

汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程

海域使用论证报告书

（公示稿）

广东华南环保产业技术研究院有限公司
(91440115MA59BC8WX5)

2026 年 8 月



编号: S1012016000003G(1-1)

统一社会信用代码

91440115MA59BC8WX5

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”,
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。



名称 广东华南环保产业技术研究院有限公司

类型 有限责任公司(自然人独资)

法定代表人 蒋乐群

经营范围 研究和试验发展(具体经营项目请登录国家企业信用信息公示系统查询,网址: <http://www.gsxt.gov.cn/>。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。)

注册资本 伍仟零壹万元(人民币)

成立日期 2015年12月31日

营业期限 2015年12月31日至 长期

住所 广州市南沙区黄阁镇金茂东二街19号

登记机关



2022年 08月 1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. 论证工作来由	1
1.2. 论证依据	2
1.3. 论证等级和范围	6
1.4. 论证重点	9
2. 项目用海基本情况	10
2.1. 用海项目建设内容	10
2.2. 平面布置和主要结构、尺寸	13
2.3. 项目主要施工工艺和方法	29
2.4. 项目用海需求	42
2.5. 项目用海必要性	42
2.6. 中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目回顾性分析	47
3. 项目所在海域概况	55
3.1. 海洋资源概况	55
3.2. 海洋生态概况	66
3.3. 海洋生态概况	126
4. 资源生态影响分析	139
4.1. 生态评估	139
4.2. 资源影响分析	169
4.3. 生态影响分析	173
5. 海域开发利用协调分析	179
5.1. 海域开发利用现状	179
5.2. 项目用海对海域开发活动的影响分析	181
5.3. 利益相关者界定	185
5.4. 相关利益协调分析	185
5.5. 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析（涉密，不公开）	187
6. 国土空间规划符合性分析	188
6.1. 所在海域国土空间规划符合性分析	188

6.2. 项目用海与相关规划的符合性分析	190
7. 项目用海合理性分析	197
7.1. 用海选址合理性分析	197
7.2. 用海平面布置合理性分析	200
7.3. 用海方式合理性分析	204
7.4. 用海面积合理性分析	210
7.5. 占用岸线合理性分析	220
7.6. 用海期限合理性分析	221
8. 生态用海对策措施	222
8.1. 生态用海对策	222
8.2. 生态保护修复措施	224
9. 结论	234
9.1. 项目用海情况基本情况	234
9.2. 项目用海必要性结论	234
9.3. 资源生态影响分析结论	234
9.4. 海域开发利用协调分析结论	235
9.5. 国土空间规划符合性分析结论	236
9.6. 项目用海合理性分析结论	236
9.7. 项目用海可行性结论	237
引用资料	237

1. 概述

1.1. 论证工作来由

汕尾陆丰海洋工程基地一期工程建设有汕尾(陆丰)临港产业园和配套码头。汕尾(陆丰)临港产业园集聚了制造主机、叶片的明阳智慧、制造导管架的广东天顺、制造海缆的南海海缆、制造塔筒的广东天能、制造钢管的广东蓝精等海上风电一流头部企业入园，已初步建成集技术研发、设备制造、检测认证、运行维护于一体的海上风电工程装备制造产业园区，基本涵盖了产业链上、中、下游，是我省内唯一一个海上风电主产业链全链条产业园，并配套建设有 3 个泊位，建有 2 个码头 3 个泊位（其中 1#泊位为运维泊位；2#泊位为 9900t 重件泊位；3#泊位为 5000DWT 重件泊位）及相应配套设施，码头总长 361m，年设计通过能力 145.5 万吨。

广东省发改委、能源局、科学技术厅、工信厅、自然资源厅、生态环境厅联合印发广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2023-2025 年），提出打造“海上风电赶超工程”。规模化开发海上风电，打造广东海上风电基地。以省内风机骨干企业为引领，做大做强海上风电装备制造业。重点建设中山风电机组研发中心、阳江国际风电城、汕头国际风电创新港、汕尾海上风电装备制造及工程基地和揭阳海上风电运维基地。依托地市自身优势，支持海缆、导管架、锻铸件、齿轮箱、轴承等环节在汕头、汕尾、揭阳做大做强。

汕尾市“十四五”海上风电竞配落地四个项目，规划装机总容量总计 4000 兆瓦。导管架和齿轮箱等制造类企业有意向落户，完善风电产业链条；华电海上风电运维基地有意向落户；中船重工海洋牧场项目有意向落户；陆丰市新材料产业园区需建设公用码头支持原材料和产品外输。现有码头规模和等级无法满足需要，亟需启动二期码头建设。

受项目建设单位委托（见附件 1），我公司承担了汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程海域使用论证工作。按照相关法律法规的要求，结合工程具体情况和所在海区的海洋功能区划以及海洋环境特征，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制完成《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程海域使用论证报告书》。

1.2. 论证依据

1.2.1. 法律法规

(1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2001 年 10 月 27 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，自 2002 年 1 月 1 日起施行；

(2) 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 8 月 15 日实施）；

(3) 《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《关于修改〈中华人民共和国海洋环境保护法〉等七部法律的决定》第四次修正；

(4) 《中华人民共和国海上交通安全法》，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；

(5) 《中华人民共和国防洪法》，根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第三次修正；

(6) 《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，自 2010 年 3 月 1 日起施行；

(7) 《中华人民共和国港口法》，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《关于修改〈中华人民共和国电力法〉等四部法律的决定》第三次修正；

(8) 《中华人民共和国自然保护区条例》（1994 年 10 月 9 日中华人民共和国国务院令 167 号），根据 2011 年 1 月 8 日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》，2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订；

(9) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（中华人民共和国 2006 年 9 月 19 日国务院令 475 号），根据 2017 年 3 月 1 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第一次修订，根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第二次修订；

(10) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（1990 年 6 月 25 日中华人民共和国国务院令 62 号），根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第三次修订；

(11) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2009年9月9日中华人民共和国国务院令 第561号），根据2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第六次修订；

(12) 《水污染防治行动计划》（国发〔2015〕17号），国务院，2015年4月2日成文，2015年4月16日发布，自起实施；

(13) 《海域使用权管理规定》（国海发〔2006〕27号），国家海洋局，2007年1月1日起施行；

(14) 《海域使用权登记办法》（国海发〔2006〕28号），国家海洋局，2007年1月1日起施行；

(15) 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（交通运输部令 2019年第2号），2019年5月1日起施行；

(16) 《市场准入负面清单（2022年版）》，发改体改规〔2022〕397号，2022年3月21日；

(17) 《临时海域使用管理办法》，自然资规〔2026〕3号；

(18) 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号），自然资源部，2021年1月；

(19) 《海岸线保护与利用管理办法》国家海洋局，2017年3月1日；

(20) 《广东省自然资源厅关于印发<广东省自然资源厅省管用海项目审查审批工作规范>的通知》，广东省自然资源厅，2020年8月12日；

(21) 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），广东省人民政府，2021年1月；

(22) 广东省人民政府印发《广东省海域使用金征收使用管理暂行办法的通知》（粤府〔2005〕96号）。

(23) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省促进砂石行业健康有序发展实施方案的通知》（粤办函〔2021〕51号），广东省人民政府办公厅，2021年5月12日；

(24) 《广东省海域使用管理条例》，广东省第十届人民代表大会常务委员会公告（第72号），2007年3月1日；

(25) 《广东省渔业管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2003

年 9 月 1 日起施行；

(26) 《广东省渔港和渔业船舶管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2012 年 12 月 1 日起施行；

(27) 《关于加强疏浚用海监管工作的通知》（粤海渔函〔2017〕1100 号），2017 年 10 月 8 号；

(28) 《关于进一步明确开展涉海疏浚工程用海监管有关事项的通知》（粤海监函〔2019〕99 号），2019 年 11 月 1 日；

(29) 《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案》（汕府〔2021〕29 号），广东省人民政府，2021 年 7 月 5 日。

1.2.2. 相关规划和区划

(1) 《全国海洋主体功能区规划》，国务院，2015 年 8 月 1 日；

(2) 《“十四五”海洋经济发展规划》，国家发展改革委、自然资源部，发改地区〔2021〕1148 号，2021 年 12 月 15 日；

(3) 《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》（粤府〔2023〕105 号）

(4) 《广东省海洋主体功能区规划》，广东省海洋与渔业厅及广东省发展和改革委员会，2017 年 12 月；

(5) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号）；

(6) 《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》，2021 年 1 月 26 日省十三届人大四次会议审议批准，2021 年 4 月；

(7) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（粤府办〔2021〕33 号），广东省人民政府办公厅，2021 年 9 月；

(8) 《全国沿海渔港建设规划（2018-2025 年）》；

(9) 广东省人民政府关于《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》的批复（粤府函〔2023〕237 号）。

1.2.3. 标准规范

(1) 《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361—2023）；

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

- (3) 《海洋功能区划技术导则》（GB/T17108-2006）；
- (4) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；
- (5) 《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；
- (6) 《海域使用面积测量规范》（HY070-2003）；
- (7) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (8) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (9) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (10) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (11) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (12) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (13) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (14) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）。

1.2.4. 项目技术资料

- (1) 委托书；
- (2) 《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》（报批稿），广东省交通运输规划研究中心，2025 年 4 月；
- (3) 《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程测量技术报告》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2025 年 4 月；
- (4) 《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程工程可行性研究报告》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2026 年 5 月；
- (5) 《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程项目潮流泥沙数学模型试验及岸滩演变研究报告》，大连理工大学，2025 年 6 月；
- (6) 《中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目环境影响报告书（报批稿）》，三平环保咨询（北京）有限公司，2020 年 9 月；
- (7) 《陆丰市海工基地海岸生态环境问题诊断与修复方案研究报告》（内审稿），自然资源部第三海洋研究所，2025 年 8 月；
- (8) 《汕尾市黄江河口东岸海岸带保护修复工程项目工程可行性研究报告》，中交上海航道勘察设计院有限公司、自然资源部第三海洋研究所，2025 年 7 月；

(9) 业主提供的其他有关资料。

1.3. 论证等级和范围

1.3.1. 论证等级

本报告主要对项目工程进行论证，项目用海方式为透水构筑物用海、港池、航道用海和非透水构筑物用海，本项目申请用海面积为 108.3144 公顷。

依据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）中海域使用论证等级的规定，本项目非透水构筑物防波堤用海面积为 22.3106ha，用海面积 > 10ha，判定等级为一级；透水构筑物码头用海面积为 11.9432ha，用海总面积 > 10ha，判定等级为二级；港池用海面积为 54.8254ha，用海面积 < 100ha，判定等级为三级；航道疏浚长度约为 1.2km，0.5km < 疏浚长度 < 3km，疏浚面积为 9.6343ha，判定等级为二级，详见表 1.3-1。根据同一项目用海按不同用海方式、用海规模和海域特征判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则，确定论证等级因此判定本项目论证等级为一级，需编制海域使用论证报告书。

表 1.3-1 海域使用论证等级判据

一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物	非透水构筑物	构筑物总长度大于（含）500 m 或用海面积大于（含）10ha	所有海域	一
		构筑物总长度（250~500）m 或用海面积（5~10）ha	敏感海域	一
			其他海域	二
		构筑物总长度小于（含）250m 或用海面积小于（含）5ha	所有海域	二
	透水构筑物	构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积大于（含）30ha	所有海域	一
		构筑物总长度（400~2000）m 或用海总面积（10~30）ha	敏感海域	一
			其他海域	二
		构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于 10ha	所有海域	三
围海	港池	用海面积大于（含）100ha	所有海域	二
		用海面积小于 100ha	所有海域	三
开放式	航道	长度大于（含）10km 或疏浚长度大于（含）3km	所有海域	一

一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级
		长度（3~10）km 或疏浚 长度（0.5~3）km	所有海域	二
		长度小于（含）3 km 或 疏浚长度小于（含）0.5 km	所有海域	三
论证等级				一

1.3.2. 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，二级论证 8km，三级论证 5km。通过对工程海域资源环境特点分析，判断工程对海域资源影响主要在工程区及其附近海域，论证范围大致为项目周边外扩 15km 所形成的区域范围，面积约为 560.07km²，论证范围图见图 1.3-1。

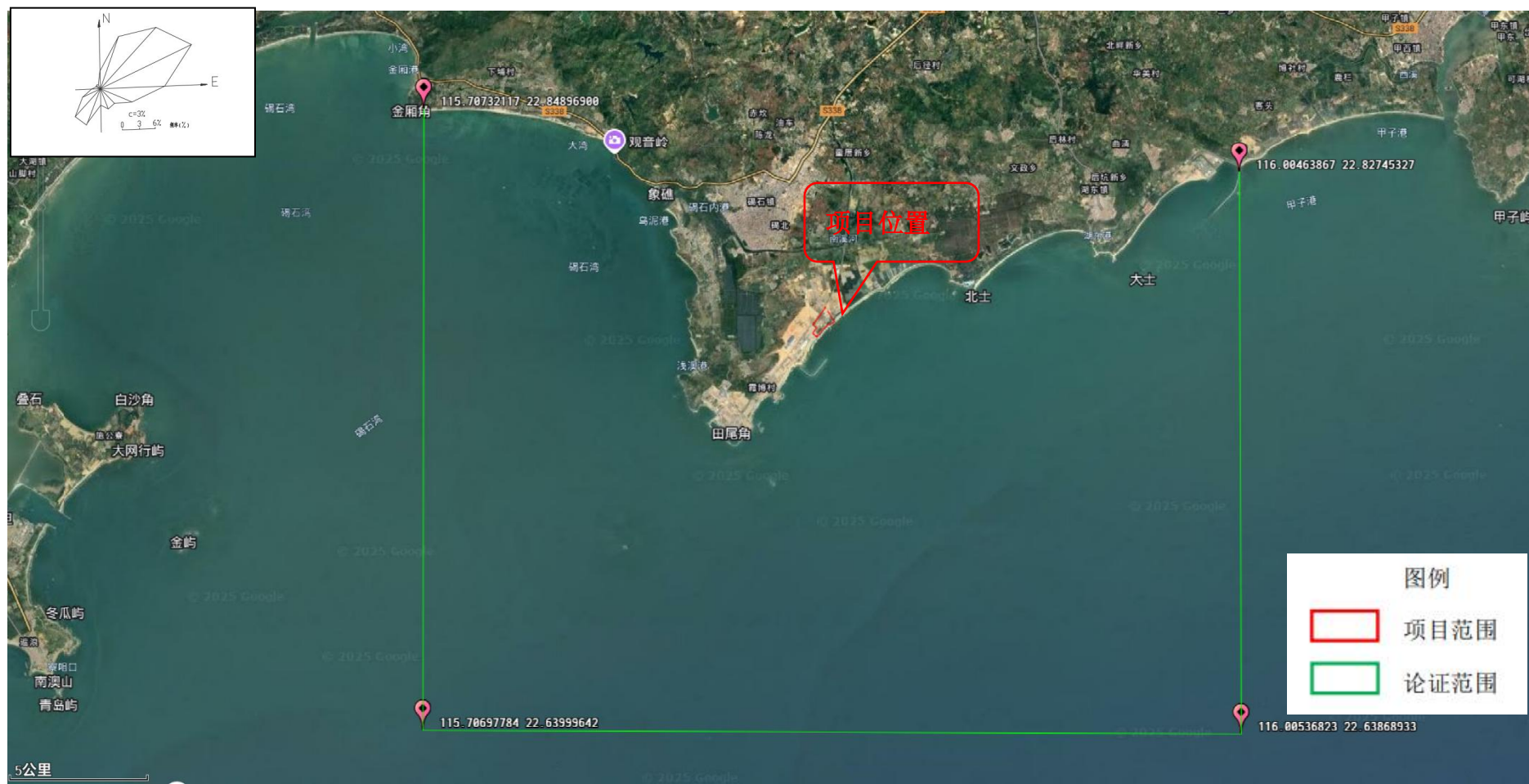


图 1.3-1 论证范围图

1.4. 论证重点

通过拟建项目使用海域及附近海域海洋自然条件、资源和环境的调查，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求进行分析、研究、论证，论证重点是：

- （1） 选址（线）合理性；
- （2） 平面布置合理性；
- （3） 用海方式合理性；
- （4） 用海面积合理性；
- （5） 资源生态影响；
- （6） 生态用海对策措施。

2. 项目用海基本情况

2.1. 用海项目建设内容

(1) 项目名称：汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程

(2) 项目性质：新建。

(3) 建设单位：汕尾市交投资源开发有限公司

(4) 建设位置：

本工程位于广东省汕尾市陆丰市碣石镇海工基地码头一期东北侧。其地理位置为东经 115°50′，北纬 22°45′，西距汕尾市 49km，东距汕头市 105km，建设项目地理位置见图 2.1-1 和 2.1-2。

(5) 工程内容：

本工程拟建设 2 个 5 万吨级多用途泊位（兼顾滚装功能）和 1 个 5 万吨级滚装泊位，主要功能以海上风电、海洋牧场等设施的出运及其原材料的进出为主，同时兼顾腹地物资运输。码头泊位长度 950m，建设引桥及相应配套设施。建设 1 座防波堤，总长度为 2221.0m，任务吞吐量 76.45 万吨/年。

(6) 投资规模：本项目工程总投资为 264455 万元。

(7) 建设工期：施工建设工期约 3 年。

(8) 技术经济指标：

表 2.1-1 主要技术经济指标表（涉密，不公开）



图 2.1-1 地理位置图 1



图 2.1-2 地理位置图 2

2.2. 平面布置和主要结构、尺寸

2.2.1. 设计船型

设计船型主尺度参照《海港总体设计规范》（JTS 165-2013）。各泊位典型设计代表船型尺度见下表。

表 2.2-1 7#、8#泊位设计代表船型主尺度表（涉密，不公开）

表 2.2-2 9#泊位设计代表船型主尺度表（涉密，不公开）

（2）7#~9#泊位码头布置

7#~9#泊位的总长度为 950m，可以满足 2 个 5 万吨级杂货船和 1 个 5 万吨级滚装船靠泊。7#泊位码头面宽度为 30m，8#、9#泊位码头面宽度为 40m，码头面顶高程为 5.5m。为保证船舶丁靠装卸作业泊稳条件，在 9#泊位东侧岸线处设置 3 座靠船墩和 3 座系缆墩，高程均为 5.5m。

码头通过两座引桥与后方陆域相连。其中 1#引桥宽度为 72m（含 2m 管沟通道），长度约 193.2m；2#引桥宽度为 12m，长度约 222.8m。

（2）水域布置

7#~8#泊位码头前沿设计底高程为-15.1m，停泊水域宽 65m，回旋水域布置于码头正前方，回旋圆直径为 491m，回旋水域设计底高程为-13.2m。

本工程船舶通过新建航道进出港。进港航道设计通航宽度 174m，设计底高程-13.2m，可以满足本工程船舶通航。

2.2.2. 总平面布置

2.2.2.1. 水域布置

（1）防波堤布置

本工程防波堤分 3 段组成，采用离岸式的布置形式，近岸段与地形等深线垂直，长度约 433.6m，为避让已建海底电缆管道，通过 511.2m 的转弯段，转向南北向，长度约 409.6m，为保证掩护，再进行第二次转向，向西偏转约 32°，长度为 758.4m。防波堤总长度约 2221.0m。形成环抱式防波堤口门宽度约为 500m。

防波堤结构距离已建海底电缆管道为 100m。

（2）码头布置

7#~9#泊位的总长度为 950m，可以满足 2 个 5 万吨级杂货船和 1 个 5 万吨级

滚装船靠泊。7#泊位码头面宽度为 30m，8#、9#泊位码头面宽度为 40m，码头面顶高程为 5.5m。为保证船舶丁靠装卸作业泊稳条件，在 9#泊位东侧岸线处设置 3 座靠船墩和 3 座系缆墩，高程均为 5.5m。

码头通过两座引桥与后方陆域相连。其中 1#引桥宽度为 72m（含 2m 管沟通道），长度约 193.2m；2#引桥宽度为 12m，长度约 222.8m。

（3）停泊水域、回旋水域布置

7#~8#泊位码头前沿设计底高程为-15.1m，停泊水域宽 65m，回旋水域布置于码头正前方，回旋圆直径为 491m，回旋水域设计底高程为-13.2m。

本工程船舶通过新建航道进出港。进港航道设计通航宽度 174m，设计底高程-13.2m，可以满足本工程船舶通航。

航道及港池疏浚量为 417 万方（不含炸礁 6 万方），根据《生态环境部关于设立廉州湾外倾倒区等 4 个倾倒区的公告》（公告 2025 年第 1 号），本工程拟利用碣石湾外倾倒区，为 115° 52' 16.734" E/22° 39' 0.358" N、115° 52' 16.734" E/22° 38' 0.157" N、115° 54' 13.09" E/22° 38' 0.157" N、115° 54' 13.09" E/22° 39' 0.358" N 四点连线围成的海域，面积 6.19 平方公里。距离本工程约 15km。

2.2.2.2.陆域布置

本工程陆域红线面积为 40.65 公顷，陆域采用“四纵三横”的道路布置，正对滚装泊位通道的进出港主干道路与 1#引桥宽度取一致，为 70m。其余道路宽度为 15m，辅建区主干道路宽度为 7m。场地主要区分为 1#~6#堆场，堆存海工装备、物料设备储存场地/仓库，辅建区等。堆场共设置 2 个通行出入口，分别位于纵二路、纵四路与港外道路交界处。

物料、设备堆存场地位于 2#引桥后方。纵一路与纵四路之间布置 2#~6#堆场。仓库位于 3#堆场，横二路与纵四路交界处。辅建区位于场地的东北侧，机修车间及材料工具库位于场地的西南侧。

图 2.2-1 项目总平面布置图（涉密，不公开）

图 2.2-2 项目陆域平面布置图（涉密，不公开）

2.2.3. 结构设计

2.2.3.1. 水工结构

本工程拟建设 3 个 50000DWT 多用途泊位，2 个顺岸泊位（7#、8#泊位）及 1 个丁靠滚装泊位（9#），码头总长 950m。在 8#及 9#泊位前方建设转角平台及斜坡道。码头泊位与后方陆域通过 1#及 2#引桥相连。同时配套建设 2221m（平面方案二为 1966m）的防波堤及 641.8m 的护岸结构。

表 2.2-3 建筑物主要尺度一览表

序号	名称	长度（m）	宽度（m）	顶高程（m）
1	7#泊位	257	30	5.5
2	8#泊位	268	40	5.5
3	9#泊位靠船墩	14	14	5.5
4	9#泊位靠船墩	9	9	5.5
5	转角平台	70	50	5.5
6	斜坡道	50	50	0.43~5.5
7	1#引桥	193.2	72	5.5~8.1
8	2#引桥	222.8	12	5.5~12.5
9	防波堤	2221	8~11.7	6.0~8.0
10	护岸	641.8	~	8.6~13.0

（1）码头

码头及引桥结构均采用高桩墩台结构，相关水工建筑物基础为钢管桩，上部结构为现浇墩台结构。

①7#泊位码头结构

7#泊位码头结构长 257m，宽 30m，顶高程为 5.5m，为高桩墩台结构。码头共设 6 个结构段，其中标准段约长约 40m。码头基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。标准结构段设有 42 根钢管桩，其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 6 根桩，包括 1 对叉桩及 4 根直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。码头上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。

码头前沿设有一鼓一板标准反力型 1450H 橡胶护舷，横向布置 D300×300×1500L 橡胶护舷，码头面设有 1000KN 的系船柱供船舶靠系泊使用。码头面同时设有 QU120 钢轨门机轨道，其中前轨道距离码头前沿线 3m，规矩 12m。码头四周设有护轮坎及不锈钢栏杆等附属设施。

②8#泊位码头结构

8#泊位码头结构长 268m，宽 40m，顶高程为 5.5m，为高桩墩台结构。码头共设 7 个结构段，其中标准段约长约 40m。码头基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。标准结构段设有 56 根钢管桩，其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 8 根桩，包括 1 对叉桩及 6 根直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。码头上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。该泊位局部区域中风化岩层较高，中风化岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，对打桩极不友好。为满足桩基承载力，需对上述区域的钢管桩进行桩端嵌岩。桩基嵌岩段直径 1.0m，嵌岩深度为 4.0m。

码头上部附属设施同 7#泊位。

③9#泊位码头结构

9#泊位码头结构长 255m，码头顶高程为 5.5m，由 3 座靠船墩及 3 座系缆墩组成，各靠船墩与系缆墩之间采用预应力混凝土梁连接。码头基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。靠船墩平面尺寸为 14m*14m，墩台厚 2.0m，共设 9 根钢管桩，其中直桩 3 根斜桩 6 根。系缆墩平面尺寸为 9m*9m，墩台厚 2.0m，共设 8 根钢管桩，均为斜桩。该泊位局部区域中风化岩层较高，中风化岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，对打桩极不友好。为满足桩基承载力，需对在中风化岩面较高区域的钢管桩进行桩端嵌岩。桩基嵌岩段直径 1.0m，嵌岩深度为 4.0m。

码头上部附属设施不设轨道，其余同 8#泊位。

④转角平台

转角平台长 70m，宽 50m，顶高程为 5.5m，为高桩墩台结构。转角平台基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。该平台共设 120 根钢管桩其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 10 根桩，均为直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。平台上部

结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。该区域中风化岩层较高，中风化岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，对打桩极不友好。为满足桩基承载力，需对在中风化岩面较高区域的钢管桩进行桩端嵌岩。桩基嵌岩段直径 1.0m，嵌岩深度为 4.0m。

码头上部附属设施不设轨道，其余同 8#泊位。

⑤斜坡道

斜坡道长 50m，宽 50m，顶高程为 0.43~5.5m，为高桩墩台结构。斜坡道基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。该平台共设 90 根钢管桩其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 10 根桩，均为直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。平台上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。码头竖向防撞设施为拱型 500Hx1500L 标准反力型橡胶护舷，横向布置 D300 $\times$ 300 $\times$ 1500L 橡胶护舷。

(2) 引桥

码头共设 2 座接岸引桥，分别为 1#引桥及 2#引桥。

1#引桥长 193.2m，宽 72m(含 2m 管沟)，顶高程为 5.5~8.1；2#引桥长 222.8m，宽 12m，顶高程为 5.5~12.5。引桥在接岸段及与码头衔接段为高桩墩台结构，中间跨越潮间带处采用高桩梁板结构。其中高桩墩台结构段，墩台厚度为 2.0m，混凝土强度等级为 C40。1#引桥沿引桥轴线方向桩基间距为 6m，沿引桥断面方向由 13 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩。

2#引桥沿引桥轴线方向桩基间距为 6m，沿引桥断面方向由 3 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩。钢管桩材质为 Q355B，壁厚 20mm，桩端以风化岩层为持力层。

(3) 防波堤

防波堤长度为 2221.0m，采用陆上推填施工，防波堤高程按照允许越浪考虑，同时结合本工程西侧一期工程防波堤的经验，针对防波堤不同位置的水深和设计波浪要素对防波堤进行分段设计。

(4) 护岸

1) 码头接岸段

该段护岸位于码头引桥后方区域，总长约 150m。护岸外侧护面块体采用 1~2t 块石，垫层选用 100~200kg 块石，坡度均为 1:2。堤心石采用开山石（含泥量

<10%，分层碾压）。堤顶设置 C40 混凝土挡墙，后方回填开山石（含泥量<10%，分层碾压）。

2) 浆砌挡墙段护岸

该段护岸总长 466.3m，护岸设计顶高程为 12.65~8.88m。开挖挡墙基础底部至-0.2m，振冲密实地基土后抛填 1m 厚 10~100kg 抛石基础，上部设置浆砌块石挡墙，挡墙顶高程为 5.00m，顶宽 2m，前沿为防止冲刷设置 100~200kg 块石，后方依次铺设二片石垫层 $\geq 500\text{mm}$ 、混合倒滤层 $\geq 600\text{mm}$ 、土工布两层，倒滤结构之后为回填料，回填料为开山石，含泥量<10%，分层回填碾压。从护岸设计顶高程按坡度 1:2 放坡至浆砌挡墙。护面采用浆砌块石。

3) 地基处理

本项目地基土主要为粉砂，需采取适当措施避免地基液化沉陷对浆砌块石挡墙的稳定性造成影响，采用振冲密实法对浆砌块石挡墙下方的地基土进行加固，振冲范围为挡墙前后各 10m。

图 2.2-3 项目码头 1#引桥平立面图（涉密，不公开）

图 2.2-4 项目码头 2#引桥平立面图（涉密，不公开）

图 2.2-5 码头、转角平台和防波堤断面结构图（涉密，不公开）

2.2.3.2. 陆上结构

（1）港区道路

港区道路铺面一般采用现浇混凝土铺面或联锁块铺面，两种铺面型式技术上均可行。砼面层具有强度高，稳定性好、平整度高，寿命长的优点，适应园区内主干道运输平稳性要求高、流量大的行车条件特点，但造价稍高，维修较困难，对沉降适应性较差。联锁块的主要优点是维修容易，造价低，能够适应地基的不均匀沉降，但平整性较差，对车轮有磨耗。

港区道路主要行驶自行式模块运输车，该车轴数多，荷载大，推荐采用强度高，刚度大，表面平整的现浇混凝土铺面，其结构层为：44cm 厚现浇混凝土面层、20cm 厚 6%水泥稳定碎石基层、20cm 厚级配碎石垫层，土工格栅、土基压实。

（2）堆场

堆场主要采用履带吊作业，推荐采用适应地基不均匀沉降能力强，维修简便、造价相对较低的高强联锁块铺面，其结构层为：10cm 厚预制高强混凝土联锁块

面层、3cm 厚中粗砂垫层、68cm 厚水泥稳定碎石基层、20cm 厚级配碎石垫层，土工格栅、土基压实。

(3) 停车场及辅建区

该区域推荐采用强度高，稳定性好、平整度高，寿命长的现浇混凝土铺面，其结构层为：24cm 厚现浇混凝土面层、20cm 厚 6%水泥稳定碎石基层、20cm 厚级配碎石垫层，土工格栅、土基压实。

(4) 维修及流机场地

维修及流机场地同港区道路铺面保持一致，采用现浇混凝土铺面，其结构层为：44cm 厚现浇混凝土面层、20cm 厚 6%水泥稳定碎石基层、20cm 厚级配碎石垫层，土工格栅、土基压实。

2.2.4. 工艺技术方案

2.2.4.1. 主要设计参数

(1) 吞吐量

本项目达产年货物吞吐量为 76.45 万吨，其中出港 42.45 万吨，包括塔筒 105 套、管桩 80 套、导管架 65 套、海洋牧场网箱 13 套、海上风电升压站/换流站 2 件；进港件杂货 34 万吨，包括钢材 31 万吨、机械及设备 3 万吨。

表 2.2-4 本项目吞吐量预测表

货种	单位	合计	流向
出港			
塔筒	套	105	国内、海外
管桩	套	80	国内、海外
导管架	套	65	国内、海外
海洋牧场网箱	套	13	国内、海外
海上风电升压站	件	2	国内、海外
进港			
钢材	万吨	31	江苏、河北、广东
机械、设备	万吨	3	江苏
进港合计	万吨	34	/

(2) 装卸工艺主要设计参数

表 2.2-5 主要工艺设计参数表

序号	项目名称		单位	数量	备注
1	泊位数	5 万吨级泊位	个	3	
2	码头年计划吞吐量	管桩/塔筒	套	185	76.45 万吨
		网箱/导管架/升压站	套	80	
		其他散杂货	万吨	34	

表 2.2-6 主要大件规格表

产品	产品尺寸			单件重量 (t/个, t/片, t/km)
	长 (m)	宽 (m)	高 (m)	
塔筒	40	10~12	10~12	250~400
管桩	60~120	3~15	5~18	300~3000
风机导管架	25~45	25~45	45~110	900~4000
换流站导管架	97	75	76	14000
海洋牧场网箱	80~160	25~50	20~50	900~3000
海上风电升压站	40~70	40~70	20-30	4000-7000
换流站	82.5	85.5	44	28000

表 2.2-7 各大件规格吞吐量及单重取值

货种	单位	吞吐量	单套或单件重量取值 (t)	备注
塔筒	套	105	1000	4 节塔筒为 1 套
管桩	件	80	1500	
导管架	件	65	2500	
网箱	件	13	2000	
升压站/换流站	件	2	5500	

2.2.4.2. 装卸工艺方案

装卸工艺设计内容主要包括码头前沿装卸船作业、堆场装卸作业、仓库装卸作业及水平运输。

(1) 码头装卸船工艺

码头装卸作业方式主要为吊装、滚装，根据拟装卸运输货物规格型式采取不同的装卸工艺。

1) 轻小件

码头前沿配置 2 台门座式起重机（门机），用于钢板、法兰、钢带、钢丝、机械设备等轻小件的装卸船作业，轨道沿 7~8#泊位通长布置，以提高码头远期作业灵活性。

2) 中型大件

中型大件以风机塔筒及部分小型管桩、小型导管架为主，单件重量一般不超过 400t，高宽尺寸不超过 12m，可采用吊装方式装船，针对部分小型导管架（根开尺寸 25m 以下）也可考虑采用 SPMT 模块运输车滚装上传。结合码头布置和作业灵活性考虑，设计两个吊装工艺方案进行比选。

①工艺方案一

工艺方案一采用履带式起重机（履带吊）进行装卸船作业。履带吊作为工程机械常见的起重装备，具有机型成熟、规格型式多样、应用灵活等特点。可根据运营需求，采取自购或租赁方式进行灵活配置。码头装卸船作业时，可根据货物规格采取双机抬吊作业方式，也可转移至后方堆场作业，机动性相对较好，增加了码头作业灵活性。

根据货物规格，码头前沿拟配置 2 台 1000t 履带式起重机（履带吊），作业塔筒等较长件时可采取双机抬吊作业方式。

履带式起重机作业前，需由其他设备辅助组装，试吊合格后方可作业，长距离转场时需重新拆装，因此前期准备工作量大、时间较长，不宜频繁长距离转场。作业时需采取铺垫分载梁、路基箱等措施，确保地面承载在安全范围内。

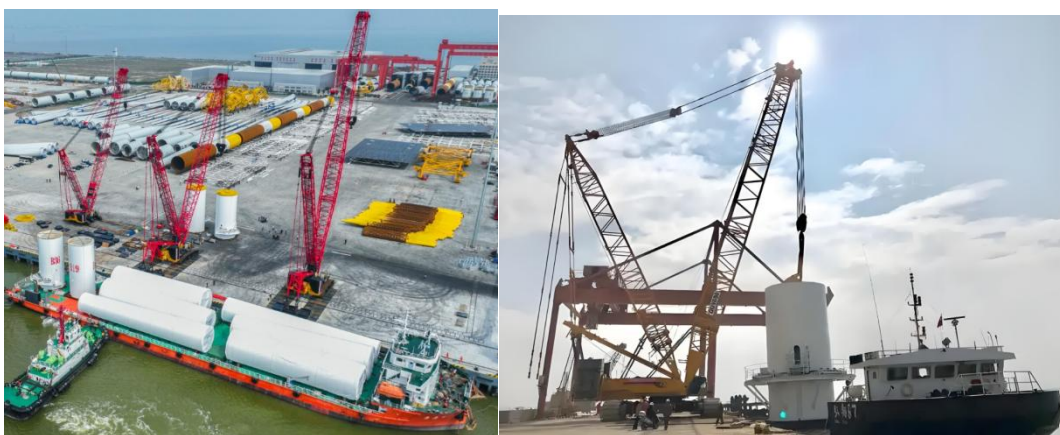


图 2.2-6 履带吊装船图

②工艺方案二

工艺方案二采用起重船（浮吊）进行装卸船作业。采用浮吊作业时，码头前沿不需另设其它吊装设备，码头结构投资节省且后期维护保养问题较少。但是会受到运输船型的限制以及租用浮吊的船期限制，且浮吊租金较高，适合小批量大件短期租赁使用。



图 2.2-7 浮吊装船图

3) 重型大件

重型大件单件重量大多在 1000t 以上，具有重量大、尺寸长的特点。本工程最重件为海上风电换流站，目前最大换流站总重达 28000t，最高件为导管架，高达 110m，最长件为海洋牧场网箱，长 160m。针对此类货物，吊装设备已难以满足要求，需考虑滚装上船作业方式。

滚装设备采用重件运输采用自行式模块运输车（又称自行式液压平板车或模块运输车，SPMT）。SPMT 是一种自身带有驱动单元的超大件工程物流运输装备，主要由车架轮轴、悬挂系统、转向系统、液压系统、制动系统、动力系统、控制系统等设备组成。根据运输货物外型尺寸、重量等对多辆模块运输车组进行多模式的组合并车，进而实现超大吨位和超大尺寸重件的中短距离运输。常见的基本模块车每纵列有 4、6 轴线，每轴线 2 个轮轴、4 只轮胎。位于端部的动力头（PPU）为整个自行式模块车提供行走、转向、升降所需的动力。液压驱动系统通过动力系统单元提供的静液压力，来带动驱动桥内的液压马达使整车前进，后退或者升降，行走和升降过程具有稳定性并且精度准确。

滚装作业时，船舶丁靠在 9#泊位，待风、浪、流、潮位条件满足安全作业要求，模块运输车载重件通过跳板驶上船舶，就位后车板下降，重件通过支架坐

落在船舶甲板上固定，模块运输车驶离船舶。滚装上船过程中，可通过调整压舱水使船舶保持平衡状态。



图 2.2-8 导管架滚装上船图

（2）库场工艺

1）轻小件

针对钢板、法兰、钢带、钢丝、机械设备等轻小型货物，堆场采用叉车和轮胎式起重机进行装卸作业，仓库内采用桥式起重机和叉车进行装卸作业。

2）中型大件

中型大件若由模块运输车运输至本项目堆场，可利用模块车自身升降功能，将货物坐落至工装支架上，转运至码头前沿时也有模块运输车运输。

采用履带式起重机，最大起重量 1000t。履带式起重机有机型成熟、规格型式多样、应用广泛，是常见的工程装备，单机设备造价较高，但也可根据运营需求，采取自购或租赁方式进行灵活配置。

3）重型大件

重型大件均采用模块运输车运输至本项目堆场，通过车辆自带的液压升降功能将重件坐落在工装支架上，转运至码头前沿时也采用模块运输车。

（3）水平运输工艺

物料采用牵引车平板车运输，管桩、塔筒、网箱、导管架、升压站等大件均通过模块运输车水平运输。

（4）中型、重型大件的装卸运输

中型、重型大件的装卸运输具有专业性强、安全风险高、货物价值高等特点，结合行业惯例，中型、重型大件的装卸运输作业宜由专业大件运输单位承担，相关设备、人员及技术方案亦由其一并考虑。

2.2.4.3.装卸工艺流程

（1）轻小件

船（7、8#泊位）→门机→牵引平板车→轮胎式起重机/叉车→堆场→轮胎式起重机/叉车→{汽车→货主}

船（7、8#泊位）→门机→牵引平板车→桥式起重机/叉车→仓库→桥式起重机/叉车→{汽车→货主}

（2）中型大件

工艺方案一：{货主→模块运输车}→堆场→模块运输车→履带吊→船（8#泊位）

工艺方案二：{货主→模块运输车}→堆场→模块运输车→浮吊→船（8#泊位）
{货主→模块运输车}→堆场→模块运输车→船（8#泊位）

（3）重型大件（管桩、导管架、升压站、网箱、换流站）

{货主→模块运输车}→堆场→模块运输车→船（9#泊位丁靠）

2.2.4.4.主要装卸机械设备选型

（1）门机

码头前沿配置 2 台门机，额定起重量 40t，最大幅度 42m，最小幅度 11m，轨距 12m。

（2）履带吊（工艺方案一）

配置 2 台 1000t 履带吊，超起工况，主臂长 42m、吊幅 34m 时，单机起重能力不小于 285t，作业塔筒等较长件时可采取双机抬吊作业方式。

履带吊采用租用方式。因市面履带吊产品性能规格各异，实际使用时以厂家提供参数为准，应满足码头堆场承载能力和装卸作业安全要求，并需编制危大工

程重大件吊装方案，经专家审核同意后实施。

(3) 浮吊（工艺方案二）

配置 1 台 2000t 浮吊，采用租赁方式。运营时以实际租赁产品规格为准，并需编制危大工程重大件吊装方案，经专家审核同意后实施。

(4) 模块运输车（SPMT）

模块运输车采用租用方式。根据重件规格尺寸配置模块运输车数量，。单轴最大承载能力 48t（行驶速度为 0.5km/h 时），每轴 4 轮，轴距 1.4m。具备全轮行走、转向、车辆升降功能，可任意组合，并通过集中控制调度各个模块运输车统一运行。模块车组负荷率不宜超过 80%，并满足稳定运输要求。

(4) 设备配置表

装卸机械设备详见下表。

表 2.2-8 主要装卸工艺设备配备表

序号	设备名称	型号及规格	单位	数量		备注
				工艺方案一	工艺方案二	
1	履带吊	起重量 1000t	台	2	-	租赁，以规格实际租赁设备为准
2	浮吊	起重量 2000t	台	-	1	租赁，以规格实际租赁设备为准
3	门座式起重机	40t	台	2	2	
4	模块小车		项	1	1	租赁
5	牵引车	Q45	台	4	4	
6	平板车	40t	台	8	8	
7	轮胎式起重机	60t	台	1	1	
7	叉车	10t	台	1	1	
8	叉车	15t	台	1	1	
9	桥式起重机	20t-19.5m	台	2	2	
10	桥式起重机	10t-18.5m	台	1	1	
11	维修设备		项	1	1	

图 2.2-9 项目装卸工艺图（涉密，不公开）

2.2.5. 配套工程

2.2.5.1. 供电及照明

(1) 供电方案

设置两座混凝土框架结构变电所 SS1~SS2 和 2 座箱式变电站 XB01，给各种

用电设备和设施供电。

中心变电所 SS1 设在辅建区，10kV 双回路进线，单母线分段运行，所内设高压配电室、变压器室、低压配电室和机柜间。该变电所主要向宿舍楼、综合楼、仓库、消防泵、消防控制室、控制 UPS、生活污水处理站、供水加压站、高杆灯、路灯、堆场维修电源箱等供电，并预留电动汽车充电桩电源；同时为变电所 SS2、箱变 XB01、XB02 提供 10kV 电源。

变电所 SS2 设在 3#堆场东侧，10kV 双回路进线，单母线分段运行，所内设高压配电室、变压器室、低压配电室、岸电配电室。该变电所主要向 7#~9#泊位船舶岸电设施、门机、机修车间及工具材料库、含油污水处理站、控制 UPS、高杆灯、堆场维修电源箱等供电。

箱变 XB01 设在风电牧场构件场地，10kV 单回路进线。该箱变主要向高杆灯、堆场维修电源箱等供电。

箱变 XB02 设在 7、8#泊位码头后方中部，10kV 单回路进线。该箱变主要向前方办公室、控制 UPS、码头高杆灯、2#引桥路灯、码头维修电源箱等供电。

（2）照明方案

码头、1#引桥及堆场大面积照明采用 35 米高杆灯，每座高杆灯装设 12 套 600WLED 灯；2#引桥照明采用 12 米路灯，每座路灯装设 1 套 250W LED 灯；在后方辅建区道路设置 8m 高路灯作为道路照明，每座路灯装设 1 套 100W LED 灯。码头、引桥、场地、道路平均照度均不低于 15lx。

建筑物按功能要求进行照明设计，主要光源为 LED 灯。

2.2.5.2.给排水

（1）给水

本工程给水水源来源于市政给水管网。港区给水系统与市政供水主管设 1 处接管点，位于港区与设计红线交界处。接管点要求：公称直径 DN200，水压不低于 0.20MPa。

本工程最大日用水量为 1588.3m³/d，最高时用水量为 68.8m³/h。

港区内根据用水要求自建供水调节站，对港区用水进行调蓄和加压，内设供水泵及调节水池，供水调节站主要包括 2 座有效容积 670m³的钢筋混凝土消防水池，1 座有效容积 672m³的不锈钢生活水池及一座泵房。消防水池及生活水

池各自独立。

(2) 排水

港区排水体制采用雨污分流制。港区清洁雨水经港区雨水管网系统收集后排至海域。维修场地及机修车间产生的含油污水经油污水处理站处理后用于港区绿化及道路喷洒用水；生活污水经生活污水处理站处理达标后回用于港区绿化及道路喷洒用水。

2.2.5.3.消防

本工程消防水源接自市政给水管网。由市政道路引入一根 DN200 给水管至港区供水调节站。同一时间 1 起最大消防用水量的场所为仓库，消防水量为 1170m³。

2.2.5.4.通信

港区通信考虑电话用户约 250 个，支持远期最大扩容用户 1000 个。

船岸通信配置 1 台 VHF 收发信机、2 台固定台和 12 部 VHF 对讲机。

2.2.5.5.控制及计算机管理

控制系统主要包括生产辅助控制系统（含室外智能照明控制系统、设备监控系统）、建筑智能化系统（含综合布线系统、安全防范系统、有线电视系统、室内移动信号覆盖系统、电梯五方通话系统）及火灾自动报警系统等。

本工程海关海事边检本专业暂定按照常规的信息网络系统进行配置，其接口条件需要及配置需求待与相关部门后续沟通确定，其中各系统的系统软件由相关部门自行配置，不单独配置。

2.2.5.6.导助航设施

为了船舶航行安全，根据《中国海区水上助航标志》规范 GB4696-2016 的要求，结合本工程航道和调头区及港池布置、周围海域状况设置航标系统。需要考虑本项目航道、调头水域和码头的助航标志，助航标志包括灯浮标和灯桩。

(1) 灯浮标

本工程拟新设一段进港航道，其大部分水域需疏浚，同时在本工程港池水域内及新设东方堤东侧外分别现有 1 座一期工程灯浮，种类为航道右侧标与航道左侧标，为标识本工程进港航道及港池水域边界，引导船舶进出港，本工程拟新设

3 座灯浮并移位 2 座现有灯浮。

浮标为新型涂装深水钢浮标，规格为 HF2.4-D1，安装太阳能一体化 LED 航标灯，集成遥测遥控系统，浮筒还需配置锚链及沉块。

(2) 灯桩

为确保码头和船舶安全，在本工程新设东防波堤新设 3 座玻璃钢灯桩，用于标识东防波堤整体走向，同时兼顾警醒港内作业与港外自由航行的船舶。考虑到二期工程的建设范围为 2 个 5 万吨级顺靠泊位（7#与 8#）及 1 个 5 万吨级滚装泊位（9#，与 7#顺靠泊位衔接，整体呈 L 型），为了标识清楚码头范围，拟在 8#泊位西侧端头及 9#泊位最东侧系缆墩上各新设 1 座钢管灯桩。

防波堤灯桩结构为玻璃钢灯桩，灯桩高度 10m；码头灯桩结构为钢管灯桩，灯桩高度 5m。灯桩结构必须符合海上工作环境的要求，主体能抗强台风。灯桩配置太阳能一体化航标灯，集成遥测遥控系统。

2.2.5.7.港作车船

(1) 港作车辆

港区所需的生产、生活车辆由后方库区统一配置。

(2) 拖轮配置

项目港作船舶配置见下表，拖轮由港区统一调配使用。

表 2.2-9 港作船舶配置表

船型	总拖力 (t)	拖轮数量 (艘)
5 万吨级杂货船	110	3

2.2.6. 依托工程

2.2.6.1.港区交通概况

工程后方紧邻现有陆丰核电进厂公路（即碣田公路），港区后方还规划有兴汕高速陆丰支线、滨海旅游公路，可快速连接至珠东快速、沈海高速，交通运输便利。

2.2.6.2.航道

本工程新建东侧防波堤后，需新建进出港航道。

本工程新建东侧防波堤后，需新建进出港航道。

航道按照单向通航 5 万吨级杂货船乘潮减载设计，兼顾甲板驳船进出，设计

通航宽度 174m，设计底高程-13.2m。航道轴线方位为 10°0'0"~195°0'0"，航道长度约 0.6km。

2.2.6.3. 锚地

根据《汕尾港总体规划》，本工程西南侧新增 22#锚地，锚地面积 10km²，可作为本工程锚地。

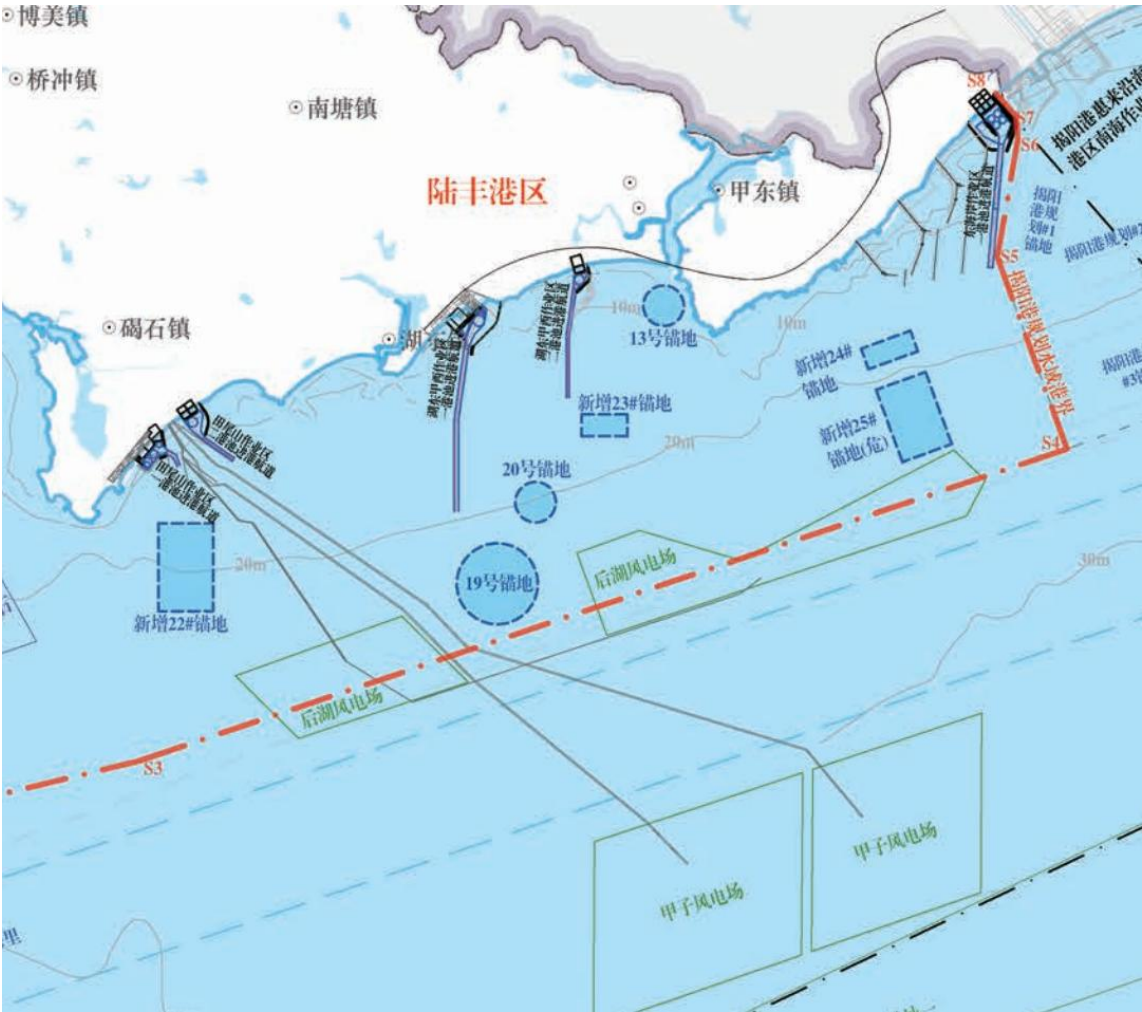


图 2.2-10 项目周边锚地规划布置图

2.3. 项目主要施工工艺和方法

2.3.1. 施工条件

(1) 水陆交通条件

港区现有路网与汕尾市政路网相连，具备良好的陆上交通条件。

工程区水域开阔，船舶可按海图航行进出本工程区域。所需的施工设备、船机、工程材料等均可通过水运解决。

（2）材料供应

粤东地区砂石料资源丰富，可满足本项目的砂石料需求。钢筋、水泥、尼龙编织带和土工布等货量充足，可从专业的生产厂家处购得。

（3）水、电、通信供应条件

水、电、通信管线均可由后方厂区接入。

（4）施工能力

当地及周边地区有多家从事港口工程建设的甲级施工企业可供本工程选择，其技术力量雄厚，施工设备、机具齐全，经验丰富，完全有能力承担本工程的施工任务。

（5）环境条件

本工程掩护条件较差，冬季季风海面风浪较大，夏季常有台风、暴雨，对施工有较大影响，工程施工必需做好防台工作。

2.3.2. 本项目施工方案

2.3.2.1. 工程区域现状水深地形

根据广东省东江航道事务中心东江航标与测绘所《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程水上水下地形测量技术报告》，项目周边水深地形整体较平缓。水深地形图详见下图。

图 2.3-1 项目水深地形图（涉密，不公开）

2.3.2.2. 总体施工顺序

码头及防波堤主要施工顺序如下：

（1）码头及引桥工程

钢管桩制作、运输→沉桩、灌注桩施工→上部现浇混凝土墩台、横梁→预制、安装面板→现浇混凝土面层及磨耗层→附属设施安装→工艺设备安装。

（2）防波堤工程

抛填堤心石→抛填护底二片石→块石垫层抛填及理坡→护底块石抛填→护面块体安放。

（3）护岸工程

1) 浆砌挡墙段护岸

开挖→粉细砂地基振冲密实→抛填基床块石→浆砌块石挡墙→抛填墙前棱

体块石→抛填墙后棱体块石→后方倒滤层施工→后方回填料→护面施工→现浇混凝土压顶→交工验收等。

2) 码头接岸段护岸

铺设多向土工格栅→抛填堤心石→护脚棱体及护底块石施工→垫层块石施工→护面块石安放→现浇胸墙施工→回填块石→交工验收等。

2.3.2.3.主要施工方法

(1) 水域疏浚

港池大部分的疏浚土可采用 8~13m³ 抓斗式挖泥船开挖，疏浚土装自航泥驳后运输至指定位置，最终的海洋倾倒区以主管部门批复的为准。

对于强风化岩和中风化岩拟采用抓斗船配凿岩棒施工预处理后，再由抓斗船开挖，装泥驳运至临时码头上岸处理。

1) 疏浚量

本项目设计底高程-13.2m，根据 2024 年 7 月 1: 1000 测图，水域总疏浚量约为 417 万方（不含炸礁 6 万方）。

2) 疏浚土处理方式及土石方平衡

本项目疏浚船舶拟利用抓斗配合泥驳。

3) 疏浚物成分分析

根据 2024 年 9 月中科检测技术服务（广州）股份有限公司出具的《中广核陆丰港口公司疏浚工程海洋沉积物采样检测技术服务项目评价报告》，疏浚物粒度主要为砂和黏土质粉砂，疏浚物属于清洁疏浚物（I 类）。

4) 抛泥区

本工程疏浚土约为 417 万方（不含炸礁 6 万方），处理考虑采用外抛的方式，主要使用自航泥驳运输，泥驳在施工现场装载疏浚物，船舶满载后利用天然航道运至指定纳泥区。

抛泥区拟选在距离工程地点 15km 处的碣石湾外倾倒区，根据生态环境部《生态环境部关于设立廉州湾外倾倒区等 4 个倾倒区的公告》（公告 2025 年第 1 号）：包括碣石湾外倾倒区，该倾倒区为 115°52'16.734"E/22°39'0.358"N、115°52'16.734"E/22°38'0.157"N、115°54'13.09"E/22°38'0.157"N、115°54'13.09"E/22°39'0.358"N 四点连线围成的海域，面积 6.19 平方公里。本项

目疏浚工程所有疏浚土均外抛至该倾倒区，平均运距约 15km，项目将依法办理相关用海手续及废弃物海洋倾倒许可证后进行施工。本工程所使用的施工船舶均安装监控录像设备及 AIS 设备，用于监控及记录施工情况及淤泥运输轨迹。抛泥路径示意图详见图 2.3-2。

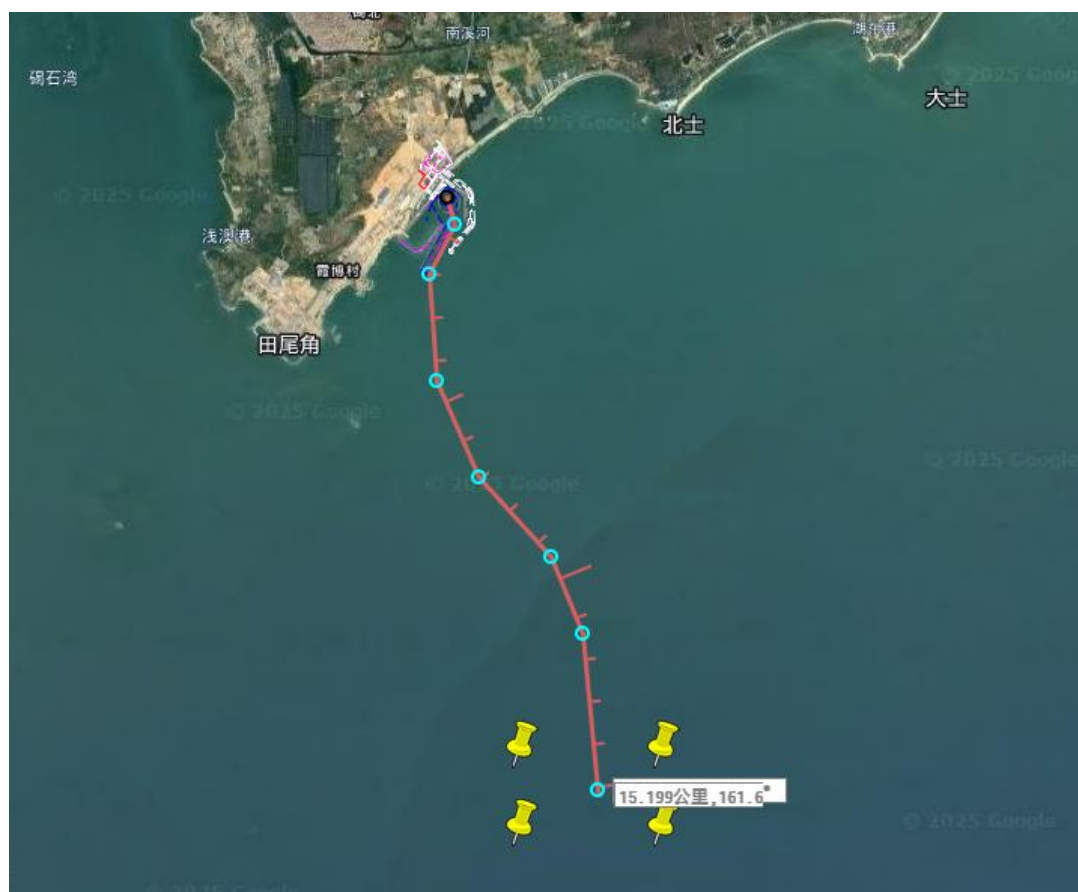


图 2.3-3 抛泥路径示意图

4) 疏浚施工

①施工流程：

本阶段采用 13m³ 抓斗船 2 艘，2000m³ 泥驳 6 艘进行水域疏浚开挖作业。

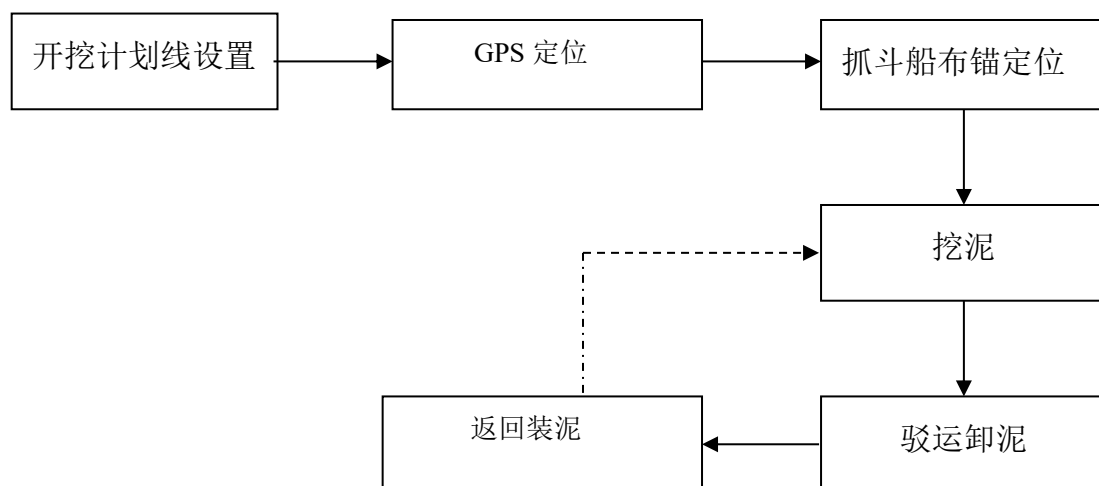


图 2.3-4 抓斗船挖泥施工流程图

②疏浚施工方法

根据疏浚水域的布置和疏浚土处理方式，港池拟采用 13m³ 抓斗挖泥船配合自航泥驳进行对港池进行疏浚。

1) 施工前进行工程控制点的测量放样。



图 2.3-5 抓斗船挖泥施工图

2) 抓斗船由操作员进行控制，首先在空中张开空斗，然后放线，依靠斗自身的重量切入泥层，严格控制切入深度，操作员操作闭合泥斗，将装满疏浚土的泥斗提升至水面以上，转动斗臂将重斗移到泥驳上方，开斗卸泥，然后再反向转动斗臂再将空斗抛入开挖点。

抓斗船左右两侧轮流停靠泥驳，待一侧泥驳装满后，抓斗船继续往另外一侧泥驳进行装驳作业。满驳泥驳按规定航线，航行至卸泥区进行抛卸，中途严禁抛卸、漏卸。抛卸完毕后返回至抓斗船一侧，等待装驳。

3) 清挖施工时按施工范围采用分区、分条、分层施工，分区根据挖泥船每抛锚一次施工长度，将航道分成若干施工区，根据每一次抛锚长度，每个施工区

长约 100m；分条宽度根据挖泥船每次清挖宽度按平行航道轴线方向布置，每条挖槽宽度根据船舶每次可挖宽度确定；分层根据挖泥船每次能清挖的厚度和施工区岩（泥）层厚度确定分几次开挖，每层开挖厚度约 1~2m，直至清挖到设计底标高为止；分区之间，分条之间必须搭接 1~2m，确保不漏挖。

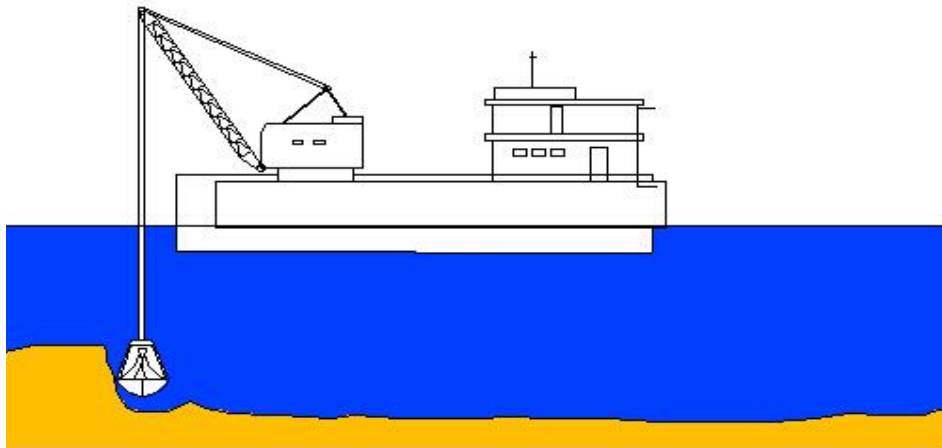


图 2.3-6 抓斗船施工示意图

4) 挖泥船定位：清挖施工时挖泥船抛四具锚，船舶抛八字锚，所抛方向与挖槽方向夹角在 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间，船尾抛交叉锚，控制船尾横移方向。并控制好下抓斗的间距，一般重叠 $1/4\sim 1/3$ 的抓斗宽度，挖泥采取扇形开挖。抓斗开口宽度以抓斗充泥“满而不外溢”为限。

5) 具体的开挖方法为：由外而内分条开挖，开挖顺序为 A→B，即 A 条逐阶梯完成分段长的边坡开挖任务后转入 B 条开挖。在施工过程中，为保证施工质量，防止出现欠挖或漏挖的现象，每条每层在开挖的过程中，应该保证有重叠开挖的区域，控制施工质量。

6) 施工区开挖物应装运至指定的区域抛卸。

③施工设备

施工机械选择：主要使用 2 艘 13m^3 抓斗式挖泥船抓土，配 6 艘 2000m^3 自航泥驳进行淤泥外运。按照抓斗式挖泥船完成一斗作业的时间为 100 秒左右，每抓斗按 90% 抓取率计，则 13m^3 抓斗式挖泥船每小时最大挖泥量约 421m^3 ；每天工作时间按 12 小时计，则日常规常规生产能力为 $5052\text{m}^3/\text{天}\cdot\text{艘}$ ，则 2 艘抓斗船平均日生产能力为： $421\times 12\times 2=10104\text{m}^3/\text{天}$ ，本工程疏浚施工工期考虑不小于 21 个月，故船机安排满足本项目施工需求。

(2) 桩基施工

1) 钢管桩制作、运输

本工程打入桩基全部采用钢管桩，钢管桩可以选择一家有资质的专业厂家进行整根制作，并以整桩验收，交验时提供有关验收资料和出厂合格证。经检验合格后可以水运到施工现场进行沉桩。

2) 沉桩施工

沉桩前详细分析地质勘探资料，沉桩需先进行浚深开挖，待开挖完成后再进行沉桩。本工程斜桩较多，应根据装船条件编排出沉桩顺序，方可确保沉桩顺利完成。

沉桩施工前须将选定的桩锤型号、规格等技术参数及施打方案等文件事先征得设计单位同意并报监理工程师审批同意，方可进行沉桩施工。定位采用 GPS 测量定位，全站仪校核。打桩应严格按照设计要求的停锤标准进行控制，设计桩端土层为砂层时，原则上按照以贯入度控制，标高作为校核，设计桩端土层为风化岩时，原则上按照高程控制，贯入度作为校核。

沉桩工艺：移船取桩→吊、立桩入龙口移船就位→调平船、调整龙口的垂直度或斜度→定位、收紧缆绳→桩自沉→测桩偏位，调整船和龙口→压上锤→测桩偏位、调整船和龙口→小冲程锤击沉桩→正常锤击沉桩→满足沉桩控制条件，停止锤击→估测桩偏位→起吊锤和替打→估测桩偏位→移船取桩。

3) 现浇桩芯不收缩混凝土

本工程桩芯不收缩混凝土施工主要指桩顶在设计标高范围内浇筑混凝土，使得上部结构混凝土和钢管桩有效连接，桩芯现浇不收缩混凝土等级为 C40。

沉桩施工结束后，经过夹桩铺底、切割桩头而后进行浇筑桩芯混凝土的工程施工。

钢筋在后方场地加工制作并绑扎成型，并在钢筋笼的上部桩顶位置焊上挂钩。运到现场后，用方驳吊机安装到桩内并挂在桩的侧壁上。吊装前用水泵将桩内余水抽干。采用水上混凝土进行桩芯混凝土浇筑。

4) 灌注桩施工

引桥靠岸侧排架采用灌注桩作为基础，灌注桩施工时须搭设水上工作平台，下钢护筒，冲锤成孔，然后孔内水下浇筑灌注桩。

(3) 码头及引桥上部结构施工

码头及引桥工程混凝土结构分现浇和预制两部分，其中现浇部分包括现浇墩台、现浇横梁、现浇立柱、现浇磨耗层、现浇护轮坎等；预制部分包括预制靠船构件、水平撑等混凝土构件。

1) 主要施工方法

码头墩台为现浇整体的大型钢筋混凝土结构，均需要设置浇筑施工平台，施工难度大，因此，现场需配备专门船机设备进行分工作业，配备专业队伍进行专业施工，克服困难，保证施工进度、质量和安全。

考虑到现场施工条件，并为了节省工作时间，增加工作效率，钢筋采用岸上加工成半成品运至现场进行绑扎，钢筋加工绑扎时必须确保钢筋规格、钢筋间距符合设计要求。现浇混凝土均为水上浇筑，采用塑料薄膜加湿麻袋养护，养护时间不少于 14d。施工时注意各预埋件准确埋设，避免错埋、漏埋。

2) 砼表面防腐

为保证混凝土结构的耐久性，本工程钢筋混凝土结构均采用 C40 等级混凝土，适当增加混凝土保护层的厚度、减小水灰比，提高混凝土的密实度，掺加减水剂，同时对临水混凝土构件采用硅烷浸渍防腐保护。

3) 附属设施安装

系船柱、橡胶护舷等的安装待码头主体的施工达到安装条件后进行施工，宜集中安装。安装时是先通过水上运输到码头的适当位置后，再利用码头上吊机进行安装，人工连接专用吊装锁具配合。为保证其质量，必须向生产厂商索取产品出厂合格证书和有关试验资料，经检查完全符合本技术规格书的要求方可验收。

(4) 防波堤施工

防波堤工程整体施工顺序为：预制扭王字块体—>推填堤心石—>堤脚铺设土工格栅、土工布—>堤脚抛填二片石垫层—>抛填护底块石—>抛理垫层块石—>安装扭王字块体。

1) 抛填堤心石

堤心石用自卸汽车采用陆上推进的方法施工，推（抛）填块石断面轮廓线不得小于设计断面，坡面坡度应符合设计要求；

陆上推填时，可视水深、地基承载力和波浪影响情况，一次抛填到顶或分层阶梯状抛填到顶；

每段堤心石的推（抛）填完成后，应及时理坡并覆盖垫层块石及护面块体。堤心石和垫层块石的推（抛）填的暴露长度应控制在 50m 以内。

2) 抛填护底二片石

采用水上抛填方法施工，计划采用平板驳搭配长臂挖掘机进行抛填。抛填前进行试抛，根据水流抛填前进行试验段施工，分析水流对抛填块体位置的影响，抛填时勤打水陀，对照水位进行抛填厚度控制，保证施工质量。

3) 块石垫层抛填及理坡

水下部分抛填时勤打水陀，对照水位进行抛填厚度控制，垫层块石抛填完毕后，水下部分拟采用水上挖掘机（平板驳+挖掘机）低潮时进行理坡，陆上部分采用长臂挖掘机上堤在陆上进行理坡。

4) 护底块石抛填

护底块石施工采用定位船定位，由自带 GPS 定位系统平板驳船配反铲挖掘机进行抛填。抛填护底块石方向平行于防波堤轴线，抛填时勤打水陀，对照水位进行抛填厚度控制，保证施工质量。

5) 护面块体安放

护面扭王字块在预制完成后，在堆场养护、堆放，待其强度达到设计强度的 100%后方可出运，扭王字块在堆场由履带吊起吊，由平板车转运至码头上驳，由船浮履带吊进行水下安装。

(5) 护岸施工

1) 基槽开挖

基槽挖泥要分段进行，分段可按 30-50m 进行控制（可根据现场实际情况适当调整）。开挖时控制好开挖平面位置及深度，并对土质及挖泥深度进行校核，根据勘察报告，需挖除的土质主要为粉细砂，考虑临时开挖，选择以 1: 2 边坡开挖至设计标高。

2) 堤身及护脚施工

①堤心石

堤心石抛填时，宜从中间往两侧进行。堤心石由陆上抛填，每段堤心石抛填完成后，应及时理坡并覆盖垫层块石和护面层，堤心石的暴露长度宜按 30m~50m 控制。块石抛填及理坡后的实际断面线与施工控制断面线的允许偏差应满足规范

要求。

②护面垫层块石

护面垫层块石可采用自卸车进行陆上抛填方法，用挖掘机进行理坡。块石抛填及理坡后的实际断面线与施工控制断面线间的允许偏差应符合规范规定。

③护面块体

护面块体可采用吊机陆上推进安装。护面块体安放前，应对块石垫层进行检查和必要修整。护面块体应自下而上安放，底部块体应与护脚棱体接触紧密。

3) 浆砌块石施工

①浆砌块石挡墙

砌体宜采用分段分层坐浆砌筑，分段位置尽量设在沉降缝或伸缩缝处，各段水平砌缝确保一致。挡墙需设置沉降伸缩缝。砌筑时块石应上下错缝、内外搭砌，块石之间不宜直接接触，砌筑砂浆强度应满足设计要求。浆砌块石的施工缝，应留阶梯形接茬，其台阶高度不宜大于 1.2m。本工程采用的砌筑砂浆为 M20，勾缝砂浆 M30。砌缝砂浆应饱满，勾缝应密实牢固，勾缝保持块石砌合的自然接缝，力求美观、匀称、块石形状突出，表面平整。

②浆砌块石护面

料场采购时注意选择石料，石料呈块状，至少有两个面基本平行，且面积规格小于要求的毛石（又称片石），可以用于塞缝，用量不得超过该处砌体总量的 10%。单块重量应小于 50Kg。厚度不得超过 35cm。为获得好的砌筑质量尽可能选择大块石人工化解砌筑。浆砌块石应采用坐浆法砌筑，块石之间不宜直接接触，本工程采用的砌筑砂浆为 M20，勾缝砂浆 M30。

4) 倒滤层施工

浆砌块石挡墙段墙后抛石棱体后方设置倒滤层，为 0.5m 厚二片石垫层和 0.6m 厚混合倒滤层，倒滤层上铺设 2 层土工布。土工布铺设前应对基层进行清淤、整平，表面不得有尖角，搭接长度不小于 1.0m。土工布铺设后，应及时覆盖保护层或进行上部施工，回填顺序宜由坡底向坡顶方向进行。

5) 回填料施工

浆砌挡墙结构段护岸的倒滤结构后方的回填料主要为开山石，含泥量不大于 10%，分层回填碾压

6) 现浇胸墙施工

现浇胸墙采用现场浇筑方式，宜在抛石堤身和地基沉降基本稳定后施工。现浇胸墙宜分段施工，沉降缝宽度 20mm，分缝两端设置永久沉降位移观测点。现浇胸墙与抛石堤身接触处应防止漏浆。

7) 压顶混凝土施工

本项目浆砌块石挡墙上方设置压顶混凝土，宜在墙身和地基沉降基本稳定后施工。压顶混凝土宜分段施工，分段长度与浆砌块石挡墙分段长度一致，沉降缝宽度 20mm，分缝两端设置永久沉降位移观测点。

(6) 其它配套工程

其他配套工程包括房建、给排水、供电照明、控制、通信工程等，其施工多采用常规方式，可视相关工程的进度情况交叉安排施工。

(7) 施工设备

本项目主要施工设备详见下表。

表 2.3-3 主要施工设备一览表

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	抓斗式挖泥船	13m ²	艘	4	
2	自航泥驳	500~1000m ³	艘	16	
3	打桩船		艘	2	
4	驳船+吊机船组	600~2000t	艘	3	
5	搅拌船		艘	1	
6	锚（机）艇	90~175kW	艘	4	
7	液压插板机	最大打设深度不小于 45m	台	8	
8	水泥搅拌桩机	双轴	台	3	
9	钻机	钻探深度不小于 50m	台	3	

2.3.2.4. 土石方平衡

本项目港池、航道疏浚土约 417 万 m³，水域基槽开挖土约 25.4 万 m³，疏浚土和基槽开挖土方全部考虑外抛，总外抛量 442.4 万 m³。外抛地点拟选在碣石湾外倾倒区，建设单位应在本项目环评获得批复后，向生态环境主管部门提交废弃物海洋倾倒许可证申请。由生态环境管理部门委托相关技术单位开展抛泥区选划和增容的相关评估工作，并根据技术评估结论对可用倾倒区及每年倾倒量进行最终批复。建设单位后续依据管理部门批复及评估工作给出的开展土方外抛工作。工程水工结构及地基处理所需砂石料均需外购。

表 2.3-4 本工程土石方平衡统计表

序号	陆域形成	项目	方量 (万 m ³)	备注
1	陆域部分	陆域场地挖方	57.0	
2		陆域场地填方	7.0	
3		场地地基沉降补土	12.2	
4		护岸挖方	1.9	
5		陆域弃土方	39.7	外运
6		护岸回填砂	2.3	外购
7	水域部分	港池、航道疏浚土	417.0	
8		基槽开挖	25.4	
9		水域弃土方	442.4	外抛
10		防波堤填筑石料	160.1	外购

2.3.3. 施工进度计划

本项目施工工期为 36 个月，其中主要控制工期的项目为港池疏浚与码头主体工程，涉及到较多的泊位施工，工程建设应严格按照总的进度要求，及时进行组织协调，保证施工有条不紊地进行，并进行合理的分段流水施工作业。

表 2.3-5 施工进度安排表

序号	项目	建设期（月）																																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	施工准备																																					
2	码头工程																																					
2.1	桩基施工																																					
2.2	上部结构施工																																					
2.3	安装码头附属设施																																					
3	引桥工程																																					
3.1	预制梁、板																																					
3.2	桩基施工																																					
3.3	现浇横梁																																					
3.4	上部结构安装																																					
4	防波堤工程																																					
4.1	抛填堤心石																																					
4.2	抛填护底块石																																					
4.3	护面块体安装																																					
5	疏浚工程																																					
6	陆域形成及地基处理工程																																					
7	道路堆场工程																																					
8	土建工程																																					
9	装卸设备安装工程																																					
10	设备调试及试运行																																					
11	交工验收																																					

2.4. 项目用海需求

2.4.1. 项目申请用海情况

汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程用海类型为交通运输用海，用海方式为构筑物、围海及开放式用海。用海面积为 108.3144 公顷。项目宗海位置图可见图 2.4-1，项目宗海界址图可见图 2.4-2，项目宗海界址点(续)可见图 7.3.2-3。

本项目码头工程申请用海期限为 50 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

图 2.4-1 项目宗海位置图（涉密，不公开）

图 2.4-2 项目宗海界址图（涉密，不公开）

图 2.4-3 项目宗海界址点（涉密，不公开）

2.4.2. 项目申请用海期限

本项目码头工程申请用海期限为 50 年。

2.5. 项目用海必要性

2.5.1. 项目建设必要性

（1）项目的建设是促进国家能源结构转型，保障国家能源安全，节能减排，助力“双碳”目标实现的重要举措。

国家发展改革委、国家能源局印发的《“十四五”现代能源体系规划中》提出，“十四五”时期是为力争在 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和打好基础的关键时期，必须协同推进能源低碳转型与供给保障。通过鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局，加快发展风电，规划了山东半岛、长三角、闽南、粤东、北部湾五大千万千瓦级海上风电基地集群，并要求重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。

截止 2023 年，汕尾已经并网的 140 万千瓦，广东省“十四五”规划场址中，汕尾纳入规划的海上风电装机规模总共 1040 万千瓦，是全省唯一既有省管海域也有国管海域场址的地市，汕尾还将规划 2255 万千瓦的深远海海上风电场址，海上风电场址开发总规模达到 3435 万千瓦。未来汕尾千万千瓦级风电基地建成后，将主要以本项目为依托。参考海上风电场节能指标，每年可提供清洁电能约 118148.3GWh。与燃煤电厂相比，按替代标准煤耗 301.5g/kWh 计算，每年可节

省标煤消耗约 3560.0 万 t。本风电场建成后，每年可以减少 CO₂ 排放量约为 9479.37 万 t、烟尘 3616.85t、SO_x12658.52t、NO_x18083.14t。对国家生态环境保护、能源供应保障、新型电力系统构建及清洁能源产业发展、双碳目标实现均具有积极促进意义。

（2）项目的建设是推动省内海上风电产业集聚发展，支撑广东省建设汕尾千万千瓦级海上风电基地的需要。

《广东省能源发展“十四五”规划》中强调，充分利用海上风能资源丰富的优势，加快海上风电规模化开发。加快建设阳江海上风电全产业链，以及粤东海工、运维及配套组装基地建设，积极推进产城融合，着力打造风电产业生态系统，打造国际风电城。以省内风机骨干企业为引领，利用超大市场优势，做大做强海上风电装备制造业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展。加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

项目建设有助于降低企业运输成本，保障海上风电场建设和运维，构建港产协同模式下的世界级海洋装备产业港，打造汕尾临港产业新增长极。《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》规划粤东海上风电总装机容量 5415 万 kW，包含：近海 35m 水深以内浅水区风电场 415 万 kW；近海 35-50m 深水区 5000 万 kW。截止 2023 年，广东省海上风电装机规模突破 1000 万 kW。广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2023-2025 年）提出打造广东海上风电基地，到 2025 年底全省累计投产海上风电装机约 1800 万 kW，全省海上风电整机制造年产能达到 900 台（套）。意味着 2024 年和 2025 年年均海上风电装机 400 万 kW，相当于广东省海上风电母港提供约 2.7 倍于丹麦埃斯比约港海上风电服务量（埃斯比约港 2017 年至 2022 年年均吞吐海上风电装机容量 112.8 万 kW，其中 2019 年高达 150 万 kW。）。如到 2030 年完成规划 6685 万 kW 装机容量开发，2026 年至 2030 年年均海上风电装机实现 977 万 kW，海上风电母港服务能力需再扩大近 1.5 倍。汕尾港陆丰港区田尾山作业区建有 2 个码头（3 个泊位），总长 361m，规模相对粤西规模较小，风电母港亟需扩容，以适应未来

大规模风电建设和 25 年运营期内超过 1000 台海上风电机组运营的需要。

（3）项目的建设是汕尾市培育发展战略性支柱产业集群和战略性新兴产业集群的重大举措，是推动汕尾市先进装备制造业创新和高质量发展的需要。

《广东省制造业高质量发展“十四五”规划》《广东省人民政府关于培育发展战略性支柱产业集群和战略性新兴产业集群的意见》（粤府函〔2020〕82 号）、《汕尾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》以及《汕尾市制造业高质量发展“十四五”规划》明确提出海洋工程及装备制造是汕尾市“四大”战略性主导产业布局之一，陆丰海洋工程基地一期工程依托汕尾明阳新能源科技有限公司、南海海缆有限公司、青岛天能重工股份有限公司、广东长风新型能源装备制造有限公司形成了海上风电主产业链全链条产业园，随着海上风电技术突破，风电机组功率向大型化方向发展明显，现有码头基础设施无法满足企业技术突破的需要，如明阳智能（601615）发布 18 兆瓦全球最大海上风电机组 MySE18.X-28X，并在汕尾粤东漂浮式海洋能源智能智造基地下线全球最大漂浮式海上风电机组 MySE16.X-260。MySE18.X-28X 机组将搭载超 140 米叶片，其叶轮直径超 280 米，最大扫风面积 66052 平方米，相当于 9 个足球场大小。风机产品的下线进一步提升了包括大型偏航变桨轴承制造、齿轮箱及发电机制造、大型铸件制造等在内的国内高端装备全产业链制造能力。

（4）项目的建设是充分依托现有海洋与渔业资源，促进广东省海洋牧场产业快速发展的需要。

2015—2022 年，广东获批建设珠海万山海域、汕尾龟龄岛东海域、汕头南澳岛海域、汕尾遮浪角西海域、陆丰金厢南海域、阳江山外东海域、茂名大放鸡岛海域、遂溪江洪海域、湛江硇洲岛海域、珠海外伶仃海域、深圳大鹏湾海域、惠州小星山海域、阳西青洲岛风电融合海域、吴川博茂海域、阳江南鹏岛海域等 15 个国家级海洋牧场示范区。广东已有的 15 个国家级海洋牧场示范区均为养护型，面积合计 1250.45km²，占全国养护型海洋牧场示范区总数（42 个）的 35.71%，拟建礁 127.62 万 m³，海藻场面积 92.21hm²，增殖放流各类水生生物 54 亿尾（粒、只）。

汕尾市海、淡水资源充沛，水质优良，辖区渔场水产资源丰富，拥有全国四大渔场之一的汕尾渔场，3 个国家级海洋牧场示范区。依托现有海洋与渔业资源，

汕尾大力发展海洋牧场产业，包括筏式藻类种植增养区、筏式藻类种植增养区、人工渔礁区等，其中在建汕尾遮浪角西海域国家级海洋牧场示范区项目，以点带面，促进海洋牧场产业快速发展。随着汕尾市先进装备制造业、海上风电、海洋牧场等产业的发展，件杂货形态的机械设备电器、运维物资等重大件水运出运需求将持续增长，需要新建码头满足设备和运维物资出运需要。

（5）项目的建设是汕尾市锚定“做实做强西承东联桥头堡，全力打造东海岸重要支点”发展定位，推动高质量发展再上新台阶的重要举措。

2024年6月，广东省省委主要领导到汕尾调研，赋予汕尾“西承东联桥头堡、东海岸重要支点”新的战略定位。

汕尾可充分发挥西承粤港澳大湾区辐射、东联汕潮揭都市圈的区位优势，为整个粤东区域的互通互联，优势互补作出巨大贡献。同时，汕尾拥有拥有公铁水等综合交通运输便利条件、具有良好发展条件和巨大潜力，是区域发展的联结枢纽、是推进对外开放、互利合作的重要平台。汕尾市目前拥有“全球最大的18兆瓦海上风电机组，全球最大16兆瓦漂浮式海上风电机组，全球最长128米叶片”，形成了先进装备制造和海上风电集群，汇聚成千亿级的经济产业带。

《汕尾市贯彻落实<广东省扩大内需战略实施方案>的工作方案》中提出，构建“风光水火核储”一体化全业态新型综合能源体系，全力打造汕尾绿电创新实验区。大力发展海上风电，加快打造海上风电装备制造全产业链基地。积极推进红海湾海上风电场址（200万千瓦）以及国管海域海上风电场址（400万千瓦）建设。

汕尾市依托海洋经济，发展新的增长点，狠抓特色产业，规划20片海洋牧场，创新“飞海”开发等机制，导入中广核等建设“风渔旅融合”项目，引进挪威巴林渔业等链主项目，为高质量发展、加快培育和发展新质生产力注入了源源活力。

（6）项目的建设是振兴汕尾海陆丰革命老区的需要。

国务院关于新时代支持革命老区振兴发展的意见（国发〔2021〕3号），提出支持革命老区振兴发展纳入国家重大区域战略和经济区、城市群、都市圈相关规划并放在突出重要位置,加强革命老区与中心城市、城市群合作,共同探索生态、交通、产业、园区等多领域合作机制。支持海陆丰革命老区深度参与粤港澳大湾区建设。支持将革命老区公路、铁路、机场和能源、水利、应急等重大基础设施

项目列入国家相关规划,具备条件后尽快启动建设,促进实现互联互通。中共广东省委 广东省人民政府《关于进一步推动我省革命老区和原中央苏区振兴发展的意见》（粤发〔2019〕11号）提出各级党委和政府要切实加大对老区苏区振兴发展的支持力度，加快推进基础设施和民生保障项目建设，不断提高老区苏区发展能力。省重点支持原中央苏区和海陆丰革命老区（以下简称重点老区苏区）。新增地方政府债券向老区苏区重大基础设施建设倾斜。统筹优化老区苏区重大交通基础设施站点布局。对国家和省统一部署的国家干线铁路、高速公路、机场、港口、码头、水利工程、生态环境保护等重大项目资本金，加强省级统筹，免除重点老区苏区出资责任。本项目是重大港口基础设施项目，符合国务院和中共广东省委、广东省人民政府关于新时代支持革命老区振兴发展的意见。

（7）项目的建设充分利用汕尾港口资源发展海上运输，振兴和发展汕尾港，完善汕尾港产业服务功能，是打造珠三角世界级港口群重要节点的重要举措。

汕尾市沿海岸线总长度 455.2km，有碣石湾及红海湾等多处大型天然港湾，面向南海，具有适合建设大、中型深水港口和发展海上交通运输的优越条件。早在 1919 年，孙中山在《建国方略》（之二），就提出“把汕尾作为建设沿海商埠及渔港”。汕尾也以港作为立市之本。1962 年汕尾港率先成为我国对外开放的 16 个港口之一。近期由于大型电厂企业落户汕尾，才使大型深水泊位得到发展。已建码头主要是服务于红海湾电厂、华润电厂和甲湖电厂的 3 个 10-15 万吨级专用煤炭泊位。除此之外，还有 29 个中小型企业码头，多处于半停顿状态。近期启动了白沙湖 1#、2#、3#1-7 万吨级公共物流码头建设。本项目建设 6 个 1-5 万吨级通用泊位，重点服务海上风电产业，对构建港产融合模式下的海洋装备产业港，建设华南沿海规模最大、综合功能最齐全、集约度最高的世界级海上风电母港，完善汕尾港产业服务功能有重要意义。

2.5.2. 项目用海必要性

本项目作为码头工程，需占用一定水域进行船舶航行、停泊、接卸等作业势必需要占用一定面积的海域。本项目建设一个 950m 长的码头平台，布置装卸船机械设备，建设长 2221.0m 的防波堤，本项目还包括港池、回旋水域和航道，必将占用一定的海域。

为加强汕尾港口资源发展海上运输，振兴和发展汕尾港，完善汕尾港产业服务功能，促进国民经济和社会发展，加强和合理利用海洋资源，提高海域使用频率，遏制海洋生态系统恶化，改善海洋环境质量，满足海洋功能区划的海洋开发利用的需要，实现海域的合理开发和可持续利用。

综上，本项目建设是非常必要和紧迫的，项目码头、防波堤、港池、回旋水域和航道必将占用一定的海域，因此，项目用海是必要的。

2.6. 中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目回顾性分析

2.6.1. 工程总平面布置

中广核陆丰海洋工程基地水工工程水工构筑物包括 2 座引桥、2 座码头、3 个泊位、1 座防波堤及相应配套设施，其中，1#引桥和 2#引桥连接 1#码头，设置 1#泊位和 2#泊位，2#码头为突堤式码头，设置 3#泊位。1#引桥长 312m，2#引桥长 300m，1#码头长 206m，2#码头长 155m，靠船段 155m。防波堤总长度 1355m。

工程水域部分包括 3 个泊位的停泊水域、回旋水域、进港航道，以及 1#码头边界点、2#码头回旋水域切线与出港航道所围成的区域。

2.6.2. 工程占用海岸线、滩涂和海域状况

根据中广核陆丰海洋工程基地水工工程海域使用论证报告，工程用海总面积为 41.2238 公顷，其中非透水构筑物（防波堤）用海面积为 13.1773 公顷，透水构筑物用海面积为 1.4525 公顷（码头 1 用海面积为 0.9307 公顷，码头 2 用海面积为 0.511 公顷，绞揽墩用海面积为 0.0036 公顷，靠船墩 1 用海面积为 0.0036 公顷，靠船墩 2 用海面积为 0.0036 公顷），港池、蓄水用海面积为 26.594 公顷（港池 1 用海面积为 0.8015 公顷，港池 2 用海面积为 0.8881 公顷，港池 3 用海面积为 24.9044 公顷）。

本项目占用岸线 250m，其中：两个码头占用岸线 48m，港池申请范围占用岸线 202m。

2.6.3. 项目疏浚概况

中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目疏浚工程疏浚水域包括停泊水域、回旋水域及航道，疏浚工程量包括网格工程量、超宽超深工程量及施工期回淤量，

疏浚总面积为 22.3 万 m²，总疏浚量为 79.74 万方。其中，1#码头停泊水域、2#码头停泊水域和 2#码头回旋水域设计底高程分别为-9.8m、-9.2m 和-8.8m。

根据中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目疏浚工程施工安排，项目疏浚工程施工频次约为每年一次，疏浚施工期为每年 6~8 月。

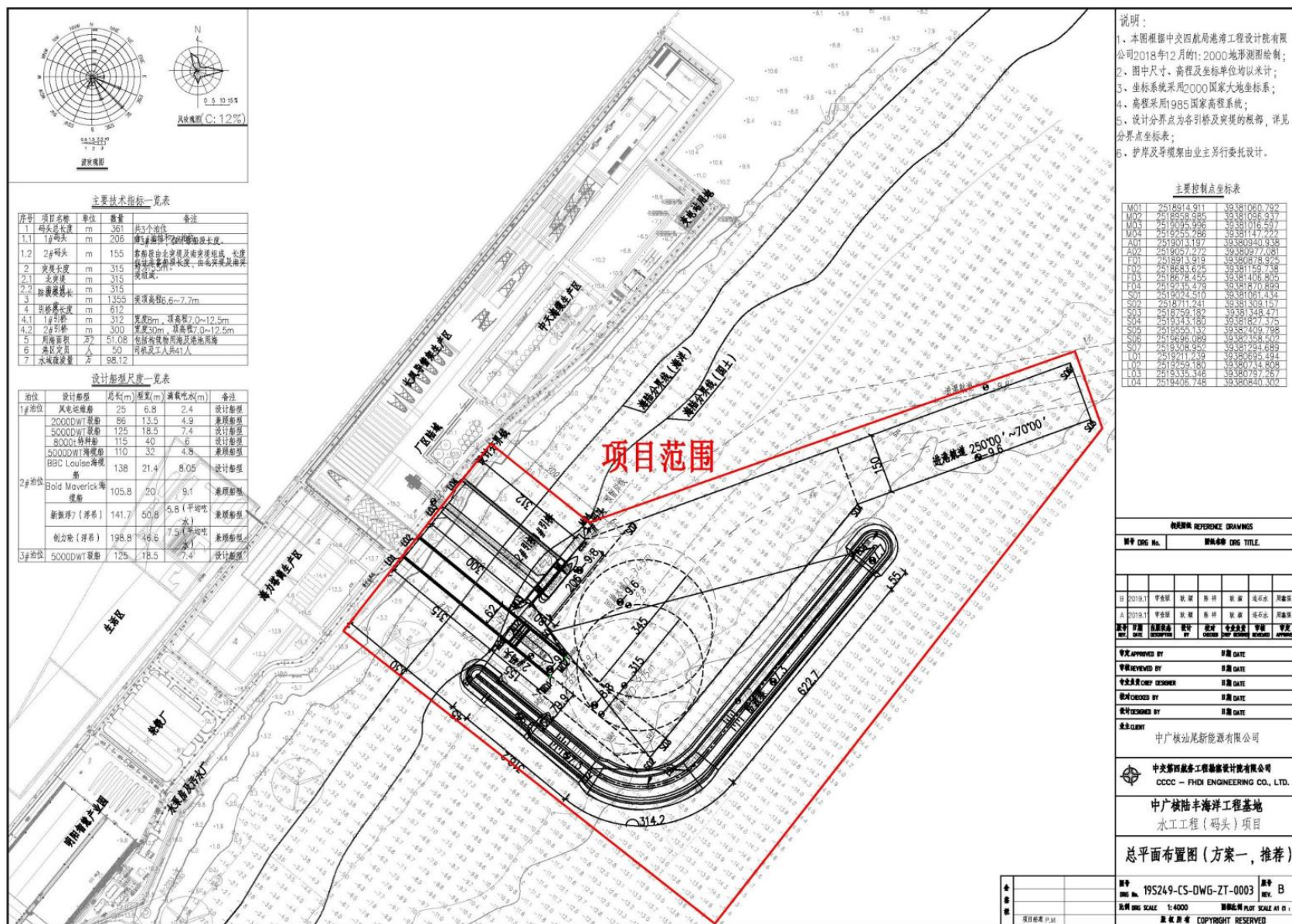


图 2.6-1 中广核陆丰海洋工程基地水工工程总平面布置图

中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目宗海界址图

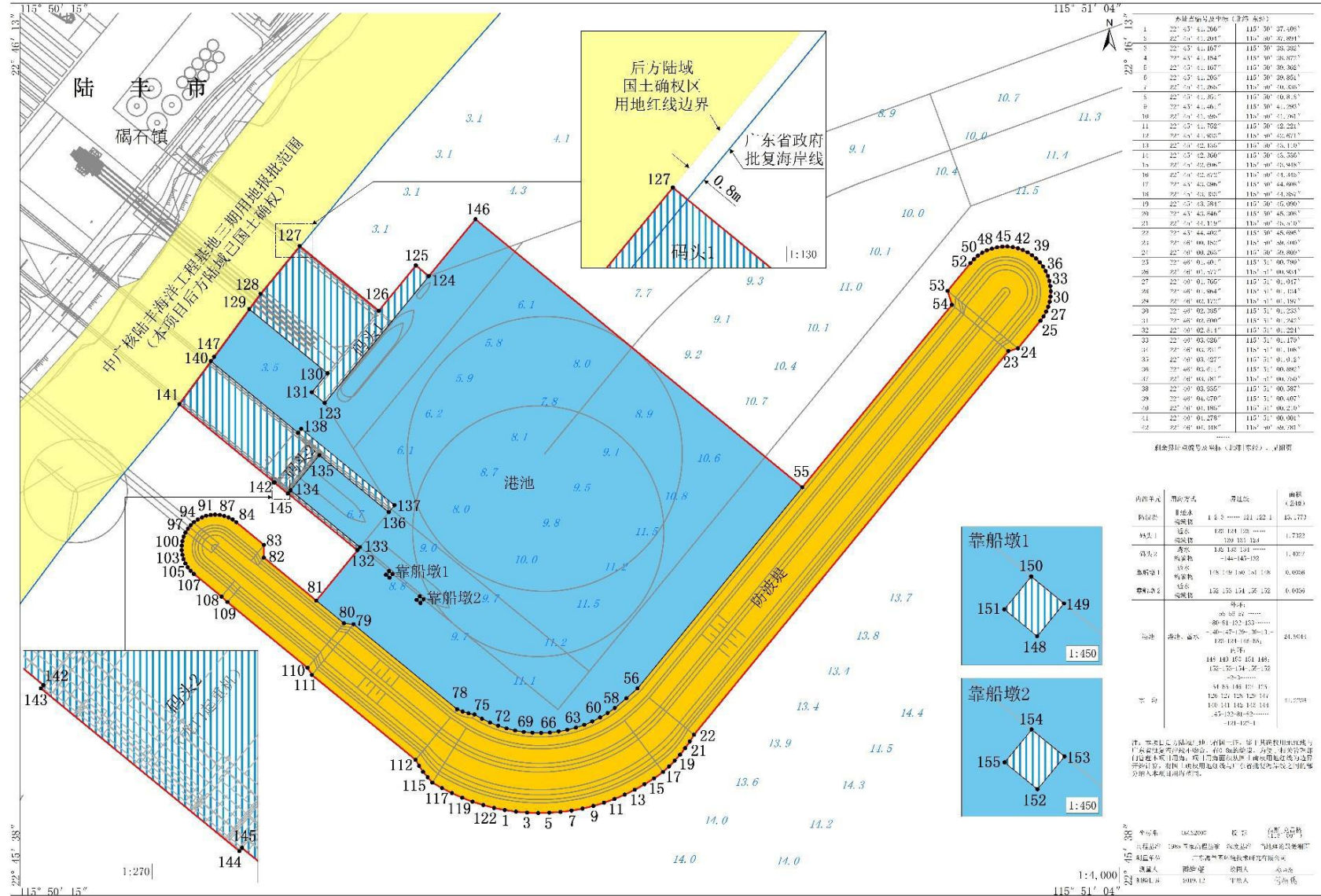


图 2.6-2 中广核陆丰海洋工程基地水工工程宗海界址图

2.6.4. 项目生态影响分析

根据《中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目环境影响报告书》，中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目生态影响主要包括水动力、地形地貌与冲淤、海水水质和海洋生态环境。

2.6.4.1. 水文动力环境影响

中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目完成建设后，海流绕防波堤流动，防波堤掩护区以及阻挡区的东北沿岸、防波堤的西南沿岸流速有所减少，防波堤外东南海域流速有所增大，1000m 以外流场基本不变。

2.6.4.2. 地形地貌与冲淤环境影响

中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目完成建设后，防波堤内淤强较轻，年回淤约 0.15m，防波堤外南部略有冲刷，年冲刷为 0.1m。防波堤建成后，掩护区岸线以淤积为主，防波堤外海岸潮流动力略有下降，波浪动力基本不变，冲淤将保持目前的冲淤态势，变化较小。

2.6.4.3. 海水水质环境影响

项目建设对海水水质的影响主要在施工期。工程施工作业产生的悬沙主要分布工程施工海域，悬沙浓度大于 10mg/L 的整体包络线面积为 1.627km²，最大为距离防波堤西南 900m。悬浮物扩散核心区仅限于作业区附近。由于施工所产生悬浮泥沙影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

2.6.4.4. 生态环境影响

中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目建设导致底栖生物直接损失量约为 3.994t，造成潮间带直接损失量约为 0.0143t，工程施工悬浮泥沙影响导致鱼卵损失 2.78×10^8 粒，仔稚鱼损失 1.99×10^6 尾，游泳动物损失 733.34kg。本项目用海需对海洋生物资源造成的损害进行补偿的总金额约为 639.7179 万元。

2.6.5. 工程后岸滩变化

海工基地海岸的侵蚀/淤积演化过程总体可分为 3 个阶段：2015 年之前工程

区岸段总体保持较为稳定冲淤动态平衡状态；2015 至 2021 年工程区岸段沙滩出现大幅度快速侵蚀后退现象；2021 年之后，工程区砂质岸线演化格局进一步发生变化，开始呈现港口后方海岸明显淤积、港口两侧海岸侵蚀加剧趋势。

受控于主波向和海岸走向的相对位置关系，历史上工程区海岸存在一定程度的背景侵蚀输沙，得益于防护林-沙丘-海滩构成的天然防护体系，岸线蚀退并不显著，海滩地貌总体能维持侵蚀和淤积动态平衡；2015 年开始，由于海岸沙丘和沿岸防护林遭受较大程度破坏，以及潜在的岸滩和近岸采砂行为，导致短期内工程区海滩-沙丘地貌系统的沉积物收支严重失衡，迫使海岸通过向陆快速蚀退、侵蚀海岸后方土地来弥补海岸带系统内沉积物流失；其后几年海岸持续向陆蚀退以寻求与当地动力、物源条件相适应的新的岸滩地貌平衡形态 2021~2023 年间，工程区陆续实施港口和护岸工程，两项工程对砂质海岸地貌演变造成一定影响，主要如下：

（1）港口工程

港口工程包含 L 型离岸防波堤结构，该结构体对局部区域波浪传播和输沙过程造成显著影响。入射波浪传向海岸时，经离岸防波堤绕射，在堤后波高减小、波能扩散，形成波影区；防波堤两侧海岸波高增大、波能辐聚。总体上，受防波堤影响，工程区沿岸波能分布不均，形成堤两侧高、堤后方低的波能分布梯度。沿岸输沙在堤后波浪掩护区内由于动力减弱逐渐向海淤积形成沙岬（图 2.6-4），而波浪掩护区以外的两侧岸段，由于波能梯度诱发的堤两侧往堤后方的持续性输沙，导致海岸向陆蚀退或滩面持续蚀低，形成较强的侵蚀热点。

（2）护岸工程

硬质护岸工程修建后，有效防止了港口防波堤两侧的岸线进一步向陆蚀退，保护了海岸后方土地资源和已建设施安全，对工程区海岸侵蚀防护起到正面作用。值得注意的是，由于岸线受硬质护岸固化无法进一步向陆蚀退，将以沙滩滩面下蚀、潮间带高程降低为典型侵蚀特征。

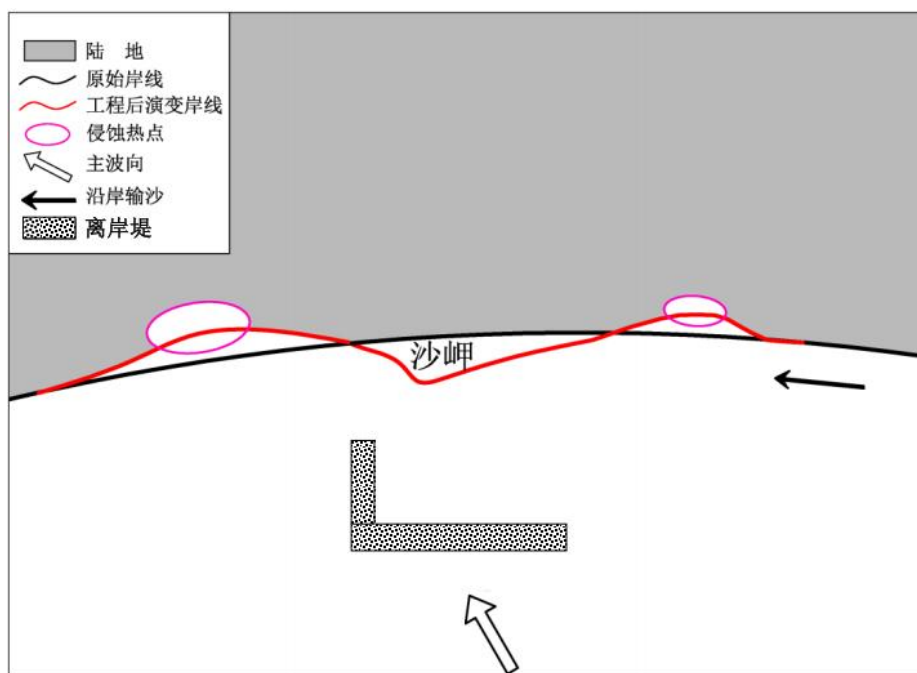


图 2.6-4 离岸堤影响下的海岸地貌变化示意图

3. 项目所在海域概况

3.1. 海洋资源概况

3.1.1. 海岸线资源

汕尾市是广东省下辖地级市，位于广东省东南沿海，东邻揭阳，西连惠州，北接河源，南濒南海。汕尾市岸线曲折，港口众多，全市海岸线长 455.2 千米，占全省岸线的 11.1%，居全省第二位、粤东地区第一位，具有较大的发展空间。拥有海岛 881 个，居全省第一，其中有 430 个海岛收入《中国海域海岛标准名录》，居全省第一，是南海优良渔场之一，拥有中国最大滨海潟湖——品清湖。

陆丰市岸线曲折，港口众多，海岸线长 116.5km。沿海有乌坎、甲子、碣石、湖东、金厢 5 个港口，平均 23.3km 海岸线陆丰市风光有 1 个港口，其密度比世界经济大国日本（平均 25km 海岸线有 1 个海港）还要密。如今建有千 t 级码头 2 座，还有可建 3000-5000t 级码头泊位 100 多处，已于 1997 年 3 月 3 日正式对外通航；甲子港是一个泻湖港，航道水深 3-4m，是对外开放口岸装卸点和广东省 10 大渔港之一；碣石港海域面积达 5500km²，海洋鱼类资源丰富，海防位置十分重要，早在明洪武二十二年（1389 年）就设有卫建城，为国家级渔港，有可建万吨级以上码头、泊位多处。现投资 4000 多万元建设的 5000t 级碣石港成品油专用码头已经投入使用。

3.1.2. 滩涂资源

汕尾全市大陆架内（即 200 米水深以内）海域面积 2.39 万平方公里，相当于陆地面积的 4.5 倍，是海捕渔船的主要作业场所。10 米等深线内浅海、滩涂 6.96 万公顷（浅海 6.66 万公顷，滩涂 0.30 万公顷）。

3.1.3. 岛礁资源

汕尾市濒临南海，海域辽阔，海岸线长，近海岛屿众多。

汕尾市海岸线自陆丰与惠来县南海农场交界处至海丰县小漠乌山全长 455.2 公里。全国著名的汕尾渔场，面积达 3.5 万平方公里。据《中国海岛志·广东卷第一册》记载，汕尾市近海海域有岛（礁）311 个，其中有居民岛 2 个，无居民岛（礁）309 个。海岛总面积 79.6 平方公里，岛岸线长 12.82 公里，面积大于或等于 500 平方米的岛（礁）93 个。根据 2005 年版《海丰县志》和 2007 年版《陆

丰县志》记载的岛屿名录共有 74 个。其中陆丰县 17 个。具体名称是：陆丰县：甲子屿岛、叠石岛、东白礁岛屿、大礁母岛、宫仔岛、赤礁东岛、大士岛、羊仔岛、北士岛、渔翁礁、眼礁岛、东桔礁岛、西桔礁岛、刺礁岛、头干岛、白礁岛、黑大礁岛。

汕尾市位于海岛保护区的粤东区，规划范围有 2 个区，分别是红海湾区、甲子湾—碣石湾沿岸区。该区域共有海岛 428 个，其中，有居民海岛 2 个，无居民海岛 424 个，列入国家第一批可开发利用无居民海岛有 2 个。

3.1.4. 港口资源

汕尾港地处惠州市与揭阳市之间沿海，毗邻港澳，是华南地区便捷的海上门户，区位优势明显自然条件优越，水陆交通方便。1962 年，汕尾港成为我国率先对外开放的 16 个港口之一，经过 40 几年的发展，汕尾港现有汕尾、汕尾新（红海湾）、海丰和陆丰 4 个港区，其中汕尾港区为国家一类口岸，陆丰港区为国家二类口岸。汕尾新港区已于 2009 年 11 月 20 日由国务院批准作为对外开放的口岸，该口岸现正在进行配套设施建设，迎接国家、省主管部门的检查和验收。进入二十一世纪后，招商引资力度逐渐加大，大型企业开始纷纷落户汕尾，港口发展得到进一步的加强，特别是大型深水泊位开始出现，汕尾新港区建成了汕尾电厂 70000DWT 散货泊位，海丰港区建成了华城 3000DWT 石化泊位。截至 2017 年底，汕尾港共有各类生产泊位 30 个，全港综合通过能力约 1903 万吨。汕尾港在建码头主要位于海丰港区和陆丰港区，包括小漠国际物流港一期工程及陆丰海洋工程基地配套码头工程，此外陆丰甲湖湾电厂配套码头工程已于 2020 年竣工验收。

根据《汕尾港总体规划》（2021-2035 年），汕尾港由汕尾港区、汕尾新港区、海丰港区和陆丰港区组成，其中：

汕尾港区主要规划汕尾作业区，以发展客运功能为主，大力发展邮轮及小船客运服务，主要布置 1 个 1000~2000GT 和 2 个 1-5 万 GT 的客运泊位，同时预留若干游艇泊位；

汕尾新港区主要规划白沙湖作业区，以服务临港产业和散杂货公共运输需求为主，承担汕尾市集装箱喂给运输和近洋支线运输等功能，主要布置 5~15 万吨级泊位；

海丰港区主要规划小漠港区，发展煤炭、矿石等大宗散货，成品油、LNG等液体散货以及集装箱运输，主要发展 2~10 万吨级泊位；

陆丰港区主要规划有田尾山作业区、湖东甲西作业区、甲子屿作业区、东海岸作业区、碣石作业区及乌坎作业区，共规划约 74 个 5 百~15 万吨级泊位，可形成码头岸线 21.1km。其中，田尾山作业区以海上风电设施运输及临港工业服务为主，兼顾腹地散杂货的运输；湖东甲西作业区以服务新能源产业为特色，兼顾现代物流产业需求，承担电厂的原材料运输、汕尾港公共散杂货的运输及液化天然气接卸功能；甲子屿作业区以承担散杂货运输为主，主要服务于三甲地区工业园；东海岸作业区主要承接揭阳港石化运输的中下游产业，以运输成品油、液化烃、化学品等液体货物为主，兼顾固体化学品等散杂货运输；碣石作业区规划维持现状，主要承担成品油运输功能；乌坎作业区增加客运功能，主要对接汕尾城区的水上观光、旅游休闲等运输需求。

本项目位于陆丰港区田尾山作业区。

3.1.5. 航道资源

(1) 汕尾港航道

根据《广东省航道发展规划（2018 年~2035 年）》，汕尾港航道主要有汕尾作业区航道（自 1#航标~5#航标）、汕尾作业区内航道、马宫作业区航道、后门作业区航道、甲子作业区航道（自西方位标~航道）、碣石作业区航道和乌坎作业区航道。航道具体情况见表 3.1.5-1 所示。

表 3.1.5-1 汕尾港航道统计表

序号	航道名称	长度 (m)	宽度 (m)	基准水深 (m)	底质	可航水域 (m)	备注
1	汕尾作业区航道（自 1#航标~5#航标）	4730	75	-5~-7	沙泥	120	人工疏浚形成
2	汕尾作业区内航道			-3.5~-7.0	沙泥	120	自然航道
3	马宫作业区航道			-3.0~-4.5	沙泥	120	自然航道
4	鲘门作业区航道			-2.8~-4.5	沙泥	120	自然航道
5	甲子作业区航道（自西方位标~航道）	2700	60（最窄处）	-2.8（最低处）	沙泥或泥沙质		航道弯曲
6	红海湾发电厂码头航道	4100	300	15.7	泥沙		

7	乌坎作业区航道	2100	60（最窄处）	-2.7~-6.0	泥沙		人工疏浚形成
---	---------	------	---------	-----------	----	--	--------

（2）项目附近航路

本项目位于汕尾市陆丰南侧海面。其附近有粤东沿海小船航行的习惯航路、中小型船舶推荐航路及大型船舶推荐航路等，详见图 3.1.5-1。

粤东沿海小船航行的习惯航路主要为来往粤东沿海各港口口之间小型船舶的习惯航路，该航路小型船舶吨位、吃水较小，抗风浪能力较弱，船舶航行基本沿岸边航行。

（3）项目附近主要航道

项目所在海域海上交通较为繁忙，主要有粤东海域区域内、粤东海域连接珠三角、以及粤东海域连接华南地区的海上运输航线。本项目北侧海甲航道和大星角甲子航道；另外，项目西北侧近岸海域存在碣石湾与海甲航道相连的航行通道，大星角甲子航道北侧存在煤电厂码头进出航道，项目东北侧神泉港海域存在神泉港与海甲航道相连的神泉港连港航道（图 3.1.5-1）。

图 3.1.5-1 项目附近主要航道示意图（涉密，不公开）

3.1.6. 渔业资源

根据《中国海洋志第九分册（中国东部海洋）》（海洋出版社，1998），海洋捕捞是甲子湾沿海居民传统的海洋产业之一。甲子湾渔港众多是渔业发展的基础。湾外不远是汕头渔场、甲子渔场和汕尾渔场。金厢鱿鱼饮誉海内外。

由于近海捕捞过度，近海鱼类资源衰退，渔获物中杂鱼及小鱼增加，而价值较高的经济鱼类减少。因此，海洋渔业发展要坚持“以养为主、养捕结合、多种经营、全面发展”的方针，保护和利用近海水产资源，积极向外海发展，开展资源增殖，发展增养殖业，逐步实现近海渔业农牧化。要积极发展外海捕捞，与现有大马力的渔船进改造，增加投资，组织一支由国营渔业公司的沿海县市参加的外海捕捞队，开辟外海渔场，形成渔业基地。东沙群岛离碣石湾较近，如能改进捕捞作业，则可利用该海域资源。东沙群岛以北和以西海域水深为 100~200m，海域面积 $1 \times 10^4 \text{km}^2$ ，蕴藏着竹筴鱼、狭头鲈及红贝圆鲷等中、上层鱼类资源，为底拖网和流刺网捕捞渔场。

3.1.7. 矿产资源

陆丰矿产资源丰富，主要有 6 大类 15 种，以高岭土、石英砂、锡、锆、钛铁、硫铁矿等蕴藏量最为丰富。高岭土蕴藏量 1 亿吨以上，主要分布在大安、陂洋、八万、博美、城东、金厢等镇，其中大安镇分布面积达 59km²，蕴藏量 4000 多万吨。石英砂总蕴藏量为 1 亿 m³ 以上，主要分布在星都、上英、东海、金厢、碣石、湖东等地，其中星都经济试验区的白沙埔，面积 400 多公顷，地面至地下 2.5m 深处纯属石英砂，蕴藏量达 1000 多万 m³。高岭土和石英砂品位均高，很有开采利用价值。

生物资源种类繁多，有农作物、林木、牧草、畜禽和水产等 6 大类。农作物主要有粮食作物、经济作物，如水稻、小麦、大豆、玉米、番薯、花生、甘蔗等。林木种类很多，常见的乔木、灌木有 16 科 35 种。牧草覆盖面广、适口性好、采食率高，主要有鸭嘴草、鹧鸪草、芒草、蜈蚣草等。青饲料有水浮莲、假水仙、藻、水竹菜等。近年还从澳大利亚引进格拉姆、有勾超长草、黑麦草、象草，从国内引进糖蜜草等优良牧草。畜禽以猪、牛、鸡、鸭、鹅为主，还有兔子、鸽子等。水产类有海产鱼类 110 多科 140 多种，淡水鱼类 20 多科 30 多种，海、淡水养殖品种有鲍鱼、甲鱼、海马、鲳鱼、对虾、仁蟹、牡蛎、扇贝、贻贝壳、海参、角螺、海胆、鳗鱼等，均属珍稀高值产品。

3.1.8. 旅游资源

汕尾市曾获“中国民间文化艺术之乡”“中国最具魅力城市”“中国最具投资价值旅游城市”“中国现代旅游新地标”“中国水鸟之乡”“中国青梅之乡”“广东省双拥模范城”等称号。

陆丰海岸多沙滩，奇岩怪石，岬角与海湾错落分布，阳光、海水、沙滩、陆丰福山妈祖福庙颇具特色，有“东方的夏威夷”、“粤东明珠”、“粤东旅游的黄金海岸”之称。全市旅游资源以宗教资源为主，伴以风光旅游资源、滨海旅游资源、历史悠久的人文旅游资源和以工艺产品为主的购物旅游资源，五者优势互补，得天独厚。主要旅游景点有“神、海、沙、石”四者兼备的碣石玄武山—金厢观音岭海滨旅游区、依山隅海的“海上公园”田尾山、千年古刹河西清云山定光寺、甲子待渡山甲秀楼、甲东麒麟山、潭西法留山等。

3.1.9. 三场一通道

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。

3.1.9.1. 南海幼鱼产卵场

南海中上层鱼类产卵场分布见图 3.1.9-1，本项目不在产卵场内。项目附近海域产卵场有：鲐鱼产卵场，位于珠江口近海区，水深 30~80 米，产卵期 1 月~3 月。

南海底层、近底层鱼类产卵场分布见图 3.3.9-2，本项目不在产卵场内。项目附近海域产卵场有：金钱鱼产卵场，由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近，水深为 25~107 米，主要是 40~80 米，产卵期 3 月~8 月；绯鲤类产卵场，位于珠江口近海产卵期 3 月~6 月。长尾大眼鲷产卵场，位于万山列岛的东南部，东经 113°20'~115°45'，北纬 20°35'~22°20'，水深为 26 米~80 米，产卵期 5 月~7 月。

图 3.1.9-1 南海中上层鱼类产卵场示意图（涉密，不公开）

图 3.1.9-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图（涉密，不公开）

3.1.9.2. 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸-40m 等深线水域，保护期为 1-12 月。管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。如图 3.1.9-3 所示。

图 3.1.9-3 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图（涉密，不公开）

表 3.1.9-1 南海北部幼鱼繁育场保护区 17 个基点地理位置表（涉密，不公开）

3.1.9.3. 渔业品种保护区

南海国家级及省级渔业品种保护区分布见图 3.1.9-4。

（1）南海幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内。

（2）经济鱼类繁育场保护区

经济鱼类繁育场保护区共有二处。项目附近一处为珠江口经济鱼类繁育场保护区，范围从珠海市金星门水道的铜鼓角起，经内伶仃岛东角咀至深圳市妈湾下角止三点连线以北，番禺市的莲花山至东莞市的新沙二点连线以南的水域，保护期为每年的农历 4 月 20 日至 7 月 20 日。珠江口经济鱼类繁育场保护区距离项目较远，不在项目用海范围内。

图 3.1.9-4 南海国家级及省级渔业品种保护区（涉密，不公开）

3.2. 海洋生态概况

3.2.1. 气候气象

本项目所在的陆丰地处北回归线以南，属于典型的海洋季风气候区，具有明显的亚热带气候特征，气温常年较高，雨量充沛，相对湿度高，本地区受热带气旋影响，雷暴天气多。但降雨量的年内分配很不均匀，其中汛期的4~9月约占全年降雨量的85.6%，降雨多属锋面雨和热带气旋雨，前汛期（6月以前）以锋面雨为主，雨面广，降雨量大后汛期以台风雨为主，降雨强度大。季风盛行，全年盛行偏东风，年内风向随季节转换明显，大致4~8月盛行东南风，9~次年3月盛行东北偏北风。每年的夏、秋季节常受强烈热带风暴的影响。

离项目所在海域最近的气象台站为陆丰市气象站（位于东海镇东风路尾后壁洋“郊外”，北纬22°57′，东经115°39′），本项目与它的直线距离约35km。根据其1960年至2004年的实测气象资料，统计获得其气象要素特征值，见表3.2.1-1。

表 3.2.1-1 陆丰气象站多年统计各气象要素的年、月特征值表

月份 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均气压 (hPa)	1019.9	1018.5	1016.2	1013.0	1009.1	1006.2	1005.4	1005.0	1008.7	1013.9	1017.5	1020.0	1012.8
平均气温 (°C)	14.4	15.3	17.9	21.7	25.1	27.1	28.4	28.2	27.0	24.2	20.3	16.2	22.1
极端最高气温 (°C)	29.6	29.9	30.7	32.8	34.8	36.7	38.3	38.0	36.6	35.2	33.2	30.1	38.3
极端最低气温 (°C)	0.9	1.8	2.8	8.1	14.4	18.4	21.8	21.7	16.6	8.0	5.2	1.0	0.9
平均绝对湿度 (hPa)	11.9	13.7	16.7	21.7	26.8	30.9	32.1	31.5	28.3	22.3	17.2	13.0	22.2
最大绝对湿度 (hPa)	26.6	29.3	30.9	33.2	36.4	38.1	38.8	38.1	36.6	34.5	30.3	27.6	38.8
最小绝对湿度 (hPa)	1.4	3.0	3.1	6.2	8.2	13.6	22.6	17.9	10.8	5.3	2.7	0.6	0.6
平均相对湿度 (%)	72	78	80	82	84	86	83	83	80	74	71	70	79
最小相对湿度 (%)	7	12	9	22	16	22	34	28	27	17	12	8	7
平均风速 (m/s)	2.9	2.8	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	2.8
最大风速 (m/s)	14.0	11.3	12.0	13.0	17.3	21.7	31.0	17.4	24.0	14.0	13.0	13.0	31.0
平均降雨量 (mm)	27.3	55.7	88.4	157.1	278.5	442.3	318.4	326.5	200.3	51.3	32.1	28.7	2006.6
平均日照时数 (h)	159.3	110.6	110.6	120.5	150.1	160.1	231.9	212.2	196.4	212.2	189.2	181.0	2034.1

蒸发量 (mm)	109.0	93.3	110.6	122.5	144.4	143.3	180.0	171.5	165.0	171.4	143.1	122.5	1676.6
----------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

多年平均气温 22.1℃

历年极端最高气温 38.3 (2005 年 7 月 18 日)

历年极端最低气温 0.9 (1967 年 1 月 17 日)

历年最大年降水量 3045.0mm (1961 年)

历年最小年降水量 942.2mm (1963 年)

历年最大一日降水量 621.6mm (1977 年 5 月 31 日)

历年最大一小时降水量 106.1mm (1997 年 7 月 5 日)

历年最大十分钟降水量 38.0mm (1997 年 7 月 5 日)

多年平均雨日数为 167d

多年平均雷暴日数为 54d

多年平均冰雹日数为 0.0d

多年平均雾日数为 5d

多年平均大风日数为 4d

多年平均霜日数为 0.0d

多年平均晴天日数为 56d

多年平均阴天日数为 174d

陆丰气象站主导风向是 E, 占 18%, 静风频率占 12%, 其多年风向玫瑰图见图 3.2.1-1。
历年 10m 高度十分钟平均最大风速 29.3m/s, 相应风向 E, 发生日期 1990 年 7 月 31 日。

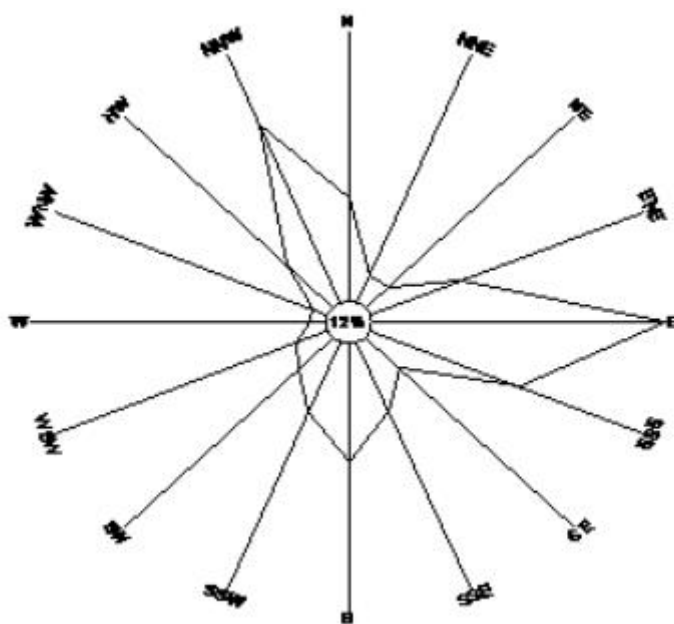


图 3.2.1-1 陆丰气象站累年统计风玫瑰图

3.2.1.1. 气温

历年最高气温 37.8℃

历年最低气温 0.9℃

多年平均气温 21.9℃

3.2.1.2. 降水

本海域受海洋暖湿气流影响，降水主要由来自季风、热带气旋和热带辐合等多种系统形成的降水条件，年降水量相对丰富，各月均有降水。

根据遮浪海洋站资料，其年平均降水量为 1539.6mm，降水量的季节变化非常明显，夏季降水量多，冬季降水量少。每年 4~10 月为雨季，集中了全年 85%以上的降水量，4~10 月间，各月平均降水量均超过 89.9mm，其中 6 月受季风影响降水量最大，超过 319mm。11 月至翌年 3 月为旱季，降水量仅占全年 15%，1 月降水量最少仅 18.4mm；日降水量最大值出现在 1975 年 10 月 14 日，达 260.4mm。年平均降水日数为 113.7 天（日降水量 $R \geq 0.1\text{mm}$ ），年最多为 140 天（1975 年），年最少为 83 天（1967 年），年较差 57 天。

3.2.1.3. 相对湿度与雾

本海域气候湿润，根据遮浪海洋站资料，其相对湿度多年平均值为 82%，2~9 月相对湿度较大，月平均在 80%及其以上，其中 5~6 月最大，月平均在 88%。

月至翌年 1 月较小，其中 11 月最小，月平均在 73%。本海域以平流雾为主，也有锋面雾，雾日较少，主要出现在冬、春季（1 月至 5 月），夏季和秋季极少有雾，9 月~11 月没有雾的观测记录。累年平均雾日为 18.2 天。雾日的年际变化较大，年最多雾日数为 29 天（发生在 1969 年）。

3.2.1.4. 风况

本海域地处季风区，风向和风速随季节变化明显。冬季盛行东北风，夏季盛行西南季风，冬季风速大于夏季风速。根据遮浪海洋站风况统计资料，风速多年平均值为 6.4m/s，具有明显的季节变化。秋、冬季风速较大，其中 10 月和月多年平均风速分别为 7.6m/s 和 7.3m/s。春夏季风速较小，其中 7 月风速最小，多年平均值为 5.2m/s。历年最大风速为 61.0m/s，风向 NE，出现在 1979 年 8 月 2 日，为 7908 号台风所致。各月风频和平均风速、最大风速分布见表 2-1。

从风向来看，年常风向为 ENE 和 E 向，年出现频率为 19%，ENE 和 E 方向平均风速分别为 8.0m/s 和 8.5m/s，最大风速分别为 40m/s 和 35m/s。最少风向是 NNW 和 NW，其出现频率均不到 1%，对应方向的平均风速分别为 4.1m/s 和 2.8m/s，最大风速分别为 20m/s 和 12m/s。风向也具有明显的季节变化，秋冬季以 ENE 向为主，春季以 E 向风为主，夏季以 WSW 向风出现频率最高。各向风的出现频率和风速见表 3.2.1-2。图 3.2.1-2 为根据表 3.2.1-2 绘制的风玫瑰图。

一年四季均可出现大风(≥8 级)，大风日数年平均 57.7 天。各月大风日数见表 3.2.1-4，以 11 月份最多，6 月份最少。

表 3.2.1-2 遮浪海洋站各月风速、最大风速、最多风向及频率

各月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均风速 (m/s)		6.9	7.1	6.7	6.0	5.7	5.4	5.2	5.4	6.2	7.6	7.3	7.2	6.4
最多风向 频率（%）		EN E	EN E	E	EN E	E	SW	WS W	WS W	E	EN E	EN E	NN E	ENE, E
		24	24	27	25	21	21	15	13	19	26	24	24	19
最大 风速	风速	24	24	28	20	40	34	36	61	>40	>40	20	24	61
	风向	N	ENE	ENE	NE ENE	S	W	W	NE	NN ESE	SSE	ENE	ENE	NE
	年份	1962	1961	1963	61, 63	1961	1963	1969	1979	62, 64	1964	1961	1963	1979

表 3.2.1-3 遮浪海洋站各向年平均风速、最大风速与频率

风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
平均 风速 (m/s)	5.6	5.9	5.7	8.0	8.5	7.0	4.4	4.2	3.8	4.3	5.2	5.5	4.9	3.9	2.8	4.1	
最大 风速 (m/s)	24	46	61	40	35	34	44	40	40	34	24	21	36	16.7	12	20	
频率 (%)	4	10	12	19	19	7	3	2	2	3	5	5	3	1	1	1	1

表 3.2.1-4 遮浪海洋站各月大风日数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	5.9	5.4	6.7	4.0	2.5	2.4	2.8	2.8	4.8	6.4	7.4	6.3	57.7

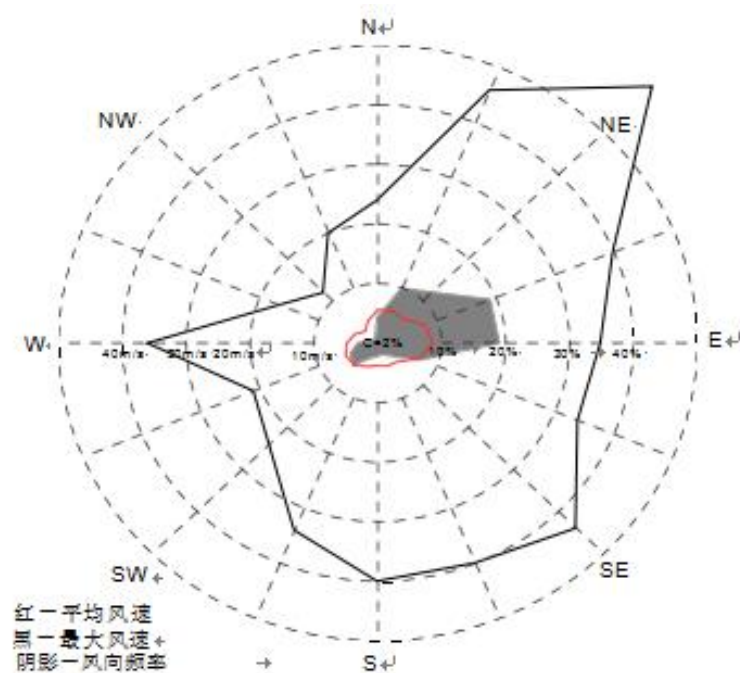


图 3.2.1-2 遮浪海洋站风玫瑰图

3.2.2. 海洋水文

3.2.2.1. 概况

1、项目所在海域水文特征

项目所在海区位于广东沿岸，属于南海北部陆架海域，该海域的环流特征主要包括南海北部陆坡流、南海暖流、广东沿岸流、夏季南海北部上升流、冬季下降流等要素（图 3.2.2-1），而本项目位于汕尾近岸海区，其海流的主要驱动力为周期性的潮流和广东沿岸流。根据以往的水文观测及研究成果，粤东沿岸流受南海季风的影响显著，流向随季风风向变化，冬季为西南向流，夏季为东北向流；另一方面，夏季珠江径流量增大，珠江冲淡水在强西南季风的驱动下得以向东扩展，对粤东近岸的海流和盐度分布产生影响。

项目所在海区的表层水温年度变化范围约为 19-29℃，海水盐度通常在 32-33，夏季在强西南季风的影响下盐度可能会受到珠江冲淡水的影响，使表层盐度等值线向外海扩展移动，项目海区的盐度值可降至 31 左右。此外，夏季西南季风和粤东沿岸地形均有利于在汕尾至福建沿海区域产生上升流，上升流可驱动深层冷水向岸爬升，进而影响海水温度和盐度的垂向分布。

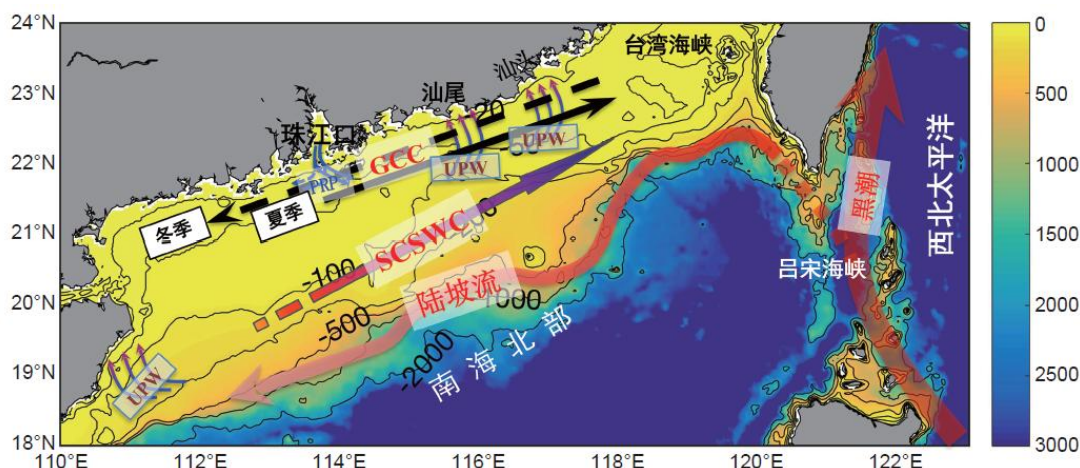


图 3.2.2-1 南海北部流系示意图

2、实测潮流站位设置

根据《陆丰市渔港冬季水文观测海洋水文动力环境观测报告》和《陆丰市渔港春季水文观测海洋水文动力环境观测报告》，基于项目所在位置及其所属海域的地理特点，水文观测共布设潮位站 2 个临时潮位站，6 个水文泥沙、温度、盐度观测站（见表 3.1.2-1~3.1.2-3 及图 3.1.2-2）。冬季水文观测开展于 2023 年 1 月 6 日至 2023 年 1 月 7 日，春季海流观测进行于 2023 年 4 月 23 日至 2023 年 4 月 24 日。

表 3.2.2-1 项目周边海域水文测量站点位置表（涉密，不公开）

图 3.2.2-2 潮位站和水文站采样点位置分布示意图（涉密，不公开）

3.2.2.2. 潮汐

（1）冬季

潮位站的观测 2023 年 1 月 6 日 9:00 至 2023 年 1 月 7 日 10:00。根据技术要求，本次在工程海区域设置 2 个临时潮位站，位于 C4 和 C5 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 10min 一次。计算分析可得潮位曲线如 3.2.2-3 所示。

图 3.2.2-3 潮位站观测到的潮位变化（涉密，不公开）

根据对潮位测站 C4、C5 站 2023 年 1 月 6 日至 2023 年 1 月 7 日的潮位数据进行特征值统计，其中 C4 站位最高潮位为 69.2cm，最低潮位为-83.2cm，最大潮差为 136.4cm，最小潮差为 105.6cm，平均潮差为 121.0cm；C5 站位最高潮位为 63.6cm，最低潮位为-87.2ccm，最大潮差为 145.4cm，最小潮差为 70.8cm，平均潮差为 108.1cm。

(2) 春季

潮位站的观测 2023 年 4 月 23 日 18:00 至 2023 年 4 月 24 日 19:00。根据技术要求，本次在工程海区域设置 1 个临时潮位站，位于 C5 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 10min 一次。计算分析可得潮位曲线如图 3.2.2-4 所示。

图 3.2.2-4 潮位站观测到的潮位变化（涉密，不公开）

根据对潮位测站 C5 站 2023 年 4 月 23 日至 2023 年 4 月 24 日的潮位数据进行特征值统计，其中 C5 站位最高潮位为 48.5cm，最低潮位为-47.4cm，最大潮差为 107cm，最小潮差为 85cm，平均潮差为 96cm。

3.2.2.3. 实测海流分析

1、冬季测流成果

冬季海流从各站实测海流资料中，摘取了大潮期间各站各层及各站垂线平均的涨、落潮流向平均流速、流向和涨、落潮流的最大流速、流向，如表 3.2.2-1 所示。可以看出，S7~S12 测站实测海流表现为较强的往复性流动，海流主流向均为偏 W 为涨潮流向，偏 E 向为落潮流向。涨、落潮统计方法，以流向转流时刻作为涨落潮的划分标准。

表 3.2.2-1 各站实测涨、落潮流平均及最大流速 V (cm/s) 流向（涉密，不公开）

(1) 涨、落潮流平均流速、流向

以下讨论的均为垂线平均的涨、落潮流平均流速。由表 3.2.2-1 可知，本次观测期间，S1 站涨潮流平均流速最大为 15.2cm/s，出现在表层，流向为 278°，落潮流平均流速最大为 14.6cm/s，出现在表层，流向为 65°；S2 站涨潮流平均流速最大为 18.3cm/s，出现在表层，流向为 303°，落潮流平均流速最大为 20.7cm/s，出现在底层，流向为 88°；S3 站涨潮流平均流速最大为 11.5cm/s，出现在中层，流向为 238°，落潮流平均流速最大为 14.3cm/s，出现在表层，流向为 91°；S4 站涨潮流平均流速最大为 16.6cm/s，出现在表层，流向为 274°，落潮流平均流速最大为 21.4cm/s，出现在表层，流向为 91°；S5 站涨潮流平均流速最大为 8.3cm/s，出现在中层，流向为 275°，落潮流平均流速最大为 8.9cm/s，出现在底层，流向为 94°；S6 站涨潮流平均流速最大为 21.8cm/s，出现在表层，流向为 222°，落潮流平均流速最大为 27.9cm/s，出现在中层，流向为 98°。

(2) 最大涨、落潮流流速、流向

由表 3.2.2-1 可以看出，本次观测期间，最大涨落潮流均出现在 S6 站，其中涨潮流最大流速最大为 44.0cm/s，出现在表层，流向为 316°，落潮流最大流速最大为 58.0cm/s，

出现在中层，流向为 92° 。

对各站各层次实测海流资料进行分析，绘制流速流向过程曲线。

图 3.2.2-5 S7 站流速流向过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.2-6 S8 站流速流向过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.2-7 S9 站流速流向过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.2-8 S10 站流速流向过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.2-9 S11 站流速流向过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.2-10 S12 站流速流向过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.2-11 各站各层次逐时潮流矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-12 各站位表层潮流矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-13 各站位中层潮流矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-14 各站位底层潮流矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-14 各站位垂线平均潮流矢量图（涉密，不公开）

（1）潮流性质

将适当修正过的实测海流资料按照《海洋调查规范》（水文部分）的方法，在计算机上进行潮流准调和和分析计算，以调和和分析的某些分潮调和常数来确定潮流特征。采用陆丰周边海洋站的实测数据计算所得到的差比数对实测各站位潮流数据进行潮流准调和和分析。主要分潮符号及名称如表 3.2.2-2 所示，椭圆要素符号及名称如表 3.2.2-3 所示。其中， M_2 被称为太阴主要半日分潮，因为 M_2 分潮是由月亮对地球海水的引力引起的半日分潮。同理， S_2 分潮是太阳对地球海水引力引起的半日分潮， K_1 被称为太阴太阳赤纬全日分潮， O_1 为太阴主要全日分潮。 MS_4 被称为太阴太阳浅水 1/4 日分潮，其主要是由太阴分潮 M_2 和太阳分潮 S_2 在浅水里发生非线性相互作用产生的。

表 3.2.2-2 主要分潮信息

分潮符号	名称
M_2	太阴主要半日分潮
S_2	太阳主要半日分潮
K_1	太阴太阳赤纬全日分潮
O_1	太阴主要全日分潮
M_4	太阴浅水 1/4 日分潮
MS_4	太阴太阳浅水 1/4 日分潮

表 3.2.2-3 潮流椭圆符号及名称

椭圆要素符号	名称
W	最大分潮流流速（即潮流椭圆长轴）

θ	最大分潮流流速方向（即椭圆长轴与 x 轴正方向的夹角）
T	最大分潮流流速时刻（从 0 开始计时）
(W)	最小分潮流流速（即潮流椭圆短轴）
K	椭圆的旋转率取决于长短轴之比

表 3.2.2-4 S7 测站潮流调和常数及椭圆要素（涉密，不公开）

表 3.2.2-5 S8 测站潮流调和常数及椭圆要素（涉密，不公开）

表 3.2.2-6 S9 测站潮流调和常数及椭圆要素（涉密，不公开）

表 3.2.2-7 S10 测站潮流调和常数及椭圆要素（涉密，不公开）

表 3.2.2-8 S11 测站潮流调和常数及椭圆要素（涉密，不公开）

表 3.2.2-9 S12 测站潮流调和常数及椭圆要素（涉密，不公开）

图 3.2.2-15 各站位潮流椭圆图（涉密，不公开）

1) 潮流性质

各观测站各层的 $(WO_1+WK_1)/WM_2$ 值，除 S8 表层属于不规则全日潮流外和 S7、S11 中层属于规则半日潮流外，其他各站位判别系数均在小于 0.5-2.0，属于不规则半日潮流的潮流。

2) 潮流的运动形式

潮流的运动形式分旋转流和往复流，通常以椭圆率 K 的绝对值大小来判断，当 $|K|=1$ 时，潮流椭圆成圆形，各方向流速相等，为纯旋转流；当 $|K|=0$ 时，潮流椭圆为一直线，海水在一直线上往返流动，为典型往复流。 $|K|$ 值通常在 0-1 之间， $|K|$ 值越大，旋转流的形式越显著， $|K|$ 值越小，往复流的形式越显著。

潮流的旋转方向，通常是以旋转率 K 前面的符号来判断。K 前面为“+”，表示潮流逆时针旋转（左旋），K 前面为“-”，说明潮流是顺时针旋转（右旋）。

表 3.2.2-10 各站各层不同分潮流的 k 值表（涉密，不公开）

由于本海区是不规则半日潮流，综合来看， M_2 分潮量级占优，其中 S7-S11 站位海流均呈现出一定的旋转性。通过 K 值变化来确定各层潮流的旋转方向，不同站位和不同层次的旋转方向有左旋，也有右旋。

(2) 潮流可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015)，对于不规则全日潮流海域和不规则半日潮流海域，潮流的可能最大流速可取下两式计算后的最大值：

$$\vec{V}_{\max}=1.295\vec{W}_{M_2}+1.245\vec{W}_{S_2}+\vec{W}_{K_1}+\vec{W}_{O_1}+\vec{W}_{M_4}+\vec{W}_{MS_4}$$

$$\vec{V}_{\max}=\vec{W}_{M_2}+\vec{W}_{S_2}+1.600\vec{W}_{K_1}+1.450\vec{W}_{O_1}$$

上式中： $\vec{W}_{M_2}$ 、 $\vec{W}_{S_2}$ 、 $\vec{W}_{K_1}$ 、 $\vec{W}_{O_1}$ 、 $\vec{W}_{M_4}$ 、 $\vec{W}_{MS_4}$ 分别表示 M2、S2、O1、K1、M4、MS4 分潮流的最大流速。

按规则半日潮流海区和规则全日潮流海区的公式计算，采用计算所得的大值列入表 3.2.2-11。由表可以看出最大值为 S6 站表层的最大可能流速 77.6cm/s，流向 279°。

表 3.2.2-11 各站可能最大流速（涉密，不公开）

（3）潮流水质点最大可能运移距离

潮流水质点的可能最大运移距离 $\bar{L}_{\max}$ 一般按下列公式计算：

$$\bar{L}_{\max}=1843\vec{W}_{M_2}+1712\vec{W}_{S_2}+2743\vec{W}_{K_1}+2959\vec{W}_{O_1}+71.2\vec{W}_{M_4}+69.9\vec{W}_{MS_4}$$

上式中： $\vec{W}_{M_2}$ 、 $\vec{W}_{S_2}$ 、 $\vec{W}_{K_1}$ 、 $\vec{W}_{O_1}$ 、 $\vec{W}_{M_4}$ 、 $\vec{W}_{MS_4}$ 分别表示 M2、S2、O1、K1、M4、MS4 分潮流的最大流速。

计算结果列入表 3.2.2-12。从表中可以看出，S6 站位表层水质点最大运移距离为 11738.9 m，方向 286°，其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 2.5~11.7km 之间。

表 3.2.2-12 各站水质点可能最大运移距离（涉密，不公开）

（4）余流分析

按准调和分析得出观测期间各测站余流流速、流向，见表 3.2.2-13。

由表可见，该区余流：大潮期各站各层余流均为 0.4~6.9cm/s 之间，最大余流流速发生在 S6 站，其中层最大余流流速 6.9cm/s；最小余流流速发生在 S8 站底层，余流流速为 0.4cm/s。

表 3.2.2-13 各站各层余流流速流向（涉密，不公开）

图 3.2.2-16 各站位表层矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-17 各站位中层矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-18 各站位底层矢量图（涉密，不公开）

图 3.2.2-19 各站位垂线平均矢量图（涉密，不公开）

2、春季流场特征

（1）流场特征

1) 涨、落潮流平均流速、流向

以下讨论的均为垂线平均的涨、落潮流平均流速。由表 3.2.2-14 可知，本次观测期间，S1 站涨潮流平均流速最大为 15.2cm/s，出现在表层，流向为 278°，落潮流平均流速最大为 14.6cm/s，出现在表层，流向为 65°；S2 站涨潮流平均流速最大为 18.3cm/s，出现在表层，流向为 303°，落潮流平均流速最大为 20.7cm/s，出现在底层，流向为 88°；S3 站涨潮流平均流速最大为 11.5cm/s，出现在中层，流向为 238°，落潮流平均流速最大为 14.3cm/s，出现在表层，流向为 91°；S4 站涨潮流平均流速最大为 16.6cm/s，出现在表层，流向为 274°，落潮流平均流速最大为 21.4cm/s，出现在表层，流向为 91°；S5 站涨潮流平均流速最大为 8.3cm/s，出现在中层，流向为 275°，落潮流平均流速最大为 8.9cm/s，出现在底层，流向为 94°；S6 站涨潮流平均流速最大为 21.8cm/s，出现在表层，流向为 222°，落潮流平均流速最大为 27.9cm/s，出现在中层，流向为 98°。

2) 最大涨、落潮流流速、流向

由表 3.2.2-14 可以看出，本次观测期间，最大涨落潮流均出现在 S6 站，其中涨潮流最大流速最大为 44.0cm/s，出现在表层，流向为 316°，落潮流最大流速最大为 58.0cm/s，出现在中层，流向为 92°。

表 3.2.2-14 各站实测涨、落潮流平均及最大流速 V (cm/s) 流向 (涉密，不公开)

(2) 潮流性质

各观测站各层的 $(WO_1+WK_1)/WM_2$ 值，除 S8 表层属于不规则全日潮流外和 S7、S11 中层属于规则半日潮流外，其他各站位判别系数均在小于 0.5-2.0，属于不规则半日潮流的潮流。

3.2.2.4. 水温及盐度

1、水温

对本工程毗邻海域的冬季全潮水文观测中温度资料进行统计，大潮期各站位极值温度如表 2.4-1 所示，观测期间各站位各层次水温在 22.22-24.98℃，平均水温在 22.35-23.84℃，从表层到底层水温呈现降低趋势，落潮时一般各层次水温差比较明显，涨潮时各层次水温差更小，近岸站位落潮期表层水温大于离岸较远站位表层水温。

表 3.2.2-15 冬季各测站温度统计表 (涉密，不公开)

2、盐度

对本工程毗邻海域的冬季全潮水文观测中盐度资料进行统计，观测期间各站位各层次盐度在 30.65-34.12‰，各层平均盐度在 31.86-34.04‰，S12 站位盐度较其他站位小，

并且落潮期盐度较涨潮期更小。

表 3.2.2-16 冬季各测站盐度统计表（涉密，不公开）

3.2.3. 含沙量

水体中的悬浮泥沙称为悬沙，悬沙的吸附作用使之成为污染物的载体之一，对 Cu，Zn 等重金属元素的吸附作用较强，通过悬沙吸附和运移能将重金属元素远输异地，减少当地重金属元素的积累和污染，若悬沙浓度高，又多为过境悬沙，则对减轻重金属元素的污染是有利的。但悬沙浓度高，水体浑浊，透光性差，不利于水生生物生长。因此，悬沙是水环境评价中的一个复杂因子，其变化也很复杂，随机性较大。

对本次观测 S7~S12 号站位实测含沙量资料进行分析，绘制含沙量过程曲线，见图 3.2.3-1~图 3.2.3-6。

图 3.2.3-1 S7 站含沙量过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.3-2 S8 站含沙量过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.3-3 S9 站含沙量过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.3-4 S10 站含沙量过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.3-5 S11 站含沙量过程曲线（涉密，不公开）

图 3.2.3-6 S12 站含沙量过程曲线（涉密，不公开）

涨潮期最大含沙量最大为 14.00mg/L，出现在 S1 站中层；落潮期最大含沙量最大为 12.00mg/L，出现在 S6 站表层，观测期间各站位各层次含沙量在 0.20-14.00mg/L，平均含沙量在 1.29-6.64mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量大小接近，总的来说，除个别站位层次外，底层含沙量略大于表层和中层。

表 3.2.3-1 S12 实测含沙量统计表（涉密，不公开）

3.2.4. 地形地貌和冲淤环境现状

3.2.4.1. 地形地貌

碣石半岛南端地质地貌基础为花岗岩经侵蚀剥蚀形成的低丘陵，几个丘峰（如田尾山、狮山头）高程数十米至 100 余米，呈西北~东南向排列，丘陵表面为花岗岩风化残积层（粘土伴碎石），并暴露有大量石蛋，地形崎岖。

田尾山花岗岩丘陵北部为碣石泻湖（含泻湖和泻湖平原），高程 2.0m 以下；东北面为海岸沙坝、沙丘（高程 10 余米）和沙地（高程数米），地形向西北方倾斜。

花岗岩丘陵南部为典型的岬湾海岸，有 4 个岬角向海突出，它们长年承受波浪冲击，岩体暴露。岬角之间分布三个海湾，其中以田尾大湾（西部）地貌组合比较复杂，该湾内部及湾缘有较大规模的沙坝和海滩分布，但受丘陵区流出的小河切割，形态破碎。海滩为西北~东南走向，略呈弧形，它承受着 SSW 向波浪的长期作用，前滨坡度 $7^{\circ}\sim 8^{\circ}$ ，为偏反射型海滩，由细砂组成。海滩向上以高度 1.5~2.0m 之陡坎过渡至滩肩上部，沉积物为砾砂或粗砂。

田尾岬角以外海床，在水深 15m 以内，水下地形仍呈岬角形状，再外等深线逐步呈东-西向分布。由于东桔礁的存在，使海礁岛周围水流湍急，泥沙难于积聚，致使 20m 等深线向北突出，离岸距离仅有 800m，为深层陆架水入侵的范围。

3.2.4.2. 工程地质

1、土层分布及工程地质

（1）码头区场地岩土层分布特征

根据钻探揭示地层情况，码头区场地自上而下分为第四系人工填土层（Q4ml）、第四系海陆交互相沉积层（Q4mc）、第四系残积层（Qel）和燕山期花岗岩（ $\gamma 53$ ）。

表 3.2.4-1 码头区场地地层分布特征一览表

地层层号	土层名称	层顶埋深(m)	层顶高程(m)	层厚(m)	揭露该层的钻孔编号
1-1	素填土	0.00~0.00	3.37~12.58	1.00~9.60	在 MT42~MT46、MT48 共 6 个钻孔见揭露。
2-1-1	粉砂	0.00~9.60	-9.25~9.71	2.30~12.40	在 MT12~MT15、MT18~MT23、MT27~MT30、MT33~MT37、MT40、MT42、MT44、MT46~MT48 共 25 个钻孔见揭露。
2-1-2	中粗砂	0.00~16.60	-5.94~3.17	1.60~8.70	在 MT23、MT26、MT41、MT43~MT47 共 8 个钻孔见揭露。
2-2	粉质黏土	2.50~19.20	-17.01~-4.09	1.00~11.70	在 MT12~MT14、MT18、MT21、MT26、MT33~MT37、MT40~MT48 共 20 个钻孔见揭露。
2-3	淤泥质土	0.00~9.70	-13.31~-3.61	0.40~6.10	在 MT13~MT15、MT19、MT21~MT23、MT27~MT30、MT34 共 12 个钻孔见揭露。
2-4	中粗砂	5.70~28.30	-15.72~-9.07	1.20~9.90	在 MT15、MT18~MT23、MT26~MT30、MT33、MT35~MT37、MT40~MT46 共 23 个钻孔见揭露。
2-5	粉质黏土	16.10~22.50	-19.53~-19.33	0.40~1.00	在 MT25、MT35 共 2 个钻孔见揭露。

地层层号	土层名称	层顶埋深(m)	层顶高程(m)	层厚(m)	揭露该层的钻孔编号
2-6	砾砂	8.70~23.50	-20.33~-14.42	1.10~9.70	在 MT12~MT15、MT19~MT22、MT26~MT30、MT33~MT35、MT47、MT48 共 18 个钻孔见揭露。
3	砂质黏性土	16.50~33.10	-25.18~-19.13	1.70~13.30	在 MT12、MT13、MT15、MT18~MT23、MT26~MT30、MT33~MT37、MT40~MT48 共 28 个钻孔见揭露。
4-1	全风化花岗岩	14.50~39.00	-37.84~-19.32	1.00~23.00	在 MT13~MT15、MT19~MT23、MT26~MT30、MT33~MT37、MT40~MT42、MT44~MT48 共 27 个钻孔见揭露。
4-2-1	强风化花岗岩	18.50~50.90	-54.24~-23.32	1.40~8.40	在 MT12~MT15、MT19~MT21、MT28~MT30、MT34~MT37、MT46、MT48 共 16 个钻孔见揭露。
4-2-2	碎块状强风化花岗岩	25.30~45.60	-48.64~-27.16	0.70~5.80	在 MT12、MT13、MT18、MT22、MT23、MT28、MT40、MT45 共 8 个钻孔见揭露。
4-3	中风化花岗岩	21.00~54.20	-57.54~-22.43	未揭穿	在 MT12~MT15、MT18~MT23、MT26~MT30、MT33~MT37、MT40~MT48 共 29 个钻孔见揭露。

1) 第四系人工填土层 (Q4ml)

1-2 素填土：杂色，松散，由黏性土、砂土夹碎石块混合而成，局部含较多石块，为新近填土。

该层局部分布，在 MT42~MT46、MT48 共 6 个钻孔见揭露。

标贯试验 1 次，实测 $N'=7$ 击，杆长校正后 $N=6.8$ 击。

2) 第四系海陆交互相沉积层 (Q4mc)

2-1-1 粉砂：浅黄色，饱和，松散为主，局部稍密，主要由石英颗粒组成，分选性一般，级配差。

该层分布广泛，在 MT12~MT15、MT18~MT23、MT27~MT30、MT33~MT37、MT40、MT42、MT44、MT46~MT48 共 25 个钻孔见揭露。

标贯试验 81 次，实测 $N'=4\sim14$ 击，平均值 $N'm=8.3$ 击；杆长校正后 $N=3.8\sim10.8$ 击，平均值 $Nm=7.2$ 击。

2-1-2 中粗砂：浅黄色，饱和，松散~稍密，局部中密，主要由石英颗粒组成，分选性好，级配差。

该层局部分布，在 MT23、MT26、MT41、MT43~MT47 共 8 个钻孔见揭露。

标贯试验 24 次，实测 $N'=4\sim23$ 击，平均值 $N'm=12.3$ 击；杆长校正后 $N=3.8\sim19.4$ 击，平均值 $Nm=10.5$ 击。

2-2 粉质黏土：灰黑色，浅黄色，可塑，黏性较好，干强度中等，中等韧性，局部夹少量中砂。

该层分布较广泛，在 MT12~MT14、MT18、MT21、MT26、MT33~MT37、MT40~MT48 共 20 个钻孔见揭露。

标贯试验 65 次，实测 $N'=5\sim15$ 击，平均值 $N'm=11.4$ 击；杆长校正后 $N=4.4\sim11.4$ 击，平均值 $Nm=8.6$ 击。

2-3 淤泥质土：灰黑色，流塑，局部软塑，黏性一般，干强度中等，含有机质，稍具臭味。

该层局部分布，在 MT13~MT15、MT19、MT21~MT23、MT27~MT30、MT34 共 12 个钻孔见揭露。

标贯试验 22 次，实测 $N'=2\sim5$ 击，平均值 $N'm=3.3$ 击；杆长校正后 $N=1.7\sim4.2$ 击，平均值 $Nm=2.8$ 击。

2-4 中粗砂：灰黄色，灰白色，饱和，稍密~中密，主要由石英颗粒组成，级配差。

该层分布广泛，在 MT15、MT18~MT23、MT26~MT30、MT33、MT35~MT37、MT40~MT46 共 23 个钻孔见揭露。

标贯试验 70 次，实测 $N'=10\sim 29$ 击，平均值 $N'm=17.7$ 击；杆长校正后 $N=8.4\sim 20.3$ 击，平均值 $Nm=12.9$ 击。

2-5 粉质黏土：灰白色、灰黄色，可塑~硬塑，黏性一般，干强度中等，局部夹少量砂粒。

该层局部分布，仅在 MT25、MT35 共 2 个钻孔见揭露。

2-6 砾砂：灰白色，饱和，中密，主要由石英颗粒组成，级配良好。

该层分布较广泛，在 MT12~MT15、MT19~MT22、MT26~MT30、MT33~MT35、MT47、MT48 共 18 个钻孔见揭露。

标贯试验 58 次，实测 $N'=15\sim 28$ 击，平均值 $N'm=19.2$ 击；杆长校正后 $N=10.8\sim 19.6$ 击，平均值 $Nm=14.0$ 击。

3) 第四系残积层 (Qel)

3 砂质黏性土：灰黄色，灰白色，稍湿，硬塑，黏性差，含有大量石英颗粒，为花岗岩风化残积土。

该层分布广泛，在 MT12、MT13、MT15、MT18~MT23、MT26~MT30、MT33~MT37、MT40~MT48 共 28 个钻孔见揭露。

标贯试验 79 次，实测 $N'=15\sim 39$ 击，平均值 $N'm=31.3$ 击；杆长校正后 $N=10.5\sim 27.3$ 击，平均值 $Nm=21.9$ 击。

4) 燕山期花岗岩 ($\gamma 53$)

4-1 全风化花岗岩：褐黄、灰黄色，除部分石英颗粒外，大部分矿物已风化成土，有一定残余结构强度，岩芯多呈坚硬土夹砂状，浸水易软化、崩解，属极软岩。

该层分布广泛，在 MT13~MT15、MT19~MT23、MT26~MT30、MT33~MT37、MT40~MT42、MT44~MT48 共 27 个钻孔见揭露。

标贯试验 71 次，实测 $N'=40\sim 69$ 击，平均值 $N'm=52.5$ 击；杆长校正后 $N=28.0\sim 48.3$ 击，平均值 $Nm=36.7$ 击。

4-2-1 强风化花岗岩：灰白色、褐黄色，岩石风化强烈，岩芯呈半岩半土状，岩质极软，岩芯可用手掰碎，浸水易软化、崩解，属极软岩。

岩石坚硬程度划分为极软岩，岩体完整程度划分为极破碎，岩体基本质量等级为 V 类。

该层分布较广泛，在 MT12~MT15、MT19~MT21、MT28~MT30、MT34~MT37、MT46、MT48 共 16 个钻孔见揭露。

标贯试验 5 次，实测 $N'=72\sim 88$ 击，平均值 $N'_m=78.8$ 击；杆长校正后 $N=50.4\sim 61.6$ 击，平均值 $N_m=55.2$ 击。

4-2-2 碎块状强风化花岗岩：褐黄色，灰白色，岩石风化强烈，岩芯呈碎块状，少量短柱状，岩质软，锤击易碎，风化不均，局部夹中风化岩块。

岩石坚硬程度划分为软岩，岩体完整程度划分为极破碎，岩体基本质量等级为 V 类。

该层局部分布，在 MT12、MT13、MT18、MT22、MT23、MT28、MT40、MT45 共 8 个钻孔见揭露。

4-3 中风化花岗岩：灰白色，麻灰色，中粗粒结构，块状构造，节理裂隙较发育，节理面见有褐色铁锰质渲染，岩体较破碎，岩芯呈碎块状或短柱状，岩质较硬，岩块锤击声较脆，不易碎。

岩石坚硬程度划分为较硬岩，岩体完整程度划分为较破碎，岩体基本质量等级为 IV 类。

该层分布连续，在 MT12~MT15、MT18~MT23、MT26~MT30、MT33~MT37、MT40~MT48 共 29 个钻孔见揭露。

该层共进行 13 组天然抗压强度试验和 16 组饱和抗压强度试验，统计结果见下表。

表 3.2.4-2 岩石单轴抗压强度试验结果统计表

岩性及层号	试验项目	统计组数 (组)	抗压强度范围值 (MPa)	平均值 (MPa)	变异系数	统计标准值 (MPa)
4-3 中风化花岗岩	天然	13	23.5~110.0	71.5	0.35	58.9
	饱和	16	18.4~119.0	56.7	0.48	44.6

(2) 防波堤区场地岩土层分布特征

根据钻探揭示地层情况，防波堤区场地自上而下分为第四系海陆交互相沉积层 (Q4mc)、第四系残积层 (Qel) 和燕山期花岗岩 ($\gamma 53$)。

表 3.2.4-3 防波堤区场地地层分布特征一览表

地层 层号	土层 名称	层顶埋深 (m)	层顶高程 (m)	层厚(m)	岩性特征及分布特点
2-1-1	粉砂	0.00~1.50	-12.94~-3.26	1.00~6.50	在 FB4~FB9、FB11、FB13、FB16~FB32、TFB2~TFB4、TFB6、TFB7、TFB9 共 31 个钻
2-1-2	中粗 砂	0.00~6.50	-16.93~-10.07	1.50~7.70	在 FB8、FB11~FB15、FB23、FB24、TFB3、TFB5、TFB8、TFB11 共 13 个钻孔见揭露。
2-2	粉质 黏土	1.00~10.00	-20.43~-8.60	0.90~8.40	在 FB4、FB6、FB8、FB11、FB14、FB19、FB22、FB26、FB28、FB32、TFB2~TFB8、TFB11
2-3	淤泥 质土	1.50~14.30	-22.43~-8.12	0.80~6.10	在 FB5~FB8、FB15~FB22、FB28~FB31、TFB9、TFB10 共 18 个钻孔见揭露。
2-4	中粗 砂	4.00~14.20	-23.43~-12.71	2.30~11.90	在 FB4~FB7、FB16、FB18~FB22、FB31、FB32、TFB2~TFB5、TFB9 共 17 个钻孔见揭
2-5	粉质 黏土	10.20~18.50	-27.73~-16.38	2.90~4.00	在 FB8、FB6、FB18、FB20、FB22 共 4 个钻孔见揭露。
2-6	砾砂	0.00~15.70	-24.38~-12.14	2.90~9.90	在 FB7、FB8、FB10、FB17、FB18、TFB5 共 6 个钻孔见揭露。
3	砂质 黏性 土	1.70~21.50	-30.73~-14.77	1.50~19.90	在 FB5~FB17、FB19、FB22~FB32、TFB2~TFB11 共 35 个钻孔见揭露。
4-1	全风 化花 岗岩	9.50~31.00	-42.37~-19.90	2.00~23.50	在 FB6~FB8、FB10~FB17、FB19~FB21、FB23~FB32、TFB2~TFB6、TFB8~TFB11
4-2-1	强风 化花 岗岩	12.60~48.50	-59.87~-18.16	0.50~9.00	在 FB4、FB6、FB7、FB15~FB18、FB21、FB23、FB25~FB32、TFB3~TFB7、TFB9、
4-2-2	碎块 状强 风化	19.80~54.00	-65.37~-31.10	0.80~3.70	在 FB11、FB12、FB22、FB27、FB31、FB32、TFB8、TFB11 共 8 个钻孔见揭露。
4-3	中风 化花 岗岩	6.00~55.20	-66.57~-17.29	未揭穿	在 FB4~FB32、TFB4~TFB11 共 37 个钻孔见揭露。

1) 第四系海陆交互相沉积层 (Q4mc)

2-1-1 粉砂: 浅黄色, 饱和, 松散为主, 局部稍密, 主要由石英颗粒组成, 分选性

一般，级配差。

该层分布广泛，在 FB4~FB9、FB11、FB13、FB16~FB32、TFB2~TFB4、TFB6、TFB7、TFB9 共 31 个钻孔见揭露。

标贯试验 58 次，实测 $N'=4\sim13$ 击，平均值 $N'm=8.1$ 击；杆长校正后 $N=3.8\sim12.7$ 击，平均值 $Nm=7.6$ 击。

2-1-2 中粗砂：浅黄色，饱和，松散~稍密，主要由石英颗粒组成，分选性好，级配差。

该层局部分布，在 FB8、FB11~FB15、FB23、FB24、TFB3、TFB5、TFB8、TFB11 共 13 个钻孔见揭露。

标贯试验 28 次，实测 $N'=5\sim15$ 击，平均值 $N'm=11.4$ 击；杆长校正后 $N=4.9\sim12.9$ 击，平均值 $Nm=10.1$ 击。

2-2 粉质黏土：灰黑色，浅黄色，可塑，黏性较好，干强度中等，中等韧性，局部夹少量中砂。

该层局部分布，在 FB4、FB6、FB8、FB11、FB14、FB19、FB22、FB26、FB28、FB32、TFB2~TFB8、TFB11 共 18 个钻孔见揭露。

标贯试验 29 次，实测 $N'=4\sim15$ 击，平均值 $N'm=9.2$ 击；杆长校正后 $N=3.5\sim12.2$ 击，平均值 $Nm=7.9$ 击。

2-3 淤泥质土：灰黑色，流塑，局部软塑，黏性一般，干强度中等，含有机质，稍具臭味。

该层局部分布，在 FB5~FB8、FB15~FB22、FB28~FB31、TFB9、TFB10 共 18 个钻孔见揭露。

标贯试验 38 次，实测 $N'=2\sim5$ 击，平均值 $N'm=3.8$ 击；杆长校正后 $N=1.7\sim4.4$ 击，平均值 $Nm=3.3$ 击。

2-4 中粗砂：灰黄色，灰白色，饱和，稍密~中密，主要由石英颗粒组成，级配差。

该层局部分布，在 FB4~FB7、FB16、FB18~FB22、FB31、FB32、TFB2~TFB5、TFB9 共 17 个钻孔见揭露。

标贯试验 48 次，实测 $N'=10\sim28$ 击，平均值 $N'm=15.9$ 击；杆长校正后 $N=7.9\sim22.0$ 击，平均值 $Nm=12.6$ 击。

2-5 粉质黏土：灰白色、灰黄色，可塑~硬塑，黏性一般，干强度中等，局部夹少量砂粒。

该层局部分布，在 FB8、FB6、FB18、FB20、FB22 共 4 个钻孔见揭露。

标贯试验 12 次，实测 $N'=8\sim14$ 击，平均值 $N'm=10.8$ 击；杆长校正后 $N=6.0\sim10.1$ 击，平均值 $Nm=8.0$ 击。

2-6 砾砂：灰白色，饱和，中密，主要由石英颗粒组成，级配良好。

该层局部分布，在 FB7、FB8、FB10、FB17、FB18、TFB5 共 6 个钻孔见揭露。

标贯试验 14 次，实测 $N'=15\sim25$ 击，平均值 $N'm=18.9$ 击；杆长校正后 $N=11.5\sim18.4$ 击，平均值 $Nm=14.9$ 击。

2) 第四系残积层 (Qel)

3 砂质黏性土：灰黄色，灰白色，稍湿，硬塑，黏性差，含有大量石英颗粒，为花岗岩风化残积土。

该层分布广泛，在 FB5~FB17、FB19、FB22~FB32、TFB2~TFB11 共 35 个钻孔见揭露。

标贯试验 160 次，实测 $N'=13\sim39$ 击，平均值 $N'm=31.1$ 击；杆长校正后 $N=11.8\sim33.5$ 击，平均值 $Nm=23.6$ 击。

3) 燕山期花岗岩 ($\gamma 53$)

4-1 全风化花岗岩：褐黄、灰黄色，除部分石英颗粒外，大部分矿物已风化成土，有一定残余结构强度，岩芯多呈坚硬土夹砂状，浸水易软化、崩解，属极软岩。

该层分布广泛，在 FB6~FB8、FB10~FB17、FB19~FB21、FB23~FB32、TFB2~TFB6、TFB8~TFB11 共 33 个钻孔见揭露。

标贯试验 110 次，实测 $N'=40\sim68$ 击，平均值 $N'm=56.3$ 击；杆长校正后 $N=28.9\sim50.6$ 击，平均值 $Nm=40.1$ 击。

4-2-1 强风化花岗岩：灰白色、褐黄色，岩石风化强烈，岩芯呈半岩半土状，岩质极软，岩芯可用手掰碎，浸水易软化、崩解，属极软岩。

岩石坚硬程度划分为极软岩，岩体完整程度划分为极破碎，岩体基本质量等级为 V 类。

该层分布较广泛，在 FB4、FB6、FB7、FB15~FB18、FB21、FB23、FB25~FB32、TFB3~TFB7、TFB9、TFB10 共 24 个钻孔见揭露。

标贯试验 14 次，实测 $N'=71\sim95$ 击，平均值 $N'm=78.1$ 击；杆长校正后 $N=49.7\sim69.3$ 击，平均值 $Nm=55.4$ 击。

4-2-2 碎块状强风化花岗岩：褐黄色，灰白色，岩石风化强烈，岩芯呈碎块状，少

量短柱状，岩质软，锤击易碎，风化不均，局部夹中风化岩块。

岩石坚硬程度划分为软岩，岩体完整程度划分为极破碎，岩体基本质量等级为V类。

该层局部分布，在 FB11、FB12、FB22、FB27、FB31、FB32、TFB8、TFB11 共 8 个钻孔见揭露。

4-3 中风化花岗岩：灰白色，麻灰色，中粗粒结构，块状构造，节理裂隙较发育，节理面见有褐色铁锰质渲染，岩体较破碎，岩芯呈碎块状或短柱状，岩质较硬，岩块锤击声较脆，不易碎。

岩石坚硬程度划分为较硬岩，岩体完整程度划分为较破碎，岩体基本质量等级为IV类。

该层分布基本连续，在 FB4~FB32、TFB4~TFB11 共 37 个钻孔见揭露。

(3) 港池区场地岩土层分布特征

根据钻探揭示地层情况，港池区场地自上而下分为第四系海陆交互相沉积层（Q4mc）、第四系残积层（Qel）和燕山期花岗岩（ $\gamma 53$ ）。

表 3.2.4-4 港池场地地层分布特征一览表

地层 层号	土层名 称	层顶埋 深(m)	层顶高程 (m)	层厚 (m)	岩性特征及分布特点
2-1-1	粉砂	0.00~3.90	-13.87~-4.70	1.10~5.60	在 GC4、GC6、GC7、GC10~GC19、TGC4 共 14 个钻孔见揭露。
2-1-2	中粗砂	0.00~4.80	-14.74~-4.84	0.80~5.10	在 GC4~GC6、GC8~GC10、GC16、GC18、TGC3、TGC4 共 10 个钻孔见揭露。
2-2	粉质黏土	0.00~6.60	-16.54~-9.76	0.60~2.20	在 GC6~GC8、GC12、GC13、GC16、GC21 共 7 个钻孔见揭露。
2-3	淤泥质土	0.00~7.40	-15.92~-8.64	0.90~4.40	在 GC7、GC9、GC10、GC14、GC15、GC17、GC20、TGC4 共 8 个钻孔见揭露。
2-4	中粗砂	1.60~9.00	-15.97~-11.36	1.40~4.80	在 GC9、GC13~GC17、GC20、GC21 共 8 个钻孔见揭露。
2-6	砾砂	0.00~8.50	-16.00~-9.80	1.10~5.30	在 GC7、GC8、GC10~GC13、TGC1~TGC3 共 9 个钻孔见揭露。
3	砂质黏性土	0.80~6.80	-17.00~-10.87	0.30~6.70	在 GC5、GC11、GC12、GC19、GC21、TGC2 共 6 个钻孔见揭露。

地层 层号	土层名 称	层顶埋 深(m)	层顶高程 (m)	层厚 (m)	岩性特征及分布特点
4-1	全风化 花岗岩	6.50~7.10	17.30~-16.30	未揭穿	在 GC11、TGC2 共 2 个钻孔见 揭露。

1) 第四系海陆交互相沉积层 (Q4mc)

2-1-1 粉砂：浅黄色，饱和，松散为主，局部稍密，主要由石英颗粒组成，分选性一般，级配差。

该层分布稍广泛，在 GC4、GC6、GC7、GC10~GC19、TGC4 共 14 个钻孔见揭露。

标贯试验 20 次，实测 $N'=4\sim12$ 击，平均值 $N'm=7.3$ 击；杆长校正后 $N=3.8\sim11.2$ 击，平均值 $Nm=6.9$ 击。

2-1-2 中粗砂：浅黄色，饱和，松散~稍密，主要由石英颗粒组成，分选性好，级配差。

该层局部分布，在 GC4~GC6、GC8~GC10、GC16、GC18、TGC3、TGC4 共 10 个钻孔见揭露。

标贯试验 11 次，实测 $N'=5\sim15$ 击，平均值 $N'm=9.7$ 击；杆长校正后 $N=4.8\sim12.7$ 击，平均值 $Nm=8.8$ 击。

2-2 粉质黏土：灰黑色，浅黄色，可塑，黏性较好，干强度中等，中等韧性，局部夹少量中砂。

该层局部分布，在 GC6~GC8、GC12、GC13、GC16、GC21 共 7 个钻孔见揭露。

标贯试验 5 次，实测 $N'=5\sim8$ 击，平均值 $N'm=6.2$ 击；杆长校正后 $N=4.4\sim6.7$ 击，平均值 $Nm=5.6$ 击。

2-3 淤泥质土：灰黑色，流塑，局部软塑，黏性一般，干强度中等，含有机质，稍具臭味。

该层局部分布，在 GC7、GC9、GC10、GC14、GC15、GC17、GC20、TGC4 共 8 个钻孔见揭露。

标贯试验 38 次，实测 $N'=2\sim5$ 击，平均值 $N'm=2.9$ 击；杆长校正后 $N=1.7\sim4.3$ 击，平均值 $Nm=2.6$ 击。

2-4 中粗砂：灰黄色，灰白色，饱和，稍密，主要由石英颗粒组成，级配差。

该层局部分布，在 GC9、GC13~GC17、GC20、GC21 共 8 个钻孔见揭露。

标贯试验 14 次, 实测 $N'=10\sim15$ 击, 平均值 $N'm=11.8$ 击; 杆长校正后 $N=8.2\sim13.5$ 击, 平均值 $Nm=10.3$ 击。

2-6 砾砂: 灰白色, 饱和, 中密, 主要由石英颗粒组成, 级配良好。

该层局部分布, 在 GC7、GC8、GC10~GC13、TGC1~TGC3 共 9 个钻孔见揭露。

标贯试验 13 次, 实测 $N'=15\sim27$ 击, 平均值 $N'm=19.6$ 击; 杆长校正后 $N=12.1\sim24.0$ 击, 平均值 $Nm=17.6$ 击。

2) 第四系残积层 (Qel)

3 砂质黏性土: 灰黄色, 灰白色, 稍湿, 硬塑, 黏性差, 含有大量石英颗粒, 为花岗岩风化残积土。

该层局部分布, 在 GC5、GC11、GC12、GC19、GC21、TGC2 共 6 个钻孔见揭露。

标贯试验 10 次, 实测 $N'=12\sim26$ 击, 平均值 $N'm=18.7$ 击; 杆长校正后 $N=11.4\sim22.6$ 击, 平均值 $Nm=16.6$ 击。

3) 燕山期花岗岩 ($\gamma 53$)

4-1 全风化花岗岩: 褐黄、灰黄色, 除部分石英颗粒外, 大部分矿物已风化成土, 有一定残余结构强度, 岩芯多呈坚硬土夹砂状, 浸水易软化、崩解, 属极软岩。

该层局部分布, 在 GC11、TGC2 共 2 个钻孔见揭露。

标贯试验 2 次, 实测 $N'=42\sim68$ 击, 平均值 $N'm=55.0$ 击; 杆长校正后 $N=35.5\sim57.7$ 击, 平均值 $Nm=46.6$ 击。

2、水文地质

(1) 地下水类型

场地地下水类型主要为第四系松散层孔隙潜水和基岩裂隙水。

第四系松散层孔隙潜水赋存于第四系海陆交互相沉积层中, 其中 2-1-1 粉砂、2-1-2 中粗砂、2-4 中粗砂和 2-6 砾砂含水量较丰富, 孔隙潜水受上层水下渗补给。

基岩裂隙水赋存于基岩风化裂隙之中, 含水层无明确界限, 埋深和厚度很不稳定, 其透水性主要取决于裂隙发育程度、岩石风化程度和含泥量。基岩风化裂隙水一般为弱承压水。在天然状态下, 基岩风化裂隙水主要以第四系含水层的渗入补给为主。

(2) 地下水的腐蚀性

本次勘察分别在 FB18 和 MT20 两个钻孔孔位处各取地下水 1 组进行水质分析测试。其腐蚀性指标见下表:

表 3.2.4-5 水质分析结果表

孔号	pH	侵蚀 CO ₂	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	矿化度
		(mg/L)	(mmol/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
FB18	7.4	6.86	1.14	531.32	4289.45	143.37	7781.40
MT20	7.2	9.15	1.00	507.02	3527.28	138.51	6486.74

本场地属湿润区Ⅱ类环境，根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版），第 12.2 条规定，地下水的腐蚀性评价如下：

1) 地下水对混凝土结构腐蚀性评价

①环境类型为Ⅱ类：据 Mg²⁺、SO₄²⁻含量和矿化度判定，地下水对混凝土结构腐蚀等级属弱腐蚀；

②地层渗透性为强透水（A 类）：据侵蚀 CO₂ 含量、HCO₃⁻含量和 pH 值判定，地下水对混凝土结构腐蚀等级属弱腐蚀。

综上，场区地下水对混凝土结构的腐蚀等级属弱腐蚀。

2) 地下水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

长期浸水：据 Cl⁻含量判定，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀等级属微腐蚀。

干湿交替：据 Cl⁻含量判定，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀等级属中腐蚀。

3) 地下水对钢结构的腐蚀性评价

根据《水运工程岩土勘察规范》（JTS 133-2013）第 11.0.4 条，据 pH 值及 Cl⁻+SO₄²⁻含量判定，地下水对钢结构腐蚀等级属中腐蚀。

综合判定，地下水对混凝土结构腐蚀等级属弱腐蚀；对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀等级，按长期浸水条件属微腐蚀，按干湿交替条件属中腐蚀；地下水对钢结构腐蚀等级属中腐蚀。

（3）地表水的腐蚀性

本次勘察期间，在场内采取 5 组地表水进行水质分析测试。测试结果详见附件“水质分析报告”。其腐蚀性指标见下表：

表 3.2.4-6 水质分析结果表

孔号	pH	侵蚀 CO ₂	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	矿化度
		(mg/L)	(mmol/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
FB18 海水	8.3	0.00	2.22	2293.65	18522.63	668.25	33425.8
MT20 海水	8.4	0.00	2.16	2073.13	19506.36	682.83	34712.9
平潮海水	8.3	0.00	1.88	3117.43	15816.02	601.43	30221.8
高潮海水	8.6	0.00	1.61	3099.27	15112.34	727.79	28919.9
低潮海水	8.4	0.00	1.87	3147.70	15894.01	583.20	30420.0

本场地属湿润区Ⅱ类环境，根据所取地表水样的水质分析结果，按《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版），第 12.2 条规定，地表水的腐蚀性评价如下：

1) 地表水对混凝土结构腐蚀性评价

①环境类型为Ⅱ类：据 Mg²⁺、SO₄²⁻含量和矿化度判定，地表水对混凝土结构腐蚀等级属强腐蚀；

②直接临水（A 类）：据侵蚀性 CO₂ 含量、HCO₃⁻含量和 pH 值判定，地表水对混凝土结构腐蚀等级属微腐蚀。

综上，场区地表水对混凝土结构的腐蚀等级属强腐蚀。

2) 地表水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

长期浸水：据 Cl⁻含量判定，地表水对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀等级属弱腐蚀。

干湿交替：据 Cl⁻含量判定，地表水对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀等级属强腐蚀。

综合判定，地表水对混凝土结构腐蚀等级属强腐蚀；对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀等级，按长期浸水条件属弱腐蚀，按干湿交替条件属强腐蚀。

3、场地的地震效应

(1) 抗震地段划分

场地范围内揭露有 2-3 淤泥质土等软土层，根据《水运工程抗震设计规范》(JTS 146-2012)第 4.1.1 条判定场地属于对建筑物抗震不利地段。

(2) 建筑场地类别

根据中华人民共和国行业标准《水运工程抗震设计规范》（JTS 146-2012）表 3.2.4-7 及 表 3.2.4-8，结合本区的经验估计各土层的剪切波速：

表 3.2.4-7 岩土层剪切波速vs 估值表

岩土层名称	状态	vs (m/s)	岩土层名称	状态	vs (m/s)
1-1 素填土	松散	130	2-5 粉质黏土	可塑~硬塑	270
2-1-1 粉砂	松散	150	2-6 砾砂	中密	350
2-1-2 中粗砂	松散~稍密	160	3 砂质黏性土	硬塑	380
2-2 粉质黏土	可塑	240	4-1 全风化花岗岩	/	400
2-3 淤泥质土	流塑	100	4-2-1 强风化花岗岩	/	480
2-4 中粗砂	稍密~中密	250	4-2-2 碎块状强风化花岗岩	/	>500

土层等效剪切波速按下列公式计算：

$$v_{se} = d_0 / \sum_{i=1}^n (d_i / v_{si})$$

式中 v_{se} —土层等效剪切波速（m/s）；

d_0 —计算深度（m），取覆盖层厚度和 20m 二者的较小值；

d_i —计算深度范围内第 i 土层的厚度（m）；

v_{si} —计算深度范围内第 i 土层的剪切波速（m/s）；

n —计算深度范围内土层的分层数。

根据地区经验，本次勘察估算 20m 覆盖土层的等效剪切波速及建筑场地类别。

表 3.2.4-8 岩土层剪切波速vs 估值表

孔号	计算厚度(m)	等效剪切波速(m/s)	场地土类型	建筑场地类别
MT12	20.0	252.4	中硬土	II
MT22	20.0	164.1	中软土	II
FB18	18.0	176.7	中软土	II
FB30	20.0	198.9	中软土	II

根据估算结果，按《水运工程抗震设计规范》(JTS 146-2012)第 4.1.2 条、第 4.1.6 条按不利条件判定：本工程场地土类型为中软场地土，建筑场地类别属 II 类。

(3) 场地抗震设计条件

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)表 C.19, 陆丰市碣石镇II类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g (抗震设防烈度为 7 度), 反应谱特征周期为 0.40s (设计地震分组为第二组)。

根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度划分, 本项目建筑场地类别为II类, 对应的基本地震动峰值加速度为 0.10g, 反应谱特征周期为 0.40s。

(4) 砂土液化判别

按中华人民共和国行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTS 146-2012)第 4.2.3 条, 依地质年代初步判别, 拟建场地在 20.0m 深度范围内饱和的可液化砂土层有: 2-1-1 粉砂、2-1-2 中粗砂、2-4 中粗砂、2-6 砾砂, 其余土层均初步判别为不可液化土层。

按《水运工程抗震设计规范》(JTS 146-2012)第 4.2.4 条对初判为可液化砂土层采用标准贯入试验判别法对其作进一步的判别,

根据标准贯入试验法进行液化判别结果, 场地 2-1-1 粉砂、2-1-2 中粗砂轻微~中等液化, 2-4 层中粗砂轻微液化, 2-6 层砾砂不液化。

可液化的钻孔 45 个, 单孔液化指数 0.61~25.2, 可液化钻孔占总孔数的 49.5%。其中, 轻微液化孔数为 18 个, 占液化钻孔数的 40.0%; 中等液化孔数为 25 个, 占液化钻孔数的 55.6%; 严重液化钻孔数为 2 个, 占液化钻孔数的 4.4%。

当地基的液化等级为轻微或中等时, 可采取增强上部结构的整体刚度和均匀对称性, 合理设置沉降缝, 避免采用对不均匀沉降敏感的结构型式等措施。彻底消除地基液化沉降可选择桩基础、振冲碎石桩或换填法等处理措施。

(5) 地震对场地的影响

场地内 2-3 淤泥质土为软土层, 其含水率高、孔隙比大、承载力低。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016 年版)4.3.11 条和其条文说明, 淤泥质土 2-3 层为可震陷软土。

场地内 2-3 层淤泥质土临界等效剪切波速为 100m/s。根据《软土地区岩土工程勘察规程》(JGJ 83-2011)6.3.4 条, 在抗震设防烈度 7 度区, 当临界等效剪切波速大于 90m/s 时, 可不考虑软土震陷的影响。

4、特殊性岩土与不良地质作用

(1) 特殊性岩土

本次勘察场地揭露到的特殊性岩土有填土、软土、残积土及风化岩。

填土: 1-1 层素填土为新近人工填土层, 其成分复杂、孔隙比大、压缩性较高等特

点，未经处理不宜直接利用。

软土：2-3 淤泥质土为本场地的主要软土层，软土具一定厚度，其具有含水量大、灵敏度高、压缩性高、透水性差、强度低、流变性强等特点，在外力作用下易发生压缩变形。采用地基处理或桩基础可消除或减少软土产生的危害性。

残积土：3 砂质黏性土为花岗岩风化残积土，在天然状态下物理力学性质较好，但水理性质差，遇水易软化，设计和施工应注意其遇水软化对承载力的影响。

风化岩：本场地岩浆岩的风化岩表现出风化的不均匀性，常出现软硬互层的特征，造成力学性质的局部变化。场地基岩为燕山期花岗岩，为一般易风化岩石，其常风化不均匀，强风化岩层夹较多薄层中风化岩，中风化岩层常夹薄层强风化岩，呈现软硬不一、软硬互夹的现象，会导致地基强度差异，危及构筑物安全，对基础施工将造成不利影响。

全~强风化花岗岩在原始状态下承载力较高，但其具遇水浸泡后软化、崩解、承载力降低等特点，设计与施工时应高度重视。

（2）不良地质作用

根据本次勘察结果，本场地未发现岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降等不良地质作用。

场地的主要不良地质问题为花岗岩球状风化体“孤石”的存在，本次勘察在钻孔 MT27 和 FB22 位置处分别有揭露厚度 1.0m 和 0.5m 的孤石。本次勘察受技术要求中终孔条件限制，不排除部分基岩埋藏较浅的钻孔终孔时是孤石的可能。

孤石的存在会导致施工困难（如断桩、增加施工成本）、上部结构失稳（如不均匀沉降）等问题。甚至会被勘察误判为基岩，从而对花岗岩球状风化区建筑物或构筑物基础工程构成潜在威胁。

5、场地岩土工程条件评价

（1）场地稳定性及适宜性评价

1) 场地稳定性

根据国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本工程抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第二组，地震设计特征周期值取 0.40s。场地属建筑抗震的不利地段，场地内未发现断裂构造迹象，综合判定区域构造稳定性一般。

本场地不存在滑坡、崩塌、泥石流、采空区等颠覆性的不良地质作用和地质灾害，场地环境地质稳定性较好。

场地内有揭露到淤泥质黏土层，其呈流塑状态，属软土层，具有“三高”特征，高孔隙比、高压缩性、高灵敏度，强度低，工程性能较差，在自重及上覆荷载的作用下，易发生压缩变形。采取适当措施可减少或避免软土产生的危害。场地工程地质稳定性一般。

综上所述，场地整体稳定性一般。

2) 场地适宜性

拟建场地勘察深度范围内主要岩土层总体厚度、埋深变化相对较大，各岩土层在水平、垂直方向上性质变化较明显，风化岩层起伏变化明显，总体各岩土层均匀性较差，为不均匀地基。

海水冲刷及潮汐差对本工程有一定的影响，地下水对工程建设影响较小。影响场地稳定性的地质问题主要为软土和可液化砂土的问题。

综上所述，场地存在有对工程建设的不利因素，但在工程建设中可采取适当的措施减少或消除上述不利因素的影响，拟建场地基本适宜进行本工程建设。

(2) 岩土层均匀性评价

场地岩土层分布不均匀，场地上部 2-1-1 粉砂、2-4 中粗砂分布较均匀，基本连续；2-2 粉质黏土和 2-3 淤泥质土分布不连续，在局部钻孔缺失；中部地层局部夹透镜体状砂性土层，密实度欠均匀，力学性质在水平和垂直方向上有明显差异；下部风化岩层分布基本连续，但风化不均匀。建议按不均匀地基考虑。

(3) 地基土分析与评价

1) 码头地基土分析与评价

素填土 1-1 层：松散，成分复杂，承载力较低，工程性能差。

粉砂 2-1-1 层：松散，承载力较低，为可液化砂层，工程性能较差。

中粗砂 2-1-2 层：松散～稍密，具中等偏低压缩性，为可液化砂层，承载力一般，分布不连续，工程性能一般。

粉质黏土 2-2 层：可塑，中等压缩性，承载力一般，分布不连续，工程性能一般。

淤泥质土 2-3 层：流塑，局部软塑，具高压缩性，承载力低，工程性能差。

中粗砂 2-4 层：稍密～中密，具低等压缩性，承载力一般，工程性能一般。

粉质黏 2-5 层：可塑～硬塑，具中等压缩性，承载力一般，个别孔见揭露，工程性能一般。

砾砂 2-6 层：中密，具低压缩性，承载力中等，工程性能较好。

砂质黏性土 3 层：硬塑，具中等偏低压缩性，承载力中等，分布基本连续，工程性

能较好。

全风化花岗岩 4-1 层：坚硬土夹砂状，承载力中等，工程性能较好。

强风化花岗岩 4-2-1 层：承载力较高，工程性能较好，可作码头预制桩基础持力层。

碎块状强风化花岗岩 4-2-2 层：承载力较高，工程性能好，该层较薄，局部分布。

中风化花岗岩 4-3 层：承载力高，工程性能好，可作码头冲孔灌注桩基础持力层。

上述土层承载力特征值见下表：

表 3.2.4-9 各岩土层主要设计参数建议值一览表

层号	岩土名称	状态	承载力设计值 f_d	天然重度 (γ)	压缩模量 $E_{S0.1-0.2}$	直接快剪		固结快剪	
						凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角
			kPa	kN/m ³	MPa	C(kPa)	$\Phi(^{\circ})$	C(kPa)	$\Phi(^{\circ})$
1-1	素填土	松散	/	18.5	/	/	/	/	/
2-1-1	粉砂	松散	110	18.8	*6	0	24	/	/
2-1-2	中粗砂	松散~稍密	130	19.0	*10	0	30	/	/
2-2	粉质黏土	可塑	150	18.5	5.0	28.9	13.5	36.3	15.7
2-3	淤泥质土	流塑	80	17.9	3.1	7.1	3.8	9.5	11.8
2-4	中粗砂	稍密~中密	190	19.5	*40	0	30	/	/
2-5	粉质黏土	可塑~硬塑	180	18.5	4.7	22.1	13.1	25.0	15.0
2-6	砾砂	中密	210	19.8	*45	0	35	/	/
3	砂质黏性土	硬塑	250	17.8	4.7	14.5	23.8	20.6	21.7
4-1	全风化花岗岩	坚硬	300	18.0	5.3	13.2	29.7	18.7	30.7
4-2-1	强风化花岗岩	半岩半土	500	18.3	*150	/	/	/	/
4-2-2	碎块状强风化花岗岩	/	800	/	*180	/	/	/	/
4-3	中风化花岗岩	/	2000	/	/	/	/	/	/

注：带“*”为变形模量。带“-”为经验值。

2) 防波堤地基土分析与评价

粉砂 2-1-1 层：松散，承载力较低，为可液化砂层，工程性能较差。

中粗砂 2-1-2 层：松散～稍密，具中等偏低压缩性，为可液化砂层，承载力一般，分布不连续，工程性能一般。

粉质黏土 2-2 层：可塑，中等压缩性，承载力一般，分布不连续，工程性能一般。

淤泥质土 2-3 层：流塑，局部软塑，具高压缩性，承载力低，工程性能差。

中粗砂 2-4 层：稍密～中密，具低等压缩性，承载力一般，工程性能一般。

粉质黏 2-5 层：可塑～硬塑，具中等压缩性，承载力一般，工程性能一般。

砾砂 2-6 层：中密，具低压缩性，承载力中等，工程性能较好。

砂质黏性土 3 层：硬塑，具中等偏低压缩性，承载力中等，分布基本连续，工程性能较好。

全风化花岗岩 4-1 层：坚硬土夹砂状，承载力中等，工程性能较好。

强风化花岗岩 4-2-1 层：承载力较高，工程性能较好，可作预制桩基础持力层。

碎块状强风化花岗岩 4-2-2 层：承载力较高，工程性能好，该层较薄，局部分布。

中风化花岗岩 4-3 层：承载力高，工程性能好，可作冲孔灌注桩基础持力层。

上述土层承载力特征值见下表。

表 3.2.4-10 各岩土层主要设计参数建议值一览表

层号	岩土名称	状态	承载力设计	天然重度	压缩模量	直接快剪		固结快剪	
			值 fd	(γ)	ES0.1-0.2	凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角
			kPa	kN/m ³	MPa	C(kPa)	$\Phi(^{\circ})$	C(kPa)	$\Phi(^{\circ})$
2-1-1	粉砂	松散	110	18.8	*6	0	23	/	/
2-1-2	中粗砂	松散~稍密	130	19.0	*10	0	30	/	/
2-2	粉质黏土	可塑	150	18.8	5.0	24.6	13.4	27.8	16.0
2-3	淤泥质土	流塑	80	17.6	5.3	6.5	3.7	8.5	12.0
2-4	中粗砂	稍密~中密	190	19.5	*40	0	30	/	/
2-5	粉质黏土	可塑~硬塑	180	18.8	4.5	22.0	13.0	25.1	15.2
2-6	砾砂	中密	210	19.8	*45	0	35	/	/
3	砂质黏性土	硬塑	250	17.6	4.4	17.3	22.9	21.3	25.9
4-1	全风化花岗岩	坚硬	300	18.0	4.9	15.9	27.3	22.4	29.5
4-2-1	强风化花岗岩	半岩半土	500	18.4	*150	/	/	/	/
4-2-2	碎块状强风化花岗岩	/	800	/	*180	/	/	/	/
4-3	中风化花岗岩	/	2000	/	/	/	/	/	/

注：带“*”为变形模量。带“-”为经验值。

3) 港池疏浚区岩土工程分级和评价

根据本次勘察钻孔资料, 港池航道区主要地层有 2-1-1 粉砂、2-1-2 中粗砂、2-2 粉质黏土 2-3 淤泥质土、2-4 中粗砂、2-6 砾砂、3 砂质黏性土和 4-1 全风化花岗岩, 参照《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS181-5-2012) 表 5.2.4、表 5.3.10、表 6.2.3、表 6.2.4、表 7.2.2 及表 10.2.4, 对各土层的疏浚岩土工程分级评价如下列表:

表 3.2.4-11 疏浚岩土工程分级表

地层 编号	主要岩土名 称	岩土类别	级 别	状 态	判别或辅助指标		
					标贯击数 N (击)	天然重度 γ (kN/m ³)	液性 指数 IL
2-1-1	粉砂	砂土类	6	松散	7.3	18.5*	/
2-1-2	中粗砂	砂土类	7	中密	9.7	19.0*	/
2-2	粉质黏土	黏性土类	3	中等	6.2	18.5	0.56
2-3	淤泥质土	淤泥质土类	2	软	2.9	17.5	1.09
2-4	中粗砂	砂土类	7	中密	11.8	19.5*	/
2-6	砾砂	砂土类	7	中密	19.6	19.8*	/
3	砂质黏性土	黏性土类	5	坚硬	18.7	17.6	0.29
4-1	全风化花岗	岩石类	11	弱	55.0	18.1	0.15

注: 带“*”为经验值。

表 3.2.4-12 疏浚岩土可挖性表

地层 编号	主要岩 土名称	级 别	耙吸(m ³)			绞吸(kW)		抓斗(m ³)		铲斗 (m ³)	链斗(m ³ /h)	
			≥9000	4000~ 9000	≤4000	≥1000	< 1000	≥8	<8	≥4	≥500	<500
2-1-1	粉细砂	6	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易
2-1-2	中粗砂	7	容易	较易	尚可	较易	较难	较易	较难	容易	较易	尚可
2-2	粉质黏 土	3	较易	较易	尚可	较易	较易	较易	较易	容易	较易	较易
2-3	淤泥质 土	2	容易	容易	容易	容易	较易	较易	较易	较易	容易	容易
2-4	中粗砂	7	容易	较易	尚可	较易	较难	较易	较难	容易	较易	尚可
2-6	砾砂	7	容易	较易	尚可	较易	较难	较易	较难	容易	较易	尚可

注: 表中的评价可能由于水域钻孔间距较大, 各钻孔之间各砂土层分界及地层分布与实际情况可能会有一定的出入, 在设计施工时应注意。

表 3.2.4-13 疏浚土管道输送的适宜性及用作填土的适宜性

地层编号	主要岩土名称	岩土类别	用管道输送的适宜性	作吹填土的填筑特性	水下边坡坡比
2-1-1	粉砂	砂土类	很好	尚可，易液化	1: 5~1: 10
2-1-2	中粗砂	砂土类	较好	良好，易密实	1: 5~1: 10
2-2	粉质黏土	黏性土类	碎化后较好	处于未固结状态，固结时间	1: 2~1: 3
2-3	淤泥质土	淤泥质土类	很好	极软弱，固结时间长，需加固处理	1: 3~1: 8
2-4	中粗砂	砂土类	较好	良好，易密实	1: 2~1: 5
2-6	砾砂	砂土类	较好	良好，易密实	1: 2~1: 5
3	砂质黏性土	黏性土类	碎化后较好	处于未固结状态，固结时间	1: 2~1: 3
4-1	全风化花岗岩	岩石类	尚可	良好，比较容易密实	1: 2~1: 3

6、基础方案及岩土参数

(1) 码头类型及桩基设计参数

1) 高桩式码头结构

拟建码头可采用高桩梁板结构，基础可选择预应力管桩、冲孔灌注桩或嵌岩桩。

①预应力管桩

拟建码头可采用预应力管桩桩基础，建议选择 4-1 全风化花岗岩或 4-2-1 强风化花岗岩作为基础持力层。桩径和桩长的选定，应按设计单柱荷载大小和持力层埋深而定。

其桩侧摩阻力特征值(q_f)和桩端端阻力特征值(q_R)有关设计参数（参考下表）。

其单桩竖向承载力设计值应按《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）4.2.8-2 公式计算：

$$Q_d = (U \sum q_{fili} + \eta q_R A) / \gamma_R$$

式中： Q_d —单桩轴向承载力设计值（kN）；

γ_R —单桩轴向承载力分项系数，打入桩取 1.50，灌注桩取 1.60；

U —桩身截面外周长（m）；

q_{fi} —单桩第 i 土层的极限侧摩阻力标准值（kPa）；

q_R —单桩极限端阻力标准值（kPa）；

l_i —桩身穿过第 i 土层的长度（m）；

η —承载力折减系数，可按地区经验取值，也可按规范 4.2.8-3 取值；

A —桩端外周面积(m^2)。

表 3.2.4-14 预制桩桩基主要设计参数一览表

层序	岩土名称	状态	单位面积 极限侧摩 阻力标准 值 $q_f(kPa)$	单位面积极 限桩端力标 准值 $q_R(kPa)(10 \leq L < 20)$	单位面积极 限桩端力标 准值 $q_R(kPa)(20 \leq L < 30)$	单位面积极 限桩端力标准值 $q_R(kPa)(L \geq 30)$
2-1-1	粉砂	松散	15	/	/	/
2-1-2	中粗砂	松散~ 稍密	20	/	/	/
2-2	粉质黏土	可塑	45	/	/	/
2-3	淤泥质土	流塑	6	/	/	/
2-4	中粗砂	稍密~ 中密	50	/	/	/
2-5	粉质黏土	可塑~ 硬塑	65	/	/	/
2-6	砾砂	中密	60	2800	3300	/
3	砂质黏性土	硬塑	75	2100	2700	3100
4-1	全风化花岗岩	坚硬	120	2500	3200	3800
4-2-1	强风化花岗岩	半岩半 土	180	6000		
4-2-2	碎块状强风化花 岗岩	/	240	8000		
4-3	中风化花岗岩	/	/	/		

注：1. 表中 q_f 、 q_R 值根据《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）提出。

②钻（冲）孔灌注桩

若采用钻（冲）孔灌注桩，建议选择强风化花岗岩作为基础持力层，其桩径大小及桩长可根据构筑物的具体情况经验算确定。

根据《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）4.2.8-3 公式计算单桩轴向承载力，有关计算参数 q_f 、 q_R 的取值见下表。

$$Q_d = (U \sum \Psi_{si} q_{fi} l_i + \Psi_P q_R A) / \gamma_R$$

式中： Q_d —单桩轴向承载力设计值（kN）；

γ_R —单桩轴向承载力分项系数，打入桩取 1.50，灌注桩取 1.60；

U —桩身截面周长（m）；

Ψ_{Si} 、 Ψ_P —桩侧阻力、端阻力尺寸效应系数，当桩径不大于 0.8m 时，均取 1.0m，当桩径大于 0.8m 时，可按规范表 4.2.8-4 取值；

q_{fi} —单桩第 i 层土的单位面积极限侧摩阻力标准值（kPa）；

q_R —单桩单位面积极限桩端持力层端阻力标准值（kPa）；

l_i —桩身穿过第 i 层土的长度（m）；

A — 桩端截面面积(m^2)。

表 3.2.4-15 钻(冲)孔桩基主要设计参数一览表

层序	岩土名称	状态	岩石饱和抗压强度建议值（MPa）	泥浆护壁钻(冲)孔灌注桩		
				单位面积极限侧摩阻力标准值 q_f (kPa)	单位面积极限桩端力标准值 q_R (kPa)($15 \leq L < 30$)	单位面积极限桩端力标准值 q_R (kPa)($L \geq 30$)
2-1-1	粉砂	松散	/	12	/	/
2-1-2	中粗砂	松散~稍密	/	18	/	/
2-2	粉质黏土	可塑	/	43	/	/
2-3	淤泥质土	流塑	/	5	/	/
2-4	中粗砂	稍密~中密	/	45	/	/
2-5	粉质黏土	可塑~硬塑	/	60	/	/
2-6	砾砂	中密	/	55	/	/
3	砂质黏性土	硬塑	/	70	1100	1200

4-1	全风化花岗岩	坚硬	/	100	1500
4-2-1	强风化花岗岩	半岩半土	/	160	2500
4-2-2	碎块状强风化花岗岩	/	< 5.0	180	2800
4-3	中风化花岗岩	/	40.0	/	/

注：1. 表中 q_f 、 q_R 值根据《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）提出。2. 灌注桩土层深度 0~2 倍桩径或边长范围内的侧摩阻力不计。

③嵌岩桩

当采用 4-3 中风化花岗岩作为桩基础持力层时，其单桩轴向抗压承载力设计值应根据《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）4.2.8-4 公式计算单桩轴向抗压承载力。有关计算参数 q_f 、 q_R 的取值见表 5.1.1-2。

$$Q_{cd} = U_1 \sum \zeta_{fi} q_{fli} / \gamma_{cs} + (U_2 \zeta_{sf} f_{khr} + \zeta_{pf} k_A) / \gamma_{cR}$$

式中： Q_{cd} —嵌岩桩单桩轴向抗压承载力设计值（kN）；

U_1 、 U_2 —分别为覆盖层桩身周长（m）和嵌岩段桩身周长（m）；

ζ_{fi} —桩周第 i 层土的侧阻力计算系数；

q_{fi} —桩周第 i 层土的单位面积极限侧摩阻力标准值（kPa）；

l_i —桩身穿过第 i 层土的长度（m）；

γ_{cs} —覆盖层单桩轴向受压承载力分项系数；

ζ_s 、 ζ_p —分别为嵌岩段侧阻力和端阻力计算系数；

f_{fk} —岩石饱和单轴抗压强度标准值（kPa）；

h_r —桩身嵌入基岩的长度（m）；

A —嵌岩段桩端面积（m²）；

γ_{cR} —嵌岩段单桩轴向受压承载力分项系数。

2) 防波堤基础类型的选择

①浅基础方案

场地上部地层主要为松散状态的 2-1-1 粉砂、松散~稍密状的 2-1-2 中粗砂、可塑的 2-2 粉质黏土、流塑状的 2-3 淤泥质土层和稍密~中密状的 2-4 中粗砂，上部地层条

件相对较差；中部地层主要为可塑状的 2-5 粉质黏土、中密状的 2-6 砾砂、硬塑状的 3 砂质黏性土和 4-1 全风化花岗岩层，中部地层条件尚可；下部地层主要为强~微风化花岗岩，下部地层条件较好。场地 2-5 层粉质黏土及其以下地层均可作为防波堤的基础持力层。

拟建防波堤可采用抛石斜坡堤或重力式沉箱岸堤结构。

场地上部地层主要为粉砂、中粗砂和淤泥质土等可液化土层和软弱土层，具有一定的厚度，防波堤堤基工程地质条件比较差，不宜直接作拟建防波堤的天然地基。可考虑将上部不良地层挖除，以 2-5 粉质黏土及其以下地层作防波堤基础持力层。或采用振冲碎石桩、素混凝土桩等进行地基土处理，以处理后的复合地基作为拟建防波堤的基础持力层。

②桩基础方案

若浅基础不能满足建筑荷载需要或部分建筑物荷载较大，则需考虑桩基础方案。

a.预应力管桩

拟建防波堤可采用预应力管桩桩基础，建议选择 4-1 全风化花岗岩或 4-2-1 强风化花岗岩作为基础持力层。桩径和桩长的选定，应按设计单桩荷载大小和持力层埋深而定。预制桩桩基设计参数见表 5.1.1-1。

b.钻（冲）孔灌注桩或嵌岩桩

若采用钻（冲）孔灌注桩，建议选择 4-2-1 强风化花岗岩或 4-2-2 碎块状强风化花岗岩作为基础持力层，其桩径大小及桩长可根据构筑物的具体情况经验算确定；嵌岩桩应以 4-3 层中风化花岗岩作为持力层。

（2）桩基施工可行性分析

1）成桩可行性分析

预制桩施工时，施工锤击沉桩时应谨慎对待，避免中途停歇，一旦长时间停歇，桩周土体会迅速固结，锤击数因此而增加许多，往往因此打坏桩。同时建议加强后期勘探及施工时观测，并采取有效的预防措施。场地存在较厚的中粗砂和砾砂层，当采用打入桩时容易出现砂土土壤挤密现象，建议桩基础施工前应作试桩。

本项目场地下伏基岩为花岗岩，花岗岩球状风化“孤石”的存在，对预制桩施工影响很大，需进行冲孔桩引孔等特殊处理。

对于钻孔灌注桩，施工时应防止孔壁渗水、失稳等问题；同时在达到预计桩端深度时，需仔细检查桩底沉渣厚度，防止沉渣厚度过大影响桩端承载力及桩基沉降。当

采用钻孔灌注桩穿越砂层时亦容易产生塌孔等现象，应采取有效的预防措施，需控制好泥浆的相对密度，必要时采取全护筒跟管钻穿该土层。

2) 设计、施工应注意的岩土工程问题及建议

①建议在桩基正式施工前先选择有代表性的桩位进行试成桩及单桩静载荷试验，以确定正式成桩时所需的控制标准及对桩基的设计参数进行校核。工程桩施工完成后应按有关规范要求静载试验和桩身无损动测，检测数量应符合规范要求。

②海域施工会受到潮汐的影响，桩基施工宜搭建固定施工平台或选择适当的打桩船进行施工。

③预制桩桩端进入强风化花岗岩一定深度较为困难，宜以试桩结果为参考标准。

④场地岩石节理裂隙较发育，尤其是碎块状强风化岩或强风化岩与中风化岩过渡带孔隙较大，采用冲孔灌注桩施工时，应采取有效措施防止漏浆。

3) 施工对周围环境的影响评价

场地周边少有建筑物，基础施工时对周边环境影响不大。建议：

①在施工现场采取必要的警戒措施，以避免其他船只误入而造成事故。

②施工过程中应尽量减少或避免施工废水废渣对流入海域造成环境的破坏。

图 3.2.4-1 一期码头地质剖面图（涉密，不公开）

图 3.2.4-2 一期防波堤地质剖面图（涉密，不公开）

图 3.2.4-3 一期航道地质剖面图（涉密，不公开）

3.2.4.3. 场地稳定性

根据《广东省地质构造（体系）图》，本项目所在地钻探深度范围内，没有明显的断层破坏迹象，未见断层泥及断层角砾，场地总体较稳定。

3.2.4.4. 岸线演变

根据工程区历年遥感影像图分析，2010 年~2018 年，工程海区岸线相对稳定，海洋工程基地码头西侧的陆丰核电工程位置区岸线外移。工程位置附近岸线在 2016 年前趋于稳定，2016 年后侵蚀后退，之后又趋于稳定，这种大范围的岸线后退主要是由人类活动影响造成的。

本工程所在海岸存在一定的沿岸输沙，所在岸线为 SW~NE 走向，海域常浪已强浪向为 ESE~S 向，与岸线走向形成一定交角，海区潮流不大，沿岸泥沙运动主要动力为波浪，泥沙运动为沿岸往复运动。海洋工程基地一期工程建成后，防波堤离岸布置，西南向沿岸输沙泥沙进入港内受防波堤掩护，港内水动力减弱，泥沙易落淤，港内泥沙淤积不可避免，因此一期工程建成后港内沿岸泥沙堆积明显，并已影响到港内泊位港池水深，

图 3.2.4-4 工程海区岸线变化图（涉密，不公开）

图 3.2.4-5 工程岸线现状图（涉密，不公开）

3.2.4.5. 回淤分析

工程海区水体含沙量小，参考工程海区波浪潮流泥沙等水文专题研究结论，结合水文规范淤泥质海岸航道和港池的淤积计算方法，工程建设后正常天气情况下港池水域泥沙淤积强度约为 0.2m/a，航道年回淤强度约为 0.3m/a。

在大风浪条件下，开挖水域的泥沙骤淤情况相对较好，一般在 0.1~0.2m 淤厚，口门处略大，大约可达 0.5m，台风结束后对开挖水域进行及时维护。

3.2.5. 自然灾害

3.2.5.1. 热带气旋

本项目场址位于陆丰市近海海面，根据历史资料分析，在广东珠江口以东至饶平一带沿海地区登陆的热带气旋均可能对场址区域造成正面的较大影响。从

1949 至 2019 年, 71 年中在广东珠江口以东至饶平一带沿海地区登陆的热带气旋有 96 个 (其中达到台风以上量级的 52 个), 年平均 1.4 个。有 13 年的登陆热带气旋个数达到 3 个以上, 其中 1961 年有 6 个热带气旋在此区域登陆。1969 年中, 有 14 个 (其中达到过台风以上级别的有 8 个, 登陆时达到台风以上量级的 3 个) 热带气旋在陆丰沿海登陆, 登陆时强度最强的是 1510 号台风“莲花”, 风速为 38m/s, 出现在 2015 年 7 月 9 日。

登陆该区域的热带气旋一般集中在 6 到 10 月, 占 9 成以上。登陆最早的是 1980 年 5 月 24 日登陆的 8004 号热带风暴, 登陆最迟的是 2016 年 10 月 21 日在海丰登陆的 1622 号台风“海马”。2018 年及 2019 年无热带气旋在这一带登陆。

表 3.2.5-5 2000-2019 年登陆广东珠江口以东到饶平沿海一带的台风概览

年份	序号	中央 编号	强度	过程中心 气压极值 (hpa)	过程中心 风速极值 (m/s)	登录地点	登录日期 (月、日)	风力 (级)	中心气 压 (hpa)
2000	5		热带低压	1002	15	香港	6.18	7	1002
2000	17	13	强热带风 暴	980	28	惠东-海丰	9.01	10	980
2001	4	104	台风	965	35	海丰-惠东	7.06	11	970
2001	18	116	台风	960	40	惠来	9.2	10	985
2002	15	212	强热带风 暴	980	28	陆丰	8.05	10	985
2004	12	409	热带风暴	990	23	香港	7.16	9	995
2004	14	411	热带风暴	990	23	陆丰-惠来	7.27	8	995
2005	10	510	强热带风 暴	980	30	澄海	8.13	10	982
2006	1	601	强台风	945	45	饶平-澄海	5.18	12	960
2007	7	707	强热带风 暴	975	30	香港	8.1	8	990
2008	7	806	台风	950	45	深圳	6.25	9	985
2009	7	906	台风	965	48	深圳	7.19	13	965
2011	6	1103	热带风暴	995	20	饶平-澄海	6.11	7	996
2013	20	1319	超强台风	915	60	汕尾	9.22	14	930
2014	7	1407	热带风暴	988	23	潮阳	6.15	9	988
2015	10	1510	台风	955	42	陆丰	7.09	13	965
2016	6	1604	台风	965	38	深圳	8.02	11	989
2016	24	1622	台风	905	68	海丰	10.21	13	970
2017	7	1702	强热带风 暴	984	25	深圳	6.11	9	990
2017	15	1707	热带风暴	995	18	香港西贡	7.23	8	995

2017	25	1716	强热带风 暴	990	25	陆丰	9.03	8	995
------	----	------	-----------	-----	----	----	------	---	-----

注：2006 年以前的登陆台风，按只定最大 12 级的旧标准记录登陆强度；2006 年以后的按新标准（最大 17 级）记录登陆强度。强度极值和登陆信息以《台风年鉴》或《热带气旋年鉴》

3.2.5.2. 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。

影响工程水域的台风平均每年出现 2 次左右，一般多出现于 7~9 月。

通常为天文潮、风暴潮、海啸及其它长波振动引起海面变化的综合特征。观测期间影响本海区的台风主要有：莲花，浪卡，莫拉菲，天鹅，莫拉克，巨爵和凯撒娜。经过实测潮位值与天文潮的对比，得到它们引起的增水情况列于下表。

表 3.2.5-6 台风引起的增水

名称/编号	登陆地点	日期	台风引起的增水 (m)
莲花 (Linfa) /03	福建晋江	2009.6.20	0.34
浪卡 (Nangka) /04	广东平海	2009.6.26	0.52
莫拉菲 (Molave) /06	广东徐闻	2009.7.19	0.83
天鹅 (Goni) /07	广东台山	2009.8.5	0.38
莫拉克 (Morakot) /08	福建霞浦	2009.8.9	0.38
巨爵 (Koppu) /15	广东台山	2009.9.14	0.51
凯撒娜 (Ketsana) /16	越南广义	2009.9.29	0.68

广东省沿海的风暴潮主要由热带气旋形成。如果风暴增水恰好与天文高潮叠加，特别是天文大潮的高潮相重合，可形成灾害性的高潮位。每年 5 月~11 月份为台风季节，生成于西太平洋和南海的台风，当其登陆珠江口、粤东时，均可使本海域产生不同程度的风暴潮增水，根据 1955 年至 2007 年共 53 年的海门站风暴潮增水资料统计，海门最大增水 219cm，是由 2001 年 4 号台风造成，增水值第二位为 191cm，是由 7114 号台风引起。

导致海门站最大增水 100cm 以上的台风共 8 个，其中增水 200cm 以上有 1 个；7 个台风造成海门潮位超过警戒水位，其中 2001 年 4 号台风使其超过警戒水位 132cm。历次统计结果见表 3.1-7。

表 3.2.5-7 海门风暴增水统计（单位：cm）

最高潮位	最大增水值	超警戒水位	台风号
221.6	120	33	6213
260.6	161	72	6903
233.6	191	45	7114
199.6	110	11	7616
—	103	-	9903
320.6	219	132	0104
261.6	166	73	0313
196.6	141	8	0601

“—”表示没有收集到具体数据，但是没有超过警戒潮位

1969 年 7 月 28 日 11 时至 12 时，6903 号台风在潮阳至惠来县沿海地区登陆，台风登陆时近中心最大风速 50m/s，阵风 52.1m/s。由于这个台风强度强，风速大，移动速度快，大风范围广，在广东省东部沿海地区造成了巨大风暴潮。潮阳县海门潮位站的最高风暴潮位 260.6cm，超出警戒水位 72cm，最大增水为 161cm。据汕头、澄海、潮阳、饶平、南澳等县市统计，海堤冲垮缺口共 180km，直接经济损失 1.98 亿元。

2001 年的 4 号台风于 7 月 6 日 7 时 50 分在海丰至惠东交界处登陆，台风登陆时正值天文大潮期，风助潮势，致使海门潮位达到 320.6cm，超出警戒水位 132cm，最大增水 219cm。据统计造成揭阳、汕头、汕尾、潮州等 10 市 48 个县 537 个乡镇受灾，损坏小型水库、堤防、护岸、水闸、塘坝、灌溉设施、机电泵站、小水电站等，全省直接经济损失 27.661 亿元。

3.2.5.3. 雷暴

本海域的雷暴主要由热力条件引起，闷热的夏天，雷暴容易发生。暴雨是指日量 ≥ 50 毫米的强降水过程，日雨量 ≥ 100 毫米为大暴雨；日雨量 ≥ 250 毫米为特大暴雨。全年各月均有雷暴发生，年际和季节变化明显，雷暴日数主要集中在 4~9 月，近年来汕尾市雷击灾害时有发生，对供电设施（变压器）、家用电器（电脑、电视机）、人畜等造成过危害。根据多年统计成果，遮浪海洋站海域历年平均发生雷暴日数为 52.5 天。

3.2.5.4. 地震

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）附录 A，汕尾市陆丰县抗震

设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组。

3.2.6. 海水水质现状调查

本节内容引自汕尾市润邦检测技术有限公司 2022 年秋季和 2023 年春季《陆丰市碣石渔港建设及基础设施配套工程海洋环境现状调查与评价报告》和《陆丰市湖东渔港建设及基础设施配套工程项目海洋环境现状调查与评价报告》在项目附近海域进行秋季海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、渔业资源、海洋生物质量等的监测。

3.2.6.1. 调查站位及范围

调查内容及站位坐标见表 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

图 3.2.6-1 调查站位图（涉密，不公开）

表 3.2.6-1 调查站位表（涉密，不公开）

3.2.6.2. 调查时间和频次

调查时间为秋季 2022 年 11 月 28 日至 11 月 30 日；春季为 2023 年 3 月 16 日至 4 月 14 日。

3.2.6.3. 调查项目及采样分析方法

调查项目包括：水深、水色、透明度、pH、水温、盐度、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、活性磷酸盐、硫化物、挥发酚、石油类、铜、铅、镉、汞、砷、锌、铬、粪大肠菌群等共 24 项。

采样和分析方法按《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行，见表 3.2.6-2。

表 3.2.6-2 水质监测项目分析方法一览表

检测项目	检测方法	检出限
水深	《海洋调查规范 第 2 部分:海洋水文观测》 GB/T 12763.2-2007（4.8）	/
透明度	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（22）	/
水温	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（25.1）	/
pH 值	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（26.1）	/
水色	《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》 GB 17378.4-2007（21）	/
盐度	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（29.1）	/
溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（31）	/
化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（32）	/
硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（18.1）	0.0002mg/L
石油类	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（13.2）	3.5μg/L
亚硝酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（37）	/
硝酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》 GB 17378.4-2007（38.2）	/

检测项目	检测方法	检出限
氨	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (36.2)	/
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)	0.002 mg/L
悬浮物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (27)	/
挥发酚	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (19)	0.0011mg/L
铜	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (6.1)	0.2 µg/L
铅	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (7.1)	0.03 µg/L
镉	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (8.1)	0.01 µg/L
铬	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (10.1)	0.4 µg/L
汞	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (5.1)	0.007 µg/L
砷	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (11.1)	0.5 µg/L
锌	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007 (9.1)	3.1 µg/L
粪大肠菌群	《海洋监测规范 第7部分:近海污染生态 调查和生物监测》GB 17378.7-2007	/

3.2.6.4.评价因子、评价标准及方法

(1) 评价因子

评价因子包括 pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、无机氮（亚硝酸盐、硝酸盐、氨的总和）、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、铜、铅、镉、汞、砷、锌、铬、粪大肠菌群共 16 项。

(2) 评价标准

根据评价海域的特征和《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年 12 月），本次评价执行《中华人民共和国海水水质标准》（GB3097-1997），以各站位所处的功能区的管理要求来确定评价标准，见表 3.2.6-3。

表 3.2.6-3 海水水质标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8~8.5 同时不超过该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超过该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	

2	溶解氧>	6	5	4	3
3	化学需氧量 (CODMn) ≤	2	3	4	5
4	无机氮 (以 N 计) ≤	0.20	0.30	0.40	0.50
5	活性磷酸盐 (以 P 计) ≤	0.015	0.030		0.045
6	总汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
7	镉≤	0.001	0.005	0.010	
8	铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
9	砷≤	0.020	0.030	0.050	
10	铜≤	0.005	0.010	0.050	
11	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
12	石油类≤	0.005		0.30	0.50
13	硫化物 (以 S 计) ≤	0.02	0.05	0.10	0.25
14	总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
15	挥发性酚≤	0.005		0.010	0.050
16	粪大肠杆菌≤ (个/L)	2 000 供人生食的贝类增殖水质≤140			

对照《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）中各个海洋功能区内的环境保护要求,将站位及其所属的海洋功能区、海洋环境保护要求对照列入表 3.2.6-4。

表 3.2.6-4 海洋功能区及其环境保护要求

功能区名称	对应站位	海洋环境保护要求
碣石湾农渔业区	L3~L4、L6~L7、L10~L11、 L14、L47~L48、L51	执行海水水质二类标准、海洋 沉积物质量一类标准和海洋 生物质量一类标准
珠海-潮州近海农渔业区	L5、L8~L9、L12~L13、 L15~L17、L19、L21、 L23~L24、L26~L28、 L31~L33、L36~L37	执行海水水质一类标准、海洋 沉积物质量一类标准和海洋 生物质量一类标准
田尾山-石碑山农渔业区	L20、L22、L25、L30、 L34~L35、L45~L46	执行海水水质二类标准、海洋 沉积物质量一类标准和海洋 生物质量一类标准
湖东-甲子工业与城镇用海区	L29	执行海水水质三类标准、海洋 沉积物质量二类标准和海洋 生物质量二类标准
田尾山工业与城镇用海区	L18	执行海水水质三类标准、海洋 沉积物质量二类标准和海洋 生物质量二类标准

(3) 评价方法

根据监测结果，采用单项指数法对水质现状进行评价。

①单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,j}$$

式中：S_{i,j}—i 污染物在 j 点的污染指数；

C_{i,j}—i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

C_{s,j}—i 污染物的评价标准，mg/L。

②DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_f \geq DO_s$$

$$S_{DO,j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s} \quad DO_f < DO_s$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + T)$$

式中：DO_s—溶解氧的海水水质标准，mg/L；

DO_j—j 点的溶解氧，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L；

③pH 的标准指数为：

$$SpH = \frac{|pH - pH_{sm}|}{DS}$$

$$\text{其中： } pH_{sm} = \frac{pH_{su} + pH_{sd}}{2}, \quad DS = \frac{pH_{su} - pH_{sd}}{2}$$

式中：SpH—评价因子的质量指数；

pH—测站评价因子的实测值；

pH_{su}—pH 评价标准的上限值；

pH_{sd}—pH 评价标准的下限值；

水质参数的标准指数 > 1，表明该水质参数超过了规定的水质标准。

3.2.6.5. 水质调查结果及统计

(1) 秋季海水水质调查结果

秋季各调查要素统计结果见表 3.2.6-5。

表 3.2.6-5 秋季海水水质监测结果（涉密，不公开）

(2) 春季海水水质调查结果

春季各调查要素统计结果见表 3.2.6-6。

3.2.6.6.水质调查结果及评价

秋季调查，调查点一类水质占比为 2.7%，一、二类水质占比为 75.7%；春季调查，调查点一类水质占比为 55.4%，一、二类水质占比为 91.9%。项目地周边海域春季水质明显好于秋季。

表 3.2.6-6 春季海水水质监测结果（涉密，不公开）

3.2.7. 海洋沉积物环境质量现状调查与评价

3.2.7.1. 调查站位

本项目沉积物调查站位 20 个,调查站位图及站位表见图 3.2.6-1 和表 3.2.6-1。

3.2.7.2. 调查时间

与水质调查同步进行,用 0.1m² 的抓泥斗采表层 (0~10cm) 沉积物。

3.2.7.3. 调查项目

沉积物调查项目包括: 粒度、pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、总汞、砷、锌、铬等 13 项。

3.2.7.4. 调查项目分析方法

沉积物样品的采取和分析方法按《海洋监测规范》(GB17378—2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763—2007)的要求进行。沉积物项目分析方法见表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 沉积物项目分析方法一览表

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
粒度	《海洋调查规范 第 8 部分: 海洋地质地球物理调查》GB/T12763.8-2007 (6.3)	/	电子天平 /BSA224S
pH 值	《海洋调查规范 第 8 部分: 海洋地质地球物理调查》GB/T12763.8-2007 (6.7.2)	/	精密 PH 计 /PHS-3C
有机碳	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (18.1)	/	酸碱滴定管 /25mL
石油类	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (13.2)	3.0 mg/kg	紫外可见分光光度计/UV-1800
硫化物	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (17.1)	0.3 mg/kg	紫外可见分光光度计/UV-1800
含水率	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (19)	/	万分之一天平 /ATX224
铜	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (6.1)	0.5 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000
铅	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (7.1)	1.0 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000
镉	《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》GB 17378.5-2007 (8.1)	0.04 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
总汞	《海洋监测规范 第5部分:沉积物分析》 GB 17378.5-2007 (5.1)	0.002 mg/kg	原子荧光光度计 /AFS-8520
砷	《海洋监测规范 第5部分:沉积物分析》 GB 17378.5-2007 (11.1)	0.06 mg/kg	原子荧光光度计 /AFS-8520
锌	《海洋监测规范 第5部分:沉积物分析》 GB 17378.5-2007 (9)	6.0 mg/kg	原子吸收分光光度计(火焰) /AA-7000
铬	《海洋监测规范 第5部分:沉积物分析》 GB 17378.5-2007 (10.1)	2.0mg/kg	原子吸收分光光度计(石墨炉) /AA-7000

3.2.7.5.评价因子、评价标准及方法

(1) 评价因子

调查海域沉积物环境质量评价的调查因子包括硫化物、总汞、铜、铅、砷、锌、镉、总铬、石油类和有机碳，共 10 项。

(2) 评价方法

沉积物现状评价采用单项指数法和平均分指数法进行，其指数计算方法如下：

$$Q_j = C_j / C_0$$

式中：C_j—评价因子实测值

C₀—评价因子的评价标准值

Q_j—j 站评价因子的质量分指数

Q_j≤1 属清洁

Q_j>1 属污染

(3) 评价标准

根据评价海域的特征和《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年 12 月），因此，评价标准执行《中华人民共和国国家标准海洋沉积物质量》（GB18668-2002）沉积物第一类标准。海洋沉积物质量标准见表 3.2.7-2。

表 3.2.7-2 海洋沉积物质量标准

序号	项目		第一类	第二类	第三类
1	硫化物≤	×10 ⁻⁶	300	500	600
2	铜		35	100	200
3	铅		60	130	250
4	锌		150	350	600

序号	项目		第一类	第二类	第三类
1	硫化物 $\leq$	$\times 10^{-6}$	300	500	600
5	镉		0.5	1.5	5.0
6	汞		0.2	0.5	1.0
7	砷		20	65	93
8	石油类		500	1000	1500
9	总铬		80	150	270
10	有机碳	10^{-2}	2.0	3.0	4.0

3.2.7.6. 沉积物调查结果及分析

本次沉积物调查结果统计表见表 3.2.7-3。

表 3.2.7-3 沉积物化学调查结果统计表（涉密，不公开）

L47 站位的硫化物超标倍数为 1.12，超出海洋功能区沉积物质量第一类标准（ $\leq 300\text{mg/kg}$ ）属于第二类沉积物标准（ $\leq 500\text{mg/kg}$ ）；该站位的石油类超标倍数为 1.65，超出海洋功能区沉积物质量第一类标准（ $\leq 500\text{mg/kg}$ ）属于第二类沉积物标准（ $\leq 1000\text{mg/kg}$ ）；

L7 站位的铅超标倍数为 1.15，超出海洋功能区沉积物质量第一类标准（ $\leq 60\text{mg/kg}$ ）属于第二类沉积物标准（ $\leq 130\text{mg/kg}$ ）。

其余监测点均海洋功能区沉积物质量第一类标准。

3.2.8. 海洋生物质量现状调查及评价

3.2.8.1. 调查站位

本项目海洋生物质量现状调查站位 12 个，调查站位图及站位表见图 3.2.6-1 和表 3.2.6-1。

3.2.8.2. 调查时间

与水质调查同步进行。

3.2.8.3. 调查项目和分析方法

鱼类、软体类、甲壳类共 12 个样品，分析方法见表 3.2.8-1。

表 3.2.8-1 检测方法及检出限

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
------	------	-----	-----------

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
石油烃	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (13)	0.2 mg/kg	荧光分光光度计 /RF-6000
总铬	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (10.1)	0.04 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000
铜	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (6.1)	0.4 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000
铅	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (7.1)	0.04 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000
镉	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (8.1)	0.005 mg/kg	原子吸收分光光度计 (石墨炉) /AA-7000
总汞	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (5.1)	0.002 mg/kg	原子荧光光度计 /AFS-8520
砷	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (11)	0.2 mg/kg	原子荧光光度计 /AFS-8520
锌	《海洋监测规范 第6部分:生物体分析》 GB 17378.6-2007 (9.1)	0.4 mg/kg	原子吸收分光光度计 (火焰) /AA-7000

3.2.8.4. 调查结果及分析

(1) 秋季调查

鱼类、软体类和甲壳类生物质量 (除石油烃外) 的评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的“海洋生物质量评价标准”进行评价, 鱼类、软体类和甲壳类的石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》(第二分册) 中规定的生物质量标准进行评价, 按一类标准执行。

本次调查从 12 个断面采集了鱼类、软体类、甲壳类共 12 个样品, 海洋生物质量现状见表 3.2.8-2 生物体中污染物检测项目结果。

表 3.2.8-2 生物体中污染物检测项目结果 (涉密, 不公开)

调查海域中 SF4 和 SF7 断面的软体类动物火枪乌贼的石油烃超出海岸带调查标准最高限值, 其他项目均符合标准要求。其他断面生物体中石油烃、总铬、铜、铅、镉、总汞、砷、锌含量水平均低于相应标准限值, 符合所在海洋功能区标准要求。

(2) 春季调查

鱼类、软体类和甲壳类生物质量（除石油烃外）的评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的“海洋生物质量评价标准”进行评价，鱼类、软体类和甲壳类的石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准进行评价，按一类标准执行。

本次调查从 12 个断面采集了鱼类、软体类、甲壳类共 12 个样品，海洋生物质量现状见表 3.2.8-3 生物体中污染物检测项目结果。

表 3.2.8-3 生物体中污染物检测项目结果（涉密，不公开）

项目地周边春季调查海域中生物体中石油烃、总铬、铜、铅、镉、总汞、砷、锌含量水平低于相应标准限值，无超标现象，符合所在海洋功能区海洋生物质量标准要求。

3.3. 海洋生态概况

3.3.1. 调查概况

3.3.1.1. 调查站位

海洋生态调查调查站位分别为 L3、L5、L6、L7、L8、L12、L13、L14、L15、L16、L22、L23、L25、L26、L27、L29、L31、L33、L34、L35、L36、L46、L47、L51 号站位，SF1~12 采集游泳动物；潮间带设 6 条断面，叶绿素 a 和初级生产力调查站位 24 个，与生物调查站位相同，具体站位图和坐标表见图 3.2.6-1 和表 3.2.6-1。

3.3.1.2. 调查时间

调查时间为秋季 2022 年 11 月 26 日至 11 月 30 日。

3.3.1.3. 调查项目

海洋生物：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

叶绿素 a：分析水体内叶绿素 a 的质量浓度；

初级生产力：测量水体透明度，根据该处水体内叶绿素 a 的质量浓度计算初级生产力；

浮游植物：分析其种类组成、数量分布和密度、主要优势种，并提供其种类

名录；

浮游动物：分析其种类组成、数量分布和密度、主要优势种，并提供其种类名录；

底栖生物：分析其种类组成、数量分布、主要优势种的生物量和栖息密度，并提供其种类名录；

潮间带生物：分析其种类组成、数量分布、主要优势种的生物量和栖息密度，并提供其种类名录。

3.3.1.4. 调查和分析方法

生态调查按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）进行。当观测船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。根据水深采集样品，采样所用的采样器、采样瓶及其相关用具必须按规范清洗干净。

（1）叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a：用容积为 5L 的有机玻璃采水器采表层水样，水样现场过滤，滤膜装入 10mL 离心管放入保温箱中冷藏，带回实验室用紫外可见分光光度法进行分析测定。

初级生产力：初级生产力以叶绿素 a 含量按照 Cadee 和 Hegeman (1974)提出的简化的计算真光层初级生产力公式估算：

$$P=CaQLt/2$$

P——初级生产力（mgC/（m²·d））；

Ca——叶绿素 a 质量浓度（mg/m³）；

Q——同化系数（mgC/（mgChl-a·h）），根据中国水产科学研究院南海水产研究所以往调查结果，这里取 3.12；

L——真光层的深度（m），按 3 倍透明度计算，当 3 倍透明度超过水深时，以水深计算；

t——白昼时间（h），根据调查日出日落时间计算，取 11.5。

（2）浮游植物

用 37cm 口径、筛绢孔径为 0.077mm 的浅水 III 型浮游生物网由底层至表层垂直拖网采集样品。采集到的样品先用 5%福尔马林固定，沉淀法浓缩，然后带回实验室进行鉴定和计数，分析藻类种类组成特点、丰度及优势种，计算多样性指

数及均匀度。

(3) 浮游动物

大中型浮游动物采用浅水II型浮游生物网(网长 140cm, 网口直径为 31.6cm, 头锥部高 30cm, 筛绢孔径约为 0.160mm, 上圈 31.6cm, 下圈 50cm), 从底层至表层进行垂直拖网采集样品, 用 5%福尔马林溶液固定后, 带回实验室进行种类鉴定和计数, 并计算多样性指数及均匀度。

(4) 底栖生物

定量样品采用 0.0375m² 采泥器, 在每站位连续采集样品 2 次, 经孔径为 1.00mm 的筛网筛洗干净后, 剩余物用 5%福尔马林固定带回实验室完成样本清检、种类鉴定、计数、称重等工作, 并计算多样性指数及均匀度。

(5) 潮间带生物

在每个调查断面按高、中、低潮三个潮区设立取样站位, 在每一个站位上采集标本。取样本时, 泥沙质滩涂站位每站点划分高中低潮区, 各潮区随机抛 4 个 25cm×25cm 的采样框采样 1 次, 先拾取框内滩面上的生物, 用取样框固定后再挖取泥、沙至 40 厘米深处, 用孔径 1 毫米的筛子筛洗, 分离出其中的全部埋栖生物; 岩礁站位则依生物分布情况, 用 4 个 25cm×25cm 正方形取样框, 置框于代表性位置, 每站取样 1 次, 先拾取样框内岩石面上自由生活的种类后, 再剥取全部附着生物。各站采集的样品, 全部编号装瓶登记, 用无水乙醇固定, 带回实验室后, 用吸水纸吸干表面水分, 然后用天平称重, 并进行分类鉴定与计数。

3.3.2. 海洋生物调查结果及分析

3.3.2.1. 叶绿素 a 及初级生产力

秋季调查共采集 24 个站位的叶绿素 a 样品。各站位叶绿素 a 质量浓度见表 3.3.1-1。本次调查时区域叶绿素 a 含量总体呈现由近岸向外海逐渐减少的特征, 空间差异明显。其中 L27 站位叶绿素含量最低, L47 站位叶绿素含量最高。

各站海洋初级生产力范围为 (23.94 ~ 923.08) mgC/(m²·d), 最大出现在 S26 号站, 最小出现在 S46 号站, 平均为 236.70mgC/(m²·d)。

表 3.3.2-1 秋季叶绿素 a 含量及初级生产力水平 (涉密, 不公开)

3.3.2.2. 浮游植物

(1) 浮游植物密度和分布

秋季调查监测结果显示，调查区域内浮游植物总丰度变化范围为 57.14 ~ 861.68 $\times 10^4$ cell/m³，均值为 220.33 $\times 10^4$ cell/m³。不同站位之间的丰度差异一般，其中最高丰度出现在 L5，最低丰度出现在 L33 站点。

浮游植物群落的组成以硅藻门丰度占优势，其中的硅藻门丰度占各个调查站位丰度的 56.88% ~ 91.50%，占调查区域平均丰度的 73.45%，在所有站位均有分布。另外，甲藻门丰度百分比在 7.23% ~ 29.05% 之间，占区域浮游植物平均丰度的 18.67%，其他藻类丰度的占比在 0% ~ 24.51% 之间，占区域浮游植物平均丰度的 9.01%。

表 3.3.2-2 秋季浮游植物密度、分布及组成 单位： $\times 10^4$ ind/m³（涉密，不公开）

(2) 浮游植物的种类组成

秋季调查共记录浮游植物 4 门 20 属 53 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 20 属 49 种，占总种数的 67.95%；甲藻门出现 5 属 20 种，占总种数的 25.64%；蓝藻门出现 2 属 2 种，占总种数的 2.56%；金藻门 3 属 3 种，占总种数的 1.32%（表 3.3.1-3）。

表 3.3.2-3 秋季浮游植物种类分类统计（涉密，不公开）

(3) 优势种

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 5 种，分别为菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)、伏氏海毛藻(*Thalassiothrix frauenfeldii*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、洛氏角毛藻(*Chaetoceros lorenzianus*)和丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)（见表 2.2.3）。这 5 种优势种丰度占调查海域总丰度的 47.86%。其中菱形海线藻为第一优势种，其优势度为 0.168，其丰度变化范围在 4.75 ~ 102.52 $\times 10^4$ cell/m³，占各站位丰度的 4.33% ~ 28.25%，平均丰度 30.22 $\times 10^4$ cell/m³，占区域浮游植物平均丰度的 16.82%。L26 站菱形海线藻丰度最高，为 102.52 $\times 10^4$ cell/m³。L33 站菱形海线藻丰度最低，为 4.75 $\times 10^4$ cell/m³。另外，伏氏海毛藻的优势度居第二位，为 0.102，占总丰度的 11.14%。其他 3 个优势种的优势度在 0.025 ~ 0.072，平均丰度在 7.62 ~ 15.51 $\times 10^4$ cell/m³ 之间，这 5 种优势种在整个调查海域分布广泛。

表 3.3.2-4 浮游植物优势种及其丰度（涉密，不公开）

（4）多样性指数与均匀度

各调查区站位浮游植物种数范围为 12 种~46 种，平均 28 种。多样性指数范围为 3.070~4.938，平均为 4.175。均匀度指数范围为 0.537~0.850，平均为 0.718。多样性指数和均匀度指数均以 L35 最高，L46 最低。总体上，各调查站位各种类浮游植物的多样性指数和均匀度指数均较好。

表 3.3.2-5 浮游植物多样性及均匀度指数（涉密，不公开）

3.3.2.3.浮游动物

（1）种类组成

本次秋季调查共记录浮游动物 12 个生物类群 61 种，其中浮游甲壳动物桡足类 22 种，浮游幼体 16 种，腔肠动物水螅水母类 6 种，浮游毛颚类 5 种，被囊动物有尾类 3 种，浮游甲壳动物枝角类和浮游甲壳动物磷虾类各 2 种，浮游甲壳动物端足类、浮游海樽类、介形类、原生动物和浮游莹虾类各 1 种。

（2）浮游动物生物量、密度及分布

本次秋季调查结果显示，调查站位浮游动物密度变化范围为 130.02 ~ 1581.20 ind./m³，均值 484.97 ind./m³。所有站位中以 L6 最高，L33 最低。

调查站位浮游动物总生物量变化范围为 103.89 ~ 1082.62 mg/m³，均值 317.78 mg/m³。以 L6 最高，L25 最低。

表 3.3.2-6 秋季浮游动物生物量及密度（涉密，不公开）

（3）生物多样性指数及均匀度

本次秋季调查海域各测站平均出现浮游动物 56 种（类）；浮游动物多样性指数中等，均值为 3.65，变幅较小（SD=0.31），变化范围为 2.77~3.94，以 L13 最高，L16（3.90）次之，L51 最低；均匀度指数变化范围为 0.48~0.68，均值为 0.63，海区均匀度中等，变幅较小，以 L13 最高，L51 最低。

表 3.3.2-7 秋季浮游动物多样性指数及均匀度（涉密，不公开）

（4）优势种及其分布

经鉴定，本次调查以桡足类出现种类数最多，为 19 种，占总种类数的 33.93%；浮游幼体次之，出现 16 种（28.57%）；其他类群出现种类较少。

3.3.2.4.底栖生物

(1) 种类组成和分布

本次秋季调查共记录大型底栖动物 45 种，其中软体动物 22 种，环节动物 12 种，节肢动物 6 种，棘皮动物 3 种，蠕虫动物和星虫动物各 1 种。

(2) 生物量及栖息密度的水平分布

调查区海域内各站位底栖生物的生物量差异较大，调查站位生物量范围为 19.88 ~ 191.77 g/m²；栖息密度方面，调查站位栖息密度范围为 133.33 ~ 840.00 ind./m²。

环节动物在调查海域内所有站位点均有出现，其平均密度为 216.67 ind./m²，平均生物量为 4.65g/m²。其他五种底栖动物也在各个站位以分散的形式出现，平面分布并不均匀。所有站位的生物量及栖息密度都较一般。

表 3.3.2-8 底栖生物生物量及栖息密度的分布（涉密，不公开）

(3) 生物多样性指数及均匀度

调查结果显示，本区域采泥底栖生物多样性指数变化范围在 1.50~3.33 之间（见表 2.4.5），平均为 2.44。多样性指数 L33 站位最高，L6 站位最低；均匀度分布范围在 0.29~0.64 之间，均值为 0.49。

表 3.3.2-8 底栖生物生物量及栖息密度的分布（涉密，不公开）

3.3.2.5.潮间带生物

秋季调查设置 6 条断面进行潮间带生物调查，每条断面分为高、中、低三个潮区。

(1) 种类组成

秋季调查断面采集到的潮间带生物共有 3 大门类 16 种，以软体动物种类最多，为 10 种，占总种数的 62.50%；其次是节肢动物，5 种，占总种数的 31.25%，环节动物 1 种（附录 IV）。

(2) 潮间带平均生物量及栖息密度

秋季调查断面潮间带生物平均生物量为 29.09g/m²，平均栖息密度为 53.77 ind./m²，软体动物生物量和栖息密度都较占优势。

表 3.3.2-9 秋季潮间带生物量及栖息密度的组成（涉密，不公开）

(3) 生物量及栖息密度比较

生物量 CJ4 号断面的低潮区采样点为最高，其生物量为 121.15 g/m^2 ；栖息密度以 CJ5 号断面的低潮区最高，栖息密度为 184 ind./m^2 ，。

表 3.3.2-10 秋季潮间带生物量及栖息密度的水平分布（涉密，不公开）

（4）水平分布和垂直分布比较

在秋季调查断面的在水平分布上，生物量高低排序为 $\text{CJ4} > \text{CJ8} > \text{CJ5} > \text{CJ7} > \text{CJ9} > \text{CJ6}$ ，栖息密度高低排序为 $\text{CJ5} > \text{CJ4} > \text{CJ8} > \text{CJ7} > \text{CJ9} > \text{CJ6}$ 。

表 3.3.2-11 秋季潮间带生物各断面水平分布（涉密，不公开）

在调查断面的在垂直分布上，生物量和栖息密度二者高低排序均为低潮区 $>$ 中潮区 $>$ 高潮区。

表 3.3.2-12 秋季潮间带生物垂直分布（涉密，不公开）

（4）生物多样性指数及均匀度

秋季计算结果显示，调查断面潮间带多样性指数（ H' ）和均匀度（ J ）均属中等偏低水平，6 条断面多样性指数平均为 1.512。均匀度指数平均为 0.468。

表 3.3.2-13 秋季潮间带生物多样性指数及均匀度（涉密，不公开）

3.3.3. 渔业资源现状调查及分析

3.3.3.1. 调查站位

渔业资源调查包括鱼卵仔稚鱼和游泳生物。本次调查鱼卵仔稚鱼和游泳动物均设置 12 个站位进行调查，与海洋生物调查站位一致，具体站位图和调查站位表见图 3.2.6-1 和表 3.2.6-1。

3.3.3.2. 调查项目

海洋生物：鱼卵仔稚鱼、游泳生物。

鱼卵仔稚鱼：种类组成、数量分布（时间和空间的分布）、优势种，并提供其种类名录；

游泳生物：种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和资源密度（重量、尾数），以及渔业生产情况。

3.3.3.3. 调查时间

渔业资源调查与海洋生物调查同步进行。

3.3.3.4. 调查和分析方法

渔业资源调查依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）和《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）相关要求进行。

当观测船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。

鱼卵仔鱼：利用浅水I型浮游生物网进行水平拖网采样，采样时网具于海水表层（0~3m）水平拖曳取样，拖网采样船速 1kn~2kn，拖网时长 10min。

游泳生物：用单拖作业渔船进行现场试捕调查，所获生物样品进行现场分类和生物学鉴定。租用当地拖网渔船(粤陆渔 50071)进行渔业资源调查。该船主机功率 900 kW，船长 20 m，宽 4.0m，吃水水深 1.2 m；调查所用网具每张网的上纲长 6 m，网衣长 9 m，网口大 4.0 m，网目大 40mm，扫海宽度按浮纲长度的 2/3 计约 4.0 m。调查放网 1 张，拖速约 2.5 kn，拖时 60min 左右。拖网时间计算从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起至起网绞车开始收曳纲时止。对全部渔获物进行种类鉴定和计量，并对主要优势种类做生物学鉴定。

游泳生物资源密度采用底拖网扫海面积法（Shindo, 1973 转引自 Aoyama, 1973; Nguyen, 2005）估算。计算公式为：

$$d = \frac{y}{vl} \cdot \frac{1}{(1-E)}$$

式中：d 为资源密度；

y 为拖网渔获率；

v 为平均拖速；

l 为网口宽度（取上纲的 0.67 倍）；

E 为逃逸率（取 0.5）。

游泳生物种类的优势度（Y）用以下公式计算：

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

式中：n_i 为第 i 种的个体数；

f_i 是该种在各站中出现的频率；

N 为所有站每个种出现的总个体数。

采用 Shannon-Weaner 指数测定游泳生物的多样性指数，其计算公式为：

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

式中：H' 为种类多样性指数；

S 为样品中的种类总数；

P_i 为第 i 种的个体数与总个体数的比值。

采用 Pielou 均匀度测定游泳生物的均匀度，其公式为：

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

式中：J 为均匀度；

H' 为种类多样性指数；

S 为样品中的种类总数。

评估资源密度的方法：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，求算公式为：

$$S = (y) / a (1-E)$$

其中：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—平均渔获率（kg/h）或平均生物个体密度（ind/h）

E—逃逸率（取 0.5）

确定优势种的方法：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 计算公式为

$$IRI = (N+W) F。$$

式中：N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比

F—某一种类的出现的站位数占调查总站位数的百分比

3.3.3.5.样品预处理、保存及分析评价方法

预处理、保存及监测分析方法按照《海洋调查规范》（GB/T12763.6-2007）、《海洋监测规范》（GB17378—2007）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技

术规程》（SC/T9110-2007）进行，见表 5.7.5-1。

表 3.3.3-1 海洋生态及渔业资源调查项目监测分析方法

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	样品测定方法
1	鱼卵仔稚鱼	加入占样品体积 5%的甲醛溶液固定	计数框计数：体视显微镜 鉴定：计算丰度
2	游泳生物	现场分析和测定或者装入聚乙烯袋中 冷冻保存	人工鉴定种类、计数、测 定生物量

本次渔业资源的评价方法采用优势度、多样性指数和均匀度，计算公式与海洋生物调查时采用的计算公式一致。

3.3.3.6. 渔业资源调查结果及分析

（1）种类组成

共捕获游泳生物 49 种，其中：鱼类 31 种，甲壳类共 14 种，头足类 4 种。

所有个断面的种类数相对差别一般，其中 SF12 断面的种类数量相对较多为 20 种；SF7 断面种类数量最少，为 12 种。

表 3.3.3-2 各断面的出现种类统计结果（涉密，不公开）

（2）获渔率

秋季调查断面的重量渔获率变化范围为 0.41 ~ 3.21 kg/h，平均重量渔获率为 1.35 kg/h；个体渔获率变化范围为 49 ~ 189 ind./h，平均个体渔获率为 110.75 ind./h。鱼类重量渔获率为 0.91 kg/h，占总重量渔获率的大部分。

表 3.3.3-3 各断面的重量渔获率和个体渔获率（涉密，不公开）

（3）资源密度

调查区域游泳生物重量密度和个体密度平均值分别为 145.38 kg/km² 和 11960 ind./km²。其中，重量密度最高的是 SF8 断面，个体密度最高的是 SF11 断面，分别为 346.65 kg/km² 和 20410 ind./km²。

表 3.3.3-4 调查断面的渔业资源密度（涉密，不公开）

（4）鱼类资源状况

1) 鱼类种类组成

秋季调查捕获的鱼类共 31 种。这些种类均为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，大多数种类分布于大陆架区，以海水性的种类为主，并以栖息于底层、近底层的暖水性种类占优势，其食性大多以底栖生物及小型的游泳生物为主要饵料，这大体上可以反映出该水域鱼类的种类组成区系

和主要生态特点。

2) 鱼类资源密度估算

秋季调查, 鱼类的资源密度平均重量密度为 97.87 kg/km^2 , 平均个体密度为 6506 ind./km^2 。

表 3.3.3-4 鱼类资源密度 (涉密, 不公开)

3) 主要经济鱼类生物学特性

①龙头鱼

地理分布: 分布于印度洋至西太平洋, 包括韩国、日本、中国沿海、中国台湾地区及东印度洋海域。在中国分布于黄海南部、东海和南海河口海域, 以及台湾南部及西部海域。

生活习性: 龙头鱼为沿海中、下层鱼类, 常栖息在近海暖温性中下层, 但在各个水层均可能出现。主要以食鳗、小公鱼、棱鳗、小沙丁鱼、大鳢体估黄鱼的幼鱼等小型鱼类, 兼食毛虾、虾类和头足类等为食。

本次调查的龙头鱼体长范围为 $120 \sim 260 \text{ mm}$, 体重范围为 $16.5 \sim 48.0 \text{ g}$ 。

②白姑鱼

地理分布: 分布于印度洋和太平洋西部, 在中国分布于渤海(在渤海湾北起河北的秦皇岛、南至天津岐口)、黄海、东海、南海。

生活习性: 白姑鱼为暖温性近底层鱼类。食性较杂, 主要摄食底栖动物及小型鱼类, 如长尾类、短尾类、脊尾白虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾、小蟹、矛尾虾虎鱼、纹缟虾虎鱼等。

本次调查的白姑鱼体长范围为 $85 \sim 105 \text{ mm}$, 体重范围为 $8.5 \sim 14.0 \text{ g}$ 。

③黄鲫

地理分布: 分布于印度洋和太平洋西部, 印度, 缅甸, 泰国, 越南, 印度尼西亚, 朝鲜。我国南海、东海、黄海和渤海均产之。

生活习性: 栖息于水深 $4\text{--}13$ 米以内淤泥底质, 水流较缓的浅海区。适温 $5\text{--}28$ 度, 肉食性, 主要摄食浮游甲壳类, 还摄食箭虫, 鱼卵, 水母等。

本次调查的黄鲫体长范围为 $55 \sim 80 \text{ mm}$, 体重范围为 $2.5 \sim 8.5 \text{ g}$ 。

(5) 头足类的资源状况

1) 种类组成

秋季调查海域内捕获到中国枪乌贼、曼氏无针乌贼、火枪乌贼和金乌贼 4 种头足类。

2) 头足类的资源密度估算

秋季调查捕获头足类动物种类较少，头足类平均重量密度和平均个体密度分别为 11.13kg/km² 和 927 ind./km²。

表 3.3.3-5 头足类资源密度（涉密，不公开）

（5）甲壳类的资源状况

1) 种类组成

秋季调查，共捕获的甲壳类，经鉴定共 14 种。

2) 头足类的资源密度估算

秋季调查捕获头足类动物种类较少，甲壳类平均重量密度和平均个体密度分别为 30.11kg/km² 和 3257.75 ind./km²。

表 3.3.3-5 甲壳类资源密度（涉密，不公开）

3.3.3.7. 鱼卵仔鱼调查结果

（1）种类组成

在采集的样品中，种类名录如下：鱼卵记录到小公鱼属(*Stolephorus* sp.)、鲱科(*Mugilidae*)、鲳属(*Leiognathus*)、鲹科(*Carangidae*)、鲷科(*Sparidae*)、小沙丁鱼属(*Sardinella*)共 6 种，而仔稚鱼则记录到眶棘双边鱼(*Ambassis gymnocephalus*)、鲳属(*Leiognathus*)、小公鱼属(*Stolephorus*.sp)、褐菖鲈(*Sebastiscus marmoratus*)、美肩鳃鲷(*Omobranchus elegans*)和多鳞鱚(*Sillago sihama*)，共 6 种。

（2）数量分布

所有站位共采到鱼卵 32 粒，仔稚鱼 11 尾，依此计算出调查区域鱼卵平均密度为 1.058 粒/ m³。以 L6 站位数量最多，密度为 20.202 粒/m³

仔稚鱼捕获数量一般，平均密度为 0.364 尾/m³，以 L46 站位数量最多，密度为 9.091 尾/m³。

表 3.3.3-6 各站位鱼卵仔鱼密度（涉密，不公开）

（3）主要种类

1) 鲱科

鲻科，属于广温、广盐性鱼类。可在淡水、咸淡水和咸水中生活，喜欢栖息在沿海近岸、海湾和江河入海口处，是我国南方沿海咸淡水养殖的最主要经济鱼类之一，也是世界上分布最广的重要经济鱼类之一。

2) 鳎属

鳎属，分布于红海、印度洋、南洋群岛、澳大利亚北部、台湾岛以及中国南海等海域，主要栖息于沿岸砂泥底质水域，大多栖息于浅水域，水深约在 1~40 公尺之间，有时会进入深水域，有时会进入河口区。一般在底层活动觅食，肉食性，以底栖生物为食。

3) 小公鱼属

小公鱼属是沿岸至近海的小型中上层鱼类，集群生活，数量较大，产卵期长，为 3~11 月，本属有多个种类。

4. 资源生态影响分析

4.1. 生态评估

4.1.1. 资源生态敏感目标

根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征分析,本项目论证范围内有金厢重要渔业资源产卵场,最近距离位于项目西侧 11.5km,论证范围内没有海洋生态保护红线和自然保护区。项目周边资源生态敏感目标详见图 4.1-1。

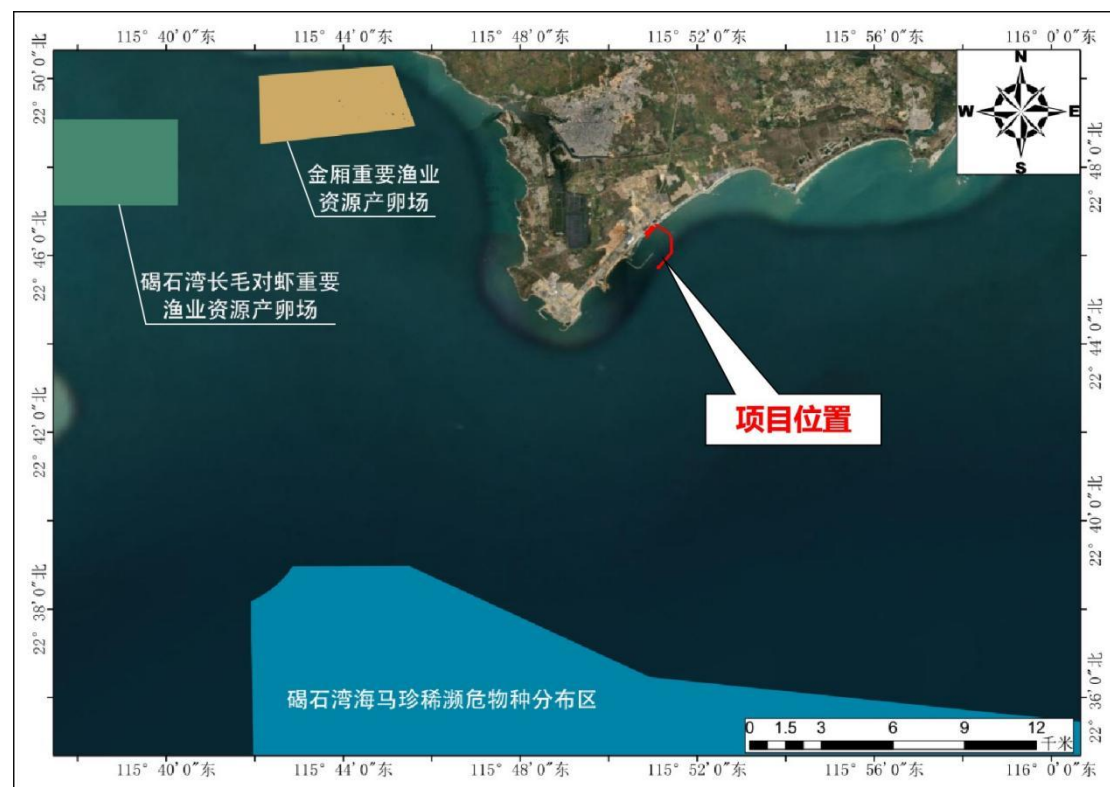


图 4.1-1 方案一平面布置方案示意图

4.1.2. 重点和关键预测因子

本项目为码头建设项目,根据项目用海特征以及周边敏感目标分布情况,项目建设对水动力、地形地貌与冲淤以及水质环境方面均有一定影响,确定本项目的重点和关键预测因子如下:

- (1) 水动力环境: 流速、流向、水动力影响范围;
- (2) 地形地貌与冲淤环境: 冲淤变化;
- (3) 水质环境: 悬沙扩散。

4.1.3. 项目设计比选方案

本项目针对防波堤布置，设置两个用海方案。

(1) 平面布置方案一

项目防波堤长度为 2279.8m，采用陆上推填施工，平面设置为接岸设置，平面布置方案一总平面图如下图：

图 4.1-2 方案一平面布置方案示意图（涉密，不公开）

(2) 平面布置方案二

防波堤长度为 2221.0m，采用陆上推填施工，平面设置为接岸设置，平面布置方案二总平面图如下图：

图 4.1-3 方案二平面布置方案示意图（涉密，不公开）

4.1.4. 水动力影响对比分析

4.1.4.1. 潮流模型

一、基本方程

(1) 控制方程

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Du}{\partial x} + \frac{\partial Dv}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_x}{\rho D} - g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{c_s^2 D}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_y}{\rho D} - g \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{c_s^2 D}$$

其中：

$D = H + \eta$ — 总水深（m）；

H — 平均海平面下水深（m）；

η — 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）；

f — 科氏参数；

A_M — 水平湍流粘滞系数，大区取 60m²/s，小区取 30m²/s；

τ_{ax}, τ_{ay} — 为海表风应力 $\bar{\tau}_a$ 在 x, y 轴方向的分量， $\bar{\tau}_a$ 表达式为：

$$\bar{\tau}_a = \rho_a C_D |\bar{W}_a| \bar{W}_a$$

其中, W_a 为风速 (m/s), ρ_a 为空气密度, C_D 为风曳力系数, 采用 ECOM-si 公式:

$$10^3 C_D = \begin{cases} 1.2 & |\bar{W}_a| \leq 11 \text{ (m/s)} \\ 0.49 + 0.065 |\bar{W}_a| & 11 < |\bar{W}_a| \leq 25 \text{ (m/s)} \\ 2.1 & |\bar{W}_a| > 25 \text{ (m/s)} \end{cases}$$

C_S —chezy 系数。

(2) **初始条件:** 初始速度场, 水位场 (开边界除外) 均为 0。

(3) **边界条件:**

在固边界上, 流在边界的法向分量恒为零, $\bar{V}(x, y, t) = 0$;

在开边界上, 采用 11 个分潮调和常数计算水位边界, 计算式如下:

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^{11} A_i f_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u_0) - \phi_i)$$

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。河口开边界采用实际流量过程作控制。

潮滩区采用干湿动边界处理方法, 即涨潮时淹没的海域作为湿边界, 退潮时露出海面的区域作为干边界。

模型计算时 Manning 数取 32, Smagorinsky 公式中的水平涡旋粘滞系数取 0.28, 考虑科氏力的影响, 时间步长设为 30s。

模型水深资料来源于航保部出版的海图水深数据以及工程区域实测水深数据, 岸线资料来源于 2008 年广东省发布的岸线数据以及工程区域附近实测岸线数据。

二、计算范围及网格划分

本项目地处陆丰市东南部, 东邻甲西、甲子两镇, 西接碣石镇, 北靠南塘镇, 南临南海, 海岸线长 16 公里。为拟合项目附近复杂岸线及岛屿、码头、防波堤等建筑物边界, 计算模式采用非结构三角形网格, 并对工程区域进行局部加密。

图 4.1-1 为大范围模型计算范围，图 4.1-2 为小范围模型计算范围，小模型最大网格尺度约为 1500m，最小网格尺度约为 5m。大范围模型边界由全球潮汐预报系统提供，小范围模型由大范围模型提供，采用实测水文数据对小范围模型进行验证，模型采用坐标系为 WGS84 坐标，基面为理论最低潮面。

图 4.1-4 大范围模型计算范围（涉密，不公开）

图 4.1-5 小范围模型计算范围（涉密，不公开）

三、模型验证

潮流模型选择 2023 年 1 月实测水文测验资料，包括 C4 临时观测站的实测潮位资料以及 S7~S9 的实测潮流资料进行潮位和流速、流向验证。各验证站点分布见图 4.1-3。

表 4.1-1 验证站点位置表（涉密，不公开）

图 4.1-6 验证站点分布图（涉密，不公开）

各站点验证结果见图 4.1-4~图 4.1-11。由于小范围模型边界来源于大范围模型，水文验证结果于大范围验证结果差别不大，因此，报告仅列出小范围模型的验证结果。

从潮位和潮流验证图中可以看出，C4 潮位验证站点水位计算值与实测值吻合较好；S7~S9 潮流观测站点的计算流速、流向和实测流速、流向变化趋势大体一致，流速、流向模拟值与实测值基本吻合。总体而言，本潮流模型计算结果基本能够反映项目附近海域的潮流运动特征。

图 4.1-7 T2 站潮位验证（涉密，不公开）

图 4.1-8 S7 站流速流向验证（涉密，不公开）

图 4.1-9 S8 站流速流向验证（涉密，不公开）

图 4.1-10 S9 站流速流向验证（涉密，不公开）

4.1.4.2. 工程前水动力环境分析

本工程位于陆丰市碣石镇海域，海域涨、落急流场见图 4.1-11 和 4.1-12。模拟结果显示，项目涨潮流由西南向东北流，落潮由东北向西南流，涨、落急流速约为 12-20cm/s。

图 4.1-11 工程区涨急流场（涉密，不公开）

图 4.1-12 工程区落急流场（涉密，不公开）

4.1.4.3. 各用海方案工程后对水动力影响

为了研究本项目实施对附近海域潮汐动力环境的影响,本报告对工程前后项目海域的潮流变化情况进行对比分析。本项目码头所在海域工程前后海床基本不变,工程实施对海域潮汐动力影响主要出现在航道疏浚区域附近及防波堤附近,在项目疏浚工程水域周边和防波堤工程周边选取 25 个代表点分别对比。

图 4.1-13 工程区附近代表点位置分布图(平面布置方案一)(涉密,不公开)

图 4.1-14 工程区附近代表点位置分布图(平面布置方案二)(涉密,不公开)

工程实施后带来工程周边水动力特征的变化,对流场和流速流向均产生影响。通过数值模拟的方法对航道疏浚工程实施前后的水动力特征进行计算,以体现工程对水动力的影响范围和强度。

(1) 平面布置方案一

工程前后各代表点涨落潮流速流向变化情况详见表 4.1-2 和 4.1-3,工程实施前,各代表点落潮平均流速位于位于 0.08m/s~0.14m/s 之间,对比工程实施前,工程后位于项目防波堤及港池周边代表点流速变化较大,流速均大幅度减小,变化值范围位于-0.03m/s~ -0.11m/s 之间,流速仅为工程前 10%左右,与此同时,各代表点涨潮时流向变化也发生较大变化,变化值范围位于-46° ~311° 之间。

工程实施前,各代表点落潮平均流速位于位于 0.08m/s~0.14m/s 之间,对比工程实施前,工程后位于项目防波堤及港池周边代表点流速变化较大,流速均大幅度减小,变化值范围位于-0.02m/s~ -0.12m/s 之间,流速仅为工程前 10%左右,与此同时,各代表点涨潮时流向变化也发生较大变化,变化值范围位于-161° ~102° 之间。

由于项目新建防波堤,导致项目涨、落潮期间港池内流速大幅度减少,涨、落急港池内流速约为工程前的 10%,同时流向也发生较大变化。而港池外航道流速流向变化较小。

表 4.1-2 工程前后大潮涨潮平均流速流向变化(涉密,不公开)

表 4.1-3 工程前后大潮落潮平均流速流向变化(涉密,不公开)

图 4.1-15 工程前后涨急流场叠加图(涉密,不公开)

图 4.1-16 工程前后落急流场叠加图(涉密,不公开)

(2) 平面布置方案二

工程前后各代表点涨落潮流速流向变化情况详见表 4.1-4 和 4.1-5, 工程实施前, 各代表点落潮平均流速位于位于 $0.08\text{m/s}\sim 0.14\text{m/s}$ 之间, 对比工程实施前, 工程后位于项目防波堤及港池周边代表点流速变化较大, 除代表点 1 外, 其余点位流速均减小, 变化值范围位于 $-0.01\text{m/s}\sim -0.09\text{m/s}$ 之间, 流速仅为工程前 10% 左右, 与此同时, 各代表点涨潮时流向变化也发生较大变化, 变化值范围位于 $-43^\circ\sim 310^\circ$ 之间。

工程实施前, 各代表点落潮平均流速位于位于 $0.08\text{m/s}\sim 0.14\text{m/s}$ 之间, 对比工程实施前, 工程后位于项目防波堤及港池周边代表点流速变化较大, 除代表点 1 外, 其余点位流速均减小, 变化值范围位于 $-0.01\text{m/s}\sim -0.12\text{m/s}$ 之间, 流速仅为工程前 10% 左右, 与此同时, 各代表点涨潮时流向变化也发生较大变化, 变化值范围位于 $-206^\circ\sim 99^\circ$ 之间。

由于项目新建防波堤, 导致项目涨、落潮期间港池内流速大幅度减少, 涨、落急港池内流速约为工程前的 10%, 同时流向也发生较大变化。而港池外航道流速流向变化较小。

表 4.1-4 工程前后大潮涨潮平均流速流向变化 (涉密, 不公开)

表 4.1-5 工程前后大潮落潮平均流速流向变化 (涉密, 不公开)

图 4.1-17 工程前后涨急流场叠加图

图 4.1-18 工程前后落急流场叠加图

4.1.5. 水质影响分析

4.1.5.1. 施工期水质环境影响预测分析

本工程施工对水质影响主要考虑航道维护疏浚施工所产生的源强。当采用挖泥船施工时, 在施工点周围会形成高浓度悬沙, 其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤, 浓度逐渐减小, 范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

(1) 模型介绍

施工产生的悬浮泥沙在潮流作用下向周围输运, 其输移方式可按照物质的对流扩散方程进行数值模拟, 其基本方程如下:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} \left(HD_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} \left(HD_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{Q_L C_L}{H} + F_s$$

式中： $\bar{c}$ 为垂线平均含沙量，单位 kg/m^3 ；

D_x ， D_y 为泥沙扩散系数，单位 m^2/s ；

F_s 为底部泥沙通量，单位 $\text{kg/m}^3/\text{s}$ ；

Q_L 为泥沙源在单位面积上的输入流量，单位 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ；

C_L 为泥沙源的含沙量，单位 kg/m^3 。

(2) 源强分析

1) 疏浚作业产生的悬浮物

挖泥船挖泥过程搅动水体产生的悬浮泥沙与挖泥船类型与大小、疏浚土质、作业现场的水流、底质粒径分布有关，挖泥船挖泥头部水中 SS 浓度增加范围为 300~350mg/L。

本项目港池、航道水域疏浚施工配置 2 艘 13m³ 抓斗船进行水域疏浚开挖作业。

根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS_T 105-2021）的公式经验法计算疏浚施工悬浮泥沙源强：

$$Q=R/R_0 (T \times W_0)$$

式中：

Q ——为疏浚作业悬浮泥沙发生量 t/h ；

W_0 ——悬浮泥沙发生系数 (t/m^3)；

R ——发生系数 W_0 时的悬浮泥沙粒径累计百分比 (%)；

R_0 ——现场流速悬浮泥沙临界粒子累计百分比 (%)；

T ——挖泥船效率 (m^3/h)。

泥沙再悬浮率计算公式为：

$$M=R/R_0 \times W_0$$

式中：

M ——为泥沙再悬浮率 (kg/m^3)；

W_0 ——悬浮泥沙发生系数 (t/m^3) ;

R ——发生系数 W_0 时的悬浮泥沙粒径累计百分比 (%) ;

R_0 ——现场流速悬浮泥沙临界粒子累计百分比 (%) ;

因此疏浚施工悬浮泥沙源强公式可简化为:

$$Q=T \times M$$

Q ——为疏浚作业悬浮泥沙发生量 t/h ;

M ——为泥沙再悬浮率 (kg/m^3) ;

T ——挖泥船效率 (m^3/h) 。

挖泥过程中悬浮物的产生近似为连续点源,产生总量与单位时间挖泥量有关。

根据 Mott MacDonald 1990 年对抓斗式挖泥船挖泥产生泥沙再悬浮系数的资料调研和试验结果,抓斗船施工产生的悬浮泥沙为 $11 \sim 20 kg/m^3$,本项目抓斗船施工产生的悬浮泥沙取 $20 kg/m^3$,按照抓斗式挖泥船完成一斗作业的时间为 100 秒左右,每抓斗按 90% 抓取率计,则 $13 m^3$ 抓斗式挖泥船每小时最大挖泥量约 $421 m^3$; 本项目疏浚开挖采用施工能力 2 艘 $421 m^3/h$ 的 $13 m^3$ 抓斗挖泥船,则每艘挖泥船悬浮物发生量为: $Q = 421 m^3/h \times 20.0 kg/m^3 \approx 2.34 kg/s$; 2 艘挖泥船合计悬浮物发生量为: $Q = 2 \times 421 m^3/h \times 20.0 t/m^3 \approx 4.68 kg/s$ 。

2) 桩基施工产生的悬浮泥沙源强

桩基施工时产生的悬浮泥沙量采取如下公式计算:

$$Q = \frac{1}{4} \pi d^2 h W_0 M$$

Q ——每根桩悬浮泥沙泄露总量, kg ;

d ——桩直径, m ;

h ——桩长度, m ;

W_0 ——悬浮物发生系数,一般取 5%;

M ——海域底质泥层密度,本项目取 $1875 kg/m^3$ 。

则本项目打桩施工源强= $Q \times$ 桩基数量/施工时间,具体见下表。

表 4.1-6 桩基施工悬浮泥沙源强

工程名称	桩直径 (m)	入土深度 (m)	桩柱总数 (根)	泄漏总量 (kg)	泄漏源强 (kg/s)
1#引桥钢管桩	1	32	165	388575	0.049
1#引桥关	1	28	100	206062.5	

灌注桩					
2#引桥钢管桩	1	32	87	204885	0.021
2#引桥灌注桩	1	27	27	53649.84375	
码头	1.2	30	111	352896.75	0.207
码头	1	34	861	2154383.438	

注：桩基施工期约 16 个月，每月按 30 天计，每天施工约 8h。

3) 基床抛石

项目防波堤采用抛石斜坡堤，根据建筑、安装单位工程概算表，抛石总量为 955964m³，施工工期安排为 17 个月，按每月 30 天，每天施工强度约为 1874m³/d，每天抛石施工 12h。抛石一方面由于将细颗粒泥沙带入水中增加水体悬浮物浓度；另一方面抛石挤出的泥沙过程也产生颗粒悬浮物。

①石料中颗粒物入水形成的悬浮沙源强

抛石施工作业时产生的悬浮泥沙产生量可按下式计算：

$$Q=E \times c \times \alpha \times \rho$$

式中：Q——围堰（或护岸）抛石作业悬浮泥沙产生量，kg/h；

E——围堰（或护岸）抛石作业效率，m³/h；

c——石料中泥土含量，%（体积）；

α ——泥土进入海水后悬浮泥沙产生系数，以 10%计；

ρ ——泥土密度，取 1450kg/m³。

本项目基床抛石量为 955964m³，每天抛石量约为 1874m³/d，石料中泥土含量取 10%。则可计算抛投石料中颗粒物入水后可形成悬浮沙的发生量约为 1874m³/d ÷ 12h/d × 1450kg/m³ × 10% × 10% ÷ 3600 = 0.629kg/s。

②抛石挤出悬浮泥沙源强

抛石挤出形成的颗粒悬浮物源强按以下公式计算：

$$S_1 = (1 - \theta_1) \rho_1 \alpha_1 P$$

式中：

S₁——为抛石挤淤的悬浮物源强（kg/s）；

θ_1 ——为海底沉积物天然含水率（%），取 26%；

ρ_1 ——为沉积物中颗粒湿密度（kg/m³），取 1875kg/m³；

α_1 ——为沉积物中悬浮颗粒所占百分率（%），取 5%；

P——为平均挤淤强度（ m^3/s ），每天施工强度为 $1874\text{m}^3/\text{d}$ ，每天施工 12h，则项目的抛石挤淤强度约为 $0.043\text{m}^3/\text{s}$ 。

则根据前述计算公式及确定的参数，计算得本工程抛石挤淤产生的悬浮泥沙源强约为 $(1-0.26) \times 1875\text{kg}/\text{m}^3 \times 0.05 \times 0.043\text{m}^3/\text{s} = 2.983\text{kg}/\text{s}$ 。

③抛石悬浮泥沙总源强

由前述计算结果可知，本项目抛填块石过程中，由于石块将细颗粒泥沙带入的悬浮泥沙产生源强约为 $0.629\text{kg}/\text{s}$ ，抛石挤出的悬浮泥沙的产生源强约为 $2.983\text{kg}/\text{s}$ ，则项目块石抛填过程产生的悬浮泥沙的最大总源强约为 $3.612\text{kg}/\text{s}$ 。

(3) 模拟结果

1) 平面布置方案一

模型输出的悬沙浓度场统计在工程海域悬沙增量大于 $10\text{mg}/\text{L}$ 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 4.1-7。图 4.1-14 为模拟期内施工作业悬沙增量包络线浓度场。

图 4.1-14 项目施工产生悬沙扩散包络线图（涉密，不公开）

表 4.1-4 项目施工产生悬沙扩散包络线面积（ km^2 ）（涉密，不公开）

在项目施工过程中，由设备搅动引起的悬浮泥沙在潮流的作用下在航道周围扩散，造成水体混浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为 SS。

计算结果显示，航道疏浚施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。大于 $100\text{mg}/\text{L}$ 高浓度区其包络线面积为 0.12km^2 ，而 $10\text{mg}/\text{L}$ 浓度区主要随落潮在项目港池周围扩散，覆盖范围为 2.45km^2 。

2) 平面布置方案二

模型输出的悬沙浓度场统计在工程海域悬沙增量大于 $10\text{mg}/\text{L}$ 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 4.1-8。图 4.1-15 为模拟期内施工作业悬沙增量包络线浓度场。

图 4.1-15 项目施工产生悬沙扩散包络线图（涉密，不公开）

表 4.1-8 项目施工产生悬沙扩散包络线面积 (km²) (涉密, 不公开)

在航道疏浚施工过程中, 由设备搅动引起的悬浮泥沙在潮流的作用下在航道周围扩散, 造成水体混浊水质下降, 并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏, 对浮游生物也产生影响, 主要污染物为 SS。

计算结果显示, 航道疏浚施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。大于 100mg/L 高浓度区其包络线面积为 0.07km², 而 10mg/L 浓度区主要随落潮往航道周围扩散, 覆盖范围为 1.12km²。

4.1.6. 地形地貌与冲淤环境影响分析

4.1.6.1. 泥沙运动数学模型

(1) 模型建立

1) 控制方程

悬沙扩散方程:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} (h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} (h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S$$

式中: $\bar{c}$ 为垂线平均含沙量, 单位 kg/m³; D_x , D_y 为泥沙扩散系数, 单位 m²/s; S 为床沙侵蚀或淤积速率, 单位 kg/m³/s; Q_L 为泥沙输入源强, 单位 m³/s/m²; C_L 为泥沙输入源强中的含沙量, 单位 kg/m³。

2) 床面淤积计算

就粘性泥沙而言, 床面淤积速率基于 *Krone* 公式计算:

$$S_D = W_s C_b p_d$$

式中, W_s 为泥沙沉速, 单位 m/s; C_b 为近底含沙量, 单位 kg/m³; p_d 为床沙淤积概率, 认为与水流有效切应力呈正相关关系, 即:

$$p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, \tau_b \leq \tau_{cd}$$

式中, τ_b 、 τ_{cd} 分别为水流底部切应力和床沙临界淤积切应力。

对于非粘性泥沙而言, 床沙淤积速率基于下式表达:

$$S_d = -w_s \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{h_s} \right), \bar{c}_e < \bar{c}$$

3) 床面侵蚀计算

就粘性泥沙而言,考虑床沙固结程度的床面侵蚀速率基于 *Mehta et al* 公式估算,对于固结粘性床沙有:

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \quad \tau_b > \tau_{ce}$$

式中 E 为经验系数,单位 $\text{kg/m}^2/\text{s}$; τ_{ce} 为床沙临界侵蚀切应力, n 为经验常数。

对于未固结粘性床沙侵蚀速率有:

$$S_E = E \exp \left[\alpha (\tau_b - \tau_{ce})^{0.5} \right], \quad \tau_b > \tau_{ce}$$

式中, α 为经验系数,单位 $\text{m/N}^{0.5}$ 。

非粘性床沙侵蚀速率基于下式表达:

$$S_e = -w_s \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{h_s} \right), \quad \bar{c}_e > \bar{c}$$

4) 床面变形计算

床面变形基于下式计算:

$$Bat^{(n+1)} = Bat^{(n)} + netsed^{(n)}$$

$$netsed^{(n)} = \sum_{i=1}^m (D^{i(n)} - E^{i(n)}) \Delta t$$

(2) 参数选择

1) 初始条件

计算域初始时刻的悬沙浓度场初值基于窦国仁(1995)挟沙力公式:

$$S_c^* = \alpha \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} \frac{u^3}{C^2 h \omega_s}$$

式中, γ , γ_s 分别为水流和泥沙容重,分别取值为 1000kg/m^3 和 2650kg/m^3 , C 为谢才系数, u 为水流流速, h 为水深, α 为率定系数,本次数值模型中取值为 0.025, ω_s 为泥沙沉速。

2) 糙率系数

MIKE21 MT 模块基于 *Nikuradse* 糙率系数和垂线平均流速推求水流底部剪切应力，对于沙质海岸取 2.5 倍的中值粒径，而对于淤泥质海岸，除了要考虑沙粒阻力，还需要考虑沙波阻力，一般取值为 0.001 m。

3) 泥沙粒径组分

在模型中，将床沙区分为砂质（0.063~2mm）、粗粉砂质（0.03~0.063mm）以及进入水体后存在絮凝的细颗粒泥沙（<0.03mm）三种组分。

4) 底床分层

底床在垂向上的泥沙动力学性质随着深度变化，所以一般要对底床进行分层，每层分别给出泥沙性质参数。泥沙冲刷从表面第一层开始，只有当第一层完全冲刷侵蚀后，才会启动下面一层的计算。

根据以往的经验，结合本次工程底质情况，最表层取 0m，即初始的时候，仅仅作为落淤之用，第二层取 1m。

5) 悬沙沉降速度

因模型中未加入盐度计算，在本次搭建的泥沙模型中将细颗粒泥沙的絮凝沉降问题采用《海港水文规范》推荐方法进行概化处理。即对于粒径小于 0.03mm 的细颗粒泥沙，相应絮凝沉速应介于 0.1~0.6mm/s 之间，模型取值计算中取中间点 0.3mm/s。

对于粒径大于 0.03mm 的泥沙，不考虑絮凝沉降的影响，相应沉速采用张瑞瑾公式计算：

$$\omega_0 = -4 \frac{k_2}{k_1} \frac{v}{d_{50}} + \sqrt{\left(4 \frac{k_2}{k_1} \frac{v}{d_{50}}\right)^2 + \frac{4}{3k_1} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d_{50}}$$

式中， K_1 、 K_2 为经验系数，分别取值为 1.22 和 4.27。

本次构建的泥沙模型，相应划分的三组分，泥沙沉速取值分别为 0.008mm/s，0.0003mm/s，0.0001mm/s。

6) 悬沙临界淤积切应力

因粘性泥沙的模型的淤积模式基于 *Krone* 提出的理论，模型的基本假定为：泥沙颗粒沉降到底部时会以一定的概率沉积下来，其沉积概率在 0~1 之间变化。单位时间内沉积在单位面积上的泥沙质量可由下式计算：

$$S_D = CW_s \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} \right), \quad \tau_b \leq \tau_{cd}$$

式中， C 为近底含沙量， W_s 为泥沙沉速， τ_{cd} 为床沙临界侵蚀切应力，一般取值为 $0.05-0.1\text{N/m}^2$ 。本次数值模型中经过模型率定取为 0.07N/m^2 ， 0.05N/m^2 ， 0.01N/m^2 。

7) 悬沙临界冲刷切应力

床面侵蚀速率基于 *Mehta et al* 公式估算，对于固结粘性床沙有：

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \quad \tau_b > \tau_{ce}$$

式中 E 为冲刷速率，一般取决于底床的物理化学性质，本次数值模型中取值为 $0.000001\text{kg/m}^2/\text{s}$ 。对于床面第一层，即半固结层， τ_{ce} 取值为 0.12N/m^2 ；对于床面第二层，即硬泥层， τ_{ce} 取值为 0.15N/m^2 。

4.1.6.2. 工程区域泥沙冲淤变化

(1) 工程前整体冲淤趋势分析

由于港区周边无大型河流等泥沙来源，且现有防波堤对波浪有很好的遮蔽作用，因此本项目工程海域的含沙量总体相对较低。港区附近水体垂向平均含沙量在 $0.01\text{kg/m}^3 \sim 0.03\text{kg/m}^3$ 之间，一个大潮周期内平均含沙量约为 0.01kg/m^3 。含沙量分布呈现离岸高、近岸低的分布趋势。同时由于港区所在区域水动力强度较弱，涨落急时刻最大流速均不超过 0.20m/s ；潮流对于底层沉积物的再悬浮作用有限，港池周边整体处于淤积状态。

由数模计算结果可知，工程前港区附近泥沙整体冲淤趋势主要以淤积为主，年淤积量在 0.13m/a 以内，现有防波堤内港区年淤积量在 $0.10\text{m/a} \sim 0.13\text{m/a}$ 左右，在靠近防波堤转弯处内侧淤积量较大一些。

图 4.1-16 平均含沙量场分布图（涉密，不公开）

图 4.1-17 工程前港区附近年冲淤变化图（涉密，不公开）

(2) 工程后冲淤变化

本项目主要为新建防波堤，以及港池内和外侧航道疏浚，主要集中分布在港池内，港池外主要对航道进行疏浚，航道在原有水深基础上变化幅度较小，港池内在原有水深基础上变化幅度较大。

在港区周边，悬浮泥沙的沉积作用主要受水动力影响。在涨落、急时刻流速较大时，水体中携带的悬浮泥沙浓度相对升高，并随潮流迁移至各海域，之后在转流时刻流速减小时随着水流携沙力降低而发生沉降。与此同时，疏浚后港池及航道内水深加深，临界淤积切应力相对减小，水体底层中高浓度悬移质及推移质极易在疏浚区域产生沉降，这是工程后影响疏浚区域地形冲淤变化的主要原因。

由于本项目实施后对港区外水动力强度影响不大，潮流各时刻流场和工程前相似，航道浚深未影响到整体流场结构。港内则由于防波堤建设以及疏浚影响，流场发生显著改变，但由于整体流速远小于港外，因此流速变化产生的冲淤影响极为有限。工程后冲淤变化主要由港池及航道疏浚产生的地形变化在与浪流相互作用适应过程中产生的淤积。

1) 平面布置方案一

方案一港池内疏浚区域年淤积幅度在 $0.15\text{m/a} \sim 0.19\text{m/a}$ 之间，其中 7#~9#码头停泊水域淤积幅度在 $0.16\text{m/a} \sim 0.19\text{m/a}$ 之间，回旋水域淤积幅度在 $0.17\text{m/a} \sim 0.18\text{m/a}$ 之间，进港航道区域年淤积幅度在 $0.14\text{m/a} \sim 0.16\text{m/a}$ 之间。

图 4.1-18 平面布置方案一港区附近年冲淤变化图（涉密，不公开）

2) 平面布置方案二

方案二港池内疏浚区域年淤积幅度在 $0.15\text{m/a} \sim 0.19\text{m/a}$ 之间，其中 7#~9#码头停泊水域淤积幅度在 $0.17\text{m/a} \sim 0.19\text{m/a}$ 之间，回旋水域淤积幅度在 0.18m/a 左右，进港航道区域年淤积幅度在 $0.14\text{m/a} \sim 0.16\text{m/a}$ 之间。

图 4.1-19 平面布置方案二港区附近年冲淤变化图（涉密，不公开）

4.1.6.3. 工程后岸滩演变分析

本节引自《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程项目潮流泥沙数学模型试验及岸滩演变研究报告》（大连理工大学，2025 年 6 月）。

(1) 岸滩侵蚀模型

沙滩平面演变的数值计算基于 TU Delft（代尔福特理工大学）和 Deltares Institute（代尔夫特三角洲研究中心）联合开发的 XBeach 数学模型。该模型可用于模拟波浪、波生流、潮流以及海啸波和风暴潮传播过程及其引起的泥沙输运和海床演变过程。

1) 流场计算

Xbeach 中采用如下形式的拉格朗日动量方程：

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial u^L}{\partial t} + u^L \frac{\partial u^L}{\partial x} + v^L \frac{\partial u^L}{\partial y} - f v^L - \nu_h \left(\frac{\partial^2 u^L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u^L}{\partial y^2} \right) \\
& = \frac{\tau_{sx}}{\rho h} - \frac{\tau_{bx}^E}{\rho h} - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{F_x}{\rho h} - \frac{F_{v,x}}{\rho h} \\
& \frac{\partial v^L}{\partial t} + u^L \frac{\partial v^L}{\partial x} + v^L \frac{\partial v^L}{\partial y} - f u^L - \nu_h \left(\frac{\partial^2 v^L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v^L}{\partial y^2} \right) \\
& = \frac{\tau_{sy}}{\rho h} - \frac{\tau_{by}^E}{\rho h} - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{F_y}{\rho h} - \frac{F_{v,y}}{\rho h} \\
& \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial h u^L}{\partial x} + \frac{\partial h v^L}{\partial y} = 0
\end{aligned}$$

式中 τ_{sx} 和 τ_{sy} 是风剪应力， τ_{bx} 和 τ_{by} 是底床剪应力， η 是水位， F_x 和 F_y 是波浪力， $F_{v,x}$ 和 $F_{v,y}$ 是植物作用力， ν_h 是水平粘度， f 是科氏力系数。注意，剪应力项是用欧拉速度计算的，而不是拉格朗日速度。 u^L 为拉格朗日速度与欧拉速度 u^E 、 v^E （在定点观察到的短波平均速度）有关：

$$\begin{aligned}
u^L &= u^E + u^S \\
v^L &= v^E + v^S
\end{aligned}$$

其中， u^S 与 v^S 分别 x 与 y 方向上的斯托克斯流，并由下式得到，式中短波波能 E_w 和方向均有波浪作用平衡得到。

$$\begin{aligned}
u^S &= \frac{E_w \cos \theta}{\rho h c} \\
v^S &= \frac{E_w \sin \theta}{\rho h c}
\end{aligned}$$

Xbeach 采用的坐标系以及各物理量含义如下图所示。

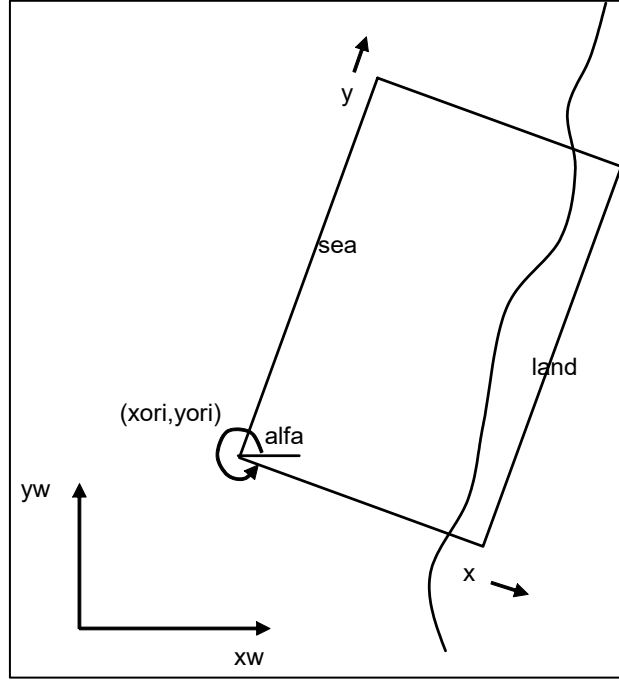


图 4.1-20 模型计算域坐标系

2) 波浪计算

水流动量方程中的波浪力由基于时间的波作用量平衡方程得到，其控制方程如下：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial c_{gx} A}{\partial x} + \frac{\partial c_{gy} A}{\partial y} + \frac{\partial c_{\theta} A}{\partial \theta} = -\frac{D_w + D_f + D_v}{\sigma}$$

波作用量 A 的计算公式如下：

$$A(x, y, t, \theta) = \frac{S_w(x, y, t, \theta)}{\sigma(x, y, t)}$$

其中， θ 代表入射波与 x 轴的夹角， S_w 代表单位方向上的波能流密度， σ 代表固有频率，且固有频率 σ 和群速度 C_g 满足色散关系。 D_w ， D_f 与 D_v 分别为波浪破碎、底摩擦及植被作用所对应的耗散项。固有频率由下式得到：

$$\sigma = \sqrt{gk \tanh kh}$$

沿主要方向的波浪速度分量如下：

$$\begin{aligned} c_{gx}(x, y, t, \theta) &= c_g \cos(\theta) \\ c_{gy}(x, y, t, \theta) &= c_g \sin(\theta) \\ c_{\theta}(x, y, t, \theta) &= \frac{\sigma}{\sinh 2kh} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial h}{\partial y} \cos \theta \right) \end{aligned}$$

其中， h 代表当地水深， k 为波数，固有频率不受波流相互作用的影响。

波浪破碎产生的耗散由下式得到：

$$D_w(x, y, t, \theta) = \frac{S_w(x, y, t, \theta)}{E_w(x, y, t)} \bar{D}_w(x, y, t)$$

式中， $\bar{D}_w$ 由 Roelvink (1993a) 的公式得到：

$$\begin{aligned} \bar{D}_w &= 2 \frac{\alpha}{T_{rep}} Q_b E_w \frac{H_{rms}}{h} \\ Q_b &= 1 - \exp\left(-\left(\frac{H_{rms}}{H_{max}}\right)^n\right), H_{rms} = \sqrt{\frac{8E_w}{\rho g}}, H_{max} = \gamma \cdot (h + \delta H_{rms}) \\ E_w(x, y, t) &= \int_0^{2\pi} S_w(x, y, t, \theta) d\theta \end{aligned}$$

在公式中， α 波为一阶波浪耗散系数， T_{rep} 为代表波周期而 E_w 则表示波能。波浪破碎部分取决于均方根波高 H_{rms} 与最大波高 H_{max} 。最大波高由当地水深和波高 δH_{rms} 的和乘上破碎指数 γ 得到。计算 H_{rms} 的公式中 ρ 为海水密度， g 为重力加速度，总波能 E_w 是各方向波能的和。

尽管短波作用平衡能精确地描述波浪的行进与波能的消散，但许多事实发现波浪破碎点存在滞后现象，对于波浪增水与沿岸流的生成同样存在。这种过渡区效应是表面的水滚储存了一部分动能所造成的。在 Xbeach 中，将水滚能量平衡耦合到波浪作用与能量平衡中，而波浪能的耗散则作为水滚能量平衡的一个源项。水滚能量 E_r 的平衡方程由下式给出：

$$\frac{\partial E_r}{\partial t} + \frac{\partial E_r \cos \theta}{\partial x} + \frac{\partial E_r \sin \theta}{\partial y} = D_w - D_r$$

其中， D_w 则是由波浪破碎产生的能量耗散， D_r 则是由于水滚产生的耗散，计算如下：

$$D_r = \frac{2g\beta_r E_r}{c}$$

3) 泥沙输运及海床演变计算

泥沙输运由水深平均的对流扩散方程描述：

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial hCu^E}{\partial x} + \frac{\partial hCv^E}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[D_h h \frac{\partial C}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D_h h \frac{\partial C}{\partial y} \right] = \frac{hC_{eq} - hC}{T_s}$$

式中， C 为水深平均的泥沙浓度， D_h 为扩散系数，泥沙的夹带由 T_s 表示，并基于当地的水深与泥沙的沉降速度 w_s 近似得到，其中 T_s 由下式决定：

$$T_s = \max(f_{Ts} \frac{h}{w_s}, T_{s, \min})$$

f_{Ts} 是一个修正系数，泥沙的冲刷和淤积是由实际含沙量 C 与平衡含沙量 C_{eq} 有差异造成的，因此代表了泥沙输运公式中的源项。

平衡含沙量 C_{eq} 可由下式计算得到：

$$C_{eq} = \max(\min(C_{eq,b}, \frac{1}{2} C_{\max}) + \min(C_{eq,s}, \frac{1}{2} C_{\max}), 0)$$

$C_{eq,b}$ 与 $C_{eq,s}$ 分别为推移质平衡泥沙浓度与悬移质平衡泥沙浓度，计算公式如下：

$$C_{eq,b} = \frac{A_{sb}}{h} (\sqrt{v_{mg}^2 + 0.64u_{rms,2}^2} - U_{cr})^{1.5}$$

$$C_{eq,s} = \frac{A_{ss}}{h} (\sqrt{v_{mg}^2 + 0.64u_{rms,2}^2} - U_{cr})^{2.4}$$

式中推移质和悬移质系数由下式得到：

$$A_{sb} = 0.015h \frac{(D_{50}/h)^{1.2}}{(\Delta g D_{50})^{0.75}}, A_{ss} = 0.012D_{50} \frac{D_*^{-0.6}}{(\Delta g D_{50})^{1.2}}$$

无因次泥沙粒径定义为 $D_* = (\frac{\Delta g}{\nu^2})^{1/3} D_{50}$ ；泥沙起动临界速度 U_{cr} 则有单独波浪条件下的临界速度加权计算得到，单独波浪条件下的临界速度 U_{crw} 与单纯流条件下的临界速度 U_{crc} 分别根据 Komer and Miller (1975) 及 Shields (1936) 得到：

$$U_{cr} = \beta U_{crc} + (1 - \beta) U_{crw}, \text{其中 } \beta = \frac{v_{mg}}{v_{mg} + u_{rms}}$$

v_{mg} 等于欧拉速度的大小，即

$$v_{mg} = \sqrt{(u^E)^2 + (v^E)^2}$$

u_{rms} 的计算按照线性波理论如下：

$$u_{rms} = \frac{\pi H_{rms}}{T_{rep} \sqrt{2} \sinh(k(h + \delta H_{rms}))}$$

当考虑波浪不对称时，对流扩散方程变为以下形式：

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial hC(u^E - u_a \sin \theta)}{\partial x} + \frac{\partial hC(v^E - u_a \cos \theta)}{\partial y} +$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[D_h h \frac{\partial C}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D_h h \frac{\partial C}{\partial y} \right] = \frac{hC_{eq} - hC}{T_s}$$

式中的 u_a 是偏态系数 S_k ，不对称系数 A_s ，均方根波高 u_{rms} 及两个校正因子

的函数：

$$u_a = (f_{Sk}S_k - f_{As}A_s)u_{rms}$$

地形的更新则由泥沙守恒方程控制：

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{f_{mor}}{(1-p)} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) = 0$$

其中， p 为孔隙率， f_{mor} 为地形加速因子，而 q_x 与 q_y 则分别为 x 、 y 方向上的输沙率，计算方式如下：

$$q_x(x, y, t) = hCu^E + D_h h \frac{\partial C}{\partial x} - \alpha h C \sqrt{(u^L)^2 + (v^L)^2} \frac{\partial z_b}{\partial x}$$

$$q_y(x, y, t) = hCv^E + D_h h \frac{\partial C}{\partial y} - \alpha h C \sqrt{(u^L)^2 + (v^L)^2} \frac{\partial z_b}{\partial y}$$

式中最后一项用于考虑海床坡度对输沙率的影响，系数 $\alpha = 1.6$ 。

由于工程区域沙堤在不同的水位时交替处于出水和淹没状态，计算时也开启了沙堤崩塌模式以考虑水-陆交界处泥沙的运动，即当沙堤坡度大于某给定值是崩塌模式启动如下：

$$\Delta z_b = \begin{cases} \min \left(\left(\left| \frac{\partial z_b}{\partial x} \right| - m_{cr} \right) \Delta x, \right), & \frac{\partial z_b}{\partial x} > 0 \\ \min \left(- \left(\left| \frac{\partial z_b}{\partial x} \right| - m_{cr} \right) \Delta x, \right), & \frac{\partial z_b}{\partial x} < 0 \end{cases}$$

(2) 计算工况

工程海域多为砂质海岸，存在良好的沙滩资源，沙滩的稳定性主要受风暴作用下的侵蚀影响，其侵蚀过程往往发生在一次风暴作用的 2~3 天内。为研究工程建设对周边岸滩短期侵蚀的影响，利用波浪数模计算得到的重现期波浪要素代替风暴作用过程，模拟不同来向风暴作用下周边岸滩的骤淤和骤冲过程，分析其变化特征。

由于沿岸输沙主要受到波能流影响，参考田尾角波高波向分级表不同来向波浪的出现频率，利用波能流方法计算该海域的主波向，合成波能流的方向可以由下式计算：

$$\bar{\alpha} = \arctan \frac{P_E}{P_N}$$

其中, P_E 、 P_N 分别为波能流的東西分量和南北分量, 可以由下式确定:

$$P_E = \sum H_i^2 T_i f_i \sin \alpha_i \quad P_N = \sum H_i^2 T_i f_i \cos \alpha_i$$

式中, H_i , T_i , f_i 分别为某级波浪的波高、周期和频率, α_i 为相应波浪方位角度。

依据公式计算得到工程海域附近外海的主波能流方向为 138 度, 即东南偏南 3 度。

因此, 选取了波浪重现期 2 年, 浪向分别为 E、SE 和 S 的对周边岸滩进行 2 天的短期岸滩演变模拟。计算网格见图 4.1-21。计算采用的水位和边界入射波浪要素见表 7.2-1。

图 4.1-21 Xbeach 计算网格 (涉密, 不公开)

表 4.1-9 项目平面布置方案比选分析 (涉密, 不公开)

(3) 计算结果

1) E 向波浪作用下的岸滩侵蚀

①平面布置方案一

平面布置方案一短期泥沙侵蚀变化主要位于防波堤接岸区域东侧。由于防波堤的阻挡作用, 东北向的沿岸流无法进入港内, 导致泥沙主要淤积在防波堤东侧接岸处, 最大淤积强度可达 1.5m 以上, 淤积范围较广。

图 4.1-22 设计高水位、两年一遇 E 向波浪作用下工程海域波高流场和冲淤强度分布 (方案一) (涉密, 不公开)

为了解底床高程在沙滩纵向的变化, 在工程近海区域选取了 10 个断面, 断面布置如图 4.1-23。

10 个断面的初始和最终底床高程变化如图 4.1-24。方案一断面底床高程变化主要位于接岸防波堤东西两侧的断面 7 和断面 8。由于接岸防波堤的建设, 断面 7 初始和最终底床高程基本不变, 断面 8 初始和最终高程变化最大, 在离岸 20m 范围内发生较强的冲刷, 最终部分泥沙北搬运到离岸 20m 外的区域。

图 4.1-23 断面布置图 (涉密, 不公开)

图 4.1-24 设计高水位、两年一遇 E 向波浪作用下的断面侵蚀分布情况 (方案一) (涉密, 不公开)

②平面布置方案二

对于拟建防波堤，东北方向的沿岸流遇到防波堤后分为两支，一支从防波堤与陆地的缺口进入港内，并在港内形成一个逆时针环流；另一只沿着防波堤流向外海。对于一期防波堤，西南端附近存在一个强度稍弱的逆时针环流，环流部分沿着防波堤进入一期工程港池。沿岸流流速在拟建防波堤靠岸侧可达 1.5m/s ，在一期防波堤南侧圆弧段接近 2m/s 。

从冲淤强度的空间分布来看，淤积的主要区域位于防波堤靠岸一侧，其中拟建二期防波堤处，最大淤积强度可达 1.5m 以上，一期防波堤处最大淤积强度稍弱，淤积范围也更小。冲刷的主要区域位于沙滩上部，在波浪的作用下，交互形成上冲下淤的沙坑和沙丘。

图 4.1-25 设计高水位、两年一遇 E 向波浪作用下工程海域波高流场和冲淤强度分布（方案二）（涉密，不公开）

断面 1、断面 5、断面 6 和断面 10 初始和最终底床高程基本保持不变；断面 2 在离岸 $50\sim 80\text{m}$ 范围内发生侵蚀；断面 3 在离岸 $20\sim 50\text{m}$ 范围内发生侵蚀；断面 4 在离岸 $70\sim 100\text{m}$ 范围内发生侵蚀，在离岸 $100\sim 220\text{m}$ 范围发生淤积；断面 7 在离岸约 $5\sim 15\text{m}$ 范围内发生侵蚀，在离岸约 $15\sim 35\text{m}$ 范围发生淤积；断面 8 初始和最终高程变化最大，在离岸 20m 范围内发生较强的冲刷，最终部分泥沙北搬运到离岸 40m 外的区域；断面 9 以冲刷为主，主要冲刷区域位于离岸 $15\sim 60\text{m}$ 区域。

图 4.1-26 设计高水位、两年一遇 E 向波浪作用下的断面侵淤分布情况（方案二）（涉密，不公开）

2) SE 向波浪作用下的岸滩侵淤

①平面布置方案一

方案一的短期泥沙侵淤变化主要位于防波堤接岸区域东侧。由于防波堤的阻挡作用，来自东侧的沿岸流无法进入港内，导致泥沙主要淤积在防波堤东侧接岸处，最大淤积强度可达 2m 以上，淤积范围更广。

图 4.1-27 设计高水位、两年一遇 SE 向波浪作用下工程海域波高流场和冲淤强度分布（方案一）（涉密，不公开）

断面的初始和最终底床高程变化如图 4.1-28。方案一断面底床高程变化主要

位于接岸防波堤东西两侧的断面 7 和断面 8。由于接岸防波堤的建设，断面 7 初始和最终底床高程基本不变，断面 8 初始和最终高程变化最大，在离岸 20m 范围内发生较强的冲刷，最终在拟建防波堤东侧发生较强的淤积。

图 4.1-28 设计高水位、两年一遇 SE 向波浪作用下的断面侵淤分布情况（方案一）（涉密，不公开）

②平面布置方案二

对于拟建防波堤，东侧存在一支强度较强的呈现逆时针旋转的流，当流遇到防波堤后分为两支，一支沿防波堤向南侧流去，向北流动分支部分进入港内区域。一期防波堤西侧存在一股较强的顺时针流动的沿岸流，遇到一期防波堤之后途经口门后和东侧的沿岸流汇合。此外，港池内存在两支环流，一支位于回旋水域，一支位于进港口门处，但是强度不大。二期防波堤靠岸侧流速最大可达 1.5m/s；一期防波堤西侧沿岸流强度大，最大流速可达 2m/s 以上；从一期防波堤靠岸侧进入港池的沿岸流速度可达 1.5m/s 以上。

从冲淤强度的空间分布来看，由于波高较大导致沿岸流较强，在波浪作用下，沙滩上侧发生较强侵蚀，在沿岸流的搬运作用下，淤积的主要区域位于沙滩下侧，1#码头以及拟建防波堤港内一侧，其中 1#码头处最大淤积强度可达 2m 以上，拟建防波堤区域最大淤积强度约 1.5m。此外，由于沿岸流较强，口门处发生一定程度的淤积，淤积高度约 0.3m。

图 4.1-29 设计高水位、两年一遇 SE 向波浪作用下工程海域波高流场和冲淤强度分布（方案二）（涉密，不公开）

断面的初始和最终底床高程变化如图 7.2-11。相比不方案一，方案一断面底床高程变化主要位于接岸防波堤东西两侧的断面 7 和断面 8。由于接岸防波堤的建设，断面 7 初始和最终底床高程基本不变，断面 8 初始和最终高程变化最大，在离岸 20m 范围内发生较强的冲刷，最终在拟建防波堤东侧发生较强的淤积。

图 4.1-30 设计高水位、两年一遇 SE 向波浪作用下的断面侵淤分布情况（方案二）（涉密，不公开）

3) S 向波浪作用下的岸滩侵淤

①平面布置方案一

由于防波堤的阻挡作用，南向浪作用下的泥沙无法被搬离港池，主要淤积区

域在防波堤接岸处，因此淤积的强度和范围更广，最大淤积强度可达 1.5m。

图 4.1-31 设计高水位、两年一遇 S 向波浪作用下工程海域波高流场和冲淤强度分布（方案一）（涉密，不公开）

断面的初始和最终底床高程变化如图 4.1-32。相比不方案一，方案一断面底床高程变化主要位于接岸防波堤东侧和断面 8。由于防波堤的阻挡，泥沙无法从港内搬运过来，因此断面 8 的初始高程和最终高程基本保持不变。

图 4.1-32 设计高水位、两年一遇 S 向波浪作用下的断面侵淤分布情况（方案一）（涉密，不公开）

②平面布置方案二

一期防波堤西侧有一支顺时针环流，遇到防波堤之后流向东南海域；由于口门朝向偏南侧，来自南向的浪经口门进入港内，并在港内形成一支强度较强顺时针环流；拟建防波堤东侧流场对港内影响较小。拟建二期防波堤靠岸侧最大沿岸流速可达 1m/s，一期防波堤靠岸侧流速最大可达 2m/s。

从冲淤强度的空间分布来看，由于南向浪直接影响港池，因此在港内发生较为严重的侵淤，主要表现为沙滩上次发生侵蚀，最终被沿岸流搬运至拟建防波堤靠岸区域，最大淤积强度可达 2m。在西侧沿岸流的作用下，1#码头和一期防波堤西南端发生淤积，最大淤积强度发生在 1#码头附近，最大可达 2m 以上。

图 4.1-33 设计高水位、两年一遇 S 向波浪作用下工程海域波高流场和冲淤强度分布（方案二）（涉密，不公开）

断面的初始和最终底床高程变化如图 4.1-32。断面 1、断面 3、断面 6 和断面 9~断面 10 的初始和最终底床高程基本保持不变；断面 2 在离岸约 30~80m 内发生侵蚀；断面 4 在离岸约 70~100m 范围内发生侵蚀；断面 5 在离岸约 190~230m 范围内发生侵蚀，230m 往外发生淤积；断面 7 在离岸 15~90m 和 120m 往外范围内发生淤积；断面 8 在离岸约 10 往外区域发生淤积。

图 4.1-32 设计高水位、两年一遇 S 向波浪作用下的断面侵淤分布情况（方案二）（涉密，不公开）

（4）沙滩整体分析

为了定量分析沙滩的整体稳定性情况，在工程海域选取了 4 个分区（图 4.1-33），统计得到不同工况条件下沙滩的淤积和侵蚀情况见表 4.1-10。

图 4.1-33 工程海域沙滩分区布置图（涉密，不公开）

对于 F1 分区，该分区主要呈现侵蚀状态，SE 向的波浪造成的侵蚀最严重。E 向浪作用下，方案二主要呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 3079.11m^3 ，方案一也为侵蚀状态，侵蚀总量为 3619.48m^3 ；在 SE 向浪作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 16147.48m^3 ，方案一为侵蚀状态，侵蚀总量为 17562.68m^3 ；在 S 向浪的作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 9528.50m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 7002.58m^3 。

对于 F2 分区，在 E 向浪作用下，方案二呈现淤积状态，淤积总量为 206.96m^3 ，方案一呈现淤积状态，淤积总量为 13.41m^3 ；在 SE 向浪作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 2478.67m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 2819.98m^3 ；在 S 向浪作用下，方案二呈现淤积状态，淤积总量为 1074.10m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 2596.51m^3 。

对于 F3 分区，在 E 向浪作用下，方案二呈现淤积状态，淤积总量为 13003.85m^3 ，方案一呈现淤积状态，淤积总量为 12124.88m^3 ；在 SE 向浪作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 27056.62m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 27269.93m^3 ；在 S 向浪作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 7040.24m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 8494.72m^3 。

对于 F4 分区，在 E 向浪作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 7971.59m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 8112.46m^3 ；在 SE 向浪作用下，方案二呈现淤积状态，淤积总量为 12387.00m^3 ，方案一呈现淤积状态，淤积总量为 14667.82m^3 ；在 S 向浪作用下，方案二呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 5762.09m^3 ，方案一呈现侵蚀状态，侵蚀总量为 5356.78m^3 。

表 4.1-10 不同工况下沙滩不同分区的侵淤情况（涉密，不公开）

综合来看，F1 分区主要呈现侵蚀状态，SE 向浪侵蚀最严重；F2 分区在 E 向浪作用下两种方案均呈现淤积状态，S 向浪方案二呈现淤积状态，其他工况呈现侵蚀状态；F3 分区在 E 向浪作用下两种方案呈现淤积状态，淤积量较大，其余工况均呈现侵蚀状态；F4 分区在 SE 向浪作用下两种方案均呈现淤积状态，其余工况则为侵蚀状态。

（5）长期岸滩演变

1) 一线模型理论

采用荷兰 Deltares 研发的 ShorelineS 模型进行计算,该模型基于 Matlab 环境开发,主要用于计算模拟中长时间尺度(年际-几十年)内砂质岸线的演化,其主要功能特征包括:

- ①能考虑复杂岸线形状,包括岸线合并和分叉过程;
- ②能考虑复杂构筑物引起的遮蔽效应;
- ③能考虑养滩工程;
- ④能考虑河流泥沙入海。

一线模型假设海岸剖面保持平衡剖面并且只能做离(向)岸运动,在闭合水深以外泥沙不发生运动,离(向)岸的泥沙运动在长时间海岸演化过程中趋于平衡。在上述诸多简化之下,岸线的演变则由沿岸输沙导致,岸线的位置可由一条线(岸线或者等深线)替代。

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D_B + D_C} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = 0$$

其中, y 为岸线位置 (m), x 为沿岸方向坐标 (m), t 为时间 (s), D_B 和 D_C 分别为滩肩高度 (m) 和闭合水深 (m), Q 为沿岸输沙率 (m^3/s), 而 q 为泥沙源(或汇)项 ($\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$), 其可代表河流入海泥沙量或者背景离(向)岸泥沙量。

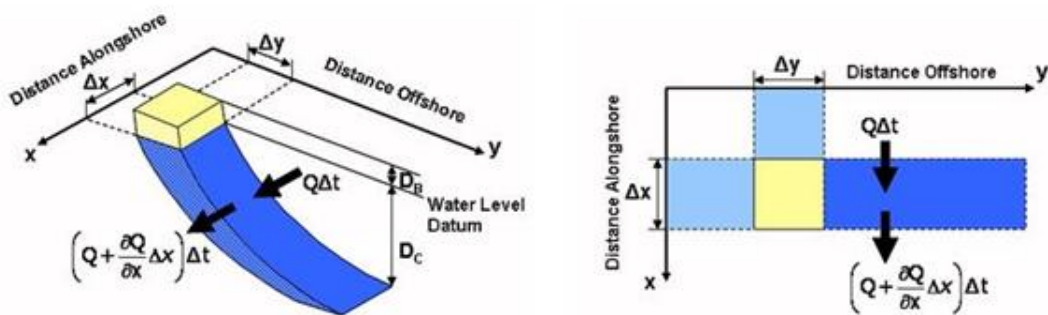


图 4.1-34 一线模型理论示意图

传统的基于直角坐标系下的一线模型存在很大的缺陷,不能模拟变化曲率较大的复杂岸线。此外,当外海入射波浪角度较大时,沿岸输沙主导的岸线本身不稳定,对于这种情况,一线模型也无能为力。

(一) 基于“点链”概念的一线模型

为克服传统基于直角坐标一线模型的缺陷，将岸线演变控制方程写为与岸线贴体的形式：

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{D_B + D_c} \frac{\partial Q_s}{\partial s} + \frac{1}{D_B + D_c} \sum q_i$$

式中： n 为岸线法向方向， s 为沿岸线方向。

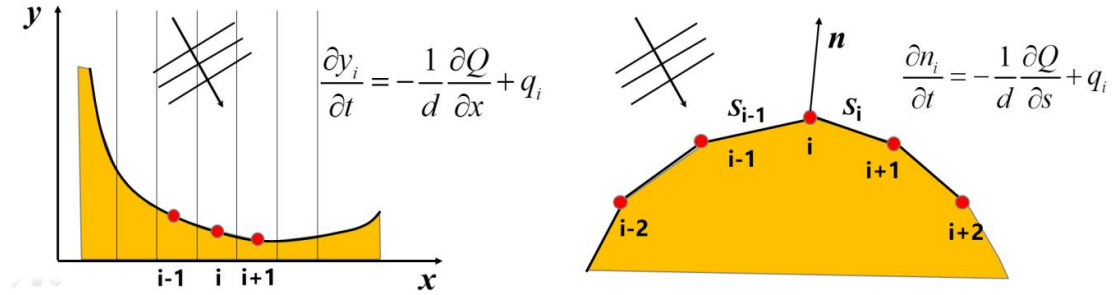


图 4.1-35 基于“点链”概念的一线模型示意图

(二) 沿岸输沙率计算

CERC 公式普遍用于沿岸输沙计算，这里采用其变体形式：

$$Q_s = 2.33 H_{sb}^2 T^{1.5} m_b^{0.75} D_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\phi_{locb})$$

式中， H 为波高（下标 0 表示深水波要素、下标 b 表示破碎波要素）， m_b 为破波带沙滩平均坡度， D_{50} 为泥沙中值粒径。

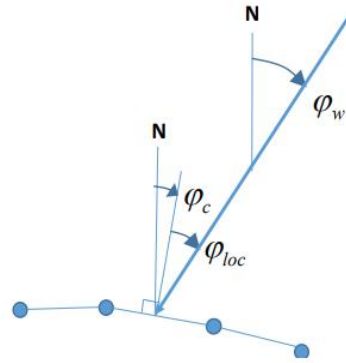


图 4.1-36 波浪角度关系示意图

式以近岸破碎波浪要素表示，需要计算破碎波波高及其对应的波向角，通过 SNELL 定律计算，其表达为：

$$\frac{\sin \theta_0}{C_0} = \frac{\sin \theta}{C}$$

上式中， θ_0 、 θ 分别为近岸处和任意水深处波向角（当岸线曲率较大时，上式中角度要适当调整）， C_0 、 C 分别为近岸处和任意水深处波速，上式中涉及到波长和波速的计算均采用线性波浪理论，其中波长（或波数）的计算往往需要迭代进行，这会降低程序中的运行速度，这里采用 Fenton 和 Mckee 给出的显方式进行，即

$$L = L_0 \left\{ \tanh^{0.75} \left[\left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \frac{d}{g} \right] \right\}^{\frac{2}{3}}$$

波浪破碎的判断标准为：

$$H_b = \gamma d_b = 0.78 d_b$$

d_b 为波浪破碎水深，进而可得破碎波波向角：

$$\theta_b = \arcsin \left(\frac{C}{C_0} \sin \theta_0 \right)$$

该模式适用于已知近岸处波浪条件，同时等水深线和岸线大致平行的情况。

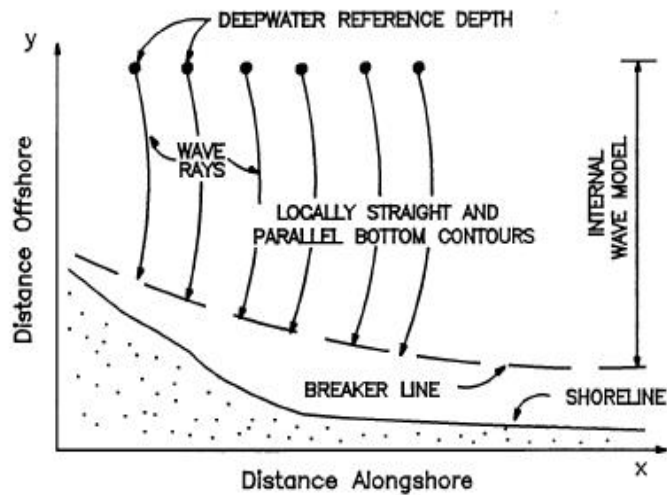


图 4.1-37 近岸波浪要素

（三）数值离散方法

与传统一线模型不同，基于“点链”概念的一线模型沿岸线设置控制点（计算单元），对应的离散格式控制方程为：

$$\Delta n_i^j = \frac{1}{d} \frac{\partial Q_{s,i}^j - Q_{s,i-1}^j}{L_i} \Delta t + \frac{1}{d} \sum q_i^j$$

$$L_i = [(x_{i+1} - x_{i-1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2]^{0.5}$$

$$\Delta x_i^j = \Delta n_i^j \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{L_i}, \quad \Delta y_i^j = \Delta n_i^j \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{L_i}$$

$$x_i^{j+1} = x_i^j + \Delta x_i^j, \quad y_i^{j+1} = y_i^j + \Delta y_i^j$$

模型采用自适应时间步长；对于大角度波浪入射问题采用迎风格式代替上述中心差分格式增加模型的稳定性。

需要注意的是，岸线（x，y）按照给定的距离 Δs 沿岸线方向进行离散，当两点距小于给定值时（如 $\Delta s/2$ ）两点合并，当两点距大于给定值时（如 $2\Delta s$ ）插入新的控制点，通过这种方式可以模拟岸线的任意变形，克服传统一线模型不能模拟复杂岸线变化的缺点。

2) 现状下的岸滩演变

5年后，对于岸段1，南侧沙滩约有450m的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约40m，北侧沙滩约有750m的岸线发生淤积，最大淤积淤涨距离约30m；对于岸段2，主要呈现淤积状态，约有1700m的岸线发生淤积，最大淤涨距离约140m；对于岸段3，主要呈现侵蚀状态，约有4000m的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约40m。

10年后，岸段1和岸段3的侵淤状态和5年后的岸线基本一致；对于岸段2，相比5年后的岸线，10年后淤积更为严重，淤涨宽度增加约40m，北侧岸段则相比5年后的岸线发生蚀退，最大蚀退距离约10m。

图 4.1-38 现状条件下的长期岸滩演变（涉密，不公开）

3) 方案一的长期岸滩演变

5年后，对于岸段1，南侧沙滩约有500m的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约40m，北侧沙滩约有680m的岸线发生淤积，最大淤涨距离约50m；对于岸段2，在1#码头西南侧发生淤积，最大淤涨距离约70m，一期防波堤沙岬发生侵蚀，最大蚀退距离约30m，其余部分基本处于平衡状态；对于岸段3，主要呈现侵蚀状态，约有4000m的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约40m；拟建防波堤接岸处

发生明显淤积，约有 850m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 140m。

10 年后，岸段 1 和岸段 3 的侵淤状态和 5 年后的淤积侵蚀量基本一致；对于岸段 2，相比 5 年后的岸线，1#码头西南淤涨宽度增加约 20m，其余部分岸线相比 5 年后变化不大；对于拟建防波堤接岸区域，10 年后淤积距离有所增大，淤涨宽度增加约 30m。

图 4.1-39 方案一的长期岸滩演变（涉密，不公开）

4) 方案二的长期岸滩演变

对于岸段 1 和岸段 3，5 年后的岸线和 10 年后的岸线演化和方案一的演化特征基本一致。拟建防波堤靠岸区域发生明显淤积，并有向西淤涨的趋势，约有 1500m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 160m。

10 年后，拟建防波堤靠岸区域淤涨距离增大约 10m。

图 4.1-40 方案二的长期岸滩演变（涉密，不公开）

5) 小结

①现状的长期岸滩演变情况如下：5 年后，对于岸段 1，南侧沙滩约有 450m 的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约 40m，北侧沙滩约有 750m 的岸线发生淤积，最大淤积淤涨距离约 30m；对于岸段 2，主要呈现淤积状态，约有 1700m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 140m；对于岸段 3，主要呈现侵蚀状态，约有 4000m 的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约 40m。

10 年后，岸段 1 和岸段 3 的侵淤状态和 5 年后的岸线基本一致；对于岸段 2，相比 5 年后的岸线，10 年后淤积更为严重，淤涨宽度增加约 40m，北侧岸段则相比 5 年后的岸线发生蚀退，最大蚀退距离约 10m。

②拟建防波堤使用方案一的长期岸滩演变情况如下：5 年后，对于岸段 1，南侧沙滩约有 500m 的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约 40m，北侧沙滩约有 680m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 50m；对于岸段 2，在 1#码头西南侧发生淤积，最大淤涨距离约 70m，一期防波堤沙岬发生侵蚀，最大蚀退距离约 30m，其余部分基本处于平衡状态；对于岸段 3，主要呈现侵蚀状态，约有 4000m 的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约 40m；拟建防波堤接岸处发生明显淤积，约有 850m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 140m。

10 年后，岸段 1 和岸段 3 的侵淤状态和 5 年后的淤积侵蚀量基本一致；对

于岸段 2，相比 5 年后的岸线，1#码头西南淤涨宽度增加约 20m，其余部分岸线相比 5 年后变化不大；对于拟建防波堤接岸区域，10 年后淤积距离有所增大，淤涨宽度增加约 30m。

③拟建防波堤采用方案二的长期岸滩演变情况如下：对于岸段 1 和岸段 3，5 年后的岸线和 10 年后的岸线演化和接岸方案的演化特征基本一致。拟建防波堤靠岸区域发生明显淤积，并有向西淤涨的趋势，约有 1500m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 160m。

10 年后，拟建防波堤靠岸区域淤涨距离增大约 10m。

根据上述的水动力、水质环境关键预测因子、地形地貌与冲淤的预测以及生态保护、经济性、可行性等对比分析，两种用海方案比选分析见表 4.1-11。

①从水动力环境和冲淤环境角度，平面布置方案一和平面布置方案二两个方案实施后对工程附近水动力环境影响、冲淤环境有限，两个方案施工后产生的水动力环境、冲淤环境影响幅度相差不大。

②从悬浮泥沙影响范围角度，方案二项目施工产生悬沙增量面积较小，且防波堤长度较短，对水质、沉积物和海洋生态等环境影响较小，方案二较优。

③从短期岸滩演变来看，方案一、方案二分别在防波堤接岸处和防波堤近岸处在 SE 和 S 向波浪下均呈现侵蚀状态，侵蚀总量差距不大，而在 E 向波浪下均呈现淤积状态，淤积总量亦差距不大；从长期岸滩演变来看，方案一拟建防波堤接岸区域，10 年后淤积距离有所增大，淤涨宽度增加约 30m，方案二拟建防波堤靠岸区域淤涨距离增大约 10m。

④从节约集约用海角度，方案一防波堤较长，长度为 2279.8m，而方案二防波堤长度为 2221.0m，方案二防波堤长度短于方案一，占用海域面积较小，优于方案一。

综上所述，从多个角度考虑，推荐平面布置方案二作为本次用海方案。

表 4.1-11 项目平面布置方案比选分析（涉密，不公开）

4.2. 资源影响分析

根据生态评估结果，本项目推荐平面布置方案二作为本次项目平面布置方案。

4.2.1.1.岸线资源影响分析

本工程拟建设 2 个 5 万吨级多用途泊位和 1 个 5 万吨级滚装泊位，其中码头泊位长度 950m，建设引桥及相应配套设施。建设 1 座防波堤，总长度为 2221.0m。由于本项目防波堤与项目一期防波堤形成双防波堤环抱形式，根据岸线海陆分界线的定义，本项目占用自然岸线 128m。

图 4.2-1 项目占用自然岸线图（涉密，不公开）

4.2.1.2.底栖生物资源损耗分析

本项目航道疏浚和防波堤建设将彻底改变底栖生物原有的栖息环境，除少量活动能力强的动物逃往他处外，大部分种类将被挖走、掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类将难以存活。本项目防波堤面积为 22.5066 公顷，航道疏浚面积为 84.2265 公顷，码头、引桥桩基面积为 0.11 公顷。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），疏浚施工破坏了底栖生物的生境，按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i \quad (4.2-1)$$

式中：

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

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）/每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）/每立方千米[尾（个）/km³]或千克每平方千米（kg/km²）。在此为海洋生物资源密度。

S_i —第 i 种生物占用的水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

底栖生物量：根据春、秋两季工程附近海域调查结果的总平均生物量平均值，为 86.45g/m²。

（1）项目防波堤建设底栖生物损失分析

项目防波堤建设底栖生物损失量为 $=22.5066 \times 10^4 \times 86.45 \times 10^{-6} = 19.46t$

（2）项目疏浚底栖生物损失分析

项目疏浚底栖生物损失量为 $=84.2265 \times 10^4 \times 86.45 \times 10^{-6} = 72.81\text{t}$

(3) 项目桩基底栖生物损失分析

项目桩基底栖生物损失量为 $=0.11 \times 10^4 \times 86.45 \times 10^{-6} = 95.10\text{kg}$

因此，本项目防波堤建设底栖生物损失量为 19.46t，项目疏浚底栖生物损失量为 72.81t，项目桩基底栖生物损失量为 95.10kg。

4.2.1.3. 渔业资源损耗分析

本工程施工工期以 3 个月计算，按照《规程》，工程施工产生的悬浮物扩散对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad \text{公式 (4.2-2)}$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克 (kg)；

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

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

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

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米 (km²)；

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

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

渔业资源密度 (D_{ij})：根据生态调查结果，调查海区水平拖网的春、秋两季鱼卵平均密度为 3.534 粒/m³；仔鱼的平均密度为 1.328 尾/m³。春、秋季两季游泳生物平均重量密度为 196.56kg/km²。

浓度增量分区数及各区面积 (n, S_j)：根据 4.1.4 节项目施工的悬沙扩散预测结果，航道疏浚施工时产生的悬浮泥沙超过 100mg/L 等值线的最大影响面积为 0.07km²，大于 50mg/L 小于 100mg/L 等值线的最大影响范围为 0.32km²，大于

20mg/L 小于 50mg/L 的范围约为 0.25km², 大于 10mg/L 小于 20mg/L 的范围约为 0.48km²。因此悬浮物浓度增量分区总数为 4, 各个区的面积分布如表 4.3-1 所示。

生物资源损失率 (K_{ij})：根据《规程》中“污染物对各类生物损失率”（附录 B），悬浮泥沙增量超标倍数及其对应的浓度分区、超标面积和在区内各类生物损失率如表 4.2-1 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/l 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

增量影响的持续周期数 (T)：项目疏浚工期以 3 个月计，因此，悬浮物增量影响的持续周期数为 6 个。

海域水深：悬浮物扩散范围内海域平均过程水深取 1m。

表 4.2-1 疏浚施工悬浮物对各类生物损失率

分区数	各污染区内悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	各污染区的面积 (km ²)	污染物 <i>i</i> 的超标倍数 (B _i)	各类生物损失率 (%)	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I区	10~20mg/L	0.48	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5
II区	20~50mg/L	0.25	$1 < B_i \leq 4$ 倍	10	5
III 区	50~100mg/L	0.32	$4 < B_i \leq 9$ 倍	30	10
IV 区	>100mg/L	0.07	$B_i > 9$ 倍	50	20

据此计算的渔业资源损失量为：

游泳生物：196.56×0.48×0.5%×6+196.56×0.25×5%×6+

196.56×0.32×10%×6+196.56×0.07×20%×6

=71.82kg

鱼卵：3.534×0.48×10⁶×1×5%×6+3.534×0.25×10⁶×1×5%×6+

3.534×0.32×10⁶×1×5%×6+3.534×0.07×10⁶×1×5%×6

=1187424 粒

仔鱼：1.328×0.48×10⁶×1×5%×6+1.328×0.25×10⁶×1×5%×6+

1.328×0.32×10⁶×1×5%×6+1.328×0.07×10⁶×1×5%×6

=446208 尾

因此，本项目航道疏浚施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物损失 71.82kg，鱼卵损失 1187424 粒，仔鱼损失 446208 尾。

4.3. 生态影响分析

4.3.1. 水动力环境影响分析

根据推荐用海方案各代表点工程前与工程后大潮的涨急、落急流速、流向统计结果，防波堤及港池周边代表点流速和流向内变化较大。涨急时各代表点流速变化值为 $-0.01\text{m/s} \sim -0.09\text{m/s}$ ，流向变化值为 $-43^\circ \sim 310^\circ$ ，落急各代表点流速变化值为 $-0.02\text{m/s} \sim -0.12\text{m/s}$ ，港池内涨急变化值为 $-43^\circ \sim 310^\circ$ ，流向变化值为 $-206^\circ \sim 99^\circ$ 。

根据 4.1.4 数模结果显示，项目建成后水动力变化主要集中在项目港池内及防波堤附近，对其他海域影响有限，整体而言项目的建设对周边海域水动力影响较小。

4.3.2. 地形地貌冲淤环境影响分析

4.3.2.1. 冲淤分析

除项目防波堤范围外，项目码头及航道范围工程前后海床基本不变。根据推荐方案工程实施前后项目港池内年冲淤变化，方案实施后，由于港池内水深增加，工程实施后航道内基本处于回淤状态，对比周边海域冲淤情况，工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。冲淤变化较大的区域主要位于航道内，工程实施后航道内年淤积幅度在 $0.15\text{m/a} \sim 0.19\text{m/a}$ 。

4.3.2.2. 岸滩演变分析

(1) 现状的长期岸滩演变情况

5 年后，对于岸段 1，南侧沙滩约有 450m 的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约 40m，北侧沙滩约有 750m 的岸线发生淤积，最大淤积淤涨距离约 30m；对于岸段 2，主要呈现淤积状态，约有 1700m 的岸线发生淤积，最大淤涨距离约 140m；对于岸段 3，主要呈现侵蚀状态，约有 4000m 的岸线发生侵蚀，最大蚀退距离约 40m。

10 年后，岸段 1 和岸段 3 的侵蚀状态和 5 年后的岸线基本一致；对于岸段 2，相比 5 年后的岸线，10 年后淤积更为严重，淤涨宽度增加约 40m，北侧岸段则相比 5 年后的岸线发生蚀退，最大蚀退距离约 10m。

(2) 项目建设完成后长期岸滩演变情况

5年后,对于岸段1,南侧沙滩约有500m的岸线发生侵蚀,最大蚀退距离约40m,北侧沙滩约有680m的岸线发生淤积,最大淤涨距离约50m;对于岸段2,在1#码头西南侧发生淤积,最大淤涨距离约70m,一期防波堤沙岬发生侵蚀,最大蚀退距离约30m,其余部分基本处于平衡状态;对于岸段3,主要呈现侵蚀状态,约有4000m的岸线发生侵蚀,最大蚀退距离约40m;拟建防波堤接岸处发生明显淤积,约有1500m的岸线发生淤积,最大淤涨距离约160m。

10年后,岸段1和岸段3的侵淤状态和5年后的淤积侵蚀量基本一致;对于岸段2,相比5年后的岸线,拟建防波堤靠岸区域淤涨距离增大约10m。

(3) 工程前后岸滩演变对比分析

工程前后岸段1和岸段3侵蚀长度和程度差异不大,而工程后岸段2淤积长度小于工程前,最大淤涨距离略大于工程前。对比工程前后岸滩演变预测结果,岸滩侵蚀和淤积长度及程度变化不大。

4.3.3. 水质环境影响分析

4.3.3.1. 施工期对水质环境影响

(1) 施工悬浮物扩散影响

根据推荐用海方案的计算结果,浮泥沙预测结果表明,悬浮泥沙主要随涨落潮流向工程所在海域扩散,扩散方向与涨落潮流向一致,工程施工导致超过第一、二类海水水质的海域面积为 2.45km^2 ,超过第三类海水水质的海域面积为 0.07km^2 。

悬沙影响主要集中在项目港池及防波堤附近海域,这种影响主要在施工期内,一旦施工完毕,项目工程所在区域周边水质环境可短时间恢复。

(2) 施工期废水影响

本工程海上施工期间会产生一定量的生活污水,生活污水中含有较高浓度的N、P等物质,未经处理直接排放,则会在一定程度上加重海域的富营养化程度,恶化工程附近海域的水环境。

本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置,收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。因此,项目建设对所在海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的,且施工结束,影响即可消除。

4.3.3.2.运营期对水质环境影响

运营期项目对海水水质影响主要是港池维护性疏浚施工造成悬浮物的扩散影响，项目约每4年进行一次维护性疏浚。根据项目海水水质影响及冲淤预测结果，项目维护性疏浚将导致港池及防波堤周边部分海域超过第三类水质要求，但影响主要在维护性疏浚施工期内，一旦施工完毕，项目工程所在区域周边水质环境可短时间恢复。

4.3.4. 沉积物环境影响分析

4.3.4.1.施工期对沉积物环境影响

(1) 施工悬浮物扩散影响

本项目施工过程中码头桩基、防波堤施工和航道疏浚产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。根据本次沉积物环境现状调查的结果，项目所在海域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。码头桩基、防波堤施工建设和航道疏浚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。

(2) 施工船舶污水对沉积物环境的影响

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。本工程施工设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，基本不会所在海域的沉积物环境造成影响。

4.3.4.2.运营期对沉积物环境影响

运营期项目对沉积物影响主要是港池维护性疏浚施工造成悬浮物的扩散影响，项目约每4年进行一次维护性疏浚。根据本次沉积物环境现状调查的结果，项目所在海域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。航道维护性疏浚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。

4.3.5. 海洋生物影响分析

4.3.5.1. 对底栖生物的影响

本项目建设对底栖生物的影响主要是码头桩基、防波堤对其用海范围内的海域产生永久性的占用。在该范围内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；项目疏浚作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

4.3.5.2. 对浮游生物的影响

(1) 对浮游植物的影响分析

本项目施工期对浮游植物的影响主要是水域疏浚引起局部水域水质浑浊，影响阳光透射，使水中浮游植物光合作用暂时降低，不利于藻类生长繁殖，数量减少。待施工结束后，水体透明度恢复，受影响海域藻类的数量可很快恢复到原有水平。

本项目建设对周围海域浮游植物产生影响范围主要集中在水域疏浚施工周围的水域。一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，在当悬浮物浓度增加至 50mg/L 以上时，浮游植物受到较大的影响，以施工中心区域悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 范围内时，浮游植物受到轻微的影响。

(2) 对浮游动物的影响分析

浮游动物是许多经济鱼类和几乎所有幼鱼的重要饵料。浮游动物含有丰富的营养物质，在海洋生态系统的食物链和能量转换中，浮游动物与水生植物、底栖动物、浮游植物一起，均占有重要位置。

项目建设对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质增加了水体的浑浊度。悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关，具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面。

4.3.5.3. 对渔业资源的影响分析

施工悬浮物对鱼类的影响分为 3 类，即致死效应、亚致死效应和行为影响。

这些影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来，成鱼的游泳活动能力较强，在疏浚机械或施工船舶的扰动作用下，成鱼将会被驱赶出施工水域，因此疏浚对成鱼的直接影响较小；仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。

悬浮泥沙对渔业的影响还体现在对浮游动物与浮游植物的食物供应。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，海中悬浮液、悬沙会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，从食物链的角度不可避免会对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定影响。悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。施工结束后，浮游生物和生物种群数量、群落结构会发生变化而趋于复杂，生物量也会趋于增加，使生态系统恢复生机。有研究表明，浮游生物的重新建立需要几天到几周时间，游泳生物由于活动力强，并且受潮汐影响较易受外海水补充，其种群损伤后恢复较快，会很快建立起新的群落。

为了将项目建设对养殖区的影响降到最小，建议建设单位避开产卵期进行疏浚作业。

4.3.6. 对鸟类的影响分析

项目对鸟类的影响主要是施工期间噪音及船舶发生意外导致的溢油事故风险等影响。

持续的噪音污染产生了抑制小鸟生长、减少孵蛋数量等负面影响。项目施工期噪音来源主要是施工船舶。项目施工期主要是小型施工船舶，且施工时间相对较短，因此施工期间噪音对鸟类的影响较小。

施工期间投入的船舶数量较少，仅为一艘，一旦发生溢油事故，对鸟类会有一定影响。水面上的溢油对鸟类也有较大危害，尤其是潜水摄食的鸟类。这些鸟类接触到油膜后，羽毛浸吸油类，导致羽毛失去防水、保温能力，另一方面它们因不能觅食而用嘴整理自己的羽毛，摄取溢油，损伤内脏。最终它们会因饥饿、寒冷、中毒而死亡。

同时，如果鸟类捕食了被溢油污染的食物，由于石油烃的毒性作用，鸟类的

产蛋率、孵化率下降，组织病变，生理和行为异常，乃至死亡。另外，鸟蛋一旦受到油污染，孵化率便降低。这是因为油覆盖在蛋的外壳上，阻碍了蛋的气体交换，导致胚胎发育被干扰。

4.3.7. 对“三场一通道”的影响分析

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区内，本项目施工期产生的悬浮泥沙对南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区范围内海水水质有一定影响，但是该影响是暂时的，随着施工的结束，其影响也随之消失，因此施工期对南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区不会造成不可逆的不利影响；保护区的大范围基本不受本工程的影响。

因此，项目建设不会对鱼类的产卵、索饵、洄游活动造成明显影响。

5. 海域开发利用协调分析

5.1. 海域开发利用现状

5.1.1. 经济社会状况

（一）汕尾市

（1）行政区划

汕尾市位于广东省东南部沿海，东临揭阳市，同惠来县交界；西连惠州市，与惠东县接壤；北接河源市，和紫金县相连；南濒南海。汕尾市历史悠久，源远流长。中华人民共和国成立后，海丰、陆丰均属东江专员公署管辖，1953 年改属粤东行政公署，1957 年隶属惠阳专员公署，1958 年 12 月划归汕头地区专员公署，1983 年 9 月，又归属惠阳地区专署管辖，1988 年 1 月，经国务院批准，建立汕尾市。汕尾自然资源丰富，有山有水有平原，地腴水丰，自古有“南海物丰”之说。汕尾市总面积 5271km²，辖区内有市城区、海丰县、陆丰市、陆河县、红海湾经济开发试验区、华侨管理区等 1 市 2 县 3 区。

2023 年末，全市常住人口 269.13 万人，比上年末增加 0.87 万人，其中城镇常住人口 159.61 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）59.31%，比上年末增加 4.39 万人。年末户籍人口 363.93 万人，其中城镇人口 186.03 万人，占户籍人口的比重 51.1%。

（2）经济发展现状

一、根据《2023 年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》，2023 年汕尾实现地区生产总值 1430.84 亿元，比上年增长 5.0%。其中，第一产业增加值 192.50 亿元，增长 3.0%，对经济增长的贡献率为 8.8%；第二产业增加值 563.89 亿元，增长 5.7%，对经济增长的贡献率为 43.5%；第三产业增加值 674.45 亿元，增长 4.9%，对经济增长的贡献率为 47.7%。三次产业结构为 13.5：39.4：47.1。人均地区生产总值 53252 元（按年平均汇率折算为 7557 美元），增长 4.9%。

（二）陆丰市

陆丰位于广东省汕尾市东部，毗邻揭阳市，素有“汕尾东大门”之称。北与陆河县、普宁市交界，陆城到汕尾市区 10 分钟。陆丰，位于中国广东省汕尾市东南部碣石湾畔，北与陆河县、普宁市交界；东与惠来县接壤；西与海丰县和汕尾市城区接壤。

区为邻，南濒南海，是中国海陆丰革命根据地的重要组成部分。

1992 年 12 月，桥冲、西南、碣北、上英、甲西 5 个乡建制改为镇建制。1994 年经省政府批准改原湖陂农场为星都经济开发试验区（副处级），并析陆丰之华侨农场置汕尾市华侨管理区（县级）。1995 年从博美镇压析出军湖、内湖等 6 个管区置内湖镇。1996 年 3 月经省政府批准，撤销碣北镇并入碣石镇，同时成立碣石经济技术试验区（副处级）。1997 年 4 月从城东镇析出后坎、浮州等 8 个管区置河东镇；截至 1998 年止，陆丰市有 23 个镇（场、区），282 个农村管理区，39 个居民管理区，1106 自然村。（以上出处）；1999 年，陆丰市辖 20 个镇，45 个居委会、298 个村委会；2000 年，陆丰市辖 20 个镇。280 个村委会、47 个居委会；至 2005 年，汕尾市陆丰辖 17 个镇、3 个街道办事处及铜锣湖农场、大安农场、星都经济开发试验区。

经济发展现状：

根据《陆丰市 2024 年经济运行简况》（陆丰统计局）据初步统一核算结果，2024 年我市实现地区生产总值 458.79 亿元，增长 3.2%。其中，第一产业增长 3.9%，第二产业增长 1.5%，第三产业增长 3.7%。

5.1.2. 海域使用现状

经过管理部门调访，本项目所在及周边海域开发利用活动主要包括中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、广东陆丰核电站、中广核汕尾甲子一海上风电场项目和中广核汕尾甲子二海上风电场项目。项目所在海域开发利用现状详见表 5.1-1 和图 5.1-1。

表 5.1-1 项目所在海域开发利用现状表（涉密，不公开）

图 5.1-1 项目周边开发利用现状图（涉密，不公开）

5.1.3. 海域使用权属现状

根据《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》（报批稿），本工程位于田尾山作业区，工程区周边距离较近的海域开发利用活动主要有中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、中广核汕尾甲子一海上风电场项目和中广核汕尾甲子二海上风电场项目。

本工程周边海域使用权属现状见表 5.1-2 和图 5.1-2。

表 5.1-1 项目所在海域确权项目权属信息表（涉密，不公开）

5.2. 项目用海对海域开发活动的影响分析

本项目周边的海洋开发利用活动有 5 处，主要为中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目、广东陆丰核电站、中广核汕尾后湖海上风电场项目、中广核汕尾甲子一海上风电场项目和中广核汕尾甲子二海上风电场项目。

5.2.1. 对航道的影响分析

本工程码头与沿海航道甲子航道（1000t 级航道）、大星山甲子航道（1 万吨级航道）的距离分别为 8km、10km（见下图 5.1-3、5.1-4）。在做好相应的助航标志等安全措施，落实相应的保障措施后，工程建设对航道通航条件的影响总体不大。

5.2.2. 对航道的影响分析

本工程码头与沿海航道甲子航道（1000t 级航道）、大星山甲子航道（1 万吨级航道）的距离分别为 8km、10km（见下图 5.1-3、5.1-4）。在做好相应的助航标志等安全措施，落实相应的保障措施后，工程建设对航道通航条件的影响总体不大。

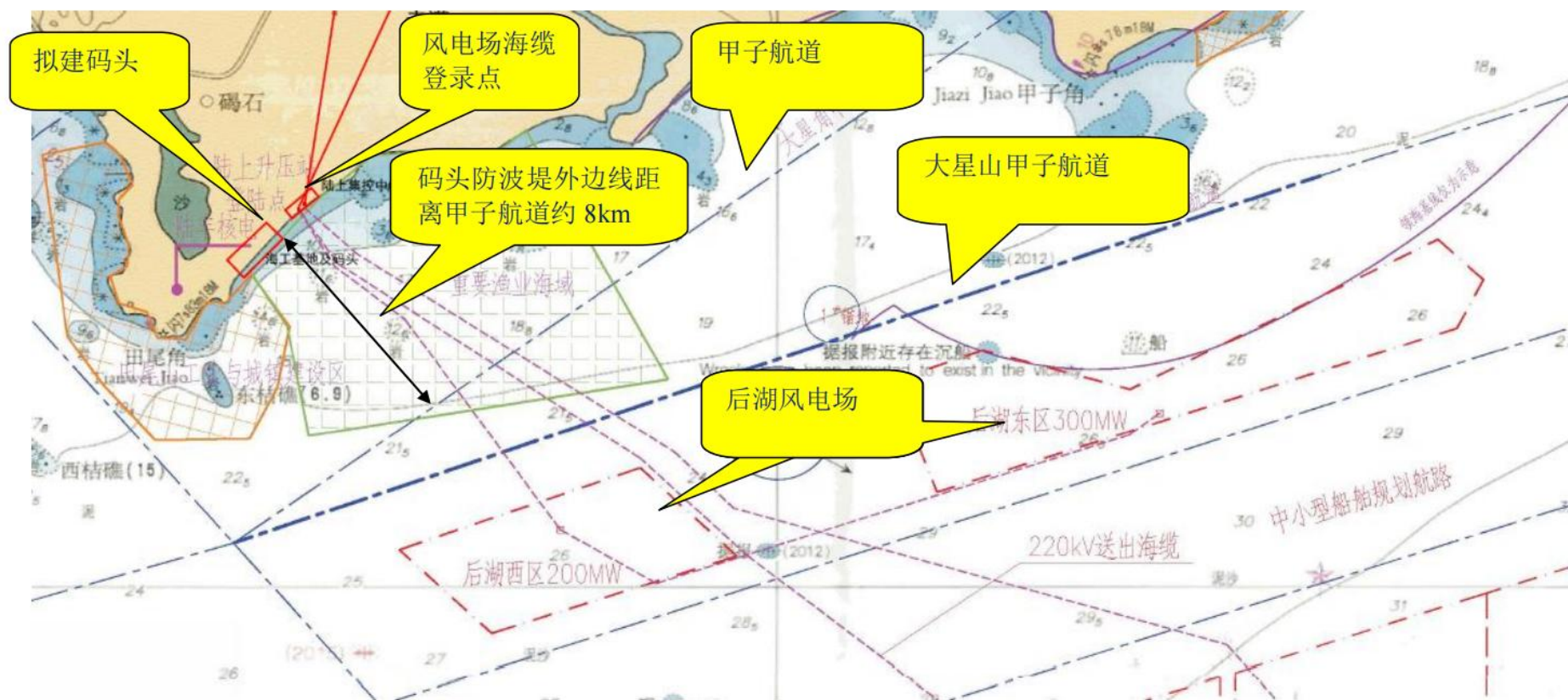


图 5.1-3 拟建码头与沿海航道关系

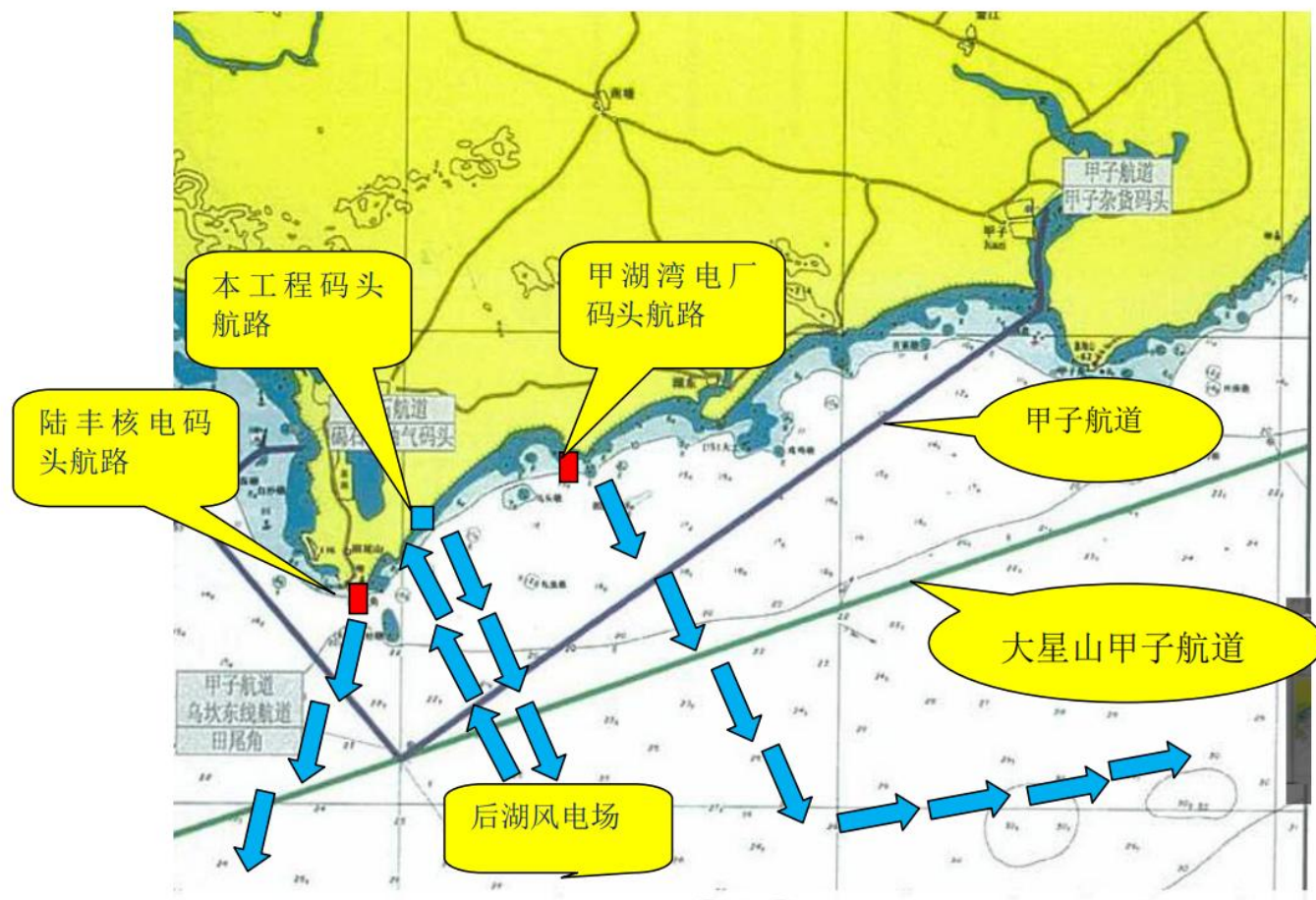


图 5.1-4 拟建码头与附近码头航路关系

5.2.3. 中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目

(1) 边界衔接

本项目港池、航道与中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目防波堤最近距离为 100m，而透水构筑物、非透水构筑物和疏浚用海与中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目保持一定距离，不存在用海冲突。

(2) 施工期影响分析

根据 4.1.5 章节分析，本项目在施工期影响主要体现在项目码头、防波堤和疏浚过程中施工悬浮物对水质的影响，由前文分析可知，项目施工悬浮物范围不会扩散至中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目港池，故项目施工期不会对中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目造成不利影响。

(3) 水动力和冲淤环境影响

在水动力环境影响方面，在项目完成建设后，项目防波堤与中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目防波堤形成双防波堤环抱形式，本项目港池和中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目港池涨急和落急水流速都适当减小，能有效改善港池内水动力，有利于中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目；在冲淤环境影响方面，本项目建设将导致中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目港池冲淤环境产生变化，但项目前后中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目港池内冲淤环境变化不大，工程建设对冲淤环境影响较小。

(4) 通航影响

本项目完成建设后，将对中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目船舶通航产生影响，本项目防波堤将阻断码头一期进出港航道，船舶出港方向由东北向改线为西南向。中广核陆丰海洋工程基地水工工程三个泊位的代表船型分别为运维船、8000t 特种船和 5000DWT 驳船，船舶在使用本项目回旋水域的前提下，能顺利驶入中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目港池，所以本项目建设对中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目通航影响不大。

5.2.4. 对周边海上风电项目的影响

本项目周边主要有 3 处风电场项目，分别为中广核汕尾后湖海上风电场项目、中广核汕尾甲子一海上风电场项目和中广核汕尾甲子二海上风电场项目。

(1) 边界衔接

根据《海底电缆管道保护规定》第七、八条，海底电缆管道保护区的范围海港区区内为海底电缆管道两侧各 50 米；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、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。

根据《电力设施保护条例》第十条，第十七条，海底电缆线路保护区一般为线路两侧各 2 海里（港内为两侧各 100 米），任何单位或个人必须经县级以上地方电力管理部门批准，并采取安全措施后，在电力电缆线路保护区内进行作业。

与本项目边界距离最近的项目为中广核汕尾后湖海上风电场项目，项目防波堤与中广核汕尾后湖海上风电场项目距离不小于 100m，且工程地质钻探以及施工船舶抛锚并未进入保护区范围，满足《海底电缆管道保护规定》和《电力设施保护条例》的相关规定。

（2）施工期影响分析

通过第 4 章节分析项目建设对防波堤外的水动力环境较小，施工期悬浮物虽然会扩散至风电项目范围，但此处主要为风电项目电缆，电缆深埋于海底土质层，本项目施工悬浮物扩散不会对风电项目电缆造成影响，因此项目建设不会对海上风电项目产生影响。

5.3. 利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人。界定的利益相关者应该是与用海项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

根据对本项目附近用海现状的现场踏勘和周围其他项目用海情况的了解，通过判定，本项目周边海域的利益相关开发活动主要为中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、中广核汕尾甲子一海上风电场项目和中广核汕尾甲子二海上风电场项目。

通过对工程区附近用海现状的调查和 5.2 节项目用海对周边海洋开发活动的影响情况，按照利益相关者界定原则，确定本工程的利益相关者情况见表 5.3-1。

表 5.3-1 利益相关者界定表（涉密，不公开）

5.4. 相关利益协调分析

根据表 5.3-1，本项目利益相关者为中广核新能源港口投资（陆丰）有限公

司和中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司，利益相关协调部门为海事管理部门。

5.4.1. 利益相关者

5.4.1.1. 与中广核新能源港口投资（陆丰）有限公司利益协调分析

本项目完成建设后，将对中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目船舶通航产生影响，本项目防波堤将阻断码头一期进出港航道，船舶出港方向由东北向改线为西南向。

2025 年 8 月 29 日，中广核新能源港口投资（陆丰）有限公司已出具《关于汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程用海意见的复函》，复函指出：“1. 航道改线及通航保障事宜，对码头二期工程进行航道改线原则上无异议，必须承诺保障码头进出港船舶的通航权益，并向出具书面承诺；2. 施工期船舶安全管理事宜，码头二期施工期的工程船舶与码头一期进出港货轮共用进出港航道和回旋水域，船舶碰撞风险突出。为切实保障双方船舶通航安全，需组织工程承包单位签订安全管理协议，满足对港内及周边水域船舶的安全管理要求，确保工程船舶和进出港货轮安全有序通航；3. 用海范围重叠事宜，核对码头二期和码头一期用海界址点坐标，明确二者是否存在重叠；4. 港池和航道维护责任划分事宜，码头运营期可能因泥沙淤积而造成港池和航道通航水深不足。应负责各自所取得海域使用权范围内的港池和航道的维护，包括港池、航道的疏浚和航标维护保养，切实保障船舶安全通航；以上意见，请贵司及时复函并向我司出具港池、航道使用和维护的承诺。”

在收到中广核新能源港口投资（陆丰）有限公司复函后，本项目建设单位出具了港池、航道使用和维护的承诺，并针对用海范围进行核实，经核实，本项目申请用海范围与中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目用海不存在重叠。

5.4.1.2. 与中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司利益协调分析

本项目完成建设后，在项目施工和运营过程中，可能涉及海底电缆保护区的范围。

根据汕尾市交通投资有限责任公司《关于<关于反馈汕尾港陆丰港区海洋工程基地二期项目工程布置方案与海缆相互影响意见的复函>的复函》，“防波堤采

用斜坡堤结构，坡脚距离最近的后湖 220kV 电缆不小于 100m，且工程地质钻探以及施工船舶抛锚并未进入保护区范围，因此调整方案后符合《海底电缆管道保护规定》以及《电力设施保护条例》的要求。”

本项目在项目初步设计以及施工图设计阶段，编制并严格落实相关防护措施，并做好现场监测，充分保障海缆安全。。

5.4.2. 利益相关协调部门

建设单位应建立安全有效的联系机制，施工前与海事主管部门进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。建设单位经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告。同时，建设单位应积极配合海事主管部门建立完善科学的海上交通监督管理系统和船舶交通管理系统，最大限度保证船舶交通安全，将施工期通航风险降至最低。

5.5. 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析（涉密，不公开）

6. 国土空间规划符合性分析

根据《自然资源部关于全面开展国土空间规划工作的通知》（自然资发〔2019〕87号）要求，建立“多规合一”的国土空间规划体系，主体功能区规划，土地利用总体规划、城乡规划、海洋功能区划等统称“国土空间规划”。根据《自然资源部关于做好近期国土空间规划有关工作的通知》（自然资发〔2020〕183号）要求，过渡期内，相关规划的衔接协调，重点统筹“三条控制线”等空间管控要求，即“生态保护红线、永久基本农田保护红线、城镇开发边界”。

目前，《广东省国土空间规划（2021—2035年）》已取得国务院批复，于2023年12月经《广东省人民政府关于印发广东省国土空间规划（2021-2035年）的通知》（粤府〔2023〕105号）发布，《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》已于2023年9月取得广东省人民政府批复（粤府函〔2023〕237号）。本次论证依据《广东省国土空间规划（2021-2035年）》、《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035年）》等进行项目与国土空间规划符合性分析。

6.1. 所在海域国土空间规划符合性分析

6.1.1. 与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》符合性分析

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》提出，立足资源环境禀赋和社会经济发展水平，以“三区三线”和主体功能区战略格局为基础，构建“一核两极多支点、一链两屏多廊道”的网络对流型国土空间开发保护总体格局，促进形成“一核一带一区”区域发展格局。其中“多支点”即增强汕尾、阳江的战略支点功能，增强北部生态发展区中心城市的服务功能，建设若干个重要发展支点，形成融湾发展、适度集聚、协调联动的空间发展格局。

在打造开放活力的海洋空间中强调，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。

本工程建设旨在为粤东千万千瓦级海上风电建设以及后方风电产业园区服

务，因此，是符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的。

6.1.2. 与《汕尾市国土空间总体规划》的符合性分析

国土空间规划统筹“三线”划定与管控，根据《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，汕尾市划定永久基本农田保护线 669.87 平方公里，划定生态保护红线共 3157.82 平方公里，划定城镇开发边界 235.93 平方公里。本次项目的港区水域陆域均不涉及永久基本农田、生态保护红线，陆域范围经报相关部门，位于城镇开发边界内，主要涉及城镇道路用地、物流仓储用地、工业用地、港口码头用地等，本工程的建设是符合相关用地功能要求的，因此，是符合《汕尾市国土空间总体规划》的。

图 2.1-2 项目所在区域规划控制图（涉密，不公开）

6.1.3. 与《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出：构建“一核两区、两带一廊”总体空间结构，重点布局汕尾海洋工程基地（陆丰），依托先进能源科学与技术广东省实验室汕尾分中心，开展应用基础研究，做大做强零部件及整机及设备制造研发及制造环节，打造千亿级海上风电装备制造产业集群。做优石市域副中心。以建设陆丰市域副中心为目标，做优做强碣石沿海旅游、能源装备等产业，实现“蓝色崛起、裂变发展”的主战场。田尾山以东，打造以海工基地、陆丰核电站为核心的海洋装备制造东翼，未来重点发展海上风电全产业链、海工装备制造等产业。坚持陆海统筹、生态优先、协调发展，因地制宜在陆丰市海域划定生态保护区、生态控制区和海洋发展区，提升空间连通性和综合价值，促进陆海协调及人海和谐共生，保障区域高质量发展和人民高品质生活所需的海洋空间。根据与陆丰市县域国土控制线规划图叠加分析，本项目位于水域范围内，不在永久基本农田、生态保护红线和城镇开发边界范围内，根据与县域海岸带保护开发引导图进行叠加分析，本项目位于中广核工矿通信用海区。工矿通信用海区开发利用范围内采用“分区管理+用海准入”管理方式，严禁布局国家产业政策淘汰类、限制类项目，严格限制开展对海洋生态环境、海洋经济生物繁殖生长有较大影响的开发活动。海域利用区的污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，

止直接排入海域，减少对海域环境的污染。

本项目建设有利于加强周边海域的通航运输。项目建设对周边水动力环境的影响较小，工程产生的冲淤变化均局限于疏浚范围邻近海域，不会对周边海域冲淤变化造成较大的影响。项目施工产生悬浮泥沙影响主要局限于疏浚范围邻近海域，且悬浮泥沙将在施工结束一段时间后消除。施工船舶产生的生活污水及油污水均统一收集处理，不会对项目海域水质环境产生影响。因此本项目与《陆丰市国土空间规划（2021-2035 年）》是符合的。

6.1.4. 与《汕尾市国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《汕尾市国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，推进重要生态系统保护修复包括：以碣石湾区滨海湿地自然生态空间为依托，加强河口和海湾滨海湿地整体保护修复，串联海陆自然生态空间保护修复。加强石湾红树林、河口、海湾、砂质海岸、海岛等典型生态系统保护修复，建设沿海防护林体系，开展红树林种植营造，扩大红树林面积，为生物迁徙及生存创造适宜生境，扩大野生动植物栖息地，保护生物多样性。加强生态海堤建设，完善防御台风风暴潮灾害工程体系，提高岸线生态防护功能。系统推进海岸带综合整治，完善沿海防护林体系，提升石湾海岸带防灾减灾能力，推进绿美海岸、魅力沙滩和美丽海湾建设，打造高品质滨海空间。

本项目不会对石湾红树林、河口、海湾、砂质海岸、海岛等典型生态系统造成影响，也不会对生物多样性造成影响。因此本项目与《汕尾市国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》是符合的。

6.2. 项目用海与相关规划的符合性分析

6.2.1. 与《三区三线》划定成果的符合性分析

根据自然资源部办公厅《关于北京等省(区、市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》。我省“三区三线”成果于 2022 年 10 月 14 日正式启用，“三区”是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。“三线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

根据与“三区三线”成果的叠加分析,本项目不在生态保护红线范围内,如图6.5-1所示。

《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)》提出“规范管控对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界,生态保护红线内自然保护地核心保护区外,禁止开发性生产性建设活动,在符合法律法规的前提下,仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域,依照法律法规执行”

1.管护巡护、保护执法、科学研究、调查监测、测绘导航、防灾减灾救灾、军事国防、疫情防控等活动及相关的必要设施修筑。

2.原住居民和其他合法权益主体,允许在不扩大现有建设用地、用海用岛、耕地、水产养殖规模和放牧强度(符合草畜平衡管理规定)的前提下,开展种植、放牧、捕捞养殖(不包括投礁型海洋牧场、围海养殖)等活动,修筑生产生活设施。

3.经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动。

4.按规定对人工商品林进行抚育采伐,或以提升森林质量、优化栖息地、建设生物防火隔离带等为目的的树种更新,依法开展的竹林采伐经营。

5.不破坏生态功能的适度参观旅游、科普宣教及符合相关规划的配套性服务设施和相关的必要公共设施建设及维护。

6.必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动;已有的合法水利、交通运输等设施运行维护改造。

7.地质调查与矿产资源勘查开采。包括:基础地质调查和战略性矿产资源远景调查等公益性工作;铀矿勘查开采活动,可办理矿业权登记;已依法设立的油气探矿权继续勘查活动,可办理探矿权延续、变更(不含扩大勘查区块范围)、保留、注销,当发现可供开采油气资源并探明储量时,可将开采拟占用的地表或海域范围依照国家相关规定调出生态保护红线;已依法设立的油气采矿权不扩大用地用海范围,继续开采,可办理采矿权延续、变更(不含扩大矿区范围)、注销;已依法设立的矿泉水和地热采矿权,在不超出已经核定的生产规模、不新增生产设施的

前提下继续开采,可办理采矿权延续变更(不含扩大矿区范围)、注销;已依法设立和新立铭、铜、镍、锂、钴、锆、钾盐(中)重稀土矿等战略性矿产探矿权开展勘查活动,可办理探矿权登记,因国家战略需要开展开采活动的,可办理采矿权登记。上述勘查开采活动,应落实减缓生态环境影响措施,严格执行绿色勘查、开采及矿山环境生态修复相关要求。

8.依据县级以上国土空间规划和生态保护修复专项规划开展的生态修复。9.根据我国相关法律法规和与邻国签署的国界管理制度协定(条约)开展的边界边境通视道清理以及界务工程的修建、维护和拆除工作。

10.法律法规规定允许的其他人为活动。

根据本项目与新修订的生态保护红线范围对比分析,本项目不在海洋生态红线范围内,项目周边也没有其他红线区,项目建设对周边水动力环境的影响较小,工程产生的冲淤变化均局限于疏浚范围邻近海域,不会对周边海域冲淤变化造成较大的影响。项目施工产生悬浮泥沙影响主要局限于疏浚范围邻近海域,且悬浮泥沙将在施工结束一段时间后消除。施工船舶产生的生活污水及油污水均统一收集处理,不会对项目海域水质环境产生影响。因此项目用海符合《三区三线》划定成果。

图 6.5-1 生态保护红线范围图(涉密,不公开)

6.2.2. 与《汕尾港总体规划(2024-2035 年)》(报批稿)的符合性分析

根据《汕尾港总体规划(2024-2035 年)》(报批稿),陆丰港区是汕尾港的重点发展港区和临港产业主导型港区,主要服务汕尾市的海洋工程装备制造、新能源、精细化工等临港工业,以煤炭等大宗散货、液体散货、海工装备制造的件杂货运输为主,兼顾其他散杂货装卸。陆丰港区自西向东规划有乌坎作业区、碣石作业区、田尾山作业区、湖东甲西作业区、东海岸作业区。

其中,田尾山作业区位于汕尾陆丰市碣石镇陆丰核电东侧 3km 位置,以海上风电装备运输为主,兼顾其他临港工业和腹地散杂货的运输。由于已建的后湖、甲子海上风电场的 220kv 海缆在海工基地东端约 1km 处登陆,同时设计有近 605m 宽的汕尾风电场电缆管廊带登陆点,因此该作业区分东西共两个港池,各

建设其防波堤进行掩护，并且规划实施时应做好与海底电缆的协调及保护。

西侧一港池建有陆丰海洋工程基地一期工程配套码头及其防波堤，共建设 3 个泊位（含 1 个运维泊位），规划可升级至 10 万吨级。规划在作业区东侧增加东防波堤以提高港内泊稳环境，并在一期码头东侧继续延长 1360m 岸线、新增 6 个 10 万吨级以下泊位，东防波堤内侧平行布置 1158m 岸线、规划 4 个 10 万吨级以下泊位，泊位功能为多用途、滚装，主要服务海上风电设施的出运及其原材料的进出，也可兼顾风电运维和腹地物资的运输。东防波堤靠近口门位置布置 100m 岸线作为专用运维泊位，服务于远期运维产业。由于海工基地一期已沿岸成长条形布局，新增泊位在设计时需注意集疏运通道的畅通。东侧二港池规划建设两侧防波堤，离岸布置 6 个 10 万吨级以下多用途、通用泊位，主要服务海洋工程基地三期及其他临港工业，码头岸线总长度为 1870m，陆域面积约 74.7 万 m²。

本项目位于规划一港池 1360m 岸线范围内，建设规模以及建设等级均符合规划。

因此本项目符合《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》（报批稿）。

图 6.2-2 陆丰港区田尾山作业区布置规划图

6.2.3. 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

6.2.3.1. 广东省海洋功能区划符合性分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，因此本项目所在的广东省海洋功能区属于“工矿通信用海区”，“工矿通信用海区”包括工业用海区、盐田用海区、固体矿产用海区、油气用海区、可再生能源用海区、海底电缆管道用海区，总面积 6665.36 平方千米，主要分布于乌石、新寮岛以东、博贺、沙扒、面前海、海陵湾、南澎列岛、广海湾、赤溪半岛、金湾、万山群岛、港口、烟墩岭、碣石湾、湖东一甲子、靖海—海门和勒门列岛等海域。

项目所处海洋功能区的管理要求符合情况见表 6.2-1。

图 6.2-3 广东省海洋功能分区图（涉密，不公开）

表 6.2-1 本项目与项目所在海域海洋发展区分区与管控符合性分析一览表（涉密，不公开）

6.2.3.2. 海岸带保护要求符合性分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》：“应确保严格保护岸线生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。经科学论证，不损害海岸线原有形态或生态功能的，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；无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口，开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式项目；生态修复和防灾减灾工程；已建构筑物、围海养殖等用海用岸活动的继续使用和升级改造。”

本项目涉及严格保护岸线的保护范围，项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中严格保护岸线的相关规定相符性分析详见表 6.2-2。

图 6.2-4 项目用海与广东省海岸带及海洋空间规划关系图（涉密，不公开）

表 6.2-2 本项目与严格保护岸线的相关规定符合性分析一览表（涉密，不公开）

6.2.4. 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性

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（以下简称《规划》）。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》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》列举的“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，依托特有区位优势和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。本项目所在的广东省汕尾海域具有规模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。中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目为汕尾海上风电产业的配套码头工程，是解决粤东海上风电建设中风机大（重）件设备设施的出海运输难题、降低运输成本的迫切需要。同时也是粤东海上风电场运行维护的基本保障，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，对绿色生态将起到积极作用。

项目建设符合所在海洋功能区和周边生态红线区的管控要求，项目建设推动海洋产业的发展有重要意义。因此，本项目建设与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求相符合。

6.2.5. 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性

广东省人民政府办公厅于 2021 年 9 月 30 日发布《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，规划提出：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。强化省统筹工作力度，重点统筹做好项目前期工作、场址资源划分及配置、发展与安全，以及海上集中送出、登陆点和陆上送出通道、送出模式等。支持海洋资源综合利用，推动海上风电项目开发与海洋牧场、海上制氢、观光旅游、海洋综合试验场等相结合，力争到 2025 年底累计建成投产装机容量达到 1800 万千瓦；推动海上风电产业集群发展，加快建设阳江、粤东海上风电产业基地，力争到 2025 年全省风电整机制造年产能达到 900 台（套）。

本项目建设推动海洋产业的发展有重要意义。因此，本项目建设与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的要求相符合。

6.2.6. 与《汕尾港陆丰港区规划调整方案》的符合性

为了适应新形势、新要求，立足新起点、新高度，促进汕尾港陆丰港区可持续发展。汕尾市交通局开展了《汕尾港陆丰港区规划调整方案》编制工作，并通过广东省交通运输厅组织的专家评审会。2020年6月，《汕尾港陆丰港区规划调整方案（报批稿）》取得汕尾市人民政府的批复。

《汕尾港陆丰港区规划调整方案》提出：陆丰港区是汕尾港的重点发展港区和核心港区之一；是陆丰市生产生活物资供应的重要平台；是汕尾市发展海洋产业的核心引擎：主要为临港工业，能源保障、海洋能源开发的原材料、产品、设备等提供运输服务为主，兼顾为周边地区提供转运服务：以装卸大宗散货、件杂货为主，集装箱为辅：近期加快发展临港工业、能源保障、现代物流产业为主，逐步发展为设施先进、管理高效、效益显著、文明环保、港城协调的综合性港口。

根据《汕尾港陆丰港区规划调整方案》，陆丰港区由乌坎、石、湖东三个作业区以及田尾山港点组成，其中，田尾山港点位于田尾角，西侧为碣石核电厂重件码头。东侧规划布置2个5000DWT~10000DWT风电专用泊位。

根据《汕尾港陆丰港区规划调整方案》，陆丰港区共规划港口岸线8855m，其中深水岸线6900m，预留发展岸线长度5900m，包括乌坎岸线、金厢岸线、碣石岸线、田尾山岸线、三洲澳岸线、湖东岸线、麒麟山岸线和甲子岸线，其中，田尾山岸线位于碣石田尾山，岸线长度475m，分为两段岸线，分别位于田尾角东侧和西侧，西侧规划岸线200m，作为石核电厂重件码头使用岸线，东侧规划岸线275m，规划作为风电专用泊位使用岸线。

本项目建设推动海洋产业的发展有重要意义。因此，项目建设与《汕尾港陆丰港区规划调整方案》相符合。

综上所述，项目的建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》《三区三线》划定成果《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《汕尾港陆丰港区规划调整方案》等规划的要求和国家、省的产业政策。

7. 项目用海合理性分析

7.1. 用海选址合理性分析

7.1.1. 项目用海选址与社会条件相适应

本工程拟建设 2 个 5 万吨级多用途泊位和 1 个 5 万吨级滚装泊位，主要功能以海上风电、海洋牧场等设施的出运及其原材料的进出为主，同时兼顾腹地物资运输。码头泊位长度 950m。建设引桥及相应配套设施。建设 1 座防波堤，总长度为 2221.0m。

本项目位于广东省汕尾市陆丰市碣石镇南侧附近海域，港区现有路网与汕尾市政路网相连，可通过省道、国道连接深汕高速公路，具备良好的陆上交通条件，工程区水域开阔，船舶可按海图航行进出本工程区域，所需的施工设备、船机、工程材料等均可通过水运解决。水、电、通信管线均可由后方厂区接入。当地及周边地区有多家从事港口工程建设的甲级施工企业可供本工程选择，其技术力量雄厚，施工设备、机具齐全，经验丰富，完全有能力承担本工程的施工任务。

本项目为汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程，项目建设有利于促进该项目整体推进，加快该项目投产。项目建设符合国家可持续发展政策和国家新能源发展政策方针。

综上所述，项目的建设选址区域的社会条件是相适应的，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。

7.1.2. 自然环境条件的适宜性

(1) 气候条件的适宜性

项目所在地属南亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。其主要气候特点是：气候温暖，雨量丰沛，干湿明显，光照充足：冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟。多年平均气温 22.8℃，多年平均降雨量 2019.8mm。因此，该区域的气候条件适宜于本项目的建设。但该地区 6~10 月是热带气旋多发季节，对工程的施工有一定的影响，施工期间应做好防台措施。

(2) 水深地形条件的适宜性

本项目位于广东省汕尾市陆丰市碣石镇南侧附近海域，水深约 0~15m，项目所在水域港池及航道水深条件较差、需要进行疏浚。施工期间，底质易起动再悬

浮。除了在风暴潮极端气象条件下，掀沙对港池航道的淤积、骤淤等方面存在不利因素外，工程区泥沙处于自身平衡状态，工程建设和开挖将改变这种平衡状态，造成港池和航道的淤积。

通过分析项目工程对周边海域造成的冲淤影响来看，工程实施后冲淤影响范围主要集中在疏浚工程附近，淤强和淤积量均不大，影响范围较小，影响程度有限。

(3) 海洋水动力条件的适宜性

工程区海域动力以风浪为主，潮流动力相对较弱，台风浪对本区有一定的影响。碣石湾及田尾角的泥沙来源有限，在外海风浪和潮流的综合作用下，田尾角东侧岬湾内沿岸泥沙向西运动，年净输沙能力约在两万方左右，垂直于海岸方向泥沙有离岸运动，岸线有轻微的侵蚀后退趋势，近岸海床年冲幅度为几厘米到十几厘米。工程所在海域基本稳定，略有冲刷。

(4) 工程地质条件

本项目位于陆丰市碣石镇南部沿海，潮水涨落差较大，近岸地段水深较浅在退潮后海底地面部分出露。勘察场地水下地面总体上是由南向北方向缓慢倾斜坡度较小，海底地面较为平整，地貌单元属滨海地貌。工程所在区域地形地貌较为平缓，适宜项目建设。

7.1.3. 区域生态环境的适应性

本项目建设对海洋生态环境的影响主要表现在码头桩基、防波堤和航道疏浚占用海域对底栖生物造成的影响，以及施工过程产生的悬浮物对海洋生物资源的损害。总体上，本项目建设对工程附近海洋生态环境会产生一定的影响，但施工产生的悬浮泥沙扩散范围较小，工程施工时间较短，对生物资源造成不可逆的或持续性的影响可通过生态修复的措施进行补偿。经过一段时间的调整与恢复，附近海域海洋生物区系可重新形成。

7.1.4. 周边海域开发活动的适应性分析

本项目周边海域开发活动分布有码头和海上风电项目等，由第5章节分析，本项目无利益相关者，协调责任部门为海事主管部门，通过严格落实相关协调措施，采取必要、可行的措施最大限度保证船舶交通安全，将施工期通航风险降至最低，加强与海事主管部门的联系沟通，项目海域开发利用具有较好的可协调性

项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

7.1.5. 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展

《广东省能源发展“十四五”规划》中强调，充分利用海上风能资源丰富的优势，加快海上风电规模化开发。加快建设阳江海上风电全产业链，以及粤东海工、运维及配套组装基地建设，积极推进产城融合，着力打造风电产业生态系统，打造国际风电城。以省内风机骨干企业为引领，利用超大市场优势，做大做强海上风电装备制造业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展。加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》规划粤东海上风电总装机容量 5415 万 kW，包含：近海 35m 水深以内浅水区风电场 415 万 kW；近海 35-50m 深水区 5000 万 kW。截止 2023 年，广东省海上风电装机规模突破 1000 万 kW。广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2023-2025 年）提出打造广东海上风电基地，到 2025 年底全省累计投产海上风电装机约 1800 万 kW，全省海上风电整机制造年产能达到 900 台（套）。意味着 2024 年和 2025 年年均海上风电装机 400 万 kW，相当于广东省海上风电母港提供约 2.7 倍于丹麦埃斯比约港海上风电服务量（埃斯比约港 2017 年至 2022 年年均吞吐海上风电装机容量 112.8 万 kW，其中 2019 年高达 150 万 kW。）。如到 2030 年完成规划 6685 万 kW 装机容量开发，2026 年至 2030 年年均海上风电装机实现 977 万 kW，海上风电母港服务能力需再扩大近 1.5 倍。

随着风电、牧场市场的发展，设备大型化以及船舶大型化已成为趋势。目前陆丰海洋工程基地园区内的装备制造企业大多具备生产风电、牧场大型设备的能力，但因一期码头的出运能力，目前只能生产单桩、塔筒、主机等产品，附加值低，缺少竞争力。项目二期码头在一期码头周边进行选址建设，有利于提高汕尾港海工基地整体竞争力，有利于汕尾市海洋产业协调发展。

7.1.6. 选址合理性分析

本项目为汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程，根据《汕尾港总体规

划（2024-2035 年）》，本项目位于陆丰港区田尾山作业区，项目建设规模以及建设等级均符合《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》，同时建设方案考虑了与海底电缆的协调及保护等。因此本项目选址是合理的，也是唯一的。

7.2. 用海平面布置合理性分析

7.2.1. 布置原则

（1）总平面布置应符合城市规划、港口总体规划、三区三线等的要求，并遵守国家、当地政府的有关法律、规定等；

（2）总平面布置应充分利用港址自然条件，适应当地的风、浪、流等条件，满足本工程船舶安全靠离泊和作业的要求；

（3）因地制宜，应综合考虑与周边工程的关系，统筹布局，充分利用已有码头和航道设施，在满足船舶安全作业要求的前提下，减少施工及运营的相互干扰；

（4）总平面布置应符合海上风电设备和海洋牧场装备等运输、安装条件要求；

（5）总平面布置应综合考虑土方平衡需要，尽可能减少开挖疏浚以及回填工程量；

（6）设计方案应充分考虑绿色、低碳和智慧港区和港口建设需要；

（7）充分考虑外部交通和公用工程配套条件，合理确定方案；

（8）工程建设要注意环境和生态保护，符合劳动保护和安全卫生方面的规划及主管部门批复文件要求。

7.2.2. 平面布置方案比选

7.2.2.1. 总平面布置思路

本工程周边环境复杂，工程平面布置需解决与周边工程的关系，并做好高程衔接，思路如下：

（1）合理选取码头前沿线位置

码头前沿线的位置考虑与规划岸线相符，并协调好与相邻建设项目的位置关系。本工程南侧已建顺岸泊位，为保证码头岸线与后方陆域对应，本工程码头同样采用顺岸布置，码头前沿线与已建泊位保持一致，位于等深线-2m~-3m 之间。

图 7.2-1 本项目码头前沿线位置图（涉密，不公开）

（2）与规划风电海底电缆登陆点的衔接

1) 防波堤与已建海底管缆的协调性分析

根据《海底电缆管道保护规定》第七、八条，海港区内海底电缆管道保护区范围为海底电缆管道两侧各 50 米，在海底电缆管道保护区内禁止从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。

本工程防波堤结构坡脚线距离已建海底管道最近距离为 100 米，因此满足规范的安全要求。

2) 防波堤、航道与规划海底管缆的协调性分析

根据《500kV 交流海底电缆线路设计技术规程》（DL/T 5490-2014）3.1.8 条，海底电缆登陆点宜选择在海岸稳定、不易被冲刷的区域。

根据《500kV 交流海底电缆线路设计技术规程》（DL/T 5490-2014）3.1.9 条，平行敷设的海底电缆严禁交叉、重叠，相邻的电缆间距不宜小于水深的 2 倍，路由受限制区域不宜小于水深的 1.5 倍，登陆段间距可适当缩小。

根据《海上风电场交流海底电缆选型敷设技术导则》（NB/T 31117--2017）5.2.4 条，跨越航道、锚地等与航运关联的海域，埋置深度不宜小于 3.0m。

本工程按照海底管缆上岸登陆点位置和海底管缆与防波堤的位置关系的不同，提出 2 种上岸方案：

①海底管缆在防波堤内侧登陆，登陆后管缆管沟与防波堤结合

该方案电缆绕过东防波堤堤头，从防波堤堤身内侧登陆上岸，因管缆在水下需保证一定安全距离，因此口门需预留一定空间。管缆登陆后，沿防波堤堤身内的管缆管沟敷设上岸。

图 7.2-2 海底管缆登录方案一示意图（涉密，不公开）

②海底管缆在防波堤堤身外侧登陆，登陆后管缆管沟建设在预留码头后方的该方案电缆从东防波堤外侧上岸，为减少波浪冲刷，拟在登陆点位置建设管

缆保护措施，管缆通过预留结构穿过防波堤后，在防波堤与预留码头之间新建管沟栈桥，沿管沟栈桥进行敷设。

图 7.2-3 海底管缆登录方案二示意图（涉密，不公开）

综上，登陆方案一登陆点位于防波堤内侧，防波堤结构稳定，且内侧受波浪、水流影响较小；工程航道远期水深约 16.6m，按照 1.5 倍考虑为 25m，本工程航道处约 200m 宽，可满足 8 根海底电缆通过，本阶段暂采用登陆方案一，相关管缆登陆方案应待规划和相关部门确认审批后方可实施。

（3）陆域与码头的高程衔接

由于本工程后方周边已建厂区及现状陆域为 11.0~12.5m，而工程区域潮差较小，潮位较低，码头前沿高程为保证甲板船和半潜船装卸作业的要求取为 5.5m。因此为保证装卸作业安全，应进行合理的高程衔接设计。

图 7.2-4 陆域与码头的高程衔接示意图（涉密，不公开）

1#引桥：为保证滚装泊位模块小车正常使用，1#引桥高程过渡采用 1.3%的坡度，即 1#引桥高度为 5.50m~8.1m。场区范围内，后方场地通过 1.3%的坡度进行过渡，高程为 8.1m~13.5m。

2#引桥：仅考虑通行一般车辆，因此按照 4%的纵坡考虑，即 5.5m~12.5m。

护岸后方港区道路自南向北高程为 13.5m 到 7.3m。与相邻场地存在高差的位置需通过挡土墙过渡。

（4）合理确定防波堤布置以及口门朝向

根据实测波浪资料，本工程海域波向出现率最多的方向为 SE 和 ESE、S，频率分别占 38.6%和 29%、17.6%，而本工程船舶装卸对泊稳条件要求较高，因此需通过新建防波堤与已建防波堤形成双环抱，阻挡了来自南向和东南向的波浪。

防波堤东侧为已建风电海底电缆，根据《海底电缆管道保护规定》，防波堤坡脚距离海底电缆管道为 100m。同时为港池内预留一定泊位，因此，防波堤需进行多次转角以保证码头岸线长度以及掩护效果。

工程新建防波堤后，需调整原航道走向。

7.2.2.2. 方案比选

（1）总平面布置方案一

1) 防波堤布置

本工程防波堤分 3 段组成，防波堤总长度约 2221.0m。形成环抱式防波堤口门宽度为 426m，防波堤结构距离已建海底电缆管道为 100m。

2) 码头布置

7#~9#泊位的总长度为 950m，可以满足 2 个 5 万吨级杂货船和 1 个 5 万吨级滚装船靠泊。7#泊位码头面宽度为 30m，8#、9#泊位码头面宽度为 40m，码头面顶高程为 5.5m。为保证船舶丁靠装卸作业泊稳条件，在 9#泊位东侧岸线处设置 3 座靠船墩和 3 座系缆墩，高程均为 5.5m。码头通过两座引桥与后方陆域相连。其中 1#引桥宽度为 72m（含 2m 管沟通道），长度约 193.2m；2#引桥宽度为 12m，长度约 222.8m。

3) 水域布置

7#~8#泊位码头前沿设计底高程为-15.1m，停泊水域宽 65m，回旋水域布置于码头正前方，回旋圆直径为 491m，回旋水域设计底高程为-13.2m。

本工程船舶通过新建航道进出港。进港航道设计通航宽度 174m，设计底高程-13.2m，可以满足本工程船舶通航。

4) 陆域平面布置

本工程陆域红线面积为 40.65 公顷，陆域采用“四纵三横”的道路布置，正对滚装泊位通道的进出港主干道路与 1#引桥宽度取一致，为 70m。其余道路宽度为 15m，辅建区主干道路宽度为 7m。场地主要区分为 1#~6#堆场，堆存海工装备、物料设备储存

场地/仓库，辅建区等。堆场共设置 2 个通行出入口，分别位于纵二路、纵四路与港外道路交界处。

物料、设备堆存场地位于 2#引桥后方。纵一路与纵四路之间布置 2#~6#堆场。仓库位于 3#堆场，横二路与纵四路交界处。辅建区位于场地的东北侧，机修车间及材料工具库位于场地的西南侧。

图 7.2-5 总平面布置方案一平面布置图（涉密，不公开）

（2）总平面布置方案二

本平面方案与总平面布置方案一码头布置相同，主要为防波堤及口门布置和陆域平面布置比选。

1) 防波堤布置

本方案近岸段与地形等深线垂直，长度约 562.6m，然后通过 314.2m 的转弯段，转向西南向，长度约 599.9m，为保证掩护，再通过 78.5m 的转弯段进行第二次转向，长度为 410.5m。防波堤总长度约 1966.0m。

2) 陆域平面布置

本布置方案仓库位于辅建区东侧，与配套用房区同区域布置，其余陆域布置与方案一相同。

图 7.2-6 总平面布置方案二平面布置图（涉密，不公开）

(3) 主要指标与工程量对比

两种总平面布置方案主要指标与工程量对比详见表 7.2-1。

表 7.2-1 主要技术指标表（涉密，不公开）

(4) 推荐方案

本阶段通过防波堤及口门布置和陆域平面布置进行方案比选。

①总平面方案二虽然防波堤长度较短，但对南向波浪的掩护条件不如总平面布置方案一，且对于海底管道登陆点掩护条件也不如总平布置方案一。

②两个陆域平面布置方案均可以满足使用要求，综合水平运输便利性、与其他堆场以及码头的连接性、以及堆存场地等，陆域平面布置方案一具有水平运输相对较便利，堆存场地较大的优势。

综上，推荐总平面布置方案一。

7.3. 用海方式合理性分析

7.3.1. 码头用海方式合理性分析

(1) 码头平台结构方案

1) 结构方案一（墩台+钢管桩方案）

本方案中，码头及引桥结构均采用高桩墩台结构，相关水工建筑物基础为钢管桩，上部结构为现浇墩台结构。

①7#泊位码头结构

7#泊位码头结构长 257m，宽 30m，顶高程为 5.5m，为高桩墩台结构。码头共设 6 个结构段，其中标准段约长约 40m。码头基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。标准结构段设有 42 根钢管桩，其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 6

根桩，包括 1 对叉桩及 4 根直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。码头上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。

码头前沿设有一鼓一板标准反力型 1450H 橡胶护舷，横向布置 D300×300×1500L 橡胶护舷，码头面设有 1000KN 的系船柱供船舶靠系泊使用。码头面同时设有 QU120 钢轨门机轨道，其中前轨道距离码头前沿线 3m，规矩 12m。码头四周设有护轮坎及不锈钢栏杆等附属设施。

②8#泊位码头结构

8#泊位码头结构长 268m，宽 40m，顶高程为 5.5m，为高桩墩台结构。码头共设 7 个结构段，其中标准段约长约 40m。码头基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。标准结构段设有 56 根钢管桩，其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 8 根桩，包括 1 对叉桩及 6 根直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。码头上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。该泊位局部区域中风化岩层较高，中风化岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，对打桩极不友好。为满足桩基承载力，需对上述区域的钢管桩进行桩端嵌岩。桩基嵌岩段直径 1.0m，嵌岩深度为 4.0m。码头上部附属设施同 7#泊位。

③9#泊位码头结构

9#泊位码头结构长 255m，码头顶高程为 5.5m，由 3 座靠船墩及 3 座系缆墩组成，各靠船墩与系缆墩之间采用预应力混凝土梁连接。码头基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。靠船墩平面尺寸为 14m*14m，墩台厚 2.0m，共设 9 根钢管桩，其中直桩 3 根斜桩 6 根。系缆墩平面尺寸为 9m*9m，墩台厚 2.0m，共设 8 根钢管桩，均为斜桩。该泊位局部区域中风化岩层较高，中风化岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，对打桩极不友好。为满足桩基承载力，需对在中风化岩面较高区域的钢管桩进行桩端嵌岩。桩基嵌岩段直径 1.0m，嵌岩深度为 4.0m。码头上部附属设施不设轨道，其余同 8#泊位。

④转角平台

转角平台长 70m，宽 50m，顶高程为 5.5m，为高桩墩台结构。转角平台基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强

风化层或中风化层。该平台共设 120 根钢管桩其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 10 根桩，均为直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。平台上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。该区域中风化岩层较高，中风化岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{Mpa}$ ，对打桩极不友好。为满足桩基承载力，需对在中风化岩面较高区域的钢管桩进行桩端嵌岩。桩基嵌岩段直径 1.0m，嵌岩深度为 4.0m。码头上部附属设施不设轨道，其余同 8#泊位。

⑤斜坡道

斜坡道长 50m，宽 50m，顶高程为 0.43~5.5m，为高桩墩台结构。斜坡道基础采用 1200mm 钢管桩，壁厚 20mm，钢管桩材质为 Q355B，桩端持力层为强风化层或中风化层。该平台共设 90 根钢管桩其中沿码头横向断面按类似排架布置，每断面共设 10 根桩，均为直桩，相邻横向桩轴线之间的距离为 6.0m。平台上部结构为 C40 现浇混凝土墩台，墩台厚 2.0m。码头竖向防撞设施为拱型 500Hx1500L 标准反力型橡胶护舷，横向布置 D300 $\times$ 300 $\times$ 1500L 橡胶护舷。

2) 结构方案二（高桩梁板方案）

本方案中，码头及引桥结构均采用高桩梁板结构，相关水工建筑物基础同结构方案一，上部结构为梁板结构。

①7#泊位码头结构

平面尺寸、附属设施、码头基础均同方案一，仅上部结构不同。码头上部结构采用梁板结构，由横梁、纵梁及面板组成。横梁为倒 T 型结构，长 30m，总高 3.2m，下横梁高 1.2m，宽度为 2.0m，上横梁高度为 2.0m，宽度为 1.4m。每榀排架设 2 根轨道梁及 8 根纵梁，轨道梁和纵梁为花篮型梁，轨道梁宽 1.0m，高度为 2.0m；其余纵梁宽均为 0.7m，高度为 2.0m。码头面板为混凝土叠合板，预制板厚度为 0.35m，现浇层厚度为 0.2m。面板顶面设现浇磨耗层，磨耗层最小厚度为 50mm。

②8#泊位码头结构

码头结构同 7#泊位，仅横梁长度及纵梁数量不同，横梁长 40m，每榀排架设置 2 根轨道梁及 11 根纵梁。

③9#泊位码头结构

系缆墩及靠船墩结构同结构方案一。

④转角平台

转角平台平面尺寸、附属设施、平台基础均同方案一，仅上部结构不同。平台上部结构采用梁板结构，由横梁、纵梁及面板组成。横梁为倒 T 型结构，总高 3.2m，下横梁高 1.2m，宽度为 2.0m，上横梁高度为 2.0m，宽度为 1.4m。每榀排架设 23 根纵梁，纵梁宽均为 0.7m，高度为 2.0m。码头面板为混凝土叠合板，预制板厚度为 0.35m，现浇层厚度为 0.2m。面板顶面设现浇磨耗层，磨耗层最小厚度为 50mm。

⑤斜坡道

系缆墩及靠船墩结构同结构方案一。

(2) 引桥结构方案

1) 结构方案一

1#引桥长 193.2m，宽 72m（含 2m 管沟），顶高程为 5.5~8.1；2#引桥长 222.8m，宽 12m，顶高程为 5.5~12.5。引桥均采用高桩墩台结构，墩台厚度为 2.0m，混凝土强度等级为 C40。1#引桥沿引桥轴线方向桩基间距为 6m，沿引桥断面方向由 13 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩。

2#引桥沿引桥轴线方向桩基间距为 6m，沿引桥断面方向由 3 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩。钢管桩材质为 Q355B，壁厚 20mm，桩端以风化岩层为持力层。

2) 结构方案二

引桥基础均同方案一，仅上部结构不同。引桥上部结构采用梁板结构，由横梁、纵梁及面板组成。横梁为倒 T 型结构，总高 3.2m，下横梁高 1.2m，宽度为 2.0m，上横梁高度为 2.0m，宽度为 1.4m。纵梁宽均为 0.7m，高度为 2.0m。面板为混凝土叠合板，预制板厚度为 0.35m，现浇层厚度为 0.2m。面板顶面设现浇磨耗层，磨耗层最小厚度为 50mm。

潮间带引桥结构同结构方案一，均采用大跨度多跨连续钢箱梁结构。

2) 2#引桥

2#引桥长 206.8m，宽 15m，引桥面高程为 4.5~12.0m。

①结构方案一（墩台+钢管桩方案）

采用高桩墩台结构，墩台厚度为 1500mm（连接码头一侧 40m 范围内厚度为 2.3m），混凝土强度等级为 C40。沿引桥轴线方向桩基间距为 6m，沿引桥断面方向由 3 根 $\Phi 1000\text{mm}$ 钢管桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩，钢管桩材质为 Q355B，壁厚 18mm，以风化岩层为持力层，钢管桩为开口桩，桩尖 1m 范围内设置环形加强钢板。

②结构方案二（墩台+PHC 桩方案）

采用高桩墩台结构，墩台厚度为 1500mm（连接码头一侧 40m 范围内厚度为 2.3m），混凝土强度等级为 C40。沿引桥轴线方向桩基间距为 6.0m，沿引桥断面方向由 3 根 $\Phi 1200\text{mm}$ PHC 桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩，PHC 桩底部设置 5m 长钢桩靴，以风化岩层为持力层。

③结构方案三（梁板+钢管桩方案）

上部为梁板结构，横梁为倒 T 型现浇结构，下横梁宽度为 2.0m，高度为 1.0m，上横梁宽度为 1.4m，高度为 1.8m。纵梁为花篮型梁，宽 0.7m，高度为 1.8m。面板为混凝土叠合板，预制板厚度为 0.3m，现浇层厚度为 0.2m。面板顶面设现浇磨耗层，磨耗层最小厚度为 50mm。排架间距为 6.0m，沿引桥断面方向由 3 根 $\Phi 1000\text{mm}$ 钢管桩组成（近岸段采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩），均为直桩，钢管桩材质为 Q355B，壁厚 18mm，以风化岩层为持力层，钢管桩为开口桩，桩尖 1m 范围内设置环形加强钢板。

（3）码头结构方案比选

本工程码头结构方案比选见下表：

表 7.3-1 码头结构方案比选表（涉密，不公开）

本工程两个结构方案技术上都是可行的，但本项目为海工重型设备出运的配套水运工程，海工设备荷载远比传统设备荷载大，对结构承载能力要求更高。墩台结构刚度较大，对荷载适宜性较强，钢管桩承载力较大，且打桩穿透性更好，更贴合本项目的使用场景。因此经综合考虑，码头推荐结构方案一，即墩台+钢管桩方案。

根据项目码头结构方案，项目码头及引桥属于透水结构，其用海方式是合理的。

7.3.2. 防波堤用海方式合理性分析

防波堤长度为 2221.0m, 采用陆上推填施工, 防波堤高程按照允许越浪考虑, 同时结合本工程西侧一期工程防波堤的经验, 针对防波堤不同位置的水深和设计波浪要素对防波堤进行分段设计, 具体方案如下:

防波堤北侧(近岸侧)堤头段堤顶宽度约为 10.0m, 堤顶高程为 6.0m, 堤心采用 1~500kg 堤心石(10kg 以下块石 $\leq$ 10%)。护面块体采用单层 10t 扭王字块体, 垫层选用 0.5~1.0t 块石, 厚度 1300mm, 防波堤内外侧坡度分别为 3:4 及 1:1.5, 坡脚处设置两排 10t 扭王字块体, 护底采用 1.0~1.5t 块石, 厚度 1600mm。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层, 二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤北侧浅水段堤顶宽度约为 10.0m, 堤顶高程为 6.7m, 堤心采用 1~500kg 堤心石(10kg 以下块石 $\leq$ 10%)。护面块体采用单层 16t 扭王字块体, 垫层选用 1.0~1.5t 块石, 厚度 1600mm, 防波堤内外侧坡度分别为 3:4 及 1:1.5, 坡脚处设置两排 16t 扭王字块体, 护底采用 1.0~1.5t 块石, 厚度 1800mm。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层, 二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤中部深水段堤顶宽度约为 11.0m, 堤顶高程为 7.4m, 堤心采用 1~500kg 堤心石(10kg 以下块石 $\leq$ 10%)。护面块体采用 28t 扭王字块体, 垫层选用 1.5~2.5t 块石, 外坡坡度为 1: 1.5, 内坡坡度为 3: 4。防波堤外坡坡脚处设置两排 28t 扭王字块体及 1.5~2.5t 块石压脚, 护底采用 1.5~2.5t 块石, 厚度 1800mm。内坡坡脚处设置 1.5~2.5t 块石棱体及 200~300kg 护底块石。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层, 二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤中部转弯段及南侧深水堤头段堤顶宽度约为 12.0m, 堤顶高程为 8.0m, 堤心采用 1~500kg 堤心石(10kg 以下块石 $\leq$ 10%)。护面块体采用 40t 扭王字块体, 垫层选用 2.5~3.5t 块石, 厚度 2000mm, 防波堤内外侧坡度均为 1: 1.5, 坡脚处设置两排 40t 扭王字块体及 2.5~3.5t 块石压脚, 护底采用 2.5~3.5t 块石, 厚度 2000mm。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层, 二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤内部预留远期电缆上岸通道,沿防波堤外侧垫层块石底部埋设钢筋混凝土导梁,长宽均为 800mm,共计 10 根。导梁下端伸出垫层块石处设置转换井,转换井下部铺设二片石垫层,外侧回填 200~300kg 块石并采用填石钢筋笼进行防护。导梁上端接入电缆箱涵,电缆箱涵为钢筋混凝土结构,断面内部净宽约 2m,净高约 2.7m,底高程约 1.8m,布置于防波堤堤心石顶部,走向与防波堤轴线方向一致。

根据项目防波堤结构及施工方案,项目防波堤属于非透水结构,其用海方式是合理的。

7.3.3. 港池用海方式合理性分析

本项目属于港口用海,港池是必备的水域设施,港池用海方式为港池、蓄水,其他用海方式不能满足使用要求。因此,港池用海方式合理。

7.4. 用海面积合理性分析

7.4.1. 项目吞吐量需求分析

本工程拟建设 2 个 5 万吨级多用途泊位和 1 个 5 万吨级滚装泊位,主要功能以海上风电、海洋牧场等设施的出运及其原材料的进出为主,同时兼顾腹地物资运输。

本项目吞吐量为 76.45 万吨,其中出港 42.45 万吨,包括塔筒 105 套、管桩 80 套、导管架 65 套、海洋牧场网箱 13 套、海上风电升压站 2 件;进港件杂货 34 万吨,包括钢材 31 万吨、机械及设备 3 万吨。

表 7.4-1 本项目吞吐量预测分析表(涉密,不公开)

7.4.2. 设计代表船型

设计代表船型主尺度参照《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)。各泊位典型设计代表船型尺度见下表。

表 7.4-2 7#、8#泊位设计代表船型主尺度表(涉密,不公开)

表 7.4-3 9#泊位设计代表船型主尺度表(涉密,不公开)

7.4.3. 泊位年通过能力计算

8#泊位(物料)通过能力 P_t 下面公式计算:

$$p_t = \frac{T_y}{\frac{t_z}{t_d - \sum t} + \frac{t_f}{t_d}} \times \frac{G}{K_B} \quad t_z = \frac{G}{p}$$

式中：Pt——泊位年通过能力；

T——泊位年可运营天数 320 天；

G——船舶平均载货量，轻小件载货量取 4 万 t；

KB——港口生产不平衡系数，取 1.3；

p——设计船时效率；

tz——装卸一艘设计船型所需要的时间；

tf——船舶装卸辅助作业、技术作业及离靠泊时间之和，取 5.5h；

td——昼夜小时数，为 24h；

Σt——昼夜非生产时间之和，取 3h。

本项目泊位主要服务于海上风电等相关工程装备，泊位实际作业天数受海上风电施工窗口期限制，施工窗口期受装备拟安装的海域位置、气候条件和施工阶段影响显著。结合海上风电行业相关经验数据和货种情况，本项目泊位实际运营天数取 135 天。

7#泊位用于轻小件装卸作业时间为 81 天，其它时间用于塔筒等中型大件吊装，8#泊位用于中型重件吊装或滚装作业，9#泊位用于导管架等重型大件滚装作业。

中型大件按 4 节塔筒或 4 根管桩为一套，单船载运量平均按 4 套考虑，重型大件导管架等单船载运量平均按 3 套考虑。大件装船时，除考虑船舶靠离泊、辅助作业时间，还需考虑大件堆场转运、船舶甲板工装准备、吊装或滚装作业、绑扎固定检测作业时间，滚装作业另需乘潮作业。结合同类项目经验，综合考虑，单套中型大件吊装上船时间平均取 4 天，单套重型大件滚装上船作业时间平均取 5 天。

经计算，轻小件设计年通过能力为 38 万吨，中型大件设计年通过能力 189 套，重型大件年设计通过能力 81 套，均满足任务量的要求。

7.4.4. 透水构筑物用海面积合理性分析

7.4.4.1. 泊位长度计算

本工程拟建设 2 个 5 万吨级多用途泊位和 1 个 5 万吨级滚装泊位，主要功能以海上风电、海洋牧场等设施的出运及其原材料的进出为主，同时兼顾腹地物资运输。泊位长度计算如下：

(1) 码头装卸泊位长度

泊位长度按《海港总体设计规范》 JTS 165-2013 的计算公式列式进行计算。

一字形布置的码头长度：

单个泊位： $L_b=L+2d$

连续布置泊位时的端部泊位： $L_b=L+1.5d$

连续布置泊位时的中间泊位： $L_b=L+d$

式中： L_b ——泊位长度（m）；

L ——设计船长（m）；

d ——富裕长度（m）。

折线形布置的码头长度：

$L_b=\xi L+d/2$

式中： L_b ——泊位长度（m）；

ξ ——船长系数（m）

L ——设计船长（m）；

d ——富裕长度（m）。

表 7.4-3 船长系数表（7#~9#）（涉密，不公开）

滚装丁靠泊位，单个泊位长度为： $Lb=3B$

式中： Lb ——泊位长度（m）；

B ——滚装船型宽（m）。

表 7.4-4 泊位长度船型组合分布表（7#~9#）（涉密，不公开）

（2）辅助滚装泊位长度

本工程 9#泊位考虑滚装船舶丁靠时的泊稳性，在远期规划前沿线范围内布置靠船墩和系缆墩，便于甲板船、半潜船等安全作业。

按《海港总体设计规范》（JTS 165-2025），单个蝶形布置泊位长度 Lb 可取 1.1~1.3 倍设计船长，泊位长度按照 5 万吨级甲板船计算：

$$Lb=227 \times (1.1 \sim 1.3) = 249 \sim 295m, \text{取 } 255m。$$

（3）靠船墩中心间距

按《海港总体设计规范》（JTS 165-2025），蝶形布置泊位两墩中心间距可为设计船长的 30%~45%。本工程设计船长为 227m，则两系缆墩中心间距范围为 68.1~102.15，取为 79m，考虑兼顾 2~3 万吨甲板驳及半潜船靠泊，结合系泊试验情况，在两系缆墩之间增加 1 座系缆墩。考虑本工程兼顾船型较多，为增加靠泊适应性，设置 3 个靠船墩及 3 个系缆墩。

7.4.4.2. 引桥尺寸合理性分析

（1）装卸工艺方案

装卸工艺设计内容主要包括码头前沿装卸船作业、堆场装卸作业、仓库装卸作业及水平运输等。

1) 码头装卸船工艺

本项目码头主要服务周边海上风电相关企业大部件产品出运装船和原料卸船作业，码头前沿配置履带吊和门机，散杂货采用门机进行装卸船作业，管桩、塔筒等长件采用履带吊吊装上船，网箱、导管架、升压站利用丁靠泊位通过模块运输车滚装上船。船舶靠泊后，待风、浪、流、潮位条件满足安全作业要求，模块运输车载重件通过跳板驶上船舶，就位后车板下降，重件通过支架坐落在船舶甲板上固定，模块运输车驶离船舶。作业过程中，可通过调整压舱水使船舶保持平衡状态。

2) 库场工艺

堆场装卸散杂货采用叉车和轮胎式起重机，管桩、塔筒、网箱、导管架、升压站下方设支架，其运输均采用模块运输车，模块运输车从支架下方穿入，将部件连同支架顶起后转运至码头前沿。管桩、塔筒未采用支架支撑时，也可通过履带吊进行装卸作业。

设置一座仓库，用于机电设备、贵重件存放，仓库内设置桥式起重机和叉车用于相关物件的装卸作业。

3) 水平运输工艺

散杂货采用牵引平板车运输，管桩、塔筒、网箱、导管架、升压站通过模块运输车水平运输。

(2) 主要大件规格

码头主要大件规格见下表：

表 7.4-5 项目主要大件规格表（涉密，不公开）

7.4.4.3. 透水构筑物尺寸选型及用海合理性分析

根据前文分析，项目码头平台采用墩台+钢管桩结构，总长度为 645m，而根据码头装卸工艺及主要大件规格，项目设两座引桥，宽度分别为 72m 和 12m，实际码头申请透水构筑物用海面积为 11.9432 公顷，项目码头尺寸及申请透水构筑物用海面积是合理的。

7.4.5. 非透水构筑物用海面积合理性分析

7.4.5.1. 防波堤波浪设计要素分析

本项目工程设计波浪要素如下表所示：

图 7.4-1 波浪设计要素平面示意图（涉密，不公开）

表 7.4-6 防波堤 50 年一遇设计波要素（SSE~SE）表（涉密，不公开）

表 7.4-7 港区 7#泊位设计波要素表（涉密，不公开）

表 7.4-8 港区 8#泊位设计波要素表（涉密，不公开）

表 7.4-8 港区 8#泊位设计波要素表（涉密，不公开）

7.4.5.2. 防波堤结构计算

根据设计波浪要素，计算防波堤整体稳定性、护面块体取值、垫层块石取值，使用期水位采用极端低水位，地震工况采用设计低水位，土的物理力学指标使用

期选用快剪指标，地震工况采用固快指标。计算结果详见下表：

表 7.4-10 防波堤整体稳定性计算结果表（涉密，不公开）

7.4.5.3. 非透水构筑物尺寸选型及用海合理性分析

防波堤长度为 2221.0m，采用陆上推填施工，防波堤高程按照允许越浪考虑，同时结合本工程西侧一期工程防波堤的经验，针对防波堤不同位置的水深和设计波浪要素对防波堤进行分段设计，具体方案如下：

防波堤北侧（近岸侧）堤头段堤顶宽度约为 10.0m，堤顶高程为 6.0m，堤心采用 1~500kg 堤心石（10kg 以下块石≤10%）。护面块体采用单层 10t 扭王字块体，垫层选用 0.5~1.0t 块石，厚度 1300mm，防波堤内外侧坡度分别为 3:4 及 1:1.5，坡脚处设置两排 10t 扭王字块体，护底采用 1.0~1.5t 块石，厚度 1600mm。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层，二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤北侧浅水段堤顶宽度约为 10.0m，堤顶高程为 6.7m，堤心采用 1~500kg 堤心石（10kg 以下块石≤10%）。护面块体采用单层 16t 扭王字块体，垫层选用 1.0~1.5t 块石，厚度 1600mm，防波堤内外侧坡度分别为 3:4 及 1:1.5，坡脚处设置两排 16t 扭王字块体，护底采用 1.0~1.5t 块石，厚度 1800mm。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层，二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤中部深水段堤顶宽度约为 11.0m，堤顶高程为 7.4m，堤心采用 1~500kg 堤心石（10kg 以下块石≤10%）。护面块体采用 28t 扭王字块体，垫层选用 1.5~2.5t 块石，外坡坡度为 1: 1.5，内坡坡度为 3: 4。防波堤外坡坡脚处设置两排 28t 扭王字块体及 1.5~2.5t 块石压脚，护底采用 1.5~2.5t 块石，厚度 1800mm。内坡坡脚处设置 1.5~2.5t 块石棱体及 200~300kg 护底块石。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层，二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤中部转弯段及南侧深水堤头段堤顶宽度约为 12.0m，堤顶高程为 8.0m，堤心采用 1~500kg 堤心石（10kg 以下块石≤10%）。护面块体采用 40t 扭王字块体，垫层选用 2.5~3.5t 块石，厚度 2000mm，防波堤内外侧坡度均为 1: 1.5，坡脚处设置两排 40t 扭王字块体及 2.5~3.5t 块石压脚，护底采用 2.5~

3.5t 块石，厚度 2000mm。护底块石下方设置 300mm 二片石垫层，二片石下方设置土工布、土工格栅各一层。

防波堤内部预留远期电缆上岸通道，沿防波堤外侧垫层块石底部埋设钢筋混凝土导梁，长宽均为 800mm，共计 10 根。导梁下端伸出垫层块石处设置转换井，转换井下部铺设二片石垫层，外侧回填 200~300kg 块石并采用填石钢筋笼进行防护。导梁上端接入电缆箱涵，电缆箱涵为钢筋混凝土结构，断面内部净宽约 2m，净高约 2.7m，底高程约 1.8m，布置于防波堤堤心石顶部，走向与防波堤轴线方向一致。

实际项目防波堤申请非透水构筑物用海面积为 22.3106 公顷，项目防波堤尺寸及申请非透水构筑物用海面积是合理的。

7.4.6. 港池用海面积合理性分析

7.4.6.1. 码头岸线长度合理性

泊位长度按《海港总体设计规范》 JTS 165-2013 的计算公式列式进行计算。

一字形布置的码头长度：

单个泊位： $L_b = L + 2d$

连续布置泊位时的端部泊位： $L_b = L + 1.5d$

连续布置泊位时的中间泊位： $L_b = L + d$

式中： L_b ——泊位长度（m）；

L ——设计船长（m）；

d ——富裕长度（m）。

折线形布置的码头长度：

$L_b = \xi L + d/2$

式中： L_b ——泊位长度（m）；

ξ ——船长系数（m）

L——设计船长（m）；

d——富裕长度（m）。

表 7.4-11 船长系数表（7#~9#）

两直立式岸壁夹角		60°	70°	90°	120°	150°
双侧停船	DWT>5000t	1.45	1.3	1.25	1.15	1.10
	DWT≤5000t	1.55	1.40	1.30	1.20	1.15

滚装丁靠泊位，单个泊位长度为： $L_b=3B$

式中： L_b ——泊位长度（m）；

B——滚装船型宽（m）。

表 7.4-12 泊位长度船型组合分布表（7#~9#）（涉密，不公开）

根据前述“7.4.4 透水构筑物用海面积合理性分析”章节泊位长度的合理性分析可知，码头总泊位长度为 950m。

7.4.6.2. 航道通航宽度合理性

根据《海港总体设计规范》（JTS 165-2013），航道通航宽度按以下公式计算：

$$\text{单线航道} \quad W = A + 2c$$

$$A = n(L \sin \gamma + B)$$

式中： W ——航道通航宽度（m）；

A ——航迹带宽度（m）；

c ——船舶与航道底边线间的富裕宽度（m）；

b ——船舶间富裕宽度（m）；

n ——船舶漂移倍数；

L ——设计船长（m）；

B ——设计船宽（m）。

表 7.4-12 航道通航宽度计算表（单位：m）（涉密，不公开）

经计算，海洋石油 228 所需航道通航宽度最宽为 174m，故本项目航道通航宽度取 174m，远期预留 10 万吨级船舶通航宽度为 250m。。

7.4.6.3. 回旋水域尺寸合理性

根据《海港总体设计规范》（JTS 165-2013），结合项目掩护条件和港区水

流条件，计算回旋圆直径如下表：

表 7.4-13 回旋圆直径计算表（单位：m）（涉密，不公开）

综合以上计算，回旋水域直径为 491m。

7.4.6.4. 航道疏浚合理性

（1）航道设计底高程

根据《海港总体设计规范》（JTS 165-2013），航道设计底高程按下式计算：

$$Z=H_{nav}-D$$

$$D=D_0+Z_4$$

$$D_0=T+Z_0+Z_1+Z_2+Z_3$$

式中：Z——航道设计底高程（m）；

D——航道设计水深（m）；

D_0 ——航道通航水深（m）；

T——设计船型满载吃水（m）；

Z_0 ——船舶航行时船体下沉量（m）；

Z_1 ——航行时龙骨下最小富裕深度（m）；

Z_2 ——波浪富裕深度（m）；

Z_3 ——船舶装载纵倾富裕深度（m）；

Z_4 ——备淤深度（m）；

H_{nav} ——航道设计通航水位（m）。

表 7.4-14 航道设计底高程计算表（单位：m）（涉密，不公开）

经计算，本工程 5 万吨级杂货船舶乘潮减载通航所需航道设计底高程为 -13.2m，3 万吨级杂货船舶全潮满载通航所需航道设计底高程为 -13.2m，本项目所需航道设计底高程为 -13.2m。

（2）航道疏浚工程合理性分析

根据前文分析，本项目设计底高程为 -13.2m，结合项目港池水下地形测量数据，港池现状水深地形不能满足项目设计底高程，需对项目航道及回旋水域进行疏浚，水域总疏浚量约为 417 万方（不含炸礁 6 万方）。

7.4.6.5. 小结

综上，本工程码头港池的宽度及长度参数取值符合设计规范要求。申请用海

54.8254 公顷的用海面积合理。

7.4.7. 减少用海面积的可能性分析

码头平面布设符合《海港总体设计规范》，设计参数取值根据港区实际情况进行设置，与港区集装箱码头及其他港区同类工艺码头进行参数对比，本工程对于码头利用率较高，符合集约、节约用海的原则。本项目码头前沿停泊水域及回旋水域规模按照《海港总体设计规范》确定，且项目港池水深无法满足航道设计底高程，需对项目港池进行疏浚。

综上，项目各宗用海及各用海单元的尺度均按照相关设计规范选取，经按照《海籍调查规范》界定所形成的用海面积也符合用海控制指标的要求，用海平面布置紧凑。与同类建设项目相比场地利用率较高，用海面积难于进一步缩减。

7.4.8. 宗海范围的确定

在对工程单位提供的工程总平面布置图进行坐标检校的基础上，按照《海籍调查规范》规定的界定方法及当地实测水深确定典型界址点。

汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程界址点是在项目平面布置图基础上，根据项目布局现状确定，各界址点围成的闭合区域即为项目的用海面积。

7.4.9. 项目用海面积的量算和绘制

本项目宗海界址图的测绘由广东还蓝图环境技术研究有限公司承担完成，该公司具备测绘乙级资质，证书编号：乙测资字 44518541 号，业务范围包括海洋工程、海底地形和海域界线测量。

7.4.9.1. 测量方法

本工程各宗海界址点根据用海单位提供工程总平面布置图和用地红线图确定。

7.4.9.2. 宗海图的绘图方法

(1) 宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用最新海图，CGCS2000 坐标系，深度……米……当地理论最低潮面，高程……米……1985 年国家高程基准，比例尺为 1: 100000。将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加之上述图件中，并填上《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》上要求的

其他海籍要素，形成宗海位置图。

(2) 宗海界址图的绘制方法

利用建设单位提供的设计图纸、交通运输部海上安全监督局海图绘制的数字化地形图作为宗海界址图的基础数据，在 AutoCAD 2008 界面下，形成以地形图为基础图，以项目用海界线形成不同颜色区分的用海区域。

7.4.9.3. 宗海界址点坐标及面积的计算方法

(1) 宗海界址点坐标的计算方法

根据数字化宗海界址图上所载的 $113^{\circ}30'$ 为中央子午线、高斯投影半度带的界址点 CGCS2000 的平面坐标，利用相关测量专业的坐标换算软件，将各界址点的平面坐标换算成以 CGCS2000 的大地坐标。

(2) 宗海面积的计算方法

将本项目各宗用海中各单元用海的宗海界址点从 CGCS2000 大地坐标转换为中央子午线 $113^{\circ}30'E$ 的高斯-克吕格半度带投影的平面坐标。对各用海单元采用《海籍调查规范》中推荐的解析法计算面积：

$$S = \frac{1}{2} [x_1(y_2 - y_n) + x_2(y_3 - y_1) + \cdots + x_{n-1}(y_n - y_{n-2}) + x_n(y_1 - y_{n-1})]$$

根据不同用海方式对不同用海单元的用海面积进行计总，最终得出本项目用海面积如下：

根据《海籍调查规范》及本项用海的实际用海类型，本项目用海为码头、港池、防波堤、疏浚。用海方式包括透水构筑物、非透水构筑物、港池和航道、专用航道、锚地及其它开放式四种，其中透水构筑物用海 11.6847 公顷，非透水构筑物用海 22.5066 公顷，港池、航道用海 70.4287 公顷，专用航道、锚地及其它开放式用海 13.7978 公顷。本项目用海面积总计 118.4178 公顷。

7.5. 占用岸线合理性分析

本项目位于陆丰市碣石镇东南侧海岸，为自然岸线。项目工程包括码头工程、防波堤工程、护岸工程等，由于本项目防波堤与项目一期防波堤形成双防波堤环抱形式，根据岸线海陆分界线的定义，占用自然岸线 128m。

图 7.5-1 项目占用自然岸线图（涉密，不公开）

综上所述，本项目工程共占用海岸线 128m，项目占用岸线是合理的。

7.6. 用海期限合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条海域使用权最高期限按照下列用途确定：

- （一）养殖用海十五年；
- （二）拆船用海二十年；
- （三）旅游、娱乐用海二十五年；
- （四）盐业、矿业用海三十年；
- （五）公益事业用海四十年；
- （六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目码头工程申请用海期限为 50 年。可以满足项目设计年限和用途需求，符合相关规定，是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。

综上所述，本项目申请用海期限合理。

8. 生态用海对策措施

8.1. 生态用海对策

8.1.1. 生态保护对策

8.1.1.1. 施工阶段生态保护对策

(1) 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。

(2) 对渔业资源和渔业生产影响的减缓措施

①施工中的大直径单桩水下冲击式打桩将对周围海域的海洋生物的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域，在该危险距离范围内应对鱼类、进行可能的驱赶、搬移等工作。

③注意鱼类在遭到水下噪声影响时所处的生命周期，尽力避免鱼类在繁殖期、产卵期时的施工，建立水中作业时间窗概念。水中作业时间窗表示在该段时间中对某个物种的潜在影响最小，或者在该窗时间内物种本身的生命周期使之不受影响。施工时间应尽量避开该海域鱼类产卵期、洄游期的主要季节。

④由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

⑤施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

⑥对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

⑦施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

(3) 对重要经济鱼类资源“三场一通道”影响的减缓措施

①为保护工程海域周边的生物资源，应合理规划施工布局，打桩施工时应尽量降低施工强度，以减小悬浮扩散对产卵场、索饵场、越冬场渔业资源的损失影响，并做好相关渔业资源修复补偿工作。

②在设计、工程施工时，严格遵守有关设计和相关规定，完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性涉海污染事故，应及时报告保护区管理部门，并采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

(4) 鸟类保护措施

施工时应应对施工机械及人员进行严格管理，禁止捕杀鸟类。

施工过程中，严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强逆风的夜晚，应该停止施工，减小施工对鸟类的影响

8.1.1.2. 运营阶段生态保护对策

(1) 水污染防治措施

施工船舶上的生活污水、含油污水交有资质的单位处理，不外排。

生活污水经过污水处理装置处理达到《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)第二时段一级标准后就近排海。

(2) 固体废物防治措施

禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，施工船舶上产生的船舶和生活垃圾收集上岸后交环卫部门处理。

8.1.2. 跟踪监测

为了分析、验证和复核本工程对环境影响评价结果，及时反映工程实际影响，需对工程进行跟踪监测，以便及时提出合理化建议和对策、措施，达到保护工程周围环境质量、生态环境、生物多样性和渔业资源的目的。监测计划详见下

表。环境监测应委托具备 CMA 计量认证资质的单位进行，技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，并在施工完成后及时向海洋环境主管部门提交符合要求的跟踪监测计量认证分析测试报告，以备查。

表 8.1-1 环境监测计划一览表（涉密，不公开）

图 8.1-1 项目跟踪监测点位示意图（涉密，不公开）

8.2. 生态保护修复措施

8.2.1. 区域生态修复措施

本节内容引自陆丰市碣石临港工业园开发有限公司委托自然资源部第三海洋研究所于 2025 年 8 月编制完成的《陆丰市海工基地海岸生态环境问题诊断与修复方案研究报告》（内审稿）。

8.2.1.1. 总体修复思路

历史上海工基地工程区海岸可能存在大幅度的沙丘破坏和岸滩采砂行为导致工程区海域内的沉积物出现大量亏损。同时，自港口防波堤修建后，防波堤两侧的海岸沉积物持续向堤后波浪掩护区（港池）输运，堤后海岸逐渐向海淤进形成沙岬，同时港池需定期疏浚以维持其正常运营。港池疏浚的砂质沉积物运往异地使用，导致区域内的沉积物总量进一步亏损。

基于上述海岸演变和港池运营维护现状，拟采用“海滩补砂+辅助构筑物”的总体修复思路，将港池防波堤后方淤积、疏浚的砂质沉积物抛填至港池两侧海岸，恢复两侧侵蚀受损的砂质岸线；在此基础上，为防止抛填沙再次向港池输运，拟修建垂直于海岸的丁坝或平行于海岸的离岸堤，从而阻断补砂沉积物向港池的运移流失通道。

8.2.1.2. 方案设计

（1）设计思路

首先，针对工程区沙滩侵蚀较严重的岸段进行人工补沙，同时考虑到现状条件下的输沙趋势（即防波堤两侧向防波堤后方输沙）不可逆转，有必要设置辅助人工构筑物改变该区域的波浪动力，重塑该区域海岸沉积物的运移趋势与量级，尽可能塑造平衡的岸线形态，最终达到稳定岸滩的目的。

辅助人工构筑物主要有两类：丁坝和离岸堤。丁坝群是最古老、最直接的防

护海岸侵蚀的方法,通常垂直于岸线布设一定长度的硬式堤坝,以阻止泥沙向下游运移。离岸堤通过改变近岸波流动力特征来控制沿岸输沙和沙滩形态演变。

(2) 平面设计方案

1) 方案一

①人工补沙

人工补沙分两段,其中西南段补沙岸段起于西南侧礁石区,止于 P6 与 P7 剖面之间的过渡区,补沙岸段长度约 1270m;东北段补沙岸段起于 P13 剖面处(海堤东北端点),止于 P10 与 P11 剖面之间的过渡区,补沙岸段长度约 520m。设计补沙宽度约 20~50m,剖面平衡后沙滩预计将拓宽 20~30m。

②丁坝

同时,考虑到工程区存在双向的沿岸输沙,为防止两侧泥沙向港口运移,有必要在两侧建设丁坝。具体而言,在西南侧,将现有型防波堤向陆延伸与陆相连,即建设一条长 260m 的丁坝(南丁坝);在东北侧,在现有工型防波堤的口门处,垂直于岸建设一条长 280m 的丁坝,丁坝距离海工基地海堤北端约 400 m。

图 8.2-1 方案一平面设计图(涉密,不公开)

图 8.2-2 方案一岸线预测图(涉密,不公开)

2) 方案二

①人工补沙

补沙方案二与方案一相同。

②离岸堤

在东北侧建设两道沿岸离岸堤,堤顶中心点距离海岸线约为 160m,离岸堤长度 320m,间距 80m;在西南侧建设两道沿岸离岸堤,堤顶中心点距离海岸线约为 160m,离岸堤长度 320m,间距 80m。

图 8.2-3 方案二平面设计图(涉密,不公开)

图 8.2-4 方案二岸线预测图(涉密,不公开)

(3) 剖面形态设计

1) 设计水位

本工程设计水位如下(高程基面为 1985 国家高程基准):

极端高水位: 2.65m

设计高水位：1.32m

设计低水位：-0.11m

极端低水位：-0.80m

2) 滩肩高程设计

根据自然资源部办公厅《关于加强国土空间生态修复项目规范实施和监督管理的通知》（自然资办发〔2023〕10号）（2023年03月02日印发）相关要求，“在海洋生态保护修复项目实施过程中，涉及滩涂高程或湿地微地貌改造的（含沙滩补沙、植被种植等），不得将潮间带、潮下带改造为潮上带”。潮间带与潮上带的分界线为平均大潮高潮线（即岸线位置），即要求沙滩修复补沙高程不能超过岸线高程。

根据2025年4月对研究区沙滩岸线现场测量，研究区沙滩岸线高程平均值约为2.6m。因此，本项目采取低滩肩设计方案，低滩肩设计高程不高于当地岸线高程，拟确定本项目低滩肩高程为2.5m，略低于岸线平均高程（约为2.6m）。

3) 剖面补砂形态设计

采用剖面类比经验法开展剖面补砂形态设计。剖面类比法是指，拟修复海岸与动力条件、近岸沉积特征十分相似的相邻砂质海岸，存在可类比性。拟修复海岸因自然和人为因素发生侵蚀破坏或消失，而临近类比岸段或海岸单元海滩保存较好或处于动态平衡状态，

通过借鉴类比海滩的形态，来设计修复岸滩剖面。工程区西南侧部分岸段海滩地貌形态发育完好，后滨发育宽阔的干滩滩肩，剖面呈典型的反射型特征，潮间带坡度较陡，平均坡度约为1:10。以工程区西南侧实测不同期次剖面地形取平均后的准平衡剖面形态作为参照，开展工程区沙滩修复剖面设计。典型剖面补砂形态设计下图。图中黑色实线为设计施工剖面，黑色虚线为补砂平衡后的沙滩剖面形态，预期形成30m左右的稳定干滩宽度。

图 8.2-5 典型剖面补砂形态设计图（涉密，不公开）

（4）填沙沉积物设计

填沙沉积物粒径的选择是海滩养护设计最重要的环节之一，海滩沉积物粒级对海滩稳定性具有重要影响，在设计海滩养护工程的填沙粒径时，要考虑其在海岸防护和休闲旅游方面的四个主要表现：海滩稳定性、沉积物动力学、持久性与

海滩休闲需要。本工程中海洋养护的主要目的在于形成一定宽度的景观沙滩，提高海岸的防护能力，同时兼顾部分旅游沙滩功能，故对填沙的粒径、颜色以及不同矿物的组分有一定要求。

对于沙滩修复而言，填沙粒径通常要比原地沙粒径略粗，较粗的沉积物更不容易流失，从而提高补沙后沙滩的稳定性。同时，粒径也不能过粗，太粗的沉积物会形成较陡的剖面坡度。

根据 2025 年 4 月对研究区海滩沉积物调查情况，港口南侧岸段沙滩粒径明显较粗，平均粒径介于 0.44~0.63mm，港口后方淤积沙嘴的滩面沉积物明显较细，平均粒径介于 0.17~0.3mm，港口北侧岸段沙滩粒径略粗于港口后方沙嘴，平均粒径介于 0.26~0.54mm。考虑到港口后方的动力较弱，没有参考价值，仅选择开阔海岸的沉积物粒径，工程区现状潮间带沉积物的平均粒径在 0.26~0.63 mm 之间。考虑到工程区波浪动力较强，设计填沙沉积物粒径应比原海滩砂更粗，即采取粗化补砂方式，选取补沙沉积物的中值粒径为 0.5~1.0 mm。前人研究表明，粒径越粗，单宽沙量所能留存的干滩宽度越大，易于形成稳定的交叉型剖面，有助于维持修复海滩地貌稳定。用砂品质上，依据《海滩养护与修复工程验收技术方法》（HY/T 0330—2022），要求回填砂质沉积物含泥量<2%，贝壳碎屑含量<3%，暗色矿物含量<3%，（石英+长石）碎屑含量>90%，石英碎屑含量>80%。

（5）补沙方量

在工程区岸段布设有 13 条地形剖面，通过对部分断面进行补沙方案设计，利用断面体积法，估算得到修复岸段的理论补沙方量约为 20.1 万 m³。根据《海滩养护与修复技术指南》（HY T 255-2018）相关技术要求，考虑施工过程以及海滩养护后的沙体的自然调整和流失，推荐实际施工补沙量为理论计算补沙量的 1.3~1.5 倍，取中间值 1.4，最终计算得到的施工补沙方量约为 28.2 万 m³。

（6）构筑物设计

1) 丁坝

根据《海滩养护与修复技术指南》（HY T 255-2018）相关技术要求，丁坝应修建于养护或修复海滩沿岸输沙的下游段，还应与岸线形态相吻合构成人工岬角。丁坝在水中的长度以岸线至破波点距离的 40%~ 60%为最有效的设置距离。

同时,参考发明专利《一种海滩养护与修复拦沙堤形态布设方法》(专利号:CN 108755571)中关于拦沙堤相关技术参数方法的描述,拦沙堤的长度包括初始长度、完全有效拦沙长度、安全长度及坡折段长度。拦沙堤的初始长度与海滩滩肩设计宽度一致;拦沙堤的完全有效拦沙长度依据波浪入射角度、沿岸净输沙率及岸滩剖面变形高度计算而得;拦沙堤的安全长度依据当地的历史有效波高确定;拦沙堤的坡折段长度依据预设滩面坡角及下游拦沙堤的高程计算而得。据此,计算出拦沙堤的初始长度为 60m,完全有效拦沙长度为 150m,安全长度取最大值为 20m,坡折段长度取值为 20m,拦沙堤的总长度为 250m。按照上述发明提供的海滩养护与修复拦沙堤形态布设方法确定出的拦沙堤的长度可满足养护与修复海滩的稳定性,但不会彻底隔断上下游输沙。具体到本工程案例中,为防止泥沙从两侧向港口运移,造成港口淤积,必须彻底隔断上下游输沙,因此拦沙堤的实际长度应比上述理论值更大。据此确定,拦沙堤的设计长度为 280m(比理论值大 30m)。

参考上述发明专利中关于拦沙堤高程的描述,拦沙堤的顶高程应比滩肩高程高 0~0.5m。在本案例中,滩肩高程为 3.4m,高差取最大值,则拦沙堤高程设计为 3.9m。

2) 离岸堤

根据前人大量理论与实践研究,在上游有足够来沙的情况下,当离岸堤的堤长 L_B 与离岸距离 X_B 的比值大于 2 时,堤后将形成连岛沙坝。具体到本工程案例,离岸堤的设计位置位于水深 3m 处,离岸距离 (X_B) 约为 160m,为彻底阻断沿岸输沙,有必要使堤后形成连岛沙坝,离岸堤的长度 (L_B) 设计为 320m ($L_B/X_B \geq 2$),堤间的口门间距 (G_B) 设计为 80m ($G_B/L_B \leq 0.3$)。

荷兰代尔夫特理工大学在第 25 届海岸工程会议上发表了有关分段式离岸堤的三维动床物理模型试验结果,实验表明当离岸堤的堤顶高程在水位以下,即为潜堤时,由于波浪越顶形成的水流,其回流将集中于堤间的口门,并造成冲刷。因此潜堤不能对岸滩起到良好的防护作用。一般离岸堤的堤顶,在高潮累计频率 10%的潮位或大潮平均高潮位以上,应有 1.0 m 左右的高度。故,在本工程中,离岸堤的堤顶高程应比设计高水位 (1.32m) 高 1.0 m 左右,设计为 2.3 m。

(7) 方案比选

两个方案均采用“海滩补砂+辅助构筑物”修复措施，二者的补砂范围、补砂方量和填砂剖面设计一致，主要区别在于辅助构筑物措施不同。方案一采用两道与岸垂直的丁坝（拦沙堤）结构，其中南丁坝长 260m，北丁坝长 280m。方案二采用离岸堤结构，港口两侧岸段分别构建两道离岸堤（共 4 道离岸堤），每道离岸堤长度 320m。现从预期沙滩形态、海岸生态环境以及工程建设对毗邻海岸的影响程度等方面，论述不同方案的主要优缺点。

从静态平衡岬湾平衡岸线预测结果上看，方案一实施后预期形成的沙滩岸线形态与现状岸线形态较为接近，方案二预期形成多个连岛沙坝型式，形成新的沙滩岸线形态。从方案实施对现有岸滩形态的调整幅度角度考虑，方案一优于方案二。

从海岸生态环境上看，两个方案均包含硬质工程结构（丁坝、离岸堤等），不可避免地会改变海岸生态环境。与丁坝相比，离岸堤建成后对近岸海域水动力环境影响较大，同时向海侧开阔视野亦会受到影响。

从工程建设对毗邻海岸的影响程度上看，方案二离岸堤建成后将造成与之毗邻的上下游海岸冲刷加剧，侵蚀的沉积物堆积于离岸堤后方波影区形成连岛坝；而方案一两道丁坝距离上下游海岸较远，对其岸滩冲淤的影响有限。

综上，从沙滩形态、海岸生态环境以及工程建设对毗邻海岸的影响程度等方面综合考虑，推荐方案一作为海工基地海岸生态修复方案。

8.2.2. 本项目生态保护修复措施

8.2.2.1. 岸线修复

根据广东省自然资源厅 2025 年 6 月 12 日发布的《海岸线占补实施办法》，本项目应按照 1:1 的比例进行岸线整治修复。为统筹考虑周围项目统一开展岸线修复，提升岸线修复整体生态价值。本次拟对汕尾市城区红草镇、马宫街道共约 2391m 岸线进行整治修复，实施红树林湿地修复和沙滩生态修复工程。工程整体形成生态恢复岸线长度约 2391m，拟投入修复资金约 6958.48 万元。

本项目在修复的岸线中选取符合条件的 128m 进行岸线占补。

图 8.2-6 岸线修复位置图（涉密，不公开）

（1）红树林湿地修复平面布置

红树林湿地修复位于长沙村和晨洲村的岸线外侧滩涂，项目区域分布大量围

塘和牡蛎养殖设施，现状养殖塘已具备相对成熟的生产体系，主要经营海产品的养殖输出，业态单一但规模较大，但严重挤占了滩涂生态空间，导致红树林生境破碎化、栖息地质量下降和岸线生态功能降低。为缓解单纯退塘还林与沿海居民生计之间矛盾，在确保合法养殖活动正常开展的前提下，清退滩涂非法养殖设施，分别采用红树林种植—养殖耦合和滩涂造林模式开展红树林生态修复，采用水位调控、微地形塑造、红树种植和配套设施等措施，构建种养耦合示范区 17.53 万 m²，种植红树林 19.95 万 m²，养护栈道 1.7km，提升海洋生态系统碳汇能力，改善滨海湿地生态系统质量和减灾功能。

图 8.2-6 晨洲村红树林湿地修复平面布置图（涉密，不公开）

图 8.2-7 长沙村红树林湿地修复平面布置图（涉密，不公开）

（2）沙滩生态修复平面布置

沙滩生态修复位于盐町村和长沙村西侧，在养殖围涂工程的影响下，滨海休憩空间消失殆尽，在不影响水闸正常行洪的基础上通过清表、构筑物拆除、拦砂堤建设和补沙进行沙滩整治修复，并在自然作用下使沙滩自我适应调整，形成具有完整性和连续性的沙滩地貌单元，塑造亲海空间，修复岸线长度约 780m。

图 8.2-8 盐町村沙滩修复工程平面布置图（涉密，不公开）

图 8.2-9 长沙村沙滩修复工程平面布置图（涉密，不公开）

（3）修复效果

根据《广东省红树林生态修复技术指南》、《红树林生态修复工程评价技术规程》（DB44/T 2410-2023）、《红树林生态保护修复技术规程》（GB/T 44592-2024）等规范要求，本项目主要验收种植面积和存活率 2 项指标，主要分为工程验收和项目验收 2 部分。综合本项目立地条件，工程验收时红树成活率 $\geq 80\%$ 。管护期结束后，对本项目开展成效验收，成效验收要求红树林营造面积不小于项目设计要求的种植面积，红树保存率 $\geq 60\%$ 。本项目岸线修复完成后需开展定期的跟踪监测与效果评估，加强管护，以保障生态恢复岸线的修复成效。

（4）实施计划

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》，采取本地市修复占补的，实施整治修复工程一般不得超过占用岸线的用海项目取得用海批复后 2 年。本工程计划 2026 年 1 月开工，2026 年 12 月底竣工验收，工期安排

共 12 个月，满足《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》要求。

本项目已与汕尾市自然资源局等相关单位充分沟通，支持项目岸线修复的选择与修复措施，保障岸线修复措施落地实施。

8.2.2.2. 污水排放与控制

（1）施工期污水排放与控制

1) 机舱油污水

本工程水上作业船舶数约为 30 艘，主要为绞吸式挖泥船、耙吸船、抓斗挖泥船、打桩船、泥驳、搅拌船、多功能作业船等。根据水运工程环境保护设计规范，工作船以 0.14t/d·艘计，则每天共产生油污水 4.2 吨，主要污染因子为石油类，浓度约为 5000mg/L。按照《沿海海域船舶排污设备铅封程序规定》，机舱含油污水不得向沿海海域排放，由相关单位接收处理。

2) 船舶生活污水

本工程水上作业船舶数约为 30 艘，主要为绞吸式挖泥船、耙吸船、抓斗挖泥船、打桩船、泥驳、搅拌船、多功能作业船等，其中挖泥船 4 艘，其余为工作船。参考《疏浚工程船舶艘班费用定额》（JTST278-2-2019），挖泥船定员为 32 人，工作船按每艘 14 人计，本工程水上施工作业人员约为 492 人，生活污水的发生量按照每人每天 80L 计算，则生活污水的发生量为 39.36m³/d，主要污染因子为有机污染物，主要污染物特征浓度 COD350mg/L，氨氮 40mg/L。船舶生活污水由相关单位接收处理。

（2）营运期污水排放与控制

船舶污水主要包括船舶舱底油污水和船舶生活污水。船舶生活污水经收集后汇入港区生活污水处理站进行处理；船舶舱底油污水委托有资质的单位接收处理，不在工程所在海域排放，不会对周围的水环境产生不良影响。

综上，本项目施工期、营运期的各项污染物均得到妥善处置，对水环境的影响较小。

8.2.2.3. 海洋生物资源恢复

本工程对渔业生物资源造成的损失应进行生态补偿，建设单位应在渔业主管部门的监督指导下落实增殖放流等海洋生态补偿措施。建设单位应根据项目造成

的生态损失进行增殖放流等海洋生物资源恢复工作。

综合各经济种类的自然繁殖时间、适宜放流时间、本地渔业资源种类组成及优势种类等现状以及易获得程度，选择健康苗种进行组合放流，以修复和改善本地区海洋生态环境，具体放流物种由建设单位咨询当地渔业主管部门确定。增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 1.5cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或 F1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合珠江口海洋生态要求的海洋生物物种。工作开展前，放流方案可根据主管部门具体要求进行调整。

表 8.2-1 增殖放流方案

放流品种	规格（cm）	单价（元/尾）	流放数量（万尾）	投资（万元）
黄鳍鲷	5cm 以上	0.3	36	10.8
黑鲷	5cm 以上	0.3	36	10.8
长毛对虾	1.5cm 以上	0.05	80	4
斑节对虾	1.5cm 以上	0.05	80	4
合计				29.6

放流地点位于本项目南侧。根据项目进展计划以及放流种类的自然繁殖季节，为达到至少修复至工程实施前水平，本次增殖放流工作拟定自项目建设实施起的每年 6 月进行增殖放流，分多年实施。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理；在增殖放流水域周围的纳水口设置防护网。增殖放流过程中，要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T 12763 和 SC/T 9102 的方法，定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

放流工作实施前随整体跟踪监测进行一次本底调查，增殖放流实施后第二年春季监测 1 次（可随工程跟踪监测进行），委托有资质单位对增殖放流效果进行跟踪监测与评估。

8.2.3. 生态建设管理措施

（1）加强海域使用生态保护措施

春、秋季（5~8 月）是工程所在海域鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源的

影响角度出发,工程建设应尽可能避开鱼类产卵高峰期,建议疏浚施工避开 5—8 月鱼类产卵高峰期。对施工海域设置明显警示标志,告知施工周期。做好施工期的海水环境跟踪监测与环境监理工作。对施工期附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测,及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

(2) 加大渔业资源修复管理力度

建设单位应通过增殖放流、开展人工鱼礁建设等进行生态补偿,减缓对海域的渔业资源造成的影响。目前,增殖放流技术和人工鱼礁相对简单易行,具有周期短、技术成熟等优势。建设单位应在当地海洋与渔业行政主管部门的指导下,制定增殖放流计划,在工程建成后立即采取以底栖生物及渔业资源生物增殖放流为主的生态修复补偿措施,增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种,关注底栖生物,放流地点为工程附近水域。具体增殖放流补偿方式的放流品种、规格和数量、时间和地点等应与当地海洋与渔业行政主管部门协调落实。

(3) 建立有效的风险预警机制

预警和预防是通过分析预警信息,做出相应判断,采取预防措施,防止事故发生或做好应急反应准备。建设单位应做好船舶溢油和防台风等应急预案,加强施工期风险管理,使工程建设对周边生产活动的影响减小到最低的程度。

9. 结论

9.1. 项目用海情况基本情况

本工程拟建设 2 个 5 万吨级多用途泊位和 1 个 5 万吨级滚装泊位，主要功能以海上风电、海洋牧场等设施的出运及其原材料的进出为主，同时兼顾腹地物资运输。码头泊位长度 950m。建设引桥及相应配套设施。建设 1 座防波堤，总长度为 2221.0m。任务吞吐量 76.45 万吨/年。项目总用海面积为 118.4178 万 m^2 ，占用自然岸线 128m。

本项目码头工程申请用海期限为 50 年。

9.2. 项目用海必要性结论

为加强汕尾港口资源发展海上运输，振兴和发展汕尾港，完善汕尾港产业服务功能，促进国民经济和社会发展，加强和合理利用海洋资源，提高海域使用频率，遏制海洋生态系统恶化，改善海洋环境质量，满足海洋功能区划的海洋开发利用的需要，实现海域的合理开发和可持续利用。本项目建设是非常必要和紧迫的，项目建设涉及到航道及避风锚地等用海，因此，项目用海是必要的。

9.3. 资源生态影响分析结论

（1）对水动力环境影响

根据项目推荐用海方案各代表点工程前与工程后大潮的涨急、落急流速、流向统计结果，防波堤及港池周边代表点流速和流向内变化较大。涨急时各代表点流速变化值为 $-0.01\text{m/s} \sim -0.09\text{m/s}$ ，流向变化值为 $-43^\circ \sim 310^\circ$ ，落急各代表点流速变化值为 $-0.02\text{m/s} \sim -0.12\text{m/s}$ 港池内涨急变化值为 $-43^\circ \sim 310^\circ$ ，流向变化值为 $-206^\circ \sim 99^\circ$ 。

目建成后水动力变化主要集中在项目港池内及防波堤附近，对其他海域影响影响有限，整体而言项目的建设对周边海域水动力影响较小。

（2）对冲淤环境影响

基于水动力结果计算了工程实施前后航道年冲淤变化，由计算结果可知，方案实施后，由于航道内水深增加，维护疏浚工程实施后航道内基本处于回淤状态，由于工程区无河流携带泥沙入海，进入工程区的外海泥沙含量很低，因此，工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。冲淤变化较大的区域主要位于航道内，口门处

由于口门的拓宽会产生冲刷，冲刷厚度在 0.1m 以内，维护疏浚工程实施后航道内年淤积幅度在 0.15m/a~0.19m/a。

（3）对岸滩演变影响

10 年后工程前工程岸段主要呈现淤积状态，约有 1700m 岸线发生淤积，最大淤涨距离约 180m，工程后工程岸线约有 1700m 岸线呈现淤积状态，最大淤涨距离约 170m。对比现状工程岸线岸滩演变，工程前后工程岸线均呈现淤积状态，工程后岸线淤积长度和最大淤涨距离均略小于工程前。在严格落实生态用海对策措施后，确保严格保护岸线生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。

（4）对水质环境影响

悬浮泥沙主要随涨落潮流向工程所在海域扩散，扩散方向与涨落潮流向一致，工程施工导致超过第一、二类海水水质的海域面积为 2.45km²，超过第三类海水水质的海域面积为 0.07km²。

悬沙影响主要集中在项目港池及防波堤附近海域，这种影响主要在施工期内，一旦施工完毕，项目工程所在区域周边水质环境可短时间恢复。

（5）对沉积物环境影响

本项目施工过程中码头桩基、防波堤施工和航道疏浚产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。根据本次沉积物环境现状调查的结果，项目所在海域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。码头桩基、防波堤施工建设和航道疏浚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。

（6）对海洋生态的影响

本项目建设对底栖生物的影响主要是码头桩基、防波堤对其用海范围内的海域产生永久性的占用。在该范围内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；项目疏浚作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

9.4. 海域开发利用协调分析结论

本项目临近海域权属主要有中广核陆丰海洋工程基地水工工程项目、中广核

汕尾后湖海上风电场项目、中广核汕尾甲子一海上风电场项目和中广核汕尾甲子二海上风电场项目。

本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施。

9.5. 国土空间规划符合性分析结论

项目的建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《三区三线》划定成果《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》（报批稿）等规划的要求和国家、省的产业政策。

9.6. 项目用海合理性分析结论

本项目为汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程，项目建设有利于促进该项目整体推进，加快该项目投产。项目建设符合国家可持续发展政策和国家新能源发展政策方针。本项目选址与海洋功能区划、生态环境保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜，项目用海选址是合理的。

项目平面布置方案经过了多次优化，充分考虑到了周边开发现状的需求，用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，符合原国家海洋局关于海上风电用海控制指标要求，不存在减少用海面积的可能。

本项目用海方式包括透水构筑物、非透水构筑物、港池和航道、专用航道、锚地及其它开放式四种用海面积合理。

本项目项目工程包括码头工程、防波堤工程、护岸工程等，其中防波堤工程已避让海岸线范围，本项目工程共占用海岸线 128m，并落实岸线占补，符合相关法律法规要求。

本项目码头工程申请用海期限为 50 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

9.7. 项目用海可行性结论

汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程工程项目用海是必要的，与利益相关者是可协调的，选址和建设，与所在国土空间规划分区、海洋功能区划的海域使用管理和环境保护要求均相符，与生态红线管理要求相符合。用海方式、用海面积和用海期限是合理的，在严格按照本报告书中提出的海域使用对策等措施要求，严格按照批准的用海位置、面积、方式等进行工程建设，做好海域环境的保护工作。从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。

引用资料

（1）项目用海基本情况资料引自《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程工程可行性研究报告》广东省东江航道事务中心东江航标与测绘所，2024年7月；

（2）海洋环境质量、生物质量、水质、海洋生态等资料引用《陆丰市渔港冬季水文观测海洋水文动力环境观测报告》、《陆丰市渔港春季水文观测海洋水文动力环境观测报告》、《陆丰市湖东渔港建设及基础设施配套工程项目海洋环境现状调查与评价报告》，由汕尾市润邦检测技术有限公司在项目附近海域进行秋季海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、渔业资源、海洋生物质量等的监测

（3）汕尾市社会经济概况引自《2023年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》；

（4）陆丰市社会经济概况引自《2023年陆丰市国民经济运行统计公报》（陆丰统计局）；

（5）工程地质资料引自《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头一期工程岩土工程勘察报告》；

（6）工程海域周边水下地形引自《汕尾港陆丰港区海洋工程基地码头二期工程水上水下地形测量技术报告》。