

广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海
砂开采


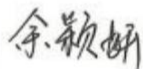

海域使用论证报告书

(公示稿)

广东三海环保科技有限公司
(统一社会信用代码: 91440105MA59CA5093)

二零二六年五月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4415812026000814		
论证报告所属项目名称	广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采		
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
姚静	BH000853	论证项目负责人	
姚静	BH000853	1. 概述 2. 项目用海基本情况 4. 资源生态影响分析 5. 海域开发利用协调分析 7. 项目用海合理性分析 9. 结论 10. 报告其他内容	
余颖妍	BH005478	3. 项目所在海域概况 6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	
<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;">2026年 4月 30日</p>			

项目基本情况表

项目名称	广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采			
项目地址	广东省汕尾市陆丰城区 158.3°方位，直距约 23.5km 处			
项目性质	公益性 ()	经营性 (√)		
用海面积	250.0037 ha	投资金额	██████████	
用海期限	3 年	预计就业人数	—	
占用岸线	总长度	0 m	邻近土地平均价格	/万元/ha
	自然岸线	0 m	预计拉动区域 经济产值	/万元
	人工岸线	0 m	填海成本	/万元/ha
	其他岸线	0 m		
海域使用类型	“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类）		新增岸线	0 m
用海方式	面积		具体用途	
固体矿产开采用海	250.0037 ha		海砂开采	
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。				

目 录

1 概述	1
1.1 论证工作来由	1
1.2 论证依据	2
1.3 论证等级和范围	7
1.4 论证重点	9
2 项目用海基本情况	11
2.1 海砂开采用海基本情况	11
2.2 海砂矿物组成及储量分析	13
2.3 项目主要开采工艺和施工方法	55
2.4 项目用海需求	69
2.5 项目用海必要性分析	73
3 项目所在海域概况	77
3.1 海洋资源概况	77
3.2 海洋生态概况	102
4 资源生态影响分析	205
4.1 生态评估	205
4.2 生态影响分析	207
4.3 资源影响分析	299
5 海域开发利用协调分析	306
5.1 海域开发利用现状	306
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	319
5.3 利益相关者界定	324
5.4 需协调部门界定	326
5.5 相关利益协调分析	327
5.5 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析	329
6 国土空间规划符合性分析	330
7 项目用海合理性分析	331
7.1 选址合理性分析	331
7.2 用海方式和平面布置的合理性分析	337
7.3 占用岸线合理性分析	338
7.4 用海面积合理性分析	338
7.5 用海期限合理性分析	343
8 生态用海对策措施	346
8.1 生态用海对策	346
8.2 生态跟踪监测	351
8.3 生态保护修复措施	353
9 结论与建议	357
9.1 结论	357
9.2 建议	362

摘 要

本项目为广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采，位于广东省汕尾市陆丰城区 161.8°方位，直距约 24.3km 处。在拟出让矿区范围内查明回填料海砂体积资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （含泥），平均含砂量为 77.28%，海砂矿石量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （不含泥）；矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.15%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.80%，海砂量 $735.71 \times 10^4 \text{m}^3$ 。项目设计矿区开采采用露天水下开采方式，采用射流式采砂船进行采砂作业，可采资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，采出海砂体积资源量 万 m^3 ，按照年最大采砂强度为 万 m^3 ，海砂可连续开采 2 年 9 个月，考虑采矿权人需施工准备时间，本海砂开采区海域使用期限建议为 3 年。项目用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级用海方式）的海砂等矿产开采（二级用海方式），项目申请用海面积为 250.0037 公顷，申请用海范围不占用岸线，申请用海期限为 3 年。

采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.02m/s。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。工程实施对潮汐动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

根据采砂前后波浪动力模拟结果，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.70m、S 向有效波高最大减小 0.93m、SW 向有效波高最大减小 0.53m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 8^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

项目实施后冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.35m 左右，平均淤积厚度约为 0.22m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.12m；采砂区附近最大

冲刷厚度约为 0.19m，平均冲刷厚度约为 0.10m。总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大。

悬浮泥沙预测结果表明，悬浮泥沙主要随涨落潮流向采砂区附近海域扩散，项目单独施工悬沙 $>10\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 22.361km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 14.767km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 9.891km^2 ， $>100\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 7.409km^2 。东南方向最大扩散距离约 4.2m，东向最大扩散距离约 3.8km。由此可见，采砂施工引起的悬浮泥沙对工程所在区域水质产生一定影响，这种影响主要在采砂过程出现，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

本项目采砂过程中造成的直接生物损失为底栖生物 15.80t，游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾。随着本项目工程的结束，附近海域水质逐渐恢复，浮游生物群落重新建立，游泳生物将自行游回该海域。采砂单位在采砂作业时采取有效环保措施，合理安排采砂强度、作业位置和作业时间的情况下，采砂施工产生的悬浮泥沙增量对区域生态环境系统的整体影响是可以接受的。

本项目与周边海洋开发活动不重叠，周边的用海活动主要为：海洋牧场、养殖、人工鱼礁、浴场、码头、风电场、白沙湖连岛公路、电厂、采砂区、核电站、航道、航线、锚地以及国控监测站位等，本项目利益相关者为

，需协调单位为海事、航道主管部门。项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，避免产生利益冲突。施工过程中船舶航行要服从航道、海事部门的管理，保证海上交通的正常秩序。

项目未占用海洋生态红线，符合海洋生态保护红线的要求；同时项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2020-2035 年）》等国土空间规划文件要求。

本项目的建设选址区域的社会条件相适应，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展，项目选址与气象条件、海砂开采区资源条件、

水文动力条件、波浪动力条件、冲淤环境及区域生态系统均适宜，与周边其他用海活动无冲突，项目用海选址合理；项目用海平面布置由四个边界拐点圈定，在做好施工调度安排前提下，出让区与周边航路、锚地等其他海洋开发活动没有冲突，采砂区块形状近似平行四边形，较规则，体现了集约、节约用海的原则，本项目海砂开采期间可能造成局部海域船只数量增多，在合理安排采砂工作与运砂路径，服从海事主管部门统一调度的前提下，不会对周边海域通航环境造成明显不利影响，项目平面布置合理；项目采用射流式采砂船进行海砂开采，最大程度的减少对海域地形地貌的影响，项目建设不占用岸线，不影响周边自然岸线的自然功能的发挥，项目通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除，可以维护周围海域基本功能，本项目用海方式尽最大程度维护了所在海域基本功能，项目用海方式合理；项目申请用海面积满足项目用海需求，符合有关行业的设计规范，宗海界址点的界定和宗海面积的量算符合《海籍调查规范》等相关规范要求；项目申请用海期限为 3 年，符合海域使用管理法规要求。

项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源降低，针对项目可能产生的主要生态问题，提出增殖放流的生态修复措施。

1 概述

1.1 论证工作来由

海砂，作为一种重要的海洋固体矿产资源，属不可恢复的宝贵资源，是次于石油、天然气的第二大海洋矿产，作为工业原料，现已探明具有工业开采价值的海砂矿物有 13 种，其中有石英砂、锆石、磷钇矿、钇、砂金和金刚石。海砂又是一种重要的海洋生态环境要素，它与海水、岩石、生物以及地形、地貌等要素一起构成了平衡的海洋生态系统。海砂具有较高的经济价值，在建筑等方面有着不可替代的作用，可广泛用于大型工程项目建设 and 填海造陆。此外开采海砂还在一定程度上起着疏浚航道的作用。

由于国家管理体制和政策上的不同，持证采砂供应商多为民营企业，地点分散，采砂供砂设备简陋，集中供砂强度有限，其主要目的为满足粤港澳三地民用建筑用砂与小规模填海项目，同时存在监管不严，走私偷砂的现象，海砂质量也难以保证。国家和省重大项目建设用砂需求具有规模大，技术要求高，建设周期紧迫的特点，其要求的填海用砂供应强度大，对砂源质量要求高，所以分散的小规模资源河砂砂厂不能满足实际需求。为了进一步规范海砂开采活动，合理利用海砂资源、保护海洋环境、促进海洋经济的可持续发展，根据《国家海洋局关于全面实施以市场化方式出让海砂开采海域使用权的通知》（国海管字〔2012〕895 号）、《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》（粤府办〔2017〕62 号）、《自然资源部关于实施海砂采矿权和海域使用权“两权合一”招拍挂出让的通知》（自然资规〔2019〕5 号）和《自然资源部关于推进矿产资源管理改革若干事项的意见（试行）》（自然资规〔2019〕7 号）规定，全面实施海砂采矿权和海域使用权“两权合一”招标采购挂牌出让制度进行出让，大幅精简并优化出让环节与办事流程。广东省人民政府办公厅发布《关于进一步加强砂石资源开发利用管理工作的会议纪要》（省政府工作会议纪要〔2019〕213 号），提出全面推进海砂开采工作，通过开展海砂开采出让项目，加强市场海砂供给，解决海砂供应问题。根据《广东省财政厅关于下达 2024 年度省级海洋资源管理与利用专项资金的通知》（粤财资环〔2024〕37 号）等有关文件，2024 年省下达汕尾市 2 块海砂开采工作任务。2024 年汕尾市政府在汕

尾市陆丰西南海域选划编号分别为 SW24-12 和 SW24-12 的 2 处海域作为海砂开采拟出让区进行回填料海砂开采工作，SW24-12 为其中一块。

本项目为广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采，面积为 250.0037 公顷，海砂开采需使用海域，为了能合理、科学地使用海域，保障用海项目得以顺利实施，并为海域使用审批提供重要依据，根据《中华人民共和国海域使用管理法》及相关的法律、条例和规定，需要对采砂区进行海域使用论证。汕尾市自然资源局委托了广东广海海洋勘探开发有限公司（联合体成员：浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司、广东省海洋发展规划研究中心、广东三海环保科技有限公司、广东海兰图环境技术研究有限公司、北京红晶石投资咨询有限责任公司）承担汕尾市 2024 年海砂开采出让前期工作（含两个出让区块），并由广东三海环保科技有限公司（以下简称“我公司”）承担广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采海域使用论证工作，我公司结合汕尾市海域拟出让区海砂开采及其他海洋开发活动的情况，根据海砂开采所在海域的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制了《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采海域使用论证报告书》。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

本项目海域使用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，2002 年 1 月 1 日施行；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日中华人民共和国第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订，自 2024 年 1 月 1 日起施行；

（3）《中华人民共和国矿产资源法》（全国人民代表大会常务委员会，1986 年 10 月 1 日起施行，2009 年 8 月 27 日第二次修正）；

（4）《中华人民共和国渔业法》，2025 年 12 月 27 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十九次会议修订通过，自 2026 年 5 月 1 日起施行；

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

(6) 《中华人民共和国港口法》，2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正；

(7) 《中华人民共和国野生动物保护法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第 16 号，1989 年 3 月 1 日起施行，2022 年 12 月 30 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订）；

(8) 《中华人民共和国航道法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第 17 号，2015 年 3 月 1 日起施行，2016 年 7 月 2 日修正）；

(9) 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院，中华人民共和国国务院令第 167 号，1994 年 12 月 1 日起施行，2017 年 10 月 7 日第二次修订）；

(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；2018 年 3 月 19 日第二次修订）；

(11) 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006 年；

(12) 《海域使用权登记办法》，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) 《财政部 自然资源部 税务总局 人民银行关于将国有土地使用权出让收入、矿产资源专项收入、海域使用金、无居民海岛使用金四项政府非税收入划转税务部门征收有关问题的通知》（财综〔2021〕19 号），2022 年 1 月 1 日实施；

(15) 《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；

(16) 《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》（自然资源部，自然资办函〔2021〕2073 号，2021 年 11 月 10 日）；

(17) 《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）；

(18) 生态环境部关于印发《生态保护红线生态环境监督办法（试行）》的通知（中华人民共和国生态环境部，2022 年 12 月 27 日）；

(19) 《中华人民共和国湿地保护法》，全国人民代表大会常务委员会，自 2022 年 6 月 1 日起施行；

(20) 《自然资源部办公厅关于推进渤海生态修复工作的通知（自然资办函〔2019〕616号）》自然资源部办公厅，2019年4月18日；

(21) 《自然资源部办公厅关于简化海洋生态修复项目用海审批手续有关事宜的函（自然资办函〔2020〕770号）》，自然资源部办公厅，2020年5月16日；

(22) 《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；

(23) 《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》（自然资源部，自然资办函〔2022〕640号，2022年4月15日）；

(24) 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》（自然资源部，自然资发〔2023〕89号，2023年6月13日）；

(25) 《关于印发〈海砂开采使用海域论证管理暂行办法〉的通知》（国家海洋局，国海发〔1999〕370号，1999年8月4日）；

(26) 《关于加强海砂开采管理的通知》（国土资源部，国土资发〔2007〕190号，2007年8月22日）；

(27) 《自然资源部关于实施海砂采矿权和海域使用权“两权合一”招拍挂出让的通知》（自然资源部，自然资规〔2019〕5号，2019年12月17日）；

(28) 《自然资源部关于推进矿产资源管理改革若干事项的意见（试行）》（自然资源部，自然资规〔2019〕7号，2019年12月31日）；

(29) 《广东省海域使用管理条例》，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修正；

(30) 《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》，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第二次修正；

(31) 《关于印发〈广东省海域使用金征收标准（2022年修订）〉的通知》（广东省财政厅 广东省自然资源厅，粤财规〔2022〕4号，2022年6月17日）；

(32) 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》，粤府办〔2017〕62号，2017年10月27日；

(33) 《广东省环境保护条例》，2019年11月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十五次会议第二次修正；

(34) 《广东省湿地保护条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2020年11月27日；

(35) 《全国沿海船舶航路总体规划》（中华人民共和国交通运输部，2011年11月18日）；

(36) 《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；

(37) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕33号，2021年12月）；

(38) 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（广东省人民政府，粤府〔2021〕28号，2021年4月6日）；

(39) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》，广东省人民政府，2023年8月8日获国务院批复原则同意；

(40) 《广东省国土空间生态保护修复规划（2021—2035年）》，广东省自然资源厅，2023年5月；

(41) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021年-2035年）》，广东省自然资源厅，2025年1月；

(42) 《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；

(43) 《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》（广东省自然资源厅，粤自然资函〔2020〕88号，2020年2月28日）；

(44) 《广东省人民政府办公厅关于调整海砂开采海域使用权市场化出让方案批准有关事项的通知》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕8号，2021年3月27日）；

(45) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省促进砂石行业健康有序发展实施方案的通知》（广东省人民政府办公厅，粤办函〔2021〕51号，2021年4月19日）；

(46) 《广东省自然资源厅关于明确海砂开采海域使用权和采矿权“两权合一”出让有关事项的通知》（广东省自然资源厅，粤自然资函〔2021〕395号）；

(47) 《广东省海洋与渔业局关于海砂开采海域使用管理的暂行办法》（广东省海洋与渔业局，粤海渔函〔2015〕776号，2015年10月）；

(48) 《广东省海砂开采三年行动计划(2020-2022年)》(广东省自然资源厅,粤自然资海域〔2020〕842号,2020年5月6日);

(49) 《广东省自然资源厅关于印发《广东省自然资源厅海砂开采海域使用权和采矿权挂牌出让工作规范》的通知》(广东省自然资源厅,2023年1月12日);

(50) 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》,广东省自然资源厅,粤自然资规字〔2025〕1号,2025年6月12日。

(51) 《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号;

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

(53) 《汕尾市国土空间总体规划(2021-2035年)》,汕尾市人民政府,2023年7月;

(54) 《汕尾市人民政府关于印发汕尾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》(汕尾市人民政府,汕府〔2021〕23号,2021年4月20日);

(55) 《汕尾市海砂资源保护条例》,汕尾市人大常委会常务委员会,2020年12月。

1.2.2 标准规范

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) 《海域使用分类》, HY/T 123-2009;
- (3) 《海籍调查规范》, HY/T 124-2009;
- (4) 《宗海图编绘技术规范》, (HY/T 251-2018);
- (5) 《全球定位系统(GPS)测量规范》, GB/T18314-2009;
- (6) 《海洋观测规范 第2部分:海滨观测》, GB/T 14914.2-2019;
- (7) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》, SC/T 9110-2007;
- (8) 《海洋监测规范》, GB 17378-2007;
- (9) 《海洋调查规范》, GB/T 12763-2007;

- (10) 《海水水质标准》，GB3097-1997；
- (11) 《海洋生物质量》，GB18421-2001；
- (12) 《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；
- (13) 《渔业水质标准》，GB11607-1989；
- (14) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册，1996 年）；
- (15) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社，1986）；
- (16) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-2017）；
- (17) 《海域使用面积测量规范》（HY/T 070-2022）；
- (18) 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号）。

1.2.3 项目技术资料

- (1) 《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》，2025 年 12 月；
- (2) 《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂开采方案》，2026 年 3 月；
- (3) 《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块海砂开采资源详查作业通航安全保障方案（报批稿）》，2025 年 3 月；
- (4) 《2024 年汕尾海砂项目附近海域海洋水文测验技术报告（2025 年冬季）》，2025 年 2 月；
- (5) 《2024 年汕尾海砂项目附近海域海洋水文测验技术报告（2025 年夏季）》，2025 年 7 月；
- (6) 《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告（2024 年秋季）》，2025 年 1 月；
- (7) 《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告（2025 年春季）》，2025 年 4 月。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

本项目为广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采，根据《国土

空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部，2023 年 11 月），项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），项目用海类型为“工业用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）的固体矿产开采用海（二级方式）。项目拟申请海域使用总面积 250.0037 公顷，为固体矿产开采用海。

依据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361—2023）海域使用论证等级的规定，本项目用海面积为 250.0037 公顷，项目位于广东省汕尾市陆丰城区 158.3° 方位，直距约 23.5km 处，因项目所处碣石湾海域为海湾，且周围红线区较多，所以属于敏感海域，判定论证等级为一级。判定依据见表 1.3-1。

表 1.3-1 本项目海域使用论证等级判据

一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级
其他用海方式	海砂等矿产开采	所有规模	敏感海域	一
			其他海域	二
注 1：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾，红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。 注 2：构筑物总长度按照构筑物中心线长度界定，并行铺设的海底电缆、海底管道等的长度，按最长的管线长度计。 注 3：扩建工程温冷排水量和污水达标排放量包含原排放量。 注 4：项目占用自然岸线并且改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的，占用长度大于(含)50 m 的论证等级为一级，占用长度小于 50 m 的论证等级为二级。 注 5：石油平台开采甲板外扩或外挂井槽、续期调整的论证等级可下调一级，其他用海方式、用海规模等未发生变化的续期调整用海参照执行。				
项目所在海域为碣石湾海域，属于敏感海域，最终确定项目论证等级				一

注：引自《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361—2023）的表 1。

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361—2023），论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15 km，二级论证 8 km，三级论证 5 km。本项目论证等级为一级，结合项目所在海域的自然地理特性和项目周边开发利用现状，论证范围以项目用海外缘线为起点向外扩展 15km，论证范围坐标为：东经 115°31'11.419"E

至 115°52'48.800"E, 北纬 22°52'40.306"N 至 22°33'50.649"N 所围成的海域, 海域面积约为 998.9km², 见图 1.3-1。

1.4 论证重点

根据《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361—2023)的要求, 严格落实节约优先、保护优先的用海管理要求, 结合项目海域使用类型和用海方式、所在海域特征和对资源生态影响程度等因素, 确定论证重点。本项目海域使用论证重点确定如下:

- (1) 资源影响分析;
- (2) 用海面积合理性分析;
- (3) 用海期限合理性分析;
- (4) 生态用海对策措施。

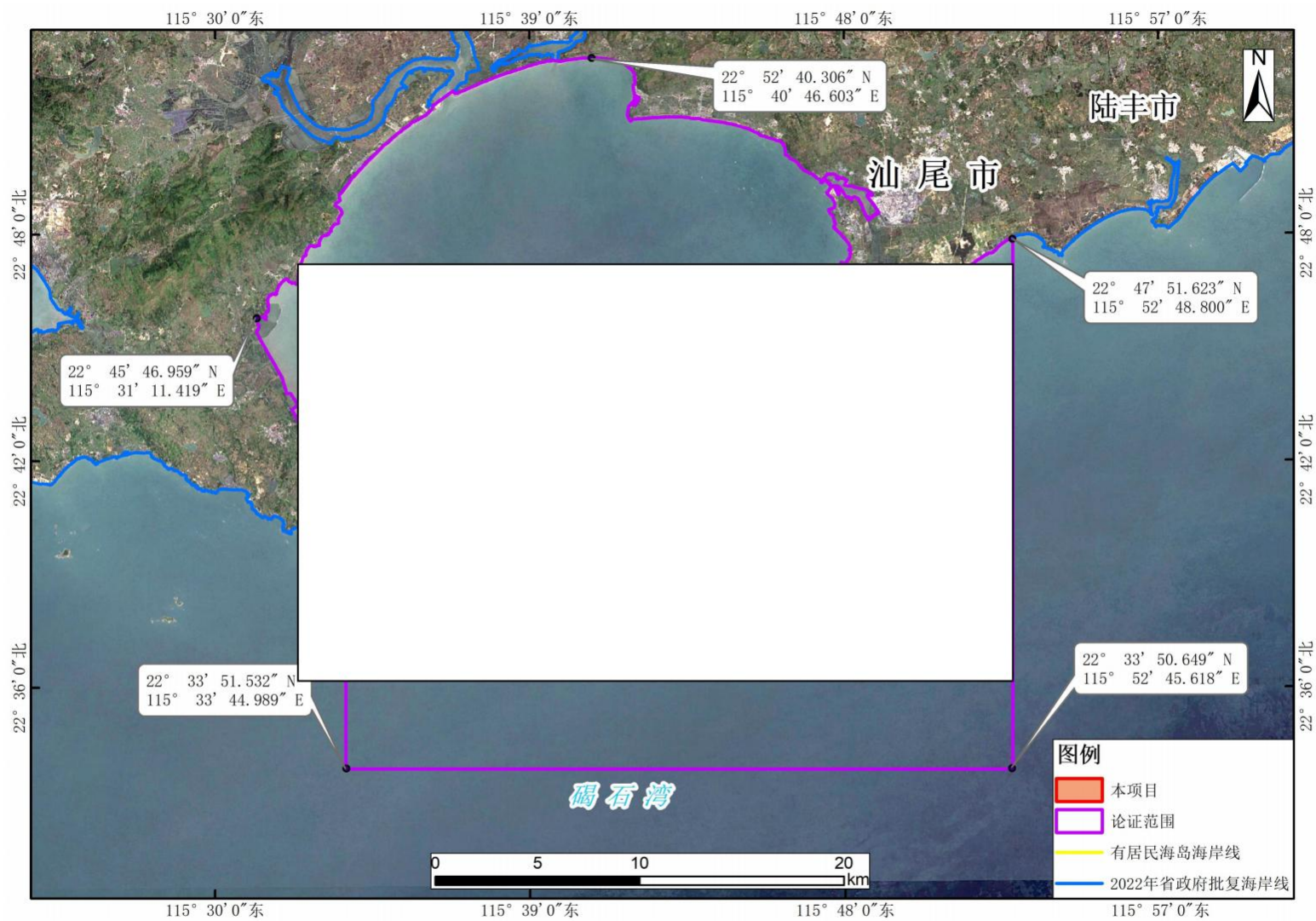


图1.3-1 项目论证范围图

2 项目用海基本情况

2.1 海砂开采用海基本情况

2.1.1 建设项目名称

广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采。

2.1.2 建设项目性质

新建项目。

2.1.3 地理位置

广东省汕尾市位于广东省东南部，地处珠江三角洲东岸，东临红海湾，南濒南海，西接惠州市，北连河源市，和紫金县相连，海岸线长约 302km，拥有多个天然良港。

SW24-12 矿区位于广东省汕尾市陆丰城区 158.3°方位，直距约 23.5km 处，行政区域隶属汕尾陆丰市。矿区中心点地理坐标：[REDACTED]，[REDACTED]，矿区面积 2.50km²。

拟出让的海砂开采区界址点坐标见表 2.1.3-1，地理位置见图 2.1.3-1。

表2.1.3-1 SW24-12矿区回填料海砂资源量估算范围拐点坐标一览表

编号	拐点地理坐标		拐点直角坐标	
	E (°′′)	N (°′′)	X (m)	Y (m)
1	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
3	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
4	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
估算面积：2.50km ² ；估算标高 [REDACTED]				

注：坐标系 CGCS2000，高斯克吕格投影 3 度带，中央经线 117°E

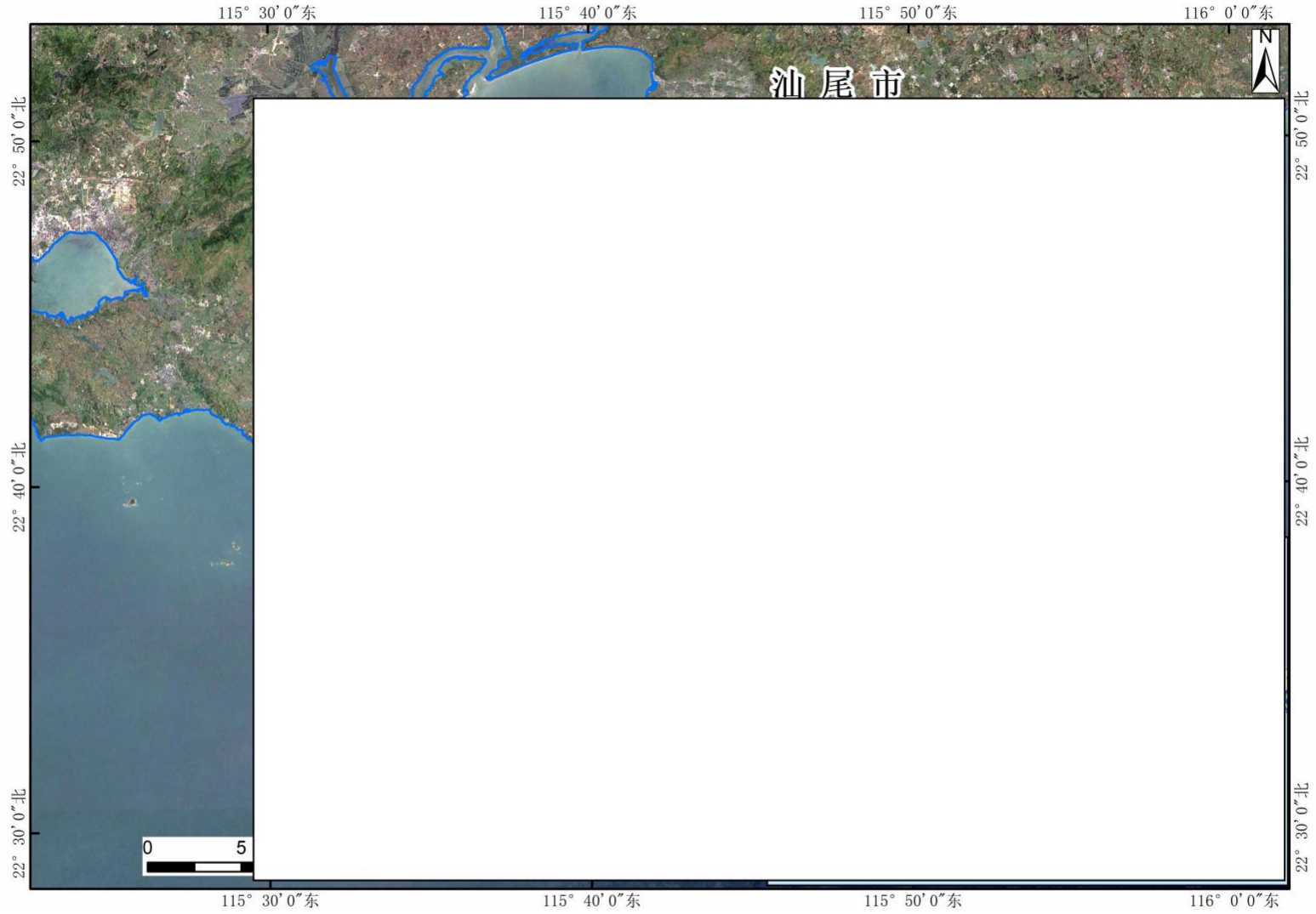


图 2.1.3-1 项目地理位置图

2.1.4 建设规模与总平面布置

本项目用海面积为 250.0037 公顷,呈四边形分布,边长分别为 1815m、1440m、1795m、1400m。根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》(2025 年 12 月),截止至 2025 年 6 月 30,在拟出让矿区范围内查明回填料用海砂体积资源量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$ (含泥),平均含砂量为 77.28%,海砂矿石量 \blacksquare (不含泥);其中控制海砂体积资源量 $\blacksquare 10^4 \text{m}^3$ (含泥),平均含砂量为 77.15%,控制海砂矿石量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$ (不含泥);推断海砂体积资源量 $\blacksquare 10^4 \text{m}^3$ (含泥),平均含砂量为 77.80%,控制海砂矿石量 $\blacksquare 10^4 \text{m}^3$ (不含泥)。

V1 矿体控制资源量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$,推断资源量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$; V2 矿体控制资源量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$;推断资源量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$;矿区控制资源量 $\blacksquare 10^4 \text{m}^3$,推断资源量 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$,控制资源量和推断资源量共 $\blacksquare \times 10^4 \text{m}^3$ 。



图 2.1.4-1 本项目平面布置示意图

2.2 海砂矿物组成及储量分析

本节主要引用《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂资源储

量核实报告》（2025 年 12 月）的相关内容。

根据广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂矿的地质特征、资源储量及矿石品质分析，勘查区内圈定 V1 和 V2 两层海砂矿体，矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.15%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.80%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；控制资源量和推断资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.28%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1，整体为细砂级别。放射性及有害物质含量符合国家标准，整体质量较好，适用于回填和建设用砂。

2.2.1 矿体地质状况

2.2.1.1 矿层规模、形态、产状、内部结构

本矿区圈定的为回填料海砂矿体，在矿区内发现两层海砂矿体，自上而下分别命名为 V1 和 V2，其平面分布见图 4-1-1~图 4-1-2。矿区范围面积 2.5km^2 ，由 21 个钻孔系统控制，钻孔编号为 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、……、SW2412Z21。

V1 矿体全区分布，区内所有钻孔揭露矿体。矿体平面近似呈平行四边形，沿勘探线方向最长约 1430m、最短约 1380m，垂直勘探线方向最长约 1780m、最短约 1770m。矿体形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。矿区范围内 V1 矿体面积 2500000m^2 。

与 V1 矿体一样，V2 矿体全区分布，区内所有钻孔揭露矿体。矿体平面近似呈平行四边形，沿勘探线方向最长约 1430m、最短约 1380m，垂直勘探线方向最长约 1780m、最短约 1770m。矿体形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。矿区范围内 V2 矿体面积 2500000m^2 。

各个钻孔中矿层 V1 和 V2 的厚度、顶面标高、底面标高和盖层厚度具体见表 2.2.1-1。

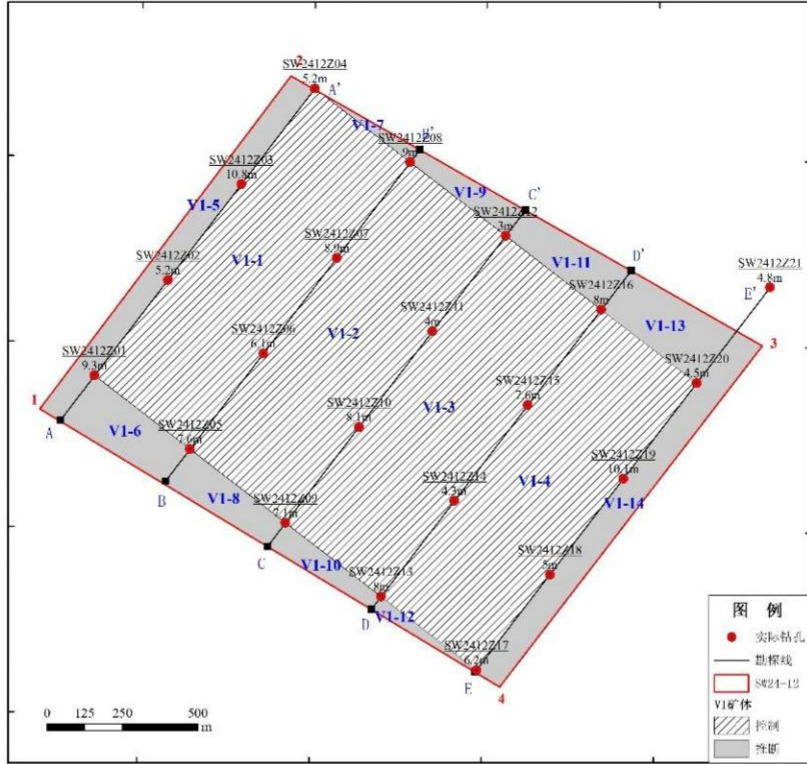


图 2.2.1-1 V1 矿体平面分布图

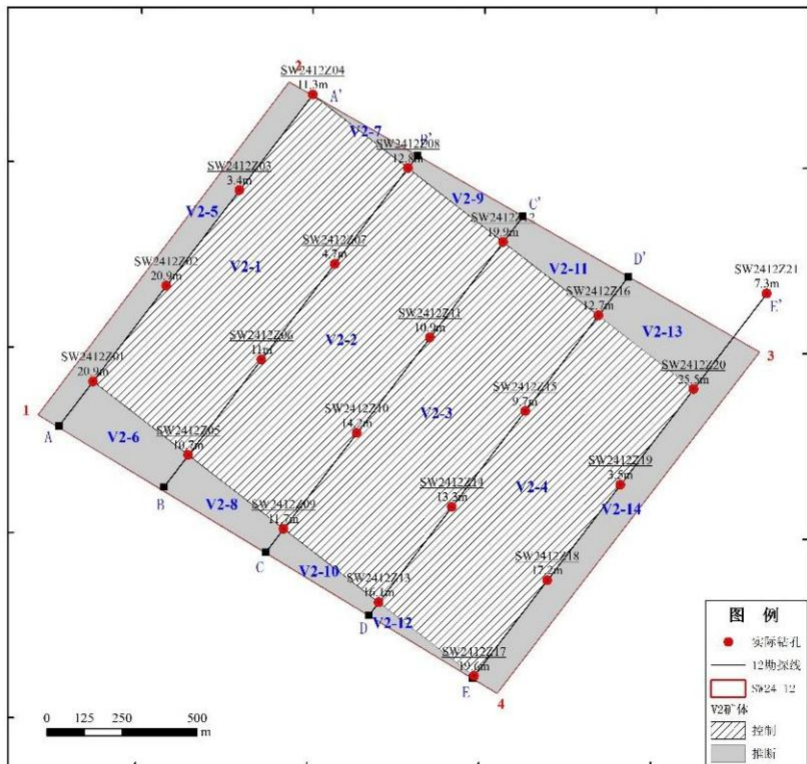


图 2.2.1-2 V2 矿体平面分布图

2.2.1.2 矿体厚度及其变化情况

V1 矿体厚度变化在 3.0m~10.8m 之间。矿体厚度大致呈北部和西部厚，东部薄的变化趋势（图 4-1-3）。其中 SW2412Z03 和 SW2412Z19 孔矿体厚度最大，分别为 10.8m 和 10.1m。SW2412Z12 和 SW2412Z11 孔矿体厚度最小，分别为 3.0m 和 4.0m。矿体 V1 平均厚度 6.80m。矿体厚度变化系数为 32.11%，矿体厚度稳定。

V2 矿体厚度变化在 3.4m~25.5m 之间，矿体厚度大体呈东部、南部和西部厚，北部和中部薄的变化趋势（图 4-1-4）。其中，SW2412Z20、SW2412Z01 和 SW2412Z02 孔矿体厚度最大，分别为 25.5m、20.9m 和 20.9m。SW2412Z03、SW2412Z19 和 SW2412Z07 孔矿体厚度最小，分别为 3.4m、3.5m 和 4.7m。矿体 V2 平均厚度 13.20m。矿体厚度变化系数为 45.22%，矿体厚度稳定。

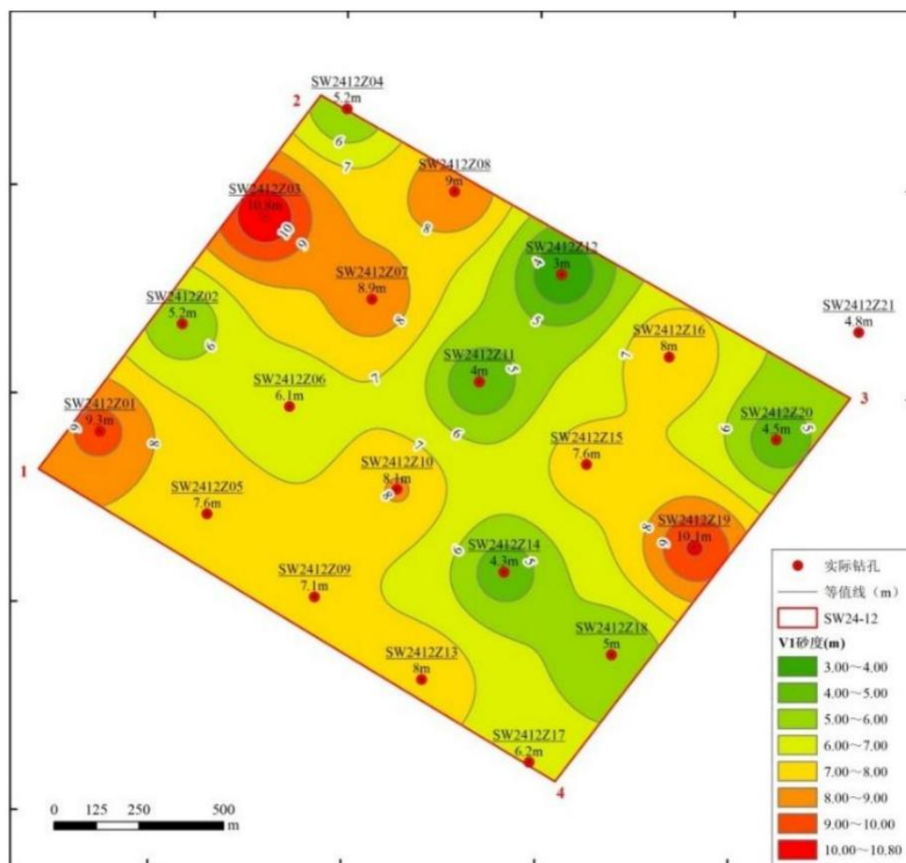


图 2.2.1-3 V1 海砂矿体等厚度图

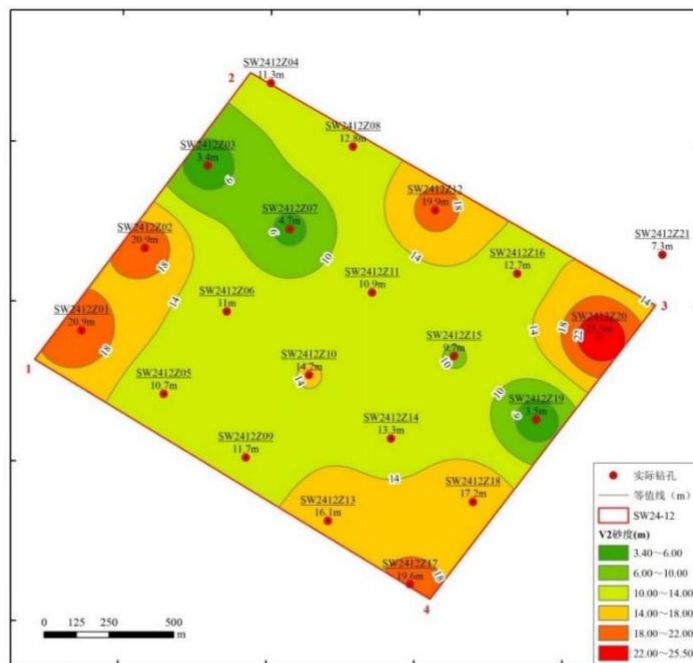


图 2.2.1-4 V2 矿体海砂等厚度图

表 2.2.1-1 各钻孔矿体 V1 和 V2 顶底面标高、厚度和盖层厚度（单位：m）

孔号	孔口 标高	V1 矿 体 顶板 标高	V1 矿 体 底板 标高	V2 矿 体 顶板 标高	V2 矿 体 底板 标高	V1 矿 体 厚 度	V2 矿 体 厚 度	V1 矿 体 盖 层 厚 度	V2 矿 体 盖 层 厚 度
SW2412Z01	-15.83	-25.93	-35.23	-35.23	-56.13	9.3	20.9	10.1	19.4
SW2412Z02	-15.73	-23.93	-29.13	-30.03	-50.93	5.2	20.9	8.2	14.3
SW2412Z03	-15.29	-23.09	-35.19	-37.89	-41.29	10.8	3.4	7.8	22.6
SW2412Z04	-15.10	-22.60	-27.80	-29.70	-42.60	5.2	11.3	7.5	14.6
SW2412Z05	-16.10	-26.10	-33.70	-34.70	-45.40	7.6	10.7	10.0	18.6
SW2412Z06	-15.61	-23.41	-29.51	-29.51	-40.51	6.1	11.0	7.8	13.9
SW2412Z07	-15.58	-24.68	-33.58	-37.68	-44.18	8.9	4.7	9.1	22.1
SW2412Z08	-15.26	-23.26	-32.26	-34.26	-53.76	9.0	12.8	8.0	19.0
SW2412Z09	-16.18	-24.58	-31.68	-31.68	-49.98	7.1	11.7	8.4	15.5
SW2412Z10	-16.12	-21.32	-29.42	-29.42	-45.92	8.1	14.2	5.2	13.3
SW2412Z11	-15.84	-25.84	-29.84	-29.84	-46.84	4.0	10.9	10.0	14.0
SW2412Z12	-15.55	-20.85	-23.85	-30.85	-52.45	3.0	19.9	5.3	15.3
SW2412Z13	-16.24	-27.64	-35.64	-36.64	-52.74	8.0	16.1	11.4	20.4
SW2412Z14	-15.93	-29.13	-33.43	-34.33	-49.03	4.3	13.3	13.2	18.4
SW2412Z15	-16.04	-24.84	-35.44	-35.44	-45.14	7.6	9.7	8.8	19.4
SW2412Z16	-16.27	-24.87	-32.87	-32.87	-45.57	8.0	12.7	8.6	16.6
SW2412Z17	-16.51	-25.11	-33.11	-36.41	-56.01	6.2	19.6	8.6	19.9

SW2412Z18	-16.51	-26.51	-31.51	-33.51	-50.71	5.0	17.2	10.0	17.0
SW2412Z19	-16.29	-26.49	-36.59	-43.79	-47.29	10.1	3.5	10.2	27.5
SW2412Z20	-16.06	-25.26	-29.76	-29.76	-55.26	4.5	25.5	9.2	13.7
SW2412Z21	-16.07	-27.67	-32.47	-42.57	-49.87	4.8	7.3	11.6	26.5
平均值	-15.91	-24.91	-32.00	-34.10	-48.65	6.80	13.20	9.00	18.19

2.2.1.3 矿体顶、底板特征

V1 矿体赋存标高为-20.85m~-36.59m。V1 矿体顶板标高在-20.85m~-29.13m 之间,平均-24.91m。矿体顶标高大致呈北部和中部浅,南部深的变化趋势(图 2.2.1-5)。其中, SW2412Z12 孔矿体顶板最浅, 为-20.85m, SW2412Z14 孔矿体顶板最深, 为-29.13m。

V1 矿体底板标高在-23.85m~-36.59m 之间, 平均-32.00m。矿体底标高大致呈中北部浅, 南部深的变化趋势(图 2.2.1-6)。其中, SW2412Z12 孔矿体底板最浅, 为-23.85m, SW2412Z19 孔矿体底板最深, 为-36.59m。

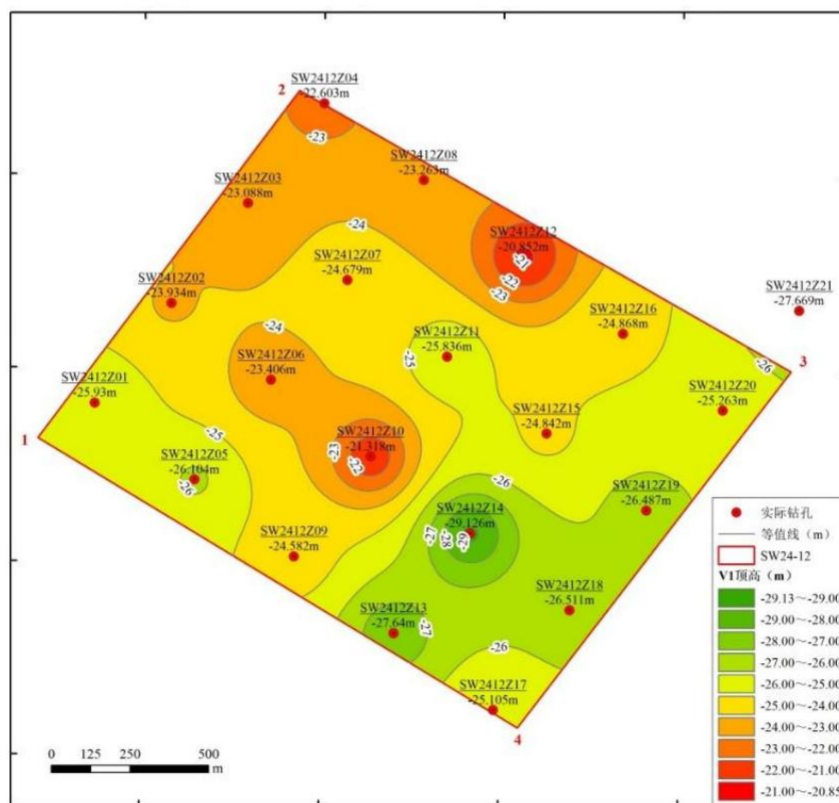


图 2.2.1-5 V1 矿体顶面标高图

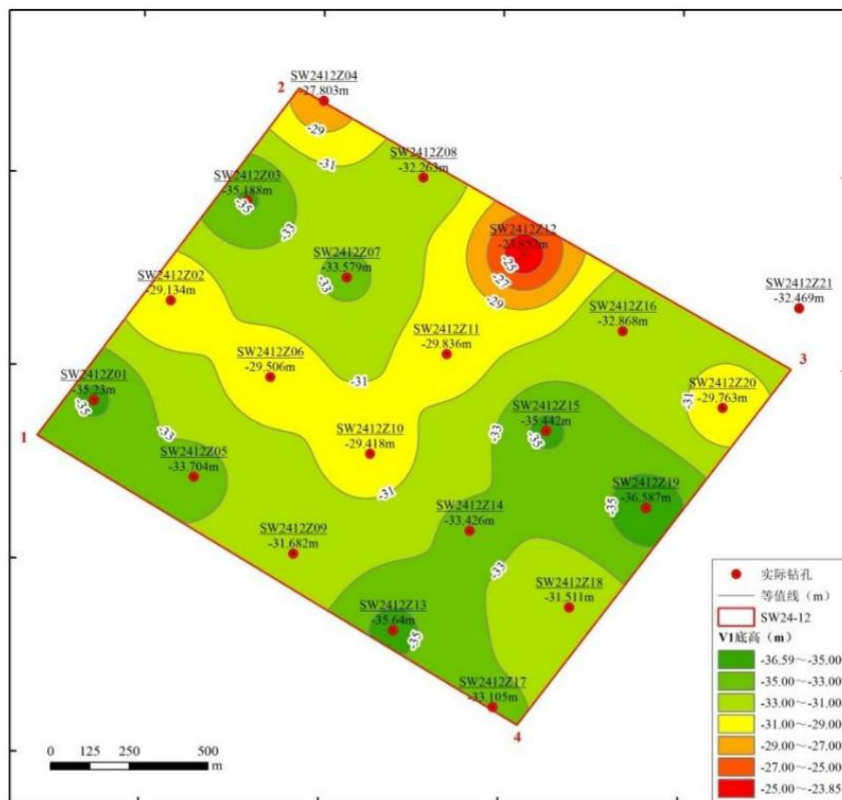


图 2.2.1-6 V1 矿体底面标高图

V2 矿体赋存标高为-29.42m~-56.13m。V2 矿体顶板标高在-29.42m~-43.79m 之间，平均-34.10m。矿体顶标高大致呈中部和西北部浅，南部和北部深的变化趋势（图 4-1-7）。其中，SW2412Z10 孔矿体顶板最浅，为-29.42m，SW2412Z19 孔矿体顶板最深，为-43.79m。（图 2.2.1-7）。

V2 矿体底板标高在-40.51m~-56.13m 之间，平均-48.65m。矿体底标高大致呈北部和中部浅，南部、东部和西部深的变化趋势（图 2.2.1-8）。其中，SW2412Z06 孔矿体底板最浅，为-40.51m，SW2412Z01 孔矿体底板最深，为-56.13m。

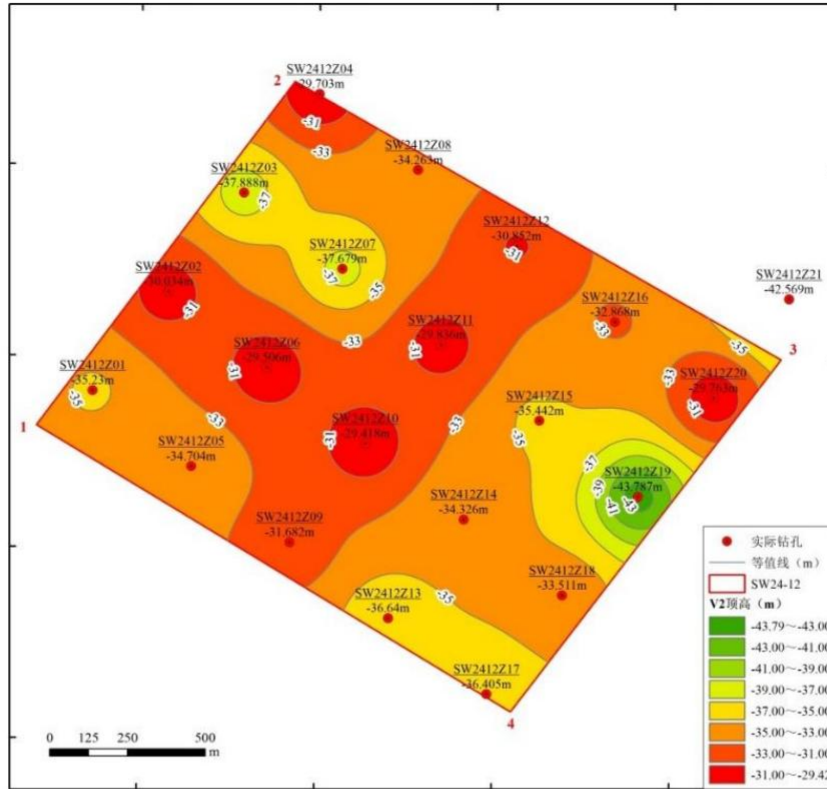


图 2.2.1-7 V2 矿体顶面标高图

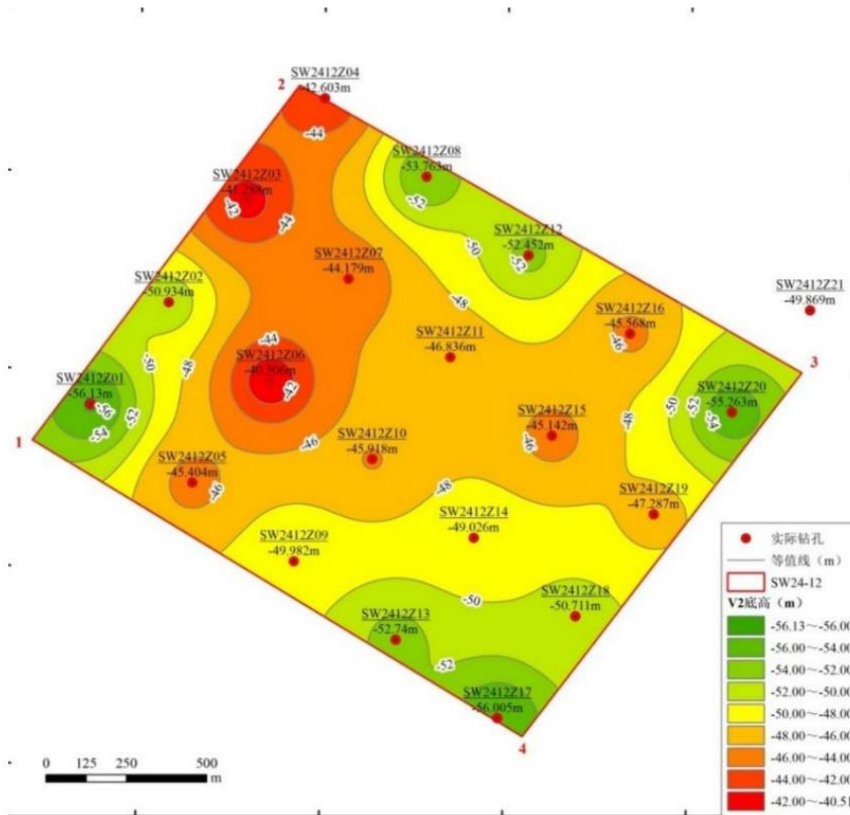


图 2.2.1-8 V2 矿体底面标高图

2.2.1.4 矿体覆盖层和夹层特征

1. 矿体 V1

覆盖层：V1 矿体覆盖层其顶部为海底，底部为矿体 V1 顶板，V1 矿体覆盖层厚度变化在 5.2m~13.2m 之间（图 2.2.1-9），平均厚度 9.00m。覆盖层大致呈南部厚，中部和北部薄的变化趋势，形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。覆盖层岩性以流塑-软塑状的砂质泥为主，少量为泥质砂和泥，极少量为砂。覆盖层砂+砾含量为 12.70%~82.90%，平均含量 36.78%，变化系数为 39.02%，分布均匀。各个钻孔中 V1 矿体的覆盖层厚度详见表 4-1-1。

夹层：根据《矿产地质勘查规范 海砂》（DZ/T 0494-2024）规范开采技术条件指标，夹石剔除厚度为 >1m。V1 矿体仅在矿区北部的 SW2412Z03 孔和南部的 SW2412Z15、SW2412Z17 孔出现夹层，其余钻孔未见夹层。矿体夹层厚度介于 1.3m~3.0m，其中：SW2412Z03（1.3m 砂质泥），SW2412Z15（3.0m 泥），SW2412Z17（1.8m 砂质泥）。夹层形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。夹层岩性为砂质泥和泥，砂+砾含量为 17.30%~48.60%，平均含量 32.47%，变化系数为 40.89%，分布均匀。矿体 V1 的夹层编号、顶底面标高、厚度等信息详见表 4-1-2。

2. 矿体 V2

覆盖层：V2 矿体的覆盖层包括其上覆的泥质地层和 V1 矿体，其顶部为海底，底部为矿体 V2 顶板。V2 矿体覆盖层厚度变化在 13.3m~27.5m 之间（图 2.2.1-10），平均厚度 18.19m。覆盖层大致呈南部和北部厚，中部和东部薄的变化趋势，形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。覆盖层岩性以砂质泥为主，泥质砂次之，少量为砂和泥，极少量为砾质砂，其中大部分的砂、泥质砂和砾质砂主要分布在 V1 矿体内。覆盖层除去 V1 矿体外的泥质地层岩性主要为砂质泥，少量为泥和泥质砂，极少数为砂，砂+砾含量为 0.90%~82.90%，平均含量 34.70%，变化系数为 44.53%，分布均匀。各个钻孔中 V2 矿体的覆盖层厚度详见表 4-1-1。

V2 矿体在 SW2412Z04、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12 和 SW2412Z14 孔出现夹层，这些钻孔主要位于矿区中部和北部，其余钻孔未见夹层。矿体夹层厚度介于 1.4m~6.6m，其中：SW2412Z04（1.6m 泥）、SW2412Z07（1.8m 砂质泥）、SW2412Z08（1.6m 砂质泥，5.1m 泥、砂质泥）、SW2412Z09（6.6m 砂质泥、泥）、SW2412Z10（2.3m 砂质泥）、SW2412Z11

(6.1m 泥)、SW2412Z12 (1.7m 砂质泥) 和 SW2412Z14 (1.4m 砂质泥)。夹层形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。夹层岩性主要为砂质泥，其次为泥，砂+砾含量为 6.20%~46.90%，平均含量 25.57%，变化系数为 52.11%，分布均匀。矿体 V2 的夹层编号、顶底面标高、厚度等信息详见表 2.2.1-2。

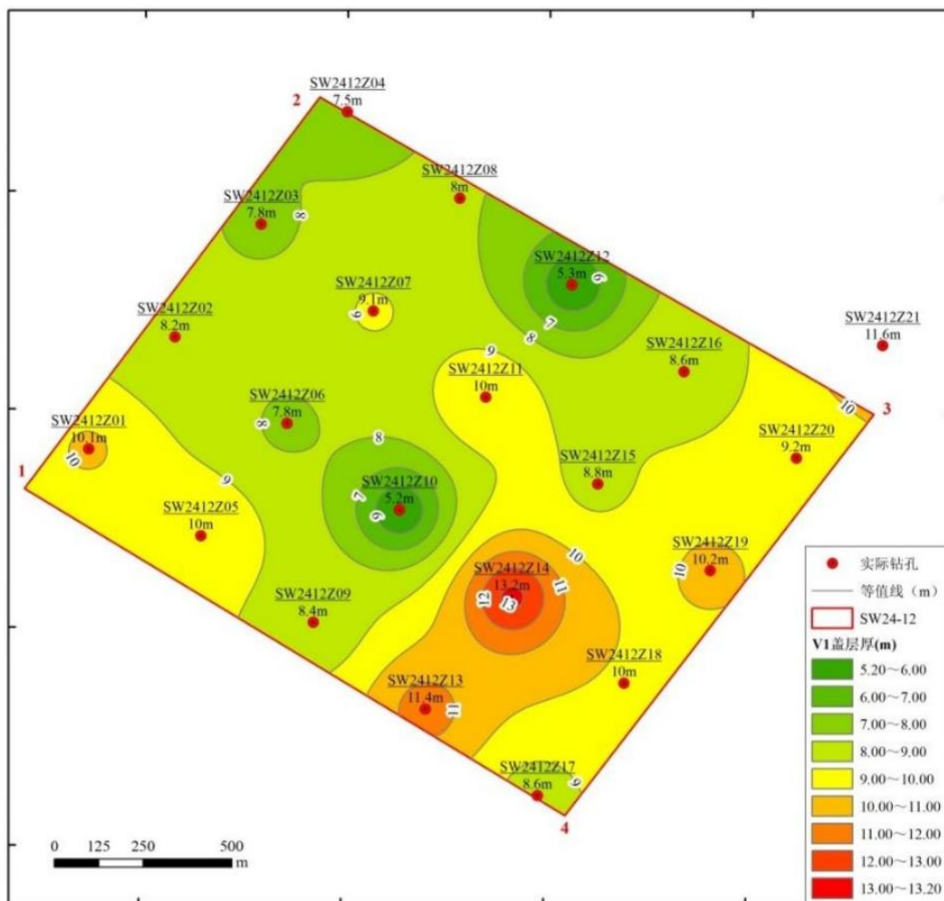


图 2.2.1-9 V1 矿体海砂盖层等厚度图

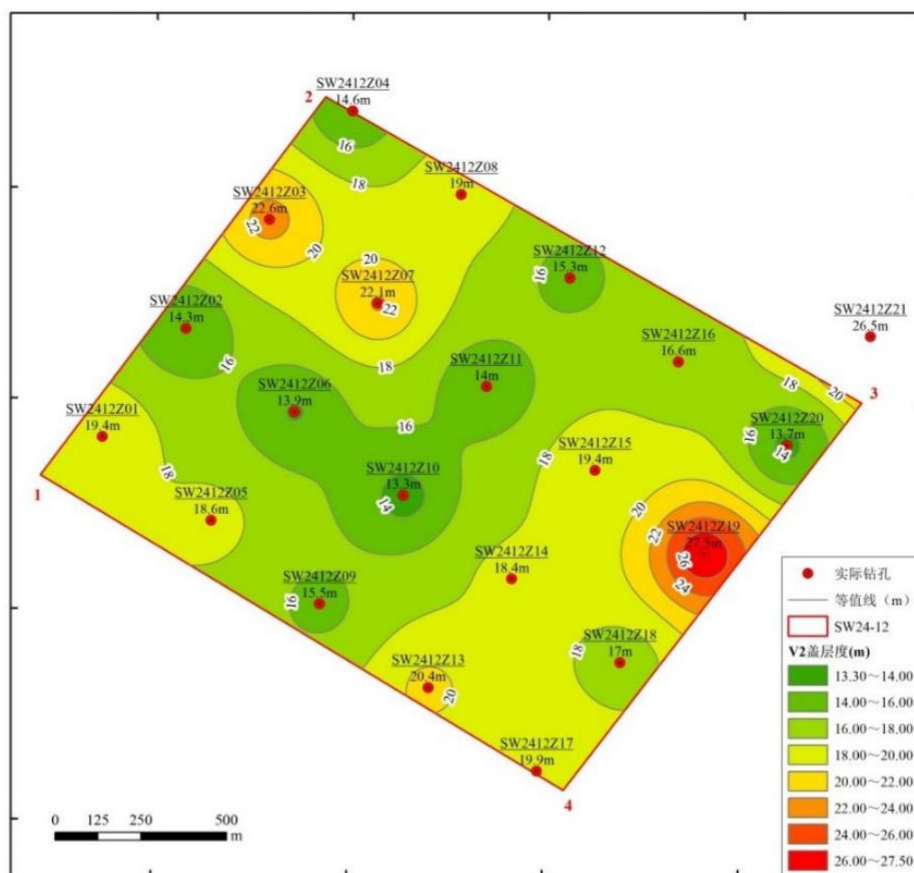


图 2.2.1-10 V2 矿体海砂盖层等厚度图

表 2.2.1-2 矿区矿体夹层信息一览表

夹层所在矿体	钻孔编号	夹层一				夹层二				夹层总厚度 (m)	
		夹层编号	顶面标高 (m)	底面标高 (m)	厚度 (m)	岩性	夹层编号	顶面标高 (m)	底面标高 (m)		厚度 (m)
V1	SW2412Z03	V1J 1	█	█	1.3	砂质泥	/	/	/	/	█
	SW2412Z15	V1J 2	█	█	3.0	泥	/	/	/	/	█
	SW2412Z17	V1J 3	█	█	1.8	砂质泥	/	/	/	/	█
V2	SW2412Z04	V2J 1	█	█	1.6	泥	/	/	/	/	█
	SW2412Z07	V2J 2	█	█	1.8	砂质泥	/	/	/	/	█
	SW2412Z08	V2J 2	█	█	1.6	砂质泥	V2J 3	-45.0 6	-50.1 6	5.1	泥、 砂质 泥

SW2412Z 09	V2J 4	■	■	6.6	砂质泥、 泥	/	/	/	/	/	■
SW2412Z 10	V2J 4	■	■	2.3	砂质泥	/	/	/	/	/	■
SW2412Z 11	V2J 5	■	■	6.1	泥	/	/	/	/	/	■
SW2412Z 12	V2J 5	■	■	1.7	砂质泥	/	/	/	/	/	■
SW2412Z 14	V2J 6	■	■	1.4	砂质泥	/	/	/	/	/	■

2.2.2 矿源储量及品位分析

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂资源储量核实报告》（2025 年 12 月），本项目资源量根据《矿产地质勘查规范 海砂》（DZ/T 0494-2024）规范要求确定资源量估算工业指标，并经广东省自然资源厅和广东省储量评审中心认可，目前项目储量核实报告已完成相关备完工作。

2.2.2.1 矿源储量估算

1、矿石质量指标

- (1) 含砂量 $\geq 50\%$ （粒径 $\geq 0.063\text{mm}$ 的沉积物含量）；
- (2) 粗度指数大于或等于 0.95，或细度模数大于或等于 0.7；
- (3) 放射性物质内、外照射指数小于或等于 1。

2、开采技术条件指标

- (1) 最小可开采厚度： $\geq 2\text{m}$ ；
- (2) 夹石剔除厚度： $> 1\text{m}$ 。

3、矿体圈定及外推原则

本次调查的对象为回填料砂，根据《矿产地质勘查规范 海砂》（DZ/T 0494-2024）规范，确定本次回填料海砂矿体圈定及外推原则。

(1) 矿体圈定与连接

- 1) 凡符合矿石质量指标要求且厚度大于等于 2m 的砂层圈定为矿体。
- 2) 当连续矿石样段中夹个别达不到工业要求的样段，上下矿石样段加权平均后如达到工业指标的，可圈矿。

- 3) 相邻两个工程矿体层位对应时，用直线连成矿体；相邻工程无相应矿层发

育时，按工程间距的四分之一平推。

4) 当砂层厚度小于 2m，且满足圈矿指标，但相邻工程见矿，为保证地层的连续性，该砂层可圈定为矿体。

(2) 矿体外推

1) 矿体边界确定：相邻两个工程一个见矿，另一个不见矿时，采用有限外推，自见矿工程外推工程间距的四分之一（200m）平推。

2) 无限外推按工程间距的二分之一（200m）平推。

4、资源量估算方法

本矿床矿体呈近似层状展布，矿体产状较平缓，分布较连续，矿层厚度变化较稳定，工程分布较均匀，故本次资源量估算方法采用水平投影地质块段法估算海砂资源量。

本报告海砂原矿资源量以体积表示，估算公式如下：

$$VR=S_i \times H_i$$

其中：VR 为海砂原矿体积资源量；

S_i 为第 i 个块段的面积；

H_i 为参加块段资源量估算的各工程海砂厚度的算术平均值。

本报告海砂资源量估算公式为：

$$V=VR \times (1-M)$$

其中：V 为海砂资源量；

M 为海砂原矿平均含泥量。

5、资源量类型确定

本次详查仅开展概略研究，根据固体矿产资源储量分类（GB/T 17766-2020），本报告按照地质可靠程度高低，将矿床资源量划分为控制资源量和推断资源量两类。各类资源量所具备的基本条件如下：

控制资源量：是指在勘查工作程度已达到详查阶段要求（矿体工程控制网度为 400m×400m，物探控制网度为 200m×200m 的块段），由见矿工程连接圈定的块段，地质可靠程度高。

推断资源量：控制资源量外推部分和边缘工程含勘探线无限外推块段，地质可靠程度较低。

6、块段划分

(1) 划分原则

根据《矿产地质勘查规范 海砂》（DZ/T 0494-2024）规范，块段按不同资源量类型划分，全部采用勘探线法，相邻两勘探线之间块段按不同资源量类型划分，见矿工程有限、无限外推部分及一条勘探线控制的外推部分单独划为一个块段。

钻孔工程间距达到 $400\text{m} \times 400\text{m}$ ，由多个见矿工程圈闭的为控制资源量块段；按勘查工程间距或实际工程间距由见矿工程外推二分之一圈定的外推部分为推断资源量块段。

(2) V1 矿体块段划分

根据以上原则，将 V1 矿体划分为 V1-1、V1-2、V1-3.....V1-14 共 14 个地质块段（图 2.2.2-1），V1 矿体角点坐标见表 8-5-1，十四个块段皆由见矿工程和不见矿工程控制或推断，分段详细内容如下：

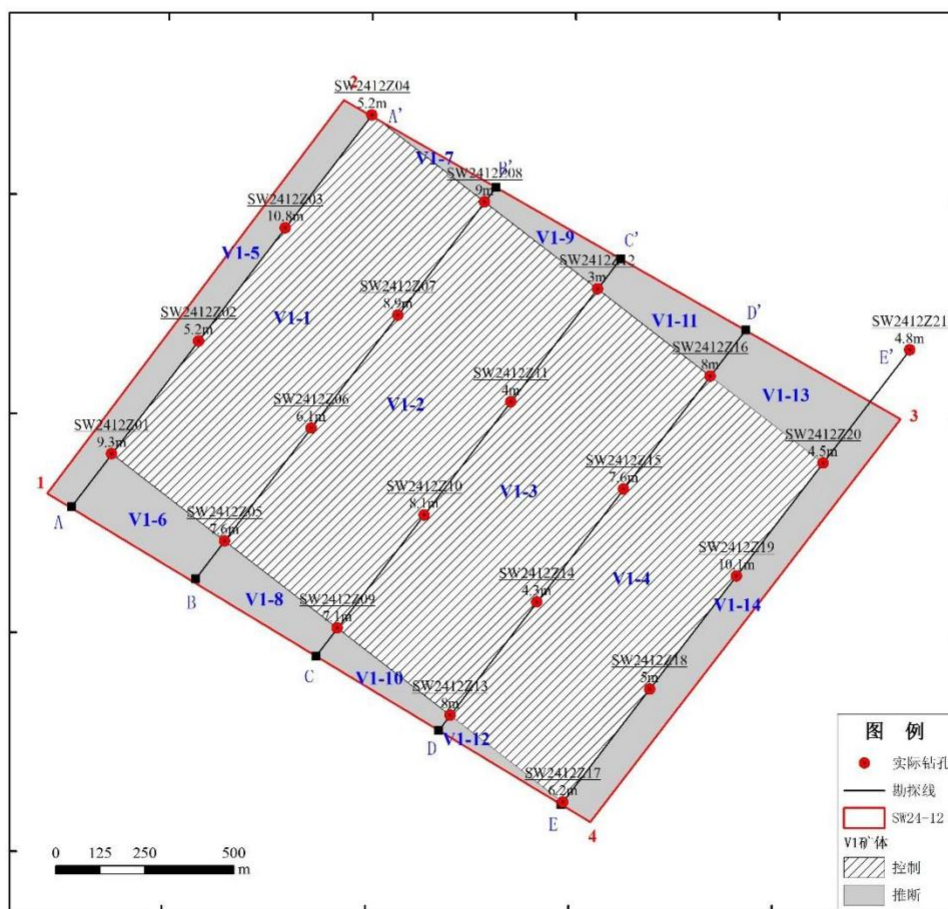


图 2.2.2-1 SW24-12 矿区 V1 矿体块段及资源量类型分布平面图

V1-1 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 连线控制。

V1-2 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 连线控制。

V1-3 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 连线控制。

V1-4 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z16、SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19 和 SW2412Z20 连线控制。

V1-5 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西北边界；由见矿工程 SW2412Z01 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；由见矿工程 SW2412Z04 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界。无限外推采用尖推。

V1-6 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z01、SW2412Z05 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V1-7 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z04、SW2412Z08 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V1-8 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z05、SW2412Z09 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V1-9 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z08、SW2412Z12 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V1-10 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z09、SW2412Z13 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V1-11 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z12、SW2412Z16 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V1-12 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z13、SW2412Z17 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V1-13 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z16、SW2412Z20 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V1-14 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东南边界；由见矿工程 SW2412Z17 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；由见矿工程 SW2412Z20 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界。无限外推采用尖推

表 2.2.2-1 SW24-12 矿区 V1 矿体角点坐标

角点 编号	CGCS2000 坐标系，高斯克吕格投影，中央经线 117°E			
	地理坐标		直角坐标	
	E (°′′′)	N (°′′′)	X (m)	Y (m)
1	██████████	██████████	██████████	██████████
2	██████████	██████████	██████████	██████████
3	██████████	██████████	██████████	██████████
4	██████████	██████████	██████████	██████████

注：坐标系 CGCS2000，高斯克吕格投影 3 度带，中央经线 117°E

(3) V2 矿体块段划分

将 V2 矿体划分为 V2-1、V2-2、V2-3……V2-14 共十四个地质块段(图 2.2.2-2)，V2 矿体角点坐标见表 8-5-2，十四个块段皆由见矿工程和不见矿工程控制或推断，分段详细内容如下：

V2-1 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 连线控制。

V2-2 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 连线控制。

V2-3 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16

连线控制。

V2-4 地质块段为控制资源量块段。由见矿工程 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z16、SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19 和 SW2412Z20 连线控制。

V2-5 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西北边界；由见矿工程 SW2412Z01 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；由见矿工程 SW2412Z04 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界。无限外推采用尖推。

V2-6 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z01、SW2412Z05 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V2-7 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z04、SW2412Z08 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V2-8 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z05、SW2412Z09 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V2-9 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z08、SW2412Z12 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V2-10 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z09、SW2412Z13 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V2-11 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z12、SW2412Z16 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V2-12 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z13、SW2412Z17 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；无限外推采用尖推。

V2-13 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z16、SW2412Z20 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东北边界；无限外推采用尖推。

V2-14 地质块段为推断资源量块段。由见矿工程 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 连线按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区东南边界；由见矿工程 SW2412Z17 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿区西南边界；由见矿工程 SW2412Z20 按工程间距的二分之一（200m）无限外推至矿

区东北边界。无限外推采用尖推。

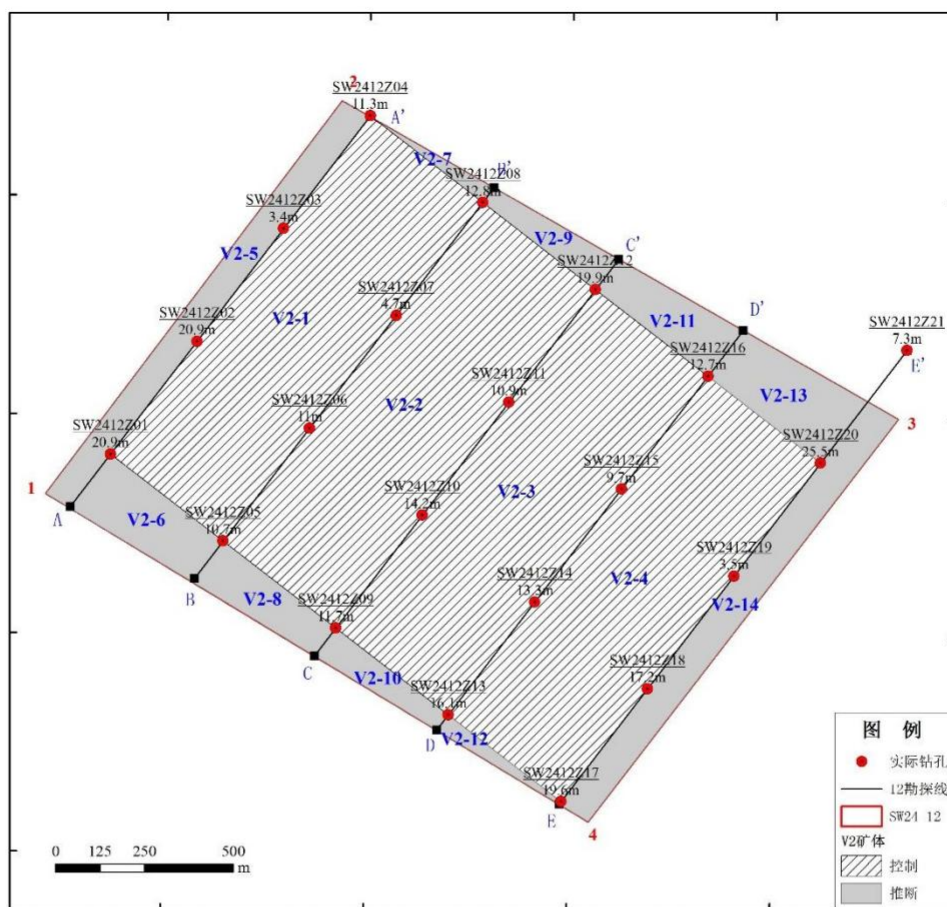


图 2.2.2-2 SW24-12 矿区 V2 矿体块段及资源量类型分布平面图

表 2.2.2-2 SW24-12 矿区 V2 矿体角点坐标

广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区 V2 矿体角点坐标				
角点 编号	CGCS2000 坐标系，高斯克吕格投影，中央经线 117°E			
	地理坐标		直角坐标	
	E (°′′′)	N (°′′′)	X (m)	Y (m)
1	██████████	██████████	██████████	██████████
2	██████████	██████████	██████████	██████████
3	██████████	██████████	██████████	██████████
4	██████████	██████████	██████████	██████████

7、资源量估算参数的确定

(1) 块段面积 (S)

通过 Arcgis 软件计算出各块段面积，矿体 V1 和 V2 地质块段面积详见表 2.2.2-3。

计算 V1 矿体总面积为 2500000m²，其中控制资源量类型的面积为 1919010m²，

推断资源量类型的面积为 580990m²。

计算 V2 矿体总面积为 2500000m²，其中控制资源量类型的面积为 1919010m²，推断资源量类型的面积为 580990m²。

表 2.2.2-3 V1 和 V2 矿体地质块段面积一览表

矿体号	块段号	资源量类型	面积 (m ²)	
V1	V1-1	控制		
	V1-2	控制		
	V1-3	控制		
	V1-4	控制		
	V1-5	推断		
	V1-6	推断		
	V1-7	推断		
	V1-8	推断		
	V1-9	推断		
	V1-10	推断		
	V1-11	推断		
	V1-12	推断		
	V1-13	推断		
	V1-14	推断		
	小计		控制	
			推断	
合计		控制+推断		
V2	V2-1	控制		
	V2-2	控制		
	V2-3	控制		
	V2-4	控制		
	V2-5	推断		
	V2-6	推断		
	V2-7	推断		
	V2-8	推断		
	V2-9	推断		
	V2-10	推断		
	V2-11	推断		
	V2-12	推断		
	V2-13	推断		
	V2-14	推断		
	小计		控制	
			推断	
合计		控制+推断		

(2) 块段厚度 (H)

根据《矿产地质勘查规范 海砂》(DZ/T 0494-2024) 规范, 按分布于块段内单工程的海砂厚度之和除以参加资源量估算的工程数所得的算术平均值作为控制资源量块段平均厚度; 无限尖推块段和有限尖推块段的平均厚度按参加估算推断资源量块段的各工程海砂厚度的一半或内插厚度的算术平均值。各工程尖推至矿区边界点的砂层厚度通过内插算量得到。

1) V1 矿体块段厚度

控制资源量块段 V1-1 厚度由工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 控制, 取该八个单工程海砂厚度的算术平均值, 则 V1-1 块段的厚度为 7.8m。

控制资源量块段 V1-2 厚度由工程 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 控制, 取该八个单工程海砂厚度的算术平均值, 则 V1-2 块段的厚度为 6.7m。

控制资源量块段 V1-3 厚度由工程 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 控制, 取该八个单工程海砂厚度的算术平均值, 则 V1-3 块段的厚度为 6.3m。

控制资源量块段 V1-4 厚度由工程 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z16、SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19 和 SW2412Z20 控制, 取该八个单工程海砂厚度的算术平均值, 则 V1-4 块段的厚度为 6.7m。

推断资源量块段 V1-5 厚度由工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04 控制。由该四个工程分别向西北做无限尖推至矿区边界, 通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该四个工程的海砂块段厚度分别为 7.48m、4.13m、8.51m、4.06m, 则 V1-5 块段的厚度为该四个工程海砂块段厚度的算术平均值, 即 6.0m。

推断资源量块段 V1-6 厚度由工程 SW2412Z01、SW2412Z05 控制。由工程 SW2412Z01 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界, 通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 4.88m; 由工程 SW2412Z06 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界, 通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 4.85m; 则 V1-6 块

段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 4.9m。

推断资源量块段 V1-7 厚度由工程 SW2412Z04、SW2412Z08 控制。由工程 SW2412Z04 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 5.20m；由工程 SW2412Z08 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 7.83m；则 V1-7 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 6.5m。

推断资源量块段 V1-8 厚度由工程 SW2412Z05、SW2412Z09 控制。由工程 SW2412Z05 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 4.85m；由工程 SW2412Z09 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 5.34m；则 V1-8 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 5.1m。

推断资源量块段 V1-9 厚度由工程 SW2412Z08、SW2412Z12 控制。由工程 SW2412Z08 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 7.83m；由工程 SW2412Z12 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 2.20m；则 V1-9 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 5.0m。

推断资源量块段 V1-10 厚度由工程 SW2412Z09、SW2412Z13 控制。由工程 SW2412Z09 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 5.34m；由工程 SW2412Z13 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 6.92m；则 V1-10 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 6.1m。

推断资源量块段 V1-11 厚度由工程 SW2412Z12、SW2412Z16 控制。由工程 SW2412Z12 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 2.20m；由工程 SW2412Z16 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂

层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 4.75m；则 V1-11 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 3.5m。

推断资源量块段 V1-12 厚度由工程 SW2412Z13、SW2412Z17 控制。由工程 SW2412Z13 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 6.92m；由工程 SW2412Z17 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 6.07m；则 V1-12 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 6.5m。

推断资源量块段 V1-13 厚度由工程 SW2412Z16、SW2412Z20。由工程 SW2412Z16 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 4.75m；由工程 SW2412Z20 沿勘探线向工程 SW2412Z21 通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 4.58m；则 V1-13 块段的厚度为该三个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 4.7m。

推断资源量块段 V1-14 厚度由工程 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 和 SW2412Z21 控制。由该五个工程分别向东南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该五个工程的海砂块段厚度分别为 4.74m、3.81m、7.68m、3.41m、3.63m，则 V1-14 块段的厚度为该五个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 4.7m。

2) V2 矿体块段厚度

控制资源量块段 V2-1 厚度由工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 控制，取该八个单工程海砂厚度的算术平均值，则 V2-1 块段的厚度为 12.0m。

控制资源量块段 V2-2 厚度由工程 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 控制，取该八个单工程海砂厚度的算术平均值，则 V2-2 块段的厚度为 12.0m。

控制资源量块段 V2-3 厚度由工程 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 控制，取该八个单工程海砂厚度的算术平均值，则 V2-3 块段的厚度为 13.6m。

控制资源量块段 V2-4 厚度由工程 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z16、SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19 和 SW2412Z20 控制，取该八个单工程海砂厚度的算术平均值，则 V2-4 块段的厚度为 14.7m。

推断资源量块段 V2-5 厚度由工程 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04 控制。由该四个工程分别向西北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该四个工程的海砂块段厚度分别为 16.8m、16.62m、2.68m、8.83m，则 V2-5 块段的厚度为该四个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 11.2m。

推断资源量块段 V2-6 厚度由工程 SW2412Z01、SW2412Z05 控制。由工程 SW2412Z01 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 10.97m；由工程 SW2412Z06 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 6.83m；则 V2-6 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 8.9m。

推断资源量块段 V2-7 厚度由工程 SW2412Z04、SW2412Z08 控制。由工程 SW2412Z04 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 11.30m；由工程 SW2412Z08 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 11.14m；则 V2-7 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 11.2m。

推断资源量块段 V2-8 厚度由工程 SW2412Z05、SW2412Z09 控制。由工程 SW2412Z05 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 6.83m；由工程 SW2412Z09 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 8.80m；则 V2-8 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 7.8m。

推断资源量块段 V2-9 厚度由工程 SW2412Z08、SW2412Z12 控制。由工程 SW2412Z08 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 11.14m；由工程

SW2412Z12 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 14.58m；则 V2-9 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 12.9m。

推断资源量块段 V2-10 厚度由工程 SW2412Z09、SW2412Z13 控制。由工程 SW2412Z09 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 8.80m；由工程 SW2412Z13 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 13.92m；则 V2-10 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 11.4m。

推断资源量块段 V2-11 厚度由工程 SW2412Z12、SW2412Z16 控制。由工程 SW2412Z12 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 14.58m；由工程 SW2412Z16 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 7.55m；则 V2-11 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 11.1m。

推断资源量块段 V2-12 厚度由工程 SW2412Z13、SW2412Z17 控制。由工程 SW2412Z13 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 13.92m；由工程 SW2412Z17 沿勘探线向西南做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 19.18m；则 V2-12 块段的厚度为该两个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 16.6m。

推断资源量块段 V2-13 厚度由工程 SW2412Z16、SW2412Z20 控制。由工程 SW2412Z16 沿勘探线向东北做无限尖推至矿区边界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 7.55m；由工程 SW2412Z20 沿勘探线向工程 SW2412Z21 通过内插算量矿区边界点砂层厚度并取与工程的算术平均值得到该工程的海砂块段厚度为 20.56m；则 V2-13 块段的厚度为该三个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 14.1m。

推断资源量块段 V2-14 厚度由工程 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 和 SW2412Z21 控制。由该五个工程分别向东南做无限尖推至矿区边

界，通过内插算量矿区边界点砂层厚度并与工程的算术平均值得到该五个工程的海砂块段厚度分别为 14.97m、13.11m、2.66m、19.33m、5.52m，则 V2-14 块段的厚度为该五个工程海砂块段厚度的算术平均值，即 11.1m。

各块段砂层平均厚度见表 2.2.2-4。

表 2.2.2-4 各块段海砂层厚度统计表

矿体号	资源量类型	块段号	工程号	工程砂层厚度(m)	工程尖推至矿区边界时砂层厚度(m)	工程块段厚度(m)	块段平均厚度(m)	备注
V1	控制	V1-1	SW2412Z01	9.3	/	9.30	7.8	
			SW2412Z02	5.2	/	5.20		
			SW2412Z03	10.8	/	10.80		
			SW2412Z04	5.2	/	5.20		
			SW2412Z05	7.6	/	7.60		
			SW2412Z06	6.1	/	6.10		
			SW2412Z07	8.9	/	8.90		
			SW2412Z08	9.0	/	9.00		
	控制	V1-2	SW2412Z05	7.6	/	7.60	6.7	
			SW2412Z06	6.1	/	6.10		
			SW2412Z07	8.9	/	8.90		
			SW2412Z08	9.0	/	9.00		
			SW2412Z09	7.1	/	7.10		
			SW2412Z10	8.1	/	8.10		
			SW2412Z11	4.0	/	4.00		
			SW2412Z12	3.0	/	3.00		
	控制	V1-3	SW2412Z09	7.1	/	7.10	6.3	
			SW2412Z10	8.1	/	8.10		
			SW2412Z11	4.0	/	4.00		
			SW2412Z12	3.0	/	3.00		
			SW2412Z13	8.0	/	8.00		
			SW2412Z14	4.3	/	4.30		
			SW2412Z15	7.6	/	7.60		
			SW2412Z16	8.0	/	8.00		
控制	V1-4	SW2412Z13	8.0	/	8.00	6.7		
		SW2412Z14	4.3	/	4.30			
		SW2412Z15	7.6	/	7.60			
		SW2412Z16	8.0	/	8.00			
		SW2412Z17	6.2	/	6.20			
		SW2412Z18	5.0	/	5.00			
		SW2412Z19	10.1	/	10.10			

		SW2412Z20	4.5	/	4.50			
推断	V1-5	SW2412Z01	9.3	5.654	7.48	6.0	尖推	
		SW2412Z02	5.2	3.068	4.13			
		SW2412Z03	10.8	6.221	8.51			
		SW2412Z04	5.2	2.928	4.06			
推断	V1-6	SW2412Z01	9.3	0.460	4.88	4.9	尖推	
		SW2412Z05	7.6	2.101	4.85			
推断	V1-7	SW2412Z04	5.2	5.200	5.20	6.5	尖推	
		SW2412Z08	9.0	6.669	7.83			
推断	V1-8	SW2412Z05	7.6	2.101	4.85	5.1	尖推	
		SW2412Z09	7.1	3.575	5.34			
推断	V1-9	SW2412Z08	9.0	6.669	7.83	5.0	尖推	
		SW2412Z12	3.0	1.395	2.20			
推断	V1-10	SW2412Z09	7.1	3.575	5.34	6.1	尖推	
		SW2412Z13	8.0	5.836	6.92			
推断	V1-11	SW2412Z12	3.0	1.395	2.20	3.5	尖推	
		SW2412Z16	8.0	1.508	4.75			
推断	V1-12	SW2412Z13	8.0	5.836	6.92	6.5	尖推	
		SW2412Z17	6.2	5.933	6.07			
推断	V1-13	SW2412Z16	8.0	1.508	4.75	4.7	尖推	
		SW2412Z20	4.5	4.663	4.58			
推断	V1-14	SW2412Z17	6.2	3.274	4.74	4.7	尖推	
		SW2412Z18	5.0	2.620	3.81			
		SW2412Z19	10.1	5.252	7.68			
		SW2412Z20	4.5	2.322	3.41			
		SW2412Z21	4.8	2.458	3.63			
V2	控制	V2-1	SW2412Z01	20.9	/	20.90	12.0	
			SW2412Z02	20.9	/	20.90		
			SW2412Z03	3.4	/	3.40		
			SW2412Z04	11.3	/	11.30		
			SW2412Z05	10.7	/	10.70		
			SW2412Z06	11.0	/	11.00		
			SW2412Z07	4.7	/	4.70		
			SW2412Z08	12.8	/	12.80		
	控制	V2-2	SW2412Z05	10.7	/	10.70	12.0	
			SW2412Z06	11.0	/	11.00		
			SW2412Z07	4.7	/	4.70		
			SW2412Z08	12.8	/	12.80		
			SW2412Z09	11.7	/	11.70		
			SW2412Z10	14.2	/	14.20		
SW2412Z11	10.9	/	10.90					
SW2412Z12	19.9	/	19.90					

控制	V2-3	SW2412Z09	11.7	/	11.70	13.6	
		SW2412Z10	14.2	/	14.20		
		SW2412Z11	10.9	/	10.90		
		SW2412Z12	19.9	/	19.90		
		SW2412Z13	16.1	/	16.10		
		SW2412Z14	13.3	/	13.30		
		SW2412Z15	9.7	/	9.70		
		SW2412Z16	12.7	/	12.70		
控制	V2-4	SW2412Z13	16.1	/	16.10	14.7	
		SW2412Z14	13.3	/	13.30		
		SW2412Z15	9.7	/	9.70		
		SW2412Z16	12.7	/	12.70		
		SW2412Z17	19.6	/	19.60		
		SW2412Z18	17.2	/	17.20		
		SW2412Z19	3.5	/	3.50		
		SW2412Z20	25.5	/	25.50		
推断	V2-5	SW2412Z01	20.9	12.707	16.80	11.2	尖推
		SW2412Z02	20.9	12.331	16.62		
		SW2412Z03	3.4	1.958	2.68		
		SW2412Z04	11.3	6.362	8.83		
推断	V2-6	SW2412Z01	20.9	1.034	10.97	8.9	尖推
		SW2412Z05	10.7	2.959	6.83		
推断	V2-7	SW2412Z04	11.3	11.300	11.30	11.2	尖推
		SW2412Z08	12.8	9.485	11.14		
推断	V2-8	SW2412Z05	10.7	2.959	6.83	7.8	尖推
		SW2412Z09	11.7	5.891	8.80		
推断	V2-9	SW2412Z08	12.8	9.485	11.14	12.9	尖推
		SW2412Z12	19.9	9.254	14.58		
推断	V2-10	SW2412Z09	11.7	5.891	8.80	11.4	尖推
		SW2412Z13	16.1	11.745	13.92		
推断	V2-11	SW2412Z12	19.9	9.254	14.58	11.1	尖推
		SW2412Z16	12.7	2.394	7.55		
推断	V2-12	SW2412Z13	16.1	11.745	13.92	16.6	尖推
		SW2412Z17	19.6	18.757	19.18		
推断	V2-13	SW2412Z16	12.7	2.394	7.55	14.1	尖推
		SW2412Z20	25.5	15.611	20.56		
推断	V2-14	SW2412Z17	19.6	10.349	14.97	11.1	尖推
		SW2412Z18	17.2	9.013	13.11		
		SW2412Z19	3.5	1.820	2.66		
		SW2412Z20	25.5	13.158	19.33		
		SW2412Z21	7.3	3.738	5.52		

(3) 含泥量 (M)、含砂量 (S)

本报告中的泥是指粉砂和粘土的合称，粒径 $<0.063\text{mm}$ 的沉积物颗粒；砂为砾石和砂的合称，粒径 $\geq 0.063\text{mm}$ 的沉积物颗粒；矿体砂层的平均含泥量为对应矿体砂质样品含泥量的加权平均值，权为样品长度。矿体砂层的平均含砂量为对应矿体砂质样品含砂量的加权平均值，权为样品长度。

各块段的平均含泥量为对应块段见矿工程含泥量的厚度加权平均值，权为单工程矿层厚度；各块段的平均含砂量为对应块段见矿工程含砂量的厚度加权平均值，权为单工程矿层厚度。各块段的平均含泥量、含砂量见表 2.2.2-5。

表 2.2.2-5 矿区各块段海砂层含泥量、含砂量信息统计表

矿体号	资源量类型	块段号	工程号	厚度 (m)	单工程平均含泥量 (%)	厚度×含泥量	块段平均含泥量 (%)	块段平均含砂量 (%)
V1	控制	V1-1	SW2412Z01	■	■	■	■	■
			SW2412Z02	■	■	■		
			SW2412Z03	■	■	■		
			SW2412Z04	■	■	■		
			SW2412Z05	■	■	■		
			SW2412Z06	■	■	■		
			SW2412Z07	■	■	■		
			SW2412Z08	■	■	■		
			小计	■	■	■		
	控制	V1-2	SW2412Z05	■	■	■	■	■
			SW2412Z06	■	■	■		
			SW2412Z07	■	■	■		
			SW2412Z08	■	■	■		
			SW2412Z09	■	■	■		
			SW2412Z10	■	■	■		
			SW2412Z11	■	■	■		
			SW2412Z12	■	■	■		
			小计	■	■	■		
	控制	V1-3	SW2412Z09	■	■	■	■	■
			SW2412Z10	■	■	■		
			SW2412Z11	■	■	■		
			SW2412Z12	■	■	■		
			SW2412Z13	■	■	■		
			SW2412Z14	■	■	■		
			SW2412Z15	■	■	■		
			SW2412Z16	■	■	■		
			小计	■	■	■		
	控制	V1-4	SW2412Z13	■	■	■	■	■
			SW2412Z14	■	■	■		
			SW2412Z15	■	■	■		
			SW2412Z16	■	■	■		

		SW2412Z17	■	■	■		
		SW2412Z18	■	■	■		
		SW2412Z19	■	■	■		
		SW2412Z20	■	■	■		
		小计	■	■	■		
推断	V1-5	SW2412Z01	■	■	■		
		SW2412Z02	■	■	■		
		SW2412Z03	■	■	■	■	■
		SW2412Z04	■	■	■		
		小计	■	■	■		
推断	V1-6	SW2412Z01	■	■	■		
		SW2412Z05	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-7	SW2412Z04	■	■	■		
		SW2412Z08	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-8	SW2412Z05	■	■	■		
		SW2412Z09	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-9	SW2412Z08	■	■	■		
		SW2412Z12	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-10	SW2412Z09	■	■	■		
		SW2412Z13	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-11	SW2412Z12	■	■	■		
		SW2412Z16	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-12	SW2412Z13	■	■	■		
		SW2412Z17	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V1-13	SW2412Z16	■	■	■		
		SW2412Z20	■	■	■	■	■
		SW2412Z21	■	■	■		
		小计	■	■	■		

	推断	V1-14	SW2412Z17	■	■	■	■	■
			SW2412Z18	■	■	■		
			SW2412Z19	■	■	■		
			SW2412Z20	■	■	■		
			SW2412Z21	■	■	■		
			小计	■	■	■		
			V2	控制	V2-1	SW2412Z01		
SW2412Z02	■	■				■		
SW2412Z03	■	■				■		
SW2412Z04	■	■				■		
SW2412Z05	■	■				■		
SW2412Z06	■	■				■		
SW2412Z07	■	■				■		
SW2412Z08	■	■				■		
小计	■	■				■		
控制	V2-2	SW2412Z05		■	■	■	■	■
		SW2412Z06		■	■	■		
		SW2412Z07		■	■	■		
		SW2412Z08		■	■	■		
		SW2412Z09		■	■	■		
		SW2412Z10		■	■	■		
		SW2412Z11		■	■	■		
		SW2412Z12		■	■	■		
		小计		■	■	■		
控制	V2-3	SW2412Z09		■	■	■	■	■
		SW2412Z10		■	■	■		
		SW2412Z11		■	■	■		
		SW2412Z12		■	■	■		
		SW2412Z13		■	■	■		
		SW2412Z14		■	■	■		
		SW2412Z15		■	■	■		
		SW2412Z16		■	■	■		
		小计		■	■	■		
控制	V2-4	SW2412Z13	■	■	■	■	■	
		SW2412Z14	■	■	■			

		SW2412Z15	■	■	■		
		SW2412Z16	■	■	■		
		SW2412Z17	■	■	■		
		SW2412Z18	■	■	■		
		SW2412Z19	■	■	■		
		SW2412Z20	■	■	■		
		小计	■	■	■		
推断	V2-5	SW2412Z01	■	■	■		
		SW2412Z02	■	■	■		
		SW2412Z03	■	■	■	■	■
		SW2412Z04	■	■	■		
		小计	■	■	■		
推断	V2-6	SW2412Z01	■	■	■		
		SW2412Z05	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-7	SW2412Z04	■	■	■		
		SW2412Z08	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-8	SW2412Z05	■	■	■		
		SW2412Z09	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-9	SW2412Z08	■	■	■		
		SW2412Z12	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-10	SW2412Z09	■	■	■		
		SW2412Z13	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-11	SW2412Z12	■	■	■		
		SW2412Z16	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-12	SW2412Z13	■	■	■		
		SW2412Z17	■	■	■	■	■
		小计	■	■	■		
推断	V2-13	SW2412Z16	■	■	■	■	■
		SW2412Z20	■	■	■		

			SW2412Z21	■	■	■		
			小计	■	■	■		
推断	V2-14		SW2412Z17	■	■	■	■	■
			SW2412Z18	■	■	■		
			SW2412Z19	■	■	■		
			SW2412Z20	■	■	■		
			SW2412Z21	■	■	■		
			小计	■	■	■		

(4) 资源量估算结果

勘查区回填料用海砂资源量估算信息详见表 2.2.2-6。

V1 矿体:

控制资源量: $V_{V1-k} = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 平均含泥量为 27.06%, 平均含砂为 72.94%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$; 推断资源量: $V_{V1-t} = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 平均含泥量为 26.76%, 平均含砂为 73.24%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$ 。

V1 矿体海砂的细度模数在 0.5~3.4 之间, 平均值 1.5, 为特细砂级别。

V2 矿体:

控制资源量: $V_{V2-k} = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 平均含泥量为 20.63%, 平均含砂为 79.37%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$; 推断资源量: $V_{V2-t} = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 平均含泥量为 20.14%, 平均含砂为 79.86%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$ 。

V2 矿体海砂的细度模数在 0.5~4.2 之间, 平均值 2.4, 为中砂级别。

矿区:

控制+推断资源量 $V = V_k + V_t = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 平均含泥量为 22.72%, 平均含砂为 77.28%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$ 。其中, 控制资源量 $V_k = V_{V1-k} + V_{V2-k} = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 占总资源量的 80.19%, 平均含泥量为 22.85%, 平均含砂为 77.15%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$; 推断资源量 $V_t = V_{V1-t} + V_{V2-t} = \text{■} \times 10^4 \text{m}^3$, 占总资源量的 19.81%, 平均含泥量为 22.20%, 平均含砂为 77.80%, 海砂量 $\text{■} \times 10^4 \text{m}^3$ 。

全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1, 整体为细砂级别。

表 2.2.2-6 SW24-12 矿区回填料用海砂资源量估算表

矿体号	块段号	资源量类型	平均厚度 (m)	面积(m ²)	回填料海砂原矿体积资源量 (×10 ⁴ m ³)	平均含泥量 (%)	平均含砂量 (%)	回填料海砂资源量 (×10 ⁴ m ³)	
V1	V1-1	控制							
	V1-2	控制							
	V1-3	控制							
	V1-4	控制							
	V1-5	推断							
	V1-6	推断							
	V1-7	推断							
	V1-8	推断							
	V1-9	推断							
	V1-1	推断							
	V1-1	推断							
	V1-1	推断							
	V1-1	推断							
	V1-1	推断							
	小计	控制							
		推断							
	合计	控制+推							
V2	V2-1	控制							
	V2-2	控制							
	V2-3	控制							
	V2-4	控制							
	V2-5	推断							
	V2-6	推断							
	V2-7	推断							
	V2-8	推断							
	V2-9	推断							
	V2-1	推断							
	V2-1	推断							
	V2-1	推断							
	V2-1	推断							
	V2-1	推断							
	小计	控制							

		推断	■	■	■	■	■	■	■
	合计	控制+推	■	■	■	■	■	■	■
全区合计		控制	■	■	■	■	■	■	■
		推断	■	■	■	■	■	■	■
		控制+推	■	■	■	■	■	■	■

2.2.2.2 矿石质量特征

(1) 矿石组成、结构构造

根据全矿区钻孔 6 个砂层混合样及 SW2412Z08 特征孔 35 个海砂样碎屑矿物分析结果，全矿区砂层混合样的轻矿物组成主要为石英，斜长石、钾长石，含少量白云母，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 35.10%~65.10% 之间。SW2412Z08 特征孔海砂样的轻矿物组成主要为石英，斜长石、钾长石，含少量白云母，其中石英含量在 24.71%~80.47% 之间。

V1 矿体内 0.063mm 以上粒级含量（即砂+砾含量）变化在 13.00%~96.60% 之间，平均含量 73.02%，变化系数为 17.56%，分布均匀程度为均匀。在勘探线 A-A'，钻孔 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03 和 SW2412Z04 的砂+砾平均含量分别为 69.36%、80.53%、77.44% 和 85.51%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“升高-降低-升高”的变化趋势；在勘探线 B-B'，钻孔 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 的砂+砾平均含量分别为 70.80%、74.27%、73.87% 和 66.37%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先升高后降低的变化趋势；在勘探线 C-C'，钻孔 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 的砂+砾平均含量分别为 74.44%、69.61%、76.40% 和 68.57%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“降低-升高-降低”的变化趋势；在勘探线 D-D'，钻孔 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 的砂+砾平均含量分别为 68.71%、68.10%、78.43% 和 82.73%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现逐渐升高的变化趋势；在勘探线 E-E'，钻孔 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 和 SW2412Z21（矿区范围外）的砂+砾平均含量分别为 72.63%、68.50%、64.42%、74.50% 和 72.68%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“降低-升高-降低”的变化趋势。垂直于勘探线，矿体东部总体的砂+砾平均含量自西北向东南大致呈现“降低-升高-降低”的变化趋势，矿体西部则无明显变化规律。整体上，矿体北部、中部和东南部的砂+砾平均含量高于其他区

域。矿体赋存于上更新统上部，矿体内沉积物岩性主要为泥质砂，其次为砂，少量的砂质泥，极少量为砾质砂和泥。

V2 矿体内 0.063mm 以上粒级含量变化在 9.90%~99.70%之间，平均含量 78.90%，变化系数为 15.08%，分布均匀程度为均匀。在勘探线 A-A'，钻孔 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03 和 SW2412Z04 的砂+砾平均含量分别为 87.42%、77.91%、62.42%和 81.20%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先降低后升高的变化趋势；在勘探线 B-B'，钻孔 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 的砂+砾平均含量分别为 83.24%、81.53%、72.17%和 73.05%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先降低后稍微升高的变化趋势；在勘探线 C-C'，钻孔 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 的砂+砾平均含量分别为 79.00%、83.55%、85.20%和 80.94%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先升高后降低的变化趋势；在勘探线 D-D'，钻孔 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 的砂+砾平均含量分别为 77.66%、69.24%、83.04%和 80.87%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“降低-升高-降低”的变化趋势；在勘探线 E-E'，钻孔 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 和 SW2412Z21（矿区范围外）的砂+砾平均含量分别为 81.24%、80.03%、54.32%、77.46%和 76.91%，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“降低-升高-降低”的变化趋势。垂直于勘探线，矿体总体的砂+砾平均含量自西北向东南无明显的变化规律。整体上，矿体北部和南部的砂+砾平均含量低于中部、东部和西部区域。矿体赋存于上更新统上部，矿体内沉积物岩性主要为泥质砂和砂，其次为砾质砂，少量的泥-砂-砾，极少量为砂质砾、砂质泥、泥和砾质泥。

全矿区 0.063mm 以上粒级含量最低 9.90%，最高 99.70%，算术平均值 76.88%，加权平均值为 77.28%，该值由 100%减去全区加权后平均含泥量 22.72%所得。

(2) 含泥量、含砂量

本报告中泥是指粒径小于 0.063mm 的沉积物颗粒。单样品含泥量为由分析测试结果获得；单工程平均含泥量为由工程中各样品含泥量与相应的样长加权平均求得；块段平均含泥量为由块段中各见矿工程平均含泥量与相应的矿体厚度加权平均求得；矿体平均含泥量为由矿体中各块段平均含泥量与相应的块段体积加

权平均求得。

本报告中砂是指粒径大于等于 0.063mm 的沉积物颗粒。单样品含砂量为由分析测试结果获得；单工程平均含砂量为由工程中各样品含砂量与相应的样长加权平均求得；块段平均含砂量为由块段中各见矿工程平均含砂量与相应的矿体厚度加权平均求得；矿体平均含砂量为由矿体中各块段平均含砂量与相应的块段体积加权平均求得。

矿体 V1 中各样品含泥量在 3.40%~87.00%之间，加权平均值 27.01%；含砂量在 13.00%~96.60%之间，加权平均值 72.99%（详见本报告第八章）。

矿体 V2 中各样品含泥量在 0.30%~90.10%之间，加权平均值 20.53%；含砂量在 9.90%~99.70%之间，加权平均值 79.47%。

全区回填料海砂矿体加权后平均含泥量 22.72%，平均含砂量 77.28%。

（3）细度模数

1) 细度模数的定义和计算方法

细度模数是用以衡量海砂粗细程度主要指标。其计算公式为：

$$M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1}$$

式中： M_x -细度模数；

A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 分别为 4.75mm、2.36mm、1.18mm、600 μ m、300 μ m、150 μ m 筛的累计筛余百分率。

参照《建设用砂》（GB/T 14684-2022）标准，海砂可分为粗、中、细和特细 4 种规格：

粗砂 3.7~3.1；中砂 3.0~2.3；细砂 2.2~1.6；特细砂 1.5~0.7。

2) 矿区海砂细度模数

圈定海砂矿体后，按不同矿体计算样品各粒级累计筛余百分率及单工程细度模数见表 4-2-1。

矿体 V1 砂样细度模数在 0.5~3.4 之间，平均值 1.5（N=160），主要为特细砂（N=89），其次为细砂（N=49），少数为中砂（N=16），极少数为粗砂（N=2），还有 4 个样品未达到特细砂规格。总体评价为特细砂级别。

矿体 V1 在勘探线 A-A'，钻孔 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03 和

SW2412Z04 的平均细度模数分别为 1.4、1.4、1.4 和 2.9，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先保持不变后变大的变化趋势；在勘探线 B-B'，钻孔 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 的平均细度模数分别为 1.5、1.4、1.2 和 1.4，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先变小后变大的变化趋势；在勘探线 C-C'，钻孔 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 的平均细度模数分别为 1.2、1.0、1.3 和 0.9，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“变小-变大-变小”的变化趋势；在勘探线 D-D'，钻孔 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 的平均细度模数分别为 1.2、1.4、2.3 和 2.2，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先变大后稍微变小的变化趋势；在勘探线 E-E'，钻孔 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 和 SW2412Z21（矿区范围外）的平均细度模数分别为 1.1、1.2、1.6、2.3 和 1.8，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先逐渐变大后变小的变化趋势。垂直于勘探线，矿体中部总体的平均细度模数自西北向东南大致呈现“变小-变大-变小”的变化趋势。整体上，矿体东南部和北部角落区域的平均细度模数大于其他区域。

矿体 V2 砂样细度模数在 0.5~4.2 之间，平均值 2.4（N=307），主要为中砂（N=148），其次为细砂（N=67），少量为粗砂（N=48）和特细砂（N=34），还有 1 个样品未达到特细砂规格，9 个样品超过粗砂规格。总体评价为中砂级别。

矿体 V2 在勘探线 A-A'，钻孔 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03 和 SW2412Z04 的平均细度模数分别为 3.3、2.3、1.7 和 2.3，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先变小后变大的变化趋势；在勘探线 B-B'，钻孔 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 和 SW2412Z08 的平均细度模数分别为 2.8、2.2、1.7 和 2.0，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现先变小后变大的变化趋势；在勘探线 C-C'，钻孔 SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11 和 SW2412Z12 的平均细度模数分别为 2.3、2.7、2.1 和 2.6，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“变大-变小-变大”的变化趋势；在勘探线 D-D'，钻孔 SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15 和 SW2412Z16 的平均细度模数分别为 2.4、1.9、2.9 和 2.7，沿勘探线方向从西南向东北大致呈现“变小-变大-变小”的变化趋势；在勘探线 E-E'，钻孔 SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z20 和 SW2412Z21（矿区范围外）的平均细度模数分别为 2.6、2.6、1.2、2.4 和 2.5，沿勘探线方向从西南

向东北大致呈现先变小后变大的变化趋势。垂直于勘探线，矿体的平均细度模数自西北向东南无明显的变化规律。整体上，矿体中南部、东部和西北角部分区域的平均细度模数大于其他区域。

全矿区回填料海砂矿体平均细度模数为 2.1，整体为细砂级别，质量一般。

(4) 放射性特征

放射性测定是为研究海砂矿放射性强度，以评价其对环境和人体的危害程度。本次调查共 3 个样品进行放射性测试，测试内容包括 ^{226}Ra (Bq/Kg)、 ^{232}Th (Bq/Kg) 和 ^{40}K (Bq/Kg)，结果见表 2.2.2-7。

表 2.2.2-7 钻孔样品放射性物质照射指数

样品编号	C_{Ra}	C_{Th}	C_{K}	I_{Ra}	I_{γ}
	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	-	-
SW2412-01	18.3	31.5	508.7	0.1	0.3
SW2412-02	8.9	17.7	229.3	<0.1	0.1
SW2412-03	17.7	22.8	261.5	0.1	0.2

内照射指数均为 0.1，外照射指数为 0.1~0.3。

海砂放射性物质照射指数小于 1，海砂的放射性比活度符合我国《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2010)的要求，对环境和人体无危害性，可作为建筑主体材料和 A 类装饰装修材料。

(5) 有害物质含量

砂中如含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物、贝壳，其限量应符合《建设用砂》(GB/T 14684-2022)的要求，具体见 2.2.2-8。

表 2.2.2-8 有害物质物质限量

类别	I	II	III
云母 (按质量计) %	≤1.0	小于等于 2.0	
轻物质 (按质量计) %	≤1.0		
有机物	合格		
硫化物及硫酸盐 (按 SO_3 质量计) %	≤0.5		
氯化物 (以氯离子计) %	≤0.01	≤0.02	≤0.06
贝壳 (按质量计) %	≤3.0	≤5.0	≤8.0
该指标仅适用于海砂，其他砂种不作要求			

调查区采集的 3 件有害物质组合样分析表明 (表 2.2.2-9)，硫化物及硫酸盐

含量分别为 0.28%、0.41%、0.30%，平均值为 0.33%，小于标准值 0.5%，符合我国《建设用砂》（GB/T 14684-2022）的要求；氯化物含量分别为 0.37%、0.16%、0.15%，平均值为 0.23%，大于三类标准值 0.06%，氯化物超标的主要原因为海水中氯化物（氯化钠）超标，经过淡冲洗后可有效降低氯化物含量。有机物含量检测合格，云母含量分别为 0.13%、0.07%、0.07%，平均值为 0.09%，小于标准值 1.0%；轻物质含量分别为 0.2%、0.4%、0.4%，平均值为 0.33%，小于标准值 1.0%；贝壳含量分别为 0.90%、1.16%、0.96%，平均值为 1.00%，小于标准值 3.0%，符合我国《建设用砂》（GB/T 14684-2022）的要求。

表 2.2.2-9 钻孔样品有害物质物质含量

样品编号	检测结果 ω (%)					
	硫化物及硫酸盐	氯化物	有机物	云母	轻物质	贝壳
SW2412-01	0.28	0.37	合格	0.13	0.2	0.90
SW2412-02	0.41	0.16	合格	0.07	0.4	1.16
SW2412-03	0.30	0.15	合格	0.07	0.4	0.96

(6) 共伴生矿产

1) 碎屑矿物

本次调查共采取本次调查共采取 41 件样品进行了碎屑矿物分析，其中混合样 6 件，另选取 SW2412Z08 为特征孔取样 35 件。

混合样共检测出碎屑矿物 34 种（表 2.2.2-10）。轻矿物主要为石英，斜长石、钾长石，包含少量白云母。石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 35.10%~65.10%之间。重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.09%~0.83%之间。重矿物含量虽少，但是种类较多，包括磁铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、石榴石、角闪石、十字石、黄铁矿、锆石、白钛石、绿帘石、电气石等。

SW2412Z08 特征孔样共检测出碎屑矿物种碎屑矿物 32 种。轻矿物主要为石英，斜长石、钾长石，包含少量白云母。石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 24.71%~80.47%之间。重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.02%~1.10%之间。重矿物含量虽少，但是种类较多，包括磁铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、角闪石、黄铁矿、海绿石、锆石、白钛石、绿帘石、电气石等。

表 2.2.2-10 SW24-12 矿区碎屑矿物主要种类含量表

（不公开）

2) 重砂矿物评价

对矿区 3 个海砂样品进行了重砂分析, 检测出锆石、黄铁矿、磷灰石、金红石、锐钛矿、白钛石、矽线石、红柱石、榍石、独居石、尖晶石、透闪石、石榴子石、电气石、绿帘石、角闪石、十字石、石榴子石、菱铁矿、铬铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、磁铁矿等共计 23 种矿物, 一些矿物的含量极少, 未进行称重计量。

海区砂矿目前国内尚无统一的参考性工业指标, 矿床评价指标方案使用《砂矿(金属矿产)地质勘查规范》(DZ/T0208-2002)和《矿产地质勘查规范-金属砂矿类》(DZ/T0208-2020)中的一般工业指标, 其中钛铁矿和锆石的评价指标参照《矿产地质勘查规范-金属砂矿类》(DZ/T0208-2020)中的一般工业指标, 金红石和独居石的评价指标参照《砂矿(金属矿产)地质勘查规范》(DZ/T0208-2020)中的一般工业指标, 具体见表 2.2.2-11。

表 2.2.2-11 本次评价使用的矿床工业指标

工业指标项目	钛铁矿	锆石	金红石	独居石
边界品位 (kg/m ³)	5	0.8	0.5	0.5
最底工业品位 (kg/m ³)	8	1.3	0.8	0.8
可采厚度 (m)	≥2	≥2	0.5	≥0.5
最小夹石剔除厚度 (m)	2~3	2~3	剥采比≤4	

为了便于与使用的工业指标作比较, 矿物含量单位 g/t 转换为 kg/m³, 根据本矿区 SW2411G01 工程孔各砂土层干密度实测数据, 所用的砂土的干密度值取为 1.87g/cm³, 换算结果见表 2.2.2-12, 表中的“/”表示含量极少。

表 2.2.2-12 钻孔中单样折算后品位

样品编号	重矿物品位 (kg/m ³)			
	钛铁矿	锆石	金红石	独居石
SW2412-01	0.93	0.35	0.05	0.02
SW2412-02	0.33	0.14	0.01	0.01
SW2412-03	0.17	0.11	/	/

根据钻孔中单样重砂分析结果折算的品位, 参照工业指标要求, 矿区主要的有用重矿物为钛铁矿、锆石和金红石, 但均未达到边界品位。

3) 稀土资源评价

稀土元素常共生在一起, 分离困难, 可按稀土元素总量进行评价或估算资源

量。目前国内针对浅海尚无统一的参考性工业指标，参照《稀土矿产地质勘查规范》（DZ/T 0204-2002）中的相关内容，本报告评价采用的稀土矿床一般工业指标见表 2.2.2-13。

表 2.2.2-13 评价使用的稀土矿床一般工业指标

工业指标项目		矿床类型		
		原生矿	离子吸附型矿	
			重稀土	轻稀土
边界品位	[ω (TREO)] %	0.5~1.0		
	[ω (SREO)] %		0.020~0.033	0.035~0.065
最低工业品位	[ω (TREO)] %	1.5~2.0		
	[ω (SREO)] %		0.035~0.065	0.050~0.098
可采厚度 (m)		1~2	1~2	1~2
最小夹石剔除厚度 (m)		2~4	2~4	2~4

为了便于与矿床工业指标作比较，根据地球化学测试结果，将各稀土元素含量的单位 $\mu\text{g/g}$ 转换为%，汕尾 SW24-12 调查区钻孔混合样中稀土含量参数见表 2.2.2-14，参照上述工业指标要求，评价如下：

轻稀土品位最大值为 0.005721%，低于边界品位；重稀土品位最大值为 0.00159%，低于边界品位；稀土总量品位最大值为 0.007311%，低于边界品位，不具有工业开采价值。

表 2.2.2-14 SW24-12 勘查区混合样稀土矿品位

统计量	ΣREE (%)	LREE (%)	HREE (%)
N	6	6	6
最大值	0.007311	0.005721	0.00159
平均值	0.003533	0.002657	0.000877

汕尾 SW24-12 调查区特征孔 SW2412Z08 中稀土含量参数见表 2.2.2-15，参照上述工业指标要求，评价如下：

轻稀土品位最大值为 0.019083%，低于边界品位；重稀土品位最大值为 0.005513%，低于边界品位；稀土总量品位最大值为 0.024287%，低于边界品位，不具有工业开采价值。

表 2.2.2-15 SW24-12 矿区 SW2412Z08 特征孔稀土矿品位

统计量	ΣREE (%)	LREE (%)	HREE (%)
样品个数	41	41	41
最大值	0.024287	0.019083	0.005513

平均值	0.008932	0.006974	0.001959
-----	----------	----------	----------

2.3 项目主要开采工艺和施工方法

本节主要引用《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂开采方案》（2026 年 3 月）的相关内容。

2.3.1 开采范围

本方案拟开采广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂，以矿区 2.50km² 范围内-15.10m~-56.13m 标高间具有工业开采价值的海砂矿体为开采对象。

2.3.2 开采方式

本项目设计矿区开采采用露天水下开采方式。

参考同类工程施工方案，海砂开采可采用的采砂船有射流式、绞吸法、斗轮法、耙吸法，4 种采砂工艺比选详见表 2.3.2-1。

表 2.3.2-1 射流式、绞吸法、斗轮法和耙吸法的比较

采砂工艺	射流式	绞吸法	斗轮法	耙吸法
工作头	吸砂头	绞刀	斗轮	主动耙头
采集浓度控制	一般	较好	最好	一般
最大挖深	>70m	30m	30m	>70m
工作可靠性	稳定	稳定	稳定	一般
矿砂粒径	窄	宽	窄	宽
采矿平整度	低	高	高	低
碇泊方式	自航/锚缆	钢柱/锚缆	钢柱/锚缆	自航
船体抗风浪	较强	弱	弱	强
装机功率	小	大	大	小
运营维护成本	低	高	高	高

由于本项目矿层埋深较深，最深矿底标高可达-56.13m，因此绞吸法和斗轮法均不适用于本项目采砂。考虑工程海域海砂资源分层分布，除表层粉砂外，海砂资源上部覆盖有黏土等无法利用的底质，采用耙吸采砂船作业可能外弃大量淤泥。射流采砂船的吸砂管可以直接进入砂层，不挖其他地层，减少废弃泥土和悬浮泥沙的产生量，对海洋环境影响较小，是目前采用较多的采砂方式。同时，射流式采砂船的工作可靠性也较高，因此根据海洋环境保护要求，同时考虑采砂区

自然状况、砂矿赋存形态、采矿工艺、工作可靠性等，《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂开采方案》（2026 年 3 月）推荐项目采用射流式的开采方式进行采砂。

根据本项目区域地形及地层和矿区地层勘测资料，本项目区域水深较深，矿层上覆盖层较厚，矿区开采深度较大，且本项目所在海域海况较差，因此，《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂开采方案》（2026 年 3 月）推荐本项目采用入 5 艘采砂量约为 1200m³/h 和 3 艘采砂量约为 40m³/h 的射流式采砂船，抽吸上来的砂通过皮带输送到运沙船上。过驳船的装载容量为 4000 m³，拟投入 16 艘过驳船作业，每船每天往返 1 次，共 16 个船次，2 艘补给船以及其他配套辅助船舶，承担本工程的全部施工任务。射流式采砂船照片见图 2.3.2-1 所示。

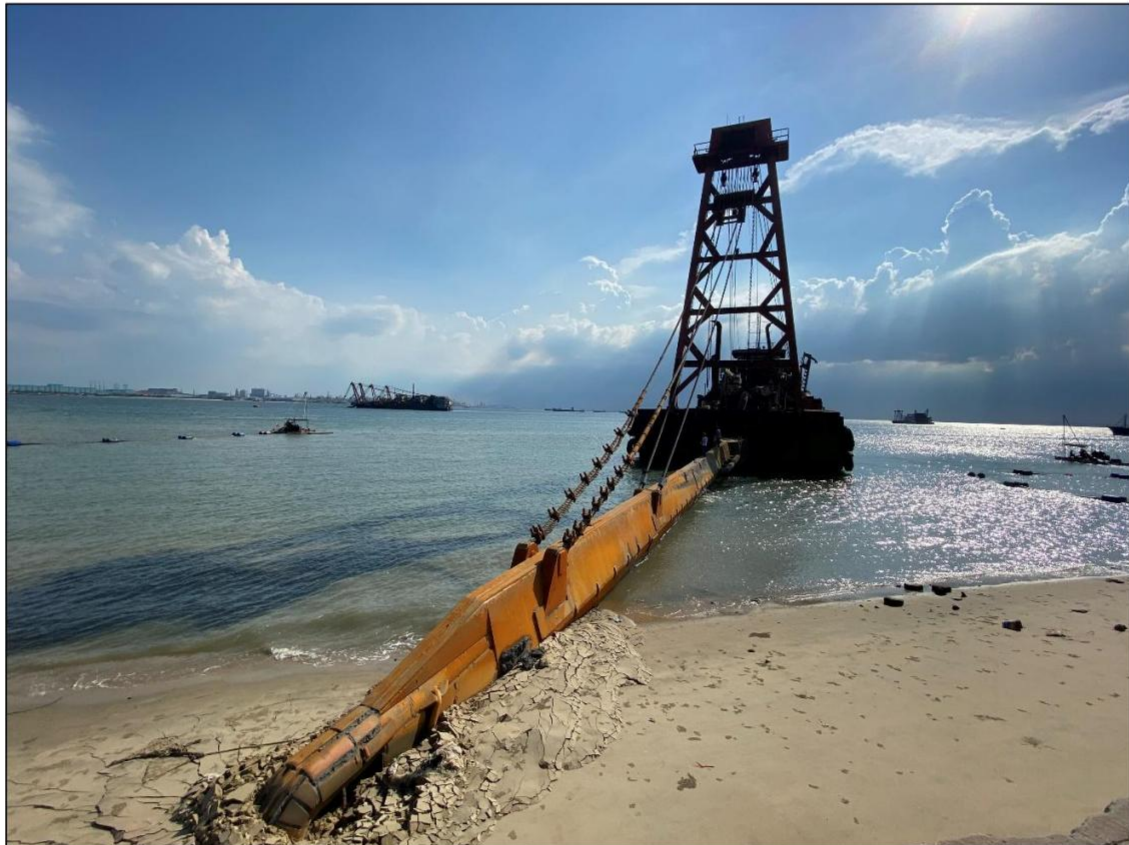


图 2.3.2-1 射流式采砂船

2.3.3 开采工艺

射流式采砂船具有自航能力，船体结构形式为钢质单底单甲板，横骨架式结构，分双头整体形，全船设备由喷射吸砂系统、轮机系统、供电系统、航行、系

泊系统、砂水分离、输送系统及其它辅助设备组成。

海砂射流开采工艺为：①射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管，②吸砂管把砂浆吸到海砂分选船舱上，③海砂分选船进行海砂分选，④成品砂运砂船运出，海砂开采的作业流程见图 2.3.3-1。

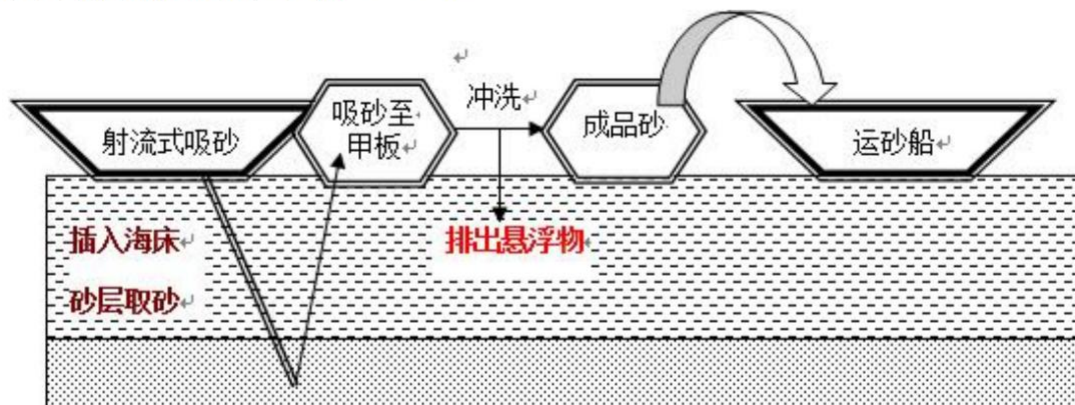


图 2.3.3-1 海砂开采作业流程示意图

(1) 射流泵采砂工作原理

射流式采砂船到达采砂水域后，启动吸砂泵，待吸砂泵机械运转正常达到一定参数后，在指定的海域内将吸砂管以 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 左右角度插入海床，穿过水层和泥层到达理想砂层。

射流船离心泵将一定压力的工作水经过喷嘴后，形成高速射流与空气之间产生卷吸作用，将射流泵混合室内的空气带走，在混合室形成负高压，将砂水混合物沿吸管吸入，高压水与砂水混合物在混合室内充分混合后进入扩散管，并逐渐降压后沿砂管排入砂舱。射流泵的工作原理见图 2.3.3-2。

海砂开采作业时，射流船的位置基本上固定不动，开采到的海砂输送到射流船两侧的自卸式皮带运砂船上。掏空砂层后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，刚性射流管和吸砂管随采砂船移动到别工作面。

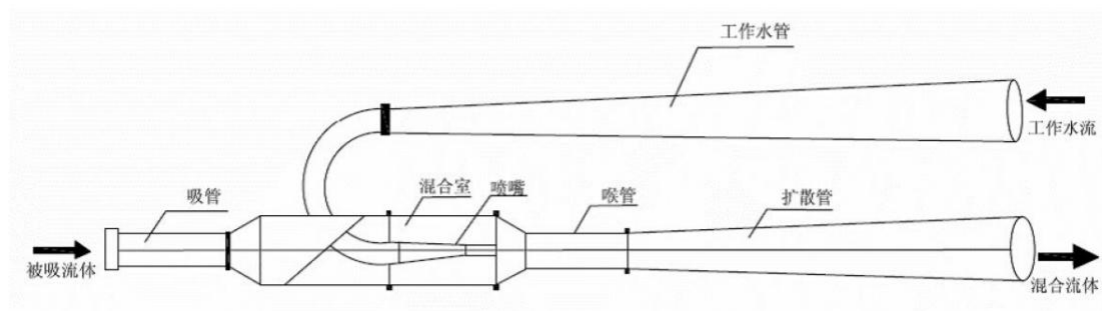


图 2.3.3-2 射流泵的工作原理示意图

(2) 海砂分选过程

本项目拟采用抽吸式（射流）开采工艺进行海砂矿开采，采砂船利用射流泵将含砂率高的矿层水砂混合物吸入采砂船船舱，通过安装在甲板上的格筛除去海砂中杂物，然后采用筛分—水力分级选矿工艺流程分选出符合指标的成品海砂。

选矿工艺：原砂先经格筛除去+37.5mm 粒级杂物后，通过渣浆泵扬至振动筛进行筛分分级，得到-37.5~+4.75mm 粒级海砂产品（砾石），-4.75mm 海砂经过水力分级得到-4.75mm~+0.063mm 海砂产品，脱水后成品海砂通过过驳船运至运砂船，运砂船承载预定海砂后运往指定地点。本海砂开采方案的尾矿主要为少量贝壳等杂物（大小为+37.5mm）及淤泥（大小为-0.063mm）。采砂过程采集到的贝壳等杂物倾倒入海。淤泥是在水砂混合物中随海砂一同吸入采砂船的淤泥和粉砂，这部分海床物质不能被滤在筛网上，将在采砂船的筛网洗砂过程中流入采砂船，最后由溢流口排出。由于洗砂过程中不加入其他物质，故尾矿中不含有有人为污染物，尾矿中的淤泥和粉砂在海砂开采区即时排入开采区，在重力作用下，粉砂和淤泥将重新沉降在开采区，其将在一定程度上填补含砂层掏空导致海床下降，达到尾矿利用的目的。

筛分工艺：采用滚筒筛，筛面为带孔的圆柱形筒体或截头圆锥形筒体。在传动装置带动下，筛筒绕轴缓慢回转。物料由筛筒的一端给入，被旋转的筒体带起，当达一定高度后，因受重力作用，自行落下。如此不断起落运动，使小于筛孔尺寸的颗粒透筛，而筛上物则逐渐移至筛筒的另一端排出。

水力分级：利用沉降速度不同而将宽级别的颗粒群分成两个或多个较窄级别的过程。在水力分级过程中，水介质大致有三种运动形式：垂直、接近水平和回转的运动。在垂直水流运动中，水流往往是逆着颗粒的沉降方向向上运动，不同粒度的颗粒沉降速度和运动方向不同，沉降速度小于上升水流速度的细粒向上运动，最终成为溢流；沉降速度大于上升水流速度的粗粒向下沉降，最终成为沉砂或底流，从而实现分级；在接近水平流动的水流中进行分级时，矿粒在水平方向的运动速度约等于水流速度，而在垂直方向则因粒度不同而有不同的沉降速度，粗粒因沉降速度大而沉至槽底部成为沉砂，细粒则随水流流出槽外成为溢流，从而实现分级；在回转水流运动中，颗粒是按径向的运动速度差分离的，粗粒所受离心力大而分布在外层，细粒则受到水流较大的向心力而分布在内层，实现分级。

根据工程经验,采用筛分—水力分级选矿工艺可将毛砂中约 80%左右的淤泥洗去。筛网海砂分选原理见图 2.3.3-3。

采砂过程的碎石杂物等尾矿暂存于船上,在采砂船靠岸检修时由相关接收单位接收处理,不得倾倒入海。

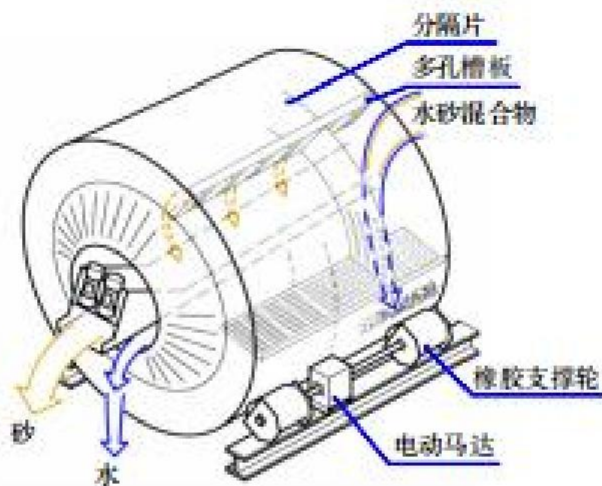


图 2.3.3-3 采砂船上筛网分选示意图

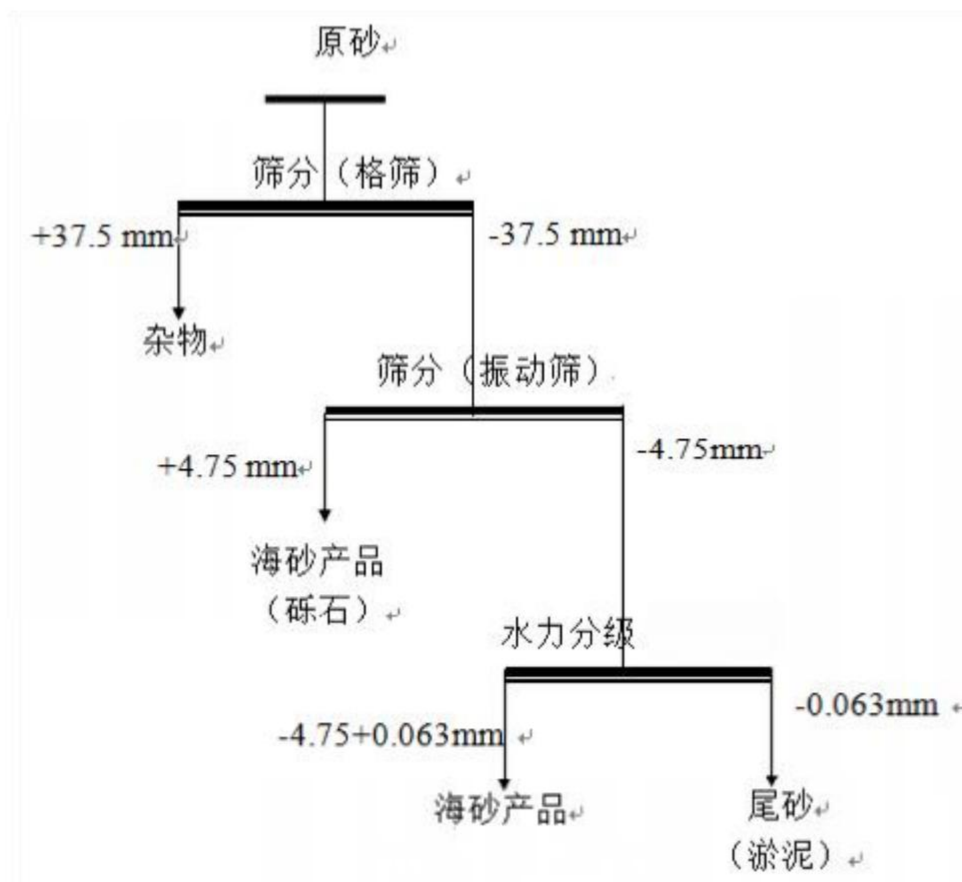


图 2.3.3-4 海砂分选工艺流程图

(3) 溢流管水底排放工艺

溢流管水底排放工艺过程为：射流泵将混合液体泵入筛网进行过滤水洗，砂粒沉入船舱底部，余水流经船体底部溢流口及溢流管排出。

整体工艺流程图见图 2.3.3-5，为保证回采率，降低贫化率，本砂矿开采前，需对其开采路线进行设计和矿区施工设计，做好采取规划，将采取划分为若干个矿块，利用高精度定位系统进行精确定位，吸砂作业过程中，船舶借助锚链绞车系统或者自航动力进行缓慢移动，达到稳定开采的目的。

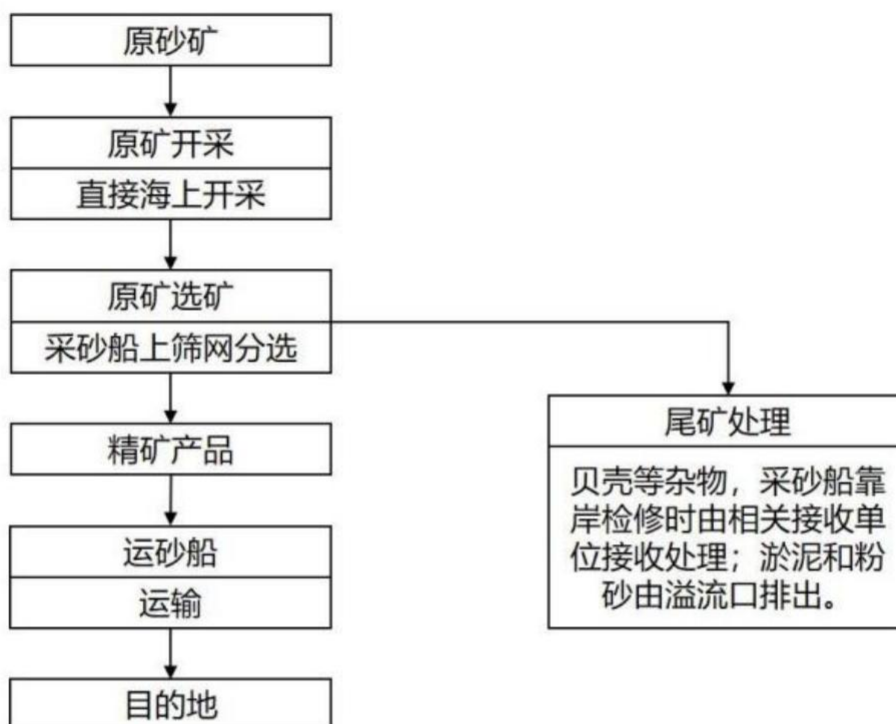


图 2.3.3-5 海砂开采工艺流程图

2.3.4 开采顺序

由于两矿体间存在覆盖层，根据射流式船采覆盖层基本不采出的特点，上、下矿体同时开采，将导致下部矿体采出的同时，上部矿体与覆盖层混合难以分离，为了避免上部覆盖层对下部矿体相互影响，本方案设计采用自上而下分层（矿体）开采。由于矿区存在两个矿体，其自上而下的顺序为：V1 矿体、V2 矿体。因而，开采顺序依次是 V1 矿体、V2 矿体。

同一矿体平面上，根据矿体的赋存情况、水深地形情况，设计确定开采顺序由东向西，由北向南推进，可根据现场开采情况调整。采砂作业应有计划的进行，

分层分片，可将采砂区分成若干小区，均进行采矿，防止形成大面积的深坑而造成上部淤泥层的坍塌。

其中，采砂船开采过程的前进方向为：采砂船以 60°~70°左右角度插入矿层，穿过水层和泥层到达理想砂层，吸砂管插入矿层后，先在水平方向移动前进，将整个采砂范围内每次吸沙管可吸深度范围内的矿砂吸出，后再按逐渐加深逐层开采，直至将矿体内矿砂开采完毕。

根据《储量核实报告》中土工试验结果，矿区海砂水下休止角范围为 20.7°-25.2°，平均值约为 23°。同时，根据《金属非金属矿山安全规程》（GB 16423-2020），挖掘船开采的，水下部分边坡角（即休止角）不大于 30°。因此，为避免造成水下矿区边坡坍塌导致超矿区开采，不得完全开采水下休止角（23°）以内的矿体，故设计海砂采场最终边坡角度为 23°。结合开采范围内的地形条件以及盖层、矿体厚度，综合形成露天水下开采境界终了平面图，即最终确定露天采场的露天水下开采境界。露天水下开采境界圈定结果见表 2.3.4-1，开采境界终了图见图 2.3.4-1。

表 2.3.4-1 露天水下开采境界圈定结果一览表

序号	项目名称	单位	参数
1	采场最终境界面积	km ²	2.50
2	采场底板面积	km ²	■
3	底部标高	m	■■■■■■■■■■
4	最终边坡角	°	■
5	确定开采储量	万 m ³	■■■■■■■■■■
6	可采储量	万 m ³	■■■■■■■■■■
7	开采回采率	%	■

（不公开）

图 2.3.4-1 开采境界终了图

2.3.5 施工船舶

据了解，沿海射流式采砂船，一般双洗装置的船舶为多，此类型采砂船，采砂设备功率在 6000 匹至 15000 匹不等，驾驶作业操作室一般设在艏部，采砂管设置在艙部，采砂管径约 800mm 至 1100mm 不等，长度在 45m 至 60m 不等，扬程 70m 至 90m 不等。推进设备在艙部，三浆三机，航速在 3 至 6 节左右。调研射流式采砂船见表 2.3.5-2。

不同采砂船采用的吸砂管径相近，作业方式也类似，采砂船在作业吸沙时，管头移动范围 10m 左右，泥沙层会形成一个直径 20m 左右的锅形深坑，到沙层吸完，会提管向任意方摆动，直到顶住旁边位置沙层，又继续吸砂。

本工程拟计划投入 5 艘采砂量约为 1200m³/h 和 3 艘采砂量约为 400m³/h 的射流式采砂船，参照现有汕尾、揭阳等地海砂开采经验，按采砂船与过驳船 1:2 的比例，需配置 16 艘过驳船（单艘仓容约 4000m³）以及警戒船、交通船，防油污应急船等承担本工程的全部施工任务。

表 2.3.5-1 施工船舶设备

机械设备名称	型号规格	单位	数量
射流式采砂船	1200m ³ /h	艘	5
射流式采砂船	400m ³ /h	艘	3
过驳船	单艘仓容约 4000m ³	艘	16
警戒船	/	艘	根据中标单位 按需配备
交通船	/	艘	
防油污应急船	/	艘	

注：实际开采所用船型具体以招拍挂中标单位船型为准，但不得超过开发利用方案设计单位时间采砂量。

表 2.3.5-2 调研射流式采砂船规格及技术性能

序号	规格及性能	单位	数量	备注
1	船体体积（长×宽×高）	m	96.8m×25.5m×6.5m	1 艘
2	满载吃水	m	4.3	
	空载吃水	m	3.621	
3	船员定额	个	11 人	
4	航速	节	9.8	
5	采砂矿能力	m ³ /h	1200	
6	砂泵扬程	m	177	
7	砂泵数量	台	2	
8	砂泵功率	kW	8800	
9	最大采深	米	90	水下
10	最大可作业波浪高	m	2	
11	最大可作业台风级数	级	少于 7 级	即最大可作业风速为最大六级风速 13.8m/s

注：实际开采所用船型具体以招拍挂中标单位船型为准，但不得超过开采方案设计单位时间采砂量。

表 2.3.5-3 常见过驳船规格及技术性能

性能指标	单位	指标值
------	----	-----

船长	m	109.8
船宽	m	20.38
型深	m	7.5
满载吃水深	m	4.45
砂仓容积	m ³	4000

2.3.6 采砂船施工布置

本采砂区设计两个海砂开采区，为避免海砂开采区之间的互相穿越，运砂船舶装砂后需在自己的海砂开采区内掉头，驶离采砂区，采砂区内应设有掉头水域。回旋水域尺度应考虑当地风、浪、流等条件，船舶自身条件和港作拖轮配备等因素。考虑本采砂区为开阔水域作业，遮蔽较差，船舶回旋水域直径按 2.5L 考虑。

施工水域划分为 20 个小区，小区尺度为 300×300m，每个小区安排 1 艘采砂船工作。作业小区呈间隔布置，预留不小于 300m 宽的通道满足运砂船舶进入。根据 SW24-12 区块平面布置，最大可允许 12 艘采砂船同时作业。

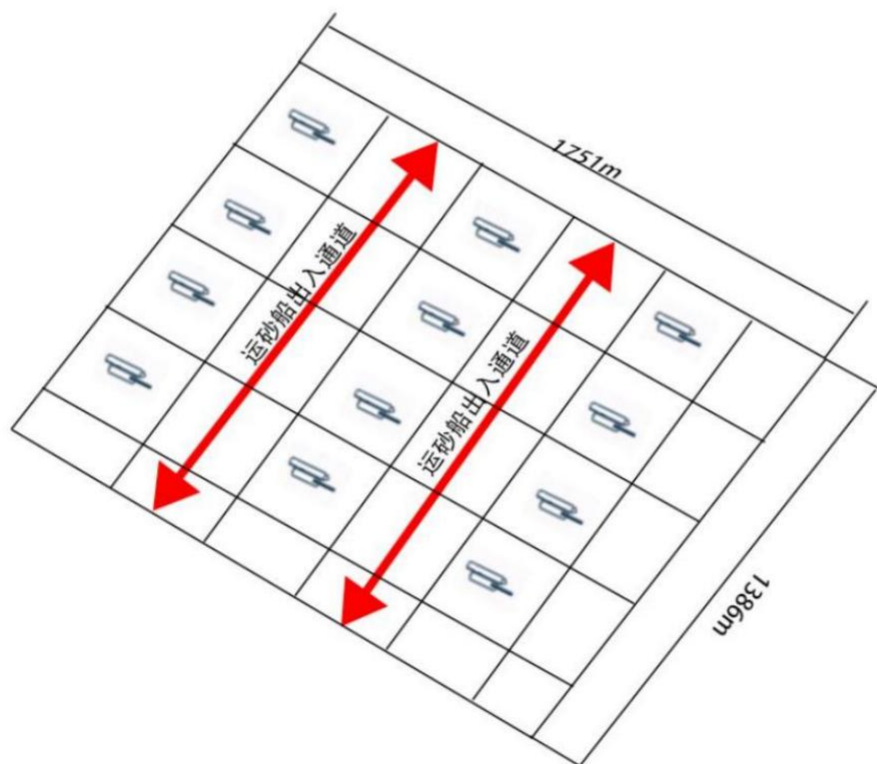


图 2.3.6-1 SW24-12 区块采砂区船舶布置示意图

2.3.7 海砂去向与运输方案

海砂在城市建设使用十分广泛，海砂正成为仅次于石油、天然气的第二大海洋矿产。根据用途不同海砂又可分为海砂建筑、海砂工业、海砂重矿物提炼等，其中海砂约有 45%用于混凝土细骨材料、20%用于铺筑路基、20%用于填海造陆的填料，15%用于其他用途。

本海砂矿海砂资源拟利用方式为作为填海区填料，鉴于海砂矿海上开采的特殊性，以及海砂开采量和海砂存储条件的限制，开拓运输方式为管路-皮带联合运输方式。采砂船采砂后原位洗砂，表面形成的含泥余水，淤泥、粉砂则随水流经采砂船体溢流口排出，成品砂输送到射流船两侧的过驳船上，过驳船再运送至运砂船，最后由运砂船运送至目标用砂区，即“采砂船采砂→原位洗砂→成品砂运输（过驳船）→成品砂运输（运砂船）→目标填海区”。本项目海砂采出后直接售卖，当出现海砂滞销或其他情况时，可协商运至附近港口码头。

本项目附近的航道主要有乌坎西线航道、乌坎东线航道、碣石航道、大星山甲子航道。其中本项目附近的航道主要有乌坎西线航道、乌坎东线航道、碣石航道、大星山甲子航道。其中本项目 SW24-12 区块北侧距离碣石航道约 0.7 海里，东侧距离乌坎东线航道约 2.3 海里，南侧距离大星山甲子航道约 3.4 海里。

乌坎东线航道、乌坎西线航道都规划为 3000 吨级集装箱航路，主要是近海习惯航路航行的船舶转向进入碣石湾，沿东口或者西口进入乌坎作业区。

其中，本项目 SW24-12 区块不在广东沿海主要公共航路范围内，附近沿海主要公共航路包括：汕尾港进出航路（距离约 1.5 海里）、粤东沿海近岸航路（距离约 2.6 海里）。



图 2.3.7-1 矿区邻近航道位置示意图

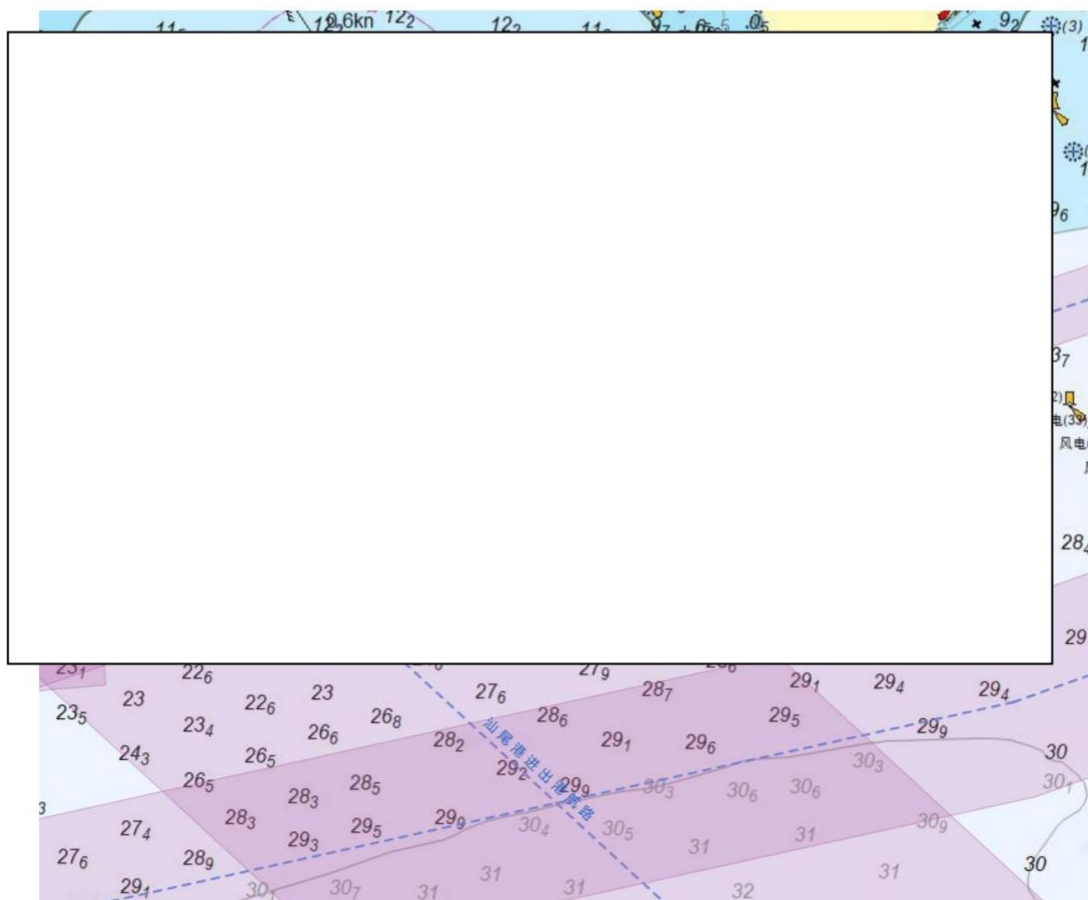


图 2.3.7-2 矿区邻近沿海主要公共航路位置示意图

2.3.8 计划开采量

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》，截至 2025 年 6 月 30 日，在拟出让矿区范围内查明回填料用海砂体积资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （含泥），平均含砂量为 77.28%，海砂矿石量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （不含泥）；其中控制海砂体积资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （含泥），平均含砂量为 77.15%，控制海砂矿石量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （不含泥）；推断海砂体积资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （含泥），平均含砂量为 77.80%，控制海砂矿石量 $\times 10^4 \text{m}^3$ （不含泥）。

根据矿区以往露天水下开采的生产技术指标及广东省内其他区域出让海砂的开采情况，同类型海砂开采回采率通常在 90% 以上。本矿区海砂体积资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$ （含泥），资源储量较多，且通过矿区勘探剖面图可知矿层总体较为平坦但有部分区域存在夹层，海砂矿区开采技术条件和资源储量较好，确定开采回采率取 $\alpha=90\%$ ，废石混入率 $\beta=0\%$ ，则采出海砂体积资源量 Q_3 为： $\times 10^4 \text{m}^3$ （含泥）。采出海砂矿石量为： $\times 77.28\% = \times 10^4 \text{m}^3$ （不含泥）。

2.3.9 海砂可采时间

2.3.9.1 可开采天数估算

由于项目距离南海幼鱼、幼虾保护区的幼鱼幼虾保护区、碣石湾海马濒危物种分布区间较近，其保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，海马繁殖期为每年 5~8 月，为了减轻采砂可能对海马、鱼卵及幼鱼的发育生长的不利影响。因此建设单位应按敏感期（3 月至 8 月，共 6 个月）和非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月，共 6 个月）进行不同工作制，其中敏感期设计每月最多工作 10 天，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 9 小时，实际开采作业 15 小时）；非敏感期每月按每月可作业天数，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 9 小时，实际开采作业 15 小时）。

同时本项目使用的采砂船最大可作业波高约为 2m，最大可作业风力为 6 级，6 级以上台风（即 ≥ 7 级台风）即应停工避台。此外，在发生大雾或雷暴等天气时，

也无法进行采砂作业。

根据遮浪海洋站 2010 年 1 月~2019 年 12 月的统计资料，项目所在海域风力 ≥ 7 级的平均天数统计见表 2.3.9-1 所示，波高大于 2m 的平均天数统计见表 2.3.9-2 所示。

表 2.3.9-1 遮浪海洋站各月 ≥ 7 级大风日数 单位：天

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	4	6	5	5	3	3	4	4	2	6	4	5

表 2.3.9-2 遮浪海洋站各月 H1/10 波高 $\geq 2m$ 日数 单位：天

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	15	13	11	8	6	8	7	8	8	15	15	14

根据遮浪海洋站 1986 年 1 月~2015 年 12 月的统计资料，遮浪海洋站海域雾日较多，多年雾日平均值为 25.1 天，统计见表 2.3.9-3 所示。

表 2.3.9-3 遮浪海洋站大雾日数（2012-2021 年平均数据）单位：天

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	2.6	4.3	6.0	5.9	2.2	0.4	0.8	0.8	0.2	0.1	0.3	1.8

此外，汕尾属于多雷区，多年平均雷暴日 56 天。全年 1-12 月份均有雷暴发生记录，4-9 月是多发期，月平均雷暴日数都超过 5 天，最高可达 11.9 天。以 8 月份平均雷暴日数最多，6 月次之。见表 2.3.9-4 所示。

表 2.3.9-4 汕尾国家站 59501 雷暴日数 单位：天

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	0.1	0.8	2.5	4.9	7.9	10.6	8.4	11.9	7	1.3	0.2	0.1

本次按浪高大于 2m 的每月平均天数、大雾日、雷暴日初步估算每月不可进行采砂作业的天数及可开采的天数。同时考虑到为减轻采砂可能对保护区的不利影响，建议在 3~8 月期间控制采砂强度，适当降低采砂时间。海砂开采单位按敏感期（3 月至 8 月）和非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月）进行不同工作制，其中敏感期（3 月到 8 月）降为每月工作 10 天；非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月）按每月可作业天数。统计的不可作业天数和可作业天数见下表：

表 2.3.9-5 平均每月可开采天数估算一览表（单位：天）

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	合计
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	----

波高>2m 日数	15	13	11	8	6	8	7	8	8	15	15	14	128
雷暴日	0.1	0.8	2.5	4.9	7.9	10.6	8.4	11.9	7	1.3	0.2	0.1	55.7
大雾日	2.6	4.3	6.0	5.9	2.2	0.4	0.8	0.8	0.2	0.1	0.3	1.8	25.4
合计不可作业天数	17	18	19	18	16	19	16	20	15	16	15	15	204
每月总天数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
每月可作业天数	14	10	12	12	15	11	15	11	15	15	15	16	161
实际可开采天数	14	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	16	145

综上，矿区采用间断工作制度，年工作约 145 天，非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月，共 6 个月）开采天数 85 天，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 8 小时，实际开采作业 16 小时）；敏感期（3 月至 8 月，共 6 个月）开采天数 60 天，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 8 小时，实际开采作业 16 小时）。

2.3.9.2 开采能力估算

在本矿区开采海砂可采用目前常用的采砂工艺，采砂船与过驳船分离的方式。结合本项目实际情况，海砂开采计划使用 5 艘抽砂量 1200m³/h 和 3 艘 400m³/h（砂水混合物，其中砂含量约占 10%-20%）的射流式采砂船采砂，本次设计砂含量占比取值 15%，同时采砂船不能长时间满载工作，需设置系数 0.7，则单艘射流式采砂船的采砂量分别约为 1200³/h 和 400m³/h，即项目计划使用 5 艘采砂量约为 1200m³/h 和 3 艘采砂量约为 400m³/h 的射流式采砂船作业。采砂船每年作业 145 天（非敏感期 85 天，敏感期 60 天），每天作业 24 小时，日均可采砂约 11.52 万 m³，则年采砂量为 145 天×11.52 万 m³/天=1670 万 m³（> 1580 万 m³），考虑到海上作业不确定因素较多，因此设计的采砂船实际开采能力略高于设计的矿区生产能力）。

2.3.9.3 可采时间

经计算，项目年最大采砂强度为 ██████ m³。采用 5 艘采砂量约为 1200m³/h 和 3 艘采砂量约为 400m³/h 的射流式采砂船进行作业，可满足海砂开采需求。

开采年限 T 按以下公式计算求得：

$$T = \frac{Q_2 \times \alpha}{A \times (1 - \beta)}$$

Q ₂ ——确定开采储量	█████ m ³
α——采矿回采率	90%
β——废石混入率	0%
A——矿区生产能力	█████ m ³ /a

经计算，矿区生产年限约 2 年 9 个月，预计 3 个月准备期，则矿区服务年限约为 3 年。

2.3.10 土石方平衡分析

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填用海砂开采方案》(2026 年 3 月)，本项目开采海砂产生的尾矿主要为少量贝壳杂物（大小为+37.5mm）及淤泥（大小为-0.063mm）。贝壳等杂物产率为 1.01%，洗砂环节约 80%的淤泥被洗掉，淤泥产率按加权平均含泥量的 80%计算，矿区平均含泥量为 22.72%，淤泥产率为 18.80%，本项目确定开采储量为 ██████，经计算得，本项目贝壳等杂物产出量约为 51.69 万方，淤泥产量约为 883.51 万方。采砂过程采集到的贝壳等杂物倾倒入海。淤泥是在水砂混合物中随海砂一同吸入采砂船的淤泥和粉砂，这部分海床物质不能被滤在筛网上，将在采砂船的筛网海砂分选过程中流入采砂船，最后由溢流口排出。

2.4 项目用海需求

根据《海籍调查规范》中第 5.4.2.2 节中的规定：“海砂开采用海，以实际占用或主管部门批准的用海范围为界。”本项目根据砂源勘探的结果，结合周边海域开发活动，确定本项目用海需求为 250.0037 公顷。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部，2023 年 11 月），项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”

（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），项目用海类型为“工业用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）的固体矿产开采用海（二级方式），申请用海面积 250.0037 公顷，项目申请用海范围不占用海岸线。申请用海期限为 3 年。项目宗海位置图详见图 2.4-1，宗海界址图详见图 2.4-2。项目用海界址点坐标详见表 2.4-1。

表 2.4-1 项目用海界址点坐标（CGCS2000）

界址点编号及坐标（北纬 东经）		
点号	纬度(N)	经度(E)
1	██████████	██████████
2	██████████	██████████
3	██████████	██████████
4	██████████	██████████

广东省汕尾市陆丰西南海域SW24-12矿区海砂开采项目宗海位置图

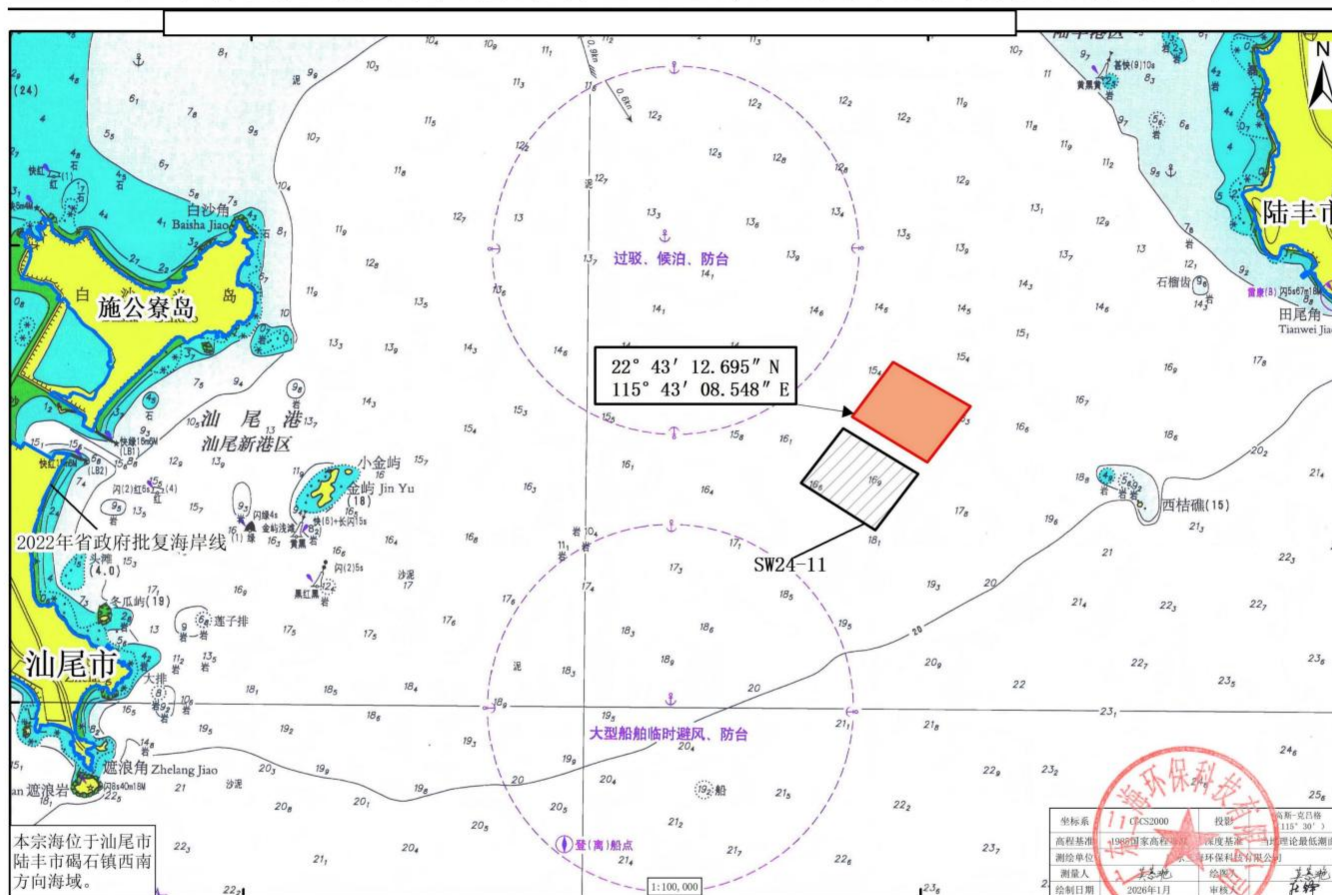


图 2.4-1 项目申请用海宗海位置图

广东省汕尾市陆丰西南海域SW24-12矿区海砂开采项目宗海界址图

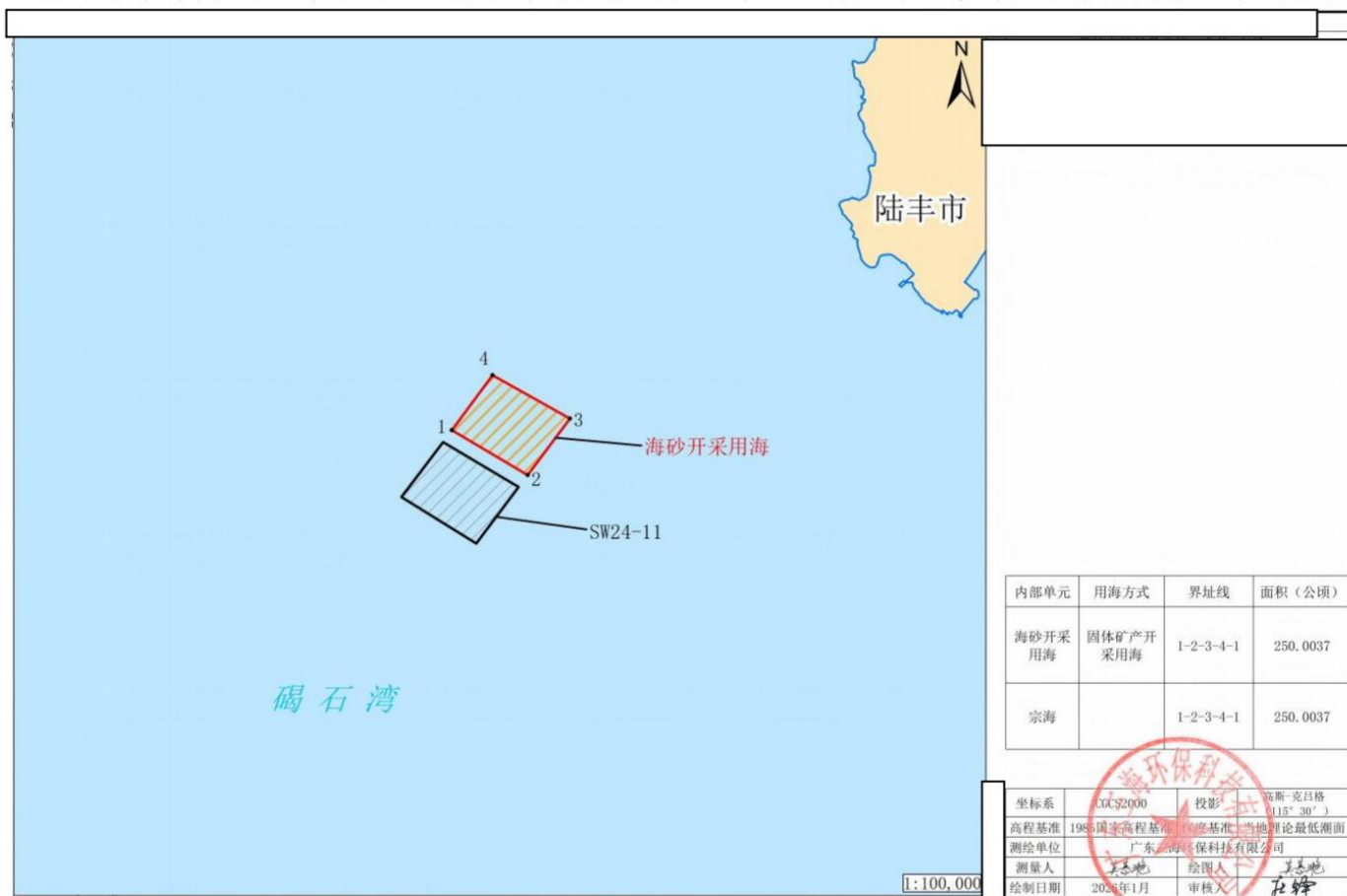


图 2.4-2 项目申请用海宗海界址图

2.5 项目用海必要性分析

2.5.1 海砂开采的必要性

(1) 缓解填海用砂的供需矛盾，满足社会经济发展的需求

随着我省及汕尾市区域经济持续快速发展，一批重大项目需要进行填海建设，砂石需求缺口较大，海砂市场出现的供求矛盾。近年来随着我国沿海城市的飞速发展和众多大型建设项目的启动，砂矿作为重要的建筑原料，需求量上升，而内陆的河砂资源的枯竭和限采，导致供砂远不能满足市场建筑用砂的需求，供需矛盾越来越激烈。而我国有着漫长的海岸线和广阔的浅海，海砂资源丰富，为贯彻落实习近平总书记重要讲话和重要指示批示精神，加快实施粤港澳大湾区建设、支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区等国家战略，需保障近三年粤港澳大湾区及我省国家战略重大项目建设海砂供应。

(2) 合理的海砂开采是对现有海洋资源科学合理利用的体现

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》(2025 年 12 月)，截止至 2025 年 6 月 30 日，矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.15%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.80%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；控制资源量和推断资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.28%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1，整体为细砂级别。V1 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 72.94%；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 73.24%。V1 矿体海砂的细度模数在 0.5~3.4 之间，平均值 1.5，为特细砂级别。V2 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 79.37%，V2 矿体推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 79.86%。V2 矿体海砂的细度模数在 0.5~4.2 之间，平均值 2.4，为中砂级别。进行合理的海砂开采，是对现有海洋资源科学合理利用的体现。

(3) 有利于缓解海洋执法压力，引导海砂产业持续健康发展

日前，全国海砂需求量大，供需矛盾突出，经常有非法采砂船，其采砂秩序混乱，严重扰乱海上安全并造成社会资源无序开发，增加了海洋执法监督部门的执法成本和压力。本项目海砂的开采，有利于进一步规划海砂开采活动，可以对非法采砂活动有效遏制，对加强采砂管理、保护航道、保护水利设施和海上设施

起到积极的推动作用。另外，国家作为海洋资源的所有者，加强海砂开采管理，规范海砂资源制度，并按照规定收取海域使用金，既有利于实现国家在海洋资源领域的所有权，又有利于海洋资源效益最大化和可持续利用的实现。并且在不影响生态环境的前提下，适当划出部分海域作为采砂区，有利于规范海砂开采秩序，从而为实现合理配置海砂资源、提高资源利用效率，引导海砂市场规范化运营有重要意义。

（4）开采海砂与相关规划的符合性

根据《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》，推进矿产开发规模化产业化。发挥大中型国有企业龙头作用，推进相邻小型矿山整合，引领矿产资源规模开发和产业集聚发展。优化矿业产业结构，制定矿产资源勘查开采深加工产业结构目录，加大装备制造业、高新技术产业所需新材料和能源、交通、信息等基础设施建设所需原材料的开发利用，延伸矿业产业链。鼓励大中型矿山企业发展资源精深加工项目，对接支柱产业、新兴产业集群，进一步提升矿业产品附加值。持续加强砂石资源供应保障，推进建筑石料和海砂资源有序投放，建设一批建筑石料生产基地，提高机制砂产能。本项目为海砂开采项目，根据前文中相关规划分析结果可知，本项目的建设符合国土空间总体规划，没有位于生态保护红线内，符合生态保护红线的要求；项目位于广阔海域，不占用岸线，项目的建设仅会对工程附近一定范围内的海域产生一定的影响。项目施工过程中将严格采取相应的污染防治和海洋生态环境保护措施，造成的影响在环境可接受范围内。项目的建设符合《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求。

根据《广东省海洋经济发展“十四五”规划》规划提出，持续推进海洋资源科学配置。发挥市场在资源配置中的决定性作用，建立和培育海洋资源产权交易市场，完善全民所有海洋资源资产出让、租赁、作价出资政策。健全海砂、无居民海岛和养殖用海等海洋资源使用权招拍挂制度。建立涵盖海洋资源资产等在内的全省自然资源统一交易平台。链接供需信息，完善资格认定、价值评估、信用赋予、交易鉴证等服务，更好地发挥政府作用。目前，珠江三角洲区域建筑用砂资源市场较为旺盛，供不应求。珠江口在建的深圳至中山跨江通道项目、深圳市海洋新兴产业基地和深圳机场三跑道扩建工程三个重大建设项目所需填海用砂石就超过3000万 m^3 。预计未来近10年，我国建设所需建筑用海砂超过10亿 m^3 ，

海砂需求量巨大。海砂在城市建设使用十分广泛，海砂正成为仅次于石油、天然气的第二大海洋矿产。根据用途不同海砂又可分为海砂建筑、海砂工业、海砂重矿物提炼等，其中海砂约有45%用于当作混凝土细骨材料、20%用于铺筑路基、20%用于填海造陆的填料，15%用于其他用途。随着生态文明建设的大力推进，国家进一步加大力度对违规违法开采海砂的管制，同时广东将不断强化沿海经济带产业支撑，提升沿海经济带与珠三角地区通达水平，着力打造东西两翼新增长极，将沿海经济带建设成为新时代广东发展主战场。作为重要回填原料的海砂资源的市场需求将进一步扩大，所以目前海砂开采的市场前景良好。本项目拟开采海砂矿区位于广东省汕尾市陆丰西南海域，距风车岛东南约12.4km处，内外部建设条件较好，海砂矿开采和加工对环境没有大的影响，开发该矿床具有一定的经济效益。项目开发可充分回收利用海砂矿产资源，对当地经济发展起到促进作用。项目建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》加大海洋矿产开采力度的要求。

《汕尾市海砂资源保护条例》明确提出，“海砂资源依法属于国家所有，海砂开采需取得合法手续。禁止任何单位和个人用任何手段侵占或者破坏海砂资源。下列区域不得开采海砂资源：沿海防护林带、海洋自然保护区、海洋特别保护区、重要渔业水域、海滨风景名胜区、海底电缆管道保护区、军事用海区、港口总体规划区以及其它法律、法规规定保护的区域。禁止任何单位和个人开采海岸带范围内的海砂资源。开发利用海域海砂资源应当保护海洋环境，严格按计划开采、严格控制开采总量。单位和个人开采海砂应当依法取得海域使用权和海砂采矿权，按照批准的开采地点、开采范围、开采方式、开采期限、开采总量等事项进行开采。海砂开采海域使用权和海砂采矿权应当根据国家 and 省有关规定，通过“两权合一”招标拍卖挂牌等市场化方式出让。”根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本项目海砂开采区所在海域为工矿通信用海区，不在海岸带范围内，不属于禁止开采海砂资源海域。本次论证工作是2024年省下达汕尾市2块海砂开采工作任务，分别为SW24-11和SW24-12矿区，本项目为其中1块，属于2024年汕尾海域选划开采海砂的SW24-11区块，属于合法合规流程。本项目建设虽然对所在海域的海洋生态存在一定的影响，但在工程结束后一段时间内可逐渐恢复。因此，本项目与《汕尾市海砂资源保护条例》是相符的。

综上，海砂开采是必要的。

2.5.2 项目用海的必要性

本项目为海砂开采项目，根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部，2023 年 11 月），项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），项目用海类型为“工业用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）的固体矿产开采用海（二级方式），用海方式为其它方式中的海砂等矿产开采。项目的建设内容及性质决定了其用海的必要性。根据《广东省财政厅关于下达 2024 年度省级海洋资源管理与利用专项资金的通知》（粤财资环〔2024〕37 号）等有关文件，2024 年省下达汕尾市 2 块海砂开采工作任务。2024 年汕尾市政府在汕尾市陆丰西南海域选划编号分别为 SW24-11 和 SW24-12 的 2 处海域作为海砂开采拟出让区进行回填料用海砂开采工作，本项目属于 2024 年汕尾海域选划开采海砂的 SW24-12 区块。本项目主要工艺为海砂开采，海砂开采需要投入一定的船舶，施工船舶需在采砂区持续施工一定的时间，占用一定海域并对该海域海砂资源进行开采，项目采砂用海是必要的。

因此，项目用海是十分必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源和滩涂资源

汕尾市岸线资源丰富，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），全市海岸线全长 467.3km，占全省岸线 11.44%，其中严格保护岸线 254.6km，限制开发岸线 121.9km，优化利用岸线 90.8km。根据 2022 年广东省最新修测岸线数据，本项目论证范围内海岸线共计 121.78km，其中人工岸线 36.03km，自然岸线 85.26km，其他岸线 0.49km。

根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（汕尾市农业农村局，2019 年 8 月），汕尾市 10 米等深线内浅海、滩涂面积 6.96 万公顷，其中浅海面积 6.66 万公顷，滩涂面积 3000 公顷，本项目论证范围内滩涂面积约为 563.8 公顷。

3.1.2 岛礁资源

根据《我国部分海域海岛标准名称》，汕尾市共有海岛 426 个（含东沙岛）。本项目论证范围内共有 209 个岛礁，有居民海岛 1 个，无居民海岛 208 个。其中西桔礁距离本项目最近，约 3.39km；论证范围内的有居民海岛为施公寮岛，距离本项目最近距离约为 12.32km。

西桔礁为已开发无居民海岛，岛上无植被，面积约 10212.9m²，保有自然岸线长度 376.8 米。施公寮岛，又称风车岛，是位于广东省汕尾市城区红海湾与碣石湾交界处的一个半岛。岛屿四面环海，通过一条长约 8 公里的连岛路与陆地相连，岛上林木葱郁，海滩洁白，海水清澈，并建有多座大型风力发电车，海岛面积约 10km²，保有自然岸线长度约为 1.5km。

3.1.3 港口、航道和锚地

本节港口、航道、锚地资源主要引用自《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》。本项目用海范围内不涉及港口、航道及锚地，见图 3.1.3-1。

图 3.1.3-1 项目周边港口、航道、锚地分布图（不公开）

3.1.3.1 港口资源

根据《汕尾港总体规划（2024-2035 年）》，汕尾港规划形成小漠、海丰、汕尾、汕尾新、陆丰组成的“一港五区”总体发展格局。如图 3.1.3-2 所示，项目论证范围内涉及汕尾新港区 and 陆丰港区 2 个港区，白沙湖作业区、乌坎作业区、碣石作业区、田尾山作业区 4 个作业区。

（一）汕尾新港区

汕尾新港区是汕尾港的重点发展港区和综合性货运枢纽港区，主要发展集装箱内外贸支线喂给运输，煤炭、矿建材料、粮食等大宗干散货接卸和中转运输，同时兼顾海工装备等临港产业发展。依托红海湾综合保税区、海铁联运物流枢纽等优势，发展保税物流、船舶服务、航运金融、信息服务等现代航运服务功能。汕尾新港区主要规划白沙湖作业区。

白沙湖作业区是白沙湖南岸汕尾电厂及西侧的岸线和施公寮岛规划岸线范围内集中装卸作业的区域。白沙湖南岸已建有汕尾电厂配套码头，包括 1 个 10 万吨级散货泊位和 1 个 3000 吨级重件泊位。

（二）陆丰港区

陆丰港区是汕尾港的重点发展港区和临港产业主导型港区，主要服务汕尾市的海洋工程装备制造、新能源、精细化工等临港工业，以煤炭等大宗散货、液体散货、海工装备制造的件杂货运输为主，兼顾其他散杂货装卸。陆丰港区自西向东规划有乌坎作业区、碣石作业区、田尾山作业区、湖东甲西作业区、东海岸作业区。

乌坎作业区近期不开发，远期可适时发展水上观光、旅游休闲客运服务。作业区开发时应充分利用现状设施，确需扩建新建时应先行考虑与近岸海域功能区划等的符合性。

碣石作业区作为远景发展区，规划在合适的时期发展市域内的水上客运及旅游航线。

田尾山作业区位于汕尾陆丰市碣石镇陆丰核电东侧 3km 位置，以海上风电装备运输为主，兼顾其他临港工业和腹地散杂货的运输。该作业区分东西共两个港池、目前已开发的是一港池。西侧一港池建有陆丰海洋工程基地一期工程配套码头及其防波堤，共建设 2 个 5000 吨级货运泊位（另有 1 个运维泊位）。

图 3.1.3-2 汕尾港总体布局规划图（不公开）

3.1.3.2 航道资源

本项目论证范围内主要航线、航道有乌坎西线航道、碣石航道、乌坎东线航道、粤海近岸航路、汕尾港进出港航路、广东沿海内航路、大星甲子航道、海甲航道，其中距离本项目最近的为碣石航道，位于项目西北侧 2.23km。

表 3.1.3-1 论证范围内的航道资源

序号	项目名称	相对方位	与项目最近距离(km)
1	乌坎西线航道	西北侧	10.80
2	碣石航道	西北侧	2.23
3	乌坎东线航道	东北侧	4.40
4	粤海近岸航路	东南侧	6.36
5	汕尾港进出港航路	西南侧	11.88
6	广东沿海内航路	东南侧	15.40
7	大星甲子航道	东北侧	11.18
8	海甲航道	东北侧	11.43

3.1.3.3 锚地资源

根据《汕尾港总体规划(2024-2035年)》，本项目论证范围内主要有 9#~12#、21#~22# 锚地。其中距离项目最近的锚地为移动后的 9#锚地和现状 10#锚地，移动后的 9#锚地位于项目西南侧 3.2km，现状 10#锚地位于项目西北侧 1.13km。各锚地现状情况见表 3.1.3-2 所示，本项目建设不占用锚地资源。

表 3.1.3-2 论证范围的锚地资源

序号	项目名称	相对方位	与项目最近距离(km)
1	移动后的 9#锚地	西南侧	3.2
2	现状 10#锚地	西北侧	1.13
3	新增 11#锚地	东北侧	5.5
4	新增 12#锚地	西北侧	12.1
5	新增 21#锚地	西南侧	14.0
6	新增 22#锚地	东南侧	11.8

3.1.4 矿产资源

(不公开)

3.1.5 旅游资源

汕尾市美丽的自然风光、旖旎的滨海风情是旅游的最大亮点。市区内海滩广布、海水湛蓝，蜿蜒的红海湾、潮水平静的银龙湾等，都是天然的海滨浴场。在这里，人们不但可以体验水上飞车、水炮等娱乐活动，还能见到海上冲浪、海上帆板的精彩表演，休闲娱乐的同时尽情地享受阳光沙滩，十分舒爽惬意。其中国家 4A 级红海湾旅游区的遮浪半岛有“中国观浪第一湾”的美誉，东西两侧海湾常呈现一边波涛汹涌、一边风平浪静的独特景观。此外还有沙质细腻的金町湾、金厢银滩，风车矗立的风车岛等优质滨海沙滩，龟龄岛、江牡岛海洋牧场可让游客体验海岛探险、海钓捕捞、海鲜现加工等乐趣，搭配汕尾承载的妈祖文化、蛋家文化等，共同构成了汕尾极具魅力的蓝色海洋旅游图景。

本项目不位于规划的游憩用海区，项目论证范围内有 1 处游憩用海区，为金厢游憩用海区，距离本项目的最近距离为 13.4km，本项目与其位置关系见图 3.1.5-1 所示。

金厢滩滨海旅游区位于广东省汕尾市陆丰市金厢镇，是碣石湾海滩的组成部分，景区海岸线呈“S”型，分布有金厢角、观音岭等自然景观，沿线遍布镇海石、龙石等奇礁异石。金厢银滩长达 8 公里，沙滩宽 50 至 70 米，沙白柔软，不含砾石与贝壳，海水清澈，坡缓水清，海中距岸 100 米处水深才 1.5 米，距岸 200 米处水深 2 米，是天然游泳海滩。这里轻涛薄浪，气候温和，年平均气温为 21.8 摄氏度，是海水浴、帆板、潜水游艇等水上运动的理想场所，能满足游客的不同需求，也是观赏日出日落的绝佳地点，夕阳西下时，海面上金光熠熠，景色迷人。

(不公开)

图 3.1.5-1 本项目与游憩用海区的位置关系示意图

3.1.6 渔业资源

3.1.6.1 2024 年 11 月渔业资源

广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 11 月 22 日~23 日、11 月 27 日~30 日在汕尾市海砂开采区附近海域开展海洋生态环境现状调查，设置生态和渔业资源调查站位 17 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 3.2.7-1 和图 3.2.7-1，具体监测项目见表 3.2.7-2。

1. 调查项目与分析方法

海洋渔业资源调查项目包括各项目检测内容及分析方法见表 3.1.6-1。

表 3.1.6-1 调查项目内容及分析方法

检测项目	检测依据	分析方法
鱼类浮游生物 (鱼卵仔稚鱼)	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9	镜检法
游泳动物	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14	目测法

2. 采样方法

(1) 鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水 I 型浮游生物网（水深 < 30m），由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用水平拖网法，网具采用大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 1kn~2kn。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

(2) 游泳动物

此次项目船号为粤陆渔 51020，使用的网具为网口宽 17 m、网衣长 40 m、网口目 40 mm、网囊目 20 mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.8 kn。

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

①调查船舶要求：游泳生物调查船应由专业调查船承担，或选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，调查船舶应具备能在调查海区中定位的卫星定位仪、能在调查海区与陆地基地联络的通讯设备，性能良好的探鱼仪和雷达，能随时观察曳网情况的网位仪，与调查水深和调查网具相匹配的起网机和起吊设备，具备渔获物样品冷藏库或冷冻库。

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

开始卷收曳网时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

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

3.评价方法

(1) 鱼卵仔稚鱼密度：

垂直拖网密度计算：

$$N = \frac{n}{S \times L}$$

式中：N—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m³）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S—网口面积（m²），S_{浅水I型网}=0.2 m²；

L—采样绳长（m），垂直拖网 L=水深-2m。

(2) 渔业资源：

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法（密度指数法），来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。

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

式中：S—重量密度（kg/km²）或个体密度（ind/km²）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y—平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

(3) 游泳生物优势种

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

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

式中：N—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

4. 鱼卵仔稚鱼现状调查结果

(1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 8 种，其中包括鲈形目 5 种，鲱形目 2 种和鲽形目 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 6 种，鲱形目 3 种和鲽形目 1 种。

表 3.1.6-10 鱼卵仔稚鱼种类组成（不公开）

(2) 数量分布

调查 17 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 11 ind，仔稚鱼 3 ind；鱼卵平均密度为 0.372 ind/m³，仔稚鱼平均密度为 0.193 ind/m³。SW01 站位鱼卵密度最高，密度为 1.887 ind/m³，其次是 SW27 站位，密度为 1.333 ind/m³，共 8 个站位捕获到鱼卵；SW28 站位仔稚鱼密度最高，密度为 2.564 ind/m³，其次是 SW11 站位，密度为 0.373 ind/m³，共 3 个站位捕获到仔稚鱼（表 3.1.6-11）。

表 3.1.6-11 鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（不公开）

(3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

① 鲹科

鲹科鱼类分布于印度洋、太平洋、大西洋热带和亚热带水域，在世界海洋渔业中占有重要地位，是世界重要暖水性和暖温性海洋经济鱼类，在渔业生产上有重要经济价值。本次调查出现的鲹科鱼卵共有 618 粒，出现在 15 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。

② 鳊科

鳊科鱼类分布于红海、印度洋、南洋群岛、澳大利亚北部、中国台湾岛以及中国南海等海域，主要栖息于热带海洋的近岸或稍碱的水域。主要栖息于沿岸砂泥底质水域，大多栖息于浅水域，水深约在 1-40 公尺之间，有时会进入深水域，有时会进入河口区。一般在底层活动觅食，肉食性，以底栖生物为食。以流刺网或岸边滩钓均有可能捕获。本次水平拖网调查出现的鳊科鱼卵共有 353 粒，出现在 14 个站位，鳊科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。鳊科仔稚鱼共有 2 尾，出现在 SW13 个站位。

③ 笛鲷科 (Lutjanidae)

广泛分布于世界三大洋之热带及亚热带海域，少数可生活于淡水。笛鲷由于习惯在礁区附近活动，并具有领域性，因此体型大的笛鲷常无法以底拖网或围网大量渔获，多半只能在沿岸利用传统的渔具、渔法，如一支钓、笼具、刺网、小型网具，或潜水镖射等方法来采捕。不过因其肉多、味美、数量少，所以在所有笛鲷分布的国家都是十分重要的当地消费鱼种。本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 179 粒，出现在

10 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。

5. 游泳动物现状调查结果

(1) 种类组成和优势种

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 15 目 50 科 97 种，其中：鱼类 60 种，占总种类数的 61.86%，虾类 15 种（其中虾蛄类 6 种），占总种类数的 15.46%，蟹类 16 种，占总种类数的 16.49%，头足类 6 种，占总种类数的 6.19%。

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种 ($IRI \geq 1000$) 共 3 种，分别为红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*)、口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*) 和直额螳 (*Charybdis truncata*)，红星梭子蟹为第一优势种，其总渔获重量为 27.530 kg，占游泳动物总渔获重量的 28.53%；红星梭子蟹的总尾数渔获量为 591 个，占游泳动物总渔获尾数数的 12.40%（表 3.1.6-12）。

表 3.1.6-12 游泳动物 IRI 指数（不公开）

(2) 渔获率

① 尾数渔获率

本次调查该海区 17 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 280 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 78 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 27.86%；虾类平均尾数渔获率为 77 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 27.59%；蟹类平均尾数渔获率为 119 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 42.43%；头足类的平均尾数渔获率为 6 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 2.12%（表 3.1.6-13）。

表 3.1.6-13 各站位尾数渔获率及类群所占比例（不公开）

② 重量渔获率

本次调查该海区 17 个站位的平均重量渔获率为 5.676 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 2.124 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 37.42%；虾类平均重量渔获率为 1.094 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 19.28%；蟹类平均重量渔获率为 2.170 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 38.23%；头足类的平均重量渔获率为 0.288 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 5.07%（表 3.1.6-14）。

表 3.1.6-14 各站位重量渔获率及类群所占比例（不公开）

③ 幼体比例

本次调查区域游泳动物幼体渔获总体占比为 29.23%，其中鱼类幼体比例最高，为

45.41%，其次是虾类，幼体比例为 41.44%，蟹类幼体比例为 12.12%，头足类幼体比例为 0。（见表 3.1.6-15）。

表 3.1.6-15 游泳动物各类群幼体渔获（不公开）

(3) 渔业资源密度

①尾数渔获密度

本次调查 17 个站位尾数资源密度范围在 $(1.176\sim 19.354)\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 6.204×10^3 ind/km²，尾数资源密度最高的站位为 SW16 站位，最低为 SW02 站位（表 3.1.6-16）。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(0.518\sim 4.611)\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 1.742×10^3 ind/km²，其中 SW14 站位最高，SW28 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(0.175\sim 6.903)\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 1.716×10^3 ind/km²，其中 SW16 站位最高，SW06 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0.024\sim 9.656)\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 2.614×10^3 ind/km²，其中 SW16 站位最高，SW28 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim 0.423)\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 0.133×10^3 ind/km²，其中 SW17 站位最高。

表 3.1.6-16 各站位尾数资源密度（不公开）

②重量资源密度

本次调查 17 个站位渔业资源重量资源密度范围在 $(23.810\sim 370.198)$ kg/km² 之间，平均值为 125.652 kg/km²，SW16 站位最高，SW02 站位最低（表 3.1.6-17）。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在 $(15.340\sim 105.916)$ kg/km² 之间，平均值为 47.246 kg/km²，其中 SW16 站位最高，SW02 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在 $(2.234\sim 109.791)$ kg/km² 之间，平均值为 24.239 kg/km²，其中 SW16 站位最高，SW06 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在 $(0.282\sim 153.072)$ kg/km² 之间，平均值为 47.699 kg/km²，其中 SW16 站位最高，SW28 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在 $(0\sim 23.144)$ kg/km² 之间，平均值为 6.468 kg/km²，其中 SW17 站位最高。

表 3.1.6-17 各站位重量资源密度（不公开）

(4) 游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 11~53 种，多样性指数变化范围在 2.453~4.384 之间，平均值为 3.556，其中 SW14 站位最高，SW28 站位最低；均匀度指

数变化范围在 0.630~0.849 之间，平均值为 0.726，其中 SW02 站位最高，SW06 站位最低；丰富度指数范围在 1.649~5.630 之间，平均值为 3.924，丰富度指数以 SW14 站位最高，SW28 站位最低（见表 3.1.6-18）。

表 3.1.6-18 游泳动物生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

(5) 主要经济种类规格和分布

a. 屈氏叫姑鱼

地理分布：分布于朝鲜西南、菲律宾、印度、印度尼西亚、斯里兰卡、马来半岛、新几内亚沿海等海域，在中国分布于渤海、黄海、东海、南海。

生活习性：屈氏叫姑鱼为暖温性近岸中下层小型鱼类。喜栖息于泥沙底以及岩礁附近海区，产卵时能发出“咕咕”叫声。主要饵料为桡足类、多毛类、细螯虾、小眼端足类、小蟹、褐虾、鼓虾和小鱼等。

本次调查的屈氏叫姑鱼体长范围为 50~155 mm，体重范围为 2.24~78.11 g，平均体重为 35.93 g。

b. 白姑鱼

地理分布：白姑鱼分布于印度洋和太平洋西部，在中国分布于渤海、黄海、东海、南海。

生活习性：暖温性近底层鱼类。一般栖息于水深 40-100 米泥沙底海区。有明显季节洄游习性，春季因生殖集群游向近岸产卵场；食性较杂，主要摄食底栖动物及小型鱼类，如长尾类、短尾类、脊尾白虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾、小蟹、矛尾虾虎鱼、纹缟虾虎鱼等。

本次调查的白姑鱼体长范围为 40~164 mm，体重范围为 1.06~104.35 g，平均体重为 35.42 g。

②主要经济虾类

a. 口虾蛄

地理分布：口虾蛄分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

生活习性：口虾蛄多穴居，常在浅海沙底或泥沙底掘穴。性情凶猛，视力十分锐利。由于善于游泳，因此其猎物大部分为底栖性不善于游泳的生物，包括各种贝类、螃蟹、海胆等。

本次调查的口虾蛄体长范围为 14~35 mm，体重范围为 1.56~57.09 g，平均体重为 18.80 g。

③主要经济蟹类

a. 红星梭子蟹

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为 45~135 mm，体重范围为 4.73~130.47 g，平均体重为 46.58 g。

④主要经济头足类

a. 杜氏尾枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏尾枪乌贼体长范围为 23~93 mm，体重范围为 2.13~53.92 g，平均体重为 19.97 g。

6. 小结

鱼卵仔稚鱼在本次调查中共记录鱼卵 8 种，其中包括鲈形目 5 种，鲱形目 2 种和鲽形目 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 6 种，鲱形目 3 种和鲽形目 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 0.372 ind/m³；仔稚鱼平均密度为 0.193 ind/m³。常见鱼卵仔稚鱼为鳮科、笛鲷科和鲹科等。

游泳动物共记录 3 门 4 纲 15 目 50 科 97 种，其中：鱼类 60 种，虾类 15 种（其中虾蛄类 6 种），蟹类 16 种，头足类 6 种。游泳动物优势种共 3 种，分别为红星梭子蟹、口虾蛄和直额螳，红星梭子蟹为第一优势种。平均总尾数渔获率为 280 ind/h，平均总重量渔获率为 5.676 kg/h。平均尾数资源密度为 6.204×10³ ind/km²；平均重量资源密度为 125.652 kg/km²。游泳动物的多样性指数平均值为 3.556，均匀度指数平均值为 0.726，

丰富度指数平均值为 3.924。主要经济种类为屈氏叫姑鱼、白姑鱼、口虾蛄、红星梭子蟹、杜氏尾枪乌贼等。

3.1.6.2 2025 年 3 月渔业资源

广州海兰图检测技术有限公司于 2023 年 03 月 14 日~15 日、03 月 18 日~19 日在汕尾市海砂开采区附近海域开展海洋生态环境现状调查，设置生态和生物资源调查站位 16 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 3.2.8-1 和图 3.2.8-1，具体监测项目见表 3.2.8-2。

1. 调查项目与分析方法

海洋渔业资源调查项目包括各项目检测内容及分析方法见表 3.1.6-1。

表 3.1.6-1 调查项目内容及分析方法

检测项目	检测依据	分析方法
鱼类浮游生物 (鱼卵仔稚鱼)	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9	镜检法
游泳动物	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14	目测法

2. 采样方法

(1) 鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水 I 型浮游生物网（水深 < 30m），由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用水平拖网法，网具采用大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 1kn~2kn。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

(2) 游泳动物

此次项目船号为粤汕城渔 15199，使用的网具为网口宽 5.6 m、网衣长 4 m、网口目 40 mm、网囊目 15 mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.9 kn。

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

①调查船舶要求：游泳生物调查船应由专业调查船承担，或选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，调查船舶应具备能在调查海区中定位的卫星定位仪、能在调查海区与陆地基地联络的通讯设备，性能良好的探鱼仪和雷达，能随时观察曳网情

况的网位仪，与调查水深和调查网具相匹配的起网机和起吊设备，具备渔获物样品冷藏库或冷冻库。

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

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

3.评价方法

(1) 鱼卵仔稚鱼密度：

垂直拖网密度计算：

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

式中：N—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m³）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

v—滤水量（m³）。

(2) 渔业资源：

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法（密度指数法），来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。

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

式中：S—重量密度（kg/km²）或个体密度（ind/km²）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y—平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

(3) 游泳生物优势种

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

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

式中： N —某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W —某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F —某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

4. 鱼卵仔稚鱼现状调查结果

(1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 17 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目 3 种，鲾形目 2 种，仙女鱼目、鲉形目和鲷形目各 1 种；仔稚鱼 9 种，其中包括鲈形目 3 种，鲱形目 3 种，灯笼鱼目、鲉形目和鲷形目各 1 种（表 3.1.6-2）。

表 3.1.6-2 鱼卵仔稚鱼种类组成（不公开）

(2) 数量分布

调查 16 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 20 ind，仔稚鱼 7 ind；鱼卵平均密度为 0.400 ind/m³，仔稚鱼平均密度为 0.275 ind/m³。SW04 站位鱼卵密度最高，密度为 1.493 ind/m³，其次是 SW19 站位，密度为 1.310 ind/m³，共 8 个站位采获到鱼卵；SW04 站位仔稚鱼密度最高，密度为 2.986 ind/m³，其次是 SW12 站位，密度为 0.641 ind/m³，共 4 个站位采获到仔稚鱼（表 3.1.6-3）。

表 3.1.6-3 鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（不公开）

(3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

① 鲹科（Carangidae）

鲹科鱼类分布于印度洋、太平洋、大西洋热带和亚热带水域，在世界海洋渔业中占有重要地位，是世界重要暖水性和暖温性海洋经济鱼类，在渔业生产上有重要经济价值。本次调查出现的鲹科鱼卵共有 414 粒，出现在 13 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 SW04 站位数量最多，共 101 粒。

② 鲱科（Clupeidae）

鲱科鱼类生态分布广泛，主要分布于北纬 30°至亚北极海域，在中国见于黄海、渤海海域，朝鲜、日本、美国、加拿大、西太平洋和东太平洋等海域也有分布。它们经

济价值高，是重要出口水产品，可鲜食、制罐头，鱼卵巢营养丰富，还具有医药价值，能补虚利尿、解毒。本次水平拖网调查出现的鲱科鱼卵共有 471 粒，出现在 11 个站位，鳀科鱼卵在调查海域中 SW12 站位数量最多，共 253 粒。

5. 游泳动物现状调查结果

(1) 种类组成和优势种

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 14 目 53 科 115 种，其中：鱼类 64 种，占总种类数的 55.65%，虾类 21 种（其中虾蛄类 8 种），占总种类数的 18.26%，蟹类 23 种，占总种类数的 20.00%，头足类 7 种，占总种类数的 6.09%。

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（ $IRI \geq 1000$ ）共 2 种，分别为口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）和隆线强蟹（*Eucrater crenata*），口虾蛄为第一优势种，其总渔获重量为 8.856 kg，占游泳动物总渔获重量的 15.06%；口虾蛄的总尾数渔获量为 718 个，占游泳动物总渔获尾数数的 15.31%（表 3.1.6-4）。

表 3.1.6-4 游泳动物 IRI 指数（不公开）

(2) 渔获率

①尾数渔获率

本次调查该海区 16 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 297 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 112 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 37.56%；虾类平均尾数渔获率为 116 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 39.01%；蟹类平均尾数渔获率为 66 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 22.22%；头足类的平均尾数渔获率为 4 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.22%（表 3.1.6-5）。

表 3.1.6-5 各站位尾数渔获率及类群所占比例（不公开）

②重量渔获率

本次调查该海区 16 个站位的平均重量渔获率为 3.743 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 1.892 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 50.56%；虾类平均重量渔获率为 1.004 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 26.81%；蟹类平均重量渔获率为 0.729 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 19.48%；头足类的平均重量渔获率为 0.118 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 3.15%（表 3.1.6-6）。

表 3.1.6-6 各站位重量渔获率及类群所占比例（不公开）

③幼体比例

本次调查区域游泳动物各类群幼体渔获情况见表 3.1.6-7。游泳动物幼体渔获总体占比为 33.07%，其中虾类幼体比例最高，为 38.23%；其次是鱼类，幼体比例为 33.96%；蟹类幼体比例为 24.45%；头足类为 0。

表 3.1.6-7 游泳动物各类群幼体渔获（不公开）

(3) 渔业资源密度

①尾数渔获密度

本次调查 16 个站位尾数资源密度范围在 $(3.703\sim 49.144) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $18.843 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，尾数资源密度最高的站位为 SW06 站位，最低为 SW01 站位（表 3.1.6-8）。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(1.851\sim 24.323) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $7.123 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，其中 SW06 站位最高，SW24 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(0.124\sim 18.538) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $7.361 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，其中 SW06 站位最高，SW13 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0.278\sim 14.432) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $4.134 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，其中 SW12 站位最高，SW23 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim 1.182) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $0.226 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，其中 SW07 站位最高。

表 3.1.6-8 各站位尾数渔获密度（不公开）

②重量渔获密度

本次调查 16 个站位渔业资源重量资源密度范围在 $(52.253\sim 538.837) \text{ kg/km}^2$ 之间，平均值为 239.228 kg/km^2 ，SW06 站位最高，SW13 站位最低（表 3.1.6-9）。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在 $(30.668\sim 305.250) \text{ kg/km}^2$ 之间，平均值为 121.009 kg/km^2 ，其中 SW06 站位最高，SW13 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在 $(0.435\sim 154.336) \text{ kg/km}^2$ 之间，平均值为 65.171 kg/km^2 ，其中 SW10 站位最高，SW13 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在 $(0.833\sim 180.338) \text{ kg/km}^2$ 之间，平均值为 45.687 kg/km^2 ，其中 SW12 站位最高，SW04 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在 $(0\sim 22.643) \text{ kg/km}^2$ 之间，平均值为 7.360 kg/km^2 ，其中 SW19 站位最高。

表 3.1.6-9 各站位重量渔获密度（不公开）

(4) 游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 13~42 种，多样性指数变化范围在

2.406~4.430 之间，平均值为 3.375，其中 SW19 站位最高，SW23 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.616~0.865 之间，平均值为 0.721，其中 SW01 站位最高，SW23 站位最低；丰富度指数范围在 1.981~5.029 之间，平均值为 3.298，丰富度指数以 SW19 站位最高，SW23 站位最低（见表 3.1.6-10）。

表 3.1.6-10 游泳动物生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数
(不公开)

(5) 主要经济种类规格和分布

①主要经济鱼类

a. 龙头鱼

地理分布：分布于我国黄海南部、东海、南海的河口海域，以及日本本州中部以南海域、韩国海域、马来西亚海域、印度-西太平洋暖水域。

生活习性：为中小型底栖鱼类，主要栖息于大陆架之深水域，深度上下限：50 米一下，但常至河口区域觅食；主要以鱼类及甲壳类为食。

本次调查的龙头鱼体长范围为 85~220 mm，体重范围为 2.26~85.96 g，平均体重为 34.25 g。

b. 沙带鱼

地理分布：主要分布于印度洋北部沿岸，我国主要分布在南海和东海。

生活习性：属近海暖水性中上层鱼类，性贪食，游速快，属肉食性，以甲壳类、乌贼、鱼类等为食，可做为食用鱼。

本次调查的沙带鱼体长范围为 78~148 mm，体重范围为 6.98~52.04 g，平均体重为 20.15 g。

②主要经济虾类

a. 口虾蛄

地理分布：口虾蛄分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

生活习性：口虾蛄多穴居，常在浅海沙底或泥沙底掘穴。性情凶猛，视力十分锐利。由于善于游泳，因此其猎物大部分为底栖性不善于游泳的生物，包括各种贝类、螃蟹、海胆等。

本次调查的口虾蛄体长范围为 9~34 mm，体重范围为 1.24~53.24 g，平均体重为

12.33 g。

③主要经济头足类

a. 杜氏尾枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏尾枪乌贼体长范围为 25~91 mm，体重范围为 2.63~39.70 g，平均体重为 12.13 g。

6.总结

鱼卵仔稚鱼在本次定性调查中共记录鱼卵 17 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目 3 种，鲾形目 2 种，仙女鱼目、魮形目和鲷形目各 1 种；仔稚鱼 9 种，其中包括鲈形目 3 种，鲱形目 3 种，灯笼鱼目、魮形目和鲷形目各 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 0.400 ind/m³；仔稚鱼平均密度为 0.275 ind/m³。常见鱼卵仔稚鱼为鲹科、鲱科等。

游泳动物共记录 3 门 3 纲 14 目 53 科 115 种，其中：鱼类 64 种，虾类 21 种（其中虾蛄类 8 种），蟹类 23 种，头足类 7 种。游泳动物优势种共 2 种，分别为口虾蛄和隆线强蟹，口虾蛄为第一优势种。平均总尾数渔获率为 297 ind/h，平均总重量渔获率为 3.743 kg/h。平均尾数资源密度为 18.843×10³ ind/km²，平均重量资源密度为 239.228 kg/km²。游泳动物的多样性指数平均值为 3.375，均匀度指数平均值为 0.721，丰富度指数平均值为 3.298。主要经济种类为龙头鱼、沙带鱼、口虾蛄、杜氏尾枪乌贼等。

3.1.7 三场一通道

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

（1）南海鱼类产卵场

根据与南海鱼类产卵场分布见图 3.1.7-1 和图 3.1.7-2，本项目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 3.1.7-3），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) 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 20m 水深以内的海域均为幼鱼、幼虾保护区（图 3.1.7-4）。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。本项目位于幼鱼、幼虾保护区内。

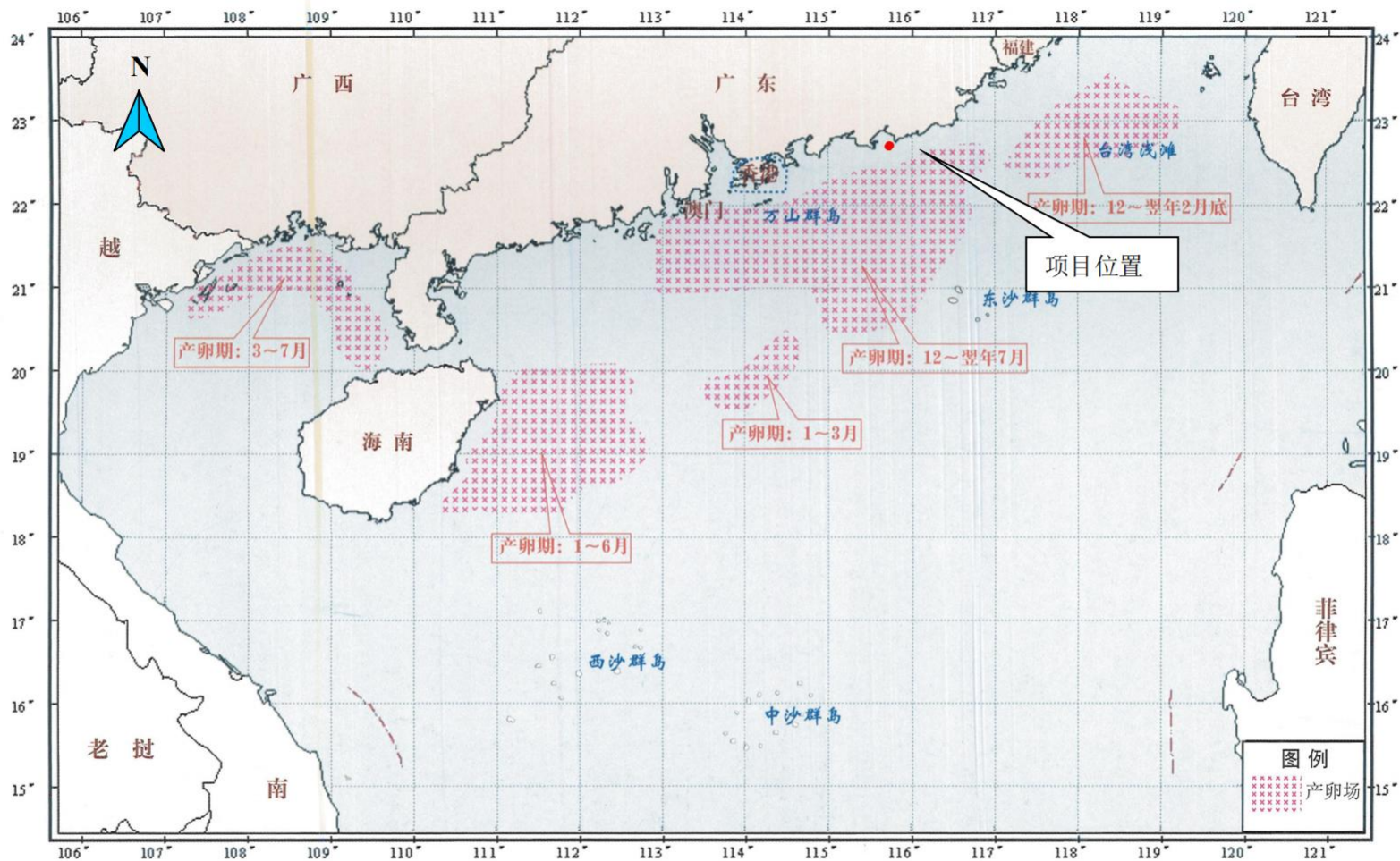


图 3.1.7-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

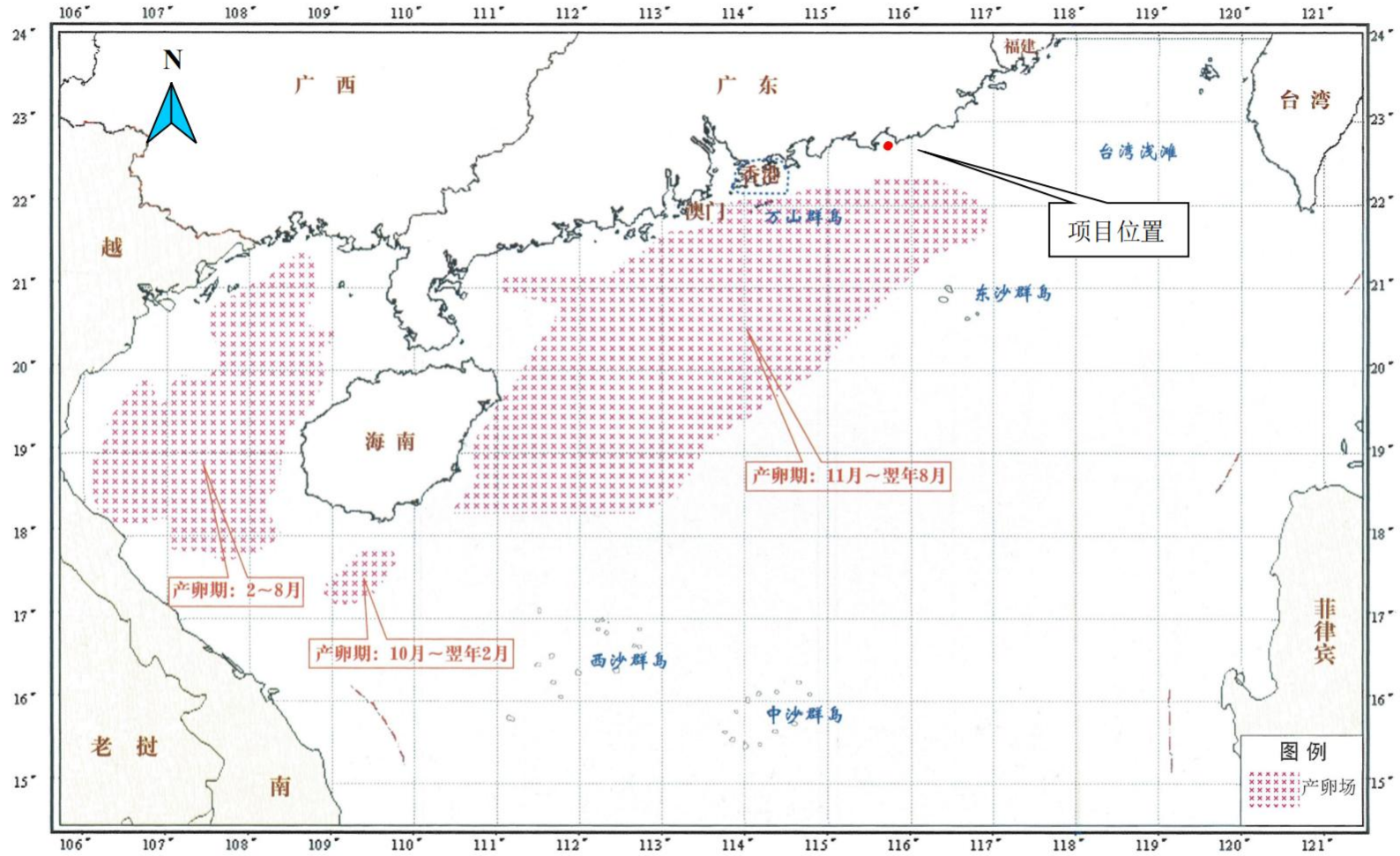


图 3.1.7-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

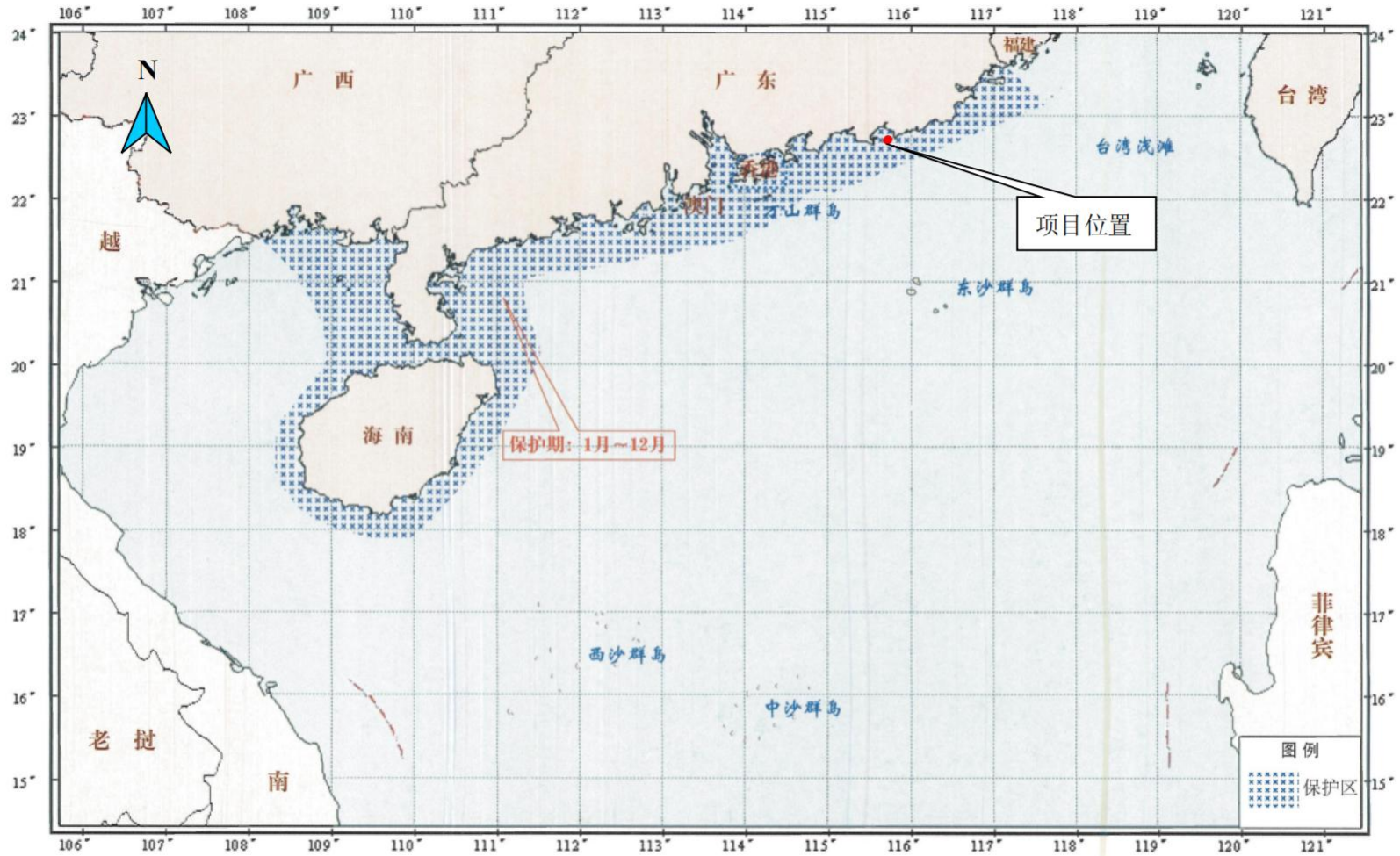


图 3.1.7-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

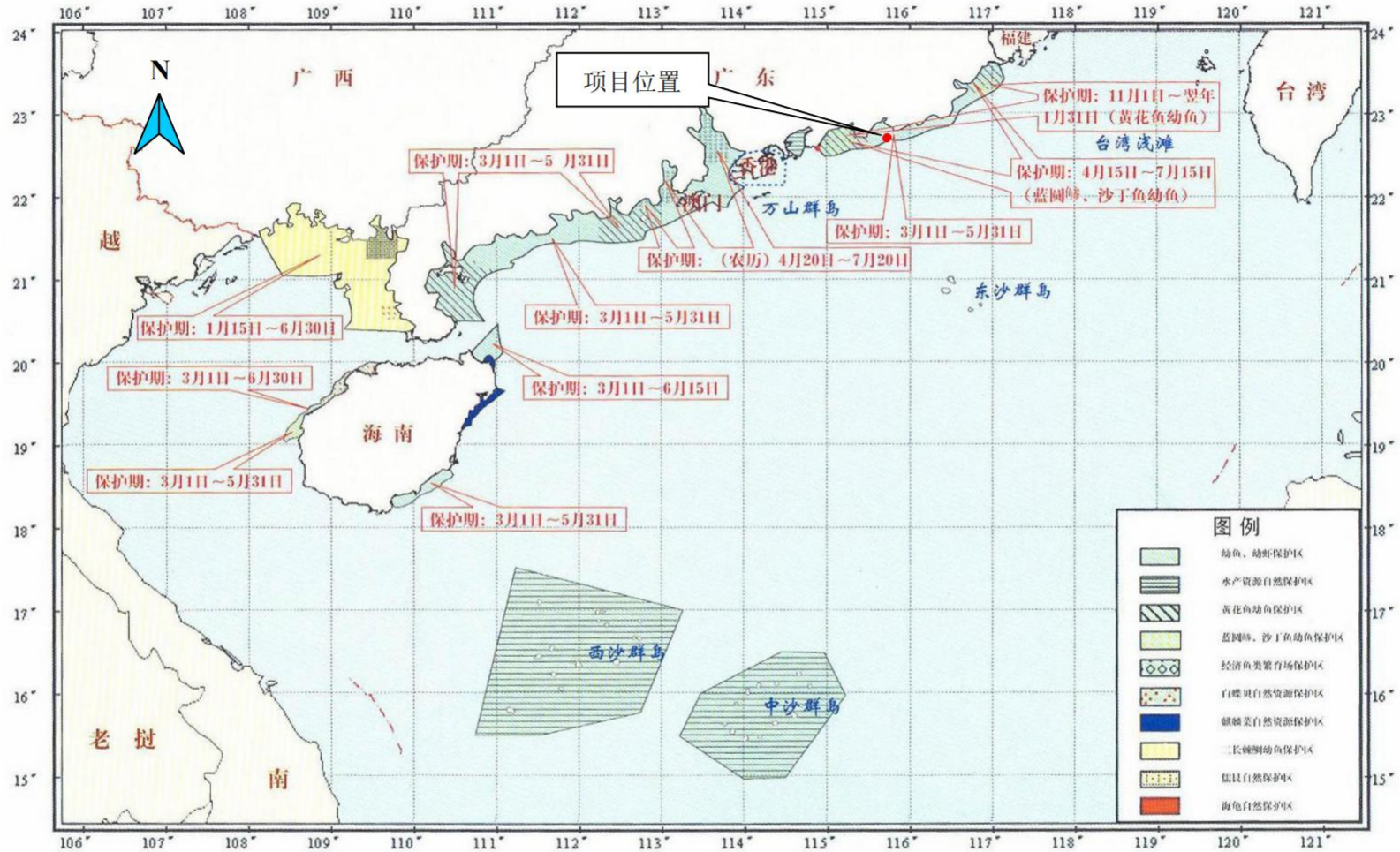
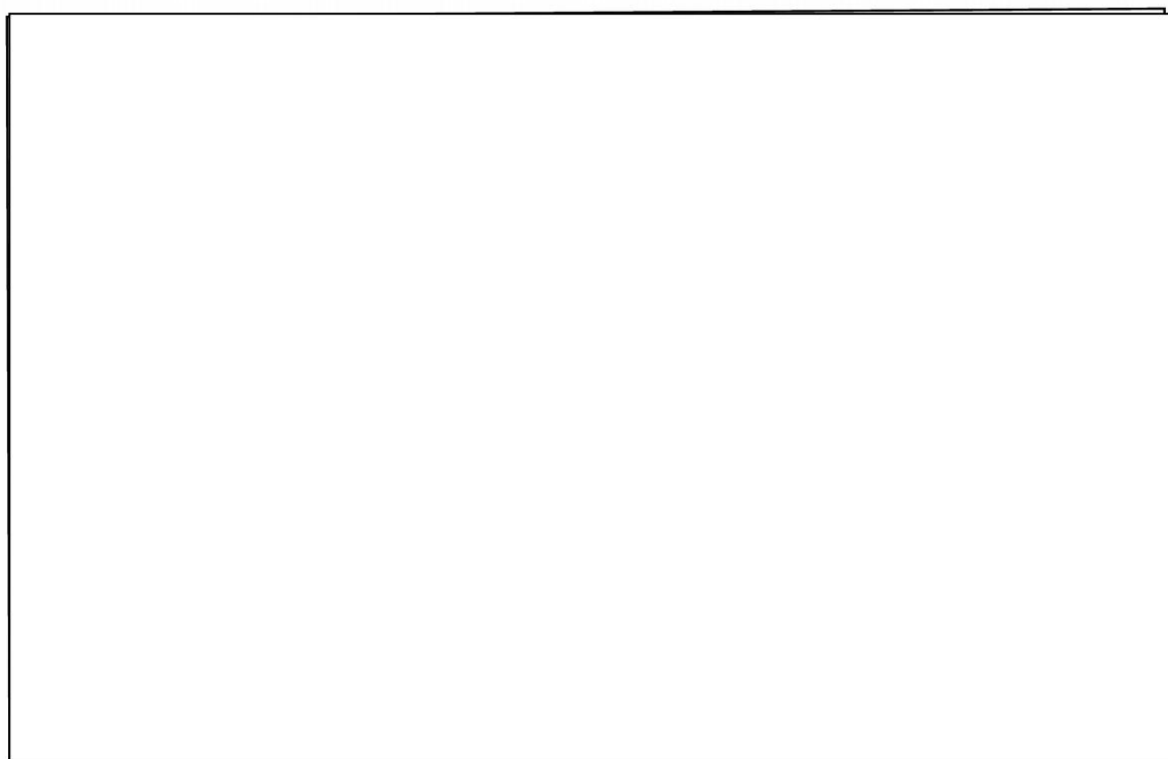


图 3.1.7-4 南海国家级及省级渔业品种保护区分布图

3.1.8 典型生态系统

根据现场踏勘、对照《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中的典型海洋生境空间分布图（见图 3.1.8-1）、《汕尾市红树林保护修复规划（2023-2035）》（见图 3.1.8-2）《金屿无居民海岛生态调查报告》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2023 年 12 月）及其他现有研究资料，本项目论证范围内无盐沼、海草床、海藻场和牡蛎礁等海洋典型生态系统，论证范围内有红树林典型生态系统和少量石珊瑚群落。

广东省典型海洋生境空间分布图



比例尺1:250000（高斯-克吕格投影，标准纬线为30°）

广东省自然资源厅
2024年12月 编制

图 3.1.8-1 本项目在广东省典型海洋生境空间分布图中的位置示意图

1. 红树林典型生态系统

本项目论证范围的红树林资源主要分布在白沙湖堤围东侧，见图 3.1.8-2。

根据《汕尾市红树林保护修复规划（2023-2035）》，白沙湖堤围东侧现有红树林 6.67 公顷，距离本项目最近距离约 19.3km。



图 3.1.8-2 论证范围内的红树林资源

2. 石珊瑚群落

本项目论证范围内有少量造珊瑚群落，主要分布在项目西侧约 10.2km 处的金屿岛附近，见图 3.1.8-3。

根据《金屿无居民海岛生态调查报告》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2023 年 12 月），通过对金屿岛周边 4 个站位样线附近区域的定性调查，共鉴定出扁脑珊瑚属（*Platygyra sp.*）、刺星珊瑚属（*Cyphastrea sp.*）、角孔珊瑚属（*Goniopora sp.*）、盘星珊瑚属（*Dipsastraea sp.*）、邓肯沙珊瑚属（*Duncanopsammia sp.*）、刺叶珊瑚属（*Echinophyllia sp.*）、蔷薇珊瑚属（*Montipora sp.*）、鹿角珊瑚属（*Acropora sp.*）共计 5 科 8 属，以滨珊瑚科和裸肋珊瑚科为主。金屿岛附近珊瑚群落分布情况见图 3.1.8-4。

（不公开）

图 3.1.8-3 金屿岛与本项目相对位置图

（不公开）

图 3.1.8-4 2023 年金屿岛附近珊瑚群落分布图

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气象气候

调查海区处南亚热带季风气候区，气候温暖，雨量充沛，光照充足；冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春季连旱常有发生，夏涝风灾危害较重。本节主要引用遮浪海洋站（北纬 22°39′，东经 115°34′）2020 年~2022 年的统计资料进行分析。

1. 气温

根据遮浪海洋站 2020 年~2022 年的逐时气温数据统计分析，得到项目所在区域附近历年各月的最高、最低和平均气温状况，如表 3.2.1-1 所示。

表 3.2.1-1 历年各月最高、最低和平均气温(°C)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	16.0	16.2	19.5	21.7	25.7	27.6	28.9	28.3	28.6	25.1	21.9	16.9	23.0
最高	24.2	25.6	28.4	29.9	33.3	32.3	32.7	33.8	35.0	32.1	27.8	23.5	35.0
最低	6.8	7.5	13.3	13.3	16.2	20.8	24.2	22.9	23.7	16.9	13.2	6.3	6.3

由上表可知，项目所在区域年平均气温为 23.0°C，年最高气温达 35.0°C，年最低气温为 6.3°C。7 月是路由区最热的月份，月平均气温为 28.9°C；1 月是路由区最冷的月份，月平均气温为 16.0°C。气温的年较差，即最热月与最冷月平均气温的差值为 12.9°C。各月气温变化幅度在 0°C~5.0°C 之间。1 月~7 月气温持续上升，2 月~3 月升温最大，月升温 3.3°C；9 月以后气温逐月下降，以 11 月~12 月降幅最大，月降温 5.0°C。气温变化最大的月份都出现在春、秋过渡季节，这显然是冬、夏季风转变时期，大气环流处于调整过程中，导致气温变化较大。

2. 相对湿度

根据遮浪海洋站 2020 年~2022 年的逐时相对湿度数据进行统计分析，统计结果见表 3.2.1-2 所示。

表 3.2.1-2 各月及年平均区域性最小相对湿度 (%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	76	81	84	80	87	90	87	87	81	73	77	71	81
最低	12	35	39	26	37	63	65	62	29	34	23	21	12

项目附近海域相对湿度较大，年平均值为 81.0%。年最小相对湿度为 12%。5 月~

8月相对湿度较大，多年月平均都在85%以上，6月相对湿度最大，多年月平均为90%，1月、10月~12月相对湿度较小，多年月平均在80%以下，12月相对湿度最小，多年月平均为71%。

3.气压

根据遮浪海洋站2020年~2022年的逐时气压数据进行统计分析，得到项目所在区域各月及年平均气压最大值、最小值和平均值见表3.2.1-3所示。其中7月平均气压最低，为1005.4hPa；12月份平均气压最高，达1019.3hPa。7月~10月最低气压低于1000.0hpa，年度最低气压值为991.2hpa，发生在8月。平均气压7月~12月期间逐渐上升，其中9月~10月期间上升最快，升率为4.4hPa/月；1月~7月呈逐月下降的趋势，尤其4月~5月期间下降最快，降率为5.3hPa/月。

从季节的变化看，冬季12月平均气压最高，夏季平均气压最低。年气压平均值为1012.3hpa。

表3.2.1-3 各月极值气压统计（hpa）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均值	1018.8	1018.5	1014.4	1014.0	1008.7	1006.1	1005.4	1005.8	1008.1	1012.5	1015.6	1019.3	1012.3
最大值	1028.4	1028.6	1024.5	1024.5	1017.6	1012.5	1012.5	1013.3	1015.2	1020.3	1023.5	1029.1	1029.1
最小值	1009.3	1007.5	1004.5	1004.0	1000.2	1000.4	993.5	991.2	998.4	996.4	1004.5	1010.2	991.2

4.风

(1) 各月及年风速风向频率

遮浪海洋站附近海域全年盛行E、ENE和NNE向风，1月~5月、8月~11月ENE、E向风为主；6月~7月SW向风为主；12月NNE向风为主。全年以E向风频率最大，达20.57%；ENE向风次之，为20.21%；NNE向风又次之，为12.01%。详见表3.2.1-4和图3.2.1-1。

表3.2.1-4 遮浪海洋站累年（2020~2022）各月各向风频率统计（%）

风向	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
N	3.81	3.24	1.66	1.16	1.08	0.93	0.58	1.03	2.64	6.18	4.21	10.11	3.00
NNE	17.1	19.56	10.17	8.84	2.96	1.02	1.66	3.94	5.56	19.62	17.04	39.50	12.01
NE	11.8	10.64	10.80	9.63	4.03	3.39	4.08	7.89	9.31	11.11	10.69	11.56	8.58
ENE	28.4	24.85	23.07	28.56	16.98	9.21	6.32	11.07	20.28	27.78	33.98	16.93	20.21
E	27.3	30.39	32.62	26.94	17.52	7.11	7.03	10.80	20.60	27.96	26.71	16.98	20.57
ESE	8.02	6.08	6.77	6.44	5.11	2.84	6.14	8.92	8.38	3.54	4.31	3.48	5.73

SE	0.81	1.86	1.97	2.69	2.87	2.14	5.38	6.50	2.87	0.85	1.16	0.36	2.42
SSE	0.36	0.54	1.21	1.57	3.99	2.65	5.56	4.30	2.36	0.31	0.28	0.05	1.91
S	0.27	0.54	1.61	1.25	4.70	2.98	3.32	3.81	1.20	0.36	0.00	0.00	1.65
SSW	0.22	0.15	2.37	3.94	13.04	16.78	9.81	9.99	3.29	0.45	0.14	0.05	4.95
SW	0.49	0.74	2.28	3.70	13.44	27.52	20.88	11.02	6.53	0.63	0.32	0.09	7.19
WSW	0.36	0.15	1.43	1.53	7.66	13.11	16.80	9.90	5.28	0.27	0.37	0.09	4.69
W	0.18	0.29	1.75	1.71	4.53	5.81	8.02	6.45	3.89	0.04	0.23	0.32	2.74
WNW	0.27	0.20	1.12	0.83	1.16	2.56	3.09	2.20	2.08	0.09	0.28	0.00	1.14
NW	0.04	0.29	0.72	0.46	0.45	1.39	0.85	1.25	2.31	0.27	0.09	0.05	0.67
NNW	0.31	0.49	0.31	0.28	0.27	0.28	0.27	0.63	3.06	0.54	0.19	0.36	0.57
C	0.00	0.00	0.13	0.46	0.22	0.28	0.22	0.31	0.37	0.00	0.00	0.09	1.97

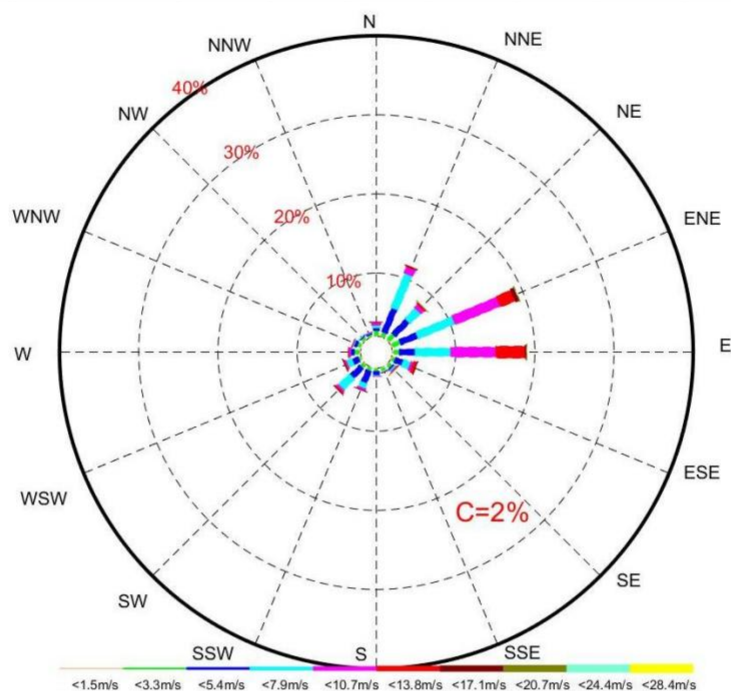


图 3.2.1-1 遮浪海洋站多年平均全年各向风频率分布图

(2) 累年各月平均风速

遮浪海洋站附近海域累年平均风速为 6.2m/s，具体见表 3.2.1-5 所示。

表 3.2.1-5 遮浪海洋站累年（2020~2022）各月平均风速（m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均风速	6.9	6.4	6.2	6.2	5.7	5.0	5.2	5.0	5.5	8.3	7.1	6.7	6.2

(3) 累年各月、各向最大风速

遮浪海洋站累年各月最大风速中，最大值达 22.6m/s，发生在 10 月，最小值为 15.6m/s，发生在 12 月。遮浪海洋站附近常风向是 E 向，其最大风速为 19.2m/s；最少风向是 NNW 向，最大风速 9.1m/s。遮浪海洋站附近 ENE 向累年最大风速最大，达

22.6m/s; NNW 向累年最大风速最小, 为 9.1m/s。详见表 3.2.1-6~表 3.2.1-7。

表 3.2.1-6 遮浪海洋站累年 (2020~2022) 各月最大风速 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最大风速	16.6	19.2	16.9	18.1	16.3	21.5	18.6	22.3	17.2	22.6	21.9	15.6

表 3.2.1-7 遮浪海洋站累年(2020~2022)各向最大风速(m/s)

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
最大风速	13.9	17.5	18.6	22.6	19.2	17.5	22.3	11.3	15.7	16.2	21.5	16.0	16.0	15.0	14.2	9.1

(4) 大风

气象上规定, 凡达到或超过 8 级 (风速 ≥ 17.2 米/s) 的风统称为大风。根据 2020 年-2022 年遮浪海洋站极大风速统计, 得到路由区附近海域多年平均大风日数为 51.1 天。大风最多的月份为 10 月, 为 9.0 天, 详见表 3.2.1-8。

表 3.2.1-8 遮浪海洋站历年各月 ≥ 8 级大风平均日数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
大于 8 级风天数	4.0	4.7	3.0	3.3	2.7	5.0	3.0	4.7	2.0	9.0	5.7	4.0	51.1

5. 雾

根据遮浪海洋站 2018 年~2021 年的雾观测资料, 项目附近区域多年雾日平均值为 8.3 天, 4 月雾日最多, 为 2.3 天, 8 月至 12 月没有雾日出现。从全年分布来看, 雾日主要出现在冬春季节, 1 月至 5 月的雾日为 7.7 天, 这 5 个月的雾日占统计资料的 92% 以上, 夏秋季节雾日较少。因此, 在冬春季节施工作业时, 需要注意做好大雾防范措施。

表 3.2.1-9 区域雾日统计 (天)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
雾日	0.3	1.7	2.0	2.3	1.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	8.3

6. 降水

汕尾市地处祖国大陆东南部, 境内雨量充沛, 多年年平均降雨量为 1800~2400 毫米, 最多年份的年降水量达 3728 毫米。雨热同季是汕尾市的主要气候特点之一, 雨季始于每年 3 月下旬到 4 月上旬, 终于 10 月下旬; 每年 4~10 月的汛期, 既是一年之中热量最多的季节, 又是降雨量最集中的季节, 占全年总降雨量的 85%。汕尾市多年年平均暴雨日数为 12 天左右, 最长达 23 天; 曾有过日降雨量 621.6 毫米和一次连续性最大

降雨量达 1397.2 毫米的记录。

3.2.2 海洋水文动力状况

3.2.2.1 潮汐特征

根据遮浪海洋站 2020 年 1 月~2022 年 12 月连续的逐时潮位观测资料（基面为 1985 国家高程系）对路由区的潮汐特征进行统计分析，潮汐特征值结果见表 3.2.2-1。

本项目所在海域潮汐系数为 2.8，属于不规则全日潮。本海域平均潮位为 65cm，10 月月平均潮位最高，为 91cm，6 月月平均潮位最低，为 51cm；年平均高潮位为 103cm，10 月月平均高潮位最高，为 132cm；年平均低潮位为 21cm，5 月和 6 月月平均低潮位最低，为 10cm；多年最高潮位为 235cm，多年最低潮位为-40cm；多年平均潮差为 82cm，历年最大潮差为 211cm。

表 3.2.2-1 遮浪海洋站潮汐统计特征（cm）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均潮位	64	64	57	60	55	51	55	57	71	91	75	76	65
最高潮位	195	183	150	144	160	153	188	159	155	235	201	193	235
最低潮位	-35	-28	-32	-31	-37	-40	-30	-22	-25	-15	-27	-31	-40
平均高潮位	108	103	92	98	94	86	90	90	107	132	115	119	103
平均低潮位	19	21	12	16	10	10	15	15	27	44	30	29	21
平均潮差	88	82	79	82	84	76	75	75	80	88	85	90	82
最大潮差	211	192	159	147	177	192	183	174	161	187	202	210	211

3.2.2.2 2025 年 2 月冬季实测海洋水文动力环境现状调查与评价

1. 调查概况

本章节引用广东海兰图环境技术研究有限公司于 2025 年 2 月 12 日-2 月 26 日在项目附近海域的海洋水文动力调查资料进行论述分析，该次调查共布设 7 个海流观测站和 2 个潮位测站，具体站位布设情况见表 3.2.2-2 和图 3.2.2-1 所示。7 个潮流观测站位和 2 个潮位测站位于项目论证范围内，满足《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）中“一级论证一般不少于 6 个观测站位，同时应至少设置 1 个潮位站位”的要求。

表 3.2.2-2 水动力环境现状调查站位表

项目	序号	站号	经度 (E)	纬度 (N)	观测要素				
					潮位	海流	悬沙、粒径	温、盐	风速风向
海流 悬沙 观测站	1	SWL1				√	√	√	
	2	SWL2				√	√	√	√
	3	SWL3				√	√	√	
	4	SWL4				√	√	√	
	5	SWL5				√	√	√	
	6	SWL6				√	√	√	√
	7	SWL7				√	√	√	
潮位	8	SWC1			√				
	9	SWC2			√				

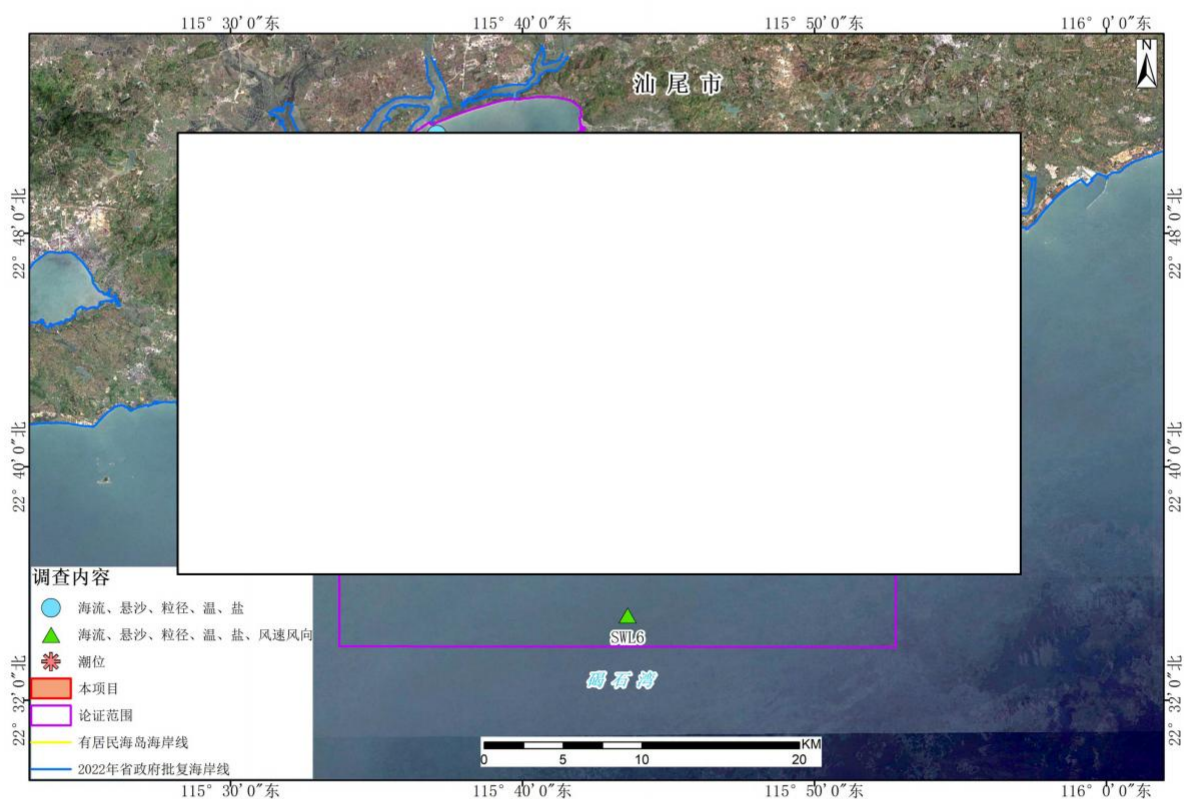


图 3.2.2-1 调查站位布设图

2. 风速风向

本次水文观测期间，风向以东风为主，风速在 5.0m/s~10.3m/s。观测海域的平均风速大小为 7.1m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区大部分在海湾内，因此风场受陆地的影响，而 SWL6 在湾口外，其风场更贴近海洋的风场，因此可以看到湾内的

风场风向多变（SWL2），而湾外的站点风场基本趋近一致（SWL6）。各个站位海况均为 2 级。

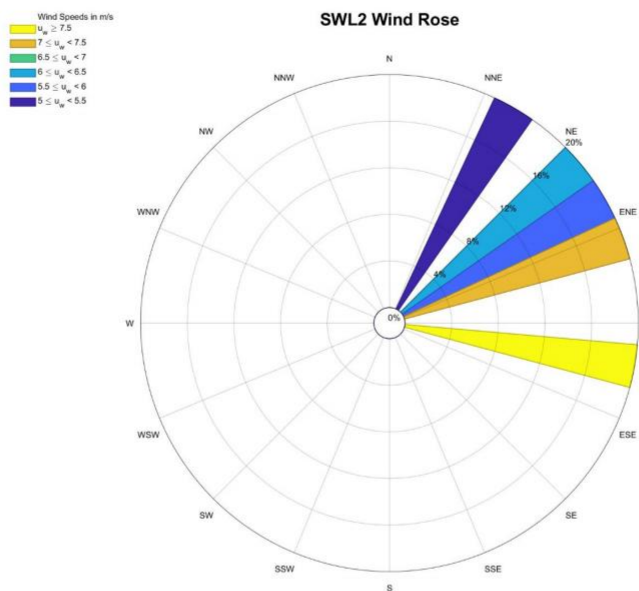


图 3.2.2-2 SWL2 站风向玫瑰图

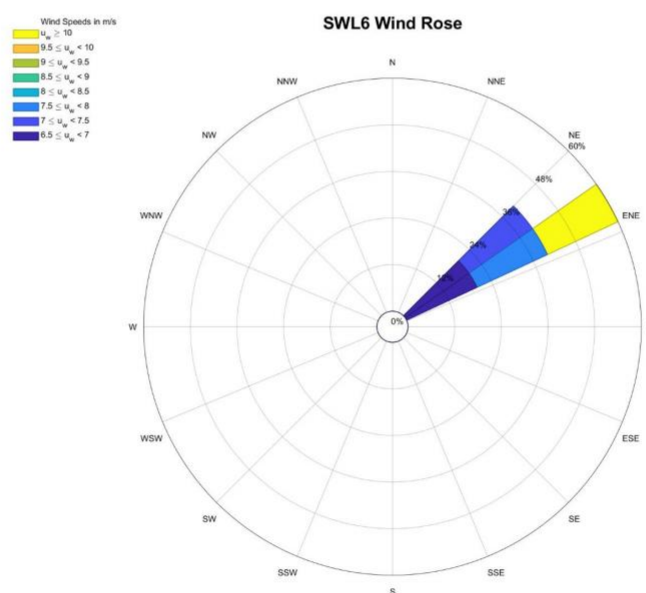


图 3.2.2-3 SWL6 站风向玫瑰图

3. 基面关系

本次调查按照国家标准《海道测量规范》（GB 12327-1998）所规定的十三分潮方法，采用 SWC1 临时潮位站实测潮位资进行调和析，求得其 M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 K_1 、

O₁、P₁、Q₁ 八个天文分潮，M₄、MS₄、M₆ 三个浅水分潮以及 S_a、S_{Sa} 两个长周期分潮，从而计算出 SWC1 临时潮位站的理论深度基准面（最低天文潮位）为平均海面以下 1.02m，SWC1 临时潮位站的最高天文潮位为平均海面以上 0.78m；SWC2 临时潮位站的理论深度基准面（最低天文潮位）为平均海面以下 1.01m，SWC2 临时潮位站的最高天文潮位为平均海面以上 0.78m。经计算 SWC1 和 SWC2 站的平均潮差分别为 0.50m 和 0.49m。

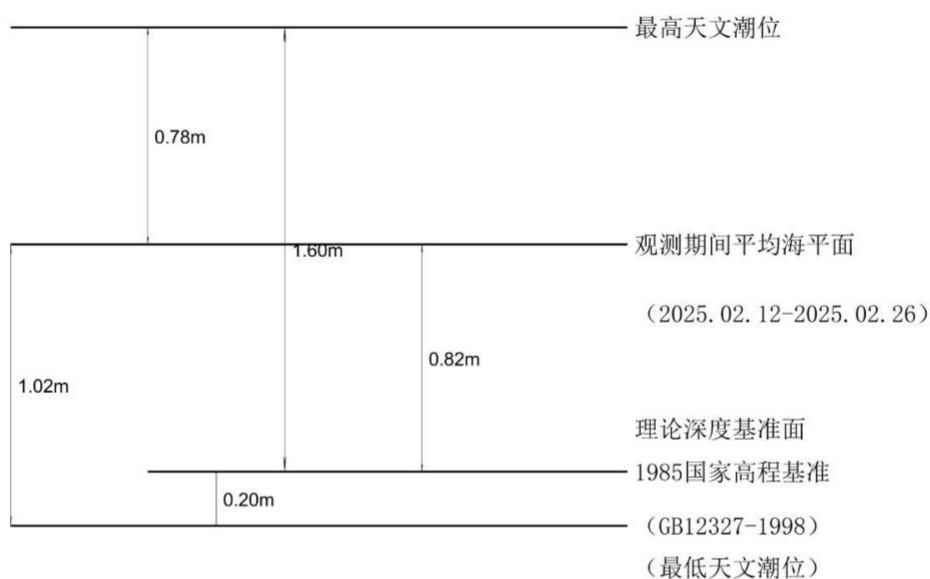


图 3.2.2-4 (a) SWC1 临时潮位站各基准面的相互关系

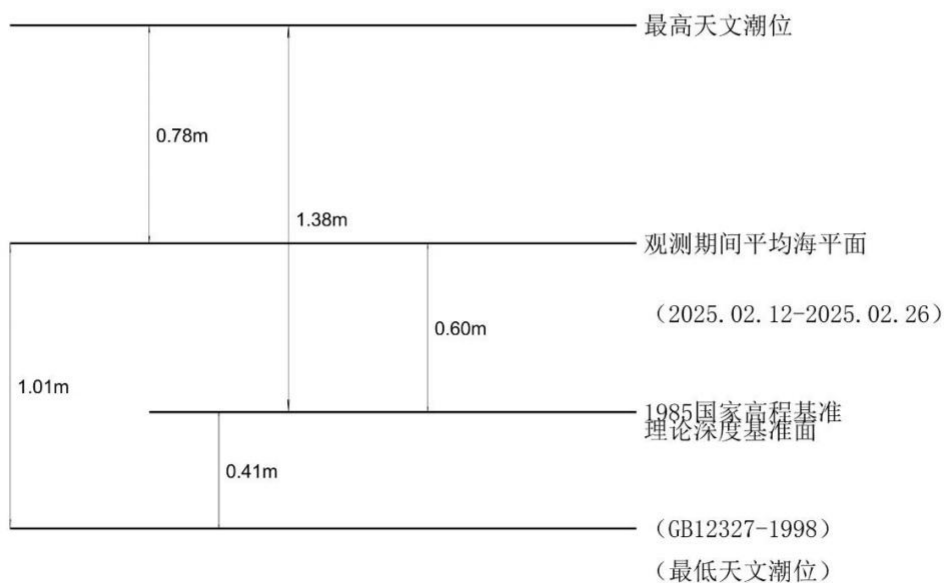


图 3.2.2-4 (b) SWC2 临时潮位站各基准面的相互关系

3.潮位

(1) 实测潮位统计分析

根据 SWC1 和 SWC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2025 年 02 月 12 日 00 时至 2025 年 02 月 26 日 23 时（15 天），如图 3.2.2-5 至 3.2.2-6 所示（黑色线段表示 15 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：汕尾风车岛站和遮浪站，其中黑色的线表示汕尾风车岛站和遮浪站，红色表示 SWC1 站的潮位，蓝色表示 SWC2 站的潮位，绘制时间为 2025 年 01 月 28 日 0 时至 2025 年 02 月 27 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 3.2.2-7 至图 3.2.2-8 所示。

由图表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一个朔望月中的大多数日子里具有全日潮特征，但有少数日子则具有半日潮特征。

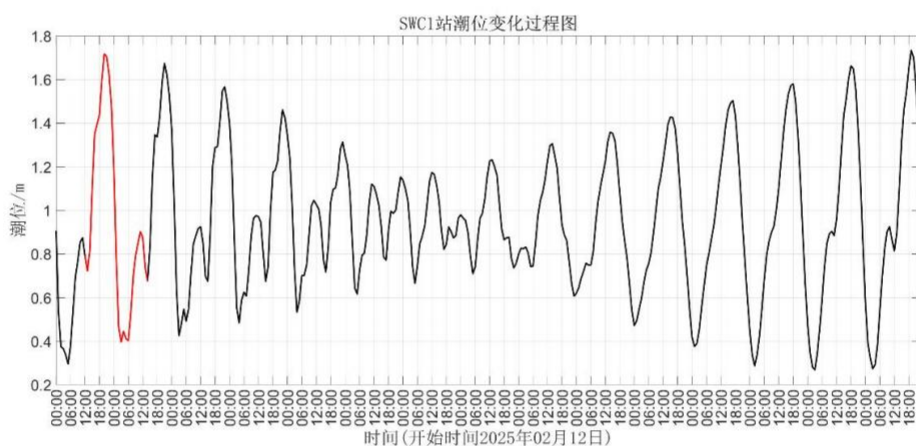


图 3.2.2-5 SWC1 站潮位过程曲线

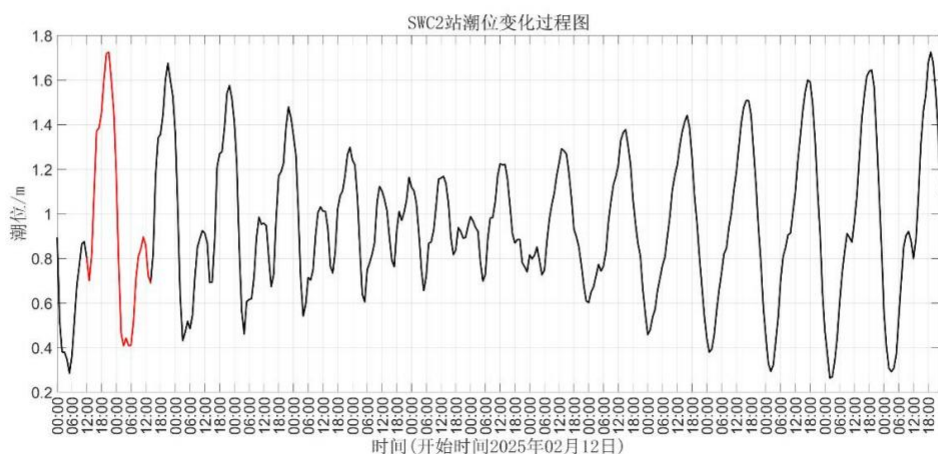


图 3.2.2-6 SWC2 站潮位过程曲线

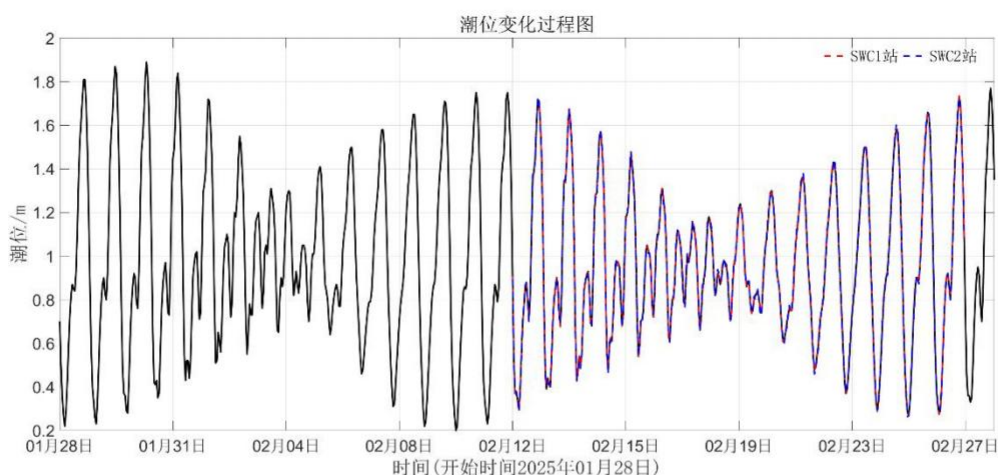


图 3.2.2-7 汕尾风车岛站潮位过程曲线

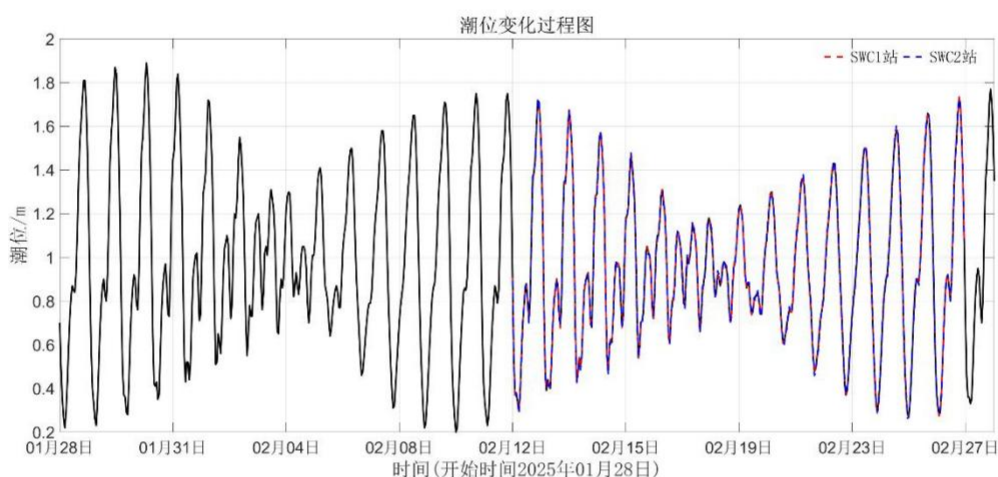


图 3.2.2-8 遮浪站潮位过程曲线

(2) 潮汐调和分析

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数，它的准确性十分重要。本报告根据收集的 SWC1 和 SWC2 连续 15 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，我们采用引入差比数（采用了汕尾风车岛站的差比关系）的最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 3.2.2-3 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 3.2.2-3 调查海区调和常数统计分析（基于 15 天）

分潮	SWC1		SWC2	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
O ₁	■	■	■	■

K ₁	■	■	■	■
M ₂	■	■	■	■
S ₂	■	■	■	■
M ₄	■	■	■	■
MS ₄	■	■	■	■

由表可知，临时潮位站的分潮中 K₁ 分潮振幅皆最大，其中 SWC1 的 K₁ 分潮振幅约为 26.49cm，迟角为 310°；SWC2 的 K₁ 分潮振幅约为 26.52cm，迟角为 310°。

(3) 潮汐性质和潮汐特征值

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F = (H_{O_1} + H_{K_1}) / H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F < 0.5$ 正规半日潮

$0.5 \leq F < 2.0$ 不正规半日潮

$2.0 \leq F < 4.0$ 不正规全日潮

$4.0 \leq F$ 正规全日潮

对 SWC1 和 SWC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析，结果如表 3.2.2-4 所示，临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 2.70 和 2.71，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规全日潮。同时，通过汕尾风车岛站和遮浪站的一个月的潮位数据，计算两个潮位观测站的潮汐性质系数，其结果分别为 2.83 和 2.83；而测量海区更靠近汕尾风车岛站。因此 SWC1 和 SWC2 站为不正规全日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 1.73m，最低潮位为 0.26m，最大涨潮潮差为 1.31m，最大落潮潮差为 1.39m，SWC1 站的平均潮差为 0.50m，SWC2 站的平均潮差为 0.49m。

表 3.2.2-4 测验所设潮位站潮汐特征值统计

特征值	SWC1	SWC2
最高潮位 (m)	1.73	1.73
最低潮位 (m)	0.27	0.26
平均潮位 (m)	0.95	0.95
最大涨潮潮差 (m)	1.29	1.31
最大落潮潮差 (m)	1.39	1.35
平均潮差 (m)	0.50	0.49
平均涨潮历时 (h)	14	14
平均落潮历时 (h)	11	11

潮汐性质系数 F	2.70	2.71
潮汐类型	不正规全日潮	不正规全日潮

4、实测海流

海洋中由各种因素引起的海水运动称之为海流。通常又将海流分为由天体引潮力引起的潮流和由水文、气象等非天文因素引起的非潮流。它们在海洋中所占的成分因地而异。一般来说，大洋中的海流以非潮流为主，而我国近海的海流以潮流为主。海流是塑造海底地形演变的主要外动力，它对海洋工程基础设施影响较大。

本次水文观测各观测站不同层次海流平面分布矢量图如图 3.2.2-9 至图 3.2.2-14 所示，图 3.2.2-15 至图 3.2.2-21 为各海流观测站不同层次海流过程矢量图。表 3.2.2-5 为涨、落潮流统计表。

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了背景流和潮汐共同作用的特征。从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的背景流（海湾内的环流系统）和潮汐的影响；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间最大涨潮流速为 44.6cm/s（方向为 68°），出现在 SWL3 站 0.6H 层；最大落潮流速为 59.2cm/s（方向为 90°），出现在 SWL3 站 0.8H 层；最大涨潮平均流速为 20.5cm/s，出现在 SWL6 站底层（方向为 64°）；最大落潮平均流速为 31.3cm/s，出现在 SWL3 站 0.6H 层（方向为 70°）和 SWL3 站 0.8H 层（方向为 67°）。在水平上，受到海湾的背景环流系统的影响，可以看到 SWL5 站的潮流主轴向上弯折，这是由于湾外的潮流主轴是东西走向（SWL3 和 SWL6 可以体现）。并且受海湾的地形的影响，潮流从 SWL5 站涌入湾内，并从海湾中间往北上，到湾顶后往两边散开，从 SWL4 和 SWL1 站南下。因此，控制该海区的海水流动主要是海湾地形和潮汐因素。

表 3.2.2-5 大潮期涨、落潮流对比统计表

站点	层次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
SWL1	0.2H 层	12.3	156	6.8	227	14.7	146	9.0	142
	0.6H 层	14.7	62	8.1	77	15.5	147	10.7	125
	0.8H 层	14.3	35	7.3	70	15.2	76	7.9	103
	垂线平均	10.3	107	5.6	83	12.2	136	8.5	123
SWL2	表层	20.2	261	10.1	263	24.7	99	12.0	137

站位	层次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大 流速	对应时刻 流向	涨潮平均 流速	平均流向	落潮最大 流速	对应时刻 流向	落潮平均 流速	平均流向
	0.2H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■	■	■	■	■
	垂线平均	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL3	表层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■	■	■	■	■
	垂线平均	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL4	0.2H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	垂线平均	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL5	表层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■	■	■	■	■
	垂线平均	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL6	表层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■	■	■	■	■
	垂线平均	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL7	0.2H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■	■	■	■	■
	垂线平均	■	■	■	■	■	■	■	■

(不公开)

图 3.2.2-9 表层海流平面分布矢量图

图 3.2.2-10 0.2H 层海流平面分布矢量图

图 3.2.2-11 0.4H 层海流平面分布矢量图

图 3.2.2-12 0.6H 层海流平面分布矢量图

图 3.2.2-13 0.8H 层海流平面分布矢量图

图 3.2.2-14 底层海流平面分布矢量图

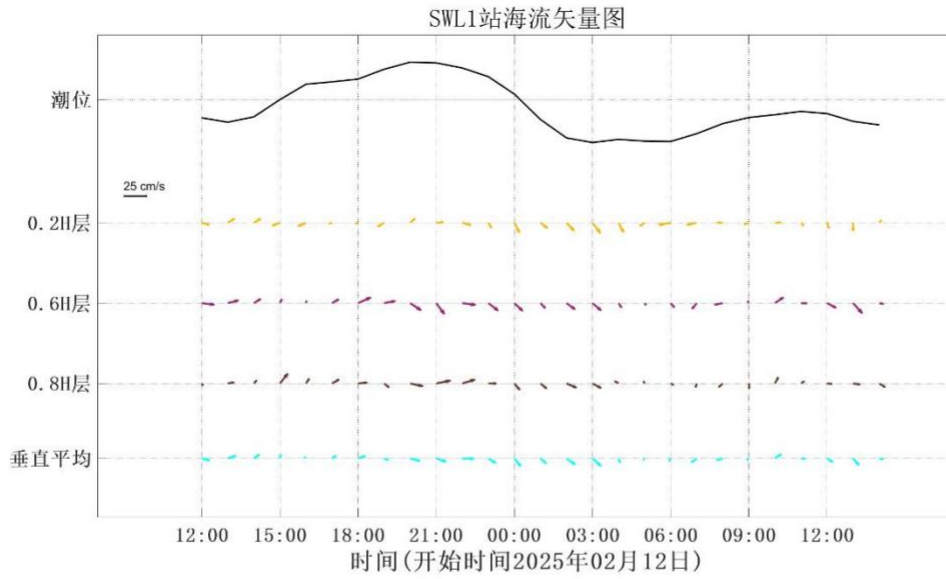


图 3.2.2-15 SWL1 站海流矢量图

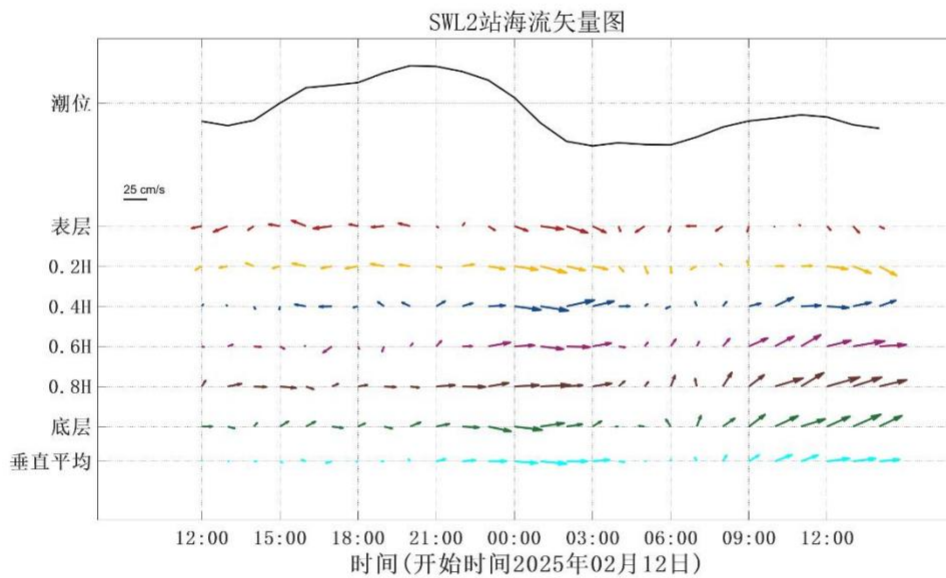


图 3.2.2-16 SWL2 站海流矢量图

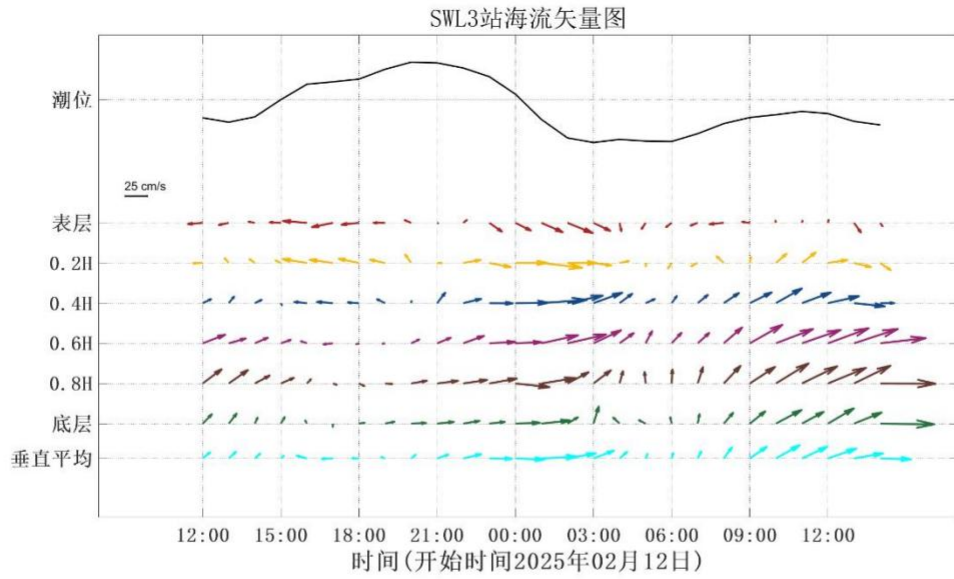


图 3.2.2-17 SWL3 站海流矢量图

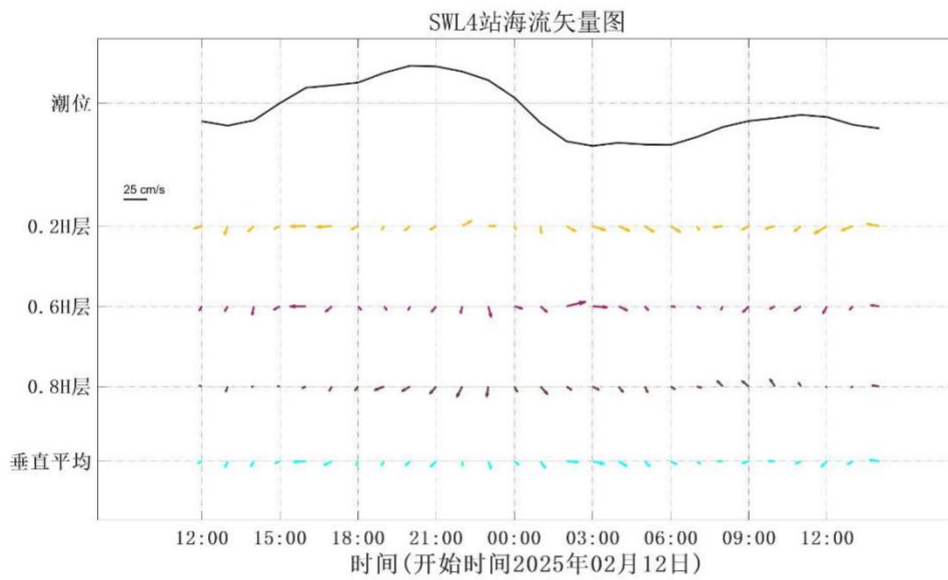


图 3.2.2-18 SWL4 站海流矢量图

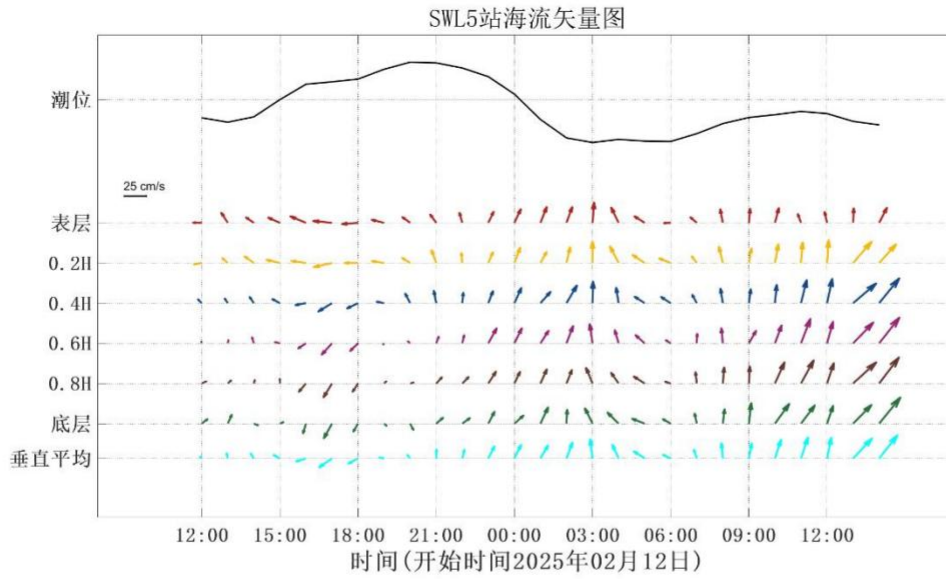


图 3.2.2-19 SWL5 站海流矢量图

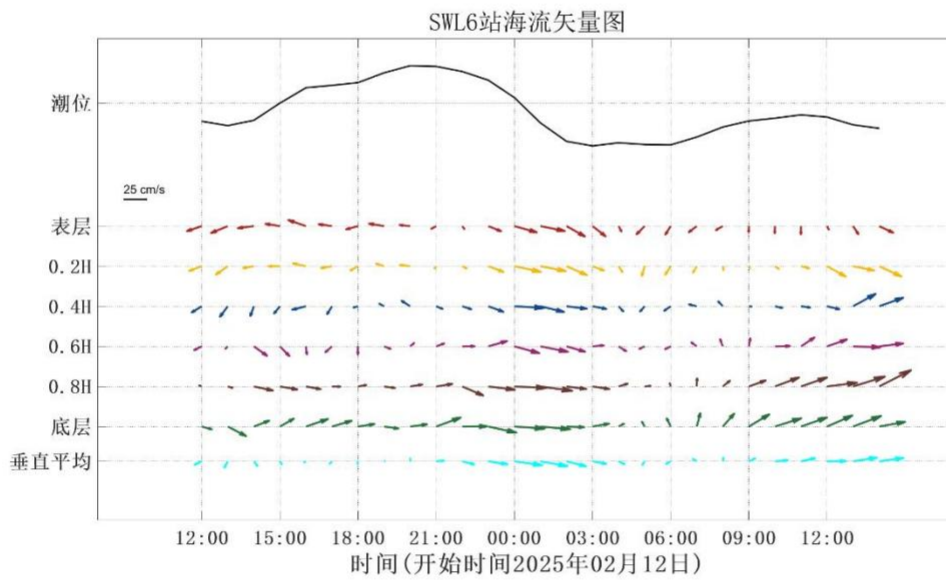


图 3.2.2-20 SWL6 站海流矢量图

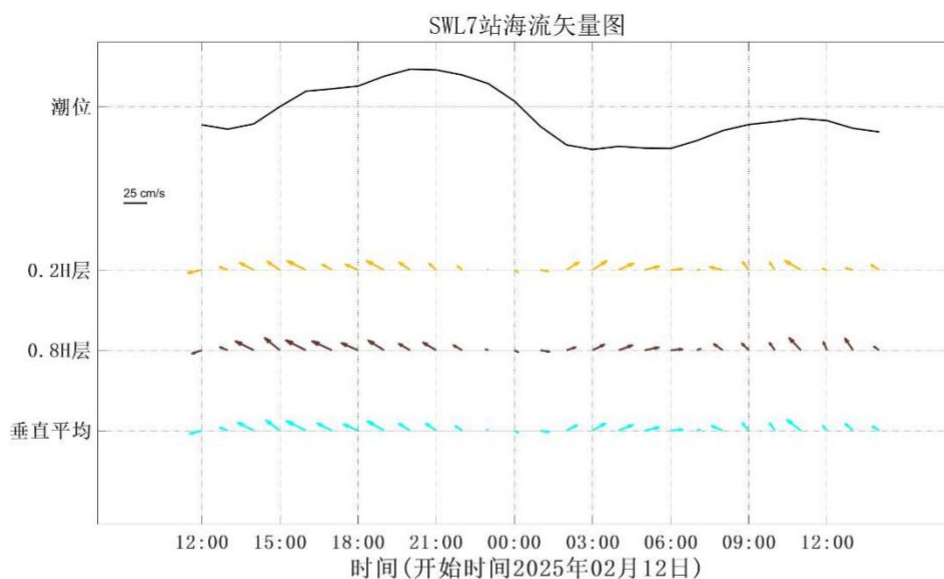


图 3.2.2-21 SWL7 站海流矢量图

5、潮流

(1) 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F = (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2}$ 作为判别标准：

$F \leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5 < F \leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0 < F \leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0 < F$ 正规全日潮流

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

各站各层潮流性质系数 F 值见表 3.2.2-6。根据潮流调和和分析结果，各观测点各层次主要表现出正规全日潮流特征。由此可见，调查海区潮流类型主要表现为正规全日潮流。

表 3.2.2-7 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
SWL1	0.2H 层	3.36	不正规全日潮流
	0.6H 层	8.04	正规全日潮流
	0.8H 层	9.85	正规全日潮流
SWL2	表层	6.61	正规全日潮流
	0.2H 层	5.55	正规全日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.4H 层	4.65	正规全日潮流
	0.6H 层	4.19	正规全日潮流
	0.8H 层	1.89	不正规半日潮流
	底层	0.85	不正规半日潮流
SWL3	表层	6.69	正规全日潮流
	0.2H 层	5.25	正规全日潮流
	0.4H 层	5.47	正规全日潮流
	0.6H 层	3.79	不正规全日潮流
	0.8H 层	1.60	不正规半日潮流
	底层	1.04	不正规半日潮流
SWL4	0.2H 层	13.56	正规全日潮流
	0.6H 层	9.80	正规全日潮流
	0.8H 层	5.61	正规全日潮流
SWL5	表层	6.21	正规全日潮流
	0.2H 层	5.24	正规全日潮流
	0.4H 层	4.79	正规全日潮流
	0.6H 层	5.14	正规全日潮流
	0.8H 层	4.42	正规全日潮流
	底层	4.74	正规全日潮流
SWL6	表层	7.81	正规全日潮流
	0.2H 层	6.22	正规全日潮流
	0.4H 层	4.49	正规全日潮流
	0.6H 层	2.38	不正规全日潮流
	0.8H 层	1.43	不正规半日潮流
	底层	1.68	不正规半日潮流
SWL7	0.2H 层	11.11	正规全日潮流
	0.8H 层	13.82	正规全日潮流

(2) 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

调查海区各站各层 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 和 MS_4 的潮流椭圆图如图 3.2.2-22 至图 3.2.2-27 所示，椭圆要素如表 3.2.2-8 所示。潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述， k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于 -1~1 之间。 k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占优， M_2 分潮和 S_2 分潮流次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 K_1 分潮流出现在 SWL3 站底层，流速为 70.5cm/s。

表 3.2.2-8 各站各层潮流椭圆要素

站位层次	分潮	最大潮流 (cm/s)	最小潮流 (cm/s)	椭圆率 k	最大潮流方向 (°)
SWL1-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL1-0.6H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL1-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL2-表层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL2-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL2-0.4H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL2-0.6H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■

站位层次	分潮	最大潮流 (cm/s)	最小潮流 (cm/s)	椭圆率 k	最大潮流方向 (°)
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL2-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL2-底层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL3-表层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL3-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL3-0.4H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL3-0.6H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL3-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■

站位层次	分潮	最大潮流 (cm/s)	最小潮流 (cm/s)	椭圆率 k	最大潮流方向 (°)
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL3-底层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL4-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL4-0.6H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL4-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL5-表层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL5-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL5-0.4H	O ₁	■	■	■	■

站位层次	分潮	最大潮流 (cm/s)	最小潮流 (cm/s)	椭圆率 k	最大潮流方向 (°)
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL5-0.6H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL5-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL5-底层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL6-表层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL6-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL6-0.4H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■

站位层次	分潮	最大潮流 (cm/s)	最小潮流 (cm/s)	椭圆率 k	最大潮流方向 (°)
SWL6-0.6H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL6-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL6-底层	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL7-0.2H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■
SWL7-0.8H	O ₁	■	■	■	■
	K ₁	■	■	■	■
	M ₂	■	■	■	■
	S ₂	■	■	■	■
	M ₄	■	■	■	■
	MS ₄	■	■	■	■

图 3.2.2-22 各站各层 O₁ 分潮椭圆图

图 3.2.2-23 各站各层 K₁ 分潮椭圆图

图 3.2.2-24 各站各层 M₂ 分潮椭圆图

图 3.2.2-25 各站各层 S₂ 分潮椭圆图图 3.2.2-26 各站各层 M₄ 分潮椭圆图图 3.2.2-27 各站各层 MS₄ 分潮椭圆图**(3) 理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离**

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

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

1) 对规则半日潮流海区可按下式计算：

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (\text{式 5-1})$$

2) 对规则全日潮流海区可按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (\text{式 5-2})$$

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

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

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

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

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

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

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

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用式（5-1）和式（5-2）中的较大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算：

1) 规则半日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_4} + 69.9\vec{W}_{MS_4} \quad (\text{式 5-3})$$

2) 规则全日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1}$$

(式 5-4)

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

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

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

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

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

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

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

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区, 采用(式 5-3) 和(式 5-4) 中的较大值。

根据各站层的潮流性质 (表 3.2.2-9), 按式 (5-1) 至式 (5-4) 及相关规定, 计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离, 计算结果列入表 5.4.3-1 中, 由表 5.4.3-1 可见, 2024 年汕尾海砂项目海域潮流可能最大流速为 54.8cm/s (方向为 337°), 出现在 SWL3 站底层, 各站层可能最大流速介于 6.2cm/s-54.8cm/s 之间, 各站潮流的可能最大流速方向以西北及东北为主; 水质点可能最大运移距离为 13128.39m, 出现在 SWL3 站底层, 各站层水质点可能最大运移距离介于 381.04m~ 13128.39m 之间。

表 3.2.2-9 各站层潮流可能最大流速

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
SWL1	0.2H 层	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■
SWL2	表层	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
	0.4H 层	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■
SWL3	表层	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■
SWL4	0.2H 层	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■
SWL5	表层	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■
SWL6	表层	■	■	■	■
	0.2H 层	■	■	■	■
	0.4H 层	■	■	■	■
	0.6H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■
SWL7	0.2H 层	■	■	■	■
	0.8H 层	■	■	■	■

6、余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之后，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。大潮期水文观测各站各层余流对比见表 3.2.2-10，大潮期余流的分布图见图 3.2.2-28。

由图表可知，调查海区观测期间余流流速主要介于 3.1cm/s~23.5cm/s。最大余流为潮流 SWL3 站（0.6H 层，23.5cm/s，65°；0.8H 层，23.5cm/s，63°），最小余流为潮流 SWL2 站（表层，3.1cm/s，194°）。SWL5 和 SWL7 站的表层的余流方向主要为北方向，SWL4 站的表层的余流方向主要为南方向，其余站位各层的余流方向主要为东方向。这是由于海湾地形以及外海的特性有关，海湾外属于南海北部环流的控制区，其冬季就是

由东向西运动（冬季南海北部受冬季风控制，粤东沿岸向东流）。而湾内受地形影响，海流从 SWL5 北上，受风车岛地形的阻碍，北上的海流从海湾中部北上，遇到湾顶后往两边南下。

表 3.2.2-10 观测期各站各层余流对比表

站位及层次	观测期间余流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)
SWL1-0.2H	■	■
SWL1-0.6H	■	■
SWL1-0.8H	■	■
SWL2-表	■	■
SWL2-0.2H	■	■
SWL2-0.4H	■	■
SWL2-0.6H	■	■
SWL2-0.8H	■	■
SWL2-底	■	■
SWL3-表	■	■
SWL3-0.2H	■	■
SWL3-0.4H	■	■
SWL3-0.6H	■	■
SWL3-0.8H	■	■
SWL3-底	■	■
SWL4-0.2H	■	■
SWL4-0.6H	■	■
SWL4-0.8H	■	■
SWL5-表	■	■
SWL5-0.2H	■	■
SWL5-0.4H	■	■
SWL5-0.6H	■	■
SWL5-0.8H	■	■
SWL5-底	■	■
SWL6-表	■	■
SWL6-0.2H	■	■
SWL6-0.4H	■	■
SWL6-0.6H	■	■
SWL6-0.8H	■	■
SWL6-底	■	■
SWL7-0.2H	■	■
SWL7-0.8H	■	■

图 3.2.2-28 观测期各站余流图

7、温度、盐度

本次水文观测期间，温度、盐度时间过程曲线如图 3.2.2-29 至图 3.2.2-35 所示，温度、盐度统计如表 3.2.2-11 所示。

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 17.76℃，出现在 SWL6 站底层；测得水温的最小值为 15.29℃，出现在 SWL4 站 0.6H 层；观测海区整体较浅，海水整体并无明显的温度分层。这是由于冬季风速较大，在风场的强混合下较浅的海水垂向混合均匀，温度表底差异不大。而 SWL6 站点水深较深，具有明显的冬季海洋的特征，表层海水温度较低，而底层海水温度较高，这是由于表层受强风场的控制，蒸发作用强，温度下降快，因此表现出“逆温层”的结构特点。

图 3.2.2-29 至图 3.2.2-35 中有各站表、中、底层温度的周日变化过程曲线，由图可以看出：此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.36，出现在 SWL6 站底层；测得盐度的最小值为 30.29，出现在 SWL7 站 0.2H 层。统计结果表明，观测海区整体较浅，海水整体并无明显的盐度分层，这是由于强风场的控制下，垂向混合作用增强，海水混合均匀。同时，越靠近外海的站位盐度越大，而靠近近岸的站点波动较大，整体盐度更低。

图 3.2.2-29 至图 3.2.2-35 中有各站表、中、底层盐度的周日变化过程曲线，由图可以看出：各站的盐度没有明显的分层。

表 3.2.2-11 各站温度、盐度统计

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
SWL1	0.2H 层						
	0.6H 层						
	0.8H 层						
SWL2	表层						
	0.2H 层						
	0.4H 层						
	0.6H 层						
	0.8H 层						
	底层						
SWL3	表层						
	0.2H 层						
	0.4H 层						
	0.6H 层						

站位	层位	温度 (°C)			盐度 (PSU)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
	0.8H 层						
	底层						
SWL4	0.2H 层						
	0.6H 层						
	0.8H 层						
SWL5	表层						
	0.2H 层						
	0.4H 层						
	0.6H 层						
	0.8H 层						
SWL6	表层						
	0.2H 层						
	0.4H 层						
	0.6H 层						
	0.8H 层						
SWL7	0.2H 层						
	0.8H 层						

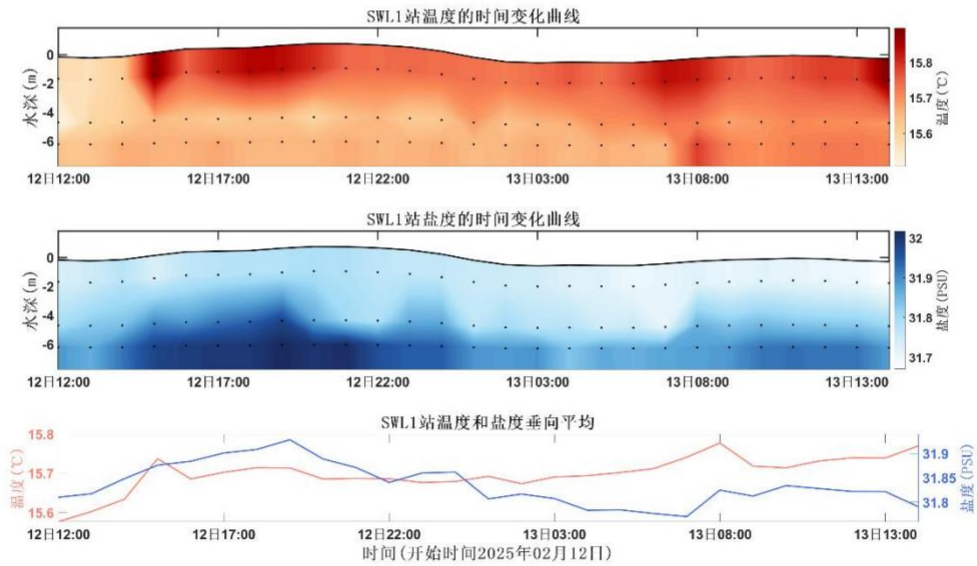


图 3.2.2-29 SWL1 站各层温度、盐度时间过程曲线

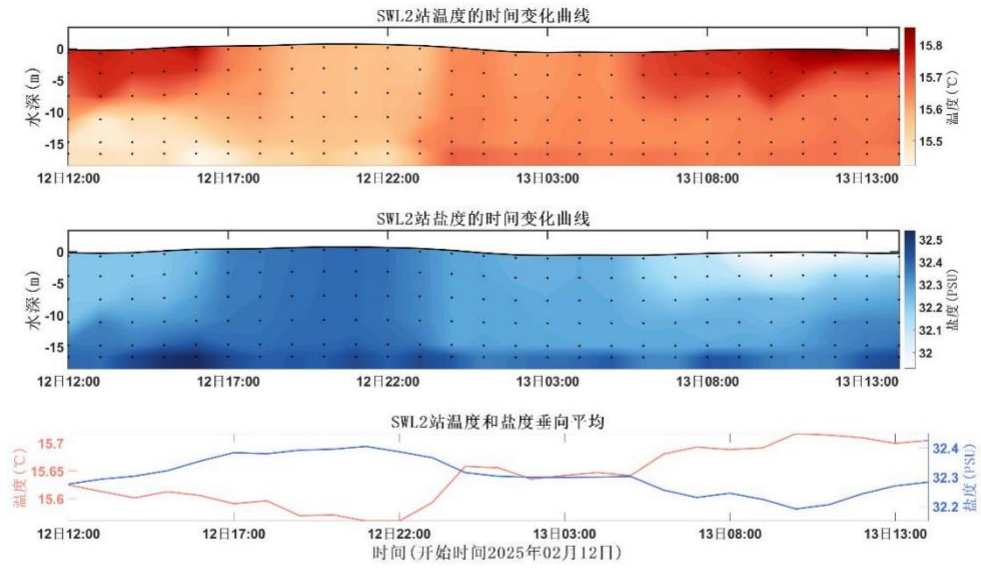


图 3.2.2-30 SWL2 站各层温度、盐度时间过程曲线

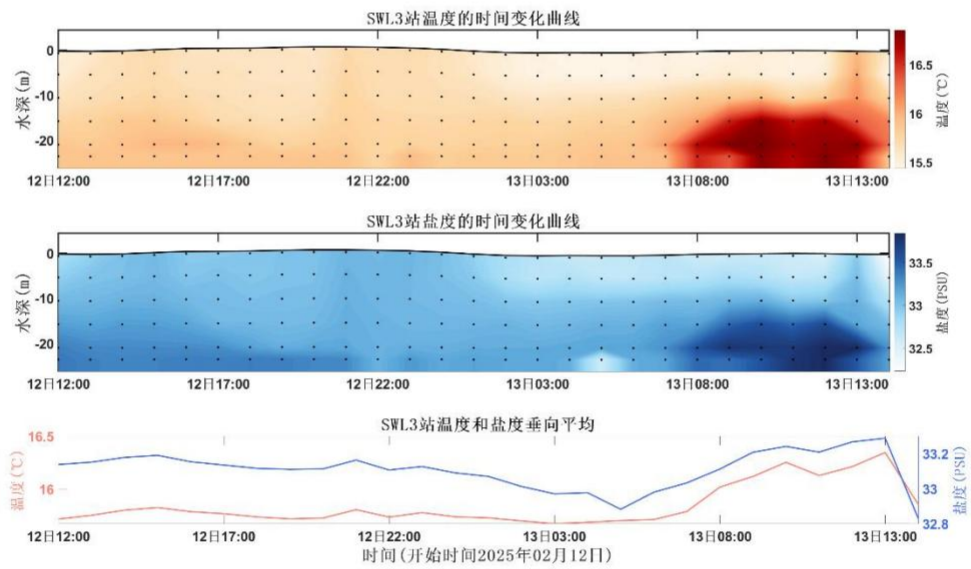


图 3.2.2-31 SWL3 站各层温度、盐度时间过程曲线

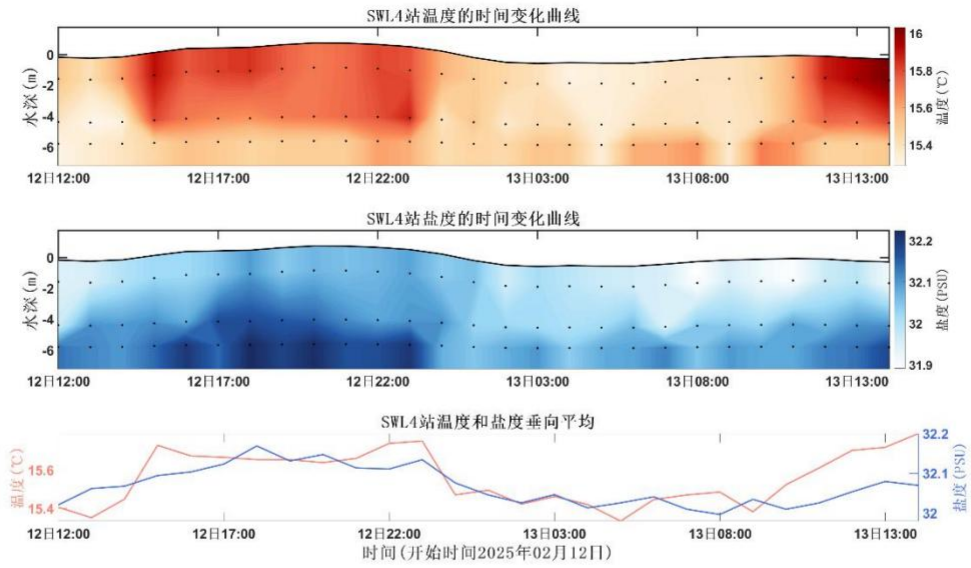


图 3.2.2-32 SWL4 站各层温度、盐度时间过程曲线

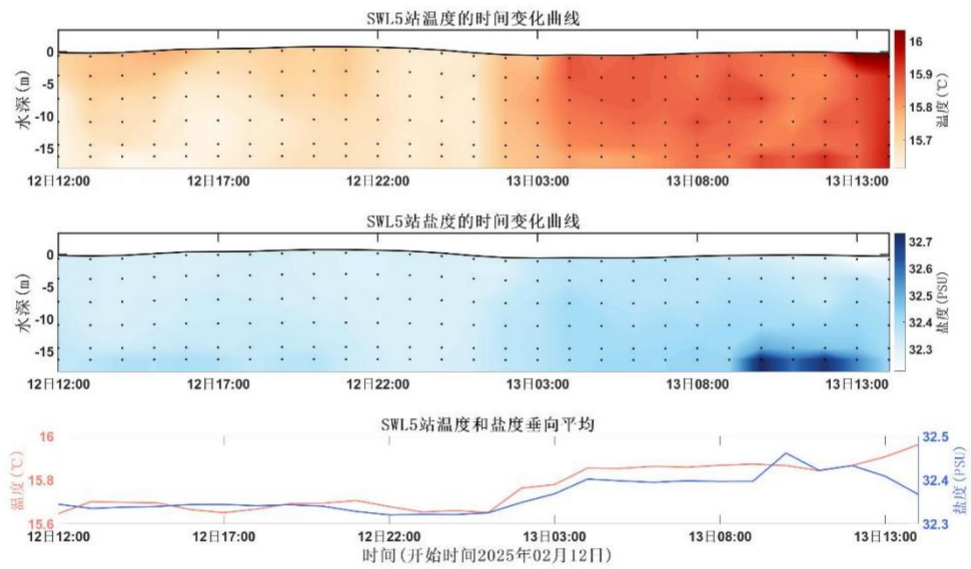


图 3.2.2-33 SWL5 站各层温度、盐度时间过程曲线

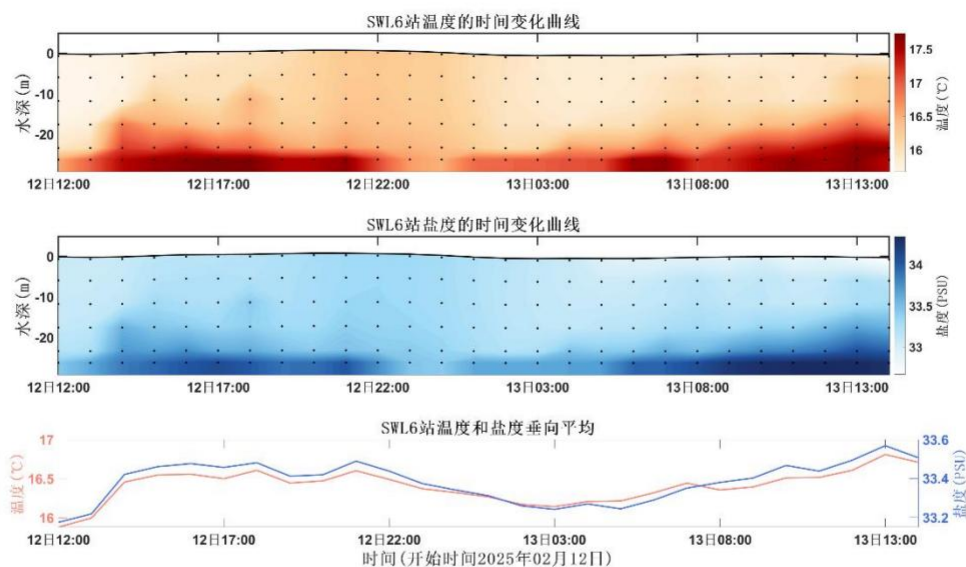


图 3.2.2-34 SWL6 站各层温度、盐度时间过程曲线

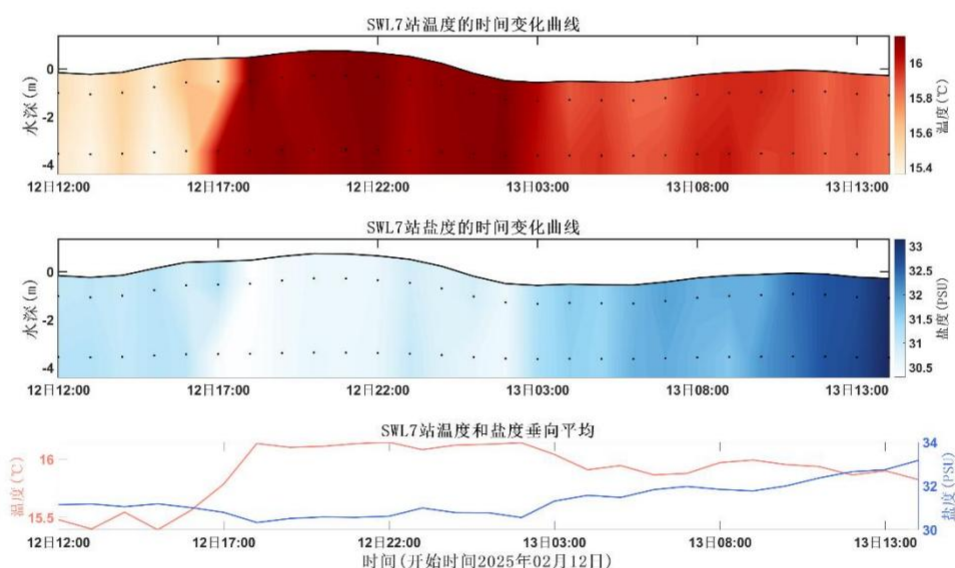


图 3.2.2-35 SWL7 站各层温度、盐度时间过程曲线

8、悬沙

(1) 悬浮泥沙浓度

本次水文观测期间，各站悬沙浓度过程曲线如图 3.2.2-36 至图 3.2.2-42 所示，各站悬沙浓度范围如表 3.2.2-12 所示。

由图表结果可知：观测期间（1）调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg}/\text{m}^3 \sim 0.042\text{kg}/\text{m}^3$ ，SWL5 站中层的悬沙浓度最大（ $0.042\text{kg}/\text{m}^3$ ），SWL3 站表层、SWL3 站中层、SWL3 站底层和 SWL4 站中层的悬沙浓度最小（ $0.001\text{kg}/\text{m}^3$ ）；（2）在垂向上，各站表层和

底层悬沙浓度较为接近。(3) 空间上, 近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 3.2.2-12 各站悬沙浓度情况表

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			全站平均
站位	层次	最大	最小	平均	
SWL1	表层	■	■	■	■
	中层	■	■	■	
	底层	■	■	■	
SWL2	表层	■	■	■	■
	中层	■	■	■	
	底层	■	■	■	
SWL3	表层	■	■	■	■
	中层	■	■	■	
	底层	■	■	■	
SWL4	表层	■	■	■	■
	中层	■	■	■	
	底层	■	■	■	
SWL5	表层	■	■	■	■
	中层	■	■	■	
	底层	■	■	■	
SWL6	表层	■	■	■	■
	中层	■	■	■	
	底层	■	■	■	
SWL7	表层	■	■	■	■
	底层	■	■	■	

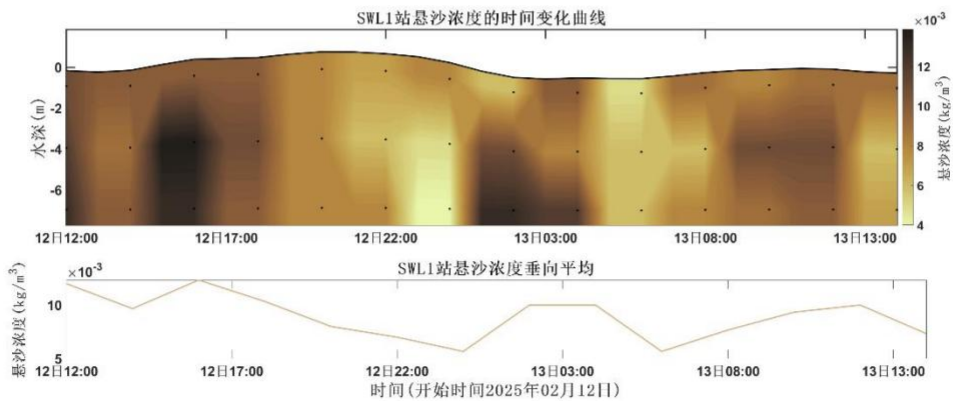


图 3.2.2-36 SWL1 站悬沙浓度时间过程曲线图

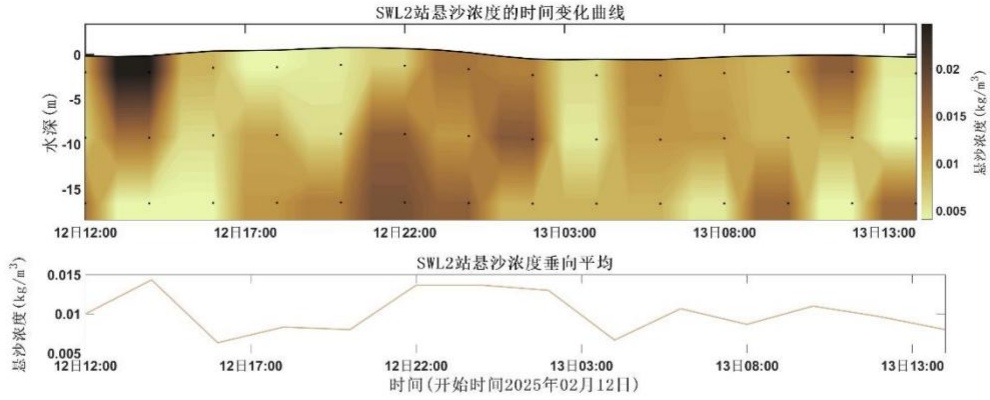


图 3.2.2-37 SWL2 站悬沙浓度时间过程曲线图

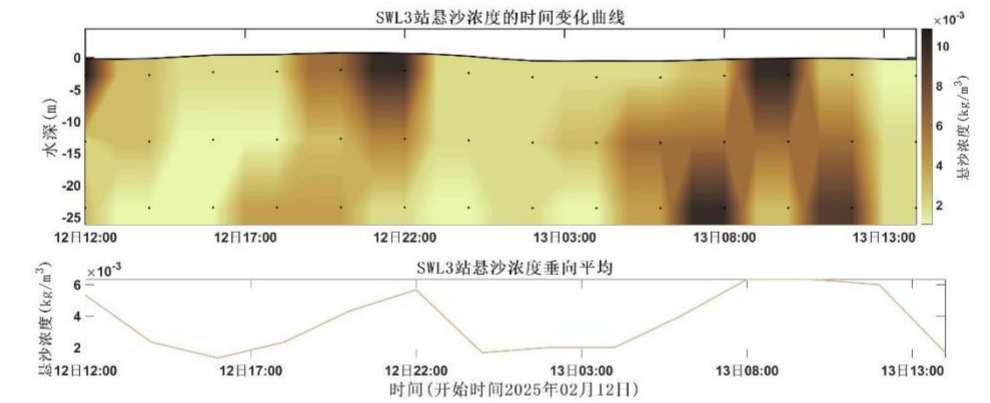


图 3.2.2-38 SWL3 站悬沙浓度时间过程曲线图

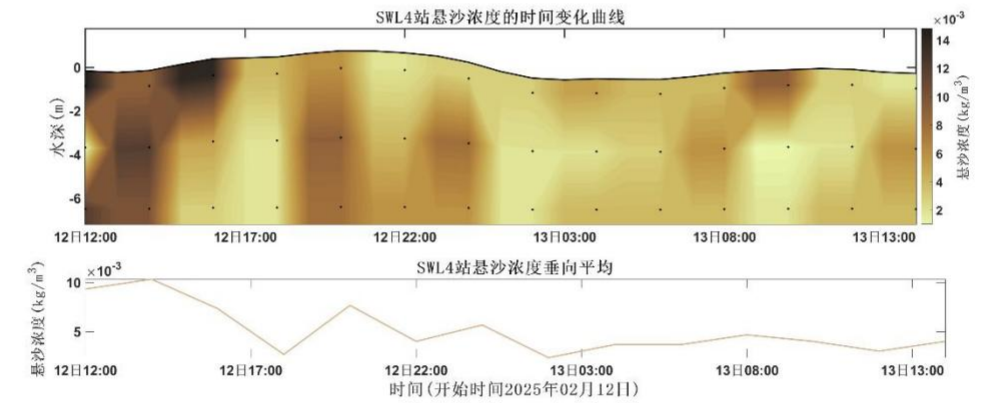


图 3.2.2-39 SWL4 站悬沙浓度时间过程曲线图

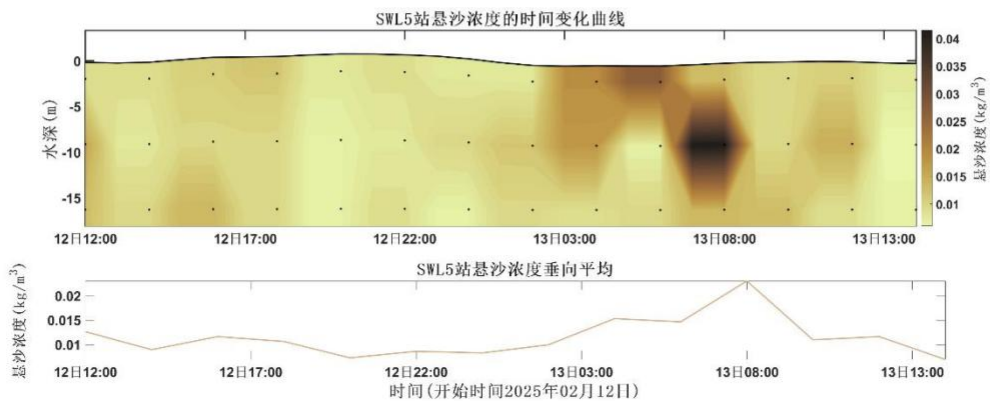


图 3.2.2-40 SWL5 站悬沙浓度时间过程曲线图

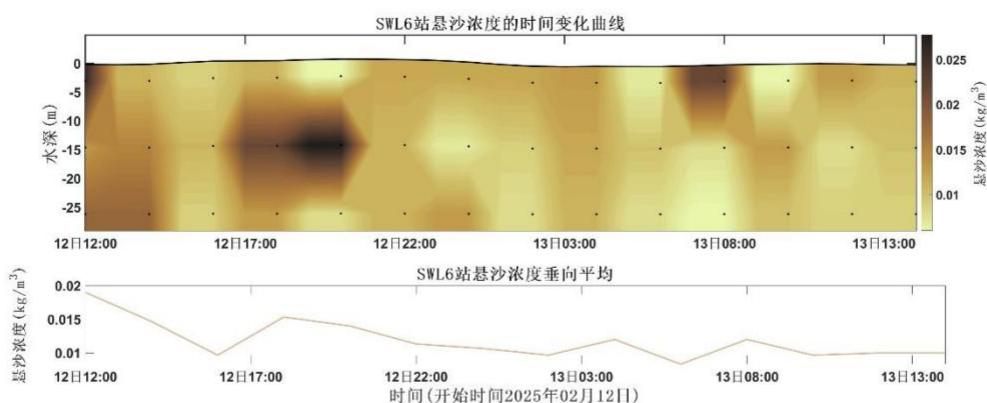


图 3.2.2-41 SWL6 站悬沙浓度时间过程曲线图

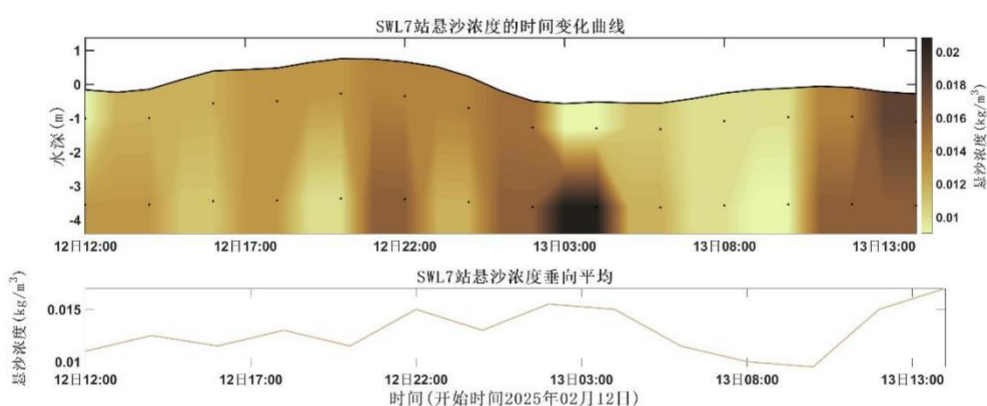


图 3.2.2-42 SWL7 站悬沙浓度时间过程曲线图

(2) 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 3.2.2-13 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的大潮单宽输沙量统计结果，图 3.2.2-43 为各站净输沙示意图。

涨潮期最大单宽输沙量为 1.31t/m，方向 342°，出现在 SWL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.72t/m，方向 105°，出现在 SWL6 站；最大单宽净输沙量为 2.47t/m，方向 356°，出现在 SWL5 站。SWL5 和 SWL7 站的净输沙方向主要以北方向为主，SWL4 站的净输沙方向主要以西南方向为主，其余站点的净输沙方向主要以东方向为主。

表 3.2.2-13 各站大潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
SWL1	■	■	■	■	■	■

站点	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
SWL2	■	■	■	■	■	■
SWL3	■	■	■	■	■	■
SWL4	■	■	■	■	■	■
SWL5	■	■	■	■	■	■
SWL6	■	■	■	■	■	■
SWL7	■	■	■	■	■	■

图 3.2.2-43 净输沙示意图

(3) 悬沙粒度分析

● 悬沙类型、粒级组成及含量

粒度是悬浮泥沙研究的重要参数，它与泥砂搬运、沉积等过程关系密切。悬沙粒度特征一直是海岸、河口地区沉积动力研究的重要内容之一，研究悬沙粒度的变化对于分析泥沙再悬浮和沉降作用、追溯沉积物的来源及其形成过程，理解生物地球化学循环具有重要意义，同时悬沙粒径还是影响絮凝沉降的重要因子。因此了解悬沙粒度及其变化是进一步研究泥沙再悬浮、沉降和输运规律的基础。按《海洋调查规范（GB/T12763.8—2007）》粒级间隔为 1ϕ ，粒级组成为 $1\phi\sim 11\phi$ 。悬沙样的分析统计结果及粒级组成见表 3.2.2-14 和表 3.2.2-15。

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

各站大潮期间砂含量为 0.00%~0.41%，平均值为 0.03%，粉砂含量在 50.80%~79.61%之间，平均值为 67.66%，粘土含量在 20.39%~49.20%之间，平均值为 32.31%；悬沙样品类型为粘土质粉砂(24/28)，粉砂(4/28)，共 2 种样品类型。

表 3.2.2-14 悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=28)

站点	时刻	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 $M_z(\Phi)$	分选系数 $\sigma_i(\Phi)$	偏态 S_{ki}	峰态 K_g	中值粒径 $M_d(\mu m)$
SWL1	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■
	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL2	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■

	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL3	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL4	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL5	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL6	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL7	涨憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	落憩	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	涨急	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
大潮 (N=28)	最大值	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	最小值	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	平均值	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

表 3.2.2-15 悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=28)

站位	粒级	砂					粉砂				粘土		
	(粒径, mm)	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063~0.032	0.032~0.016	0.016~0.008	0.008~0.004	0.004~0.002	0.002~0.001	<0.001
	(粒径, φ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SWL1		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL2		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SWL3		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

SWL4												
SWL5												
SWL6												
SWL7												
大潮 (N=28)	最大值(%)											
	最小值(%)											
	平均值(%)											
	累计(%)											

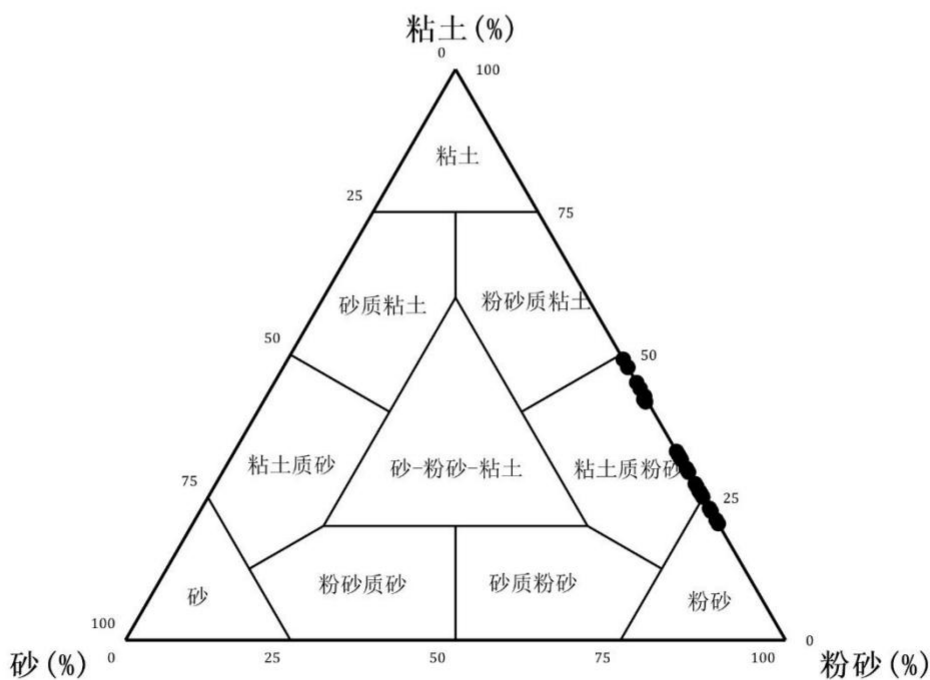


图 3.2.2-45 悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=28)

● 中值粒径 (M_d , μm)

中值粒径 (M_d , μm) 是在绘制颗粒粒径分布概率累积曲线图中读取含量 50% 的对

应粒径值，各站大潮各个时刻（涨急、涨憩、落急、落憩）中值粒径情况详见表 3.2.2-16。由表可知，航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $4.06\mu\text{m} \sim 10.73\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.43\mu\text{m}$ 。SWL6 测站涨急最粗（ $10.73\mu\text{m}$ ），SWL1 测站涨憩最细（ $4.06\mu\text{m}$ ）。

表 3.2.2-16 悬沙中值粒径 (M_d , μm) 统计

站点	潮流	涨急	涨憩	落急	落憩	平均
SWL1	大潮	4.17	4.06	4.66	4.80	4.42
SWL2	大潮	4.42	4.75	4.54	4.18	4.47
SWL3	大潮	8.42	9.98	8.50	9.38	9.07
SWL4	大潮	7.53	7.77	8.37	8.49	8.04
SWL5	大潮	8.70	8.84	8.73	8.08	8.59
SWL6	大潮	10.73	10.14	10.66	9.07	10.15
SWL7	大潮	7.01	6.62	7.91	7.52	7.27

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。本航次涨急、涨憩、落急、落憩时中值粒径的平均值分别为 $7.28\mu\text{m}$ 、 $7.45\mu\text{m}$ 、 $7.62\mu\text{m}$ 、 $7.36\mu\text{m}$ 。

● 平均粒径 (M_z , φ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在 $6.49\varphi \sim 7.71\varphi$ 之间，平均值为 6.91φ 。平均粒径的空间分布为：SWL1 站的涨憩最大，为 7.71φ ；SWL6 站的涨急最小，为 6.49φ 。

● 分选系数 (σ_i , φ)

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 $0.003\varphi \sim 0.009\varphi$ ，平均值为 0.007φ 。根据分选程度等级划分标准 ($\sigma_i < 0.35\varphi$ 为分选极好)，研究海域悬沙颗粒整体表现为分选极好。这表明悬浮颗粒粒径组成较为单一，粒度分布集中，颗粒级配均匀，反映出研究海域悬沙来源较为稳定，水动力条件对颗粒分选作用明显。

● 偏态 (S_{ki})

测区悬沙偏态系数变化范围为 $0.15 \sim 0.58$ ，平均值为 0.36 。观测区域的偏态均为正偏，表示颗粒分布向粗粒方向偏移，在快速沉积环境中，较重的颗粒通常会较早沉积，而较轻的颗粒可能被搬运更长距离。

● 峰态 (K_g)

测区悬沙峰态系数的变化范围为 $0.79 \sim 1.61$ ，平均值为 0.97 。表明观测海区的颗粒的尺寸分布较为分散，没有明显的聚集。

3.2.2.3 波浪

波浪是工程设计的重要参数，也是工程建设必不可少的重要要素，本节收集了遮浪海洋站2018年1月~2021年12月的实测资料对调查海区的波浪特征进行分析。

1.波浪类型

传统波浪类型分风浪与涌浪，统计结果显示，路由区附近海域涌浪频率为8.2%，风浪频率为89.3%，混合浪频率仅为2.5%。

2.波浪特征

本海区年平均 $H_{1/10}$ 为1.0m，基本上秋冬季波高大于春夏季波高，10月月平均 $H_{1/10}$ 最大，为1.2m，5月平均 $H_{1/10}$ 最小，为0.8m。历年最大波高为7.0m，波向为 90° ，发生在2018年9月16日，此时台风“尤特”影响路由区。年平均 $T_{1/10}$ 周期为5.0s。

表 3.2.2-17 遮浪海洋站波浪统计特征（波高：m，周期：s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
最大 H_{\max}	3.0	3.0	3.0	2.5	2.9	3.5	4.0	3.2	7.0	3.3	2.8	2.8	7.0
平均 H_{\max}	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.5	1.4	1.4	1.3
最大 $H_{1/10}$	2.4	2.4	2.5	2.1	2.3	2.8	3.3	2.6	6.2	2.7	2.3	2.3	6.2
平均 $H_{1/10}$	1.1	1.1	1.0	1.0	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.1	1.1	1.0
平均 $T_{1/10}$	4.8	4.8	4.4	4.3	4.4	5.0	6.0	5.9	6.2	4.6	4.9	4.6	5.0

3.多年各月各向波浪出现频率

波浪观测站全年波向主要集中在E和ENE方向，分布频率分别为25.5%和13.7%；路由海区常浪向为E向，次常浪向为ENE向，N、WNW、NW、NNW向波浪比较少；强浪向为E向，NW向波浪最弱。路由海区波向受季风影响明显。1月到5月波向主要为受东北季风影响的E向浪较多；6月E向波浪逐渐减少，SW向波浪增多；6月到8月波向主要为SW、WSW；9月至12月常浪向又变为受东北季风影响的E向浪。

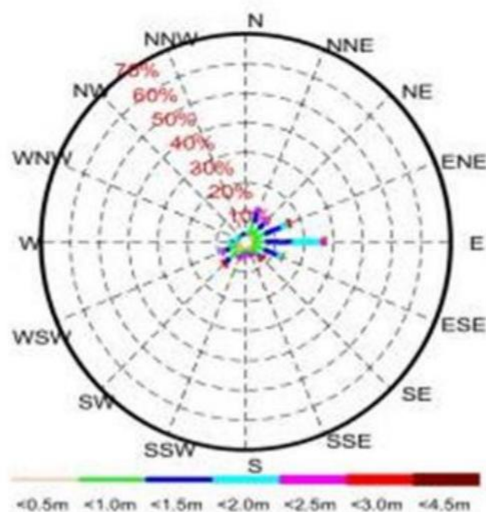


图 3.2.2-45 遮浪站波浪玫瑰图

3.2.3 地形地貌和冲淤环境

本节引自《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料储量核实报告》（2025 年 12 月）。

3.2.3.1 地形地貌及工程环境

矿区内整体水深为 14.89m~16.46m，整体水深自北向南逐渐加深，最小和最大水深分别位于矿区北部和南部（图 3.2.3-1），水深等值线整体呈近 NE 走向。矿区内海底地势相对平坦，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元，平均坡度约 0.25°，整体呈北高南低的趋势。

矿区属于海积-海蚀地貌中的堆积型水下岸坡区。水下岸坡系指海岸向海以明显的自然斜坡直抵陆架平原的近岸斜坡地貌。它在低潮线以下，至波长 1/2 的水深处，在此基面以下波浪作用十分微弱，该水深的泥沙已基本上不受波浪干扰而运动。受堆积作用影响，矿区内岸坡地形过渡比较平缓。

根据对矿区侧扫声呐、多波束测深等资料的判读、分析，矿区内未发现存在明显的沙波、冲刷痕等微地貌类型。

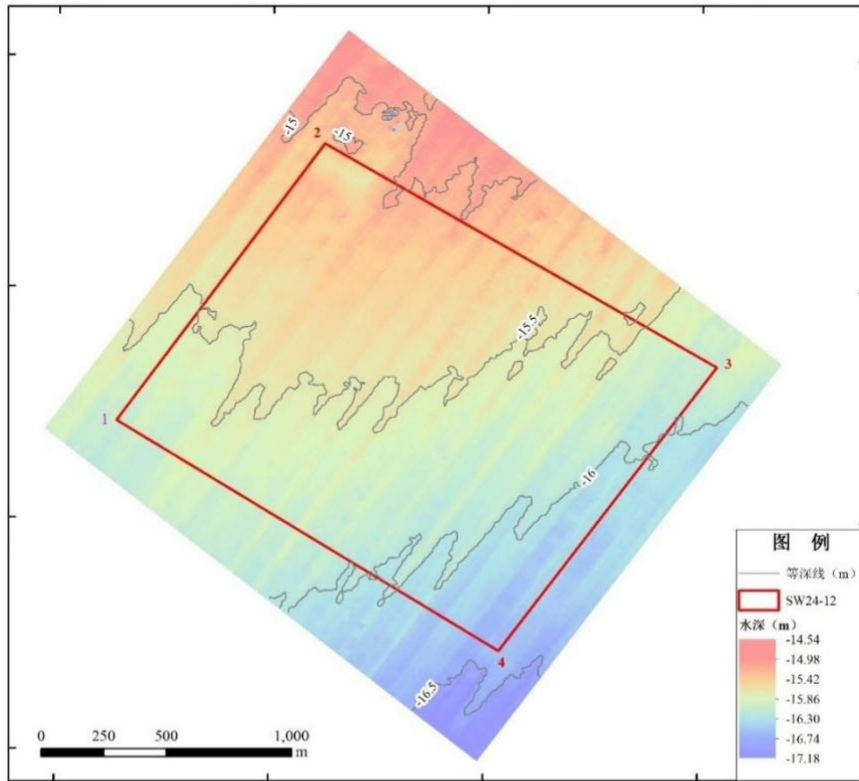


图 3.2.3-1 SW24-12 矿区多波束水深图 (理论深度基准面)

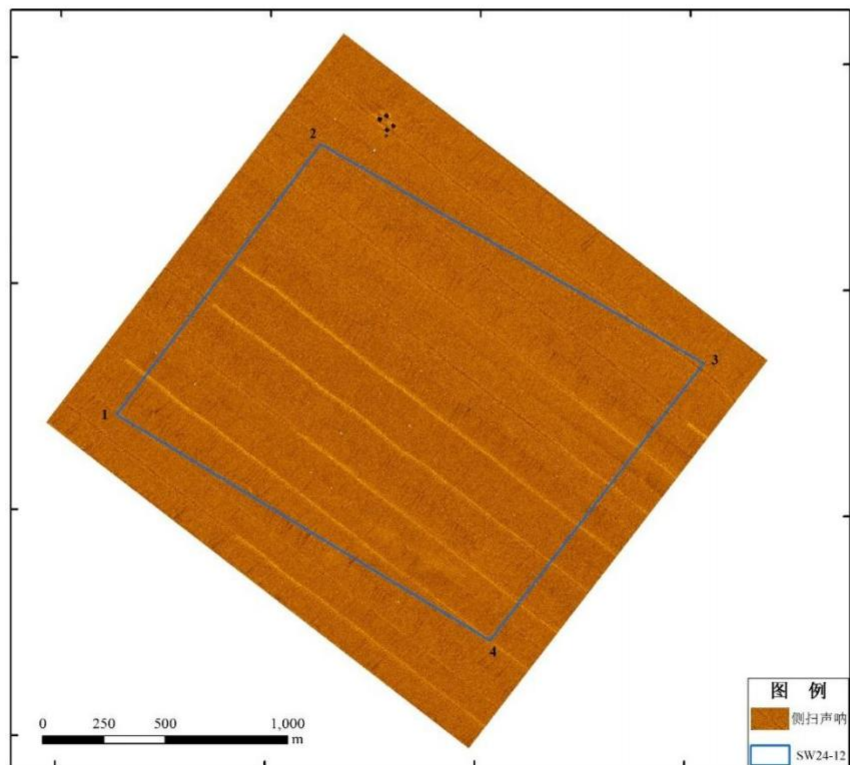


图 3.2.3-2 SW24-12 矿区侧扫声呐数据镶嵌图

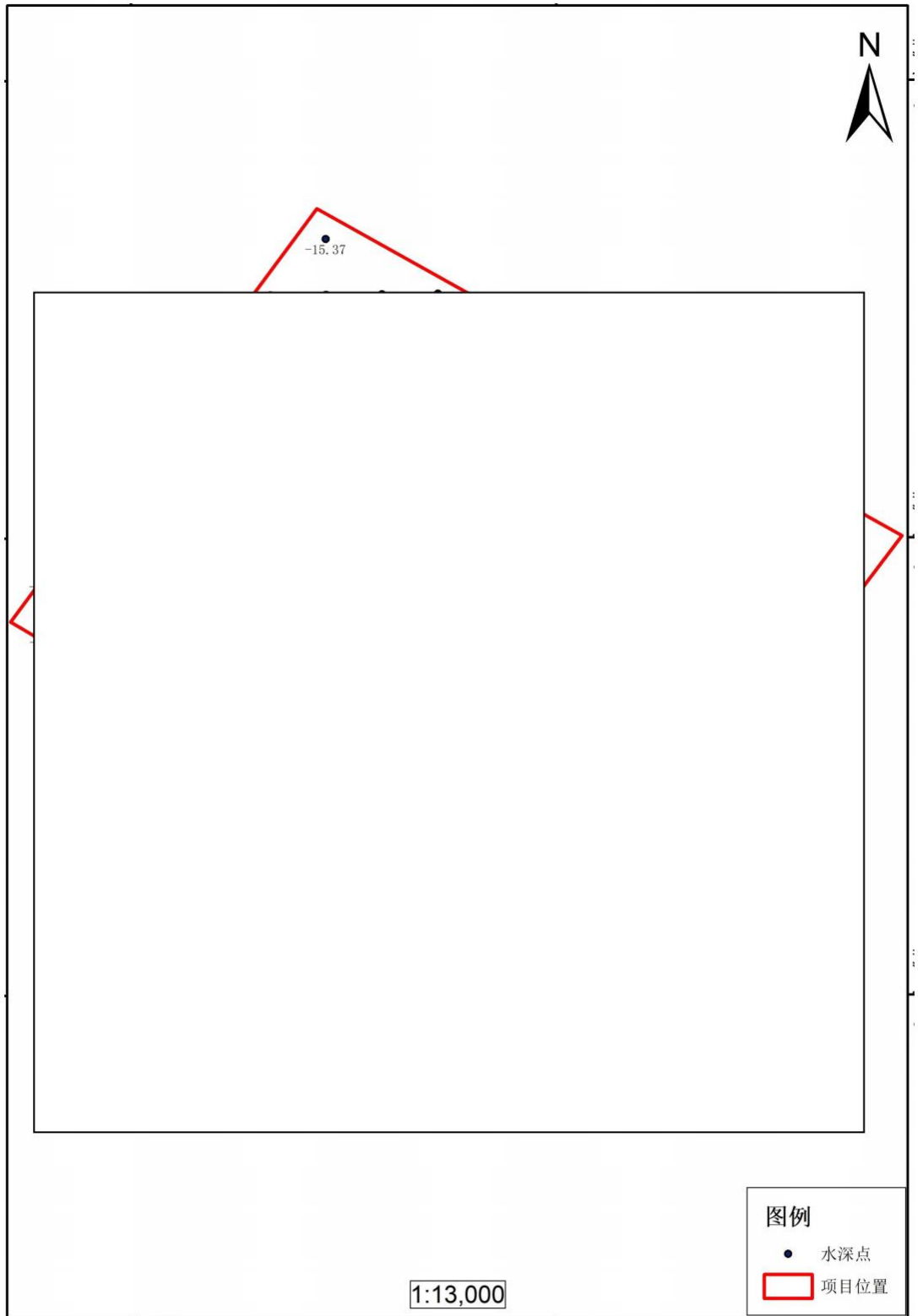


图 3.2.3-3 项目所在海域水深图

3.2.3.2 区域地质

矿区所在的广东沿海陆区发育地层较老，自南华系至第四系均有出露。在粤东地区出露的地层主要为中生代地层，包括侏罗系（金鸡组、漳坪组和高基坪组）、下白垩统

官草湖组和第四系沉积物。

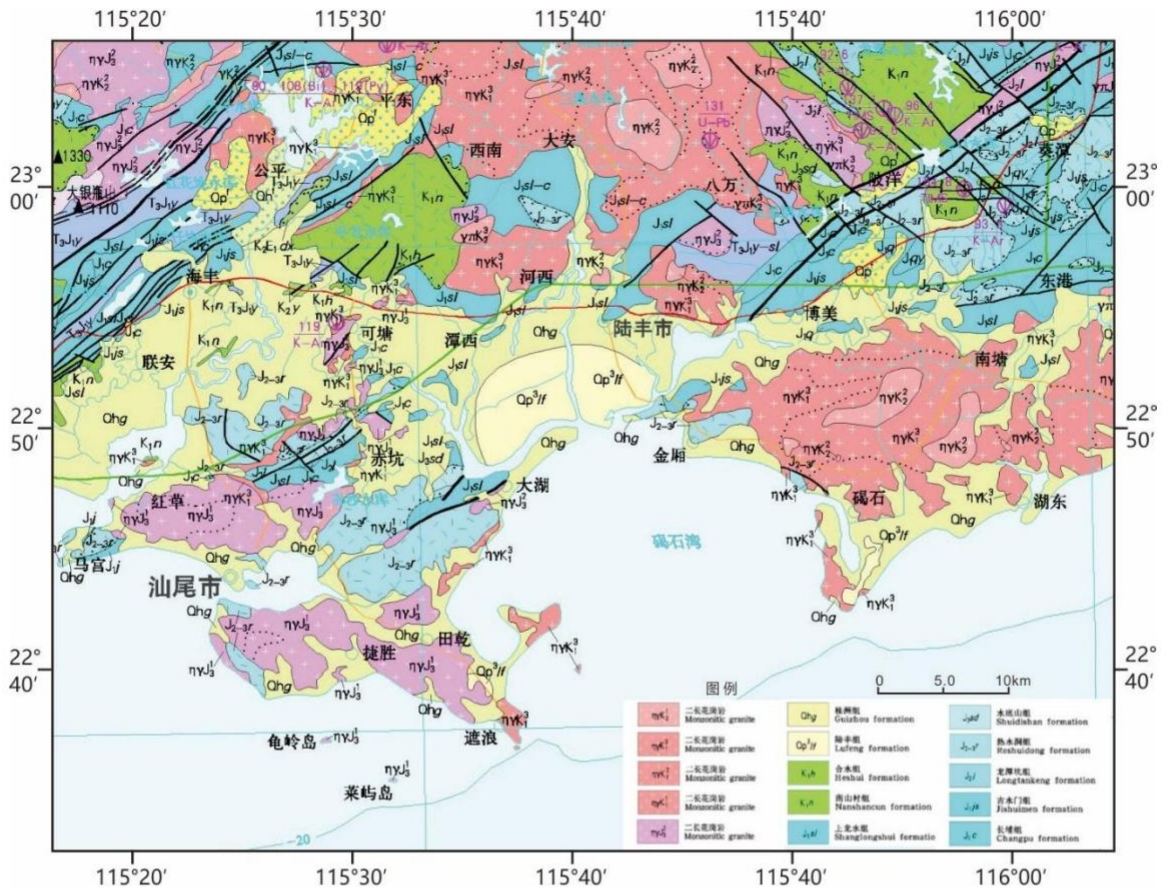


图 3.2.3-4 区域地质图

矿区位于粤东，粤东地区断裂构造基本上可分为三组：NE-NEE、NW-NWW 和近 EW 向。NE-NEE 和 NW-NWW 向断层在陆区和海区都十分发育，控制了新生代盆地的沉积和发育，为主要断裂系统，近 EW 向断层主要发育在珠江口盆地。陆区断裂主要形成于燕山期，而海区断裂主要形成于喜山期。汕尾境内大型断裂带主要有北东向的莲花山断裂带、潮州-汕尾断裂带和高要-惠来断裂带。

(1) 莲花山断裂带

莲花山断裂带北东端从福建省进入广东省，沿着雄伟的莲花山脉向西南展布于大埔、五华、海丰、惠东、深圳一线，并通过香港的元朗、屯门伸入南海，区域上属丽水-海丰断裂带的一部分。广东境内延伸长约 500km，波及宽 20~40km，局部可达 60km。断裂带由一组走向北东的脆性断裂带、韧性剪切带、动热变质带及中生代断陷盆地组成，为广东境内最为醒目大型构造带之一。莲花山断裂带晚近时期仍有活动，温泉沿断裂带分布，海丰地区多次发生破坏性地震，是广东省内有名的活动构造带。

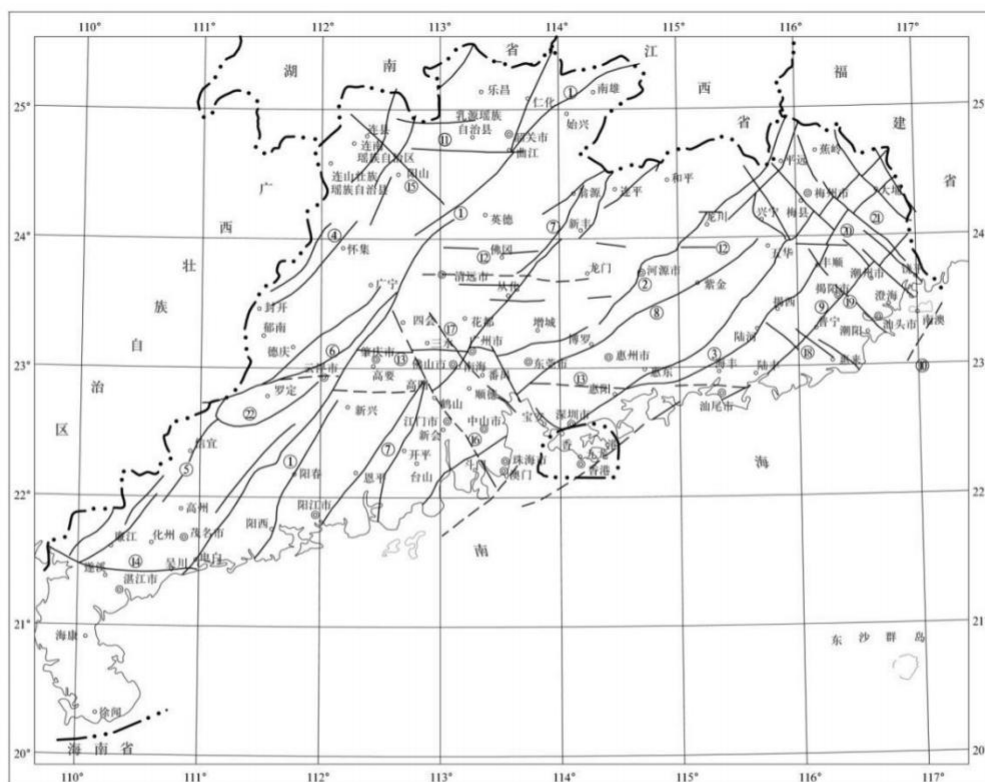


图 3.2.3-5 汕尾及邻区断裂构造分布图

①吴川—四会断裂带；②河源断裂带；③莲花山断裂带；④郴州—怀集断裂带；⑤信宜—廉江断裂带；⑥罗定—广宁断裂带；⑦恩平—新丰断裂带；⑧紫金—博罗断裂带；⑨潮州—汕尾断裂带；⑩南澳断裂；⑪贵东断裂带；⑫佛岗—丰良断裂带；⑬高要—惠来断裂带；⑭遂溪断裂带；⑮连州—阳山断裂带；⑯西江断裂；⑰沙湾断裂带；⑱河婆—惠来断裂带；⑲榕江断裂带；⑳梅州—潮州断裂带；㉑饶平—大埔断裂带；㉒贵子弧形断裂

(2) 潮州-汕尾断裂带，总体呈 $40\sim 50^\circ$ 方向舒缓波状，展布于饶平、潮州、普宁、陆丰一带，至汕尾入南海，北东延入福建境内，广东境内长 210km。断裂带穿行于上三叠统-侏罗系砂页岩、火山岩及燕山期花岗岩之中，断面主要倾向南东，局部倾向北西，倾角 $50\sim 80^\circ$ 。断裂沿走向及倾向均呈舒缓波状，发育压碎花岗岩、硅化岩、糜棱岩和构造角砾岩，断面上常见擦痕和阶步，并有中、基性岩、石英斑岩、长英岩脉、石英脉及燕山晚期酸性岩脉贯入，岩脉复遭破碎，发生硅化、褐铁矿化、绿泥石化、叶腊石化。断裂带北东段在潮州-饶平一带，侏罗系砂页岩、火山岩及燕山期花岗岩中挤压带、片理化带发育。从潮州至普宁一段则多为第四系覆盖，仅于洪阳西侧，屯浦一带见花岗岩糜棱岩化、硅化、绿泥石化等，影响范围宽达几百米。断裂带的活动至今仍未停息，沿断裂带温泉呈线状分布，潮州、普宁、揭阳等地多次发生过破坏性地震。

(3) 高要-惠来断裂带

高要-惠来深断裂带分布于罗定、高要、广州、惠阳、海丰、惠来一线，向东插

入台湾浅海，因被吴川-四会、河源、莲花山深断裂带所分割而出露不甚连续。断裂带被分为东段、中段、西段。其中，东段在惠阳-海丰-惠来一线，长达 200km，沿断裂带有一系列东西走向的航磁正异常带，南侧为负值，以侏罗纪的活动最为强烈。根据岩相古地理和古构造资料的分析，高要-惠来深断裂带形成于印支运动，局部控制了晚三叠世一早侏罗世的沉积，随着燕山运动的来临，该断裂带的活动更加强烈，发生了重熔型和同熔型花岗岩浆的侵入。

3.2.3.3 工程地质

1. 地层岩性

在矿区共部署工程地质钻探孔 1 口，工程孔 SW2412G01 孔总进尺 33.90m。结合矿区内的 21 个地质浅钻孔揭露的地层情况，按地质年代、成因和岩土性质将岩土体分为 4 个工程地质层，16 个工程地质亚层（详见表 3.2.3-1）。自上而下，上部为第四系沉积层，主要为晚更新世冲洪积相、滨海相和全新世滨浅海相沉积地层，下部揭示早白垩世花岗岩风化地层。

各岩土层工程特征如下：

①层可分 3 个亚层，属黏性土和砂土类地层。①-1 层：淤泥、淤泥质土，灰色~深灰色，流塑，饱和，粘性较好，韧性一般，偶见贝壳碎屑，但局部可见多量贝壳碎屑，含少量粉细砂或夹粉砂薄层，具腥臭味。压缩系数 $1.29\sim 1.60\text{MPa}^{-1}$ ，粘聚力 $10\sim 12\text{kPa}$ 。土体属高压缩性土，抗剪强度低。该层全区有分布，本层出露于海底，层顶埋深 0m，层顶高程-16.51m~-15.10m，平均-15.92m，层厚 4.00m~8.60m，平均 6.53m；①-2 层：粉砂，深灰色，湿，稍密，成分为石英、长石等，分选性好，含少量黏粒，偶见贝壳碎屑。本层埋深 4.90m，层顶高程-20.51m，层厚 0.90m，仅在钻孔 SW2412Z06 中有揭露；①-3 层：粉质黏土，深灰色，软塑，韧性一般，切面见砂，偶见贝壳碎屑。本层埋深 5.40m~7.00m，平均 6.07m，层顶高程-23.10m~-20.98m，平均-21.83m，层厚 0.90m~1.00m，平均 0.97m。在钻孔 SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07 中有揭露。

②层可分 5 个亚层，属黏性土和砂土类地层，②-3~②-5 工程地质层对应于矿体 V1 所发育的地层。②-1 层：淤泥，深灰色，流塑，刀切面较光滑，韧性较好，夹粉砂薄层，局部混较多贝壳碎屑。土体压缩性高，抗剪强度低。本层埋深 6.00m~6.40m，平均 6.20m，层顶高程-22.46m~-22.27m，平均-22.37m，层厚 2.60m~2.80m，平均 2.70m。本层仅在钻孔 SW2412Z16、SW2412Z20 中有揭露；②-2 层：黏土、粉质粘土，灰色、深灰色、

土黄色，湿，软塑为主，粘性一般~较好，韧性较好，刀切面光滑，局部含少量砂。

本层埋深 6.10m~17.60m，平均 10.99m，层顶高程-33.70m~-21.36m，平均-26.94m，层厚 0.60m~5.00m，平均 1.83m。本层在 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z21 共 17 个钻孔中有揭露；②-3 层：粉、细砂，浅灰色、深灰色，局部灰黄色，湿，稍密~中密，分选较好，矿物以石英、长石为主，局部含少量粘粒。本层埋深 4.00m~18.00m，平均 10.36m，层顶高程-33.29m~-20.23m，平均-26.34m，层厚 0.60m~8.10m，平均 1.73m。本层分布较广，在 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z17、SW2412Z18、SW2412Z19、SW2412Z21、SW2412G01 共 19 个钻孔中有揭露；②-4 层：中砂，浅灰色、深灰色、浅黄色、土黄色，中密为主，湿，矿物以石英、长石为主，分选一般，磨圆度为次棱角~次圆。本层埋深 7.80~19.40m，平均 11.93m，层顶高程-35.69m~-23.92m，平均-27.88m，层厚 0.60m~5.20m，平均 1.99m。本层分布广，仅有钻孔 SW2412Z04、SW2412G01 未揭露；②-5 层：粗砂，灰黄色，局部深灰色，湿，中密为主，局部密实，分选一般，磨圆度次棱角，矿物以石英、长石为主。本层埋深 7.50m~19.00m，平均 12.18m，层顶高程-34.29m~-22.60m，平均-28.10m，层厚 0.60m~5.20m，平均 1.69m。本层在 SW2412Z01、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z08、SW2412Z15、SW2412Z16、SW2412Z19、SW2412Z20 共 10 个钻孔中有揭露。

③层可分 5 个亚层，土性为黏性土、砂土，③-2~③-5 工程地质层对应于矿体 V2 所发育的地层。③-1 层：黏土、粉质粘土，浅黄色、灰黄色、青灰色，湿，可塑，局部软塑，粘性较好，韧性较好，局部含少量砂土或夹薄层砂。土体属中等压缩性土，抗剪强度中等。本层埋深 16.40m~34.30m，平均 24.58m，层顶高程-50.13m~-32.26m，平均-40.36m，层厚 0.40m~7.70m，平均 2.49m。本层在 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z19、SW2412Z21 共 16 个钻孔中有揭露；③-2 层：粉、细砂，土黄色、浅黄色、灰色，湿，

中密，局部密实，分选较好，磨圆次棱角。矿物以石英、长石为主，局部含泥质成分。本层埋深 12.10m~34.10m，平均 23.37m，层顶高程-49.36m~-28.33m，平均-39.23m，层厚 0.70m~4.80m，平均 1.33m。本层在 SW2412Z02、SW2412Z04、SW2412Z06、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z15、SW2412Z17、SW2412Z19、SW2412Z20、SW2412Z21、SW2412G01 共 15 个钻孔中有揭露；③-3 层：中砂，土黄色、灰色，湿，中密为主，局部密实，成分为石英、长石等，分选性一般，磨圆次棱角，局部含黏粒较高。本层埋深 13.30m~33.80m，平均 22.76m，层顶高程-49.98m~-29.42m，平均-38.65m，层厚 0.60~4.80m，平均 1.68m。本层分布广，仅钻孔 SW2412Z01 未有揭露；③-4 层：粗、砾层，土黄色，褐黄色，湿，密实，局部中密，成分主要为石英，长石等，分选性较好，磨圆次棱角状，局部含少量砾石或粘粒。本层埋深 13.90m~38.30m，平均 24.13m，层顶高程-54.13m~-29.51m，平均-40.00m，层厚 0.70m~16.90m，平均 4.68m。本层分布广，仅有钻孔 SW2412Z07、SW2412Z19 未揭露该层；③-5 层：砾石层，浅黄色、土黄色，湿，密实，成分为石英、长石等，分选性差，磨圆次棱角。本层埋深 18.20m~37.30m，平均 30.76m，层顶高程-53.13m~-34.47m，平均-46.62m，层厚 0.70m~1.00m，平均 0.92m。本层分布零星，仅有钻孔 SW2412Z01、SW2412Z12、SW2412Z16 钻遇。

④为花岗岩基岩风化壳，按风化程度可分为 3 个亚层。④-1 层：强风化花岗岩，浅黄色，原岩结构可辨，岩芯呈半岩半土状，遇水易软化。本层埋深 26.90m~40.30m，平均 33.82m，层顶高程-56.13m~-42.19m，平均-49.67m，钻遇厚度 0.10m~1.50m，平均 0.78m。本层在 SW2412Z01、SW2412Z02、SW2412Z03、SW2412Z04、SW2412Z05、SW2412Z06、SW2412Z07、SW2412Z08、SW2412Z09、SW2412Z10、SW2412Z11、SW2412Z12、SW2412Z13、SW2412Z14、SW2412Z17、SW2412Z19、SW2412Z20、SW2412Z21 计 18 个钻孔中有揭露；④-2 层：中风化花岗岩，灰白色，岩心长柱状，局部短柱状、饼状，岩质坚硬，锤击声脆。石英、长石、云母矿物清晰可见，花岗结构，块状构造。裂隙不发育，裂隙面铁锰质渲染。本层埋深 32.50~34.90m，平均 33.70m，层顶高程-50.94m~-48.73m，平均-49.84m，钻遇厚度 1.20m~1.40m，平均 1.30m。本层仅在钻孔 SW2412Z15、SW2412G01 中有揭露；④-3 层：微风化花岗岩，灰白色，肉红色，岩心柱状，质地坚硬，石英、长石、云母矿物清晰可见，花岗结构，块状构造。本层埋深 29.30~34.20m，平均 31.75m，层顶高程-50.71m~-45.57m，平均-48.14m，钻遇厚

度 0.80m~1.10m，平均 0.95m。本层仅在钻孔 SW2412Z16、SW2412Z18 中有揭露。

表 3.2.3-1 汕尾 SW24-12 区块岩土分层表

层序	成因时代	工程地质层	岩性组	工程地质亚层	岩性	厚度 (m)	层顶高程 (m)	备注
1	Q ₄ ^m	①	黏性土	①-1	淤泥、淤泥质土	4.00~8.60	-16.51~-15.10	V1 矿体盖层
2			砂土	①-2	粉砂	0.90	-20.51	
3			黏性土	①-3	粉质黏土	0.90~1.00	-23.10~-20.98	
4	Q ₃ ^{m-m} _c	②	黏性土	②-1	淤泥	2.60~2.80	-22.46~-22.27	V1 矿层所在地层
5			黏性土	②-2	粘土、粉质粘土	0.60~5.00	-33.70~-21.36	
6			砂土	②-3	粉、细砂	0.60~8.10	-33.29~-20.23	
7				②-4	中砂	0.60~5.20	-35.69~-23.92	
8				②-5	粗砂	0.60~5.20	-34.29~-22.60	
9	Q ₃ ^{al-pl}	③	黏性土	③-1	粘土、粉质粘土	0.40~7.70	-50.13~-32.26	V2 矿体盖层
10			砂土	③-2	粉、细砂	0.70~4.80	-49.36~-28.33	V2 矿层所在地层
11				③-3	中砂	0.60~4.80	-49.98~-29.42	
12				③-4	粗砂、砾砂	0.70~16.90	-54.13~-29.51	
13				③-5	砾石	0.70~1.00	-53.13~-34.47	
14	K ₁ ^γ	④	风化层	④-1	强风化花岗岩	0.10~1.50	-56.13~-42.19	
15				④-2	中风化花岗岩	1.20~1.40	-50.94~-48.73	
16				④-3	微风化花岗岩	0.80~1.10	-50.71~-45.57	

2.海砂开采工程地质条件分析

矿区位于南海北部陆架碣石湾近岸海域，主要为海平面相对上升变化背景下的滨浅海相和海陆交互沉积，海底地形相对平坦，矿区内无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元。

物探资料解译、分析表明，矿区区域构造属基本稳定区，地质灾害不发育，未发现浅层气、断裂等可能影响海砂开采的灾害地质因素。矿区后期将实施海砂开采活动，根据广东近海海砂开采经验，海砂开采主要采用露天水下射流式采砂船进行作业，在海砂开采过程中软弱土层可能会产生塌陷、矿区外围会发生斜坡滑坡等次生灾害，需要关注

海砂开采过程中次生地质灾害对水下采砂设备的影响。

按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)对场地土的类型划分标准,矿区风化壳以上地层土可划分为软弱土和中软土、中硬土 3 种类型。其中,第①-1、②-1 层流塑状淤泥、淤泥质土为软弱土;第①-3、②-2、③-1 层软-可塑粘土、粉质黏土为中软土,第①-2 层稍密粉砂及②-3、③-2 层稍密-中密的粉、细砂为中软土;第②-4、②-5、③-3、③-4、③-5 层的中密-密实中砂和粗砂、砾砂、砾石为中硬土。矿区特殊性岩土为软弱土和风化层。其中,软弱土层主要为①-1、②-1 层淤泥、淤泥质土,分布在海底表层,其天然含水量高、呈流变性,其承载力低、压缩性高、抗剪强度低,渗透性低;风化层为花岗岩的强、中、微风化岩,土体坚硬或岩质坚硬,风化程度差异较大。

矿区主要发育 V1、V2 两层海砂矿体。海砂开采过程中,射流式采砂船将吸砂管以 60°~70°左右的角度插入预定砂层,通过射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管,吸砂管把砂浆吸到洗砂船舱上,通过洗砂分选后得到成品海砂。上部 V1 海砂矿体对应于工程地质钻孔 SW2412G01 第②-3 层粉、细砂层,稍密-中密,砂层较易被吸砂管抽取。V1 海砂矿层上部覆盖层,对应于第①-1 淤泥、淤泥质土层,土体呈流塑状,抗剪强度低,厚度 4.00m,该层较易穿透。下部 V2 海砂矿层,对应于工程地质钻孔 SW2412G01 第③-2 粉细、细砂、③-3 中砂、③-4 粗砂层,密实,厚度共计 10m,砂层可被高压射流冲散,再进行抽取,冲散难度增大。本工程钻孔 V2 海砂矿层没有覆盖层。V2 海砂矿层下部为花岗岩风化层,土体或岩质坚硬,高压射流难以冲散。综合钻孔揭露、室内土工试验成果,影响海砂吸砂管抽砂的土层主要是 V2 海砂矿层中密实的砂土层,高压射流冲散难度增大,抽砂成本增加。海砂矿层上部淤泥、淤泥质土覆盖层,海砂吸砂管易穿透。

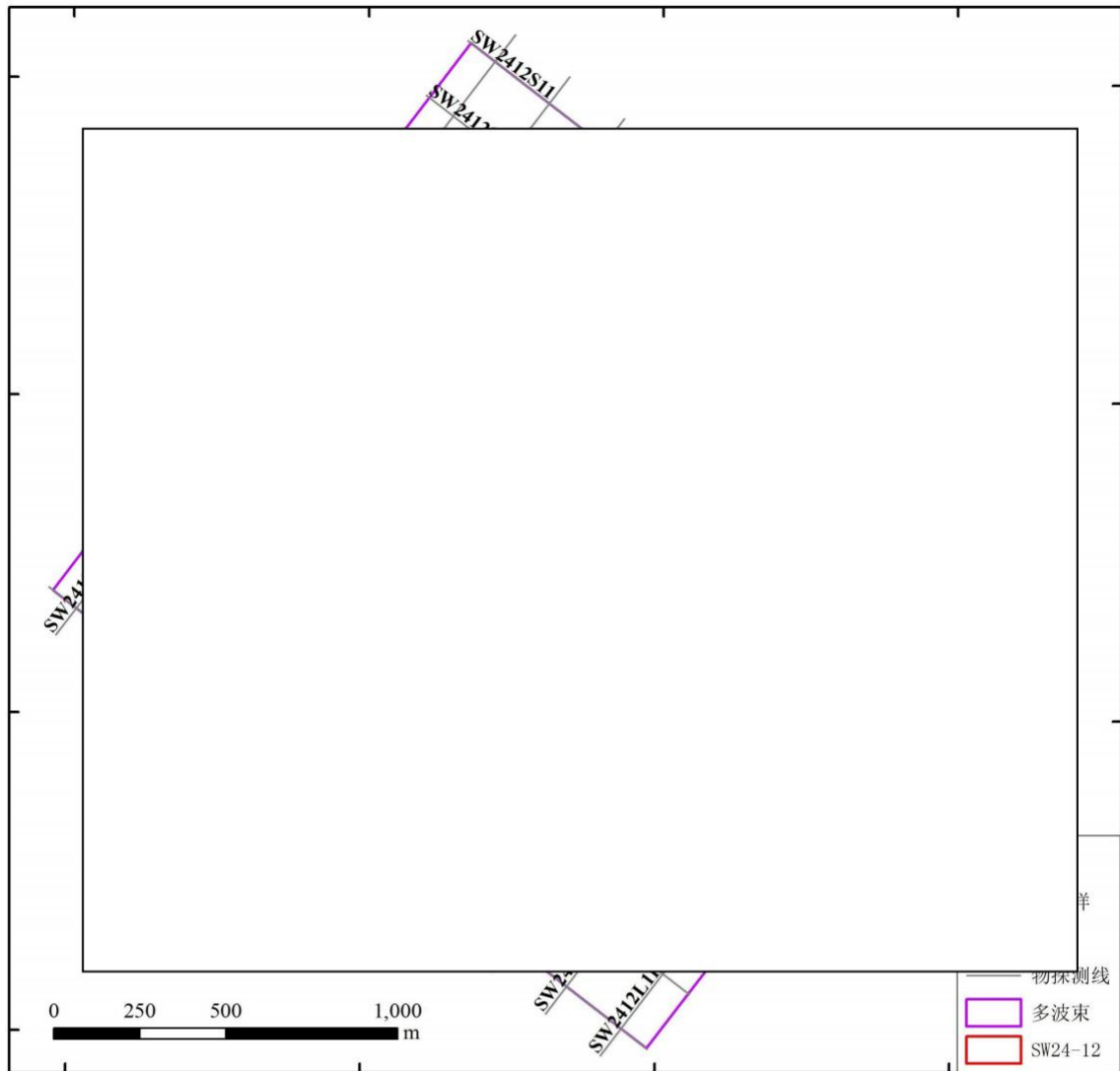


图 3.2.3-6 钻孔平面布置图

(不公开)

图 3.2.3-7 (1) 钻孔剖面图

(不公开)

图 3.2.3-8 典型钻孔柱状图

3.2.3.4 环境地质

(1) 区域构造特征

矿区周边区域地质构造较发育，构造类型以线状断裂构造为主，其中北东向和北西向断裂带最为醒目，局部还发育有近东西方向断裂构造，褶皱构造少见。矿区构造上属于南海北部被动陆缘的伸展断陷带，位于华南地块向南海过渡的 NE 向断裂盆地体系中，受新生代裂谷作用及基底断裂控制。

单道地震及钻孔资料揭示表明，矿区属海底第四纪近海沉积相，主要为一套沉积于风化花岗岩之上的第四纪沉积物，海底地形相对平坦。本次勘查未发现向斜、背斜等褶皱构造、断层构造，也未发现有浅层气发育。

(2) 地震

据国家地震科学数据中心数据，汕尾市及其周边在经度 114-117°E、纬度 21~24°N 范围内，2009 年 1 月至 2025 年 1 月 16 年间，该区域发生 3 级以上地震有 46 次，其中最大震级 5.0 级，发生在广东南澳海域，震中位于汕尾市及邻近海域的地震（震级均小于 5.0 级）有 6 次。

单道地震及钻孔资料揭示表明，矿区内未发现全新活动断裂。矿区场地不良地质主要为具震陷性的软弱土层，综合评定属抗震不利地段。矿区内未发现断裂构造迹象，区域构造稳定性一般。矿区不存在滑坡、崩塌、泥石流、采空区等颠覆性的不良地质作用和地质灾害，场地环境地质稳定性较好，矿区整体稳定性一般。

(3) 放射性

海砂放射性实验测试结果表明，矿区海砂内照射指数 I_{Ra} 、外照射指数 I_γ 均远小于 1，海砂的放射性比活度符合国家标准 GB 6566-2010 的要求，对环境和人体无危害性。

3.2.4 海洋自然灾害

1、热带气旋

(1) 热带气旋：

汕尾沿岸海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响本海域的热带气旋来自西太平洋和南海，热带气旋分为热带低压（TD）、热带风暴（TS）、强热带风暴（STS）、台风（TY）、强台风（STY）和超强台风（SuperTY）六个等级。

以遮浪海洋站风速达 6 级，台风中心位置进入 20.9°N~24.9°N，114.3°E~118.3°E 区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949~2023 年期间，登陆或影响本海域的热带气旋共有 205 个，年平均 2.77 个，年最多为 9 个（1999 年），71 年间仅 1989 年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋 7~8 月出现最多，占 47.32%，其次是 9 月占 22.93%，最早出现在 4 月 10 日（受 6701 强台风影响），最晚出现在 12 月 2 日（受 7427 强台风影响），1 月至 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年~2019 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 23 个，强台风 24 个，台风 42 个，强热带风暴 41 个，热带风暴 54 个。

表 3.2.4-1 (1949~2019)热带气旋中心经过 114.3~118.3°E、20.9~24.9°N 的个数统计

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	合计
01	0	0	0	0	2	6	2	8	2	1	0	0	21
02	0	0	0	0	1	13	12	8	14	4	2	0	54
03	0	0	0	0	1	4	9	15	11	1	0	0	41
04	0	0	0	1	3	3	14	8	8	5	0	0	42
05	0	0	0	0	1	2	3	5	9	3	1	0	24
06	0	0	0	1	0	0	7	6	3	4	2	0	23
07	0	0	0	2	8	28	47	50	47	18	5	0	205
08	0.0	0.0	0.0	0.3	0.11	0.38	0.64	0.68	0.64	0.24	0.07	0.0	2.77
09	0	0	0	0.041	3.90	13.66	22.93	24.93	22.93	8.78	2.44	0	100.00

注：01~热带低压、02~热带风暴、03~强热带风暴、04~台风、05~强台风、06~超强台风、07~合计、08~年平均、09~频率(%)

1949 年~2023 年期间，对汕尾沿岸海域最具影响的热带气旋有 10 个，遮浪海洋站记录的风速均在 33m/s 以上，分别是 6903、7908、8805、9009、9509、2000 年 13 号、2003 年 13 号台风、2013 年 19 号台风、2017 年 13 号台风和 2018 年 22 号台风。

影响汕尾沿岸海岛海域的西太平洋台风，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（见图 3.2.4-1），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 940hPa（资料来自上海台风研究所），1979 年 8 月 1 日 24 时~2 日 12 时，汕尾沿岸海岛海域平均风力 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，汕尾气象站实测阵风风速 60.4m/s，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。

汕尾港妈屿站出现 3.81 米（当地水尺）暴潮水位，比正常潮位高出 1.78 米，妈屿

站最大增水 2.51 米，出现在 1979 年 8 月 2 日 10 时 00 分，汕尾市区大部分街道受浸，水深 0.3~1.0 米，7908 号台风给汕尾沿岸海岛造成重大经济损失和人员伤亡。

9509 号台风是另一个严重影响汕尾沿岸海岛海域的台风 3.1.4-3，其特点是：也是风力强、范围广、破坏力强。1995 年 8 月 31 日 15 时前后，9509 号台风在广东省海丰与惠东县沿海登陆，登陆时遮浪海洋站实测风速 59.7m/s，风向东北，汕尾市 46.0m/s，海丰、惠东县 39.0m/s，惠来 35.0m/s，惠阳 34.0m/s，澄海 31.0m/s。这个台风影响范围之广，破坏力之大，为近年所罕见，台风所到之处输电线被吹断，树木、工棚被毁、沿海海堤被打坏，受 9509 号台风影响，国民经济直接损失 38.62 亿元和重大人员伤亡。

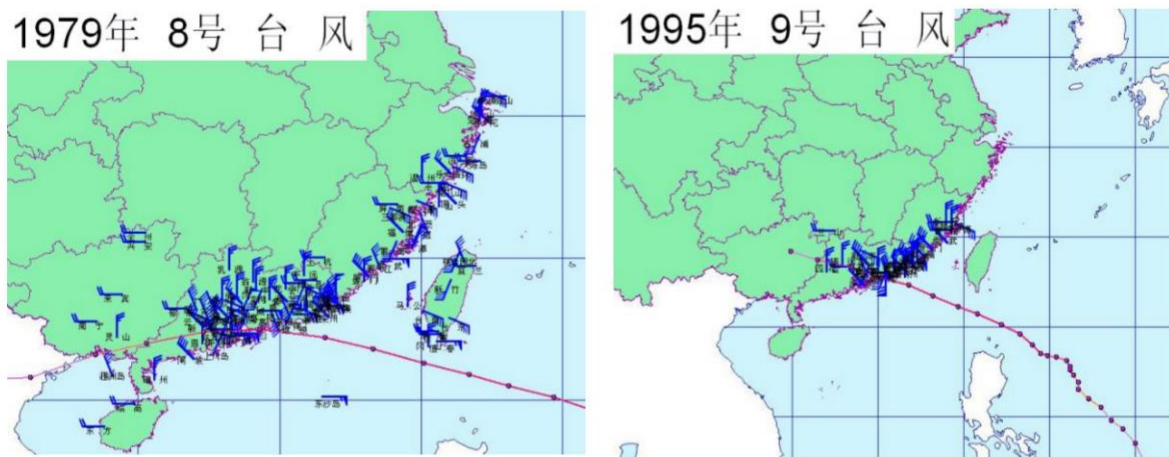


图 3.2.4-1 对汕尾沿岸海岛海域最具影响的热带气旋路径图

2、风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。影响工程水域的台风平均每年出现 2 次左右，一般多出现于 7~9 月。

2013 年 9 月 22 日，“天兔”台风在汕尾市登陆，中心附近最大风力达 14 级（45m/s）。广东省沿海最大风暴增水出现在海门站，于 9 月 22 日 17 时出现最大风暴潮增水 201cm。增水超过 100cm 的还有遮浪站（163cm）、汕头站（160cm）、汕尾站（150cm）、惠州站（137cm）和南澳站（125cm）。“天兔”造成汕尾、潮州、汕头、揭阳、惠州等地严重损失。

2015 年 7 月 9 日，第 10 号台风“莲花”在广东陆丰市甲东镇沿海登陆，受台风“莲花”影响，粤东沿岸出现了一次较弱风暴潮增水过程，过程最大增水出现在汕头站（79cm）。

汕尾、汕头、揭阳、潮州等地遭受一定程度的损失。

2016年10月21日，第22号强台风“海马”在汕尾市海丰县鲒门镇登陆，粤东至珠江口沿岸出现了一次明显的风暴潮增水过程，最大增水出现在海门站（206cm）。汕头站、汕尾站出现最大增水分别为152cm、144cm，珠江口沿岸出现30~60cm的风暴增水。汕尾、汕头、惠州、揭阳等地遭受一定程度的损失。

2017年9月3日，第16号台风“玛娃”在汕尾市陆丰沿海登陆，粤东、珠江口沿岸出现一次风暴潮过程，珠江口沿岸最大增水出现在赤湾站（44cm）；粤东沿岸最大增水出现在惠州站（58cm）。揭阳市水产养殖受灾面积2400公顷，水产养殖损失产量700吨，养殖设备、设施损失320个，防波堤损毁0.22千米，直接经济损失2550万元。

2018年9月16日，第22号超强台风“山竹”在广东省台山海宴镇登陆，广东省沿岸出现一次风暴潮过程，粤东沿岸最大增水出现在惠州站（278cm）。广州、珠海、深圳、中山、江门、惠州、汕尾、揭阳、汕头、潮州、茂名、湛江遭受一定程度的损失。

2020年8月19日，台风“海高斯”在广东省珠海市金湾区沿海登陆，粤东沿岸各海洋站观测到30-60cm的最大风暴增水，各站最高潮位均在当地蓝色警戒潮位以下。

2021年10月13日，台风“圆规”在海南省琼海市沿海登陆，粤东沿岸各海洋站观测到70-125cm的最大风暴增水。受“圆规”台风风暴潮和近岸浪的共同影响，揭阳市、阳江市、惠州市、珠海市等地直接经济损失合计0.10亿元。

2022年7月2日，台风“暹芭”在茂名市电白区沿海登陆，珠江口到雷州半岛东部沿岸潮（水）位站观测到60-160cm的最大风暴增水。2022年8月25日，台风“马鞍”在茂名市电白区沿海登陆，珠江口到雷州半岛东部沿岸潮（水）位站观测到40-170cm的最大风暴增水。

根据广东省自然资源厅发布的《2023年广东省海洋灾害公报》，2023年广东省共发生风暴潮过程（蓝色预警级别及以上）4次，其中2次造成了损失。与近十年平均状况相比，2023年风暴潮发生次数和致灾次数与平均值（4.6次、2.4次）基本持平，风暴潮主要集中在7月至9月。台风引起的增水情况见表3.2.4-2。

2023年，风暴潮灾害直接经济损失最严重的地市是珠海市，直接经济损失为1.04省风暴潮灾害直接经济损失的57%；其次分别为湛江市、阳江市、茂名市和汕尾市。2023年，风暴潮灾害造成全省海水养殖业直接经济损失最为严重，为15174.45万元；其次为海岸防护工程损失，为2152.20万元。茂名博贺渔港观测点以及分别位于珠海、阳江、

汕尾沿海的 3 个浮标等海洋观测设施因灾受损，损失 54.00 万元。其他直接经济损失还包括淹没农田损失 529.06 万元，房屋受损损失 170.70 万元，海洋旅游业损失 160.48 万元，交通运输业损失 10.50 万元，近岸路段路面受损损失 2 万元。

表 3.2.4-2 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
天兔	汕尾海域	2013 年 9 月 22 日	遮浪站(163cm)、汕尾站(150cm)
莲花	广东陆丰市甲东镇沿海	2015 年 7 月 9 日	汕尾至饶平一带沿海(50~110cm)
妮妲	深圳市大鹏半岛	2016 年 8 月 2 日	汕尾站(101cm)
海马	汕尾市海丰县鲘门镇	2016 年 10 月 21 日	汕尾站(144cm)
苗柏	深圳市大鹏半岛	2017 年 6 月 12 日	汕尾站(44cm)、遮浪站(41cm)
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017 年 8 月 23 日	汕尾站(118cm)
玛娃	汕尾市陆丰沿海	2017 年 9 月 3 日	汕尾站(57cm)、遮浪站(45cm)
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017 年 10 月 16 日	汕尾站(92cm)
百里嘉	湛江市坡头区	2018 年 9 月 13 日	汕尾站(42cm)
山竹	广东省台山海宴镇	2018 年 9 月 16 日	汕尾站(178cm)
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020 年 8 月 19 日	粤东沿岸各海洋站(30-60cm)
圆规	海南省琼海市沿海	2021 年 10 月 13 日	汕尾站(82cm)、遮浪站(98cm)
苏拉	广东省珠海市金湾区沿海	2023 年 9 月 2 日	汕尾站(93cm)、遮浪站(84cm)

3、大风

由于汕尾沿岸海岛地处南海的北部，1995 年 07 月~2023 年 12 月，一年四季均可出现大风 (≥ 8 级)，大风日数年平均 8.1 天，2008 年出现大风的大风日数最多达 17 天。虽然风能丰富，但大风造成的灾害也是严重的。

4、雷暴

暴雨是指日量 ≥ 50 毫米的强降水过程，日雨量 ≥ 100 毫米为大暴雨；日雨量 ≥ 250 毫米为特大暴雨。近年来惠来县雷击灾害时有发生，对供电设施（变压器）、家用电器（电脑、电视机）、人畜等造成过危害。根据多年统计成果，本区域年平均雷暴日数 54.0d。

5、寒潮及低温阴雨

根据《广东省各类主要灾害性天气标准》的规定，单站寒潮指标为：日平均气温在

24h 内下降 8°C 或其以上（或 48h 内下降 10°C 或其以上），同时过程最低气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ，寒潮出现后天气回暖到日平均气温 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ ，同时极端最低气温 $> 5^{\circ}\text{C}$ ，作为寒潮结束。遮浪海洋站有气象记录以来有寒潮过程记录，发生在 1991 年 12 月 27~31 日，24 小时内日平均气温下降了 10.9°C，过程最低气温 3.9°C。汕尾气象站，24 小时内日平均气温下降了 11.8°C，过程最低气温也是 3.9°C，其降温幅度和最低温度均达到了寒潮过程的标准。

气象上表征低温阴雨天气有下列标准：（1）日平均气温 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ ，连续 3d 或 3d 以上；凡在 2 月 1 日（可上跨）至 4 月 30 日期间，出现的天气过程符合上述要求，即统计为一次低温阴雨过程。汕尾沿岸海岛的低温阴雨天气出现次数，累年平均低温阴雨过程为 0.7 次，平均每次过程持续 5.7 天，最长为 17 天（1968 年 2 月），最短为 3 天，最多的年份有 3 次（1968 年），低温阴雨最早为 2 月 1 日，最晚为 3 月 3 日，有 24 年没有出现低温阴雨天气，约 51% 年份会出现低温阴雨天气。汕尾沿岸海岛倒春寒天数最长的是 1970 年，共计 8 天。

6、地震

广东省地处东南沿海地震带地震相对活跃的中段，汕尾市位于广东省的中部沿海。第五代中国地震动参数区划表明，汕尾市位于基本地震动峰值加速度 0.05g 到 0.10g 区内，其中，约四分之三面积位于基本地震动峰值加速度 0.10g 区，区域东北陆河县大部分地区为 0.05g。地震动加速度反应谱特征周期为 0.35s。

据国家地震科学数据中心数据，汕尾市及其周边在经度 114-117°E、纬度 21-24°N 范围内，2009 年 1 月至 2025 年 1 月 16 年间，该区域发生 3 级以上地震有 46 次，其中最大震级 5.0 级，发生在广东南澳海域，震中位于汕尾市及邻近海域的地震（震级均小于 5.0 级）有 6 次（表 3.2.4-3）。

表 3.2.4-3 汕尾市及邻近海域地震目录统计表

序号	发震日期 (北京时间)	经度(°)	纬度 (°)	震源 深度 (km)	震级 类型	震级	震中 位置	事件类型
1	2025-1-10 14:40	115.66	21.33	11	ML	3.8	汕尾 以南海域	天然地震
2	2023-5-04 13:32:33	115.23	22.84	8	ML	3.4	海丰	天然地震
3	2023-5-01 05:46:45	114.79	20.78	18	ML	4.5	南海	天然地震

4	2022-9-27 19:54:53	115.07	22.48	21	ML	3.2	惠东海域	天然地震
5	2022-3-14 02:28:44	115.05	22.46	10	Ms	4.2	惠东海域	天然地震
6	2015-9-24 22:57:30	115.70	23.04	14	ML	3.8	陆丰	天然地震

3.2.5 珍稀海洋生物资源

(1) 中华白海豚

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

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

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

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

关性 (Jefferson, 2000), 随着体长的增大体重也呈指数增长, 而且体长越长, 体重的增长幅度越大。

分布情况: 从 2012 年开始, 汕头大学理学院海洋生物研究所通过基于当地生态知识的问卷调查以及船只照片识别的野外调查, 对粤东海域的鲸豚类进行种群统计。其中, 基于当地生态知识的问卷调查发现: 在上世纪 80 年代, 在东山、南澳附近海域均可常见中华白海豚出现, 渔民目击区域主要集中在汕头港外草屿、外砂河、南澳大桥凤屿、云澳码头以及南澳北面海域, 偶见于青澳湾、潮州柘林湾以及汕头湾内附近。照片识别数据库共发现 19 头成年中华白海豚以及 1 头幼豚。主要分布区域为外砂河与南澳大桥凤屿之间海域以及汕头港草屿附近海域 (图 3.2.5-1)。由图可知, 在 2000 年曾发现中华白海豚在项目评价范围内出没。在 2024 年春季月和 2024 年秋季调查中没有发现中华白海豚。

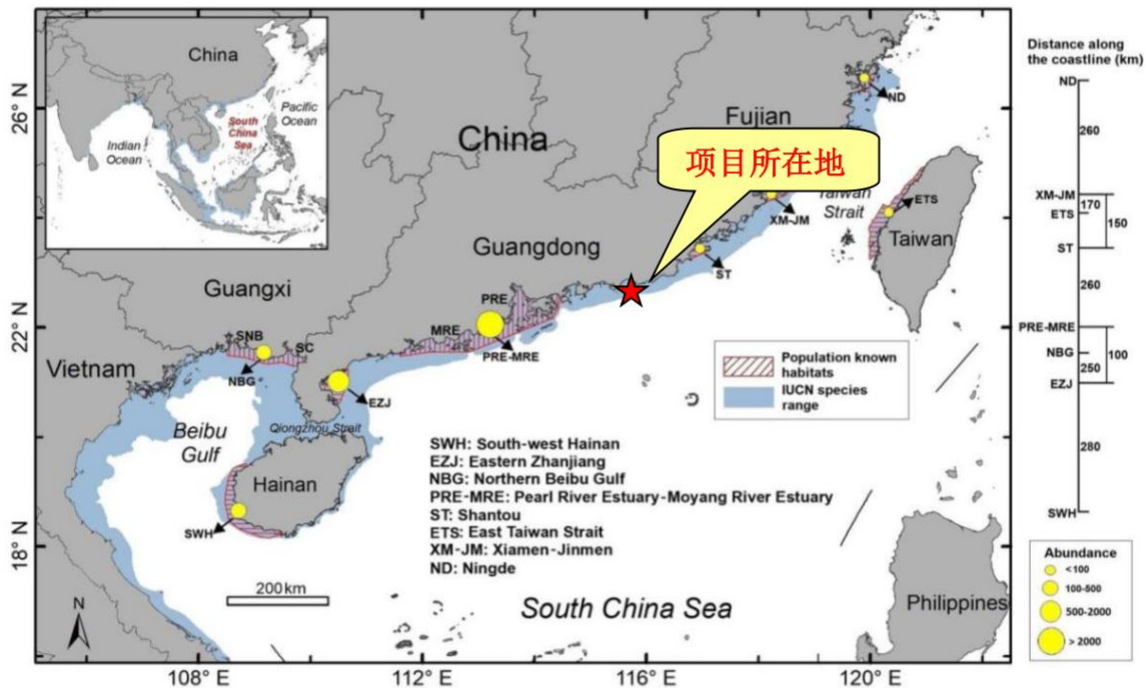


图 3.2.5-1 我国中华白海豚的栖息分布情况

(蓝色区域为 IUCN 红色名录提供的物种分布范围, 红色区域为实地调查确定的栖息地, 黄色圆圈显示了种群规模, 右侧数字为连接相邻种群的最近海上距离)

(2) 海龟

海龟隶属龟鳖目、海龟科、海龟属。海龟生活于近海上层, 以鱼类、头足纲动物、甲壳动物以及海藻等为食。每年 4~10 月为繁殖季节, 常在礁盘附近水面交尾, 需 3~4 小时。雌性在夜间爬到岸边沙滩上, 先用前肢挖一深度与体高相当的大坑, 伏在坑内,

再以后肢交替挖一口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，在坑内产卵。产毕以砂覆盖，然后回到海中。每年产卵多次，每产 91~157 枚。卵白色，圆形，径 41~43mm，壳革质，韧软。孵化期 50~100 天。

根据《广东省海洋环境保护规划》研究成果，以及南海水产研究所调查资料，海龟在广东省的主要活动地区为大亚湾、红海湾、汕头。我国已于 1985 年在广东惠东县港口镇海龟湾建立了国家级海龟自然保护区。大多数的海龟生存在比较浅的沿海水域、海湾、泻湖、珊瑚礁和流入大海的河口。不同种类和同一种类内部不同群体的海龟有着各自的迁徙习惯。

通过 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠓龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。在江牡岛海域周边，鲜少发现海龟。在 2024 年 4 月调查中没有发现海龟。

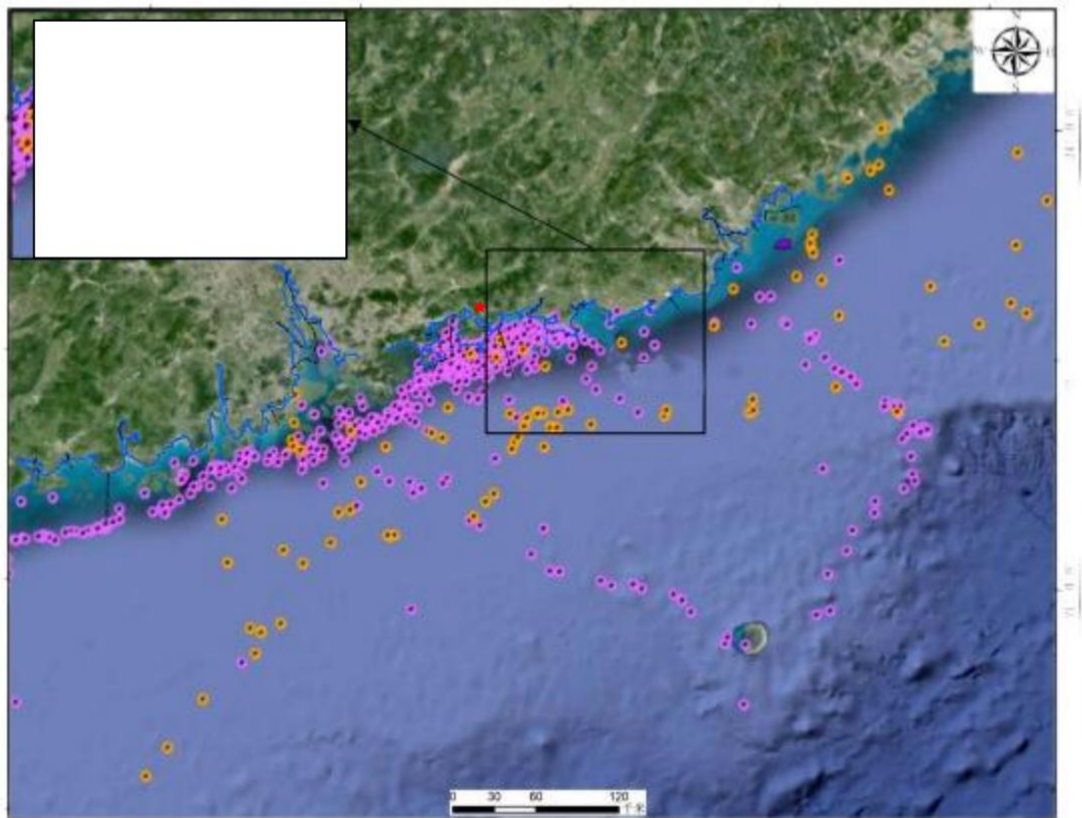


图 3.2.5-2 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

3.2.6 自然保护区

项目论证范围内共有 3 个自然保护区，分别为广东海丰鸟类省级自然保护区、汕尾

红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区和汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区。

根据《汕尾市自然保护地规划》（2023-2035 年），汕尾市根据国家林草局审核并封库的《汕尾市自然保护地整合优化预案》，对全市自然保护地布局及发展需求分析，开展全市自然保护地整合优化。整合优化后的广东海丰鸟类省级自然保护区主要保护对象为珍稀鸟类资源，保护区总面积 10977.60 公顷，距离本能项目的最近距离约为 15.43km；汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区主要保护对象为海洋生态系统，保护区总面积 1444.39 公顷，距离本能项目的最近距离约为 11.23km；汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区主要保护对象为珍稀动物海马，保护区总面积 1022.00 公顷，距离本能项目的最近距离约为 21.30km。

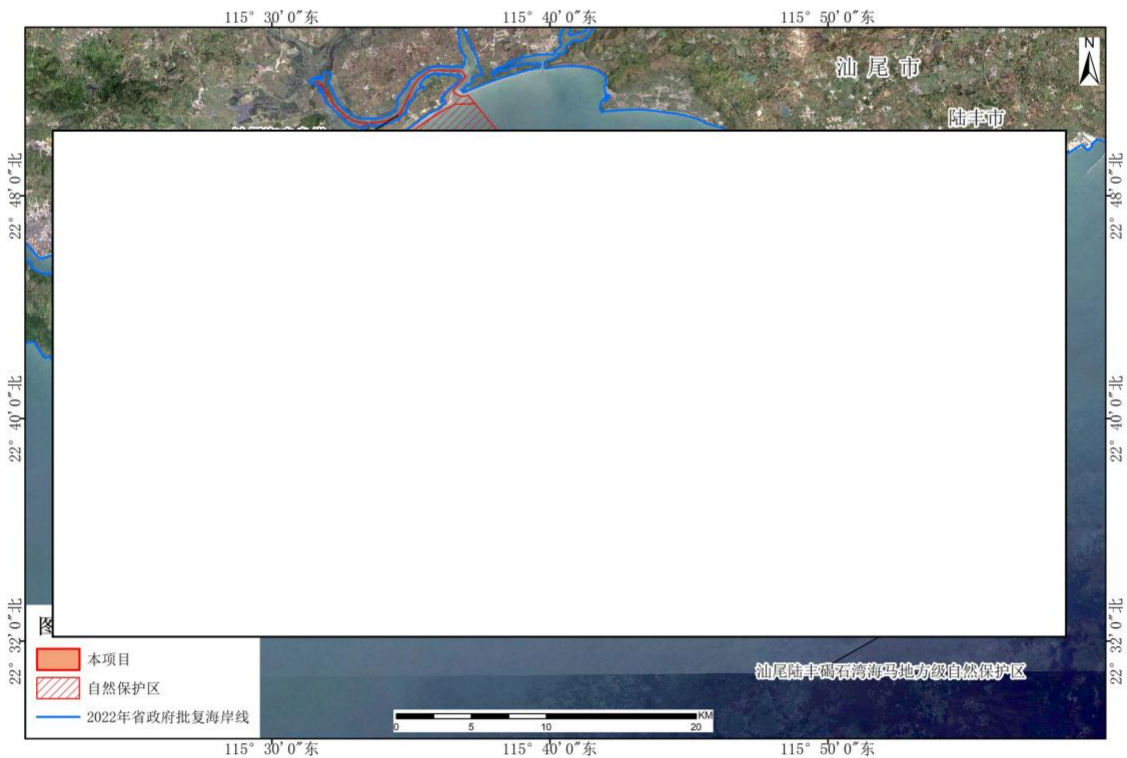


图 3.2.6 本项目与附近自然保护区位置关系图

3.2.7 2024 年秋季海洋环境现状调查与评价

3.2.7.1 调查概况

广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 11 月 22 日~23 日、11 月 27 日~30 日对汕尾市海砂开采区附近海域开展环境现状调查。本次调查共设水质调查站位 28 个海水水质监测站位，沉积物监测站位 14 个，海洋生物生态与渔业资源调查站位 17 个，潮间带

调查断面 3 条，具体调查站位详见表 3.2.7-1 和图 3.2.7-1，具体监测项目见表 3.2.7-2。

表 3.2.7-1 海洋环境现状调查站位

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目
1	SW01	██████████	██████████	水质、生物生态和渔业资源
2	SW02	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
3	SW03	██████████	██████████	水质
4	SW04	██████████	██████████	水质
5	SW05	██████████	██████████	水质
6	SW06	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
7	SW07	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
8	SW08	██████████	██████████	水质
9	SW09	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
10	SW10	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
11	SW11	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
12	SW12	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
13	SW13	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
14	SW14	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
15	SW15	██████████	██████████	水质
16	SW16	██████████	██████████	水质、生物生态和渔业资源
17	SW17	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
18	SW18	██████████	██████████	水质
19	SW19	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
20	SW20	██████████	██████████	水质
21	SW21	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目
22	SW22	██████████	██████████	水质
23	SW23	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
24	SW24	██████████	██████████	水质
25	SW25	██████████	██████████	水质
26	SW26	██████████	██████████	水质
27	SW27	██████████	██████████	水质、生物生态和渔业资源
28	SW28	██████████	██████████	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
29	SWC01	██████████	██████████	潮间带生物
30	SWC02	██████████	██████████	潮间带生物
31	SWC03	██████████	██████████	潮间带生物

表 3.2.7-2 监测项目

类别	监测项目	项数
海水水质	pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硫化物、挥发性酚、氰化物、氟化物	23
海洋沉积物	pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷	13
海洋生物体	铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃	8
海洋生态	1、叶绿素 <i>a</i> 、初级生产力； 2、浮游植物（种类及组成、个体数量、分布、多样性和均匀度、优势种）； 3、浮游动物（生物量、种类及组成、个体数量、分布、多样性和均匀度、优势种）； 4、底栖生物（种类及组成、优势种、生物量、栖息密度和分布、多样性和均匀度）； 5、潮间带生物（种类及组成、生物量、栖息密度和分布、多样性指数和均匀度）。	5
渔业资源	1、鱼卵仔稚鱼（种类数、数量分布、主要种类等）； 2、游泳生物（主要种类、优势种、渔获率及分布、资源密度及分布、分类别种类组成、分类别渔获率及分布、分类别资源密度及分布等）。	2



图 3.2.7-1 本项目海洋环境与生态现状调查站位布置图

3.2.7.2 调查项目与分析方法

1. 海洋水质指标分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-3。

表 3.2.7-3 海水调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
2	pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
4	溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
7	硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
9	氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
10	无机氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/35	/	/
11	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
12	挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
13	油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
14	汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007 $\mu\text{g/L}$
15	砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5 $\mu\text{g/L}$
16	铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2 $\mu\text{g/L}$
17	铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03 $\mu\text{g/L}$
18	镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01 $\mu\text{g/L}$
19	锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031 mg/L
20	铬	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4 $\mu\text{g/L}$
21	硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2 $\mu\text{g/L}$
22	氰化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/ 20.1	异烟酸-吡啶啉酮分光光度法	0.0005 mg/L
23	氟化物	《水质 氟化物的测定 离子选择电极法》GB/T 7484-1987	离子选择电极法	0.05 mg/L

2.海洋沉积物指标分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-4。

表 3.2.7-4 沉积物项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/19	重量法	/
2	有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
3	石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
4	硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
5	铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
6	铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
7	镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
8	锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
9	总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
10	铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
11	砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
12	pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
13	粒度	《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪法	/

3.2.7.3 调查方法与评价方法

1.海水水质评价标准和评价方法

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》（GB 3097-1997），见表 3.2.7-5。

表 3.2.7-5 海水水质评价标准值

评价因子	评价标准值（第一类）	评价标准值（第二类）	评价标准值（第三类）	评价标准值（第四类）
pH	7.8~8.5	7.8~8.5	6.8~8.8	6.8~8.8
溶解氧 DO	>6mg/L	>5mg/L	>4mg/L	>3mg/L
生化需氧量 BOD ₅	≤1mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L
化学需氧量 COD	≤2mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L
活性磷酸盐	≤0.015mg/L	≤0.030mg/L	≤0.030mg/L	≤0.045mg/L

评价因子	评价标准值(第一类)	评价标准值(第二类)	评价标准值(第三类)	评价标准值(第四类)
无机氮	≤0.20mg/L	≤0.30mg/L	≤0.40mg/L	≤0.50mg/L
汞	≤0.05μg/L	≤0.20μg/L	≤0.20μg/L	≤0.50μg/L
砷	≤20μg/L	≤30μg/L	≤50μg/L	≤50μg/L
总铬	≤50μg/L	≤100μg/L	≤200μg/L	≤500μg/L
锌	≤20μg/L	≤50μg/L	≤100μg/L	≤500μg/L
镉	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	≤10μg/L
铅	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L
铜	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L	≤50μg/L
石油类	≤0.05mg/L	≤0.05mg/L	≤0.30mg/L	≤0.50mg/L
挥发性酚	≤0.005mg/L	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	≤0.050mg/L
镍	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	≤0.020mg/L	≤0.050mg/L
硒	≤0.010mg/L	≤0.020mg/L	≤0.020mg/L	≤0.050mg/L
硫化物	≤0.02mg/L	≤0.05mg/L	≤0.10mg/L	≤0.25mg/L
氰化物	≤0.005mg/L	≤0.005mg/L	≤0.1mg/L	≤0.2mg/L

根据《广东省近岸海域环境功能区划》，各监测站位执行的水质标准见表 3.2.7-6。

表 3.2.7-6 各站位执行的水质标准要求一览表

功能区名称	调查站位	执行的水质标准类别
碣石湾浅海渔业功能区	SW01、SW02、SW03、SW08、 SW11、SW12、SW13、SW23、 SW24	执行海水水质一类标准
金厢盐业、养殖、旅游功能区	SW04	执行海水水质二类标准
白沙湖养殖功能区	SW06、SW07、SW25、SW26	
碣石港口工业用海功能区	SW05	执行海水水质三类标准
碣石浅澳工业功能区	SW09	
乌坎工业、港口功能区	SW27、SW28	
/	SW10、SW14、SW15、SW16、 SW17、SW18、SW19、SW20、 SW21、SW22	执行海水水质现状评价

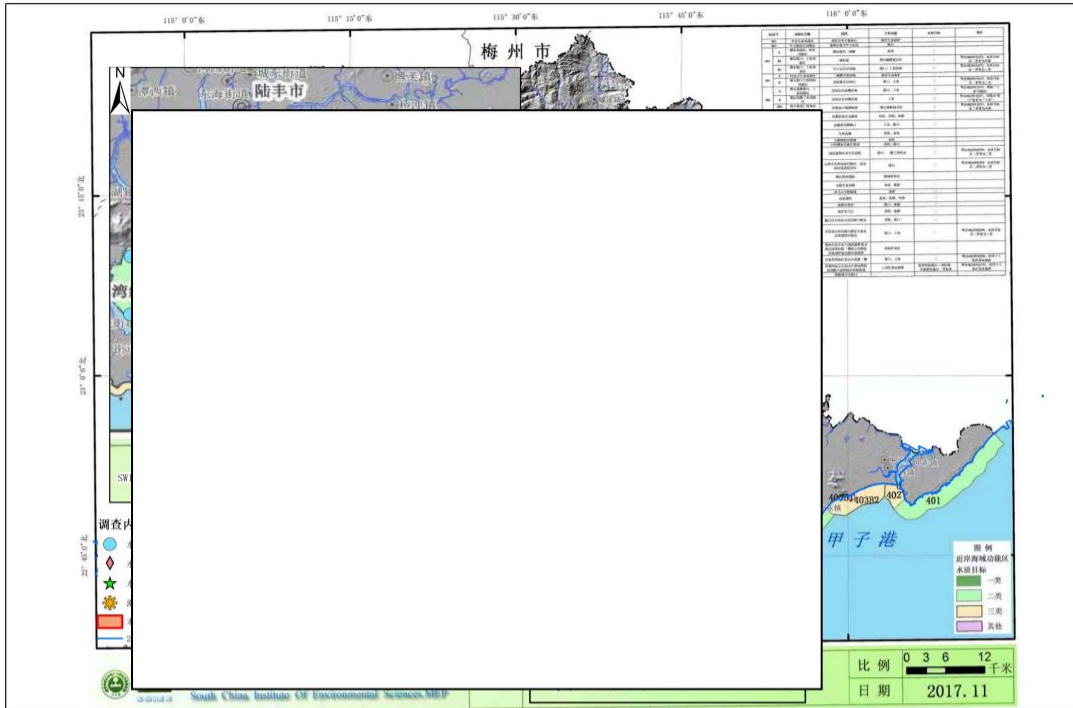


图 3.2.7-2 本项目现状调查站位广东省近岸海域环境功能区划站位图

采用单项参数标准指数法计算质量指数 (S_j)，水质评价因子 i 在第 j 站位的标准指

数计算公式为：
$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{si}$$

- 式中： $S_{i,j}$ ——评价因子 i 的标准指数；
- $C_{i,j}$ ——评价因子 i 在第 j 站位的实测统计代表值；
- C_{si} ——评价因子 i 的水质评价标准限值。

溶解氧 (DO) 的标准指数计算公式为：

$$SS_{O,j} = DO_s / DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$

$$SS_{O,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad DO_j > DO_f$$

- 式中： $SS_{O,j}$ ——溶解氧的标准指数；
- DO_j ——溶解氧在第 j 站位的实测统计代表值，mg/L；
- DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L。

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L；对于河流， $DO_f = 468 / (31.6 + T)$ ；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

- S ——实用盐度符号，量纲为 1；
- T ——水温， $^{\circ}C$ 。

pH 的标准指数计算公式为：

$$S_{pH,j} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{ss}) \quad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH, j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0) \quad pH_j > 7.0$$

式中： $S_{pH, j}$ ——pH 值的标准指数；

pH_j ——pH 值在 j 站位的实测统计代表值；

pH_{ss} ——水质评价标准规定的 pH 下限值；

pH_{su} ——水质评价标准规定的 pH 上限值。

水质评价因子的标准指数 > 1，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

2. 海洋沉积物质量评价标准和评价方法

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

第一类 适用于海洋渔业水域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。

第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第三类 适用于海洋港口水域，特殊用途的海洋开发作业区。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本次海洋沉积物调查站位主要位于生态保护区、渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区，见图 3.2.7-3。对照《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的海洋沉积物质量分类要求，位于生态保护区、渔业用海区的站位执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类海洋沉积物质量标准，位于工矿通信用海区的站位执行第二类海洋沉积物质量标准，位于交通运输用海区的站位执行第三类海洋沉积物质量标准，见表 3.2.7-7。具体标准限值见表 3.2.7-8。

表 3.2.7-7 调查站位所在海洋功能区和沉积物质量评价标准类别

调查站位	功能区类型	执行的沉积物标准类别
SW02、SW13、SW19、SW21	生态保护区	一类
SW07、SW10、SW17、SW28	渔业用海区	
SW09、SW11、SW12、SW14	工矿通信用海区	二类
SW06、SW23	交通运输用海区	三类

表 3.2.7-8 海洋沉积物质量标准

项目	第一类	第二类	第三类	备注
硫化物 ($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0	引自《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）
石油类 ($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0	
有机碳 (%) \leq	2.0	3.0	4.0	

项目	第一类	第二类	第三类	备注
锌 ($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0	
镉 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.00	
铅 ($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0	
铜 ($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0	
总汞 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.00	
铬 ($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0	
砷 ($\times 10^{-6}$) \leq	20.0	65.0	93.0	

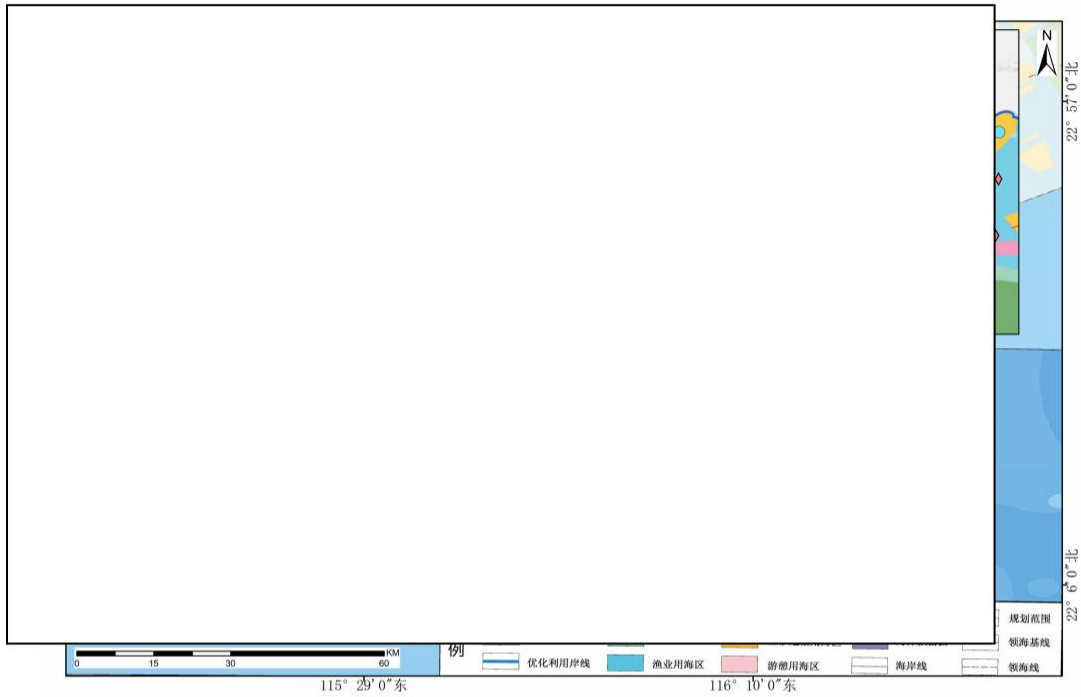


图 3.2.7-3 本项目现状调查站位所在海洋功能分区

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i = C_i / C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

3.2.7.4 海水水质调查结果与评价

1. 海水水质监测结果

调查海域中 28 个站点的水质监测结果分别见表 3.2.7-9。

海水的 pH 变化范围为 8.00~8.20，平均为 8.13，其中 SW20 站位底层海水的 pH 值最高，SW09 站位底层海水的 pH 值最低。

海水的盐度值变化范围为 28.311‰~32.082‰，平均为 30.984‰，其中 SW19 站位底

层海水的盐度值最高，SW28 站位表层海水的盐度值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.63mg/L~7.20mg/L，平均为 6.95mg/L，其中 SW22 站位表层海水的溶解氧含量值最高，SW09 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 12.0mg/L~37.8mg/L，平均为 19.0mg/L，其中 SW26 站位表层海水的悬浮物含量值最高，SW20 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.24mg/L~1.43mg/L，平均为 0.94mg/L，其中 SW18 站位表层和底层海水的化学需氧量含量值最高，SW03 站位表层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0524mg/L~0.293mg/L，平均为 0.107mg/L，其中 SW27 站位表层海水的无机氮含量值最高，SW22 站位底层海水的无机氮含量值最低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.0038mg/L~0.0141mg/L，平均为 0.0077mg/L，其中 SW27 站位表层海水的活性磷酸盐含量值最高，SW21 站位底层海水的活性磷酸盐含量值最低。

海水的氟化物含量变化范围为 0.57mg/L~0.62mg/L，平均为 0.59mg/L，其中 SW05 站位表层和 SW06 站位表层等海水的氟化物含量值最高，SW09 站位表层和 SW12 站位表层等海水的氟化物含量值最低。

海水的氰化物含量值均为 0.0005mg/L，平均为 0.0001mg/L。

海水的油类含量变化范围为 0.0040mg/L~0.0189mg/L，平均为 0.0101mg/L，其中 SW14 站位表层海水的油类含量值最高，SW12 站位表层海水的油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0043mg/L~0.0154mg/L，平均为 0.0086mg/L，其中 SW11 站位表层海水的锌含量值最高，SW18 站位表层海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1 μ g/L~1.9 μ g/L，平均为 1.0 μ g/L，其中 SW20 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2 μ g/L~1.0 μ g/L，平均为 0.3 μ g/L，其中 SW04 站位表层和 SW25 站位表层海水的硫化物含量值最高。

海水的汞含量变化范围为 0.007 μ g/L~0.016 μ g/L，平均为 0.006 μ g/L，其中 SW06 站位表层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 1.2 μ g/L~2.5 μ g/L，平均为 1.4 μ g/L，其中 SW02 站位表层海水的砷含量值最高，SW05 站位表层和 SW09 站位表层等海水的砷含量值最低。

海水的铜含量变化范围为 0.8 μ g/L~4.2 μ g/L，平均为 2.2 μ g/L，其中 SW22 站位表层

海水的铜含量值最高，SW16 站位表层海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.28 $\mu\text{g/L}$ ~0.86 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.59 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW17 站位表层和底层海水的铅含量值最高，SW21 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.22 $\mu\text{g/L}$ ~0.75 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.47 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW15 站位表层海水的镉含量值最高，SW11 站位表层海水的镉含量值最低。

海水的总铬含量变化范围为 0.4 $\mu\text{g/L}$ ~3.9 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.2 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW10 站表层海水的总铬含量值最高，SW24 站位底层海水的总铬含量值最低。

2. 海水水质评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.7-10。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的海区有：碣石湾浅海渔业功能区。碣石湾浅海渔业功能区有 9 个调查站位，分别为 SW01、SW02、SW03、SW08、SW11、SW12、SW13、SW23、SW24。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的海区有：金厢盐业、养殖、旅游功能区和白沙湖养殖功能区。金厢盐业、养殖、旅游功能区有 1 个调查站位，为 SW04；白沙湖养殖功能区有 4 个调查站位，分别为 SW06、SW07、SW25、SW26。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的海区有：碣石港口工业用海功能区、碣石浅澳工业功能区和乌坎工业、港口功能区。碣石港口工业用海功能区有 1 个调查站位，为 SW05；碣石浅澳工业功能区有 1 个调查站位，为 SW09；乌坎工业、港口功能区有 2 个调查站位，分别为 SW27、SW28。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

调查结果表明，该项目调查海域内 SW10、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20、SW21、SW22 站位海水的 pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、氰化物、硫化物、油类、挥发酚、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合海水水质第一类标准要求。

3.2.7.5 海洋沉积物调查结果与评价

调查海域执行海洋沉积物质量第一类标准的调查站位有 8 个,分别为 SW02、SW07、SW10、SW13、SW17、SW19、SW21、SW28。由监测结果及标准指数表结果可知:超标因子为铅,仅 1 个站位超标,最大超标倍数和超标率分别为 0.27 和 12.5%,SW02 站位海洋沉积物的铅含量不符合海洋沉积物质量第一类标准要求,但符合海洋沉积物质量第二类标准要求,其他调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第二类标准的调查站位有 4 个,分别为 SW09、SW11、SW12、SW14。由监测结果及标准指数表结果可知:所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第三类标准的调查站位有 2 个,分别为 SW06、SW23。由监测结果及标准指数表结果可知:所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第三类标准要求。

3.2.7.6 海洋沉积物粒度监测结果

按《海洋调查规范 第 8 部分:海洋地质地球物理调查》(GB/T 12763.8-2007) 粒级间隔为 1ϕ ,粒级组成为 $1\sim >11\phi$ 。沉积物样品的分析统计结果及粒级组成见表 3.2.7-13。

该项目海域海洋沉积物砂含量在 0.41%~83.16%,平均值为 14.82%,粉砂含量在 10.56%~72.07%,平均值为 61.97%,粘土含量在 6.28%~33.15%,平均值为 23.21%。

调查站位沉积物样品类型为粘土质粉砂 YT 的有:SW02、SW07、SW09、SW10、SW11、SW12、SW13、SW14、SW17、SW23、SW28;调查站位沉积物样品类型为砂 S 的有:SW06;调查站位沉积物样品类型为砂质粉砂 ST 的有:SW19、SW21。

3.2.8 2025 年春季海洋环境现状调查与评价

3.2.8.1 调查概况

广州海兰图检测技术有限公司于 2025 年 03 月 14 日~15 日、03 月 18 日~19 日对汕尾市海砂开采区附近海域开展环境现状调查。本次调查共设水质调查站位 24 个海水水质监测站位,海洋生物生态与渔业资源调查站位 16 个,生物质量调查站位 9 个,潮间带调查断面 3 条,具体调查站位详见表 3.2.8-1 和图 3.2.8-1,具体监测项目见表 3.2.8-2。

表 3.2.8-1 海洋环境现状调查站位

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目
1	SW01	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
2	SW02	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
3	SW03	██████████	██████████	水质
4	SW04	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
5	SW05	██████████	██████████	水质
6	SW06	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
7	SW07	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
8	SW08	██████████	██████████	水质
9	SW09	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
10	SW10	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
11	SW11	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
12	SW12	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
13	SW13	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
14	SW14	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
15	SW15	██████████	██████████	水质
16	SW16	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
17	SW17	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
18	SW18	██████████	██████████	水质
19	SW19	██████████	██████████	水质、生物生态、生物质量和生物资源
20	SW20	██████████	██████████	水质
21	SW21	██████████	██████████	水质
22	SW22	██████████	██████████	水质

序号	站位	经度 E	纬度 N	调查项目
23	SW23	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
24	SW24	██████████	██████████	水质、生物生态和生物资源
25	SWC01	██████████	██████████	潮间带生物、沉积物
26	SWC02	██████████	██████████	潮间带生物、生物质量、沉积物
27	SWC03	██████████	██████████	潮间带生物、沉积物

备注 1: 生物质量样品结合生物资源和潮间带生物调查获取, 不少于 8 个样品 (生物类型原则上不少于 3 类, 至少一类有双壳纲生物)。**备注 2:** 潮间带沉积物应在高潮带布设 2 站、中潮带 3 站、低潮带 1 站分别采集样品。

表 3.2.8-2 监测项目

类别	监测项目	项数
水质	pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、挥发酚、油类、铜、铅、锌、汞、砷、镉、总铬	21
沉积物	含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷	11
生物质量	铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃	8
生物生态	1、叶绿素 <i>a</i> 、初级生产力; 2、浮游植物 (种类及组成、个体数量、分布、多样性和均匀度、优势种); 3、浮游动物 (生物量、种类及组成、个体数量、分布、多样性和均匀度、优势种); 4、底栖生物 (种类及组成、优势种、生物量、栖息密度和分布、多样性和均匀度); 5、潮间带生物 (种类及组成、生物量、栖息密度和分布、多样性指数和均匀度)。	5
生物资源	1、鱼卵仔稚鱼 (种类数、数量分布、主要种类等); 2、游泳生物 (主要种类、优势种、渔获率及分布、资源密度及分布、分类别种类组成、分类别渔获率及分布、分类别资源密度及分布等)。	2



3.2.8.2 调查项目与分析方法

1. 海洋水质指标分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.8-3。

表 3.2.8-3 海水调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
2	pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
4	溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
7	硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
9	氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
10	无机氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/35	/	/
11	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
12	挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
13	油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
14	汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
15	砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031mg/L
20	铬	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
21	硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L

2. 海洋沉积物指标分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.8-4。

表 3.2.8-4 沉积物项目及分析方法

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

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
		GB 17378.5-2007/6.2	分光光度法	
6	铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收 分光光度法	3.0mg/kg
7	镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.04mg/kg
8	锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收 分光光度法	6.0mg/kg
9	总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
10	铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收 分光光度法	2.0mg/kg
11	砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg

3.2.8.3 调查方法与评价方法

1.海水水质评价标准和评价方法

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》(GB 3097-1997), 见表 3.2.8-5。

表 3.2.8-5 海水水质评价标准值

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

评价因子	评价标准值 (第一类)	评价标准值 (第 二类)	评价标准值 (第 三类)	评价标准值 (第 四类)
硒	≤0.010mg/L	≤0.020mg/L	≤0.020mg/L	≤0.050mg/L
硫化物	≤0.02mg/L	≤0.05mg/L	≤0.10mg/L	≤0.25mg/L
氰化物	≤0.005mg/L	≤0.005mg/L	≤0.1mg/L	≤0.2mg/L

根据《广东省近岸海域环境功能区划》，各监测站位执行的水质标准见表 3.2.8-6。

表 3.2.8-6 各站位执行的水质标准要求一览表

功能区名称	调查站位	执行的水质标准类别
碣石湾浅海渔业功能区	SW01、SW02、SW03、SW06、SW09、SW10、SW11、SW12	执行海水水质一类标准
白沙湖养殖功能区	SW04、SW05、SW21、SW22	执行海水水质二类标准
碣石港口工业用海功能区	SW08	执行海水水质三类标准
碣石浅澳工业功能区	SW07	
乌坎工业、港口功能区	SW23、SW24	
/	SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20	执行海水水质现状评价

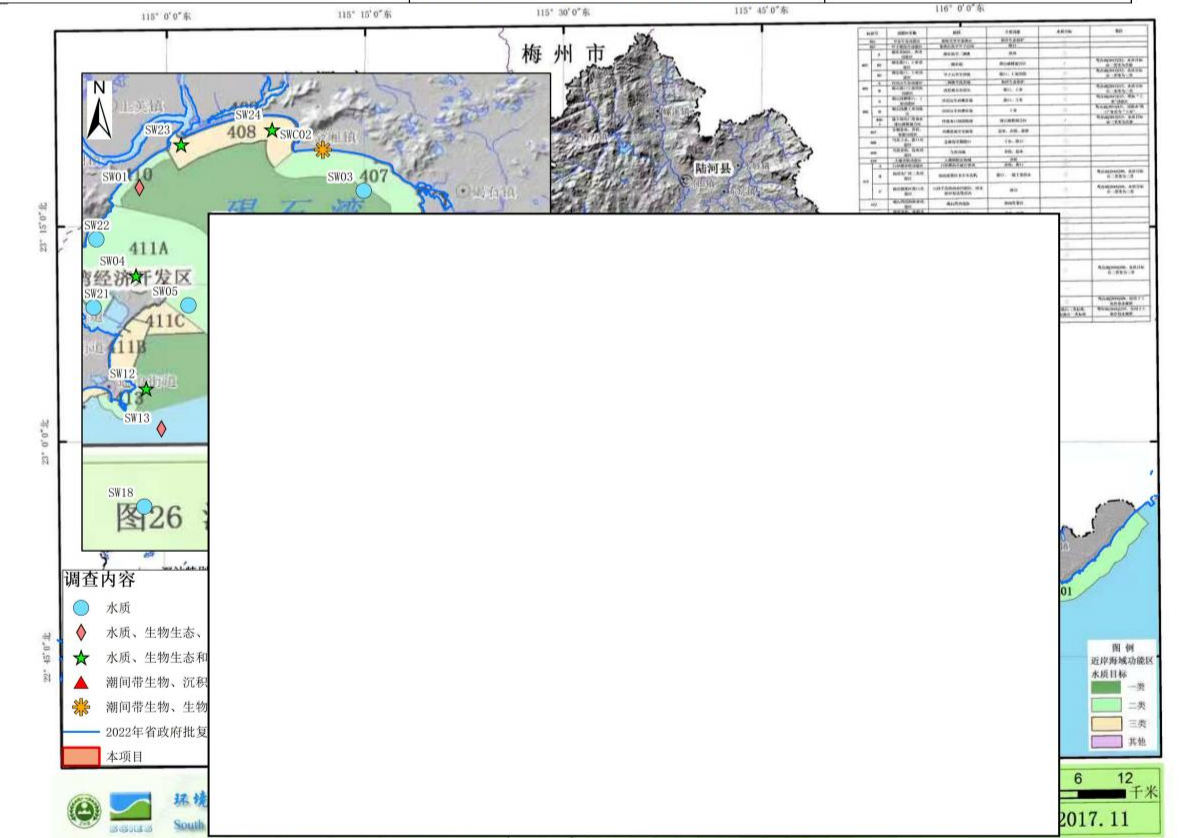


图 3.2.8-2 本项目现状调查站位广东省近岸海域环境功能区划站位图

采用单项参数标准指数法计算质量指数 (S_j)，水质评价因子 i 在第 j 站位的标准指数计算公式为： $S_{ij} = C_{ij} / C_{si}$

式中： S_{ij} ——评价因子 i 的标准指数；

C_{ij} ——评价因子 i 在 j 站位的实测统计代表值；

C_{si} ——评价因子 i 的水质评价标准限值。

溶解氧（DO）的标准指数计算公式为：

$$SS_{O,j} = DO_s / DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$

$$SS_{O,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad DO_j > DO_f$$

式中： $SS_{O,j}$ ——溶解氧的标准指数；

DO_j ——溶解氧在 j 站位的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L。

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L；对于河流， $DO_f = 468 / (31.6 + T)$ ；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

S ——实用盐度符号，量纲为 1；

T ——水温， $^{\circ}C$ 。

pH 的标准指数计算公式为：

$$S_{pH,j} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{ss}) \quad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH,j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0) \quad pH_j > 7.0$$

式中： $S_{pH,j}$ ——pH 值的标准指数；

pH_j ——pH 值在 j 站位的实测统计代表值；

pH_{ss} ——水质评价标准规定的 pH 下限值；

pH_{su} ——水质评价标准规定的 pH 上限值。

水质评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

2. 海洋沉积物质量评价标准和评价方法

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

第一类 适用于海洋渔业水域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。

第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第三类 适用于海洋港口水域，特殊用途的海洋开发作业区。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本次海洋沉积物调查站位主要位于生态保护区、渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区，

见图 3.2.8-3。对照《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的海洋沉积物质量分类要求，位于生态保护区、渔业用海区的站位执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类海洋沉积物质量标准，位于工矿通信用海区的站位执行第二类海洋沉积物质量标准，位于交通运输用海区的站位执行第三类海洋沉积物质量标准，见表 3.2.8-7。具体标准限值见表 3.2.8-8。

表 3.2.8-7 调查站位所在海洋功能区和沉积物质量评价标准类别

调查站位	功能区类型	执行的沉积物标准类别
SWC02	生态保护区	一类
SWC03	工矿通信用海区	二类
SWC01	交通运输用海区	三类

表 3.2.8-8 海洋沉积物质量标准

项目	第一类	第二类	第三类	备注
硫化物 ($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0	引自《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)
石油类 ($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0	
有机碳 (%) \leq	2.0	3.0	4.0	
锌 ($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0	
镉 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.00	
铅 ($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0	
铜 ($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0	
总汞 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.00	
铬 ($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0	
砷 ($\times 10^{-6}$) \leq	20.0	65.0	93.0	

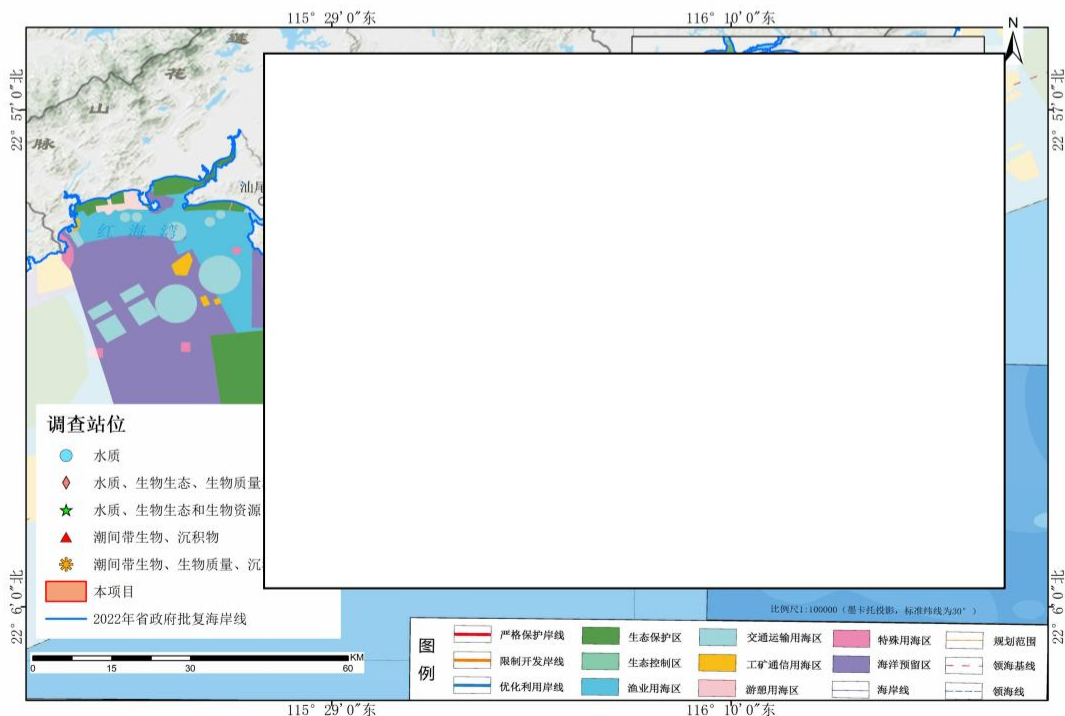


图 3.2.8-3 本项目现状调查站位所在海洋功能分区

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

3.2.8.4 海水水质调查结果与评价

1.海水水质监测结果

调查海域中 24 个站位的水质监测结果分别见表 3.2.8-9。

海水的 pH 变化范围为 8.04~8.20，平均为 8.15，其中 SW14 站位底层和 SW19 站位底层等海水的 pH 值最高，SW23 站位表层海水的 pH 值最低。

海水的盐度值变化范围为 31.457‰~33.953‰，平均为 32.932‰，其中 SW19 站位底层海水的盐度值最高，SW23 站位表层海水的盐度值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.23mg/L~7.48mg/L，平均为 6.91mg/L，其中 SW20 站位表层海水的溶解氧含量值最高，SW05 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 5.9mg/L~20.7mg/L，平均为 11.6mg/L，其中 SW04 站位表层海水的悬浮物含量值最高，SW19 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.16mg/L~0.97mg/L，平均为 0.51mg/L，其中 SW16 站位底层海水的化学需氧量含量值最高，SW11 站位底层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0642mg/L~0.171mg/L，平均为 0.113mg/L，其中 SW21 站位表层海水的无机氮含量值最高，SW19 站位底层海水的无机氮含量值最低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.0043mg/L~0.0134mg/L，平均为 0.0085mg/L，其中 SW21 站位表层海水的活性磷酸盐含量值最高，SW20 站位底层海水的活性磷酸盐含量值最低。

海水的油类含量变化范围为 0.0054mg/L~0.0338mg/L，平均为 0.0118mg/L，

其中 SW12 站位表层海水的油类含量值最高，SW09 站位表层和 SW10 站位表层海水的油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0067mg/L~0.0127mg/L，平均为 0.0102mg/L，其中 SW06 站位表层和 SW12 站位底层海水的锌含量值最高，SW09 站位底层和 SW16 站位表层等海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1 μ g/L~2.1 μ g/L，平均为 1.0 μ g/L，其中 SW24 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2 μ g/L~0.4 μ g/L，平均为 0.1 μ g/L，其中 SW04 站位表层和 SW05 站位表层等海水的硫化物含量值最高。

海水的汞含量变化范围为 0.007 μ g/L~0.016 μ g/L，平均为 0.009 μ g/L，其中 SW22 站位表层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 0.7 μ g/L~3.8 μ g/L，平均为 1.0 μ g/L，其中 SW08 站位表层海水的砷含量值最高，SW14 站位表层和 SW18 站位底层等海水的砷含量值最低。

海水的铜含量变化范围为 0.9 μ g/L~2.5 μ g/L，平均为 1.5 μ g/L，其中 SW06 站位表层海水的铜含量值最高，SW07 站位表层和 SW12 站位表层海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.23 μ g/L~0.93 μ g/L，平均为 0.56 μ g/L，其中 SW01 站位表层和 SW04 站位表层海水的铅含量值最高，SW07 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.16 μ g/L~0.50 μ g/L，平均为 0.32 μ g/L，其中 SW16 站位底层海水的镉含量值最高，SW12 站位底层和 SW13 站位表层等海水的镉含量值最低。

海水的总铬含量变化范围为 0.5 μ g/L~2.4 μ g/L，平均为 1.2 μ g/L，其中 SW19 站位表层海水的总铬含量值最高，SW18 站位底层和 SW23 站位表层海水的总铬含量值最低。

2. 海水水质评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.8-10。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的海区有：碣石湾浅海渔业功能区。

碣石湾浅海渔业功能区有 8 个调查站位，分别为 SW01、SW02、SW03、SW06、SW09、SW10、SW11、SW12。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的海区有：白沙湖养殖功能区。白沙湖养殖功能区有 4 个调查站位，分别为 SW04、SW05、SW21、SW22。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的海区有：碣石港口工业用海功能区、碣石浅澳工业功能区和乌坎工业、港口功能区。碣石港口工业用海功能区有 1 个调查站位，为 SW08；碣石浅澳工业功能区有 1 个调查站位，为 SW07；乌坎工业、港口功能区有 2 个调查站位，分别为 SW23、SW24。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

调查结果表明，该项目调查海域内 SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20 站位海水的 pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、油类、锌、挥发酚、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、铬含量均符合海水水质第一类标准要求。

3.2.8.5 海洋沉积物调查结果与评价

调查海域执行海洋沉积物质量第一类标准的调查站位有 1 个，为 SWC02。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第二类标准的调查站位有 1 个，为 SWC03。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第三类标准的调查站位有 1 个，为 SWC01。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第三类标准要求。

3.2.9 2024 年秋季海洋生态环境质量现状调查

3.2.9.1 调查概况

广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 11 月 22 日~23 日、11 月 27 日~30 日对汕尾市海砂开采区附近海域开展海洋生态环境现状调查。本次调查共设海洋生物生态与渔业资源调查站位 17 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 3.2.7-1 和图 3.2.7-1，具体监测项目见表 3.2.7-2。

3.2.9.2 调查项目与分析方法

1.海洋生物体指标分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.9-1。

表 3.2.9-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

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

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

2.海洋生态类指标分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》(GB 17378.7-2007)和《海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)进行，各项目的分析方法如表 3.2.9-2。

表 3.2.9-2 海洋生态调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法
1	浮游植物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5	浓缩计数法
2	浮游动物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5	镜检法
3	大型底栖生物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/6	镜检法
4	潮间带生物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/7	镜检法
5	游泳动物	《海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14	目测法
6	鱼类浮游生物(鱼卵仔稚鱼)	《海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9	镜检法
7	叶绿素 <i>a</i>	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/8.2	分光光度法

3.2.9.3 采样方法与评价方法

1.采样方法

(1) 生物质量采样方法

根据《海洋监测规范》(GB 17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的样品进行分析检测。

1) 贝类

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

2) 虾与中小型鱼类

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

(2) 海洋生态类样品采集

1) 叶绿素 a 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，采集 2 L 海水样品后，加入 3 mL 碳酸镁悬浮液，混匀，并现场抽滤至 0.45 μm 孔径的纤维素酯微孔滤膜，过滤负压不超过 50 kPa，冷藏保存，上岸后立即运回室内检测，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量。初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。

2) 浮游生物

①浮游植物：浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL~8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

②浮游动物：浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5% 的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在生物显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

3) 大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7% 的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析

其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

4) 潮间带生物

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

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5~2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锹。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×10cm 的定量框。滩涂和岩滩定量取样用对应的定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4~8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；在滩涂取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锹清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；岩滩确定样方位置应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

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

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

2.评价方法

(1) 海洋生物体质量评价标准和评价方法

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

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

第二类 适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区。

第三类 适用于港口水域和海洋开发作业区。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本次海洋生物质量调查站位主要位于生态保护区、渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区等，对照《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的海洋生物质量分类要求，位于生态保护区、渔业用海区的站位执行第一类海洋生物质量标准，位于工矿通信用海区的站位执行第二类海洋生物质量标准，位于交通运输用海区的站位执行第三类海洋生物质量标准。

双壳贝类样品根据以上方法执行《海洋生物质量》（GB/T18421-2001）中规定的标准限值，具体见表3.2.9-4（a）。软体类（非双壳贝类）、甲壳类和鱼类生物体内污染物质含量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中“附录C其他海洋生物质量参考值”。各评价因子的评价标准值见表3.2.9-4（b）。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（见图3.2.7-3），各监测站位执行的生物质量标准见表3.2.9-3。

表 3.2.9-3 各站位双壳贝类执行的生物质量标准要求一览表

调查站位	功能区类型	执行的海洋生物（贝类）标准类别
SW01、SW02、SW13、SW19、SW21、SW27	生态保护区	一类
SW07、SW10、SW16、SW17、SW28	渔业用海区	
SW09、SW11、SW12、SW14	工矿通信用海区	二类
SW06、SW23	交通运输用海区	三类

表 3.2.9-4（a） 海洋生物（贝类）质量标准（GB18421-2001）

单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
----	-----	-----	-----

总汞≤	0.05	0.10	0.30
镉≤	0.2	2.0	5.0
铅≤	0.1	2.0	6.0
铜≤	10	25	50 (牡蛎 100)
锌≤	20	50	100 (牡蛎 500)
石油烃≤	15	50	80
砷≤	1.0	5.0	8.0
铬≤	0.5	2.0	6.0

注：样品含量以湿重计。

表 3.2.9-4 (b) 海洋鱼类、甲壳类、软体类生物体内污染物评价标准

生物类别	铜(Cu)	锌(Zn)	铅(Pb)	镉(Cd)	汞(Hg)	石油烃	砷 (As)
甲壳类	100	150	2	2.0	0.2	20	1
鱼类	20	40	2	0.6	0.3	20	1
软体类	100	250	10	5.5	0.3	20	1

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的生物质量标准。

(2) 海洋生态与渔业资源现状调查

1) 初级生产力

采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

式中： P —初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)；

C_a —叶绿素 a 含量 (mg/m^3)；

Q —同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-}a\cdot\text{h})$)，根据南海水产研究所以往调查结果取值，

见表 3.2.9-5；

L —真光层的深度 (m)；

t —白昼时间 (h)，根据南海水产研究所以往调查结果取值，见表 3.2.9-5。

表 3.2.9-5 南海北部海域初级生产力估算系数

月份	季度	光照时间 (h) t	转化系数 (同化系数) Q
3-5	春	11	3.32

6-8	夏	13	3.12
9-11	秋	10.5	3.42
12-2	冬	9.5	3.52

2) 优势度(Y):

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

3) Shannon-Weaver 多样性指数(H'):

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

4) Pielou 均匀度指数(J):

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

5) Margalef 丰富度指数(D):

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

上述 2) ~5) 式中:

n_i —第 i 种的个体数量 (ind);

N —某站总生物数量 (ind);

f_i —某种生物的出现频率 (%);

P_i —第 i 种的个体数与总个体数的比值;

S —出现生物总种数。

3.2.9.4 结论

本次 17 个站位调查结果表明:

叶绿素 a 柱状含量平均值为 1.77 mg/m^3 。表层平均值为 1.83 mg/m^3 , 10m 层平均值为 2.09 mg/m^3 , 底层平均值为 1.48 mg/m^3 。

初级生产力平均值为 $107.004 \text{ mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 变化范围在 ($60.760 \sim 249.664$) $\text{mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 之间。

浮游植物在本次调查中共记录 5 门 6 纲 13 目 26 科 123 种。硅藻门种类最多, 共 15 科 92 种, 占总种类数的 74.80%; 甲藻门种类次之, 出现 8 科 26 种, 占总种类数的 21.14%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.63%; 金藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.63%; 绿藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.81%。浮游植物优势种共出现 5 种, 分别为中肋骨条藻、劳氏角毛藻、冰河拟星杆藻等, 其中中肋骨条藻

为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $983.219 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 3.351，均匀度指数平均值为 0.600，丰富度指数平均值为 2.586。

浮游动物在本次调查中共记录 5 门 7 纲 13 目 25 科 58 种(包括浮游幼体 14 种)。分属栉水母、水母类、有尾类、毛颚类、介形类、桡足类、十足类和浮游幼体 8 个类群。浮游动物优势种 8 种。分别为桡足幼体、红纺锤水蚤、长尾类幼虫、微刺哲水蚤等，其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 25.20 mg/m^3 ，密度平均值为 65.063 ind/m^3 。浮游动物多样性指数平均值为 3.264，均匀度指数平均值为 0.804，丰富度指数平均值为 2.491。

大型底栖生物在本次调查中共记录 7 门 8 纲 21 目 39 科 53 种。其中环节动物为主要生物群，为 28 种，占种类总数的 52.83%。大型底栖生物优势种共有 3 种，分别为奇异稚齿虫、倍棘蛇尾属和暖湿内卷齿蚕，其中奇异稚齿虫为第一优势种。大型底栖生物的平均生物量为 5.400 g/m^2 ，平均栖息密度为 71.471 ind/m^2 。环节动物平均栖息密度最高，为 50.000 ind/m^2 ，占比为 69.96%。软体动物平均生物量最高，平均生物量为 3.366 g/m^2 ，占比为 62.33%。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.129，均匀度指数平均值为 0.862，丰富度指数平均值为 1.542。

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况：SWC01、SWC02 和 SWC03 断面均为沙滩断面。潮间带生物共记录 3 门 4 纲 9 目 11 科 15 种，其中包括软体动物 8 种、节肢动物 5 种和环节动物 2 种。潮间带生物优势种共有 3 种，分别为狄氏斧蛤、角眼沙蟹和紫藤斧蛤。其中狄氏斧蛤为第一优势种。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 7.494 g/m^2 ，平均栖息密度为 14.589 ind/m^2 ，其中软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高。从水平分布来看 SWC02 断面生物量和栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 1.592，均匀度指数平均值为 0.662，丰富度指数平均值为 0.942。

生物体质量调查结果显示，调查海区鱼类、甲壳类、软体类中的铜、铅、锌、镉、汞、砷、石油烃含量均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》

(HJ1409-2025)中规定的海洋生物质量标准，铬没有参考标准，暂不做评价。

3.2.10 2025 年春季海洋生态环境质量现状调查

3.2.10.1 调查概况

广州海兰图检测技术有限公司于 2025 年 03 月 14 日~15 日、03 月 18 日~19 日对汕尾市海砂开采区附近海域开展海洋生态环境现状调查。本次调查共设海洋生态与渔业资源调查站位 16 个，生物质量调查站位 9 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 3.2.8-1 和图 3.2.8-1，具体监测项目见表 3.2.8-2。

3.2.10.2 调查项目与分析方法

1.海洋生物体指标分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项的分析方法如表 3.2.10-1。

表 3.2.10-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

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

2.海洋生态类指标分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB

17378.7-2007) 和《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007) 进行, 各项目的分析方法如表 3.2.10-2。

表 3.2.10-2 海洋生态调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法
1	浮游植物	《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5	浓缩计数法
2	浮游动物	《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5	镜检法
3	大型底栖生物	《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/6	镜检法
4	潮间带生物	《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/7	镜检法
5	游泳动物	《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14	目测法
6	鱼类浮游生物(鱼卵仔稚鱼)	《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9	镜检法
7	叶绿素 <i>a</i>	《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/8.2	分光光度法

3.2.10.3 采样方法与评价方法

1. 采样方法

(1) 生物质量采样方法

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

1) 贝类

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

2) 甲壳类与中小型鱼类

按要求选取足够数量的完好生物样, 放入干净的聚乙烯袋中, 应防止袋子被刺

破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮存样品。

3) 大型鱼类采集

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

(2) 海洋生态类样品采集

1) 叶绿素 a 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，采集 2 L 海水样品后，加入 3 mL 碳酸镁悬浮液，混匀，并现场抽滤至 0.45 μm 孔径的纤维素酯微孔滤膜，过滤负压不超过 50 kPa，冷藏保存，上岸后立即运回室内检测，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量。初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。

2) 浮游生物

①浮游植物：浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL~8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

②浮游动物：浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5% 的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在生物显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

3) 大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7% 的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析

其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

4) 潮间带生物

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

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5~2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锹。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×10cm 的定量框。滩涂和岩滩定量取样用对应的定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4~8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；在滩涂取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锹清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；岩滩确定样方位置应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

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

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

2.评价方法

(1) 海洋生物体质量评价标准和评价方法

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

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

第二类 适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区。

第三类 适用于港口水域和海洋开发作业区。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本次海洋生物质量调查站位主要位于生态保护区、渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区等，对照《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的海洋生物质量分类要求，位于生态保护区、渔业用海区的站位执行第一类海洋生物质量标准，位于工矿通信用海区的站位执行第二类海洋生物质量标准，位于交通运输用海区的站位执行第三类海洋生物质量标准。

双壳贝类样品根据以上方法执行《海洋生物质量》（GB/T18421-2001）中规定的标准限值，具体见表3.2.10-4（a）。软体类（非双壳贝类）、甲壳类和鱼类生物体内污染物质含量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中“附录C其他海洋生物质量参考值”。各评价因子的评价标准值见表3.2.10-4（b）。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（见图 3.2.8-3），各监测站位执行的生物质量标准见表 3.2.10-3。

表 3.2.10-3 各站位双壳贝类执行的生物质量标准要求一览表

调查站位	功能区类型	执行的海洋生物（贝类）标准类别
SW01、SW02、SW19、SWC02	生态保护区	一类
SW17	渔业用海区	
SW11、SW13	工矿通信用海区	二类
SW06、SW14	交通运输用海区	三类

表 3.2.10-4（a） 海洋生物（贝类）质量标准（GB18421-2001）

单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
总汞≤	0.05	0.10	0.30

镉≤	0.2	2.0	5.0
铅≤	0.1	2.0	6.0
铜≤	10	25	50 (牡蛎 100)
锌≤	20	50	100 (牡蛎 500)
石油烃≤	15	50	80
砷≤	1.0	5.0	8.0
铬≤	0.5	2.0	6.0

注：样品含量以湿重计。

表 3.2.10-4 (b) 海洋鱼类、甲壳类、软体类生物体内污染物评价标准

生物类别	铜(Cu)	锌(Zn)	铅(Pb)	镉(Cd)	汞(Hg)	石油烃	砷 (As)
甲壳类	100	150	2	2.0	0.2	20	1
鱼类	20	40	2	0.6	0.3	20	1
软体类	100	250	10	5.5	0.3	20	1

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的生物质量标准。

(2) 海洋生态与渔业资源现状调查

1) 初级生产力

采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

式中： P —初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)；

C_a —叶绿素 a 含量 (mg/m^3)；

Q —同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-}a\cdot\text{h})$)，根据南海水产研究所以往调查结果取值，见表 3.2.10-5；

L —真光层的深度 (m)；

t —白昼时间 (h)，根据南海水产研究所以往调查结果取值，见表 3.2.10-5。

表 3.2.10-5 南海北部海域初级生产力估算系数

月份	季度	光照时间 (h) t	转化系数 (同化系数) Q
3-5	春	11	3.32
6-8	夏	13	3.12

9-11	秋	10.5	3.42
12-2	冬	9.5	3.52

2) 优势度(Y):

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

3) Shannon-Weaver 多样性指数(H'):

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

4) Pielou 均匀度指数(J):

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

5) Margalef 丰富度指数(D):

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

上述 2) ~5) 式中:

n_i —第 i 种的个体数量 (ind);

N —某站总生物数量 (ind);

f_i —某种生物的出现频率 (%);

P_i —第 i 种的个体数与总个体数的比值;

S —出现生物总种数。

3.2.10.4 小结

本次 16 个站位调查结果表明:

叶绿素 a 表层含量平均为 2.13 mg/m^3 , 底层含量平均为 1.74 mg/m^3 , 柱状含量平均值为 2.06 mg/m^3 。

初级生产力变化范围在 $(70.557 \sim 431.886) \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 之间, 平均值为 $181.647 \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

浮游植物在本次调查中共记录 4 门 5 纲 12 目 24 科 119 种。硅藻门种类最多, 共 14 科 82 种, 占总种类数的 68.91%; 甲藻门种类次之, 出现 7 科 33 种, 占总种类数的 27.73%; 金藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.84%; 蓝藻门出现 2 科 2 种, 占总种类数的 2.52%。浮游植物优势种共出现 8 种, 分别为尖刺伪菱形藻、双环海链藻、旋链角毛藻等, 其中尖刺伪菱形藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $22422.404 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 浮游植物的多样性指数平均值为 2.357, 均匀度指数平均值

为 0.430，丰富度指数平均值为 1.761。

浮游动物在本次调查中共记录 5 门 7 纲 12 目 22 科 48 种(包括浮游幼体 13 种)。分属栉水母、水母类、被囊类、有尾类、毛颚类、桡足类、端足类和浮游幼体 8 个类群。浮游动物优势种 6 种，分别为异体住囊虫、中华哲水蚤、五角水母等，其中异体住囊虫为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 163.67 mg/m^3 ，密度平均值为 423.270 ind/m^3 。浮游动物多样性指数平均值为 2.822，均匀度指数平均值为 0.765，丰富度指数平均值为 1.314。

大型底栖生物在本次调查中共记录 6 门 8 纲 19 目 42 科 60 种。其中环节动物为主要生物群，为 28 种，占种类总数的 46.67%。大型底栖生物优势种共有 4 种，第一优势种为中国中蚓虫。大型底栖生物的平均生物量为 10.096 g/m^2 ，平均栖息密度为 70.313 ind/m^2 。环节动物平均栖息密度最高，为 16.563 ind/m^2 ，占比为 44.89%。软体动物平均生物量最高，平均生物量为 7.065 g/m^2 ，占比为 69.98%。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.257，均匀度指数平均值为 0.830，丰富度指数平均值为 1.666。

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况：SWC01 和 SWC03 断面为沙滩-岩石断面，SWC02 断面为沙滩断面。潮间带生物共记录 5 门 7 纲 18 目 25 科 31 种，其中包括软体动物 18 种、节肢动物 9 种、环节动物 2 种、绿藻 1 种和褐藻 1 种。潮间带生物优势种共有 3 种，分别为狄氏斧蛤、粒结节滨螺和紫藤斧蛤等。其中狄氏斧蛤为第一优势种。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 37.379 g/m^2 ，平均栖息密度为 42.667 ind/m^2 ，环节动物的平均栖息密度最高，软体动物的平均生物量最高。从水平分布来看 SWC02 断面生物量和栖息密度最高；从垂直分布来看高潮带的生物量最高，低潮带栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 2.018，均匀度指数平均值为 0.641，丰富度指数平均值为 1.266。

生物体质量调查结果显示，调查海区鱼类、甲壳类、软体类中的铜、铅、锌、镉、汞、石油烃含量均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ1409-2025)中规定的海洋生物质量标准，砷有 3 个站位超标，最大超标倍数为 1.9，铬没有参考标准，暂不做评价。双壳贝类的铜、铅、锌、镉、汞、砷、石油烃含量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)中规定的第一类海洋生物质量标准，铬有 1 个站位超标，最大超标倍数为 1.1，但符合第二类海洋生物质量标准。

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

4.1.1 重点和关键预测因子

本次拟出让的海砂开采区位于广东省汕尾市陆丰城区 161.8°方位，直距约 24.3km 处，本项目采砂过程中产生的悬浮泥沙对海水水质的影响和占用海域、悬浮泥沙等对海洋生态环境的影响，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。

4.2.2 不同方案的影响预测

本项目拟出让区内海砂矿体赋存情况基本决定了可供项目落户的位置及面积具有唯一性。

参考同类工程施工方案，海砂开采可采用的采砂船有射流式、绞吸法、斗轮法、耙吸法。由于本项目矿层埋深较深，最深矿底标高可达-56.13m，因此绞吸法和斗轮法均不适用于本项目采砂。考虑工程海域海砂资源分层分布，除表层粉砂外，海砂资源上部覆盖有黏土等无法利用的底质，采用耙吸采砂船作业可能外弃大量淤泥，会增加悬浮泥沙的产生，对周边鱼卵仔鱼的影响会加大。射流采砂船的吸砂管可以直接进入砂层，不挖其他地层，减少废弃泥土和悬浮泥沙的产生量，对海洋环境影响较小，是目前采用较多的采砂方式。同时考虑采砂区自然状况、砂矿赋存形态、采矿工艺、工作可靠性等，射流式采砂船的工作可靠性也较高。

因此，耙吸采砂船由于会增加悬浮泥沙的产生，其造成的生态环境影响相对较大。因此，从对生态环境的影响角度评估，《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂开采方案》推荐项目采用射流式的开采方式进行采砂，推荐方案作为项目最终的实施方案是最优、合理的。

4.2.2 推荐方案对资源生态环境的影响分析

4.2.2.1 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，距离最近的生态红线区碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 6.93km，距离较远，本项目为海砂开采项目，无炸鱼等违法捕鱼行为，不涉及制造或运输污染和危险品，船舶含油污水、生活污水、船舶垃圾和生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海，本项目对周边海洋环境的影响主要为采砂过程的悬浮泥沙扩散，根据数值模拟结果，本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质（ $>10\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为 22.316 km^2 ；超第三类海水水质（ $>100\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为 7.409 km^2 ，东南方向最大扩散距离约 4.2km，东向最大扩散距离约 3.8km。悬浮泥沙增量主要集中于采砂点附近，影响范围有限，未涉及到生态红线区，且所产生的影响是暂时和局部的，由于本项目与周边生态保护红线有一定距离，项目施工产生的悬浮泥沙对周边生态保护红线基本不会产生不利影响。本项目在施工过程中将合理安排工期，尽量避开鱼类产卵盛期，确保工程施工对海洋环境的影响程度降到最低。施工结束后，可通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源。因此，项目实施不会对周边生态保护红线的海洋环境产生明显不利影响。本项目施工过程中产生的船舶舱底含油污水、生活污水、生活垃圾等分类收集上岸处理，均不直接排放入海，不会对附近的海洋生态红线区产生影响。

4.2.2.2 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及幼鱼、幼虾保护区内。南海北部幼鱼繁育场保护区管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。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。

本项目采砂产生的悬浮泥沙扩散将造成采砂区及周边海域水质混浊，使海水光线透射率下降，溶解氧降低，对南海北部幼鱼繁育场保护区及南海区幼鱼、幼虾保护区内幼鱼幼虾的生存环境造成一定的影响，从而造成一定的海洋生物量损失。

为了减轻采砂可能对鱼卵及幼鱼的发育生长的不利影响，本项目采用间断工作制度，年工作 145 天，每天作业 24 小时。在项目所在海域鱼类的主要产卵、繁殖期和幼鱼幼虾保护区的保护期期间，控制采砂强度，适当降低采砂时间。海

砂开采单位按敏感期（3月至8月）和非敏感期（1月至2月、9月至12月）进行不同工作制，其中敏感期（3月到8月）降为每月工作10天。最大程度降低对海域海洋环境的不利影响，且随着本项目采砂的结束，采砂点附近海域水质和生态环境会逐渐恢复，对南海北部幼鱼繁育场保护区及南海区幼鱼、幼虾保护区的影响也将逐渐消失。因此，本项目不会对南海北部幼鱼繁育场保护区及南海区幼鱼、幼虾保护区产生长远的不良影响。

项目应采取控制采砂范围，严禁超总量开采，控制采砂强度，加强采砂期间的跟踪监测等措施，将项目采砂过程可能对南海北部幼鱼繁育场保护区及南海区幼鱼、幼虾保护区的影响降至最低。

4.2 生态影响分析

2024年汕尾海砂资源拟出让矿区共2块，位于广东省汕尾市陆丰城区161.8°方位，直距约24.3km处，本项目为SW24-12区块。工程所在海域以潮流作用为主，采砂施工使得区域地形发生变化，潮流动力受到一定影响，产生的悬浮泥沙随海流输运扩散，对采砂区及附近海域水质产生一定影响。本项目通过建立附近海域三维潮流模型，预测工程对海洋水文动力环境的影响。

4.2.1 水动力环境影响

4.2.1.1 三维水动力模式

一、基本方程

三维水动力数学模型是基于三维不可压缩流，雷诺平均化的N-S方程，服从Boussinesq假定和静水压力假设，它包括了紊流影响以及密度变化，同时包含了温度平衡方程：

(1) 控制方程

$$\sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta} \quad D = H + \eta \quad z = \eta, \sigma = 0; \quad z = -H, \sigma = -1$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

$$\frac{\partial u D}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uv D}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fv D + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial uvD}{\partial x} + \frac{\partial v^2D}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial \sigma} + fuD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right] \\ & - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma \\ F_x &= \frac{\partial}{\partial x} \left[2DA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \\ F_y &= \frac{\partial}{\partial y} \left[2DA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \end{aligned}$$

其中：

H—平均海平面下水深(m)

η —平均海平面起算水位 (m)

u —x 方向 (东方向) 流速 (m/s)

v —y 方向 (北方向) 流速 (m/s)

w — σ 坐标系流速 (m/s)，方向为等 σ 线的法线方向，它与三维直角坐标系下垂向流速 W 的关系为：

$$w = W - u \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - v \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) - \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \right)$$

f —科氏参数

A_H —水平湍流粘滞系数，取 $23 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

A_M —垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

ρ_0 为参考密度，取 $1025 \text{ kg}/\text{m}^3$ ； ρ 为海水密度，由海水状态方程计算。

(2) 初始条件：

初始速度场，水位场(开边界除外)均为 0。

(3) 边界条件：

①在自由表面上 ($\sigma = 0$)：

$$w(0) = 0$$

$$\rho_0 K_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{ax}, \tau_{ay}), \quad \tau_{ax}, \tau_{ay} \text{ 为海表风应力在 } x、y \text{ 方向上的分量，表达式}$$

为：

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

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

公式:

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

不考虑大气与水热交换:

$$w C + K_V \frac{\partial C}{\partial \sigma} = 0$$

②在海底 ($\sigma = -1$):

$$w(-1) = 0$$

$\rho_w A_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$, τ_{bx}, τ_{by} 为海底切应力 x、y 方向上的分量, 表达式为:

$$\bar{\tau}_b = \rho_w C_z |\bar{V}_b| \bar{V}_b$$

其中, $C_z = \max \left[\frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)}, 0.0025 \right]$, k 是 Karman 常数 (一般取值 0.4), z_b 是

离海底最近的网格结点与海底的距离, z_0 为海底粗度, 取 0.01m。

不考虑海底热盐交换: $-K_V \frac{\partial C}{\partial \sigma} - w_b C_b = 0$

③侧边界条件:

在固边界上, 流的法向分量恒为零, $\bar{V}(x, y, \sigma, t) = 0$, 无热、盐交换。

在开边界上, 外海开边界来源与全球潮汐模型, 采用 8 个分潮调和常数计算潮位边界, 8 个分潮分别为 M₂、S₂、N₂、K₂、K₁、O₁、P₁、Q₁。

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^8 A_i f_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u_0) - \phi_i)$$

式中, η_0 为平均潮位, A 为分潮振幅, ω 为分潮角速率, f 为交点因子, t 是区时, $(V_0 + u_0)$ 是平衡潮展开分潮的区时初相角, ϕ 为区时迟角。温、盐边界条件采用温盐资料, 分别插值到对应网格与层次。

(4) 干湿边界:

对计算区域内滩地干湿过程, 采用水位判别法处理, 即当某点水深小于一浅水深 \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。

(5) 计算方法

对笛卡儿坐标系下的控制方程的归一化:

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

其中:

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

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

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

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

对于归一化后的方程,在每一个单元上积分,根据高斯定理,将面积分化为线积分

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

进一步简化后得到:

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

二、模型搭建

水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数与实测海流对应，将每个网格点按水深平均分为 5 层，每层厚度为 0.2H。计算三维变量，按稳定性要求

$$\frac{\Delta t}{2} < \frac{\alpha \cdot \Delta s}{\sqrt{gH_{\max}}}, \alpha = 1 \sim 3,$$

为 5 层，每层厚度为 0.2H。计算三维变量，按稳定性要求水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

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。模型共布置 108541 个网格，55319 个节点，采用三角形网格离散计算区域，最大网格尺寸为 2000m，最小网格尺寸为 50m。模型采用的坐标系为 CGCS2000 坐标系，基面为理论深度基准面。模型计算范围及网格布置见图 4.2.1-1。

水深地形资料：近海区采用中国人民解放军海军司令部航海保证部最新版海图数据，工程附近由实测地形进行校正。

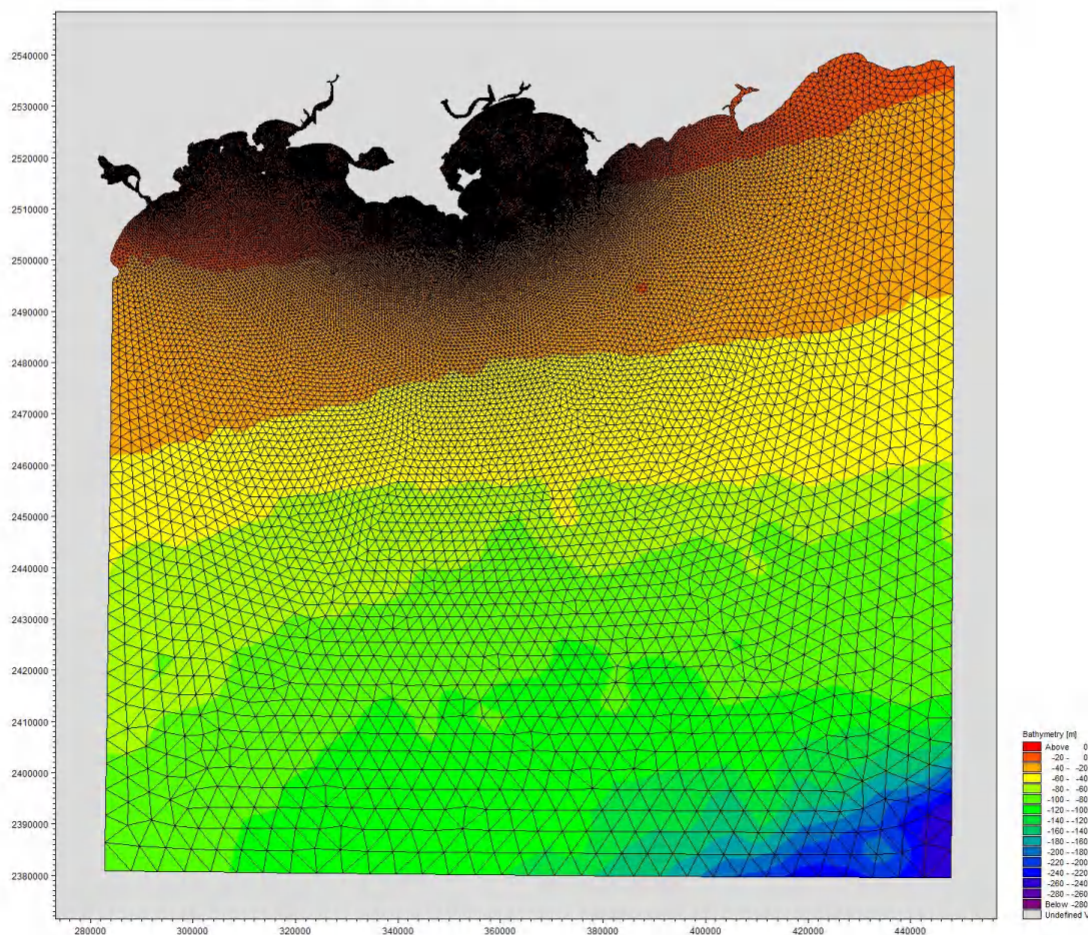


图 4.2.1-1 模型计算范围

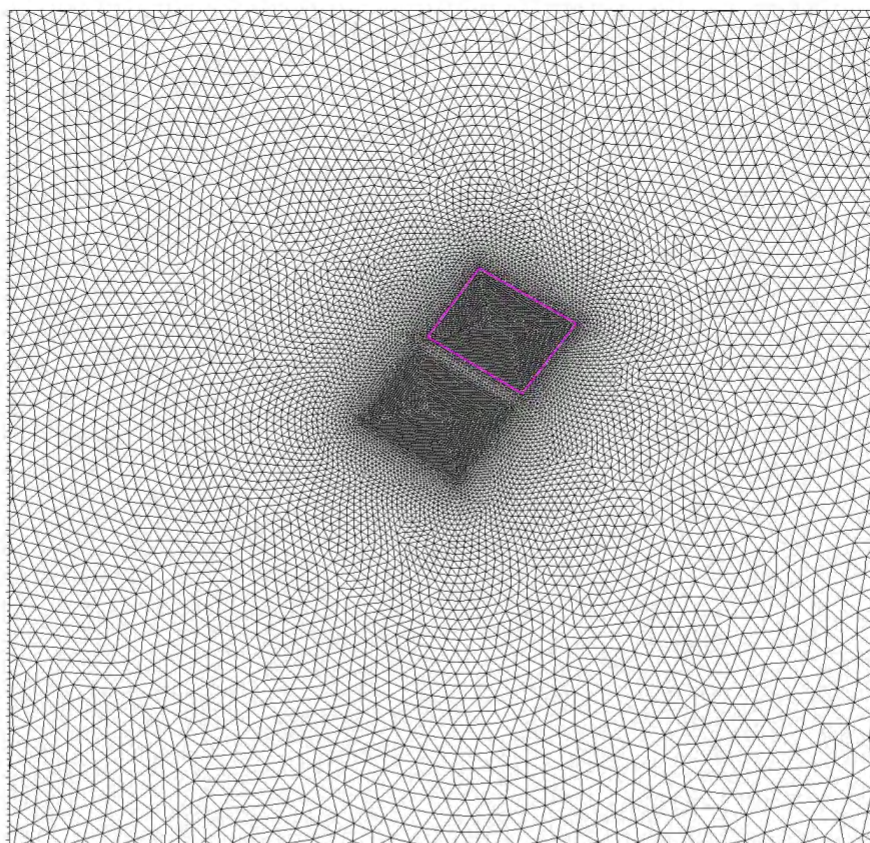


图 4.2.1-2a SW24-12 工程区网格剖分图

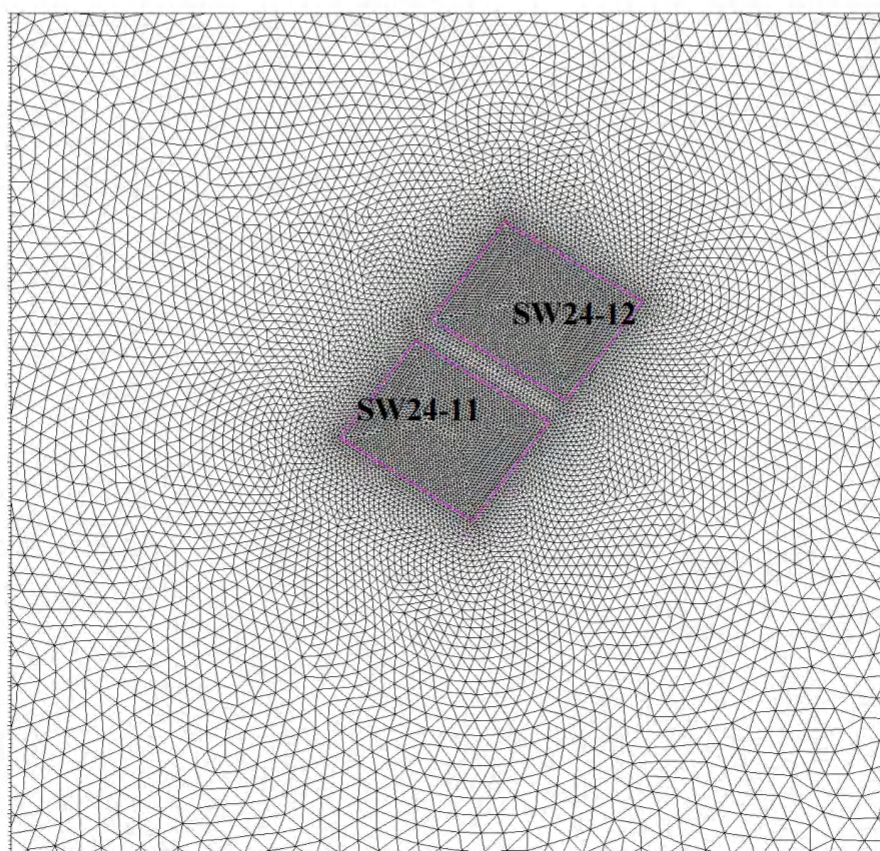


图 4.2.1-2b SW24-11 和 SW24-12 工程区网格剖分图

4.2.1.2 模型验证

模型计算时间为 2025 年 2 月 10 日 0:00~2025 年 2 月 25 日 23:00。模型采用 2025 年 2 月 12 日 12:00~2025 年 2 月 13 日 14:00 时工程附近海域 SWL1~SWL7 测站的潮流资料以及 SWC1、SWC2 两个潮位测站观测资料进行验证，验证点位置见图 4.2.1-3。图 4.2.1-4~图 4.2.1-5 给出了两个实测潮位站潮位过程计算值与实测值的比较图。图 4.2.1-6~图 4.2.1-19 给出了 7 个潮流实测站位冬季表层、中层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图。

水文数据验证结果表明：相同站点垂向各层计算精度差别不大，工程附近潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，位于工程附近 2 个点的实测潮位与模拟潮位平均绝对误差在 0.23m 以内，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 7 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 10% 以内，表明所建模型能够反映工程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 4.2.1-1 模型率定验证误差分析一览表

率定验证项	2025 年 2 月
高低潮时间相位差 (h)	0.5
高低潮潮位偏差 (cm)	7
流速时间相位差 (h)	0.4
平均流速偏差 (%)	8.9
平均流向偏差 (%)	9.5

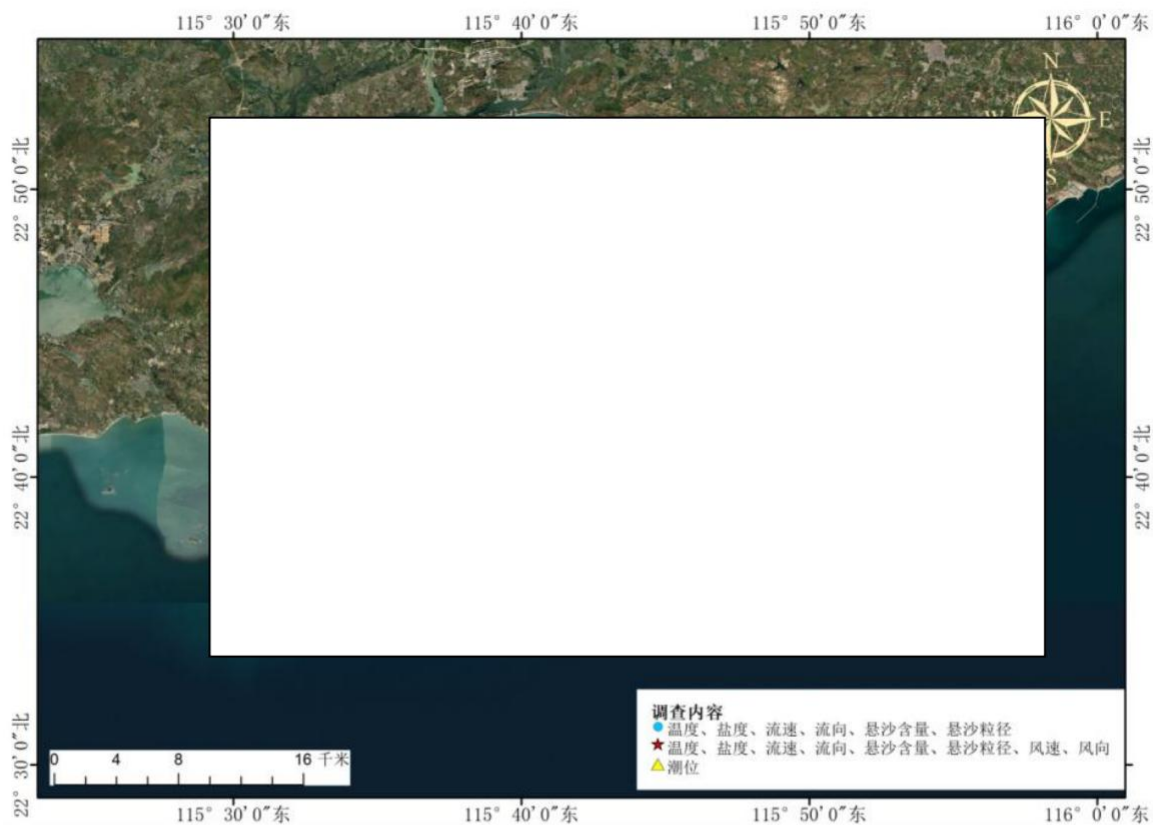


图 4.2.1-3 验证点位置图

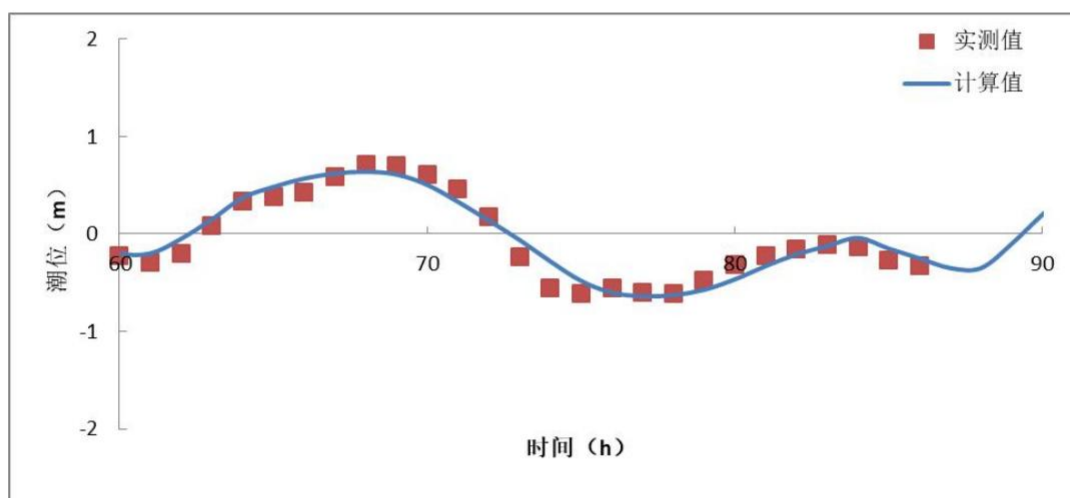


图 4.2.1-4 冬季 SWC1 站潮位验证

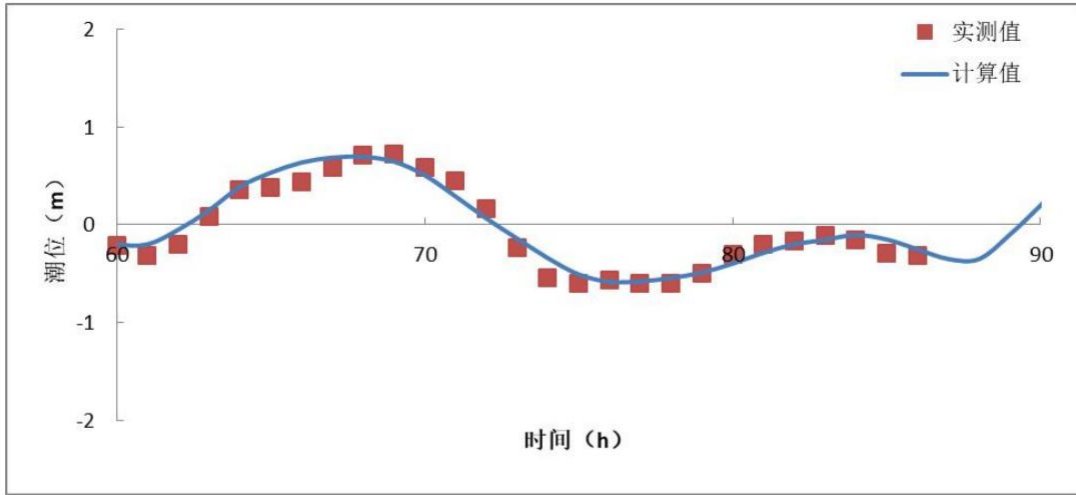


图 4.2.1-5 冬季 SWC2 站潮位验证

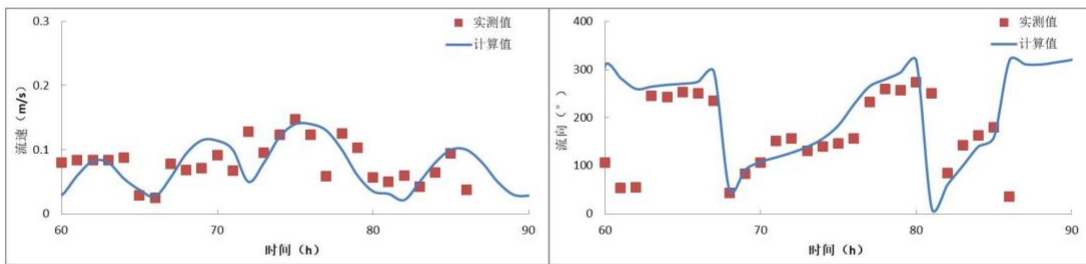


图 4.2.1-6 冬季 SWL1 站流速、流向验证（表层）

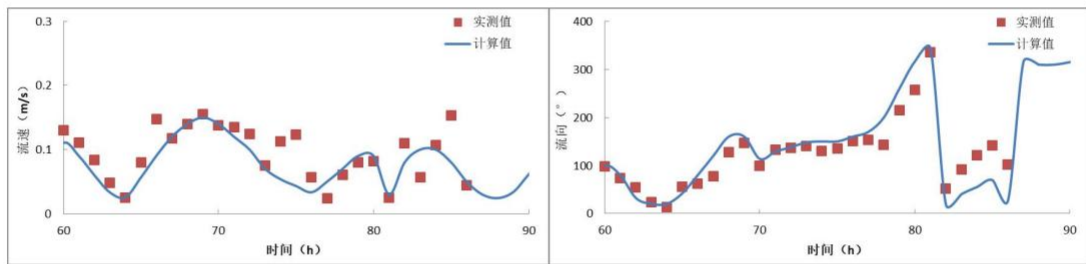


图 4.2.1-7 冬季 SWL1 站流速、流向验证（0.6 层）

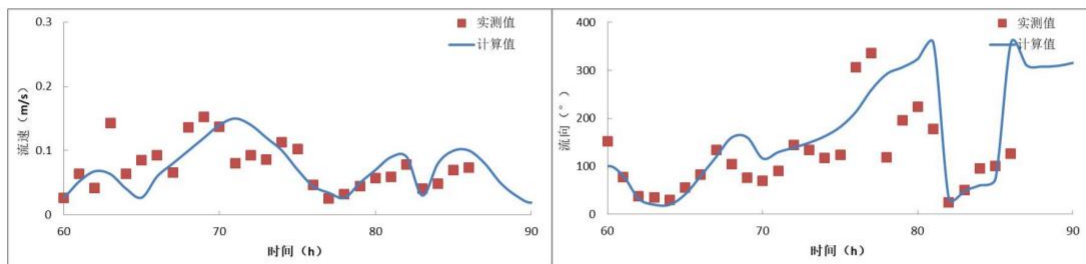


图 4.2.1-8 冬季 SWL1 站流速、流向验证（底层）

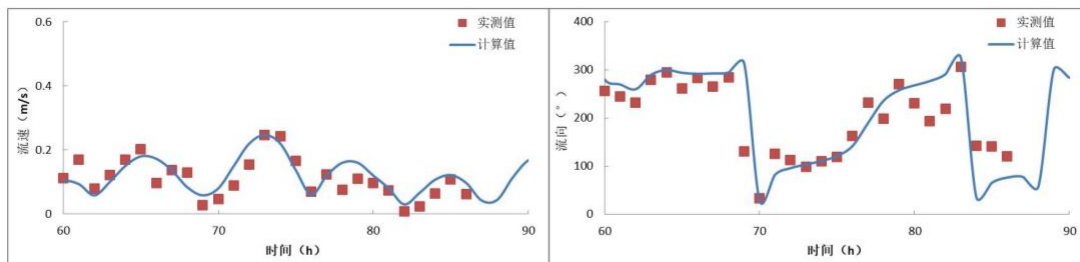


图 4.2.1-9 冬季 SWL2 站流速、流向验证（表层）

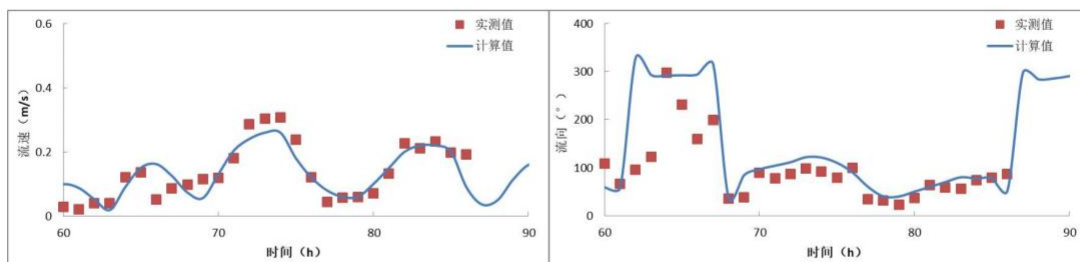


图 4.2.1-10 冬季 SWL2 站流速、流向验证（0.6 层）

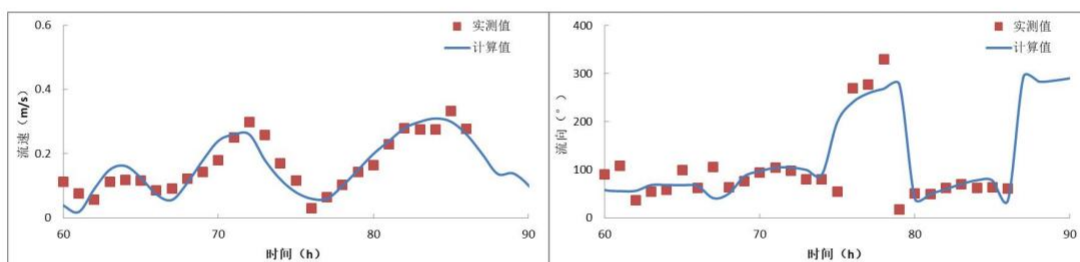


图 4.2.1-11 冬季 SWL2 站流速、流向验证（底层）

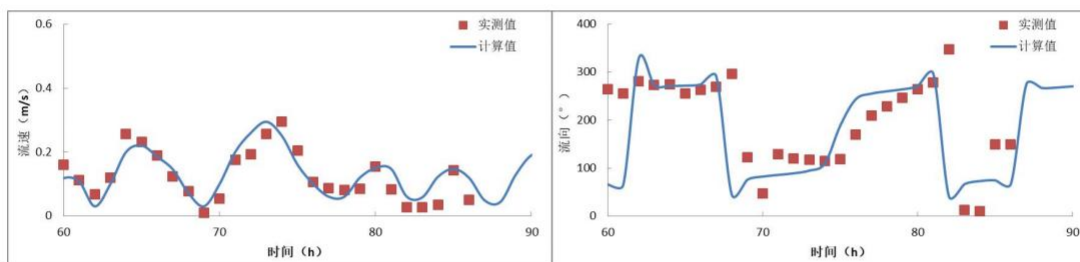


图 4.2.1-12 冬季 SWL3 站流速、流向验证（表层）

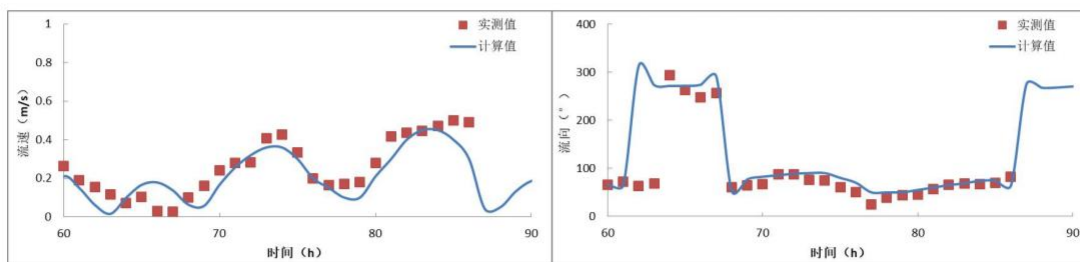


图 4.2.1-13 冬季 SWL3 站流速、流向验证（0.6 层）

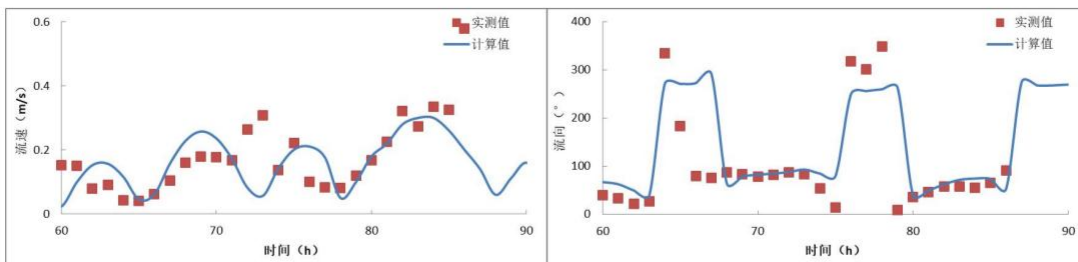


图 4.2.1-14 冬季 SWL3 站流速、流向验证（底层）

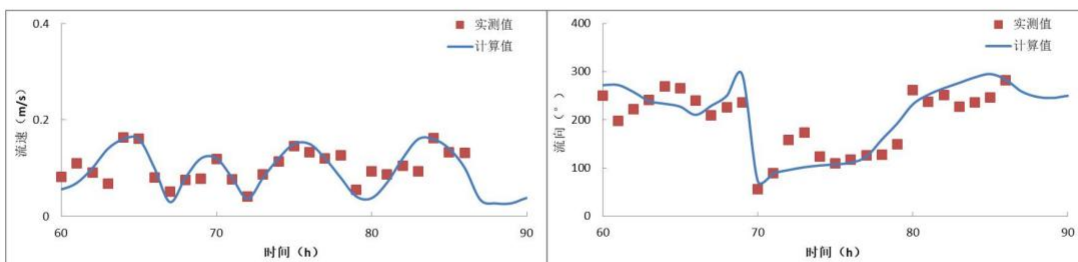


图 4.2.1-15 冬季 SWL4 站流速、流向验证（表层）

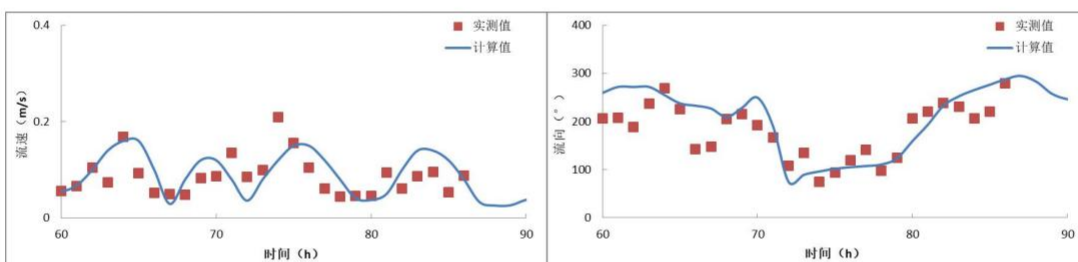


图 4.2.1-16 冬季 SWL4 站流速、流向验证（0.6 层）

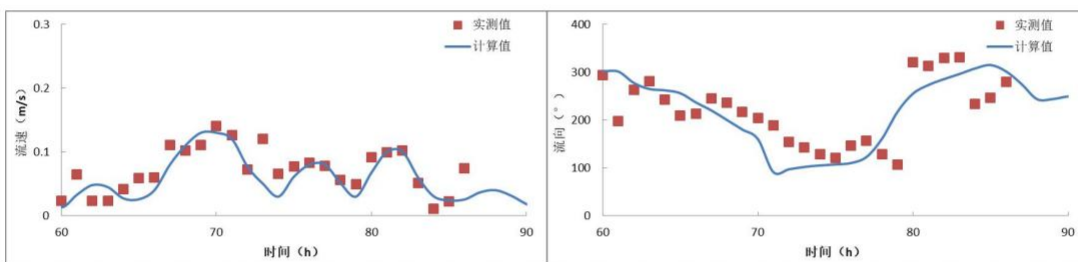


图 4.2.1-17 冬季 SWL4 站流速、流向验证（底层）

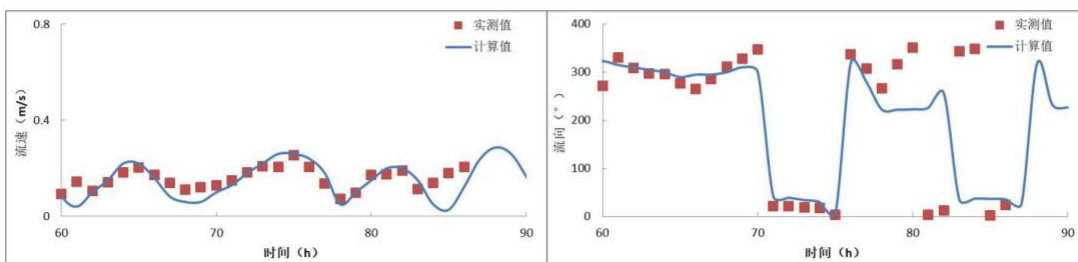


图 4.2.1-18 冬季 SWL5 站流速、流向验证（表层）

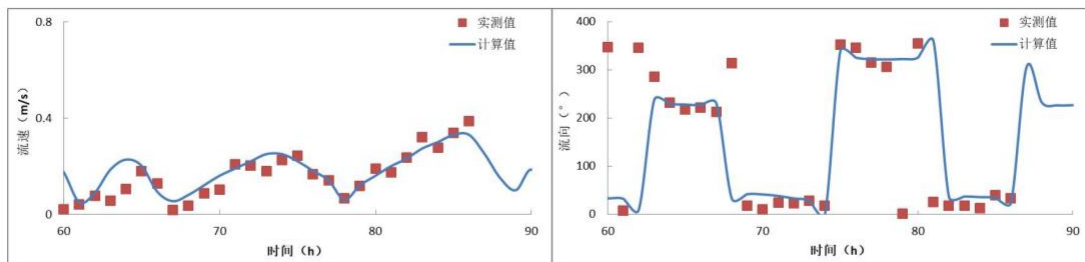


图 4.2.1-19 冬季 SWL5 站流速、流向验证 (0.6 层)

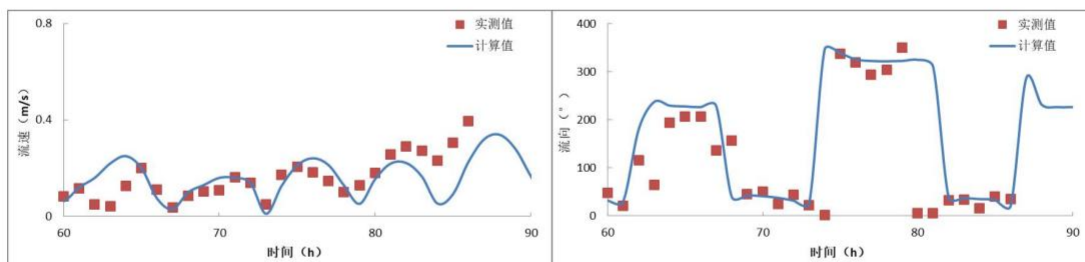


图 4.2.1-20 冬季 SWL5 站流速、流向验证 (底层)

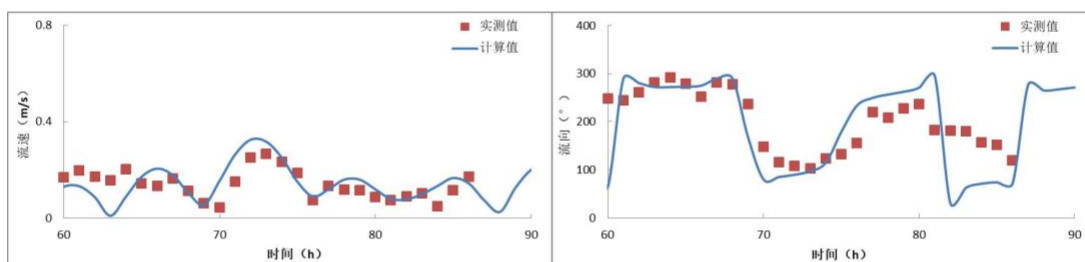


图 4.2.1-21 冬季 SWL6 站流速、流向验证 (表层)

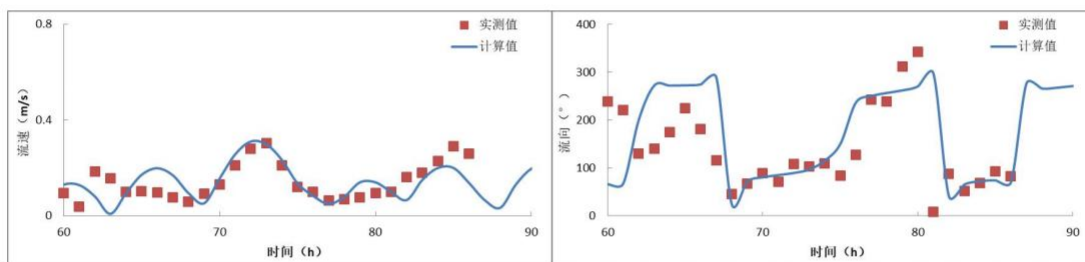


图 4.2.1-22 冬季 SWL6 站流速、流向验证 (0.6 层)

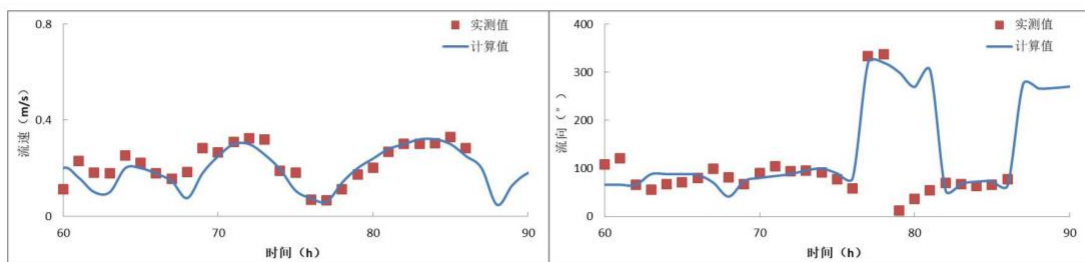


图 4.2.1-23 冬季 SWL6 站流速、流向验证 (底层)

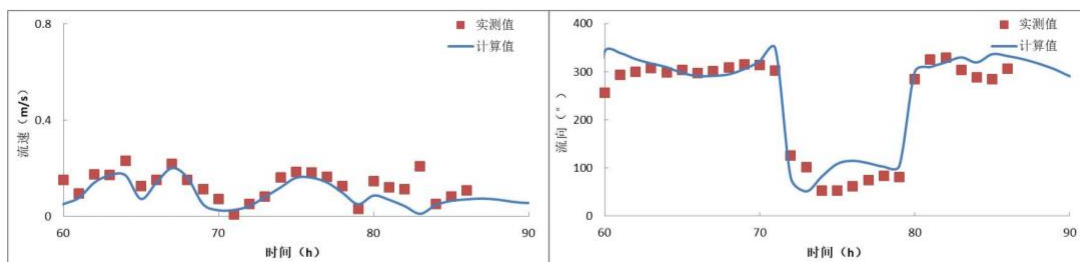


图 4.2.1-24 冬季 SWL7 站流速、流向验证（表层）

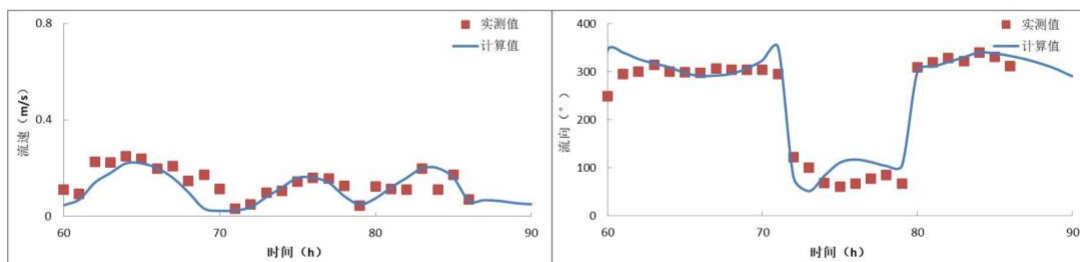


图 4.2.1-25 冬季 SWL7 站流速、流向验证（底层）

4.2.1.3 工程前水动力环境分析

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的潮流场。图 4.2.1.3-1~图 4.2.1.3-6 为计算域涨急和落急流场图。可以看出，本工程位于碣石湾内，从工程海域大潮涨、落急时刻的流场图可以看出，工程海域基本呈 NW-SE 向，近岸海域潮流流向基本为沿岸走向，工程区域冬季大潮表层落潮平均流速在 0.16m/s 左右；冬季大潮表层涨潮平均流速在 0.13m/s 左右。

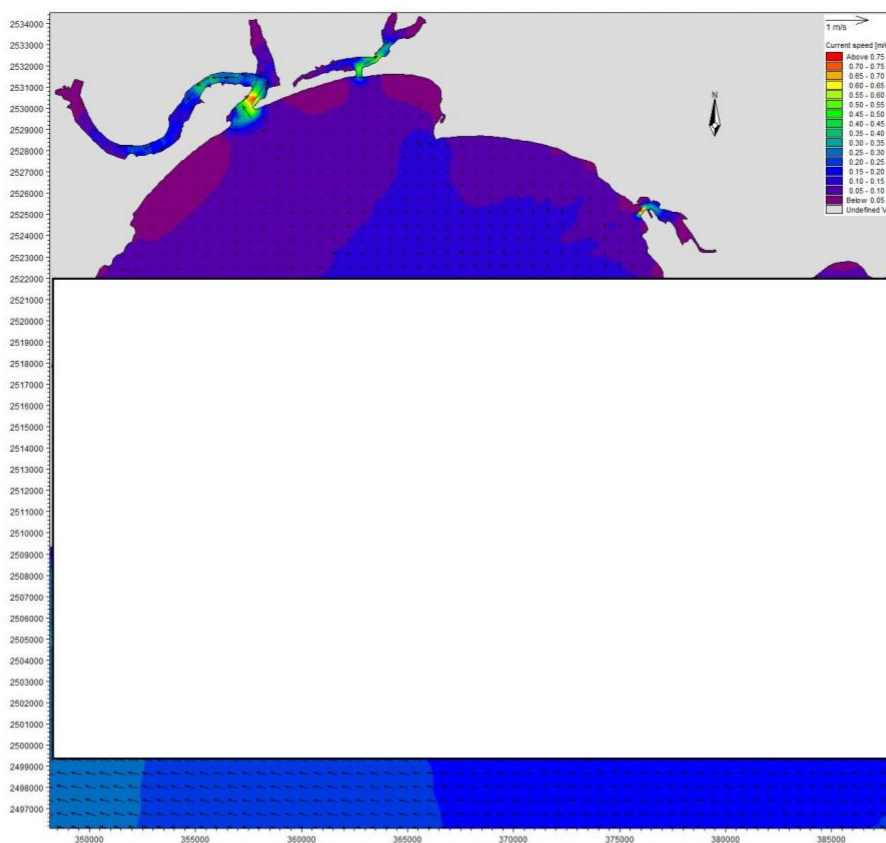


图 4.2.1.3-1 现状条件下工程海域冬季大潮涨急流场（表层）

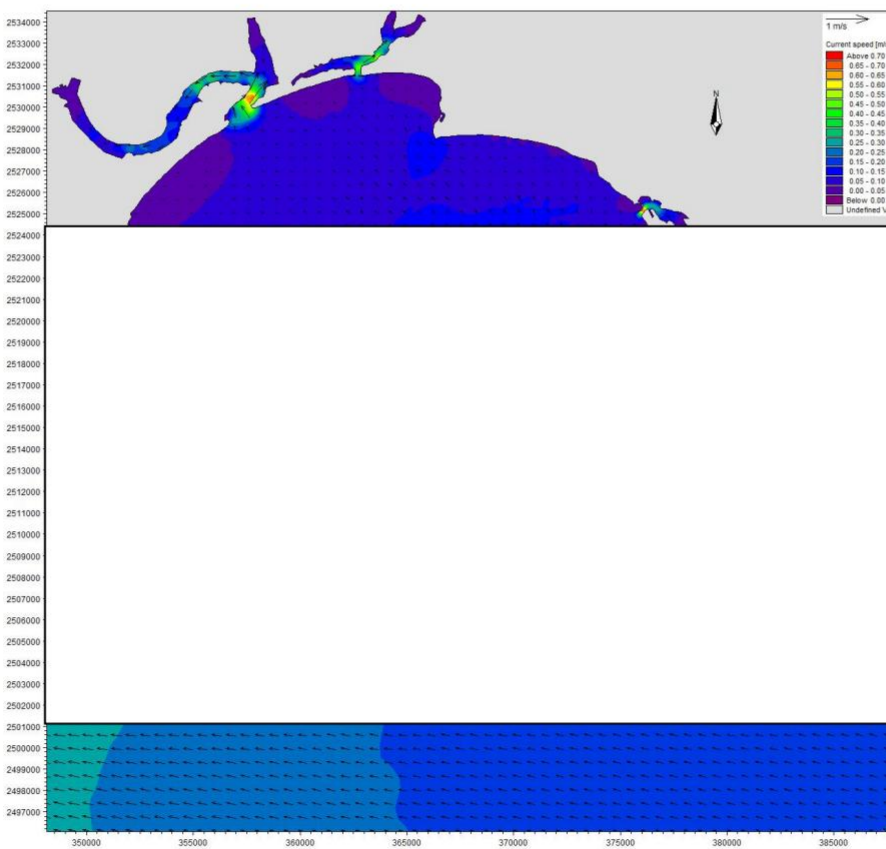


图 4.2.1.3-2 现状条件下工程海域冬季大潮涨急流场（中层）

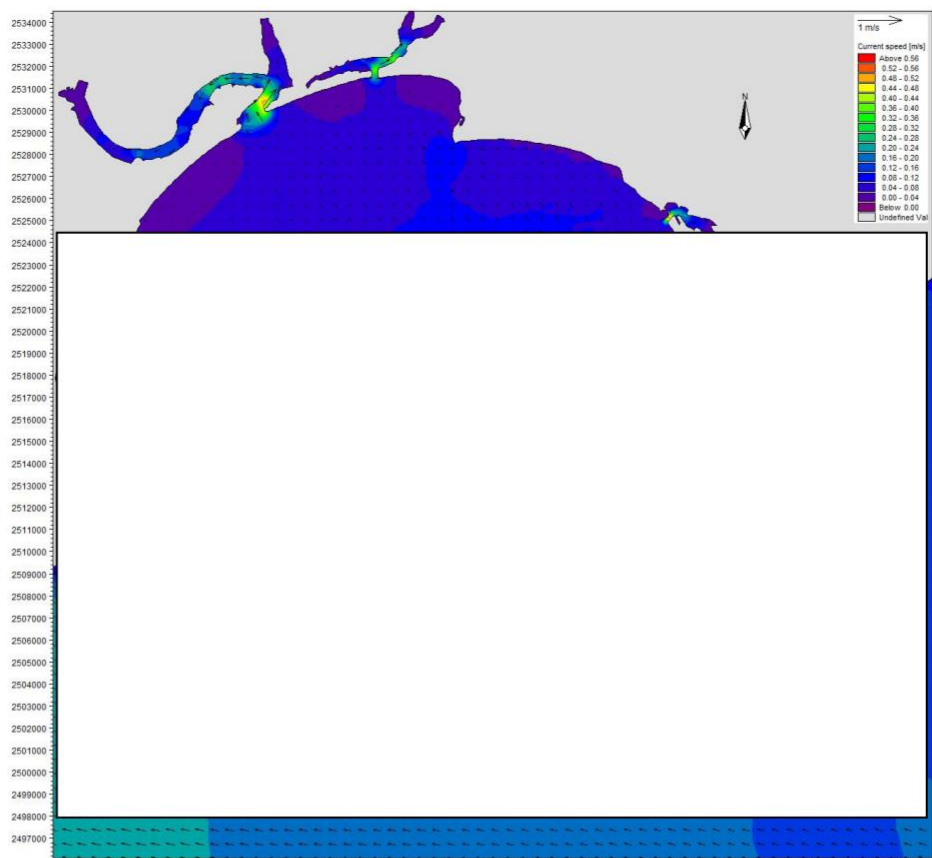


图 4.2.1.3-3 现状条件下工程海域冬季大潮涨急流场（底层）

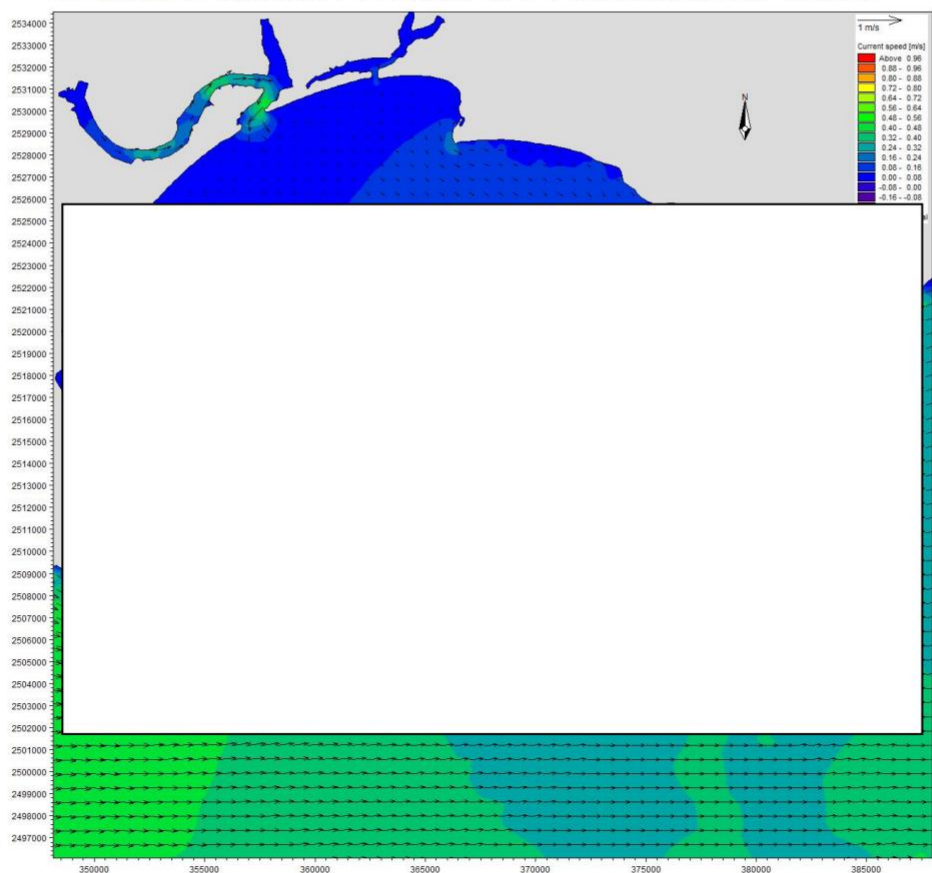


图 4.2.1.3-4 现状条件下工程海域冬季大潮落急流场（表层）

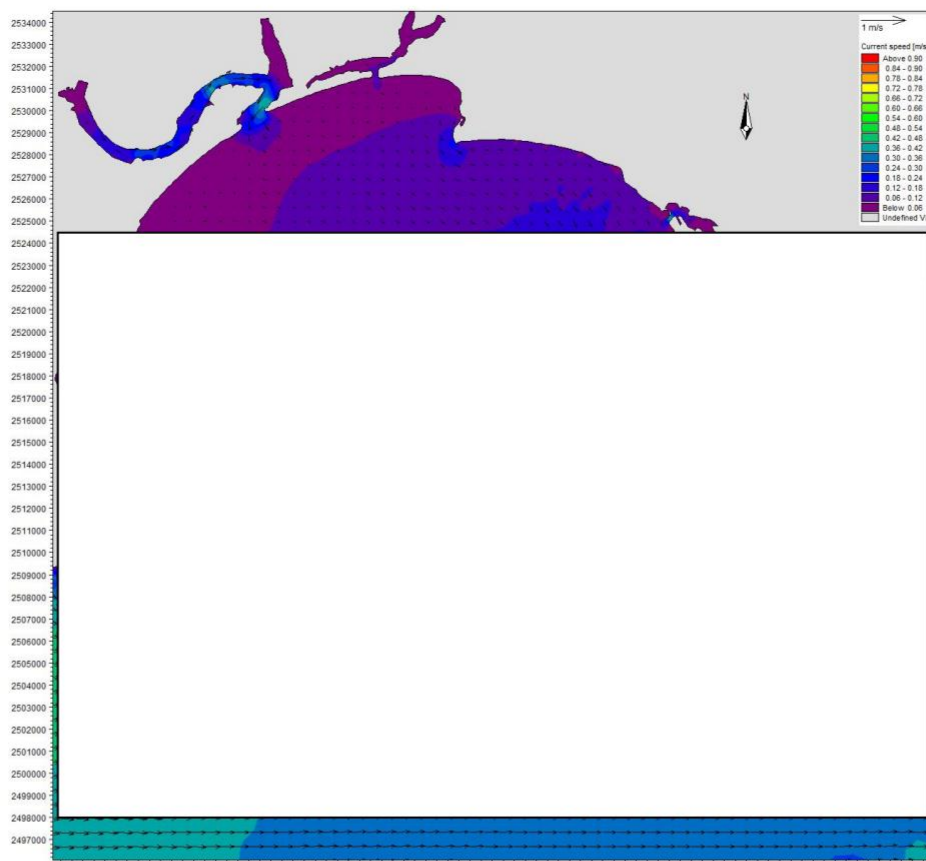


图 4.2.1.3-5 现状条件下工程海域冬季大潮落急流场（中层）

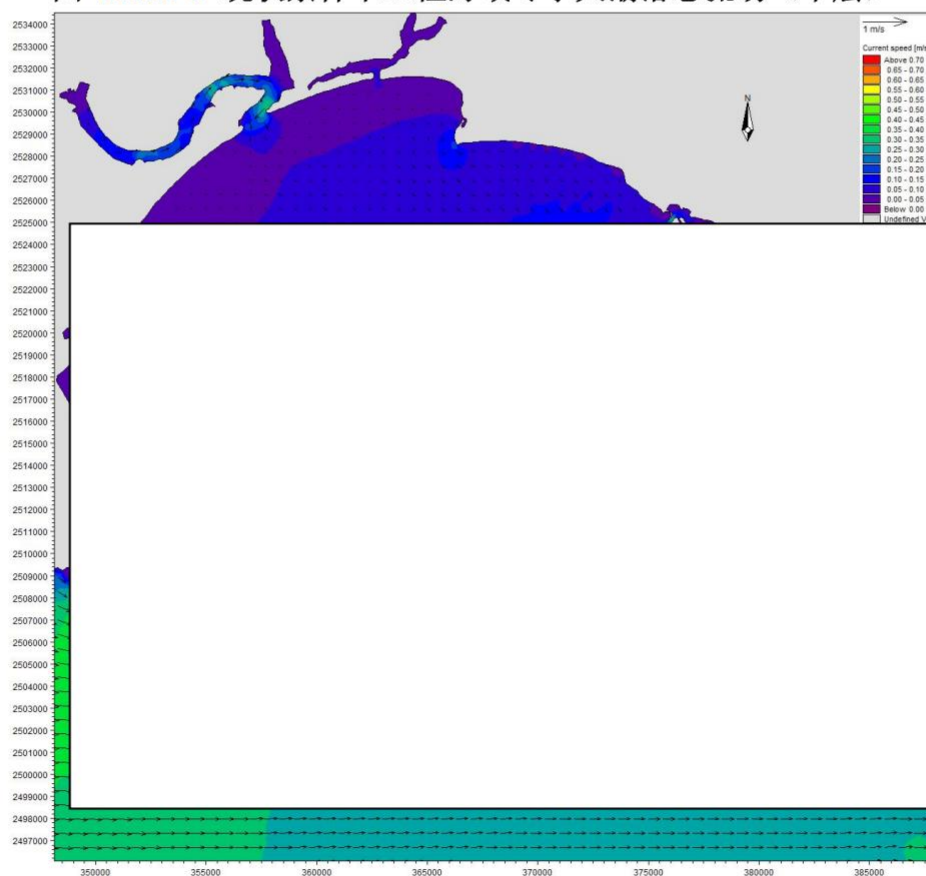


图 4.2.1.3-6 现状条件下工程海域冬季大潮落急流场（底层）

4.2.1.4 SW24-12 工程后水动力环境变化分析

由于本项目涉海工程主要是采砂区挖深后对附近海域水动力环境的影响。工程施工后带来工程周边水动力特征的变化，对流场和流速流向均产生影响。通过数值模拟的方法对工程实施前后的水动力特征进行计算，以体现工程对水动力的影响范围和强度。

SW24-12采砂区挖深平均深度为-9.5m，工程后在每个区块网格节点上相应加深每个区块的挖深厚度，工程后地形图见图4.2.1.4-1。为了解项目采砂对附近海域潮流动力的影响，在采砂区周边水域选取30个代表点分别对比工程前后大潮涨、落急流速、流向的变化情况，并分别绘制工程前后表中底层流场图及中层大潮涨、落急流场对比图。各代表点具体位置分布见图4.2.1.4-2。

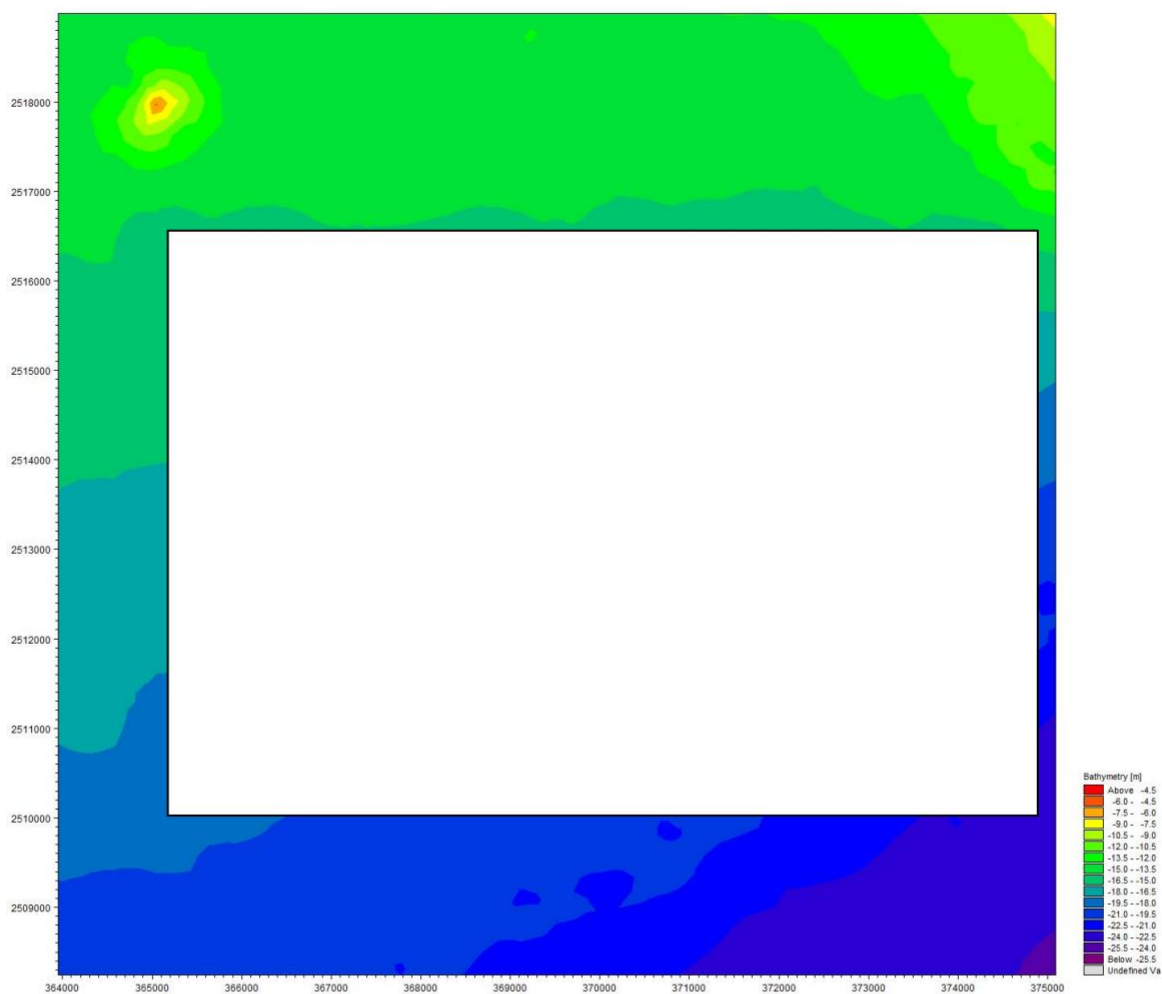


图 4.2.1.4-1 工程后采砂区水深地形图 (SW24-12 区块单独采砂后)

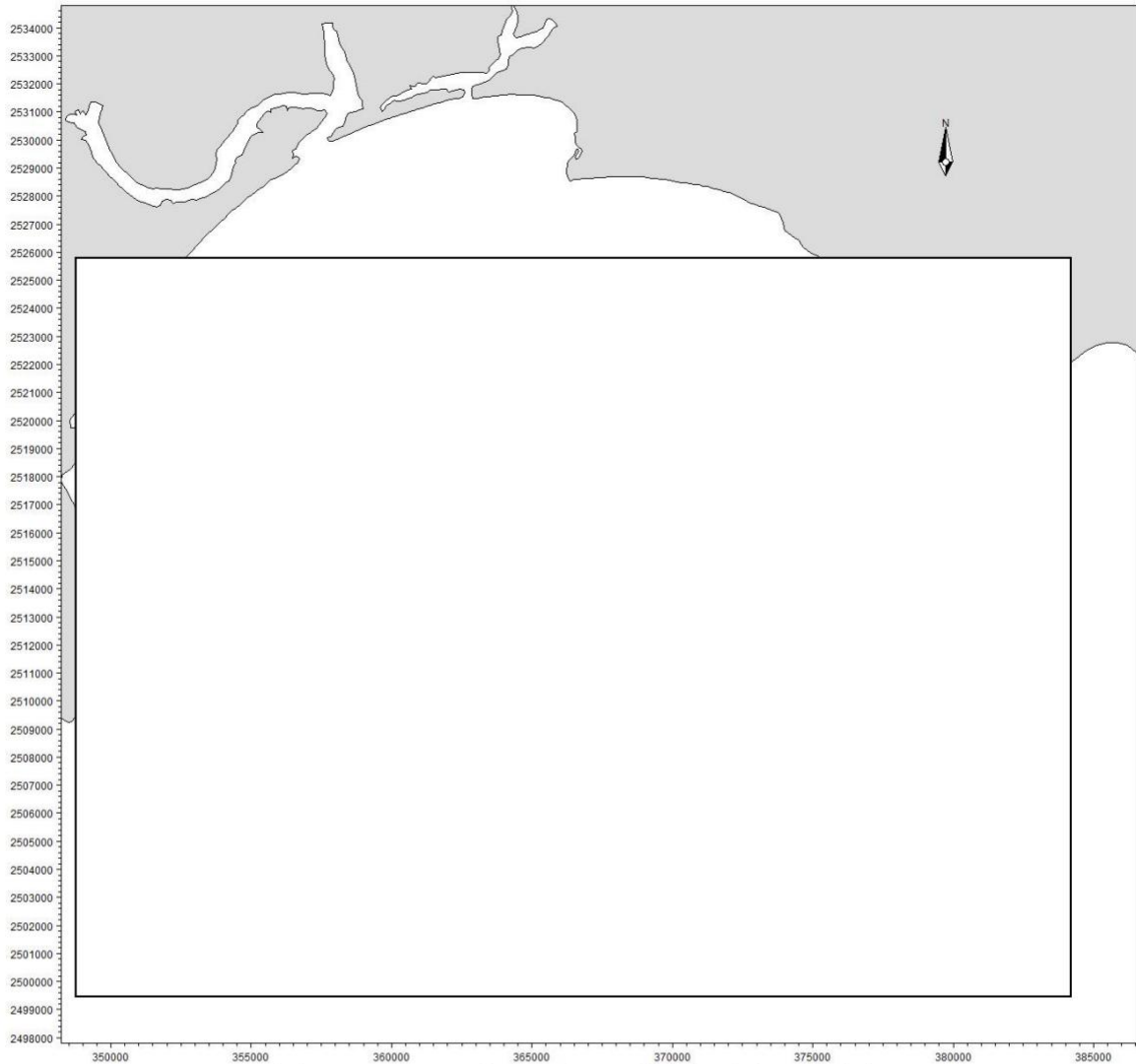


图 4.2.1.4-2 采砂区附近采样点分布示意图

SW24-12 采砂区挖深后，工程前后各代表点中层大潮涨落急流速、流向对比结果见表 4.2.1.4-1 和表 4.2.1.4-2，工程后项目海域表中底涨、落急流场图、工程实施前后中层涨落急流速对比见图 4.2.1.4-3~图 4.2.1.4-10。

从各代表点中层涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为 $-0.04\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，大潮中层落急流速变化幅度约为 $-0.05\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。

从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 3.9° 和 5.9° ，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

从中层涨、落急流场对比图可以看出，采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响

主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.08m/s。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。

表 4.2.1.4-1 工程前后冬季大潮涨急流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
A1	0.16	0.16	0.00	0.0%	311.5	312.6	1.1	0.4%
A2	0.16	0.16	0.00	0.0%	307.4	308.2	0.8	0.3%
A3	0.15	0.16	0.01	6.7%	304.7	303.8	-0.9	-0.3%
A4	0.15	0.15	0.00	0.0%	301.6	299.8	-1.8	-0.6%
A5	0.15	0.15	0.00	0.0%	298.2	297.0	-1.2	-0.4%
A6	0.14	0.15	0.01	7.1%	294.5	293.8	-0.7	-0.2%
A7	0.16	0.16	0.00	0.0%	293.6	292.8	-0.8	-0.3%
A8	0.16	0.16	0.00	0.0%	298.8	297.2	-1.6	-0.5%
A9	0.16	0.16	0.00	0.0%	301.1	297.2	-3.9	-1.3%
A10	0.17	0.19	0.02	11.8%	304.1	300.2	-3.9	-1.3%
A11	0.17	0.18	0.01	5.9%	306.8	310.5	3.7	1.2%
A12	0.18	0.17	-0.01	-5.6%	311.5	312.6	1.1	0.4%
A13	0.17	0.17	0.00	0.0%	292.1	291.6	-0.5	-0.2%
A14	0.18	0.17	-0.01	-5.6%	295.7	294.8	-0.9	-0.3%
A15	0.18	0.17	-0.01	-5.6%	298.3	297.1	-1.2	-0.4%
A16	0.19	0.15	-0.04	-21.1%	302.5	301.1	-1.4	-0.5%
A17	0.19	0.18	-0.01	-5.3%	306.5	305.9	-0.6	-0.2%
A18	0.19	0.19	0.00	0.0%	310.7	310.3	-0.4	-0.1%
A19	0.18	0.18	0.00	0.0%	289.9	289.9	0.0	0.0%
A20	0.19	0.18	-0.01	-5.3%	291.8	292.2	0.4	0.1%
A21	0.20	0.19	-0.01	-5.0%	295.7	298.0	2.3	0.8%
A22	0.20	0.22	0.02	10.0%	300.5	303.2	2.7	0.9%
A23	0.20	0.21	0.01	5.0%	305.3	301.5	-3.8	-1.2%
A24	0.21	0.21	0.00	0.0%	307.7	306.3	-1.4	-0.5%
A25	0.18	0.18	0.00	0.0%	288.8	289.1	0.3	0.1%
A26	0.19	0.18	-0.01	-5.3%	289.6	290.3	0.7	0.2%
A27	0.19	0.19	0.00	0.0%	292.8	294.1	1.3	0.4%
A28	0.20	0.20	0.00	0.0%	296.6	297.5	0.9	0.3%
A29	0.20	0.21	0.01	5.0%	300.1	299.7	-0.4	-0.1%
A30	0.22	0.22	0.00	0.0%	302.6	301.9	-0.7	-0.2%

表 4.2.1.4-2 工程前后冬季大潮落急流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
A1	0.20	0.20	0.00	0.0%	117.2	118.6	1.4	1.2%
A2	0.20	0.20	0.00	0.0%	111.1	113.0	1.9	1.7%

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
A3	0.20	0.20	0.00	0.0%	105.8	106.9	1.1	1.0%
A4	0.20	0.20	0.00	0.0%	100.9	100.7	-0.2	-0.2%
A5	0.20	0.20	0.00	0.0%	95.9	95.4	-0.5	-0.5%
A6	0.20	0.20	0.00	0.0%	91.1	90.7	-0.4	-0.4%
A7	0.22	0.22	0.00	0.0%	93.1	92.6	-0.5	-0.5%
A8	0.21	0.21	0.00	0.0%	97.8	96.9	-0.9	-0.9%
A9	0.22	0.22	0.00	0.0%	101.4	99.8	-1.6	-1.6%
A10	0.22	0.24	0.02	9.1%	106.8	110.0	3.2	3.0%
A11	0.23	0.22	-0.01	-4.3%	111.7	117.6	5.9	5.3%
A12	0.23	0.22	-0.01	-4.3%	119.0	120.2	1.2	1.0%
A13	0.24	0.24	0.00	0.0%	94.3	93.8	-0.5	-0.5%
A14	0.23	0.23	0.00	0.0%	98.6	97.7	-0.9	-0.9%
A15	0.25	0.24	-0.01	-4.0%	102.8	100.8	-2.0	-1.9%
A16	0.25	0.20	-0.05	-20.0%	108.8	108.8	0.0	0.0%
A17	0.25	0.22	-0.03	-12.0%	113.6	111.5	-2.1	-1.8%
A18	0.25	0.24	-0.01	-4.0%	119.9	119.4	-0.5	-0.4%
A19	0.25	0.25	0.00	0.0%	94.7	94.5	-0.2	-0.2%
A20	0.26	0.26	0.00	0.0%	97.4	97.3	-0.1	-0.1%
A21	0.27	0.26	-0.01	-3.7%	103.6	104.5	0.9	0.9%
A22	0.27	0.29	0.02	7.4%	108.6	110.9	2.3	2.1%
A23	0.27	0.28	0.01	3.7%	114.7	110.5	-4.2	-3.7%
A24	0.27	0.27	0.00	0.0%	118.5	117.0	-1.5	-1.3%
A25	0.26	0.26	0.00	0.0%	94.3	94.3	0.0	0.0%
A26	0.27	0.26	-0.01	-3.7%	96.6	96.9	0.3	0.3%
A27	0.27	0.27	0.00	0.0%	100.9	101.9	1.0	1.0%
A28	0.27	0.28	0.01	3.7%	105.9	106.9	1.0	0.9%
A29	0.27	0.28	0.01	3.7%	110.1	109.9	-0.2	-0.2%
A30	0.30	0.30	0.00	0.0%	115.1	114.5	-0.6	-0.5%

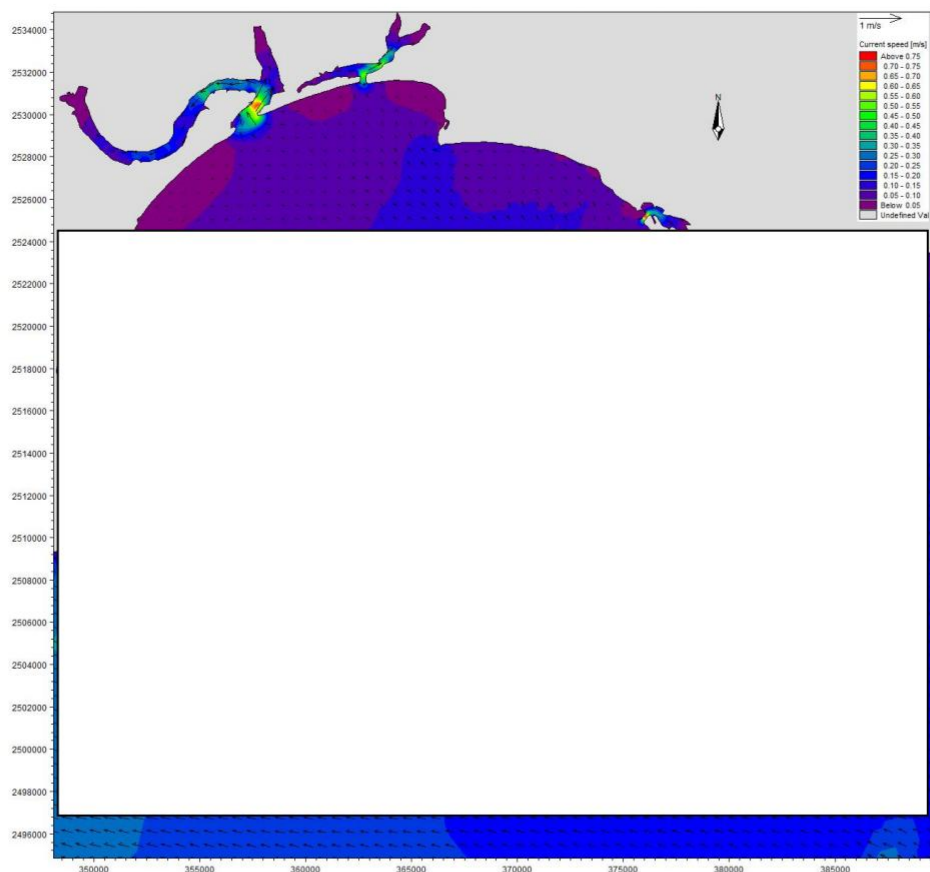


图 4.2.1.4-3 工程实施后冬季大潮涨急流场图（表层）

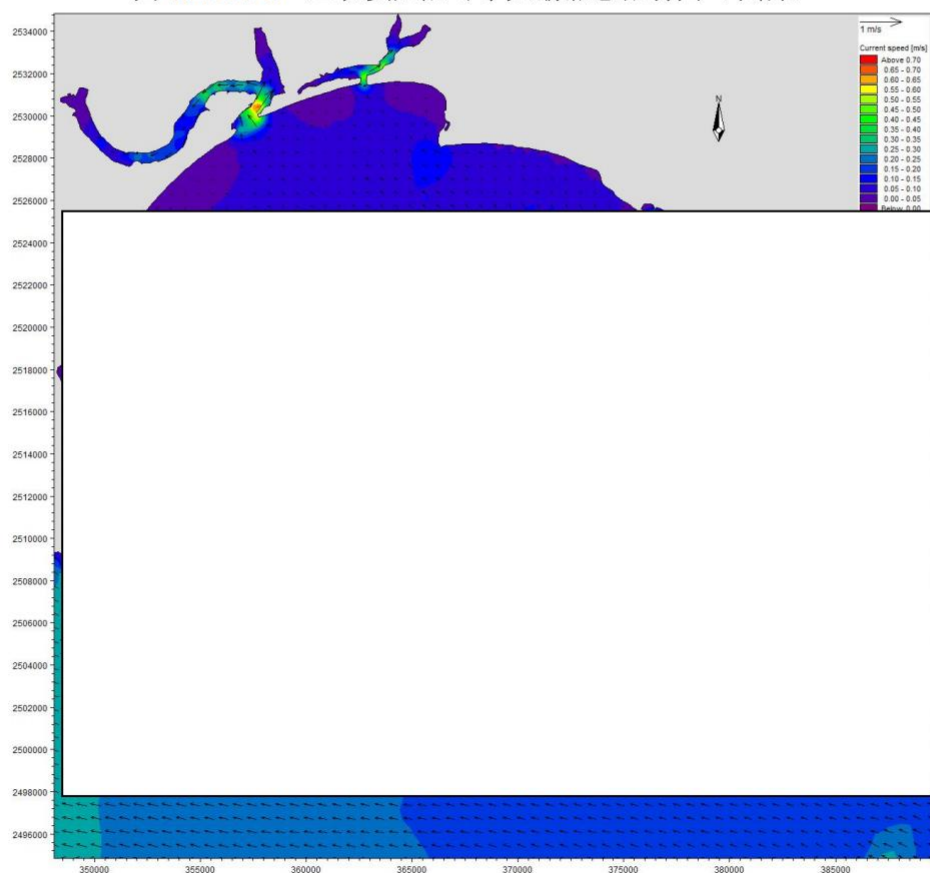


图 4.2.1.4-4 工程实施后冬季大潮涨急流场图（中层）

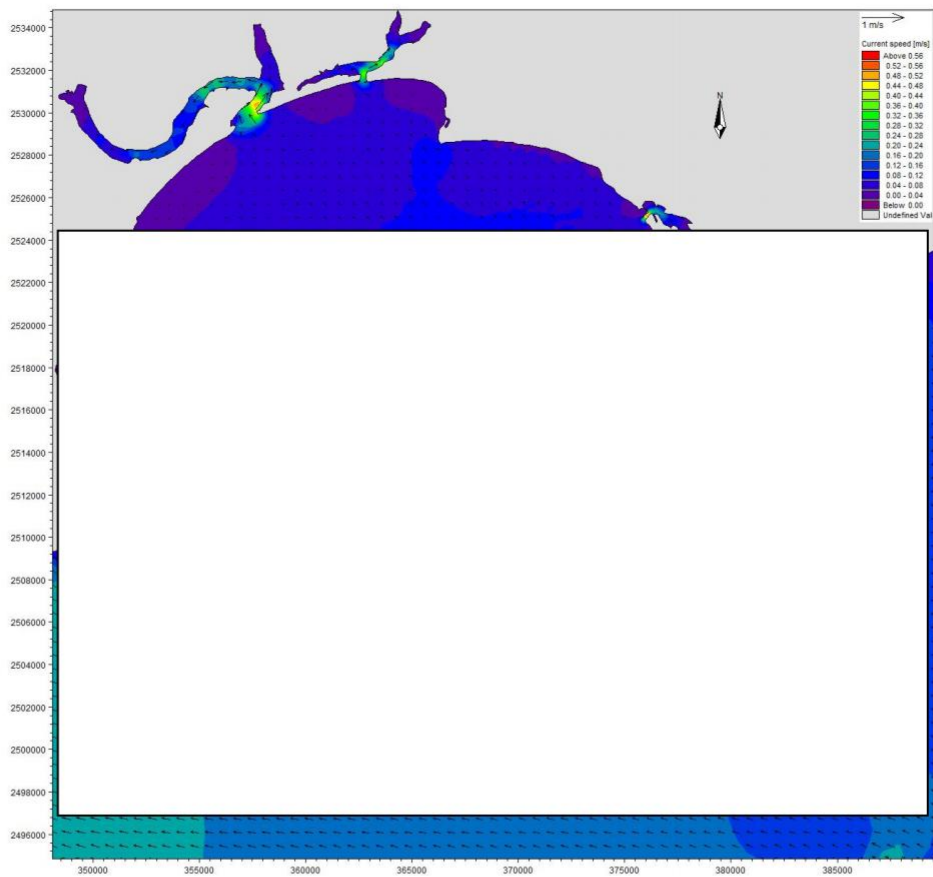


图 4.2.1.4-5 工程实施后冬季大潮涨急流场图（底层）

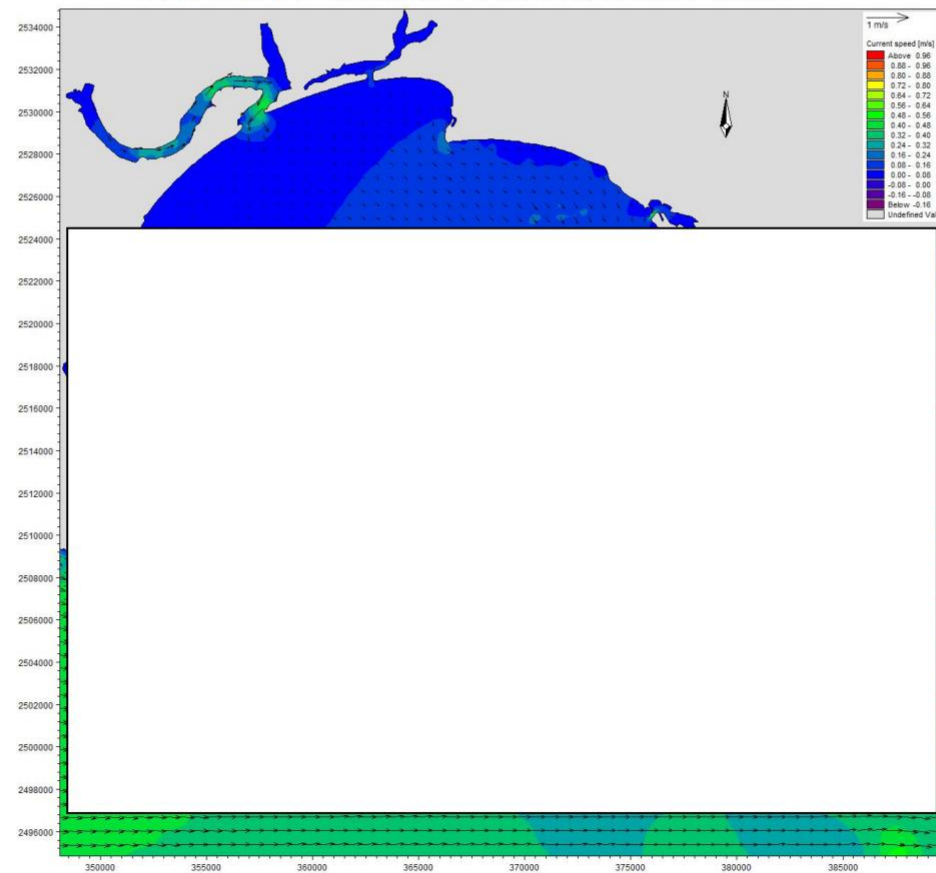


图 4.2.1.4-6 工程实施后冬季大潮落急流场图（表层）

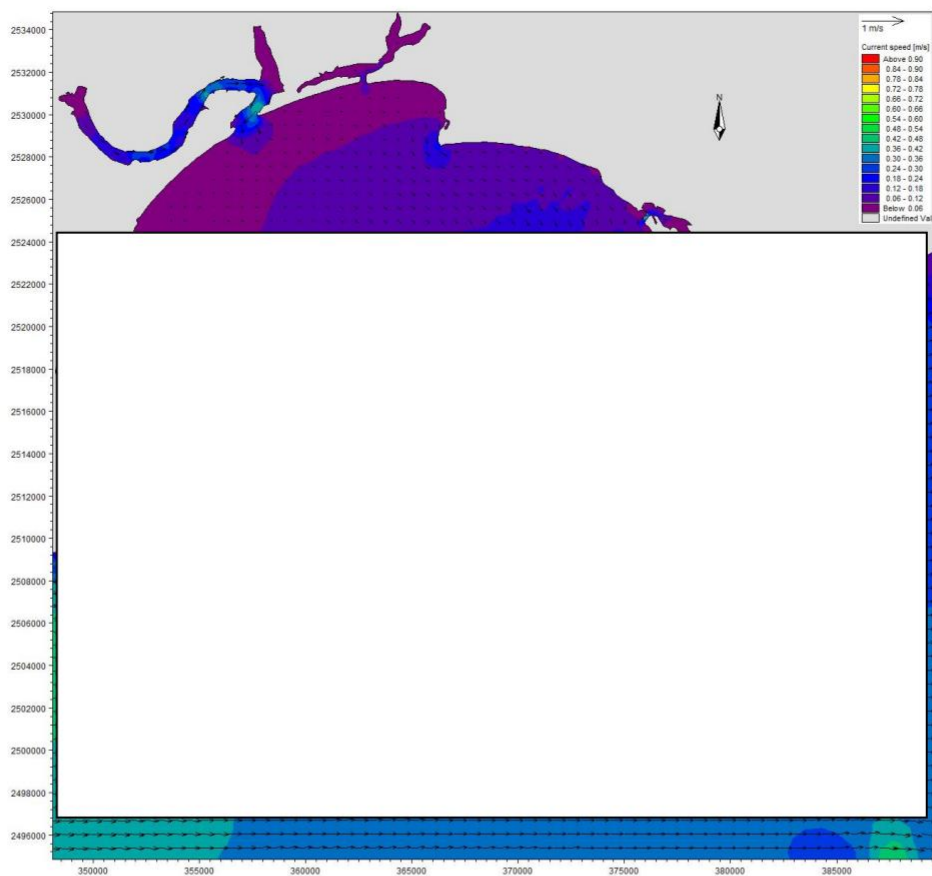


图 4.2.1.4-7 工程实施后冬季大潮落急流场图（中层）

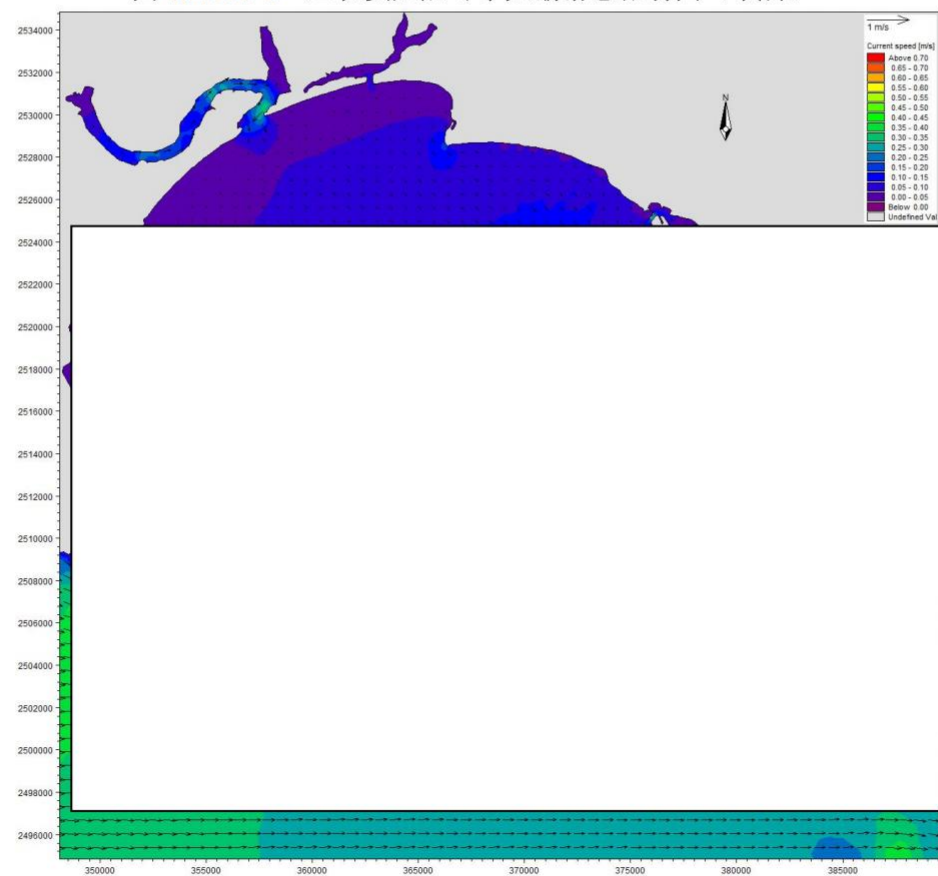


图 4.2.1.4-8 工程实施后冬季大潮落急流场图（底层）

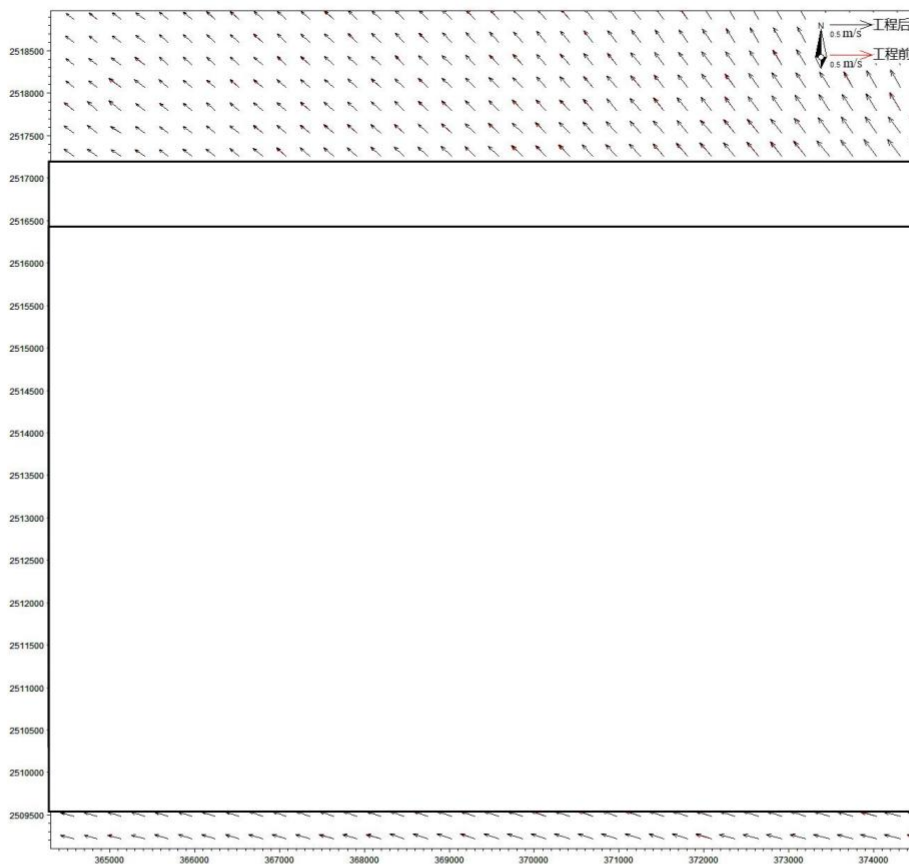


图 4.2.1.4-9 工程实施前后冬季大潮涨急流场对比图（中层）

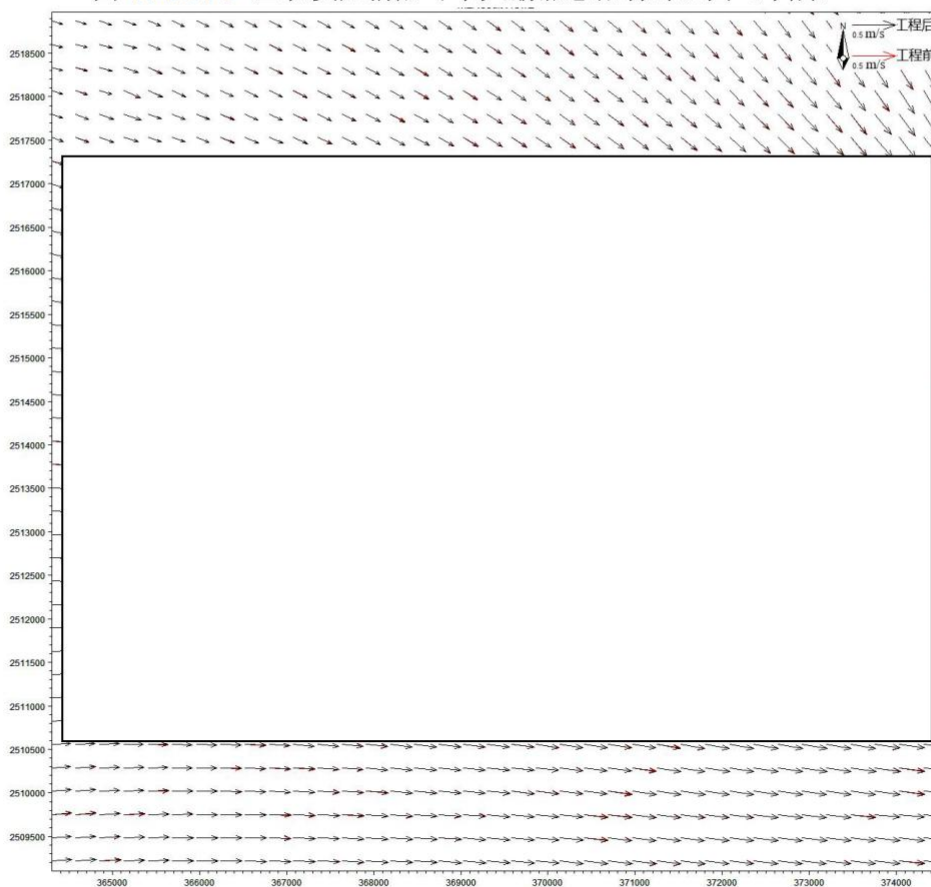


图 4.2.1.4-10 工程实施前后冬季大潮落急流场对比图（中层）

4.2.1.5 SW24-11 和 SW24-12 区块工程后水动力环境分析

由于本项目涉海工程主要是采砂区挖深后对附近海域水动力环境的影响。工程施工后带来工程周边水动力特征的变化，对流场和流速流向均产生影响。通过数值模拟的方法对工程实施前后的水动力特征进行计算，以体现工程对水动力的影响范围和强度。

采砂区 SW24-11 区块、SW24-12 区块平均挖深深度分别为-7.0m 和-9.5m，工程后在每个区块网格节点上相应加深每个区块的挖深厚度，工程后地形图见图 4.2.1.5-1。为了解项目采砂对附近海域潮流动力的影响，在采砂区周边水域选取 30 个代表点分别对比工程前后大潮涨、落急流速、流向的变化情况，并分别绘制工程前后表中底层流场图及中层大潮涨、落急流场对比图。各代表点具体位置分布见图 4.2.1.5-2。

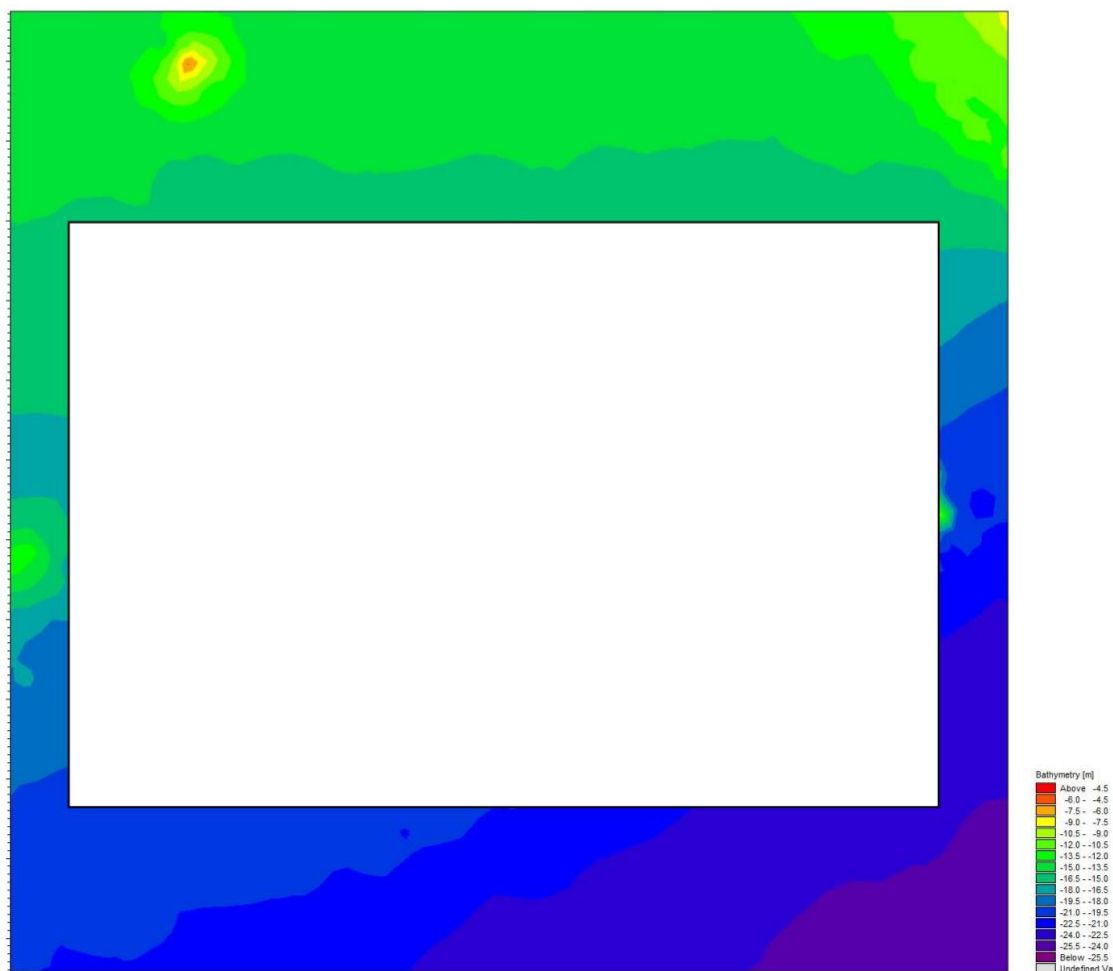


图 4.2.1.5-1 工程后采砂区水深地形图

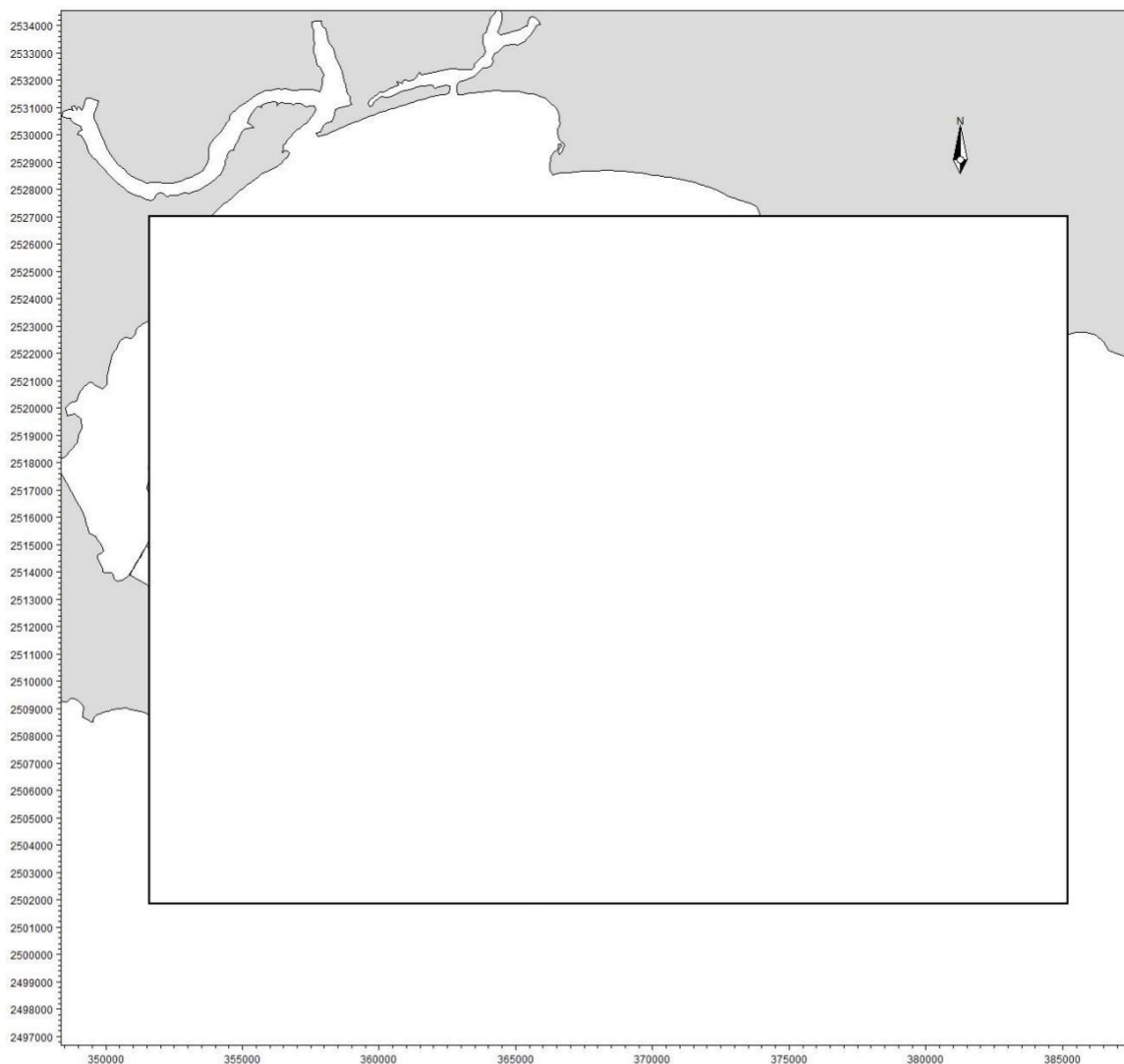


图 4.2.1.5-2 采砂区附近采样点分布示意图

SW24-12 和 SW24-12 两个采砂区挖深后，工程前后各代表点中层大潮涨落急流速、流向对比结果见表 4.2.1.5-1 和表 4.2.1.5-2，工程后项目海域表中底涨、落急流场图、工程实施前后中层涨落急流速对比见 4.2.1.5-3~图 4.2.1.5-10。

从各代表点中层涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为 $-0.04\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，大潮中层落急流速变化幅度约为 $-0.06\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。

从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 5.0° 和 6.0° ，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

从中层涨、落急流场对比图可以看出，夏季水动力环境变化幅度大于冬季，采

砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.10m/s。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。

表 4.2.1.5-1 工程前后冬季大潮涨急流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
A1	0.16	0.16	0.00	0.0%	311.5	312.9	1.4	0.4%
A2	0.16	0.16	0.00	0.0%	307.4	308.8	1.4	0.5%
A3	0.15	0.16	0.01	6.7%	304.7	304.5	-0.2	-0.1%
A4	0.15	0.16	0.01	6.7%	301.6	300.0	-1.6	-0.5%
A5	0.15	0.15	0.00	0.0%	298.2	296.0	-2.2	-0.7%
A6	0.14	0.15	0.01	7.1%	294.5	293.0	-1.5	-0.5%
A7	0.16	0.16	0.00	0.0%	293.6	291.3	-2.3	-0.8%
A8	0.16	0.16	0.00	0.0%	298.8	293.8	-5.0	-1.7%
A9	0.16	0.17	0.01	6.3%	301.1	297.3	-3.8	-1.3%
A10	0.17	0.19	0.02	11.8%	304.1	301.8	-2.3	-0.8%
A11	0.17	0.18	0.01	5.9%	306.8	310.9	4.1	1.3%
A12	0.18	0.17	-0.01	-5.6%	311.5	312.8	1.3	0.4%
A13	0.17	0.16	-0.01	-5.9%	292.1	290.6	-1.5	-0.5%
A14	0.18	0.16	-0.02	-11.1%	295.7	292.4	-3.3	-1.1%
A15	0.18	0.15	-0.03	-16.7%	298.3	296.4	-1.9	-0.6%
A16	0.19	0.15	-0.04	-21.1%	302.5	300.0	-2.5	-0.8%
A17	0.19	0.17	-0.02	-10.5%	306.5	305.6	-0.9	-0.3%
A18	0.19	0.19	0.00	0.0%	310.7	310.2	-0.5	-0.2%
A19	0.18	0.17	-0.01	-5.6%	289.9	290.3	0.4	0.1%
A20	0.19	0.18	-0.01	-5.3%	291.8	295.0	3.2	1.1%
A21	0.20	0.21	0.01	5.0%	295.7	299.7	4.0	1.4%
A22	0.20	0.22	0.02	10.0%	300.5	302.0	1.5	0.5%
A23	0.20	0.21	0.01	5.0%	305.3	300.9	-4.4	-1.4%
A24	0.21	0.21	0.00	0.0%	307.7	306.0	-1.7	-0.6%
A25	0.18	0.18	0.00	0.0%	288.8	289.6	0.8	0.3%
A26	0.19	0.19	0.00	0.0%	289.6	291.3	1.7	0.6%
A27	0.19	0.20	0.01	5.3%	292.8	294.5	1.7	0.6%
A28	0.20	0.21	0.01	5.0%	296.6	297.2	0.6	0.2%
A29	0.20	0.21	0.01	5.0%	300.1	299.3	-0.8	-0.3%
A30	0.22	0.22	0.00	0.0%	302.6	301.7	-0.9	-0.3%

表 4.2.1.5-2 工程前后冬季大潮落急流速流向变化（中层）

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
A1	0.20	0.20	0.00	0.0%	117.2	118.9	1.7	1.5%

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
A2	0.20	0.20	0.00	0.0%	111.1	113.7	2.6	2.3%
A3	0.20	0.20	0.00	0.0%	105.8	108.1	2.3	2.2%
A4	0.20	0.20	0.00	0.0%	100.9	102.1	1.2	1.2%
A5	0.20	0.20	0.00	0.0%	95.9	95.7	-0.2	-0.2%
A6	0.20	0.20	0.00	0.0%	91.1	90.5	-0.6	-0.7%
A7	0.22	0.22	0.00	0.0%	93.1	91.9	-1.2	-1.3%
A8	0.21	0.22	0.01	4.8%	97.8	96.4	-1.4	-1.4%
A9	0.22	0.23	0.01	4.5%	101.4	104.0	2.6	2.6%
A10	0.22	0.23	0.01	4.5%	106.8	111.5	4.7	4.4%
A11	0.23	0.22	-0.01	-4.3%	111.7	117.7	6.0	5.4%
A12	0.23	0.22	-0.01	-4.3%	119.0	120.2	1.2	1.0%
A13	0.24	0.24	0.00	0.0%	94.3	92.9	-1.4	-1.5%
A14	0.23	0.23	0.00	0.0%	98.6	94.6	-4.0	-4.1%
A15	0.25	0.20	-0.05	-20.0%	102.8	101.0	-1.8	-1.8%
A16	0.25	0.19	-0.06	-24.0%	108.8	106.5	-2.3	-2.1%
A17	0.25	0.22	-0.03	-12.0%	113.6	110.8	-2.8	-2.5%
A18	0.25	0.24	-0.01	-4.0%	119.9	119.2	-0.7	-0.6%
A19	0.25	0.25	0.00	0.0%	94.7	94.3	-0.4	-0.4%
A20	0.26	0.25	-0.01	-3.8%	97.4	98.3	0.9	0.9%
A21	0.27	0.27	0.00	0.0%	103.6	106.2	2.6	2.5%
A22	0.27	0.29	0.02	7.4%	108.6	109.6	1.0	0.9%
A23	0.27	0.28	0.01	3.7%	114.7	110.0	-4.7	-4.1%
A24	0.27	0.27	0.00	0.0%	118.5	116.7	-1.8	-1.5%
A25	0.26	0.26	0.00	0.0%	94.3	94.6	0.3	0.3%
A26	0.27	0.26	-0.01	-3.7%	96.6	97.6	1.0	1.0%
A27	0.27	0.27	0.00	0.0%	100.9	102.4	1.5	1.5%
A28	0.27	0.28	0.01	3.7%	105.9	106.8	0.9	0.8%
A29	0.27	0.28	0.01	3.7%	110.1	109.7	-0.4	-0.4%
A30	0.30	0.30	0.00	0.0%	115.1	114.3	-0.8	-0.7%

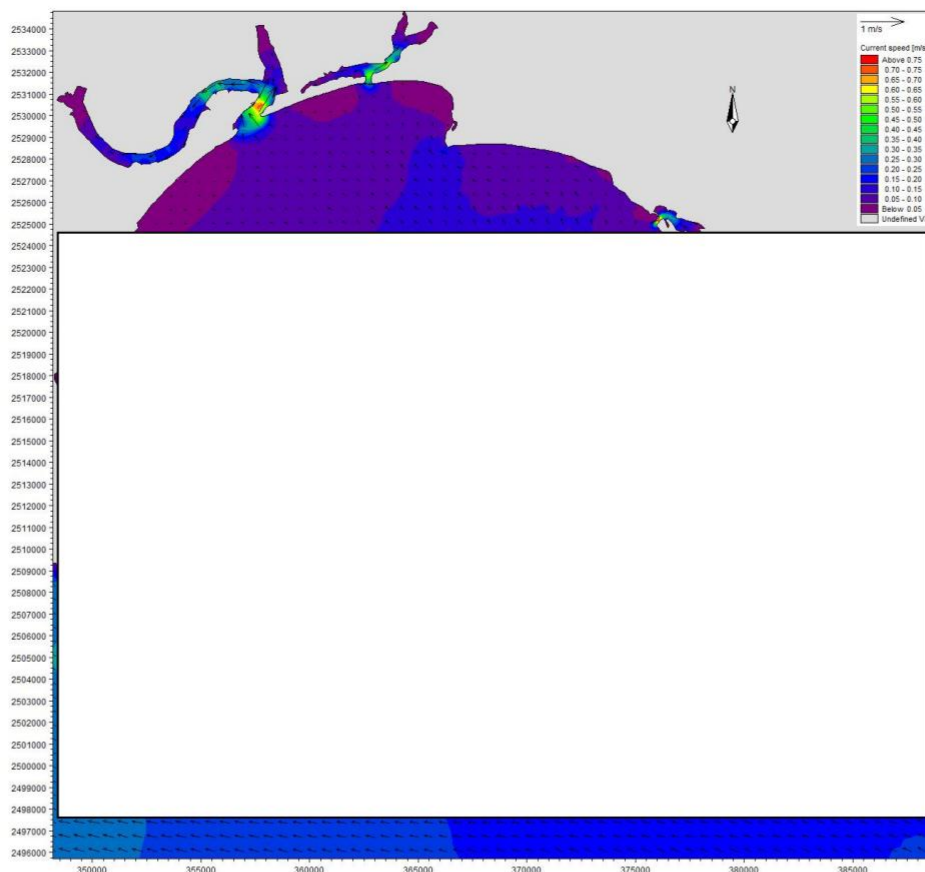


图 4.2.1.5-3 工程实施后冬季大潮涨急流场图（表层）

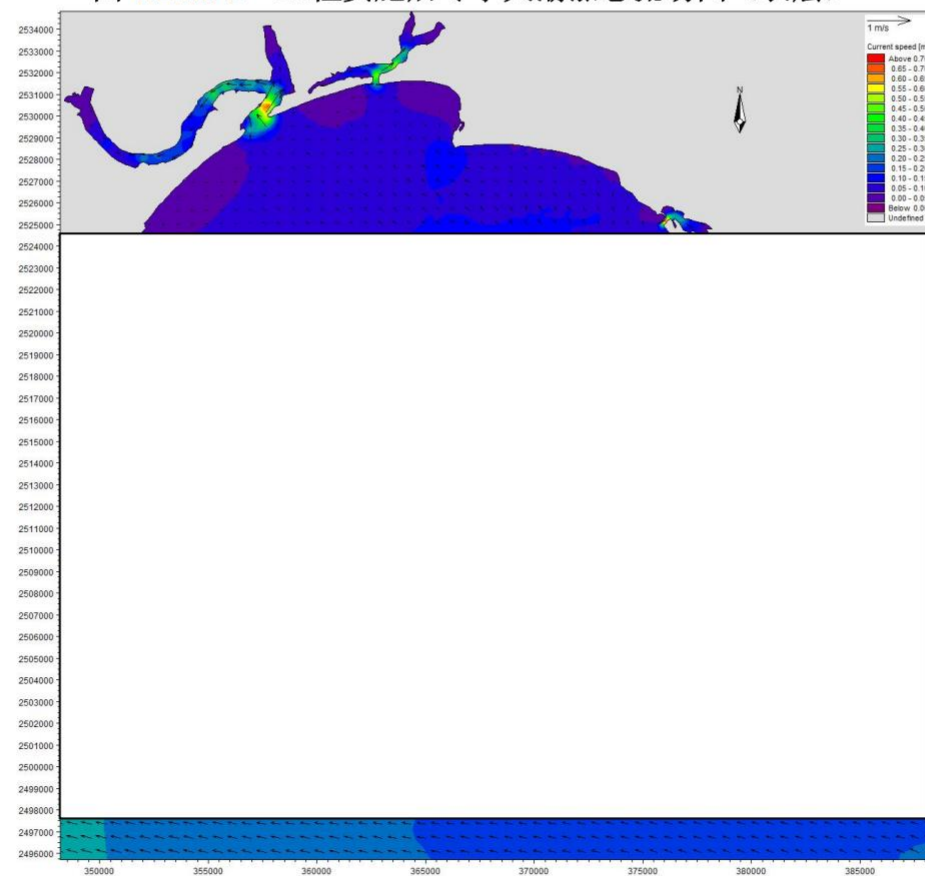


图 4.2.1.5-4 工程实施后冬季大潮涨急流场图（中层）

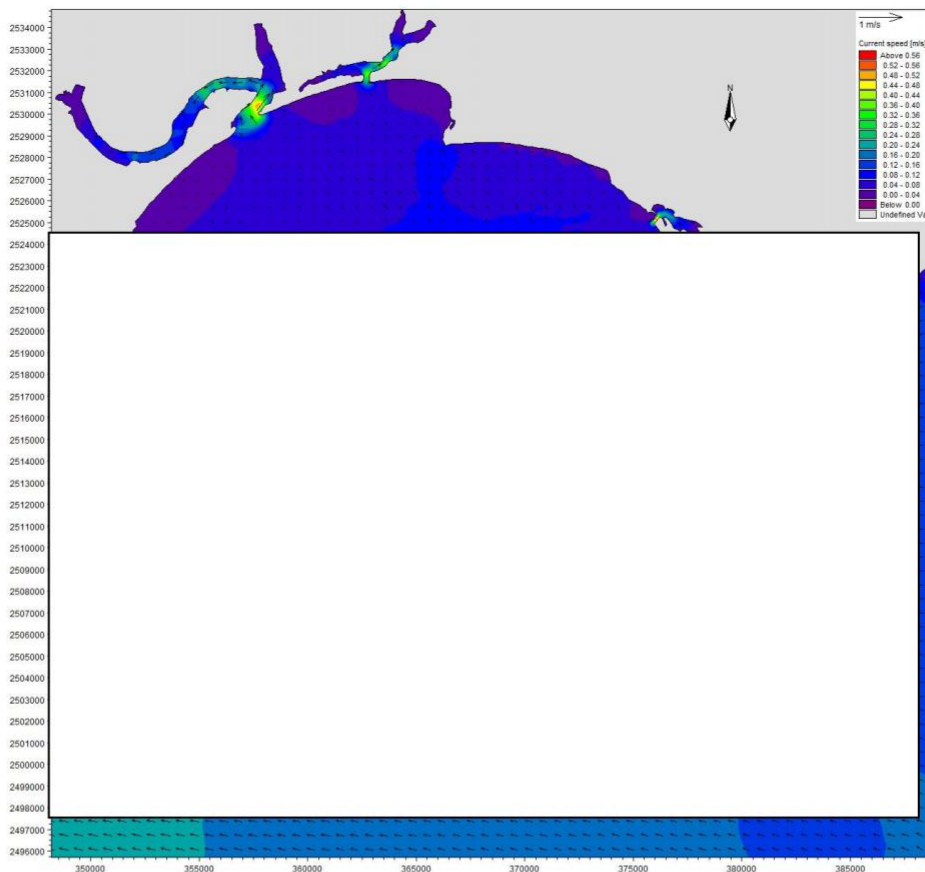


图 4.2.1.5-5 工程实施后冬季大潮涨急流场图（底层）

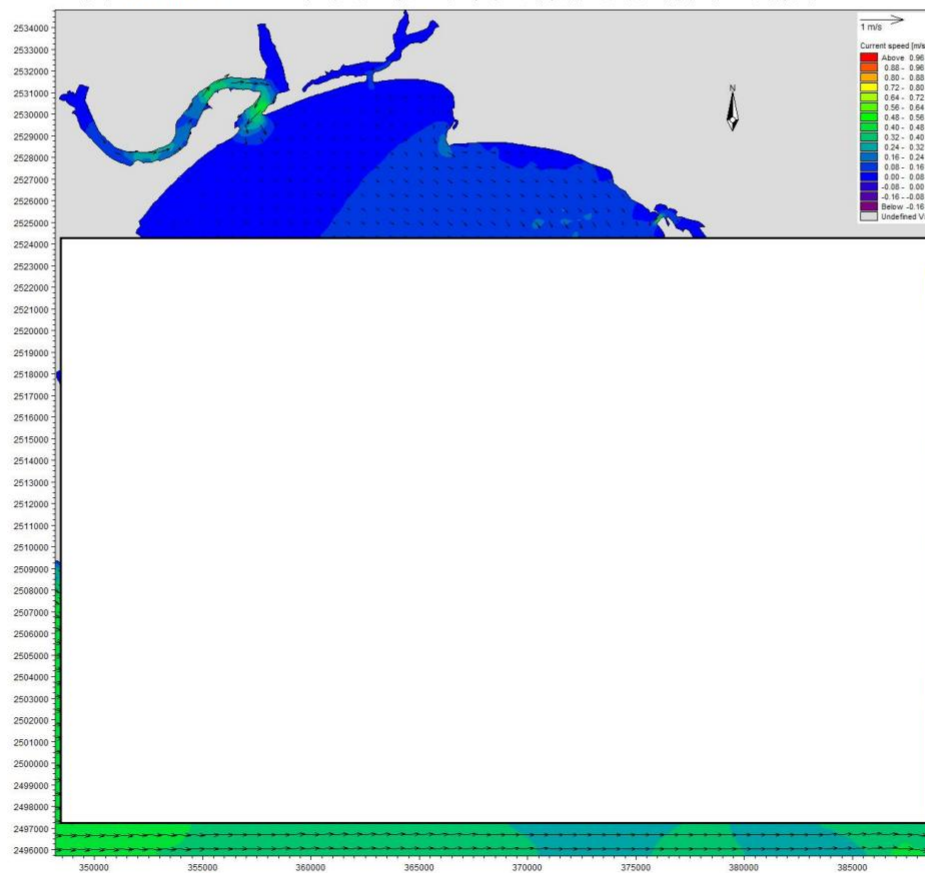


图 4.2.1.5-6 工程实施后冬季大潮落急流场图（表层）

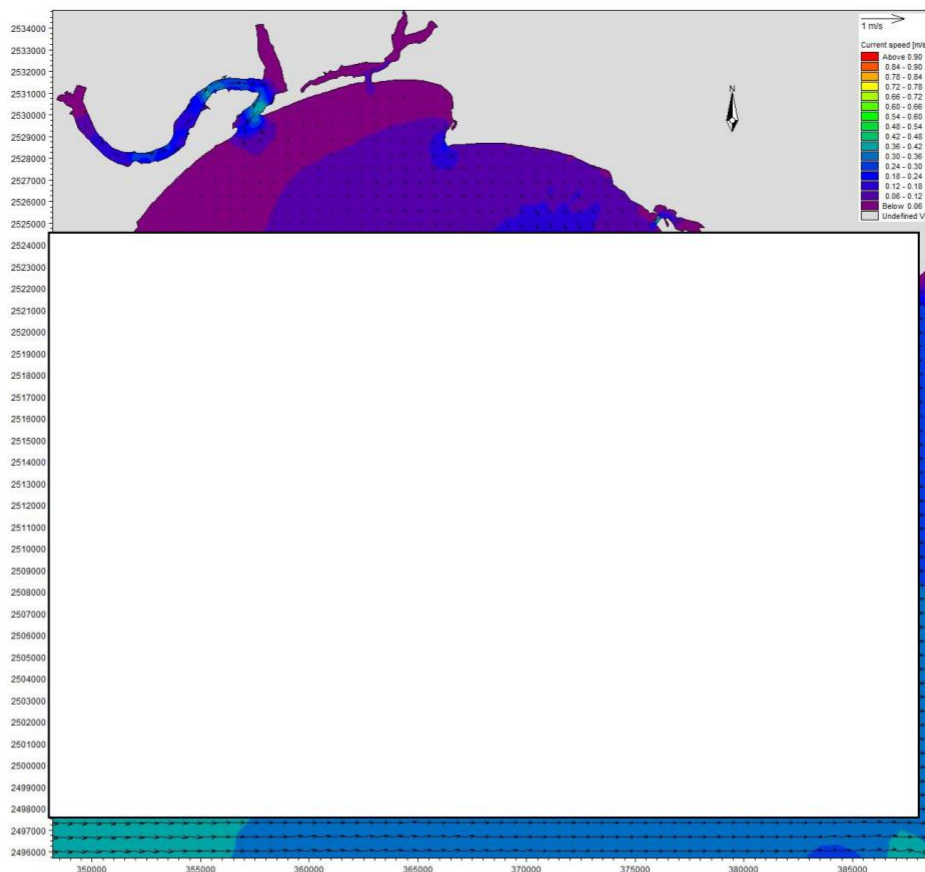


图 4.2.1.5-7 工程实施后冬季大潮落急流场图（中层）

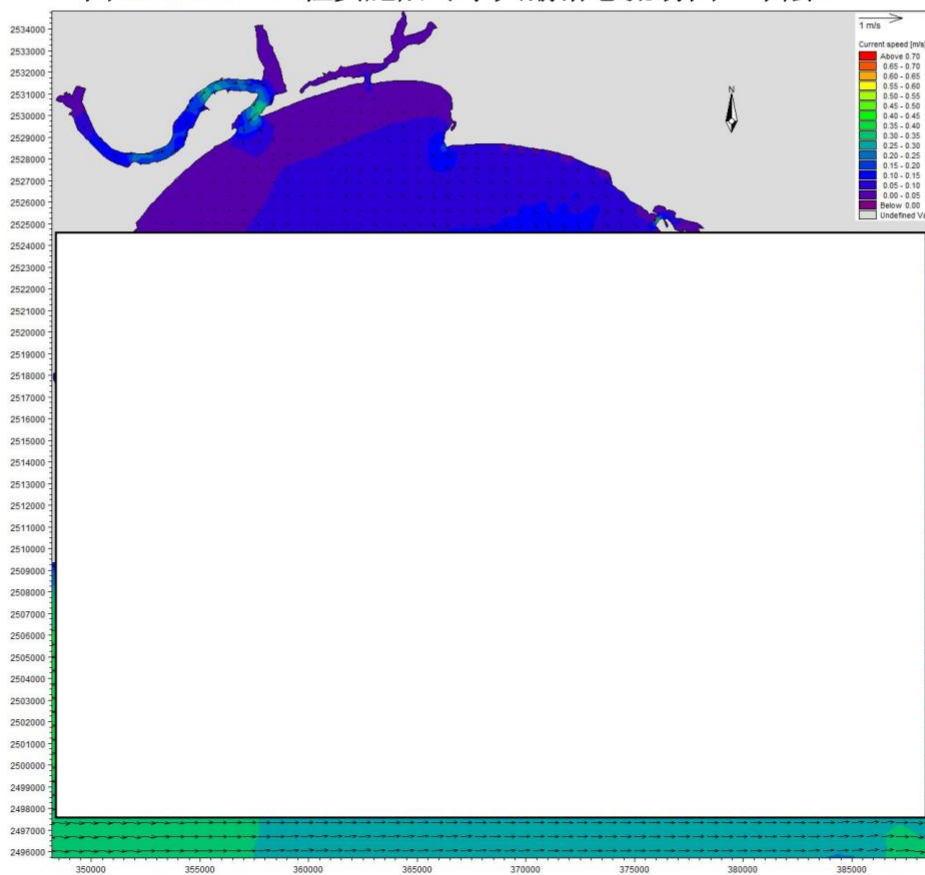


图 4.2.1.5-8 工程实施后冬季大潮落急流场图（底层）

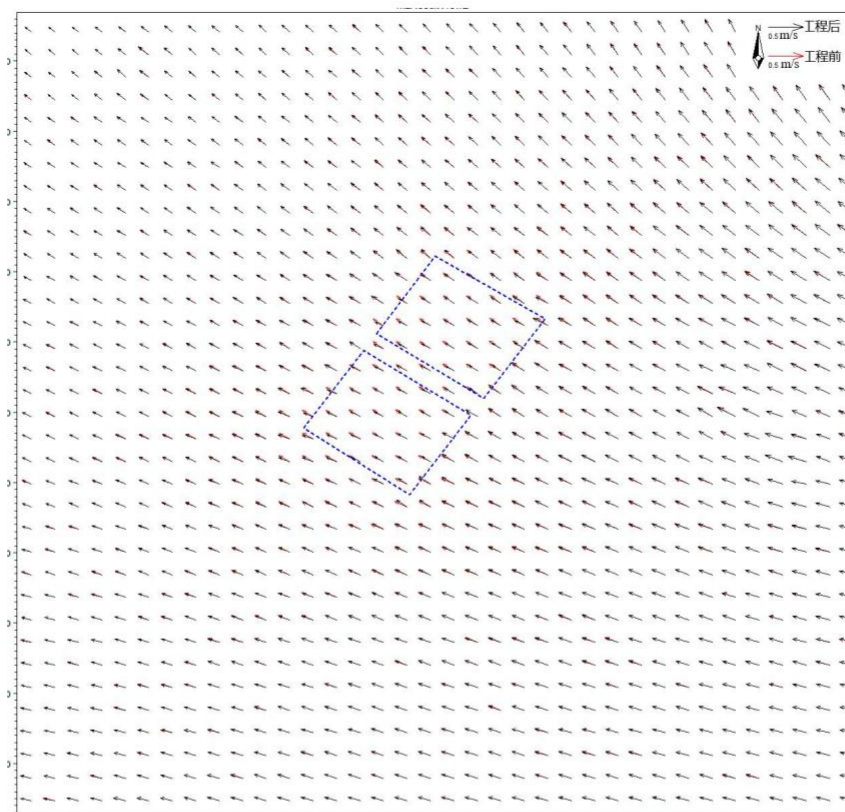


图 4.2.1.5-9 工程实施前后冬季大潮涨急流场对比图（中层）

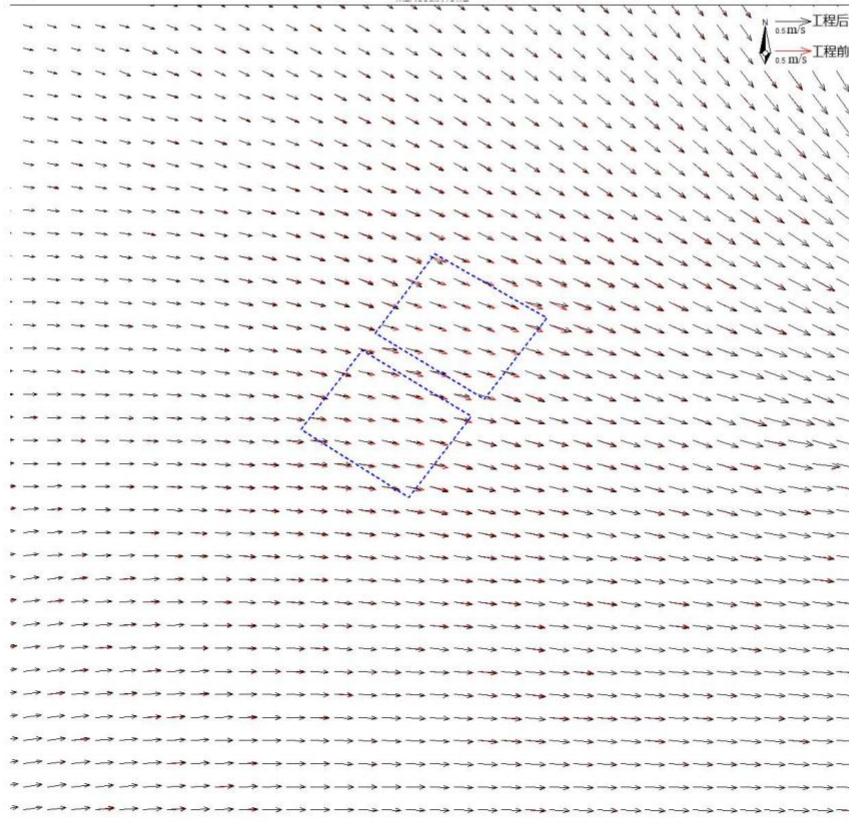


图 4.2.1.5-10 工程实施前后冬季大潮落急流场对比图（中层）

4.2.2 波浪动力环境影响预测与评价

本项目通过建立二维波浪模型，模拟计算工程实施对附近海域波浪动力环境的影响。

4.2.2.1 SW 波浪数学模型

SW 模型控制方程为：

$$\begin{aligned}\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{v}N) &= \frac{S}{\sigma} \\ (c_x, c_y) &= \frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{c}_g + \bar{U} \\ c_\sigma &= \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + \bar{U} \cdot \nabla_{\bar{x}} d \right] - c_g \bar{k} \cdot \frac{\partial \bar{U}}{\partial s} \\ c_\theta &= \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \bar{k} \cdot \frac{\partial \bar{U}}{\partial m} \right]\end{aligned}$$

式中：N 为动谱密度，t 为时间， \bar{x} 为笛卡尔坐标系， \bar{v} 为波群速度， ∇ 为微分算子，s 为波浪的传播方向， θ 和 m 为垂直于 s 的方向， $\nabla_{\bar{x}}$ 为在 \bar{x} 空间上的二维微分算子，S 为能量平衡方程中的源项，其中包括风能输入、非线性波波相互作用、白浪、底摩阻及破碎耗散项。

风能输入项形式为：

$$\begin{aligned}S_{wind}(f, \theta) &= \gamma E(f, \theta) \\ \gamma &= \begin{cases} \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right) \left(\frac{1.2}{\kappa^2} \mu (\ln \mu)^4 \right) \sigma \left[\left(\frac{u_*}{c} + 0.011 \right) \cos(\theta - \theta_w) \right]^2 & \mu \leq 1 \\ 0 & \mu > 1 \end{cases} \\ \mu &= kz_0 e^{\kappa/x} \\ x &= \left(\frac{u_*}{c} + 0.011 \right) \cos(\theta - \theta_w)\end{aligned}$$

其中 θ 、 θ_w 分别为波向角和风向角， u_* 为风速， ρ_a 、 ρ_w 分别为空气的密度和水的密度， $\kappa = 0.41$ ， z_0 为粗糙度长度。波浪模型计算范围与潮流模型一致，并采用潮流模型的计算网格进行工程区域二维波浪数值模拟。

工程海区位于碣石湾内，波浪模型验证资料采用《广东省海堤工程设计导则》内遮浪站重现期波浪要素资料进行验证，波浪模型计算选取SE向、S向和SW向50年一遇波要素分析工程实施前后工程海域波要素变化情况，同时为极端天气情况下工程区的骤淤估算提供波浪要素。模型风速资料采用导则中汕尾站50年一遇SE向、S向和SW向风速，分别为29.7m/s、24.4m/s和25.0m/s。

遮浪站位置位置见图 4.2.2.1-1，SE 向、S 向和 SW 向 50 年一遇波要素验证结果见表 4.2.2.1-1。

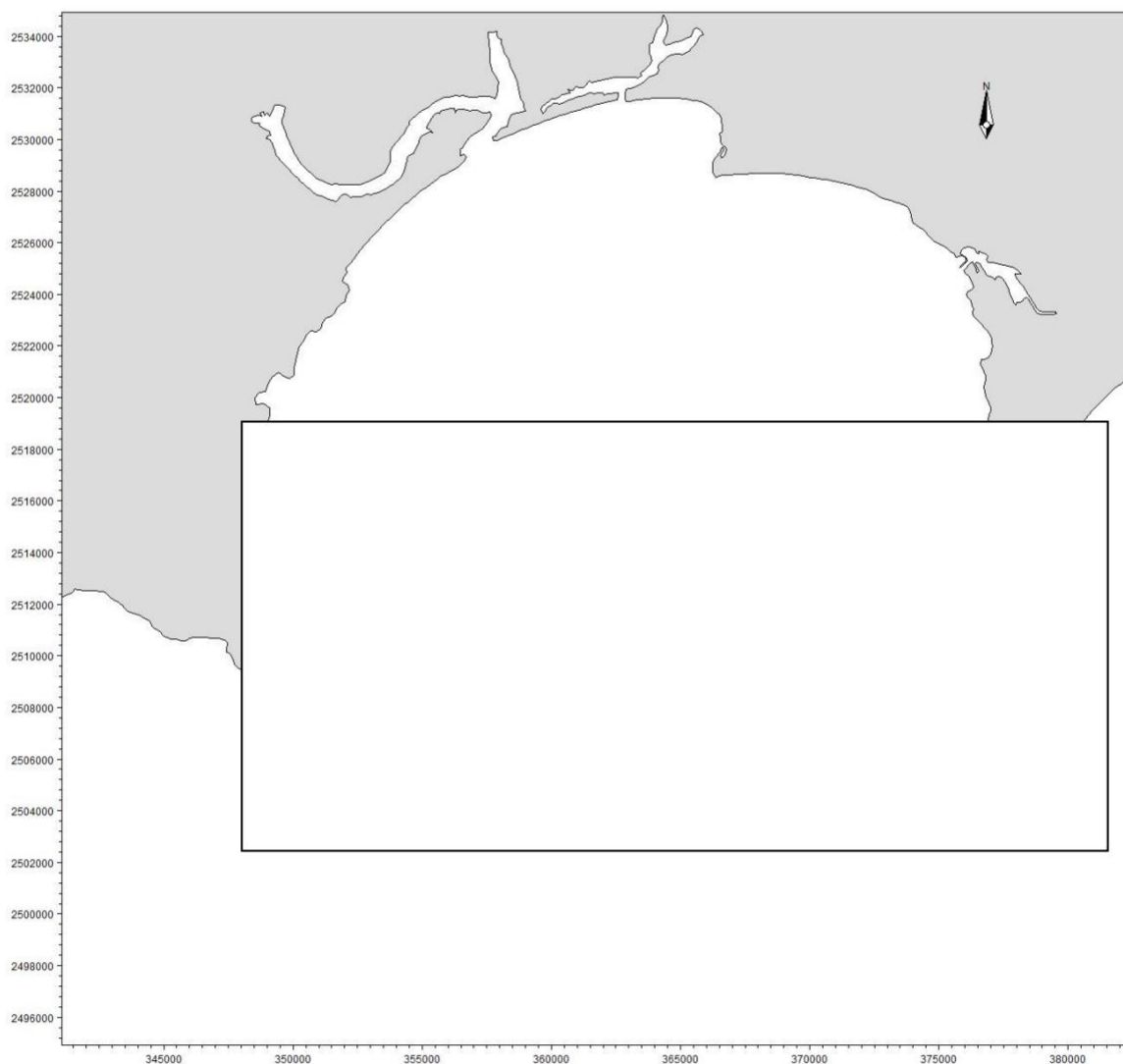


图 4.2.2.1-1 波浪验证点位置图

表 4.2.2.1-1 波浪模型外海边界波浪要素

波向	模型率定	有效波高 (m)	有效波周期 (s)
SE	率定值	7.8	11.1
	计算值	7.7	11.1
S	率定值	7.5	10.9

	计算值	7.5	10.9
SW	率定值	6.1	9.9
	计算值	6.1	9.8

4.2.2.2 工程前波浪动力分析

为分析工程海域的波浪特征，图 4.2.2.2-1~图 4.2.2.2-3 分别给出了工程前项目海域 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向波高分布图。

从图中可以看出，外海 SE 向、S 向和 SW 向波浪传播至碣石湾海域，受岛屿及近岸地形变化的影响，波能逐渐衰减，波峰线逐渐趋于与岸线平行，越靠近岸边波高越小。本项目采砂区位于碣石湾-16.5m 附近开阔海域，水深较大，来自外海的 SE 向、S 向和 SW 向波浪经过工程海域时仍维持原方向传播，工程区 50 年一遇 SE 向有效波高在 8.0m 左右，50 年一遇 S 向有效波高在 7.5m 左右，50 年一遇 SW 向有效波高在 6.0m 左右。

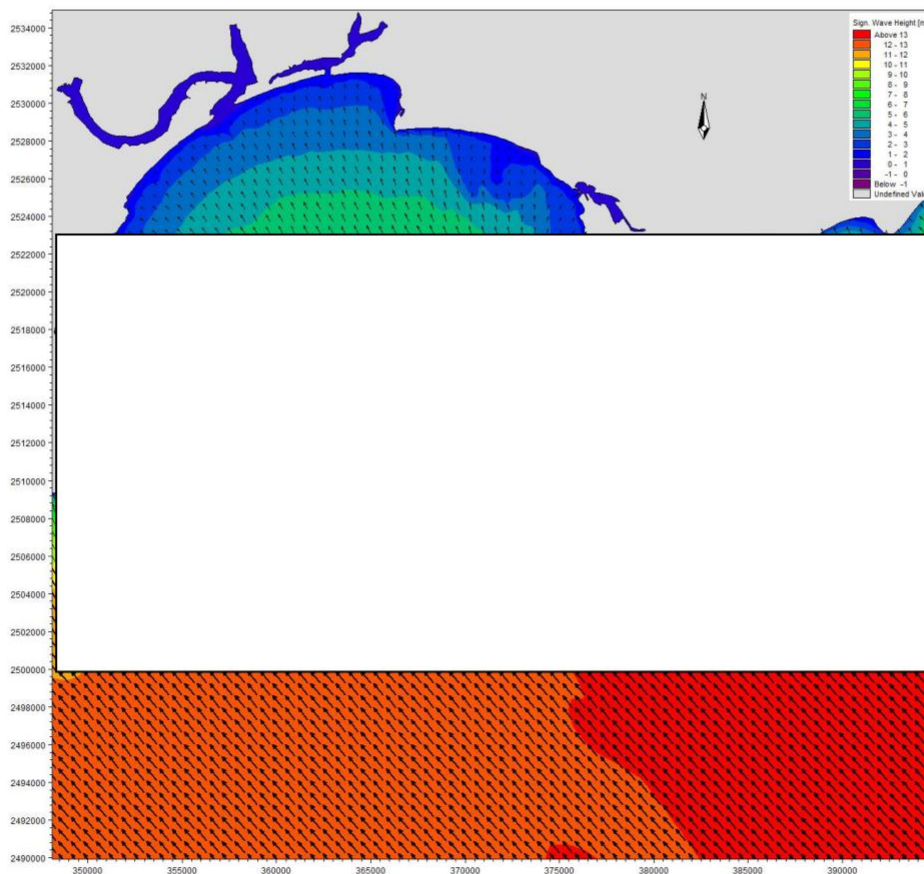


图 4.2.2.2-1 工程前 50 年一遇 SE 向有效波高分布图

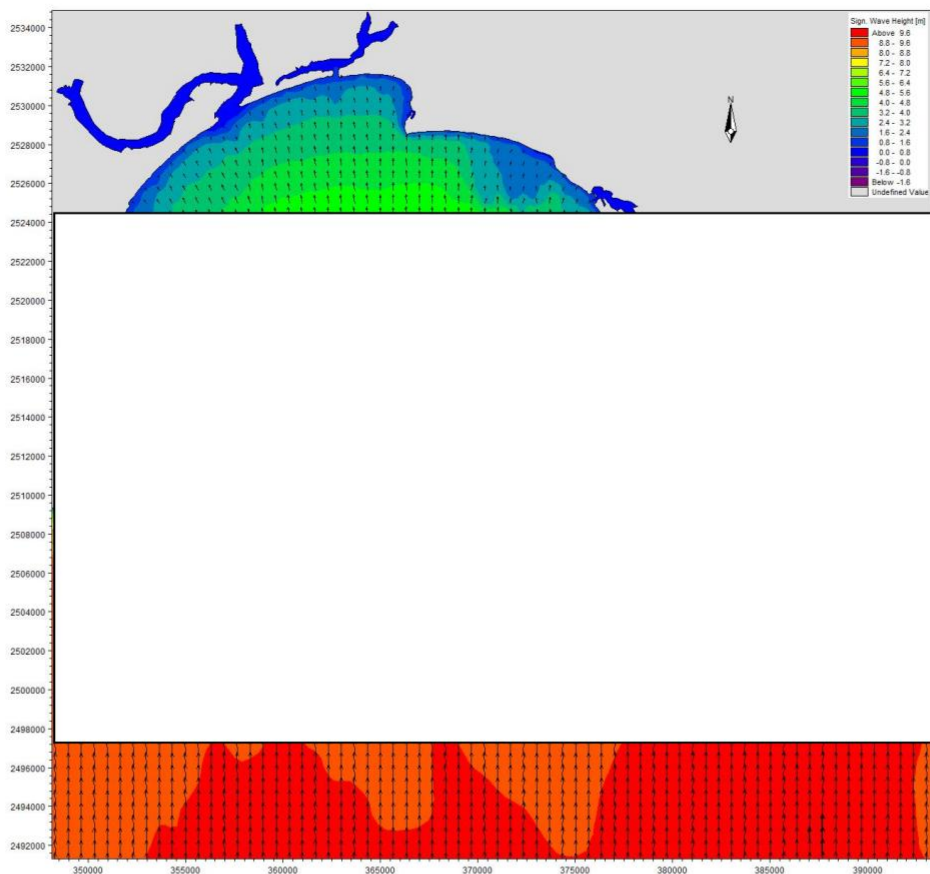


图 4.2.2.2-2 工程前 50 年一遇 S 向有效波高分布图

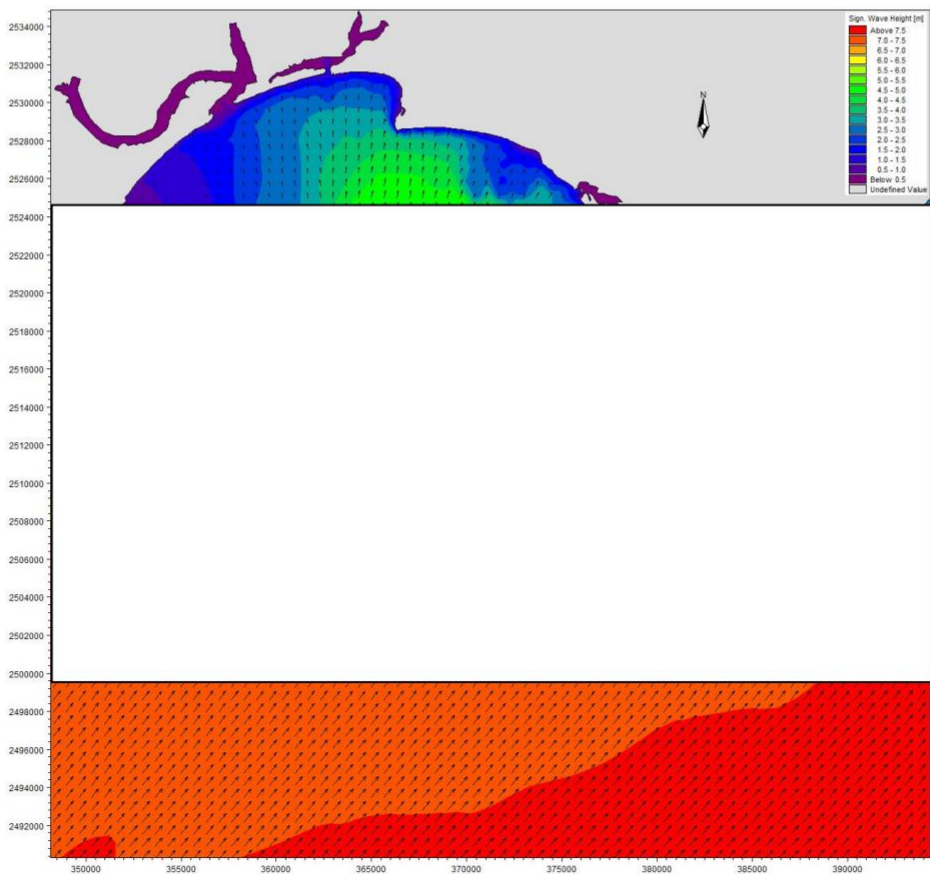


图 4.2.2.2-3 工程前 50 年一遇 SW 向有效波高分布图

4.2.2.3 SW24-12 工程后波浪动力变化分析

为分析 SW24-12 项目采砂对附近海域波浪动力的影响，在采砂区周边水域选取 30 个代表点对比工程前后 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向波浪要素变化情况，代表点位置与潮流代表点一致。

工程前后各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素变化统计结果见表 4.2.2.3-1，50 年一遇 S 向波浪要素变化统计结果见表 4.2.2.3-2，50 年一遇 SW 向波浪要素变化统计结果见表 4.2.2.3-3。从表中可以看出，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.70m、S 向有效波高最大减小 0.93m、SW 向有效波高最大减小 0.53m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 8^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

表 4.2.2.3-1 各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素对比

代表点	有效波高 (m)			波向 ($^\circ$)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	6.36	6.19	-0.17	147.6	147.1	-0.5
A2	7.09	6.66	-0.43	143.5	141.7	-1.8
A3	7.13	6.88	-0.25	145.9	145.9	0.0
A4	7.35	7.32	-0.03	144.3	143.3	-1.0
A5	7.86	7.96	0.10	142.5	140.5	-2.0
A6	8.20	8.23	0.03	142.2	141.2	-1.0
A7	8.53	8.57	0.04	141.9	141.1	-0.8
A8	7.93	7.99	0.06	143.3	141.8	-1.5
A9	7.61	7.78	0.17	144.6	140.0	-4.6
A10	7.27	6.65	-0.62	146.6	143.6	-3.0
A11	7.34	6.64	-0.70	141.4	142.6	1.2
A12	6.37	6.63	0.26	146.3	151.0	4.7
A13	8.92	8.93	0.01	141.3	141.1	-0.2
A14	8.53	8.54	0.01	143.8	143.6	-0.2
A15	8.02	8.14	0.12	142.8	140.5	-2.3
A16	7.54	7.10	-0.44	143.9	141.8	-2.1
A17	7.62	7.79	0.17	139.7	146.8	7.1
A18	6.98	7.19	0.21	146.4	149.6	3.2
A19	9.35	9.35	0.00	141.1	141.1	0.0
A20	9.08	9.08	0.00	142.1	142.1	0.0
A21	8.83	8.84	0.01	140.5	140.4	-0.1
A22	8.44	8.45	0.01	140.5	140.7	0.2
A23	7.83	7.91	0.08	141.0	142.7	1.7
A24	7.40	7.44	0.04	144.9	145.9	1.0

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A25	9.62	9.62	0.00	140.8	140.8	0.0
A26	9.48	9.49	0.01	140.6	140.6	0.0
A27	9.32	9.33	0.01	140.6	140.5	-0.1
A28	9.11	9.11	0.00	140.1	140.1	0.0
A29	7.89	7.90	0.01	144.0	144.3	0.3
A30	7.54	7.58	0.04	142.6	143.3	0.7

表 4.2.2.3-2 各代表点 50 年一遇 S 向波浪要素对比

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	6.73	6.56	-0.17	176.4	177.5	1.1
A2	7.02	7.08	0.06	175.6	173.4	-2.2
A3	7.18	7.44	0.26	176.3	172.2	-4.1
A4	7.42	7.48	0.06	176.6	174.9	-1.7
A5	7.78	7.85	0.07	176.9	175.5	-1.4
A6	7.87	7.90	0.03	177.3	176.7	-0.6
A7	8.00	8.03	0.03	176.9	176.5	-0.4
A8	7.83	7.87	0.04	176.7	175.9	-0.8
A9	7.57	7.70	0.13	179.1	175.8	-3.3
A10	7.33	7.61	0.28	178.5	172.2	-6.3
A11	7.14	6.21	-0.93	175.7	174.5	-1.2
A12	6.91	6.68	-0.23	175.0	175.9	0.9
A13	8.11	8.12	0.01	176.6	176.5	-0.1
A14	7.89	7.90	0.01	177.5	177.4	-0.1
A15	7.81	7.86	0.05	175.9	175.1	-0.8
A16	7.53	7.06	-0.47	175.7	175.1	-0.6
A17	7.32	6.85	-0.47	173.3	177.1	3.8
A18	7.22	7.20	-0.02	173.9	175.8	1.9
A19	8.06	8.06	0.00	176.9	176.9	0.0
A20	7.99	7.99	0.00	176.8	176.8	0.0
A21	7.88	7.88	0.00	174.5	174.5	0.0
A22	7.83	7.93	0.10	173.7	175.5	1.8
A23	7.65	7.93	0.28	172.3	178.3	6.0
A24	7.57	7.67	0.10	174.9	177.3	2.4
A25	8.03	8.03	0.00	177.0	177.0	0.0
A26	8.02	8.02	0.00	177.0	177.0	0.0
A27	7.96	7.96	0.00	176.7	176.8	0.1
A28	8.02	8.03	0.01	175.4	175.5	0.1
A29	7.92	7.99	0.07	174.5	175.7	1.2
A30	7.11	7.27	0.16	175.6	178.6	3.0

表 4.2.2.3-3 各代表点 50 年一遇 SW 向波浪要素对比

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	5.49	5.63	0.14	203.5	202.3	-1.2

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A2	5.50	5.75	0.25	204.4	200.5	-3.9
A3	5.45	5.53	0.08	205.1	203.4	-1.7
A4	5.57	5.58	0.01	206.2	205.8	-0.4
A5	5.87	5.88	0.01	210.1	209.9	-0.2
A6	5.96	5.96	0.00	210.8	210.8	0.0
A7	5.96	5.96	0.00	210.5	210.5	0.0
A8	5.94	5.94	0.00	209.8	209.7	-0.1
A9	6.01	6.03	0.02	211.6	211.3	-0.3
A10	5.98	6.33	0.35	210.5	205.1	-5.4
A11	5.97	5.82	-0.15	207.3	206.4	-0.9
A12	5.88	5.56	-0.32	203.9	205.4	1.5
A13	6.00	6.00	0.00	212.1	212.1	0.0
A14	5.96	5.96	0.00	211.7	211.7	0.0
A15	5.99	5.99	0.00	209.0	208.9	-0.1
A16	5.99	5.97	-0.02	208.9	209.8	0.9
A17	6.15	5.62	-0.53	208.4	208.7	0.3
A18	5.99	5.64	-0.35	206.3	206.0	-0.3
A19	6.02	6.02	0.00	213.3	213.3	0.0
A20	5.99	5.99	0.00	211.7	211.8	0.1
A21	6.06	6.08	0.02	209.2	209.4	0.2
A22	6.00	6.26	0.26	208.4	212.6	4.2
A23	6.07	6.36	0.29	207.4	211.4	4.0
A24	5.99	5.95	-0.04	208.1	207.8	-0.3
A25	6.10	6.10	0.00	214.3	214.3	0.0
A26	6.05	6.06	0.01	212.8	212.9	0.1
A27	5.98	5.99	0.01	211.7	212.0	0.3
A28	5.94	5.98	0.04	210.1	211.0	0.9
A29	5.82	6.00	0.18	208.5	211.9	3.4
A30	5.74	6.01	0.27	207.3	210.9	3.6

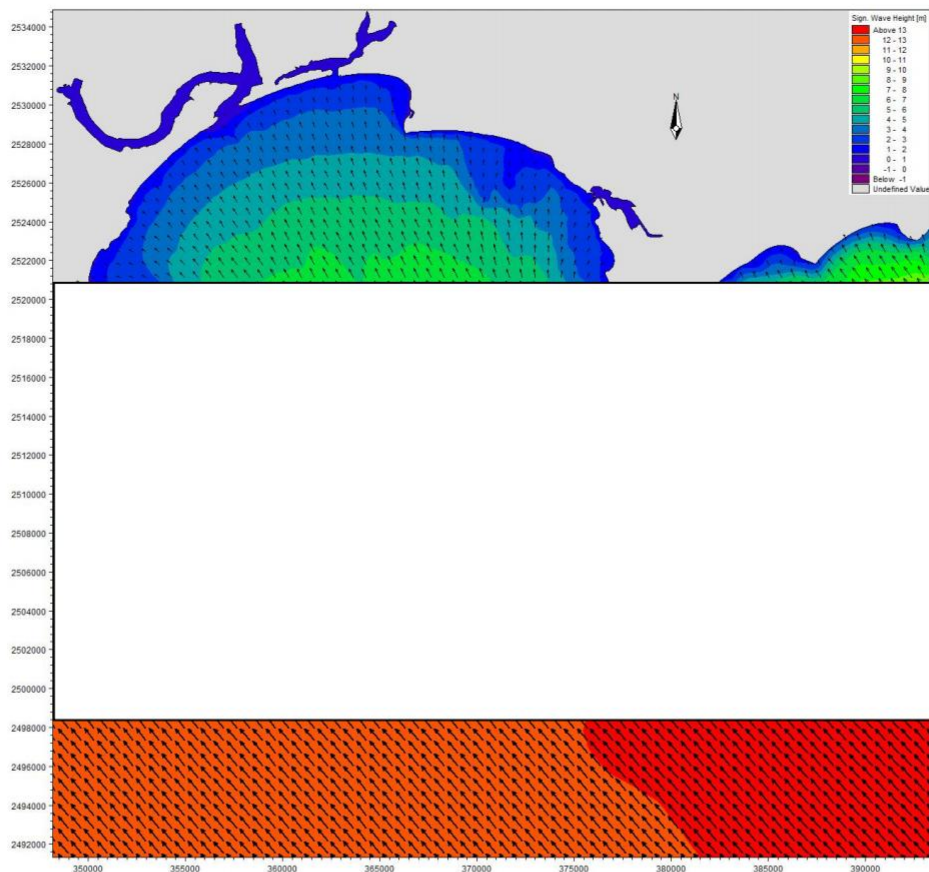


图 4.2.2.3-1 工程后 50 年一遇 SE 向波高分布图

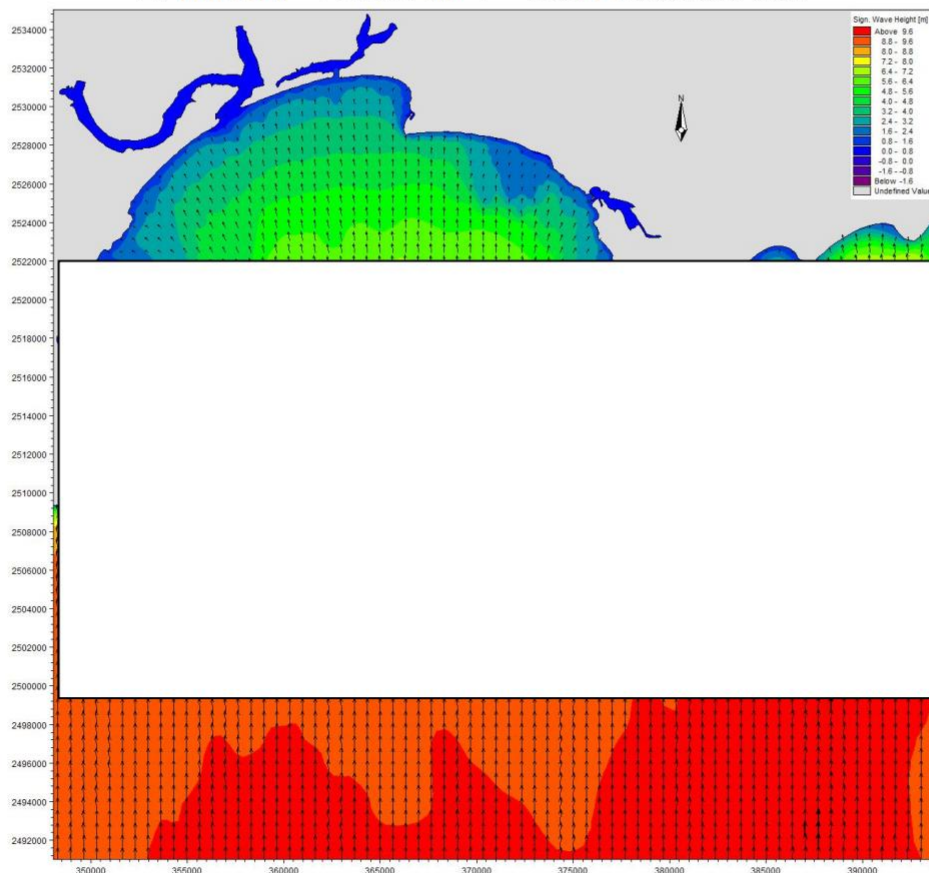


图 4.2.2.3-2 工程后 50 年一遇 S 向波高分布图

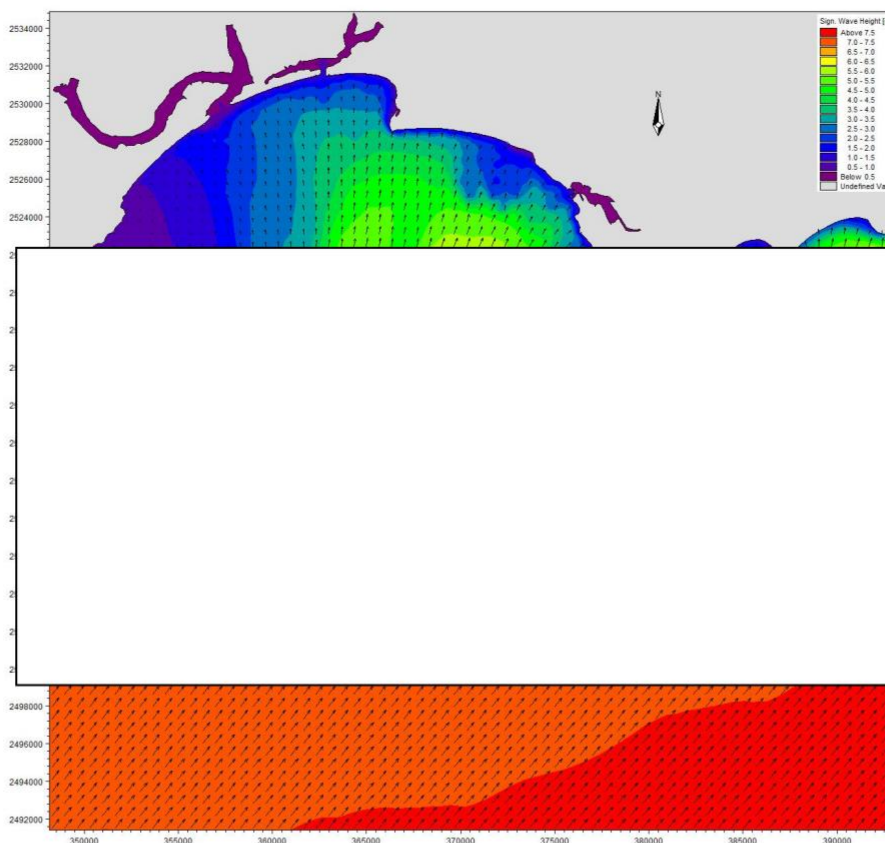


图 4.2.2.3-3 工程后 50 年一遇 SW 向波高分布图

4.2.2.4 SW24-11 和 SW24-12 工程后波浪动力变化分析

为分析SW24-11和SW24-12两个项目采砂对附近海域波浪动力的影响，在采砂区周边水域选取30个代表点对比工程前后50年一遇SE向、S向和SW向波浪要素变化情况，代表点位置与潮流代表点一致。

工程前后各代表点50年一遇SE向波浪要素变化统计结果见表4.2.2.4-1，50年一遇S向波浪要素变化统计结果见表4.2.2.4-2，50年一遇SW向波浪要素变化统计结果见表4.2.2.4-3。从表中可以看出，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50年一遇SE向有效波高最大减小0.48m、S向有效波高最大减小1.02m、SW向有效波高最大减小0.83m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，50年一遇SE向和S向有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近，采砂区内波高变化幅度在1.0m左右。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30代表点50年一遇SE向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 9^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

表 4.2.2.4-1 各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素对比

代表点	有效波高 (m)	波向 ($^\circ$)
-----	----------	-----------------

	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	6.36	6.30	-0.06	147.6	149.3	1.7
A2	7.09	6.67	-0.42	143.5	142.2	-1.3
A3	7.13	6.70	-0.43	145.9	145.6	-0.3
A4	7.35	7.41	0.06	144.3	142.1	-2.2
A5	7.86	7.98	0.12	142.5	139.5	-3.0
A6	8.20	8.34	0.14	142.2	139.2	-3.0
A7	8.53	8.64	0.11	141.9	139.8	-2.1
A8	7.93	8.14	0.21	143.3	138.6	-4.7
A9	7.61	7.72	0.11	144.6	137.5	-7.1
A10	7.27	7.04	-0.23	146.6	146.6	0.0
A11	7.34	6.86	-0.48	141.4	146.5	5.1
A12	6.37	6.72	0.35	146.3	152.7	6.4
A13	8.92	8.95	0.03	141.3	140.8	-0.5
A14	8.53	8.79	0.26	143.8	139.6	-4.2
A15	8.02	8.14	0.12	142.8	139.2	-3.6
A16	7.54	7.54	0.00	143.9	146.7	2.8
A17	7.62	7.85	0.23	139.7	148.6	8.9
A18	6.98	7.28	0.30	146.4	151.2	4.8
A19	9.35	9.35	0.00	141.1	141.1	0.0
A20	9.08	9.09	0.01	142.1	142.0	-0.1
A21	8.83	8.86	0.03	140.5	140.6	0.1
A22	8.44	8.47	0.03	140.5	141.2	0.7
A23	7.83	7.95	0.12	141.0	143.5	2.5
A24	7.40	7.46	0.06	144.9	146.3	1.4
A25	9.62	9.62	0.00	140.8	140.8	0.0
A26	9.48	9.49	0.01	140.6	140.6	0.0
A27	9.32	9.33	0.01	140.6	140.5	-0.1
A28	9.11	9.12	0.01	140.1	140.2	0.1
A29	7.89	7.92	0.03	144.0	144.7	0.7
A30	7.54	7.59	0.05	142.6	143.5	0.9

表 4.2.2.4-2 各代表点 50 年一遇 S 向波浪要素对比

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	6.73	6.11	-0.62	176.4	177.5	1.1
A2	7.02	6.79	-0.23	175.6	173.7	-1.9
A3	7.18	7.43	0.25	176.3	170.7	-5.6
A4	7.42	7.56	0.14	176.6	172.7	-3.9
A5	7.78	7.92	0.14	176.9	174.0	-2.9
A6	7.87	7.96	0.09	177.3	175.5	-1.8
A7	8.00	8.06	0.06	176.9	176.0	-0.9
A8	7.83	8.03	0.20	176.7	173.0	-3.7
A9	7.57	7.66	0.09	179.1	173.1	-6.0
A10	7.33	7.26	-0.07	178.5	171.5	-7.0
A11	7.14	6.12	-1.02	175.7	174.7	-1.0

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A12	6.91	6.67	-0.24	175.0	176.8	1.8
A13	8.11	8.12	0.01	176.6	176.5	-0.1
A14	7.89	7.99	0.10	177.5	175.9	-1.6
A15	7.81	7.42	-0.39	175.9	175.1	-0.8
A16	7.53	6.95	-0.58	175.7	176.8	1.1
A17	7.32	7.04	-0.28	173.3	179.5	6.2
A18	7.22	7.35	0.13	173.9	177.5	3.6
A19	8.06	8.06	0.00	176.9	176.9	0.0
A20	7.99	7.99	0.00	176.8	176.8	0.0
A21	7.88	8.02	0.14	174.5	176.7	2.2
A22	7.83	8.06	0.23	173.7	178.2	4.5
A23	7.65	8.04	0.39	172.3	180.5	8.2
A24	7.57	7.70	0.13	174.9	178.2	3.3
A25	8.03	8.03	0.00	177.0	177.0	0.0
A26	8.02	8.02	0.00	177.0	177.0	0.0
A27	7.96	7.97	0.01	176.7	176.9	0.2
A28	8.02	8.09	0.07	175.4	176.5	1.1
A29	7.92	8.12	0.20	174.5	177.8	3.3
A30	7.11	7.30	0.19	175.6	179.2	3.6

表 4.2.2.4-3 各代表点 50 年一遇 SW 向波浪要素对比

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	5.49	5.55	0.06	203.5	202.9	-0.6
A2	5.50	5.87	0.37	204.4	199.9	-4.5
A3	5.45	5.74	0.29	205.1	201.0	-4.1
A4	5.57	5.64	0.07	206.2	204.8	-1.4
A5	5.87	5.88	0.01	210.1	209.8	-0.3
A6	5.96	5.97	0.01	210.8	210.7	-0.1
A7	5.96	5.96	0.00	210.5	210.5	0.0
A8	5.94	5.96	0.02	209.8	209.4	-0.4
A9	6.01	6.34	0.33	211.6	207.2	-4.4
A10	5.98	6.03	0.05	210.5	205.8	-4.7
A11	5.97	5.61	-0.36	207.3	207.5	0.2
A12	5.88	5.43	-0.45	203.9	205.9	2.0
A13	6.00	6.01	0.01	212.1	212.1	0.0
A14	5.96	5.96	0.00	211.7	211.6	-0.1
A15	5.99	5.92	-0.07	209.0	209.9	0.9
A16	5.99	5.59	-0.40	208.9	210.1	1.2
A17	6.15	5.32	-0.83	208.4	208.7	0.3
A18	5.99	5.23	-0.76	206.3	205.0	-1.3
A19	6.02	6.03	0.01	213.3	213.3	0.0
A20	5.99	6.00	0.01	211.7	212.0	0.3
A21	6.06	6.38	0.32	209.2	213.8	4.6
A22	6.00	6.43	0.43	208.4	214.5	6.1

代表点	有效波高 (m)			波向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A23	6.07	6.27	0.20	207.4	210.7	3.3
A24	5.99	5.83	-0.16	208.1	206.7	-1.4
A25	6.10	6.10	0.00	214.3	214.4	0.1
A26	6.05	6.07	0.02	212.8	213.1	0.3
A27	5.98	6.02	0.04	211.7	212.6	0.9
A28	5.94	6.13	0.19	210.1	213.2	3.1
A29	5.82	6.24	0.42	208.5	214.4	5.9
A30	5.74	6.07	0.33	207.3	211.5	4.2

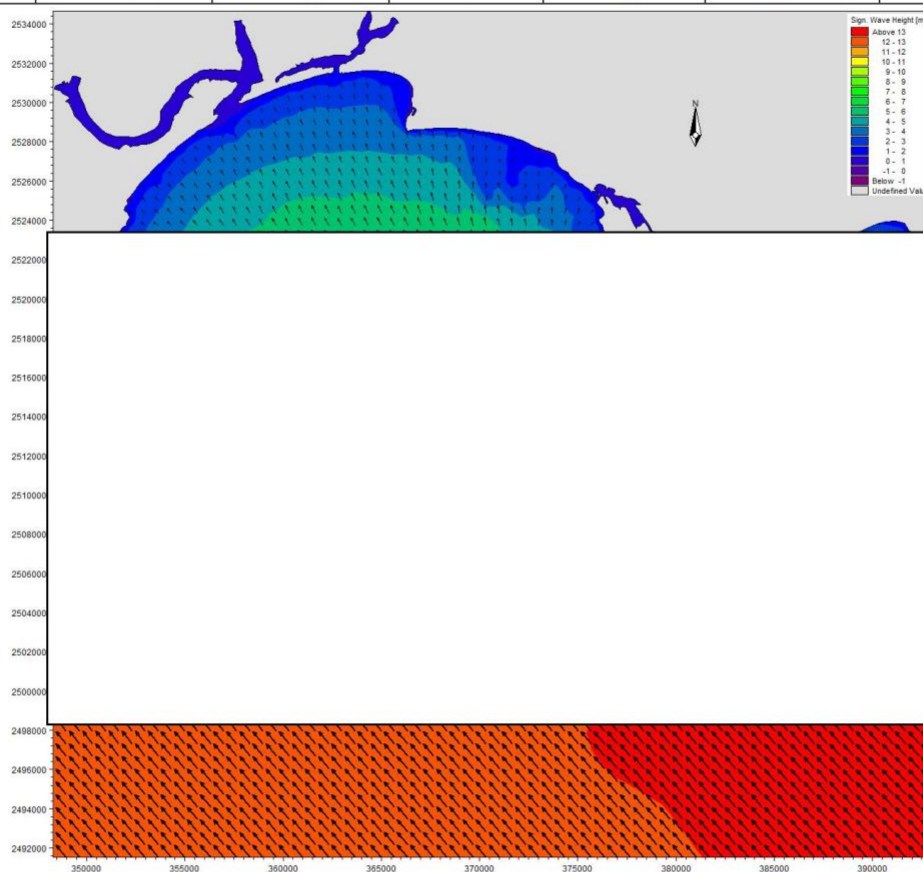


图 4.2.2.4-1 工程后 50 年一遇 SE 向波高分布图

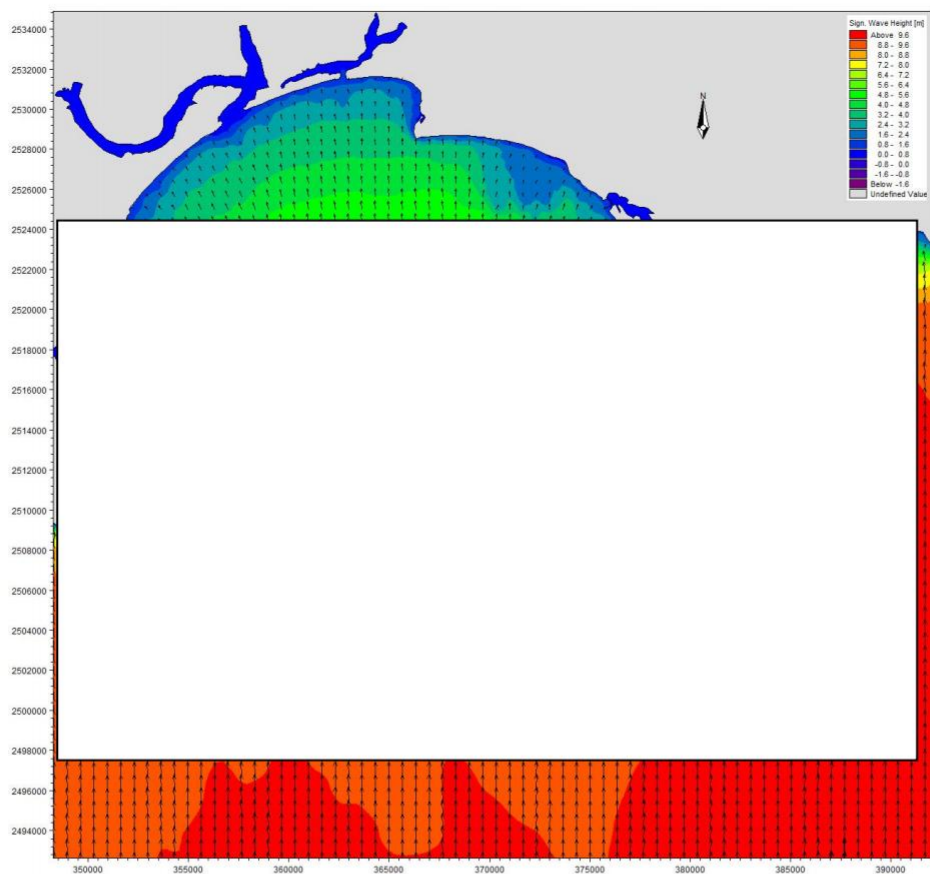


图 4.2.2.4-2 工程后 50 年一遇 S 向波高分布图

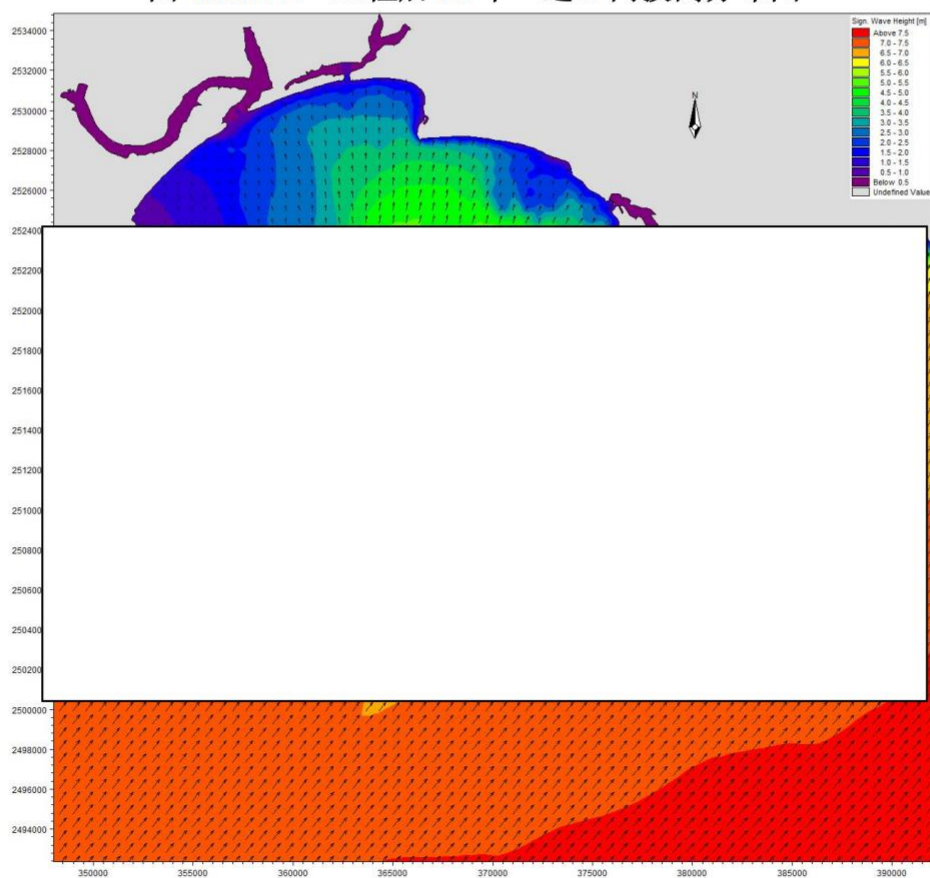


图 4.2.2.4-3 工程后 50 年一遇 SW 向波高分布图

4.2.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

4.2.2.1 泥沙模型构建

根据对当地悬浮泥沙及底质的分析，项目所在海域床面多为细颗粒泥沙，其运动形式以悬移质为主，因此采用悬沙对流扩散方程建立泥沙输运数学模型进行泥沙运动模拟计算。

(1) 控制方程

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

式中：

\bar{c} ——垂向平均泥沙浓度；

h ——总水深， $h = d + \eta$ ， d 为给定基面下水深， η 为基面起算水位；

\bar{u} 、 \bar{v} ——x、y 方向垂向平均流速；

t ——时间；

D_x 、 D_y ——x、y 方向的泥沙扩散系数；

Q_L ——泥沙点源在单位水平面积上的输入流量；

C_L ——泥沙点源的浓度；

F_s ——底部泥沙通量；

(2) 床面变形

$$\gamma_0 \frac{\partial z_b}{\partial t} = -F_s$$

式中， γ_0 为床沙干密度， z_b 为冲淤厚度； $F_s = S_E - S_D$ ， S_E 为床面侵蚀速率， S_D 为床面淤积速率。

对固结粘性床沙 $S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n$ ($\tau_b > \tau_{ce}$)， E 为冲刷系数， τ_b 为水流底切应力，

τ_{ce} 为床沙临界侵蚀切应力， n 为经验系数；

对未固结粘性床沙 $S_E = E \exp[\alpha(\tau_b - \tau_{ce})^{0.5}] (\tau_b > \tau_{ce})$, α 为经验系数;

对粘性泥沙 $S_D = p_d \omega_s c_b$, ω_s 为泥沙沉速, c_b 为近底泥沙浓度, p_d 为淤积概率,

$$p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} \quad (\tau_b < \tau_{cd})$$

(3) 初始条件

$$\bar{c}(x, y, t)|_{t=0} = \bar{c}_0(x, y)$$

式中:

\bar{c}_0 —— \bar{c} 初始条件下的已知值。

初始泥沙浓度 $\bar{c}_0(x, y)$ 取观测期间平均含沙量 17.9 mg/L。

(4) 固边界条件

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial \vec{n}} = 0$$

式中:

\vec{n} ——固边界法向矢量。

4.2.2.2 泥沙冲淤计算结果分析

(1) SW24-12 单独影响

基于二维水动力结果采用二维泥沙数学模型计算了 SW24-12 区块单独采砂后采砂区年冲淤变化, 由计算结果可知, 方案实施后, 由于采砂区内水深增加, 采砂工程实施后采砂区内基本处于回淤状态, 由于工程区无河流携带泥沙入海, 外海进入工程区的悬浮泥沙含量很低, 因此, 工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。

冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内, 采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积, 顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.35m 左右, 平均淤积厚度约为 0.22m; 采砂区附近海域冲淤变化幅度不大, 最大淤积厚度约为 0.12m; 采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.19m, 平均冲刷厚度约为 0.10m。

总体上看, 正常情况下, 采砂工程实施后, 采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程, 但幅度不会很大。

图 4.2.2.2-1 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。

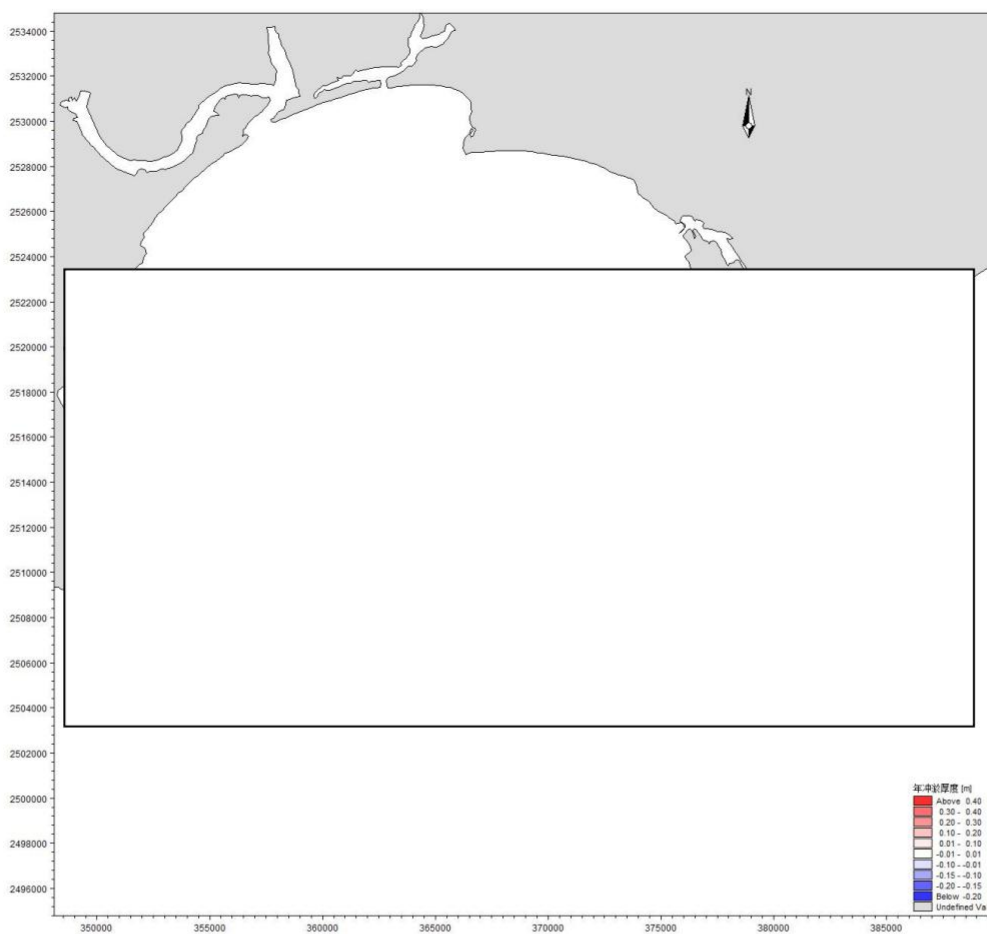


图 4.2.2.2-1 工程实施后年冲淤变化图

(2) SW24-12 与 SW24-12 叠加影响

基于二维水动力结果采用二维泥沙数学模型计算了 SW24-12 和 SW24-12 两个采砂区采砂后采砂区年冲淤变化，由计算结果可知，方案实施后，由于采砂区内水深增加，采砂工程实施后采砂区内基本处于回淤状态，由于工程区无河流携带泥沙入海，外海进入工程区的悬浮泥沙含量很低，因此，工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。

冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.44m 左右，平均淤积厚度度约为 0.29m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.14m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.28m，平均冲刷厚度约为 0.15m。

总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大。

图 4.2.2.2-2 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。

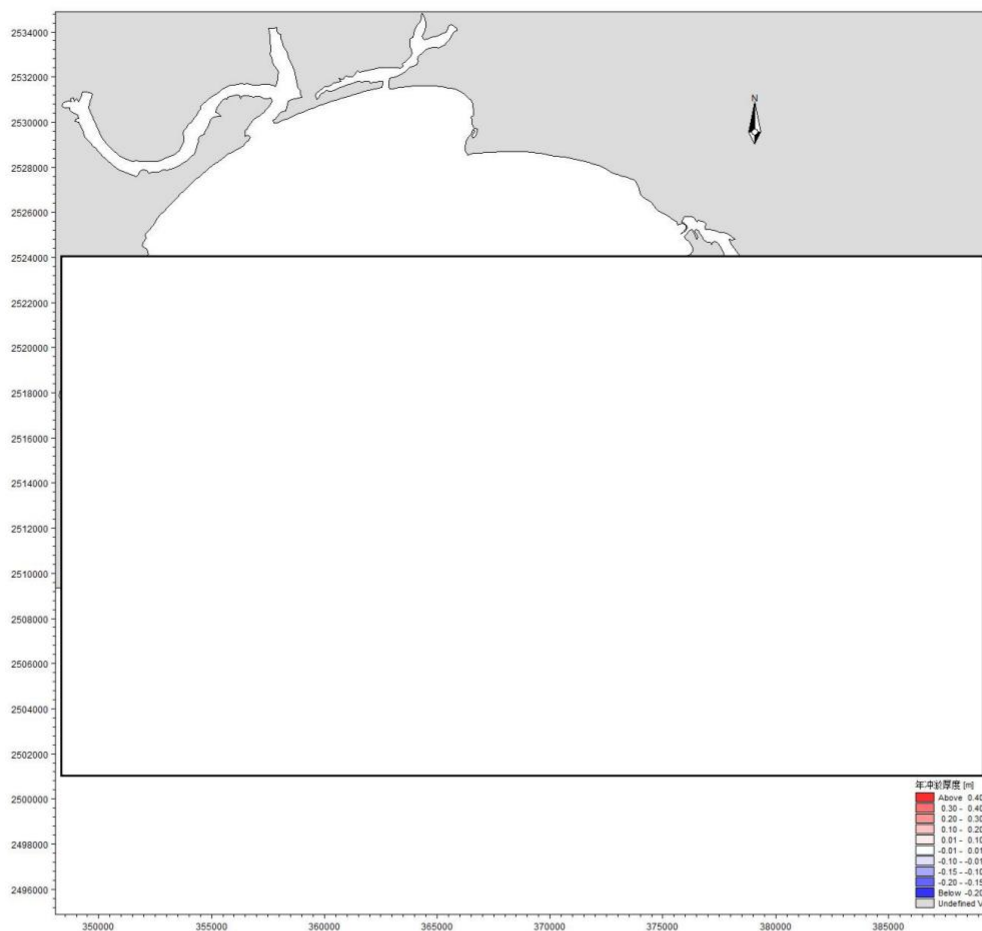


图 4.2.2.2-2 工程实施后年冲淤变化图

4.2.2.3 骤淤估算

工程实施后采砂区内泥沙回淤在所难免，对于台风过程的骤淤，也是人们关注的问题。在工程实施海域，决定骤淤的泥沙条件，一是径流来沙，本区径流输沙很小；二是波浪掀沙，本区波浪掀沙主要影响海床在风浪作用下的重新悬浮、落淤。过境台风使潮流水体紊动加强，波浪掀起海床泥沙，使含沙量异常增大。

$$P = \frac{\alpha \omega S T}{\gamma} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \right]$$

式中， P 为工程后经过时间 t 的淤积量， t 取值 $365 \times 24 \times 3600$ s； α 为泥沙沉降概率； S 为工程前的平均含沙量，取值为 0.018 kg/m^3 ， γ 为淤积物干容重，单位为 kg/m^3 ，按

照公式 $\gamma_c = 1750 \times d_{50}^{0.183}$ 确定， d_{50} 为悬沙中值粒径，根据本工程实测资料取值

为0.001mm； ω 为沉降速度，0.05cm/s； V_1 、 V_2 分别为各网格点工程前、后的全潮平均流速，单位为m/s； H_1 、 H_2 分别是各网格点工程前后的水深。

骤淤计算采用上述淤积量计算公式，但计算参数需作必要的调整。由于本工程区大风天实测含沙量资料不足，故本文仅能用经验公式作一估算。当海域大风（台风）出现时，含沙量会呈数倍增大，本文采用刘家驹公式作近似推算。

$$S = 0.0273\rho_s \frac{(|\vec{V}_1| + |\vec{V}_2|)^2}{gh}$$

式中， \vec{V}_1 —为潮流 \vec{V} 和风吹流 \vec{V}_b 的合成流速，即 $\vec{V}_1 = 0.02\vec{U}$ ；

\vec{U} —为风速矢量；

\vec{V}_2 ——波动水流流速， $|\vec{V}_2| = 0.2C \frac{\bar{H}}{h}$ （ C 为波速， \bar{H} 为波高， h 为水深），

S 为悬沙含量， ρ_s 为泥沙密度。

（1）台风浪条件概述

（1）台风浪

灾害性天气是指对人民生命财产有严重威胁，对工农业生产、交通运输和资源环境等会造成重大损失的天气。如干旱、大风、暴雨、热带气旋、沙尘暴、冰雹、龙卷风、寒潮和强冷空气活动、霜冻、降雪、大雾等。可发生在不同季节，一般具有突发性。灾害性天气是造成海洋灾害的直接原因。研究灾害性天气的形成机理和变化规律，监测灾害性天气形成发展过程，是进行海洋灾害预测预报、防灾减灾的前提和基础。

中国地域辽阔，自然条件复杂，而且属于典型的季风气候区，因此灾害性天气种类繁多，不同地区又有很大差异。而南海是台风、季风潮等热带天气系统活跃的区域，灾害性天气频繁发生，其中影响我国的热带气旋有50%以上都是在南海生成或经过南海北上的。南海区域的灾害性天气对南海沿岸省份海洋经济发展、南海海洋资源开发、海洋捕捞、海岸带滩涂养殖和海上运输构成较大威胁。

汕尾沿岸海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响本海域的热带气旋来自西太平洋和南海，热带气旋分为热带低压（TD）、热带风暴（TS）、强热带风暴（STS）、

台风（TY）、强台风（STY）和超强台风（SuperTY）六个等级。

以遮浪海洋站风速达6级，台风中心位置进入20.9°N~24.9°N，114.3°E~118.3°E区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949~2023年期间，登陆或影响本海域的热带气旋共有205个，年平均2.77个，年最多为9个（1999年），71年间仅1989年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋7~8月出现最多，占47.32%，其次是9月占22.93%，最早出现在4月10日（受6701强台风影响），最晚出现在12月2日（受7427强台风影响），1月至3月没有热带气旋影响本海域，1949年~2019年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有23个，强台风24个，台风42个，强热带风暴41个，热带风暴54个。

表 4.2.2.3-1 (1949~2019)热带气旋中心经过 114.3~118.3°E、20.9~24.9°N 的个数统计

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	合计
01	0	0	0	0	2	6	2	8	2	1	0	0	21
02	0	0	0	0	1	13	12	8	14	4	2	0	54
03	0	0	0	0	1	4	9	15	11	1	0	0	41
04	0	0	0	1	3	3	14	8	8	5	0	0	42
05	0	0	0	0	1	2	3	5	9	3	1	0	24
06	0	0	0	1	0	0	7	6	3	4	2	0	23
07	0	0	0	2	8	28	47	50	47	18	5	0	205
08	0.0	0.0	0.0	0.3	0.11	0.38	0.64	0.68	0.64	0.24	0.07	0.0	2.77
09	0	0	0	0.041	3.90	13.66	22.93	24.93	22.93	8.78	2.44	0	100.00

注：01~热带低压、02~热带风暴、03~强热带风暴、04~台风、05~强台风、06~超强台风、07~合计、08~年平均、09~频率(%)

1949年~2023年期间，对汕尾沿岸海域最具影响的热带气旋有10个，遮浪海洋站记录的风速均在33m/s以上，分别是6903、7908、8805、9009、9509、2000年13号、2003年13号台风、2013年19号台风、2017年13号台风和2018年22号台风。

影响汕尾沿岸海岛海域的西太平洋台风，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（见图4.2.2.3-1），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940hPa（资料来自上海台风研究所），1979年8月1日24时~2日12时，汕尾沿岸海岛海域平均风力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，汕尾气象站实测阵风风速60.4m/s，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。

汕尾港妈屿站出现 3.81 米（当地水尺）暴潮水位，比正常潮位高出 1.78 米，妈屿站最大增水 2.51 米，出现在 1979 年 8 月 2 日 10 时 00 分，汕尾市区大部分街道受浸，水深 0.3~1.0 米，7908 号台风给汕尾沿岸海岛造成重大经济损失和人员伤亡。

9509 号台风是另一个严重影响汕尾沿岸海岛海域的台风（见图 4.2.2.3-1），其特点是：也是风力强、范围广、破坏力强。1995 年 8 月 31 日 15 时前后，9509 号台风在广东省海丰与惠东县沿海登陆，登陆时遮浪海洋站实测风速 59.7m/s，风向东北，汕尾市 46.0m/s，海丰、惠东县 39.0m/s，惠来 35.0m/s，惠阳 34.0m/s，澄海 31.0m/s。这个台风影响范围之广，破坏力之大，为近年所罕见，台风所到之处输电线被吹断，树木、工棚被毁、沿海海堤被打坏，受 9509 号台风影响，国民经济直接损失 38.62 亿元和重大人员伤亡。

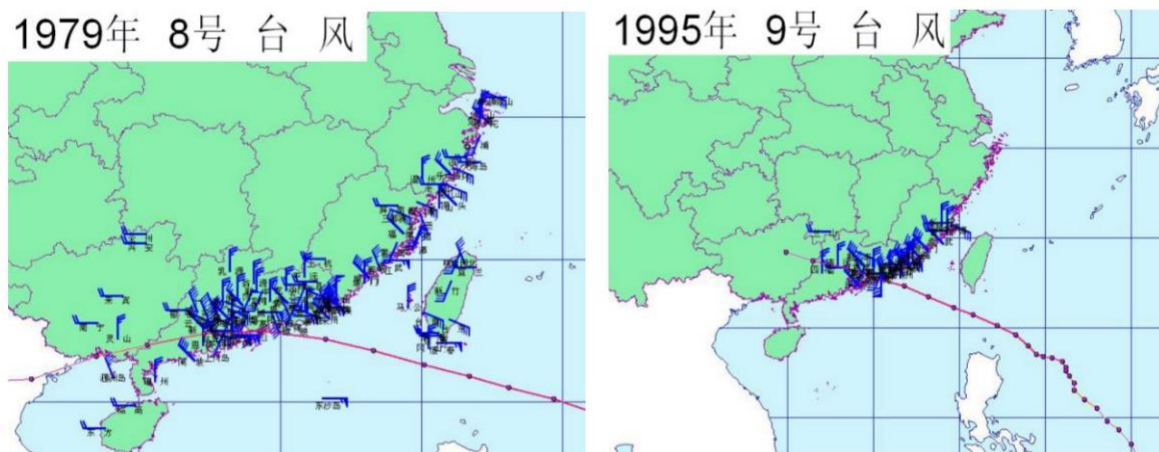


图 4.2.2.3-1 对汕尾沿岸海岛海域最具影响的热带气旋路径图

②波要素

本次骤淤估算采用SE向和E向50年一遇设计高情况下的波要素进行计算，波要素见下表。

表 4.2.2.3-1 工程海区 50 年一遇设计高水位波要素

波向	SE	S
有效波高 (m)	7.8	7.5
有效波周期 (s)	11.1	10.9
波长 (m)	141	138

(2) 采砂区骤淤分析

(1) SW24-12 单独影响

当出现大风天气时，水体紊动强烈，挟带泥沙粒径较大，在计算中对泥沙沉速和含沙量等参数都作了相应的调整。另外，由于大风天气持续时间长短不一，本文统一按48小时淤积强度进行计算。

根据本文所采用的刘家驹挟沙力公式，计算了SW24-12采砂区采砂完成后极端天气下采砂区内48小时回淤厚度，计算结果见表4.2.2.3-2。

表 4.2.2.3-2 极端工况下采砂区 48h 骤淤厚度

波向	SE	S
48h 骤淤厚度 (m)	0.08	0.07

计算结果显示，极端天气作用下采砂区的回淤量较正常天气要明显增大。SE 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.08m，S 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.07m，一般情况下，极端天气发生后只会持续 1~2 天，因此，极端天气情况下产生的回淤量不会很大，不会造成采砂区附近海域底床发生大的调整。

(2) SW24-12 与 SW24-12 叠加影响

当出现大风天气时，水体紊动强烈，挟带泥沙粒径较大，在计算中对泥沙沉速和含沙量等参数都作了相应的调整。另外，由于大风天气持续时间长短不一，本文统一按48小时淤积强度进行计算。

根据本文所采用的刘家驹挟沙力公式，计算了SW24-12和SW24-12两个采砂区采砂完成后极端天气下采砂区内48小时回淤厚度，计算结果见表4.2.2.3-3。

表 4.2.2.3-3 极端工况下采砂区 48h 骤淤厚度

波向	SE	S
48h 骤淤厚度 (m)	0.13	0.12

计算结果显示，极端天气作用下采砂区的回淤量较正常天气要明显增大。SE向 50年一遇波况作用下48h骤淤量达到0.13m，S向50年一遇波况作用下48h骤淤量达到0.12m，一般情况下，极端天气发生后只会持续1~2天，因此，极端天气情况下产生的回淤量不会很大，不会造成采砂区附近海域底床发生大的调整。

用经验公式计算得到的采砂区回淤及骤淤厚度，其精度受诸多方面的影响，如原型观测资料、挟沙力公式的选取、冲淤系数的确定等，但总的变化趋势应是合理的。建议采砂工程实施过程中要及时做底质环境跟踪监测，工程实施后三年内实施一次回淤跟踪观测，确保采砂区工程实施后不会对周边海域底床环境产生大的影响。

4.2.2.4 采砂对岸滩稳定性影响分析

本项目采砂区位于碣石湾海域，对于砂质岸线，影响岸滩稳定的主要因素为动力场和泥沙来源。单纯在潮流作用下泥沙很难启动，只有叠加波浪，泥沙才能在波浪启动下产生输运，因此，报告从潮流和波浪两方面分析采砂工程实施前后岸滩附近水动力场的变化，同时分析采砂区附近的泥沙来源情况，从而对采砂区实施后做一个定性分析。

(1) 泥沙来源

采砂区位于碣石湾内，所在海域没有河流携带泥沙入海，本区域泥沙来源主要为近岸泥沙再悬浮引起的沿岸输沙，而沿岸输沙的主要是由于潮流和波浪共同作用引起的，因此，有必要分析采砂区实施前后岸滩附近动力场的变化情况。

(2) SW24-12实施对岸线附近动力场的影响

1) 流场

图4.2.2.4-1和图4.2.2.4-2为SW24-12区块单独采砂前后大潮涨落急流速变化等值线图，由图可知，采砂区采砂完成后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在0.1m/s以下，潮流变化区域位于10m等深线以外，本项目与附近岸线距离较远，采砂区施工后不会对岸滩产生影响。因此，本项目的实施基本不会改变附近岸滩的流场。

2) 波浪场

图4.2.2.4-3和图4.2.2.4-5为SW24-12采砂区采砂前后50年一遇SE向、S向和SW向H13波高变化等值线图。根据波浪场计算结果可知：采砂区采砂实施后，近岸5米等深线内的岸滩海域波高变化最大幅度在0.1m以内，变化幅度很小，结果表明，本工程总体上看，本工程实施会对工程附近波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响较小。

根据上面计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

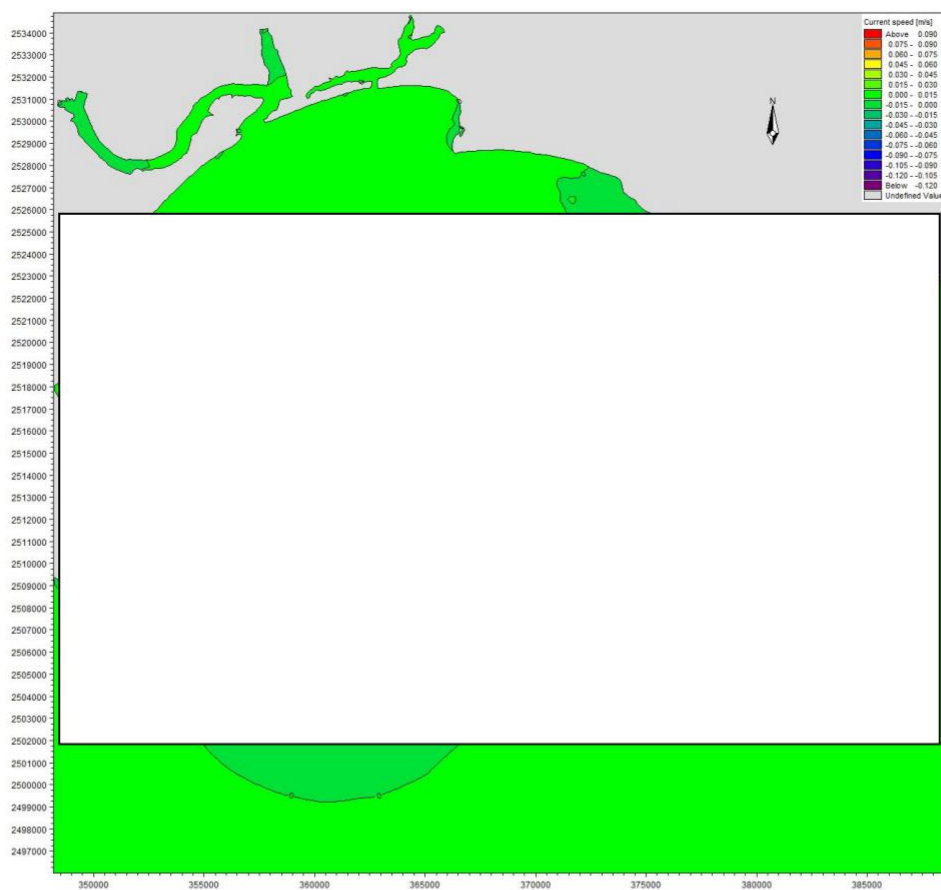


图 4.2.2.4-1 采砂区实施前后冬季大潮涨急流场变化等值线图

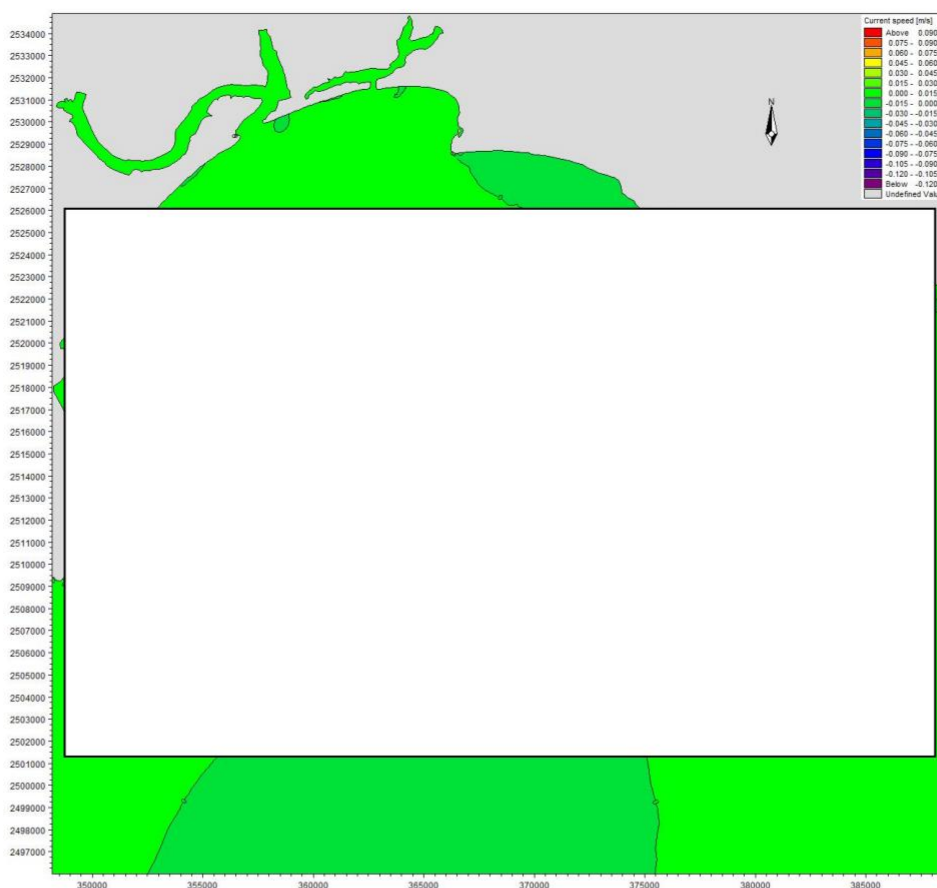


图 4.2.2.4-2 采砂区实施前后冬季大潮落急流场变化等值线图

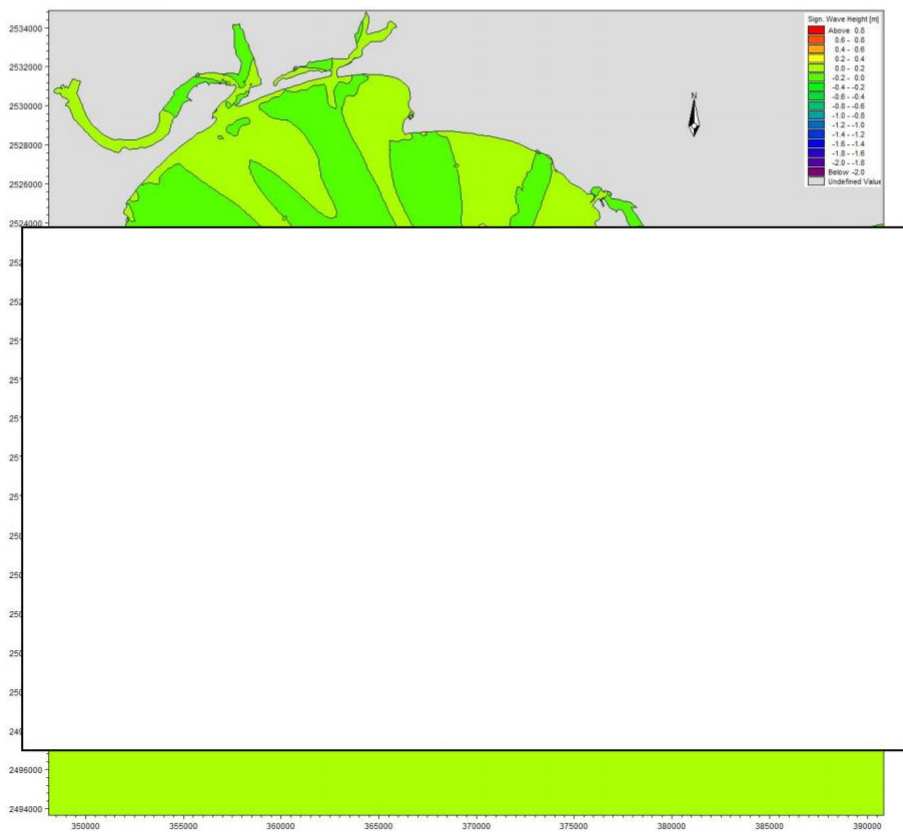


图 4.2.2.4-3 采砂区实施前后 SE 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

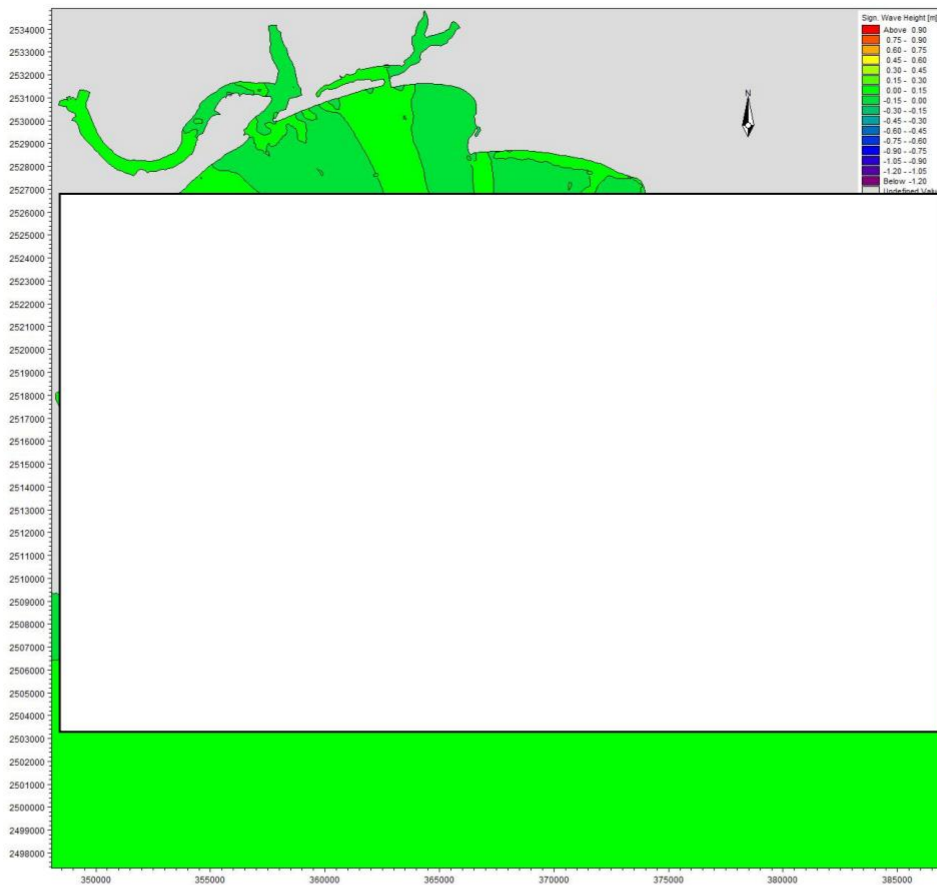


图 4.2.2.4-4 采砂区实施前后 S 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

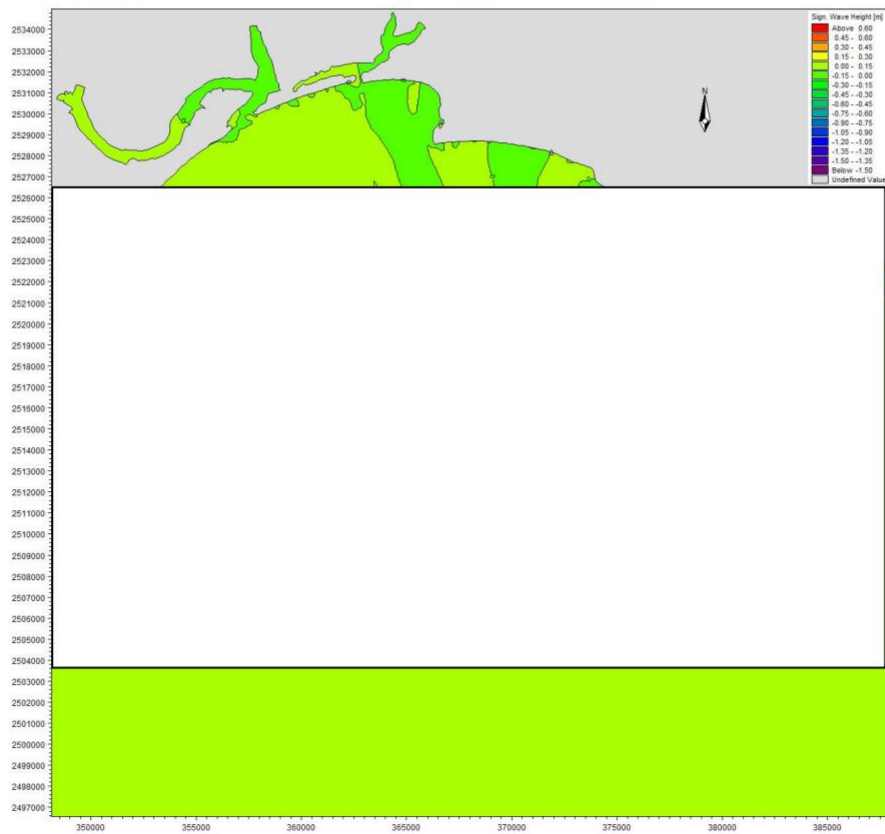


图 4.2.2.4-5 采砂区实施前后 SW 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

(2) SW24-11与SW24-12项目实施对岸线附近动力场的影响

1) 流场

图4.2.2.4-6和图4.2.2.4-7为为SW24-11和SW24-12两个区块采砂前后大潮涨落急流速变化等值线图，由图可知，采砂区采砂完成后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在0.1m/s以下，潮流变化区域位于10m等深线以外，本项目与附近岸线距离较远，采砂区施工后不会对岸滩产生影响。因此，本项目的实施基本不会改变附近岸滩的流场。

2) 波浪场

图4.2.2.4-8和图4.2.2.4-9为SW24-11和SW24-12两个采砂区采砂前后50年一遇SE向、S向和SW向H13波高变化等值线图。根据波浪场计算结果可知：采砂区采砂实施后，近岸5米等深线内的岸滩海域波高变化最大幅度在0.1m以内，变化幅度很小，结果表明，本工程总体上看，本工程实施会对工程附近波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响较小。

根据上面计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

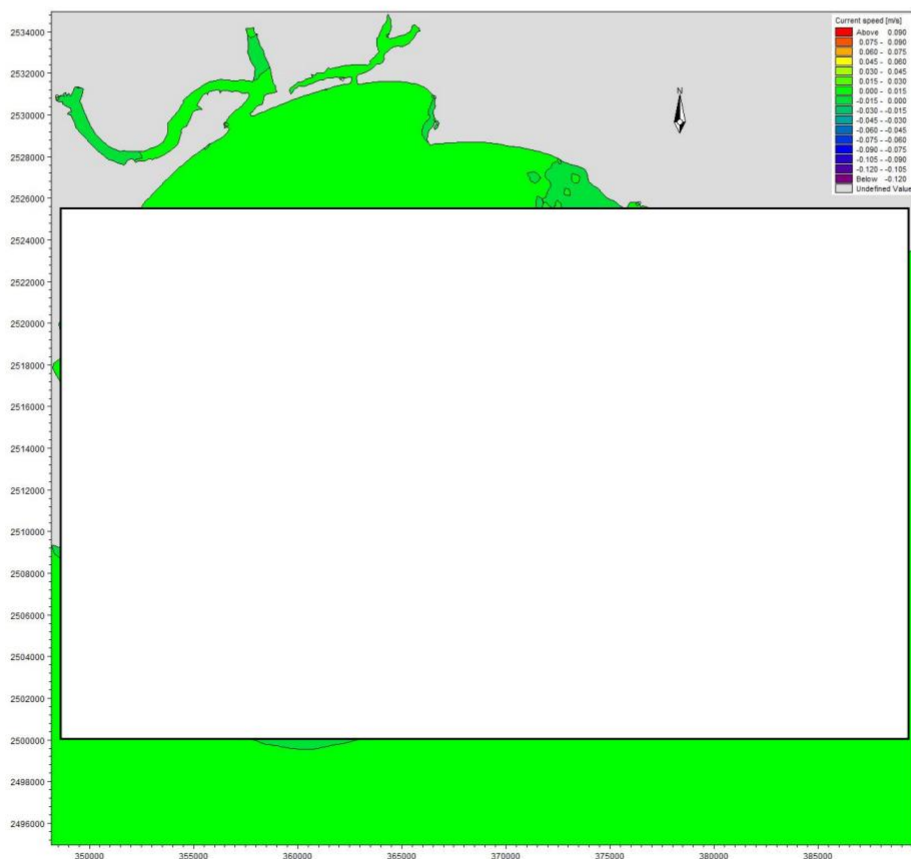


图 4.2.2.4-6 采砂区实施前后冬季大潮涨急流场变化等值线图

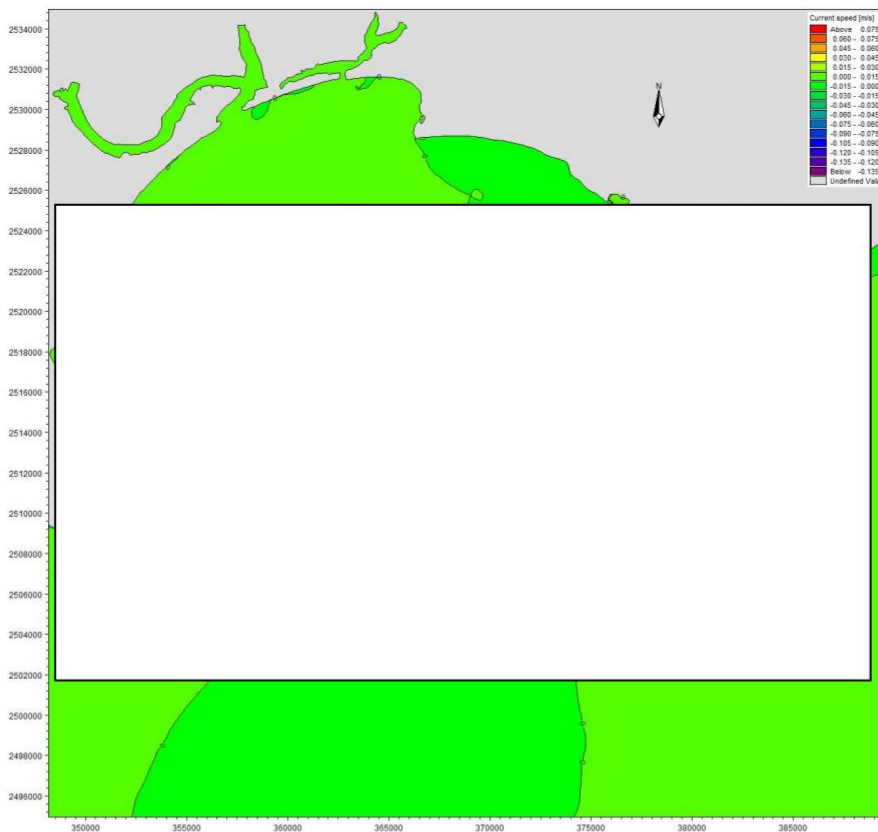


图 4.2.2.4-7 采砂区实施前后冬季大潮落急流场变化等值线图

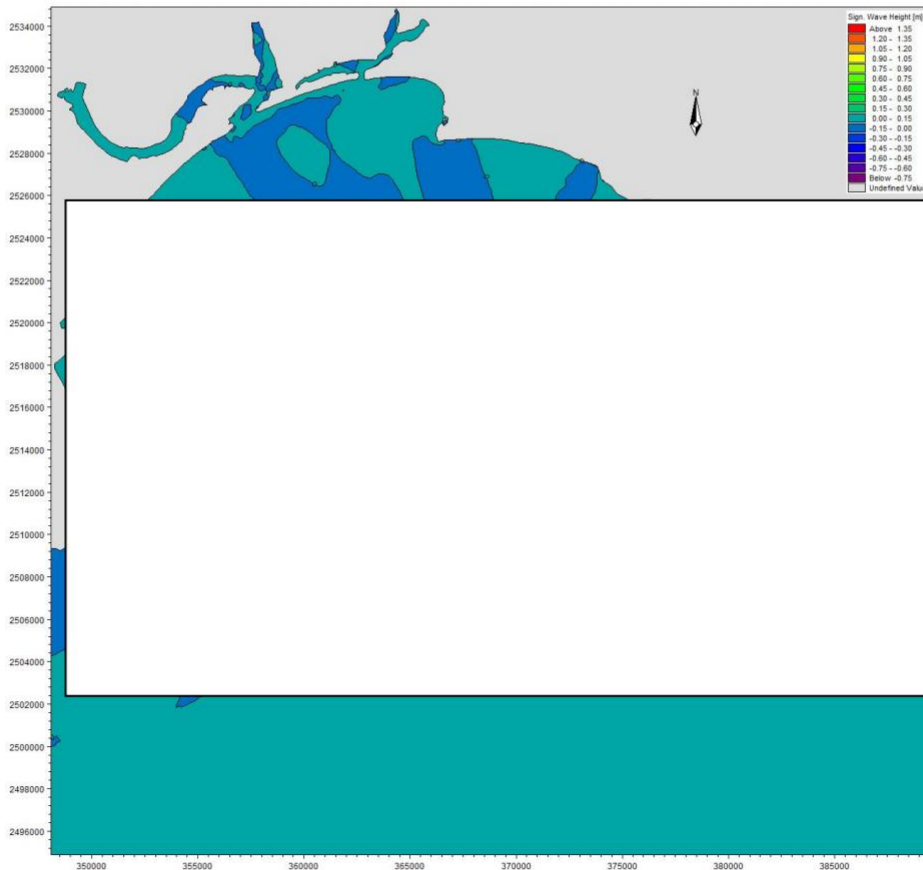


图 4.2.2.4-8 采砂区实施前后 SE 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

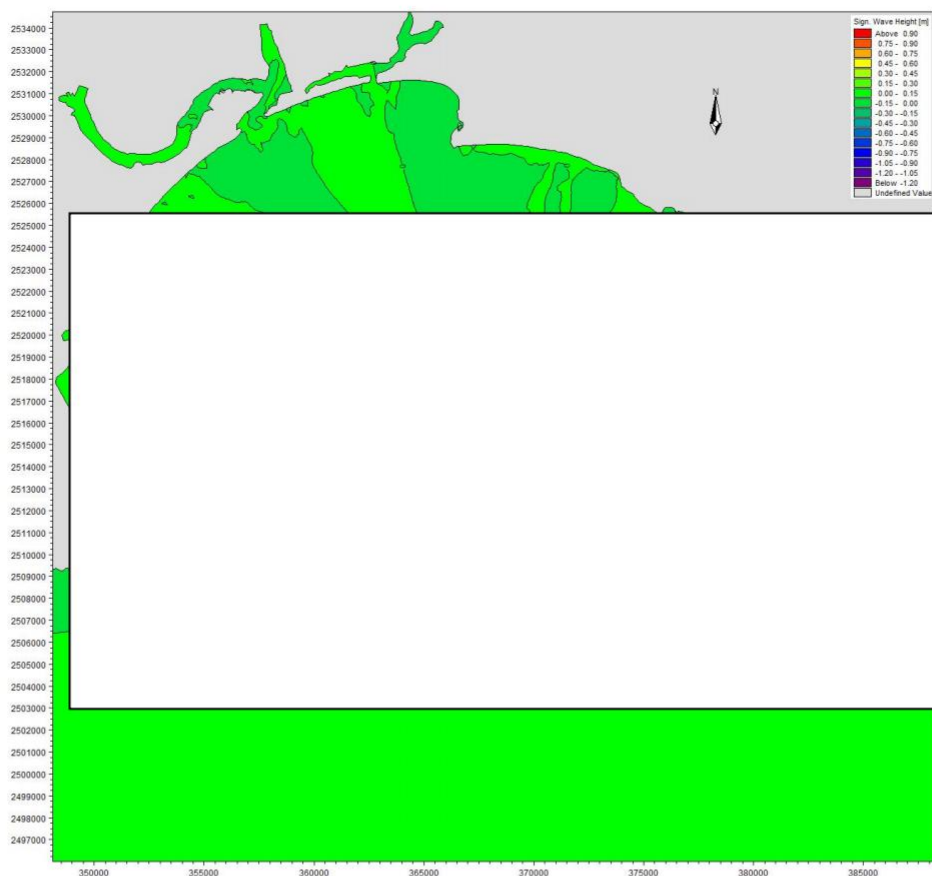


图 4.2.2.4-9 采砂区实施前后 S 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

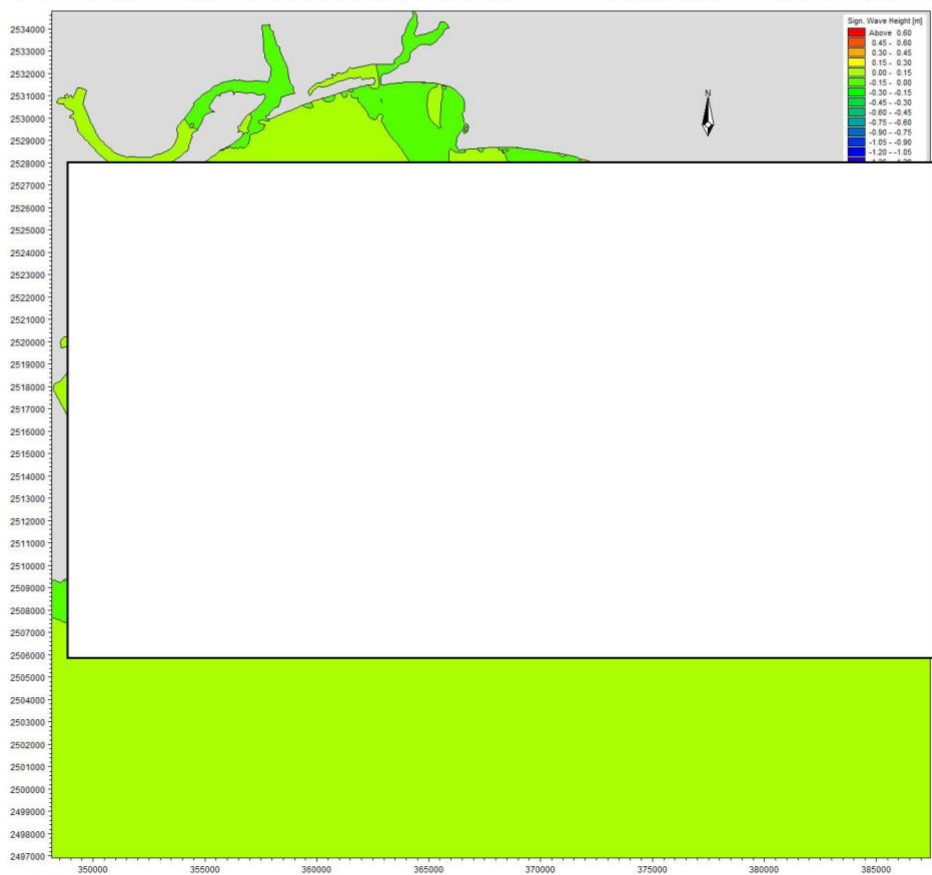


图 4.2.2.4-10 采砂区实施前后 SW 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

4.2.2.5 边坡坍塌影响

较大的水面波动，为采砂作业带来风险。另外，当采砂区位于水深变化较大的区域，采砂较深引起的水动力对沉积物压实作用的差异性容易引起沉积层的侧向流动，从而引发边坡坍塌灾害。

参考中国科学院南海海洋研究所的物理模拟实验结果，中国科学院南海海洋研究所设置不同的采砂深度进行对比试验，实验模型水平和高度均采用 1:100 的比例。控制实验初始模型长度为 35cm，根据实际需求设置实验深度分别为 8cm，11cm，14cm，和 17cm 进行开挖实验(图 4.2.2.5-1)。实验记录了采砂引起边坡垮塌后边坡的延伸长度(图 4.2.2.5-2、图 4.2.2.5-3)。

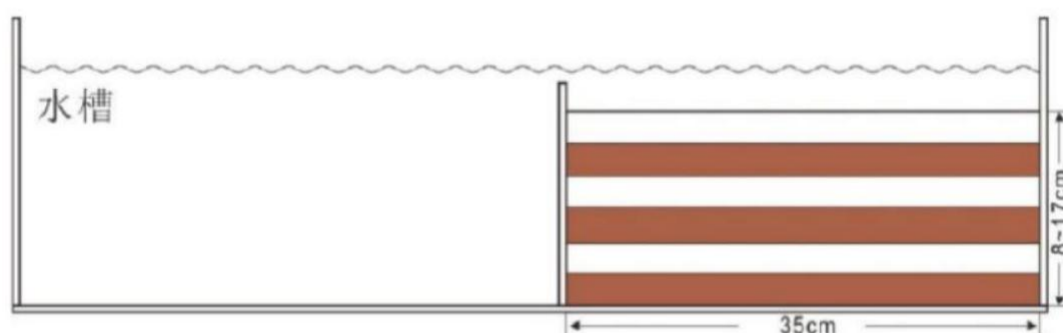


图 4.2.2.5-1 采砂深度分析实验模型设置



图 4.2.2.5-2a 采砂深度 8cm 实验照片

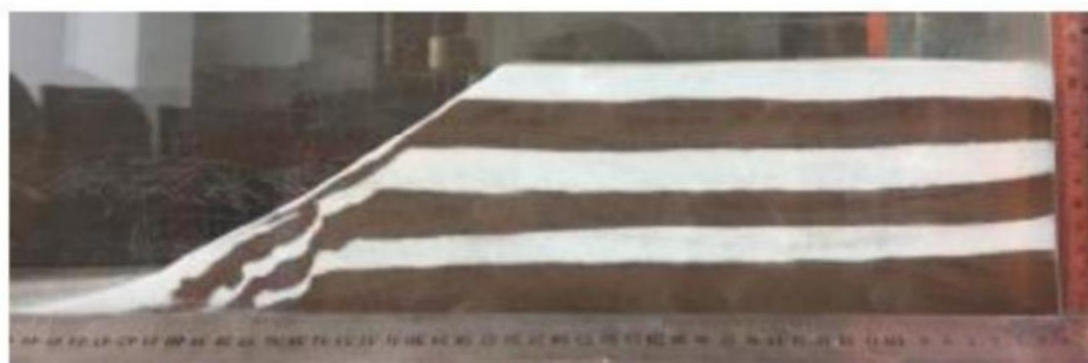


图 4.2.2.5-2b 采砂深度 11cm 实验照片



图 4.2.2.5-2c 采砂深度 14cm 实验照片



图 4.2.2.5-2d 采砂深度 17cm 实验照片

由于采砂区砂体含泥量较少，结构松散，质地基本均一，因此采砂坑边坡可以近似作为无粘性土坡，以考虑其稳定性。另外，可将采砂区边界沿砂脊等深线设置，使采砂工程后砂坑边缘保有浅滩区域的最浅水深，确保砂坑边坡无外来砂源可引起持续滑塌。此时边坡稳定性近似满足：

$$K = \frac{T_f}{T} = \frac{G \cos \beta \tan \varphi}{G \sin \beta} = \frac{\tan \varphi}{\tan \beta}$$

式中 K 为稳定安全系数，G 为单元体自重， β 为坡角， φ 为内摩擦角。当采砂坑如图 4.2.2.5-2 自然形成时，可近似认为砂坑边坡的抗滑力 T_f 和滑动力 T 相互平衡，此时坡角与内摩擦角相等，边坡处于极限平衡状态，其稳定安全系数 $K=1$ 。极限平衡状态时的坡角称为自然休止角，由图 4.2.2.5-3 中的数据可计算得到当采砂深度分别为 8m、11m、14m、17m 时，自然休止角的正切值、角度，以及边坡坍塌宽度(表 4.2.2.5-1)。

工程建设中为保证土坡具有足够安全储备，通常取 K 在 1.3~1.5 之间，为进一步确保安全，可取安全系数 $K=4$ ，此时可计算得到砂坑边坡坍塌引起的坡顶后退距

离(表 4.2.2.5-1), 以此为参考, 在选定采砂区边界时可使砂坑边缘远离水深更浅的砂脊。

表 4.2.2.5-1 安全系数 K=1, K=4 时边坡的参数

深度 (m)	K=1				K=4			
	坡角 β (自然 休止角)	Tan β	边坡宽 度 (m)	坡顶后 退距离 (m)	坡角 β (自然 休止角)	Tan β	边坡宽 度 (m)	坡顶后 退距离 (m)
8	27.9	0.53	15.0	6.5	7.4	0.13	61.5	<53.0
11	29.2	0.56	19.7	8.6	8.0	0.14	78.6	<67.5
14	30.1	0.58	24.2	10.9	8.5	0.15	93.3	<80.0
17	32.6	0.64	26.7	11.8	9.1	0.16	106.3	<91.4

本项目全矿区平均细度模数为 2.1, 整体为细砂级别, 平均采砂深度约为 9.5m, 参照中国科学院南海海洋研究所的前述数值模拟结果, 本项目采砂区预计可能形成的边坡宽度距离约为 50m。边坡坍塌可能会使表层沉积物和底栖生物被掩埋, 造成一定的生物量损失, 同时也会对所在海域的地形地貌等造成一定的影响。为确保本项目采砂后形成的边坡处于平衡状态, 采砂时的自然休止角应控制在 30°左右, 即采砂时的吸砂管以 60~70°左右角度插入矿层, 以形成较缓的边坡, 降低边坡影响。

4.2.4 海水水质环境影响预测与评价

本工程施工对水质影响主要考虑船舶洗砂过程中所产生的源强。船舶洗砂过程中会产生高浓度含泥沙水, 通过溢流管海底排放后会形成高浓度悬沙, 其后悬沙随海流运输、扩散和沿程落淤, 浓度逐渐减小, 范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙运输扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

4.2.4.1 模型介绍

一、基本方程

悬浮物扩散方程:

Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为:

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u \frac{\partial CD}{\partial x} + v \frac{\partial CD}{\partial y} + w_f \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_M D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_M D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + DS_c$$

其中: C 为水体悬沙含量, S_c 为输入源强, w_f 为泥沙有效沉速, $w_f = w - w_s$, w_s 为泥沙静水中沉速, 根据静水单颗粒圆球公式进行计算得到; 泥沙沉速 w 由沙玉清平流公式计算

$w = \frac{1}{24} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{gD^2}{\nu}$, 其中 γ_s 为泥沙密度, 取 $2.4 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, γ 为水体密度, 取 $1.03 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, D 为泥沙直径, 根据实测的海底表层沉积物中值粒径, 在此取 0.015mm , ν 为运动粘滞系数, 根据海水温度取 22 摄氏度海水的粘滞系数 $0.958 \text{m}^2/\text{s}$. K_M 为水平扩散系数, 采用欧拉公式:

$$K_{MX} = 5.93 \sqrt{gH} |u| / C_z \quad K_{MY} = 5.93 \sqrt{gH} |v| / C_z$$

C_z 为 chezy 系数, K_v 为垂直扩散系数, 根据广东沿海的研究文献取 0.023 。

岸界边界条件: $\frac{\partial C}{\partial \bar{n}} = 0$

侧开边界的边界条件:

入流时 $C|_{\Gamma} = p_0$;

Γ 为水边界, P_0 为边界上浓度, 计算冲射式挖沟施工悬沙增量时, 因本底悬沙浓度不大, 不考虑本底值, 取 $P_0=0$ 。

出流时 $\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial \bar{n}} = 0$ U_n 为边界法向流速;

自由表面上: $w_f C + K_v \frac{\partial C}{\partial z} = 0$

$$\text{海底床面: } -K_v \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M \left(\frac{v^2}{v_e^2} - 1 \right) & v \geq v_e \\ 0 & v_d < v < v_e \\ w_{fb} C_b \left(\frac{v^2}{v_d^2} - 1 \right) & v \leq v_d \end{cases}$$

式中: M 为冲刷系数, 取曹祖德实验参数, $M=6.4 \times 10^{-3}$; w_{fb} 为近底层泥沙有效沉速, $w_{fb}=w_s-w$, w_s 为泥水静水沉速, $w_{fb} \times C_b$ 为悬沙垂直沉降通量, $K_v \frac{\partial C}{\partial z}$ 为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量; V 为底层流速, V_d 为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速, V_e 为床面泥沙悬扬临界流速。

泥沙起动用窠国仁的泥沙起动公式:

$$\text{悬扬临界流速: } V_e = k \left(\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD + \left(\frac{r_0}{r_*} \right)^{5/2} \frac{\varepsilon + g\delta h(\delta/D)^{1/2}}{D}}$$

$$\text{落淤的临界流速: } V_d = k \left(\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD}$$

泥沙起动公式中各参数取值为, $k=0.41$, $g=981\text{cm/s}^2$, 当泥沙粒径 $D<0.05\text{cm}$, 床面糙率 $\Delta = 0.1\text{cm}$, $d'=0.05\text{cm}$, $d^*=1.0\text{cm}$, 泥沙粘结系数 $\varepsilon=1.75\text{cm}^3/\text{s}^2$, 薄膜水厚度参数 $\delta=2.31\times 10^{-5}\text{cm}$, h 水深(cm), r_0 床面泥沙干容重(g/cm^3), r^* 床面泥沙稳定干容重(g/cm^3), 泥沙容重 $r_s=2.65\text{g/cm}^3$, 海水容重 $r_s=1.025\text{g/cm}^3$ 。

初始条件:

模拟施工期本底值均置为 0, 仅考虑悬沙增量。

二、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 $\Delta t=30\text{s}$ 。

(3) 泥沙沉降速度

根据文献(刘家驹, 淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法, 2012 年), 对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 $0.04\sim 0.05\text{cm/s}$ 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。

本项目溢流出的泥沙主要由粉砂(粒径区间 $0.004\sim 0.063\text{mm}$)和粘土(粒径 $\leq 0.004\text{mm}$)组成(粒径 $\leq 0.063\text{mm}$), 根据文献和《航道水文规范(JTS145-2015)(2022 版)》, 考虑絮凝作用, 沉降速度取 0.04cm/s 。

4.2.4.2 源强

采砂作业产生的悬浮泥沙主要来自于海砂分选过程和吸砂过程。本项目拟采用 5 艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 和 3 艘 $400\text{m}^3/\text{h}$ 的射流式采砂船进行施工。

由工程分析可知, 本项目采砂船舶刚性射流管和吸砂管插入预定砂层只是一个很短暂的过程, 很快就会稳定形成海砂分选的悬浮泥沙影响状态, 且除非遇极端天气需进行避台或者船舶定期回港维修, 正常采砂期间, 无需反复插管, 即一次插管后, 在船舶无需离开采砂区的情况下, 无需再进行插管, 因此该影响时间非常短暂, 本次不对该短时影响进行悬沙扩散影响预测。

此外, 由于本项目采砂层上部有较厚的盖层, 大部分未被吸到船上的砂水混合

物仍在采砂层，仅有极少量会逃逸出采砂孔而进入海床底以上水体；由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂，逐层开采深度较小，且本项目拟采用射流式采砂船，采砂的同时不断有过流水流入采砂坑内，因此矿体盖层下沉较缓慢，盖层可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强而也较小；此外，根据本项目开发利用方案，为避免超矿区开采，造成水下矿区边坡坍塌，采砂船将以 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 左右角度插入海床，在水下休止角 (23°) 以内的矿体将得不到开采，因此在采砂船规范作业的情况下，本项目采砂过程基本不会造成边坡坍塌。因此，高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙、盖层崩塌和边坡坍塌产生的悬浮泥沙源强均非常小，相较于本项目海砂分选过程产生的悬浮泥沙，其影响基本可忽略不计，本次不对前述过程可能产生的影响进行定量预测评价。

本次主要对本项目采砂施工中产生悬浮泥沙影响最大的海砂分选过程进行预测，预测本项目施工产生悬浮泥沙的扩散影响范围，根据施工安排，采砂过程拟采用5艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 和3艘 $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船同时施工，因此，本报告预测5艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 和3艘 $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船在采砂区 SW24-12 施工产生的悬沙扩散。 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船在 V1、V2 矿体开采海砂分选过程产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为 $72.81\sim 95.80\text{kg/s}$ ， $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船在 V1、V2 矿体开采海砂分选过程产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为 $24.27\sim 31.93\text{kg/s}$ ，单艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均悬沙产生源强为 80.58kg/s ，单艘 $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均悬沙产生源强为 26.86kg/s 溢流口位于海面下 2.0m 左右。悬浮物扩散源强考虑为表层释放。

表 4.2.4.2-3 悬浮泥沙源强统计一览表

区块	矿层	工况	采砂工作效率 (m^3/h)	泥（粉砂+粘土）				
				含泥量 (%)	海砂分选效率 (%)	排放源强 (m^3/h)	泥沙干容重 (t/m^3)	排放源强 (kg/s)
SW24-12 区块	V1	单船 采砂 时	1200	27.01	95	291.71	1.12	95.80
	V2			20.53		221.72		72.81
	全区			22.72		245.38		80.58
SW24-12 区块	V1	单船 采砂 时	400	27.01	95	97.24	1.12	31.93
	V2			20.53		73.91		24.27
	全区			22.72		81.79		26.86

（参数引用《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源储量核实报告》：海砂分选环节产生的悬浮泥沙溢流本工程所需的砂类为细中砂，粒径小于 0.063mm 的泥质在海砂分

选过程中将随溢流排入海。本采砂区内的泥的平均含量约为 34.49%。每艘船按 95%的淤泥被洗掉，泥质的干容重按 $1.12\text{t}/\text{m}^3$ 计算。)

3.预测工况

(1) 单个区块开采最大包络线工况

为了解本项目整个采砂施工过程中，可能影响到的最大范围情况，按边界线及内部间隔 300m 设置一个采砂船源强点，所有点源为移动点源，源强全部采用 8 艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区最大源强 $95.80\text{kg}/\text{s}$ 。最大浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场，源强取矿体开采时的最大源强。

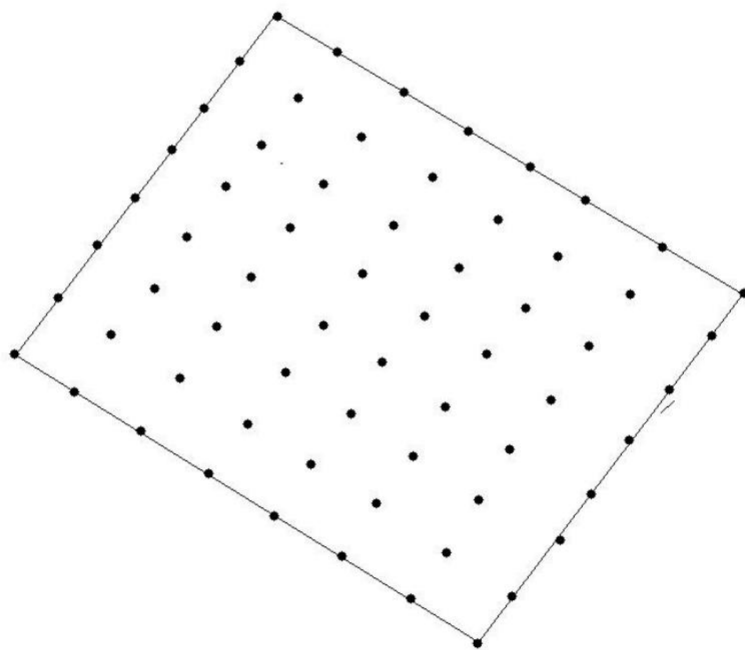


图 4.2.4.2-1 最大包络线工况源强点分布图（单艘最大源强： $95.80\text{kg}/\text{s}$ ）

(2) 单个区块开采典型工况

为充分评估采砂区施工过程中对附近海域水质影响，项目结合矿区水深、船只施工方式设计典型工况进行悬沙预测，如下图 4.2.4.2-2。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场，源强采用 5 艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均源强 $80.58\text{kg}/\text{s}$ 和 $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均源强 $26.86\text{kg}/\text{s}$ 进行悬浮泥沙增量包络线计算。

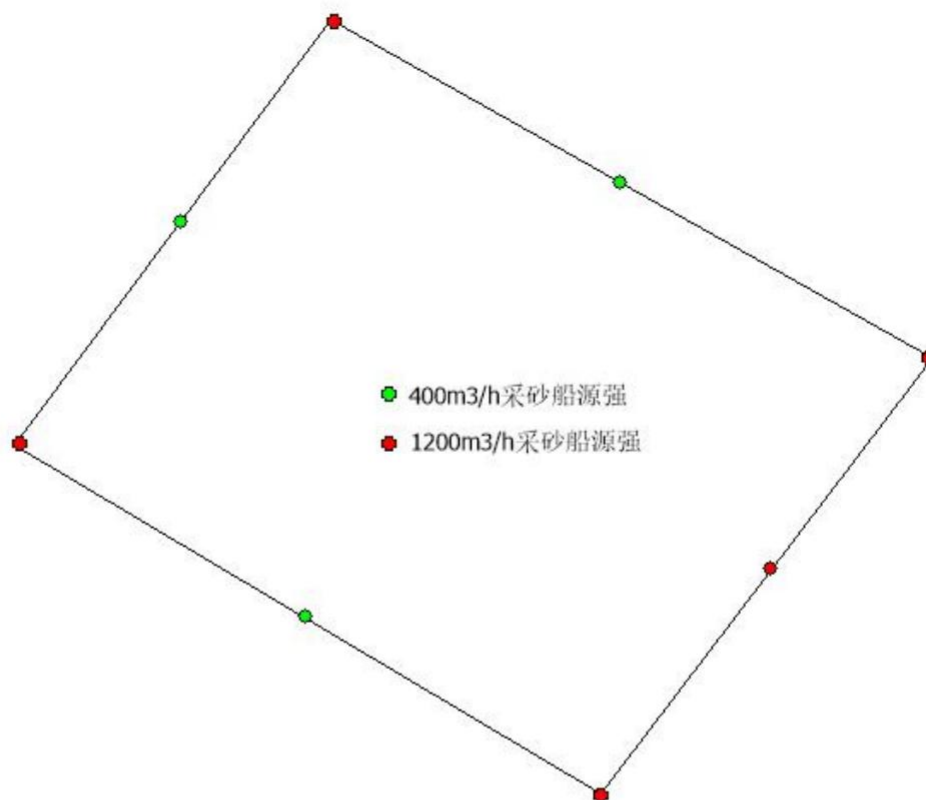


图 4.2.4.2-2 SW24-12 区块典型工况源强点分布示意图（红点 1200m³/h 单艘平均源强 80.585kg/s，绿点 400m³/h 单艘平均源强 26.86kg/s）

4.2.4.3 模拟结果

（1）单个区块开采最大包络线预测结果

本评价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4.2.4.3-1。图4.2.4.3-1为模拟期内海砂分选作业过程中产生悬沙增量包络线浓度场。

计算结果显示，海砂分选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，海砂分选产生的悬沙扩散主要沿涨落潮方向运动，由于海砂分选产生的悬浮泥沙通过设置溢流管道水下-2m排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散，从垂向上看，由于水平向潮流作用，表层悬沙扩散面积最小，底层面积最大。整体上看，施工表层大于10mg/L浓度区的包络线面积为18.896km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为13.670km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为10.767km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为7.980km²；中层大于10mg/L浓度区的包络线面积

为22.205km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为15.254km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为9.910km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为7.395km²；底层大于10mg/L浓度区的包络线面积为25.848km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为15.376km²，大于50 mg/L浓度区的包络线面积为8.995km²，大于100 mg/L浓度区的包络线面积为6.851km²；

整体上，垂线平均大于10mg/L浓度区的包络线最大面积为22.361 km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为14.767km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为9.891km²；大于100mg/L浓度区的包络线面积为7.409km²。

表 4.2.4.3-1 施工产生悬沙增量面积(km²)

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	扩散距离 (km)	
					SE 向	E 向
表层	18.896	13.670	10.767	7.980	4.2	3.8
中层	22.205	15.254	9.910	7.395		
底层	25.848	15.376	8.995	6.851		
垂线平均	22.316	14.767	9.891	7.409		

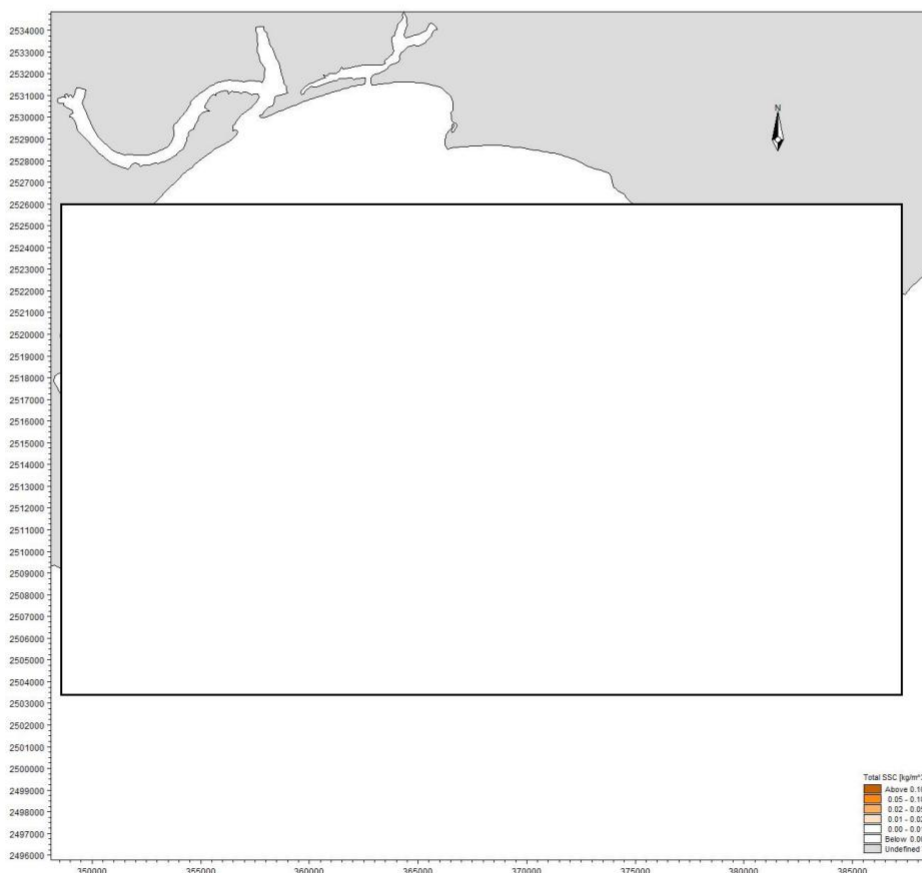


图 4.2.4.3-1a 海砂分选产生悬沙增量包络线图（表层）

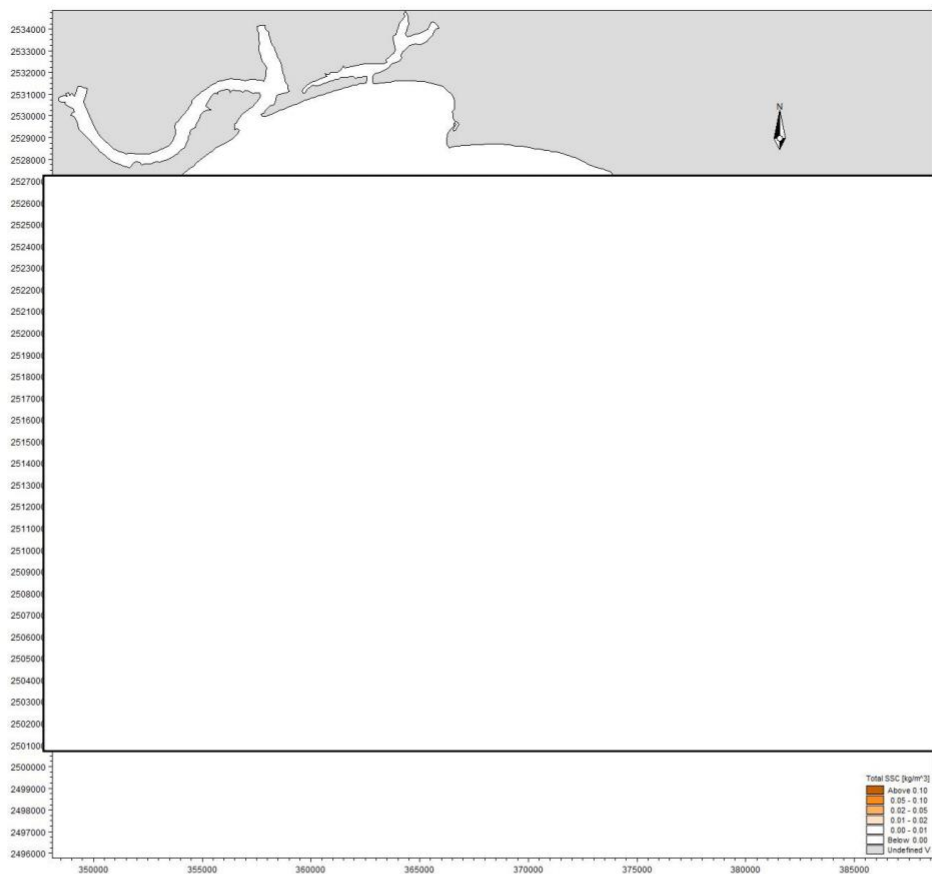


图 4.2.4.3-1b 海砂分选产生悬沙增量包络线图（中层）

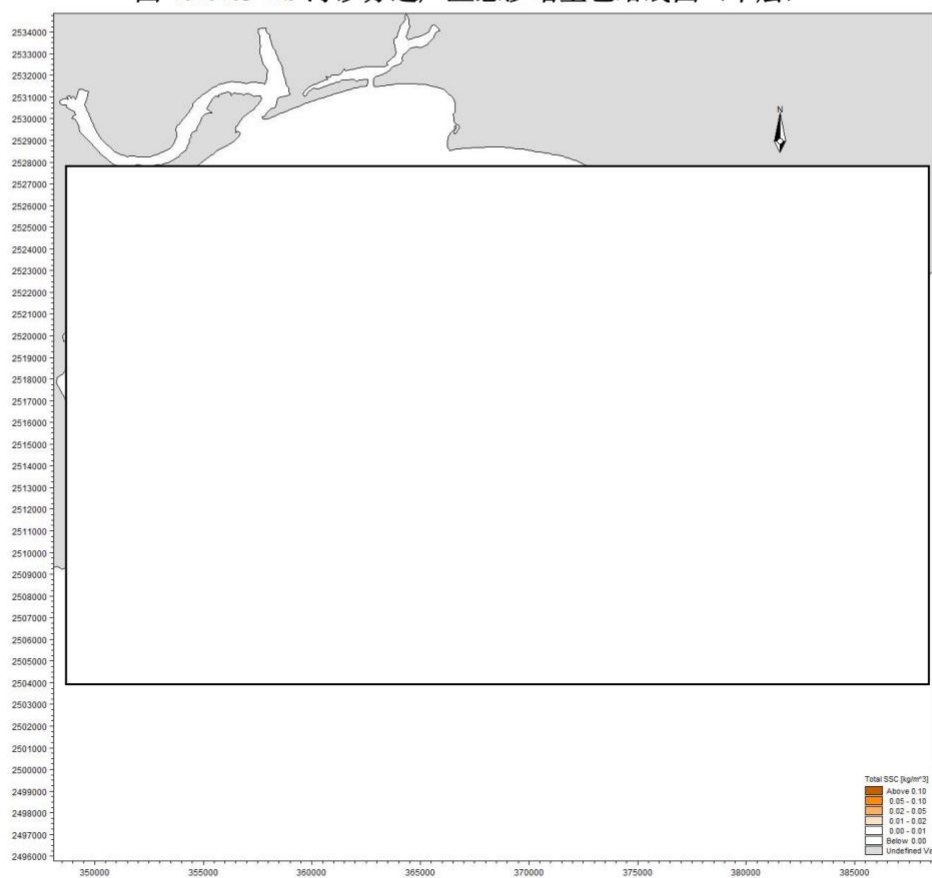


图 4.2.4.3-1c 海砂分选产生悬沙增量包络线图（底层）

(2) 单个区块开采典型工况预测结果

典型工况条件下，采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表4.2.4.3-2，对应的包络线见图4.2.4.3-2。

计算结果显示，典型工况施工情况下，表层大于10mg/L浓度区的包络线面积为13.150km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为9.493km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为6.069km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为2.945km²；中层大于10mg/L浓度区的包络线面积为16.262km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为11.011km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为5.561km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为2.417km²；底层大于10mg/L浓度区的包络线面积为17.515km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为11.864km²，大于50 mg/L浓度区的包络线面积为4.687km²，大于100 mg/L浓度区的包络线面积为1.931km²。

整体上，垂线平均大于10mg/L浓度区的包络线最大面积为15.642km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为10.789km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为5.439km²；大于100mg/L浓度区的包络线面积为2.431km²。

表 4.2.4.3-2 典型工况施工产生悬沙增量面积(km²)

包络线面积 \ 悬沙浓度	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	13.150	9.493	6.069	2.945
中层	16.262	11.011	5.561	2.417
底层	17.515	11.864	4.687	1.931
垂线平均	15.642	10.789	5.439	2.431

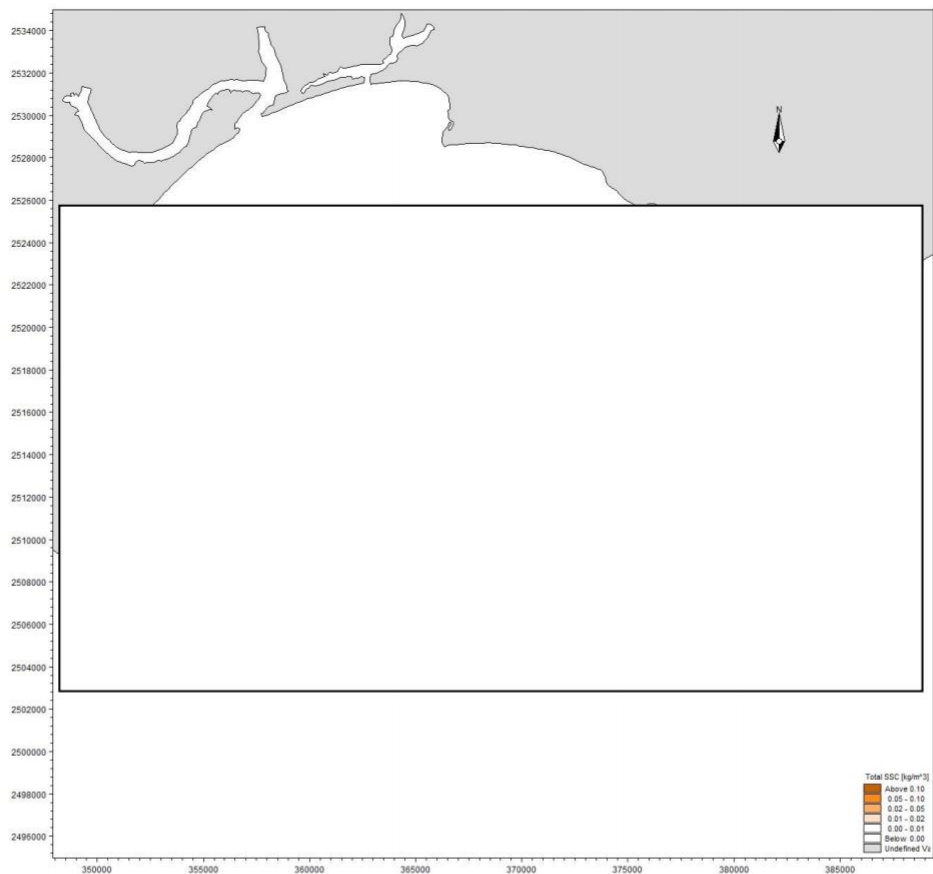


图 4.2.4.3-2a 海砂分选产生悬沙增量包络线图（表层）

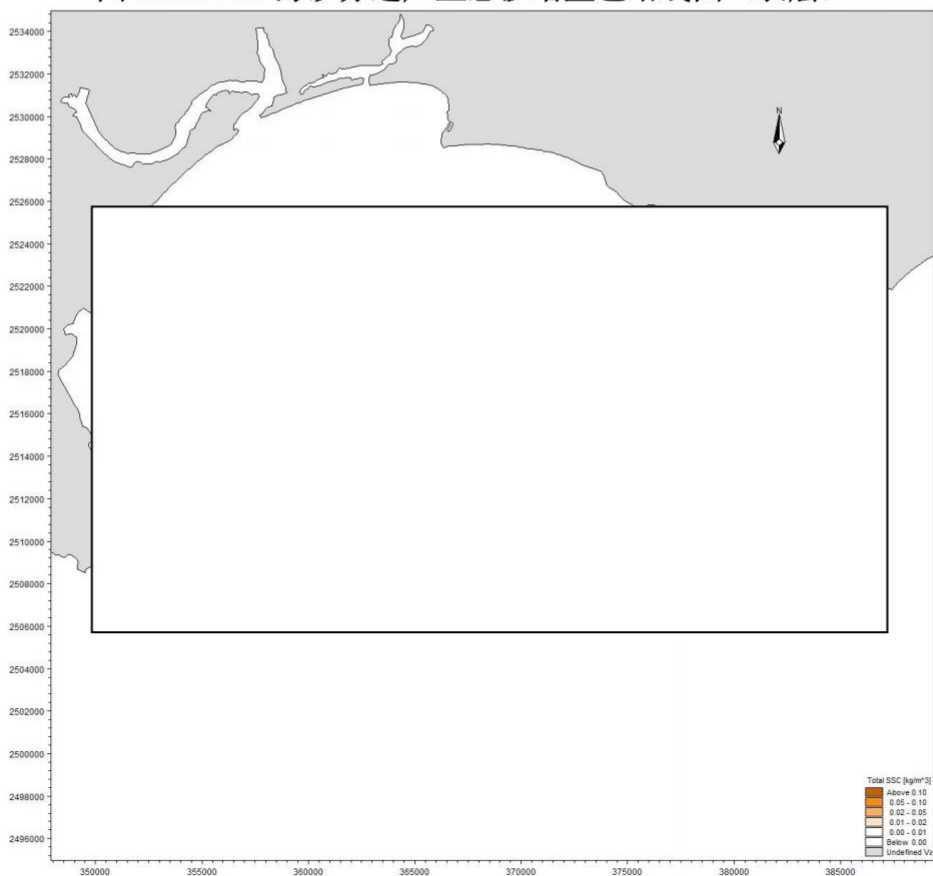


图 4.2.4.3-2b 海砂分选产生悬沙增量包络线图（中层）

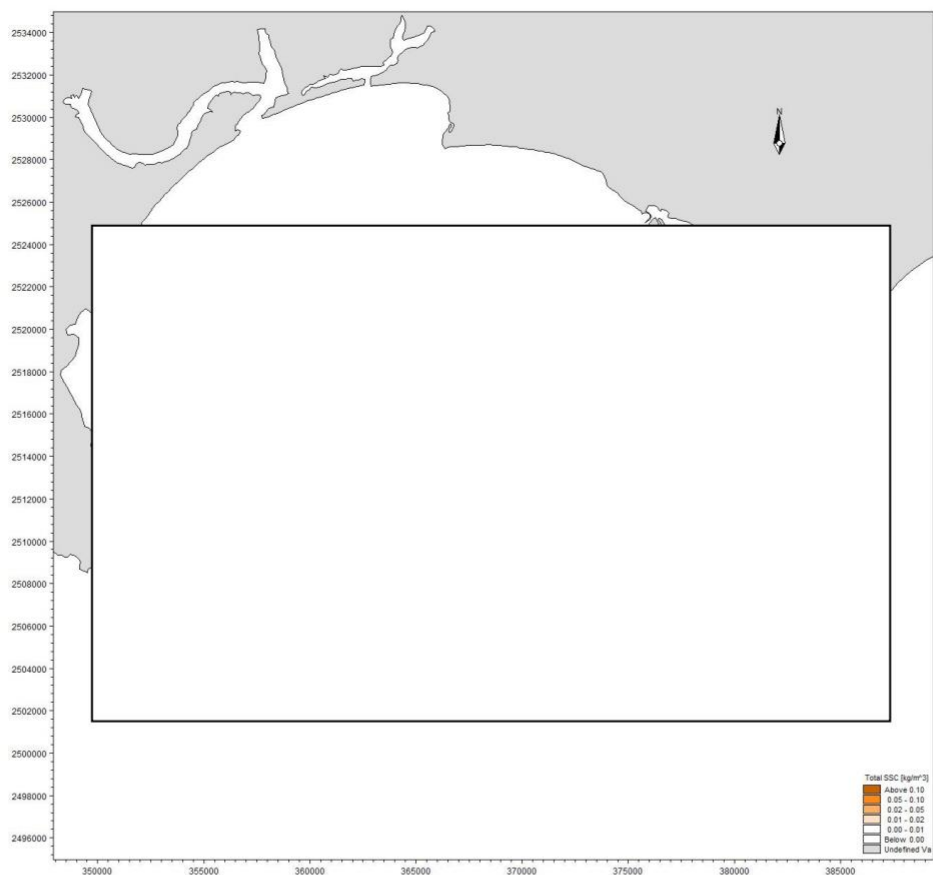


图 4.2.4.3-2c 海砂分选产生悬沙增量包络线图（底层）

4.2.4.4 SW24-11 与 SW24-12 共同施工

1、源强

SW24-11 区块源强采用 3 艘 1200m³/h 和 2 艘 400m³/h 的射流式采砂船，全区平均源强 98.73kg/s 进行悬浮泥沙增量最大包络线计算，SW24-12 区块源强采用 5 艘 1200m³/h 和 3 艘 400m³/h 射流式采砂船，全区平均源强 107.44kg/s 进行悬浮泥沙增量最大包络线计算。源强为持续溢出。

2. 预测工况

(1) 最大包络线工况

为了解 SW24-11 和 SW24-12 两个区块同时开采过程中可能影响到的最大范围情况，13 艘船同时施工位置见下图 4.2.4.4-1，SW-11 采用 5 艘 1200m³/h 采砂船全区最大源强 93.10kg/s、SW-12 采用 8 艘 1200m³/h 采砂船全区最大源强 95.80kg/s、进行悬浮泥沙增量最大包络线计算。最大浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场，源强取矿体开采时的最大源强。

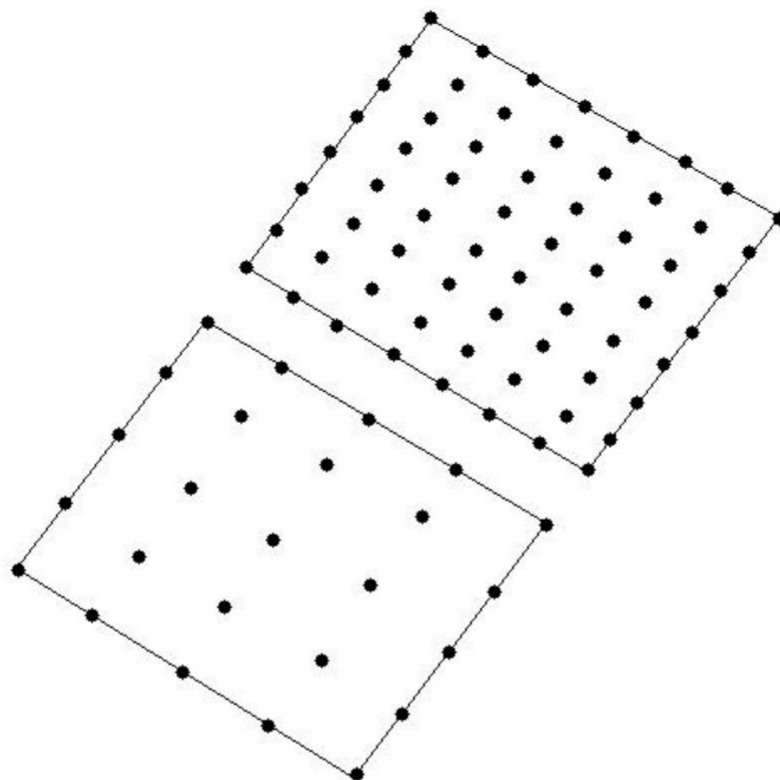


图 4.2.4.4-1 最大包络线工况源强点分布图

(2) 典型工况

为充分评估采砂区施工过程中对附近海域水质影响，项目结合矿区水深、船只施工方式设计典型工况进行悬沙预测，SW24-11采用1200m³/h采砂船全区平均源强74.05 kg/s和400m³/h采砂船全区平均源强24.68kg/s；SW24-12采用5艘1200m³/h采砂船全区平均源强80.58kg/s和400m³/h采砂船全区平均源强26.86kg/s进行悬浮泥沙增量包络线计算。如下图7.4.3-2。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工15天、每天采砂作业源强释放16h产生的悬沙扩散浓度场，源强取全区平均源强。

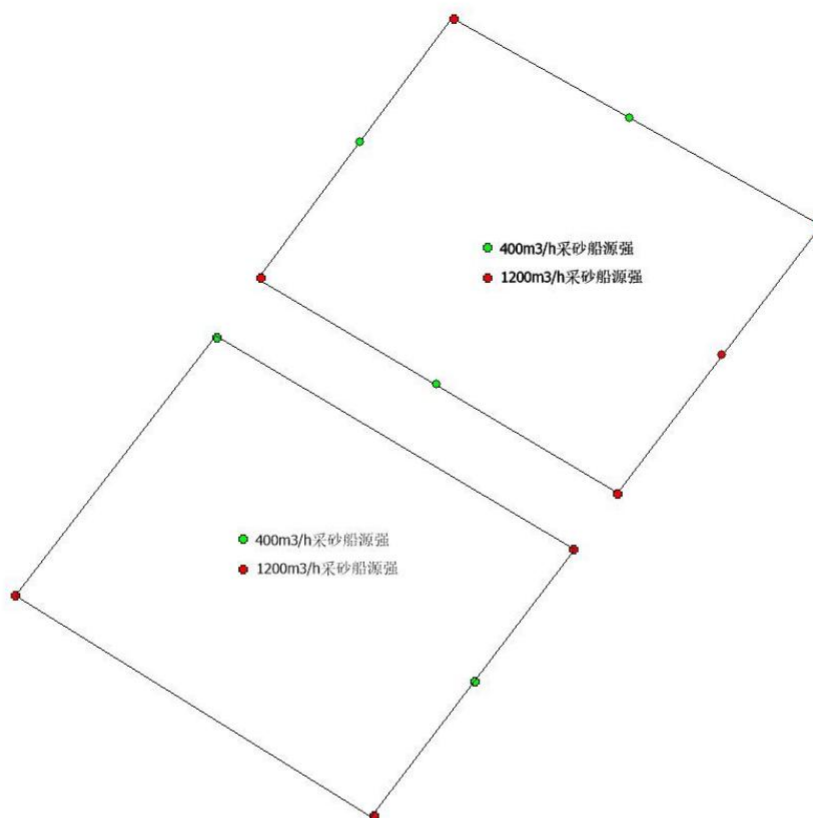


图 4.2.4.4-2 SW24-11、SW24-12 区块典型工况

2、模拟结果

(1) 两个区块同时开采最大包络线工况预测结果

本评价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4.2.4.4-1。图4.2.4.4-2为模拟期内海砂分选作业过程中产生悬沙增量包络线浓度场。

计算结果显示，海砂分选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，海砂分选产生的悬沙扩散主要沿涨落潮方向运动，由于海砂分选产生的悬浮泥沙通过设置溢流管道水下-2m排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散，从垂向上看，由于水平向潮流作用，表层悬沙扩散面积最小，底层面积最大。整体上看，施工表层大于10mg/L浓度区的包络线面积为39.809km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为27.268km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为20.489km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为15.521km²；中层大于10mg/L浓度区的包络线面积

为43.339km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为29.321km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为19.471km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为12.982km²；底层大于10mg/L浓度区的包络线面积为46.129km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为30.372km²，大于50 mg/L浓度区的包络线面积为17.713km²，大于100 mg/L浓度区的包络线面积为11.459km²。

整体上，垂线平均大于10mg/L浓度区的包络线最大面积为43.092km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为28.987km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为19.224km²；大于100mg/L浓度区的包络线面积为13.321km²。

表 4.2.4.4-1 施工产生悬沙增量面积(km²)

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	扩散距离 (km)	
					SE 向	E 向
表层	39.809	27.268	20.489	15.521	3.8	3.5
中层	43.339	29.321	19.471	12.982		
底层	46.129	30.372	17.713	11.459		
垂线平均	43.092	28.987	19.224	13.321		

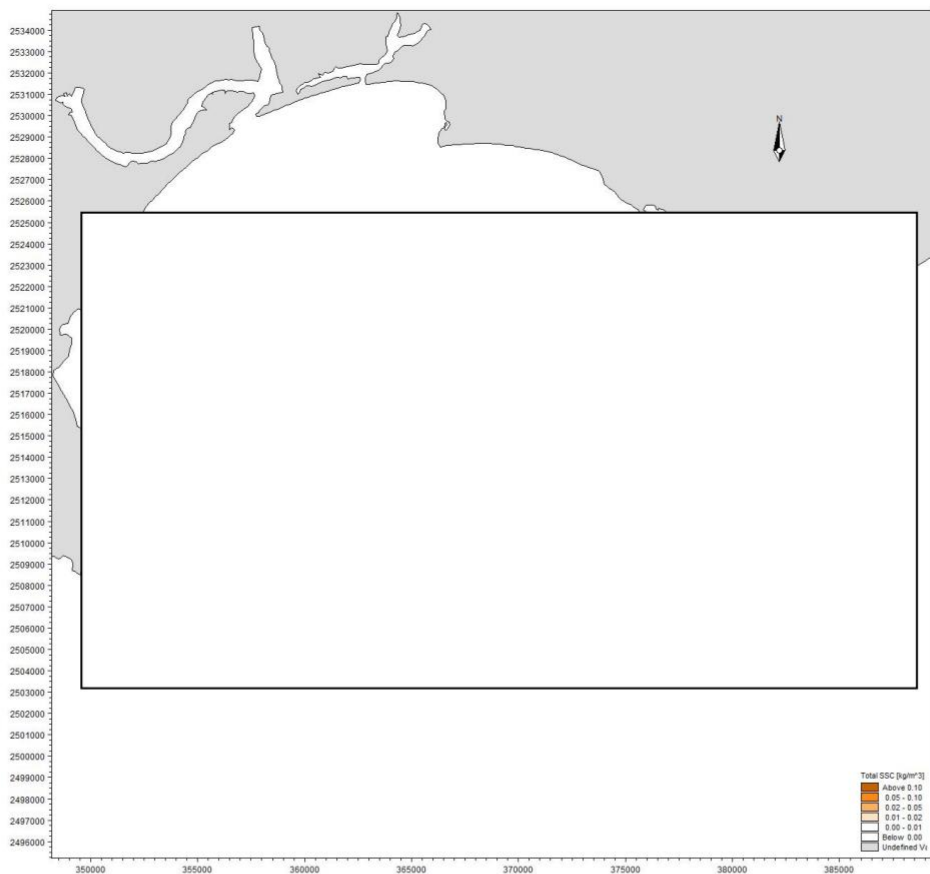


图 4.2.4.4-2a 海砂分选产生悬沙增量包络线图（表层）

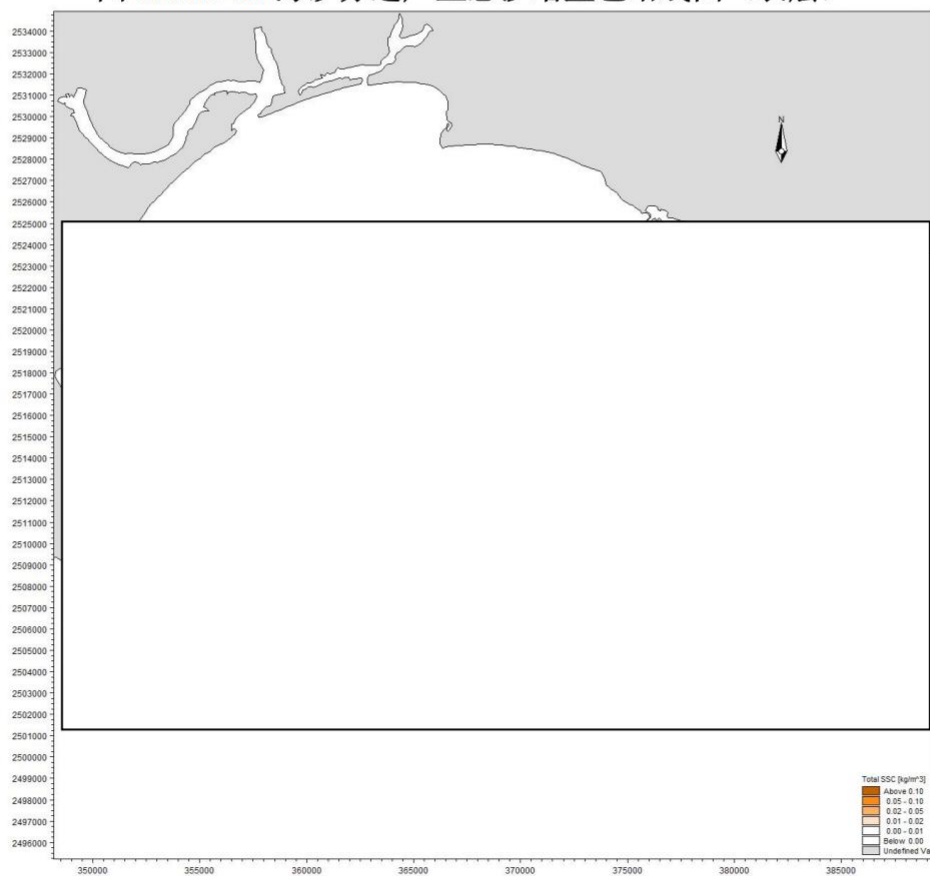


图 4.2.4.4-2b 海砂分选产生悬沙增量包络线图（中层）

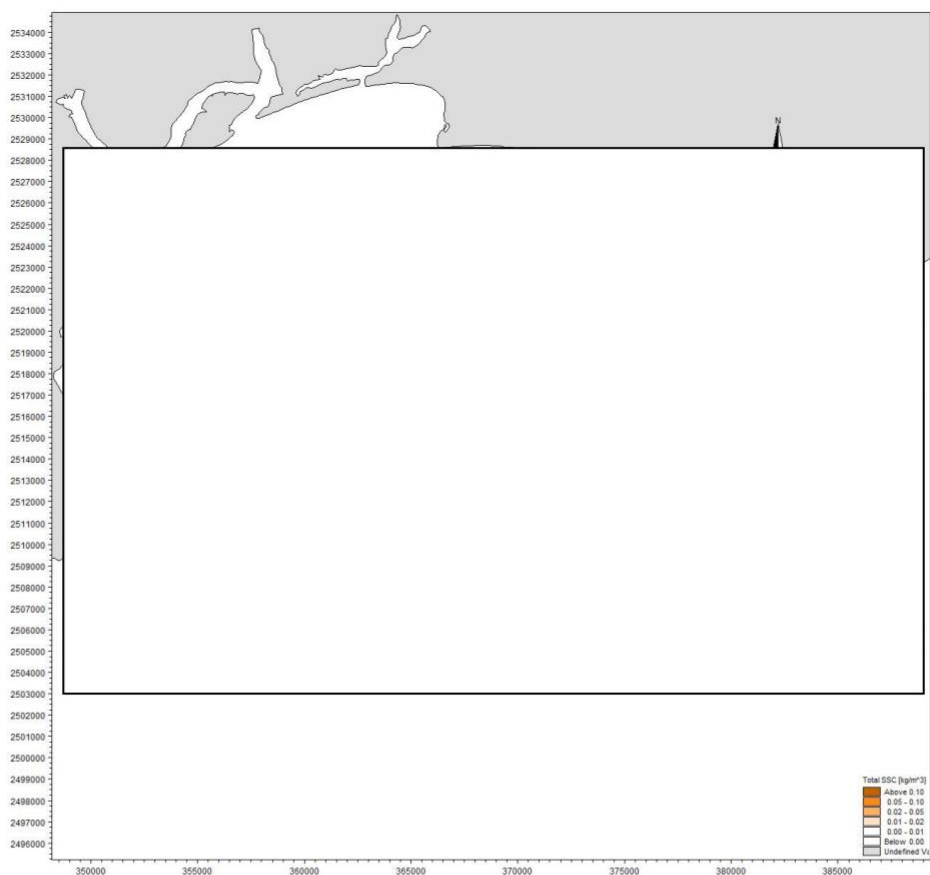


图 4.2.4.4-2c 海砂分选产生悬沙增量包络线图（底层）

(2) 两个区块同时开采典型工况预测结果

典型工况条件下，采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表4.2.4.4-2，对应的包络线见图4.2.4.4-3。

计算结果显示，典型工况施工情况下，表层大于10mg/L浓度区的包络线面积为26.514km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为19.373km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为13.503km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为8.010km²；中层大于10mg/L浓度区的包络线面积为28.818km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为21.642 km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为11.628km²；大于100 mg/L浓度区的包络线面积为6.705km²；底层大于10mg/L浓度区的包络线面积为32.218km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为21.982km²，大于50 mg/L浓度区的包络线面积为10.121km²，大于100 mg/L浓度区的包络线面积为4.789km²。

整体上，垂线平均大于10mg/L浓度区的包络线最大面积为29.183 km²，大于20 mg/L浓度区的包络线面积为20.999km²；大于50 mg/L浓度区的包络线面积为11.751km²；大于100mg/L浓度区的包络线面积为6.501km²。

表 4.2.4.4-2 施工产生悬沙增量面积(km²)

包络线面积 \ 悬沙浓度	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	26.514	19.373	13.503	8.010
中层	28.818	21.642	11.628	6.705
底层	32.218	21.982	10.121	4.789
垂线平均	29.183	20.999	11.751	6.501

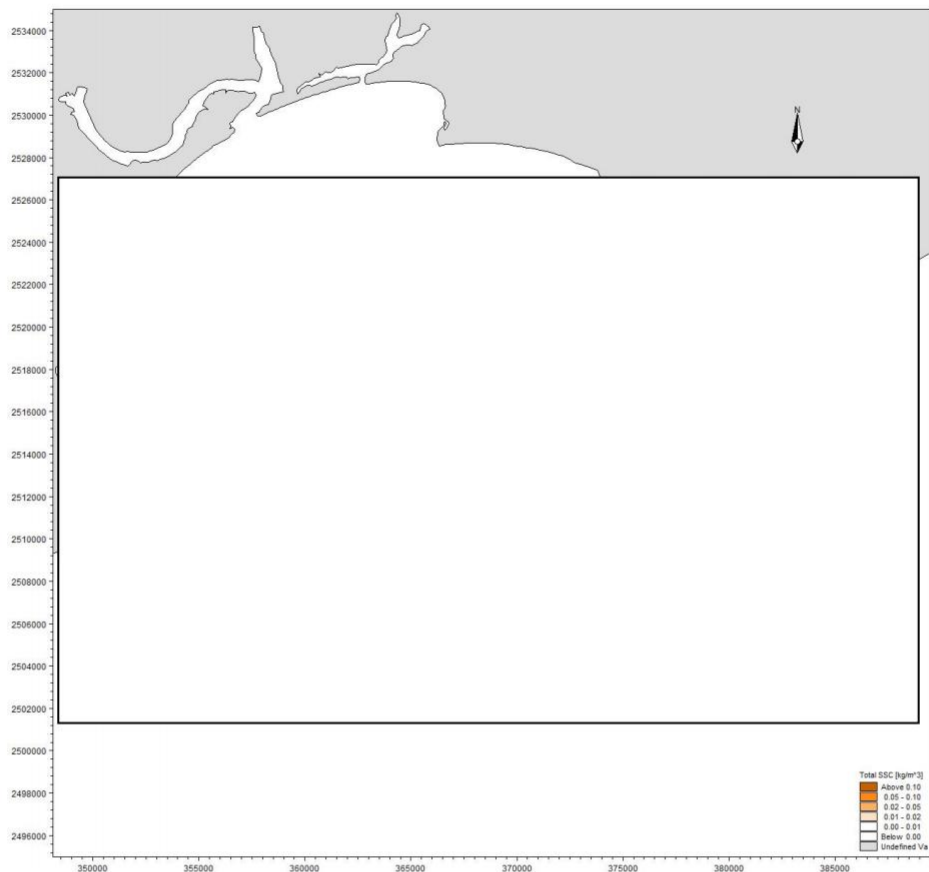


图 4.2.4.4-3a 海砂分选产生悬沙增量包络线图（表层）

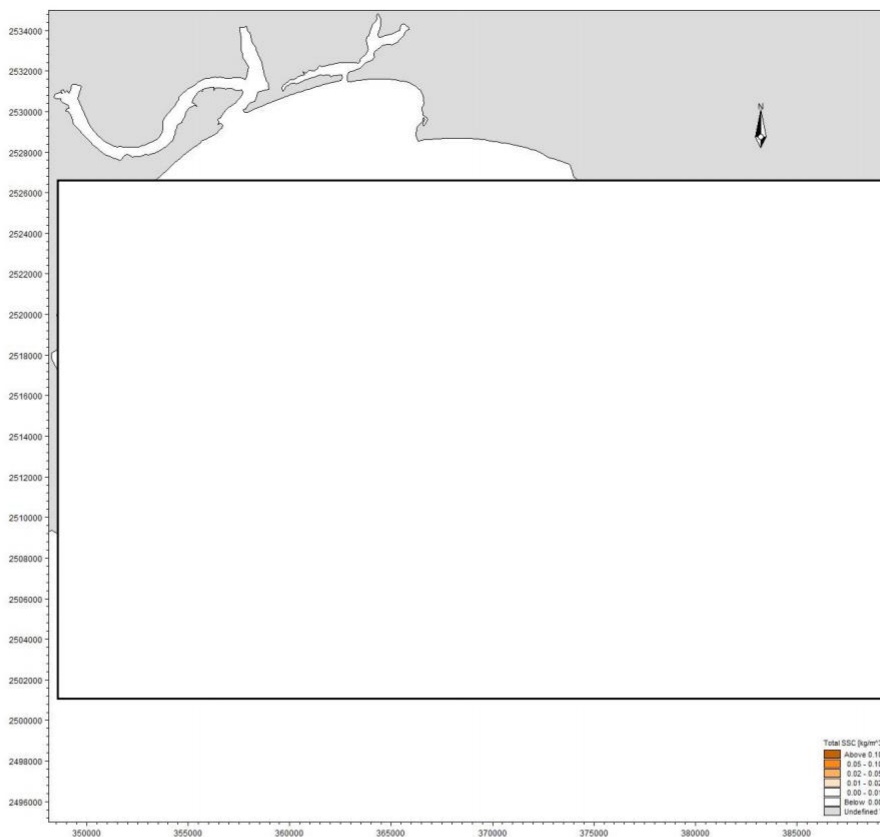


图 4.2.4.4-3b 海砂分选产生悬沙增量包络线图（中层）

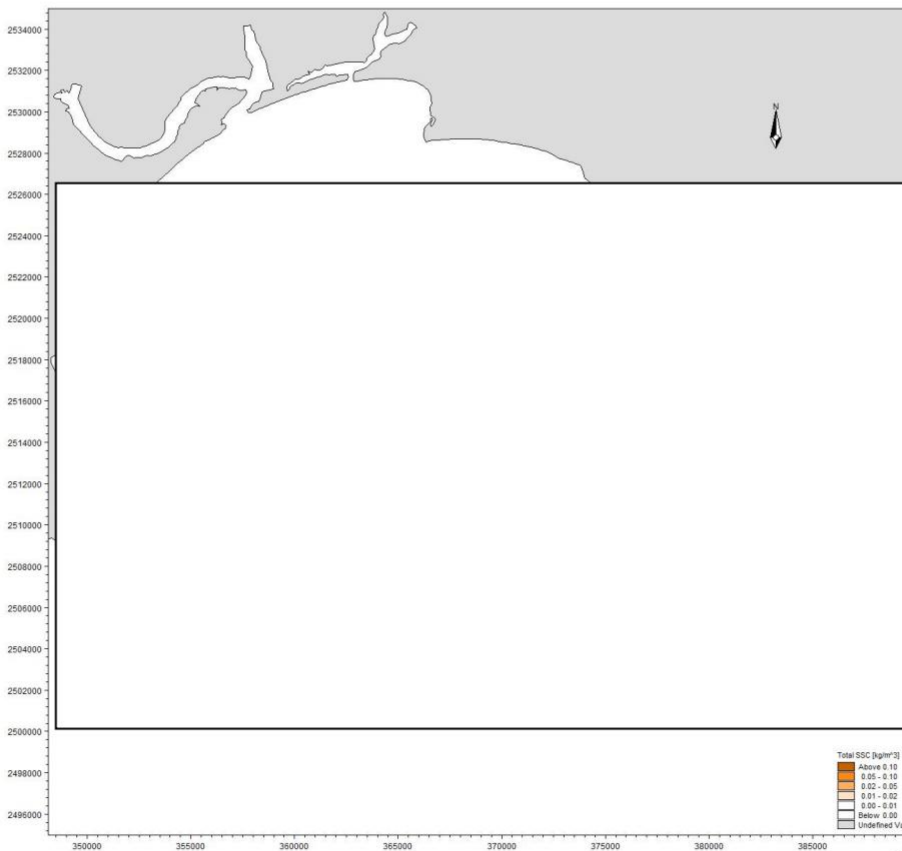


图 4.2.4.4-3c 海砂分选产生悬沙增量包络线图（底层）

4.2.4.5 施工废水对水质环境的影响

本项目采砂期间产生的废水主要包括船舶工作人员产生的生活污水和船舶舱底含油污水。

本项目船舶工作人员生活污水拟经船舶生活污水收集设施收集上岸后由有能力的接收单位接收处理，不得直接向项目及其附近海域排放，不会对项目所在海域及其附近海域的水质产生影响。

本项目采砂期间采砂船舶舱底含油污水严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，经收集上岸后交由有资质的单位处理，不会对项目所在海域及其附近海域的水质产生影响。

4.2.4.6 运营期对水质环境的影响

本项目为海砂开采，仅采砂施工期间涉及用海，采砂结束后不再对水质环境产生影响，不存在运营期用海对水质环境的影响。

4.2.5 沉积物环境影响分析

4.2.5.1 施工期对沉积物环境的影响

采砂过程中，由于吸砂管从海底淤泥层直插入砂层，因此，采砂前期对表层沉积物影响不大；当采到一定量时，砂层掏空，覆盖上面的淤泥层在重力作用下发生坍塌，则表层沉积物将被掩埋，特征被彻底改变。同时，砂层被抽走后，采砂区的垂直沉积物将出现断砂层，沉积物垂直结构也发生变化。抽砂过程中溢流的泥浆水主要成分为粉砂和粘土，与海域表层沉积物粒度类型接近，并将随水流、波浪向周围海域扩散、沉降。

根据数值模拟结果，本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质（ $>10\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为 22.316 km^2 ；超第三类海水水质（ $>100\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为 7.409 km^2 ，东南方向最大扩散距离约 4.2 km ，东向最大扩散距离约 3.8 km 。采砂过程产生的悬浮物浓度增量主要集中在采砂区及周围海域，随着扩散距离的增加，沉积粒径越来越细，相对几公里外海域海水本底浓度值来讲较小，基本不会改变其悬浮物浓度。并且采砂溢流产生的悬浮物浓度增量仅在采砂区，与本底浓度值为同一数量级，而在其余海域相对海水本底浓度值来讲很小，基本不会改变其悬浮物浓度，采砂作业不会使本海域沉积物的环境

质量发生明显的变化。采砂作业对底质的影响主要是当采砂区的砂源砂层掏空，覆盖上面的淤泥层在重力作用下发生坍塌，则表层沉积物可能将被掩埋。采砂作业结束后，采砂区将通过相当长的一段时间重新建立新的相对稳定的沉积物环境。

4.2.5.2 运营期对沉积物环境的影响

本项目为海砂开采，仅施工期间采砂涉及用海，采砂结束后不再对沉积物环境产生影响，不存在运营期用海对沉积物环境的影响。

4.2.6 对底栖生物的影响分析

采砂活动掏空底层砂后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，采砂区范围内的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。大部分底栖生物的生长较缓慢，开采区抽砂作业后沉积物环境受到破坏，其生态环境的恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。同时，海砂开采造成局部海域悬浮物增加，降低海水透明度，透明度降低会使底栖生物正常的生理过程受到影响，一些敏感种会受损，甚至消失，但这种对海水水质的影响是短暂的，一旦施工完毕，海水水质将在较短的时间内恢复。

4.2.7 对浮游生物的影响分析

4.2.7.1 对浮游植物的影响分析

采砂过程中的海砂分选环节将产生一定量的悬浮泥沙，污染采砂区附近的水质环境。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，将使溶解氧降低，对水生生物将产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，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，降低单位水体中浮游植物数量，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。

4.2.7.2 对浮游动物的影响分析

采砂作业过程引起施工海域的局部水体混浊，造成阳光的透射率下降，从而使得该海域内的游泳动物迁移别处，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。

根据数值模拟结果，本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质（ $>10\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为22.316 km²；超第三类海水水质（ $>100\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为7.409 km²，东南方向最大扩散距离约4.2km，东向最大扩散距离约3.8km。

需要指出的是，上述计算结果是在未采取任何防护措施的情况下得出的，如在施工过程中采取一定的防护措施，比如可视悬浮物扩散情况，在海砂开采区周围的浑水区投放设置防污帘，可以最大限度的控制悬浮物（SS）的扩散范围，缩短影响时间。此外采砂施工过程中的悬浮泥沙对海水水质的影响时间是短暂的，这种影响一旦施工完毕，将在较短的时间内结束。因此采砂过程对浮游动物的影响是有限的。

4.2.8 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。采砂施工过程中，悬浮物对部分游泳生物的影响较为显著。悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。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。

根据数值模拟结果，本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质 ($>10\text{mg/L}$) 的垂向平均最大包络线面积为 22.316 km^2 ；超第三类海水水质 ($>100\text{mg/L}$) 的垂向平均最大包络线面积为 7.409 km^2 ，东南方向最大扩散距离约 4.2km，东向最大扩散距离约 3.8km。悬浮泥沙增量主要集中于采砂点附近海域，所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着采砂作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，项目海区的水质会逐渐恢复原有的水平。因此，游泳生物会由于采砂影响范围内的 SS 增加而游离采砂所在海域，采砂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采砂过程，但采砂结束后即消失，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，但采砂作业期内会造成一定量的渔业资源损失。

同时，项目采砂施工船舶通行时将产生一定的噪声，海域中某些海洋生物对噪声较敏感，如鱼类可能因高强度噪声产生的震动能量而受到较大影响甚至死亡。参照国家海洋局第三海洋研究所编制的《厦门北通道公铁两用桥工程环境影响评价报告》，海域船舶通行等所造成的水下噪声谱级相比原来的水下背景噪声提高仅约 4dB，噪声经海底沉积物的吸收，将很快衰减，影响范围将仅仅局限在工程附近海域，不会对所在海域的渔业资源产生明显的不良影响。

4.2.9 对珍稀海洋生物的影响分析

4.2.9.1 对中华白海豚的影响

中华白海豚 (*Sousa chinensis*)，又名印度太平洋驼背豚，属哺乳纲、鲸目、海豚科、驼背豚属、中华白海豚种。

主要分布情况：从 2012 年开始，汕头大学理学院海洋生物研究所通过基于当地

生态知识的问卷调查以及船只照片识别的野外调查,对粤东海域的鲸豚类进行种群统计。其中,基于当地生态知识的问卷调查发现:在上世纪 80 年代,在东山、南澳附近海域均可常见中华白海豚出现,渔民目击区域主要集中在汕头港 外草屿、外砂河、南澳大桥凤屿、云澳码头以及南澳北面海域,偶见于青澳湾、潮州柘林湾以及汕头湾内附近。照片识别数据库共发现 19 头成年中华白海豚以及 1 头幼豚。主要分布区域为外砂河与南澳大桥凤屿之间海域以及汕头港草屿附近海域。

本项目采砂施工过程中会产生悬浮泥沙,可引起局部海水浑浊,使周围海水水质污染。根据数值模拟结果,本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质($>10\text{mg/L}$)的垂向平均最大包络线面积为 22.316 km^2 ;超第三类海水水质($>100\text{mg/L}$)的垂向平均最大包络线面积为 7.409 km^2 ,东南方向最大扩散距离约 4.2 km ,东向最大扩散距离约 3.8 km ,基本不会对中华白海豚的主要分布区造成影响。

且从生理结构上来说,中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物,这有别于用鳃呼吸的鱼类,它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气,浑浊的水体对其呼吸影响不大;从行为学上来说,中华白海豚长期的进化也使其对外界环境变化具有一定的趋避能力。

4.2.9.2 对海龟的影响

根据《广东省海洋环境保护规划》研究成果,以及南海水产研究所调查资料,海龟在广东省的主要活动地区为大亚湾、红海湾、汕头。我国已于 1985 年在广东惠东县港口镇海龟湾建立了国家级海龟自然保护区。大多数的海龟生存在比较浅的沿海水域、海湾、泻湖、珊瑚礁和流入大海的河口。不同种类和同一种类内部不同群体的海龟有着各自的迁徙习惯。

根据 3.2.5 章节,本项目所在海域无完整的海龟产卵繁殖场,所在海域存在海龟活动的历史追踪数据,说明工程海域曾有海龟出没,但工程海域不是海龟的主要活动区域,项目建设基本不会对海龟造成影响。

4.2.10 对自然保护区的影响

项目论证范围内共有 3 个自然保护区,分别为广东海丰鸟类省级自然保护区、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区、汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区。

广东海丰鸟类省级自然保护区距离本项目的最近距离约为 15.43km；汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区距离本项目的最近距离约为 11.23km；汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区距离本项目的最近距离约为 21.30km，距离均比较远，本项目采砂施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质污染。根据数值模拟结果，本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质（ $>10\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为 22.316 km^2 ；超第三类海水水质（ $>100\text{mg/L}$ ）的垂向平均最大包络线面积为 7.409 km^2 ，东南方向最大扩散距离约 4.2km，东向最大扩散距离约 3.8km，基本不会对广东海丰鸟类省级自然保护区的水质造成影响。

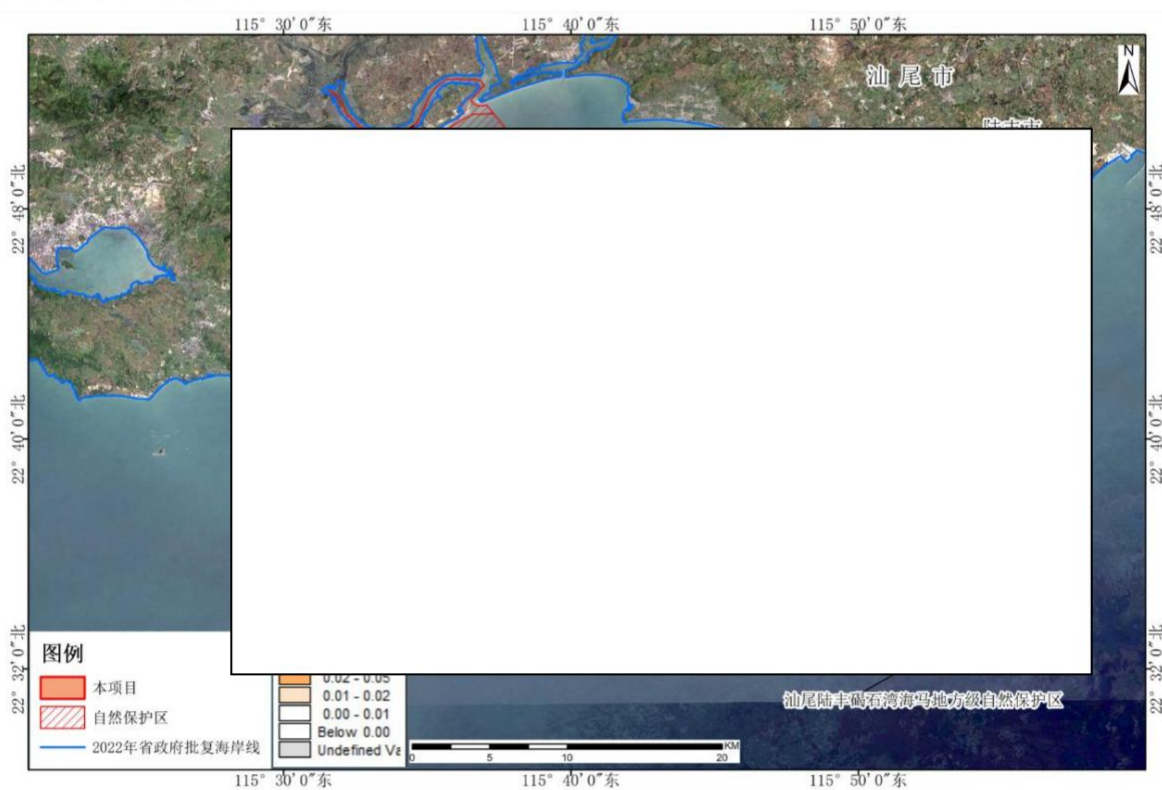


图 4.2.9-2 广东海丰鸟类省级自然保护区与本项目叠加图

4.2.11 对典型生态系统的影响

本项目论证范围内无盐沼、海草床、海藻场和牡蛎礁等海洋典型生态系统，论证范围内有红树林典型生态系统和少量石珊瑚群落。

其中沙湖堤围东侧现有红树林 6.67 公顷，距离本项目最近距离约 19.3km。造珊瑚群落主要分布在项目西侧约 10.2km 处的金屿岛附近。

根据数值模拟结果，本项目采砂施工引起悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海

水水质 ($>10\text{mg/L}$) 的垂向平均最大包络线面积为 22.316 km^2 ; 超第三类海水水质 ($>100\text{mg/L}$) 的垂向平均最大包络线面积为 7.409 km^2 , 东南方向最大扩散距离约 4.2km , 东向最大扩散距离约 3.8km , 红树林和珊瑚礁距离项目较远基本不会对红树林和珊瑚礁周边的水质的水质造成大的影响。

4.2.12 运营期生态影响分析

本项目为海砂开采, 仅施工期间采砂涉及用海, 采砂结束后不再对水质、沉积物环境产生影响, 不存在运营期用海对水质、沉积物环境的影响, 亦不会对海洋生态环境产生影响。

4.2.13 极端天气的影响分析

极端天气主要包括台风、风暴潮、大雾、寒潮、风浪等。船舶在风的作用下, 会产生变速、偏转、向下风漂移。风对船舶的作用程度与船舶受风面积、风动力作用中心位置、干舷高度、风级及风舷角大小、船舶航向及航速等诸多因素有关。风力愈大, 船舶产生倾斜、漂移、偏转的程度亦愈大; 浓雾会使能见度变得很低, 有时即使应用雷达等助航仪器, 仍有可能发生海损事故; 在寒潮来袭时航行, 受风浪影响船舶驾驶室易上浪结冰, 影响船舶驾瞭望, 增加船舶航行风险。冰雪天气时甲板易结冰, 人员不慎跌倒摔伤, 甚至造成人员落水。天气寒冷、干燥, 取暖电器、火炉等取暖设施使用不当, 容易引起火灾; 船舶在风浪的作用下, 锚泊船容易发生走锚。在航船若遭遇大风浪, 特别是在长周期波的影响下, 在各种外力的干扰下使船舶产生横摇、纵摇、横荡、纵荡、垂荡及偏转等不利的振荡运动, 对船舶操纵性有较大影响, 推进器出现打空车, 航速会下降, 因此风浪对船舶通航有一定影响。建议施工单位采取以下风险防范措施:

(1) 船舶在运输航行时遇到有雾, 应正确使用助航仪器, 加强瞭望, 按章鸣放雾号, 使用安全航速并谨慎驾驶, 注意与附近行驶的船舶加强联系。能见度太低(如小于 1000m), 有可能保证不了通航安全时, 船长应果断择地抛锚, 待能见度变好后再进行采砂作业运输;

(2) 应制定防台、防风、防浪应急预案, 在台风季节, 要注意收听台风消息当遇有台风袭击本水域时, 应及早落实相关的防台措施;

(3) 正常情况下, 本海区的海浪对船舶的通航安全影响不大, 但海况条件差时,

如出现台风与寒潮大风时，风浪大，船舶应根据船舶自身情况，按既定的防台。防风、方浪预案处置，包括航行中适时、适当减速、避免船舶横摇或盲目掉头、必要时择地抛锚暂避等。

4.2.14 对周边通航环境的影响

本章节引用《SW24-12 区块前期工作项目通航安全影响研究报告》中的结论：

4.2.14.1 海砂开采区对通航安全的影响分析

本项目海砂开采区内的采砂船作业期间主要为定点施工，本项目海砂开采区（区块）不占用航道、航路、锚地、养殖区、海上风电场等水域，其中距离拟选 SW24-12 区块最近的港内航道、习惯航路主要有五条。

结合船舶实际的 AIS 轨迹观测来看，碣石渔港进出港的渔船船舶习惯交通流会经过 SW24-12 区块；粤东沿海近岸航路经西桔礁西南侧进入万聪船厂、JH21-09、JH22-03 区块、JH21-08 区块海砂开采区域船舶习惯交通流会经过拟选 SW24-12 区块南侧边缘。但是根据 AIS 截面统计资料和热力图观测，该区域主要是渔船活动密集，到港商船船舶交通流量较少。

由于目前该水域无其他海上作业布置，水域较为宽阔，过往船舶航行主要是避开西桔礁，船舶航迹无规律可循，海砂开采区布置与以上船舶习惯交通流相互间存在一定影响。

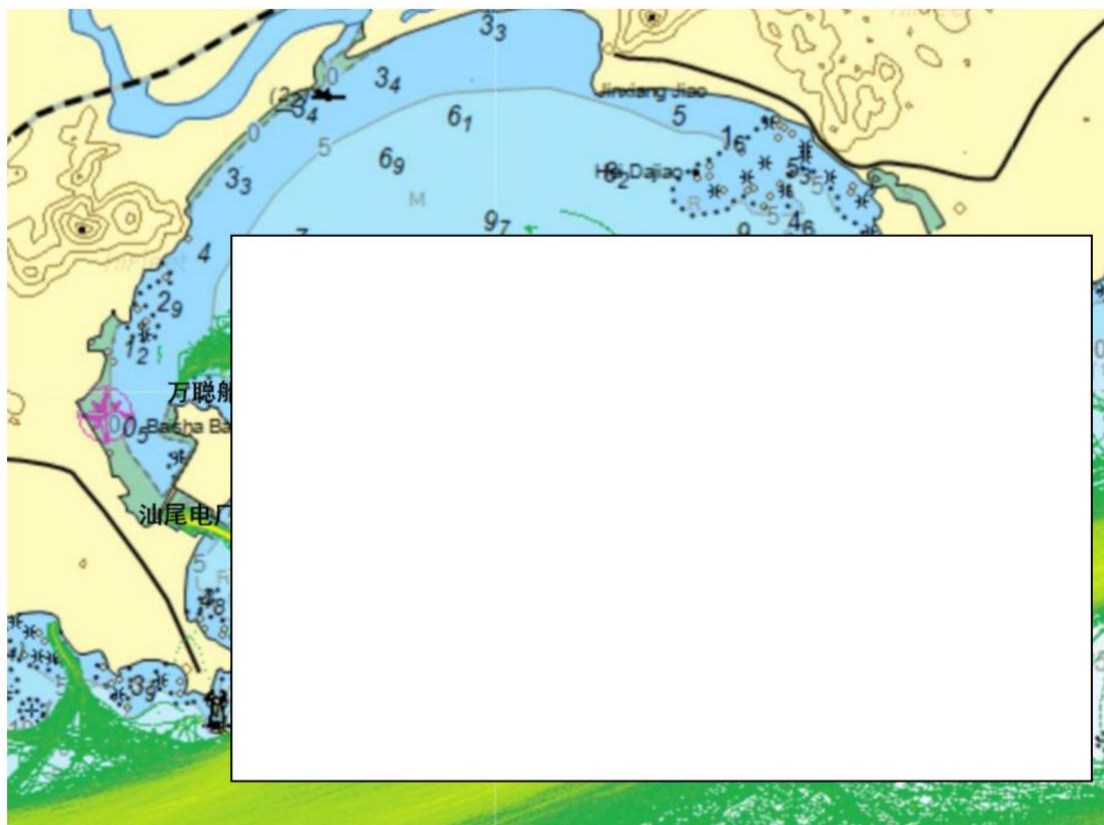


图 4.2.14-1 船舶 AIS 轨迹（不含渔船交通流量）现状示意图（2024 年 10~12 月）

4.2.14.2 海砂开采作业对通航安全的影响分析

由于海砂开采作业时采、运砂船舶实际占用的海域比批准的采砂范围要大，为保障采、运砂船舶的作业及转运安全，SW24-12 区块开采需要划定安全作业区，本研究报告拟采用 0.5 海里~0.75 海里做为安全作业区的宽度，若拟划定的安全作业区考虑在西北侧、东北侧、东南侧扩展（各向外扩展约 0.5 海里），本项目采砂区域不占用航道、航路、锚地等水域，与养殖区有约 480m 的安全距离。考虑到区块西南侧为 SW24-11 区块，两个区块相邻，距离较近，借鉴汕尾管辖海域 JH22-03/JH21-08/JH21-09 采砂区块海砂开采安全作业区设置的经验做法，后期 SW24-11 区块的安全作业区将会与本项目（SW24-12）相接，两个安全作业区连成一体，有利于保障作业船舶的安全。

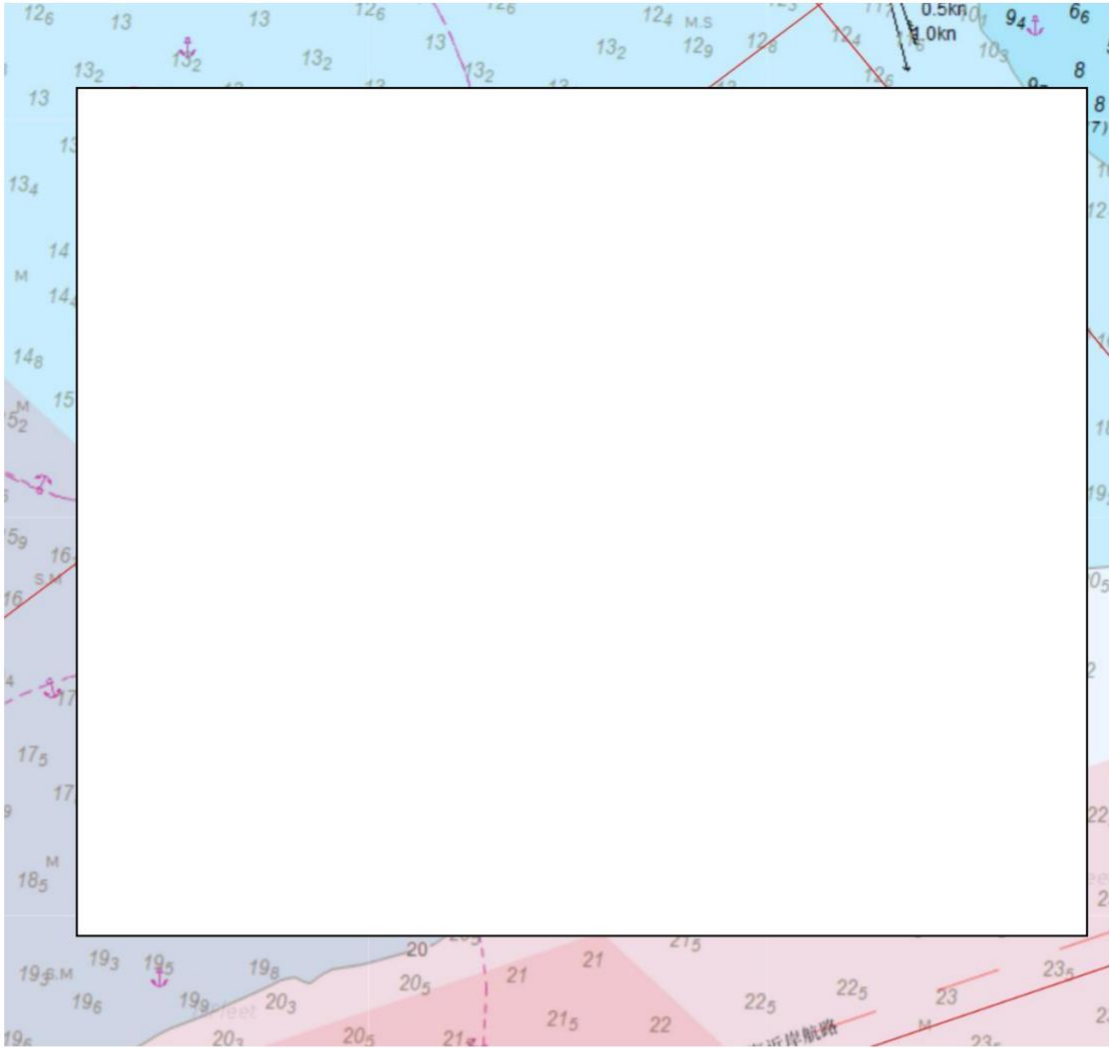


图 4.1.14-2 SW24-12 采砂区拟划定的安全作业区方案

综上所述，本项目应合理划定安全作业区并采取措施严格控制采砂范围，安排警戒船舶、设置施工期航标等措施，将项目施工期可能产生的通航环境影响降至最低。

4.2.14.3 海砂运输作业对通航安全的影响

海砂开采期间，将存在较多的运砂船舶，配合海砂开采船，将海砂资源运至目的港，此期间运砂船舶接驳海砂以及运送作业都将对该海域的通航安全存在一定的影响。运砂船舶接驳海砂作业：海砂开采作业一般是采用抽砂船进行采砂作业，运砂船舶接驳海砂可通过自卸臂或者抓斗直接接驳海砂的方式。海砂接驳作业需要运砂船舶与采砂船保持近距离泊稳，然后在海上过驳，过驳作业会占用一定的海域范围，此期间，过往船舶需绕开作业海域，对船舶正常通航存在影响。

运砂船进出采砂区域的推荐航线：

采砂区至台湾海峡、长江口、国内北方港口航线：安全作业区水域——西桔礁西侧（注意与西桔礁保持安全距离）——珠江口至台湾海峡沿海习惯航路——台湾海峡至长江口、北方港口习惯航线——国内沿海港口码头或锚地。

采砂区至大亚湾、珠江口、粤西沿岸、广西各港口航线：安全作业区水域——南侧经 9#锚地边缘接入粤东沿海近岸航路/广东沿海内航路——至大亚湾、珠江口、粤西沿岸、广西各沿海码头或锚地。

本采砂区开采的海砂以市场化方式销售，主要供给广东省、汕尾市周边工程建设和国内沿海省份客户。安全作业区内装好海砂的运输船，当达到航行要求时，经过管理部门现场检验，办妥相关手续与单证后方可开航，按照指引航线从采砂区域安全航行至附近的沿海习惯航路，沿习惯航路抵达国内其他沿海港口码头卸货。



图 4.2.14-3 拟出让采、运砂船推荐航线示意图

4.1.14.4 对锚地的影响

SW24-12 区块西北侧邻近汕尾港 10#锚地，距离约 1.13km；本项目区块西南侧邻近汕尾港 9#锚地，距离约 3.2km。汕尾辖区具有避风功能的锚地，只适合万吨级以上大型船舶防避台风外围影响。当热带气旋正面袭击汕尾水域时，以上锚地遮蔽条件差，不具备防台抗台条件。SW24-12 区块海砂开采作业对拟使用 10#锚地临时避风的船舶有一定影响，采砂船提前自航到安全水域避风，过往船舶禁止驶入安全作业区。

10#锚地为候泊、过驳、防台锚地，目前主要用于采砂区域大型散货船的安检和运砂船的候泊。本项目开采期间可有效利用 10#锚地，后续多个区块的运输船逐渐增加等情况，运输船轮候过驳情况会更加频繁，开采单位需要及时掌握运输船舶动向及位置，确认采砂船未有位置过驳时，先安排到汕尾港锚地进行等候。作业船舶可能会与在锚地中锚泊的船舶，航行经过锚地的船舶产生一定的碍航性。因此，作业时应与锚地的其他锚泊的船舶保持足够的安全距离。

开采单位在作业期间应负责调度管理好运砂船舶，避免出现超出作业区作业、停泊的违章情况。

4.3 资源影响分析

4.3.1 项目用海对海域空间资源的影响分析

本项目为海砂开采，位于广东省汕尾市陆丰城区 161.8°方位，直距约 24.3km 处，项目不占用海岸线资源。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。本项目为海砂开采，根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部，2023 年 11 月），项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），项目用海类型为“工业用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）的固体矿产开采用海（二级方式），用海面积 250.0037 公顷，申请用海期限为 3 年。项目用海期间限制了其他的海洋开发活动，但用海时间短，且不进行构筑物建设，用海期限结束后，不会影响其他活动对该海域的开发利用。

4.3.2 项目用海对海砂资源的影响分析

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》（2025 年 12 月），截止至 2025 年 6 月 30 日，矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.15%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.80%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；控制资源量和推断资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.28%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1，整体为

细砂级别。

V1 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 72.94%；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 73.24%。矿区 V1 矿体海砂的细度模数在 0.5~3.4 之间，平均值 1.5，为特细砂级别。V2 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 79.37%，V2 矿体推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 20.14%。V2 矿体海砂的细度模数在 0.5~4.2 之间，平均值 2.4，为细砂级别。本项目开采实施将导致所在海域的海砂资源的减少，将在相当长的时期内透支该片海域的矿产资源。项目开采根据海砂矿层分布，对申请用海范围内 250.0037 公顷 进行合理的海砂开采，是对现有海洋资源科学合理利用的体现。

4.3.3 项目用海对海洋生物资源的影响分析

4.3.3.1 底栖生物资源损耗分析

采砂活动掏空底层砂后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，采砂区范围内的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。大部分底栖生物的生长较缓慢，开采区抽沙作业后沉积物环境受到破坏，其生态环境的恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），海床底土坍塌覆盖，彻底破坏底栖生物的生境，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）/ km^2]、尾（个）每立方千米[尾（个）/ km^3]或千克每平方千米（ kg/km^2 ）。在此为底栖生物的资源密度。

S_i —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（ km^2 ）或立方千米（ km^3 ）。在此为项目用海占用海域面积。

项目占用海域面积情况：采砂面积为 250.0037 公顷，同时考虑采砂区周边塌陷

区外扩 50m，则项目采砂及周边塌陷对底栖生物的影响面积约 283.0009 公顷。

根据 2025 年春季和 2025 年秋季项目附近海洋环境现状调查资料，选取采砂区周边两季底栖生物现状调查站位的生物量的平均值进行计算，见表 4.3.3-1。

表 4.3.3-1 底栖生物平均值计算表(单位 g/m²)

调查时间	调查站位					当季平均值	两季平均值
2024 年秋季	SW11	SW12	SW23			5.372	5.584
	1.640	14.140	0.335				
2025 年春季	SW06	SW09	SW10	SW11	SW16	5.796	
	0.98	0.235	2.745	13.865	11.155		

则本项目采砂施工引起的底栖生物直接损失量为：

$$283.0009 \times 10^4 \times 5.584 \times 10^{-6} \approx 15.80t$$

大部分底栖生物的生长较缓慢，开采区被抽沙作业后沉积物环境受到破坏，其生态环境的恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。在采砂行为结束后底栖生物才能得到逐渐恢复。

4.3.3.2 渔业资源损耗分析

本项目计划年采砂天数为 145 天，超过 15 天，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：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad \text{公式 (2)}$$

式中：

M_i——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

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

T——污染物浓度增量影响的持续周期数（以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) 污染物浓度增量区面积 (S_i) 和分区总数 (n)

保守起见，浓度增量面积取包络线面积，参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，分区间确定本工程增量区的各类生物损失率，浓度增量面积按照悬沙浓度包络线面积计算。

SW24-11 和 SW24-12 同时施工情况下的典型工况作为计算生物资源损失的依据即浓度增量范围 10~20mg/L 的面积为 8.184km²，浓度增量范围 20~50mg/L 的面积为 9.248km²；浓度增量范围 50~100mg/L 的面积为 5.25km²，浓度增量范围大于 100mg/L 的面积为 6.501km²。

SW24-12 施工情况下的典型工况作为计算生物资源损失的依据即浓度增量范围 10~20mg/L 的面积为 4.853km²，浓度增量范围 20~50mg/L 的面积为 5.35km²；浓度增量范围 50~100mg/L 的面积为 3.008km²，浓度增量范围大于 100mg/L 的面积为 2.431km²。

因此，悬浮物浓度增量分区数为 4。

(2) 生物资源损失率 (K_{ij})

参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，施工过程中悬浮泥沙增量超标倍数、超标面积和在区内各类生物损失率如表 4.3-1 和表 4.3-2 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 4.3-1 SW24-12 和 SW24-12 同时施工情况下悬浮物对各类生物损失率

分区	各污染区内悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	各污染区的面积 (km ²)	污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I区	10~20	8.184	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5
II区	20~50	9.248	$1 < B_i \leq 4$ 倍	15	5
III区	50~100	5.25	$4 < B_i \leq 9$ 倍	40	15
IV区	>100	6.501	$B_i \geq 9$ 倍	50	20

表 4.3-2 SW24-12 施工情况下悬浮物对各类生物损失率

分区	各污染区内悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	各污染区的面积 (km ²)	污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I区	10~20	4.853	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5

II区	20~50	5.35	$1 < B_i \leq 4$ 倍	15	5
III区	50~100	3.008	$4 < B_i \leq 9$ 倍	40	15
IV区	>100	2.431	$B_i \geq 9$ 倍	50	20

(3) 持续周期数 (T) 和计算区水深

根据矿区采用间断工作制度, 年工作约 145 天, 污染物浓度增量影响的持续周期数为 10 (15 天为 1 个周期), SW24-11 矿区平均水深约为 16.57m, SW24-12 矿区平均水深约为 15.68m, 两个矿区的平均水深 16.13m。

(4) 生物资源密度 (D_{ij})

根据海洋生态调查结果, 渔业资源密度取 2024 年 11 月 (秋季调查) 和 2025 年 3 月 (春季调查) 项目调查海域现状调查结果平均值进行计算, 具体见表 4.3-3 所示。

表 4.3-3 项目渔业资源密度取值一览表

类别	平均生物量		
	2024 年 11 月	2025 年 3 月	平均生物量
鱼卵 (ind/m ³)	0.372	0.400	0.386
仔稚鱼 (ind/m ³)	0.193	0.275	0.234
游泳生物 (kg/km ²)	125.652	239.228	182.44

⑤ 损失量计算结果

SW24-11 和 SW24-12 同时施工情况下, 计算得本项目施工时的生物量损失如下:

游泳生物损失量

$$= 182.44 \times 8.184 \times 0.5\% \times 10 + 182.44 \times 9.248 \times 5\% \times 10 + 182.44 \times 5.25 \times 15\% \times 10 + 182.44 \times 6.501 \times 20\% \times 10 = 4727.06 \text{ kg}$$

鱼卵损失量

$$= 0.386 \times 8.184 \times 10^6 \times 5\% \times 10 \times 16.13 + 0.386 \times 9.248 \times 10^6 \times 15\% \times 10 \times 16.13 + 0.386 \times 5.25 \times 10^6 \times 40\% \times 10 \times 16.13 + 0.386 \times 6.501 \times 10^6 \times 50\% \times 10 \times 16.13 = 4.33 \times 10^8 \text{ 粒}$$

仔鱼损失量

$$= 0.234 \times 8.184 \times 10^6 \times 5\% \times 10 \times 16.13 + 0.234 \times 9.248 \times 10^6 \times 15\% \times 10 \times 16.13 + 0.234 \times 5.25 \times 10^6 \times 40\% \times 10 \times 16.13 + 0.234 \times 6.501 \times 10^6 \times 50\% \times 10 \times 16.13 = 2.62 \times 10^8 \text{ 尾}$$

则可计算得 SW24-11 和 SW24-12 同时施工情况下悬浮泥沙造成的渔业资源损失为: 游泳生物 4727.06kg, 鱼卵 4.33×10^8 粒, 仔鱼 2.62×10^8 尾。

SW24-12 施工情况下, 计算得本项目施工时的生物量损失如下:

游泳生物损失量

$$= 182.44 \times 4.853 \times 0.5\% \times 10 + 182.44 \times 5.35 \times 5\% \times 10 + 182.44 \times 3.008 \times 15\% \times 10 + 182.44 \times 2.431 \times 20\% \times 10 = 2242.49 \text{kg}$$

鱼卵损失量

$$= 0.386 \times 4.853 \times 10^6 \times 5\% \times 15.68 \times 10 + 0.386 \times 5.35 \times 10^6 \times 15\% \times 15.68 \times 10 + 0.386 \times 3.008 \times 10^6 \times 40\% \times 15.68 \times 10 + 0.386 \times 2.431 \times 10^6 \times 50\% \times 15.68 \times 10 = 2.10 \times 10^8 \text{粒}$$

仔鱼损失量

$$= 0.234 \times 4.853 \times 10^6 \times 5\% \times 15.68 \times 10 + 0.234 \times 5.35 \times 10^6 \times 15\% \times 15.68 \times 10 + 0.234 \times 3.008 \times 10^6 \times 40\% \times 15.68 \times 10 + 0.234 \times 2.431 \times 10^6 \times 50\% \times 15.68 \times 10 = 1.27 \times 10^8 \text{尾}$$

则可计算得 SW24-12 悬浮泥沙造成的渔业资源损失为：游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾。

4.3.4 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) 项目采砂过程占用海域

本项目为海砂开采，采砂施工过程中占用了海域，采砂区范围内的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。大部分底栖生物的生长较缓慢，开采区抽砂作业后沉积物环境受到破坏，其生态环境的恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。

(2) 悬浮泥沙影响海域海水水质，造成一定的生物资源损失

在洗砂作业过程中，洗砂产生的悬浮泥沙通过设置的溢流管道排出，造成水体浑浊水质下降，洗砂产生的悬沙扩散主要沿涨落潮方向运动，由于洗砂产生的悬浮泥沙通过设置溢流管道表层排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散，从垂向上看，由于水平向潮流作用，表层悬沙扩散面积最小，底层面积最大。项目单独施工悬沙 $> 10 \text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 22.361km^2 ， $> 20 \text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 14.767km^2 ， $> 50 \text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 9.891km^2 ， $> 100 \text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积

为 7.409km²，东南方向最大扩散距离约 4.2m，东向最大扩散距离约 3.8km。由此可见，采砂施工引起的悬浮泥沙对工程所在区域水质产生一定影响，这种影响主要在采砂过程出现，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

本项目采砂施工过程中占用了海域，采砂区范围内的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。在洗砂作业过程中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。项目采砂过程中会对海洋生物造成影响，造成的直接生物损失为底栖生物 15.80t，游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾。

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，即采砂区范围内和受影响的采砂区西南、东南、东北和西北侧海域。

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

5.1.1.1 汕尾市社会经济概况

根据《2024年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》，全年汕尾实现地区生产总值（初步核算数）1500.89亿元，按不变价格计算，同比增长4.0%。其中，第一产业增加值205.75亿元，增长4.4%，对经济增长的贡献率为14.8%；第二产业增加值433.60亿元，增长3.7%，对经济增长的贡献率为26.3%；第三产业增加值861.54亿元，增长4.0%，对经济增长的贡献率为58.9%。三次产业结构为13.7：28.9：57.4。人均地区生产总值55667元（按年平均汇率折算为7817美元），增长3.6%。

年末，全市常住人口270.11万人，比上年末增加0.98万人，其中城镇常住人口161.84万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）59.92%，比上年末增加2.23万人。年末户籍人口352.71万人，其中城镇人口178.97万人，占户籍人口的比重50.7%。

全年居民消费价格指数与上年持平。分类别看，食品烟酒类与上年持平，衣着类上涨0.3%，居住类下降0.4%，生活用品及服务类下降0.6%，交通和通信类下降2.7%，教育文化和娱乐类上涨1.0%，医疗保健类上涨1.1%，其他用品和服务类上涨3.9%。在食品烟酒类中，菜类和水产品类上涨幅度较大，分别上涨3.9%和2.7%。

全年农林牧渔业实现总产值346.27亿元，比上年增长5.3%。其中，农业产值136.91亿元，增长5.5%；林业产值8.67亿元，增长17.7%；牧业产值34.59亿元，下降3.9%；渔业产值145.13亿元，增长5.5%；农林牧渔服务业产值20.97亿元，增长16.3%。

全年全部工业增加值比上年增长0.6%。规模以上工业增加值增长1.1%。分经济类型看，国有企业增加值下降61.7%，集体企业增加值增长24.8%，股份制企业增加值下降2.6%，外商及港澳台投资企业增加值增长10.1%，其他经济类

型企业增加值下降 80.4%。分轻重工业看，轻工业增加值下降 39.3%，重工业增加值增长 16.2%。分企业规模看，大型企业增加值下降 9.5%，中型企业增加值下降 11.3%，小型企业增加值增长 25.2%，微型企业增加值增长 64.6%。

5.1.1.2 陆丰市社会经济概况：

根据《2024 年汕尾市陆丰市国民经济和社会发展统计公报》，2024 年末，全市总户数 41.05 万户，户籍总人口 189.34 万人，其中，城镇户籍人口 94.97 万人，农村户籍人口 94.37 万人。分性别，男性 100.11 万人，女性 89.24 万人。全市年末常住人口 123.18 万人，城镇常住人口 57.73 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）46.87%。

据统一核算结果，2024 年我市实现地区生产总值（初步核算数）458.19 亿元，同比增长 3.2%。第一产业实现增加值 90.53 亿元，同比增长 3.9%，第二产业实现增加值 114.48 亿元，同比增长 1.5%，第三产业实现增加值 253.18 亿元，同比增长 3.7%。三次产业结构比重为 19.7%：25.0%：55.3%。按年平均常住人口计算，全市人均地区生产总值为 37260 元，同比增长 2.9%。

全年农林牧渔业总产值完成 152.66 亿元，同比增长 3.5%，其中：农业产值 63.91 亿元，同比增长 3.9%，林业产值 0.83 亿元，同比下降 1.3%，牧业产值 16.75 亿元，同比下降 4.5%，渔业产值 62.21 亿元，同比增长 4.6%，农林牧渔服务业产值 8.96 亿元，同比增长 9.5%。

全年实现工业增加值为 82.66 亿元，同比下降 2.7%，其中：规模以上工业共 96 家，实现规模以上工业产值 155.82 亿元，同比下降 34.78%，实现规模以上工业增加值 18.97 亿元，同比下降 9.3%

5.1.1.3 海洋产业发展现状

根据《汕尾市海洋经济发展“十四五”规划》，汕尾市海洋经济保持良好发展势头。传统优势海洋产业实力得到增强，海洋新兴产业有所起步。现代海洋渔业稳定发展，建成省级水产良种场 2 个、养殖示范场 5 个、海洋牧场 3 个、渔港码头 2 个，以垂钓、旅游、餐饮、观光为主的休闲渔业成为新的渔业经济增长点。2020 年全市海水产品产量 53.75 万吨，海水产品产值 98.93 亿元，占全省的比重分别为 11.9%和 12.5%。临海工业持续推进，年发电能力 100 亿千瓦时的陆丰甲湖湾电厂新建工程建成投产，明阳智能汕尾海上高端装备制造基地正式

投产，后湖海上风电场接入系统工程顺利投运，产能规模按年均 76 万千瓦配套设备能力规划设计，汕尾海洋工程基地（陆丰）项目开工建设，甲子、后湖海上风电场项目均完成核准批复。海洋船舶工业不断发展，拥有船舶修造生产基地 12 家，建成包括船舶制造、维修、服务的上下游产业链，渔船升级改造及减船转产项目持续推进。海洋生物产业创新发展，建成年生产加工量 500 吨的鱼胶原蛋白肽粉产业链基地。海洋旅游业蓬勃发展，建设完善市区城市游憩旅游区、红海湾海洋运动旅游区等多个沿海旅游景点。2019 年接待过夜人数和旅游总收入较 2015 年分别增长 32.8%和 62.5%。海洋交通运输业稳步发展，2020 年汕尾港货物吞吐量达 1273.7 万吨，2016-2020 年均增长率约为 9.2%。

汕尾市海洋经济空间布局持续优化。碣石湾主要布局临海工业、海洋文化旅游等产业，拥有汕尾海洋工程基地（陆丰）、宝丽华集团能源基地、中广核核电项目基地、金厢滩红色旅游区等，初步形成了西部以海洋生物、海洋休闲旅游、现代渔业为主，东部以海工装备、电力能源为主的滨海优势产业发展带。

5.1.2 海域使用现状

根据搜集的历史资料、遥感影像资料和现场勘察资料成果，本项目周边海域海洋开发利用活动主要有海洋牧场、养殖、人工鱼礁、浴场、码头、风电场、白沙湖连岛公路、电厂、采砂区、核电站、航道、航线、锚地以及国控监测站位等。项目所在海域开发利用现状见表 5.1-1 和图 5.1-1。

表 5.1-1 项目所在海域及附近开发利用现状分布表

序号	项目名称	相对方位	与项目最近距离(km)
1	广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采（拟申请）	西侧	0.3
2	汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目	东南侧	0.58
3	陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目	东北侧	8.07
4	陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目	东北侧	8.73
5	陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	西北侧	6.49
6	陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	西北侧	7.20
7	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	西北侧	7.88
8	陆丰蚝之发水产科技养殖项目	西北侧	7.37
9	陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目	东北侧	8.44
10	陆丰金厢南人工鱼礁区工程	东北侧	9.42
11	陆丰海纳金湾水浴场项目	东北侧	13.0

12	陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区	东北侧	1.65	
13	陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目	东北侧	9.14	
14	广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目	东北侧	9.98	
15	中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目	东北侧	11.3	
16	中广核汕尾后湖海上风电场项目	东北侧	13.3	
17	汕尾市白沙湖连岛公路	西北侧	17.16	
18	广东汕尾电厂一期工程	西北侧	16.23	
19	广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH22-03 区块海砂开采	西南侧	5.95	
20	广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-08 区块海砂开采	西侧	7.27	
21	广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-09 区块海砂开采	西侧	5.45	
22	广东陆丰核电站 5、6 号机组项目	东侧	6.11	
23	航道	乌坎西线航道	西北侧	10.80
24		碣石航道	西北侧	2.23
25		乌坎东线航道	东北侧	4.40
26		粤海近岸航路	东南侧	6.36
27		汕尾港进出港航路	西南侧	11.88
28		广东沿海内航路	东南侧	15.40
29		大星甲子航道	东北侧	11.18
30		海甲航道	东北侧	11.43
31		锚地	移动后的 9#锚地	西南侧
32	现状 10#锚地		西北侧	3.2
33	新增 11#锚地		东北侧	5.5
34	新增 12#锚地		西北侧	12.1
35	新增 21#锚地		西南侧	14.0
36	新增 22#锚地		东南侧	11.8
37	国控监测点	GDN14002	东南侧	10.9
38		GDN14004	西北侧	7.3
39		GDN14010	西南侧	18.0
40		GDN14013	西北侧	12.9
41		GDN14015	东北侧	8.9

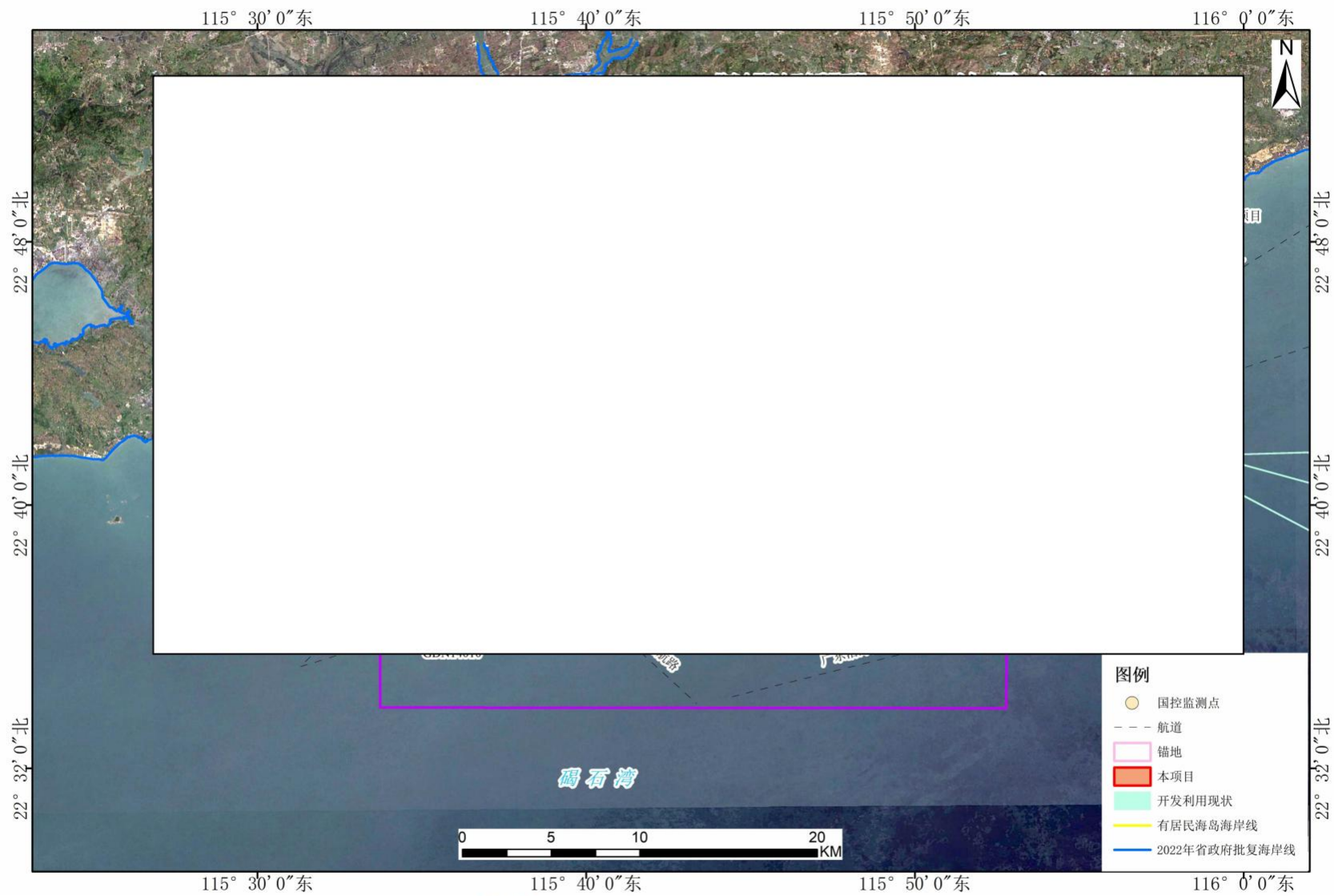


图 5.1-1 项目所在海域开发利用现状图

(1) 海砂开采项目

项目北侧 0.3km 处为与本项目同期拟申请的广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采项目，申请用海面积 250.0037 公顷。东侧 6.48km 处有广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH22-03 区块海砂开采，东侧 7km 处有广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-08 区块海砂开采和东侧 7.90km 处有广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-09 区块海砂开采。

(2) 养殖用海项目

项目周边主要养殖用海项目有汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目、陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目、陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目、陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目、陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目、陆丰金厢南人工鱼礁区工程、陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区、陆丰启晖农业生食生蚝养示范基地项目和广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目。

汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目位于陆丰碣石镇田尾山西南侧约 5.4km 海域，项目在用海区内拟布置 272 个重力式网箱，重力网箱养殖水体容量 262.75×104 立方米；另布置桁架式网箱 2 个，分别为 1 个半潜式网箱养殖平台和 1 个坐底式网箱养殖平台，桁架式网箱养殖水体容量为 15.0×104 立方米。项目养殖水体总容量合计约 277.75×104 立方米。适养鱼种包括章红鱼、金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼、大黄鱼等，预计年渔获物产出量约 42000 吨。项目用海类型为渔业用海中的增养殖用海，用海方式为开放式中的开放式养殖，申请用海总面积为 624.6308 公顷。

广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目：广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目在示范区内建设人工鱼礁区 1 座，布设 4 个人工鱼礁群，每个鱼礁群布设礁单体个数为 456 个，共投放鱼礁单体 1824 个，礁型以钢筋混凝土和钢结构预制件为主，适当结合旧船等多种礁材、礁型，成礁体总空方量 49248m³；建设礁区海上警示浮标 4 座，礁区陆地警示牌（标示牌和标示石碑）2 座；建设礁区在线自动监控系统 1 套。

陆丰金厢南人工鱼礁区工程：金厢南人工鱼礁区共建造及投放鱼礁礁体 1301 个，总空方量 41431.5m³。投放的人工鱼礁材料主体结构采用现浇钢筋混凝土，部分礁体内部放置陶瓷罐，礁体类型包括饵料型、繁育型和庇护型鱼礁单体。其中，GDC006 礁体主框架为 3.0m×3.0m×3.0m 的钢筋混凝土框架结构，GDS07 礁体主框架为 3.0m×3.0m×3.5m 的钢筋混凝土框架结构，GDS05 礁体主框架为 3.0m×3.0m×4.0m 的钢筋混凝土框架结构。

（3）陆丰海纳金滩海水浴场项目

主要包含“海水浴场”及配套的“临时浮式水上平台”。海水浴场长 300m，宽约 176m；临时浮式水上平台是 T 型结构，采用高分子聚乙烯材料制作的水上浮筒拼接而成，T 型水上平台尺寸为 77m×24m×4m。救生瞭望台采用可移动钢构成品，均布在海水浴场岸滩。

（4）中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目

中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目拟建设 2 座引桥、2 座码头、3 个泊位、1 座防波堤及相应配套设施，其中，1#引桥和 2#引桥连接 1#码头，设置 1#泊位和 2#泊位，2#码头为突堤式码头，设置 3#泊位。1#引桥长 312m，2#引桥长 300m，1#码头长 206m，2#码头长 470m，靠船段 155m。防波堤总长度 1355m。

（5）中广核汕尾后湖海上风电场项目

中广核汕尾后湖海上风电场项目选址于广东省汕尾市陆丰市湖东镇至揭阳市惠来神泉镇之间、汕尾陆丰湖东镇后湖南侧海域，风电场场址面积约 77.73km²，水深 23~28m。风电场分为东、西两个区域，装机容量规模分别为 300MW 和 200MW，共布置 91 台单机容量为 5.5MW 的风电机组，配套建设 2 座 220kV 海上升压站和海底输电电缆。海底电缆登陆点位于碣石镇东南田尾山陆丰核电项目东北侧约 4.5km 处，登陆点采用定向钻穿越砂质岸线。

（6）汕尾市白沙湖连岛公路

白沙湖连岛公路位于广东省汕尾市红海湾经济开发区，连接遮浪半岛与施公寮半岛（风车岛）。

（7）广东汕尾电厂一期工程

汕尾电厂一期工程建设 4×600MW 等级机组（即 2×600MW+2×660MW）。电厂一期工程 2×600MW+2×660MW 燃煤机组主厂区和配套公用设施区布置在电厂的东部。固定端朝东南，电厂采用三列式布置，由西南向东北布置了 500kV 配电装置、主厂房区、煤场区，公用设施区位于固定端东侧。

（8）广东陆丰核电站 5、6 号机组项目

广东陆丰核电 5、6 号机组位于广东省陆丰市碣石镇以南约 8km 的田尾山，规划建设两台百万千瓦级压水堆“华龙一号”机组及配套设施。

（9）航线、航道、锚地

本项目论证范围内主要航线、航道有乌坎西线航道、碣石航道、乌坎东线航道、粤海近岸航路、汕尾港进出港航路、广东沿海内航路、大星甲子航道、海甲航道，其中距离本项目最近的为碣石航道，位于项目西北侧 2.23km。

根据《汕尾港总体规划(2024-2035 年)》，本项目论证范围内主要有 9#~12#、21#~22#锚地。其中距离项目最近的锚地为移动后的 9#锚地和现状 10#锚地，移动后的 9#锚地位于项目西南侧 3.2km，现状 10#锚地位于项目西北侧 1.13km。各锚地现状情况见表 3.1.3-2 所示，本项目建设不占用锚地资源。

（10）近岸海域国控监测站位

本项目附近共有 5 个近岸海域国控站位。站位基本信息如表 5.1-2。

表 5.1-2 近岸海域国控站位一览表

序号	国控监测站位	经度 (°)	纬度 (°)
1	GDN14002	██████	██████
2	GDN14004	██████	██████
3	GDN14010	██████	██████
4	GDN14013	██████	██████
5	GDN14015	██████	██████

5.1.3 海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集和调查结果可知，本项目论证范围内海域使用权属有 21 处。主要有汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目、陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目、陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目、陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目、陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目、陆丰金厢南人工鱼礁区、陆丰海纳金滩海水浴场项目、陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区、陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目、广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目、中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、汕尾市白沙湖连岛公路、广东汕尾电厂一期工程、广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-09 区块海砂开采、广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH22-03 区块海砂开采和广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-08 区块海砂开采和广东陆丰核电站 5、6 号机组项目。具体情况见表 5.1.3-1 和图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 海域使用权属现状情况一览表

编号	项目名称	海域使用权人	期限	用海性质	用海类型	用海方式	面积
							(公顷)
1	汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目	██████████	1	██████	██████	██████████	██████
2	陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目	██████████	██████	██████	██████	██████████	██████
3	陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目	██████████	██████	██████	██████	██████████	██████
4	陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	██████████	1	██████	██████	██████████	██████
5	陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	██████████	1	██████	██████	██████████	██████
6	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	██████████	██████████	██████	██████	██████████	██████
7	陆丰蚝之发水产科技养殖项目	██████████	██████████	██████	██████	██████████	██████

8	陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目	██████████ ██████████	██████████	██████	██████	██████████	██
9	陆丰金厢南人工鱼礁区	██████████ ██		██████	██████	██████████	██
10	陆丰海纳金滩海水浴场项目	██████████ ██████████	██████████	██████	██████ ██████	██████████	██████
11	陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区	██████████ ██████	██████████	██████	██████	██████████	██
12	陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目	██████████ ██████	██████████	██████	██████	██████████	██
13	广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目	██████████	██████████	██████	██████ ██████	██████████	██████
14	中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目	██████████ ██████████ ██	██████████	██████	██████	██	██████
15	中广核汕尾后湖海上风电场项目	██████████ ██████████ ██	██████████	██████	██████	██████████	██████

16	汕尾市白沙湖连岛公路	██████████ ██████████	██████████	██████████	██████████ ██████████	██████████	██████████
17	广东汕尾电厂一期工程	██████████ ██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
18	广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-09 区块海砂开采	██████████ ██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
19	广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH22-03 区块海砂开采	██████████ ██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
20	广东省汕尾市红海湾施公寮岛海域 JH21-08 区块海砂开采	██████████ ██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
21	广东陆丰核电站 5、6 号机组项目	██████████ ██████████		██████████	██████████	██████████	██████████
						██████████	██████████
						██████████	██████████
						██████████	██████████

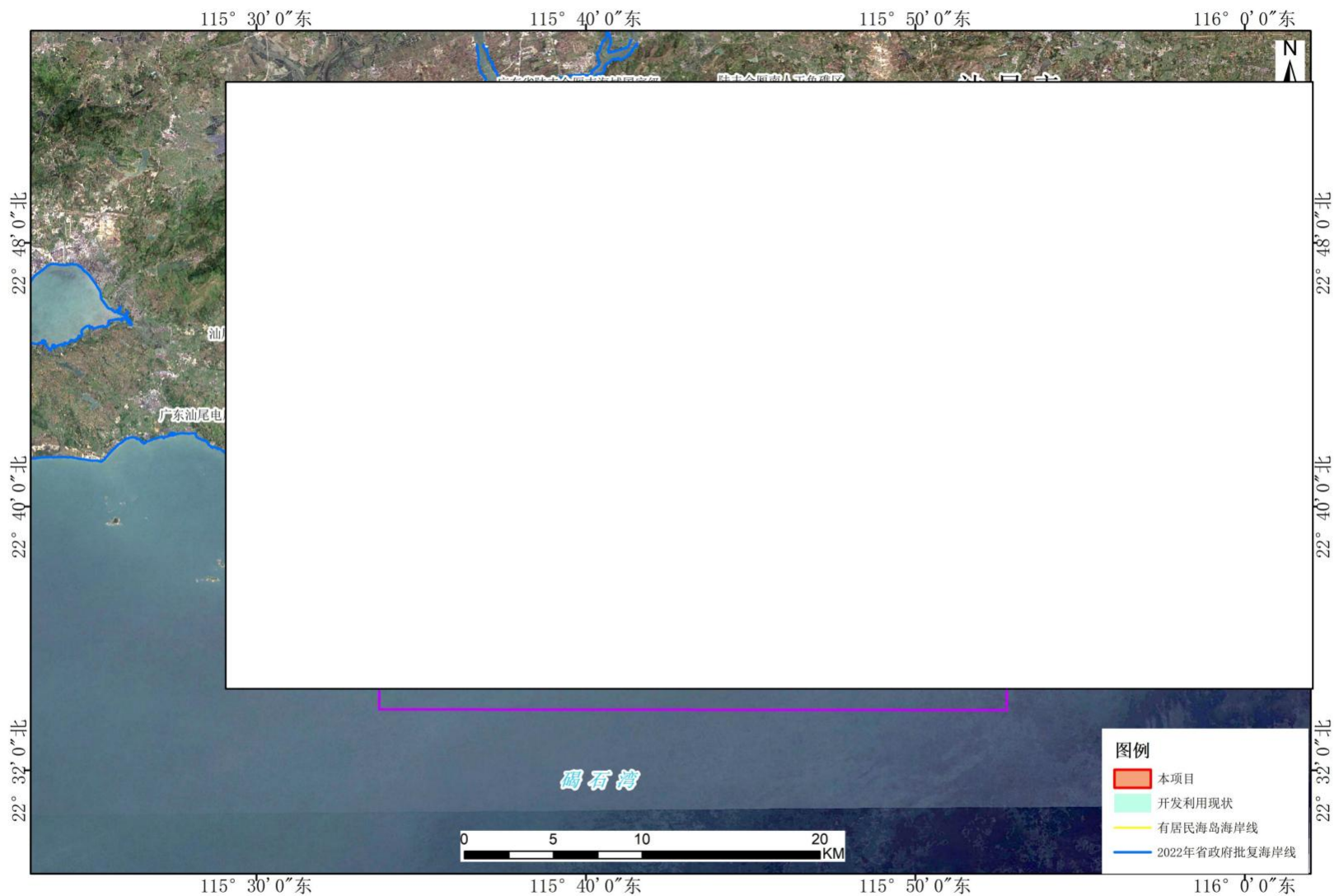


图 5.1.3-1 项目所在海域确权现状图

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

本项目周边海域海洋开发利用活动主要有海洋牧场、养殖、人工鱼礁、浴场、码头、风电场、白沙湖连岛公路、电厂、采砂区、核电站、航道、航线、锚地以及国控监测站位等。项目施工期产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥沙与附近现状开发利用项目的叠加图见图 5.2-1 所示。

5.2.1 对航道、航线、锚地的影响分析

(1) 航线、航道、锚地

本项目论证范围内主要航线、航道有乌坎西线航道、碣石航道、乌坎东线航道、粤海近岸航路、汕尾港进出港航路、广东沿海内航路、大星甲子航道、海甲航道，其中距离本项目最近的为碣石航道，位于项目西北侧 2.23km。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 区块前期工作项目通航安全影响研究报告》（2025 年 3 月），本项目海砂开采区内的采砂船作业期间主要为定点施工，本项目海砂开采区（矿区）不占用航道、航路、锚地。本采砂安全作业区所在海域为航行条件优良的可通航海域，周边海域可供过往船舶有足够的空间进行避让，但不排除有小型船舶航经或接近本项目采砂区水域的可能，且采砂区附近水域渔船较多，渔船航行航线较为随意，可能进入工程水域。采砂作业需要使用采砂船、运砂船等，客观上增加了附近水域交通流量，使该海域的通航环境复杂化。本工程采砂施工期间，施工船舶需要占用部分水域，对过往船舶和附近的渔船通航安全会产生一定影响。但本项目与周边航路、航道有一定距离（最近距离 2.23km），只要采砂作业期间建设单位和施工单位做好安全保障措施，对周边航路、航道影响较小。

根据报告第 4 章资源生态影响分析可知，项目实施后会对周边航道、航路所在海域冲淤环境产生一定影响，其中对碣石航道所在海域产生最大淤积厚度约为 0.12m，最大冲刷为 0.19m；对乌坎西线航道、乌坎东线航道、粤海近岸航路、汕尾港进出港航路、广东沿海内航路、大星甲子航道、海甲航道所在海域冲淤环境无影响。若本项目与广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采（拟申请）同时施工，对碣石航道所在海域产生最大淤积为 0.14m，最大冲刷为 0.15m；对乌坎西线航道、乌坎东线航道、粤海近岸航路、汕尾港进出港航路、广东沿

海内航路、大星甲子航道、海甲航道所在海域冲淤环境无影响。

本项目论证范围内主要有移动后的 9#锚地、现状 10#锚地、新增 11#锚地、新增 12#锚地、新增 21#锚地和新增 22#锚地。其中距离项目最近的锚地为移动后的现状 10#锚地，现状 10#锚地位于项目西北侧 1.15km。根据报告第 4 章资源生态影响分析可知，项目实施后会对锚地所在海域冲淤环境产生一定影响，其中对现状 10#锚地产生最大淤积厚度约为 0.12m，采砂过程对现状 10#锚地的影响是有限的。因此，本项目与其他锚地距离较远，项目建设不会影响周边锚地所在海域冲淤环境及通航环境，对周边锚地影响不大。

5.2.2 对海砂开采项目的影响分析

项目西南侧 0.3km 处为与本项目同期拟申请的广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采，若该海砂开采项目与本项目同时施工，在一定程度上会增加区域的通航密度，对航行在航道的船舶有一定的影响，增加发生交通事故的概率。因此 2 个采砂作业区施工单位应做好施工安排，施工船舶只要注意使用安全航速、加强瞭望、小心避让，并听从海事部门的调度，可避免双方进出港使用航道发生冲突。本项目与其他 3 个采砂项目距离较远，对其影响不大。

若本项目先行施工，根据报告第 4 章资源生态影响分析，项目实施后冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.35m 左右，平均淤积厚度约为 0.22m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.12m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.19m，平均冲刷厚度约为 0.10m。总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大，对西侧拟申请的广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采影响不大。

5.2.3 对周边养殖用海项目的影响分析

本项目周边的养殖项目有陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目、广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目（拟建）、陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目（拟建）、陆丰金厢南人工鱼礁区工程、陆丰市

茂潮种养专业合作社养殖区、陆丰启晖农业生食生蚝养示范基地项目和陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目。

距离本项目最近的为汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目，为 0.58km，根据数值模拟结果（见图 5.2-1）本项目采砂过程产生的悬浮物会扩散到汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目，扩散面积约为 197.1268 公顷，会对养殖区的水质环境产生影响，根据附件 4：关于汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目用海的承诺函：项目 07 号碣石湾海域涉及《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035 年)》所划定的碣石湾工矿通信用海区。该功能区目前仍处于未开发阶段，可兼容开放式养殖用海。现本公司郑重承诺，若后续该区域产生矿产等用海需求，我司将按照相关要求依法依规退出或调整养殖活动。

其他养殖区距离项目较远，根据数值模拟结果，本项目采砂过程产生的悬浮物对其他养殖区的影响不大。

5.2.4 对渔业生产活动的影响分析

根据水质影响预测结果分析，本项目施工过程悬沙扩散范围主要集中在海砂开采附近海域，对周边渔业生产活动会造成一定影响。项目所在海域渔业生产活动较少，但仍可能存在捕捞渔船，禁止任何船舶进入采砂区，出海渔船必须避开采砂区，海砂开采作业在客观上增加了附近海域的通航密度，因此本项目的建设对渔船通航、作业都会造成一定的影响。但采砂区外围水域对渔船而言，可航水域开阔，满足其通航安全要求。项目采砂过程产生的悬浮泥沙占用生境等，会对渔业资源造成一定的损失，也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少，导致捕捞渔民的收入降低。

5.2.5 对广东陆丰核电站 5、6 号机组项目的影响分析

本项目东侧 6.11km 处为广东陆丰核电站 5、6 号机组项目，根据数值模拟结果（见图 5.2-1），项目采砂施工对附近海域的影响主要集中在采砂区周边 4.2km 范围内，不会影响广东陆丰核电站 5、6 号机组项目的正常运行。

5.2.6 对中广核汕尾后湖海上风电场项目的影响分析

本项目距离中广核汕尾后湖海上风电场项目 13.3km，距离较远，项目采砂

过程基本不会对其所在海域产生影响，不会影响项目的运营。根据《广东省海上风电发展规划》（2017-2030年），本项目不占用已规划的海上风电场址，距离以上已规划的风电场址最近的为中广核汕尾后湖海上风电场项目，如图 5.2.6-1。

（不公开）

图 5.2.6-1 项目位置与广东省海上风电规划场址分布图

5.2.7 对周边码头项目、电厂、风电场以及公路的影响分析

本项目周边码头工程有中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、广东汕尾电厂一期工程和汕尾市白沙湖连岛公路，均与本项目距离较远（17.16km 以上），项目采砂过程基本不会对周边码头项目、电厂、风电场以及公路所在海域产生影响，不会影响项目的运营。

5.2.8 对陆丰海纳金湾水浴场项目的影响分析

本项目东北侧约 13.00km 处为陆丰海纳金湾水浴场项目，项目距离浴场比较远，本项目采砂过程产生的悬浮物不会扩散到海水浴场，也不会对海水浴场的冲淤环境产生影响。

5.2.9 对近岸海域国控监测站位的影响分析

本项目所在海域附近的近岸海域国控监测点共有 5 个，分别为 GDN14002、GDN14004、GDN14010、GDN14013、GDN14015。其中 GDN14004 距离项目采砂区最近，约 7.3km，其余站位均大于 8km。根据数值模拟结果（见图 5.2-1），项目采砂施工对附近海域的影响主要集中在采砂区周边 4.2km 范围内，国控监测点站位不在悬沙增量 10mg/L 包络线范围内。因此，项目施工对近岸海域国控监测站位影响不大大。

由于近岸海域国控监测站位距离项目采砂区比较远，项目施工对近岸海域国控监测站位影响不大。

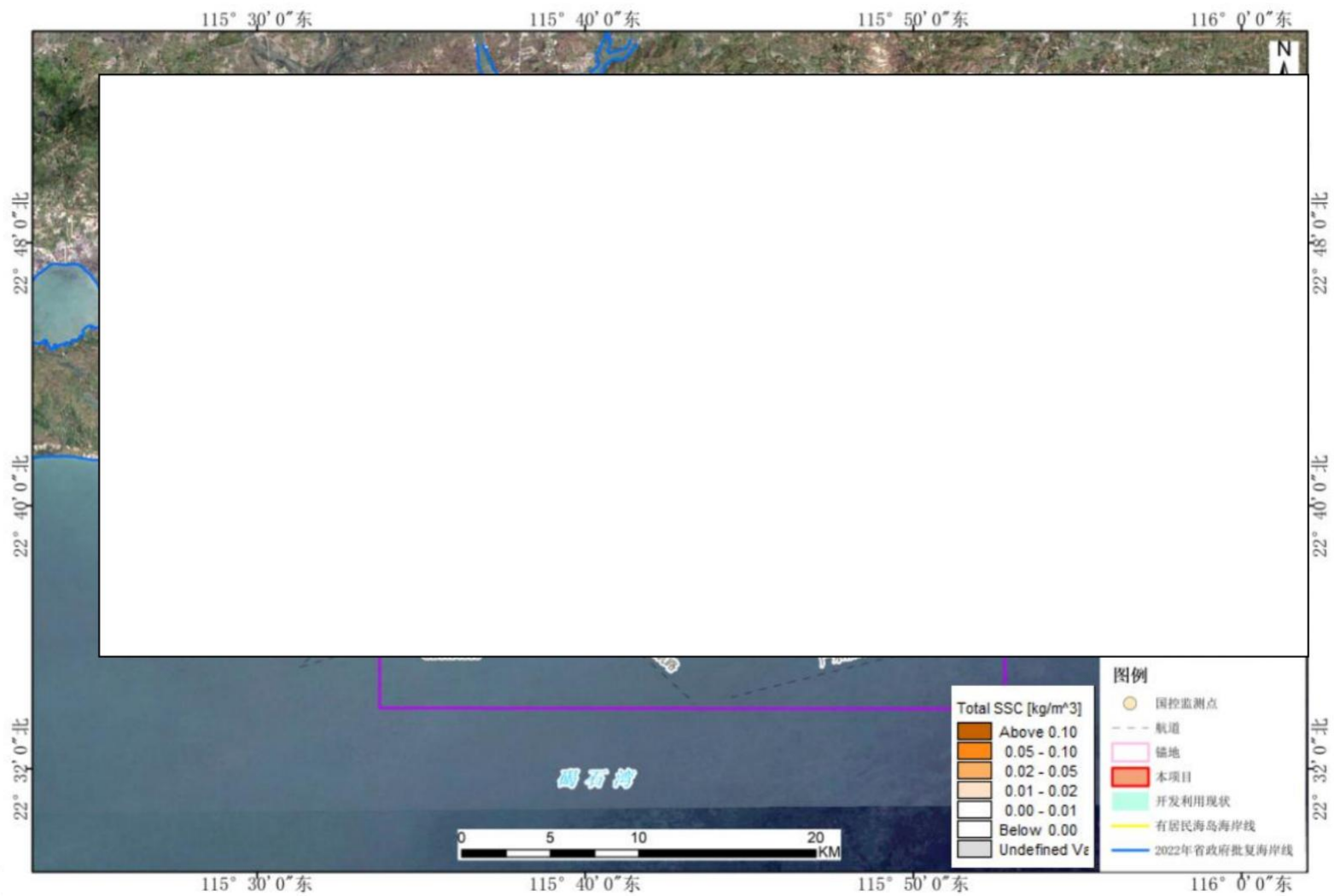


图 5.2-1 本项目施工悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的最大包络线与开发利用活动叠加图

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。

根据本报告书海域使用现状的分析可知，本项目周围的海洋开发利用活动情况较多。通过对工程区附近用海现状的调查和项目用海对周边海洋开发活动的影响情况，按照利益相关者界定原则，经界定，本项目用海益相关者有

。本项目利益相关者界定分析见表 5.3-1。

表 5.3-1 利益相关者的分析界定表

序号	开发活动名称	位置及距离 (km)	利益相关者或协调责任人	可能影响因素	是否利益相关
1	广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采（拟申请）	西侧 0.3		水质、地形地貌与冲淤环境、通航安全	是
2	汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目	东南侧 0.58		水质、地形地貌与冲淤环境、通航安全	是
3	陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目	东北侧 8.07		水质	否
4	陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目	东北侧 8.73		水质	否
5	陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	西北侧 6.49		水质	否
6	陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	西北侧 7.20		水质	否
7	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	西北侧 7.88		水质	否
8	陆丰蚝之发水产科技养殖项目	西北侧 7.37		水质	否
9	陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地	东北侧 8.44		水质	否

序号	开发活动名称	位置及距离 (km)	利益相关者或协 调责任人	可能影响 因素	是否利益 相关
	项目				
10	陆丰金厢南人工鱼礁 区工程	东北侧 9.42		水质	否
11	陆丰海纳金湾水浴场 项目	东北侧 13.0		水质	否
12	陆丰市茂潮种养专业 合作社养殖区	东北侧 1.65		水质	否
13	陆丰启晖农业生食生 蚝养殖示范基地项目	东北侧 9.14		水质	否
14	广东省陆丰金厢南海 域国家级海洋牧场示 范区人工鱼礁建设项 目	东北侧 9.98		水质	否
15	中广核陆丰海洋工程 基地水工工程（码头） 项目	东北侧 11.3		地形地貌与 冲淤环境、 通航安全	否
16	中广核汕尾后湖海上 风电场项目	东北侧 13.3		地形地貌与 冲淤环境、 通航安全	否
17	汕尾市白沙湖连岛公 路	西北侧 17.16		地形地貌与 冲淤环境、 通航安全	否
18	广东汕尾电厂一期工 程	西北侧 16.23		地形地貌与 冲淤环境、 通航安全	否
19	广东省汕尾市红海湾 施公寮岛海域 JH22-03 区块海砂开 采	西南侧 5.95		地形地貌与 冲淤环境、 通航安全	否
20	广东省汕尾市红海湾 施公寮岛海域 JH21-08 区块海砂开 采	西侧 7.27		水质、地形 地貌与冲淤 环境、通航 安全	否
21	广东省汕尾市红海湾 施公寮岛海域 JH21-09 区块海砂开 采	西侧 5.45		水质、地形 地貌与冲淤 环境、通航 安全	否
22	广东陆丰核电站 5、6 号机组项目	东侧 6.11		水质	否

5.4 需协调部门界定

由于本项目实施后会对碣石航道和现状 10#锚地所在海域冲淤环境和通航环境产生一定影响，因此需要协调的部门为航道、海事主管部门。根据本报告 5.2.7 节的分析结果可知，本项目距离国控监测点较远，施工悬浮泥沙不会对产生大的影响。

项目采砂过程中产生的悬浮泥沙会占用生境等，会对渔业资源造成一定的损失，采砂区也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少，导致捕捞渔民的收入降低。因此需要协调的部门为汕尾市农业农村局。

本项目的需要协调部门界定情况统计见表 5.4-1 所示。

表 5.4-1 项目用海需要协调部门一览表

编号	附近海域开发活动	海域使用类型	相对方位	最近距离(m)	涉及的用海者或协调责任人	利益相关内容	影响程度	是否为需协调的部门
1	移动后的 9# 锚地	锚地用海	西南侧	3.2	海事管理部门	通航环境	有一定影	否
2	现状 10#锚地	锚地用海	西北侧	1.13		通航环境	有一定影	是
3	新增 11#锚地	锚地用海	东北侧	5.5		通航环境	有一定影	否
4	新增 12#锚地	锚地用海	西北侧	12.1		通航环境	基本无影	否
5	新增 21#锚地	锚地用海	西南侧	14.0		通航环境	基本无影	否
6	新增 22#锚地	锚地用海	东南侧	11.8		通航环境	基本无影	否
7	乌坎西线航道	航道用海	西北侧	10.80	航道、海事管理部门	通航环境	有一定影	否
8	碣石航道	航道用海	西北侧	2.23		通航环境	基本无影	是
9	乌坎东线航道	航道用海	东北侧	4.40		通航环境	基本无影	否
10	粤海近岸航路	航道用海	东南侧	6.36		通航环境	基本无影	否
11	汕尾港进出港航路	航道用海	西南侧	11.88		通航环境	基本无影	否

编号	附近海域开发活动	海域使用类型	相对方位	最近距离(m)	涉及的用海者或协调责任人	利益相关内容	影响程度	是否为需协调的部门
12	广东沿海内航路	航道用海	东南侧	15.40		通航环境	基本无影	否
13	大星甲子航道	航道用海	东北侧	11.18		通航环境	基本无影	否
14	海甲航道	航道用海	东北侧	11.43		通航环境	基本无影	否
15	GDN14002	特殊用海	东南侧	10.9	汕尾市生态环境局	水质	基本无影响	否
16	GDN14004	特殊用海	西北侧	7.3		水质	基本无影响	否
17	GDN14010	特殊用海	西南侧	18.0		水质	基本无影响	否
18	GDN14013	特殊用海	西北侧	12.9		水质	基本无影响	否
19	GDN14015	特殊用海	东北侧	8.9		水质	基本无影响	否
20	渔业生产活动				汕尾市农业农村局	悬沙扩散、捕捞空间	有一定影响	是

5.5 相关利益协调分析

5.4.1 与广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采（拟申请）中标单位的协调分析

本项目对广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采（拟申请）的影响主要体现在施工船舶对其施工造成的影响。本项目施工在一定程度上会增大区域的通航密度，对航行在航道的船舶有一定的影响，增加发生交通事故的概率。因此 2 个作业区施工单位应做好施工安排，施工船舶只要注意使用安全航速、加强瞭望、小心避让，并听从海事部门的调度，避免双方进出港使用航道发生冲突，本项目与广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采的业主是可以协调的。

5.4.2 与汕尾市百千万农业投资发展有限公司的协调分析

汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目与本项目距离 0.58km，根据预测结果，采砂施工时悬浮泥沙将会扩散至汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目范围内，扩散面积约为 197.1268 公顷，给汕尾市百千万农业投资发展有限公司造成经济损失，且本项目在施工期间在一定程度上会增大区域的通航密度，也会对海洋牧场的运行造成一定的影响。根据附件 4：关于汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目用海的承诺函：项目 07 号碣石湾海域涉及《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035 年)》所划定的碣石湾工矿通信用海区。该功能区目前仍处于未开发阶段，可兼容开放式养殖用海。现本公司郑重承诺，若后续该区域产生矿产等用海需求，我司将按照相关要求依法依规退出或调整养殖活动。

5.4.3 与航道、海事主管部门的协调分析

项目位置距离航道、锚地较近，项目采砂作业会对周边碣石航道、现状 10# 锚地所在海域冲淤环境产生一定影响；项目建设会对所在及周边海域通航环境产生一定影响。

因此，项目建设单位应切实执行相关通航安全保障措施，并在海事主管部门的指导下，在来往水域设置明显的交通标志，依法规范海上交通，完善导航体系，保证项目附近海域船舶的海上交通安全。同时做好加强通航安全管理工作，避免出现船舶碰撞的事故发生。针对施工期间的通航安全问题，项目建设单位应加强施工附近水域的船舶航行管理。在施工前发布航行通告，具体应包括施工作业时间、进度、作业机具、作业方法、方式、区域等，应设置临时助航标志、警戒区等，关注施工船舶与在附近水域通航船舶的相互影响等。

建议项目建设单位与航道、海事主管部门建立有效联系机制，采取措施尽量减少对船舶正常通航和作业的影响，对于因采砂施工导致的航道冲淤变化要密切关注，做好定期监测、疏浚维护等计划。同时，采砂施工船舶也应严格按照批准的采砂区内采砂作业，不得超过划定的采砂区，以免影响其它船舶的航行；运砂船在航行时，要密切注视过往船舶的交通状态，谨慎驾驶，防止发生海事事故；在施工过程中船舶航行要服从海事部门的管理，保证海上交通的正常秩序。

5.4.4 与汕尾市农业农村局的协调分析

为提醒渔船注意，避免渔船进入项目施工区域，建设单位应在施工区域外围设置航标灯，引导过往船舶航行，避免渔船误入采砂区域，在项目周边采用红色灯警示灯，避免渔船碰撞引发事故。

本项目的建设将造成海洋生物资源损失，本项目建设单位应采取措施，实施生态保护修复，开展以增殖放流为主的生态保护修复措施，建设单位应与汕尾市农业农村局充分沟通协调，明确增殖放流实施地点、实施计划、投放苗种等，在汕尾市农业农村局的协调下有序开展。针对项目用海压缩捕捞空间，建议建设单位与汕尾市农业农村局积极沟通，开展公共服务，为当地渔民提供就业机会。

5.5 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.5.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

项目采砂作业所在海域及附近海域无国防、军事设施和场地，项目用海不涉及军事用海、军事禁区或军事管理区，项目用海不会对国防安全、军事活动产生不利影响，因此，本项目用海不涉及国防安全问题。

5.5.2 与国家海洋权益的协调性分析

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

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》的要求，满足《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》关于碣石湾工矿通信用海区空间准入条件和相关管控要求，也符合“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

7 项目用海合理性分析

7.1 选址合理性分析

针对本项目的用海特点，拟从区位和社会条件、自然资源环境条件、区域生态环境、与周边海洋开发活动的适宜性等方面分析本项目选址的合理性。

7.1.1 区位和社会条件适宜性

本项目位于广东省汕尾市陆丰城区 161.8° 方位，直距约 24.3km 处，行政区域隶属汕尾陆丰市。目前，珠江三角洲区域建筑用砂资源市场较为旺盛，供不应求。以广东省为例，广东省持证开采海砂企业 4 家，环评核准年度最大采砂量仅 1021 万 m³，且均已签订供砂协议，主要定向供给香港国际机场第三跑道填海工程。珠江口在建的深圳至中山跨江通道项目、深圳市海洋新兴产业基地和深圳机场三跑道扩建工程三个重大建设项目所需填海用砂石就超过 3000 万 m³。一系列工程开展导致目前市场的吹填用砂供不应求，供需矛盾十分突出，海砂开采可在一定程度上缓解用砂供需矛盾，保障重大工程的工期要求。本项目拟选海砂开采区附近外海海域开阔，航行条件良好。根据海砂市场价格分析，减掉销售税金及附加、所得税，按采砂区年产原矿 1580 万 m³，年平均净利润 34870.69 万元/年，具有较好的经济效益。

7.1.2 自然资源、环境条件的适宜性

(1) 气候条件的适宜性

本项目所在海区处亚热带季风气候区，气候温暖，雨量充沛，光照充足；冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春季连旱常有发生，夏涝风灾危害较重。汕尾市年平均气温为 23.0℃，年最高气温达 35.0℃，年最低气温为 6.3℃。7 月是路由区最热的月份，月平均气温为 28.9℃；1 月是路由区最冷的月份，月平均气温为 16.0℃。项目附近区域多年雾日平均值为 8.3 天，4 月雾日最多，为 2.3 天，8 月至 12 月没有雾日出现。因此，该区域的气候条件适宜于进行海上采砂作业。但该区在夏季有受台风影响的可能，因此在采砂过程中要做好防台工作。

(2) 海砂开采区海砂资源条件

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料用海砂资源储量核实报

告》(2025年12月),截止至2025年6月30日,矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 77.15%, 海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$; 推断资源量 $945.59 \times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 77.80%, 海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$; 控制资源量和推断资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 77.28%, 海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1, 整体为细砂级别。

V1 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 72.94%; 推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 73.24%。V1 矿体海砂的细度模数在 0.5~3.4 之间, 平均值 1.5, 为特细砂级别。V2 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 79.37%, V2 矿体推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 79.86%。V2 矿体海砂的细度模数在 0.5~4.2 之间, 平均值 2.4, 为中砂级别。进行合理的海砂开采, 是对现有海洋资源科学合理利用的体现。

(3) 地质条件

单道地震及钻孔资料揭示表明, 矿区内未发现全新活动断裂。矿区场地不良地质主要为具震陷性的软弱土层, 综合评定属抗震不利地段。矿区内未发现断裂构造迹象, 区域构造稳定性一般。矿区不存在滑坡、崩塌、泥石流、采空区等颠覆性的不良地质作用和地质灾害, 场地环境地质稳定性较好, 矿区整体稳定性一般。

海砂放射性实验测试结果表明, 矿区海砂内照射指数分别为 0.1~0.2; 外照射指数分别为 0.2~0.5, 放射性物质照射指数远小于 1, 海砂的放射性比活度符合国家标准 (GB 6566-2010) 的要求, 对环境和人体无危害性。

(4) 水动力条件分析

采砂施工期间砂层不断被抽走, 原海床逐渐坍塌, 在采砂区形成深坑。由于海床的地形地貌改变, 带来工程周边水动力特征的变化。

采砂区所在区域中层涨急和落急流速对比结果可以看出, 工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后, 各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为 $-0.04 \text{m/s} \sim 0.02 \text{m/s}$, 大潮中层落急流速变化幅度约为 $-0.05 \text{m/s} \sim 0.02 \text{m/s}$, 中层涨落急流速变化幅度相当, 越靠近采砂区, 代表点流速变化越大。从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出, 工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化, 中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 3.9° 和 5.9° , 中层涨落急流向变化幅度较小, 越靠近采砂区, 代表点流向变化越大。

二个采砂区采砂完成后，涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为 $-0.04\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，大潮中层落急流速变化幅度约为 $-0.06\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 5.0° 和 6.0° ，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

从中层涨、落急流场对比图可以看出，采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.10m/s 。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。

(5) 波浪动力条件分析

根据采砂前后波浪动力模拟结果，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.70m 、S 向有效波高最大减小 0.93m 、SW 向有效波高最大减小 0.53m 。采砂区周边海域代表点波高有增有减，有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 8^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

二个采砂区采砂实施后，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.48m 、S 向有效波高最大减小 1.02m 、SW 向有效波高最大减小 0.83m 。采砂区周边海域代表点波高有增有减，50 年一遇 SE 向和 S 向有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近，采砂区内波高变化幅度在 1.0m 左右。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 9^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

(6) 冲淤环境及岸滩稳定性分析

由计算结果可知，方案实施后，由于采砂区内水深增加，采砂工程实施后采砂区内基本处于回淤状态，由于工程区无河流携带泥沙入海，外海进入工程区的悬浮

泥沙含量很低，因此，工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。

冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.35m 左右，平均淤积厚度约为 0.22m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.12m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.19m，平均冲刷厚度约为 0.10m。总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大。

采砂区采砂完成后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在 0.1m/s 以下，潮流变化区域位于 10m 等深线以外，本项目与附近岸线距离较远，采砂区施工后不会对岸滩产生影响。因此，本项目的实施基本不会改变附近岸滩的流场。

二个采砂区位于碣石湾海域，通过分析采砂工程实施前后岸滩附近潮流和波浪水动力场的变化以及采砂区附近的泥沙来源情况，可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此，采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

7.1.3 区域生态环境的适应性

根据悬浮泥沙扩散模型预测，采砂区 SW24-12 单独施工悬沙 $>10\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 22.361 km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 14.767 km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 9.891 km^2 ， $>100\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 7.409 km^2 。东南方向最大扩散距离约 4.2m，东向最大扩散距离约 3.8km。二个采砂区同时开挖产生的悬沙 $>10\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 43.092 km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 28.987 km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 19.224 km^2 ， $>100\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 13.321 km^2 。东南方向最大扩散距离约 3.8km，东向最大扩散距离约 3.5km。采砂区 SW24-12 采砂将造成底栖生物 15.80t，游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾损失。

采砂单位在采砂作业时采取有效环保措施，合理安排采砂强度、作业位置和作业时间的情况下，采砂施工产生的悬浮泥沙增量对区域生态环境系统的整体影响是可以接受的。

海砂开采作业将对作业海域内浮游生物的生长繁殖产生一定的干扰,导致生物量略有下降,但其影响不显著。采砂作业还会引起采砂区内的鱼类繁育速率有所下降,同时采砂区内的鱼卵在采砂作业中也会被抽走填埋,造成作业海域内鱼类资源减少。为减少鱼类资源的损失,应严格控制采砂区海砂开采强度。海砂开采导致底栖生境遭到破坏,在几年内开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫瘠。针对这一情况,可在渔业行政主管部门的指导下,通过生态修复等措施加以补偿。

可见,采砂用海对区域生态系统的影响主要是暂时改变开采区海底地貌和破坏底栖生物环境,但具有可恢复性。因此,在合理控制开采强度、切实做好污染防治措施和生态补偿工作前提下,采砂选址与区域生态系统具有适宜性。

7.1.4 相关规划符合性分析

项目未占用海洋生态红线,离生态红线较远,对其影响很小,符合海洋生态保护红线的要求。

同时项目建设符合国家产业政策,符合《广东省国土空间规划(2021-2035年)》《汕尾市国土空间总体规划(2021-2035年)》《广东省国土空间生态修复规划(2021-2035年)》《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》等国土空间规划文件要求。

7.1.5 与周边海域开发活动的适宜性

由第5章的分析可知,拟出让的采砂区与其他已批准的海洋开发活动不重叠,周边的用海活动主要为:海洋牧场、养殖、人工鱼礁、浴场、码头、风电场、白沙湖连岛公路、电厂、采砂区、核电站、航道、航线、锚地以及国控监测站位等。根据5.3节和5.4节分析,本项目利益相关者为[REDACTED],需协调单位为海事、航道主管部门。

项目海砂开采过程中施工作业船可能使该海域海上交通密度增大,在一定程度上影响通航安全。项目建设单位应切实执行相关通航安全保障措施,并在海事主管部门的指导下,在来往水域设置明显的交通标志,依法规范海上交通,完善导航体系,保证项目附近海域船舶的海上交通安全。同时做好加强通航安全管理工作,避免出现船舶碰撞的事故发生。针对施工期间的通航安全问题,项目建设单位应加强

施工附近水域的船舶航行管理。在施工前发布航行通告，具体应包括施工作业时间、进度、作业机具、作业方法、方式、区域等，应设置临时助航标志、警戒区等，关注施工船舶与在附近水域通航船舶的相互影响等。

建议项目建设单位与航道、海事主管部门建立有效联系机制，采取措施尽量减少对船舶正常通航和作业的影响，对于因采砂施工导致的航道冲淤变化要密切关注，做好定期监测、疏浚维护等计划。同时，采砂施工船舶也应严格按照批准的采砂区内采砂作业，不得超过划定的采砂区，以免影响其它船舶的航行；运砂船在航行时，要密切注视过往船舶的交通状态，谨慎驾驶，防止发生海事事故；在施工过程中船舶航行要服从海事部门的管理，保证海上交通的正常秩序。在采取一定措施的前提下，项目采砂选址与周边的用海活动可相协调。

采砂位置范围内及附近海域未发现海上国防设施和军事训练场地，本项目用海对国防安全基本不会产生不利影响。

7.1.6 采砂选址合理性分析

海砂开采可在一定程度上缓解用砂供需矛盾，保障重大工程的工期要求。本项目拟选海砂开采区附近外海海域开阔，航行条件良好，具有较好的经济效益，与区域社会条件是相适宜的。

本项目选址与所在海域气候条件是相适宜性，海砂开采区海砂资源较丰富，适宜进行海砂开采活动。工程实施对潮汐动力、波浪动力、冲淤环境影响主要在采砂区域，影响程度不明显。本项目采砂用海对区域生态系统的影响主要是暂时改变开采区海底地貌和破坏底栖生物环境，但具有可恢复性。因此，在合理控制开采强度、切实做好污染防治措施和生态补偿工作前提下，采砂选址与区域生态系统具有适宜性。项目海砂开采符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2020-2035年）》要求；符合海洋生态保护红线的要求。同时项目建设符合国家产业政策及其他相关规划。在采取一定措施的前提下，项目采砂选址与周边的用海活动可相协调，与相关部门意见可协调。

综上所述，本项目选址是合理的。

7.2 用海方式和平面布置的合理性分析

7.2.1 用海方式合理性分析

本项目用海方式为固体矿产开采用海，海砂开采为临时用海，计划采砂作业 3 年，采用露天水下开采，含砂层掏空导致的海床地形地貌变化、悬浮泥沙扩散必然影响海域水动力、冲淤环境和海洋生态，但这种改变是暂时性的，是可恢复的；采用射流式吸砂船穿过水层和泥层直接到达理想砂层不挖其他地层，减少废弃泥土和悬浮泥沙的产生量，对海洋沉积物扰动小，并且悬浮泥沙在重力作用下重新沉降在开采区，将在一定程度上填补海床下降，最大程度的减少对海域地形地貌的影响。

本项目建设不占用大陆自然岸线和海岛保有自然岸线，不影响周边海岛保有自然岸线的自然功能的发挥。

本项目建设采用的施工方式会对周围通航环境和通航安全带来一定影响，但用海单位与当地海事主管机关进行充分的协调和联系，共同加强对附近水域的安全管理。通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取本报告提出的一系列安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除，可以维护周围海域基本功能。本项目用海方式尽最大程度维护了所在海域基本功能，因此，用海方式是合理的。

7.2.2 平面布置合理性分析

本项目为海砂开采，其选址和平面布置是在对汕尾市管辖海域范围内海砂资源分布、资源量、质量、开采条件已开展调查研究、摸清海砂资源家底的基础上进行的，拟出让区内海砂矿体赋存情况基本决定了可供项目落户的位置及面积具有唯一性。

项目区块由四个边界拐点圈定，矿区面积约为 250.0037 公顷，在做好施工调度安排前提下，出让区与周边航路、锚地等其他海洋开发活动没有冲突，项目施工具有可操作性，海砂开采期间可能造成局部海域船只数量增多，在合理安排采砂工作与运砂路径，服从海事主管部门统一调度的前提下，不会对周边海域通航环境造成明显不利影响。采砂区块形状近似四边形，较规则，体现了集约、节约用海的原则。

由于采砂造成的塌陷以及采砂活动造成的冲淤及水质变化基本不会对其他采砂区产生影响。本项目与 SW24-11 海砂开采区块同时开采可能造成局部海域船只

数量增多,在合理安排采砂工作与运砂路径,服从海事主管部门统一调度的前提下,不会对 SW24-11 采砂区造成影响。

因此,本项目的平面布置是合理的。

7.3 占用岸线合理性分析

本项目位于广东省汕尾市陆丰城区 161.8°方位,直距约 24.3km 处,离岸约 6.7km,距离最近的岛屿西桔礁约 3.39km,不占用大陆岸线和岛屿岸线,不会对岸线资源产生不利影响。

7.4 用海面积合理性分析

根据《广东省财政厅关于下达 2024 年度省级海洋资源管理与利用专项资金的 通知》(粤财资环〔2024〕37 号)等有关文件,2024 年省下达汕尾市 2 块海砂开 采工作任务。2024 年汕尾市政府在汕尾市陆丰西南海域选划编号分别为 SW24-11 和 SW24-12 的 2 处海域作为海砂开采拟出让区进行回填用海砂开采工作,SW24-12 为其中一块。综合考虑所在海域环境及开发活动,并对该矿区进行海砂资源储量核 实工作后确定,项目所在海域具有较丰富的海砂资源,适合进行海砂开采活动。本 项目根据当地用海需求、区域内海砂量及周边海域开发利用情况确定采砂区拐点坐 标,依据《海籍调查规范》确定项目用海范围并由此计算得到海砂开采区面积 250.0037 公顷,从项目区内海砂层的分布可以看出,申请用海范围内分布有较丰富 的砂层,经评估可采资源量(开采储量) $\times 10^4 \text{m}^3$,按照年开采强度约 万方,海砂可连续开采约 2 年 9 个月,考虑采矿权人取得采矿权后所需施工准备时 间及方便海域使用监管,本海砂开采区海域使用期限建议为 3 年,待期满后应进行 海砂剩余储量评估,主管部门根据评估结果确定是否继续开展海砂开采出让。通过 这种方式能够充分利用此区块的海砂资源,且影响主要集中在开采区域附近,不造 成海砂资源、海域空间资源的浪费以及减少海洋生态资源损失,参考广东省汕尾市 管辖海域 JH21-09 区块海砂开采区面积 229.9783 公顷,估可采资源量(开采储量) 经评估采出矿石量 $\times 10^4 \text{m}^3$,广东省汕尾市管辖海域 cb22-05 区块海砂开采 面积为 212.0019 公顷,估可采资源量(开采储量) $\times 10^4 \text{m}^3$;本项目申请用 海面积为 250.0037 公顷是合理的。

因此,本项目用海面积是合理的、适宜的。

7.4.1 是否满足项目用海需求

(1) 海砂资源丰富

截止至 2025 年 6 月 30 日,矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 77.15%; 推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 77.80%; 控制资源量和推断资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 77.28%。全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1, 整体为细砂级别。V1 矿体推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 73.24%; 矿区 V1 矿体海砂的细度模数在 0.5~3.4 之间, 平均值 1.5, 为特细砂级别。V2 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 79.37%, V2 矿体推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$, 平均含砂为 79.86%。V2 矿体海砂的细度模数在 0.5~4.2 之间, 平均值 2.4, 为细砂级别。详见表 7.4.1-1。项目拟出让区海砂资源丰富, 适宜进行海砂开采活动。

表 7.4.1-1 海砂资源量估算表

矿体号	块段号	资源量类型	平均厚度 (m)	面积 (m ²)	回填料海砂原矿体资源量 ($\times 10^4 \text{m}^3$)	平均含泥量 (%)	平均含砂量 (%)	回填料海砂资源量 ($\times 10^4 \text{m}^3$)
V1	V1-1	控制						
	V1-2	控制						
	V1-3	控制						
	V1-4	控制						
	V1-5	推断						
	V1-6	推断						
	V1-7	推断						
	V1-8	推断						
	V1-9	推断						
	V1-10	推断						
	V1-11	推断						
	V1-12	推断						
	V1-13	推断						
	V1-14	推断						
		小计	控制					
	推断							
	合计	控制+推断						
V2	V2-1	控制						
	V2-2	控制						

V2-3	控制	■	■	■	■	■	■
V2-4	控制	■	■	■	■	■	■
V2-5	推断	■	■	■	■	■	■
V2-6	推断	■	■	■	■	■	■
V2-7	推断	■	■	■	■	■	■
V2-8	推断	■	■	■	■	■	■
V2-9	推断	■	■	■	■	■	■
V2-10	推断	■	■	■	■	■	■
V2-11	推断	■	■	■	■	■	■
V2-12	推断	■	■	■	■	■	■
V2-13	推断	■	■	■	■	■	■
V2-14	推断	■	■	■	■	■	■
小计	控制	■	■	■	■	■	■
	推断	■	■	■	■	■	■
合计	控制+推断	■	■	■	■	■	■
全区合计	控制	■	■	■	■	■	■
	推断	■	■	■	■	■	■
	控制+推断	■	■	■	■	■	■

(2) 开采期限适宜

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂开采方案》(2025 年 12 月),本矿区海砂体积资源量共 ■ 万 m³;确定开采储量为 ■ ×10⁴m³;开采回采率为 90%,废石混入率为 0,则采出海砂体积资源量 ■ ×10⁴m³。本项目计划使用 5 艘采砂量约为 1200m³/h 的射流式采砂船作业和 3 艘采砂量约为 400m³/h 的射流式采砂船作业。采砂船每年作业 145 天(非敏感期 85 天,敏感期 60 天),每天作业 24 小时(考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作,预计需花费 8 小时,实际开采作业 16 小时),日均可采砂约 ■ 万 m³,则年采砂量为 145 天×11.52 万 m³/天= ■ 万 m³(> ■ 万 m³,)。同时,参照现有汕尾、揭阳等地海砂开采经验,按采砂船与过驳船 1:2 的比例,需配置 16 艘过驳船(单艘仓容约 4000m³),采砂区域水域满足船舶的施工要求。

根据本项目可采出的原矿石量及年最大开采量,海砂可连续开采约 2 年 9 个月,考虑采矿权人取得采矿权后所需施工准备时间及方便海域使用监管,本海砂开采区海域使用期限建议为 3 年,用海期限满足要求。

7.4.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

(1) 申请用海范围符合《海籍调查规范》

根据《海籍调查规范》中第 5.4.2.2 节中的规定：“海砂开采用海，以实际占用或主管部门批准的用海范围为界。”本工程申请的采砂区为结合实际储量，并避开周边海域开发活动后所界定，满足海籍调查规范的要求。

(2) 宗海面积的计算方法符合《海域使用面积测量技术规范》

按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目拟申请用海面积，是根据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，借助于 CAD 的软件计算功能直接求得。

(3) 宗海图的绘制方法符合《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》

宗海图的绘制严格按照《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》等行业标准，底图选取、图例图式和图斑的选取均依据《宗海图编绘技术规范》相关要求。本项目宗海图的绘制方法符合《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》。

综上，本项目申请用海面积符合相关行业设计标准和规范。

7.4.3 用海面积量算

(1) 宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》、《海籍调查规范》、《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》，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 44512919，参加本项测量人员为：莫慕滢，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

《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）

《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）

7.4.3.1 宗海界址点的确定

本次界址点的确定主要是根据砂源勘探的结果，由汕尾自然资源主管部门根据区域海砂储量、当地用海需求和周边海域开发利用情况，确定采砂拐点坐标，宗海

平面图根据拟实际用海坐标在海图上定位，按照技术规范的要求，确定区块的4个界址点，以4个界址点的连线作为界址线。

7.4.3.2 宗海图的绘制方法

(1) 宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用航保部2018年9月出版、图号为15310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1:100000(22°35')。

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》上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图详见图 7.4.3-1。

(2) 宗海界址图的绘制方法

宗海界址图根据拟实际用海坐标，采用相关的测量软件将坐标转换为国家2000大地坐标系下的平面坐标。然后将坐标点用AutoCAD2020的软件将其绘制成图，根据宗海位置图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加于图形文件中，并填上《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》上要求的其他海籍要素，形成宗海界址图，详见图7.4.3-2。

7.4.3.3 宗海界址点坐标及面积的计算方法

(1) 宗海界址点坐标的计算方法：

宗海界址点在AutoCAD2020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、115°30'为中央子午线的CGCS2000大地坐标。

(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。借助于Arcgis10.8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》及本项目用海的实际用海类型，界定本项用海共 1 宗海，共 1 个用海单元，用海总面积为 250.0037 公顷，详见表 7.4.3-1。

表 7.4.3-1 项目申请用海面积情况表

宗海	用海单元	用海方式	界址线	面积 (ha)	占用岸线 (m)
宗海	海砂开采	固体矿采开采用海	1-2-3-4-1	250.0037	0
总计	——		1-2-3-4-1	250.0037	0

本项目项目总用海面积为 250.0037 公顷，项目占用海岸线总长度 0m，项目占用海岛岸线总长度 0 米，新增海岸线长度 0 米。

7.5 用海期限合理性分析

项目海域使用面积 250.0037 公顷，采出原矿 4229.96 万 m³（含泥），采出海砂矿石量 3268.91 万 m³（不含泥），按照年开采强度约 1580 万方，海砂可连续开采约 2 年 9 个月，考虑采矿权人取得采矿权后所需施工准备时间及方便海域使用监管，本海砂开采区海域使用期限建议为 3 年，因此本项目申请用海时间为 3 年。根据《自然资源部关于实施海砂采矿权和海域使用权“两权合一”招拍挂出让的通知》（自然资规〔2019〕5 号）等有关文件的规定，出让海砂海域使用权期限一般不超过 3 年，因此本项目海砂开采海域使用权期限 3 年是合理的。

考虑到施工过程中如果发生海洋灾害等导致无法施工的其他不可控因素，可能导致施工工期延长，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。

广东省汕尾市陆丰西南海域SW24-12矿区海砂开采项目宗海位置图

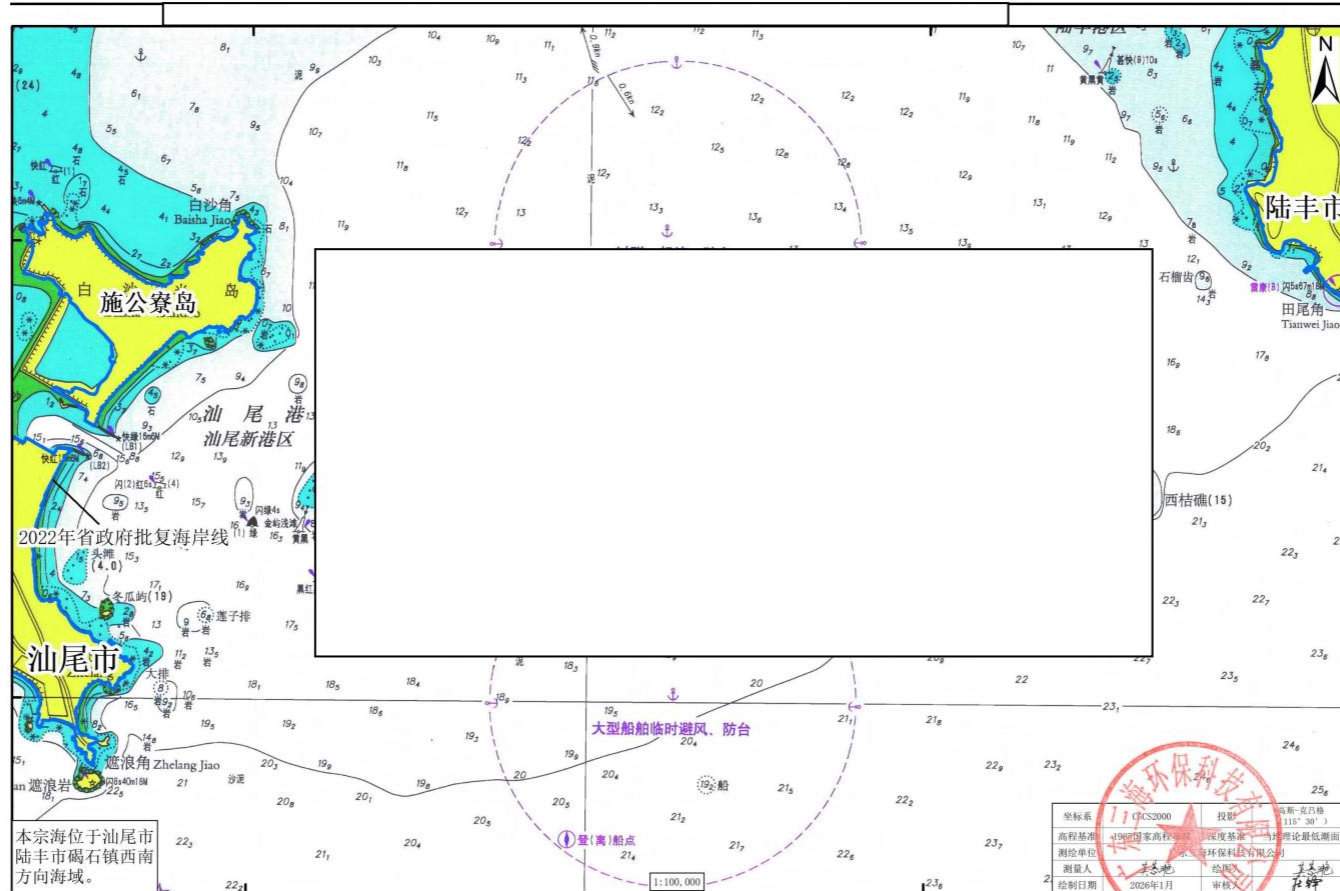


图 7.4.3-1 项目申请用海宗海位置图

广东省汕尾市陆丰西南海域SW24-12矿区海砂开采项目宗海界址图

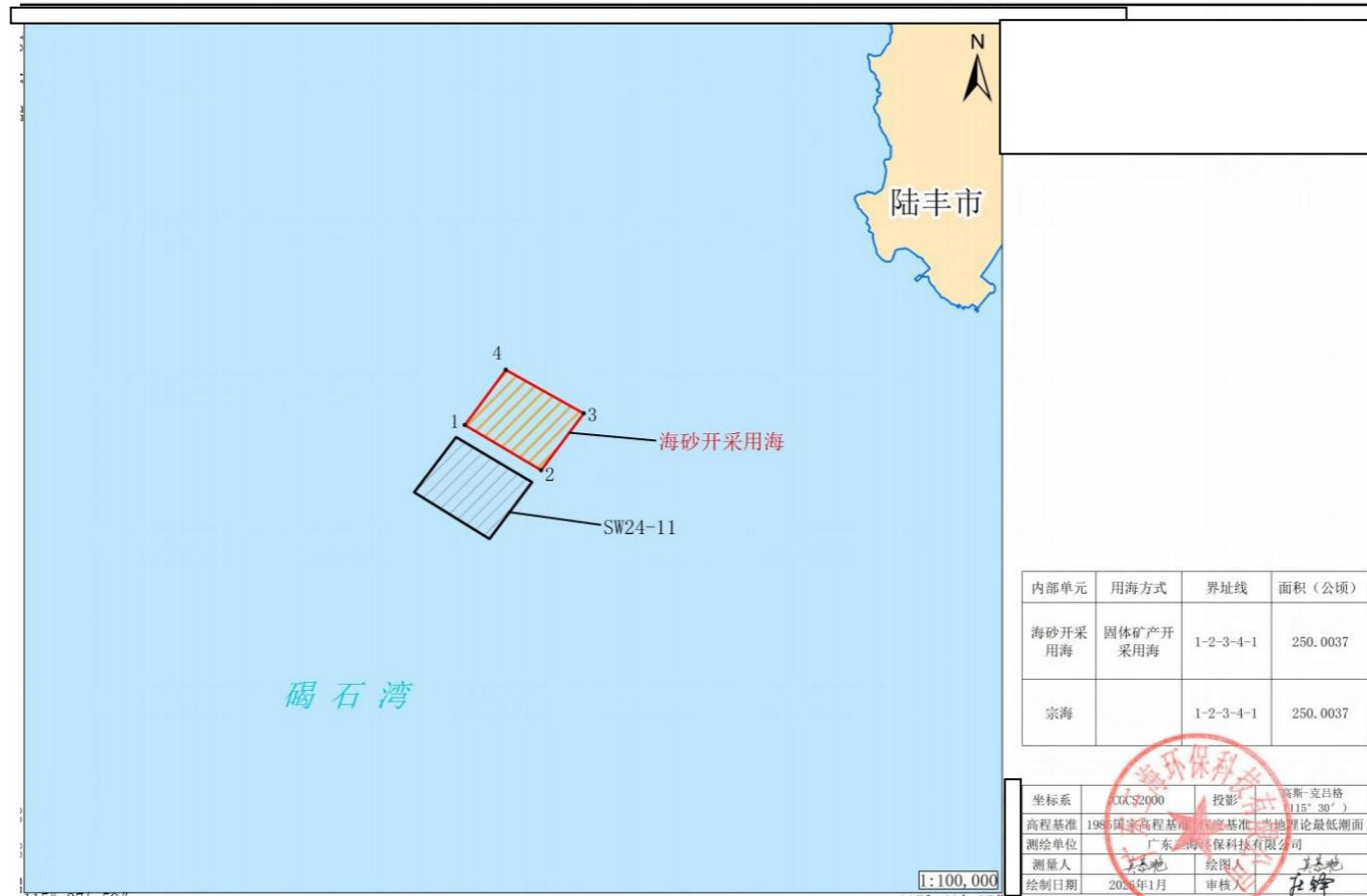


图 7.4.3-2 项目宗海界址图

8 生态用海对策措施

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部，2023年11月），项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类）。根据《海籍调查规范》（HY/T1242009）、《海域使用分类》（HY/T1232009），本项目用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级用海方式）的海砂等矿产开采（二级用海方式）。项目距离陆地最近约6.7km，不占用岸线资源。根据前文资源生态影响分析结果，项目建设产生的主要生态问题是海砂开采造成海洋生物资源损失。

针对项目可能产生的主要生态问题，提出生态用海对策，并参照《围填海工程生态建设技术指南（试行）》和海洋生态保护修复的相关要求提出海洋生物资源恢复生态修复措施。计划由建设单位组织开展本项目生态修复计划，确保海洋生物资源能够得到恢复。

8.1 生态用海对策

8.1.1 悬浮泥沙污染防治对策措施

（1）采砂船海砂分选后余水通过溢流管在海面下约2.0m左右溢流回采砂区，减缓射流船穿透海底淤泥层的速率，以利于悬浮物沉降，减少悬浮泥沙对表层水体的影响。

（2）严格控制采砂强度，项目周边幼鱼、幼虾保护区的保护期为每年的3月1日~5月31日，海马繁殖期为每年5~8月，为了减轻采砂可能对鱼卵、幼鱼和海马的发育生长的不利影响，在项目所在海域鱼类的主要产卵、繁殖期和幼鱼幼虾保护区的保护期期间，应控制采砂强度，适当降低采砂时间。

（3）海砂开采作业必须严格控制在已批准的海域作业，严禁越界开采。为避免超矿区开采、造成水下矿区边坡坍塌，水下休止角（35°）以内的矿体不得开采，采砂船应以55°以上的角度插入矿层，以形成坡度较缓的边坡，降低边坡坍塌造成的悬浮泥沙影响。

（4）装砂过程应严格按照作业规程进行，避免装载过程砂矿泄露；运砂船

装载量不得过量，确保航行过程中舱内装载的砂石不外溢入海，以避免输送过程中的泄漏对水体造成二次污染。

(5) 采砂作业应有计划的分层逐层进行，防止形成大面积的深坑。

(6) 采砂作业应在气象条件允许的条件下进行，在大风大浪、大雾和雷暴等灾害天气时应暂停作业，避免因灾害天气导致船舶倾覆等，从而造成砂矿倾覆而对海洋环境造成影响。

(7) 对采砂区周边环境进行监测，全面、准确掌握施工对海域生态环境的影响，采砂单位应根据跟踪监测结果及时调整和优化采砂作业安排和保护措施。

8.1.2 对近岸海域水质国控站位的保护措施

(1) 项目应采取控制采砂范围，严禁超总量开采，控制采砂强度；

(2) 根据《近岸海域环境监测技术规范第三部分近岸海域水质监测》

(HJ442.3-2020) 要求：例行水质监测频次一般为每年进行 3 次，采样时间安排在 3~5 月 7~8 月和 9~11 月两次监测时间间隔原则上应为 2 个月以上。根据了解 GDN14001 及周边海域国控站位一年采 3 次样，春、夏、秋各进行一次。加强采砂期间的跟踪监测，采砂期内的每个潮汐年的春、夏、秋季各进行一次监测，施工结束后进行一次后评估监测，监测内容包含悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、石油类、铬、铅、镉、锌、铜、汞和砷等因子。根据跟踪监测结果与国控站位监测结果进行对比，及时调整和优化采砂作业安排和保护措施。

8.1.3 防止超界、超量、超时开采的管控措施

(1) 开采作业前，通过对开采企业及监督管理人员进行培训，与采矿权人签订诚信履约责任书、监督管理责任告知等方式，提高采矿权人依法开采矿产资源的意识。同时要求采砂企业配备专业的采矿专业人员，做到开采方案，执行好开采方案。监督企业落实数字化采砂建设，建议在抽吸管末端安装探测器，实时传输开采位置和深度，发现超越平面上批准的范围越界开采和超越标高上批准的范围越界开采发出警报，及时制止。

(2) 本矿区与邻近 SW24-11 区块应提前沟通好相邻侧开采顺序，合理安排开采时间，避免邻近边界同时开采，相互干扰。边界开采应严格遵循放坡开采要求，避免越界，避免侵犯其他区块利益。

(3) 开采活动中，必须严格按照批复的开采量进行作业，严格控制开采范围采砂船采用精确的定位系统(如 DGPS)，从技术上实现不超界开采。

(4) 采砂作业期间应详细记录开采过程，开采记录应交由相关部门定期检查并存档，对超量、超强度、超时开采的行为进行批评教育或作出相应处罚，从而杜绝超量开采、超强度开采、超载等违规行为。

(5) 加强视频监控，加强数字化建设，把矿区的所有空间和有用属性数据实现数字化存储、传输、表述和深加工，应用于各个生产环节与管理与决策之中，达到生产方案优化、管理高效和决策科学化的目的。

(6) 严格落实储量动态监管制度，使矿区储量动态监管常态化。利用矿区地质测量机构的技术力量，配合巡查工作开展对开采边界、开采现状平面图、矿区水深地形地貌或开采境界图的现场监测，并根据需要增加现场监测次数。建立健全巡查制度。将巡查工作纳入监管部门年度考核内容，建立责任制，明确责任人，加强现场巡查，并做好巡查记录，建立巡查台账。

(7) 开启 AIS，AIS 能加强了船舶间避免碰撞的措施，增强了 ARPA 雷达、船舶交通管理系统、船舶报告的功能，在电子海图上显示所有船舶可视化的航向、航线、船名等信息，改进了海事通信的功能，提供了一种与通过 AIS 识别的船舶进行语音和文本通信的方法，增强了船舶的全局意识，使航海界进入了数字时代。

(8) 设置电子围栏，将各开采区的边界输入电子信息系统中，设置围栏，对开采进行终端跟踪监控，禁止越界开采。

(9) 过驳船装载量不得过量，装砂过程应严格按照作业规程进行，防止在风浪作用下或因装砂重心倾斜导致过驳船发生倾覆或海砂外溢。

(10) 严格管控海砂开采时间，在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类产卵、繁殖等快速生长期（3 至 5 月）以及海马繁殖期（每年 5~8 月）适当降低采砂时间，敏感期每月采砂天数降至 10 天，由环境监理单位对海砂开采时间进行监督。

(11) 建议采用 CDMAIX 无线传输技术实现近岸船舶动态与视频监控，便于生态环境部门和海洋执法部门的监管监控。

8.1.4 船舶污染防治对策措施

(1) 采砂船舶和运输船舶必须配备生活污水收集设施，将船舶工作人员在

船舶上产生的生活污水收集上岸后，委托有资质的接收单位统一处理，禁止直接排放入海。

(2) 采砂船舶和运输船舶必须配备舱底含油污水收集设施，将船舶产生的舱底含油污水收集上岸后，委托有资质的单位接收处理，禁止直接排放入海。船舶要配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资，防止船舶的溢流事故一旦发生，立即采取措施，收集溢油，缩小溢油的污染范围。

(3) 船舶作业过程中，应加强对船舶的检修和管理，经常检查机械设备性能，避免发生机油溢漏事故。

(4) 采砂船舶和运输船舶维修时产生的油污应经收集上岸后由有资质的单位接收处理，不得直接排放。

(5) 船舶作业人员产生的生活垃圾，应经收集上岸后，由环卫部门统一清运处理，不得直接排放入海。

8.1.5 生态影响防治对策

(1) 我国对海砂实行开采总量控制制度，严禁超总量开采。采砂前应确定合适的采砂顺序和逐层开采深度，严格控制采砂范围，尽量减少对底质环境的扰动强度和范围，防止造成不可恢复的生态破坏和影响。为避免超矿区开采从而加大对底栖生物等的影响，水下休止角（ 23° ）以内的矿体不得开采，采砂船应以 60° 以上的角度插入矿层，确保采砂过程造成的直接生态环境影响控制在项目采砂区内。

(2) 选择具有良好资质和相关工程经验的采砂单位，提高施工人员对海洋环境的保护意识，将环境保护要求列入招拍挂文件，同时采砂前应做好相关的宣传教育活动，进一步提高采砂作业人员的环境保护意识。

(3) 在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类产卵、繁殖等快速生长期(3 至 5 月)以及海马繁殖期（每年 5~8 月）适当降低采砂时间，敏感期每月采砂天数降至 10 天，主要原因是幼体生物对采砂作业造成的污染和干扰敏感性较高。必要时停止采砂作业(采砂作业周边海域出现大片鱼类等海洋生物死亡)。

(4) 采砂过程中须密切注意采砂区及其周边海域的水质变化。如发现因抽砂施工引起水质变化而对周围海域海洋生物产生不良影响，则应立即采取措施，必要时可短暂停工。

(5) 采砂单位应采用低噪声、设备性能良好的采砂船，尽量降低采砂作业船舶和运砂船舶噪声可能对海洋生物的环境影响。

(6) 采砂前，对项目区及附近海域进行观察监测，确保采砂范围内没有中华白海豚和海龟活动后方可开始施工。采砂过程中在施工船舶上配备专人进行瞭望，如采砂区内发现中华白海豚和海龟应立即停止施工，待中华白海豚和海龟离去后再施工。

(7) 采取一定措施防止超界、超量、超时开采，具体详见 8.1.3 小节，控制悬浮物的范围和强度，减少对浮游生物和渔业资源的影响。

(8) 采砂将对海洋生物造成一定程度的影响，造成生物量损失，采砂单位应采取增殖放流等一系列生态补偿措施对海洋生物资源的损失进行补偿，对受损的海洋生态环境及时作出补偿，促进海洋生态环境的恢复。

8.1.6 通航安全保障措施

(1) 开采单位须在获得当地海事局颁发的水上水下施工作业许可证和通航公告后再正式进场进行采砂作业。

(2) 业主单位应及时向海事主管机关申请发布航行警告，及时发布采砂作业区的位置及作业时间，最大限度保证船舶的安全通航。

(3) 船舶航行时需谨慎驾驶，严格遵守交通管理规定，严格遵守航行通(警)告，采砂作业船作业过程中应保持密切瞭望，任何时候均应使用安全航速航行。对于过于靠近本船的船舶应及早沟通，注意其动态，避免碰撞事故发生。

(4) 开采单位应配合有关部门落实航标的布设工作，并加强对导助航标志的维护，确保导助航标志的正常有效，以改善通航环境。

(5) 作业期间所有船舶须按照交通部信号管理规定显示信号，悬挂正确的旗号和号灯，加强值班瞭望，作业人员应严格按照操作规程进行操作。

(6) 在能见度 $\leq 1\text{km}$ 时，应严格遵守港内禁止航行的安全规定。在能见度不良时航行，应充分发挥雷达作用，施放雾号，加强和过往船舶的联系，并保持足够会遇距离；同时，远离浅滩及其他碍航物，保证船舶安全。

(7) 应制定防台、防风应急预案，在台风季节，要注意收听台风消息，当遇有台风袭击本水域时，应及早落实相关的防台措施。

(8) 在采砂区内进行挖砂作业时，严格控制采砂船只的活动范围，保障船

只航行安全距离，避免影响水上交通运输。

(9) 采砂作业和运输应认真严格执行《海上交通安全法》，严格落实采砂现场安全措施。

(10) 严禁运砂船超载，严格按海事部门的相关规定运营，以免发生海损事故。

(11) 采砂船和运砂船安装 AIS 船舶自动识别系统，以确保航运安全。

(12) 采砂船和运砂船应悬挂正确的旗号和号灯，以确保航运安全。

(13) 因施工船舶较多，业主将督促施工单位根据实际情况，成立总调度室，制订通航安全专项应急预案，保证通航安全。

(14) 运输船舶在作业区域装货过程中，难免会出现先抵达的运输船舶尚装货完毕及离泊，而后一艘运输船舶接着到达的情况，因此后到的运输船舶应根据实际情况选择安全水域候泊（调度室调度）。运输船舶在临时停泊抛锚过程中，应加强瞭望，高度警戒，与他船保持安全距离，防止因走锚影响锚泊船和过往船舶。

(15) 汕尾电厂电煤运输船是保通保畅的重点船舶，要求优先保障电煤安全通行，运砂船航经汕尾电厂航道水域时应避免妨碍其正常通行，与电厂建立联络机制，掌握进出港电煤船动态计划，及时调整运砂船航行活动。

8.2 生态跟踪监测

8.2.1 环境质量监测

(1) 监测范围和站位

本项目可能与 SW24-11 区块同时实施，因此跟踪监测方案综合考虑两个项目的环境影响等情况进行统一布设。项目监测范围主要选择在施工区所在海域，在施工期工程区附近海域设置监测点，共设 6 个监测站位（监测过程中可视情况做适当的调整），站位布设如图 8.1.2-1 所示，坐标见表 8.2.1-1。

表 8.2.1-1 监测站位一览表

站位	经度	纬度	监测内容
1	██████████	██████████	水质、沉积物、生态
2	██████████	██████████	水质、沉积物、生态
3	██████████	██████████	水质、沉积物、生态

4			水质、沉积物、生态
5			水质、沉积物、生态
6			水质、沉积物、生态

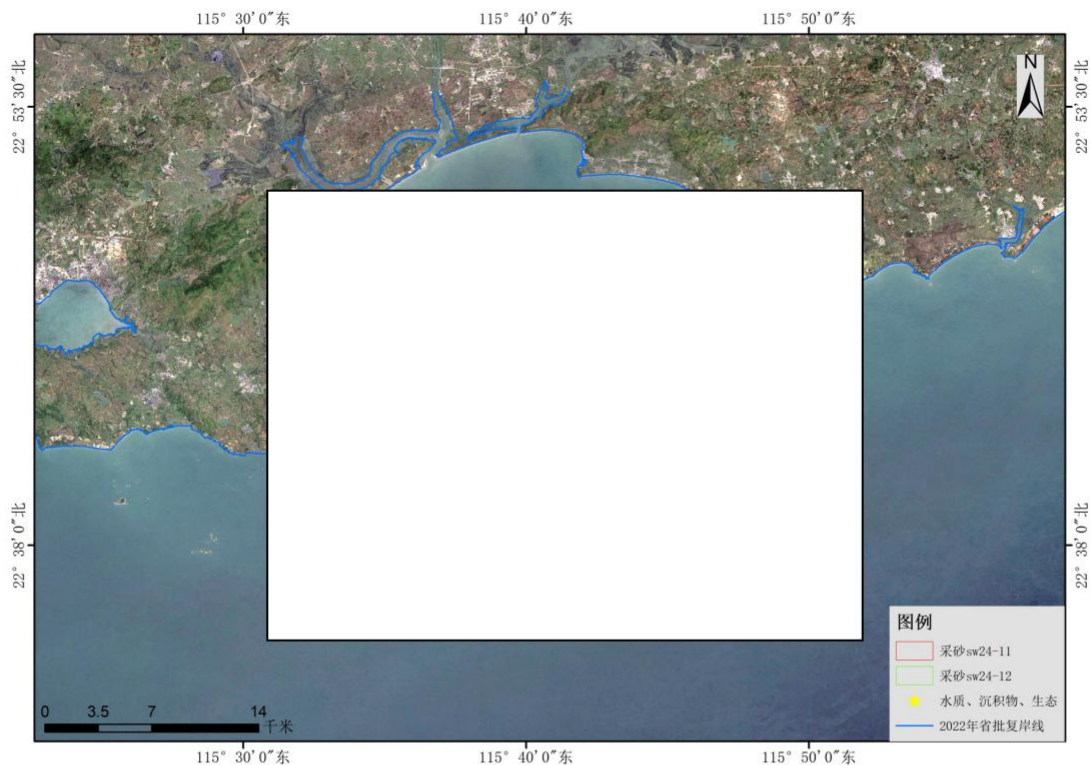


图 8.2.1-1 施工期间监测站位图

(2) 施工监测项目

水质监测因子为：水温、盐度、pH、悬浮物、COD、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷；

沉积物监测因子为：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷；

生物质量监测因子为：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃；

海洋生物及生态监测因子为：叶绿素 a 及初级生产力、浮游动物、浮游植物、底栖生物、游泳生物、鱼卵仔稚鱼。

(3) 监测时间与频率

本矿区生产年限约 2 年 9 个月，开采期间（尽量选择在春季或秋季）开展一次监测，施工结束后开展一次监测。

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《海洋监测规范》（GB 173782-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 127637-2007）要求。

8.2.2 水下地形地貌监测

1、水下地形监测

(1) 监测内容：海砂开采企业应委托有资质单位在海砂开采前、海砂开采期间和开采结束后 3 年内，每 6 个月对海底地形、水深、地貌测量，核算每个季度的采砂量，并给出海砂开采前、开采时、开采后不同时段的地形定量变化数据及图形。进行动态监测比对，并将动态监测结果实时上报给监管部门。

(2) 监测范围：海砂开采区沿主流向向两侧各延伸 3km，垂直主流向向两侧各延伸 1km 范围。

(3) 监测频率：考虑到海砂开采区距离海岸线较远，海砂开采期间至海砂开采结束后 3 年内，每 6 个月监测一次。

(4) 平面控制及深度基准：平面控制采用 CGCS2000 坐标系、高斯投影，深度基准采用当地理论深度基准面。

(5) 测量比例尺：海砂开采区 1:1000，向外延伸区 1:5000。

(6) 测线及测点布设：测线垂直等深线平行布设，测线间距 100m，测点间距为 50m；垂直主测线布设适量检查线，检查线间隔 500m。

2、水下地貌监测

(1) 监测范围：结合工程施工后年冲淤变化情况，海砂开采区沿主流向向两侧各延伸 3km，垂直主流向向两侧各延伸 3km 范围。

(2) 监测频率：考虑到海砂开采区距离海岸线较远，海砂开采期间至海砂开采结束后 3 年内，每 6 个月监测一次。

(3) 平面控制：平面控制采用 CGCS2000 坐标系、高斯投影。

(4) 测量比例尺：海砂开采区 1:1000，向外延伸区 1:5000。

(5) 测线布设：同水下地形测量。

8.3 生态保护修复措施

项目施工期会造成海洋生物损失，本工程施工期累计总生物损失量如下：底栖生物 15.80t，游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾，通过对海洋生物资源进行赔偿将对海洋生物受损的影响降到最低。

根据《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有关事项的通知》(农办渔(2018)50号),采砂单位是水生生物资源保护和补偿的主体,应根据环境影响评价报告中所列的水生生物资源保护和补偿内容,制定具体的实施方案。农业农村部门要对实施方案编制进行组织协调和指导把关,确保方案合理可行。采砂单位应根据实施方案,组织落实水生生物资源保护和补偿措施。无能力落实保护和补偿措施的,可以委托具备相应能力的社会第三方机构实施。本项目生态修复建议采取资源增殖放流,建议在海砂开采完工后1年期间内完成。

8.3.1 生态修复目标

以“损害什么,修复什么,损害多少,修复多少”为基本原则,修复的总体目标是着重进行海洋生物资源恢复。

8.3.2 生态修复内容(增殖放流)

1、修复内容及规模

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗、虾苗为主,建议在海砂开采完工后1年期间内完成。

2、修复方案

(1) 修复布局

项目建设造成海洋生物资源损失,结合前文分析,参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南(试行)》,本方案推荐采取增殖放流措施,提高项目所在海域的海洋生物资源总量和生物多样性。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》《广东省海洋生物增殖放流技术指南》,推荐本项目放流地点为碣石湾东北部海域,且增殖放流地点应选择:1)产卵场、索饵场、洄游通道或人工鱼礁放牧场;2)非倾废区,非盐场、电厂、养殖场等进、排水区的海洋公共水域,并应选择靠近港口码头利于增殖放流工作开展,且捕捞影响较小的区域。再结合汕尾市往年增殖放流区域,拟选择金厢重要渔业资源产卵场附近海域进行增殖放流,放流点中心坐标: [REDACTED], [REDACTED], 见图 8.3.1-1。

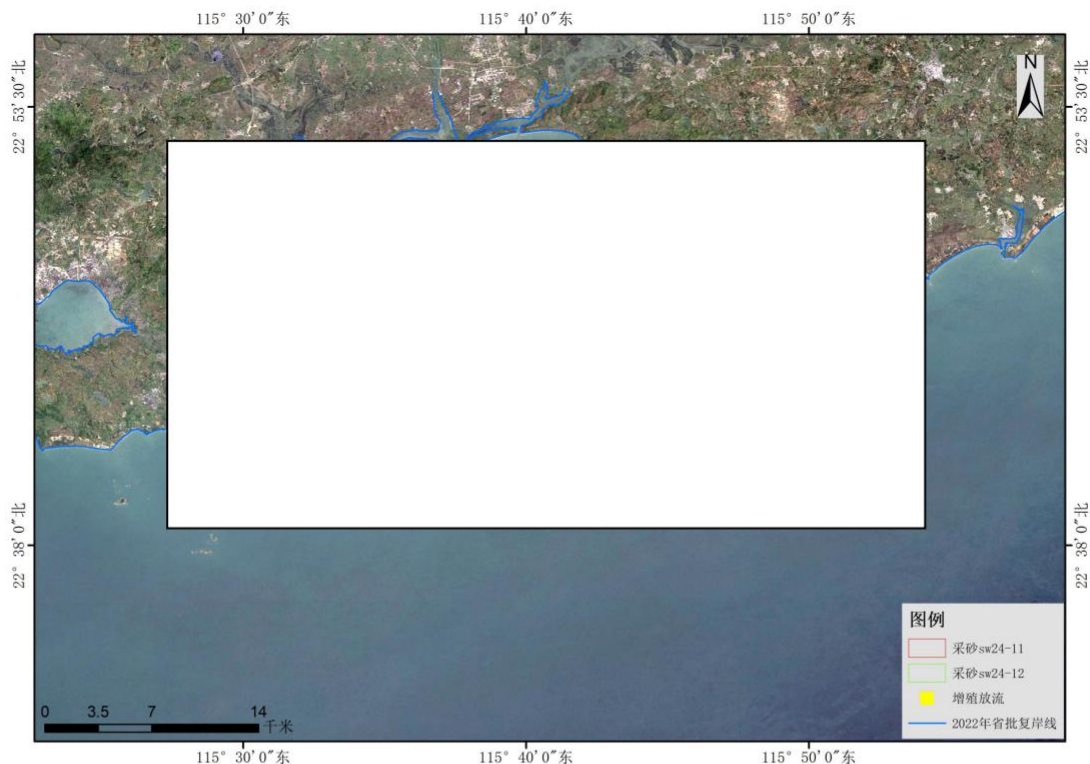


图 8.3.2-1 增殖放流位置图

(2) 修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗、虾苗为主，建议在海砂开采完工后 1 年期间内完成。

渔业增殖放流要求：增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长应在 3cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理。增殖放流过程中，要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T12763 和 SC/T9102 的方法，定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

8.3.3 生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目环境跟踪监测与评价技术导则》制定本项目生态修复的跟踪监测计划。根据主要的生态用海对策，制定如下跟踪监测计划，详见表 8.3.3- 1。

表 8.3.3-1 跟踪监测计划

序号	监测项目	监测内容	监测频次
1	增殖放流生物品种	海洋生物	修复完成后首年春季各监测 1 次

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

本项目为广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采，位于广东省汕尾市陆丰城区 161.8°方位，直距约 24.3km 处。项目用海面积为 250.0037 公顷，呈四边形分布，根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填用海砂资源储量核实报告》（2025 年 12 月），截止至 2025 年 6 月 30 日，截止至 2025 年 6 月 30 日，矿区控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.15%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.80%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ；控制资源量和推断资源量共 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 77.28%，海砂量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。全矿区海砂矿体平均细度模数为 2.1，整体为细砂级别。

V1 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 72.94%；推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 73.24%。V1 矿体海砂的细度模数在 0.5~3.4 之间，平均值 1.5，为特细砂级别。V2 矿体控制资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 79.37%，V2 矿体推断资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，平均含砂为 79.86%。V2 矿体海砂的细度模数在 0.5~4.2 之间，平均值 2.4，为中砂级别。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部，2023 年 11 月），项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），项目用海类型为“工业用海”（一级类）中的“固体矿产用海”（二级类），用海方式为其他方式（一级方式）的固体矿产开采用海（二级方式）。项目设计矿区开采采用露天水下开采方式，采用射流式采砂船进行采砂作业，可采资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，采出海砂体积资源量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 万 m^3 ，按照年最大采砂强度为 $\times 10^4 \text{m}^3$ 万 m^3 ，海砂可连续开采 2 年 9 个月，考虑采矿权人取得采矿权后所需施工准备时间及方便海域使用监管，本海砂开采区海域使用期限建议为 3 年，因此本项目申请用海时间为 3 年。

9.1.2 项目用海必要性结论

随着粤港澳大湾区及汕尾市重大项目推进，砂石需求缺口大，而河砂资源枯

竭、限采导致供不应求。为落实国家战略，保障近三年重大项目建设海砂供应，亟需合理开发海砂资源。本项目海砂的开采，有利于进一步规划海砂开采活动，可以有效遏制非法采砂活动，对加强采砂管理、保护航道、保护水利设施和海上设施起到积极的推动作用。另外，国家作为海洋资源的所有者，加强海砂开采管理，规范海砂资源制度，并按照规定收取海域使用金，既有利于实现国家在海洋资源领域的所有权，又有利于海洋资源效益最大化和可持续利用的实现。并且在不影响生态环境的前提下，适当划出部分海域作为采砂区，有利于规范海砂开采秩序，从而为实现合理配置海砂资源、提高资源利用效率，引导海砂市场规范化运营有重要意义。我国有着漫长的海岸线和广阔的浅海，海砂资源丰富，为保障今年我国重大项目建设所需建筑用海砂的供应，海砂开采是必要的。根据《核实报告》，本项目选定的区块海砂储量丰富，进行合理的海砂开采，是对现有海洋资源科学合理利用的体现。海砂开采需要使用海域，因此采砂用海是必要的。

9.1.3 项目用海资源生态影响分析结论

(1) 项目用海生态影响

采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.02m/s。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。工程实施对潮汐动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

根据采砂前后波浪动力模拟结果，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.70m、S 向有效波高最大减小 0.93m、SW 向有效波高最大减小 0.53m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 8^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

项目实施后冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧

会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.35m 左右，平均淤积厚度约为 0.22m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.12m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.19m，平均冲刷厚度约为 0.10m。总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大。

悬浮泥沙预测结果表明，悬浮泥沙主要随涨落潮流向采砂区附近海域扩散，项目单独施工悬沙 $>10\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 22.361km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 14.767km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 9.891km^2 ， $>100\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散垂线平均最大包络线面积为 7.409km^2 。东南方向最大扩散距离约 4.2m，东向最大扩散距离约 3.8km。由此可见，采砂施工引起的悬浮泥沙对工程所在区域水质产生一定影响，这种影响主要在采砂过程出现，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

在陆源污染不变的情况下，吸附到悬浮泥沙上的污染物基本不会改变采砂区以外海底的沉积物特征。采砂作业结束后，采砂区将通过相当长的一段时间重新建立新的相对稳定的沉积物环境。

(2) 项目用海资源影响

经计算，本项目采砂过程中造成的直接生物损失为底栖生物 15.80t，游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾。随着本项目工程的结束，附近海域水质逐渐恢复，浮游生物群落重新建立，游泳生物将自行游回该海域。采砂单位在采砂作业时采取有效环保措施，合理安排采砂强度、作业位置和作业时间的情况下，采砂施工产生的悬浮泥沙增量对区域生态环境系统的整体影响是可以接受的。

本项目采砂区占用海域空间资源 250.0037 公顷，采砂期间限制了其他的海洋开发活动。本项目拟申请用海期限为 3 年，用海时间较短，且不进行构筑物建设，用海期限结束后，不会影响其他活动对该海域的开发利用。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

本项目与周边海洋开发活动不重叠，周边的用海活动主要为：海洋牧场、养殖、人工鱼礁、浴场、码头、风电场、白沙湖连岛公路、电厂、采砂区、核电站、航道、航线、锚地以及国控监测站位等，本项目利益相关者为 [REDACTED] [REDACTED] 司，需协调单位为海事、航道主管部门。

项目建设单位应切实执行相关通航安全保障措施，并在海事主管部门的指导下，在来往水域设置明显的交通标志，依法规范海上交通，完善导航体系，保证项目附近海域船舶的海上交通安全。同时做好加强通航安全管理工作，避免出现船舶碰撞的事故发生。针对施工期间的通航安全问题，项目建设单位应加强施工附近水域的船舶航行管理。在施工前发布航行通告，具体应包括施工作业时间、进度、作业机具、作业方法、方式、区域等，应设置临时助航标志、警戒区等，关注施工船舶与在附近水域通航船舶的相互影响等。

建议项目建设单位与航道、海事主管部门建立有效联系机制，采取措施尽量减少对船舶正常通航和作业的影响，对于因采砂施工导致的航道冲淤变化要密切关注，做好定期监测、疏浚维护等计划。同时，采砂施工船舶也应严格按照批准的采砂区内采砂作业，不得超过划定的采砂区，以免影响其它船舶的航行；运砂船在航行时，要密切注视过往船舶的交通状态，谨慎驾驶，防止发生海事事故；在施工过程中船舶航行要服从海事部门的管理，保证海上交通的正常秩序。在采取一定措施的前提下，项目采砂选址与周边的用海活动可相协调。

9.1.5 项目用海与国土空间规划及相关规划符合性分析结论

项目未占用海洋生态红线，离生态红线较远，对其影响很小，符合海洋生态保护红线的要求。

同时项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2020-2035年）》等国土空间规划文件要求。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目的建设选址区域的社会条件相适应，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。项目选址与气象条件、海砂开采区资源条件、水文动力条件、波浪动力条件、冲淤环境及区域生态系统均适宜，与周边其他用海活动无冲突。

本项目用海平面布置由四个边界拐点圈定，在做好施工调度安排前提下，出让区与周边航路、锚地等其他海洋开发活动没有冲突，采砂区块形状呈四边形分布，较规则，体现了集约、节约用海的原则。本项目海砂开采期间可能造成局部海域船只数量增多，在合理安排采砂工作与运砂路径，服从海事主管部门统一调度的前提下，不会对周边海域通航环境造成明显不利影响，项目平面布置是合理的。

项目设计矿区开采采用露天水下开采方式，采用射流式采砂船进行采砂作业，最大程度的减少对海域地形地貌的影响；项目建设不占用岸线，不会影响周边自然岸线的自然功能；项目通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除，可以维护周围海域基本功能，本项目用海方式尽最大程度维护了所在海域基本功能，因此项目用海方式合理。

项目申请用海面积满足项目用海需求，符合有关行业的设计规范，宗海界址点的界定和宗海面积的量算符合《海籍调查规范》等相关规范要求。

项目申请用海期限为 3 年，也是根据项目本身的性质考虑的，符合海域使用管理法规要求。

综合考虑项目所在地的海域自然、环境、资源情况，区域社会、经济、产业结构与布局等各种因素，本项目选址合理、可行，用海平面布置、用海方式、申请用海面积和用海期限合理。

9.1.7 项目用海可行性结论

综上所述，广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区海砂开采是必要的，项目不占用生态保护红线，符合海洋生态保护红线的要求，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2020-2035 年）》等国土空间规划文件要求。项目

选址、用海平面布置、用海方式、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，严格按照批准的用海位置、面积、方式等进行工程建设，做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。

9.2 建议

1、本项目采砂过程中造成的直接生物损失为底栖生物 15.80t，游泳生物 2242.49kg，鱼卵 2.10×10^8 粒，仔鱼 1.27×10^8 尾。建议海砂开采责任人应在渔业主管部门的指导下，积极采取有效的生态恢复措施，补偿对渔业资源的损失。

2、海砂开采责任人应当严格遵守海砂开发利用方案的要求，安排生产时间和船舶数量。海砂每日开采量或开采总量不得超过海砂开发利用方案核准的数量。

3、建议海砂开采施工单位加强施工期自然灾害风险和安全事故防范，降低用海风险。建议该采砂区块海砂开采责任人与相邻采砂区责任人协商委托相关单位编制整体的动态监测方案，节约动态监测费用的同时可以反映相邻采砂区的整体影响情况。