；最大单宽净输沙量为 5.85t/m ，方向 76° ，出现在 CDL4 站。

大潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 2.28t/m ，方向 55° ，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.33t/m ，方向 95° ，出现在 CDL3 站；最大单宽净输沙量为 5.93t/m ，方向 88° ，出现在 CDL3 站。

实测最大含沙量为 0.027kg/m^3 ，出现在 CDL1 测站中潮期；最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，多出现在外海区域的站位（如 CDL6 站）；CDL1 测站实测最大含沙量为 0.027kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.002kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.011kg/m^3 ；CDL2 测站实测最大含沙量为 0.023kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.009kg/m^3 ；CDL3 测站实测最大含沙量为 0.023kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.008kg/m^3 ；CDL4 测站实测最大含沙量为 0.014kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.000kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.005kg/m^3 ；CDL5 测站实测最大含沙量为 0.013kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，实测平

均含沙量为 0.005kg/m^3 ；CDL6 测站实测最大含沙量为 0.013kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.004kg/m^3 。

观测期间，各个测站含沙量全都分布在 $q < 0.04\text{kg/m}^3$ 区段的频率内，且以 $q < 0.02\text{kg/m}^3$ 区段居多。CDL3~CDL6 测站含沙量全部在 $q < 0.02\text{kg/m}^3$ 区间内，CDL1 和 CDL2 测站以 $q < 0.02\text{kg/m}^3$ 区段居多，分别占 96.91%、93.83%、97.53% 和 100%、100%、95.68%；而 CDL1 和 CDL2 测站含沙量以 $0.02 \leq q < 0.04\text{kg/m}^3$ 分别占 3.09%、6.17%、2.47% 和 0%、0%、4.32%。

k、测区悬沙类型，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%~4.57%，平均值为 0.26%，粉砂含量在 33.29%~85.13% 之间，平均值为 65.38%，粘土含量在 14.21%~66.71% 之间，平均值为 34.36%；悬沙样品类型为粘土质粉砂(128/162)，粉砂(26/162)，粉砂质粘土(8/162)，共 3 种样品。

各站中潮期间砂含量为 0.00%~82.11%，平均值为 0.91%，粉砂含量在 13.93%~85.15% 之间，平均值为 66.01%，粘土含量在 3.96%~62.03% 之间，平均值为 33.08%；悬沙样品类型为粉砂(27/162)，粘土质粉砂(125/162)，粉砂质粘土(9/162)，砂(1/162)，共 4 种样品。

各站大潮期间砂含量为 0.00%~6.33%，平均值为 0.65%，粉砂含量在 24.97%~85.19% 之间，平均值为 72.43%，粘土含量在 11.48%~75.03% 之间，平均值为 26.93%；悬沙样品类型为粘土质粉砂(108/162)，粉砂(51/162)，粉砂质粘土(2/162)，粘土(1/162)，共 4 种样品。

各站小潮各个时刻中值粒径变化范围在 $5.84\mu\text{m}$ ~ $8.90\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.54\mu\text{m}$ 。 $5.84\mu\text{m}$ ~ $8.51\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.55\mu\text{m}$ 。CDL4 测站 2024 年 6 月 16 日 12:00 悬沙粒径最粗 ($8.90\mu\text{m}$)，CDL2 测站 2024 年 6 月 16 日 23:00 悬沙粒径最细 ($5.84\mu\text{m}$)。

各站中潮各个时刻中值粒径变化范围在 $1.49\mu\text{m}$ ~ $8.53\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.46\mu\text{m}$ 。CDL2 测站 2024 年 6 月 18 日 21:00 悬沙粒径最粗 ($8.53\mu\text{m}$)，CDL4 测站 2024 年 6 月 18 日 09:00 悬沙粒径最细 ($1.49\mu\text{m}$)。

各站大潮各个时刻中值粒径变化范围在 $5.66\mu\text{m}$ ~ $8.75\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $6.88\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 2024 年 6 月 21 日 17:00 悬沙粒径最粗 ($8.75\mu\text{m}$)，CDL2 测站 2024 年 6 月 21 日 07:00 悬沙粒径最细 ($5.66\mu\text{m}$)。

小潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.56\mu\text{m}$ 、 $7.41\mu\text{m}$ 、 $7.59\mu\text{m}$ 、 $7.56\mu\text{m}$ 、 $7.61\mu\text{m}$ 、 $7.60\mu\text{m}$ 。中潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.46\mu\text{m}$ 、 $7.32\mu\text{m}$ 、 $7.41\mu\text{m}$ 、 $7.34\mu\text{m}$ 、 $7.59\mu\text{m}$ 、 $7.63\mu\text{m}$ 。大潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $6.79\mu\text{m}$ 、 $6.70\mu\text{m}$ 、 $6.84\mu\text{m}$ 、 $6.84\mu\text{m}$ 、 $7.03\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 。

小潮测量期间测区平均粒径在 $5.68\phi\sim 8.11\phi$ 之间, 平均值为 6.94ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL4 站的 2024 年 6 月 16 日 12:00 最大, 为 8.11ϕ ; CDL2 站的 2024 年 6 月 15 日 23:00 最小, 为 5.68ϕ 。中潮测量期间测区平均粒径在 $1.38\phi\sim 8.59\phi$ 之间, 平均值为 6.87ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL5 站的 2024 年 6 月 19 日 00:00 最大, 为 8.59ϕ ; CDL4 站的 2024 年 6 月 19 日 05:00 最小, 为 1.38ϕ 。大潮测量期间测区平均粒径在 $5.46\phi\sim 8.47\phi$ 之间, 平均值为 6.19ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL5 站的 2024 年 6 月 20 日 17:00 最大, 为 8.47ϕ ; CDL2 站的 2024 年 6 月 20 日 07:00 最小, 为 5.46ϕ 。

测区小潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.003\phi\sim 0.016\phi$, 平均值为 0.009ϕ 。测区中潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.003\phi\sim 0.358\phi$, 平均值为 0.012ϕ 。测区大潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.002\phi\sim 0.019\phi$, 平均值为 0.014ϕ 。

测区小潮期间悬沙偏态系数变化范围为 $0.17\sim 0.78$, 平均值为 0.59 。测区中潮期间悬沙偏态系数变化范围为 $0.17\sim 0.76$, 平均值为 0.58 。测区大潮期间悬沙偏态系数变化范围为 $0.19\sim 0.69$, 平均值为 0.57 。

测区小潮悬沙峰态系数的变化范围为 $0.73\sim 3.42$, 平均值为 1.48 。测区中潮悬沙峰态系数的变化范围为 $0.75\sim 3.06$, 平均值为 1.44 。测区大潮悬沙峰态系数的变化范围为 $0.64\sim 1.39$, 平均值为 0.78 。

(2) 冬季调查

a、小潮水文观测期间, 风向以北风和东北风为主, 风速在 $3.2\text{m/s}\sim 8.3\text{m/s}$, 观测海域的平均风速大小为 5.5m/s 。各个站位海况均为 2 级; 中潮水文观测期间, 风向以东北风为主, 风速在 $5.3\text{m/s}\sim 9.5\text{m/s}$, 观测海域的平均风速大小为 7.6m/s 。各个站位海况均为 2 级; 大潮水文观测期间, 风向以东北风和东风为主, 风速在 $5.3\text{m/s}\sim 9.3\text{m/s}$, 观测海域的平均风速大小为 7.7m/s 。各个站位海况均为 2 级。

b、临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.51、1.51 和 1.50, 说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。临时潮位站的分潮中 M_2 分潮振幅皆最

大, 其中 CDC1 的 M_2 分潮振幅为约为 52.32cm, 迟角为 271° ; CDC2 的 M_2 分潮振幅约为 52.71cm, 迟角为 271° ; CDC3 的 M_2 分潮振幅约为 52.32cm, 迟角为 271° 。由表可知, 观测期间调查海区最高潮位为 3.10m, 最低潮位为 -0.20m, 最大涨潮潮差为 2.18m, 最大落潮潮差为 3.22m。距离调查海区最近的上川岛的潮汐性质系数 F 值为 1.11, 佐证调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。

c、小潮观测期间最大涨潮流速为 50.4cm/s, 最大落潮流速为 54.6cm/s, 均出现在 CDL3 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 32.5cm/s 和 32.8cm/s, 均出现在 CDL3 站表层; 中潮观测期间最大涨潮流速为 48.4cm/s, 最大落潮流速为 46.9cm/s, 分别出现在 CDL1 站 0.4H 层和 CDL1 站 0.8H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 32.6cm/s 和 33.4cm/s, 均出现在 CDL3 站表层; 大潮观测期间最大涨潮流速为 58.3cm/s, 最大落潮流速为 67.8cm/s, 分别出现在 CDL1 站 0.4H 层和 CDL1 站 0.2H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 30.6cm/s 和 29.5cm/s, 分别出现在 CDL1 站 0.4H 层和 CDL1 站 0.2H 层。由于观测时间处于冬季, 并且风速较大, 各个站位都表现出表层流速最大, 随着深度加深依次减小。其中最特别的是 CDL1 站和 CDL3 站, 由于这两个站受附近的地形影响, 表现出了不同的流速特征: CDL1 站处于两股海水汇聚的交接处, 退潮时, 上川岛北部的东南向的海水与东北风吹送过来的海水于 CDL1 站处交汇, 使得 CDL1 站的流水结构很特别。而 CDL3 站则是受到经过上川岛和装朋咀岛产生的狭管效应增强的海风影响, 在海表面和次海表面形成了很强的西南流。除此之外, 其余站位表现出了半日潮区的潮汐特征, 具有明显的周期性。并且在开阔海域, 各个站点的流速相差不大。各个站位的平均流速均体现出大潮>中潮>小潮, 符合该海域的潮汐变化特征。其中 CDL3 站是由于处于特殊地形中(上川岛和装朋咀岛加上冬季风的东北风的背景下, 形成一个自东北向西南的一个射流), 大中小潮的平均流速都比较高。测区转流时刻基本出现在高低平潮前后, 而最大流速则大致在半潮面附近, 因此测区潮波性质应以驻波为主。

d、本次观测所有站位各层次潮流中, 其中 M_2 分潮占优, K_1 分潮和 O_1 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 M_2 分潮流出现在 CDL1 站 0.2H 层, 流速为 67.9cm/s。根据各站层潮流性质, 计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离, 根据计算, 川岛海上风电项目集中送出工程项目海域潮流可能最大流速为 64.3cm/s, 出现在 CDL1 站 0.2H 层, 各站

层可能最大流速介于 16.0cm/s-64.3cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北为主；水质点可能最大运移距离为 16515.24m，出现在 CDL1 站 0.2H 层，各站层水质点可能最大运移距离介于 2588.94m~16515.24m 之间。

f、调查海区观测期间余流流速主要介于 2.3cm/s~27.7cm/s。最大余流为潮流 CDL3 站（表层，27.7cm/s，222°），最小余流为潮流 CDL5 站（底层，2.3cm/s，299°）。各站表层的余流流速最大，CDL1 表层余流的方向为西南方向，中低层余流的方向为东北方向，其余站位整体余流的方向为西南方向。而 CDL3 站的海表面余流较大是因为经过狭管效应增强的东北方向的海风，整体余流方向为西南方向。

g、温度结果：小潮调查期间调查海区测得的水温最大值为 21.77℃，出现在 CDL5 站表层；测得水温的最小值为 19.98℃，出现在 CDL1 站底层和 CDL3 站底层；中潮调查期间调查海区测得的水温最大值为 21.49℃，出现在 CDL6 站表层；测得水温的最小值为 20.00℃，出现在 CDL3 站 0.8H 层和 CDL3 站底层；大潮调查期间调查海区测得的水温最大值为 20.54℃，出现在 CDL6 站 0.4H 层、0.6H 层、0.8H 层和底层；测得水温的最小值为 16.06℃，出现在 CDL1 站表层。由于观测时间在冬季，冬季的海区一般的特点为越靠近外海温度越高，越靠近陆地温度越低，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。同时，由于冬季温度降低，海表面的温度降低，使得海表面和海底的温差减小，使得垂向混合增强，可以看到各个站位没有一个明显的温度梯度（海表和海底的温度差异较小）。垂向上，大部分测站水温均呈随深度增加而逐渐增大的趋势，表层至底层水温逐渐升高；表层水温较低，底层水温较大，符合冬季近岸海域的温度垂向变化特征。其中小潮表底层最大垂向水温日变幅为 1.29℃，平均垂向水温日变幅为 0.89℃；中潮表底层最大垂向水温日变幅为 0.76℃，平均垂向水温日变幅为 0.62℃；大潮表底层最大垂向水温日变幅为 1.03℃，平均垂向水温日变幅为 0.47℃。

h、盐度结果：小潮调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.16，出现在 CDL2 的底层；测得盐度的最小值为 29.68，出现在 CDL1 站表层；中潮调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.25，出现在 CDL2 的各层；测得盐度的最小值为 29.67，出现在 CDL1 站表层；大潮调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.35，出现在 CDL4 的底层、CDL6 站的 0.8H 层和底层；测得盐度的最小值为 30.03，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，CDL1 站和 CDL2 站比较靠近陆源物质（崖门

水道的淡水输入), 整体盐度低于其他站位。同时, 由于冬季温度降低, 海表面的温度降低, 使得海表面和海底的温差减小, 使得垂向混合增强, 整体混合均匀, 可以看到各个站位没有一个明显的盐度梯度(海表和海底的盐度差异较小)。垂向上, 大部分测站盐度均呈随深度增加而逐渐增大的趋势, 表层至底层盐度逐渐升高; 表层盐度较低, 底层盐度较大, 符合近岸海域的盐度垂向变化特征。其中小潮表底层最大垂向盐度日变幅为 3.03 PSU, 平均垂向盐度日变幅为 0.90 PSU; 中潮表底层最大垂向盐度日变幅为 3.50 PSU, 平均垂向盐度日变幅为 0.96 PSU; 大潮表底层最大垂向盐度日变幅为 1.04 PSU, 平均垂向盐度日变幅为 0.40 PSU。

i、悬沙浓度分析结果: (1) 小潮观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.002\text{kg/m}^3 \sim 0.041\text{kg/m}^3$, CDL1 站底层的悬沙浓度最大 (0.041kg/m^3), CDL5 站表层、0.2H 层和底层、CDL6 站整层的悬沙浓度最小 (0.002kg/m^3); (2) 中潮观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.036\text{kg/m}^3$, CDL1 站底层的悬沙浓度最大 (0.036kg/m^3), CDL6 站表层和 0.2H 层的悬沙浓度最小 (0.001kg/m^3); (3) 大潮观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.039\text{kg/m}^3$, CDL1 站 0.6H 层的悬沙浓度最大 (0.039kg/m^3), CDL6 站表层和 0.2H 层的悬沙浓度最小 (0.001kg/m^3); (4) 在垂向上, 各站表层和底层悬沙浓度较为接近。(5) 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。

j、小潮期间的涨潮最大单宽输沙量为 2.09t/m , 方向 273° , 出现在 CDL2 站; 落潮期最大单宽输沙量为 1.91t/m , 方向 141° , 出现在 CDL1 站; 最大单宽净输沙量为 2.89t/m , 方向 214° , 出现在 CDL3 站。观测期间, CDL1、CDL5 和 CDL6 站点的净输沙量方向主要为南方向, CDL2、CDL3 和 CDL4 站点的净输沙量方向主要为西南方向。

中潮期间的涨潮最大单宽输沙量为 4.13t/m , 方向 245° , 出现在 CDL2 站; 落潮期最大单宽输沙量为 3.30t/m , 方向 238° , 出现在 CDL2 站; 最大单宽净输沙量为 7.41t/m , 方向 242° , 出现在 CDL2 站。观测期间, 各站点的净输沙量方向主要为西南方向或者西方向。

大潮期间的涨潮最大单宽输沙量为 2.72t/m , 方向 296° , 出现在 CDL2 站; 落潮期最大单宽输沙量为 2.82t/m , 方向 131° , 出现在 CDL1 站; 最大单宽净输沙量为 3.08t/m , 方向 135° , 出现在 CDL5 站。观测期间, CDL1 站点的净输沙量方向主

要为东方向，CDL5 站点的净输沙量方向主要为东南方向，其余站点的净输沙量方向主要为西南方向或者西方向。

实测最大含沙量为 0.041kg/m^3 ，出现在 CDL1 测站小潮期；最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，多出现在外海区域的站位（如 CDL6 站）；CDL1 测站实测最大含沙量为 0.041kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.004kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.019kg/m^3 ；CDL2 测站实测最大含沙量为 0.025kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.006kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.014kg/m^3 ；CDL3 测站实测最大含沙量为 0.017kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.002kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.007kg/m^3 ；CDL4 测站实测最大含沙量为 0.013kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.004kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.008kg/m^3 ；CDL5 测站实测最大含沙量为 0.008kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.002kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.004kg/m^3 ；CDL6 测站实测最大含沙量为 0.004kg/m^3 ，实测最小含沙量为 0.001kg/m^3 ，实测平均含沙量为 0.003kg/m^3 。

各个测站含沙量全都分布在 $q < 0.06\text{kg/m}^3$ 区段的频率内，且以 $q < 0.02\text{kg/m}^3$ 区段居多。CDL3~CDL6 测站含沙量全部在 $q < 0.02\text{kg/m}^3$ 区间内，CDL1 和 CDL2 测站以 $q < 0.02\text{kg/m}^3$ 区段居多，分别占 51.23%、62.35%、54.94% 和 89.51%、83.95%、98.77%；而 CDL1 和 CDL2 测站含沙量以 $0.02 \leq q < 0.04\text{kg/m}^3$ 分别占 48.15%、37.65%、45.06% 和 10.49%、16.05%、1.23%。CDL1 测站含沙量以 $0.04 \leq q < 0.06\text{kg/m}^3$ 占 0.62%。

k、测区悬沙类型，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，最后是砂。各站小潮期间砂含量为 0.00~46.59%，平均值为 2.79%，粉砂含量在 35.60%~91.50% 之间，平均值为 64.20%，粘土含量在 1.69%~64.40% 之间，平均值为 33.01%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（128/162），粉砂（12/162），粉砂质粘土（12/162），砂质粉砂（10/162），共 4 种样品。

各站中潮期间砂含量为 0.00~79.10%，平均值为 1.75%，粉砂含量在 18.72%~91.12% 之间，平均值为 63.52%，粘土含量在 2.18%~62.40% 之间，平均值为 34.72%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（126/162），粉砂（19/162），粉砂质粘土（12/162），粉砂质砂（2/162），细粉砂（1/162），砂质粉砂（1/162），砂（1/162），共 6 种样品。

各站大潮期间砂含量为 0.00~49.62%，平均值为 3.10%，粉砂含量在 10.43%~

89.98%之间，平均值为 64.54%，粘土含量在 1.49%~59.57%之间，平均值为 32.36%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（129/162），粉砂（17/162），砂质粉砂（10/162），粉砂质粘土（5/162），粉砂质砂（1/162），共 5 种样品。

各站小潮各个时刻中值粒径变化范围在 $4.06\mu\text{m}$ ~ $8.41\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.11\mu\text{m}$ 。CDL4 测站 20:00 悬沙粒径最粗（ $8.41\mu\text{m}$ ），CDL5 测站 6:00 悬沙粒径最细（ $4.06\mu\text{m}$ ）。

各站中潮各个时刻中值粒径变化范围在 $0.24\mu\text{m}$ ~ $8.35\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.20\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 05:00 悬沙粒径最粗（ $8.35\mu\text{m}$ ），CDL4 测站 13:00 悬沙粒径最细（ $0.24\mu\text{m}$ ）。

各站大潮各个时刻中值粒径变化范围在 $4.00\mu\text{m}$ ~ $8.25\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.09\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 18:00 悬沙粒径最粗（ $8.25\mu\text{m}$ ），CDL6 测站 23:00 悬沙粒径最细（ $4.00\mu\text{m}$ ）。

小潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.19\mu\text{m}$ 、 $7.03\mu\text{m}$ 、 $7.02\mu\text{m}$ 、 $7.27\mu\text{m}$ 、 $7.11\mu\text{m}$ 和 $7.05\mu\text{m}$ 。中潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.35\mu\text{m}$ 、 $7.24\mu\text{m}$ 、 $7.18\mu\text{m}$ 、 $6.93\mu\text{m}$ 、 $7.15\mu\text{m}$ 和 $7.37\mu\text{m}$ 。大潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.05\mu\text{m}$ 、 $7.21\mu\text{m}$ 、 $6.88\mu\text{m}$ 、 $7.05\mu\text{m}$ 、 $7.42\mu\text{m}$ 和 $6.95\mu\text{m}$ 。

小潮测量期间测区平均粒径在 4.00ϕ ~ 8.17ϕ 之间，平均值为 6.71ϕ 。平均粒径的空间分布为：CDL4 站的 20:00 最大，为 8.17ϕ ；CDL5 站的 06:00 最小，为 4.00ϕ 。中潮测量期间测区平均粒径在 0.64ϕ ~ 7.94ϕ 之间，平均值为 6.81ϕ 。平均粒径的空间分布为：CDL4 站的 12:00 最大，为 7.94ϕ ；CDL4 站的 13:00 最小，为 0.64ϕ 。大潮测量期间测区平均粒径在 2.50ϕ ~ 8.00ϕ 之间，平均值为 6.68ϕ 。平均粒径的空间分布为：CDL5 站的 13:00 最大，为 8.00ϕ ；CDL3 站的 22:00 最小，为 2.50ϕ 。

测区小潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.002ϕ ~ 0.115ϕ ，平均值为 0.011ϕ 。测区中潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.003ϕ ~ 0.429ϕ ，平均值为 0.015ϕ 。测区大潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.002ϕ ~ 0.253ϕ ，平均值为 0.012ϕ 。

测区小潮期间悬沙偏态系数变化范围为 -0.23 ~ 0.85 ，平均值为 0.48 。测区中潮期间悬沙偏态系数变化范围为 -0.53 ~ 0.84 ，平均值为 0.46 。测区大潮期间悬沙偏态系数变化范围为 -0.14 ~ 0.92 ，平均值为 0.48 。

测区小潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.62~6.00，平均值为 1.21。测区中潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.50~4.48，平均值为 1.08。测区大潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.66~2.37，平均值为 1.12。

12.3.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价结论

路由所处海域水深条件较好，海底地形较平坦，但近岸区局部可能存在礁石，地形局部有起伏。登陆点位于海湾海域，登陆端西侧海岸线较为稳定，几乎没有变化；在登陆点东侧，海岸线呈向海淤积推进趋势，平均推进约 4m，泥沙运动相对活跃，综上海缆登陆点附近的岸线比较稳定。10m 等深线附近海床整体呈现稳定状态，在拐点 3 附近出现等深线向岸移动的现象，分析原因可能是江门港航道疏浚引起的等深线前移。20m 等深线海床整体表现与 10m 等深线附近大致相同，海床整体呈现稳定状态。30m 等深线除乌猪洲部分存在淤积外海床整体呈现略微侵蚀的状态。工程海域的潮流动力较弱，区域海床泥沙不活跃，海床冲淤相对稳定。

12.3.3 海洋水质现状调查与评价结论

2023 年~2025 年间无机氮、石油类、汞、铅监测年均值总体呈上升趋势，活性磷酸盐、铜监测年均值总体呈下降趋势，化学需氧量、镉监测年均值总体平稳。无机氮、活性磷酸盐、石油类、化学需氧量、铜、汞、镉、铅三年的年均值均满足海水水质第一类标准。

春季调查结果显示，本次调查海域执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，部分站位的无机氮和活性磷酸盐超过其相应功能区水质标准限值要求，其余监测因子均符合。超标原因可能是由周边海域网箱、渔排养殖活动和周边陆域污染源排放造成的，养殖户投放的饵料中含氮、磷等元素，未被鱼群吞食的饵料溶解在海水中导致调查海域内的无机氮和活性磷酸盐含量超标。按水质类别符合性评价的站位，大部分监测因子均符合海水水质第一类标准限值要求。

秋季调查显示，本次调查海域执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，所有站位的监测因子均符合其相应功能区水质标准限值要求。按水质类别符合性评价的站位，大部分监测因子均符合海水水质第一类标准限值要求。

12.3.4 海洋沉积物现状调查与评价结论

本次调查海域执行近岸海域环境功能区划相应沉积物标准限值的站位中所有的

监测因子均符合相应功能区沉积物质量标准限值要求。近岸海域功能区外按沉积物类别符合性评价的站位，各监测因子均符合沉积物水质第一类标准限值要求。

12.3.5 海洋生物质量现状调查与评价结论

春季调查结果显示，在 LY11 站位采集到的甲壳类生物体内的石油烃超标，超标率为 7.1%；在 CD17 站位采集到的软体类、LY13 站位采集到的鱼类和 LY15 站位采集到的甲壳类生物体内的砷超标，超标率为 21.4%。其余站位采集到的鱼类、甲壳类生物体的污染物含量均达到生物质量标准限值。

秋季调查显示，LY01、LY11 站位采集到的鱼类、LY07、LY13、LY15、LY16、LY19、CD18 站位采集到的甲壳类和 LY20 采集到的软体类生物体内的砷超标，超标率为 64.3%。其余站位采集到的鱼类、甲壳类生物体的污染物含量均达到生物质量标准限值。

12.3.6 海洋生物及生态环境现状调查与评价结论

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

春季：**叶绿素 a** 柱状含量平均值为 2.61 mg/m^3 。表层平均值为 2.94 mg/m^3 ，10m 层平均值为 1.48 mg/m^3 ，底层平均值为 1.84 mg/m^3 。**初级生产力** 平均值为 $457.757 \text{ mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，变化范围在 $(139.579 \sim 1104.365) \text{ mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 之间。

秋季：**叶绿素 a** 柱状含量平均值为 1.30 mg/m^3 。表层平均值为 1.58 mg/m^3 ，10m 层平均值为 1.03 mg/m^3 ，底层平均值为 0.77 mg/m^3 。**初级生产力** 平均值为 $514.703 \text{ mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，变化范围在 $148.560 \sim 1073.459 \text{ mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 之间。

(2) 浮游植物

春季浮游植物的调查结果显示，在本次调查中共记录 3 门 4 纲 12 目 26 科 133 种。硅藻门种类最多，共 13 科 88 种，占总种类数的 66.17%；甲藻门种类次之，出现 12 科 43 种，占总种类数的 32.33%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.50%。浮游植物优势种共出现 8 种，分别为劳氏角毛藻、格氏圆筛藻、透明辐杆藻、优美旭氏藻和笔尖形根管藻等，其中劳氏角毛藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $1764.254 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 3.329，均匀度指数平均值为 0.586，丰富度指数平均值为 2.372。

秋季浮游植物的调查结果显示，在本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 25 科 129 种。硅藻门种类最多，共 13 科 91 种，占总种类数的 70.54%；甲藻门种类次之，出

现 10 科 34 种，占总种类数的 26.36%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.55%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.55%。浮游植物优势种共出现 5 种，分别为海链藻属、劳氏角毛藻、红海束毛藻、透明辐杆藻和拟旋链角毛藻，其中海链藻属为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $322.200 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 3.414，均匀度指数平均值为 0.606，丰富度指数平均值为 2.652。

(3) 浮游动物

春季浮游动物调查结果显示，在本次调查中共记录 5 门 9 纲 17 目 36 科 74 种 (包括浮游幼体 14 种)。分属水母类、枝角类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体 10 个类群。浮游动物优势种 9 种，分别为小拟哲水蚤、桡足幼体、异体住囊虫和拟长腹剑水蚤等，其中小拟哲水蚤为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 554.791 mg/m^3 ，密度平均值为 5403.402 ind/m^3 。浮游动物多样性指数平均值为 3.280，均匀度指数平均值为 0.663，丰富度指数平均值为 2.353。

秋季浮游动物调查结果显示，在本次调查中共记录 5 门 8 纲 14 目 28 科 62 种 (包括浮游幼体 9 种)。分属水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体 9 个类群。浮游动物优势种 7 种，分别为桡足幼体、小拟哲水蚤、针刺拟哲水蚤和丽隆水蚤等，其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 392.66 mg/m^3 ，密度平均值为 9182.732 ind/m^3 。浮游动物多样性指数平均值为 3.796，均匀度指数平均值为 0.740，丰富度指数平均值为 2.497。

(4) 大型底栖生物

春季大型底栖生物调查结果显示，在本次调查中共记录 8 门 12 纲 27 目 54 科 75 种。其中环节动物为主要生物群，为 30 种，占种类总数的 40.00%。大型底栖生物优势种共有 2 种，分别为光滑倍棘蛇尾和洼颚倍棘蛇尾。大型底栖生物的平均生物量为 15.178 g/m^2 ，平均栖息密度为 65.357 ind/m^2 。环节动物栖息密度最高，为 24.286 ind/m^2 ，占 37.16%。生物量最高的为环节动物，为 6.599 g/m^2 ，占总生物量的 43.48%。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.631，均匀度指数平均值为 0.938，丰富度指数平均值为 2.048。

秋季大型底栖生物调查结果显示，在本次调查中共记录 7 门 8 纲 20 目 39 科 52

种。其中环节动物为主要生物群，为 28 种，占种类总数的 53.85%。大型底栖生物优势种共 1 种，为洼颚倍棘蛇尾。大型底栖生物的平均生物量为 11.219 g/m^2 ，平均栖息密度为 48.214 ind/m^2 。环节动物栖息密度最高，为 23.929 ind/m^2 ，占 49.63%。生物量最高的为环节动物，为 4.725 g/m^2 ，占总生物量的 42.12%。大型底栖生物多样性指数平均值为 1.744，均匀度指数平均值为 0.925，丰富度指数平均值为 1.502。

(5) 潮间带生物

春季潮间带生物调查结果显示，潮间带生物共记录 4 门 5 纲 12 目 20 科 29 种。其中，软体动物 14 种、节肢动物 7 种、环节动物 7 种，星虫动物 1 种。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 71.163 g/m^2 ，平均栖息密度为 47.777 ind/m^2 ，软体动物的平均生物量最高，节肢动物平均栖息密度最高。从水平分布来看 J02 断面生物量最高，J01 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 2.327，均匀度指数平均值为 0.694，丰富度指数平均值为 1.577。

秋季潮间带生物调查结果显示，潮间带生物共记录 3 门 4 纲 8 目 14 科 18 种。其中，节肢动物 8 种、软体动物 8 种、环节动物 2 种。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 44.574 g/m^2 ，平均栖息密度为 31.333 ind/m^2 ，软体动物的平均生物量最高，节肢动物平均栖息密度最高。从水平分布来看 J02 断面生物量最高，J01 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 2.112，均匀度指数平均值为 0.797，丰富度指数平均值为 1.173。

12.3.7 渔业资源现状调查结论

(1) 鱼卵仔稚鱼

春季鱼卵、仔稚鱼调查结果显示：在本次定性调查中共记录鱼卵 16 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目和鲹形目 2 种，鳗鲡目、鲇形目、仙女鱼目和鲢形目各 1 种；仔稚鱼 20 种，其中包括鲈形目 12 种，鲹形目和鲢形目各 2 种，灯笼鱼目、鲱形目、鲇形目和银汉鱼目各 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 1.597 ind/m^3 ；仔稚鱼平均密度为 0.813 ind/m^3 。常见鱼卵仔稚鱼为笛鲷科和石首鱼科等。

秋季鱼卵、仔稚鱼调查结果显示：在本次定性调查中共记录鱼卵 12 种，其中

包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲹形目 1 种；仔稚鱼 13 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲹形目 2 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 0.599 ind/m^3 ；仔稚鱼平均密度为 0.127 ind/m^3 。常见鱼卵仔稚鱼为鲷科、笛鲷科和鲷属等。

(2) 游泳动物

春季渔业资源调查结果显示，共记录 3 门 3 纲 14 目 58 科 159 种，其中：鱼类 105 种，虾类 22 种（其中虾蛄类 7 种），蟹类 22 种，头足类 10 种。游泳动物无明显优势种，*IRI* 指数较高的种类分别为颈斑项鰭、鹿斑仰口鰭和杜氏枪乌贼等。平均总尾数渔获率为 506 ind/h ，平均总重量渔获率为 7.436 kg/h 。平均重量渔获密度为 177.652 kg/km^2 ；平均尾数渔获密度为 $11.897 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。游泳动物的多样性指数平均值为 3.398，均匀度指数平均值为 0.669，丰富度指数平均值为 3.740。主要经济种类为颈斑项鰭、鹿斑仰口鰭、周氏新对虾、伍氏平虾蛄和杜氏枪乌贼等。

秋季渔业资源调查结果显示，共记录 3 门 3 纲 14 目 60 科 148 种，其中：鱼类 101 种，虾类 19 种（其中虾蛄类 4 种），蟹类 21 种，头足类 7 种。游泳动物优势种共 2 种，分别为杜氏棱鰭和縷鳞小沙丁鱼，第一优势种为杜氏棱鰭。平均总尾数渔获率为 871 ind/h ，平均总重量渔获率为 9.206 kg/h 。平均重量渔获密度为 261.708 kg/km^2 ；平均尾数渔获密度为 $26.836 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。游泳动物的多样性指数平均值为 3.291，均匀度指数平均值为 0.608，丰富度指数平均值为 4.270。主要经济种类为縷鳞小沙丁鱼、日本金线鱼、杜氏棱鰭、伍氏平虾蛄、须赤虾和红星梭子蟹等。

12.3.8 电磁环境现状调查与评价结论

1、海域电磁

项目所在海区现场监测结果显示，工频电场强度在 $(0.07 \sim 0.35) \text{ V/m}$ 之间，工频磁场强度在 $(0.0072 \sim 0.0116) \mu\text{T}$ 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）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 4000 V/m 和 $100 \mu\text{T}$ ）。

2、陆域电磁

调查站位 T1~T11 的 11 个站位工频电场强度和工频磁感应强度均满足《电磁环境控制限值》（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 4000 V/m 和 $100 \mu\text{T}$ ）。

12.3.9 噪声环境现状调查与评价结论

1、水上水下噪声环境现状调查结果

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在（49~63）dB 之间，算术平均值为 56dB。

该海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 77dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 16dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 106dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 87dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 86dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 71dB 以下。

2、陆域噪声环境现状调查结果

S1、S2、S4~S9、S11~S13 站位在两天的监测中昼夜间噪声值均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准，S3、S10、S14、S15 在两天的监测中昼夜间噪声值均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准。

12.3.10 环境空气质量现状调查与评价结论

1、项目所在区域环境空气质量现状

根据《2024 年江门市生态环境质量状况公报》，PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 五项污染物监测数据达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准要求，O₃ 未达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准要求，属于不达标区。

2、大气环境质量现状

监测点 Q1 的二氧化氮、二氧化硫、一氧化碳、臭氧、PM₁₀、PM_{2.5}监测结果均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值一级标准。

12.3.11 陆域环境现状调查与评价结论

评价区所在区域主要位于村镇区，人为活动和人工干扰较强，土地利用方式、植物多样性和植被类型、野生动物多样性和栖息地等受到人工干扰的程度较强。评价区的生态现状表现出：自然环境质量一般、人与自然和谐相处、生态资源人工干预较强的生态特征。

评价区的林地大部分为森林植被所覆盖，其次为湿地和农田。土地利用表现出

如下特征：土地利用率高，土地利用方式人工干预强烈，林地的森林覆盖率高，基本无水土流失现象。

评价区记录维管植物 104 科 293 属 370 种。其中国家 II 级重点保护野生植物 2 种（凹叶红豆和绣球茜），广东省级重点保护野生植物 1 种（猪笼草），被《中国生物多样性红色名录》中列为易危（Vulnerable）的物种 2 种。

评价区记录到陆生野生脊椎动物 16 目 44 科 66 种，包括两栖类 1 目 4 科 6 种、爬行类 1 目 6 科 10 种、鸟类 10 目 28 科 42 种、哺乳类 4 目 6 科 8 种。这 66 种陆生野生脊椎动物中，记录到国家重点保护野生动物 2 种：褐翅鸦鹃和黑鸢；广东省重点保护野生动物 5 种：黑水鸡、白鹭、牛背鹭、池鹭、大白鹭；CITES 公约附录 II 野生动物 2 种：舟山眼镜蛇和黑鸢；中国生物多样性红色名录收录受威胁野生动物 2 种：银环蛇、舟山眼镜蛇；“三有”动物 54 种。鱼类 3 目 4 科 14 种，未发现国家重点保护物种。

12.4 环境影响预测分析与评价结论

12.4.1 水动力环境影响评价结论

夏季预测方案实施后，涨急时刻表现为桩基东北-西南方向（升压站）、东北-西南方向（补偿站）流速减少，落急时刻表现为桩基东西方向（升压站）、东西方向（补偿站）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

冬季预测方案实施后，涨急时刻表现为桩基东西方向（升压站）、东西方向（补偿站）流速减少，落急时刻表现为桩基南北方向（升压站）、西北-东南方向（补偿站）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

12.4.2 地形地貌与冲淤环境影响评价结论

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响。

冬季预测方案实施后，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速

受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 0.005m/a~0.01m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

夏季预测方案实施后，预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 0.005m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

12.4.3 水质环境影响评价结论

本工程施工对水质影响主要考虑电缆敷设施工过程中所产生的源强。当采用船舶进行电缆敷设施工时，在电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。本项目施工所产生的悬浮物扩散范围主要集中在项目周边，施工悬沙影响时间基本为施工期，施工期结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响。施工期产生的各类污水在采取相应环保措施后，对区域水环境质量不会产生明显影响。

本项目营运期产生各类污水都经过完善的污染防治措施处理，营运期加强废水收集、储存、处理等环节管理的前提下，本工程产生的废水基本不会对周围水环境产生影响。

12.4.4 沉积物环境影响评价结论

本项目施工悬浮物的影响范围主要为工程区附近的海域，说明评价海域悬浮物扩散影响较小，不会对沉积物环境构成明显影响。施工期污废水、固体废物均得到妥善处置，基本不会对沉积物产生影响。

本项目营运期污废水、固体废物均得到妥善处置，基本不会对沉积物产生影响。

12.4.5 生态环境影响评价结论

12.4.5.1 海域生态和生物资源影响分析结论

本项目施工用海短时间会内改变附近地表水和海域的底质环境，海上升压站和海上中间补偿站桩基基础、海缆敷设施工造成水体悬浮物浓度增加，对周边附近地表水和海域生物造成一定影响。

本工程的生物损失量如下：底栖生物的损失量为 30.713t，浮游植物的损失量为

1.19×10^{14} 个，浮游动物的损失量为 53.89t，鱼卵的损失量 9.25×10^7 粒，仔稚鱼的损失量为 3.97×10^7 尾，游泳生物的损失量为 0.21t。

12.4.5.2 陆域生态和生物资源影响评价结论

1、施工期

本工程施工期陆域生态环境影响主要源于陆上集控中心建设、电缆敷设及临时占地的扰动与植被破坏。永久占地 4.34hm^2 （乔木林地），临时占地含 400m^2 场地及 3412m^2 电缆施工区域，电缆定向钻施工（629m）可降低对林地影响。

影响方面：土地资源上，植被覆盖减少，施工易引发水力侵蚀，靠近曹峰山自然保护区需重点防护，经水土保持措施可改善；植被及植物多样性受直接清除与土壤理化改变影响，但未涉及珍稀物种，需警惕生物入侵；野生动物生境受扰动，部分物种迁离，然替代生境充足，重点保护动物影响轻微；生态系统、景观有短期破坏，生物量与生产力少量损失，后期复绿可逐步恢复；海缆穿越黑沙湾采用定向钻，泥浆经处理后再利用，噪声影响短暂。

总体而言，施工期影响多为短期可控，通过优化施工、防护治理及植被恢复，可降低不良影响。

2、运营期

本工程运营期陆域生态环境影响总体较轻微，主要体现在植物、动物及景观三方面。

对植物而言，项目占地以本地常见物种林地为主，运营期仅开展电能转换传输，无额外生产建设活动，工频电磁场等影响因子经多项研究验证，对植物生长无明显作用；永久占地规模较小，不会造成显著林地破碎化，仅局部生物多样性略有减少，未对区域生物多样性产生不利影响。

对动物的影响主要来自工频电场，本工程 500kV 输变电产生的场强远低于国外试验中对动物产生明显影响的阈值，且动物活动范围广，不会长期暴露于电场中，因此影响较小。

景观方面，项目周边人为开发活跃，区域正从自然生态向人工生态过渡，项目距滨海旅游区有一定的距离，景观敏感度低，可与周边自然景观协调共存。

12.4.6 声环境影响评价结论

1、施工期

(1) 海域：本工程施工期海域噪声主要源于打桩作业及施工船舶，核心影响海洋哺乳动物与鱼类。鱼类中，石首科大黄鱼对噪声极敏感，打桩噪声会驱赶鱼类，若恰逢产卵期还会影响石首鱼科产卵，需尽量避开渔业敏感季节。海洋哺乳动物方面，打桩噪声可能导致其听力损失、行为改变，施工期海域种群数量减少，但施工结束后可逐步恢复，采用“软启动”打桩方式可减少损失。施工船舶噪声声压谱级较背景噪声高 20-40dB，强度较小，对海洋生物影响甚微。总体来看，本项目打桩施工量小、时间短，采取防护措施后，噪声影响可控，不会造成大范围生物危害。

(2) 陆域：由预测结果可知，施工期项目边界噪声可满足《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)：昼间 ≤ 70 dB(A)，夜间 ≤ 55 dB(A)。电缆沿线东侧居民楼（噪声监测点 S12），在采取北侧，西侧、南侧三面设置 2m 高围挡后，施工期间周边 200m 范围内的居民楼、办公楼等敏感目标均可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。江门台山曹峰山地方级自然保护区可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准。本项目施工期噪声对周边环境敏感目标的影响较小。

2、运营期

(1) 海域

本工程运营期海上升压站与海上中间补偿站均无水上声环境保护目标，噪声对海洋生物影响甚微。海上升压站噪声源于变压器，值为 60~75dB(A)，较海洋背景噪声（49-63dB）提高 11~12dB；海上中间补偿站噪声来自高压电抗器，值为 70~80dB(A)，较背景噪声提高 21~27dB。两者噪声强度均相对较小，传至水下后对海洋生物影响极小。

(2) 陆域：由预测可知，集控中心四侧围墙外 1m 噪声贡献值为 18.5~29.2dB(A)，可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类、4 类标准。由预测结果可知，运营期周边 200m 范围内的敏感目标可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。本项目运营期噪声对周边环境敏感目标的影响基本维持现状，影响较小。

综上所述，本项目施工期、运营期在严格落实噪声防治措施的情况下，对周围声环境影响较小。

12.4.7 电磁辐射环境影响预测与评价

本项目海上升压站、海上中间补偿站、海底电缆、陆上集控中心及输电线路营运期电磁环境影响均通过类比法评价。各设施工频电场强度均低于 4kV/m，工频磁感应强度均低于 100 μ T，满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）要求。海底电缆经屏蔽与衰减作用，20m 外磁感应强度低于 10 μ T，对海洋生物影响较小且无明确有害定论；陆上设施类比监测显示，电磁影响随距离递增呈衰减趋势，对周边敏感目标影响轻微。综上，项目营运期电磁辐射环境影响可控。

12.4.8 环境空气影响评价结论

本项目施工机械和施工船舶燃油废气为间断排放，施工船舶车辆使用符合标准的柴油，其烟气产生量相对较少，随着施工的结束将消失。针对施工扬尘经常洒水抑尘，施工期拟采洒水抑尘、堆场遮盖等有效措施。本项目施工期废气对环境空气的影响较小。

本项目营运期使用的运维船应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）中第二阶段船机排气污染物排放限值，由于海上升压站和海上中间补偿站所处区域开阔、空气流通性好，且运维船舶使用频率低，运维船废气不会对环境产生明显影响。海上升压站、海上中间补偿站和陆上集控中心厨房油烟经集气罩收集后经静电油烟净化器处理后由厨房顶部专用烟道排放，能满足《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）的相关要求。海上升压站和海上中间补偿站柴油发电机尾气排放量不大，柴油发电机尾气对环境空气的影响较小。

12.4.9 固体废弃物影响评价结论

本项目施工期、营运期间产生的固体废物分类进行处理，不会对环境造成明显影响。

12.4.10 对通航环境的影响评价结论

江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程海缆穿越多条航道航路，施工期对通航有一定碍航影响，但海上升压站及无功补偿站影响较小。工程完工后，海床可恢复原状，对水文动力、地形地貌、冲淤环境及航道功能基本无影响，船舶对海缆的影响可通过深埋、警示等控制。通过关注气象、调度避让、警戒引导、加深埋深

等安全措施，能有效降低通航风险，保障施工、运维及航道正常通航安全。

12.4.11 对江门台山曹峰山地方级自然保护区的影响评价结论

1、施工期

本项目红线距离江门台山曹峰山县级自然保护区最近约 95m，不涉及保护区占地，对保护区无直接影响。施工期虽可能产生间接干扰，但经科学防控后整体影响极小。

植物方面，项目严格控制施工范围，严禁砍伐、采摘保护区植被，不破坏区内植被类型与土地资源，基本不会引发保护区水土流失，也不会导致植物多样性下降，对保护区植物生态系统无明显不利影响。

动物方面，施工噪声、人员活动等虽会轻微惊扰两栖类、爬行类、鸟类、兽类及哺乳类，暂时影响其活动与觅食区域，但各类动物适应能力较强，可就近迁移至外围适宜生境避让。且施工范围有限，作业区紧邻公路、人为活动频繁，非野生动物核心栖息或繁衍地带，干扰具有短期暂时性，不会造成动物个体大量损伤，也不会影响种群结构与稳定。

针对保护区内褐翅鸦鹃、黑鸢等重点保护物种，施工期将强化人员环保宣传教育，严禁捕猎、破坏植被等行为。各类保护物种可灵活规避干扰，施工不会阻碍其正常生存繁衍。

综上，落实各项防护措施后，项目施工期对保护区生态环境及各类生物的整体影响较小。

2、运营期

本项目运营期陆域集控中心对江门台山曹峰山县级自然保护区的影响主要包括噪声、电磁辐射、废水、固废、人类活动及生态影响，总体影响较小且可控。

噪声方面，设备运行源强 60-75dB (A)，经衰减后围墙外 1m 贡献值仅 18.5-29.2dB (A)，传播至保护区时已大幅减弱，不会干扰野生动物栖息繁殖。电磁辐射符合《电磁环境控制限值》标准，随距离快速衰减，对动植物无电离、损伤作用，影响可接受。废水经处理后全部回用于绿化浇灌，无外排情况，不污染保护区水体。固废通过分类收集、环卫处置及污泥专业处理，杜绝随意丢弃，避免野生动物误食风险。

人类活动方面，值守人员与车辆通行范围固定，严格管控进入保护区行为，同

时强化环保宣传教育，杜绝捕猎、破坏植被等行为。运营期无土方开挖、植被损毁作业，设备扰动微弱且工况稳定，野生动物可逐步适应，区内动植物种群结构与数量保持平稳，生态系统维持原有稳定格局。

整体而言，项目运营对保护区生态环境扰动极微，不会改变区域生态现状。

12.5 环境风险预测与评价结论

本项目主要环境风险包括项目海域内船舶碰撞溢油风险、柴油、变压油、二氧化氯泄露等。项目周边敏感目标较多，属于高度敏感区，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，降低项目风险事故发生的概率。

建设单位在认真、切实落实环境风险评价提出的各项风险防范措施的基础上，本项目的环境风险水平可控。

12.6 环境经济损益分析

本项目具有明显的环境效益，节约能源原材料消耗等，减少温室气体等污染物的排放；社会效益显著，缓解电力供需矛盾和改善电源结构，并促进国内制造业等方面的发展。本项目在建设和运行过程中在一定程度上会造成渔业资源和海洋生态等方面的环境损失，但其主要发生在施工期，且可通过生态补偿措施进行恢复。

从环境经济损益综合分析，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。

12.7 政策及规划相符性分析

本项目符合国家产业政策，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》《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）、广东省和江门市“三线一单”的管控要求。

本项目符合《“十四五”海洋生态环境保护规划》《广东省生态环境保护“十四五”规划》《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》《“十四五”现代能源体系规划》《广东省能源发展“十四五”规划》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目

标纲要》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等规划文件的目标和要求。

12.8 公众意见采纳情况

在环境影响报告书编制过程中，江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目按要求开展了公众参与工作，征求公众对本项目环境影响和环境保护方面的建议和意见。本次公众参与工作采用了网络平台公示、报纸公示及现场张贴公示等方式对本项目进行了信息公示。

在项目首次公示期间，2025 年 6 月 16 日，收到一位公众提的意见，公众提出，希望项目调出江门中华白海豚生活的核心区域。

2025 年 7 月 21 日，我单位针对公众提的宝贵意见，作出回应，回应内容是项目选址时通过方案比选已避开江门中华白海豚地方级自然保护区。

项目征求意见稿公示期间，未收到公众意见。

12.9 综合结论

本项目建设符合国家产业政策、符合广东省、江门市等相关规划。虽然项目在施工期会对周边的声环境、环境空气以及海域内的生态环境和水动力环境等产生一定的影响，经采取有效的环保措施后，污染物排放浓度和排放量得到有效控制。在严格落实报告书提出的各项污染控制和补偿措施的情况下，本项目对海水水质、生态环境、海洋水动力和冲淤环境等的负面影响可以控制在可接受程度。从环境保护的角度出发，江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目的建设是可行的。