

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤

工程海域使用补充论证报告书

(公示稿)

广东三海环保科技有限公司

(统一社会信用代码 91440105MA59CA5093)

二零二三年八月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4452242023001490		
论证报告所属项目名称	揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程		
一、编制单位基本情况			
单位名称	广东三海环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91440105MA59CA5093		
法定代表人	祁正举		
联系人	柯涛		
联系人手机	13533022821		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
蔡淑娟	BH000850	论证项目负责人	蔡淑娟
蔡淑娟	BH000850	1. 概述 2. 项目用海基本情况 3. 项目所在海域概况 4. 资源生态影响分析 5. 海域开发利用协调分析 6. 国土空间规划符合性分析 7. 项目用海合理性分析 8. 生态用海对策措施 9. 结论 10. 报告其他内容	蔡淑娟
<p>本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。</p> <p style="text-align: right;">承诺主体(公章): </p> <p style="text-align: right;">2023年8月15日</p>			

项目名称	揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程			
项目地址	广东省揭阳市惠来县			
项目性质	公益性 (√)	经营性 ()		
用海面积	46.7253ha	投资金额	30424.78 万元	
用海期限	40 年	预计就业人数	831 人	
占用岸线	总长度	95.16m	邻近土地平均价格	375 万元/ha
	自然岸线	95.16m	预计拉动区域经 济产值	10814 万元
	人工岸线	0m	填海成本	万元/ha
	其他岸线	0m		
海域使用类型	交通运输用海 (一级类) 中的港口用海 (二级类)	新增岸线	0m	
用海方式	面积		具体用途	
非透水构筑物	46.7253ha		防波堤	

目 录

摘要	1
1 概述	3
1.1 论证工作来由	3
1.2 论证依据	4
1.3 论证等级和范围	9
1.4 论证重点	10
2 项目用海基本情况	11
2.1 用海项目建设内容	11
2.2 项目建设进程的回顾性分析	13
2.3 平面布置和主要结构、尺度	13
2.4 项目主要施工工艺和方法	16
2.5 土石方平衡	28
2.6 项目批复用海情况	29
2.7 项目申请用海情况	30
2.8 项目用海必要性	34
3 项目所在海域概况	35
3.1 海洋资源概况	35
3.2 海洋生态概况	42
4 项目用海资源环境影响分析	95
4.1 生态评估	95
4.2 资源影响分析	100
4.3 生态影响分析	109
5 海域开发利用协调分析	161
5.1 海域开发利用现状	161
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	165
5.3 利益相关者界定	169
5.4 相关利益协调分析	173
5.5 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析	174
6 国土空间规划符合性分析	175
6.1 国土空间规划符合性分析	175
6.2 项目用海与海洋功能区划符合性分析	178
6.3 与“三区三线”的符合性分析	179
6.4“三线一单”的符合性分析	180
6.5 项目用海与相关规划符合性分析	182
7 项目用海合理性分析	186
7.1 用海选址合理性分析	186
7.2 用海平面布置的合理性分析	186
7.3 用海方式合理性分析	188
7.4 占用岸线合理性分析	190
7.5 用海面积的合理性分析	191
7.6 用海期限合理性分析	198
8 生态用海对策措施	200

8.1 生态用海对策	200
8.2 生态用海措施	203
9 结论	213
9.1 项目用海基本情况	213
9.2 项目用海资源环境影响分析结论	213
9.3 海域开发利用协调分析结论	214
9.4 项目用海与国土空间规划符合性分析结论	215
9.5 项目用海合理性分析结论	215
9.6 项目用海可行性结论	216
附录	217
1、2020 年 11 月秋季海洋生物名录	217
附录I 浮游植物种类名录	217
附录II 浮游动物种类名录	219
附录III 底栖生物种类名录	221
附录IV 潮间带生物种类名录	223
附录V 渔业资源种类名录	225
1、2021 年 3 月春季海洋生物名录	228
附录I 浮游植物种类名录	228
附录II 浮游动物种类名录	230
附录III 底栖生物种类名录	232
附录IV 潮间带生物种类名录	235
附录V 渔业资源种类名录	237
引用资料	240
现场踏勘记录	241
技术审查意见	242
附件	243
附件 1: 论证单位测绘资质证书	244
附件 2: 委托书	245
附件 3: 《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293 号）	246
附件 4: 防波堤不动产权证书	251
附件 5: 《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》（国海管字[2017]371 号）	259
附件 6: 拦沙堤不动产权证	261
附件 7: 工程建设项目海洋生物资源损失补偿协议书	263
附件 8: 《广东省发展改革委关于下达广东省 2015-2017 年沿海航道等公共基础设施建设项目前期工作计划的通知》	268
附件 9: 关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程建设方案的批复（揭市水许可〔2015〕47 号）	271
附件 10: 《广东海事局关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程通航安全的意见》（粤海事函[2015]3）	277

摘要

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程由揭阳大南海石化工业区管理委员会进行建设，位于揭阳市惠来沿海港区南海作业区龙江河出海口东侧海域，主要建设东西两条防波堤，两条防波堤总长为 5305m，其中东防波堤长 3481m，西防波堤长 1824m，同时也配套建设 3 座灯塔。项目已于 2017 年 11 月 17 日取得原广东省海洋与渔业厅《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293 号），于 2020 年 11 月 25 日取得《中华人民共和国不动产权证书》（粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000547 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号）。其中，西防波堤中段与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海（面积 2.8055 公顷）存在重叠的部分，该项目的用海已于 2017 年 8 月 10 日经《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》（国海管字[2017]371 号）同意，转让给揭阳大南海石化工业区管理委员会用于建设本项目防波堤，并已于 2017 年 9 月 11 日取得不动产权证书国（2017）海不动产权第 0000042 号。

由于 2022 年省政府批复的海岸线与原 2008 年批复的海岸线不完全重叠，导致本项目原批复的用海范围与 2022 年批复的海岸线不能完全衔接，现原批复的西防波堤用海范围与最新海岸线之间存在未申请用海的区域，而该部分区域目前未办理用地审批手续，需补办相关用海手续。

本次按 2022 年省政府批复岸线重新对本项目的用海范围进行界定，由此界定本项目申请用海总面积约为 46.7253 公顷，较原批复用海总面积 46.6223 公顷增加了约 0.1030 公顷；用海范围占用海岸线的总长度约为 95.16m，较原批复的 106.3m 减少了约 11.14m，用海面积及占用海岸线长度的变化均是由于前后两次海岸线修测成果不一致引起。此外，西防波堤中段与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海重叠的部分，保持原用海方案不变，本次不进行任何变更。本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的港口用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式），

本次补充论证申请的用海期限终止日期与原批复用海期限终止日期一致，为 2057 年 11 月 17 日。

本项目用海符合《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》、海洋功能区划及相关规划要求，符合“三区三线”及“三线一单”要求，与周边开发利用活动可协调。经采取措施后，本项目对所在海域的生态影响较小。但本项目不可避免的需占用自然砂质岸线，同时也会造成一定的海洋生物资源损失；本项目拟采取在有修复需求且距离用海项目直线距离约 14km 的岐石镇林美村岸段进行异地海岸线修复，修复措施包括生态化海堤建设、红树林种植，同时拟采取增殖放流的进行生态补偿和修复。

本项目所在区位和社会条件满足项目建设需求，与项目所在海域的自然资源和生态环境相适宜，选址合理。本项目作为防波堤建设项目，为了对港口进行有效的围蔽和保护，非透水构筑物的用海方式是唯一的。本项目拟申请用海面积为 46.7253 公顷，其面积的界定符合《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求。此外，本次补充论证，本项目申请的用海期限终止日期与原批复用海期限终止日期一致，为 2057 年 11 月 17 日，可满足本项目的实际需求，同时也满足《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

综合分析，从海域使用角度考虑，项目用海可行。

1 概述

1.1 论证工作来由

揭阳大南海石化工业区于 2007 年 7 月由省政府批准设立，是广东省规划重点发展的四大石化产业基地之一。工业区拥有优良的深水岸线资源和充足的陆域空间，具备发展大型临港工业的基础条件，将成为服务珠三角、海西、汕潮揭地区的世界领先、全国一流的石化产业集聚区和临港经济的示范区。

南海作业区的建设是促进临港工业发展的关键工程，将为揭阳沿海产业带尤其是大南海石化工业区的产业发展提供直接支撑。南海作业区共规划布置 3 个港池，目前 1#港池中委广东石化炼油项目产品码头工程进展顺利。根据相关设计成果，1#港池基本可满足中委项目近远期运输需求，但难以同时承担园区其他企业公共运输需求。从周边港区建设来看，项目附近的前詹作业区通用码头一期工程将承担区域部分公共货运需求，但考虑化工产品运输特殊性以及码头作业能力局限性，该码头难以承担石化园区大部分公共运输需求。随着园区其他化工项目的签约入驻，迫切需要加快南海作业区公共港区（2#港池）的建设，以进一步优化完善大南海石化工业园乃至揭阳市沿海经济带投资环境。

因此，为充分发挥港口经济对区域经济和社会建设的促进作用，进一步适应揭阳大南海国际石化综合工业园的发展要求，营造良好的投资环境，巩固、增强城市区域竞争力，迫切需要加快南海作业区公共设施的建设。而本项目所在海区的波浪、台风等自然条件一般，为了改善船舶稳泊条件和港区作业条件，减少码头不可作业天数，以期更安全、更高效地利用港口资源，港区需要建设防波堤。本项目作为南海作业区公共港区（2#港池）的公共防波堤建设工程，是公共港区（2#港池）的基础设施先行工程，建成后可为港区提供良好的作业条件和环境，是促进大南海石化工业园化工项目发展的重要基础条件及关键工程，有助于优化整个揭阳市沿海经济带投资环境及巩固、增强城市区域竞争力。

2016 年 6 月，建设单位揭阳大南海石化工业区管理委员会委托中国科学院南海海洋研究所编制完成了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程海域使用论证报告书》，并于 2017 年 11 月 17 日取得原广东省海洋与渔业厅《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293 号），批准用海面积为 46.6223 公顷，

全部用海为非透水构筑物，批准用海范围占用自然岸线 106.3 米，批准用海期限 40 年；于 2020 年 11 月 25 日取得《中华人民共和国不动产权证书》（粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000547 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号）。其中，西防波堤中段与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海（面积 2.8055 公顷）存在重叠的部分，由于其用海方式与本项目相同，且本项目实施后，该项目已于实施的必要，因此，该项目的用海已于 2017 年 8 月 10 日经《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》（国海管字[2017]371 号）同意，全部转让给揭阳大南海石化工业区管理委员会用于建设本项目防波堤，并已于 2017 年 9 月 11 日取得不动产权证书国（2017）海不动产权第 0000042 号。

2022 年，广东省政府批复了最新修测的海岸线，由于 2022 年省政府批复的海岸线与原 2008 年批复的海岸线不完全重叠，导致本项目原批复的用海范围与 2022 年批复的海岸线不能完全衔接，从而导致按 2022 年批复的海岸线进行管理，本项目存在局部区域未申请用海的情况，而该部分未申请用海的区域目前也未办理用地审批手续，因此，本项目需补办相关用海手续，根据 2022 年批复的海岸线对本项目的用海范围进行重新界定，确保本项目用海范围与 2022 年批复的海岸线无缝衔接。

本项目原批复的工程平面布置、建设内容及规模等均保持不变，本次用海工程调整主要根据 2022 年省政府批复的海岸线对本项目用海范围重新进行界定。由于本项目用海涉及调整变更，受项目建设单位—揭阳大南海石化工业区管理委员会的委托（见附件 1），广东三海环保科技有限公司承担该项目的海域使用补充论证工作。为使补充论证工作顺利开展，论证单位在接受了海域使用论证工作的委托后，根据该项目海域使用的性质、规模和特点，立即组织相关人员到项目所在地进行了现场踏勘，详细了解工程建设内容，并收集了大量相关信息资料。按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求，编制完成了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程海域使用补充论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规、条例、部门规章和地方管理规定

本项目海域使用补充论证报告书的编制依据主要有下列相关的国家和部门的法律

法规，以及其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定。

(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；

(2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017年11月4日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修改；

(3) 《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日十二届人大常委会第十六次会议第四次修正；

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

(5) 《中华人民共和国防洪法》（2016年7月修订）；

(6) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2016年7月修订）；

(7) 《中华人民共和国航道法》，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》修正，自公布之日起施行。

(8) 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，2019年11月；

(9) 《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），2021年1月08日；

(10) 《中华人民共和国防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院令 第475号），国务院，2006年；

(11) 《全国海洋功能区划》（2011-2020年），国务院；

(12) 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006年；

(13) 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年；

(14) 《关于印发〈海域使用论证管理规定〉的通知》，国家海洋局，国海发[2008]4号；

(15) 关于印发《调整海域无居民海岛使用金征收标准》的通知（财综[2018]15号），2018年5月1日施行；

(16) 《国家海洋局关于进一步规范海域使用论证管理工作的意见》，国家海洋局，国海规范[2016]10号；

- (17) 《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》(自然资办函[2021]2073号)，自然资源部办公厅，2021年11月10日；
- (18) 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》(中华人民共和国交通运输部令2021年第24号)，交通运输部，2021年9月1日；
- (19) 《国务院关于“十四五”海洋经济发展规划的批复》(国函〔2021〕131号)，国务院，2021年12月15日；
- (20) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》(自然资发[2022]142号)，自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局，2022年8月16日；
- (21) 《自然资源部办公厅关于北京等省(区、市)“三区三线”划定成果作为报批建设启用项目用地用海依据的函》，自然资办函[2022]2207号，自然资源部办公厅，2022年10月14日；
- (22) 《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函[2022]640号。
- (23) 《中国海洋渔业水域图(第一批)》，中华人民共和国农业部公告第189号，2002年2月；
- (24) 《市场准入负面清单(2022年版)》，发改体改规[2022]397号；
- (25) 《广东省海域使用管理条例》，根据2021年9月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议《关于修改〈广东省城镇房屋租赁条例〉等九项地方性法规的决定》修正；
- (26) 《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》，根据2018年11月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈广东省环境保护条例〉等十三项地方性法规的决定》第二次修正)
- (27) 《广东省渔业管理条例》，广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十四次会议第三次，2019年9月25日修正；
- (28) 《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》，国务院，2012年11月；
- (29) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省海洋经济发展“十四五”规划的通知》(粤府办[2021]33号)，广东省人民政府办公厅，2021年9月30日；
- (30) 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，广东省人民政府、国家海洋局，2017年10月；

- (31) 《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030年）》，广东省人民政府，2017年10月27日；
- (32) 《广东省海洋主体功能区规划》，广东省海洋与渔业厅、广东省发展和改革委员会，2017年12月；
- (33) 《广东海洋经济综合试验区发展规划》，国务院，2011年8月；
- (34) 广东省人民政府关于印发《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》的通知（粤府[2021]28号），广东省人民政府，；
- (35) 《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，2020年12月29日；
- (36) 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省项目用海政策实施工作指引〉的通知》（粤自然资函〔2020〕88号），广东省自然资源厅，2020年2月28日；
- (37) 《广东省自然资源厅关于下发生态保护红线和“双评价”矢量数据成果的函》，广东省自然资源厅，2020年12月24日；
- (38) 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》（粤自然资规字[2021]4号），广东省自然资源厅，2021年7月2日；
- (39) 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》，广东省自然资源厅办公室，2022年2月22日；
- (40) 《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》（粤环[2022]7号），广东省生态环境厅，2022年4月27日；
- (41) 《广东省自然资源厅研究出台11条加强项目用地海要素保障措》，广东省自然资源厅，2022年8月26日；
- (42) 《广东省自然资源厅关于转发自然资源部等有关做好用地用海要素保障文件的通知》（粤自然资函[2022]880号），2022年8月；
- (43) 《揭阳市海洋功能区划（2015-2020年）》，广东省人民政府，2018年4月24日；
- (44) 揭阳市人民政府关于印发《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》的通知，
- (45) 《揭阳港总体规划（2023年）》；
- (46) 《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（揭府办[2021]25号），2021年6月24日；

(47) 《揭阳市人民政府关于印发揭阳市海洋经济发展“十四五”规划的通知》(揭府[2021]56号)，揭阳市人民政府，2021年12月31日；

(48) 《揭阳大南海石化工业区总体规划(2013-2030)》；

(49) 《揭阳市人民政府关于揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》，揭阳市交通运输局、广东省交通运输规划研究中心，2021年6月。

1.2.2 技术标准和规范

海域使用论证执行的技术规范和标准主要有：

- (1) 《海域使用论证技术导则》，GB/T 42361-2023；
- (2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T19485-2014；
- (3) 《海域使用分类》，HY/T 123-2009；
- (4) 《海籍调查规范》，HY/T 124-2009；
- (5) 《宗海图编绘技术规范》，HY/T 251-2018；
- (6) 《海域使用面积测量规范》，HY/T 070-2022；
- (7) 《全球定位系统(GPS)测量规范》，GB/T18314-2001；
- (8) 《全球定位系统实时动态(RTK)测量技术规范》(CH/T2009-2010)；
- (9) 《海洋观测规范 第2部分海滨观测》，GB/T 14914.2-2019
- (10) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T 9110-2007；
- (11) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；
- (12) 《海洋监测规范》，GB 17378-2007；
- (13) 《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；
- (14) 《海水水质标准》，GB3097-1997；
- (15) 《海洋生物质量》，GB18421-2001；
- (16) 《海洋沉积物质量》，GB18668-2002。

1.2.3 项目技术资料

(1) 海域使用论证委托书；

(2) 《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程海域使用论证报告书(报批稿)》，中国科学院南海海洋研究所，2016年6月；

(3) 《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程施工通航安全保障方案》，中交第

四航务工程局有限公司、广东省航海学会，2020年3月；

(4) 《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程防洪评价报告（报批稿）》，广东省水利电力勘测设计研究院，2015年10月；

(5) 《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程施工图设计方案》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2018年11月；

(6) 《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程施工方案介绍及施工计划》。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

本项目为防波堤建设工程，用海类型为交通运输用海（一级类）中的港口用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式），根据原海域使用论证报告书，项目原论证阶段确定的论证等级判定为一级。

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）中关于海域使用论证等级的判断规定依据（见表1.3-1），本次补充论证阶段，根据2022年省政府批复的海岸线进行界定，本项目涉海非透水构筑物总长度为5009.1m（其中西防波堤涉海长度约为1670.0m，东防波堤涉海长度约为3339.1m），本项目的海域使用论证等级仍为一级，与原论证阶段的一致。

表 1.3-1 海域使用论证等级的判断规定依据一览表（与本工程相关的）

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
构筑物用海	非透水构筑物用海	构筑物总长度 ≥ 500 m 或用海面积 ≥ 10 公顷	所有海域	一
		构筑物总长度（250~500）m 或用海面积（5~10）公顷	敏感海域	一
			其他海域	二
		构筑物总长度 ≤ 250 m 或用海面积 ≤ 5 公顷	所有海域	二

1.3.2 论证范围

本项目论证等级为一级，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），一级论证项目的论证范围为以项目用海外缘线为起点向外扩15km的范围。

1.4 论证重点

本项目用海类型一级类为交通运输用海，二级类为港口用海，在考虑本项目的特征、用海特点及周边开发利用现状的前提下，根据《海域使用论证技术导则》附录D“论证重点参照表”（详见表1.4-1）的要求。确定本项目海域使用论证重点包括：（1）项目占用岸线的必要性和合理性；（2）项目用海选址、平面布置、用海方式和用海面积合理性；（3）项目资源生态影响；（4）项目生态用海对策措施。

表 1.4-1 海域使用论证重点参照表

海域使用类型		论证重点							
		用海必要性	选址(线)合理性	平面布置合理性	用海方式合理性	用海面积合理性	海域开发利用协调分析	资源生态影响	生态用海对策措施
渔业用海	渔业基础设施用海,如渔业码头、引桥、堤坝、养殖厂房、看护房、渔港港池、渔港航道、取排水口及其他附属设施等的用海		▲	▲	▲	▲		▲	
	增养殖用海		▲			▲	▲	▲	
	开放式养殖用海,如筏式养殖、网箱养殖及无人工设施的人工投苗或自然增殖生产等的用海					▲	▲		
	人工鱼礁用海,通过构筑人工鱼礁进行增养殖生产的用海		▲			▲	▲		
	其他增养殖用海,包括半潜式平台养殖、养殖工船等的用海		▲					▲	
工矿通信用海	船舶工业用海,船厂的厂区、码头、引桥、平台、船坞、滑道、堤坝、港池(含开放式码头前沿船舶靠泊和回旋水域,船坞、滑道等的前沿水域)及其他设施等的用海		▲	▲	▲	▲		▲	▲
	海水综合利用用海(一),如生活海水利用,海水直接利用,海水淡化,海水热泵,高位池(提水)养殖等		▲		▲			▲	
	海水综合利用用海(二),如利用海水降温、增温,海水脱硫,工业海水利用等		▲	▲	▲			▲	
	核电用海,包括核电站的厂区、码头、引桥、平台、港池(含开放式码头前沿船舶靠泊和回旋水域)、堤坝、取排水口、取排水明渠、管道、蓄水池、沉淀池、温排水区、变电站、输电线缆及其他液态流出物质等的用海	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 建设项目名称

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程。

2.1.2 建设项目性质

新建。

2.1.3 投资主体

揭阳大南海石化工业区管理委员会。

2.1.4 投资估算

项目总投资约 30424.78 万元。

2.1.5 地理位置

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程位于揭阳市惠来沿海港区南海作业区龙江河出海口东侧海域，项目所在行政区划图见图 2.1.5-1 所示。



图 2.1.5-1 项目所在行政区划图

2.1.6 建设内容及规模

本项目建设内容及规模与原论证方案一致，未发生变化，主要建设东西两条防波堤，两条防波堤总长为 5305m，其中东防波堤长 3481m，西防波堤长 1824m。此外，本项目也配套建设 3 座灯塔，该 3 座灯塔均依托防波堤而建设，均在防波堤用海范围之内。本项目主要技术指标见表 2.1.6-1 所示。

表 2.1.6-1 本项目主要指标一览表

序号	项目名称	单位	规模	备注
1	东防波堤	m	1824	AB 段堤顶高程 5.67m， BE 段堤顶高程 7.15m
2	西防波堤	m	3481	GF 段堤顶高程 5.98m， GK 段堤顶高程 7.15m（堤头 7.45m）
3	导助航设施	项	1	3 座灯塔

2.2 项目建设进程的回顾性分析

本项目于 2017 年 11 月 17 日取得原广东省海洋与渔业厅《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函〔2017〕1293 号），于 2020 年 11 月 25 日取得中华人民共和国不动产权证书，于 2020 年 10 月 29 日开始进行施工建设，但由于疫情、征地等影响，项目施工进度较慢，目前两条防波堤的基槽挖泥施工均已完成，西防波堤和东防波堤与海岸垂直段也已基本完成了施工，而东防波堤中与海岸平行段未施工完成的部分计划于 2024 年 4 月全部建设完成。

本项目已于 2016 年 9 月 14 日与原广东省海洋与渔业局签订了《工程建设项目海洋生物资源损失补偿协议书》（编号：201629），但未缴纳相关生态补偿金，未开展海洋环境跟踪监测。

2.3 平面布置和主要结构、尺度

本项目平面布置、主要结构和尺寸与原论证方案的一致，未发生变化，具体相关设计情况分述如下。

2.3.1 平面布置

2.3.1.1 防波堤口门布置

揭阳大南海东岸公共进港航道远期需满足 15 万吨级散货船乘潮单向通航，口门布置结合航道布置综合考虑，同时根据河海大学《揭阳港大南海东岸公共进港航道及公共码头防波堤工程潮流数学模型试验及泥沙回淤计算》，远期时，航道水深加大，使得航道内的流速较近期时略有加大，航道末端最大流速为 0.59m/s,潮流与航道仍有一定的夹角，故产生的横流为 0.46m/s，沿着航道水深的减少，至口门段横流减少至 0.07m/s。经分析，口门处横流较小，大连海事大学《揭阳港大南海东岸公共进港航道工程船舶操纵模拟试验报告》也对防波堤口门的布置作出论证，可满足船只航行的安全要求。

综合考虑规划方案、口门计算、航道规模、航行安全和港内泊稳等因素，口门有效宽度取 290m。

2.3.1.2 防波堤平面布置

防波堤布置及走向主要依据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划方案(报批稿)》确定。防波堤总长为 5305m，其中东防波堤长 3481m，西防波堤长 1824m。

西防波堤 1 (AB 段)：总长 1054m,起于龙江河改河东岸 A 点，至规划的通用码头区前沿线 B 点，走向 $140^{\circ}00'00''\sim 320^{\circ}00'00''$ ，以 A 点为起点 630m 堤顶高程为 5.98m，其余 424m 堤顶高程为 6.88m。

西防波堤 2 (BE 段)：总长 770m，其中 BC 段长度 568m，走向与 AB 段一致，顶高程 6.88m；CD 段长度 79m，顶高程 7.75m，为转弯段；DE 段长度 123m，走向 $95^{\circ}00'00''\sim 265^{\circ}00'00''$ ，顶高程 7.75m。

东防波堤 1 (FG 段)：总长 944m，起于通用码头区东侧陆域 F 点，至规划的通用码头区前沿线 G 点，走向 $140^{\circ}00'00''\sim 320^{\circ}0'00''$ ，以 F 点为起点 565m 堤顶高程为 5.98m，其余 379m 堤顶高程 6.88m。

东防波堤 2 (GK 段)：总长 2537m,其中 GH 段长度 1196m,走向与 FG 段一致，堤顶高程 7.75m（其中以 G 点为起点 166m 堤顶高程 6.88m）；HK 段长度 157m，堤顶高程 8.18m，为转弯段；JK 段长度 1184m，走向 $230^{\circ}00'00''\sim 50^{\circ}00'00''$ ，顶高程 7.75m(其中堤头段 170m 顶高程 8.18m)。

辅助设施：为确保防波堤和船舶安全，在本工程西防波堤堤头和东防波堤堤头及堤身拐弯段各设 1 座灯桩，共 3 座。灯桩为玻璃钢灯桩，高度 10m。

本项目总平面布置见图 2.3.1-1 所示。

2.3.2 水工结构和尺度

2.3.2.1 标准段

防波堤采用斜坡式结构，防波堤堤身直接坐落于粉细砂~细砂层上。堤心采用1~1000kg开山石推填而成，堤心石顶高2.9m，坡比为3:4/1:1.5。护面人工块体采用扭王字块，根据各堤段不同的波浪水深条件进行分段设计，其中东防波堤堤头及转弯段采用35t扭王字块护面，其余堤身段分别采用27t、15t、7t扭王字块护面，堤根接岸段采用大块石护面；西防波堤堤头及转弯段采用27t扭王字块护面，其余堤身段分别采用15t、7t扭王字块护面，堤根接岸段采用大块石护面。防波堤扭王字块护面块体下方设置块石垫层，各级别扭王块对应的垫层石规格及相应的厚度分别如下：35t扭王块下方铺设2060mm厚的2.5t~3.5t垫层块石，27t扭王块下方铺设1890mm厚的2.0kg~2.5g垫层块石，15t扭王块下方铺设1550mm厚的1.0t~1.5t垫层块石，7t扭王块下方铺设1200mm厚的500kg~700kg垫层块石。防波堤坡脚设置护底块石，其中东防波堤堤头段的护底块石宽度为15m，堤身段外侧护底宽度为8~15m，内侧护底宽度为5~15m。西防波堤堤头及拐弯段护底块石宽度为15m，堤身段外侧护底宽度为10~15m，内侧护底宽度为5~10m。护底石的规格为堤外侧采用与垫层块石规格相同的块石，内侧为300~500kg块石。坡脚护底块石与泥面之间铺设10kg~100kg垫层块石，厚600mm。垫层块石下方铺设土工布及土工格栅防止坡脚冲刷。防波堤堤头开挖一定深度，以降低护底结构的顶高程，并增大与航道开挖边坡线的安全距离。

标准段典型横断面布置见图2.3.2-1所示。

2.3.2.2 软基处理段

针对地基存在较厚的软弱夹层堤段，防波堤采用大开挖换填块石的方式进行软基处理。根据软基层厚的不同，堤心下方局部开挖深度约从3m到9m不等，两边的开挖坡比为1:3。基槽底部留3到4m软土，采用抛石挤淤，施工过程中对坡脚进行二次清淤开挖，清淤开挖底宽为5m，然后抛填护底结构。地基开挖换填料为1~1000kg开山石，地基以上防波堤上部结构同标准段。

本项目软基挖泥处理段平面布置见图2.3.2-2所示，挖泥横断面布置见图2.3.2-3所示。

2.4 项目主要施工工艺和方法

根据了解及现场踏勘，本项目目前已完成两条防波堤堤头的挖泥施工、西防波堤和东防波堤与海岸垂直段的施工。施工过程的主要施工工艺和方法与原方案无大的变化，本次对本项目实际采取的施工工艺和方法进行论述介绍。

2.4.1 施工顺序

本项目的总体施工顺序为对软基处理段进行基槽挖泥施工（目前已完成），后再进行防波堤的施工，其中防波堤的施工顺序如下：

1) 东防波堤：从里程 E0+000 往 E3+481 方向施工+2.9m 以下部分，施工到堤头后再倒退施工，即反挖加宽、加高部分的堤心石，施工+2.9m 以上部分。

2) 西防波堤：西防波堤从里程 W0+000 往堤头方向施工+2.9m 以下部分，施工到堤头后再倒退施工，施工+2.9m 以上部分。

本项目平面施工顺序示意图 2.4.1-1 所示，防波堤典型断面施工顺序见图 2.4.1-2 所示。

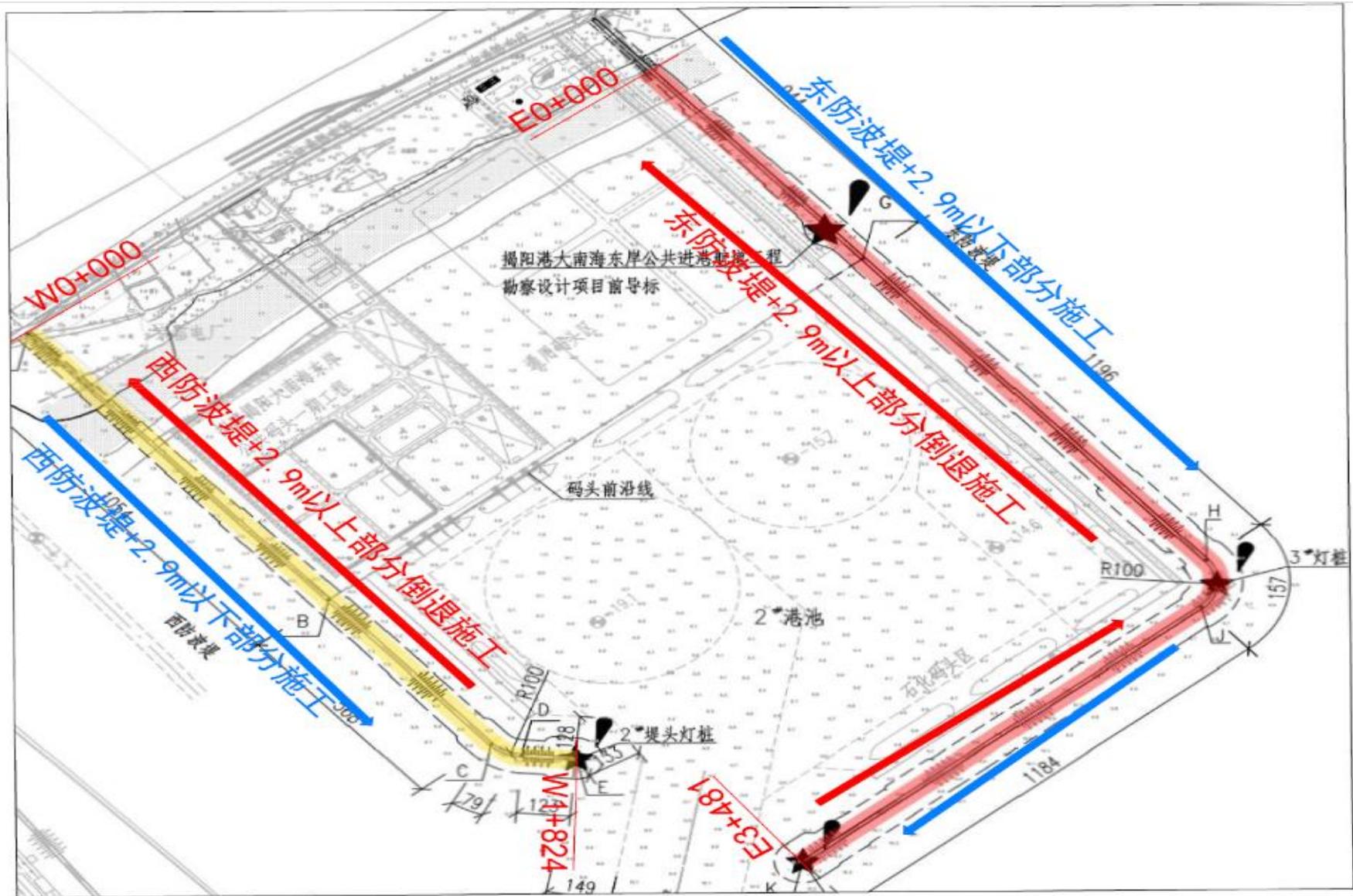


图 2.4.1-1 本项目平面施工顺序示意图

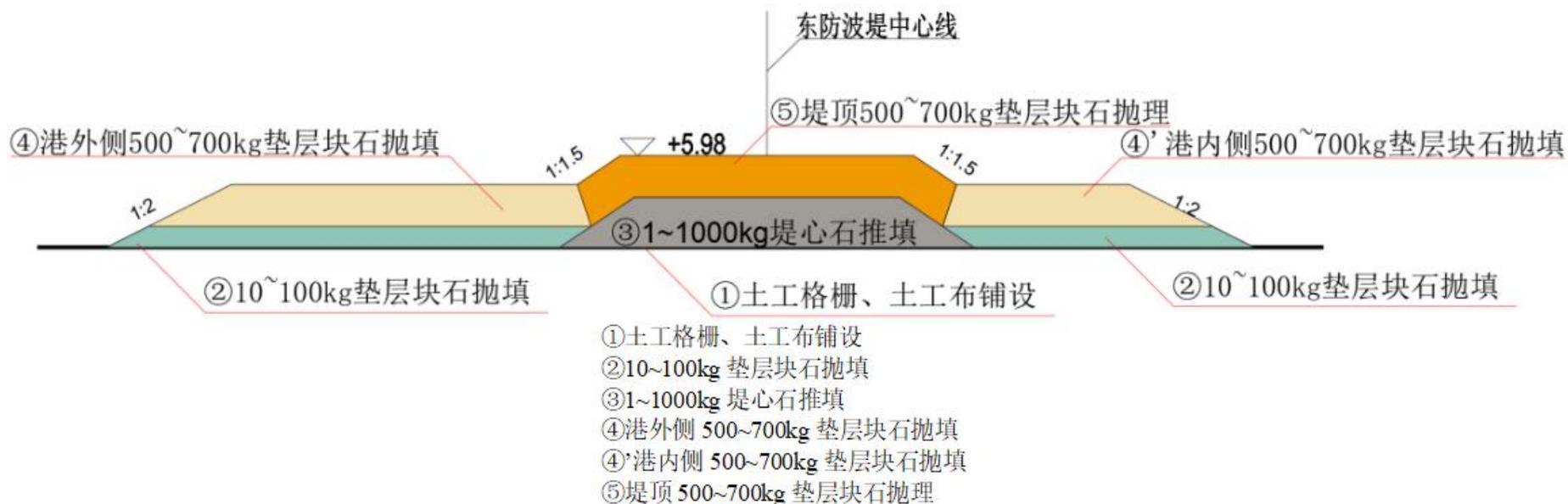


图 2.4.1-2 (1) 防波堤堤根段施工顺序示意图

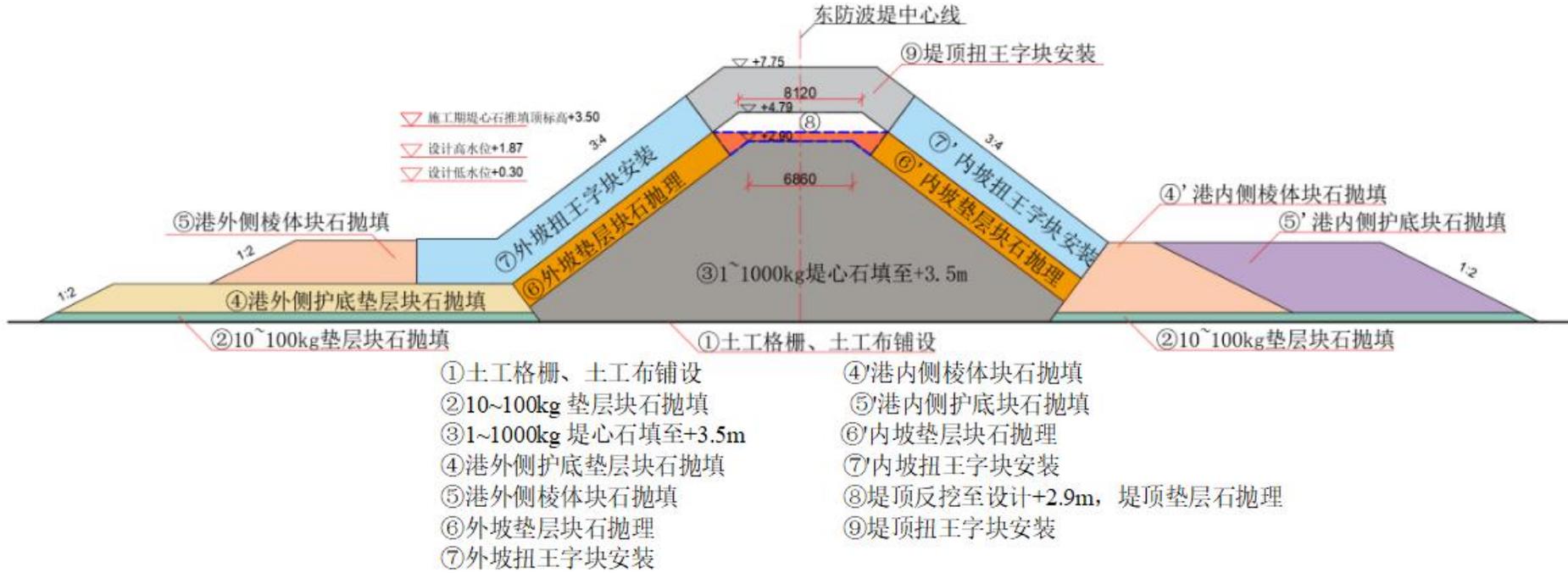


图 2.4.1-2 (2) 东防波堤典型断面施工顺序示意图

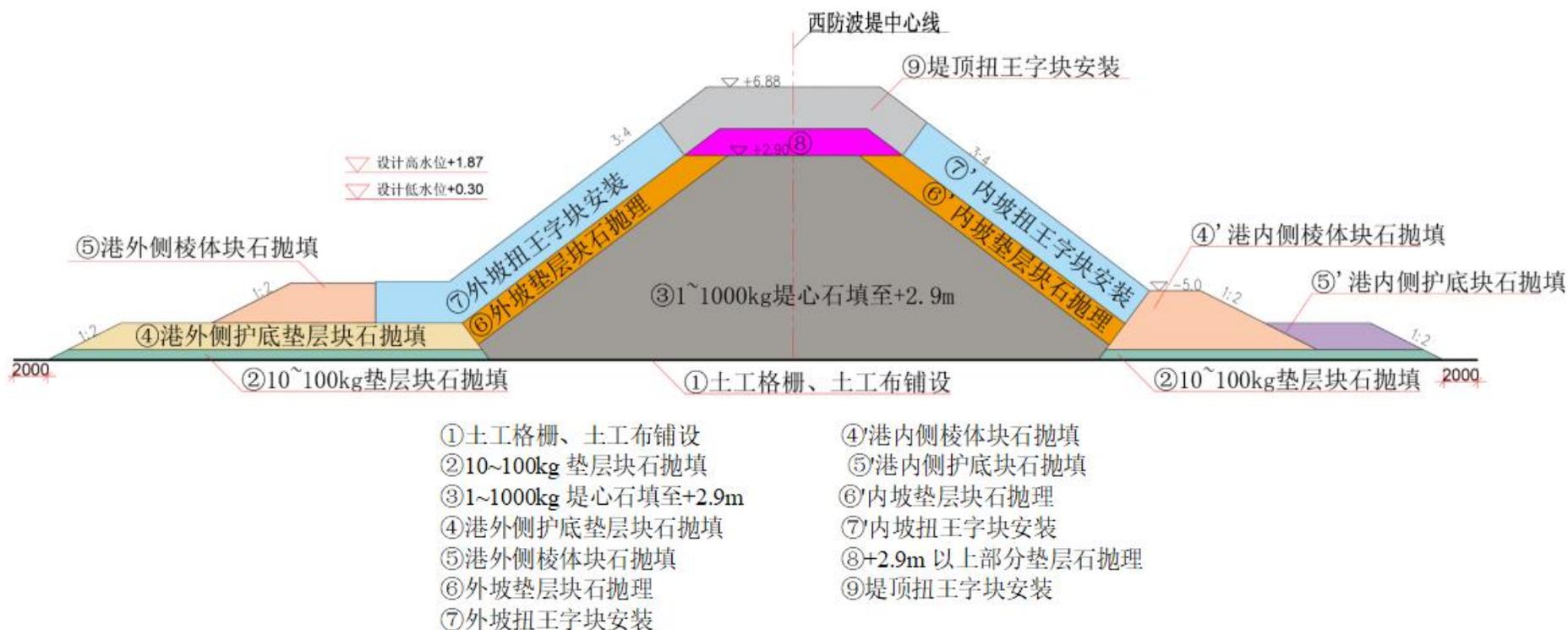
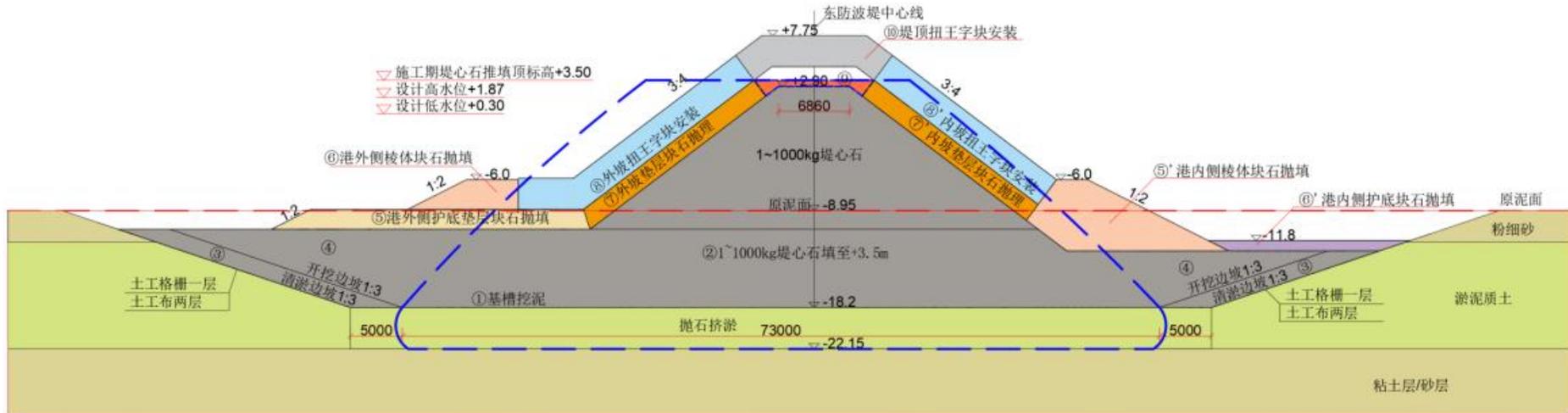


图 2.4.1-2 (3) 西防波堤典型断面施工顺序示意图



- | | |
|------------------------|------------------------|
| ①基槽挖泥 | ⑧外坡扭王字块安装 |
| ②1~1000kg 堤心石填至+3.5m | ⑤港内侧棱体块石抛填 |
| ③坡脚清淤, 土工格栅、土工布铺设 | ⑥港内侧护底块石抛填 |
| ④超填部分反挖及 1~1000kg 块石回填 | ⑦内坡垫层块石抛理 |
| ⑤港外侧护底垫层块石抛填 | ⑧内坡扭王字块安装 |
| ⑥港外侧棱体块石抛填 | ⑨堤顶反挖至设计+2.9m, 堤顶垫层石抛理 |
| ⑦外坡垫层块石抛理 | ⑩堤顶扭王字块安装 |

图 2.4.1-2 (4) 防波堤 (软基处理挤淤泥段) 典型断面施工顺序示意图

2.4.2 吹填区设计

本项目基槽开挖产生的约 22.41 万 m^3 开挖泥已先临时吹至 2#港池后方陆域，本项目后方陆域临时吹填区四周设有临时围堰和溢流口，由本项目临时吹填区溢流的水最终通过后方陆域拟同期建设的施工围堰的总溢流口及沉淀池沉淀后流入海里。

本项目临时吹填纳泥区建有临时围堰，围堰长 1073m，采用充填砂袋结构，围堰堤心采用充填砂袋，两侧分别铺设一层土工布，围堰顶标高+8.0m，顶宽 3m，两侧边坡坡度为 1:1.0。临时围堰设有一个溢流口，溢流堰口底宽为 10m，两侧边坡坡度为 1: 2.5，堰口处围堰表层采用 100cm 袋装砂防护，表面覆盖一层土工布。溢流堰口的高程随着吹填形成高程逐步提高。临时吹填纳泥区溢流水最终通过后方陆域同期建设的施工围堰的总溢流口及沉淀池沉淀后流入海里。其中本项目临时吹填过程中后方陆域无其他吹填工程同时施工。

吹填区平面布置见图 2.4.2-1 所示。

2.4.3 主要分项施工方案

2.4.3.1 基槽挖泥

防波堤基槽开挖施工平面顺序由小里程向大里程推进的方式,通过将基槽平面图导入抓斗式挖泥船上所配置定位设备中,不断调整开挖位置、深度及挖深,基槽开挖泥采用绞吸船开挖后直接吹填上岸,采用1艘1600m³/h的绞吸式挖泥船进行施工。

2.4.3.2 防波堤土工布及土工格栅施工

本工程防波堤堤身底部铺设双向经编土工涤纶格栅一层(120kN/m)+土工布两层400g/m²进行防冲刷,其中土工布在下,土工格栅在上,其施工工艺流程见图2.4.3-1所示。

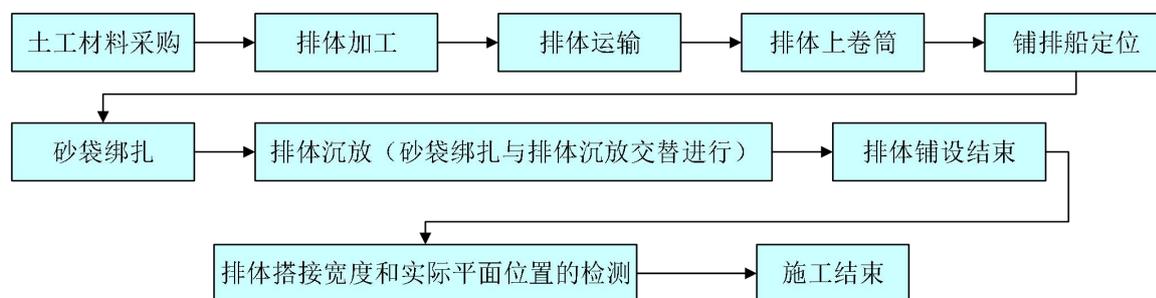


图 2.4.3-1 土工布及土工格栅施工工艺流程图

2.4.3.3 防波堤堤心石(抛)推填

石料供应采取水陆结合的方式,水运为主,陆运为辅。水上抛填采用自卸运输车运输石料至施工现场,卸料至开体驳或自航驳,然后采用开体驳和自航平板驳+挖掘机进行抛填,堤心石抛填主要以开体驳施工为主,平板驳+挖掘机用于欠方部位。陆上推填采用自卸汽车+推土机进行,然后采用长臂挖掘机理坡。

根据本项目分期建设要求以及现场水深和施工船舶吃水情况,东防波堤E0+000~E3+481以及西防波堤W0+000~E1+824堤心石-4.0m以下部分采用水抛(台风期间水上施工至-6.0m),-4.0m以上部分采用陆上推填。

由于现场自然条件差,参考周边项目,施工期间堤心石推填高度需比设计高水位高约1~1.5m以确保堤上施工道路不受风浪冲刷,保证陆上作业施工。本工程设计高水位+1.87m,考虑东防波堤位于工程的外侧受风浪影响较大,东防波堤堤心石施工期推填高度需达到+3.5m,同时拓宽堤心石顶宽至10米以上,且在堤顶上每隔50~80m设置1个

汽车掉头小平台（内侧坡顶少安装 1 块扭王字块，采用块石扩宽 2-3m，后续反挖拆除），间隔 150m 设置设备错车停放平台（内侧拓宽堤心石推填 5m 并用块石及扭王字块护面防护，后续反挖拆除，可作为设备错车停放平台或平板驳搭堤平台）。以确保堤面施工道路不上水，不被风浪冲刷，同时也保证石料推填、抛理和构件安装能同时进行。后期防波堤倒退施工时需反挖超高部分堤心石。西防波堤堤心石推填高度按设计+2.9m 进行施工。

在台风季节期间，堤心石水上抛填部分先抛填至-6.0m，待堤头推填到位前，再抛填至-4.0m 以加快防波堤的施工进度。

防波堤堤顶面宽度有限，结合流水步距、设备行走宽度及工序衔接，防波堤堤面施工分 3 个阶段。一推填阶段，安装扭王字块的履带吊在此期间停放至 150m 间距的设备错车停放平台，施工机械为推土机和挖掘机，石料经自卸汽车运输至现场，由推土机进行推填，挖掘机将大块石挑出放置于外坡中，起到推填过程中临时防护作用，同时为下阶段理坡贮备大块石。二理坡阶段，利用推填阶段存储的大块石及自卸车运输的大块石对防波堤进行理坡，理坡顺序为外坡→内坡。三扭王字块安装阶段，推填及理坡设备在此期间停放至 150m 间距的设备错车停放平台，履带吊在指定位置进行扭王字块安装，安装顺序为外坡→内坡。

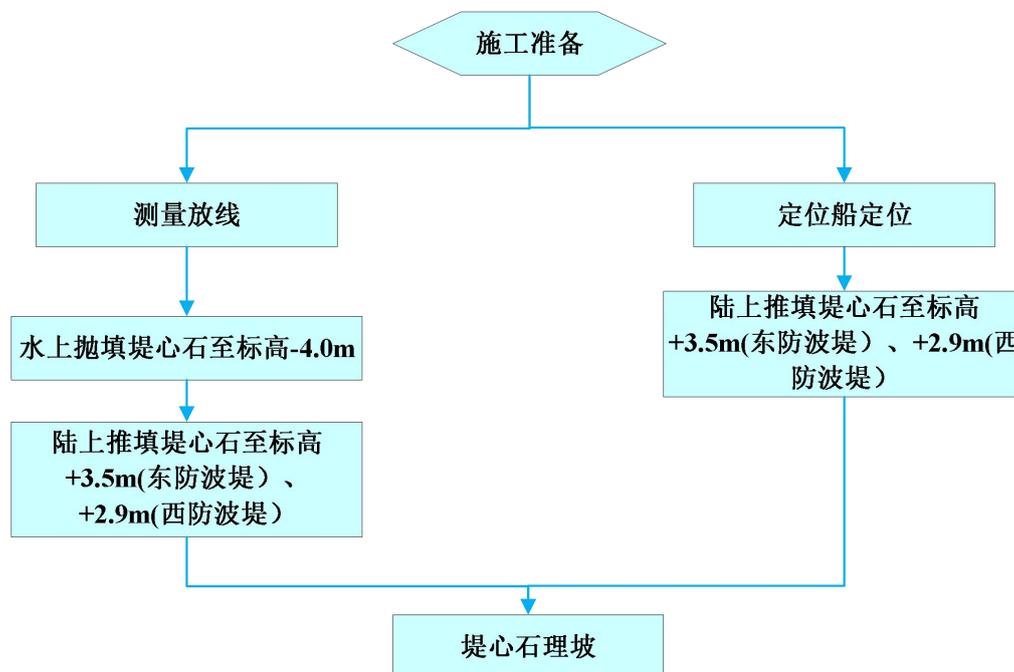


图 2.4.3-2 防波堤堤心石施工工艺流程

2.4.3.4 防波堤垫层块石、护底块石、压脚块石施工

防波堤垫层块石采用陆上抛理+水上抛填相结合施工工艺。护底块石、压脚棱体块石采用水上抛填的工艺。垫层块石宜先水上抛填陆上挖掘机施工半径之外的部位，然后再进行陆上抛填作业。

护底块石、压脚块石水上抛填采用分段抛填，其抛填施工示意图 2.4.3-3 所示。

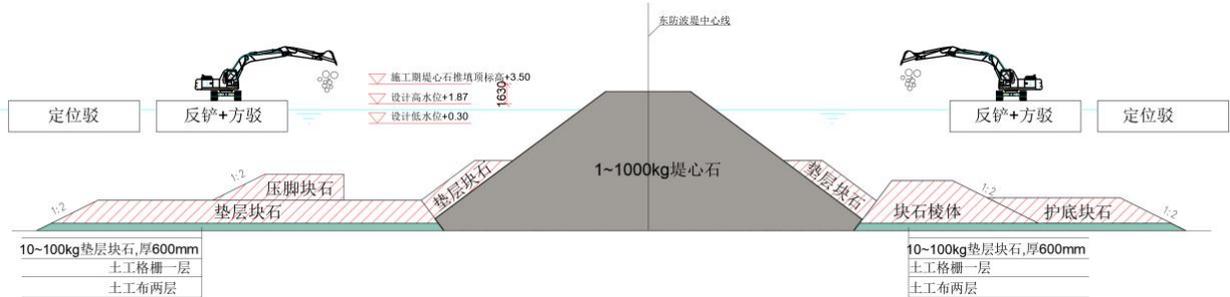


图 2.4.3-3 垫层块石水上抛填示意图

防波堤垫层块石在堤心石推填成型且水上抛填部位完工后，采用长臂挖掘机边理坡边抛石的方式进行，其施工过程示意图 2.4.3-4 所示。

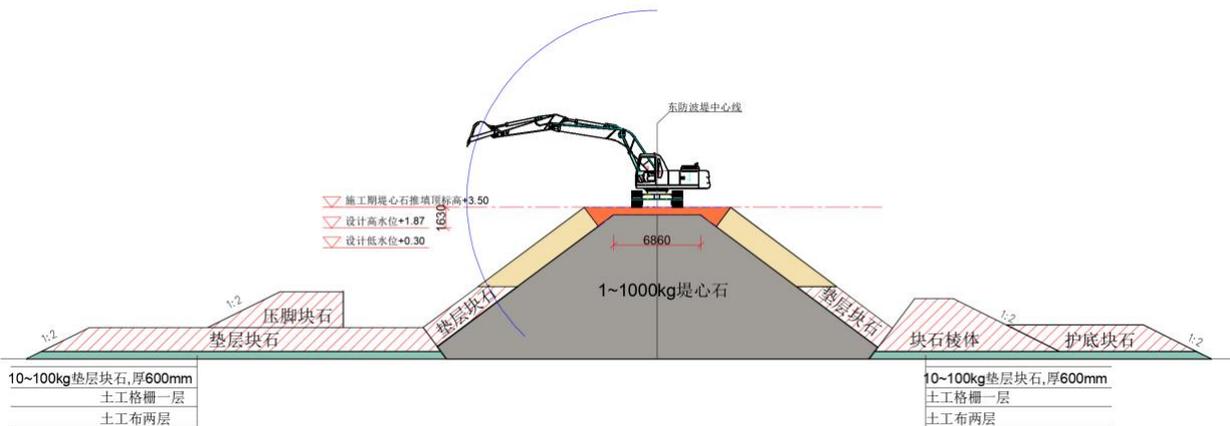


图 2.4.3-4 垫层块石陆上抛理示意图

2.4.3.5 防波堤扭王字块出运安装施工

防波堤扭王字块由预制场预支完成后运至施工现场的临时堆场，施工过程从堆场由龙门吊或履带吊机吊上平板车，并由平板车直接运至防波堤堤顶面进行吊装。陆上采用履带式起重机，极坐标法进行安装，块面护体施工工艺流程示意图 2.4.3-5 所示。

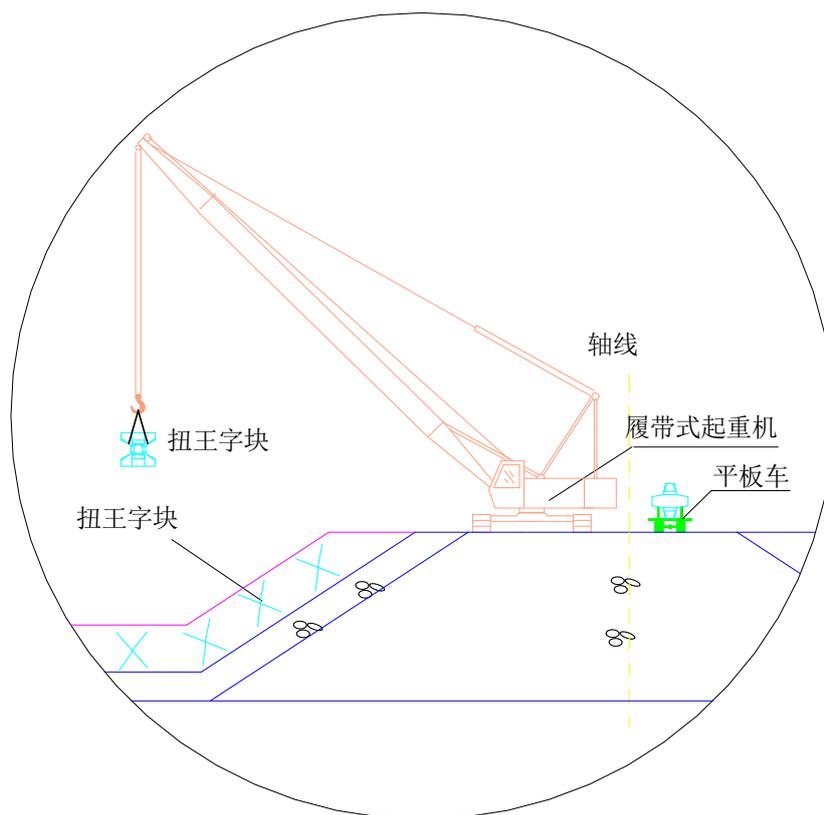


图 2.4.3-5 护面块体安装工艺图

2.4.3.6 防波堤倒退（+2.9m 以上部分）施工

东、西防波堤堤心石推填至防波堤堤头后，由堤头向堤根倒退施工。倒退施工主要包括加高部分堤心石的挖除（西防波堤不需要）、堤顶垫层石填筑、堤顶扭王字块安装。

施工方法：

(1) +2.9m~+3.5m 加高部分堤心石挖除

采用反铲将东防波堤+2.9m~+3.5m 堤心石加高部分挖除，由自卸车装运至备料区。

(2) +2.9m 以上部分垫层块石填理

采用 2 台反铲进行垫层石填筑施工，填筑时两台挖掘机错位施工，由自卸车将垫层块石运输至现场，由挖掘机进行填筑并理坡。

(3) 堤顶扭王字块安装

采用 20t、80t 门吊+40t 平板车出运护面块体，二次转堆场内采用 80t 履带吊+40t 平板车出运护面块体，东堤 200t 履带式起重机进行扭王字块安装，西堤 150t 履带式起重机进行扭王字块安装。

履带吊机位于堤顶垫层石上方，平板车施工通道位于堤心石上。结合不同扭王字块

的吊装工作幅度，控制堤顶垫层石加高单段施工段长度=工作幅度+半个机位+2m 安全距离，同时保证小里程侧有 10m 的安全距离。

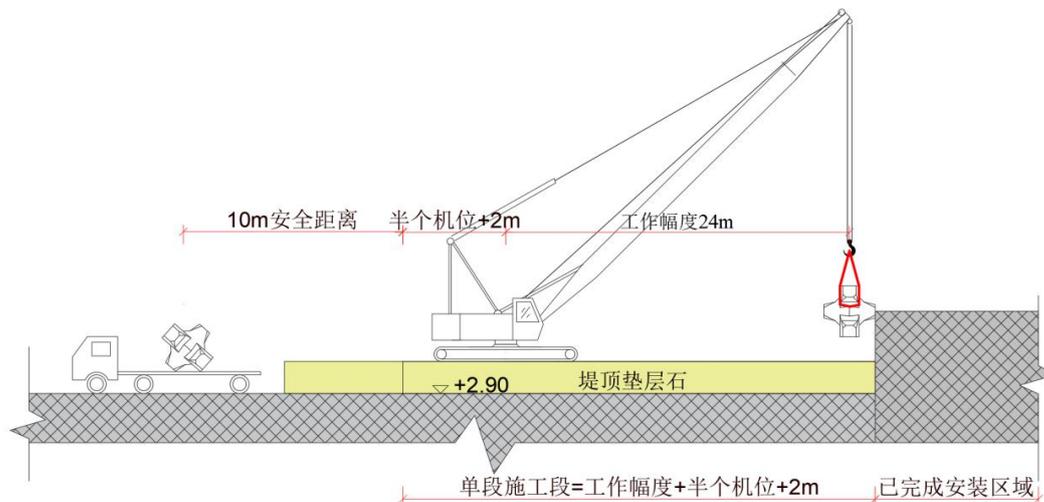


图 2.4.3-6 堤顶扭王字块安装示意图

2.4.3.7 灯桩

防波堤设有灯桩 3 座，分别位于东防波堤堤头与堤中、西防波堤堤头，灯桩上落设有预制步梯（空心方块+预制踏步阶梯）和现浇基础（含步梯），主要施工工艺流程为：在预制场预支完成的方块及踏步运至施工现场→采用履带吊进行空心方块+预制踏步阶梯陆上安装→现浇灯桩基础。

2.4.4 主要施工设备

本项目实际施工过程中涉及的施工设备见表 2.4.4-1 所示。

表 2.4.4-1 本项目实际施工过程中所涉及的施工设备一览表

序号	机械设备	型号规格	单位	数量	使用工序
1	绞吸式挖泥船	1600m ³ /h	艘	1	基槽挖泥
2	铺排船		艘	1	防波堤土工布及土工格栅施工
3	泥驳	1500 m ³	艘	1	
4	开体驳	800m ³	艘	2	堤心石水抛
5	自航跳板驳(自带挖机和装载机)	5000t	艘	6	堤心石、规格石水抛
6	自航跳板驳(自带挖机和装载机)	2000t	艘	2	堤心石水抛
7	定位方驳	1000t	艘	1	
8	锚艇		艘	1	
9	交通船		艘	1	
10	推土机	SD32	台	2	堤心石陆推
11	挖掘机	PC450	台	2	理坡

12	长臂挖掘机	日立 800	台	1	理坡
13	挖掘机	PC360	台	2	水上石料抛填、石料装驳、倒退施工反挖
14	龙门吊	80t	台	1	扭王字块安装、倒退施工
15	龙门吊	20t	台	1	
16	平板车	40t	台	13	
17	履带吊	80t	台	1	
18	履带吊	350t	台	1	
19	履带吊	200t	台	1	
20	履带吊	150t	台	1	

2.4.5 施工进度安排

本项目实际于 2020 年 10 月 29 日开始进行施工建设，但由于疫情、征地等影响，项目施工进度较慢，目前仅完成两条防波堤的基槽挖泥施工、西防波段和东防波堤与海岸垂直段的施工（见图 2.2-1 所示），其他未施工堤段计划于 2024 年 4 月全部建设完成。总施工进度如表 2.4.5-1 所示。

表 2.4.5-1 本项目实际施工进度安排一览表

节点名称	开始时间	结束时间
扭王字块预制施工	2020 年 10 月 1 日	2024 年 2 月 1 日
基槽挖泥	2022 年 3 月 1 日	2022 年 8 月 30 日
东防波堤扭王字块出运安装	2021 年 4 月 17 日	2024 年 2 月 29 日
西防波堤扭王字块出运安装	2022 年 9 月 19 日	2023 年 11 月 28 日
东防波堤土工布及土工格栅	2021 年 3 月 16 日	2023 年 4 月 15 日
西防波堤土工布及土工格栅	2022 年 5 月 26 日	2023 年 10 月 30 日
东防波堤垫层块石、护底块石、压脚块石	2021 年 3 月 19 日	2024 年 4 月 23 日
西防波堤垫层块石、护底块石、压脚块石	2022 年 5 月 29 日	2023 年 12 月 5 日

2.5 土石方平衡

本项目防波堤总挖方 22.41 万 m³；填方 343.23 万 m³，其中石方 306.21 万 m³；借方 343.23 万 m³，土石方主要来自周边金交椅、澳角、兵营、大南山几个采石场，采用的自卸汽车（载重 80t 左右）运输，混凝土现场搅拌。

本工程弃方 22.41 万 m³，为基槽开挖泥，已吹填至后方陆域，土石方平衡分析见表 2.5-1。

表 2.5-1 土石方平衡一览表

挖方 (淤泥)	填方		借方		弃方
	石方	混凝土	石方	混凝土	
22.41	306.21	37.02	306.21	37.02	22.41

2.6 项目批复用海情况

本项目于 2017 年 11 月 17 日取得原广东省海洋与渔业厅《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293 号），批准用海面积为 46.6223 公顷，全部用海为非透水构筑物，批准用海范围占用自然岸线 106.3 米，批准用海期限 40 年；于 2020 年 11 月 25 日取得《中华人民共和国不动产权证书》（粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000547 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号）。其中，西防波堤中段与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海（面积 2.8055 公顷）存在重叠的部分（重叠部分面积约为 2.3472 公顷），由于其用海方式与本项目相同，且本项目实施后，该项目已于实施的必要，因此，该项目的用海已于 2017 年 8 月 10 日经《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》（国海管字[2017]371 号）同意，全部转让给揭阳大南海石化工业区管理委员会用于建设本项目防波堤，并已于 2017 年 9 月 11 日取得不动产权证书国（2017）海不动产权第 0000042 号。

2.7 项目申请用海情况

本次补充论证根据2022年批复的海岸线对本项目的用海范围进行重新界定，确保本项目用海范围与2022年批复的海岸线无缝衔接。

2.7.1 本次补充论证项目申请用海情况

本次根据本项目实际建设方案、2022年批复海岸线和《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）等重新对本项目的用海范围进行界定，经重新界定后，本次补充论证申请用海总面积为46.7253公顷，用海类型为交通运输用海（一级类）中的港口用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式），用海范围需占用砂质自然岸线总长度约为95.16m，其中西防波堤需占用砂质自然岸线约44.96m，东防波堤需占用砂质自然岸线约50.20m。本次补充论证申请用海宗海位置图见图2.7.1-1，宗海界址图见图2.7.1-2所示。

此外，西防波堤中段与“中委广东石化2000万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海重叠的部分，保持原用海方案不变，本次不进行任何变更。

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程宗海位置图

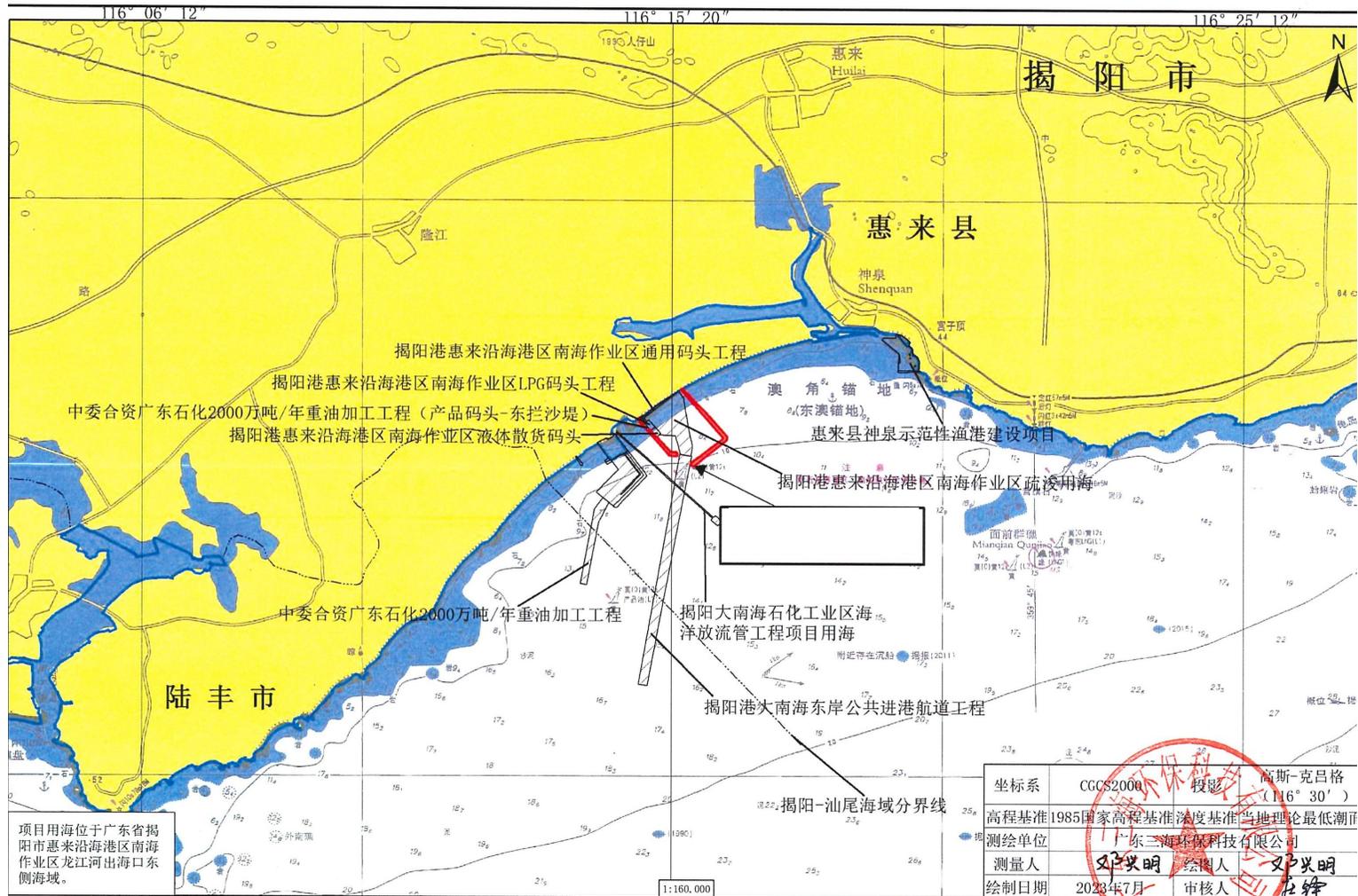


图 2.7.1-1 本项目宗海位置图

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程宗海界址图

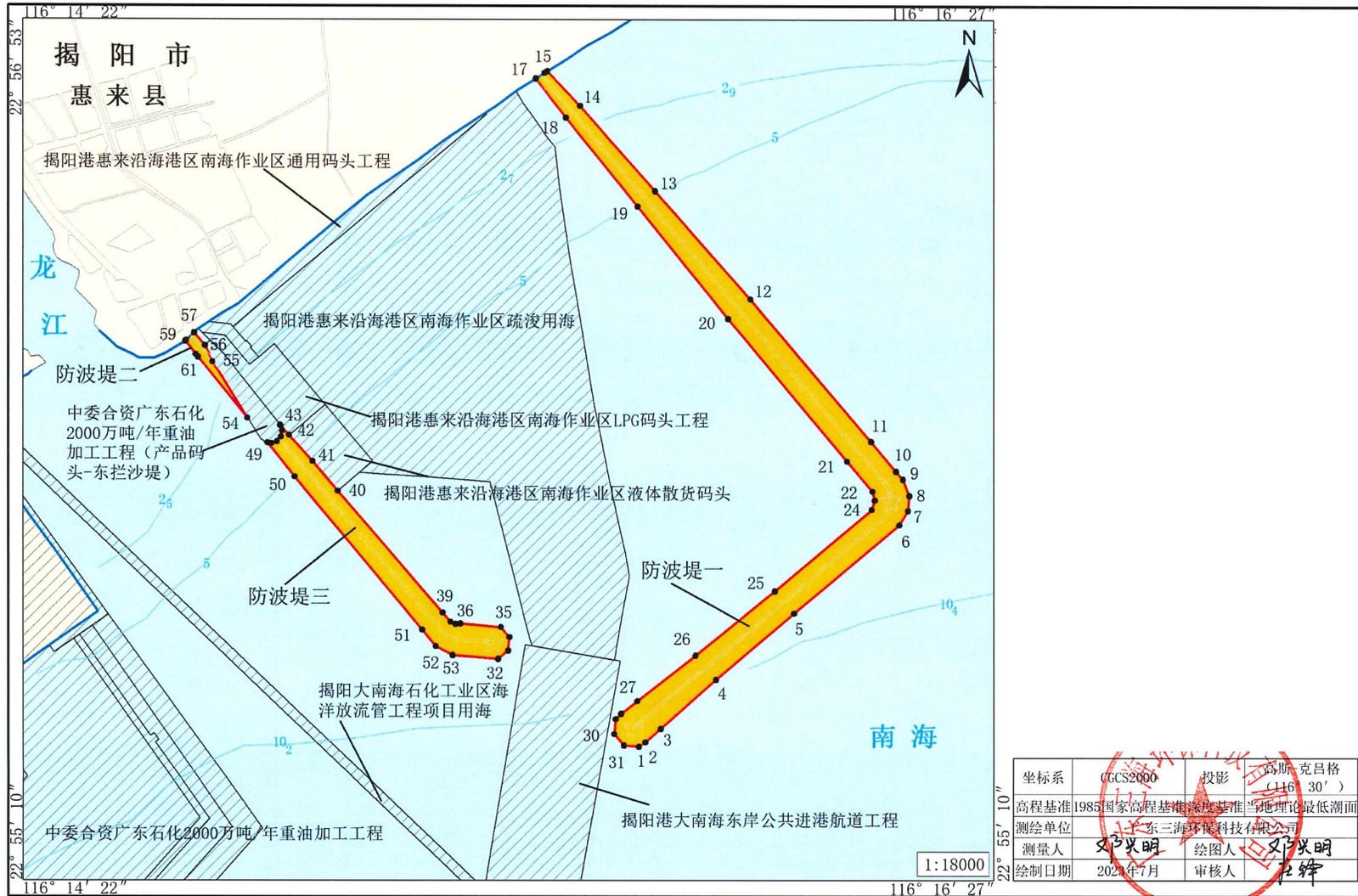


图 2.7.1-2 本项目宗海界址图

2.7.2 本次申请用海情况与原批复用海情况对比分析

本次补充论证申请用海总面积约为46.7253公顷，较原批复用海总面积46.6223公顷增加了约0.1030公顷；用海范围占用海岸线的总长度约为95.16m，较原批复的106.3m减少了约11.14m，用海面积及占用海岸线长度的变化均是由于前后两次海岸线修测成果不一致引起。其中本项目西防波所在位置的海岸线内缩，主要是由于岸滩侵蚀引起；东防波堤所在位置的岸线外移，为新旧岸线界定方法和标准不尽一致所致，本项目不存在违法用海问题。本项目申请用海面积及其使用海岸线情况与原批复的用海情况对比分析见表2.7.2-1所示。

表 2.7.2-1 本次补充论证申请用海与原批复的用海面积情况对比分析一览表

序号	原批复用海情况			本次申请用海情况			变化情况		
	用海面积 (公顷)	占用海岸线情况 (m)		用海面积 (公顷)	占用海岸线情况 (m)		用海面积 (公顷)	占用海岸线情况 (m)	
		西防波堤	东防波堤		西防波堤	东防波堤		西防波堤	东防波堤
	原批复用海情况			本次申请用海情况					
1	46.6223	60.2	46.1	46.7253	44.96	50.20	0.1030	-15.24	+4.10

2.7.3 项目申请用海期限

根据本项目取得的《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293号）和《中华人民共和国不动产权证书》（粤（2020）惠来县不动产权第0000548号、粤（2020）惠来县不动产权第0000547号、粤（2020）惠来县不动产权第0000548号），本项目批复用海期限为40年（2017年11月17日起2057年11月17日止），本次补充论证的用海期限仍与原批复的海域使用期限一致，即本次补充论证申请的用海期限终止日期也为2057年11月17日。海域使用权期限届满，海域使用权人确需继续用海的，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。

2.8 项目用海必要性

2.8.1 项目建设必要性

本项目的建设是进一步推进揭阳市沿海经济带建设，发挥港口对临港产业发展及对外经贸合作的引领作用的需要；是适应腹地运量需求持续增长及提高揭阳港港口能力适应度的需要；是支持揭阳港大型公共物流泊位建设，推进港口结构调整的需要；是促进大南海石化工业园发展的关键工程，有助于优化整个沿海经济带投资环境；是适应运输船舶大型化发展的需要；本项目的建设可为港区企业安全施工和运营提供保障，是港区企业实施的前提和必要条件。

因此，本项目的建设具有必要性，原海域使用论证报告书已对相关内容进行详细的论述，本次不再赘述。

2.8.2 用海调整的必要性

本项目原界定用海范围时是采用的2008年批复的海岸线，而2022年省政府批复了最新的海岸线。根据2022年省政府批复的海岸线，本项目西防波堤堤根原为陆域的部分区域，现已划入海域范围管理，因此现原批复的西防波堤用海范围与最新海岸线之间存在未申请用海的空白地带；此外，本项目东防波堤堤根原为海域的部分区域，按2022年批复的海岸线进行界定，已不再位于海域。因此，本项目用海范围需按2022年批复的海岸线进行重新界定，确保本项目用海范围与2022年批复的海岸线无缝衔接，确保本项目不存在未申请用海的空白地带。

综合前述分析，本项目用海范围根据最新批复的海岸线进行调整是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 岸线资源

揭阳市岸线以人工岸线为主，主要是构筑物岸线；砂质岸线资源优越且分布较广。揭阳市海岸线走向基本呈东西走向，海岸形态多样，海岸资源丰富。根据 2022 年省政府批准的海岸线修测成果，揭阳市海岸线总长 142.17km。依据《海岸线保护利用管理办法》中提出的将整治修复后具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线纳入自然岸线管控目标管理，将生态恢复岸线纳入自然岸线保有核算，则从岸线一级类划分，人工岸线比重最大，为 77.47km，占揭阳市海岸线总长 54.49%；其次为自然岸线，为 64.53km，占比 45.39%；其他岸线长为 0.17km，占比 0.12%。从岸线二级类划分，占比较高的二类岸线为构筑物岸线、砂质岸线、围海岸线。其中，构筑物岸线长为 49.27km，占比 34.66%；砂质岸线长为 47.28km，占比 33.26%；围海岸线长为 16.55km，占比 11.64%。揭阳市岸线由榕江口岸线（榕江大桥至出海口段）与惠来沿海岸线两部分组成。其中榕江岸线长 26.72km，以人工岸线为主，人工岸线占榕江口岸线总长 96.60%，河口岸线和生态恢复岸线仅占极少比例。惠来县大陆海岸线长 115.45 千米，其中：人工岸线长 51.66 千米，自然岸线长 63.30 千米（基岩岸线 15.92 千米，泥质岸线 0.10 千米，砂质岸线 47.28 千米），其他岸线 0.49 千米（其中生态修复岸线 0.43 千米）。

3.1.2 港口资源

揭阳港目前包含“两港（港区）十区（作业区）”，即榕江港区分为：仙桥作业区、炮台作业区、石头作业区、青屿作业区、地都作业区等 5 个作业区；惠来沿海港区分为：南海作业区、神泉作业区、前詹作业区、资深作业区、靖海作业区等 5 个作业区，本项目位于惠来沿海港区南海作业区内，下面主要介绍惠来沿海港区的基本情况。

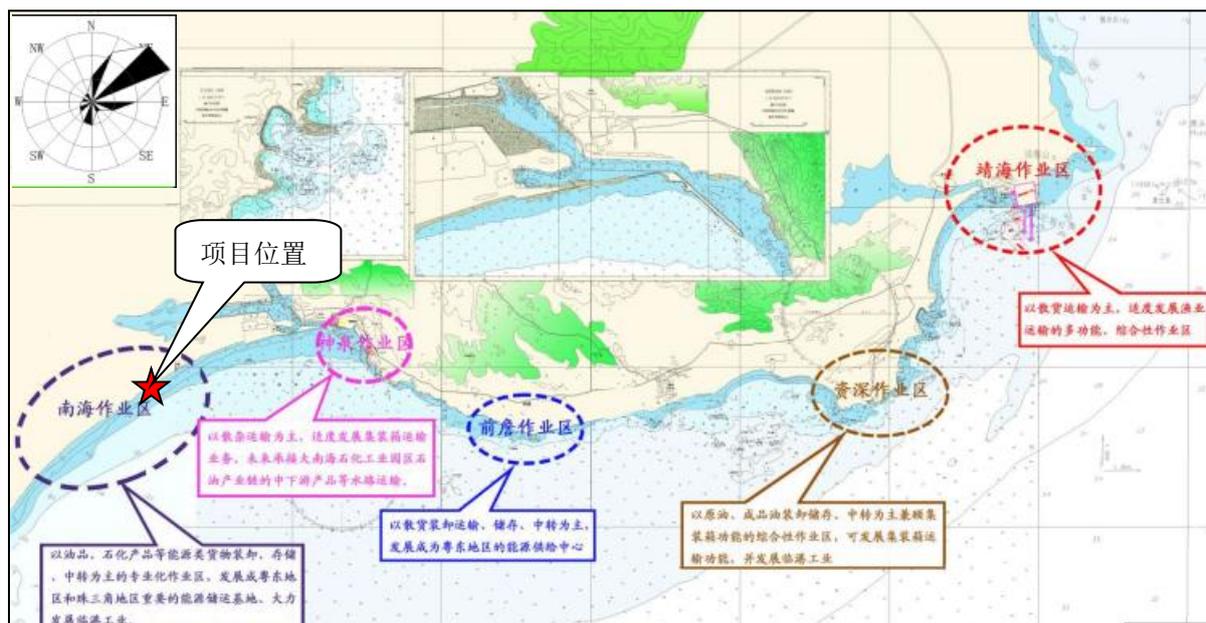


图 5.2.2-1 揭阳港惠来沿海港区各作业区分布图

1.南海作业区

以油品、石化产品等能源类货物装卸、存储、中转为主要的专业、化作业区，发展成粤东地区和珠三角地区重要的能源流通加工基地、大力发展临港工业。

2.神泉作业区

神泉作业区保留现有功能，未来承接大南海石化工业园区石油产业链的中下游产品等水运运输业务；适度发展集装箱运输。

3.前詹作业区

以能源储备、中转、集散为主，兼顾部分通用货类装卸的作业区。

4.资深作业区

以原油、成品油装卸、储存、中转配送为主兼备集装箱功能的综合性作业区，发展集装箱运输功能，并发展临港工业。

5.靖海作业区

以散货运输为主，适度发展杂货、集装箱运输的多功能、综合性作业区，并为临港产业提供支撑。

3.1.3 揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划概况

南海作业区是揭阳港惠来沿海港区五个作业区之一，位于广东省东南部的揭阳市惠来县西南沿海、神泉作业区西侧，西与汕尾陆丰市交界，北侧紧邻大南海国际石化综合

工业园。

1、作业区发展定位

南海作业区主要为后方工业园区提供原材料及产品运输通道。根据《揭阳港总体规划》及其批复（粤交规函[2010]2196号），南海作业区的功能是：以油品、石化产品等能源类货物装卸、存储、中转为主要的专业化作业区，发展成为粤东地区和珠三角地区重要的能源储运基地、大力发展临港工业。

2、作业区规划情况

根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》，2#港池位于龙江河口以东段岸线靠西 1.6km 港口岸线。采用双环抱式防波堤，西防波堤长 774m，东防波堤长 2640m。防波堤口门朝南向，位于-10m 水深处，口门有效宽度为 290m。南海作业区 2#港池布置规划调整方案如下：将顺岸通用泊位增加多用。途泊位功能，岸线调整至海陆分界线处，后方可形成堆场。规划液体散货泊位码头岸线 4087m，规划多用途泊位码头岸线 1040m，规划通用泊位码头岸线 300m。顺岸岸线为 1 个 7 万吨级通用泊位岸线和 3 个 5 千~7 万吨级多用途泊位岸线，规划货种为散货、件杂货、滚装船和集装箱，满足港口物流发展需求。西防波堤内侧规划 4 个泊位，其中防波堤根部内侧规划 1 个 5 万吨级液化气泊位，海侧规划 3 个 5 千~5 万吨级液体散货泊位（规划岸线长度按 5 万吨级液体散货泊位计算，可兼顾 4 个 5 千吨级液体散货泊位），东防波堤内侧规划 8 个 5 千~5 万吨级液体散货泊位（规划岸线长度按 5 万吨级液体散货泊位计算，可兼顾 13 个 5 千吨级液体散货泊位），南防波堤内侧规划 2 个 5 万~10 万吨级液体散货泊位和 1 个 5 千~5 万吨级液体散货泊位（南防波堤内侧规划岸线长度可兼顾 4 个 5 千吨级液体散货泊位）。西防波堤内侧规划工作船舶位 174m，可与液体散货泊位协调使用。

原陆域回填方案取消，通用及多用途泊位岸线后退约 819m 至天然岸线附近，调整后陆域纵深 800m。

表 3.1.3-1 调整后 2#港池泊位建设规划指标表

项目		形成码头岸线 (m)		可建泊位数量 (个)		通过能力 (万吨)
所在位置	岸线用途	小计	其中：深水岸线	小计	其中：深水泊位	
2#港池	液体散货泊位	4087	4087	15 (23)	15	3180
	多用途泊位	1040	1040	3	3	750
	通用泊位	300	300	1	1	800
	支持系统泊位（与液体散货泊位协调使用）	174	0	1	0	-
	合计	5601	5427	20	19	4730

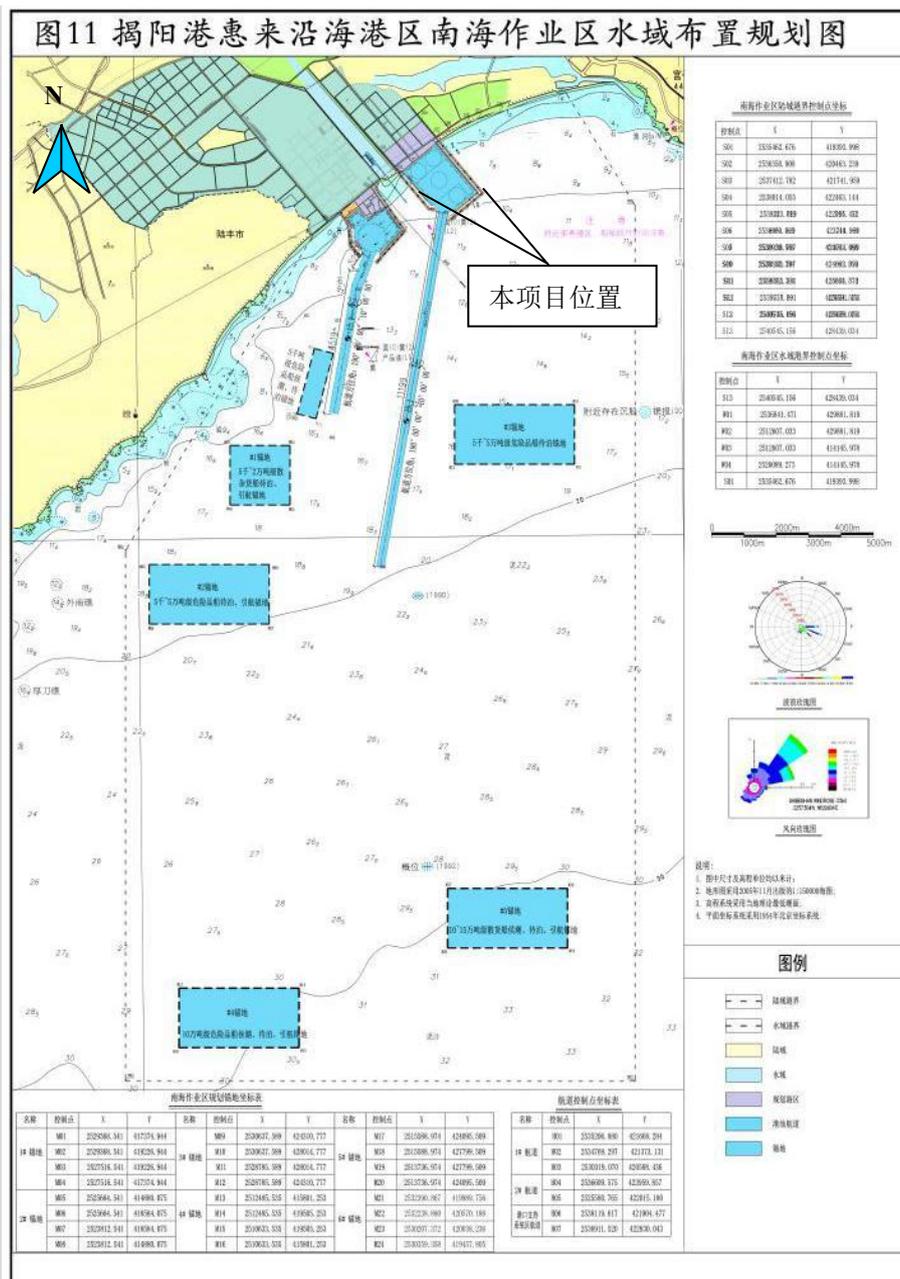


图3.1.3-1 南海作业区码头规划图

3.1.4 航道资源

(1) 航道现状

根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》，揭阳港惠来沿海港区现有2条航道，分别是10万吨级靖海作业区进港航道（惠来电厂航道）和前詹作业区进港航道（LNG接卸码头航道）。

表 3.1.4-1 揭阳港沿海航道现状表

序号	航道名称	长度 (m)	宽度 (m)	底标高 (m)	维护标准
1	靖海作业区进港航道	6.8	200	-16.1	乘潮 100000 吨级
2	前詹作业区 LNG 码头进港航道	2.4	345	-14.7	乘潮 150000 吨级

(2) 航道规划

南海作业区规划有 2 条进港航道，见图 3.1.4-1 所示，本项目 2#港池的航道为 2#港池进港航道。

1) 中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程航道 (1#进港航道)：据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》，1#进港航道规划为 10 万吨级油船满载乘潮通航和 5 万吨级油船满载不乘潮通航的航道，航道总长度约 4.5km，通航宽度为 220m，设计底高程为-15.7m。目前 1#进港航道已基本完成一期工程的建设，航道设计底宽 190m，设计底高程-13.5m，航道轴线分两段布置，外段航道的方位角为 010°~190°，长度为 2270m；内段航道的方位角为 034°~214°，长度为 730m。1#进港航道一期工程满足 5 万吨级油船单向乘潮通航。

2) 揭阳大南海东岸公共进港航道 (2#进港航道)：规划近期按 10 万吨级标准建设，可满足 10 万吨级油船及散货船满载乘潮单向通航要求；远期按 15 万吨级标准建设，可满足 15 万吨级散货船满载乘潮单向通航要求。按近期标准建设航道开挖长度 7.45km，航道设计底标高为-16.1m，远期航道设计底标高为-19.1m，设计通航宽度为 265m。

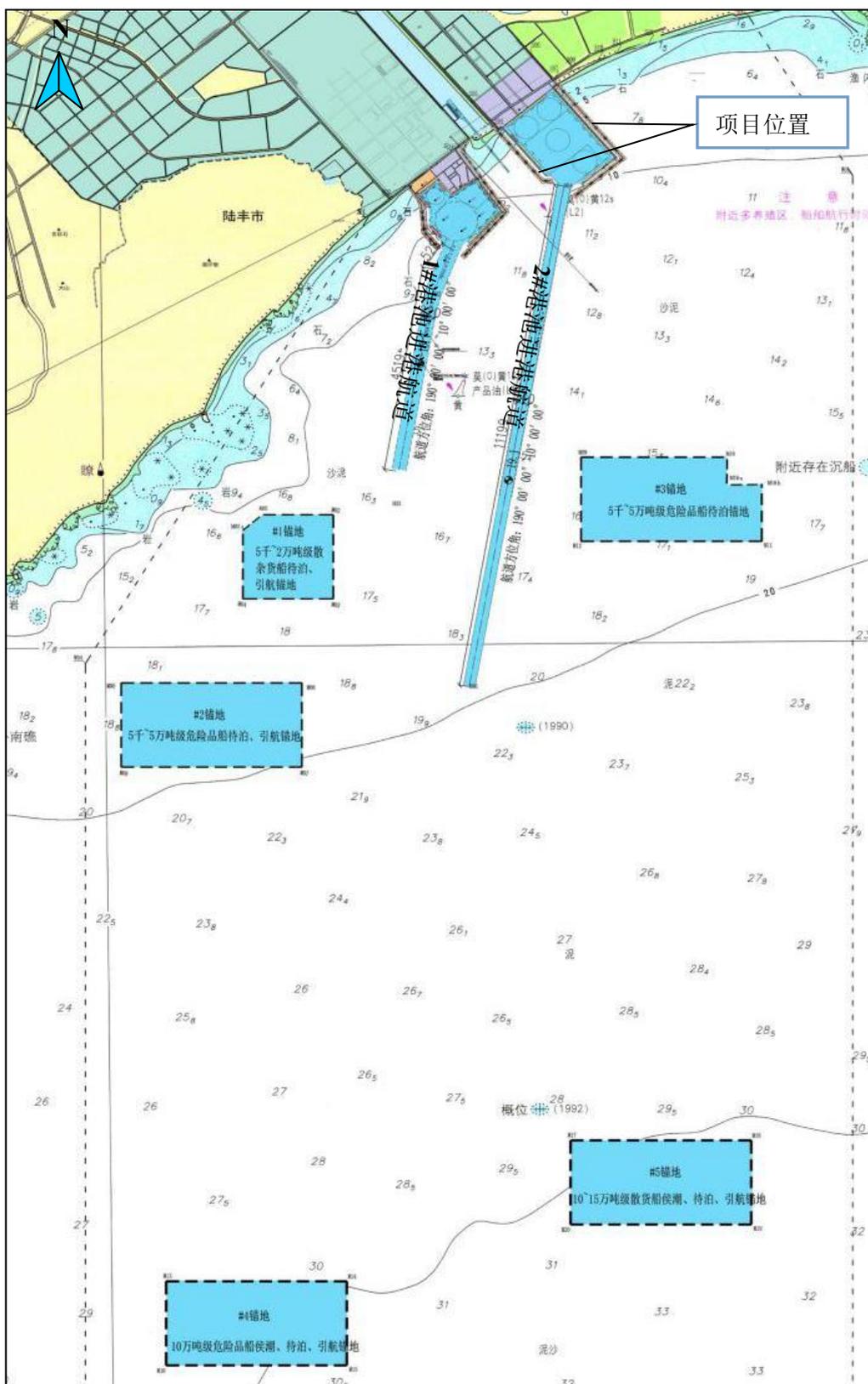


图 3.1.4-1 南海作业区航道及锚地规划示意图

3.1.5 锚地资源

根据《揭阳市惠来县沿海港区南海作业区规划调整方案》，南海作业区规划锚地 5 处，锚位数 38 个，总面积约 30.87km²，详见表 3.1.5-1 和图 3.1.4-1 所示。

1#锚地设在 1#港池航道西南侧，规划为 5 千~2 万吨级散杂货船锚地，面积约 3.43km²，水深-11m~-17m，可供 6 艘 5 千~2 万吨级的散杂货船舶引航、联检、待泊使用。

2#锚地设在 1#锚地南侧 1 海里处，规划为 5 千~5 万吨级危险品船锚地，面积为 6.86km²，水深-15m~-19m，可供 12 艘 5 千~5 万吨级的危险品船舶引航、联检、待泊使用。

3#锚地设在 2#港池航道的东侧，规划为 5 千~5 万吨级危险品船锚地，面积为 6.86km²，水深-15m~-18m，可供 12 艘 5 千~5 万吨级危险品船舶引航、联检、待泊使用。

4#锚地设在 20m 等深线南侧约 5.5 海里靠近 30m 等深线处，以避开沿海中小型船的习惯航路，规划为 10 万吨级危险品船锚地，面积约 6.86km²，水深约-27m~-30m，可供 4 艘 10 万吨级危险品船引航、联检、待泊、候潮使用。

5#锚地设在 30m 等深线处，以避开沿海中小型船的习惯航路，4#锚地东侧约 3 海里处，规划为 10 万~15 万吨级散杂货船锚地，面积约 6.86km²，水深-28m~-31m，可供 4 艘 10 万~15 万吨级的散杂货船舶候潮、引航、联检、待泊使用。

3.1.6 海洋渔业生产情况

揭阳市惠来县沿海主要渔获种类有马鲛、龙头鱼、叫姑鱼、小公鱼、白姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、蓝子鱼、海鳗、棱鳀类、鳓鱼、方头鱼、蛇鲻、灰鲳、中国鲳、带鱼、金线鱼、鲐鱼、马鲛、细鳞鲷、小沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷科鱼类、蓝圆鲹、马面鲀、竹荚鱼、鲷鱼、宽突赤虾、对虾、鹰爪虾、近缘新对虾、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、锈斑蟊、日本蟊、虾蛄类、猛虾蛄、杜氏枪乌贼、目乌贼和双斑蛸等。

2021 年以来，揭阳市惠来县渔业主管部门采取有力措施，大力发展现代海洋渔业，增量增产，突出特色，调整优化产业结构，进一步加强乡村振兴与海洋渔业高质量发展的有效衔接，促进海洋渔业稳定发展和农渔民持续增收。2021 年惠来县水产品产量约 86567 吨，其中，海洋捕捞 43547 吨，海水养殖 24036 吨（鲍鱼养殖产量为 2290 吨），淡水捕捞 880 吨，淡水养殖 18104 吨。2021 年全县渔业经济总产值 304079 万元，其中，海洋捕捞 98048.2 万元，海水养殖 71419.8 万元，淡水捕捞 857.5 万元，淡水养殖 24722.5 万元，水产苗种 23059 万元。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候气象

揭阳市惠来县全境地处北回归线以南,属南亚热带季风气候,高温湿润,雨量充沛,日照充足,根据惠来县气象站 2002~2021 年连续 20 年的统计资料,惠来县近 20 年的多年平均气温较高,为 22.6℃。累年极端最低温度 1.5℃,累年极端最高气温 38.4℃。平均气温年变幅不大,最热的月份出现在 7~8 月份,多年月平均气温为 28.0℃以上;6 月和 9 月次之,多年月平均气温为在 27.0℃~28.0℃;最冷的月份出现在 1 月份,多年月平均气温为 15.0℃。

该海域地处季风区,累年平均风速为 2.5m/s,年主导风向为东北东和东北向,出现频率为 18.1%和 17.1%,风向和风速随季节变化不明显。累年各月份平均风速变化不大,其平均值在 2.3m/s~2.7m/s 之间,其中 9 月份平均风速最小,多年平均值为 2.3m/s。

该地区累年平均降水量为 1726.9mm,年际变化较大。季节变化也非常明显,有雨季和旱季之分。每年的 4~9 月份为雨季,累年月平均降水量均在 140mm 以上,受季风和热带气旋影响,6~8 月份降水最多,累年月平均降水量为 250mm 以上。10 月至翌年 3 月为旱季。

该区多年平均相对湿度值为 79%,4~9 月平均相对湿度较大,多年月平均都在 80%及以上。

惠来县气象站 2002~2021 年气象统计结果如表 3.2.1-1 所示,各月平均风速见表 3.2.1-2,平均风频见表 3.2.1-3,多年风向玫瑰图见图 3.2.1-1。

表 3.2.1-1 惠来气象站近 20 年的主要气象资料统计表 (2002~2021 年)

统计项目	统计值	极值出现时间
多年平均大风日数	2.7	
多年平均雷暴日数	52.3	
多年平均沙尘暴日数	1.3	
多年平均冰雹日数	0	
多年平均气压 (pa)	1010.6	
多年平均水汽压 (pa)	22.8	
多年平均相对湿度 (%)	79	
多年平均气温 (°C)	22.6	
年平均风速 (m/s)	2.5	
多年平均静风出现频率 (%)	4.6	

统计项目	统计值	极值出现时间
多年平均年降水量 (mm)	1726.9	
多年平均最大日降水量 (mm)	174.0	
最大日降水量 (mm) 及出现的时间	295.4	2013-08-18
极端最高气温 (°C) 及出现的时间	38.4	2005-7-18
极端最低气温 (°C) 及出现的时间	1.5	2016-1-25
极大风速 (m/s) 及出现时间	37.1	2013-09-22

表 3.2.1-2 惠来 2002~2021 年各月平均风速 (m/s)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
风速 m/s	2.6	2.6	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.6	2.6	2.7	2.5

表 3.2.1-3 惠来 2002~2021 年各风向频率 (%)

月份	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	C
1月	15.7	22.4	21.3	9.6	4.4	1.8	0.9	2.5	1.5	1.2	1.3	1.2	1.0	1.4	2.0	7.4	4.9
2月	13.0	19.0	22.3	10.5	5.2	2.3	1.5	3.7	2.3	1.6	1.5	1.3	1.3	1.6	1.9	6.2	5.0
3月	10.6	20.3	20.9	10.4	5.3	2.5	2.2	4.4	3.0	2.0	1.9	1.7	1.4	1.8	2.1	5.1	5.1
4月	9.4	16.8	18.9	10.2	4.9	2.7	2.9	6.6	4.8	3.0	2.6	2.2	1.7	2.0	2.2	4.8	4.7
5月	7.1	13.9	17.2	10.2	5.1	2.6	2.9	7.7	8.7	5.3	3.4	2.5	1.8	1.9	1.9	3.2	5.0
6月	6.0	10.4	12.8	8.4	4.7	2.8	3.8	8.9	11.4	8.6	5.3	3.8	2.4	2.2	1.9	2.8	4.1
7月	7.2	10.3	12.1	8.5	5.0	3.6	4.3	8.7	9.8	6.2	5.3	4.2	2.8	2.5	2.1	3.6	4.2
8月	8.0	11.1	12.2	8.5	5.3	3.6	3.8	7.1	6.7	5.0	4.6	4.1	3.5	3.6	3.0	4.6	5.5
9月	11.5	15.9	17.3	10.7	5.6	3.0	3.2	4.8	3.2	2.4	2.5	2.2	2.0	2.8	2.9	6.1	4.4
10月	15.8	21.4	21.8	9.6	4.3	1.8	1.2	2.6	1.6	1.3	1.4	1.2	1.3	1.6	2.1	7.0	4.2
11月	16.2	22.0	21.7	9.6	4.8	2.1	1.3	2.6	1.5	1.2	1.4	1.2	1.0	1.2	1.8	6.7	3.9
12月	18.3	21.7	19.3	8.5	3.6	1.6	1.0	2.5	1.4	1.2	1.3	1.1	1.0	1.3	2.3	9.8	4.2
全年	11.6	17.1	18.1	9.5	4.9	2.5	2.4	5.2	4.7	3.3	2.7	2.2	1.8	2.0	2.2	5.6	4.6

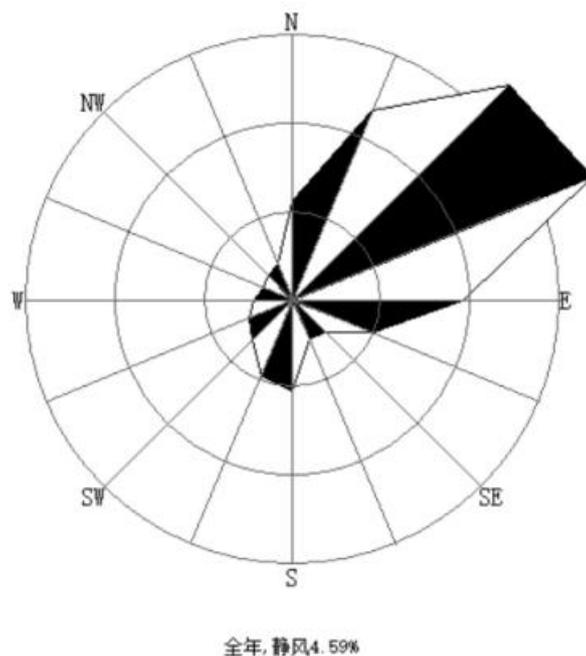


图 3.2.1-1 惠来县 2002-2021 年度年平均风向频率玫瑰图

3.2.2 海洋水文动力状况

原海域使用论证报告中的水文动力调查资料为 2013 年 7 月的调查资料，已过有效期，不满足现海域使用论证导则的要求，因此，本次根据《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023) 的要求进行更新补充。

3.2.2.1 基面关系

中科院南海海洋研究所于 1993 年 9 月至 1994 年 3 月曾在靖海湾进行半年的验潮，根据验潮资料求取本海区的潮汐调和常数，并按照我国长期沿用的弗拉基米尔法推算了靖海湾的理论最低潮面。本工程距离靖海湾不远，约在其西面 18km，因此上述推算结果适用于本工程海区，由此得到当地理论最低潮面、黄海基准面及平均海平面之间的关系如下图 3.2.2.1-1 所示。

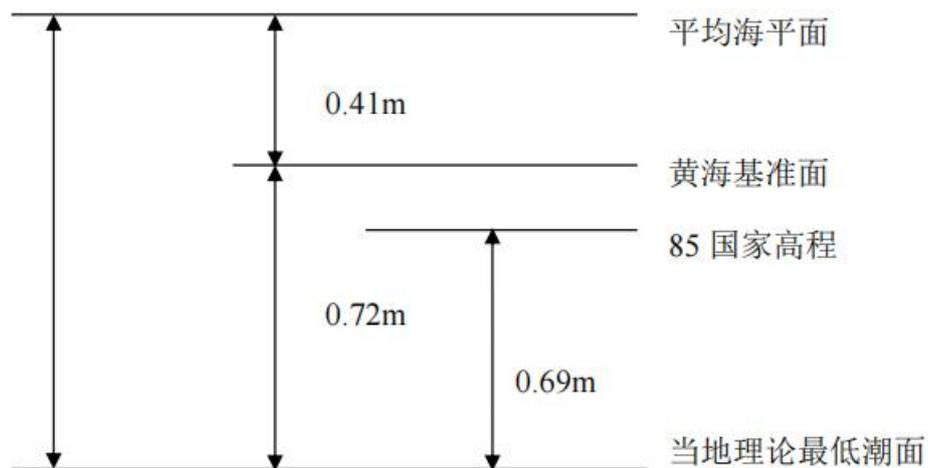


图 3.2.2.1-1 基面关系图

3.2.2.2 实测海洋水文动力环境调查概况

广东宇南检测技术有限公司于 2021 年 4 月 28 日-29 日和 2021 年 09 月 08-09 日在项目附近海域进行海洋水文动力现状调查,共布设 6 个海流观测点和 1 个临时潮位观测点。

3.2.2.3 2021 年 4 月春季海洋水文动力现状调查与评价

1、潮位

调查海域 Z2 站的实测最高潮位为 1.50 m（国家 85 高程基面，下同），发生在 04 月 28 日 07:42，最低潮位为 0.25 m，发生在 04 月 28 日 18:32；平均高潮位为 0.87 m，平均低潮位为 0.80 m；平均潮差为 0.49 m，最大潮差为 1.08 m，最小潮差为 0.06 m；涨潮历时大于落潮历时，其中平均涨潮历时为 6 小时 10 分钟，平均落潮历时为 1 小时 40 分钟（见表 3.2.2.3-1 和图 3.2.2.3-1）。

表 3.2.2.3-1 Z2 站实测潮位表（单位：m）

项目 站名	潮位				潮差		
	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差
春季	1.50	0.25	0.87	0.80	1.08	0.06	0.49

2、潮流

(1) 观测资料分析

观测期间，各站各层海流流速差异不大，各站位各层最大流速介于 29.31cm/s~60.09cm/s。其中，表层最大流速介于 30.2cm/s~60.1cm/s，最大流速出现在 Z4 站，对应流向为 218°；中层最大流速介于 32.9cm/s~49.2cm/s，最大流速出现在 Z6 站，对应流向为 64°；底层最大流速介于 29.3cm/s~47.6cm/s，最大流速出现在 Z6 站，对应流向为 67°。在垂向上，Z1 和 Z4 站最大流速出现在底层，其余各站最大流速均出现在表层。

(2) 最大流速流向统计分析

观测期间，在垂向上，Z1 站的最大涨潮流速和最大落潮流速均出现在底层；Z2 站的最大涨潮流速出现在表层，最大落潮流速出现在底层；Z3 站的最大涨潮流速在垂向上变化不明显，最大落潮流速在底层最大；Z4-Z6 站的最大涨潮流速和最大落潮流速均在表层最大，随深度增加而减小。

(3) 涨落急流速流向统计

就涨、落潮时段平均而言，观测海域垂线平均流速介于 7.59~28.25cm/s，其中，涨潮平均流速垂线平均介于 16.55 cm/s~28.25 cm/s，落潮平均流速垂线平均介于 7.59 cm/s~21.62 cm/s。最大涨潮平均流速为 32.99 cm/s，发生在 Z4 站表层，最小涨潮平均流速 16.26 cm/s，发生在 Z1 站中层，最大落潮平均流速为 38.45 cm/s，发生在 Z4 站表层，

最小落潮平均流速为 3.14 cm/s，发生在 Z2 站中层。垂向上，各站涨、落潮平均流速在深度上变化不大。

(3) 流速矢量分布

调查站点受地形影响，Z1 和 Z4 站表现为旋转流，其余各站点的潮流主要表现为往复流，潮流流向基本与等深线方向保持一致。同时，潮流流向及大小的垂向上变化不大（见图 3.2.2.3-2~图 3.2.2.3-4）。各站位落潮流速与涨潮流速相差不大。涨潮时，除 Z1 和 Z4 站外，涨潮潮流方向为东北向，落潮为西南向；Z1 和 Z4 站的潮流为顺时针的旋转流（见图 3.1.2.3-6~图 3.2.2.3-10）。此外，各站在不同深度流速流向比较稳定，变化不大，表层流速略大于底层流速。

3、余流

调查海域余流均较小，各站余流流速介于 3.58~14.76 cm/s 之间，最大余流流速位于 Z6 站表层，流向为 67°，最小余流流速位于 Z1 站表层，流向为 83°。Z1 站余流流速最小出现在表层，随着深度的增加而增加，其中表层和底层余流流向为东向，中层余流流向为东南向；Z2 站余流流速最大出现在表层，各层余流流向为东北向；Z3~Z6 站余流流速最大出现在表层，随着深度的增加而减小，各层余流流向为东北向。

4、悬沙

(1) 悬沙含量及其分布特征

观测海域的总体悬沙含量不大。在观测期间，各观测站位的最大含沙量为 30.33 mg/L，位于 Z2 站底层，最小含沙量为 6.20 mg/L，位于 Z5 站表层。各站的含沙量差别不大，平均值介于 12.21~17.29mg/L，其中 Z3 站的平均含沙量最大，平均值介于 14.79~17.29 mg/L 之间，Z2 站的平均含沙量最小，平均值介于 12.21~16.26 mg/L 之间。垂向上，由于水深较浅，各站位海水泥沙含量随深度无明显变化。

在观测期间，调查海域为半日潮，各站点的含沙量随潮流变化而不断波动。就一个潮周期而言，各站均存在 4 个峰值，在涨急时刻和落急时刻含沙量均出现峰值。垂向上，各站点各层含沙量的变化不大，底层略大于表层。

5、沉积物粒度分析

各站均以粉砂为主，颗粒组成较细，其中粉砂的占比最大。

各站位沉积物的分选性均极好，除 Z3 站外，各站偏态均为负偏或极负偏，表明沉积物粒度集中在细端，粒度分布集中。

各站位均以粉砂和粘土为主，为近似对称的正态分布，其中细颗粒粉砂占比最高，总体而言，沉积物组分偏向细颗粒泥沙一侧（图中横坐标 Φ 值大的一侧）。

3.2.2.4 2021年9月秋季海洋水文动力现状调查与评价

1、潮位

调查海域潮汐性质为不规则全日潮，调查海域潮汐性质为不规则半日潮，Z3站的实测最高潮位为1.41 m（国家85高程基面，下同），发生在09月08日10:55，最低潮位为0.38 m，发生在09月08日18:15；平均高潮位为1.00 m，平均低潮位为0.85 m；平均潮差为0.29 m，最大潮差为0.64 m，最小潮差为0.09 m；涨潮历时大于落潮历时，其中平均涨潮历时为8小时25分钟，平均落潮历时为4小时15分钟。

2、潮流

（1）观测资料分析

观测期间，除Z3站外，各站点的海流流速均不大，最大流速介于25.92cm/s~72.42cm/s。其中，表层最大流速介于33.81cm/s~49.97cm/s，最大流速出现在Z4站，对应流向为168°；中层最大流速介于29.98cm/s~72.42cm/s，最大流速出现在Z3站，对应流向为101°；底层最大流速介于25.92cm/s~70.58cm/s，最大流速出现在Z3站，对应流向为110°。在垂向上，Z1和Z5站的最大流速出现在表层，Z2和Z3站最大流速出现在中层，Z4和Z6站的最大流速出现在底层。

（2）最大流速流向统计分析

观测期间，实测最大涨潮流速为72.42cm/s，对应流向为101°，发生在Z3站中层；实测最大落潮流速为55.72cm/s，对应流向为55°，发生在Z6站底层。在垂向上，Z1最大涨潮流速出现在底层，Z2、Z3和Z6站最大涨潮流速出现在中层，Z4和Z5站的最大涨潮流速出现在表层；对于最大落潮流速，Z1、Z2和Z5站最大落潮流速出现在表层，随深度增加而减小，Z4和Z6站最大落潮流速出现在底层，Z3站最大落潮流速出现在中层。

（3）涨落急流速流向统计

就涨、落潮时段平均而言，观测海域垂线平均流速介于12.51~27.73cm/s，其中，涨潮平均流速垂线平均介于12.51cm/s~27.73cm/s，落潮平均流速垂线平均介于15.16cm/s~24.51cm/s。最大涨潮平均流速为29.07 cm/s，发生在Z4站底层，最小涨潮平均流速12.35cm/s，发生在Z1站底层，最大落潮平均流速为28.44cm/s，发生在Z4站底

层，最小落潮平均流速为 13.78 cm/s，发生在 Z1 站中层。垂向上，Z4 站涨落潮平均流速最大出现在底层，Z1、Z3 站涨潮平均流速最大出现在中层，其余各站点涨、落潮平均流速最大值均出现在表层，随深度增加而减小。

调查各站点的潮流除 Z1 和 Z4 站表现为旋转流外，其余各种均表现为往复流，与等深线平行。同时，潮流流向及大小的垂向上变化不大（见图 3.2.2.4-2~图 3.2.2.4-4）。各站点涨、落潮流速相差不大，Z1 和 Z4 站均表现为顺时针的旋转流，其余各站涨潮时流向为东北向，落潮时流向相反，为西南向。此外，各站在不同深度流速流向比较稳定，变化不大，表层流速略大于底层流速。

3、余流

调查海域整体余流均较小，各站余流流速介于 0.80~7.51cm/s 之间，最大余流流速位于 Z4 站表层，流向为 15°，最小余流流速位于 Z1 站中层，流向为 152°。在垂向上各站余流差异不大，Z1 站最大余流出现在底层，Z2、Z3、Z6 站最大余流出现在中层，Z4、Z5 站最大余流出现在表层。除 Z1 站和 Z4 站外，其余各站各层次的余流方向均为东北向，Z1 站表层余流流向为西北向，中层和底层余流流向为东南向，Z4 站表层和底层余流流向为东北向，中层余流流向为西南向。

4、悬沙

(1) 悬沙含量及其分布特征

观测海域的总体悬沙含量均较小。在观测期间，最大含沙量为 22.00 mg/L，位于 Z6 站中层，最小含沙量为 4.77 mg/L，位于 Z3 站底层。各站的含沙量差别不大，平均值介于 9.97~15.44 mg/L，其中 Z1 站的平均含沙量最大，平均值介于 14.67~15.44 mg/L 之间，Z3 站的平均含沙量最小，平均值介于 9.97~10.67 mg/L 之间。垂向上，由于水深较浅，各站位海水泥沙含量随深度无明显变化，底层泥沙含量略大于表层。

在观测期间，调查海域为不规则全日潮，各站点的含沙量随潮流变化而不断波动，呈现多峰结构。除 Z6 站外，各站点均存在多个峰值，就一个潮周期而言，各站在涨、落急时刻含沙量均出现峰值。Z6 站出现了 2 个峰值，均在涨急时刻。在垂向上，各站点各层含沙量的变化不大，底层略大于表层。

(2) 悬沙输移特征

由实测含沙量资料结合海流资料计算悬沙的输沙量，主要公式为：

单宽输沙率： $q=HVS$

式中： q —单宽输沙率，单位为 $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ ；

H —水深，单位为 m ，由于没有同步观测水深，此处水深采用海图标注水深；

V —流速，单位为 m/s ；

S —悬沙含量，单位为 kg/m^3 。

周日单宽净输沙量计算方法：

$$W_{\text{净}} = [(q_0 + q_1)t_1 + (q_1 + q_2)t_2 + \dots + (q_{n-1} + q_n)t_n] / 2$$

式中： $W_{\text{净}}$ —周日单宽净输沙量，单位为 $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ；

q —单宽输沙率；

t —取样时间。

本次监测最大单宽净输沙量为 $76541.88 \text{ mg}/(\text{L}\cdot\text{d})$ ，出现在 Z6 站；最小单宽净输沙量为 $941.67 \text{ mg}/(\text{L}\cdot\text{d})$ ，出现在 Z1 站。其中，Z1 站的输沙方向为西北向，Z4 站的输沙方向为北向，其余各站的输沙方向均为东北向。

3.2.2.5 波浪

(1) 波况

根据沟疏测波站 2008 年 8 月~2009 年 7 月，在其附近海域 20m 水深处的波浪观测资料（荷兰 MARK II 波浪骑士）统计，所在海域的常浪向为 ESE，频率为 31.5%；次常浪向为 E，频率为 24.5%。波向主要分布在 E~SE 之间，约占 75.84%，强浪向为 SSE、SE、S，最大有效波高均超过 5.0m。S 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的频率为 2.53%，出现天数为 29 天；SSW 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的频率为 2.53%，出现天数为 14 天；SW 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的频率为 0.1%，出现天数为 3 天。平均周期的平均值为 4.9s，最大平均周期为 10.5s。平均周期 $\geq 7\text{s}$ 的频率为 2.05%，出现天数为 23 天（其中包括 S~SW 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的 7 天）。

表 3.2.2.5-1 粤东沟疏海域 2008 年 8 月~2009 年 7 月各级各向有效波高 H1/10 频率分布 (%)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	total
0~0.5m					0.44	1.72	1.16	0.74	0.61	0.72	0.24						5.63
0.5~1.0m		0.02		0.17	2.37	5.88	6.90	3.84	3.24	3.26	0.50						26.18
1.0~1.5m			0.01	0.15	6.78	11.06	6.86	0.86	2.17	2.52	0.51				0.01	0.05	30.98
1.5~2.0m				0.05	10.15	11.57	3.56	0.27	0.96	0.34	0.05					0.01	26.94
2.0~2.5m				0.01	3.61	1.92	0.59	0.35	0.72	0.27	0.05						7.50
2.5~3.0m					0.34	0.03	0.22	0.16	0.32	0.16							1.24
3.0~3.5m					0.01		0.09	0.08	0.07	0.03							0.29
3.5~4.0m							0.05	0.06	0.13	0.05							0.28
4.0~4.5m							0.12	0.07	0.10	0.01							0.30
4.5~5.0m							0.06	0.05	0.05	0.00							0.15
5.0~5.5m							0.08	0.03	0.05	0.01							0.17
5.5~6.0m							0.03	0.10	0.00								0.14
6.0~6.5m							0.02	0.01	0.03				0.01				0.08
6.5~7.0m								0.02	0.03								0.06
7.0~7.5m									0.05								0.05
7.5~8.0m									0.01								0.01
8.0~8.5m								0.01									0.01
8.5~9.0m																	
total		0.02	0.01	0.38	23.69	32.19	19.74	6.65	8.54	7.36	1.34		0.01		0.01	0.06	100.00

表 3.2.2.5-2 粤东沟疏海域 2008 年 8 月~2009 年 7 月有效波高 H1/10 与平均周期(Tz)联合分布

	1-1.9	2-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	8-8.9	9-9.9	10-10.9	11-11.9	total
0~0.5m		0.07	2.63	2.69	0.23							5.63
0.5~1.0m		0.10	4.54	13.59	7.45	0.49						26.18
1.0~1.5m			1.66	16.64	10.64	1.70	0.24	0.09				30.98
1.5~2.0m			0.10	13.37	11.44	1.57	0.36	0.06	0.01	0.02		26.94
2.0~2.5m				2.21	4.22	0.89	0.13	0.03	0.02			7.50
2.5~3.0m				0.07	0.69	0.39	0.06	0.02				1.24
3.0~3.5m					0.07	0.14	0.08					0.29
3.5~4.0m					0.01	0.12	0.15					0.28
4.0~4.5m						0.10	0.14	0.05		0.01		0.30
4.5~5.0m							0.12	0.03				0.15
5.0~5.5m							0.08	0.07	0.02			0.17
5.5~6.0m							0.03	0.09	0.01			0.14
6.0~6.5m								0.06	0.02			0.08
6.5~7.0m								0.01	0.05			0.06
7.0~7.5m								0.01	0.03			0.05
7.5~8.0m									0.01			0.01
8.0~8.5m										0.01		0.01
8.5~9.0m												
total		0.17	8.94	48.57	34.76	5.40	1.39	0.53	0.18	0.05		100.00

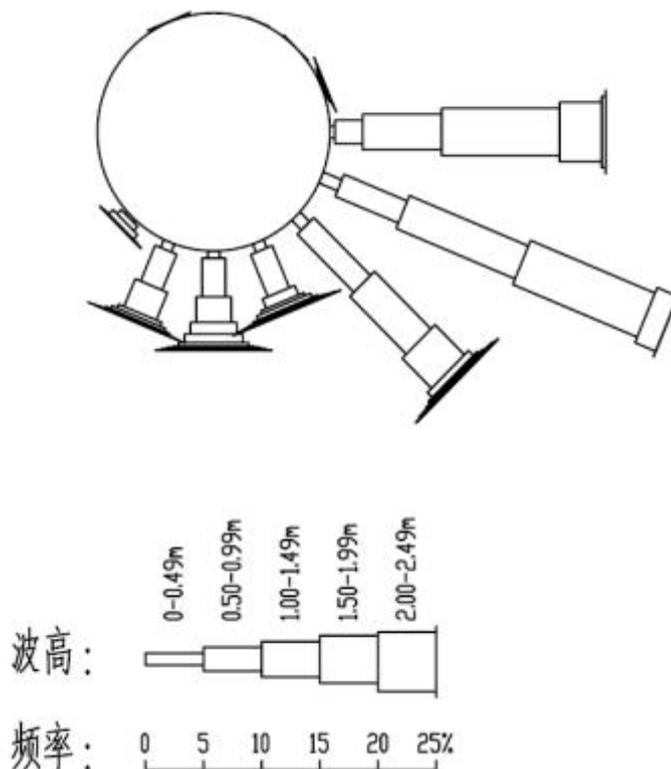


图 3.2.2.5-2 粤东沟疏海域 2008 年 8 月~2009 年 7 月有效波高 H1/10 波浪玫瑰图

观测期内测得最大 T_z 为 8.8s，发生在 2011 年 4 月份，最大月平均 T_z 为 5.4s，出现在 2011 年 1 月和 3 月；最小月平均 T_z 为 4.0s，发生在 2011 年的 6 月；各月波浪平均周期 T_z 变化不大，集中在 4.8s~5.2s 之间。观测期全年平均 T_z 为 5.0s，西南季风期间平均 T_z 为 4.7s，东北季风期间平均 T_z 为 5.2s。观测期内，波浪周期主要集中在风浪频率段，42.7%的 T_z 集中在 5.1s~6.0s 的范围内，42.4%的 T_z 集中在 4.1s~5.0s 的范围内；西南季风期间， T_z 在 4.1s~5.0s 范围内的分布比例最高，为 49.8%；东北季风期间， T_z 在 5.1s~6.0s 范围内的分布比例最高，为 59.3%。热带气旋影响强烈的 10 月份，东北季风影响的 4 月份，均有 8.1s~9.0s 的较长周期波出现。

3.2.3 地形地貌和冲淤环境

3.2.3.1 地形地貌

本项目于神泉湾内，神泉湾是介于东经 116°06'~116°22'、北纬 22°47'~22°58'之间一个弧形海湾，大部分岸段地处粤东地区揭阳市惠来县，靠近下岬角的局部岸段属陆丰市管辖岸段。隆江原入海潮汐通道口（神泉港）居于神泉湾东侧，距离弧形湾顶约 1km，隆江新开入海河口距湾顶的岸线距离约 8.8km。

神泉湾向南开敞，海湾开口宽度超过 20km，上岬角（澳角至屿头角）岸线走向呈 ES 向，对神泉湾的屏障和掩护效果不佳，岸滩坡度较为平缓，约为 1/700。

根据中交四航局港湾工程设计院有限公司于 2020 年 11 月在项目所在 2#港池的实测水深地形图（见图 3.2.3.1-1），本项目所在海域的水深介于 0~10.5m（2000 国家大地坐标系，当地理论最低潮面）。

3.2.3.2 冲淤环境及海床演变分析

中山大学海洋学院河口海岸研究所为本工程进行了专项的岸滩演变研究，出版了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程和码头防波堤工程海岸动力地貌调查与岸滩演变分析》，其主要成果如下：

（一）神泉湾海岸动力环境

（1）神泉湾属于弱潮海岸，年平均潮差 0.8m，海湾水体盐度稳定，悬移质含沙小，悬沙沉降作用甚微。

（2）受季风和台风影响神泉湾波浪动力较强，常向浪依次为 ESE 向、E 向和 SE 向，强浪向为 SE、SSE 和 S，最大有效波高均超过 5m。

（3）龙江源短流小，输沙量也小，入海河口属于波控河口，对邻近岸段淤积作用不大。

（4）从海岸动力的空间分布来看，神泉湾自东向西可划分以下几个动力分区：①东侧紧邻上岬角的神泉港潟湖和潮汐通道岸段，以潮流动力作用为主；②神泉港拦沙堤至新入海河口之间岸段，为波浪折射、绕射作用为主的遮蔽段和过渡段，泥沙沿岸和垂岸运动较为活跃；③龙江新入海河口及其邻近岸段，属波控河口性质，陆源泥沙来量不大，泥沙以拦门沙转运和横向输运为主；④龙江新入海河口以西至下岬角岸段，受垂岸入射波浪作用控制，泥沙主要为横向运动。

（5）神泉湾 10m 水深以外近岸海域以潮流和沿岸流作用为主。

（6）工程海域动力环境主要受控于波浪，径流及其悬移质输沙影响很小，潮流多为往复流，余流量值小，余流输运特别是底层余流表现为向离岸方向，可见波浪是泥沙起动、输运和岸滩演变的主要动力作用。

（二）沉积物类型与分布

神泉湾 2~10m 水深海域表层沉积物类型以细砂和粘土质粉砂为主，大致呈条带状分布，与神泉湾以波浪为主的动力沉积环境相适应，具有以下特征：

(1) 细砂的中值粒径平均为 3.24Φ ，变化介于 $1.59\sim 3.98\Phi$ 之间，在海湾内自内而外表现出由中细砂、细砂到极细砂的沉积物类型变化和粒径细化趋势。

(2) 粘土质粉砂的中值粒径平均为 6.43Φ ，变化介于 $5.64\sim 7.21\Phi$ 之间，呈条带状分布于细砂带外侧水深较大的海域。

(3) 粉砂质粘土的中值粒径平均为 8.39Φ ，变化介于 $7.83\sim 9.19\Phi$ 之间，主要分布在上岬角掩护的 10m 以深水域和下岬角附近的 10m 水深以外水域；还有局部分布在神泉湾中部水深 $5\sim 8\text{m}$ 水域，与神泉港潮汐通道向外输送泥沙的扩散和沉积有关。

(4) 神泉湾最粗的沉积物分布在靠近下岬角的水域，平均中值粒径 0.66Φ ，为粗中砂，个别样品甚至含有细砾的粗砂（中值粒径为 -0.25Φ 。）

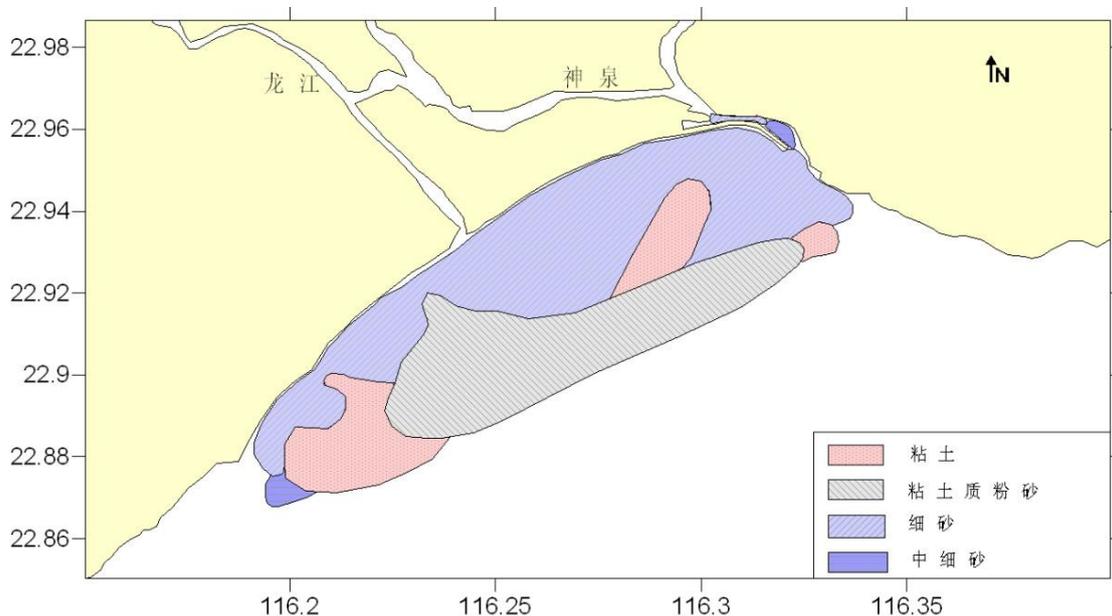


图 3.2.3.2-1 神泉湾海域表层沉积物类型图

(三) 神泉湾弧形海岸体系动力地貌模式

综合神泉湾波浪动力场、表层沉积物输运趋势、沿岸输沙计算结果与分析以及波控龙江河口动力地貌过程，依据弧形海岸基本原理，神泉湾弧形海岸体系动力地貌模式如下图所示。基本认识有以下几点：

(1) 神泉湾弧形海岸体系受控于常浪向和强浪向，即 $ESE\sim SSE$ 的持续的涌浪的作用，龙江河口因属于波控河口。

(2) 龙江河口泥沙来量很少，对神泉湾岸滩演变作用甚微。

(3) 神泉湾泥沙运动以横向运动为主。

(4) 神泉湾弧形海岸存在一定量的沿岸输沙，但量值不大，而且存在龙江河口外坝转运和显著的垂岸转运过程，沿岸输沙对岸滩地形影响不大。

(5) 神泉湾弧形海岸处于侵蚀型动态平衡状态，岸滩侵蚀/堆积调整变化幅度不大

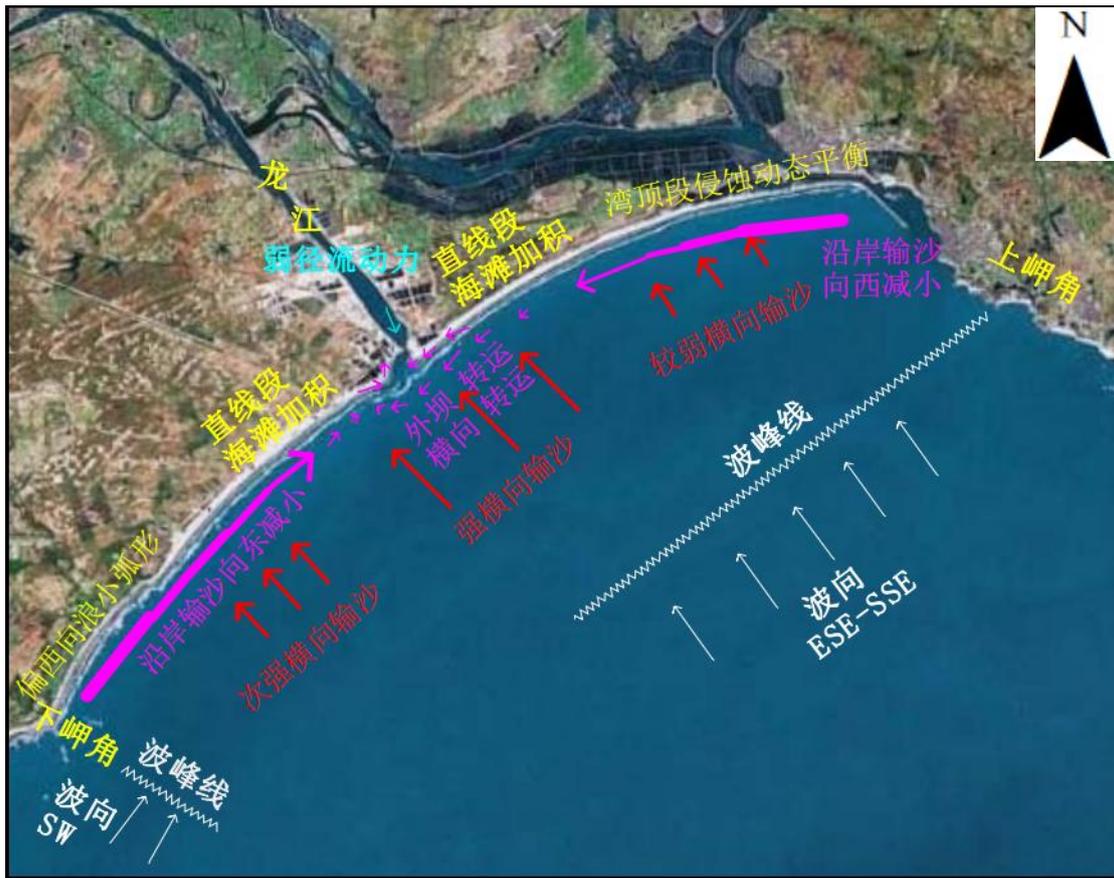


图 3.2.3.2-2 神泉湾弧形海岸体系动力地貌模式

(四) 龙江河口淤积情况

由于受附近工程建设等的影响，现状龙江河口处东岸淤积较严重，本项目附近龙江河口的冲淤变化情况见图 3.2.3.2-3 所示。







图 3.2.3.2-3 龙江河口岸滩演变遥感图

3.2.4 工程地质

根据中交第四航务工程勘察设计院有限公司的工程地质勘察结论，场区内各单元层的层位及厚度相对稳定，岩土性质自上而下呈现出由弱变强的变化趋势。场区总体上是稳定的，虽然存在软弱土层、液化土层等岩土工程问题，但可通过成熟有效的方法处理解决，可满足工程建设的需要，适宜进行本工程建设。该次勘察共完成 18 个钻孔（见

图 3.2.4-1)，地质纵断面图见图 3.2.4-2，典型钻孔柱状图见图 3.2.4-3。根据钻探揭示，探区上部为第四系沉积土层，基岩为燕山三期花岗岩，由于地质成因的复杂性，使土质在空间分布上变化较大，各大层又可划分为若干亚层。现将各层分述如下：

(1) 第四系海相沉积层 (Q_4^m)

②₁ 淤泥：灰色，灰褐色，饱和，很软，含少量贝壳碎片，具臭味。该层在拟建的东侧和南侧防波堤表层连续分布，但分布厚度较小。

②₂ 粉细砂：灰色，灰黄色，灰黑色，饱和，以松散~稍密为主，局部密实~极密实 (GK04)，局部混少量淤泥，颗粒级配不良。该层在拟建的防波堤上部连续分布。②₃ 中粗砂：灰色，饱和，以稍密~中密为主，局部松散，混较多贝壳碎片，局部表层混少量淤泥。该层在拟建的防波堤上部呈透镜体状分布。

(2) 第四系海陆交互相沉积层 (Q_4^{mc})

③_{1.1} 粘土~粉质粘土：灰色，灰褐色，深灰色，以中等为主，局部软，粘性较好，含少量粉细砂和腐木，切面较光滑。该层在拟建的防波堤中部连续分布。

③_{1.2} 粘土~粉质粘土：灰黄色，灰白色，饱和，以中等~硬为主，粘性较好，含少量粉细砂和腐木，切面较光滑。该层在拟建的防波堤中部连续分布。

③₂ 淤泥~淤泥质土：深灰色，灰色，饱和，很软~软，含少量粉细砂和腐木，稍具臭味。该层在拟建的防波堤中部不连续分布。③₃ 粉细砂 (混粘性土)：灰色，灰黄色，饱和，以稍密~中密为主，局部混少量粘性土，颗粒级配不良。该层在拟建的防波堤中部不连续分布。

③₄ 中砂.粗砂.砾砂：灰色，灰黄色，棕黄色，饱和，以密实~极密实为主，局部中密，混少量粘粒，偶混圆砾或者卵石，颗粒级配良好。该层在拟建的防波堤中部连续分布。

(3) 第四系冲积洪积层 (Q_4^{al+pl})

④₁ 粉质粘土~粘土：灰黄色，灰白色，湿，以硬为主，局部坚硬，粘性较好，含少量粉细砂和腐木，偶含泥质结核，切面较光滑。该层在拟建的防波堤底部呈透镜体状分布。

④₂ 粉细砂：灰白色，灰黄色，饱和，密实，颗粒级配不良。该层在拟建的防波堤底部呈透镜体状分布。

④₃中砂.粗砂.砾砂：灰色，灰黄色，棕黄色，饱和，以极密实为主，局部密实，混少量粘性土，局部混少量卵石和圆砾，颗粒级配良好。部分钻孔在该层终孔，该层在拟建的防波堤底部呈连续分布。

(4) 燕山三期侵入岩 (r₅²⁽³⁾)

⑥₂强风化花岗岩：灰黄色，间夹灰白色，棕红色，紫红色，软岩，稍湿，岩芯呈坚硬土状~半岩半土状，粗粒花岗结构，块状构造，除石英外大部分原生矿物已风化为次生矿物，岩体风化裂隙非常发育，上部岩芯呈砂质粘性土或砾质粘性土状，下部呈半岩半土状，手折可断，遇水易软化崩解。大部分防波堤钻孔在该层终孔，呈连续分布。

⑥₃中风化花岗岩：肉红色，灰白色，间夹灰黑色斑点，较硬岩~坚硬岩，粗粒花岗结构，块状构造，主要矿物成分为石英，长石，云母等，岩体裂隙发育，裂隙有黄褐色铁锰质浸染物，锤击声较清脆，岩芯呈碎块状~短柱状。TCR=37%，RQD=0%。仅部分钻孔在该层终孔。

⑥₄微风化花岗岩：肉红色，灰白色，间夹灰黑色斑点，坚硬岩，粗粒花岗结构，块状构造，主要矿物成分为石英，长石，云母等，岩体裂隙不发育，裂隙面新鲜，锤击声较清脆，岩芯呈长柱状，节长20~50cm。TCR=95%，RQD=81%。仅部分钻孔在该层终孔。

⑦₂强风化玢岩：灰黄色，黄褐色，稍湿，软岩，坚硬土状~半岩半土状，变余斑状结构，块状构造，主要矿物成分为斜长石，角闪石，黑云母，石英等，岩芯呈粉土状，下部多呈半岩半土状，手折可断，偶含中风化岩碎块，遇水易崩解。该层仅在规划阶段GHZK01孔有揭示

⑦₃中风化玢岩：青灰色，深灰色，坚硬岩，变余斑状结构，块状构造，主要矿物成分为斜长石，角闪石，黑云母，石英等，岩体裂隙比较发育，锤击声较清脆，岩芯呈短柱状~长柱状，少量碎块状，多节长5~28cm，锤击声清脆，TCR=72%，RQD=11%。该层仅在规划阶段GHZK01孔有揭示。

(5) 不良地质作用

单孔液化判别结果表明：钻孔GK02，GK10，GK17为轻微液化，其他钻孔为不液化。从地层上分析：②₂粉细砂为主要可液化砂层，在GK02和GK17孔中判别为轻微液化，其它钻孔判别为不液化；③₃粉细砂（混粘性土）仅在GK10孔中判别为轻微液化，其它钻孔判别为不液化。

场区范围内地形地貌及土层相对稳定，地质构造相对简单，从现场的地形地貌及钻探所揭露的地层情况看，未发现层位错乱、断层角砾岩、断层泥等代表断层特征的迹象，也未发现有采空、滑坡、滚石、空洞、崩塌等不良地质作用。

3.2.5 海洋环境质量现状

原海域使用论证报告中的海洋环境质量现状调查资料为 2013 年 3 月和 2014 年 4 月的调查资料，已过有效期，不满足现海域使用论证导则的要求，因此，本次根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求进行更新补充。

3.2.5.1 调查概况

本次引用汕尾市润邦检测技术有限公司于 2021 年 3 月 24 日春季、2020 年 11 月 22 日秋季在项目附近海域所进行的海洋环境质量现状调查资料进行评价，该 2 次调查共布设水质调查站位 20 个，海洋沉积物调查站位 10 个（仅春季进行调查）。

3.2.5.2 海水水质现状调查及评价

①2021 年 3 月春季海水水质调查结果与评价

第一类海洋功能区内调查站位：由调查结果可知，位于第一类海洋功能区内各调查站位中的 pH、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、总铬、铅、镉、砷的现状监测结果均能满足第一类海水水质要求；A19 表层样中的活性磷酸盐的现状监测结果则不能满足第一类海水水质要求，超标倍数为 0.20，但能满足第二类海水水质要求；A18 表层样中的石油类不能满足第一类海水水质要求，超标倍数为 0.14，但能满足第三类海水水质要求；有约 64.7% 的样品中的无机氮的现状监测结果均不能满足第一类海水水质要求，最大超标倍数为 1.87；A11 表层样中的铜的现状检测结果不能满足第一类海水水质要求，但能符合第二类海水水质标准；此外也有部分调查站位中的汞和锌的现状监测结果不能满足第一类海水水质要求，最大超标倍数分别为 2.68 和 0.93，但均能满足第二类海水水质要求。

第二类海洋功能区内调查站位：由调查结果可知，位于第二类海洋功能区内各调查站位中的 pH、活性磷酸盐、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、总铬、铜、铅、镉、砷和锌的现状监测结果均能满足第二类海水水质要求；而 A9、A13、A14、A16 等 4 个调查站位的表层样中的石油类的现状监测结果均不能满足第二类海水水质要求，但

能符合第三类海水水质标准要求；约 33.3%的样品中的无机氮的现状监测结果不能满足第二类海水水质要求，最大超标倍数为 0.84，但能符合第三类海水水质标准要求；A5 表层样和 A13 底层样中的汞的现状监测结果不能满足第二类海水水质要求，但能满足第四类标准要求。

综上所述，本项目调查海域的海水水质总体上不能完全满足所在海洋功能区的环境质量要求，主要超标因子为石油类、无机氮和汞，结合调查海域的开发利用现状，推测主要可能是受沿岸陆域生活污染源和海上船舶等的影响所致。

②2020 年 11 月秋季海水水质调查结果与评价

第一类海洋功能区内调查站位：由调查结果可知，位于第一类海洋功能区内各调查站位中的 pH、化学需氧量、五日生化需氧量、总铬、砷的现状监测结果均能满足第一类海水水质要求；有约 35.3%样品中的活性磷酸盐的现状监测结果不能满足第一类海水水质要求，最大超标倍数为 0.20，但能满足第二类海水水质要求；A19 底层样、A19 底层平行样中的溶解氧的现状监测结果不能满足第一类海水水质标准要求，但符合第二类海水水质标准要求；A6 和 A15 表层样中的石油类不能满足第一类海水水质要求，最大超标倍数为 0.88，但能满足第三类海水水质要求；A6 表层、A7 和 A15 底层样品中的无机氮的现状监测结果均不能满足第一类海水水质要求，最大超标倍数为 0.06，但均能满足第二类海水水质要求；第一类海洋功能区内所有调查站位中的铜和铅的现状监测结果均不能满足第一类海水水质标准要求，其中除了小部分站位的现状监测结果满足第三类海水水质要求外，大部分站位的现状监测结果基本能满足第二类海水水质要求；A18 表层和 A19 表层平行样中的汞的现状监测结果不能满足第一类海水水质标准要求，超标倍数分别为 0.22、0.16，但能符合第二海水水质标准要求；有约 41.2%样品的中的锌的现状监测结果不能满足第一类海水水质标准要求，最大超标倍数约为 0.95，但均能满足第二类海水水质标准要求。

第二类海洋功能区内调查站位：由调查结果可知，位于第二类海洋功能区内各调查站位中的 pH、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、总铬、铅、镉、汞、砷和锌的现状监测结果均能满足第二类海水水质要求；A5 表层样中的活性磷酸盐和石油类的现状监测结果不能满足第二类海水水质标准要求，但活性磷酸盐能满足第四类海水水质标准要求，石油类能满足第三类海水水质标准要求；A3 表层样、A16 表层样、A12 底层样中铜的现状监测结果不能满足第二类海水水质标准要求，最大超标倍数为 0.43，但能满足第三类海水水质标准要求；此外，A16 底层样中的铅的现状监测结果也不能满足

海水水质标准要求，但符合第三类标海水水质标准要求。

综上所述，本项目调查海域的海水水质总体上不能完全满足所在海洋功能区的环境质量要求，主要超标因子为活性磷酸盐、石油类、铜和铅，结合调查海域的开发利用现状，推测主要可能是受沿岸陆域生活污染源和海上船舶等的影响所致。

3.2.5.3 沉积物质量现状调查与评价

由调查结果可知，本次调查海域各表层海洋沉积物检测项目的现状监测结果均符合所在海洋功能区海洋沉积物质量一类标准的要求，海洋沉积物质量状况良好。

3.2.5.4 海洋生物质量现状调查与评价

本次引用汕尾市润邦检测技术有限公司于2021年3月24日（春季）、2020年11月22日秋季在工程及其邻近海域开展的海洋生物体质量环境质量现状调查资料，海洋生物体质量样品主要选取各渔业资源调查断面中的较具代表性的鱼类和甲壳类物种，海洋生物体质量现状调查项目包括石油烃、铜、铅、镉、锌、总汞等6项，各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》（GB17378-2007）的相关规定进行。

①2021年3月春季调查结果与评价

由调查结果可知，总体来看，2021年3月春季调查海域各生物体样品中的石油烃、铜、镉、总汞含量水平均低于相应的标准限值，没有出现超标现象；但铅、锌的含量有部分生物体样品出现轻微超标，具体情况如下：

SF4断面棘头梅童鱼铅超出一类标准要求，超标倍数为0.08；

SF3、SF6断面口虾蛄，SF4断面康氏小公鱼锌含量超出一类标准要求，超标倍数分别为0.07、0.24、0.12。

②2020年11月秋季调查结果与评价

由调查结果可知，总体来看，调查海域中各海洋生物体样品中的石油烃、铜、铅、镉、锌、总汞的含量水平均低于相应标准限值，没有出现超标现象。

3.2.6 海洋生态环境质量现状调查与评价

原海域使用论证报告中的海洋生态环境质量现状调查资料为2013年3月和2014年4月的调查资料，已过有效期，不满足现海域使用论证导则的要求，因此，本次根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求进行更新补充。

1、调查站位及时间

本次引用汕尾市润邦检测技术有限公司 2021 年 3 月 24 日春季和 2020 年 11 月 22 日秋季在项目附近海域的海洋生态调查资料进行评价,该 2 次调查共在项目评价海域布设了海洋生态调查站 13 个、潮间带生物调查断面 3 个、渔业资源调查断面 6 个。

3.2.6.1 2021 年 3 月春季海洋生态调查结果与评价

3.2.6.1.1 叶绿素 a 和初级生产力

本次调查区域叶绿素 a 平均浓度为 $1.427\text{mg}/\text{m}^3$, 变化范围为 $0.900 \sim 2.274\text{mg}/\text{m}^3$, 变幅中等。本次调查时区域叶绿素 a 含量中等偏低,空间趋势较为平均,总体呈现由无规则变化的特征,空间差异并不明显。其中 A8 和 A9 站位叶绿素含量最低,A7 站位叶绿素含量最高。

调查监测区内平均初级生产力为 $210.65\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$, 在 $124.74 \sim 323.51\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间,变幅中等。其中 A8 站位初级生产力最低,A6 站位初级生产力最高。总体上,调查海域初级生产力处于中等水平。

3.2.6.1.2 浮游植物

1) 种类组成

本次调查共鉴定浮游植物 3 门 31 属 47 种(类)。硅藻门种类最多,共 22 属 35 种,占总种类数的 74.47%;甲藻门种类次之,出现 6 属 9 种,占总种类数的 19.15%;蓝藻门出现 3 属 3 种,各占总种类数的 6.38%。出现种类较多的属为根管藻属(6 种)。

2) 丰度

浮游植物总丰度变化范围为 $91.24 \sim 253.65 \times 10^4\text{cell}/\text{m}^3$, 均值 $164.15 \times 10^4\text{cell}/\text{m}^3$ (见表 3.2.6.1-3)。不同站位丰度差异一般,最高丰度出现在 A7, A6 次之。调查区域的浮游植物丰度分布较为均匀。

浮游植物群落总体以甲藻门丰度稍占优势,主要原因为夜光藻的丰度高。甲藻门丰度占各个站位丰度的 40.78%~63.04%,占区域平均丰度的 50.40%,在 13 个站位均有分布。硅藻门丰度百分比在 36.96%~54.58%之间,占区域浮游植物平均丰度的 48.02%,其他丰度百分比在 0.48%~5.28%之间,占区域浮游植物平均丰度的 1.58%。

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 10 种,分别为夜光藻(*Noctiluca scintillans*)、笔尖根管藻(*Rhizosolenia styliformis*)、梭角藻(*Ceratium*

fuscus)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)、圆海链藻(*Thalassiosira rotula*)、叉状角藻(*Ceratium furca*)、掌状冠盖藻(*Stephanopyxis palmeriana*)、具尾鳍藻(*Dinophysis caudata*)和短角角藻(*Ceratium breve*)。这 10 种优势种丰度占调查海域总丰度的 72.52%。其中夜光藻为第一优势种,其优势度为 0.305,其丰度变化范围在 $29.33 \sim 91.06 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$, 占各站位丰度的 17.9%~46.6%, 平均丰度 $50.11 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$, 占区域浮游植物平均丰度的 30.53%。A7 站夜光藻丰度最高,为 $91.06 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 。A20 站洛氏角毛藻丰度最低,为 $29.33 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 。另外,笔尖根管藻的优势度居第二位,为 0.067, 占总丰度的 6.72%。其他 8 个优势种的优势度在 0.036~0.053, 平均丰度在 $5.84 \sim 8.77 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 之间,这 10 种优势种在整个调查海域分布广泛。

4) 多样性水平与均匀度

各调查区站位浮游植物种数范围为 16 种~37 种, 平均 24 种。多样性指数范围为 2.972~4.576, 平均为 3.796。均匀度指数范围为 0.535~0.824, 平均为 0.683。多样性指数和均匀度指数均以 A18 最高, A9 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。

5) 综合评价

浮游植物鉴定出 3 门 31 属 47 种(类)。以硅藻门种类为主, 硅藻门种类占 74.47%, 甲藻门种类占 19.15%, 其他种类占 6.38%。浮游植物丰度范围 $91.24 \sim 253.65 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$, 平均为 $164.15 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 。调查海域以甲藻门丰度稍占优势, 主要原因是夜光藻的丰度高。本次调查浮游植物优势种共出现 10 种, 其中夜光藻为第一优势种, 其优势度为 0.305, 平均丰度 $50.11 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$, 占区域浮游植物平均丰度的 30.53%。浮游植物多样性指数平均为 3.796, 均匀度指数平均为 0.683。整体而言, 调查海域浮游植物种类一般, 各个站位的丰度占比较为平均, 浮游植物的多样性指数和均匀度指数均较好。

3.2.6.1.3 浮游动物

1) 种类组成及优势种

经鉴定, 本次调查浮游动物共出现 41 种(类), 种类一般, 分属 11 个不同类群, 即被囊动物有尾类、浮游甲壳动物端足类、浮游甲壳动物莹虾类、浮游海樽类、浮游毛颚类、浮游甲壳动物桡足类、浮游幼体、浮游甲壳动物枝角类、腔肠动物水螅水母类、腔肠动物栉水母类和原生动物。其中, 以桡足类出现种类数最多, 为 13 种, 占总种类

数的 31.70%；浮游幼体次之，出现 10 种（24.38%）；其他类群出现种类较少。

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查出现优势种 6 种，分别为夜光虫(*Noctiluca scintillans*)、桡足类幼体(*Copepoda larvae*)、肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)、肥胖三角溞(*Evadne tergestina*)、鸟喙尖头溞(*Penilia avirostris*)和红住囊虫(*Oikopleura rufescens*)。这 6 个优势种以夜光虫的优势度最高，为 0.4176，海域平均栖息密度为 125.14 ind/m³，占浮游动物总栖息密度的 41.76%，在 13 个站位均有出现。

2) 密度与生物量

13 个调查站位浮游动物密度变化范围为 173.19 ~ 678.49 ind/m³，均值 299.68 ind/m³，变幅一般。13 个站位中以 A6 最高、A4 (488.89 ind/m³) 次之，A20 最低。总体调查海域浮游动物密度一般。13 个调查站位浮游动物总生物量变化范围为 80.72 ~ 262.37 mg/m³，均值 130.79 mg/m³，变幅一般。以 A6 最高，A4 (194.44 mg/m³) 次之，A13 最低。总体上，调查海域总生物量处于中等水平。

3) 多样性水平

本次调查，各站平均出现浮游动物 41 种（类）；浮游动物多样性指数中等，均值为 3.13，变幅较小，变化范围为 2.60 ~ 3.69，以 A20 最高，A18 (3.50) 次之，A9 最低；均匀度指数变化范围为 0.49 ~ 0.69，均值为 0.59，海区均匀度中等，变幅较小，以 A20 最高，A9 最低。

根据陈清潮等提出的热带海区生物多样性评价标准对调查海域浮游动物的多样性进行了评价，多样性程度根据多样性阈值的大小可分为 5 类：I 类为 > 3.5，II 类为 2.5~3.5，III 类为 1.6~2.5，IV 类为 0.6~1.5，V 类为 < 0.6。本次调查，海域多样性阈值变化范围为 1.26~2.55，均值为 1.85，变幅中等。A20 最高，A9 最低；其中 A3、A8 和 A9 站位属 IV 类水平，多样性较低，A20 站位属 II 类水平，多样性较丰富，其他站位均属 III 类水平，多样性中等。总体调查海域整体属 III 类，浮游动物多样性中等。

5) 综合评价

浮游动物鉴定出 41 种（类），分属 11 个类群，以桡足类出现种类最多，调查区域出现优势种 6 种，以夜光虫优势度最高。浮游动物海域平均栖息密度为 299.68 ind/m³，总生物量平均值 130.79 mg/m³；多样性指数、均匀度和多样性阈值均值分别为 3.13、0.59 和 1.85，浮游动物多样性和均匀度中等。

3.2.6.1.4 大型底栖生物

1) 种类组成和生态特征

本次定量调查,共鉴定出底栖生物 4 门 20 科 26 种。其中软体动物为主要生物群为 9 科 14 种,占种类总数的 53.85%,其次为环节动物共 5 科 6 种,占 23.08%。

2) 优势种和优势度

本次调查,出现的 26 种生物中,优势度在 0.02 以上的优势种共有 4 种,分别为菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、棒锥螺(*Turritella terebra bacillum*)、小荚蛭(*Siliqua minima*)和节织纹螺(*Nassarius hepaticus*);这 4 种生物的优势度范围为 0.021~0.046。

3) 生物量及栖息密度

本次调查海域底栖生物的总平均生物量为 81.93 g/m²,平均栖息密度为 103.59 ind/m²。生物量的组成以软体动物为主,生物量为 67.66 g/m²,占总生物量的 82.59%。

4) 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,13 个调查站位生物量范围为 34.27~147.33 g/m²;栖息密度方面,13 个调查站位栖息密度范围为 40.00~160.00 ind/m²,其中 A20 站位的生物量最高,为 147.33 g/m²,A18 站位的栖息密度最高,为 160.00 ind/m²。最高生物量是最低生物量的 4.3 倍,最高栖息密度是最低栖息密度的 4 倍。

软体动物在调查海域内所有站位点均有出现,其平均密度为 67.69 ind/m²,平均生物量为 65.77 g/m²;其次为环节动物,在调查站位点分散出现,平均密度为 27.69 ind/m²,平均生物量为 4.02 g/m²。其他 2 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。

5) 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 0.92~2.64 之间,平均为 1.93。多样性指数 A7 站位最高,A9 站位最低;均匀度分布范围在 0.20~0.56 之间,均值为 0.41。本次调查海区底栖生物多样性和均匀度均属于中等水平。

6) 综合评价

底栖生物共鉴定出 4 门 20 科 26 种。以软体动物出现种类最多为 14 种,其次为环节动物 6 种。优势种共有 4 种,分别为菲律宾蛤仔、棒锥螺、小荚蛭和节织纹螺。底栖生物的总平均生物量为 81.93 g/m²,平均栖息密度为 103.59 ind/m²。底栖生物多样性指数平均为 1.93;均匀度平均为 0.41,区域多样性和均匀度均属于中等水平。

3.2.6.1.5 潮间带生物

1) 潮间带生物种类组成

本次潮间带生物调查,共鉴定出潮间带生物 3 门 14 科 19 种,生物数量一般。其中,软体动物最多,为 10 科 12 种,占种类总数的 63.16%,常见疣荔枝螺、菲律宾蛤仔和棒锥螺;节肢动物各 2 科 4 种,各占种类总数的 21.05%;环节动物各 2 科 3 种,各占种类总数的 15.79%。

2) 潮间带平均生物量及栖息密度

本次调查,潮间带生物平均生物量为 44.68 g/m^2 ,平均栖息密度为 39.56 ind/m^2 ,软体动物生物量和栖息密度都占绝对优势。

3) 生物量及栖息密度比较

3 个断面定量采样中,生物量以 CJ3 号断面的低潮区采样点为最高,其生物量为 73.24 g/m^2 ;其次是 CJ1 号断面的中潮区采样点,其生物量为 66.88 g/m^2 ,最高生物量是最低生物量的 4.05 倍;栖息密度也以 CJ1 号断面的低潮区最高;栖息密度为 72.00 ind/m^2 ,其次是 CJ3 号断面的低潮区采样点,栖息密度为 68.00 ind/m^2 ,最高栖息密度是最低栖息密度的 6 倍。

4) 调查断面水平分布和垂直分布比较

在调查断面的在水平分布上,生物量和栖息密度二者高低排序均为 $\text{CJ1} > \text{CJ3} > \text{CJ2}$

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。

5) 生物多样性指数和均匀度

本调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围较小,在 2.38~3.15 之间,平均值为 2.80;均匀度的变化范围为 0.56~0.74,平均值为 0.66;总的来说,多样性指数处于较高水平,均匀度处于中等水平。

6) 综合评价

潮间带生物共鉴定出潮间带生物 3 门 14 科 19 种。其中软体动物最多,有 10 科 12 种;节肢动物 2 科 4 种,环节动物各 2 科 3 种。常见疣荔枝螺、菲律宾蛤仔和棒锥螺。3 个断面的潮间带生物平均生物量为 44.68 g/m^2 ,平均栖息密度为 39.55 ind/m^2 。垂直分布上,生物量及栖息密度均以低潮区为最高;生物量和栖息密度高低排序均为低潮区 $>$ 中潮区 $>$ 高潮区。水平分布上,生物量及栖息密度均以 CJ1 为最高;生物量和栖息密度高低排序均为 $\text{CJ1} > \text{CJ3} > \text{CJ2}$ 。多样性指数的变化范围较小,在 2.38~3.15 之间,平均

值为 2.80；均匀度的变化范围为 0.56~0.74，平均值为 0.66；总的来说，多样性指数处于较高水平，均匀度处于中等水平。

3.2.6.1.6 鱼卵与仔稚鱼

1) 种类组成

在采集的样品中，共鉴定出 11 个种类，隶属于 9 科 10 属，种类名录如下：鱼卵记录到小公鱼 (*Stolephorus* sp.)、鲮科 (*Mugilidae*)、鲷属 (*Leiognathus*)、舌鳎科 (*Cynoglossidae*)、小沙丁鱼 (*Sardinella*)、石首鱼科 (*Sciaenidae*)、鲷科 (*Sparidae*) 共 7 种，而仔稚鱼则记录到鲮科 (*Mugilidae*)、虾虎鱼 (*Ctenogobius giurinus*)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*)、小沙丁鱼 (*Sardinella*)、白姑鱼 (*Pennahia argentata*)、鲷属 (*Leiognathus*)、小公鱼 (*Stolephorus commersonii*) 和多鳞鱻 (*Sillago sihama*)，共 8 种。

本季调查共捕获鱼卵 446 粒，仔稚鱼 43 尾。鱼卵数量以小公鱼最多，占鱼卵总数的 26.91%，其次是鲷属占总数的 13.00%，鲮科占 12.56%，小沙丁鱼占 10.31%，鲷科占 7.40%，舌鳎科占 6.73%，石首鱼科占 1.35%。仔稚鱼数量以小公鱼数量最多，占 36.17%，其次是鲮科占 23.40%，小沙丁鱼占 21.28%，多鳞鱻占 6.38%，白姑鱼和鲷属均占 4.26%，虾虎鱼和棘头梅童鱼均占 2.13%。出现的经济种类有小沙丁鱼、小公鱼和鲮科等鱼类。

2) 数量分布

调查 6 个断面共采到鱼卵 446 粒，仔稚鱼 47 尾，依此计算出调查区域鱼卵平均密度为 292 粒/1000 m³，处于较低水平。在调查期间 6 个断面均有采到鱼卵，数量分布差别不大。以 SF1 断面数量最多，密度为 522 粒/1000 m³，其次是 SF3 断面密度为 385 粒/1000 m³，以 SF4 断面数量最少鱼卵为 169 粒/m³。

仔稚鱼捕获数量一般，所有断面均有出现，平均密度为 31 尾/1000 m³，处于中等水平，以 SF6 断面数量最多，密度为 68 尾/1000 m³，其次是 SF1 和 SF3 断面，密度为 43 尾/1000 m³，最低密度是 SF4 断面，密度均为 16 尾/1000 m³。

3) 主要种类的数量分布

I 小沙丁鱼

小沙丁鱼为近海暖水性鱼类，一般不见于外海和大洋。游泳迅速，通常栖息于中上层，但秋、冬季表层水温较低时则栖息于较深海区。本次调查出现的小沙丁鱼鱼卵共有 46 粒，在 5 个断面 SF2、SF3、SF4、SF5 和 SF6 有出现，平均密度为 36 粒/1000 m³，

占本次调查鱼卵总密度的 10.31%；仔鱼 10 尾，在 6 个断面均有出现。小沙丁鱼卵广泛分布于调查海域，以 SF3 站数量最多，密度为 63 粒/1000 m³。

II 小公鱼

小公鱼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，优势种为康氏小公鱼。本次调查出现的小公鱼鱼卵共有 120 粒，在其中 6 个断面均有出现，平均密度为 79 粒/1000 m³，占本次调查鱼卵总密度的 26.91%；仔鱼 17 尾，在 6 个断面均有出现。小公鱼鱼卵在调查海域分布以 SF1 站数量最多，密度为 114 粒/1000 m³。

III 鲮科

鲮科，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。本次调查出现的鲮科鱼卵共有 56 粒，在 5 个断面 SF1、SF2、SF3、SF5 和 SF6 均有出现，平均密度为 44 粒/1000 m³，占本次调查鱼卵总密度的 12.56%；仔鱼 11 尾，在 4 个断面 SF1、SF2、SF3 和 SF6 均有出现。鲮科鱼卵在调查海域分布以 SF1 站数量最多，密度为 67 粒/1000 m³。

IV 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。本次调查出现的鳎属鱼卵共有 58 粒，在 5 个断面 SF1、SF3、SF4、SF5 和 SF6 均有出现，平均密度为 46 粒/1000 m³，占本次调查鱼卵总密度的 13.00%；仔鱼 2 尾，在 2 个断面 SF3 和 SF6 有出现。鳎属鱼卵在调查海域分布以 SF1 站数量最多，密度为 106 粒/1000 m³。

3) 综合评价

鱼卵和仔稚鱼共鉴定出 11 个种类，隶属于 9 科 10 属，鱼卵数量以小公鱼属最多，仔稚鱼数量以小公鱼属数量最多。调查海域鱼卵平均密度为 292 粒/1000 m³，处于较低水平，仔稚鱼平均密度为 31 尾/1000m³，处于中等水平。

3.2.6.1.7 游泳生物

(1) 游泳生物总体调查结果与评价

1) 种类组成

本次调查,共捕获游泳生物 34 种,其中:鱼类 22 种,甲壳类共 11 种(其中虾类 3 种,蟹类 6 种、虾蛄类 2 种),头足类 1 种。这些种类分别是康氏小公鱼、龙头鱼、棘头梅童鱼、变态螭、中国枪乌贼和口虾蛄等。

六个断面的种类数相对差别一般,其中 SF2 断面的种类数量相对较多为 21 种;SF6 断面种类数量最少,为 15 种。

2) 渔获率

6 个调查断面的重量渔获率变化范围为 1.69 ~ 2.87 kg/h,平均重量渔获率为 2.18 kg/h;个体渔获率变化范围为 156 ~ 226 ind/h,平均个体渔获率为 195 ind/h。其中,鱼类重量渔获率和个体渔获率分别为 1.40 kg/h 和 111 ind/h,占总个体渔获率和总重量渔获率的大部分。

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 78.41kg/km² 和 7031ind/km²。重量密度分布由高到低的断面依次是 SF4、SF2、SF3、SF5、SF1、SF6;个体密度分布由高到低的断面依次是 SF4、SF3、SF2、SF1、SF5、SF6。

4) 优势种

将所有渔获物 IRI 指数列于表 3.2.6.1-24。从表 3.2.6.1-24 可得出,IRI 值在 1000 以上的有 5 种,分别为:口虾蛄、变态螭、康氏小公鱼、龙头鱼、棘头梅童鱼,这 5 种渔获物平均重量渔获率之和为 1.36 kg/h,占总平均重量渔获率(2.18 kg/h)的 62.39%;这 3 种渔获物平均个体渔获率为 118.67 ind/h,占总平均个体渔获率(195 ind/h)的 60.86%。由此确定这 5 种为优势种。

(2) 鱼类资源状况

I 鱼类种类组成

本次调查捕获的鱼类共 22 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,以海水性的种类居多,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。

II 鱼类资源密度估算

本次调查,鱼类的资源平均重量密度为 50.55 kg/km²,平均个体密度为 3984 ind/km²。

III 主要经济鱼类生物学特性

a. 康氏小公鱼

地理分布：该鱼广泛分布于印度洋和太平洋，沿岸至近海的小型中上层鱼类。我国产于南海、东海以及黄海南部，以南海产量最高。

生活习性：喜集群生活，数量较大，以摄食海表面的浮游生物为生，主要以桡足类的浮游动物为主。

本次调查的康氏小公鱼体长范围为 85~100mm，体重范围为 6.5~10.5g，平均体重为 8.05g。

b. 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、台湾及东印度洋海域。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：龙头鱼栖息于沿海中、下层，为肉食性鱼类，主要以食鳗、小公鱼、棱鳗、小沙丁鱼、大黄鱼的幼鱼等小型鱼类，兼食毛虾、虾类和头足类为食。

本次调查的龙头鱼体长范围为 85~157mm，体重范围为 12.5~35.5g，平均体重为 29.57g。

c. 棘头梅童鱼

地理分布：分布于西太平洋区，包括菲律宾、越南、中国、朝鲜、韩国及日本等沿海。

生活习性：主要栖息于河口及深度可达 90m 之砂泥底质中下层水域，群聚性较弱。对温度、盐度的适应能力较强，在长江口、杭州湾等河口海湾内侧沿岸江河淡水注入海区均有分布，有向深浅水间移动和发声习性。捕食底栖生物和小鱼、虾和糠虾为主，有自食幼体现象。

本次调查的棘头梅童鱼体长范围为 62~115mm，体重范围为 11.0~26.52g，平均体重为 16.76g。

(3) 头足类的资源状况

I 种类组成

本次调查海域内捕获中国枪乌贼 1 种头足类。

II 头足类的资源密度估算

本次调查捕获头足类动物较少，其中 SF1 和 SF4 断面未有捕获，其他 4 个断面均有捕获头足类，其平均重量密度和平均个体密度分别为 3.13 kg/km² 和 156 ind/km²。

(4) 甲壳类资源状况

I 种类组成

本次调查，共捕获的甲壳类，经鉴定共 11 种，其中：虾类 3 种，蟹类 6 种、虾蛄类 2 种。

II 甲壳类资源密度评估

本次调查，甲壳类平均重量密度和平均个体密度分别为 24.73 kg/km^2 和 2892 ind/km^2 。平均重量密度分布从高到低的站位依次为 SF3、SF1、SF5、SF4、SF6、SF2；平均个体密度分布从高到低的站位依次为 SF3、SF1、SF6、SF2、SF4、SF5。

(5) 综合评价

游泳生物共捕获 34 种，其中：鱼类 22 种，甲壳类虾类 3 种，蟹类 6 种、虾蛄类 2 种，头足类 1 种。调查海域平均重量渔获率和个体渔获率分别为 2.18 kg/h 和 195 ind/h ；渔业资源平均重量密度和个体密度分别为 78.41 kg/km^2 和 7031 ind/km^2 ；其中，鱼类重量渔获率和个体渔获率分别为 1.40 kg/h 和 111 ind/h ，占总个体渔获率和总重量渔获率的大部分；甲壳类重量渔获率和个体渔获率分别为 0.69 kg/h 和 80 ind/h ；头足类重量渔获率和个体渔获率分别为 0.09 kg/h 和 4 ind/h 。

3.2.6.2 2020 年 11 月秋季海洋生态调查结果与评价

3.2.6.2.1 叶绿素 a 和初级生产力

本次调查区域叶绿素 a 平均浓度为 1.016 mg/m^3 ，变化范围为 $0.688 \sim 1.239 \text{ mg/m}^3$ ，变幅较小。本次调查时区域叶绿素 a 含量中等偏低，空间趋势较为平均，总体呈现由无规则变化的特征，空间差异并不明显。其中 A9 站位叶绿素含量最低，A10 站位叶绿素含量最高。

调查监测区内平均初级生产力为 $160.46 \text{ mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，在 $85.05 \sim 218.56 \text{ mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间，变幅较小。其中 A3 站位初级生产力最低，A10 站位初级生产力最高。总体上，监测区域初级生产力处于中等水平。

3.2.6.2.2 浮游植物

1) 种类组成

调查期间共鉴定浮游植物 5 门 29 属 55 种（类）。硅藻门种类最多，共 21 属 44 种，占总种类数的 80.00%；甲藻门种类次之，出现 5 属 8 种，占总种类数的 14.54%；

蓝藻门、金藻门、黄藻门各出现 1 属 1 种，各占总种类数的 1.82%。出现种类较多的属为角毛藻属（9 种）。

2) 丰度

浮游植物丰度变化范围为 $42.42 \sim 107.37 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ ，平均为 $80.86 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ 。不同站位丰度差异一般，最高丰度出现在 A10，A6 次之。调查区域的浮游植物丰度分布较为均匀。

浮游植物群落以硅藻门丰度占绝对优势，其丰度占各个站位丰度的 82.47% ~ 94.46%，占区域平均丰度的 89.03%，硅藻在 13 个站位均有分布。甲藻门丰度百分比在 3.96% ~ 17.53% 之间，占区域浮游植物平均丰度的 8.99%，其他丰度百分比在 0.89%~4.66% 之间，占区域浮游植物平均丰度的 2.58%。

3) 优势种及栖息密度分布

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 7 种，分别为洛氏角毛藻(*Chaetoceros lorenzianus*)、中华盒形藻(*Biddulphia sinensis*)、菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)、布氏双尾藻(*Ditylum brightwellii*)、掌状冠盖藻(*Stephanopyxis palmeriana*)、窄隙角毛藻(*Chaetoceros affinis*)和短角角藻(*Ceratium breve*)。这 7 种优势种丰度占调查海域总丰度的 58.15%。其中洛氏角毛藻为第一优势种，其优势度为 0.187，其丰度变化范围在 $8.75 \sim 20.02 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ ，占各站位丰度的 14.8%~21.7%，平均丰度 $15.13 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ ，占区域浮游植物平均丰度的 18.69%。A4 站洛氏角毛藻丰度最高，为 $20.02 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ 。A9 站洛氏角毛藻丰度最低，为 $8.75 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ 。另外，中华盒形藻的优势度也较高，为 0.101，占总丰度的 10.13%，居第二位。其他五个优势种的优势度在 0.033 ~ 0.089，平均丰度在 $2.70 \sim 7.23 \times 10^4 \text{cell/m}^3$ 之间，这 7 种优势种在整个调查海域分布广泛。

3) 多样性指数与均匀度

各调查区站位浮游植物种数范围为 18 种 ~ 40 种，平均 28 种。多样性指数范围为 3.611 ~ 4.698，平均为 4.110。均匀度指数范围为 0.625 ~ 0.813，平均为 0.711。多样性指数和均匀度指数均以 A18 最高，A3 最低。总体各调查站位各种类浮游植物均物的多样性指数和均匀度指数均较好。

5) 综合评价

浮游植物是测量水质的指示生物，其丰富程度和群落组成结构的变化直接影响水体质量状况。浮游植物鉴定出 5 门 29 属 55 种（类）。以硅藻门种类为主，硅藻门种类占

80.0%，甲藻门种类占 14.54%，其他种类占 5.46%。浮游植物丰度范围 $42.42 \sim 107.37 \times 10^4$ cell/m³，平均为 80.86×10^4 cell/m³。硅藻门平均丰度占 89.03%。本次调查浮游植物优势种共出现 7 种，其中洛氏角毛藻为第一优势种，其优势度为 0.187，平均丰度 15.13×10^4 cell/m³，占区域浮游植物平均丰度的 18.69%。浮游植物多样性指数平均为 4.110，均匀度指数平均为 0.711。整体而言，调查海域浮游植物种类一般，各调查站位以硅藻门丰度占绝对优势，各个站位的丰度占比较为一致，浮游植物的多样性指数和均匀度指数均较好。

3.2.6.2.3 浮游动物

1) 种类组成和优势种

经鉴定，本次调查浮游动物共出现 43 种（类），种类一般，分属 10 个不同类群，即被囊动物有尾类、浮游甲壳动物端足类、浮游海樽类、浮游毛颚类、浮游甲壳动物桡足类、浮游幼体、浮游甲壳动物枝角类、腔肠动物水螅水母类、腔肠动物栉水母类和原生动物。其中，以桡足类出现种类数最多，为 19 种，占总种类数的 44.19%；浮游幼体次之，出现 10 种（23.26%）；其他类群出现种类较少。

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，调查期间出现优势种 7 种，分别为中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)、微刺哲水蚤 (*Canthocalanus pauper*)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、精致真刺水蚤 (*Euchaeta concinna*)、夜光虫 (*Noctiluca scintillans*)、桡足类幼体 (*Copepoda larvae*) 和锥形宽水蚤 (*Temora turbinata*)。这 7 个优势种的优势度差异一般，以中华哲水蚤的优势度最高，为 0.1879，海域平均密度为 33.14 ind/m³，占浮游动物总密度的 18.79%，在 13 个站位均出现；微刺哲水蚤、小拟哲水蚤、精致真刺水蚤、夜光虫、桡足类幼体和锥形宽水蚤优势度分别为 0.1142、0.0970、0.0885、0.0473、0.0405 和 0.0381，平均密度 23.80 ind/m³、20.21 ind/m³、20.29 ind/m³、12.06 ind/m³、7.14 ind/m³ 和 12.49 ind/m³，占海域平均密度的 13.50%、11.46%、11.50%、6.84%、4.05% 和 7.08%，区域出现频率均为 84.62%、84.62%、76.92%、69.23%、100.00% 和 53.85%。

2) 密度与生物量

13 个调查站位浮游动物密度变化范围为 89.52 ~ 347.83 ind/m³，均值 176.37 ind/m³，变幅一般。13 个站位中以 A7 最高 (347.83 ind/m³)、A4 (251.79 ind/m³) 次之，A20 最低。总体调查海域浮游动物密度一般。13 个调查站位浮游动物总生物量变化范围为 28.83~152.61 mg/m³，均值 74.04 mg/m³，变幅较大。以 A7 最高，A4 (145.83 mg/m³) 次

之，A20 最低。总体调查海域总生物量处于中等水平。

3) 多样性水平

本次调查，各站平均出现浮游动物 43 种（类）；浮游动物多样性指数中等，均值为 3.34，变幅较小，变化范围为 2.48~3.70，以 A20 最高，A18（3.58）次之，A3 最低；均匀度指数变化范围为 0.46~0.68，均值为 0.61，海区均匀度较高，变幅较小，以 A20 最高，A3 最低。

根据陈清潮等提出的热带海区生物多样性评价标准对调查海域浮游动物的多样性进行了评价，多样性程度根据多样性阈值的大小可分为 5 类：I 类为 > 3.5，II 类为 2.5~3.5，III 类为 1.6~2.5，IV 类为 0.6~1.5，V 类为 < 0.6。本次调查，海域多样性阈值变化范围为 1.13~2.52，均值为 2.08，变幅较小。A20 最高，A3 最低；其中 A3 站位属 IV 类水平，多样性较低，A20 站位属 II 类水平，多样性较丰富，其他站位均属 III 类水平，多样性中等。总体调查海域整体属 III 类，浮游动物多样性中等。

5) 综合评价

浮游动物群落变化与环境因素密切相关，作为一项重要指标反映环境特征；同时作为主要的鱼类饲料，对海洋渔业具有重要意义。浮游动物鉴定出 43 种（类），分属 10 个类群，以桡足类出现种类最多，并以中华哲水蚤优势度最高。浮游动物海域平均密度为 176.37 ind/m³，总生物量平均值 74.04 mg/m³；多样性指数、均匀度指数均值和多样性阈值分别为 3.34、0.61 和 2.08，浮游动物多样性和均匀度中等。

3.2.6.2.4 大型底栖生物

1) 种类组成和生态特征

本次定量调查，共鉴定出底栖生物 4 门 17 科 20 种。其中软体动物为主要生物群为 8 科 9 种，占种类总数的 45%，其次为节肢动物共 4 科 5 种，占 25%。

2) 优势种和优势度

本次调查，出现的 20 种生物中，优势度在 0.02 以上的优势种共有 5 种，分别为菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、棒锥螺(*Turritella terebra bacillum*)、紫边白樱蛤(*Pseudometis praerupta*)、半褶织纹螺(*Nassarius semiplicatus*)和环纹坚石蛤(*Atactodea striata*)；这 5 种生物的优势度范围为 0.020~0.050。

3) 生物量及栖息密度

①总平均生物量和栖息密度

本次调查海域底栖生物的总平均生物量为 93.27g/m^2 ，平均栖息密度为 78.97 ind/m^2 。生物量的组成以软体动物为主，生物量为 69.61 g/m^2 ，占总生物量的 74.63%；其次为节肢动物，为 11.73 g/m^2 ，占总生物量的 12.65%；棘皮动物位居第三为 6.54 g/m^2 ，占总生物量的 7.02%，环节动物为 5.32g/m^2 ，占总生物量的 5.71%。栖息密度方面也以软体动物为主，栖息密度为 50.26 ind/m^2 ，占总栖息密度的 63.64%，环节动物、节肢动物和棘皮动物，分别为 14.36 ind/m^2 、 9.23 ind/m^2 和 5.13 ind/m^2 ，分别占 18.18%、11.69% 和 6.49%。

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，13 个调查站位生物量范围为 $39.06\sim 204.13\text{ g/m}^2$ ；栖息密度方面，13 个调查站位栖息密度范围为 $39.99\sim 133.33\text{ ind/m}^2$ ，其中，A13 站位生物量和栖息密度最高为 204.13 g/m^2 和 133.33 ind/m^2 。最高生物量是最低生物量的 5.23 倍，最高栖息密度是最低栖息密度的 3.33 倍。

软体动物在调查海域除 A14 外的站位点均有出现，其平均密度为 50.26 ind/m^2 ，平均生物量为 69.61 g/m^2 ；其次为节肢动物，在调查站位点分散出现，平均密度为 9.23 ind/m^2 ，平均生物量为 11.73 g/m^2 。其他 2 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为一般。

4) 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 1.00~2.86 之间，平均为 1.85。多样性最高的出现在 A7 站位，最低则为 A12 站位；均匀度分布范围在 0.23~0.66 之间，整个海区均匀度指数的平均值为 0.43。本次调查海区底栖生物多样性和均匀度均属于中等水平。

5) 综合评价

大型底栖生物群落是海洋生态系统重要的组成部分，对于环境变化较为敏感，具有较强的季节性变化，作为一项重要指标反映水文、水质和底质变化。底栖生物共鉴定出 4 门 17 科 20 种。以软体动物出现种类最多为 9 种，其次为节肢动物 5 种。优势种共有 5 种，分别为菲律宾蛤仔、棒锥螺、紫边白樱蛤、半褶织纹螺和环纹坚石蛤。底栖生物的总平均生物量为 93.27 g/m^2 ，平均栖息密度为 78.97 ind/m^2 。底栖生物多样性指数平均为 1.85；均匀度平均为 0.43，区域多样性和均匀度均属于中等水平。

3.2.6.2.5 潮间带生物

本次潮间带调查共设置 3 条断面，在各断面的高中低潮带各设 3 个站点进行定量样

品采集。

1) 潮间带生物种类组成

本次潮间带生物调查,共鉴定出潮间带生物 3 门 11 科 18 种,生物数量一般。其中,软体动物最多,为 8 科 12 种,占种类总数的 66.67%,常见条纹隔贻贝、菲律宾蛤仔和棒锥螺;节肢动物 2 科 4 种,占种类总数的 22.22%;环节动物 1 科 2 种,占种类总数的 11.11%。

2) 潮间带平均生物量及栖息密度

本次调查,潮间带生物平均生物量为 33.88g/m^2 ,平均栖息密度为 32.44 ind/m^2 。在潮间带生物生物量的百分组成中,软体动物生物量占绝对优势,为 29.98 g/m^2 ,占总生物量的 88.48%;其次为节肢动物,生物量为 2.57g/m^2 ,占总生物量的 7.58%。栖息密度的类群组成方面,最高密度也以软体动物最高,为 24.00 ind/m^2 ,占总栖息密度 73.97%。

3) 生物量及栖息密度比较

3 个断面定量采样中,生物量以 CJ1 号断面的中潮区采样点为最高,其生物量为 76.12g/m^2 ;其次是 CJ1 号断面的低潮区采样点,其生物量为 64.72 g/m^2 ,最高生物量是最低生物量的 7.90 倍;栖息密度也以 CJ1 号断面的中潮区最高;栖息密度为 76.00 ind/m^2 ,其次是 CJ1 号断面的低潮区采样点,栖息密度为 56.00 ind/m^2 ,最高栖息密度是最低栖息密度的 19 倍。

4) 调查断面水平分布和垂直分布比较

在调查断面的在水平分布上,生物量和栖息密度二者高低排序均为 $\text{CJ1} > \text{CJ3} > \text{CJ2}$ 。

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。

5) 生物多样性指数和均匀度

本调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围较小,在 2.32~3.17 之间,平均值为 2.78;均匀度的变化范围为 0.56~0.76,平均值为 0.67;总的来说,多样性指数和均匀度指数均处于较高水平。

6) 综合评价

潮间带生物共鉴定出潮间带生物 3 门 11 科 18 种。其中软体动物最多,有 8 科 12 种;节肢动物 2 科 4 种;环节动物 1 科 2 种。常见条纹隔贻贝、菲律宾蛤仔和棒锥螺。

3个断面的潮间带生物平均生物量为 33.88 g/m^2 ，平均栖息密度为 32.44 ind/m^2 。垂直分布上，生物量及栖息密度均以低潮区为最高；生物量和栖息密度高低排序均为低潮区 > 中潮区 > 高潮区。水平分布上，生物量及栖息密度均以 CJ1 为最高；生物量和栖息密度高低排序均为 CJ1 > CJ3 > CJ2。多样性指数的变化范围较小，在 2.32~3.17 之间，平均值为 2.78；均匀度的变化范围为 0.56 ~ 0.76，平均值为 0.67；多样性指数和均匀度指数处于较高水平。

3.2.6.2.6 鱼卵与仔稚鱼

1、种类组成

在采集的 15 个样品中，经鉴定，至少共出现了鱼卵仔鱼 12 种，其中鲈形目 6 种，鲱形目 2 种，鲻形目、鲽形目、鲉形目和未定种各鉴定出 1 种。

2、数量分布

本次调查共采到鱼卵 3097 个，仔鱼 109 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 $2333.35 \text{ 个/1000m}^3$ ，捕获鱼卵数量密度最高为 S32 号站，为 $8578.20 \text{ 个/1000m}^3$ ，调查期间 15 个测站中均采到鱼卵，鱼卵出现率为 100%，鱼卵密度变化范围在 $192.11 \text{ 个/1000m}^3 \sim 8578.20 \text{ 个/1000m}^3$ 。

仔鱼在 15 个监测站中均有出现，出现率为 100%，仔鱼的平均密度为 75.22 尾/1000m^3 。

3、主要种类及数量分布

小公鱼和鲷科是本次调查中出现的主要种类，在本次调查中出现在鱼卵当中。小公鱼鱼卵的密度在 $51.65 \text{ 个/1000m}^3 \sim 3956.73 \text{ 个/1000m}^3$ 之间，其鱼卵在 15 个调查站中均出现，出现频率为 100%。其中鱼卵密度最高出现在 S47 号站，其次为 S32 号站，密度为 $2559.24 \text{ 个/1000m}^3$ ，平均密度为 805.23 个/1000m^3 ，占本次调查鱼卵总数的 34.51%；鲷科鱼卵的密度在 $31.71 \text{ 个/1000m}^3 \sim 1943.13 \text{ 个/1000m}^3$ 之间，其鱼卵在 15 个调查站中均出现，出现频率为 100%。其中鱼卵密度最高出现在 S32 号站，其次为 S31 号站，密度为 $1684.49 \text{ 个/1000m}^3$ ，平均密度为 523.84 个/1000m^3 ，占本次调查鱼卵总数的 22.45%。

小沙丁鱼和鰕虎鱼科也是本次调查中出现的主要种类，在本次调查中出现在仔鱼当中。小沙丁鱼仔鱼在 15 个调查站中出现了 10 次，出现频率为 66.67%，密度范围在 $0.00 \text{ 尾/1000m}^3 \sim 243.13 \text{ 尾/1000m}^3$ 之间，其中仔鱼密度最高出现在 S35 号站，其次为 S46 号站，密度为 87.27 尾/1000m^3 ，平均密度为 37.08 尾/1000m^3 ，占本次调查仔鱼总数的

49.30%；鰕虎鱼科仔鱼在 15 个调查站中出现了 7 次，出现频率为 46.67%，密度范围在 0.00 尾/1000m³~ 84.81 尾/1000m³ 之间，其中仔鱼密度最高出现在 S41 号站，其次为 S32 号站，密度为 23.70 尾/1000m³，平均密度为 12.41 尾/1000m³，占本次调查仔鱼总数的 16.50%。

3.2.6.2.7 游泳生物

(1) 游泳生物总体调查结果与评价

① 种类组成

本次调查，共捕获游泳生物 35 种，其中：鱼类 21 种，甲壳类共 12 种（其中虾类 5 种，蟹类 6 种、虾蛄类 1 种），头足类 2 种。这些种类分别是黄鲫、中国枪乌贼、白姑鱼、小带鱼、黄姑鱼、红星梭子蟹和口虾蛄等。

六个断面的种类数相对差别一般，其中 SF2 断面的种类数量相对较多为 22 种；SF6 断面种类数量最少，为 16 种。

② 渔获率

6 个调查断面的重量渔获率变化范围为 1.33 ~ 5.63 kg/h，平均重量渔获率为 2.85 kg/h；个体渔获率变化范围为 173 ~ 321 ind/h，平均个体渔获率为 233 ind/h；其中，甲壳类重量渔获率和个体渔获率分别为 1.19 kg/h 和 144 ind/h，占总个体渔获率的大部分；鱼类重量渔获率和个体渔获率分别为 1.44 kg/h 和 80 ind/h，占总重量渔获率的大部分；头足类重量渔获率和个体渔获率分别为 0.22 kg/h 和 9 ind/h。

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 123.29kg/km² 和 10058ind/km²。重量密度分布由高到低的断面依次是 SF2、SF4、SF3、SF5、SF1、SF6；个体密度分布由高到低的断面依次是 SF2、SF3、SF4、SF1、SF5、SF6。

④ 优势种

将所有渔获物 IRI 值在 1000 以上的有 7 种，分别为：黄鲫、小带鱼、黄姑鱼、鹰爪虾、口虾蛄、变态蛄、红星梭子蟹，这 7 种渔获物平均重量渔获率之和为 1.64 kg/h，占总平均重量渔获率（2.85 kg/h）的 57.54%；这 7 种渔获物平均个体渔获率之和为 144 ind/h，占总平均个体渔获率（233ind/h）的 61.80%，由此确定这 7 种为优势种。

(2) 鱼类资源状况

I 鱼类种类组成

本次调查捕获的鱼类 21 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，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

II 鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的平均重量密度和平均个体密度分别为 62.39 kg/km² 和 3449 ind/km²。鱼类重量密度分布从高到低的站位依次为 SF2、SF4、SF5、SF6、SF3 和 SF1；鱼类个体密度分布从高到低的站位依次为 SF2、SF4、SF5、SF6、SF3 和 SF1。

III 主要经济鱼类生物学特性

A、黄鲫

地理分布：分布于印度洋和太平洋西部。我国南海、东海、黄海和渤海均产之。常年可捕获，以春秋两季为旺汛，产量集中。栖息于水深 4~13 米以内淤泥底质，水流较缓的浅海区。

生活习性：适温 5~28℃，肉食性，主要摄食浮游甲壳类，还摄食箭虫，鱼卵，水母等。产卵期南海 2~4 月，东海以北 5~6 月。卵浮性，球形。有洄游特性。一般生活于近海生活，体长可达 22 厘米，可作为食用鱼。

本次调查的黄鲫体长范围为 80~120mm，体重范围为 6.00~13.40g，平均体重为 7.71g。

b、黄姑鱼

地理分布：分布于西北太平洋区，包括中国、日本、韩国、朝鲜、越南。在中国分布于渤海、黄海、东海、南海。

生活习性：黄姑鱼为近海中下层鱼类。喜栖息于水深 70~80 米、泥或沙泥底海域。具明显季节洄游习性，具有发声能力，特别是鱼群密集生殖盛期。幼鱼主要摄食小型虾类、幼鱼和多毛类，成鱼以小型鱼类、虾类和双壳类等底栖生物为主。

本次调查的黄姑鱼体长范围为 60~190mm，体重范围为 10.80~156.60g，平均体重为 28.98g。

C、小带鱼

地理分布：分布于印度洋和太平洋西部。中国沿海均产之。

生活习性：暖水性中下层鱼类。通常栖息于近岸浅海、咸淡水及河口附近。为沿海常见种类。印度洋、太平洋沿岸，我国南海、东海、黄海、渤海、台湾岛东岸的 5 月至 7 月夏初，为幼带鱼的生长索饵洄游期；10 月~12 月秋末，为成年带鱼繁殖洄游期。

本次调查的小沙丁鱼体长范围为 350~610mm，体重范围为 35.80~56.10g，平均体重为 41.38g。

(2) 头足类的资源状况

I 种类组成

本次调查海域内捕获头足类 2 种，为真蛸和中国枪乌贼。

II 头足类的资源密度估算

本次调查在 6 个断面均有捕获头足类，头足类的平均重量密度和平均个体密度分别为 9.48 kg/km² 和 389 ind/km²。

(3) 甲壳类资源状况

I 种类组成

本次调查，共捕获的甲壳类，经鉴定共 12 种，其中：虾类 5 种，蟹类 6 种，虾蛄类 1 种。

II 甲壳类资源密度评估

本次调查，甲壳类的平均重量密度和平均个体密度分别为 51.42 kg/km² 和 6220 ind/km²。平均重量密度分布从高到低的站位依次为 SF1、SF2、SF3、SF4、SF6、SF5；平均个体密度分布从高到低的站位依次为 SF3、SF1、SF2、SF4、SF5、SF6。

(4) 综合评价

游泳生物共捕获 35 种，其中：鱼类 21 种，甲壳类虾类 5 种，蟹类 6 种、虾蛄类 1 种，头足类 2 种。调查海域平均重量渔获率和个体渔获率分别为 2.85 kg/h 和 233 ind/h；渔业资源平均重量密度和个体密度分别为 123.29 kg/km² 和 10058 ind/km²；其中，甲壳类重量渔获率和个体渔获率分别为 1.19 kg/h 和 144 ind/h，占总个体渔获率的大部分；鱼类重量渔获率和个体渔获率分别为 1.44 kg/h 和 80ind/h，占总重量渔获率的大部分，优势种为：黄鲫、黄姑鱼、小带鱼、鹰爪虾、红星梭子蟹、变态螳和口虾蛄。

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

1、南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.3.8-1 和图 3.3.8-2，本工程海域不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

2、南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 3.3.8-3），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。

3、南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内（图 3.3.8-4）。

4、主要经济鱼种“三场一通道”

根据《中国近海渔业资源状况报告（2020）》（农业农村部，2021），本项目位于鲷类的重要繁育场和鲈类重要繁育场。

鲷类：南海北部鲷类仔稚鱼出现时间 4-6 月，4 月最高，其次 5 月，6 月最低。4 月鲷类仔稚鱼在粤西出现一个明显密集区，从电白到上下川岛、范围较广，密度高，其中 2 个密集中心分别位于博贺附近和海陵岛东南海域；此外，琼州海峡东侧，海南岛西南莺歌海附近、大亚湾一大鹏湾附近和北部湾涠洲岛东南附近等海域均出现小密集区（见图 3.3.8-5）。5 月鲷类仔稚鱼出现 5 个密集区，但密集程度不高，分别为粤东惠来外侧。大亚湾外侧、粤西博贺—海陵岛、雷州半岛西例和高栏列岛南面海域，最高密度为惠来外侧海域。

鲈类：南海北部鲈科仔稚鱼数量以 5 月最高，其次 4 月，6 月最低。4 月鲈科仔稚鱼分布广泛，有多个密集区出现，比较明显的密集区出现在北部湾北部和粤西-海南岛海域、博贺-海陵岛整个近岸海域，密度均较高。5 月鲈科仔稚鱼密度较高的海域有 3 处，分对雷州半岛以东-上下川岛、珠江口-惠来和北部湾北部。6 月有 2 个密集中心，以雷州半岛以东-高栏列岛海域密度最高，其次是湛江近岸海域。

3.2.7 “三场一通道”分布情况

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

1、南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.2.7-1 和图 3.2.7-2，本工程海域不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

2、南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 3.2.7-3），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。

3、南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内（图 3.2.7-4）。

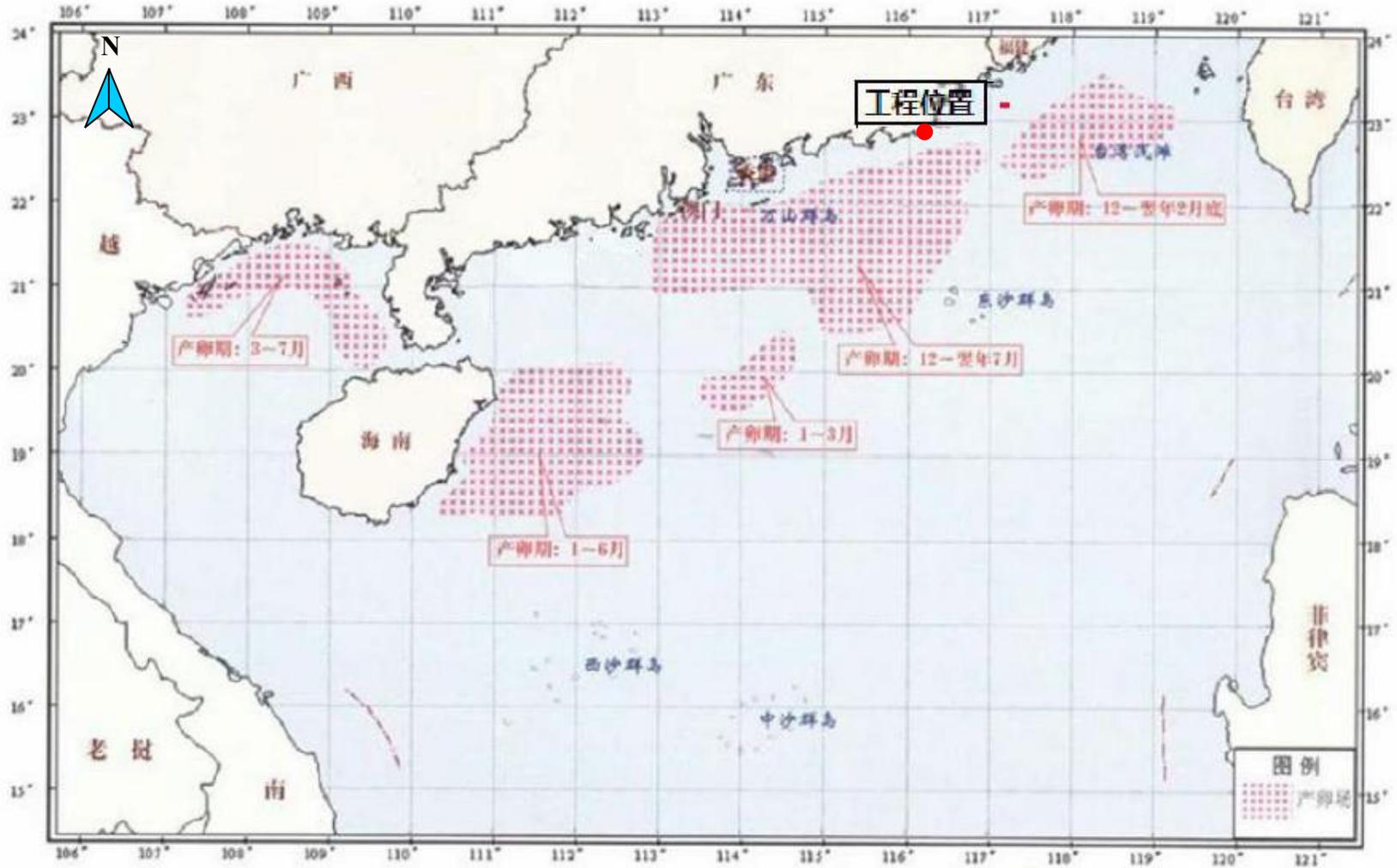


图 3.2.7-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

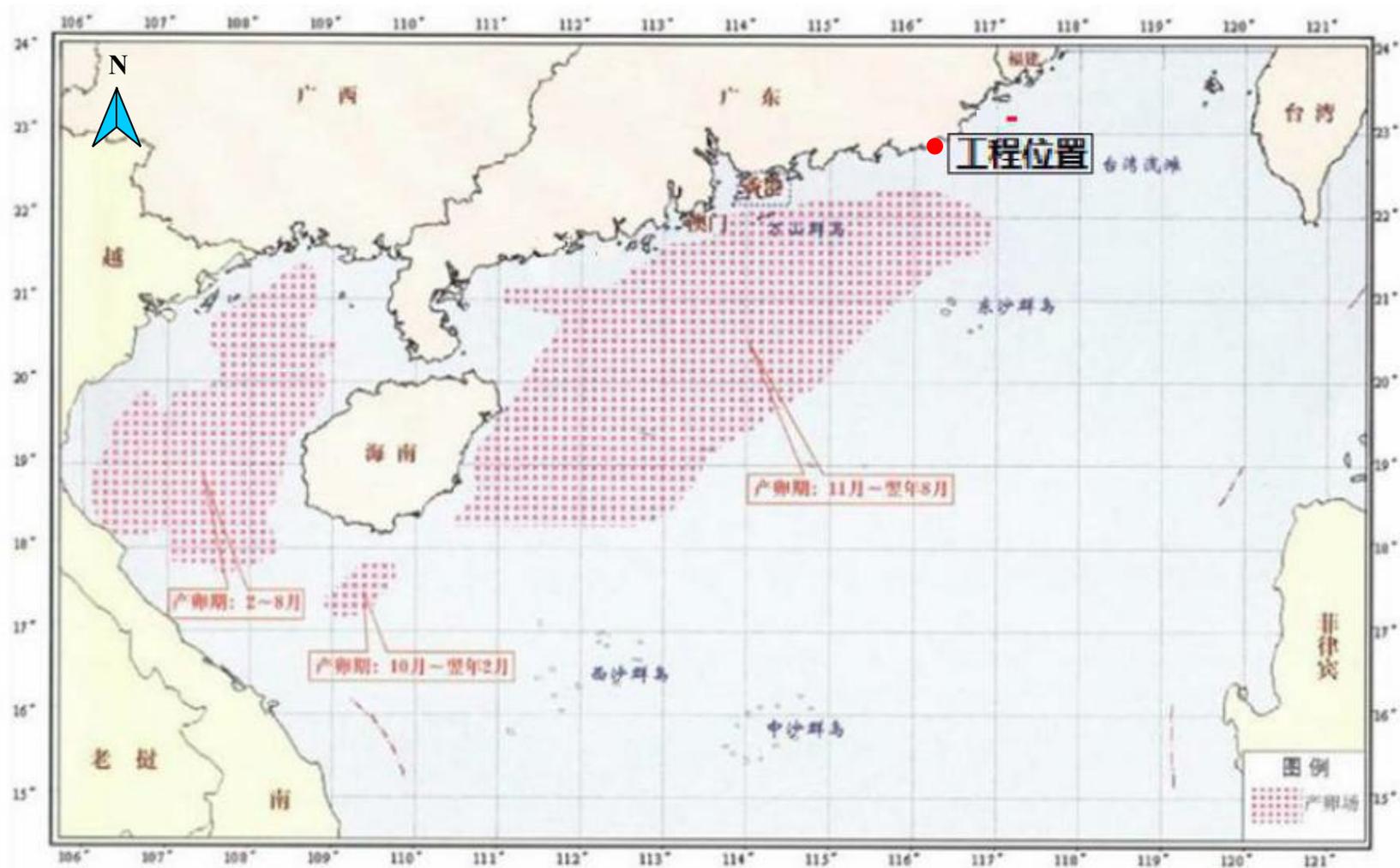


图 3.2.7-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

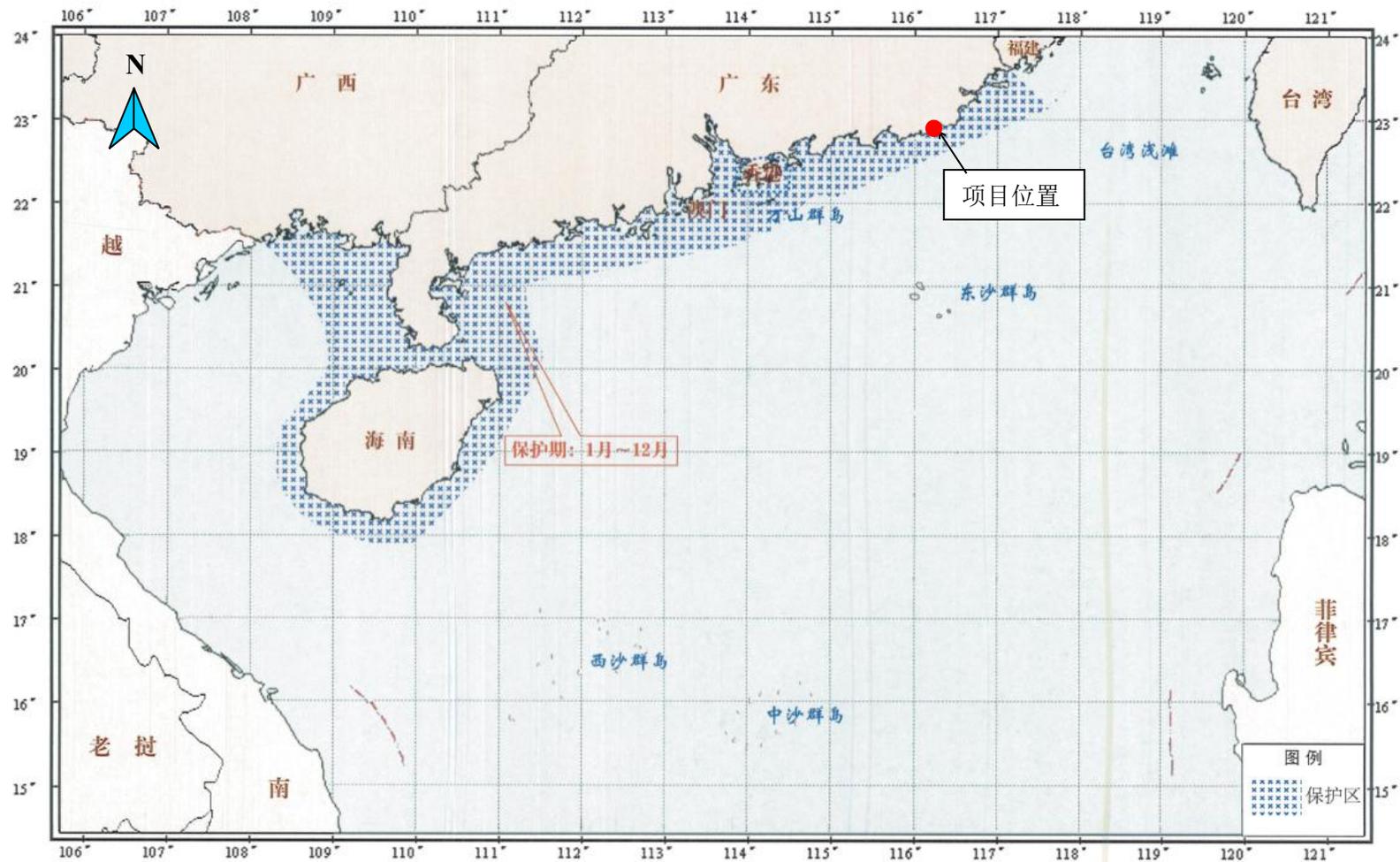


图 3.2.7-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

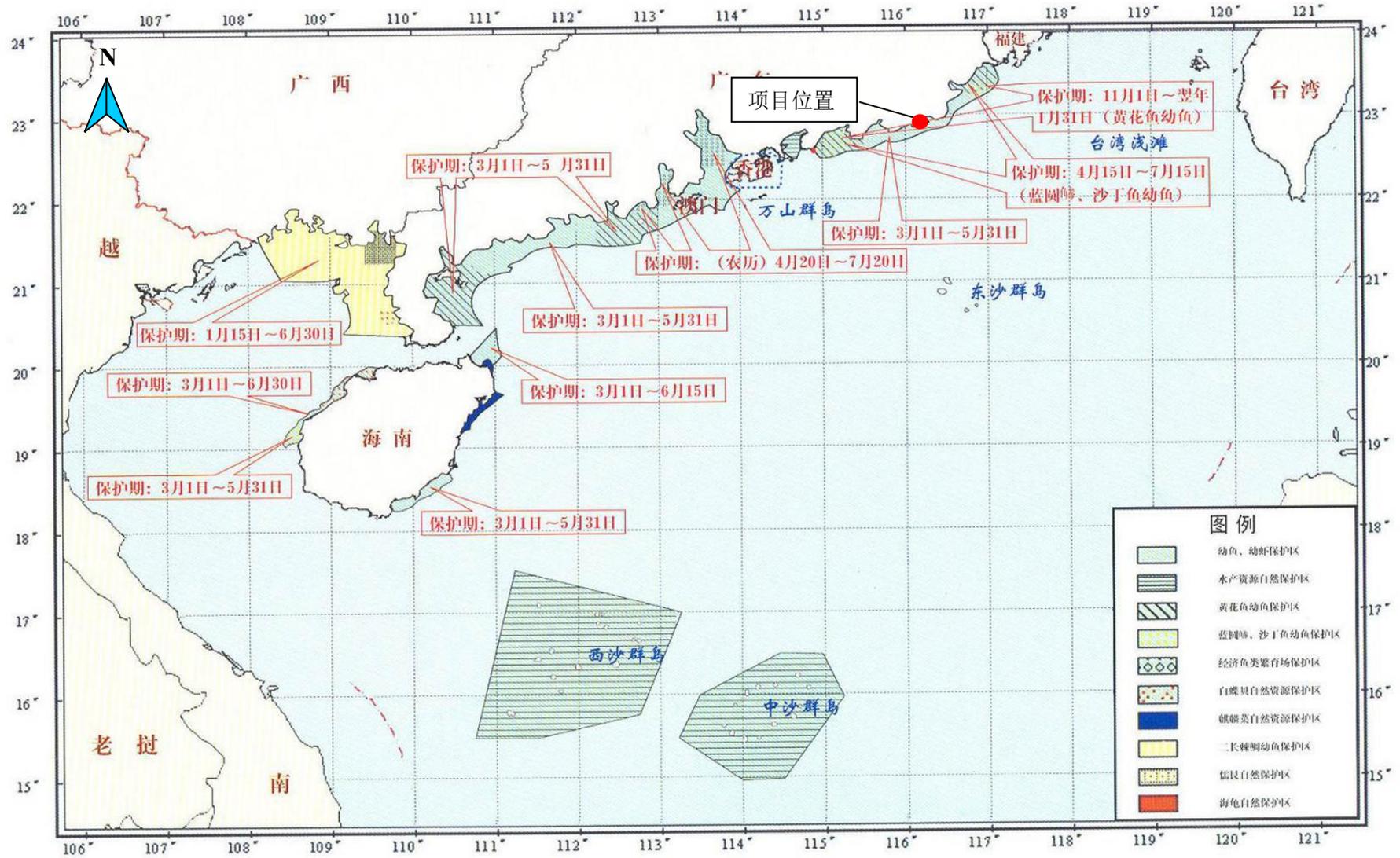


图 3.2.7-4 南海国家级及省级渔业品种保护区分布图

3.2.9 海洋自然灾害

3.2.9.1 热带气旋

根据《台风年鉴》《热带气旋年鉴》及相关统计资料，1949~2017年期间，登陆广东沿海的台风达238次，其中在惠来县登陆的有14个。热带气旋8、9月出现最多，1月至3月没有热带气旋影响本海域，1949年~2014年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有29个，强台风29个，台风37个，强热带风暴36个。1949~2017年期间，对项目附近海域最具影响的热带气旋有12个，遮浪海洋站记录的风速均在33m/s以上，分别是6903、7908、8819、9009、9509、0104、0313、0601、0812、1319、1622和1713热带气旋。

7908号台风是建国以来登陆广东省台风中较强的一次西太平洋台风，其特点是：风力强、范围广、移速快。1979年8月2日13~14时，7908号台风在广东省深圳市沿海登陆，登陆时中心风速达55m/s，中心气压925hPa（资料来自上海台风研究所），1979年8月1日24时~2日12时，神泉镇渔港海域平均风力12级以上（遮浪海洋站1979年8月2日实测风速61m/s，风向东北），8级以上大风时间持续24个小时，12级大风时间持续12个小时。

0104尤特(Utor)，于北京时间2001年7月1日14时生成于北纬7.2度，东经138.5度，生成时的中心风速15m/s，中心气压1000百帕；3日8时加强为强热带风暴，20时加强为台风。该台风以较稳定的西北方向穿过巴林塘海峡进入南海北部，最后于7月6日早上7:50在广东海丰至惠东之间沿海登陆。

1319超强台风天兔(Usagi)是2013年全球最强热带气旋，气象部门均评定天兔接近中心最高持续风速达每小时200公里或以上；9月15日，一个低压区在菲律宾东北部海面上形成。9月17日早上升格为热带风暴，9月18日，天兔将东南方的云带卷入中心附近，使得中心得以巩固。早上8时45分升格为强热带风暴。晚上8时升格为中度台风。9月19日，天兔急剧增强，下午1时开始，天兔发展出一个完整而细小的风眼。下午9时25分把天兔进一步升为超强台风。9月20日，天兔采取西北偏西路径，并加速至每小时18公里。天兔强度在上午达到颠峰，中午时分开始发展“双重眼壁”现象，导致天兔稍作减弱。9月21日，天兔向西或西北偏西移动，穿越吕宋海峡，并进

入南海东北部。22日19时40分登陆广东汕尾。

1622号强台风“海马”，2016年10月16日下午2时由强热带风暴级加强为台风级，10月21日5时台风海马位于惠东县南偏东方大约230公里的南海东北部海面上，21日12时40分在汕尾市鲘门镇沿海地区登陆，登陆时中心附近最大风力14级（42m/s），受其影响广东全省倒塌房屋327间，严重损坏房屋2749间，农作物受灾面积17.8万公顷，惠州市渔业养殖场受损面积6069亩；汕尾市损坏堤防59处8160m，损坏护岸51处，损坏水闸21座，损坏水利设施179处。

1713号超强台风“天鸽”，2017年8月20日14时，在西北太平洋洋面上生成。之后强度不断加强，8月22日8时加强为强热带风暴，15时加强为台风。8月23日7时加强为强台风，一天连跳两级，最强达15级（48m/s，年鉴中修改为16级，52m/s），12时50分前后以强台风级（14级，45m/s）在中国广东省揭阳市登陆。为2017年以来登陆中国的最强台风。

2018年第22号台风“山竹”的中心16日17时前后在广东省江门市台山沿海登陆，是2018年来登陆我国最强台风，给惠来县带来暴雨。

2019年有影响的台风有2个，1907号台风“韦帕”和1911号台风“白鹿”，给惠来县带来强降水，但未造成直接经济损失，台风“韦帕”影响期间，惠来沿海出现6-7级、阵风9-10级的大风。

2020年有影响的台风有2个，06号台风“米克拉”和07号台风“海高斯”，给惠来县带来暴雨。

2021年有影响的台风有2个，07号台风“查帕卡”和09号台风“卢碧”，给惠来县带来暴雨。

2022年有5个台（“暹芭”、“木兰”、“马鞍”、“尼格”和一个热带低压）登陆广东省，登陆台风数较多年平均值（3.7个）偏多1.3个。其中，8月份连续有三个台风登陆：8月4日9时热带低压在惠州惠东沿海登陆，登陆时中心附近最大风力6级（13米/秒），中心最低气压1002百帕；第7号台风“木兰”于8月10日10时以热带风暴级（9级，23米/秒，中心最低气压992百帕）在湛江徐闻沿海登陆；第9号台风“马鞍”于8月25日10时以台风级（12级，33米/秒，中心最低气压975百帕）在茂名电白沿海地区登陆。

3.2.9.2 风暴潮

根据《2022年广东省海洋灾害公报》，2022年，广东省沿海共发生风暴潮过程5次，其中2次造成灾害，分别为“暹芭”台风风暴潮和“马鞍”台风风暴潮，共造成直接经济损失7.65亿元，未造成人员死亡失踪。“暹芭”台风风暴潮造成直接经济损失最严重，为7.43亿元，占全年风暴潮灾害直接经济损失的97%。2022年广东省风暴潮灾害主要损失统计见表3.2.9.2-1。

表 3.2.9.2-1 2022年广东省风暴潮灾害主要损失统计

灾害过程		发生时间	主要受灾地区	死亡失踪人口 (人)	直接经济损失 (万元)
编号	名称				
2203	“暹芭”台风风暴潮	7月1-2日	深圳、珠海、阳江、茂名	0	74 336.63
2209	“马鞍”台风风暴潮	8月24-25日	珠海、阳江、茂名	0	2 145.90
合计				0	76 482.53

与近十年相比，风暴潮发生次数和致灾次数与平均值（5次、3次）基本持平，风暴潮灾害造成的直接经济损失和死亡失踪人数明显小于平均值。2013-2022年广东省风暴潮灾害直接经济损失和死亡失踪人数统计情况见图3.2.9.2-1所示。

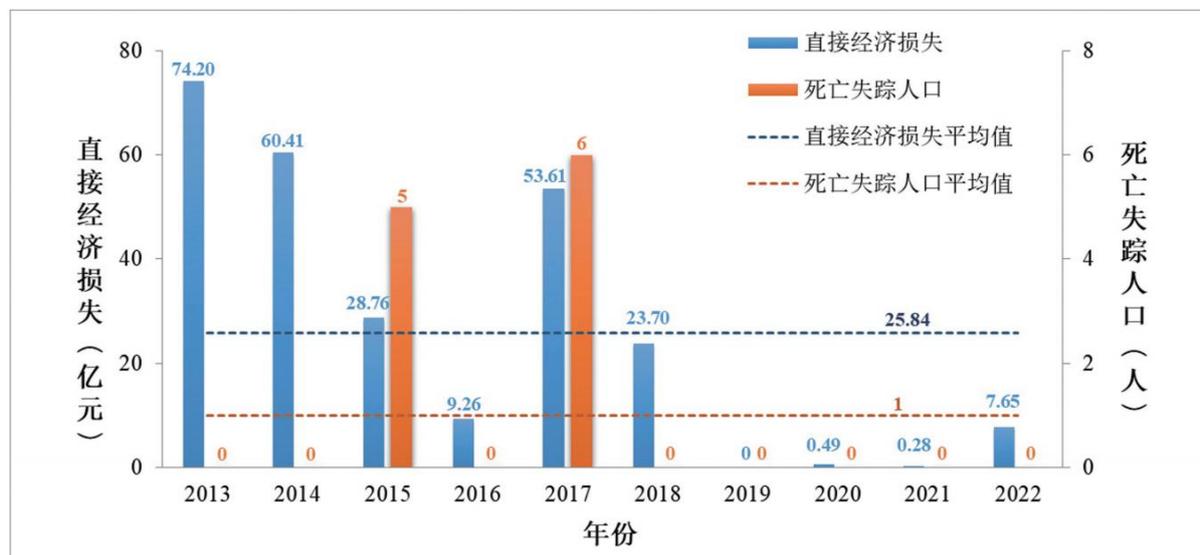


图 3.2.9.2-1 2013-2022年广东省风暴潮灾害直接经济损失和死亡失踪人数统计

“暹芭”台风风暴潮

2022年7月2日15时前后，台风“暹芭”在茂名市电白区沿海登陆，登陆时中心附近最大风力12级（35米/秒），中心最低气压为965百帕。珠江口到雷州半岛东部沿岸

潮（水）位站观测到 60-160 厘米的最大风暴增水，其中闸坡站和北津站出现了达到当地橙色警戒潮位的高潮位，珠海站、横门站和黄埔站出现了达到当地黄色警戒潮位的高潮位，赤湾站、广州站、台山站和水东站出现了达到当地蓝色警戒潮位的高潮位。

“马鞍”台风风暴潮

2022 年 8 月 25 日 10 时 30 分前后，台风“马鞍”在茂名市电白区沿海登陆，登陆时中心附近最大风力 12 级（33 米/秒），中心最低气压为 975 百帕。

珠江口到雷州半岛东部沿岸潮（水）位站观测到 40-170 厘米的最大风暴增水，其中北津站出现了达到当地橙色警戒潮位的高潮位，珠海站出现了达到当地黄色警戒潮位的高潮位，赤湾站、黄埔站、台山站和闸坡站出现了达到当地蓝色警戒潮位的高潮位。

3.2.9.3 海浪灾害

根据《2022 年广东省海洋灾害公报》，2022 年，广东省近海共发生有效波高 4.0 米(含)以上的灾害性海浪过程 10 次，未造成直接经济损失和人员死亡失踪。上述海浪过程主要发生在 2-12 月，级别均在狂浪及以下，其中 5 次受台风过程的影响，4 次受冷空气过程的影响，1 次受台风和冷空气过程共同影响。

2021 年广东省海浪灾害过程见表 3.2.9.3-1 所示。

表 3.2.9.3-1 2022 年广东省海浪灾害过程

名称	发生海域	发生时间	引发海浪原因	海浪级别
20220219 冷空气过程	广东近岸海域	2 月 19-23 日	冷空气	大浪到巨浪
20220331 冷空气过程	广东近岸海域	3 月 31 日 -4 月 3 日	冷空气	大浪到巨浪
2203 号台风“暹芭”过程	广东近海海域	6 月 30 日 -7 月 3 日	台风“暹芭”	巨浪到狂浪
2207 号台风“木兰”过程	广东近岸海域	8 月 8-11 日	台风“木兰”	大浪到巨浪
2209 号台风“马鞍”过程	广东近海海域	8 月 23-26 日	台风“马鞍”	巨浪到狂浪
2216 号台风“奥鹿”过程	广东近海海域	9 月 26-28 日	台风“奥鹿”	大浪到巨浪
20221016 冷空气 +2220 号台风“纳沙”过程	广东近海海域	10 月 16-20 日	冷空气 和台风“纳沙”	巨浪到狂浪
2222 号台风“尼格”过程	广东近海海域	10 月 30 日 -11 月 3 日	台风“尼格”	巨浪到狂浪
20221130 冷空气过程	广东近岸海域	11 月 30 日 -12 月 3 日	冷空气	大浪到巨浪
20221216 冷空气过程	广东近海海域	12 月 16-18 日	冷空气	巨浪到狂浪

3.2.9.4 地震

据不完全的历史记载，该区地震活动频繁，自 1491~1981 年发生过大于 1.9 级地震 25 次，梅陇-海丰一带发生过 20 次，特别是在海丰附近发生过三次震级 5 级地震。其次，在陆丰、惠来附近有 5 次浅源壳内地震发生。近年仍有小震或有感地震不断，对人类正常活动带来一定的影响。地震产生主要位于山丘构造拗陷区，根据《中国海岸带和海涂资源综合调查图集》中的地质图和其它区域地质资料显示，在本项目所在海域和周边地带没有断裂通过。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001）（2008 年第 1 号修改单）和《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010），本区域地震动峰值加速度为 0.10g，相应的地震基本烈度为 VII 度，设计时可据此设防。

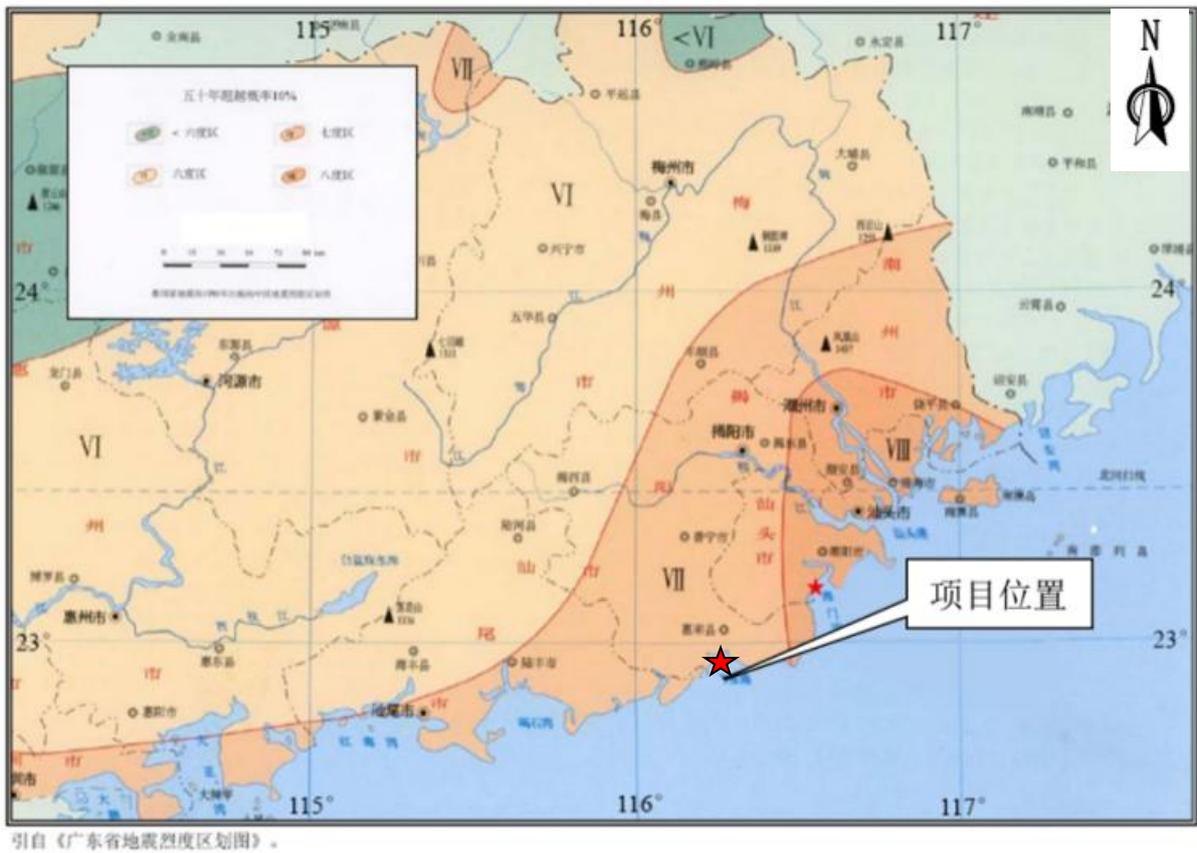


图 3.2.9.4-1 项目区地震烈分布图（摘自广东省地震烈度区划图）

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 生态评估

4.1.1 重点和关键预测因子

本项目位于龙江河出海口东侧海域，所在海域为入海河口海域，所需占用的海岸线为砂质自然岸线，属于海洋生态环境敏感区，需重点关注的为本项目对砂质自然岸线（沙滩）的自然形态、生态功能等产生的影响，同时也需关注本项目对水质环境、生态和生物资源环境，其中水质环境中关键预测因子为 SS，而生态和生物资源环境中关键预测因子为底栖生物、鱼卵仔鱼。

4.1.2 不同方案的影响预测

本项目为防波堤建设项目，已于 2017 年 11 月 17 日取得原广东省海洋与渔业厅《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293 号），并于 2020 年 10 月 29 日开始进行施工建设，目前已完成了大部分防波堤的施工建设，项目的选址及平面布置具有唯一性，且其非透水构筑物的用海方式也具有唯一性，不存在平面布置等的比选。

根据 4.3 节的环境影响预测结果可知，本项目建设对海洋水文动力环境的影响较小，工程区域各代表点大潮涨急流速变化值位于 $-0.17\text{m/s} \sim 0.12\text{m/s}$ 之间，大潮涨急流向变化值位于 $-35.8^\circ \sim 284.5^\circ$ 之间；各代表点大潮落急流速变化值位于 $-0.13\text{m/s} \sim 0.06\text{m/s}$ 之间，大潮落急流向变化值位于 $-197.2^\circ \sim 262.7^\circ$ 之间；工程实施后水动力环境变化较大的代表点位于港池口门和防波堤附近，外海域水动力环境基本没有变化，施工产生的影响仅局限于防波堤附近小范围海域内，基本不会对外海域水动力环境产生影响。

防波堤建成以后对隆江河口和防波堤上波侧岸滩冲淤产生一定的影响。对其它海域冲淤条件影响很小，不会引起整个神泉湾海域流态和泥沙运移势态的改变，也不会整体上对附近海床产生明显的冲淤影响。

施工产生的悬沙扩散主要是在防波堤附近，施工产生大于 100mg/L 高浓度区的最大包络线面积为 0.277km^2 ，大于 50mg/L 高浓度区的包络线面积为 0.908km^2 ，大于 20mg/L 高浓度区的包络线面积为 2.131km^2 ，大于 10mg/L 高浓度区的包络线面积为

4.026km²。

本项目施工过程中产生的悬浮泥沙主要来源于本海域，沉降的悬浮泥沙基本不会改变所在海域海底的沉积物特征，且这种影响是暂时的，会随着时间逐渐消失。此外，本项目施工期间产生的船舶生活污水和生活垃圾均能得到有效处理，均不直接排入海域环境中。综合分析，本项目施工期对项目及附近海域的沉积物环境产生的影响较小。

本项目防波堤建设占用海域及施工产生的悬浮泥沙均会对所在海域的海洋生态环境产生一定的影响，造成一定的海洋生物量损失。经估算，造成的生物损失量约为底栖生物 40.8t、潮间带生物 1.0t、鱼卵 5.39×10^7 粒、仔稚鱼 1.16×10^7 尾、游泳动物 196.4kg。

4.1.3 推荐方案对资源生态环境的影响分析

4.1.3.1 对沙滩的影响分析

4.1.3.1.1 对沙滩冲淤及水动力影响分析

根据《揭阳港大南海东岸公共进港航道工程和码头防波堤工程潮流泥沙观测分析报告》中的分析结果，神泉湾向南开敞，海湾开口宽度超过 20km，上岬角（澳角至屿头角）偏向粗端。岸线走向呈 EN~SW 向，岸滩坡度较为平缓，约为 1/700，湾内表层沉积物以细砂为主，高潮岸线以上发育着植被。沙滩区域主要受控于风、波浪、潮汐等海洋动力条件，同时也受到该海湾地形、泥沙条件及龙江流域来水来沙条件的影响。

该海域以波控为主，显示出近岸水域波浪动力较强。主要浪向为 E、ESE 和 SE 向，强浪为 SE~ESE 向，S~SSE 向次之。但由于防波堤的存在，港池内波浪动力也较弱。工程附近除龙江河改道干流入海口外，再无其他大河汇入，沙源有限，附近岸线受河流来沙影响很小。本项目建成后，由于东西防波堤的遮蔽，泥沙平常情况多以悬移质运动为主，在台风等海洋灾害引起的大浪情况下，伴有推移质泥沙运动。

防波堤建成后可能产生以下变化：①港池内水动力变弱，泥沙平常情况多以悬移质运动为主，且由于涨潮历时大于落潮历时，而涨潮流速小于落潮流速，泥沙将在沙滩附近有淤积过程。②本区域沉积物以粉砂为主，颗粒组成较细，质地较粘。根据张春华等对于《北海银滩泥化与硬化成因初探》的研究，细颗粒粘性泥沙在海洋环境中往往以絮团形式存在。在海浪、海流等动力作用下，絮团不断地发生分散或絮凝，絮凝状态下的细颗粒泥沙会以较快的速度沉降至海底，水体中含沙量较高时，会有大量的细颗粒泥沙在底床落淤，形成淤泥层。泥沙动力学研究表明，沉降在海底的细颗粒泥沙能够承受较

大的起动流速，不容易再悬浮到水体中，而是倾向于滞留海底底床。底床附近的细颗粒泥沙经历长期累积，形成浮泥层，即“泥化”过程。砂质海滩出现泥化与硬化的原因，是在某一段时期内进入海域的外界泥沙来源增加，使得该海域水体含沙量增大，细颗粒泥沙淤积加剧所致。而防波堤建设形成的环抱式缓慢水动力环境以及船只通行、施工产生的悬浮泥沙等都可成为细颗粒粘性泥沙来源，成为引起海滩泥化的因素。随着防波堤的建设，本项目所在海域沙滩泥化程度会逐渐增强。

4.1.3.1.2 对沙滩的生态环境影响分析

本节主要结合《揭阳港大南海东岸公共进港航道工程和码头防波堤工程海岸动力地貌调查与岸滩演变分析》中的相关内容进行评价分析。

1、对沙滩资源的影响分析

根据《揭阳港大南海东岸公共进港航道工程和码头防波堤工程海岸动力地貌调查与岸滩演变分析》的预测分析结果可知，本工程西防波堤与中委广东石化项目构成上波侧岸段的下岬角和次级下岬角，遮蔽 SW 向浪形成小弧形，控制着未来岸滩演变趋势。与此同时，本工程西防波堤对龙江河口东缘局地岸段也是优势浪向的上岬角，不仅减缓了自东向西沿岸输沙对龙江河口的不利影响，而且防波堤与龙江河口拦门沙浅滩共同构成一个局地小弧形岸段，河口拦门沙浅滩及其东缘岸滩的向海淤展速率趋缓。

基于防波堤工程后波浪动力模拟和沿岸输沙计算结果，东防波堤对不同浪向（E、ESE、SE、SSE、S、SSW、SW）的绕射、折射影响的上波侧岸段长度大致在 2~5km 范围，偏西向浪的受影响范围明显大于偏东向浪。

东防波堤的建设，对岸滩泥沙的输移产生两种效应。①在沿岸方向，东堤堤根是其上波侧沿岸泥沙流的“归宿地”，发生停滞堆积；而且，在偏西向浪作用期间，由于东堤的有效遮蔽，这些堆积泥沙难以再度起运，不能向东（即不能由波浪弱向波能强的区段）输运；因此，工程后堤根东侧邻近岸滩呈堆积型动态调整和演变趋势。②在垂岸（向/离岸）方向，优势浪向（SE 至 S 向浪）在东堤上波侧岸段具有显著的向岸输移作用（这与工程海域表层沉积物的二维输运趋势一致），东堤堤根海滩滩肩加积抬高；与此同时，近岸水域由于波浪增水，滩回退水流相对增强，将导致-2~-5m 水下岸滩等深线向海堆积凸伸；因此，工程后东堤东侧邻近岸滩宽度增大，滩肩和水下岸滩同时向海堆积外推。然而，上述沿岸和垂岸泥沙运动及其堆积外展趋势，也必将受到堤头处波能相对集中、指向堤根的能量梯度的限制，从而在堤根东侧发展和分布一个弧形岸滩。工程后东堤上

波侧弧形岸滩的堆积范围大致以距堤根 3km 为限，其泥沙来自更加靠近神泉渔港的侵蚀岸段。由于泥沙供给严重不足，工程后东堤堤根处岸滩的堆积外展速率不大，岸滩堆积范围不会超过现状水深-5m 线。

综上，本工程建成后，对沙滩的影响主要集中在两个岸段，即防波堤上波侧沙质岸滩和龙江河口岸段。特别是东防波堤垂岸延伸至 10m 水深处，构成一个突伸于岸外的人工岬角，调控着上波侧方向 3~5km 范围的沙质岸滩的侵蚀或堆积调整变化，其中，距东堤 2km 岸段泥沙持续堆积、岸滩向海外展；距东堤 4km 附近岸段将遭受侵蚀，岸线后退。

2、对沙滩自然属性的影响

基于工程前后潮流场的变化和泥沙回淤强度计算结果分析，防波堤工程建设主要导致防波堤附近水域的水动力要素发生了变化，防波堤建成以后，防波堤头部附近的外侧海区流速有所增强，港池内流速明显减弱，防波堤东侧近岸水域流速也有所减弱。在不考虑风浪作用时，淤积强度和淤积量均不大，正常天气条件下，作业区泥沙回淤水平较小。即使在台风极端大浪发生时，可造成一定量泥沙骤淤，但淤积强度亦不大，通过正常疏浚维护即可保证通航要求。工程附近除龙江河改道干流入海口外，再无其他大河汇入，附近岸线受河流来沙影响很小。泥沙平常情况多以悬移质运动为主，在大浪时近岸伴有推移质泥沙运动。

受东防波堤的遮蔽和阻滞，上波侧岸段自西向东的沿岸输沙量锐减，工程后 ($1.08 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$) 的量值不到工程前量值 ($3.52 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$) 的三分之一 (30.68%)；上波侧岸段自东向西的沿岸输沙量值由工程前 ($6.81 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$) 增大至工程后 $11.44 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，相对增大了 82.67%，因此，虽然工程后上波侧岸段的总输沙量变化不大，自东向西的净输沙量约为工程前的 3.15 倍，增幅达 $7.07 \times 10^3 \text{m}^3/\text{a}$ 。东堤以东 0~2km、2~4km 和 4km 以东，分别对应于新的人工岬角控制之下的遮蔽段、过渡段和直线段，相应地，在工程后将分别表现为显著堆积、蚀积季节性变动和明显侵蚀的演变状态。

考虑到防波堤人工构筑物岬角对波能分布的调控作用、上波侧岸滩供沙长期不足和沙质岸滩的季节调整变化，东堤堤根堆积、岸线外推的速率不大，推断防波堤的淤积年限超过 30 年，甚至不会出现沿岸输沙越堤现象。

综上，防波堤的建设对沙滩自然属性和海域自然属性会产生一定的变化。

4.1.3.1.3 对沙滩生态服务功能的影响分析

本防波堤工程建设占用砂质岸线 95.16m，其中，工程东防波堤占用砂质岸线 44.96m，西防波堤占用砂质岸线 50.20m，用海方式为非透水构筑物，防波堤的建设占用了小面积的沙滩资源，对沙滩生态服务功能产生了一定的影响。

4.1.3.1.4 对沙滩旅游功能的影响

从文化旅游的角度，揭阳市砂质岸线占比较高，数量较多，利用不足，滨海旅游产业发展缓慢，结合现场调研情况，防波堤建设前沙滩上有少量游客，但随着防波堤和后方陆域大南海石化工业区的建设，该区域工业功能更为突出，且因建设对沙滩进行了封闭处理，丧失了沙滩的亲海功能，影响了沙滩景观，某种程度上说，防波堤和大南海石化工业区的建设，使沙滩的旅游功能价值大幅降低甚至基本消失。本项目的建设会占用项目所在区域的沙滩资源，导致沙滩固有的稳定岸线功能降低，海岸线破坏，进而造成沙滩生态功能价值的永久性降低，也使沙滩旅游、滨海浴场的休闲娱乐等功能受损，影响该区域的旅游发展。

4.1.3.2 对生态保护红线区的影响分析

本项目不位于生态保护红线区，与最近的生态保护红线区-惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场的最近距离约为 3.5km，距离较远，本项目施工过程中产生的悬浮泥沙最大包络线，不会扩散至项目附近的生态保护红线区，不会对附近的海洋生态红线区产生影响。

4.1.3.3 对“三场一通道”的影响分析

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区内；此外，本项目也位于鲷类和鳆类重要繁育场。

本项目为防波堤建设项目，本项目营运期无污染物的产生与排放，对“三场一通道”影响主要集中在施工期。

本项目基槽挖泥和抛石等施工过程中产生的悬浮泥沙会引起工程区及周边水域水质混浊，使海水光线透射率下降，溶解氧降低，会影响水生动、植物的生长，对幼鱼繁育场、幼鱼幼虾保护区、鲷类和鳆类重要繁育场中的幼鱼、幼虾、鲷类和鳆类等生长造成阻碍，同时悬浮泥沙也会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖，造成一定的生物量损失。但本项目施工过程中产生的悬浮泥沙的影响范围面积占繁育场保护区内、幼鱼幼虾保护区、鲷类和鳆类重要繁育场的面积比例非常

小；根据《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20m 水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，该幼鱼幼虾保护区不属于特种幼鱼、幼虾保护区，且根据项目所在海域的现状调查资料，项目所在海域的仔幼鱼均为常见种类，因此，本项目所在海域的幼鱼、幼虾种类主要为常见物种，不属于珍稀濒危物种，因此，本项目的实施，基本不会引起所在海域的幼鱼幼虾等在此绝迹，且本项目对海洋生物的影响主要存在于施工期，随着施工期的结束将逐渐消失。且本项目也将尽快对造成的海洋生态损失进行补偿，可将项目施工过程中可能对南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼幼虾保护区、鲷类和鳎类重要繁育场的影响降至最低，不会对其产生长远的不良影响。

4.2 资源影响分析

4.2.1 对海岸线资源及海域空间资源的影响分析

本次补充论证，根据 2022 年省政府批复的海岸线进行界定，确定本项目申请用海总面积约为 46.7253 公顷，较原批复用海总面积增加了约 0.1030 公顷；用海范围占用海岸线的总长度约为 95.16m，较原批复的减少了约 11.14m。

海洋资源共存于一个主体的海洋环境中，在同一个空间上同时拥有多种资源，有多种用途，其分布是立体式多层状的，其特点决定了该海域是多功能区，根据各功能的重要程度排出的功能顺序，其首位功能为主导功能。本项目占用的海洋功能区为惠来南部工业与城镇用海区，保障港口航运用海是管理要求之一。

本工程防波堤建设需占用 49.5308 公顷的海域空间（其中本项目申请的面积为 46.7253 公顷，“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”申请并已转让给本项目建设单位的面积为 2.8055 公顷），属于排他性用海。但本项目作为南海作业区公共港区（2#港池）的公共防波堤建设工程，是公共港区（2#港池）的基础设施先行工程，建成后可为港区提供良好的作业条件和环境，是促进大南海石化工业园化工项目发展的重要基础条件及关键工程，有助于优化整个揭阳市沿海经济带投资环境及巩固、增强城市区域竞争力。本项目对 2#港池所在海洋空间资源充分利用，可完善 2#港池的配套设施，丰富了项目所在海域的港口配套资源，集约、节约用海。因此，项目用海不会对海洋的空间资源产生较大的影响，且有利于附近港口码头海洋空间资源的有效利用。

本工程的建设不可避免的需占用砂质自然岸线，所占用的沙滩资源会受到永久性地破坏，砂质海岸的地形、海滩地貌等要素均受损。本项目需要选择一个合适区域开展岸线整治修复，实现岸线占用与修复补偿相平衡。

4.2.2 对沙滩资源的影响分析

本项目需占用砂质自然岸线为 95.16m，其中西防波堤需占用砂质自然岸线约 44.96m，东防波堤需占用砂质自然岸线约 50.20m，占用潮间带面积约为 2.48 公顷。本项目的建设某种程度上造成了沙滩资源的破坏，使得沙滩的生态服务功能消失，并带来沙滩的景观消失、旅游减弱、休闲娱乐功能受损等负面影响。

根据《海岸线价值评估技术规范》（DB44/T2255-2020），自然岸线采用生态服务功能价值评估法进行评估；砂质岸线的价值包括供给、调节、文化和支持服务，供给服务主要为食品生产，调节服务为气体调节，文化服务为审美旅游，支持服务为生境服务。

（1）食品生产价值

$$P_{\text{食}} = (R_{\text{食}} - C_{\text{食}}) \times A$$

式中：R_食——单位面积养殖及捕捞品种的收入（单位为元）；

C_食——单位面积养殖及捕捞品种的成本（单位为元）；

A——评估对象面积。

据揭阳市统计数据，2021 年揭阳市海水产品产量 6.76 万吨，海水养殖面积约 1700 公顷。参考水产市场价格，贝类产品平均市场价格为 15 元/kg。参考宜养滩涂和近海养殖的平均利润率，估算出本项目食品生产生态系统服务价值约为 9.0 万元/年。

（2）气体调节价值

$$P_{\text{氧气}} = (1.63C_{\text{二氧化碳}} + 1.19C_{\text{氧气}}) \times X \times A$$

式中：

C_{二氧化碳}——固定二氧化碳的成本（单位为元/千克）；

C_{氧气}——释放氧气的成本（单位为元/千克）；

X——单位面积浮游植物及其他植物每年干物质的产量（单位为千克/平方米）。

根据 2021 年 3 月和 2020 年 11 月的调查海域的调查结果，本项目所在海域的初级生产力约为 185.56 (mg·C/m²·d)。2022 年广东碳配额周均价 76 元/吨。根据陈应发等人的研究，制造氧气的成本为 0.4 元/kg。则根据上式可估算出气体调节价值为 0.1 万元/年。

(3) 审美旅游价值

$$P_{\text{旅游}} = V_{\text{旅游}} / S_{\text{旅游}} \times A$$

式中：

$V_{\text{旅游}}$ ：海岸带旅游娱乐/景观的价值（单位为元/年）；

$S_{\text{旅游}}$ ：具有旅游娱乐价值的海岸线的面积（平方米）。

深圳市运用旅行费用法评估出深圳市基准沙滩单位面积游憩价值为 56192 元/m²，本次评估在深圳市基础沙滩的价值基础上通过采用深圳市 GDP、人口数量、最低工资、与惠来县 GDP、人口数量、最低工资进行调整后，得到该岸段砂质岸线沙滩的旅游价值为 1.2 万元/年。

(4) 生境服务价值

$$P_{\text{生境}} = P_{\text{生产力}} \times E \times \sigma \times P_{\text{贝类}} \times R_{\text{贝类}} / \delta \times A$$

式中：

$P_{\text{生境}}$ ：单位面积每年生境服务的价值；

$P_{\text{生产力}}$ ：单位面积海岸线区域的初级生产力（单位为克/平方米·年）；

E ：转化效率，即初级生产力转化为软体动物的效率；

δ ：贝类产品混合含碳率；

σ ：贝类重量与软体组织重量的比；

$P_{\text{贝类}}$ ：贝类产品平均市场价格（单位为元/克）；

$R_{\text{贝类}}$ ：贝类产品销售利润率。

根据 TaitRV 对近岸海域生态系统能流的分析，10%的初级生产力会转化为软体动物；参考卢振彬等人的研究，软体动物混合含碳率为 8.33%，各类软体组织与其外壳的平均重量比为 1:5.52；贝类产品平均市场价格为 15 元/kg，结合销售利润率，得到生境服务的价值约为 2.2 万元/年。

(5) 生态系统服务价值

$$P_{\text{年生态}} = (P_{\text{食品}} + P_{\text{气体}} + P_{\text{审美}} + P_{\text{生境}}) = 9.0 + 0.1 + 1.2 + 2.2 = 12.5 \text{ 万元/年。}$$

综上，根据生态服务功能价值评估法进行评估，该岸线的生态服务价值为 12.5 万元/年，其中，食品生产价值为 9.0 万元/年，气体调节价值为 0.1 万元/年，审美旅游价值为 1.2 万元/年，生境服务价值为 2.2 万元。即若该段岸线，其生态服务价值将损失约 12.5 万元/年。

4.2.3 对生物资源的影响分析

(1) 潮间带生物和底栖生物的损失估算

本项目基槽开挖及抛石等施工产生的悬浮泥沙在施工区附近海域扩散，会造成水体悬浮物浓度增加，使得海水透明度降低，导致底栖生物和潮间带生物正常的生理过程受到影响，但这种影响是短暂的，施工结束后受悬沙影响的底栖生物可以逐渐恢复到正常水平。

工程建设对潮间带生物和底栖生物最主要的影响是防波堤占用海域毁坏了潮间带生物和底栖生物的栖息地，使潮间带生物和底栖生物的栖息环境被破坏，导致施工区周边一定范围内潮间带生物和底栖生物死亡。

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

$$W_i = D_i \times S_i \quad \text{公式（1）}$$

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）。在此为潮间带生物和底栖生物的资源密度。

S_i —第*i*种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。在此为防波堤面积。

项目占用海域面积情况：本项目防波堤占用海域总面积约为 49.0725 公顷（本项目申请用海面积 46.7253 公顷，建设范围与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”重叠用海部分的面积约为 2.3472 公顷），其中根据本项目所在海域的水深地形图，本项目防波堤需占用潮间带海域总面积约为 2.48 公顷。

生物资源密度：取 2021 年 3 月（春季）和 2020 年 11 月（秋季）整个调查海域的平均生物量进行计算。则根据上述公式，计算得本项目防波堤建设造成的潮间带生物损

失量约为 1.0t，底栖生物损失量约为 40.8t。

表 4.2.3-1 项目底栖生物损失量计算一览表

工程类型	类别	占用面积 (公顷)	生物量 (g/m ²)			损失量 (t)
			2021年3月 (春季)	2020年11 月(秋季)	两季平均	
防波堤建设	底栖生物	46.5925	81.93	93.27	87.60	40.8
	潮间带生物	2.48	44.68	33.88	39.28	1.0

(2) 渔业资源的损失估算

本项目基槽挖泥、抛石等过程产生的悬浮泥沙会对渔业资源造成影响。按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(简称《规程》)，悬浮物扩散范围内对海洋生物产生持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克 (kg)；

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

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

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

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米 (km²)；

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

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

1) 污染物浓度增量影响的持续周期数 (T) 和污染水深 (m)

本项目基槽挖泥施工总工期约 6 个月，污染持续周期数为 12 个；东西防波堤与海岸垂直部分施工总时间约为 2.5 年，其中扣除前期施工准备和后期的验收、及受疫情影响等时间，其实际施工天数约为 750 天，其年污染持续周期数约为 50 个；东防波堤与海岸平行部分施工总工期约为 6 个月，污染持续周期数为 12 个。

则根据所在海域的实测水深地形资料，本项目东西防波堤与海岸垂直部分的平均水深约为 6.5m，东防波堤与海岸平行部分平均水深约为 9.8m，基槽挖泥施工所在海域平均水深约为 9.5m。

(2) 资源密度 (D_{ij})

选取 2021 年 3 月（春季）和 2020 年 11 月（秋季）所有调查站位的平均年生物量进行计算，具体见表 4.2.3-2 所示。

表 4.2.3-2 项目渔业资源、浮游动植物密度取值一览表

序号	类别	生物量 (g/m ²)		
		2021 年 3 月 (春季)	2020 年 11 月 (秋季)	两季平均
1	游泳生物 (kg/km ²)	78.41	123.29	100.85
2	鱼卵 (粒/m ³)	0.292	2.33335	1.313
3	仔稚鱼 (尾/m ³)	0.031	0.7522	0.392

(3) 浓度增量区面积 S_j

本项目悬浮泥沙主要产生于基槽挖泥和吹填溢流、防波堤抛石施工过程，保守起见，本次浓度增量面积选取较符合本项目实际施工过程的三个典型工况的悬浮泥沙包络线面积。根据数模预测结果，各浓度增量面积统计见表 4.2.3-3 所示。

表 4.2.3-3 不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积

工程内容	污染物 i 的超标倍数 B_i	对应的 SS 浓度范围 (mg/L)	SS 增量各浓度分区平均最大包络面积 (km ²)
基槽挖泥+溢流	$B_i \leq 1$ 倍	$10 < B_i \leq 20$	(1.621-0.655) = 0.966
	$1 < B_i \leq 4$ 倍	$20 < B_i \leq 50$	(0.655-0.222) = 0.433
	$4 < B_i \leq 9$ 倍	$50 < B_i \leq 100$	(0.222-0.038) = 0.184
	$B_i > 9$ 倍	$B_i > 100$	0.038
东西防波堤抛石	$B_i \leq 1$ 倍	$10 < B_i \leq 20$	(0.359-0.204) = 0.155
	$1 < B_i \leq 4$ 倍	$20 < B_i \leq 50$	(0.204-0.120) = 0.084
	$4 < B_i \leq 9$ 倍	$50 < B_i \leq 100$	0.120
东防波堤中与海岸平行段抛石施工	$B_i \leq 1$ 倍	$10 < B_i \leq 20$	(0.104-0.046) = 0.058
	$1 < B_i \leq 4$ 倍	$20 < B_i \leq 50$	(0.046-0.022) = 0.024
	$4 < B_i \leq 9$ 倍	$50 < B_i \leq 100$	0.022

(4) 生物资源损失率 (K_{ij})

根据《规程》，污染物对各类生物损失率根据污染物的超标倍数来确定（见表 4.2.3-4）。

表 4.2.3-4 《规程》中对污染物对各类生物损失率的规定

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	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

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

本次评价按《规程》中的“污染物对各类生物损失率”确定本工程增量区的各类生物损失率（详见表 4.2.3-5）。

表 4.2.3-5 本工程悬浮物对各类生物资源损失率 K_{ij}

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

(5) 资源损失量计算结果

根据前述计算公式和参数（统计见表 4.2.3-6）计算得本项目悬浮泥沙造成的渔业资源生物损失量如下：鱼卵 5.39×10^7 粒、仔稚鱼 1.61×10^7 尾、游泳动物 196.4kg。

表 4.2.3-6 悬浮泥沙影响损失估算表

工程内容	浓度 (mg/L)	种类	资源密度		影响面积 S (km ²)	持续周期数 (T)	水深 (m) (d)	损失率 K (%)	损失量计算公 式	损失量	
			密度值 D	单位						损失量值	单位
基槽挖泥+溢流	10~20	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.966	12	9.5	5	D×S×d×K×T	7.23×10 ⁶	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.966	12	9.5	5	D×S×d×K×T	2.16×10 ⁶	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.966	12	9.5	0.5	D×S×K×T	5.8	kg
	20~50	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.433	12	9.5	17.5	D×S×d×K×T	1.13×10 ⁷	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.433	12	9.5	17.5	D×S×d×K×T	3.39×10 ⁶	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.433	12	9.5	5	D×S×K×T	26.2	kg
	50~100	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.184	12	9.5	40	D×S×d×K×T	1.10×10 ⁷	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.184	12	9.5	40	D×S×d×K×T	3.29×10 ⁶	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.184	12	9.5	15	D×S×K×T	33.4	kg
	>100	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.038	12	9.5	50	D×S×d×K×T	2.84×10 ⁶	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.038	12	9.5	50	D×S×d×K×T	8.49×10 ⁵	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.038	12	9.5	20	D×S×K×T	9.2	kg
东西防波堤抛石	10~20	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.155	50	6.5	5	D×S×d×K×T	3.31×10 ⁶	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.155	50	6.5	5	D×S×d×K×T	9.87×10 ⁵	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.155	50	6.5	0.5	D×S×K×T	3.9	kg
	20~50	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.084	50	6.5	17.5	D×S×d×K×T	6.27×10 ⁶	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.084	50	6.5	17.5	D×S×d×K×T	1.87×10 ⁶	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.084	50	6.5	5	D×S×K×T	21.2	kg
	50~100	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.120	50	6.5	40	D×S×d×K×T	2.05×10 ⁷	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.120	50	6.5	40	D×S×d×K×T	6.12×10 ⁶	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.120	50	6.5	15	D×S×K×T	90.8	kg
东防波堤中与海岸平行段抛石施工	10~20	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.058	12	9.8	5	D×S×d×K×T	4.48×10 ⁵	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.058	12	9.8	5	D×S×d×K×T	1.34×10 ⁵	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.058	12	9.8	0.5	D×S×K×T	0.4	kg
	20~50	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.024	12	9.8	17.5	D×S×d×K×T	6.49×10 ⁵	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.024	12	9.8	17.5	D×S×d×K×T	1.94×10 ⁵	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.024	12	9.8	5	D×S×K×T	1.5	kg
	50~100	鱼卵	1.313	粒/m ³	0.022	12	9.8	40	D×S×d×K×T	1.36×10 ⁶	粒
		仔稚鱼	0.392	尾/m ³	0.022	12	9.8	40	D×S×d×K×T	4.06×10 ⁵	尾
		游泳动物	100.85	kg/km ²	0.022	12	9.8	15	D×S×K×T	4.0	kg
合计									鱼卵：5.39×10 ⁷ 粒；仔稚鱼：1.16×10 ⁷ 尾；游泳动物：196.4kg。		

(6) 海洋生物资源损害价值量

根据《规程》的要求，考虑到海洋生物资源调查的内容，各类生物资源的经济损失额的计算方法如下：

底栖生物和潮间带生物：

底栖生物和潮间带生物均按成体生物处理，计算公式为：

$$M = W \times E$$

式中： M 为经济损失额，元；

W 为生物资源一次性损失总量，千克（kg）；

E 为生物资源的价格，元/kg，底栖生物和潮间带生物按成体生物处理，商品价格按照经济贝类市场价格计算（15 元/kg）。

鱼卵和仔稚鱼、游泳生物：

鱼卵和仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式为：

$$M = W \times P \times V$$

式中： M 为鱼卵和仔稚鱼的经济损失金额，元；

W 为鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失量，尾、个或 kg；

P 为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算。

V 为鱼苗和游泳生物的商品价格，鱼苗的价格按湛江市主要鱼类苗种的平均价格 1.0 元/尾计，游泳生物的价格按 20 元/kg 计算。

按照《规程》，当进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3~20 年的，按照实际占用年限补偿；占用 20 年以上的，按不低于 20 年计算。一次性生物资源损害赔偿为一次性损害额的 3 倍。

本项目防波堤对潮间带生物和底栖生物造成的影响属于长期影响，按 20 年补偿；防波堤总施工时长约 3 年，按 3 年进行补偿。由此计算，本工程造成的生物资源损害价值约为 1657.2 万元，具体见表 4.2.3-7。

表 4.2.3-7 海洋生物资源损失汇总表

生物资源		直接损失量		单价	直接经济损失额 (元)	补偿年限	经济补偿额 (万元)
防波堤压占及施工	潮间带生物	1.0t		15 元/kg	15000	20	30.0
	底栖生物	40.8t		15 元/kg	612000		1224.0
悬沙破坏渔业资源	游泳生物	196.4kg		20 元/kg	3928	3	1.2
	鱼卵 (粒)	5.39×10 ⁷ 粒	折商品鱼苗 1.34×10 ⁶ 尾	1 元/尾	1340000		402.0
	仔鱼 (尾)	1.16×10 ⁷ 尾					
合计					1970928		1657.2

4.3 生态影响分析

4.3.1 水文动力环境影响分析

本次补充论证, 本项目建设方案未发生变化, 原海域使用论证报告已对本项目可能产生的总体水文动力环境影响进行了详细的预测和评价, 本次不再赘述。而结合本项目实际施工进度情况, 目前本项目西防波堤及东防波堤中与海岸线垂直的部分已基本完成了施工, 而东防波堤中与海岸线平行的部分则未完成施工, 因此, 本次对未完成施工部分的水文动力环境影响进行预测和分析。

4.3.1.1 潮流模型

潮流数值模拟采用 Mike21 软件进行。

1、控制方程

(1) 提出假设

①Bousinesq 涡粘假定:

将紊动应力和时均流速梯度建立起关系:

$$\rho = \nu_t \frac{\partial u}{\partial z} = \overline{u'v'}$$

②静水压假设:

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

(2) 笛卡尔坐标系下的二维浅水方程

连续方程:

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

动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} &= f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \\ &\frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{I}{\rho} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial x} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + hu_s S \\ \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} &= -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \\ &\frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{I}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial x} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_s S \end{aligned}$$

方程中 t 为时间； x 、 y 、 z 为右手Cartesian坐标系； η 为水面相对于未扰动水面的高度即通常所说的水位； h 为静止水深； u 、 v 、 w 分别为流速在 x 、 y 、 z 方向上的分量； p_a 为当地大气压； ρ 为水密度， ρ_0 为参考水密度； $f = 2\Omega \sin \varphi$ 为Coriolis参量（其中 $\Omega = 0.729 \times 10^{-4} s^{-1}$ 为地球自转角速率， φ 为地理纬度）； $f\bar{v}$ 和 $f\bar{u}$ 为地球自转引起的加速度； s_{xx} 、 s_{xy} 、 s_{yx} 、 s_{yy} 为辐射应力分量； T_{xx} 、 T_{xy} 、 T_{yx} 、 T_{yy} 为水平粘滞应力项， S 为源汇项， (u_s, v_s) 源汇项水流流速。

2、定解条件

(1) 边界条件

①开边界:

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

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

②闭边界:

$$\bar{u} = 0 \quad \text{或} \quad \bar{v} = 0$$

(2) 初始条件

$$\eta(x, y, t)|_{t=t_0} = \eta_0(x, y)$$

$$\bar{u}(x, y, t)|_{t=t_0} = 0$$

$$\bar{v}(x, y, t)|_{t=t_0} = 0$$

η_0 为计算初始时刻水位空间分布函数。

3、计算方法

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

对计算区域内滩地干湿过程，采用水位判别法处理，即当某点水深小于一浅水深 \mathcal{E}_{dry} (如0.1m)时，令该处流速为零，滩地干出，当该处水深大于 \mathcal{E}_{flood} (如0.2m)时，参与计算，潮水上滩。

对笛卡儿坐标系下的二维浅水方程的归一化：

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

其中：

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

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

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

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

对于归一化后的方程，在每一个单元上积分，根据高斯定理，将面积分化为线积分

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

进一步简化后得到：

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

4、模型设置

(1) 地形条件

模型外海地形来源于海图，项目附近采用工程区实测地形图。

(2) 边界条件

模型外海开边界由全球潮汐预报系统提供；龙江河开边界流量采用年平均流量控制。

(3) 时间步长

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

5、计算范围及网格划分

揭阳市位于广东省东南部，地处 E: 115°36'24"~116°37'45"、N: 22°53'20"~23°46'30" 之间，北回归线横穿揭阳市的中部。北与梅州的丰顺、五华两县接壤；西及西南与汕尾市的陆河、陆丰两县相连；南濒临南海；东、东北及东南部分分别与潮州市的潮安区、汕头市及其所辖的潮阳区毗邻。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4.3.1-1为模型计算范围网格剖分图，图4.3.1-2为工程区现状网格剖分图。模型最大网格尺度约为4000m，最小网格尺度约为10m。模型采用坐标系为CGS2000坐标，基面为理论深度基准面。

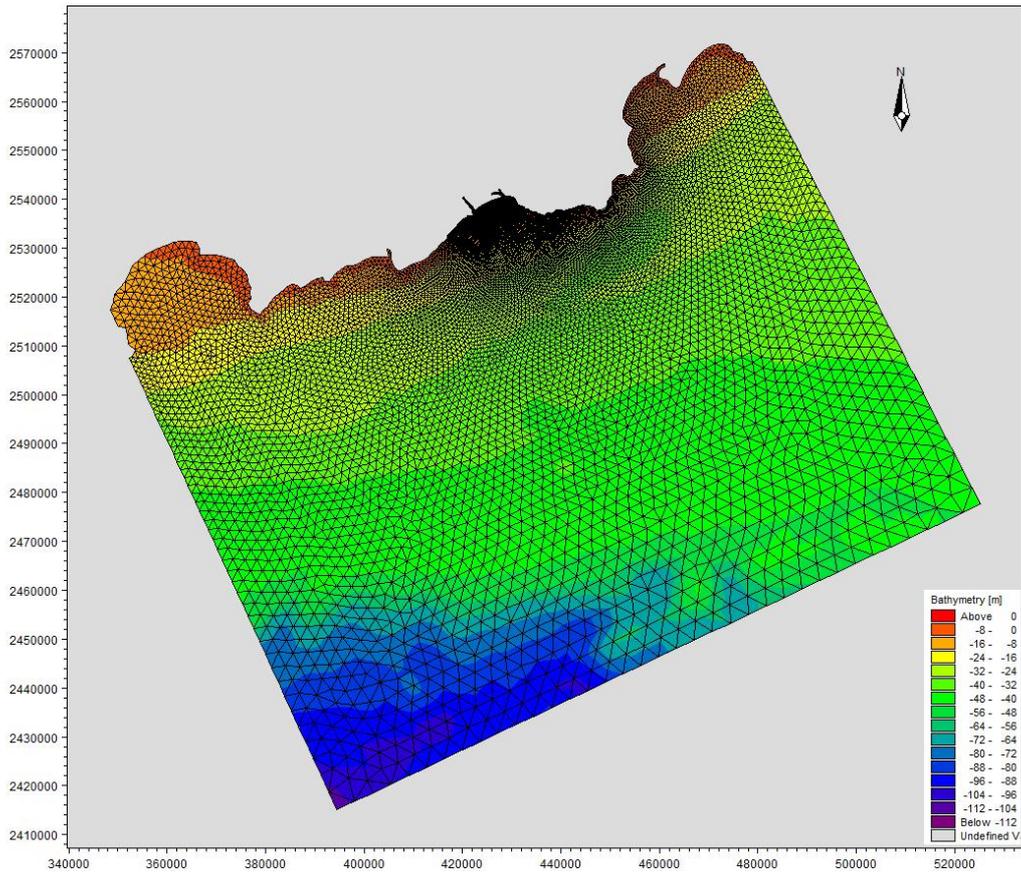


图 4.3.1-1 模型计算范围网格剖分图

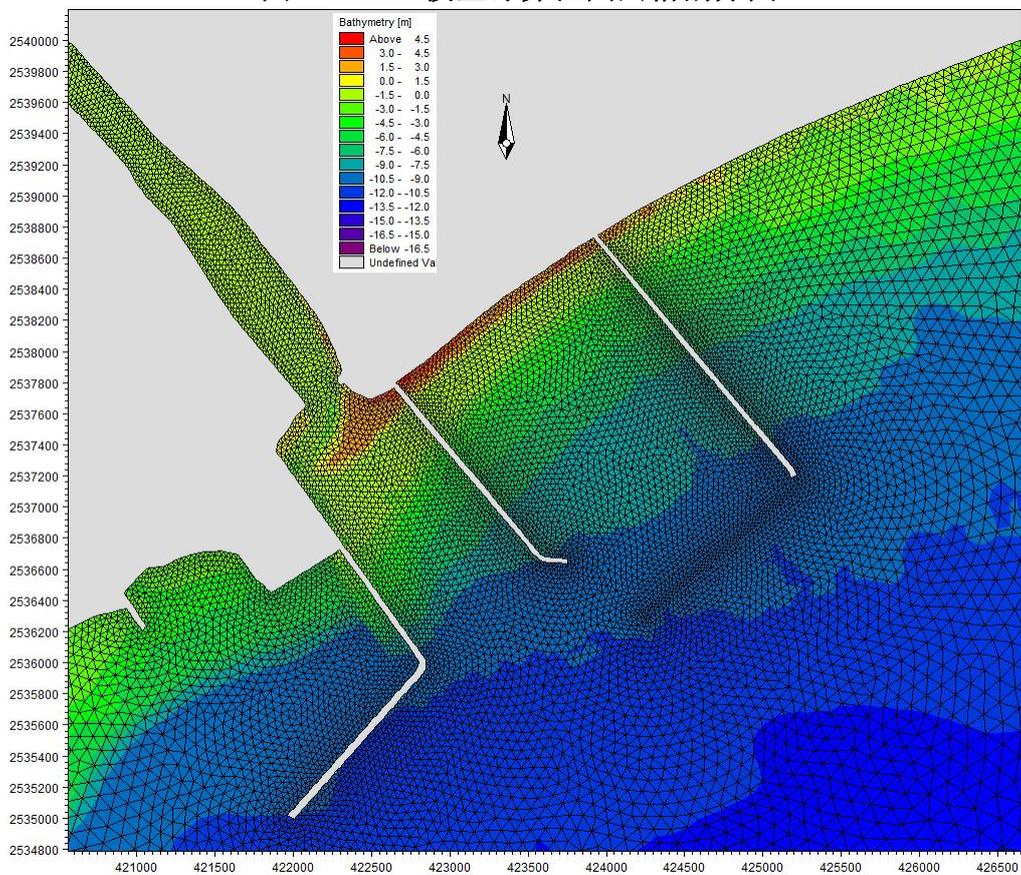


图 4.3.1-2 现状工程区网格剖分图

4.3.1.2 模型验证

为把握项目所在海域整体流场特性，验证模型的合理性，采用 2021 年 4 月 28 日~2021 年 4 月 29 日实测潮流和潮位资料对模型进行验证，站位位置见图 4.3.1-3。图 4.3.1-4 为潮位站的潮位验证过程线。图 4.3.1-5~图 4.3.1-10 分别为 Z1~Z6 六个测站的流速、流向验证过程线。

率定和验证结果表明：工程区附近的潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，实测潮位与模拟潮位平均绝对误差为 0.18m。从图和误差分析表可以看出，模拟潮位与实测潮位基本吻合，误差主要出现在高高、低低潮时刻。

个别站点计算流速与实测流速的误差稍大（可能由于地形资料和边界条件的偏差引起），所建立的工程海域潮流数学模型合理可信，基本反映了工程附近海域整体的潮流运动规律；工程海域 6 个潮流点的计算流速、流向和实测值也吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差大部分在 20% 以内，表明所建模型能够反映工程所在海域潮流的变化特征，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。总体而言，计算域内潮汐和潮流模拟验证较好，计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。

表 4.3.1-1 模型率定验证误差分析一览表

率定验证项	率定结果
高低潮时间相位差 (h)	0.3
高低潮潮位偏差 (cm)	18
流速时间相位差 (h)	0.5
平均流速偏差 (%)	20
平均流向偏差 (%)	21

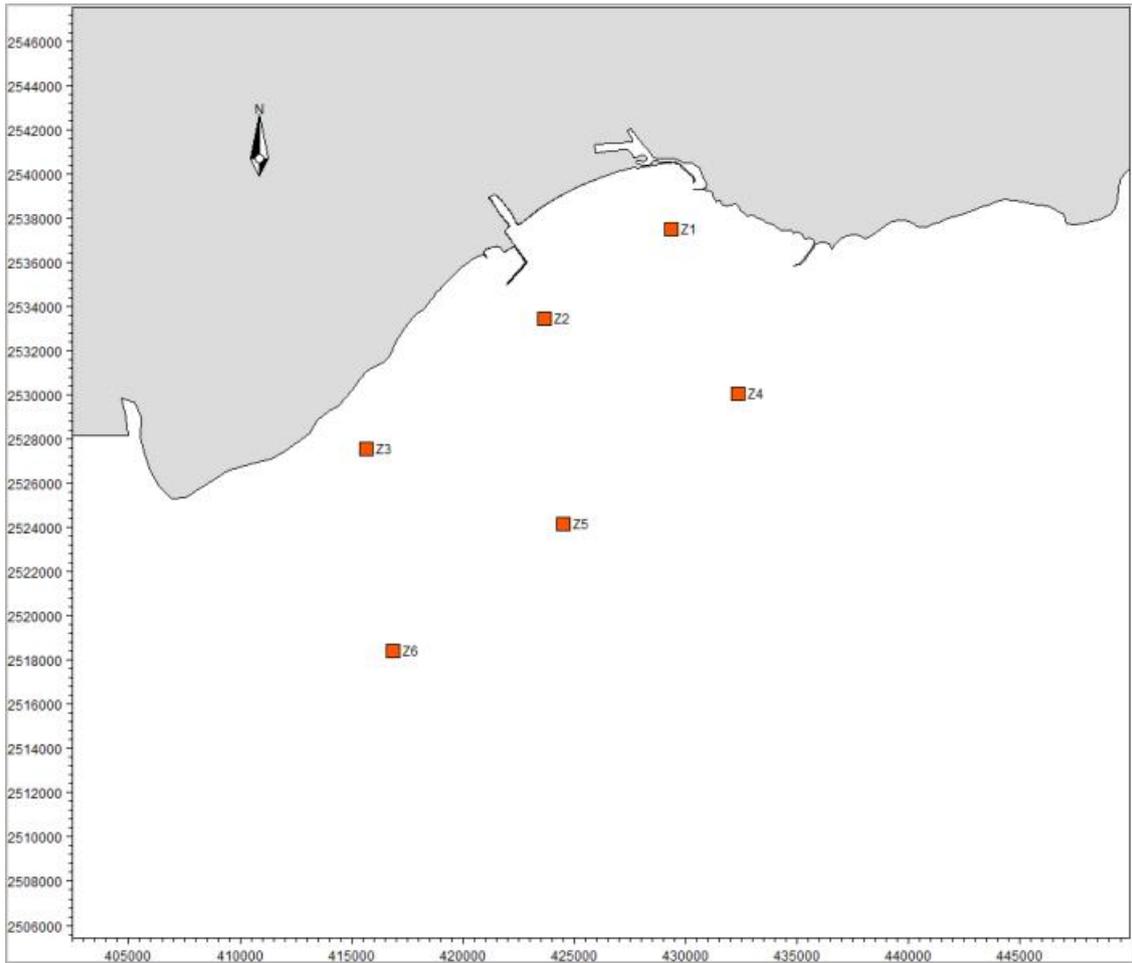


图 4.3.1-3 工程海域水文站位分布图

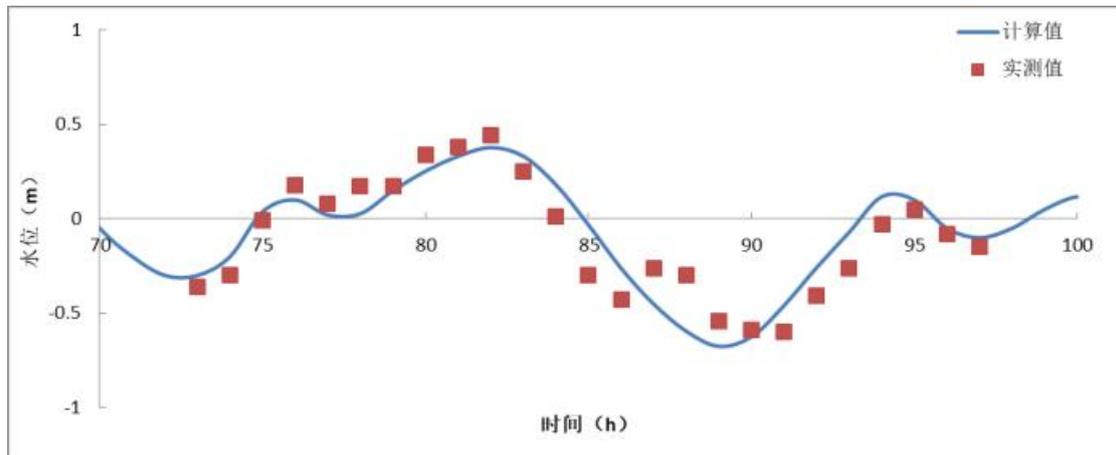


图 4.3.1-4 Z2 站潮位验证图

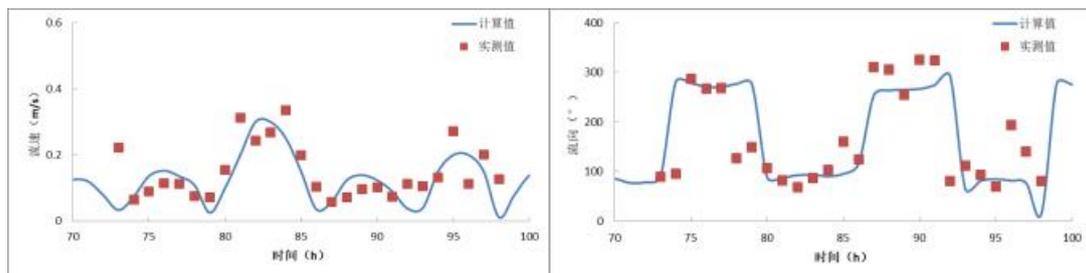


图 4.3.1-5 Z1 站流速流向验证图

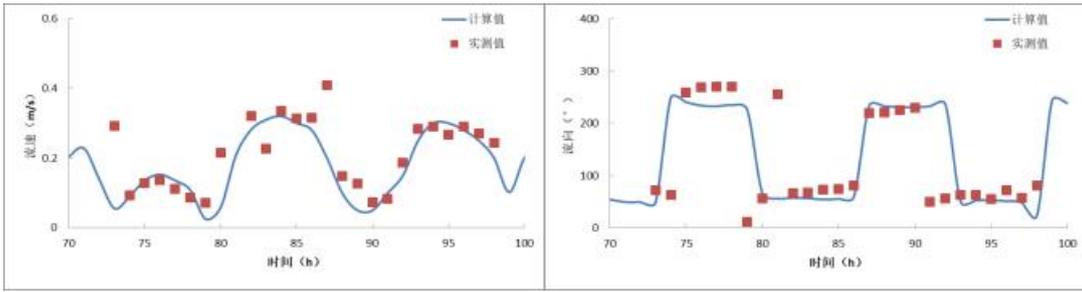


图 4.3.1-6 Z2 站流速流向验证图

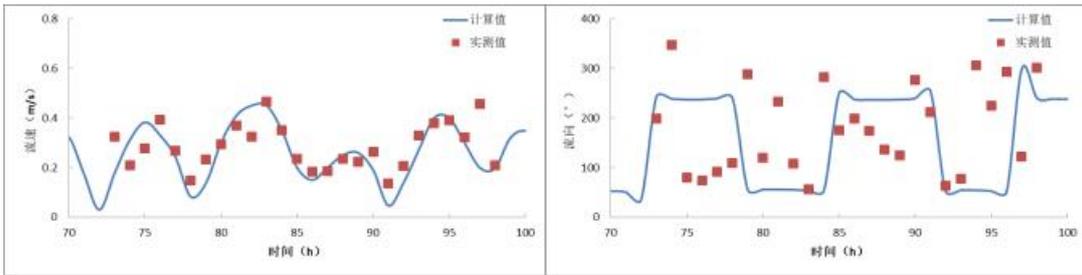


图 4.3.1-7 Z3 站流速流向验证图

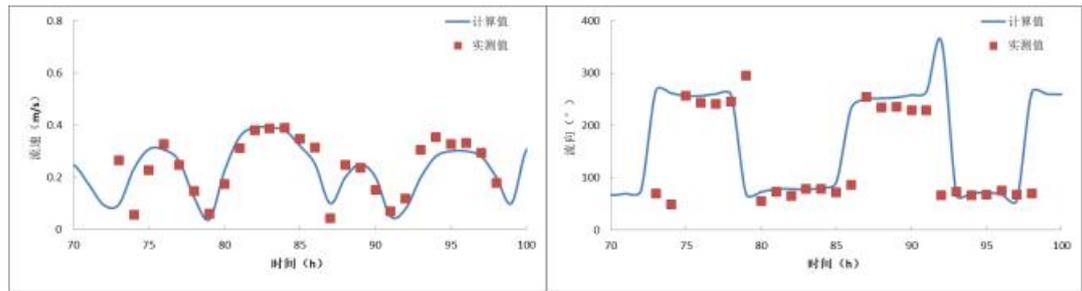


图 4.3.1-8 Z4 站流速流向验证图

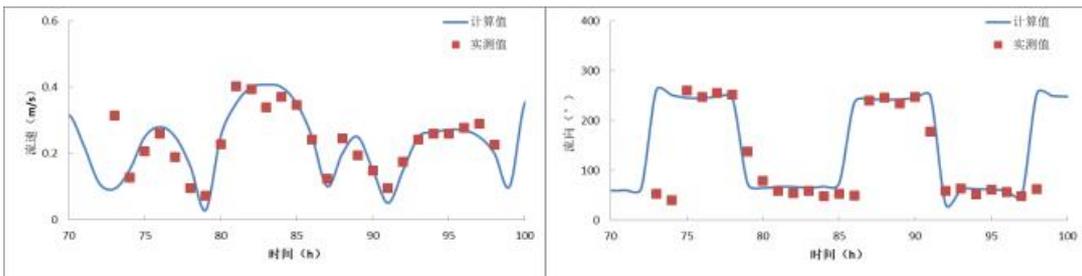


图 4.3.1-9 Z5 站流速流向验证图

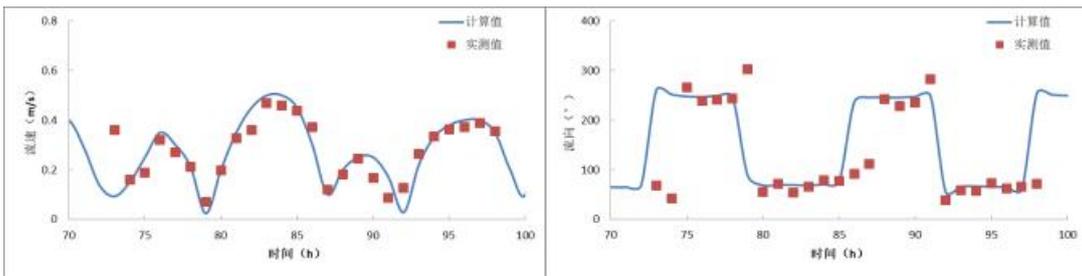


图 4.3.1-10 Z6 站流速流向验证图

4.3.1.3 工程前水动力环境分析

太平洋潮波经巴士海峡和巴林海峡进入南海后，受地形的影响，一部分向台湾海峡传去，一部分沿着华南大陆架呈现弧线传播。因受附近海岛和海岸地形摩擦等因素的影响，潮汐变得比较复杂，台湾海峡以南至湛江附近海域属于不正规半日潮。其特点是在一天中有两次高潮和两次低潮，但相邻两次高潮和两次低潮的高度都不相等涨、落潮时也不相等。

本次模拟选取了潮汐动力较强的大潮情况，每小时输出流场。为能反映该区域的流态特征，本报告给出大潮涨急、落急时刻的潮流流场图，见图 4.3.1-11~图 4.3.1-12。流场的数值计算结果表明：

与潮汐相对应，该海域的潮流性质也以不正规半日潮流为主，涨潮时，水流从外海进入湾内，受地形及岸线影响，从外海流入湾内的水流在工程区附近发生偏转，大潮涨急时工程附近水流流速大小在 0.35m/s 左右，流向为 NE 向；落急时工程区水流流向为 SW 向，水流流速大小在 0.30m/s 左右；涨潮流速略大于落潮流速。

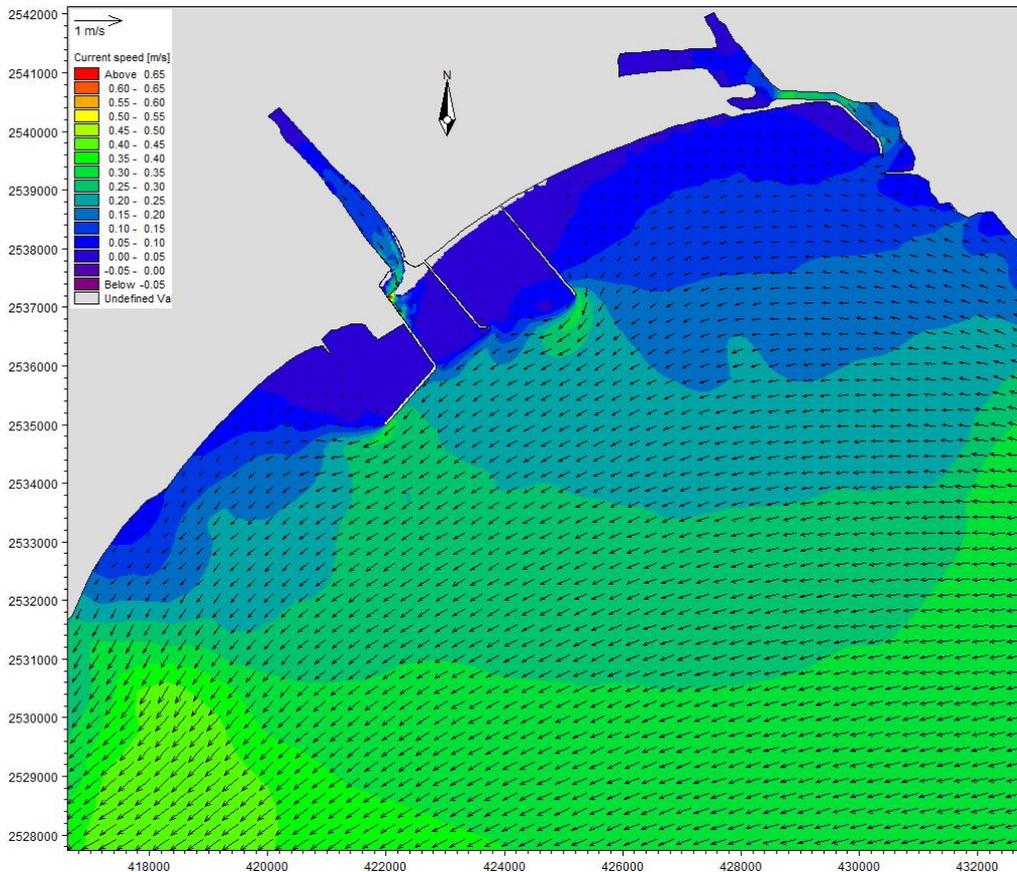


图 4.3.1-11 工程前项目附近海域落急流场图

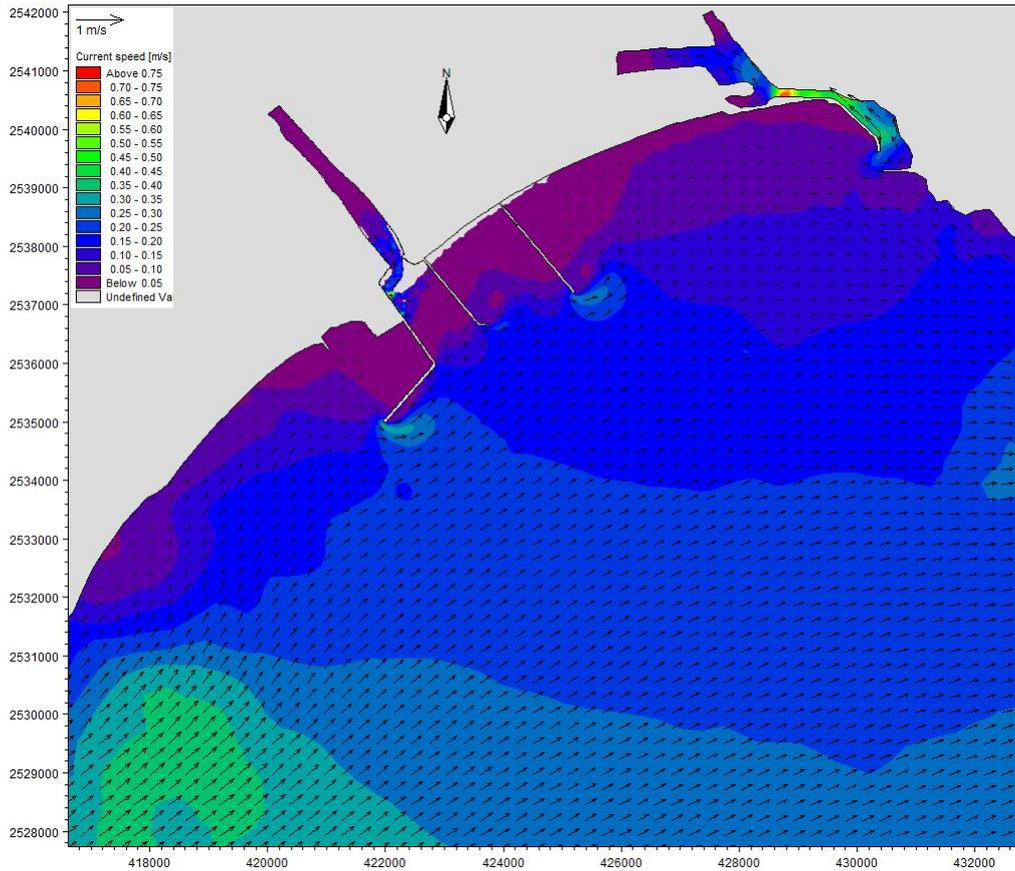


图 4.3.1-12 工程前项目附近海域涨急流场图

4.3.1.4 工程后水动力环境变化分析

在模型验证的基础上对揭阳大南海东岸公共码头一期工程附近的潮流场进行了计算，同时叠加了项目所在海域已批的通用码头、LPG 码头、液体散货码头等。为了定量分析揭阳大南海东岸公共码头一期工程待施工部分实施后对附近海域水动力环境的影响，在待施工工程附近布置 12 个代表点，代表点位置见图 4.3.1-13。将待施工部分施工前后各代表点大潮涨落急流速流向变化情况分别列于表 4.3.1-2~表 4.3.1-3，从图可见，待施工工程方案实施后流场变化仅限于工程附近。以下为待施工工程实施后港池附近海域涨落急流速流向变化情况：

(1) 项目待施工部分实施前工程区域各代表点大潮涨急流速为 $0.07\text{m/s}\sim 0.33\text{m/s}$ ，涨急流向为 $33.9^\circ\sim 190.8^\circ$ ；大潮落急流速为 $0.05\text{m/s}\sim 0.31\text{m/s}$ ，落急流向为 $22.1^\circ\sim 290.9^\circ$ 。

(2) 待施工部分实施后，港池口门及防波堤附近海域涨落潮流速、流向都发生了不同程度的变化，以下为待施工部分实施后口门及附近海域涨、落急流速流向变化情况。

待施工部分实施后港池内得到有效掩护，因此，2#港池内各代表点流速以减小为主。待施工部分实施后，待施工区域各代表点大潮涨急流速变化值位于 $-0.17\text{m/s}\sim 0.12\text{m/s}$ 之

间；大潮涨急流向变化值位于 $-35.8^{\circ}\sim 284.5^{\circ}$ 之间；各代表点大潮落急流速变化值位于 $-0.13\text{m/s}\sim 0.06\text{m/s}$ 之间，大潮落急流向变化值位于 $-197.2^{\circ}\sim 262.7^{\circ}$ 之间。

总体上看，待施工部分实施后水动力环境变化较大的代表点位于 2#港池口门和待建防波堤附近，外海域水动力环境基本没有变化，施工产生的影响仅局限于待施工防波堤附近小范围海域内，基本不会对外海域水动力环境产生影响。

图 4.3.1-14~图 4.3.1-15 为施工后工程附近大潮涨落急流场图、图 4.3.1-16~图 4.3.1-17 为工程前后涨落急流场对比图。

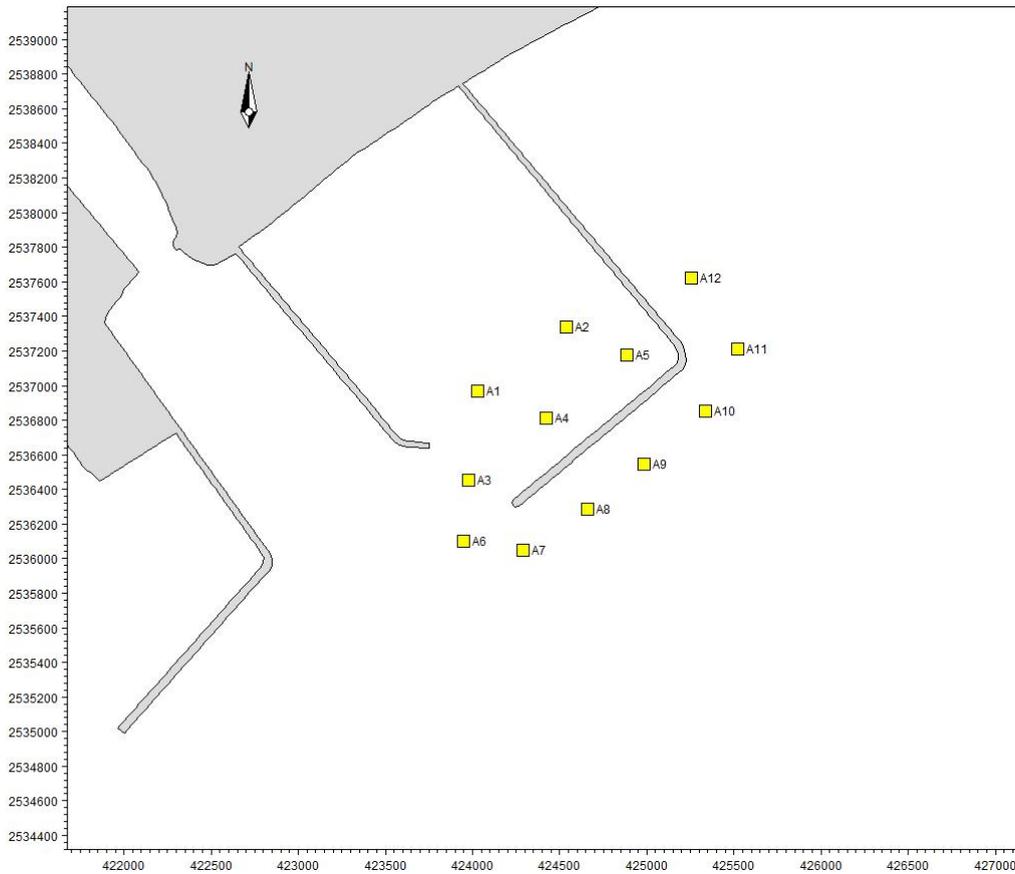


图 4.3.1-13 特征点分布图

表 4.3.1-2 待施工部分实施前后大潮涨急流速流向变化

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	0.10	0.02	-0.08	40.4	273.8	233.4
A2	0.07	0.02	-0.05	33.9	318.4	284.5
A3	0.23	0.14	-0.09	61.7	99.6	37.9
A4	0.20	0.03	-0.17	49.4	42.4	-7.0
A5	0.13	0.02	-0.11	92.0	56.2	-35.8
A6	0.21	0.18	-0.03	56.2	81.9	25.7
A7	0.22	0.29	0.07	56.8	79.0	22.2
A8	0.21	0.33	0.12	58.6	58.7	0.1
A9	0.21	0.28	0.07	63.7	45.4	-18.3
A10	0.27	0.26	-0.01	71.2	39.2	-32.0
A11	0.33	0.21	-0.12	56.6	21.7	-34.9
A12	0.07	0.10	0.03	190.8	344.7	153.9

表 4.3.1-3 待施工部分实施前后大潮落急流速流向变化

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	0.05	0.03	-0.02	198.7	178.1	-20.6
A2	0.05	0.01	-0.04	22.1	273.0	250.9
A3	0.18	0.05	-0.13	210.7	200.6	-10.1
A4	0.09	0.00	-0.09	290.9	93.7	-197.2
A5	0.07	0.01	-0.06	85.2	347.9	262.7
A6	0.19	0.21	0.02	229.8	251.9	22.1
A7	0.17	0.23	0.06	236.4	244.4	8.0
A8	0.18	0.24	0.06	246.4	233.9	-12.5
A9	0.25	0.24	-0.01	244.0	229.5	-14.5
A10	0.31	0.25	-0.06	212.8	217.8	5.0
A11	0.23	0.18	-0.05	192.6	196.8	4.2
A12	0.15	0.11	-0.04	171.2	171.3	0.1

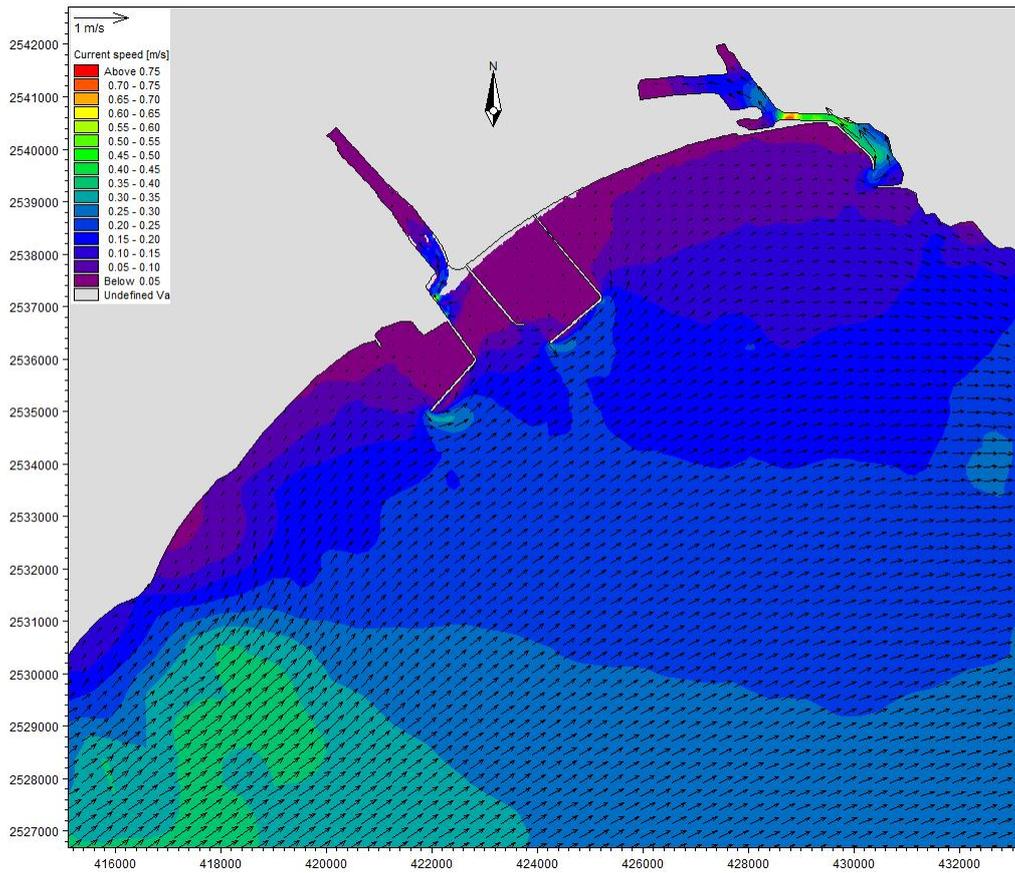


图 4.3.1-14 待施工部分实施后工程区大潮涨急流场图

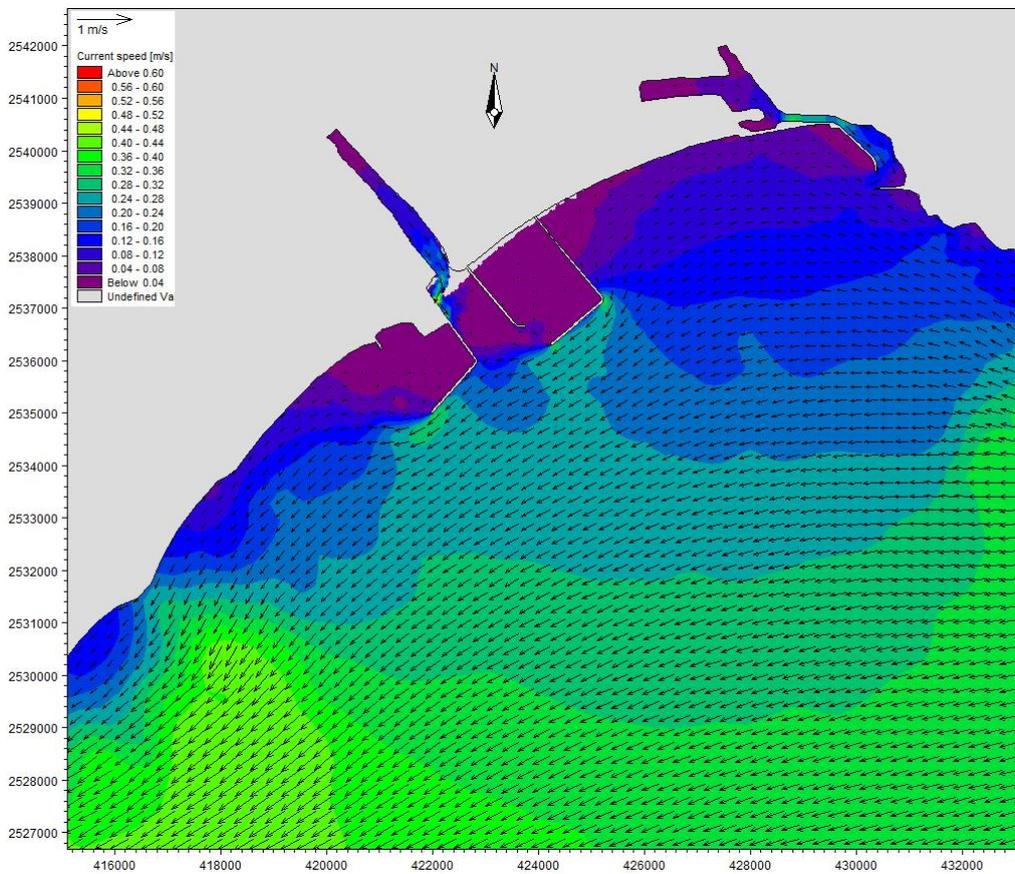


图 4.3.1-15 待施工部分实施后工程区大潮落急流场图

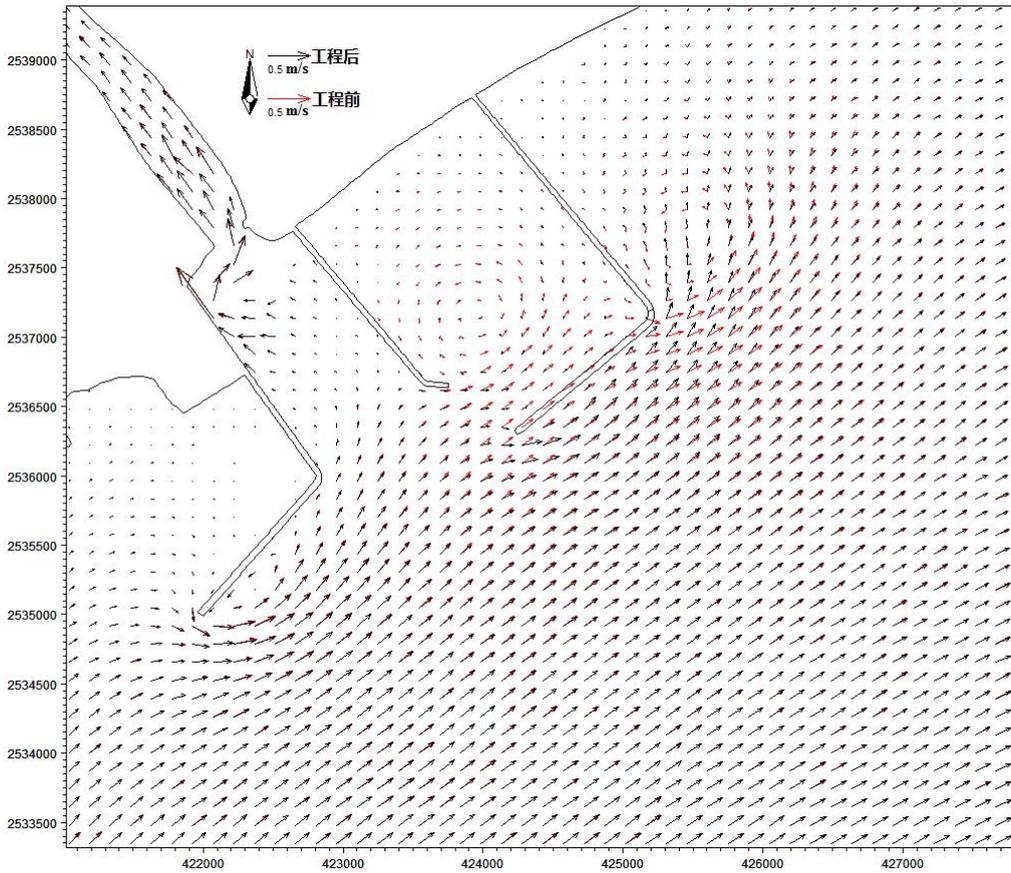


图 4.3.1-16 待施工部分实施前后附近海域落急流场对比图

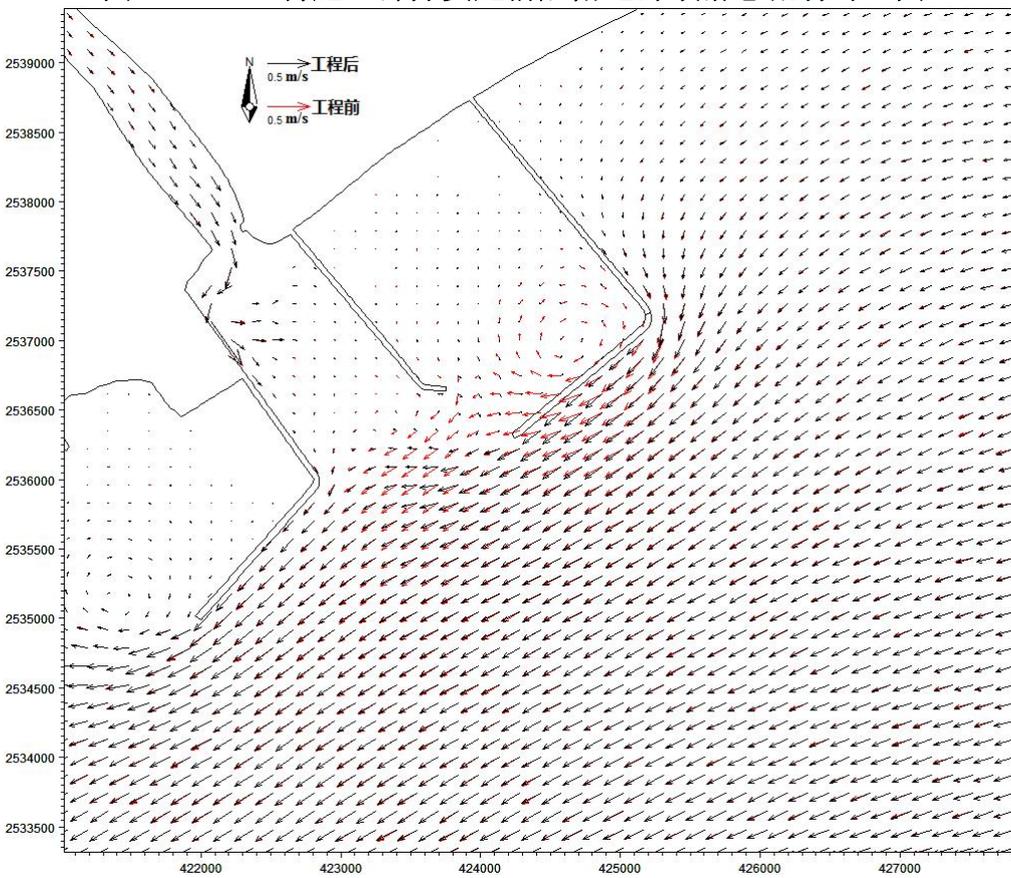


图 4.3.1-17 待施工部分实施前后附近海域涨急流场对比图

4.3.2 波浪动力环境影响分析

根据《揭阳港大南海东岸公共进港航道工程和码头防波堤工程-海岸动力地貌调查与岸滩演变分析报告》中的模拟结果，防波堤建成后，港池和东堤上波侧岸段的波浪动力变化具有以下特点：①防波堤遮蔽了常浪向和强浪向，保证了港池水域的泊稳条件；防波堤对偏西向浪传入港池后的波高衰减也起到了明显的作用。②上波侧岸段，受东防波堤控制，偏西向浪波能衰减显著，偏东向浪能量衰减幅度相对较小，东防波堤根部成为能量相对较弱区。③优势浪向作用下，一者碎波带能量向岸输移，二者在东堤根部形成一下增水，这样，在东堤堤根及其上波侧一定范围内，海滩堆积加高的同时，水下等深由于相对增较强的岸滩回退水流带动泥沙外移而向海堆积变浅。波浪分布与波浪传播过程中的波高空间变化关系至为密切。东防波堤垂岸伸出约 2220m 至水深-10m 处，各浪向在东堤转弯处的能量均较强，而且常浪海况条件下，该水深的海床泥沙很难起动，波浪梯度和质量输移指向堤根及其上波侧水深较浅的岸滩。因此，在这种固壁边界条件及其波浪动力背景下，几乎不存在上波侧沙质岸滩泥沙起动输移，沿着东防波堤南缘运动的可能性。加之，东防波堤上波侧岸段泥沙供给严重不足，即实际净输沙量小，在较长时期（数十年）内，不会发生沿岸泥沙流越堤西行的现象。

4.3.3 地形地貌和泥沙冲淤环境影响分析

本节主要引用《揭阳港大南海东岸公共进港航道工程和码头防波堤工程-海岸动力地貌调查与岸滩演变分析报告》中的模拟结果进行详细的理论述分析。

1、工程构筑物的“岬角”效应

波控岬间弧形海岸体系，突伸于岸外的上、下岬角为其“骨架”，在泥沙供给不足的情况下，构成一个相对独立的岬间动力地貌体系，即通过岬角调节入射波浪，特别是优势涌浪的折射、绕射动力场，与之相适应，岸滩泥沙侵蚀、搬运和堆积，展现出弯曲的弧形海岸形态。工程后，在龙江河口东侧形成一个新的岬间弧形海岸体系（图 4.3.3-1）。澳头基岩岸段（包含中委石化重件码头防波堤）为上岬角，东防波堤为人工构筑物下岬角，湾口长 7.5~10.5km，向陆凹入幅度约 4.0km，两岬角控制的海湾北部弧形岸滩长约 7.5km，其中，沙质弧形岸滩分布在东堤东侧，长约 5.0km。

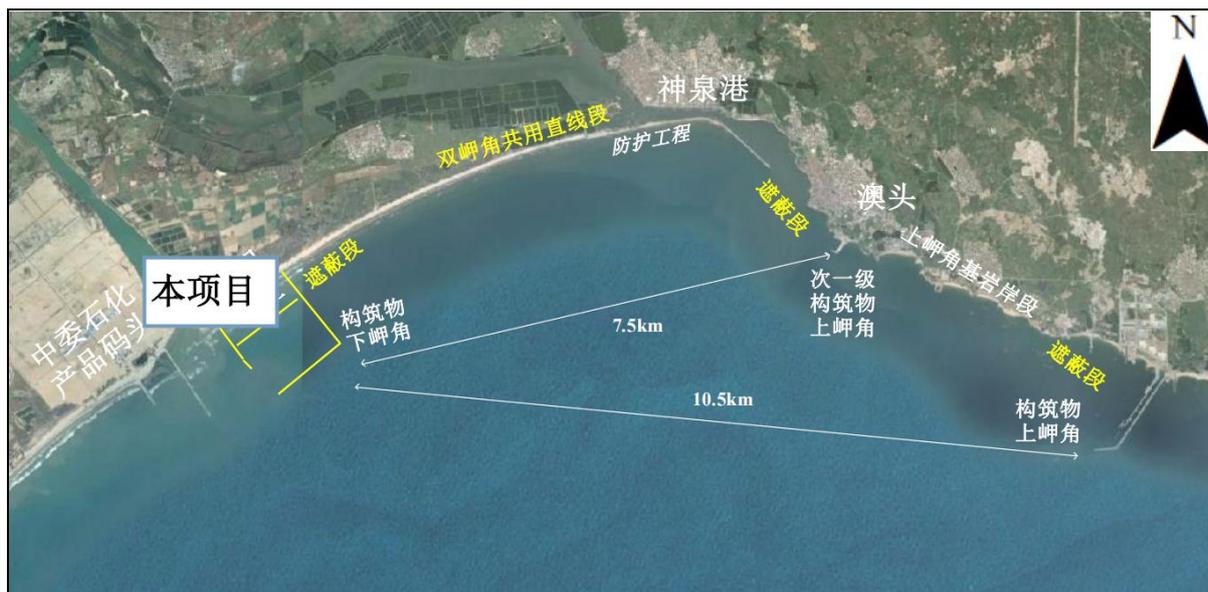


图 4.3.3-2 工程建成后的双岬角弧形海岸体系示意图

龙江河口及其东侧的沙质岸滩，在自然状态下应属于神泉湾的过渡段和直线段。然而，在新的人工构筑物岬角（防波堤）的控制下，发生了显著改变：a、澳头基岩岸段受突伸幅度和廓线方向（与神泉湾成钝角）的影响，其掩护和遮蔽区段仅限于神泉渔港口门附近；b、东防波堤东侧局地区段是偏南至西南向浪的一个小弧形海岸；c、神泉渔港防波堤、胸墙防护岸段及其西侧的部分沙质岸段构成双岬角之间的过渡段和直线段。

3、防波堤上波侧岸滩调整特征

根据工程后波浪动力模拟和沿岸输沙计算结果，东防波堤对不同浪向（E、ESE、SE、SSE、S、SSW、SW）的绕射、折射影响的上波侧岸段长度大致在 2~5km 范围，偏西向浪的受影响范围明显大于偏东向浪。东防波堤的修筑，对岸滩泥沙的输移产生两种效应。在沿岸方向，东堤堤根是其上波侧沿岸泥沙流的“归宿地”，发生停滞堆积；而且，在偏西向浪作用期间，由于东堤的有效遮蔽，这些堆积泥沙难以再度起动，不能向东（即不能由波浪弱向波能强的区段）输运；因此，工程后堤根东侧邻近岸滩呈堆积型动态调整和演变趋势。在垂岸（向/离岸）方向，优势浪向（SE 至 S 向浪）在东堤上波侧岸段具有显著的向岸输移作用（这与工程海域表层沉积物的二维输运趋势一致），东堤堤根海滩滩肩加积抬高；与此同时，近岸水域由于波浪增水，滩回退水流相对增强，将导致-2~-5m 水下岸滩等深线向海堆积凸伸；因此，工程后东堤东侧邻近岸滩宽度增大，滩肩和水下岸滩同时向海堆积外推。然而，上述沿岸和垂岸泥沙运动及其堆积外展趋势，也必将受到堤头处波能相对集中、指向堤根的能量梯度的限制，从而在堤根东侧发展和分布一个弧形岸滩。

工程后东堤上波侧弧形岸滩的堆积范围大致以距堤根 3km 为限，其泥沙来自更加靠近神泉渔港的侵蚀岸段。由于泥沙供给严重不足，工程后东堤堤根处岸滩的堆积外展速率不大，岸滩堆积范围不会超过现状水深-5m 线。



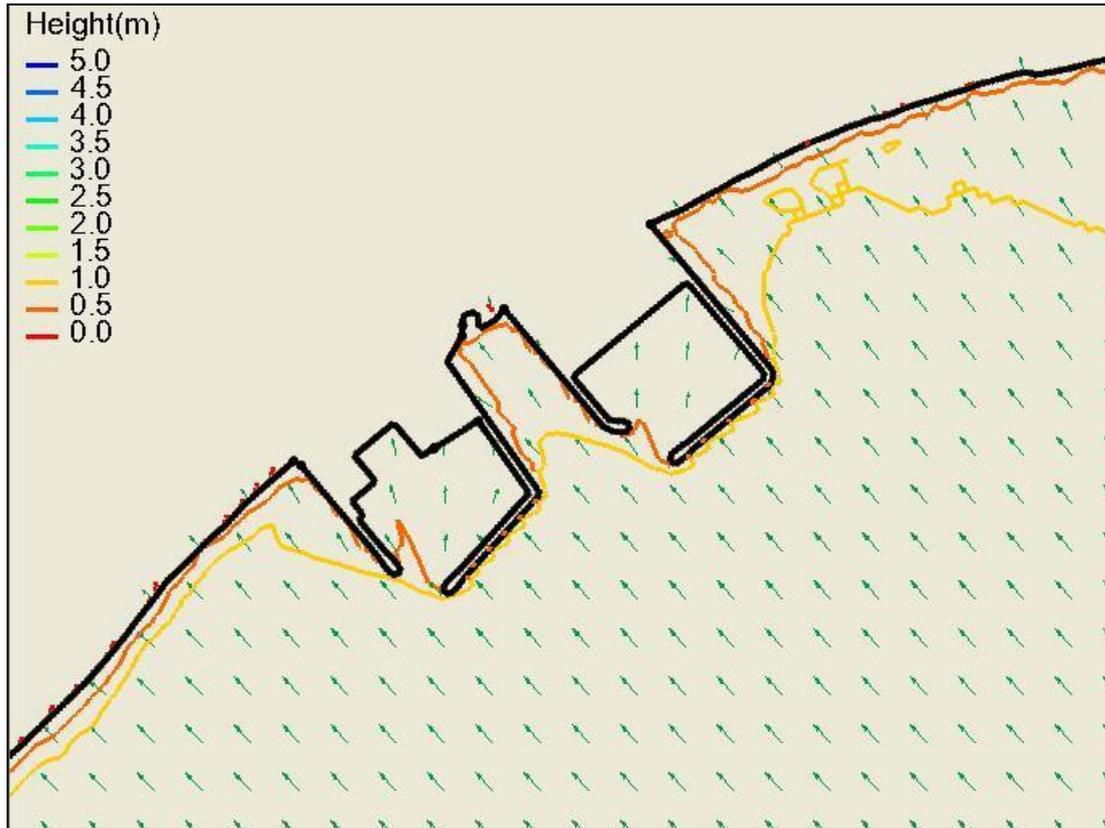
图 4.3.3-2 防波堤工程后上波侧岸滩长期演变示意图

3、工程和龙江河口的关系

工程建成后，龙江河口的形态和演变发生了显著的改变：

①受两侧人工构筑物（防波堤）的“挟持”和约制，隆江入海河口人为地向海延伸 1800~2000m；自然状态下水面宽度 200m 左右，河岸宽度约 680m，工程后双防波堤间宽度沿向海方向由 800m 增大至 1200m；双防波堤制约下的龙江河口容积约 $1050 \times 10^4 \text{m}^3$ ，其中，靠近原口门的 3m 以浅区段的容积约 $110 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

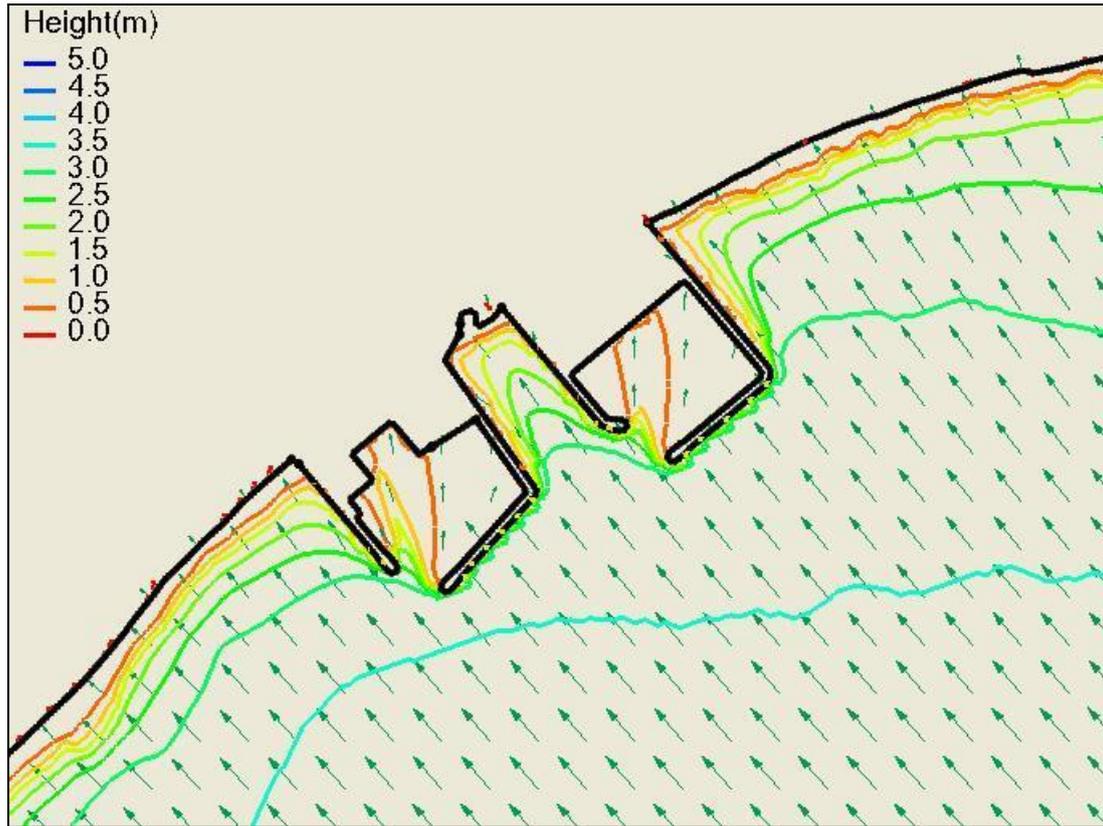
如此巨大的容积，龙江淡水径流无法占据，只能由海水进侵充填占据新的固壁边界约束的龙江新河口。



SE 向浪, H=1.25m



SE 向浪, H=2.25m



SE 向浪, H=4.25m

图 4.3.3-3 工程后龙江河口波浪传播特征

②人为延伸和改变后的龙江河口，径流动力在原口门处相对增强，向外由于河口宽度迅速增大，下泄流速显著衰减，因此，径流动力仅仅对原河口附近的堆积沙体（顺岸沙咀、反曲沙咀和拦门浅滩）有一定的冲刷作用，且搬运距离极为有限。

③受双堤调控，堤头处波浪动力强并向堤根方向迅速减小，譬如，以强主浪向 SE 向浪为例，以波高 1.25m、2.25m 和 4.25m 分别代表正常、大浪和 2 年一遇大浪的海况，至堤根处的波浪分别减小至为 0.0m、0.5m 和 1.0m（图 4.3.3-3）。

因此，工程后，龙江河口的动力分布发生变化：径流动力局限于堤根向陆一侧，波浪动力相对减弱，潮汐动力相对增强，但在双堤外段波浪动力仍居主导地位。

根据以上分析，对于龙江河口动力沉积形态的发展演变与本工程的相互关系问题，基本认识和应对策略如下：a、工程不会对龙江河口行洪安全造成任何不利影响；b、工程后龙江河口水沙不会对航道产生回淤影响，对 2#港池回淤影响不大；c、工程后，受洪水事件影响，在中长期尺度（10~100 年）龙江河口的底沙运动是间歇性的缓慢累积演变，宜采取跟踪观察，必要情况下适时施加工程调控。

4.3.4 水质环境影响分析

本项目为防波堤建设工程，营运期无污染物的产生与排放，不会对海水水质产生影响，对水质的环境影响主要集中在施工期。

4.3.4.1 施工期悬浮泥沙影响

本项目基槽开挖、抛填等过程均会产生一定的悬浮泥沙，会对所在海域的海水水质产生一定的影响。

(1) 悬浮泥沙影响预测模型

1) 控制方程

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：

悬浮物扩散方程：

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

其中：

x 、 y — 空间水平坐标轴；

u 、 v — x 、 y 轴向流速；

t — 时间变量；

h — 水深；

D_x 、 D_y — 沿 x 、 y 轴向的涡动分散系数；

c — 沿水深平均的人为升高物质浓度；

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

$k = \alpha \omega$ ， α —泥沙沉降机率。

ω —为沉速。

2) 浓度场定解条件

①边界条件

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

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

考虑到模型的范围足够大，取流入计算域浓度值为零。

②初始条件

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

式中 C_0 为计算初始时刻水域中各点的浓度值，计算中取为零。

3) 计算参数

①糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

②模型计算时间步长

模型采用的时间步长 $\Delta t = 30s$ 。

③涡动分散系数

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

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

④泥沙沉降速度

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

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

式中： ρ_s 为泥沙颗粒密度，取 2650kg/m³； ρ 为海水密度，取 1000kg/m³； g 为重力加速度，取 9.8m/s²； d 为泥沙粒径（m），取悬沙中值粒径； ν 为海水粘滞系数，取 0.0001m²/s。

根据 2021 年 4 月春季的表层沉积物调查数据，调查海域表层沉积物平均中值粒径约为 0.010mm，属于细颗粒泥沙范畴，泥沙沉速 ω 取为 0.05cm/s 较为合理。

⑤泥沙沉降机率

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

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

其中函数 $\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$ 根据机率积分，可查表得到； ω 为泥沙沉速， σ 为脉动流速均方根，

$$\sigma = 1.25 \frac{u\sqrt{g}}{C},$$

C 为谢才系数， g 为重力加速度， u 为断面平均流速。

(2) 源强分析

1) 基槽挖泥施工过程悬浮泥沙源强

本项目基槽挖泥及吹填采用 1 艘 1600m³/h 的绞吸式挖泥船进行施工，挖泥过程悬浮泥沙的发生量参照《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105-2021）中提出的公式进行估算：

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

式中： Q ——为取泥作业悬浮物发生量 t/h；

W_0 ——悬浮物发生系数（t/m³），宜采用现场实测法确定；

R ——发生系数 W_0 时的悬浮物粒径累计百分比（%），宜采用现场实测法确定，无实测资料时可取 89.2%；

R_0 ——现场流速悬浮物临界粒子累计百分比（%），宜采用现场实测法确定，无实测资料时可取 80.2%；

T ——取泥船效率（m³/h），本项目为 1600m³/h。

则由前述参数计算得本项目基槽挖泥过程中悬浮泥沙产生源强约为 18.78kg/s。

2) 吹填溢流悬浮泥沙源强

本项目基槽挖泥采用绞吸船开挖后直接吹填至吹填区，吹填溢流悬浮泥沙的发生量参照《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105-2021）中提出的公式进行估算：

$$Q_3 = cQ$$

式中： Q_3 ——溢流口（kg/s）；

c ——溢流口悬浮物浓度控制标准（kg/m³）；

Q ——溢流口流量（m³/s）。

本项目溢流口所在海域为海洋功能区划为惠来南部工业与城镇用海区，工程建设期间执行海水水质三类标准，参照《广东省水污染物排放限值标准》（DB44/26-2001），本项目溢流口悬浮物控制标准为 100mg/L；本项目吹填疏浚泥的泥水比例按 1:4 计算，

本项目采用 1 艘工作能力为 $1600\text{m}^3/\text{h}$ 的绞吸式挖泥船进行施工，则溢流口的流量为 $6400\text{m}^3/\text{h}$ ，则本项目吹填溢流悬浮泥沙产生源强约为 $0.1\text{kg}/\text{m}^3 \times 6400\text{m}^3/\text{h} \times 1/3600\text{h}/\text{s} = 0.178\text{kg}/\text{s}$ 。

3) 抛石悬浮泥沙源强计算

A. 石料中颗粒物入水形成的悬浮沙源强

本项目水下抛填的主要为 $1\sim 1000\text{kg}$ 的堤心石和 $10\sim 100\text{kg}$ 垫层块石，抛填强度约为 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，片石、块石中的泥土含量很低，以 4% 计（体积），该部分泥土进入海水后形成悬浮泥沙的比率按 5% 计，按照石料密度 $2.65\text{t}/\text{m}^3$ 计算，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 $150 \times 0.04 \times 0.05 \times 2.65 \text{ t}/\text{m}^3 \times 10^3 \div 3600 = 0.22\text{kg}/\text{s}$ 。

B. 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：

S_1 ——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 26.6%。

ρ_1 ——为沉积物中颗粒湿密度（ kg/m^3 ），根据本工程地质勘察报告，平均为 $1300\text{kg}/\text{m}^3$ ；

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 ），根据施工组织计划，本项目抛石强度约为 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，则项目的抛石挤淤强度约为 $0.042\text{m}^3/\text{s}$ 。

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 $(1 - 0.266) \times 1300\text{kg}/\text{m}^3 \times 0.05 \times 0.042\text{m}^3/\text{s} = 2.00\text{kg}/\text{s}$ 。

C. 抛石施工总源强

由前述计算结果可知，本项目风机基础防冲刷抛石施工的悬浮泥沙产生总源强约为 $2.22\text{kg}/\text{s}$ 。

(3) 预测结果与评价

1) 最大包络线预测结果与评价

由于基槽挖泥及抛填等施工过程中，作业点是移动的，且不同时刻的水动力条件和风况不同，因此，在不同的时刻，施工过程产生的悬浮泥沙影响范围是不同的，为了解本项目施工过程可能影响到的全部范围情况，本次根据实际施工过程中施工作业面划分情况，将施工作业过程悬浮泥沙源强点均匀布置于防波堤，同时也在溢流水入海位置

设置一个源强点。

根据悬沙扩散预测结果，统计各计算网格点在模拟期间内的悬浮泥沙增量最大值，绘制悬沙增量最大包络线图。其统计结果见表 4.3.4-1 所示，图 4.3.4-1 为东西防波堤抛石施工产生悬沙增量最大包络线图，图 4.3.4-2 为东防波堤中与海岸平行段抛石施工产生悬沙增量最大包络线图，图 4.3.4-3 为挖泥及溢流施工产生悬沙增量最大包络线图，图 4.3.4-4 为本项目整体工程悬沙增量最大包络线图。

表 4.3.4-1 施工产生悬沙增量面积(km²)

悬沙浓度	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离 (km)	
					SW	NE
东西防波堤	1.343	0.746	0.499	0.173	1.7	1.6
新建防波堤	0.569	0.253	0.062	0.000		
挖泥及溢流	3.050	1.437	0.448	0.104		
TOTAL	4.026	2.131	0.908	0.277		

在防波堤施工作业过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，主要污染物为 SS。计算结果显示，防波堤施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染，从分布趋势看，施工产生的悬沙扩散主要是在防波堤附近，施工产生大于 100mg/L 高浓度区的最大包络线面积为 0.277km²，大于 50mg/L 高浓度区的最大包络线面积为 0.908km²，大于 20mg/L 高浓度区的最大包络线面积为 2.131km²，大于 10mg/L 高浓度区的最大包络线面积为 4.026km²。

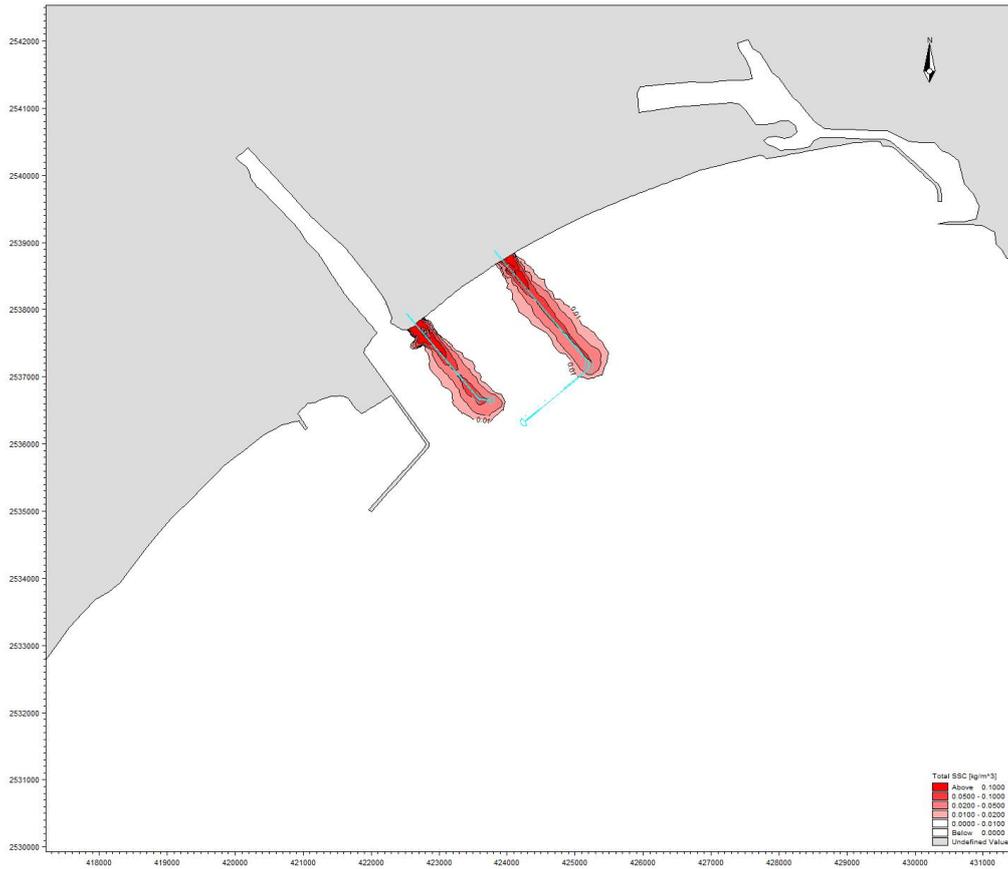


图 4.3.4-1 东西防波堤抛石施工产生悬沙增量最大包络线图



图 4.3.4-2 东防波堤中与海岸平行段抛石施工产生悬沙增量最大包络线图

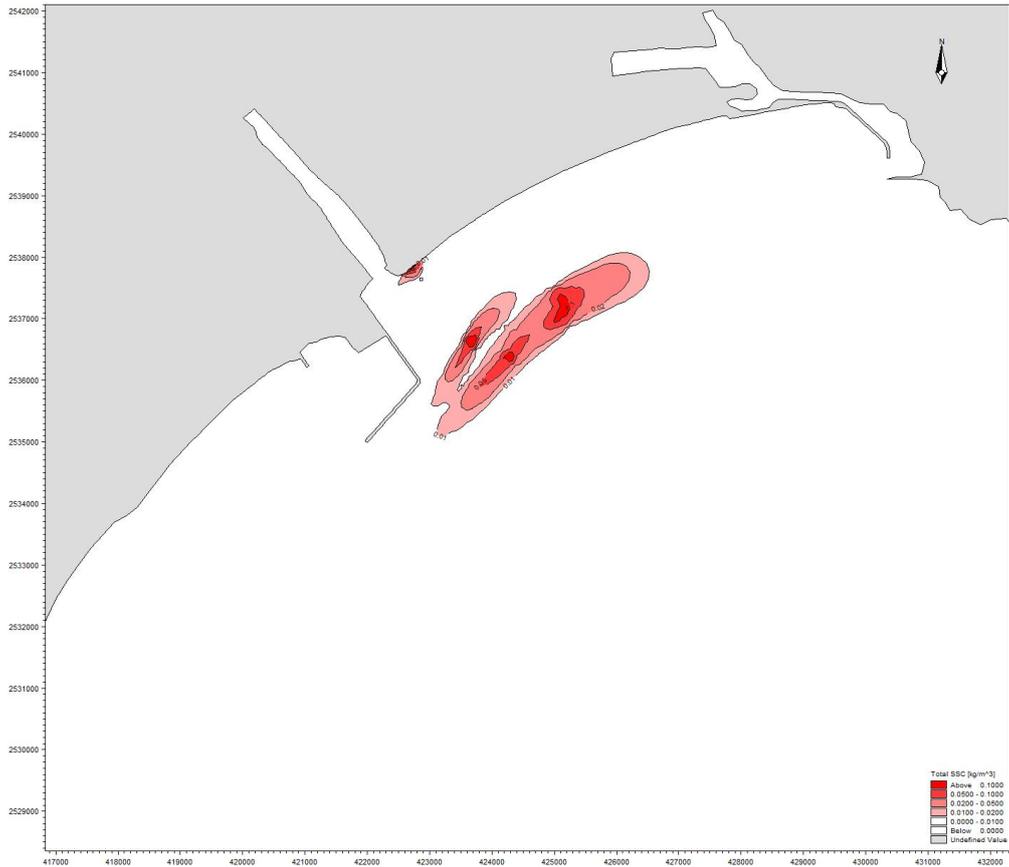


图 4.3.4-3 挖泥及溢流施工产生悬沙增量最大包络线图

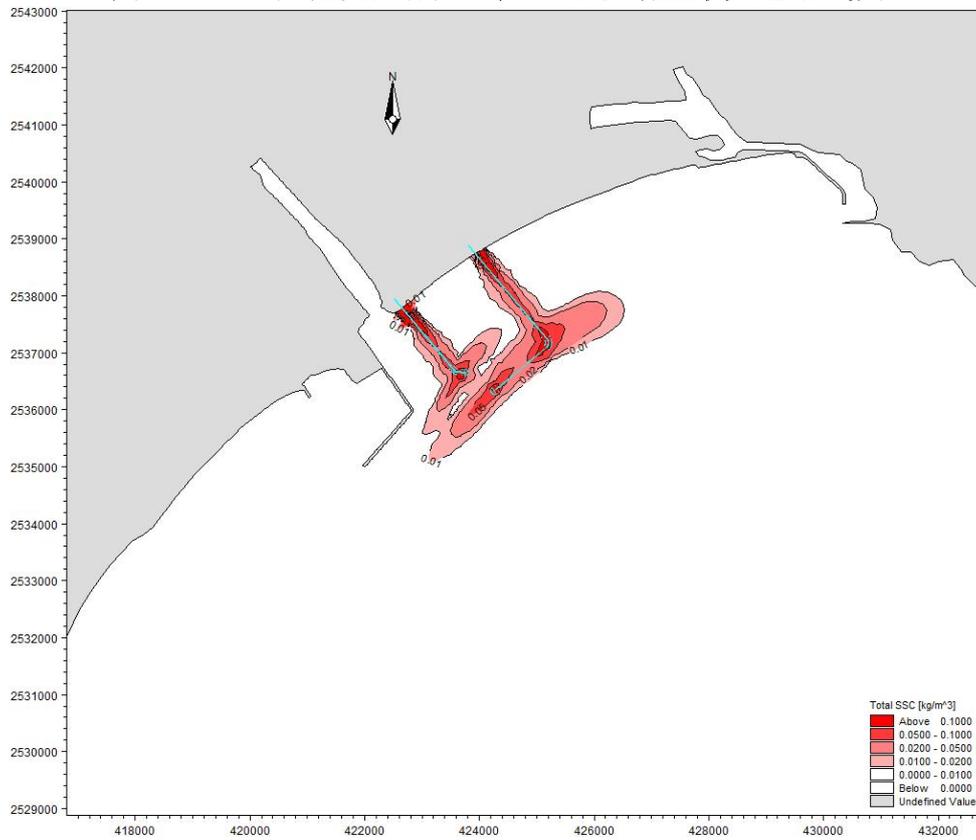


图 4.3.4-4 本项目整体工程悬沙增量最大包络线图

2) 典型工况预测结果与评价

根据施工安排，本项目基槽挖泥先于防波堤的施工，其挖机施工过程中同时存在吹填溢流；挖泥完成后，本项目东西防波堤垂直于海岸的部分同时施工，而东防波堤与海岸平行段部分施工时其他部分基本已完成，无其他同期施工的污染源。因此，本项目存在 3 个典型工况，工况一：基槽挖泥和吹填施工作业，采用 1 艘 1600m³/h 的绞吸式挖泥船进行挖泥和吹填作业；工况二：东西防波堤垂直于海岸的部分同时施工，两个防波堤上同时分别有一个抛石源强点；工况三：东防波堤与海岸平行部分有 1 个抛石源强点。

为了较准确的反映本项目疏浚施工过程中的悬浮泥沙影响情况，根据各源强点的悬沙扩散预测结果，分别将源强点布置在各典型工况中影响预测结果较大的位置，见图 4.3.4-5。考虑最不利影响，源强点单独溢出一个全潮期，模型输出每半小时的悬沙浓度场，统计在工程海域悬沙增量大于 10mg/L 面积，获得瞬时最大浓度场。其统计结果见表 4.3.4-2，图 4.3.4-6 至 4.3.4-8 为各典型工况施工作业悬沙增量包络线图。

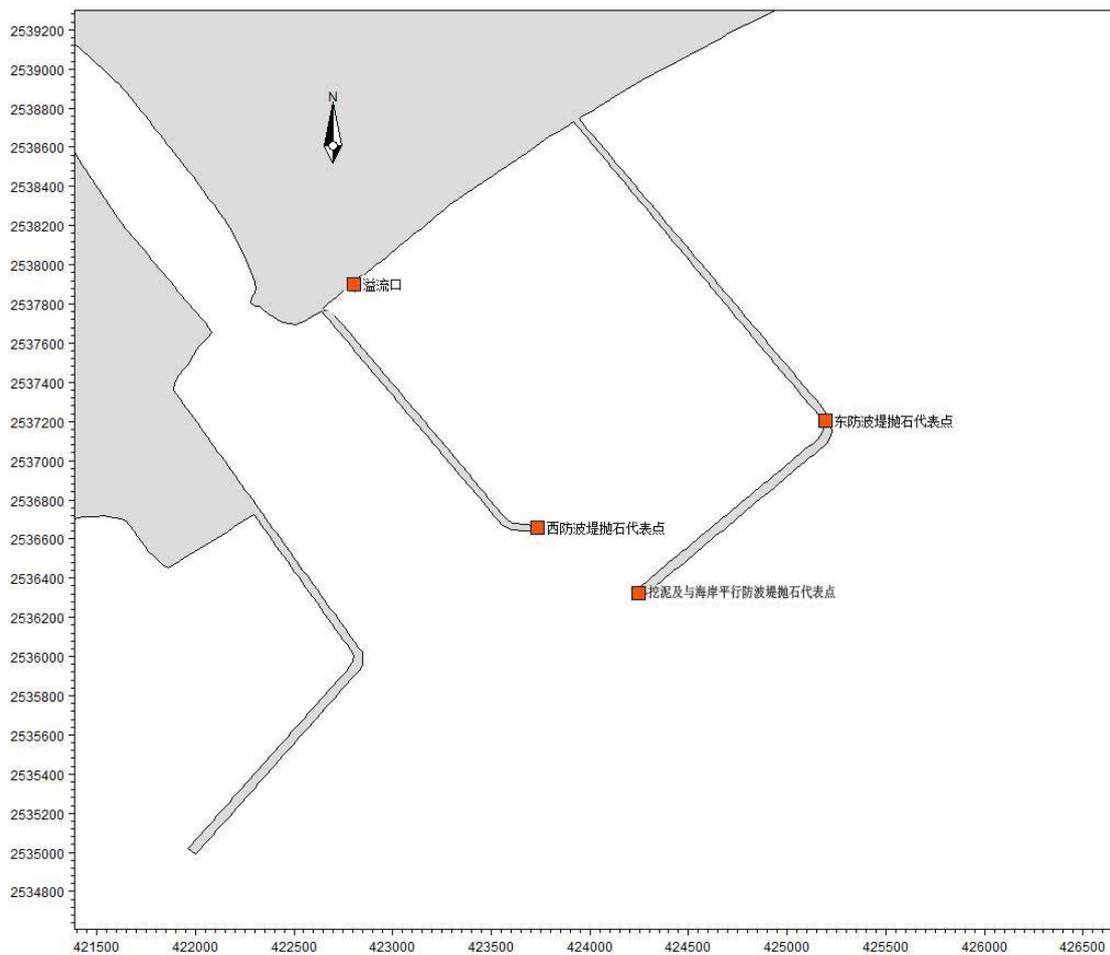


图 4.3.4-5 本项目典型工况源强点分布图



图 4.3.4-6 典型工况一（挖泥+溢流）施工悬沙扩散包络线图

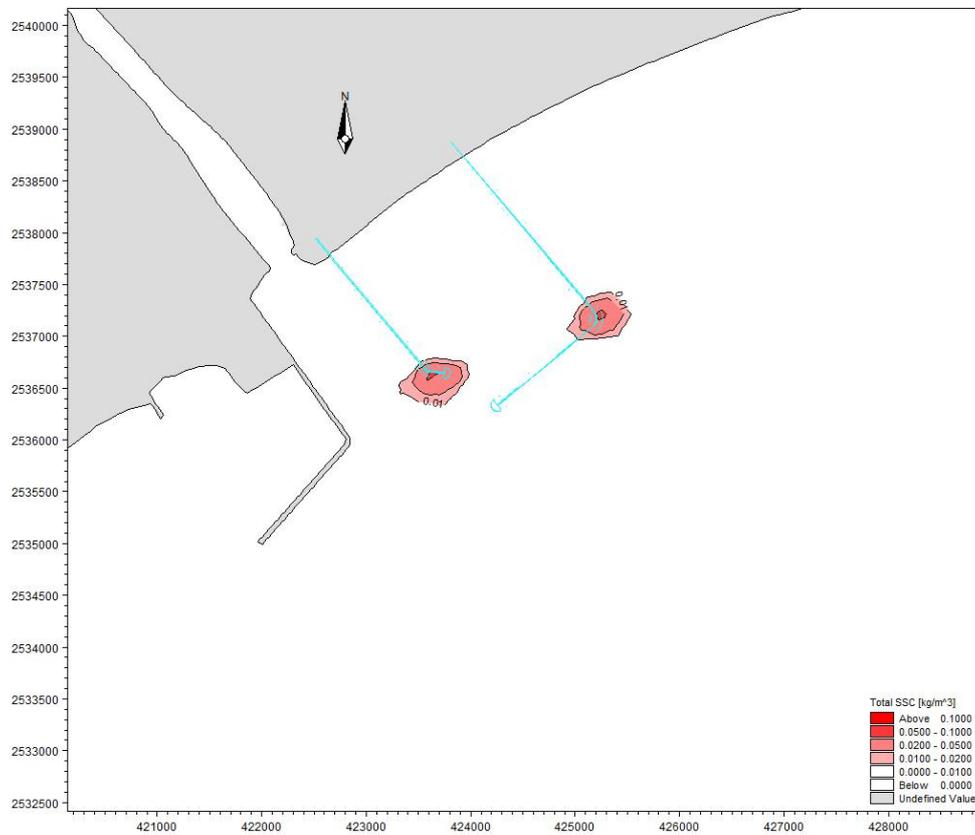


图 4.3.4-7 典型工况二（东西防波堤同时抛石）施工悬沙扩散包络线图

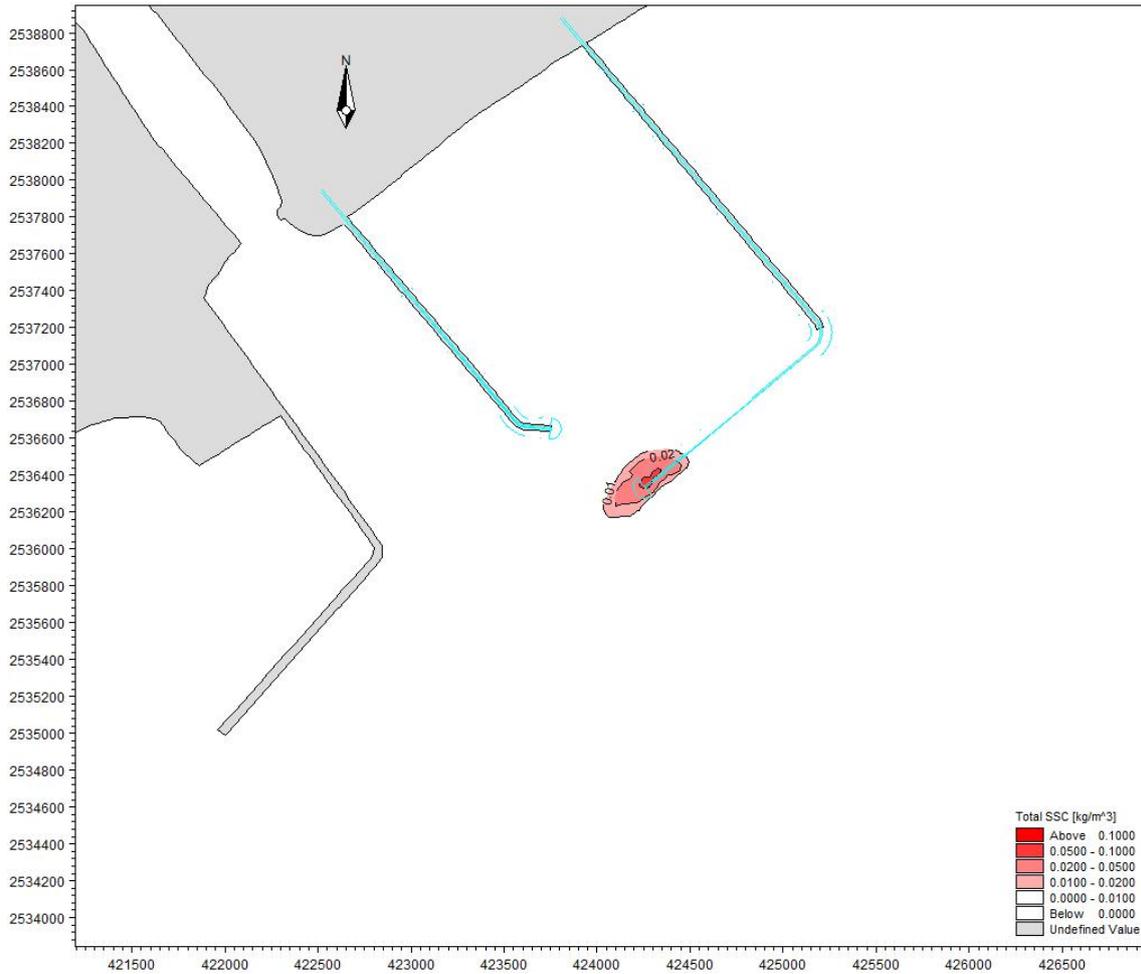


图 4.3.4-8 典型工况三（东防波堤中与海岸平行段抛石施工）施工悬沙扩散包络线图

表 4.3.4-2 典型工况施工产生悬沙扩散包络线面积

包络线 \ 浓度		>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
典型工况一	挖泥+溢流	1.621	0.655	0.222	0.038
典型工况二	东西防波堤抛石	0.359	0.204	0.120	0
典型工况三	东防波堤中与海岸平行段抛石施工	0.104	0.046	0.022	0

由预测结果可知，典型工况一条件下，本项目基槽挖泥和溢流过程产生大于 100mg/L 高浓度区的包络线面积约为 0.038km²，大于 50mg/L 高浓度区的包络线面积约为 0.222km²，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积约为 0.204km²，大于 10mg/L 浓度区的包络线面积约为 0.359km²。典型工程二条件下，本项目东西防波堤同时施工过程产生大于 50mg/L 高浓度区的包络线面积约为 0.120km²，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积约为 0.204km²，大于 10mg/L 浓度区的包络线面积约为 0.359km²。东防波堤中与海岸平行段抛石施工产生大于 50mg/L 高浓度区的包络线面积约为 0.022km²，大于 20mg/L 浓度

区的包络线面积约为 0.046km²，大于 10mg/L 浓度区的包络线面积约为 0.104km²。

4.3.4.2 水质变化分析

本项目于 2020 年 10 月 29 日开始进行施工建设，为了了解本项目施工建设是否对所在海域的海水水质产生了影响，本次收集了 2017 年 9 月 10~11 日（来源于《揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程海洋环境影响报告书（报批稿）》项目附近调查站位的水质调查数据）的历史水质调查数据，与本项目于 2020 年 11 月 22 日开展的水质调查数据进行对比分析，对比分析选取的各代表年份的监测点布设情况见图 4.3.4-9 所示，对比分析情况见表 4.3.4-3 所示，分析结果显示：

项目附近海域海水中的各主要污染物的浓度总体呈有所上升趋势，其中与本项目施工有关的特征污染因子 SS 的含量上升较多，因此推断，本项目施工期间，加上附近其他工程同时施工的影响，对所在海域的海水水质造成了一定的影响，因此，本项目后续施工过程中，应严格采取控制施工范围，合理安排施工强度，在满足施工质量要求的情况下尽量缩短施工工期等措施，将本项目施工悬浮泥沙的影响降至最低。

表 4.3.4-3 项目周边水域水质变化情况表

时间段		分析项目	DO	COD _{Mn}	无机氮	活性磷酸盐	悬浮物	石油类	汞	铜	铅	镉	锌
			(mg/L)							(ug/L)			
2017年	秋季 (9月10日至11日)	最大值	7.57 (最小值)	0.57	0.068	0.038	28.0	0.019	0.033	5.3	1.46	0.05	12.8
		最大值出现 站位	3-1 (底层)	3-2	3-2	4-2 (底层)	4-2 (底层)	4-2 (表层)	2-2 (底层)	2-2 (表层)	4-2 (底层)	4-2 (底层)	3-1 (表层)
		平均值	7.85	0.47	0.042	0.020	25.3	0.016	0.013	3.1	0.55	0.01	10.4
2020年	秋季 (11月22日)	最大值	6.56 (最小值)	0.99	0.3937	0.039	92.4	0.094	0.039	14.3	4.55	ND	9.7
		最大值出现 站位	A3 (表层)	A5 (表层)	A5 (表层)	A5 (表层)	A5 (表层)	A5 (表层)	A2(表层)	A3(表层)	A4 和 A5	——	A5(表层)
		平均值	7.0	0.71	0.2570	0.020	77.4	0.048	0.020	8.9	3.30	ND	2.6

注：除 DO 用最小值进行对比外，其余检测项目均用最大值进行对比；ND 表示未检出；对于既有检出又有未检出的检测项目，当检出率高于 50%时，按检出限的 1/2 参与平均值的计算，当检出率低于 50%时，按检出限的 1/4 参与平均值的计算。

4.3.5 沉积物环境影响分析

1、影响分析

本项目为防波堤建设项目，本项目建成后无污染物的产生与排放，不会对海洋沉积物环境产生影响，对海洋沉积物环境可能产生的影响只集中于施工期。

本工程基槽开挖及抛填施工过程会使所在海域海床底土发生改变，使项目所在海域及其附近海域的沉积物环境受到影响，项目施工过程中产生的悬浮泥沙在水流和重力的作用下，会在施工地附近扩散、沉降，造成泥沙沉积在施工地附近的底基上，改变海底沉积物的理化性质。但由于本项目施工过程中产生的悬浮泥沙主要来源于本海域，沉降的悬浮泥沙基本不会改变所在海域海底的沉积物特征，且根据沉积物质量的监测结果，项目所在海域沉积环境质量较好，因此，本项目造成的沉积物再悬浮基本不会导致沉积物的二次污染，且这种影响是暂时的，会随着时间逐渐消失。此外，本项目施工期间产生的船舶生活污水和生活垃圾均能得到有效处理，均不直接排入海域环境中。综合分析，本项目施工期对项目及附近海域的沉积物环境产生的影响较小。

2、沉积物环境质量变化分析

为了了解本项目所在海域在本项目施工前后的沉积物质量变化情况，本次收集了本项目施工前 2015 年（来源于《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程环境影响报告书（报批稿）》中 2015 年 8 月 6 日至 8 日项目附近调查站位的海洋沉积物调查数据）的历史海洋沉积物调查数据，与本项目施工期间 2020 年 11 月 22 日的海洋沉积物调查数据进行对比分析，对比分析选取的各代表年份的监测点布设情况见图 4.3.4-9 所示，对比分析情况见表 4.3.5-1 所示，分析结果显示：

项目附近海域的海洋沉积物中，除了 2020 年的总汞含量较 2015 年的有所增加外，其他海洋沉积物监测因子的含量均基本呈 2020 年含量<2015 年含量的趋势。2015 年至今，除了本项目于 2019 年开始施工外，附近还有 1#港池码头及海洋放流管等的施工建设，主重金属等因子不属于施工活动的特征污染因子，且石油类属于难溶于水的污染物，基本不会在沉积物中沉积，由此可见，本项目及南海作业区其他项目以来基本未对项目附近海域的海洋沉积物质量产生影响。

表 4.3.5-1 项目周边海域海洋沉积物质量变化情况表（单位： 10^{-6} ）

时间段		分析项目	石油类	铜	铅	锌	镉	总汞
2015年	秋季（8月6日至8日）	最大值	206	18.9	37.4	106	未检出	0.051
		平均值	124	14.2	30.9	86.1	未检出	0.040
2020年	秋季（11月22日）	最大值	138.91	10.4	37.0	79.7	未检出	0.180
		平均值	80.69	8.1	31.6	68.9	未检出	0.120

4.3.6 项目用海生态影响分析

4.3.6.1 生态环境影响分析

4.3.6.1.1 对底栖生物的影响分析

本项目基槽开挖、抛石等施工等产生的悬浮泥沙在施工区附近海域扩散，造成水体悬浮物浓度增加，使得海水透明度降低，导致底栖生物正常的生理过程受到影响，但这种影响是短暂的，施工结束后受悬沙影响的底栖生物可以逐渐恢复到正常水平。

工程建设对底栖生物最主要的影响是防波堤建设占用海域等施工行为毁坏了底栖生物的栖息地，使底栖生物的栖息环境被破坏，导致施工区周边一定范围内底栖生物的死亡，且这种改变属于永久性的。

4.3.6.1.2 对浮游生物的影响分析

施工期间对浮游植物的影响主要是基槽开挖、抛石等施工过程引起局部海域悬浮物增加，降低生物栖息环境质量。从水生生态角度来看，施工水域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。在水生食物链中，除了初级生产者——浮游藻类以外，其它营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，那么再以这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个水生生态食物链的影响是多环节的。

同时，浮游动物也将因阳光的透射率下降而迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。

4.3.6.1.3 对渔业资源的影响分析

本节所述渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔稚鱼。施工过程中，悬浮物对部分游泳生物的影响较为显著。根据南海海港疏浚泥悬浮物毒性试验表明，悬浮相对浮游甲壳类的致死效应明显，对卤虫无节幼体 96hLC₅₀ 为 71.6mg/L，对浮游桡足类 48hLC₅₀ 为 61.3mg/L。悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的，悬浮物质含量变化其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，他们将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量达到 1000mg/L 以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。

施工过程中，游泳生物会由于施工影响范围内的 SS 增加而游离施工海域，施工作业完成后在很短的时间内，SS 的影响将消失，鱼类等水生生物又可游回。这种影响持续于整个施工过程，但施工结束后即消失，一般不会对该海域的水生生物资源造成长期、累积的不良影响，但施工期内会造成渔业资源一定量的损失。

4.3.6.1.4 施工噪声对海洋生态环境的影响分析

本项目船舶施工时产生的噪声将对所在海域的生态环境产生一定的影响，相关研究表明，强噪声对鱼类的影响程度有：（1）改变鱼的行为模式，包括：摄食、捕获，规避和离开某个区域；遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。（2）损害物种的耳朵听觉细胞等影响。虽然项目施工作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间有限，无多声源叠加等特点，但施工噪声源强较大，施工时产生的噪声还是会对邻近的海洋生物资源造成一定的影响。因此，建议项目采用低噪声施工船舶、加强施工人员管理、控制施工作业船舶鸣笛等措施，将项目施工噪声可能对海洋生态环境的影响降至最低。

4.3.6.2 生态环境质量现状变化分析

为了了解本项目所在海域在本项目施工前后的海洋生态环境质量变化情况，本次收集了本项目施工前 2017 年（来源于《揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程海洋环境影响报告书（报批稿）》中 2017 年 9 月 10~11 日项目附近调查站位的海洋生态环境调查数据）项目附近的历史海洋生态环境调查资料，与本项目施工期间 2020 年 11 月 22 日的海洋生态调查资料进行对比分析，对比分析选取的各代表年份的监测点（断面）布设情况见图 4.3.4-9 所示，各海洋生态要素的对比分析情况见下述内容：

1、叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a 是浮游植物共有的一种色素，通常用来指示浮游植物的现存量，此值的大小与浮游植物所处的海洋环境直接相关，如海区的光照、温度、盐度、营养盐等；同时与海流等物理现象之间存在必然的联系，可以间接的指示海水水质。它是浮游植物现存量的良好指标，也是海洋环境评价的重要因素之一。

对比 2017 年和 2020 年的叶绿素 a 含量及初级生产力，项目所在海域的叶绿素 a 和初级生产力均呈上升的趋势，说明本项目及南海作业区其他施工活动对附近海域的叶绿素 a 和初级生产力未产生明显的影响。

表 4.3.6-1 叶绿素 a 及初级生产力调查结果对比

时间段		分析项目	叶绿素 a (mg/m ³)	初级生产力 (mg·C/m ² ·d)
2017 年	秋季 (9 月)	最大值	1.05	86.57
		最小值	0.25	16.27
		平均值	0.78	61.24
2020 年	秋季 (11 月)	最大值	1.160	131.54
		最小值	0.750	85.05
		平均值	0.96	108.30

2、浮游植物

浮游植物是水体中初级生产者，它的丰盛程度反映了水体生产力的大小。同时，浮游植物数量高低也可反映水质的状况。

对比 2017 年和 2020 年浮游植物的细胞密度、优势种、多样性指数和均匀度可知，项目附近海域浮游植物的种类数有所减少，细胞丰度有所增加，主要优势种发生了一定的变化；多样性指数和均匀度指数则均有所增加，由此推断，本项目及南海作业区其他施工活动对浮游植物的影响不明显，且随着施工的进行，所在海域形成了新的浮游植物类群，生物多样性和均匀度均反而有所升高。

表 4.3.6-2 浮游植物调查结果对比

时间段		种类数	平均细胞丰度 ($\times 10^4 \text{cells/m}^3$)	优势种	多样性 指数	均匀度
2017 年	秋季 (9 月)	66	84.47	中肋骨条藻、窄隙角毛藻、颤藻	2.13	0.49
2020 年	秋季 (11 月)	55	86.60	洛氏角毛藻、中华盒形藻、菱形海线藻、布氏双尾藻、掌状冠盖藻、窄隙角毛藻和短角角藻	3.721	0.644

3、浮游动物

浮游动物属于次级生产者，在海洋生态系统的物质循环和能量流动中具有重要位置，其种类组成和数量分布又与环境因子（温度、盐度、海流、污染等）密切相关。因此浮游动物是海洋生态学和环境评价的重要研究内容。

对比 2017 年和 2020 年浮游动物的种类数、生物量、资源密度、优势种、多样性指数和均匀度可知，项目附近海域浮游动物的种类数、资源密度、均匀度指数呈逐渐减少的趋势，生物量和多样性指数呈现上升的趋势，主要优势种发生了一定的变化。总的来说，本项目施工建设后，项目所在海域的浮游动物指标未出现明显变差的趋势，本项目及南海作业区其他施工活动对浮游动物的影响不明显，

表 4.3.6-3 浮游动物调查结果对比

时间段		种类数	生物量 (mg/m^3)	资源密度 (ind/m^3)	优势种	多样性 指数	均匀度
2017 年	秋季 (9 月)	65	41.69	1103.26	红纺锤水蚤、锥形宽水蚤、肥胖三角蚤、鸟喙尖头蚤、肥胖箭虫、莹虾类幼体、长尾类幼体	2.27	0.57
2020 年	秋季 (11 月)	43	111.03	174.37	中华哲水蚤、微刺哲水蚤、小拟哲水蚤、精致真刺水蚤、夜光虫、桡足类幼体和锥形宽水蚤	2.76	0.51

4、底栖生物

对比 2017 年和 2020 年大型底栖生物的种类数、生物量、栖息密度、优势种、多样性指数和均匀度可知，项目附近海域底栖生物的种类数、栖息密度、多样性指数和均匀度均呈有所减少，而生物量则大幅度增高。总的来说，项目及南海作业区其他施工活动的施工建设对附近海域的底栖生物产生了一定的影响。

表 4.3.6-4 底栖生物调查结果对比

时间段		种类数	生物量 (mg/m ³)	栖息密度 (ind/m ³)	优势种	多样性 指数	均匀度
2017 年	秋季 (9 月)	28	14.2	240	中华内卷齿蚕、白色吻沙蚕、 膜质伪才女虫和持真节虫	1.84	0.99
2020 年	秋季 (11 月)	20	229.07	146.66	菲律宾蛤仔、棒锥螺、紫边白 樱蛤、半褶织纹螺和环纹坚石 蛤	1.58	0.37

5、潮间带生物

对比 2017 年和 2020 年潮间带生物的种类数、生物量、栖息密度、优势种、多样性指数和均匀度可知，本项目附近海域潮间带生物的种类数、生物量、栖息密度、多样性指数和均匀度均呈有所减少，说明本项目及南海作业区其他施工活动的施工建设对附近海域的潮间带生物产生了一定的影响。

表 4.3.6-5 潮间带生物调查结果对比

时间段		种类数	生物量(mg/m ³)	栖息密度 (ind/m ³)	多样性 指数	均匀度
2017 年	秋季 (9 月)	64	274.26	246.66	3.39	0.83
2020 年	秋季 (11 月)	18	187.4	164	2.75	0.66

4.3.7 项目用海风险分析

本项目的用海风险主要包括施工船舶溢油环境风险、自然灾害引起本项目堤坝溃损及失稳等风险，与原海域使用论证报告书的识别结果一致，其中最大可信事故为船舶溢油环境风险事故，由于本项目施工船舶较原论证阶段的有所变化，因此，本次按本项目实际施工时所采用的施工船舶情况，对溢油环境风险事故进行预测分析。而原论证报告已对其他环境风险事故影响进行了详细的分析，本次不再赘述。

4.3.7.1 源项分析

(1) 最大可信事故分析

最大可信事故是指在所有预测的概率不为零的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。而重大事故是指导致有毒有害物质泄漏的火灾、爆炸和有毒有害物质泄漏事故，给公众带来严重危害，对环境造成严重污染。

船舶碰撞引发燃料油泄漏时，采取堵漏、截留等应急措施困难，造成海洋环境污染的可能性更大。因此，最大可信事故确定为船舶碰撞引发的燃油泄漏事故。

(2) 溢油事故概率分析

a) 国内水上交通事故发生情况

1990~2010年期间，共发生船舶溢油事故(溢油量 $\geq 50\text{t}$)，71起，其中我国海域发生较大船舶溢油污染事故36起，发生频率为1.71次/a，所占比例50.7%；发生重大船舶溢油事故9起，发生频率为0.43次/a，所占比例为12.7%；发生特别重大船舶溢油污染事故4起，发生频率为0.19次/a，所占比例为5.6%。根据分析结果可知，发生较大船舶溢油污染事故的频率较高，应引起重视。船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装/卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故，包括违章故意排放。海损性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、沉没、火灾爆炸、操作性事故、船体破损、倾覆等7个原因引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究》，对于溢油量在1t以下的船舶溢油事故，其原因主要是操作性事故。对于溢油量在7t以上的船舶溢油事故，原因则主要是海损性事故。7种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因，共发生溢油事件42起，其发生次数占总溢油次数的59.15%，其导致的溢油总量也最高，占有溢油事故溢油总量的44.35%；其次是触礁/搁浅而引起的船舶溢油事故，共发生溢油事件14起，占总船舶溢油事件次数的19.72%，其溢油总量为6564t，占有溢油事故溢油总量的29.79%。由操作性原因和船体倾覆所导致的船舶事故次数最低，都为2起，占总船舶溢油事故的2.82%。因此，碰撞、触礁/搁浅是我国溢油量在50t以上船舶溢油事故发生的主要原因。

b) 广东省水上交通事故发生情况

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

4.3.7.2 溢油事故模拟预测

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

本次计算采用的溢油模型其基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反应油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分(分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C)和重质部分(分子量大于 160g/mol，沸点 300°C 以上)，石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果，这通常称为油的风化过程，在模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等，过程示意图见图 4.3.7-1。

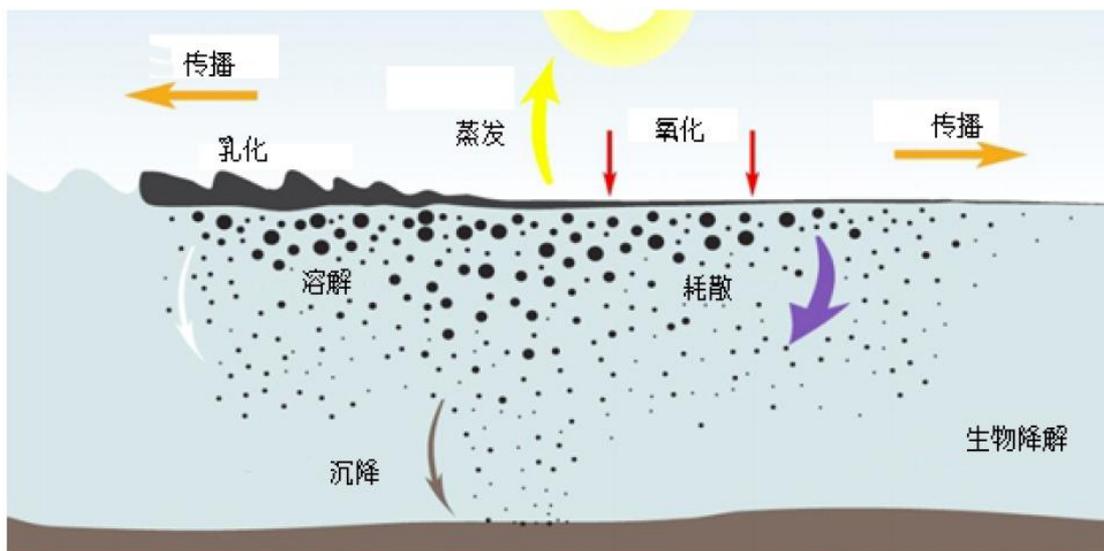


图 4.3.7-1 溢油风化过程示意图

(1) 扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay

重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{dA_0}{dt} = K_a A_0^{1/3} \left(\frac{V_0}{A_0} \right)^{4/3}$$

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

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

(2) 漂移过程

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

① 对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对流位移，可以表示为：

$$U_p = U_s + C_w \cdot U_w \cdot \sin(\theta - \pi + \theta_w)$$

$$V_p = V_s + C_w \cdot U_w \cdot \cos(\theta - \pi + \theta_w)$$

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

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

其中， $\alpha = -0.3 \times 10^{-8}$ ； $\beta = 28.38'$ ； g 为重力加速度； γ_w 为运动粘度。本模型取模型默认值， $\theta_w = 28^\circ$ 。

② 紊流扩散过程

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

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

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

(3) 溢油风化过程

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

①蒸发过程

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

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

式中： N_i^e 为蒸发率， P 为蒸汽压， i 为不同的油组分， R 为气体常数， K_{ei} 为物质传输系数， M 为分子量， T 为温度， ρ 为油组分密度， K_{ei} 由下式估算：

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_w^{0.78}$$

其中， K 为蒸发系数， Sc 为蒸汽 Schmidt 数，模型取 2.7。

②乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起，油膜被打碎成油滴不断向水体运动，同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上，体积、粘度和比重都比原来大得多，这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大影响到扩散、蒸发等其它过程，严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻，扩散是最主要的运动方式，由于其是一种物理过程，油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎，将油膜分散成各种粒径的油滴，油滴进入水中，形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算：

a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中，水流的紊动作用将油膜打碎成油滴，油滴分散到水体后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定，可以防止油滴返回油膜。

在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力，而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为：

$$D = D_a + D_b$$

$$D_a = \frac{0.11(1+U_w)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_0 h_s \gamma}$$

式中， D_a 为油类进入到水中的分量， D_b 为进入水体后没有返回的分量， μ_0 为油的粘度， γ 为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为：

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a(1-D_b)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中，形成油包水型乳化，会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出：

$$\frac{dY_w}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a (Y_w^{\max} - Y_w) \frac{(1+U_w)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_w \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

其中， R_a 、 R_b 分别为水的吸收速率和释放速率， A_s 为溢油的沥青含量， W_a 为溢油的石蜡含量， Y_w 为乳化物含水率， Y_w^{\max} 为最大含水率， K_a 、 K_b 分别为吸收系数和释放系数。 Y_w^{\max} 取值为0.75。

③溶解

溢油有微弱的溶于水的特性，主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的1%，可以忽略不计。但考虑到溶解于水中的溢油具有一定的毒性，溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\frac{dV_{di}}{dt} = K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$K_{di} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases}$$

其中， V_{di} 为溢油溶解量， K_{di} 为溶解传质系数， X_i 为摩尔分数， C_i^s 为溶解度， M 为摩尔质量。

(4) 溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。

具体参数设置见表 4.3.7-1。

表 4.3.7-1 溢油模型参数设置表

参数名称	取值	说明
溢油类型	柴油	
源强	50t	
轻组分油密度	755kg/m ³	
重组分油密度	940kg/m ³	
水的运动粘性系数	1.14e-006m ² /s	
20℃下油的动力粘度	1.4cP	
风漂移系数 C_w	0.035	对流过程
风偏向角 θ_w	28°	对流过程
乳化率	2.1e-006 s/m ²	乳化过程
油的乳化物最大含水率 Y_w^{\max}	0.75	乳化过程
吸收系数 K_a	5e-007	乳化过程
释出系数 K_b	1.2e-005	乳化过程
传质系数 K_{di}	2.36e-006	溶解过程
蒸发系数 K	0.06	蒸发过程
蒸汽 Schmidt 数 Sc	2.7	蒸发过程
油品组分	轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度）	83%
	重组分油（重量超过 160 g / mol，沸点高于 300℃）	40%
	油中的蜡质（保守）	8%
	油中沥青质含量（保守）	2%

4.3.7.3 溢油源强及预测情景

1、溢油源强

本项目最大的施工船舶为 5000t 自航跳板驳，非油轮船舶燃油最大携带量可用船舶总吨推算，根据船型的不同，一般取船舶总吨的 8~12%，本次取 10%。非油轮船舶一般设有 10 个左右油舱，燃油泄漏取一个油舱的油量，据此估算船舶溢油事故溢油量约为 50t。

2、溢油预测情况

(1) 流场参数

考虑到大潮期间潮流流速较大，油膜在大潮期扩散范围最大，因此在流场验证良好的基础上，在 2021 年 8 月实测潮型中选择大潮期的水动力场作为计算流场。

(2) 气象参数

根据惠来县近 20 年风速资料统计结果，溢油风险常规工况考虑冬季主导风 ENE 向风、夏季主导风 SSW 向风，风速取平均风速 2.5m/s；不利工况考虑 WSW 向风，风速取 6 级风上限值 13.8m/s。

(3) 计算工况

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的 10%为瞬时溢油，90%为连续溢油。结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续 1h 溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式。溢油发生时刻分涨初和落初两种时刻。营运期溢油点选择进港航道中段作为不利位置。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）中的预测工况要求，本次选取在冬季及夏季主导风向、不利风况进行预测，各个预测风况均进行涨、落潮初的预测，

溢油计算条件组合见表 4.3.7-2。

表 4.3.7-2 各种风险条件组合表

工况	潮期	风向	风速 (m/s)	备注	溢油点
工况1	大潮涨初	ENE	2.5	常规工况	航道
工况2	大潮落初	ENE			
工况3	大潮涨初	SSW			
工况4	大潮落初	SSW			
工况5	大潮涨初	WSW	13.8	不利工况	
工况6	大潮落初	ENE			

4.3.7.4 溢油结果

表 4.3.7-3 列出了不同工况组合下溢油影响范围统计结果。图 4.3.7-1~图 4.3.7-4 给出了不同工况组合下油膜的扫海范围图。

表 4.3.7-3 溢油事故分析表

工况	溢油时刻	风速 (m/s)	风向	时间 (h)	扫海面积 (km ²)	漂移距离 (km)
工况 1	大潮涨初	2.5	ENE	2	0.18	0.4
				12	1.92	1.6
				24	溢油事故发生后约 16 小时 13 分后抵岸，扫海面积约为 2.88 km ² ，溢油残留量约为 36.9t	3.1
				48		
				72		
工况 2	大潮落初	2.5	ENE	2	0.16	0.3
				12	0.98	2.2
				24	溢油事故发生后约 12 小时 35 分后抵岸，扫海面积约为 1.32km ² ，溢油残留量约为 40.2t	2.9
				48		
				72		
工况 3	大潮涨初	2.5	SSW	2	0.21	0.6
				12	1.32	1.8
				24	溢油事故发生后约 20 小时后抵岸，扫海面积约为 2.29 km ² ，溢油残留量约为 33.8t	6.1
				48		
				72		
工况 4	大潮落初	2.5	SSW	2	0.19	0.5
				12	1.15	1.6
				24	溢油事故发生后约 18 小时 06 分后抵岸，扫海面积约为 2.83 km ² ，溢油残留量约为 32.5t	6.1
				48		
				72		
工况 5	大潮涨初	13.8	WSW	2	0.48	1.1
				12	2.59	3.9
				24	6.23	7.6
				48	溢油事故发生后约 37 小时 32 分后抵岸，扫海面积约为 7.81 km ² ，溢油残留量约为 13.4t	10.9
				72		
工况 6	大潮落初	13.8	ENE	2	溢油事故发生后约 2 小时 26 分后抵岸，扫海面积约为 0.37km ² ，溢油残留量约为 44.6t	2.1
				12		
				24		
				48		
				72		

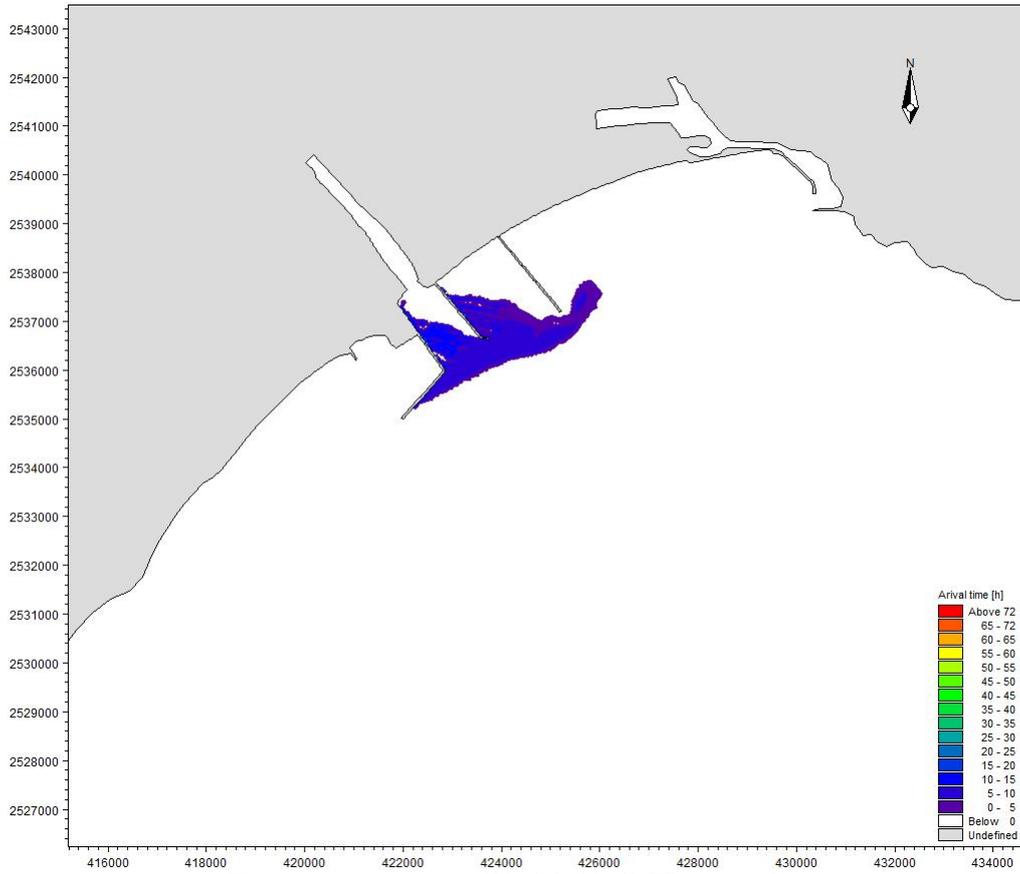


图 4.3.7-1 工况 1 溢油扫海范围 (72 时)

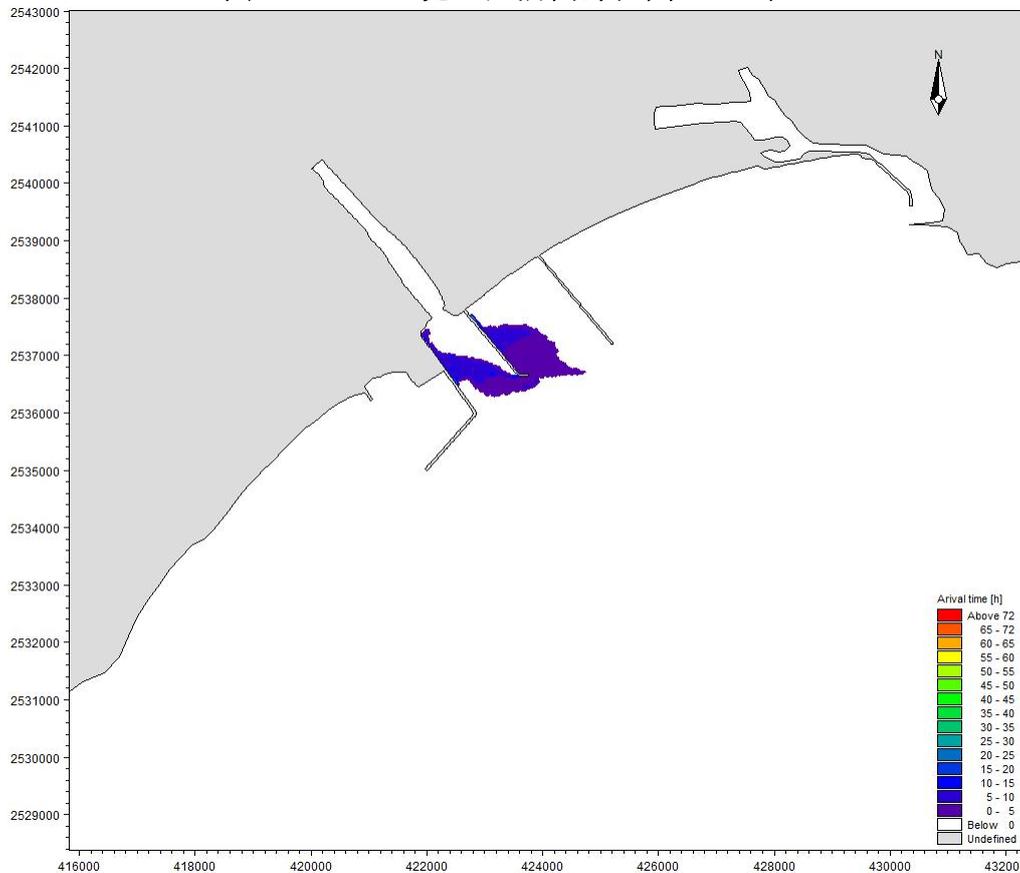


图 4.3.7-2 工况 2 溢油扫海范围 (72 时)

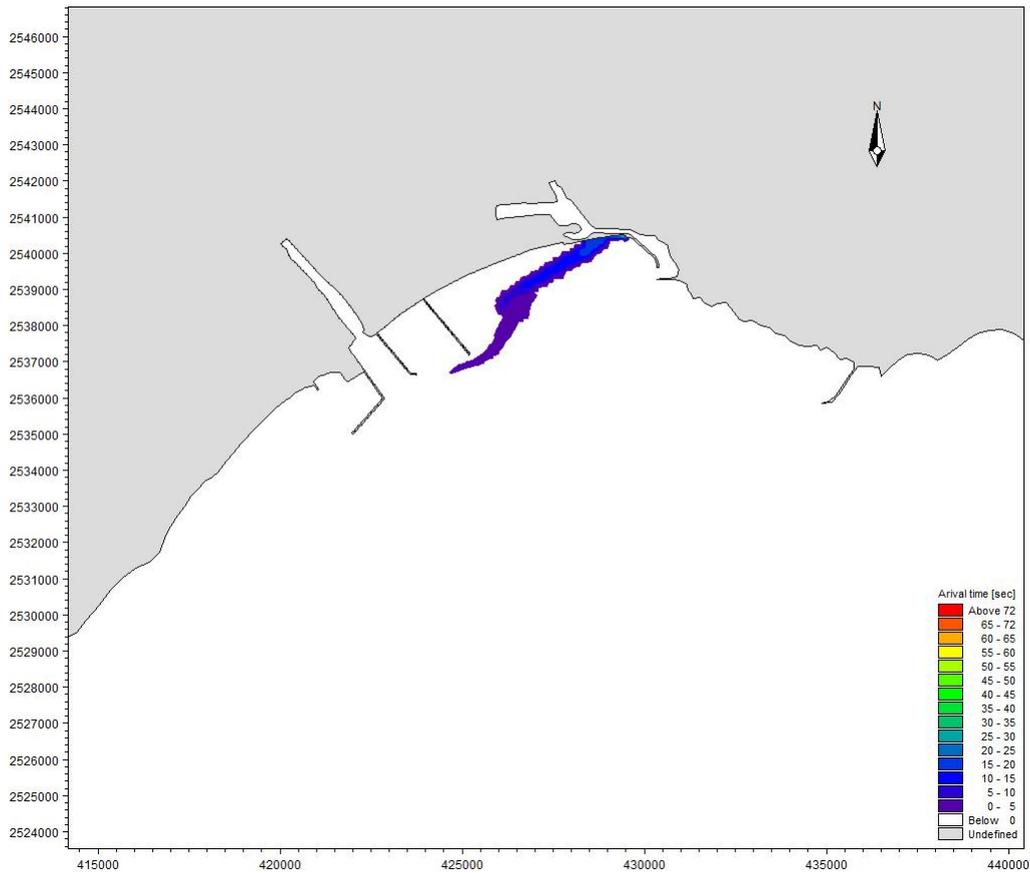


图 4.3.7-3 工况 3 溢油扫海范围 (72 时)

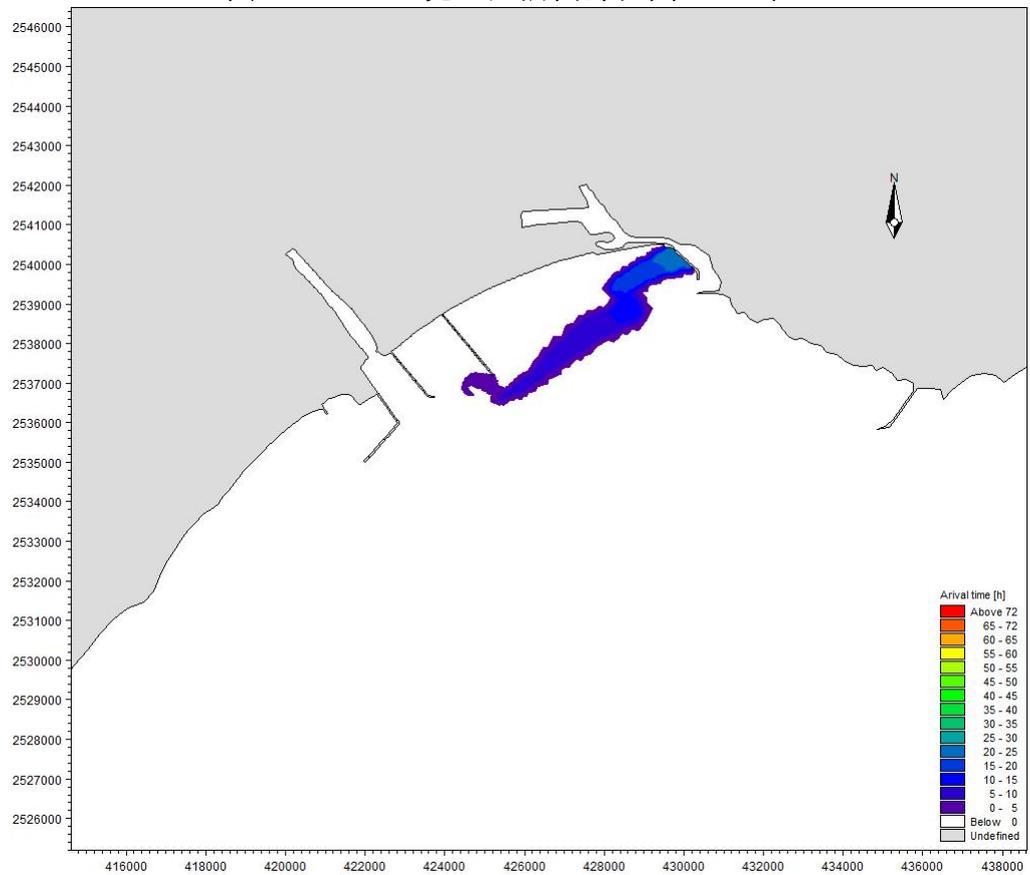


图 4.3.7-4 工况 4 溢油扫海范围 (72 时)

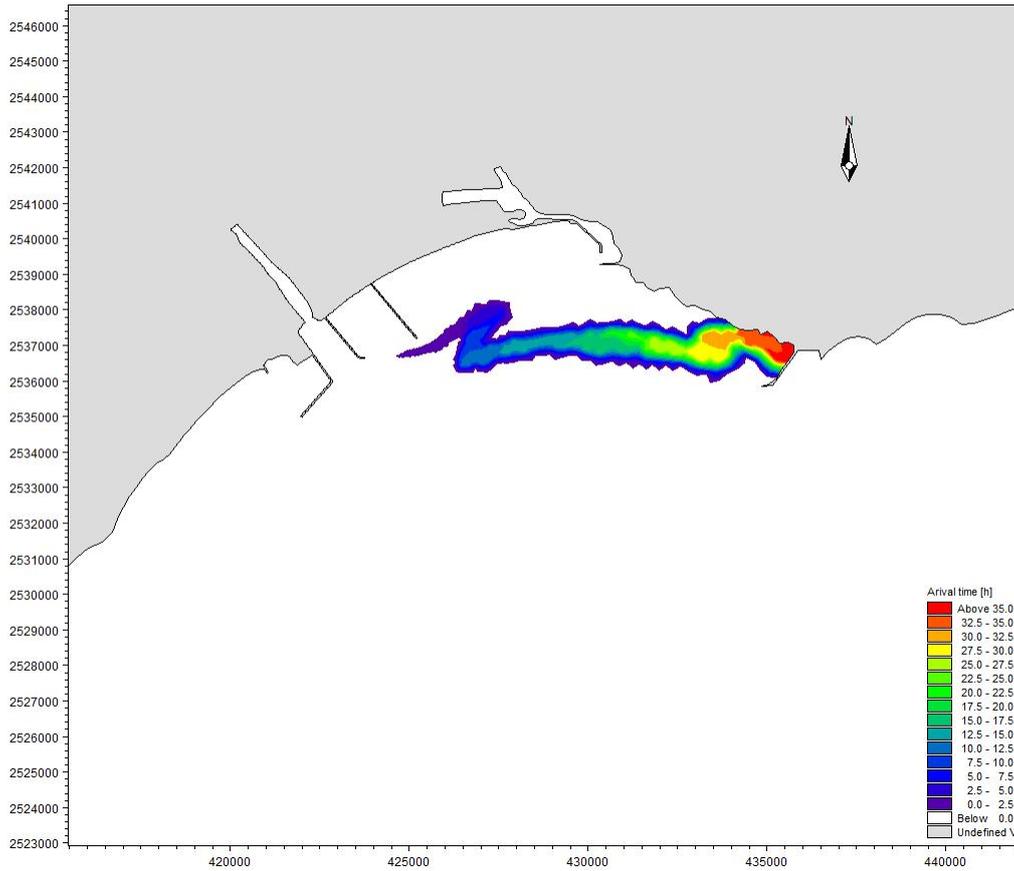


图 4.3.7-5 工况 5 溢油扫海范围 (72 时)

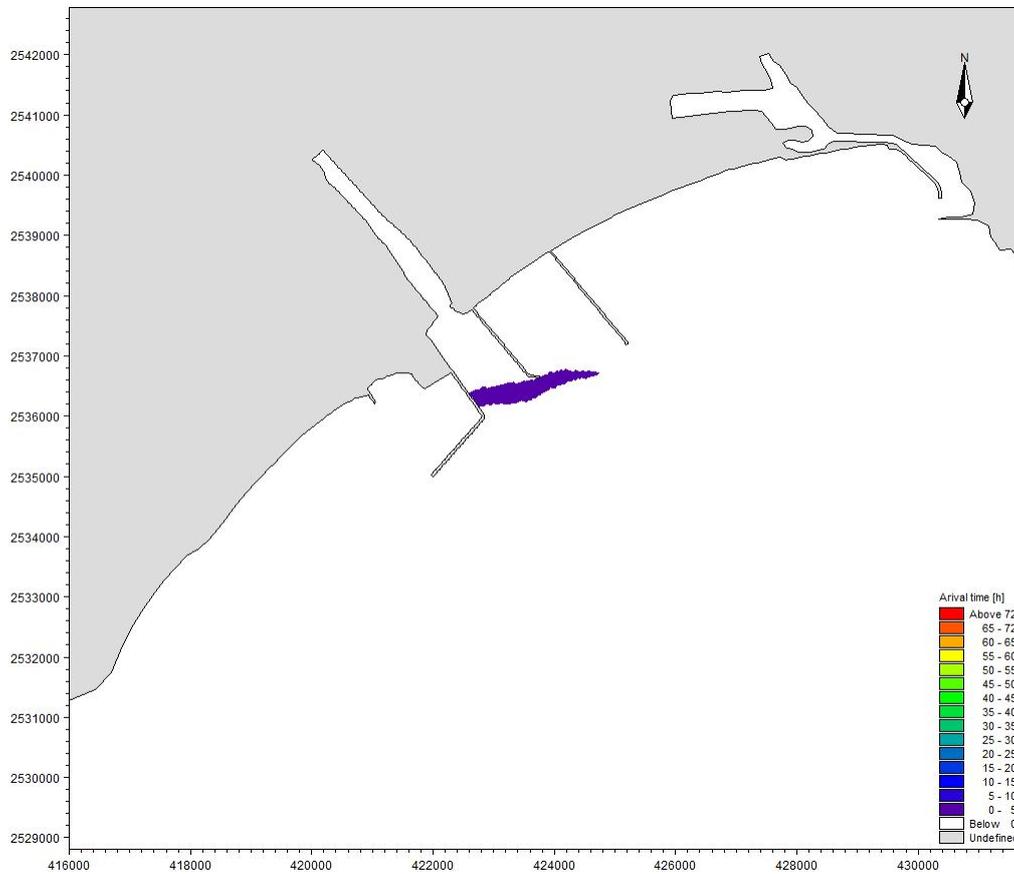


图 4.3.7-6 工况 6 溢油扫海范围 (72 时)

4.3.7.5 溢油影响分析

1、溢油对海洋生态环境及海洋生物的影响分析

发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗性弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

a) 对浮游植物的影响

实验证明，石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍它们的光合作用。这种破坏作用的程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。国内外许多毒性实验结果表明，浮游植物作为鱼虾类饵料的基础，其对各类油类的耐受能力均很低，浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的生物种类，即使油浓度低于 0.1mg/L 也会妨碍其细胞的分裂和生长的速率。

b) 对浮游动物的影响

浮游动物通过摄食或直接吸收碳氢化合物而受到影响，其急性中毒浓度在 0.1~15mg/L。通常幼体对于石油污染的敏感度大于成体，永久性浮游动物幼体的敏感性大于临时性底栖生物幼体。不同的浮游生物的敏感性存在一定的差异。

Mironov 等曾将黑海某些桡足类和枝角类暴露于 0.1ppm 的石油海水中，当天浮游动物全部死亡。当石油含量降至 0.05ppm，小型拟哲水蚤 *Paracalanus* sp. 的半致死时间为 4 天，而胸刺镖蚤 *CentroPages*、鸟缘尖头蚤和长腹剑水蚤 *Oithona* 的半致死天数依次为 3 天、2 天和 1 天。另外，Mironov 对不同浓度对桡足类幼体的影响实验表明，永久性（终生性）浮游动物幼体的敏感性大于阶段性（临时性）的底栖生物幼体，而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。

c) 对底栖生物的影响

底栖动物大部分种类大多数时间在海底生活，只有少部分幼体营临时性浮游生活，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，幼体的致死浓度范围更小一些，而软件动物双壳类能吸收水中含量很低的石油。石油浓度为 0.01ppm 就能引起牡蛎、海胆、寄居蟹、海盘车等耐油性差的底栖动物的死亡，石油浓度在 0.1~0.01ppm 时，对某些底栖甲壳类动物（藤壶、蟹等）幼体有明显毒性。据吴彰宽研究表明，胜利原油

对对虾 *Penaeus orientalis* 各发育阶段影响的最低浓度分别是受精卵 56mg/L，无节幼体 3.2mg/L、蚤状幼体 0.1mg/L，糠虾幼体 1.8mg/L，仔虾 5.6mg/L，其中蚤状幼体为最敏感的阶段。胜利原油对对虾的幼体的 96h-LC₅₀ 为 11.1mg/L。

溢油一旦搁滩，在大量油类覆盖的滩面，固着性生物，如贝类、甲壳类生物和藻类会窒息死亡。在油膜蔓延的滩面上，幼贝发育不良，产量下降，成年贝会因沾染油臭而降低市场价值。在潮下带的养殖贝类，也会受到严重的油污染。这些滤食性双壳类在摄食时也同时摄入海水中的悬浊油分（乳化油滴）。进入蛤类胃中的乳化油滴破乳后结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验，当油浓度达到 1.0mg/L 时，可使贻贝产生呼吸加快，捕食减少的致死效应。沉积在底质孔隙中的油浓度过高，会引起贝类大量死亡。此外，由于作为对虾饵料的贝类大量减少，对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育，降低产量。值得注意的是，溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐涨落在附近周期性摆动，面积逐渐扩大，在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境；潮下带溢油也会由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

d) 对鱼类的影响

国内外许多研究均表明，高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，而低浓度石油所引起的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，其毒性随石油组分的不同而有差异。

e) 对渔业资源的影响

船舶发生溢油事故后，进入海洋环境的燃料油，在发生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，直接危害鱼虾的早期发育。据黄海水产研究所对虾活体实验，油浓度低于 3.2mg/L 时，无节幼体变态率与人工育苗的变态率基本一致；但当油浓度大于 10mg/L 时，无节幼体因受油污染影响变态率则明显上升。对虾的蚤状幼体对石油毒性最为敏感，浓度低于 0.1mg/L 时，蚤状幼体的成活率和变态率基本一致，即无明显影响；当浓度达到 1.0mg/L 时，蚤状幼体便不能成活，96hL₅₀ 值为 (0.62~0.86) mg/L，即安全浓度为 (0.062~0.086) mg/L；浓度大于 3.2mg/L 时，可致幼体在 48 小时内死亡。

溢油对鱼类的影响是多方面的，首先燃油会引起鱼类摄食方式、洄游路线、种群繁殖的改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶

段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致畸变死亡。以相关研究对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为3mg/L时，其胚胎发育便受到影响，在3.1~11.9mg/L浓度下，孵出的大部分仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为3.2mg/L时，真鲷胚胎畸变率较对照组高2.3倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达22.7%，当含油浓度增到18mg/L时，孵化仔鱼死亡率达84.4%，畸变率达96.6%。燃油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。此外，溢油漂移期间，渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获的鱼类也可因沾染油污而降低市场价值。

燃料油对鱼卵的危害主要体现在延缓胚胎发育，致使孵化率下降，并导致孵化仔鱼为畸形，严重时直接致使仔鱼死亡。燃油同样也会对仔鱼造成显著的影响，主要是因为仔鱼游泳能力差，回避能力不足，燃油一旦扩散到一定浓度，将导致仔鱼死亡，但是燃料油与原油相比挥发更快，在一定时间内就会挥发大部分，因此燃料油泄漏对海洋生物资源的影响要低于原油。

2、溢油对岸线的影响分析

溢油发生后，一旦水面上的浮油在风浪和潮汐等因素作用下，浮上岸边，便会堆积在高潮线附近，粘附在岸边岩土表面，渗入上层的砂子里，这将对岸线生态环境造成严重影响。

4.3.7.6 项目用海风险对周边开发活动的影响分析

本项目为防波堤建设项目，附近开发利用项目有航道、码头、海洋放流管、锚地、航道、游泳场等。一旦发生风险事故，在事故应急处理过程中，主要会对码头、通航航道和海洋放流管产生影响。

若项目船舶发生事故，使油料泄漏进入项目附近海域，则风险应急处理处置过程中，势必会有部分抢险、应急处置船舶等进出项目区，将增加项目附近海域的通航密度，可能对附近码头和航道的通航环境等造成一定的影响；此外，本项目附近区域有揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程，若发生溢油事故，在应急处置过程中，若应急船舶在揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程区域发生抛锚等事故，也可能对其海洋放流管产生一定的影响。

4.3.8 主要生态问题及跟踪监测范围

1、主要生态问题

根据前述用海资源环境影响分析结果可知，本项目的生态问题包括：

(1) 占用砂质自然岸线，使得砂质岸线的生态服务功能消失

项目需占用砂质自然岸线总长度约为 95.16m，所占用的沙滩资源会受到永久性地破坏，砂质海岸的地形、海滩地貌等要素均受损，生态服务功能消失，并带来沙滩的景观消失、旅游减弱、休闲娱乐功能受损等负面影响。

(2) 悬浮泥沙影响海域海水水质，造成一定的生物资源损失

本项目施工悬浮泥沙会对所在海域的海水水质造成一定的影响，影响范围最远距离为西南侧约 1.7km，东北侧约 1.6km。

本项目防波堤占用海域毁坏了潮间带生物和底栖生物的栖息地，使潮间带生物和底栖生物的栖息环境被破坏，导致施工区周边一定范围内潮间带生物和底栖生物死亡。基槽挖泥、抛石等过程产生的悬浮泥沙也会对渔业资源造成一定的影响，从而导致一定的渔业资源损失。其中底栖生物损失约 40.8t、潮间带生物损失约 1.0t、鱼卵损失约 5.39×10^7 粒、仔稚鱼损失约 1.16×10^7 尾、游泳动物损失约 196.4kg，造成的生物资源损害价值约为 1657.2 万元。

2、跟踪监测范围

本项目的跟踪监测范围主要为受本项目影响的范围，即西南侧 1.7km 至东北侧约 1.6km 的范围内。

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

根据《2022年揭阳市经济运行简况》，2022年揭阳市地区生产总值为2260.98亿元，同比下降1.3%。其中，第一产业增加值为223.68亿元，同比增长5.5%；第二产业增加值为793.61亿元，同比下降8.7%；第三产业增加值为1243.69亿元，同比增长2.7%。

一、农业生产情况。2022年，全市农林牧渔业总产值354.31亿元，同比增长4.9%。其中，农业（种植业）增长4.9%，林业增长7%，牧业增长0.9%，渔业增长4.6%，农林牧渔专业及辅助性活动产值增长11.3%。重要农产品产量增势良好，全年水果产量增长10%，禽肉增长8.7%，蔬菜增长4.4%，猪肉增长3.3%，水产品增长1.8%。

二、工业生产情况。2022年，全市规模以上工业增加值434.91亿元，下降17.5%。分类型看，大型企业增加值48.25亿元，占全部规上工业的11.1%；中型企业增加值118.49亿元，占全部规上工业的27.2%；小型企业增加值259.12亿元，占全部规上工业的59.6%。分行业看，七大产业一升六降，实现增加值合计341.97亿元，下降19.9%，占全部规上工业增加值的78.6%。其中，医药制造业增长7.6%，增速比前三季度提高3.6个百分点，制鞋业下降2%，食品业下降18.1%，化工和矿物加工业下降19.5%，金属业下降22.7%，电气机械设备制造业下降27.5%，纺织服装业下降29.6%。

三、固定资产投资情况。2022年，固定资产投资下降23.5%。分类型看，项目投资下降16.1%，增速比全市水平高7.4个百分点；房地产开发投资下降44.3%，降幅比前三季度收窄2个百分点。项目投资中，基础设施投资增长1.2%，比前三季度高1.1个百分点，工业投资下降19.9%。分三次产业看，第一产业投资下降82.2%，第二产业投资下降19.9%，第三产业投资下降25.7%。从投资主体看，民间投资下降33.9%。

四、消费情况。2022年，全市实现社会消费品零售总额1066.13亿元，增长1%。从城乡市场看，城镇零售额765.65亿元，增长0.8%；农村零售额300.49亿元，增长1.5%。从消费类型看，商品零售1024.83亿元，增长1.1%；餐费收入41.30亿元，下降2.4%。

五、进出口情况。2022年，全市进出口总额162.6亿元，下降13.7%，降幅比前三季度收窄4.4个百分点。其中，出口125.5亿元，下降23.2%；进口37.1亿元，增长48.4%，比前三季度高61.1个百分点。

六、财政收支情况。2022年，全市地方一般公共预算收入（剔除留抵退税因素后）86.23亿元，增长7.2%，比前三季度高13.4个百分点。其中税收收入（剔除留抵退税因素后）43.92亿元，下降8.2%，降幅比前三季度收窄2.6个百分点。一般公共预算支出374.58亿元，增长1.5%。基本民生保障有力，民生支出302.99亿元，增长1.3%，占一般公共预算支出的80.9%。

七、金融存贷情况。至12月底，全市金融机构本外币存款余额3048.35亿元，增长10%；本外币贷款余额1412.24亿元，增长4%。存贷比为46.3%。

八、居民收入情况。2022年，全市全体居民人均可支配收入24788元，增长4.2%。其中，城镇居民人均可支配收入30273元，增长3%；农村居民人均可支配收入18959元，增长5.2%。

九、市场物价情况。2022年，全市居民消费价格（CPI）累计上涨1.6%。八大类价格呈“六升二降”：交通和通信类上涨4.1%，医疗保健类上涨3%，食品和烟酒类上涨2.7%，其他用品和服务类上涨1.8%，教育文化和娱乐类上涨0.9%，生活用品及服务类上涨0.5%，居住类下降0.7%，衣着类下降1.4%。

5.1.2 海域使用现状

本项目位于揭阳市惠来沿海港区南海作业区龙江河出海口东侧海域，通过遥感影像、资料收集和现场踏勘，了解到现状项目附近海域开发利用活动主要有：码头、航道、锚地、海洋放流管、天然气项目、重油加工工程、游泳场等，项目所在海域开发利用现状见表5.1.2-1所示。

表 5.1.2-1 项目周边海域开发利用现状一览表

序号	项目名称	距离本项目方位和距离	备注
1	揭阳港大南海东岸公共进港航道工程	与东防波堤紧邻	在建
2	中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）	紧邻	已转让给本项目所用
3	中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程	西南侧约 0.8km	
4	揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程	西南侧约 0.5km	
5	中委 5 千吨级锚地	东南侧约 2.2km	
6	澳角锚地	东侧约 4.5km	
7	神泉港进港航道	东侧约 3.9km	
8	惠来县神泉示范性渔港	东北侧约 5.5km	
9	广东省惠来县华家海滨度假村游泳场	东侧约 6.9km	
10	粤东液化天然气项目一期工程	东南偏东侧约 8.6km	
11	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程	东南偏东侧约 11.5km	
12	中委 5 万吨级锚地	东南侧约 6.1km	
13	海甲航道	南侧约 10.9km	
14	揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程	西北侧约 0.07km，东北侧约 0.2km	已批未建项目
15	揭阳港惠来沿海港区南海作业区液体散货码头工程	紧邻	
16	揭阳港惠来沿海港区南海作业区 LPG 码头工程	紧邻	
17	揭阳港惠来沿海港区南海作业区疏浚用海	东北侧 0.07km，东南侧约 0.08km	

5.1.3 海域使用权属现状

根据收集到的资料，本项目附近海域已确权且海域使用权证仍在有效期的用海项目共有 11 宗。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

现状本项目所在海域附近的开发利用活动主要为码头、航道、锚地、海洋放流管、天然气项目、重油加工工程、游泳场等。

5.2.1 对中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程的影响分析

中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程用海主要包括龙江河口西侧的围填海、码头工程、航道工程和西拦沙堤。

本项目建设对所在海域的水文动力环境影响主要集中在项目邻近区域，附近海床产生明显的冲淤影响，也不会对中委广东石化项目产品码头和航道产生明显的冲淤影响。

本工程与中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程的最近距离约为 0.8km，本工程的施工作业船舶基本在施工作业水域内活动，只要船只保持正规瞭望，相互沟通，按章避让，两者的通航安全互相影响不大，对西侧中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程基本没有影响。

5.2.2 对揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程的影响分析

揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程已于 2022 年 7 月完成竣工环保验收。本项目与揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程的最近距离约为 0.5km，本项目已施工部分未对揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程产生影响，本项目待施工工程的作业船舶主要在作业水域施工，与揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程有一定距离，且大南海石化工业区海洋放流管工程设计、施工前，已加大管道埋深，管道顶高程定位为-25.2m，正常情况下，本项目进出船舶不会对其管道产生影响，但本项目仍应采取禁止在揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程保护范围内进行抛锚等作业，以确保整个施工过程均不会对其产生影响。

5.2.3 对锚地的影响分析

本项目附近规划有中委 5 千吨级锚地、中委 5 万吨级锚地，现状有澳角锚地，本项目与前述锚地的距离均在 2.2km 以上，距离较远，不存在海域使用权属冲突，本工程施工作业船舶只在施工作业水域活动，因此，本项目基本不会对附近的锚地产生影响。

5.2.4 对航道的影响分析

本项目紧邻 2#港池的揭阳港大南海东岸公共进港航道工程，根据了解，本项目已施工部分未对揭阳港大南海东岸公共进港航道工程的施工建设产生影响。而由于本项目的施工单位、建设单位与揭阳港大南海东岸公共进港航道工程的施工单位均相同，经内部沟通协商，本项目待建防波堤与揭阳港大南海东岸公共进港航道工程将采取错开施工的方式避免相互之间的施工影响，因此，本项目的实施基本不会对揭阳港大南海东岸公共进港航道工程产生影响。

此外，本项目附近现状有神泉港进港航道、海甲航道，本项目与前述航道不存在交越，且本项目所使用的材料主要采用陆上运输，施工作业船舶只在施工作业水域活动，与前述航道的距离较远，因此，本项目不会对附近的神泉港进港航道、海甲航道产生影响。

5.2.6 对惠来县神泉示范性渔港的影响分析

本项目东北侧约 5.5km 处有惠来县神泉示范性渔港，停泊有大量渔船。广东沿海禁渔期从 2022 年 3 月 1 日至 6 月 30 日，共 4 各月，禁渔期间渔船回港停泊，禁渔期结束后渔船往来于神泉港与渔场之间，有少量渔船可能经过本项目附近水域，本项目所使用的材料主要采用陆上运输，施工作业船舶只在施工作业水域活动，无需经过渔港，不会渔港的通航环境及安全造成一定的影响。同时，本项目建成后，也拟设置灯桩对过往渔船等进行警示，避免附近渔港渔船误入本项目区。经采取措施后，本项目基本不会对附近惠来县神泉示范性渔港产生影响。

5.2.7 对广东省惠来县华家海滨度假村游泳场的影响分析

本项目东侧约 6.9km 有广东省惠来县华家海滨度假村游泳场，由数值模拟结果可知（见图 5.2.7-1），本项目施工过程中产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的最大包络线不会扩散至项目附近的广东省惠来县华家海滨度假村游泳场，不会对其游泳场水质产生影响。

5.2.8 对粤东液化天然气项目一期工程的影响分析

本项目东南偏东侧约 8.6km 有粤东液化天然气项目一期工程，本项目与该液化天然气项目的距离较远，与其不存在海域使用权属冲突，不会对该项目产生影响。

5.2.9 对码头的影响分析

本项目所在的 2#港池内已确权的码头有揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程、揭阳港惠来沿海港区南海作业区液体散货码头工程、揭阳港惠来沿海港区南海作业区 LPG 码头工程，目前前述码头虽已批，但均未开始正式施工建设，因为，本项目已施工部分未对前述码头产生影响。而由于本项目先批、先建于前述码头，前述码头海域使用论证时，已将本项目建设单位列为其利益相关者，前述码头在正式施工前，其建设单位将与本项目建设单位-大南海石化工业区管委会进行充分沟通、协调，合理安排施工顺序、精心组织施工，确保整个工程的施工安全和施工进度；及时将其施工情况和计划告知本项目建设单位，认真落实各项安全保障措施，在当地海事部门的指导下制定有效的安全保障制度，统筹安排进出港船只的航行时间，尽可能减小前述码头施工对本项目施工船舶及防波堤的影响。同时，前述码头建设单位将严格落实其通航安全技术论证报告中提出的安全保障措施和建议，严格控制施工船舶的活动范围，注意航行避让。在安全建设施工和安全运营的前提下，本项目与前述码头的相互影响较小。

5.2.10 对中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的影响分析

本项目西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的用海范围大部分重叠，由于其用海方式与本项目相同，且本项目实施后，该项目已于实施的必要，因此，该项目的用海已于 2017 年 8 月 10 日经《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》（国海管字[2017]371 号）同意，转让给揭阳大南海石化工业区管理委员会用于建设本项目防波堤，并已于 2017 年 9 月 11 日取得不动产权证书国（2017）海不动产权第 0000042 号。因此，该项目的用海实际已为本项目所用，且已完成了相关转让和确权手续，本项目不会对该用海项目产生影响。

5.2.11 对龙江河防洪纳潮影响分析

本节主要引用《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程防洪评价报告（报批稿）》（广东省水利电力勘测设计研究院，2015年10月）中的相关内容进行评价。

5.2.11.1 项目建设对河道泄洪影响分析

根据《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程防洪评价报告（报批稿）》（广东省水利电力勘测设计研究院，2015年10月）的计算结果，现状龙江河 P=5%、10%洪水条件下，工程建设后龙江河内水位无变化。因此，可以认为项目建设对现状龙江河汛期行洪没有影响。

赤吟水闸枢纽建设后，赤吟橡胶坝及邦庄拦河闸的联合调度排洪。远期水闸运行和调度方式：当上游来流量 $Q \leq 960 \text{m}^3/\text{s}$ 时，赤吟橡胶坝充起挡水，打开邦庄拦河水闸，维持上游正常蓄水位；当上游来流量 Q 为： $960 \text{m}^3/\text{s} < Q \leq 2662 \text{m}^3/\text{s}$ (P=10%) 时，邦庄拦河闸 5 孔全开泄洪，其余洪水从赤吟橡胶坝下泄；当上游来流量 Q 为： $2662 \text{m}^3/\text{s}$ (P=10%) $< Q \leq 4885 \text{m}^3/\text{s}$ (P=1%) 时，赤吟橡胶坝全部塌落、拦河闸全部开启泄洪。

计算结果表明，赤吟水闸建设后龙江河 P=1%洪水条件下，工程建设后龙江河内水位无变化；赤吟水闸挡水龙江河无下泄流量时，工程后龙江河赤吟水闸下游河道水位壅高，壅高最大值 0.007m。

因此，可以认为项目建设对赤吟水闸建设后龙江河行洪没有影响。本工程施工主要分为东防波堤、西防波堤、东防波堤堤头三大部分分别进行。其中最靠近龙江河口的是西防波堤。防波堤基础及堤身的施工采用堤心石由自卸车由陆地向外海推进，逐步运至施工地点抛填，不需设置围堰；施工地点位于龙江河口东侧海岸，在河道的岸线控制线以外，不占用河道内面积。

5.2.11.2 项目建设对河势稳定影响分析

在各频率洪水条件，防波堤建设后对龙江河道内的水流流向基本没有影响；在赤吟水闸挡水无下泄流时，涨落潮河道内水流流向略有偏转，但没有形成对河岸冲顶的水流；流态变化仅局限在项目所在河道附近水域，影响范围有限。

从流速变化分析结果可知，工程建设后，受防波堤束流的影响，流速增加较大的区域主要位于河口外两防波堤间，及拟建防波堤外东南角和西南角堤头转弯处；龙江河道内基本无流速变化，对河岸基本无冲顶影响；项目建设引起的流速变化主要存在于项目

东、西、南侧约 3km 局部海域，影响范围有限。

从水动力轴线变化分析结果可知：拟建工程建成后，龙江河内主槽水流动力轴线基本没有变化，不致对河口以上河段的水动力变化产生影响；龙江河口以下受新建防波堤的阻流导流影响，主槽水流动力轴线向右（西南）偏移，水动力轴线将移至与防波堤平行。

从滩槽和岸线变化分析结果可知：口门处的滩槽格局将发生一定的变化。防波堤建设后，将阻断海岸自东向西的沿岸流速和输沙，由于减少沙源，河口外拦门沙嘴将不再自东向西发育壮大，河口外两侧防波堤间流速以增大为主，河口外拦门沙体冲刷，在洪水期将有利于现状拦门沙嘴向河口下游外海移动扩散。在枯水期或汛期来水量不大的时候，防波堤与石化码头之间水域流速减小，龙江河至河口延伸段河段水域存在淤积的可能。工程建设后两侧防波堤形成新的喇叭形河口，岸滩横向输沙在此将淤积加高。

综上所述，本工程对龙江河口以上河段的河势基本没有影响，河口延伸段水动力轴线将移至与防波堤平行，原口门处拦门沙将受到冲刷，向河口下游外海移动，与岸滩横向输沙在新的河口形成淤积。枯水期受流速减小及岸滩输沙的影响，新河口延伸段存在淤积可能。

5.2.11.3 对堤防、护岸影响分析

工程建设后，龙江河道内流速、流态基本无变化，对河岸无水流冲顶，对堤防、护岸安全没有影响。

5.2.11.4 对防汛抢险影响分析

工程位于河口外侧海岸线上，没有占压水利设施。距离龙江河现有海堤最下端尚有 136m，距离西港海堤最近处尚有 1.87km，本项目防波堤不涉及现有防护堤。工程建设范围内没有堤围和防汛抢险道路，工程建设对防汛抢险没有影响。

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直接利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

本项目与西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的用海范围大部分重叠，该项目为本项目的利益相关者。本项目虽与揭阳港大

南海东岸公共进港航道工程紧邻，但本项目对其可能产生的影响较小，且该项目的建设单位与本项目建设单位为同一个，因此，本次不将揭阳港大南海东岸公共进港航道工程列为本项目的利益相关者。此外，本项目所在的 2#港池内的揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程、揭阳港惠来沿海港区南海作业区液体散货码头工程、揭阳港惠来沿海港区南海作业区 LPG 码头工程虽与本项目的距离较近，可能与本项目存在相互影响，但前述项目均晚批、晚建于本项目，本项目建设单位为前述项目的利益相关者，前述工程办理用海手续期间已将本项目建设单位列为其利益相关者并征求了意见（见附件 9），因此，本次也不将前述码头的建设单位列为本项目的利益相关者。因此，经界定，本项目的利益相关者为西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）。本项目利益相关者界定分析见表 5.3-1。

本项目所在海域为规划的作业区海域，本项目的施工建设可能会对所在海域的通航环境产生一定的影响，本次将所在海域的海事主管部门列为本项目需协调的部门。此外，本项目的建设也可能对附近龙江河的防洪纳潮环境产生一定的影响，因此，龙江河的水利主管部门-揭阳市水务局也为本项目需协调的部门。

表 5.3-1 利益相关者的分析界定表

编号	附近海域开发活动	海域使用类型	位置/距离 (km)	涉及的用海者或协调责任人	利益相关内容	影响程度	是否为利益相关者	是否为需协调的部门
1	揭阳港大南海东岸公共进港航道工程	航道用海	紧邻/0	***委员会	地通航环境、地形地貌和冲淤环境	小	——	——
2	中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）	其它工业用海	紧邻/0	***委员会	海域使用权属	小	——	——
3	中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程	其它工业用海	西南侧/0.8km	***公司	堤围稳固性、地形地貌和冲淤环境、通航环境	小	是	——
4	揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程	电缆管道用海、其他工业用海	西南侧/0.5km	***委员会	管道安全、地形地貌和冲淤环境	小	是	——
5	中委 5 千吨级锚地	锚地用海	东南侧/2.2km	海事主管部门	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	是	——
6	澳角锚地	锚地用海	东侧/4.5km	海事主管部门	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
7	神泉港进港航道	航道用海	东侧/3.9km	航道及海事主管部门	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
8	惠来县神泉示范性渔港	港口用海	东北侧/5.5km	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
9	广东省惠来县华家海滨度假村游泳场	旅游娱乐用海	东侧/6.9km	***渡假村	海水水质	基本无影响	否	——

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程海域使用补充论证报告书

编号	附近海域开发活动	海域使用类型	位置/距离 (km)	涉及的用海者或协调责任人	利益相关内容	影响程度	是否为利益相关者	是否为需协调的部门
10	粤东液化天然气项目一期工程	其它工业用海	东南偏东侧/8.6km	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
11	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程	港口用海	东南偏东侧/11.5km	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
12	中委 5 万吨级锚地	锚地用海	东南侧/6.1km	海事主管部门	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
13	海甲航道	航道用海	南侧/10.9km	航道及海事主管部门	通航环境、地形地貌和冲淤环境	基本无影响	否	——
14	揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程	港口用海	西北侧/0.07km, 东北侧/0.2km	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境、施工安	小	否	——
15	揭阳港惠来沿海港区南海作业区液体散货码头工程	港口用海	紧邻/0	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境、施工安	小	否	——
16	揭阳港惠来沿海港区南海作业区 LPG 码头工程	港口用海	紧邻/0	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境、施工安	小	否	——
17	揭阳港惠来沿海港区南海作业区疏浚用海	港口用海	东北侧/0.07km, 东南侧/0.08km	***公司	通航环境、地形地貌和冲淤环境、施工安	小	否	——

5.4 相关利益协调分析

5.4.1 与利益相关者的协调分析

本项目与西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的用海范围大部分重叠，由于其用海方式与本项目相同，且本项目实施后，该项目已于实施的必要，因此，该项目的用海已于 2017 年 8 月 10 日经《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》（国海管字[2017]371 号）同意，全部转让给揭阳大南海石化工业区管理委员会用于建设本项目防波堤，并已于 2017 年 9 月 11 日取得不动产权证书国(2017)海不动产权第 0000042 号。

因此，本项目已完成了与西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的相关协调工作。

5.4.2 与相关单位的协调分析

1、与海事主管部门的协调分析

本项目建设单位已委托中交第四航务工程局有限公司、广东省航海学会于 2020 年 3 月编制完成了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程施工通航安全保障方案》，并已于 2015 年 11 月 4 日取得《广东海事局关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程通航安全的意见》（粤海事函[2015]3），广东海事局已明确从通航安全角度看，工程选址较为合理，总平面布置与水域通航环境基本相适应，各项设计通航参数符合相关通航标准的要求，工程建设方案可行。且本项目施工前已办理了水上、水下作业许可，施工时设置相应的施工警示标志，严格采取了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程施工通航安全保障方案》中所提的各项通航保障措施，未对所在海域的通航环境产生明显的不良影响，与海事主管部门可协调。

2、与水利主管部门的协调分析

本项目已委托广东省水利电力勘测设计研究院于 2015 年 10 月编制完成了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程防洪评价报告（报批稿）》，并已于 2015 年 10 月 28 日取得揭阳市水务局《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程建设方案的批复》（揭市水许可[2015]47 号），揭阳市水务局同意本工程的建设方案，同时本项目施工过程中也

严格落实防洪评价报告及其批复的相关要求，未对龙江河的防洪纳潮产生明显的不良影响，与水利主管部门可协调。

5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析

5.5.1 对国防安全和军事活动的影响分析

本项目所使用的海域及周围海域无国防、军事设施和场地，其工程建设、生产经营不会对国防产生不利影响。因此，本项目不涉及国防安全问题。

本项目用海不涉及领海基点和国家秘密，对国家海洋权益无碍。

5.5.2 对国家海洋权益的影响分析

本项目用海不涉及领海基点和国家秘密，对国家海洋权益无碍。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 国土空间规划符合性分析

6.1.1 与《广东省国土空间规划（2020-2035年）》的符合性分析

《广东省国土空间规划(2020-2035年)》是新时代新起点上深刻把握广东新使命新担当,全面对标习近平总书记的重要讲话和指示批示精神,深入贯彻省委省政府工作部署,围绕落实国家战略要求和实现“一核一带一区”区域发展格局,顺应广东自然地理格局特征和城镇化发展趋势,着力在破解国土空间开发保护突出矛盾和问题过程中推动高质量发展,提出未来十五年内全省国土空间开发保护的总体格局和安排。是一定时期内省域国土空间保护、开发、利用、修复的政策和总纲,是编制省级相关专项规划、市县等下位国土空间规划的基本依据,在国土空间规划体系中发挥承上启下、统筹协调作用,具有战略性、协调性、综合性和约束性。

本工程位于揭阳市惠来沿海港区南海作业区龙江河出海口东侧海域,根据《规划》,本项目所在区域属于国土空间开发利用格局“一核两级多支点”中的“两极”,国土空间保护格局“一链两屏多廊道”中的“一链”,根据《规划》中“5.2 节建设世界先进制造业高地”的要求,要优化“一核一带一区”产业空间布局,沿海经济带突出陆海统筹、港产联动,重点保障临海、临港产业集群和重大产业项目空间需求。

本工程位于揭阳市惠来沿海港区南海作业区龙江河出海口东侧海域,为公共码头防波堤工程,本项目的建设是公共港区(2#港池)的基础设施先行工程,可为港区提供良好的作业条件和环境,是促进大南海石化工业园化工项目发展的重要基础条件及关键工程,有助于优化整个揭阳市沿海经济带投资环境及巩固、增强城市区域竞争力,有利于临港产业集群及大南海实业工业园区石化产业的发展,因此,本项目的建设符合《广东省国土空间规划(2020-2035年)》的相关要求。

6.1.2 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性

2017年10月27日发布的《广东省人民政府 国家海洋局关于印发<广东省海岸带综合保护与利用总体规划>的通知》(粤府[2017]120号)中,为了严格海岸线管控和构建海岸带基础空间布局,划定了海域“三线”和海域“三区”。其中海域“三线”分为严格保

护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线等，海域“三区”为海洋生态空间、海洋生物资源利用空间和建设用海空间。

(1) 本项目防波堤的建设需占用自然砂质岸线的总长度约为 95.16m，较原批复的减少了约 11.14m，所占用的自然砂质岸线属于该《规划》中的优化利用岸线。优化利用岸线是针对人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的海岸线划定。优化利用岸线为沿海地区集聚、产业升级和产城融合提供空间，要统筹规划、集中布局确需占用海岸线的建设项目，推动海域资源利用方式向绿色化、生态化转变。提高海岸线利用的生态门槛和产业准入门槛，禁止新增产能严重过剩以及高污染、高耗能、高排放项目用海，重点保障国家重大基础设施、国防工程、重大民生工程和国家重大战略规划用海；优先支持海洋战略性新兴产业、绿色环保产业、循环经济产业发展和海洋特色产业园区建设用海；严格执行建设项目用海面积控制指标等相关技术标准，提高海岸线利用效率。

本项目的的主要作用是为 2#港池提供良好的围蔽条件，改善船舶稳泊条件和港区作业条件，减少码头不可作业天数，以期更安全、更高效地利用港口资源，因此，本项目防波堤的结构断面等设计必须满足相关的防风浪标准，目前所采用的平面布置和结构断面形式是根据《揭阳港大南海东岸公共进港航道及公共码头防波堤工程潮流数学模型试验及泥沙回淤计算》的试验及充分论证后确定的，防波堤的宽度不可再减少，因此，本项目占用海岸线的长度也就不可减少，且目前本项目东防波堤接岸连接陆域部分已建设完成。因此，本项目不可避免的需要占用约 95.16m 的自然砂质岸线，占用岸线的长度不可减少。

本项目所在的南海作业区的功能为以油品、石化产品、LNG、LPG 等能源类货物装卸、存储、中转为重，适当兼顾公共物流服务的专业化作业区，未来发展成为粤东地区和珠三角地区重要的能源储运基地，支持发展临港产业发展。本项目为 2#港池的公共码头防波堤建设项目，是公共港区（2#港池）的基础设施先行工程，可为港区提供良好的作业条件和环境，是促进大南海石化工业园化工项目发展的重要基础条件及关键工程，有助于优化整个揭阳市沿海经济带投资环境及巩固、增强城市区域竞争力，有利于临港产业集群及大南海石化产业园区的发展，且本项目也拟选择一个合适区域开展岸线整治修复，实现岸线占用与修复补偿相平衡。

(2) 本项目位于生产空间（建设用海空间）。生产空间包括以生产为主的城镇空间和农业空间、以港口开发、临海工业为主的建设用海空间、以渔业生产为主的海洋生物资源利用空间。规划生产空间总面积 5.26 万平方千米，占规划范围总面积的 45%。

以工业为主的生产空间**主要保障港口物流**、新能源、先进制造业、海洋生物医药等产业的发展，其中以港口物流为主的生产空间面积 1429.6 平方千米，主要分布在龙穴岛、高栏港、湛江港等；以新能源为主的生产空间面积 2232.8 平方千米，除核电建设外主要为分布在粤东、粤西远海区域的海上风电建设空间；以高端装备制造为主的生产空间面积 267.7 平方千米，主要分布在珠江口西岸、东海岛等。以农业生产为主的生产空间主要包括陆域永久性基本农田、一般农产品发展空间、海洋增养殖空间和海洋捕捞空间。

本项目为 2#港池的公共码头防波堤建设项目，是公共港区（2#港池）的基础设施先行工程，可为港区提供良好的作业条件和环境，有利于保障港口物流发展，发挥沿海港区岸线优势，提高揭阳港区公共服务运输水平和区域竞争力的需要，是适应腹地产业规模化发展，促进揭阳市先进石化产业集群的需要，可为打造珠三角世界级港口群和粤东、粤西港口群提供保障，符合生产空间功能定位要求。

综上，本项目的建设满足海域“三线”和海域“三区”的管控要求，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

6.2 项目用海与海洋功能区划符合性分析

本次补充论证，本项目工程设计方案未发生变化，但本项目施工强度等有所调整，对海洋功能区的影响会有相应有一定的变化，且原海域使用论证报告未分析本项目与《揭阳市海洋功能区划（2015-2020年）》的符合性，因此次重新对本项目与广东省和揭阳市海洋功能区划的符合性进行分析。

6.2.1 与《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目所在的海洋功能区为惠来南部工业与城镇用海区。项目周边海域的海洋功能区主要有田尾山-石碑山农渔业区、神泉特殊利用区、神泉海洋保护区、前瞻港口航运区。

本项目为公共码头防波堤建设项目，是保障港口航运用海需求的体现，位于规划的南海作业区 2#港池四周，为规划建设的 2#港池的防波堤，用海方式为非透水构筑物用海，不会改变所在海洋功能区的基本属性，不影响所在海洋功能区相适宜海域使用类型的发挥。本项目不涉及围填海，根据防洪评价报告中的评价结论，本项目对龙江河口的防洪纳潮功能不会产生明显的不良影响。本项目的建设符合所在海洋功能区的海域使用管理要求。

本项目施工期各类废水均经收集后交由相应资质或有能力的单位拉运处理，同时施工过程也采取了有效的悬沙影响控制措施，后续施工过程也将加强跟踪监测，确保将其影响降至最低，且施工期影响属于暂时性影响，将随着施工期的结束而消失。营运期无污染物的产生与排放，不会对所在海域的海洋环境质量产生影响。因此，综合分析，本项目不会对所在海洋功能区产生明显的不良影响，可满足所在海洋功能区的环境质量要求。

综上，本项目用海符合所在海洋功能区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，对周边海洋功能区影响不大，本项目用海与《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（2012年）相符合。

6.2.2 与《揭阳市海洋功能区划（2015-2020年）》的符合性分析

根据《揭阳市海洋功能区划（2015-2020年）》，本项目所在海洋功能区划为惠来南部工业与城镇用海区（A3-28），工程周边海域的海洋功能区主要为神泉港-港寮湾捕捞区（A1-17-2）、隆江养殖区（A1-17-3）、神泉渔业基础设施区（A1-17-4）、神泉特殊利用区（B7-9）、神泉增殖区（A1-17-5）、神泉海洋自然保护区（B6-33-1）、前詹港口区（A2-26-1）。

本项目为公共码头防波堤建设项目，是保障港口航运用海需求的体现，位于规划的南海作业区 2#港池四周，为规划建设的 2#港池的防波堤，用海方式为非透水构筑物用海，不会改变所在海洋功能区的基本属性，不影响所在海洋功能区相适宜海域使用类型的发挥。本项目不涉及围填海，根据防洪评价报告中的评价结论，本项目对龙江河口的防洪纳潮功能不会产生明显的不良影响。本项目的建设符合所在海洋功能区的海域使用管理要求。

本项目施工期各类废水均经收集后交由相应有资质或有能力的单位拉运处理，同时施工过程也采取了有效的悬沙影响控制措施，后续施工过程也将加强跟踪监测，确保将其影响降至最低，且施工期影响属于暂时性影响，将随着施工期的结束而消失。营运期无污染物的产生与排放，不会对所在海域的海洋环境质量产生影响。因此，综合分析，本项目不会对所在海洋功能区产生明显的不良影响，可满足所在海洋功能区的环境质量要求。

综上，本项目用海符合所在海洋功能区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，对周边海洋功能区影响不大，本项目用海与《揭阳市海洋功能区划（2015-2020年）》相符合。

6.3 与“三区三线”的符合性分析

（1）与生态保护红线的符合性分析

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》（自然资办函[2022]2207号），本项目不位于生态保护红线区内。

（2）项目用海对海洋生态红线的影响分析

本项目附近有东海海岸防护物理防护极重要区（西南侧约 12.5km）、惠来县人工

鱼礁重要渔业资源产卵场（东南侧约 3.0km）、神泉珍稀濒危物种分布区（东南侧约 4.8km）、神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域（东侧约 6.5km）等海洋生态红线区。由于本项目与周边生态保护红线区的距离均较远，由数值模拟结果可知，本项目施工过程中产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的最大包络线不会扩散至项目附近的海洋生态红线区，不会对附近的海洋生态红线区产生影响。

综合前述分析可知，本项目不位于生态保护红线区内，且本项目不会对附近的生态保护红线区产生影响，因此，本项目与“三区三线”的管控要求不相冲突。

6.4“三线一单”的符合性分析

（1）生态保护红线

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2207号），本项目无需占用生态保护红线，且由预测结果可知，本项目施工过程中产生的悬浮泥沙，不会扩散至项目附近的生态保护红线区，不会对项目周边的生态保护红线区产生影响。符合生态保护红线要求。

（2）环境质量底线

本项目施工期基槽开挖、抛石等施工产生的悬浮泥沙会对项目所在海域的海洋生态、海水水质环境等产生一定的影响，但经采取措施后，可将项目施工期可能产生的海洋环境影响降至最低，且施工期影响是暂时的，将随着施工期的结束而逐渐消失。此外，本项目建成营运后，本项目自身无污染物的产生与排放，不会对所在海域的海洋环境质量产生影响。

综合分析，经采取一定的污染防治措施和生态环境保护措施后，本项目不会对所在海域的海洋环境产生明显的不良影响。因此，本项目基本不会改变所在海域的环境质量，不会影响到所在海域的环境质量底线。

（3）资源利用上线的符合性分析

本项目为公共码头防波堤建设项目，用海面积根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）和本项目的设计及实际建设范围界定，未盲目扩大占用海域资源；也将对占用的自然砂质岸线进行异地修复。且本项目为公共码头防波堤道建设项目，不属于高能耗、高污染项目。因此，本项目也符合资源利用上线的要求。

（4）生态环境准入符合性分析

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于水环境质量超标类重点管控单元。其中**水环境质量超标类重点管控单元**的管控要求为：加强山水林田湖草系统治理，开展江河、湖泊、水库、湿地保护与修复，提升流域生态环境承载力。严格控制耗水量大、污染物排放强度高的行业发展，新建、改建、扩建项目实施重点水污染物减量替代。以城镇生活污染为主的单元，加快推进城镇生活污水有效收集处理，重点完善污水处理设施配套管网建设，加快实施雨污分流改造，推动提升污水处理设施进水水量和浓度，充分发挥污水处理设施治污效能。以农业污染为主的单元，大力推进畜禽养殖生态化转型及水产养殖业绿色发展，实施种植业“肥药双控”，加强畜禽养殖废弃物资源化利用，加快规模化畜禽养殖场粪便污水贮存、处理与利用配套设施建设，强化水产养殖尾水治理。

根据《揭阳市人民政府关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（揭府办〔2021〕25号），本项目位于惠来南部工业与城镇用海区重点管控单元（HY44520020004）。

本项目为揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程，不属于耗水量大、污染物排放强度高的行业，不涉及畜禽养殖及海洋捕捞，不属于“两高一资”产业。本项目用海面积严格根据《海籍调查规》（HY/T 124-2009）和设计方案界定，未盲目扩大占用海域资源。本项目施工期产生的各类污废水均未直接排入海；营运期，本项目自身无污染物的产生与排放。此外，本项目潜在的环境风险主要为溢油环境风险，项目拟采取一定的溢油风险防范措施，配备相应的环境风险应急设备及器材，同时编制环境风险应急预案，以防范本项目可能潜在的环境风险。

此外，本项目也不属于《市场准入负面清单（2022年本）》中所列负面清单项目，不属于市场禁止准入项目，综合分析，本项目的建设符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》和《揭阳市人民政府关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（揭府办〔2021〕25号）的要求。

6.5 项目用海与相关规划符合性分析

6.5.1 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性

2017年12月，广东省人民政府正式批复《广东省海洋主体功能区规划》，海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。

本项目位于重点开发区域（图 6.5.1-1）。根据《广东省海洋主体功能区规划》，重点开发区域发展方向及布局：重点培育茂名滨海新区、阳江江城区、汕尾市城区、深汕特别合作区、揭阳大南海石化工业区、潮州港经济区等功能节点，形成区域海洋经济发展的新极核。大力发展高端临海制造、石化、钢铁等产业发展。推进茂名市临海石化工业区、博贺新港临海工业基地、阳江高新技术产业开发区、深汕特别合作区、潮州港经济区、揭阳大南海石化工业区建设。促进各地市生物医药产业、海水淡化和综合利用等海洋新兴产业建设和发展。加强专用码头资源整合，优先发展公用码头，推进我省沿海港口集约化、现代化发展，提升港口与腹地交通联系，大力发展临港产业，构建以珠三角港口群为主体、粤东和粤西港口群为两翼，分工合理的集群化港口发展格局。加强沿海港口进港航道、防波堤、公共锚地等公共基础设施建设，完善海上助航安全配套设施，建设安全、便捷的海上运输通道。

本项目为揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程，属于沿海港口防波堤建设项目，是公共港区（2#港池）的基础设施先行工程，可为港区提供良好的作业条件和环境，是促进大南海石化工业园化工项目发展的重要基础条件及关键工程，有助于优化整个揭阳市沿海经济带投资环境及巩固、增强城市区域竞争力，有利于临港产业集群及大南海石化产业园区的发展，因此，本项目的建设符合《广东省海洋主体功能区规划》是相符的。

6.5.2 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

根据《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，要深化船舶水污染治理。严格落实《广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案》，完善船舶水污染物收集处理设施，提高港口接收转运能力，补足市政污水管网与码头连接线。完善船舶水污染物联合监管制度，建设广东省船舶水污染物监管平台，全过程监督污染物的产生、接收、转运和处置。严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》，限期淘汰水污染物排放不达标且不能整改的船舶，严厉打击船舶向水体超标排放污染物行为。强化修造船厂的船舶水污染物管理，规范船舶水上拆解，禁止冲滩拆解。推进渔民减船转产和渔船更新改造。

本项目为公共码头防波堤建设项目，本项目建成后，项目自身无污废水等污染物的产生与排放，而施工作业船舶产生的废水已严格落实《广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案》、《船舶水污染物排放控制标准》的要求，未向本项目所在海域排放任何污染物。因此，本项目的建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

6.5.3 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出发挥地缘优势，围绕国家重点项目建设，加强与沿线国家基础设施规划、技术标准体系的对接。构建内接周边省区和内陆腹地、外联沿线国家和地区的综合交通体系，着力提升国际海港枢纽功能。积极谋划“丝路海运”，推进沿海主要港口与“一带一路”沿线国家和地区重要港口合作，提高集装箱班轮运输国际竞争力，加强与中欧班列、西部陆海新通道等高效衔接。加强空中丝绸之路建设，提升以骨干机场为重点的国际航空枢纽能力。坚持市场化、多元化发展，加大中欧班列品牌和信息化建设。推进数字丝绸之路务实合作，加快信息基础设施互联互通建设，推进空间信息走廊建设与应用。

本项目为公共码头防波堤建设项目，本项目建成后可为港区提供良好的作业条件和环境，是促进大南海石化工业园化工项目发展的重要基础条件及关键工程，有利于保障港口物流发展，发挥沿海港区岸线优势，提高揭阳港区公共服务运输水平和区域竞争力的需要，是适应腹地产业规模化发展，促进揭阳市先进石化产业集群的需要，

可为打造珠三角世界级港口群和粤东、粤西港口群提供保障，有利于构建内接周边省区和内陆腹地、外联沿线国家和地区的综合交通体系，因此，本项目的建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》是相符的。

6.5.4 与《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性

《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出要推进港口建设。优化揭阳港功能布局和码头整合升级，加快建设中石油配套码头和国电投前詹码头工程，推动建设中石油广东揭阳 LNG 项目配套码头、南海作业区 2 号港池、原油商业储备库配套 30 万吨码头工程，推动揭阳港对接融入粤港澳大湾区世界级港口群，形成亿吨级港口群。加快推进大南海工业区功能整合建设，以发展能源、原材料运输为主，拓展石油产业链的中下游产品水运业务，适度发展公共物流码头，打造成为广东沿海地区性重要港口和大型工业港。推进榕江港区、惠来港区等港口基础设施建设，适时推进航道扩能升级项目，改善水运条件。以榕江航道及进港航道整治为契机，整合提升揭阳港榕江港区公共服务能力。依托港区规划建设游轮停靠港，争取开通连接粤港澳大湾区、厦门和台湾的水上航线，发展沿海港域之间的海上“穿梭巴士”。推动游艇码头建设，发展水上娱乐客运，开展定制化游艇出行服务。完善海铁联运配套设施，推进铁路专用线直达港口堆场、码头，促进海铁联运发展，促进港口物流、临港产业及港区后方陆域配套协同发展。

本项目为公共码头防波堤建设项目，本项目建成后可为港区提供良好的作业条件和环境，可改善所在海域的水运条件，促进港口物流、临港产业的发展，促进揭阳市先进石化产业集群的发展，为打造珠三角世界级港口群和粤东、粤西港口群提供保障，有利于构建内接周边省区和内陆腹地、外联沿线国家和地区的综合交通体系，因此，本项目的建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》是相符的。

6.5.5 与《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》的相符性分析

根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》，2#港池的防波堤采用双环抱式防波堤，防波堤口门朝南向，位于-10m 水深处，口门有效宽度为 290m。

本项目为揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程，位于揭阳港惠来沿海港区南海作业区中规划的 2#港池规划的防波堤的位置，主要服务于揭阳港惠来沿海港区南海作业区 2#港池，其选址及平面布置与规划方案基本一致，因此，本项目的建设基本符合《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》的规划要求。

6.5.6 与《揭阳港总体规划（2035 年）》的符合性分析

根据《揭阳港总体规划（2035 年）》，南海作业区主要为大南海石化产业服务，以油品、石化产品等能源类货物运输为主，兼顾部分散杂货、汽车滚装和集装箱运输，大力发展公共物流服务。

规划南海作业区到 2025 年建成生产性泊位 21 个（1#港池 1#-10#和 17#共 11 个泊位、西栈桥 18#-21#共 4 个泊位、2#港池 33#-38#共 6 个泊位），其中多用途泊位 3 个，通用泊位 3 个，LNG 泊位 1 个，液体散货泊位 14 个，年通过能力约 5000 万吨；规划到 2035 年建成全部 40 个生产性泊位和 8 个支持保障泊位。2#港池规划有东西防波堤。

本项目为揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程，位于《揭阳港总体规划（2035 年）》规划的 2#港池规划的防波堤的位置，主要服务于揭阳港惠来沿海港区南海作业区 2#港池，其选址及平面布置与规划方案基本一致。且本项目的建设可为港区提供良好的作业条件和环境，有利于 2#港池内规划泊位的建设。因此，本项目的建设符合《揭阳港总体规划（2035 年）》的规划要求。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

本次补充论证,本项目的选址未发生变化,且目前已完成了大部分防波堤的建设,原海域使用论证报告已对本项目的选址合理性进行了详细的论述分析,本次不再赘述,根据其分析结果,本项目选址区位和社会条件适宜,外部协作条件较好,地形地貌及土层相对稳定,地质构造相对简单,所在区域地质条件可以满足项目建设要求;水动力条件适宜,地形地貌与冲淤环境条件适宜;选址区域内无典型的海洋生态系统,非主要经济鱼类集中分布区、非重要经济鱼类的洄游路线、索饵场、产卵场或育幼场所等,与海洋保护区的距离较远,经采取措施后,对生态环境影响较小,生态环境适宜;本项目用海存在一定的风险,但发生机率很小,且在严格执行相关风险防范措施的前提下,项目发生潜在的、重大的安全和环境风险几率很低;虽然本项目西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程(产品码头-东拦沙堤)的用海范围大部分重叠,但该项目的用海实际已为本项目所用,且已完成了相关转让和确权手续,本项目选址不存在海域使用权属冲突。因此,综合分析,本项目的选址具有合理性。

7.2 用海平面布置的合理性分析

本次补充论证,本项目的平面布置未发生变化,且目前已完成了大部分防波堤的建设,因为,本项目的平面布置方案具有唯一性,不进行比选分析,本次补充论证将从是否体现集约、节约用海,能否最大程度地减小对水文动力环境、冲淤环境的影响,是否有利于生态和环境保护、是否与周边其他开发利用项目向适应等方面分析本项目的用海平面布置合理性。

7.2.1 是否体现集约、节约用海的原则

用海范围内布置了长度 5305 米的防波堤。其中东防波堤长 3481m,西防波堤长 1824m。

防波堤的布置主要依据其围蔽的水域的港池、码头的规模和数量确定。其布置的合理性也从这个角度进行分析。本项目防波堤围蔽范围为南海作业区 2#港池。根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》,2#港池规划液体散货泊位码头岸

线 4087m，规划多用途泊位码头岸线 1040m，规划通用泊位码头岸线 300m。顺岸岸线为 1 个 7 万吨级通用泊位岸线和 3 个 5 千~7 万吨级多用途泊位岸线，规划货种为散货、件杂货、滚装船和集装箱，满足港口物流发展需求。西防波堤内侧规划 4 个泊位，其中防波堤根部内侧规划 1 个 5 万吨级液化气泊位，海侧规划 3 个 5 千~5 万吨级液体散货泊位（规划岸线长度按 5 万吨级液体散货泊位计算，可兼顾 4 个 5 千吨级液体散货泊位），东防波堤内侧规划 8 个 5 千~5 万吨级液体散货泊位（规划岸线长度按 5 万吨级液体散货泊位计算，可兼顾 13 个 5 千吨级液体散货泊位），南防波堤内侧规划 2 个 5 万~10 万吨级液体散货泊位和 1 个 5 千~5 万吨级液体散货泊位（南防波堤内侧规划岸线长度可兼顾 4 个 5 千吨级液体散货泊位）。西防波堤内侧规划工作船泊位 174m，可与液体散货泊位协调使用，2#港池泊位规模和数量见表 7.2-1。

表7.2-1 2#港池泊位建设规划指标表

项目		形成码头岸线 (m)		可建泊位数量 (个)		通过能力 (万吨)
所在位置	岸线用途	小计	其中:深水岸线	小计	其中:深水泊位	
2#港池	液体散货泊位	4087	4087	15(23)	15	3180
	多用途泊位	1040	1040	3	3	750
	通用泊位	300	300	1	1	800
	支持系统泊位 (与液体散货泊位协调使用)	174	0	1	0	-
	合计	5601	5427	20	19	4730

项目所在 2#港池规划的码头、港池的尺度均在码头规模和数量的基础上，按相关规范设计。沿防波堤方向的东、西和南面三侧均布置了码头泊位，多船共用回旋水域，可见防波堤围蔽范围内码头和港池布置是体现了集约和节约用海原则的。因此，本项目作为 2#港池的围蔽防波堤，防波堤的设计也是体现了集约和节约用海原则的。

7.2.2 能否最大程度地减小对水文动力环境、冲淤环境的影响

根据数模预测成果，防波堤内及防波堤外距离防波堤很近的局部水域内，水文动力和冲淤环境有一定程度的改变。但工程的建设，对于龙江河口泥沙输移和中委项目产品码头防波堤的堤防安全，是有利的。此外工程西防波堤与龙江河口有一定距离，两堤（中委产品码头防波堤和本项目西防波堤）之间通道足够大，对龙江河的泄洪无不利影响。对神泉湾距离项目较远区域的水文动力和冲淤环境影响很小。可见，防波堤在满足工程需要的同时，最大程度地减少对水文动力和冲淤环境的影响。

7.2.3 是否有利于生态和环境保护

作为公共码头的防波堤，本工程东、西两条防波堤布置走向按照港口规划实施。工程西防波堤与河口保持一定距离。防波堤口门为西南向，宽 290m，在保证防波堤内港区安全的同时，可有效减小港区泥沙回淤速度，减小港区维护性疏浚的频率，从而减少对生态和环境保护的影响。因此，总体而言，项目的平面布置是有利于生态和环境保护的。

7.2.4 是否与周边其他用海活动相适应

虽然本项目西防波堤与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的用海范围大部分重叠，但该项目的用海实际已为本项目所用，且已完成了相关转让和确权手续，本项目选址不存在海域使用权属冲突。因此，本项目与周边其他开发用活动相适应。

7.2.5 小结

综合分析，本项目的平面布置是按照港区规划设计的，满足港区建设要求，体现了集约、节约用海的原则，对所在海域的水动力环境、冲淤环境影响较小，有利于减小对生态和环境的影响，因此，本项目的平面布置具有合理性。

7.3 用海方式合理性分析

防波堤作用是对港口进行围蔽和保护，为防波堤内港口的作业安全和码头船只的停泊安全提供有力保障，其功能决定了必须阻断或降低不良水文情势和泥沙运动对港区的影响。由于工程区的波浪条件限制，为了稳泊需要，非透水式的防波堤建设是必要且唯一的，无法用透水式构筑物替代，因此，本项目用海方式具有唯一性，为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式）。

7.3.1 是否有利于维护海域自然属性和基本功能

本项目所在海域为《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的“惠来南部工业与城镇用海区”，功能类型为“工业与城镇用海”。本项目采用非透水的方式，这种用海方式是防波堤本身的功能要求决定的。防波堤工程对围蔽范围内的水动力环境影响较大，而对围蔽范围外的影响有限。用海方式对于海域的自然属性改变较大，但考

考虑到该海域的功能定位为“工业与城镇用海”，可以认为工程非透水构筑物的用海方式对该海域的这一功能定位并无不利影响。

此外，本工程符合该功能区的海域使用管理要求，经采取措施后，本项目也能够达到该功能区的海洋环境保护要求；因此本项目采用非透水构筑物的用海方式对于维护海域基本功能并无冲突。

7.3.2 能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目的用海方式对海洋生态的影响因素主要是防波堤基槽开挖和堤身填筑。

防波堤基槽开挖和堤身填筑改变了项目所在海域的生态环境，最主要的影响就是工程施工彻底改变项目海域内底栖生物、潮间带生物原有的栖息环境，在堤身填筑作业时填筑物会掩埋作业区的底栖生物，栖息于填筑区内的大部分无游泳能力的底栖生物将被永久性掩埋。在基槽开挖作业时，挖泥船也会对该区域底栖生物及其栖息环境造成严重破坏。另外，施工引起工程区前沿附近海域底质类型的局部改变，对改变区域内的底栖生物种类组成及数量分布也有一定影响。

但由于本项目由于项目防波堤用海面积有限，用海方式为工程性质本身所决定。其影响局限于项目周边，不会影响包括神泉海洋自然保护区等环境敏感区。可以认为其影响可以接受。

但是，对于防波堤的生态影响，建设单位应做好生态补偿工作，降低项目建设产生的负面影响。另外，还应严格防范项目施工和营运期间发生的风险事故对海洋生态和环境保护产生不利影响，防止溢油等安全生产风险事故的发生。

7.3.3 能否最大程度减小对水文动力环境、冲淤环境的影响

就本工程而言，本工程非透水构筑物的用海方式，对隆江河口的泥沙输移运动还有一定有利影响。工程建成后的拦断作用，减缓了隆江河口口门拦门沙的生成速度，减小了中委揭阳项目防波堤提防安全威胁，并对隆江河行洪无不利影响。

因此，项目用海方式较大地尽管改变了工程前的水文动力环境和冲淤环境，但其影响从某些方面而言是有利的。

7.3.4 用海方式的适宜性

综上，本项目防波堤工程出于未来港口船舶稳泊和自身安全性的需要，不得不采取非透水的斜坡式结构，对水动力环境和冲淤环境的影响有一定影响，施工期对海洋生态环境也会产生一定的影响；但本工程建设不会改变海域基本属性和功能，经采取措施，所产生的影响可降至最低。可见，项目的用海方式已经是现有自然环境条件和工程技术条件下的最优方案，项目用海方式合理。

7.4 占用岸线合理性分析

7.4.1 岸线占用不可避免性分析

本项目需占用砂质自然岸线总长度约为 95.16m，其中西防波堤需占用砂质自然岸线约 44.96m，东防波堤需占用砂质自然岸线约 50.20m。所占用岸线位置均为防波堤堤身与陆地连接位，为防波堤本身结构占用，不可避免的会改变所占用的砂质自然岸线、自然形态及生态服务功能。

2021 年 6 月 19 日，《揭阳市人民政府关于揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案的批复》中提出，《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》业经省人民政府同意，由揭阳市交通运输局按程序公布并组织实施。该规划提出，2#港池的防波堤采用双环抱式防波堤，本项目即为 2#港池的防波堤，项目的建设需遵循规划设计，而 2#港池所在海域范围内的海岸线均为砂质自然岸线，因此，本项目作为公共港区（2#港池）的基础设施先行工程，为了能形成良好的围蔽作用，所建设的防波堤必须与陆地连接，而与陆地连接就不可避免的需要占用自然砂质岸线，且本项目东防波堤与陆地连接位置已建设完成，已完成了对岸线的占用。

7.4.2 占用岸线的合理性分析

本项目虽需占用约 95.16m 的自然砂质岸线，但所占用的岸线长度较短，且根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》，本项目所服务的 2#港池建成后将形成约 5601m 的海岸线，相当于本项目围蔽的 2#港池所需占用的自然岸线的约 3 倍，岸线利用率高，符合节约利用岸线资源要求。此外，本项目也拟根据《海岸线占补实施办法（试行）》（广东省自然资源厅，2021 年 7 月）等相关要求，落实海岸线占补，在切实采取岸线占补修复措施后，本项目岸线占用是合理的。

7.4.3 减少占用岸线长度的合理性

本项目的的主要作用是为 2#港池提供良好的围蔽条件，改善船舶稳泊条件和港区作业条件，减少码头不可作业天数，以期更安全、更高效地利用港口资源，因此，本项目防波堤的结构断面等设计必须满足相关的防风浪标准，目前所采用的平面布置和结构断面形式是根据《揭阳港大南海东岸公共进港航道及公共码头防波堤工程潮流数学模型试验及泥沙回淤计算》的试验及充分论证后确定的，防波堤的宽度不可再减少，因此，本项目占用海岸线的长度也就不可减少，且目前本项目东防波堤接岸连接陆域部分已建设完成。

7.5 用海面积的合理性分析

本次补充论证，本项目申请用海总面积为 46.7263 公顷，共包括 3 个用海单元，各用海单元的用海面积情况统计见表 7.5-1 所示。

表 7.5-1 本项目用海面积情况统计一览表

序号	用海单元	用海方式	界址线	面积 (公顷)
1	防波堤一	非透水构筑物用海	1-2-3-...-30-31-1	34.6557
2	防波堤二	非透水构筑物用海	54-55-56-57-58-59-60-61-54	0.8614
3	防波堤三	非透水构筑物用海	32-33-34-...-30-31-1	11.2082
合计				46.7253

7.5.1 是否满足项目用海需求

防波堤的布置主要依据其围蔽的水域的港池、码头的规模和数量确定，本项目防波堤围蔽范围为南海作业区 2#港池，平面布置根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业

区规划调整方案》的要求和《揭阳港大南海东岸公共进港航道及公共码头防波堤工程潮流数学模型试验及泥沙回淤计算》的试验、论证结果确定；防波堤的结构断面及宽度主要根据《防波堤与护岸设计规范》（JTS154-2018）等相关文件的要求确定，而本项目的用海是根据本项目防波堤及其防护设施的水下外缘线为界界定的，满足规划要求，满足本项目的用海需求。

7.5.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

1、与《建设项目用海面积控制指标（试行）》的符合性分析

本项目用海方式为非透水构筑物用海，不涉及围填海，因此不针对项目与《建设项目用海面积控制指标（试行）》的符合性作进一步的分析。

2、与《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的符合性

本项目的用海方式为非透水构筑物，根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），堤坝等非透水构筑物用海，以非透水构筑物(含基床)及其防护设施的水下外缘线为界。本项目用海范围界定向陆一侧以 2022 年批复海岸线为界，向海一侧为以防波堤及坡底块石抛填范围的水下外缘线为界，由此量算出来扣除了与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）重叠部分的面积后的总面积为 46.7253 公顷，其面积的界定符合《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求。

综合前述分析，本项目用海范围均按《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求界定，符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）的要求。

7.5.4 用海面积量算

7.5.4.1 项目海域使用测量说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009）、《海籍调查规范》、《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018），广东三海环保科技有限公司负责进行本工程海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44506995，本项目测量人员和绘图人员为邓兴明，审核人员为庄铎。

（2）执行的技术标准

《海域使用管理技术规范（试行）》，国家海洋局，2001；

《海域使用面积测量规范》（HY/T 070-2022）；

- 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；
 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；
 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）。

7.5.4.2 宗海界址线及界址点的确定

本项目宗海界址线依据防波堤的防护设施水下外缘线、2022 年省政府批复海岸线、中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）批复用海范围线确定，宗海界址点依据防护设施水下外缘线折点、与海岸线的交点、与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）批复用海范围线确定，各用海单元的宗海界址线及界址点的确定情况统计见表 7.5-2 所示。

表 7.5-2 本项目宗海界址线及其界址点确定依据统计一览表

用海单元	界址线范围	界址线	界址线确定依据	界址点确定依据	
防波堤一	1-2-3-...-30-31-1	15-16-17	2022 年批复海岸线	防波堤及防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线与 2022 年省政府批复海岸线的折点	
		1-2-3-...-13-14-15	防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线	1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14	防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线折点
		15		防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线与 2022 年省政府批复海岸线的折点	
		17			
17-18-19-...-29-30-31	18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31	防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线折点			
防波堤二	54-55-56-57-58-59-60-61-54	57-58-59	2022 年批复海岸线	防波堤及防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线与 2022 年省政府批复海岸线的折点	
		54-55-56-57	防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线	54、55、56	本项目防波堤及防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）批复用海范围线的交点
		59-60-61-54		57	防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘线与 2022 年省政府批复海岸线的折点
59					
防波堤三	32-33-34-...-41-42-43	32-33-34-...-41-42-43	防波堤的防护设施（坡底	32、33、34、35、36、37、38、39、	防波堤的防护设施（坡底块石抛填）水下外缘

用海单元	界址线范围	界址线	界址线确定依据	界址点确定依据	
	-31-1		块石抛填)水下外缘线	40、41、42	线折点
				43	
		43-44-45-46-47-48-49	中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程(产品码头-东拦沙堤)批复用海范围线	44、45、46、47、48、49	本项目防波堤及防护设施(坡底块石抛填)水下外缘线与中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程(产品码头-东拦沙堤)批复用海范围线的交点
		50、51、52、53	防波堤的防护设施(坡底块石抛填)水下外缘线折点		

7.5.4.3 宗海图的绘制方法

本项目的宗海图绘制严格按照《海籍调查规范》(HY/T 124-2009)和《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)的规定执行,宗海图的绘制采用 AutoCAD2012 和 ArcGIS10.8 相结合的方式。

(1) 宗海位置图的绘制方法:

宗海位置图采用中国人民解放军海军海道测量局 2017 年 8 月出版、图号为 15440 的海图,图式采用 GB12319-1998,2000 国家大地坐标系,深度.....米.....理论最低潮面,高程.....米.....1985 年国家高程基准,比例尺为 1:150 000(22°28')。

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》(HY/T 124-2009)上要求的其他海籍要素,形成宗海位置图,本项目宗海位置图见图 7.5-1。

(2) 宗海界址图的绘制方法:

综合前文界定的各用海单元范围以及收集到的海洋开发活动等相邻宗海信息,利用数字化矢量地形图作为宗海界址图的底图数据,使用 ArcGIS 依据规范对宗海和宗海内部单元的界定原则,形成不同用海单元的界址范围,并辅以必要的文字说明,本项目主体工程宗海界址图见图 7.5-2。

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程宗海位置图

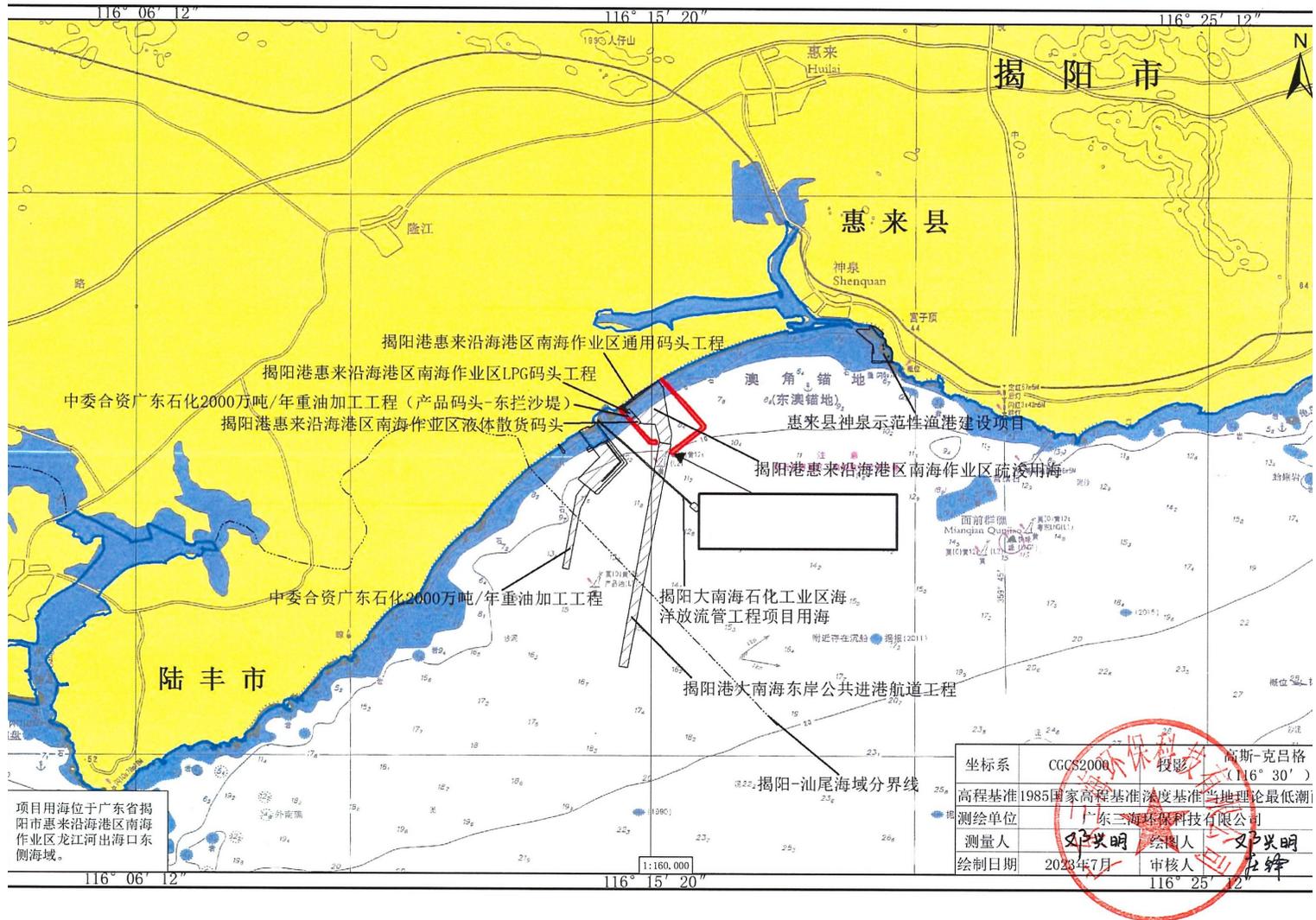


图 7.5-1 本项目宗海位置图

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程宗海界址图

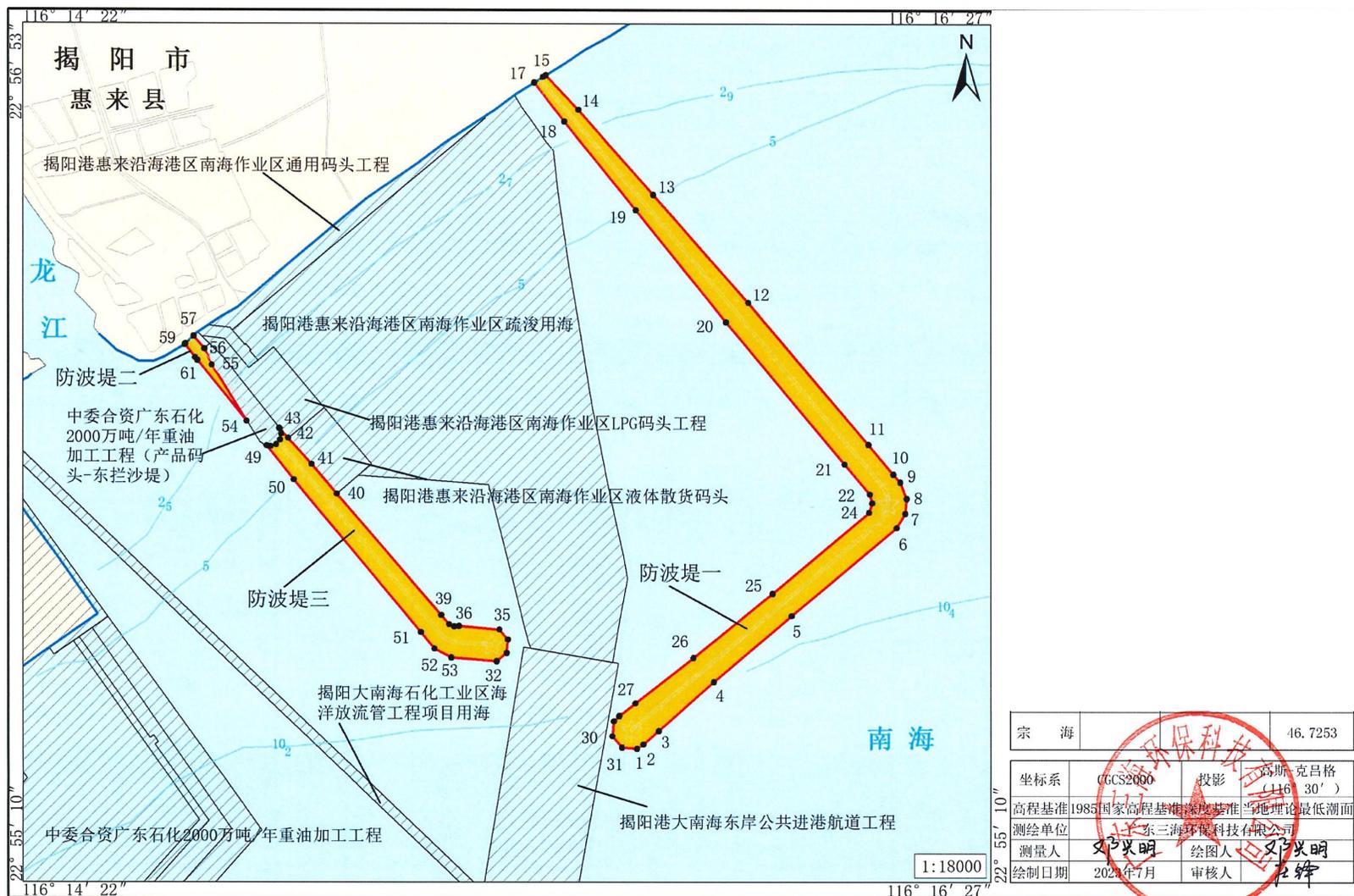


图 7.5-2 本项目宗海界址图

7.5.4.4 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

宗海界址点在 AutoCAD 2012 的软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标,高斯投影平面坐标转化为大地坐标(经纬度)即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系,利用相关测量专业的坐标换算软件,输入必要的转换条件,自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、116°30'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标,本项目宗海界址点坐标见表 7.5-3 所示。

高斯投影反算公式:

$$l = \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{6} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{120} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

$$B = B_f - \frac{t_f}{2M_f} y \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{12} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{360} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

表 7.5-3 本项目宗海界址点坐标

(2) 宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用已有的各点平面坐标计算面积，借助 ArcGIS 10.8 的软件计算功能直接求得用海面积。

(3) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）及本项目用海的实际用海情况界定，本项目的海域使用类型为交通运输用海（一级类）中的港口用海（二级类），共有 3 个用海单元，拟申请用海总面积为 46.7253 公顷，各用海单元的用海面积计算结果见表 7.5-4 所示。

表 7.5-4 本项目用海面积情况统计一览表

序号	用海单元	用海方式	界址线	面积 (公顷)
1	防波堤一	非透水构筑物用海	1-2-3-...-30-31-1	34.6557
2	防波堤二	非透水构筑物用海	54-55-56-57-58-59-60-61-54	0.8614
3	防波堤三	非透水构筑物用海	32-33-34-...-30-31-1	11.2082
合计				46.7253

7.5.5 减少项目用海面积的可能性分析

由用海面积合理性分析可知，项目用海面积是经过严格的科学论证的，已体现了集约、节约用海的理念，也体现了海洋环保和可持续发展的理念。根据本项目的设计方案，界定本项目的用海面积为 46.7253 公顷，前述用海面积均按《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求界定，同时已扣除了与广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）批复用海范围重叠的部分，不可再减少用海面积。

综合分析，本项目无减少用海面积的可能性。

7.6 用海期限合理性分析

根据本项目取得的《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》（粤海渔函[2017]1293 号）和《中华人民共和国不动产权证书》（粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000547 号、粤（2020）惠来县不动产权第 0000548 号），本项目批复用海期限为 40 年（2017 年 11 月 17 日起 2057 年 11 月

17 日止），本次补充论证，本项目申请用海期限仍与原批复的海域使用期限一致，即本次补充论证申请的用海期限终止日期也为 2057 年 11 月 17 日。本项目用海期限符合《中华人民共和国海域使用管理法》，同时也符合项目的实际需求，因此，本项目申请的用海期限是合理的。

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 水污染防治对策

(1) 陆域施工人员生活污水：陆域施工人员产生的生活污水在施工营地区设置临时化粪池，经化粪池预处理后的生活污水采用吸粪车定期运至集中的市政污水处理厂处理。

(2) 船舶污染物污染防治措施：禁止向海域排放未经处理的污水。加强施工船舶自身的防污管理，施工船舶产生的船舶舱底含油污水、生活污水经收集上岸后交由有接收能力的单位接收处理。

(4) 悬浮泥沙控制措施

①基槽挖泥施工过程已配备 GPS 全球定位系统，准确确定挖泥位置，减少了基槽挖泥作业中不必要的超深、超宽的挖泥量，施工期间严格将施工范围控制在用海范围内，未超限施工。从根本上减少对环境产生影响的悬浮物数量。

②严格控制施工范围，未超范围抛填块石等。

③绞吸式挖泥船进行取泥和输泥时，为避免意外的泥浆泄漏入海污染事故，在施工过程中，已定期对输泥管、绞吸式挖泥船及二者的连接点处进行维修检查，所有输（吹）泥砂管线质量可靠，未使用破旧管。未发生管道损坏或连接不善。

④溢流口 SS 控制措施：根据设计方案在后方陆域吹填区设置施工围堰，在吹填施工过程中，做好围堰的密实加固工作；同时，为了增大吹填点至溢流口的距离，加大泥浆在吹填区流程，减缓流速，增加水力停留时间，提高沉淀效果，降低出水口水的悬浮物浓度，在后方吹填区内布置分隔围堰；吹填作业均在围堰全部建设完成后才可进行；在总溢流口设置防污帘。

⑤确保泥门密闭，严防泥浆泄漏。挖泥作业前检查挖泥船和运泥船的密闭性，确保挖泥抓斗在提升过程密闭性能好。施工单位已加强挖泥船的日常维护与保养，确保挖泥船的良好性能。确保运泥船在运泥途中泥门是关闭的。

⑥提高安全意识，防止翻船等事故的发生。

8.1.1.2 固体废物污染防治措施

①施工船舶生活垃圾不得随意排入水体，应集中到垃圾收集点分类收集。各类垃圾分开收集，后由环卫部门统一清运处理。

②本项目挖泥过程产生的泥土直接吹填至所在港区后方陆域，不得随意抛泥。

8.1.1.3 海洋生态保护措施

(1) 项目应严格控制施工范围，防止超出范围施工，以及防止不可恢复的破坏和影响。

(2) 本项目已尽量在底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节（通常4~7月）降低挖泥施工强度。

(3) 采取8.1.1.1节的悬浮泥沙污染防治措施，控制悬浮泥沙源强及扩散范围，减小对海洋生态环境的影响。

(4) 加强施工期废水和固体废物的监管力度，防止废水和固体废物直接排放入海，从而对海洋生态环境产生影响。

(5) 合理规划施工工期，在满足施工质量要求的前提下，尽量缩短施工时间。

(6) 尽快委托具有相应监测能力的环境监测单位对项目区及其周围海域进行海洋生态环境的跟踪监测，针对跟踪监测发现的具体环境问题，及时反馈给施工单位，施工单位应根据跟踪监测结果及时调整和优化施工作业安排和生态保护措施。此外，施工过程中也须密切注意施工区及其周边海域的水质变化，如发现因施工引起水质明显变化而对周围海域海洋生物产生明显不良影响，应立即停工并检查、调整相应的污染防治设施。

(7) 及时进行海洋生态补偿和修复，具体修复方案见8.2节相关内容。

8.1.2 生态跟踪监测

国家海域动态监管方案要求，在现有人力资源和技术力量的基础上，以卫星遥感、航空遥感和地面监视监测为数据采集的主要手段，实现对我国近岸及其他开发活动海域的全覆盖、高精度实时监视监测。

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，项目对海洋环境的影响主要在施工期，为了及时了解和掌握建设项目施工期间所在地区的环境质量发展变化情

况,建设单位必须定期委托有监测能力的环境监测单位对施工期的环境影响及其减缓措施的落实情况进行监控,对项目施工对海洋环境产生的影响进行跟踪监测,并提交具计量认证的跟踪监测分析测试报告,为主管部门对该项目进行环境监管提供技术依据,避免因工程建设和环境污染造成的纠纷和损害。

原海域使用论证报告提出了布设 5 个跟踪监测站位的跟踪监测要求,本次根据项目实际可能影响的范围,对跟踪监测方案进行调整。

1、施工期海洋环境跟踪监测计划

(1) 水质环境动态监测

1) 监测范围和站位布设

监测站位布设:施工期环境监测主要选择在施工影响海域设置 5 个监测点进行监测。

2) 监测项目

pH 值、DO、COD、无机氮、活性磷酸盐、SS、石油类、汞、铜、铅、锌、镉、砷。

3) 监测频次

施工期:施工期内每个潮汐年的春、秋季各进行一次监测。

竣工后:进行一次后评估监测。

(2) 沉积物环境动态监测

1) 站位布设

在施工影响海域设置 5 个调查站位,监测站位见图 8.4-1 和表 8.4-1。

2) 监测内容

石油类、有机碳、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg。

3) 监测频次

施工期:施工期每年监测一次。

竣工后:进行一次后评估监测。

(3) 海洋生态环境动态监测

1) 站位布设

在施工影响海域设置 5 个调查站位,同时布设 1 个潮间带调查断面,监测站位见图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

2) 监测内容

海洋生态监测内容：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、鱼卵仔稚鱼、游泳动物。

3) 监测频次

施工期：施工期内春、秋各进行一次监测。

竣工后：进行一次后评估监测。

(4) 数据分析与质量保证

监测工作应委托有资质的单位进行，数据分析测试与质量保证应满足下列标准的要求：

——GB 173782~2007 海洋监测规范

——GB 127637~2007 海洋调查规范

2、运营期

本项目建成运营后，本项目自身无污染物的产生与排放，运营期不进行海洋环境质量跟踪监测。

8.2 生态用海措施

8.2.1 生态修复重点

根据本项目的主要生态问题，确定本项目的生态修复的重点为：

(1) 岸线修复：采取异地修复的方式，在岐石镇林美村岸段开展生态修复，将该处人工岸线修复形成生态恢复的生物滩岸线，拟修复长度约为 96m，以实现岸线占用与修复补偿相平衡，弥补因本项目占用砂质自然岸线造成的岸线长度和功能的损失。

(2) 海洋生物资源恢复：在项目附近海域适宜放流点开展增殖放流，减轻因本项目的建设而造成的生物资源损害，恢复区域海洋生物资源。

8.2.2 生态修复目标

1、总体目标

本着尽可能“损害什么，修复什么；损害多少，修复多少”的基本原则，开展本项目的生态修复设计。通过开展岸线修复保护，形成不低于拟占用长度的具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线，确保所在地区的自然岸线总长度不减少。通过增殖放流，恢

复区域的海洋生物资源。

2、阶段目标

根据本项目的实施进度计划，确定生态保护修复方案规划期限为 2024 年~2025 年，主要包括两部分：

一是在 2024 年~2025 年，参与海洋渔业主管部门的年度增殖放流计划或自行组织增殖放流活动，补充和恢复本项目造成的生物资源损失，改善种群结构，提高海域生物资源多样性。

二是在 2024~2025 年，与项目附近的揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程项目同期在岐石镇林美村岸段开展岸线生态修复，弥补因本项目占用砂质自然岸线造成的岸线长度和功能的损失。

8.2.3 岸线修复方案

8.2.3.1 本项目占用岸线情况

本项目需占用海岸线总长度约为 95.16m，其中西防波堤需占用约 44.96m，东防波堤需占用约 50.20m，为大陆自然岸线，属于砂质岸线。根据 2022 年省政府批准的海岸线成果，占用岸线所属利用类型为未利用岸线，向陆一侧为养殖坑塘/防风林，向海一侧为沙滩，岸线稳定。占用岸线的形式为防波堤堤身建设直接占用。

8.2.3.2 海岸线占补要求

根据广东省《海岸线占补实施办法（试行）》（粤自然资规字[2021]4 号）（以下简称《办法》）的文件要求，2017 年 10 月 15 日粤府办[2017]62 号文印发后，在广东省海域内申请用海涉及占用海岸线的项目，必须落实海岸线占补，即项目建设如占用海岸线导致岸线原有形态或生态功能发生变化，须进行岸线整治修复，形成生态恢复岸线。

《办法》提出，大陆自然岸线保有率低于或等于国家下达我省管控目标的地级以上市，建设占用海岸线的，按照占用大陆自然岸线 1:1.5、占用大陆人工岸线 1:0.8 的比例整治修复大陆海岸线；大陆自然岸线保有率高于国家下达我省管控目标的地级以上市，按照占用大陆自然岸线 1:1 的比例整治修复海岸线，占用大陆人工岸线按照经依法批准的生态修复方案、生态保护修复措施及实施计划开展实施海岸线生态修复工程；建设占用海岛岸线的，按照 1:1 的比例整治修复海岸线，并优先修复海岛岸线”。

根据 3.1.1 内容，将生态恢复岸线指标纳入考虑，项目所在地揭阳市的大陆自然岸

线保有率为 45.39%，不考虑生态恢复岸线指标，项目所在地揭阳市的大陆自然岸线保有率为 44.52%，均高于国家下达广东省管控目标，按照占用大陆自然岸线 1:1 比例整治修复海岸线。此外，《办法》要求，占用基岩岸线、砂质岸线、泥质岸线、生物岸线等原生岸线或生态恢复岸线的，原则上应修复同等属性的海岸线，确实难以实现的，新修复形成的海岸线生态价值不得低于所占用海岸线的生态价值。本项目占用砂质岸线 95.16m，原则上应将人工岸线整治修复为砂质岸线，但惠来县人工岸线多位于河道内或河口处，砂质岸线资源较为丰富，利用度低，难以找到合适的位置实现同等属性修复的项目，因此选择适宜位置，整治修复成具有生态功能的大陆海岸线。

综上所述，本项目项目占用砂质岸线 95.16m，根据《办法》要求，按照占用大陆自然岸线 1:1 比例整治修复海岸线，整治修复具有生态功能的海岸线的长度 $\geq 95.16\text{m}$ 。

8.2.3.3 海岸线修复方案的确定

根据《办法》相关要求，海岸线占补可采取项目就地修复占补、本地市修复占补和购买海岸线指标占补等多种方式。海岸线占补应优先采取项目就地修复实施占补，尽可能减少对生态环境的不利影响；无法实现就地修复占补的，要尽可能采取本地市修复实施占补；确实无法实施项目就地修复占补、本地市修复占补的，可采取购买海岸线占补交易指标实施占补。由于本项目占用海岸线的方式为堤身直接压占占用，海岸线处建有防波堤堤身，且项目所在的 2#港池沿岸均拟建设码头港池或泊位等，无法开展就地修复，采取次优的本地市修复实施占补。依据区域平衡、协调的原则，选取项目所在地惠来县进行岸线整治修复，结合惠来县岸线情况研判，惠来县自然岸线长度占惠来县岸线总长的 55.20%，其中砂质岸线占比 40.95%，砂质岸线资源较为丰富，利用度低，且可以进行整治修复的人工岸线多位于河道内或河口处，考虑到资源的集约节约利用以及整治修复的合理性，惠来县难以找到合适的位置实现同等属性修复的项目，因此选择适宜位置，整治修复成具有生态功能的大陆海岸线，通过种植红树林的方式，整治修复成生物滩海岸线。

综合考虑占用岸线价值、整治修复验收标准和地市情况，同时根据主管部门的意见，本项目拟与相邻的揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程采取同样的岸线修复方案，将对其计划修复区相邻区域约 96m 人工岸线修复形成生态恢复的生物滩岸线，修复位置为有修复需求且距离用海项目直线距离约 14km 的岐石镇林美村岸段。

8.2.3.4 拟修复区修复形成自然岸线的可行性

根据主管部门的意见,本项目在揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头拟修复的相邻区域实施同样的岸线修复方案。根据《揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程海岸线占补方案》,该项目拟修复的岸段为下图 8.2.3-3 中的 CD 段。为了与该工程修复形成的生态岸线进行有效衔接,以形成连续的生态修复岸线,本项目可选位置位于 BC 段和 DE 段与其拟修复岸段相邻的位置,而根据主管部门提供的资料,DE 段与该工程相邻的区域中的约 467.2m 计划作为揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程的岸线修复区域,扣除前述区域后,DE 段剩余的位置位于瀛江出海口,通道狭窄,水流较急,泄洪纳潮要求高,且该段剩余的可进行生态修复的人工岸线总长度仅约为(84m),不能满足本项目的岸线修复长度要求,其余岸线均为生态恢复岸线。而根据现场踏勘(见图 8.2.3-2),BC 段与揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程海岸线修复位置相邻的区域,现状无围塘养殖等开发利用情况的长度约为 120m,可满足本项目岸线修复的长度(96m)要求,该段无养殖活动,不易受到干扰,易于开展红树林种植,因此,本次选择在 BC 段与揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程拟修复岸段相接位置进行岸线修复,在该位置修复形成自然岸线具有可行性。

8.2.3.5 岸线修复措施

本项目岸线修复措施主要包括生态化海堤建设和红树林种植修复(含微地形改造),修复措施平面布局示意图 8.2.3-3 所示。

8.2.3.5.1 场地准备

主要开展拟修复区内养殖设施清理、海漂垃圾清理。

8.2.3.5.2 生态化海堤建设工程

海堤生态化工程位于揭阳市惠来县岐石镇的沿海岸段，沿着海堤段全长约96m，海堤生态化工程种植宽度约2m，种植面积约192m²；场地现状主要以淤泥质地块为主，紧邻海边，土壤盐碱地较高，需要进行客土回填，选用生于浅海盐滩，喜生于稍干旱、空气流通、伸向内陆的盐滩的半红树林植物黄瑾，为了达到更好的景观效果，提高种植密度，种植间距1.0m×1.0m。采用半红树林树种黄瑾进行种植，在种植开始前进行场地平整，首先进行种植土的回填，使其满足半红树林的生长需要，回填完成后对种植区进行平整，以便于树苗种植。

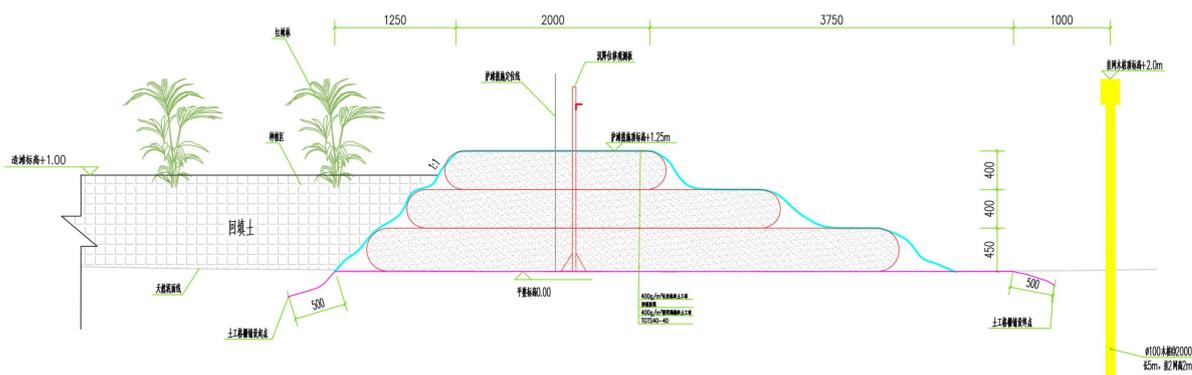


图 8.2.3-3 海堤生态化改造及红树林种植断面示意图



图 8.2.3-4 海堤生态化改造意向图

8.2.3.5.3 微地形改造

为满足红树、盐沼等湿地植物生长要求，需开展微地形改造。根据《广东省红树林生态修复技术指南》，红树林生态修复范围内应按一定比例配置植被种植区、生境修复区、潮沟、滩涂和浅水水域，其中植被种植区比例一般不低于 60%。为达到生态恢复岸线建设要求，本项目拟在海堤堤脚至 20m 宽度处开展微地形改造，总面积约 1920m²。如图 4.3.2-4 所示，建议采取带状整地就地取土挖填方式。挖填采用水陆挖掘机从种植条带两侧就近挖填，通过开挖沟渠和起垄沟获取的土方，将低于海平面以下的区域适当填高作业面，满足种植红树林要求。通过红树林营造区域标高提升，形成潮沟（水道）和红树林带交替排布的平面布置。为适合红树林生长，应控制挖填泥质，要求表层至少有 10~20cm 的淤泥层厚度，淤泥层以下土质须不危害红树林生长。从就近海域挖填的板状块结淤泥可以放置在挖填后软质淤泥的上层。起垄、整地高程差平均不宜大于 60cm，同时，应保证改造后的拟修复区滩面在平均大潮时仍全部有海水覆盖，不改变其潮间带属性，改造后的潮沟走向应保障潮水畅通，还应充分考虑鸟类栖息地和觅食地的保护。资料显示，项目所在区域位于“东亚-澳大利亚迁徙通道”上，是多种候鸟迁徙的中途停歇驿站和越冬地。水系修复中水系连通及潮沟走向应综合考虑潮汐水文过程和出海通行。同时还应清除拟修复区域内的外来植物、有害生物等。

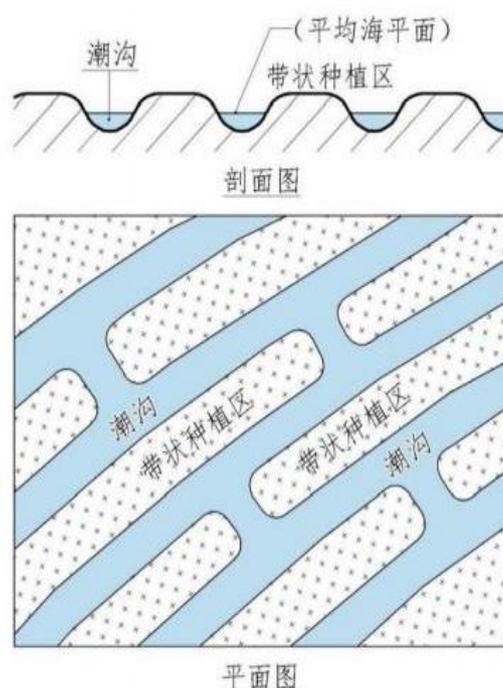


图 8.2.3-4 带状起垄微地形改造示意图（引自《广东省红树林生态修复技术指南》）



图 8.2.3-5 带状起垄种植示意图(引自《红树林生态修复手册》)

8.2.3.5.4 红树林修复

本项目红树林种植区总面积约为 1920m²，种植间距约 1.2m×1.2m，共约需种植 1733 株（含约 30%补种树苗），根据现场调查，拟修复岸段堤前区域为泥砂质，《红树林生态修复手册》推荐在该区域适合高潮带种植的红树种类有榄李、木榄、海漆、卤蕨、银叶树、黄槿、海杧果、水黄皮、杨叶肖槿等；中潮带和低潮带推荐种植的红树种类包括白骨壤、桐花树、海桑、秋茄、红海榄。根据 2012 年-2013 年的调查（李皓宇等《粤东沿海红树林物种组成与群落特征》，2016，生态学报），包括项目所在地揭阳市在内的粤东沿海主要分布有秋茄、桐花树、海漆、木榄、红海榄、榄李等本地真红树以及黄槿、阔苞菊和许树等半红树。拟修复岸段区域外缘有一定风浪，整体为中、低盐度，个别斑块盐度较高，本项目拟修复岸段堤前区域在微地形改造后，建议选择耐盐、风浪抗逆性较强的树种，保障项目区域红树林苗木的生长，提高整体造林成活率。结合《广东省红树林生态修复技术指南》的相关要求，本项目选择的造林树种为白骨壤、桐花树、秋茄树、红海榄等搭配形成多样化的红树林群落，实现最佳的红树林生态服务功能。



图 8.2.3-6 红树林种植效果示意图

8.2.4 生态修复与补偿

(1) 生态补偿方案

根据工程建设方案，工程施工等破坏了潮间带和底栖生物的栖息环境，且工程施工过程中产生的悬浮物影响也会减弱浮游植物光合作用能力，在一定程度上影响水域的初级生产能力，并导致海域中浮游动物数量的减少，以及造成渔业资源的损失。

为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境水生生物的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关规定，对项目附近水域的生物资源恢复作出经济补偿。本工程施工造成海洋生物损失为：底栖生物 40.8t、潮间带生物 1.0t、鱼卵 5.39×10^7 粒、仔稚鱼 1.16×10^7 尾、游泳动物 196.4kg。

(2) 生态修复方案

对于建设项目施工及营运期间对海洋生物资源造成的损失，项目建设单位应

与主管部门协商，就工程建设造成生物资源损失制定合理的补偿计划。补偿金专款用于海洋渔业资源与生态环境的恢复。主要生态补偿措施包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、海洋牧场建设、自然岸线整治保护、人工岸线生态修复等，具体补偿方案由建设单位与相关主管部门协商确定。

本项目造成的生态资源损失主要包括潮间带生物、底栖生物和渔业资源的损失，国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补建设项目施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失，下面主要对增殖放流方案进行简要论述：

1) 增殖放流区域的选择

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，项目附近揭阳海域适合进行增殖放流的海域为赤沙澳海湾。

2) 增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

3) 增殖放流备选品种

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，项目附近海区适宜增殖放流的备选品种如下：花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、布氏鲷、大黄鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、中国鲎、绿海龟、日本海马等。

4) 增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 1cm 以上。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

5) 增殖放流计划

在项目施工结束后，计划于 2024 年至 2025 年期间进行增殖放流，根据实际情况实施海洋生物增殖放流，每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果。

6) 增殖流放前后的管理

放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

8.2.5 生态保护修复措施汇总

本项目拟采取的生态保护修复措施统计见表 8.2.5-1 所示，生态修复实施效果

表 8.2.5-1 生态保护修复措施一览表

保护修复类	保护修复类型	工程量	实施计划	责任人
岸线修复	生态化海堤建设	长 96m、宽 2m，种植黄槿约 1920 棵	2024 年~2025 年	建设单位
	种植红树林	约 1920m ² ，约 1733 株	2024 年~2025 年	建设单位
生物资源修复	海洋生物资源恢复	按等额修复方案实施增殖放流，金额约为 1657.2 万元	2024 年~2025 年	建设单位

9 结论

9.1 项目用海基本情况

揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程位于揭阳市惠来沿海港区南海作业区龙江河出海口东侧海域,主要建设东西两条防波堤,两条防波堤总长为 5305m,其中东防波堤长 3481m,西防波堤长 1824m。此外,本项目也配套建设 3 座灯塔。项目已于 2017 年 11 月 17 日取得原广东省海洋与渔业厅《关于揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程用海的批复》(粤海渔函[2017]1293 号),于 2020 年 11 月 25 日取得《中华人民共和国不动产权证书》(粤(2020)惠来县不动产权第 0000548 号、粤(2020)惠来县不动产权第 0000547 号、粤(2020)惠来县不动产权第 0000548 号)。其中,西防波堤中段与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海(面积 2.8055 公顷)存在重叠的部分,该项目的用海已于 2017 年 8 月 10 日经《国家海洋局关于同意转让中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程东拦沙堤海域使用权的函》(国海管字[2017]371 号)同意,转让给揭阳大南海石化工业区管理委员会用于建设本项目防波堤,并已于 2017 年 9 月 11 日取得不动产权证书国(2017)海不动产权第 0000042 号。

由于 2022 年省政府批复的海岸线与原 2008 年批复的海岸线不完全重叠,导致本项目原批复的用海范围与 2022 年批复的海岸线不能完全衔接,本次按 2022 年省政府批复岸线重新对本项目的用海范围进行界定,由此界定本项目申请用海总面积约为 46.7253 公顷,较原批复用海总面积 46.6223 公顷增加了约 0.1030 公顷;用海范围占用海岸线的总长度约为 95.16m,较原批复的 106.3m 减少了约 11.14m,用海面积及占用海岸线长度的变化均是由于海岸线的修测引起。此外,西防波堤中段与“中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程-产品码头东拦沙堤”用海重叠的部分,保持原用海方案不变,本次不进行任何变更。本项目用海类型为交通运输用海(一级类)中的港口用海(二级类),用海方式为构筑物(一级方式)中的非透水构筑物用海(二级方式)。

9.2 项目用海资源环境影响分析结论

本项目建设对海洋水文动力环境的影响较小,工程区域各代表点大潮涨急流

速变化值位于-0.17m/s~0.12m/s之间，大潮涨急流向变化值位于-35.8°~284.5°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.13m/s~0.06m/s之间，大潮落急流向变化值位于-197.2°~262.7°之间；工程实施后水动力环境变化较大的代表点位于港池口门和防波堤附近，外海域水动力环境基本没有变化，施工产生的影响仅局限于防波堤附近小范围海域内，基本不会对外海域水动力环境产生影响。

防波堤建成以后对隆江河口和防波堤上波侧岸滩冲淤产生一定的影响。对其它海域冲淤条件影响很小，不会引起整个神泉湾海域流态和泥沙运移势态的改变，也不会整体上对附近海床产生明显的冲淤影响。

施工产生的悬沙扩散主要是在防波堤附近，施工产生大于100mg/L高浓度区的最大包络线面积为0.277km²，大于50mg/L高浓度区的包络线面积为0.908km²，大于20mg/L高浓度区的包络线面积为2.131km²，大于10mg/L高浓度区的包络线面积为4.026km²。

本项目施工过程中产生的悬浮泥沙主要来源于本海域，沉降的悬浮泥沙基本不会改变所在海域海底的沉积物特征，且这种影响是暂时的，会随着时间逐渐消失。此外，本项目施工期间产生的船舶生活污水和生活垃圾均能得到有效处理，均不直接排入海域环境中。综合分析，本项目施工期对项目及附近海域的沉积物环境产生的影响较小。

本项目防波堤建设占用海域及施工产生的悬浮泥沙均会对所在海域的海洋生态环境产生一定的影响，造成一定的海洋生物量损失。经估算，造成的生物损失量约为底栖生物40.8t、潮间带生物1.0t、鱼卵 5.39×10^7 粒、仔稚鱼 1.16×10^7 尾、游泳动物196.4kg。

本项目的用海风险主要包括施工船舶溢油环境风险、自然灾害引起本项目堤坝溃损及失稳等风险，在制定环境风险事故防范措施和应急预案并严格执行后，本项目不存在重大的环境风险。

9.3 海域开发利用协调分析结论

本项目周边开发利用活动主要包括码头、航道、锚地、海洋放流管、天然气项目、重油加工工程、游泳场等。虽然本项目西防波堤与中委合资广东石化2000万吨/年重油加工工程（产品码头-东拦沙堤）的用海范围大部分重叠，但该项目的用海实际已为本项目所用，且已完成了相关转让和确权手续，本项目选址不存

在海域使用权属冲突。此外，本项目施工前已办理了水上、水下作业许可，施工时设置相应的施工警示标志，严格采取了《揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程施工通航安全保障方案》中所提的各项通航保障措施，未对所在海域的通航环境产生明显的不良影响，与海事主管部门可协调。

因此，本项目与周边其他开发用活动相适应，可协调。

9.4 项目用海与国土空间规划符合性分析结论

本项目用海符合《广东省国土空间规划(2020-2035年)》的要求，符合《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》和《揭阳市海洋功能区划(2015-2020年)》的海域使用管理和环境保护要求，对周边功能区的影响很小，《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》(2012年)和《揭阳市海洋功能区划(2015-2020年)》具有相符性。

同时，本项目的选址建设也符合“三区三线”、广东省和揭阳市“三线一单”、《广东省海洋主体功能区规划》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《揭阳市人民政府关于印发揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《揭阳港惠来沿海港区南海作业区规划调整方案》等规划的相关要求。

9.5 项目用海合理性分析结论

本项目建设符合国土空间规划和相关规划，本项目的用海面积及用海年限符合相关规定。本项目用海类型为交通运输用海(一级类)的港口用海(二级类)，用海方式为构筑物(一级方式)中的非透水构筑物(二级方式)，用海总面积为46.7253公顷，占用海岸线总长度约为95.16m。本项目批复用海期限为40年(2017年11月17日起2057年11月17日止)，本次补充论证，本项目申请用海期限仍与原批复的海域使用期限一致，即本次补充论证申请的用海期限终止日期也为2057年11月17日。本项目用海期限符合《中华人民共和国海域使用管理法》，同时也符合项目的实际需求，因此，本项目申请的用海期限是合理的。

9.6 项目用海可行性结论

本项目的建设与该区域的自然条件和社会条件是相适宜的，项目用海是符合国土空间规划和相关规划要求的，本项目的用海方式、期限和面积也是合理的，与周边开发利用项目是可协调的，项目产生的不利影响也是可以接受，因此，本项目能较好地发挥该海域的自然环境和社会优势。

综上所述，本项目的海域使用是可行的。