邦鑫海洋
BANGXIN MARINE

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）

海域使用论证报告书

（公示稿）

论证单位：广州邦鑫海洋技术有限公司

统一社会信用代码：91440101MA59HREA11

二〇二五年一月

关于《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）海域使用论证报告书》全文公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号）、《广东省省管用海项目海域使用论证报告技术审查工作流程规范》相关要求，我公司对《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）海域使用论证报告书》全本予以公示。

在此次公示中，我公司按要求删除或模糊处理报告中涉及第三方技术秘密、商业秘密等内容。现将删除或模糊处理内容说明如下：

1、删除或模糊处理工程具体位置、相关坐标、工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因：此部分内容属于工程项目建设的涉密部分。

2、删除或模糊处理本工程设计结构、技术参数指标和相关工程技术参数。

原因：此部分内容属于商业秘密。

3、删除或模糊处理相关技术资料编制单位等涉及到第三方的内容。

原因：影响第三方商业利益。

4、删除或模糊处理部分水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料及生物种类名录、现场踏勘记录，仅保留评价结果。

原因：现状调查详细数据涉及监测单位和委托单位商业秘密。

5、删除周边用海项目权属信息。

原因：此部分内容涉及第三方商业秘密

6、删除资料来源说明及附件内容。

原因：此部分内容涉及用海单位、利益相关者及有关管理部门的管理要求，未经同意不允许公开。

项目基本信息表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4">广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）</td></tr>
<tr><td>项目地址</td><td colspan="4">广东省揭阳市惠来县</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="2">公益性（√）</td><td colspan="2">经营性（）</td></tr>
<tr><td>用海面积</td><td colspan="2">2.3730ha</td><td>投资金额</td><td>8199.9 万元</td></tr>
<tr><td>用海期限</td><td colspan="2">38 年</td><td>预计就业人数</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="4">占用岸线</td><td>总长度</td><td>1.4m</td><td>邻近土地平均价格</td><td>/</td></tr>
<tr><td>自然岸线</td><td>1.4m</td><td>预计拉动区域经济产值</td><td>/</td></tr>
<tr><td>人工岸线</td><td>0m</td><td rowspan="2">填海成本</td><td rowspan="2">/</td></tr>
<tr><td>其他岸线</td><td>0m</td></tr>
<tr><td>海域使用类型</td><td colspan="2">“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类）。</td><td>新增岸线</td><td>0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">用海方式</td><td colspan="2">面积</td><td>具体用途</td></tr>
<tr><td colspan="2">非透水构筑物</td><td colspan="2">2.3730ha</td><td>减少海水对堤坝的冲刷，保护堤坝</td></tr>
<tr><td colspan="5">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。</td></tr>
</table>

摘要

1、项目用海基本情况

项目名称：广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）

申请单位：惠来县土地整理生态修复中心

用海面积：2.3730 公顷

用海年限：38 年

建设内容：在绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸丁字坝，其中一号丁字坝 100m，二号丁字坝 100m，三号丁字坝 130m，四号丁字坝 126m，五号丁字坝 170m，间距 400m 左右，自岸边起向海伸出，丁字坝（含堤头段）总长度为 626m。

2、项目用海现有问题

本项目丁字坝于 2021 年 3 月开工建设，2021 年 8 月已完成丁字坝工程建设，未履行用海手续，已收到处罚通知书（附件 5）（粤惠来海综罚〔2022〕12 号），并于 2024 年 3 月 20 日缴纳罚款，完成处罚。

3、项目立项情况

《国家海洋局关于 2012 年中央分成海域使用金支出项目（海域海岸带整治修复类）实施方案的批复》（国海管字〔2013〕296 号）。

4、项目用海必要性

为了减缓海水对海岸带的冲刷，本项目丁字坝的建设自岸边起向海伸出，总长度（含堤头段）为 626m，本项目的特性决定了其用海的必要性。

5、规划符合性

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035）》《广东省国土空间生态修复规划》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等。

6、占用岸线情况

本项目 2#丁字坝占用 2022 年广东省政府批复岸线长度 1.4m，岸线类型为自然岸线（砂质岸线）。

7、利益相关者协调情况

本项目用海无利益相关者。

8、资源生态影响

根据回顾性分析，本项目建设对海域生物资源造成的损失合计为：潮间带生物 0.005t，底栖生物 0.045t，游泳生物 138.36kg，鱼卵 5.91×10^6 粒，仔稚鱼 0.36×10^6 尾。工程实施后改变了附近水域的水动力环境，拦砂堤附近水流流态变化较大，影响范围在 200m 范围内，距离拦砂堤较远的水域水动力环境变化幅度相对较小。施工作业过程产生的悬浮泥沙对海域污染的范围主要是在工程周边很小的范围内。丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙对泥沙造成的损失。

根据历史监测数据对比，工程建成前后所在海域的生态环境情况变化不大。

9、生态保护修复措施

本项目丁字坝已建成，暂未落实生态保护修复措施。本项目建议采取增殖放流等措施。

10、项目用海选址的合理性

本项目丁字坝已建成投入使用，其用海选址具有唯一性；用海选址与区位条件和社会条件自然资源和生态环境相适宜；选址无重大用海风险，不影响周边其他用海活动和海洋产业。

11、项目用海方式的合理性

本项目丁字坝用海方式为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类），其防潮挡浪，防灾减灾的功能决定了必须采用非透水构筑物的用海方式进行建设，用海方式合理。

12、项目用海面积的合理性

本项目用海面积为 2.3730 公顷，满足用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，不宜减少用海面积。

13、项目用海期限的合理性

本项目根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定“（五）公益事业用海四十年”，且考虑扣除项目已使用的年限，拟申请用海期限为 38 年，项目用海期限合理。

14、综合结论

本项目的建设与国家和地方颁布的有关法律法规、政策、规划相符合，选址唯一，用海方式和平面布置合理，用海面积适宜，对水动力环境及冲淤环境及资源环境的影响可以接受。本项目无直接利益相关者，项目的建设具有良好的生态效益，在切实落实本

报告提出的海域使用对策措施的前提下，本项目用海是可行的

目录

摘要 I
1 概述 3
1.1 论证工作由来 3
1.2 论证依据 4
1.3 论证工作等级和范围 7
1.4 论证重点 8
2 项目用海基本情况 9
2.1 用海项目建设内容 9
2.2 项目用海现状 10
2.3 平面布置和主要结构、尺度 13
2.4 项目主要施工工艺和方法 20
2.5 项目用海需求 22
2.6 项目用海必要性 34
3 项目所在海域概况 37
3.1 海洋资源概况 37
3.2 海洋生态概况 40
4 资源生态影响分析 121
4.1 生态评估 121
4.2 生态影响分析 124
4.3 资源影响分析 150
5 海域开发利用协调分析 156
5.1 海域开发利用现状 156
5.2 项目用海对海域开发活动的影响 160
5.3 利益相关者界定 160
5.4 需协调部门界定 161
5.5 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析 162
6 国土空间规划符合性分析 163
6.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035）》的符合性分析 163

6.2 与《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》的符合性分析 163
6.3 与《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析 164
6.4 项目用海与“三区三线”符合性分析 167
6.5 项目用海与海洋功能区划的符合性分析 168
6.6 项目用海与相关规划的相符性分析 174
6.7 项目用海与与国家产业政策的符合性分析 175
7 项目用海合理性分析 176
7.1 项目用海选址合理性分析 176
7.2 用海平面布置合理性分析 178
7.3 用海方式合理性分析 179
7.4 占用岸线合理性分析 179
7.5 用海面积合理性分析 180
7.6 用海期限合理性分析 188
8 生态用海对策措施 189
8.1 生态用海对策 189
8.2 生态保护修复措施 193
9 结论 195
9.1 项目用海基本情况 195
9.2 项目用海必要性结论 195
9.3 项目用海资源环境影响分析结论 195
9.4 海域开发利用协调分析结论 196
9.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论 197
9.6 项目用海合理性分析结论 197
9.7 项目用海可行性结论 197

1 概述

1.1 论证工作由来

《“十四五”海洋生态环境保护规划》提出：“坚持陆海统筹、河海联动，以提升生态系统质量和稳定性为导向，整体推进海岸带生态保护修复，重点推动入海河口、海湾、滨海湿地与红树林、珊瑚礁、海草床等典型生态系统保护修复和海岸线、砂质岸滩等的整治修复。”通过综合考虑区域生态特征、突出生态问题以及经济社会发展等因素，统筹海洋生态保护修复、防灾减灾等任务，修复砂质海岸等重要海洋生态系统，促进自然岸线修复，增强海岸带生态功能和减灾功能。

惠来县位于广东省东南沿海，潮汕地区南部。其中，惠来县靖海湾绿洲海岸带岸段，是华南典型的砂质弧形海岸。由于长期受到海浪的侵蚀，再加上附近惠来电厂等海洋工程的建设，人为改变了附近海域的水文动力环境，海岸带受潮流冲刷、淹没，自然系统平衡遭到破坏。

为防治海洋灾害，维护海岸自然系统平衡，惠来县土地整理生态修复中心根据湾内的自然特征和资源条件，结合海岸的生态特点及区域的生态问题，在国家海洋局批复的实施方案的基础上，经过数值模拟的优化设计，最终选址在揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段上，实施“广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）”，主要建设内容为 5 组垂岸丁字坝。

由于海洋生态保护修复、防灾减灾任务的紧迫性，本项目已于 2021 年 3 月 6 日开工建设，并于 2021 年 8 月 31 日完工。丁字坝工程的建成有效地保护了海域海岸带的资源环境，提高护岸防风抗浪等抵御自然灾害的能力，保护了群众的生命财产安全，社会效益和生态效益较为显著。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》《广东省海域使用管理条例》的等有关规定，本项目需进行海域使用论证工作。为此，惠来县土地整理生态修复中心委托广州邦鑫海洋技术有限公司承担该工程的海域使用论证工作。项目人员深入现场测量踏勘，收集相关资料，论证分析了项目用海的可行性，并按《海域使用论证技术导则》以及相关技术规范的要求，编制了《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）海域使用论证报告书》（送审稿）。

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》，2017 年 11 月 04 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议《关于修改<中华人民共和国海洋环境保护法>的决定》第三次修正；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，中华人民共和国主席令第五十六号，2017 年 11 月 4 日修订；

（3）《中华人民共和国渔业法》，十二届人大常委会第六次会议第四次修正，2013 年 12 月；

（4）《中华人民共和国自然保护区管理条例》，2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；

（5）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年 3 月 19 日修订；

（6）《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017 年 03 月 31 日；

（7）《海域使用权管理规定》，国海发〔2006〕27 号；

（8）《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 177 次常务会议修改，2017 年 6 月 21 日；

（9）《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资规（2021）1 号，2021 年 1 月 8 日；

（10）《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》，自然资办函〔2021〕2073 号，2021 年 11 月 18 日；

（11）《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函〔2022〕640 号；

（12）《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报批的函》，自然资办函〔2022〕2207 号；

（13）《广东省海域使用管理条例》，广东省第十三届人民代表大会常务委员会，2021 年 9 月 29 日修正；

（14）《广东省自然资源厅关于印发〈广东省项目用海政策实施工作指引〉的通知》，粤自然资函〔2020〕88 号；

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

（16）国家海洋局《关于开展海域海岛海岸带整治修复保护工作的若干意见》（国海办字〔2010〕649 号）；

（17）国家海洋局海域管理司《关于申报 2012 年度海域海岸带整治修复项目的通知》，2012 年 3 月。

1.2.2 标准规范

（1）《海域使用论证技术导则》，GB/T42361-2023；

（2）《海域使用分类》，HY/T123-2009；

（3）《海籍调查规范》，HY/T124-2009；

（4）《宗海图编绘技术规范》，HY/T251-2018；

（5）《海域使用面积测量技术规范》，HY070-2003；

（6）《海洋调查规范》，GB/T12763-2007；

（7）《海洋监测规范》，GB17378-2007；

（8）《海水水质标准》，GB3097-1997；

（9）《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；

（10）《海洋生物质量》，GB18421-2001；

（11）《全国海岸和滩涂资源综合调查简明规程》，1982 年；

（12）《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范》，JTS/T231-2021；

（13）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T9110-2007；

（14）《近岸海域环境监测站位布设规范》，HJ730-2014；

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

（16）《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则》（T/CAOE20.1~10-2020）；

（17）《海洋生态修复技术指南（试行）》（自然资办函〔2021〕1214 号）；

（18）《海岸带生态减灾修复技术导则第 7 部分：砂质海岸》，T/CAOE21.7-2020；

（19）《建筑抗震设计规范》，GB50011-2010。

1.2.3 相关规划依据

（1）《全国海洋功能区划（2011～2020 年）》，国务院，2012 年 4 月；

（2）《全国海洋主体功能区规划》，国发〔2015〕42 号，2015 年；

（3）《关于全面开展国土空间规划工作的通知》，自然资发〔2019〕87 号，2019 年 05 月 28 日；

（4）《自然资源部办公厅关于加强国土空间规划监督管理的通知》，自然资办发〔2020〕27 号，2020 年 05 月 22 日；

（5）《自然资源部关于做好近期国土空间规划有关工作的通知》，自然资发〔2020〕183 号，2020 年 11 月 24 日；

（6）《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》，自然资办发〔2020〕51 号，2020 年 11 月 17 日；

（7）《自然资源部办公厅关于开展省级海岸带综合保护与利用规划编制工作的通知》，自然资办发〔2021〕50 号，2021 年 7 月 23 日；

（8）《关于进一步加强国土空间规划编制和实施管理的通知》，自然资发〔2022〕186 号，2022 年 10 月 18 日；

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

（10）《广东省海洋功能区划（2011～2020 年）》，粤府[2013]9 号，2013 年；

（11）《广东省海洋主体功能区规划》，粤府函〔2017〕359 号，2017 年；

（12）《广东省生态环境保护“十四五”规划》；

（13）《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》；

（14）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，粤府[2017]120 号，2017 年 10 月 27 日；

（15）《揭阳市海洋经济发展“十四五”规划》；

（16）《揭阳市海洋功能区划（2015 年-2020 年）》；

（17）《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，揭府办〔2021〕25 号；

（18）《惠来县城市总体规划（2017 年-2035 年）》。

1.2.4 项目技术资料

（1）《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目初步设计——丁字坝工程》(修订稿)，广州正见建筑工程设计有限公司，2016 年 1 月；

（2）《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目岩土工程勘察报告》，建材广州地质工程勘察院，2015 年 6 月；

（3）《广东省惠来县靖海湾绿洲海域数模与工程方案比选报告》，中山大学，2015 年 12 月；

（4）《绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁坝工程设计波要素分析报告》，广州尚越信息技术有限公司，2015 年 7 月；

（5）建设单位提供的其他有关资料。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证等级

本项目 5 组垂岸丁字坝总长度为 626m，用海面积 2.3730 公顷。

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），按照项目的用海方式、规模和所在海域特征所判定，本项目用海论证等级为一级，判定结果如下表所示。

表 1.3-1 海域使用论证等级判据

一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级	本项目情况	论证等级
构筑物	非透水构筑物	构筑物总长度大于（含）500m 或用海面积大于（含）10ha	所有海域	一	构筑物长度 626m；用海面积：2.3730 公顷	一级
		构筑物总长度（250～500）m 或用海面积（5～10）ha	敏感海域	一		
			其他海域	二		
		构筑物总长度小于（含）250m 或用海面积小于（含）	所有海域	二		

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361—2023），本项目海域使用论证等级为一级，论证范围以项目用海外缘线为起点，外扩 15km。论证范围为：

22°50'17.819"N~23°07'27.412"N，116°22'03.876"E~116°39'50.092"E 之间，论证面积约609.43km^2，论证范围见图 1.3-1 论证范围图。

图 1.3-1 论证范围图

1.4 论证重点

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361—2023）附录 C，本项目用海类型为“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类），结合本项目的用海类型及方式、工程所在区域的环境特征及海域开发利用现状，确定海域使用论证工作的重点内容如下：

（1）选址（线）合理性；

（2）平面布置合理性用海方式合理性；

（3）资源生态影响。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

项目名称：广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）

用海主体：惠来县土地整理生态修复中心

建设性质：新建

用海性质：公益性

申请用海规模：本项目申请用海面积 2.3730 公顷，用海方式为非透水构筑物用海。

建设内容：在绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸丁字坝，其中一号丁字坝 100m，二号丁字坝 100m，三号丁字坝 130m，四号丁字坝 126m，五号丁字坝 170m，间距 400m 左右，自岸边起向海伸出，丁字坝（含堤头段）总长度为 626m。在一号丁字坝前建设临时施工便道 28m（完工后已拆除）。

用海位置：工程地处揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段，地理位置坐标为东经 116°27'～116°38'，北纬 22°55'～23°03'之间。

地理位置示意图见图 2.1-1。

图 2.1-1 项目地理位置示意图

2.2 项目用海现状

（1）建设历程

本项目于 2021 年 3 月开工建设，2021 年 8 月已完成丁字坝工程建设，并投入使用。由于波浪的强烈作用，至 2023 年 3 月，丁字坝顶部约 1/4 左右被损坏。项目现状图见下图。

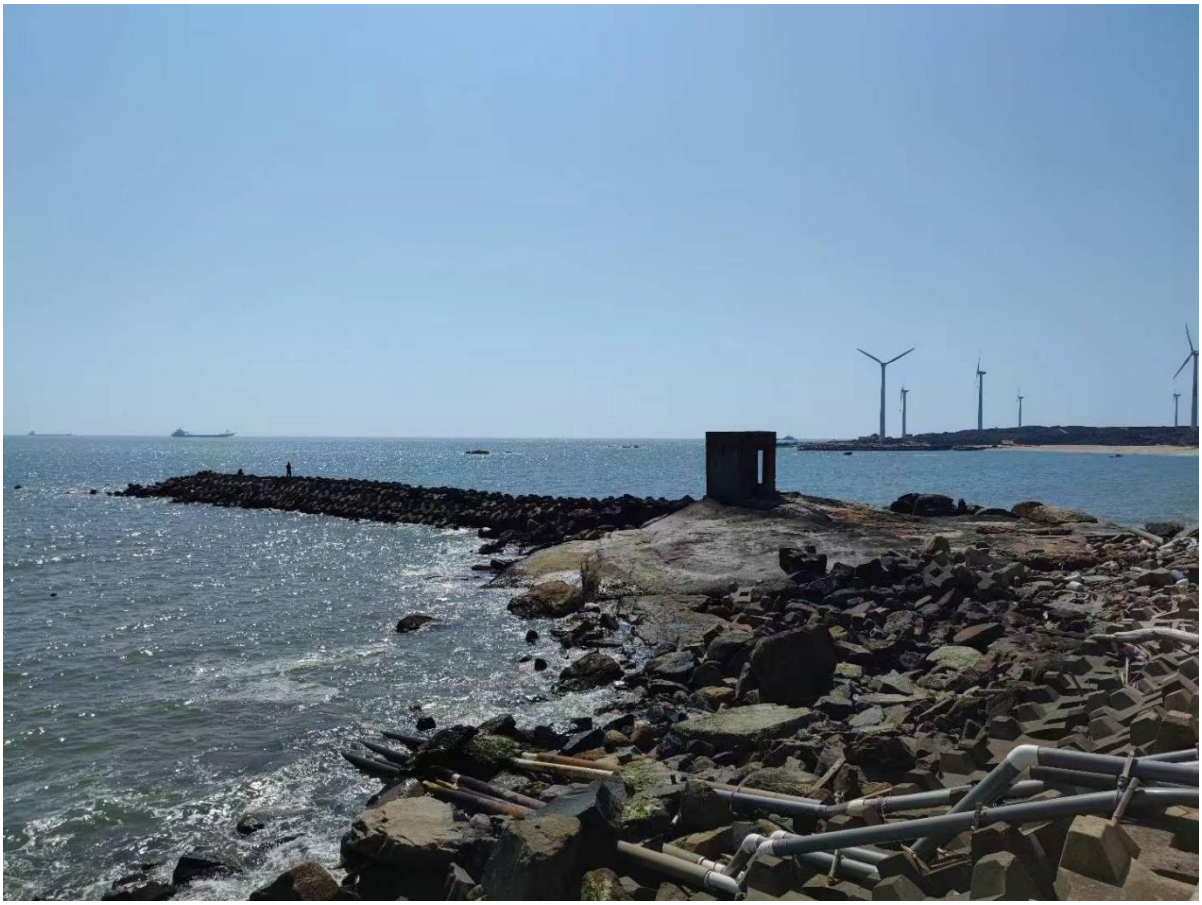


图 2.2-12#丁字坝

图 2.2-23#丁字坝

图 2.2-34#丁字坝

图 2.2-45#丁字坝

由于项目涉及未批先建，相关主管部门依据有关规定出具了行政处罚决定书（粤惠来海综罚〔2022〕12 号），详见附件 5。根据处罚通知书可知，本项目内有 5 个内部单元，共非法占用海域面积为 1.9429 公顷，该面积是由 2008 年广东省海岸线及实测结果统计得出。

表 2.2-1 丁字坝实测面积一览表

丁字坝编号	实测面积
1#丁字坝	0.4219
2#丁字坝	0.4085
3#丁字坝	0.3015
4#丁字坝	0.3884
5#丁字坝	0.4226
合计	1.9429

丁字坝于 2024 年 3 月 20 日缴纳罚款，完成处罚。罚款证明见下图。

广东省非税收入一般缴款书（电子）

缴款码:44522424000000033430

执收单位编码:445224288　　票据代码:44030124　　校验码:0e2a1x

执收单位名称:惠来县海洋综合执法大队　　票据号码:0013985002　　填制日期:2024-02-21

付款人	全　称	惠来县土地整理生态修复中心	收款人	全　称	
	账　号			账　号	
	开户银行			开户银行	

币种：人民币　　金额（大写）:壹仟叁佰壹拾壹万肆仟伍佰柒拾伍元整　　(小写)　13114575.00元

项目编码	收入项目名称	单位	数量	收缴标准	金　额
103050117100	渔政罚没收入		1.0000	13114575.0000	13114575.00

执收单位　（盖章）　　经办人　（盖章）　　惠来县海洋综合执法大队

备注

缴费日期:2024-03-20 16:30:54 单位通知书号:44522424000000033430

说明：电子缴款书是以电子数据形式表现的缴费凭证，缴款人可凭电子缴款书进行报销、入账等财务处理。单位或个人可访问广东公共服务支付平台网站（https://ggzf.czt.gd.gov.cn/onlinePay）查验、下载电子缴款书。

图 2.2-5 罚款缴纳证明

（2）申请用海情况

本项目已建成，暂未履行用海手续。

（3）当前生态用海方案

本项目暂未制定生态用海方案。

（4）当前的生态跟踪监测计划

本项目已建成，未开展跟踪监测。

（5）当前的生态保护修复措施

本项目暂未落实生态保护修复措施。

图 2.2-6 丁字坝现状图

2.3 平面布置和主要结构、尺度

由于本项目目前已建成，故对于项目的平面布置和主要结构、尺度主要开展回顾性的分析论证。

2.3.1 总平面布置方案

本项目布置 5 组垂岸丁字坝，共 626m，丁字坝采用“⊥”型结构，间距 400m 左右，自岸边起向海伸出。丁字坝工程总平面布置图可见图 2.3-1 所示。

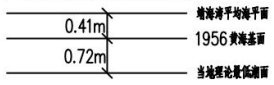
说明：

1、图中尺寸、高程及坐标单位以m计；

2、坐标系统采用2000国家大地坐标系，高程系统以当地理论最低潮面起算；

3、水深地形图采用广东邦盛数据科技股份有限公司2021年2月数字化制图，绘图比例尺1:500；

4、本工程当地理论最低潮面与其他基面的转换关系如下：



5、本工程丁坝修建总长度（含堤头段）为，各分段丁坝长度如下表所示：

	长度(m)
一号丁字坝	100.0
二号丁字坝	100.0
三号丁字坝	130.0
四号丁字坝	126.0
五号丁字坝	170.0

6、本工程施工便道长度为28.0m，宽度为5m。

7、未注明的按交通部《防波堤与护岸施工规范》（JTS-208-2020）施工。

8、本工程丁坝主要控制点坐标如下表所示：

主要控制点坐标表

序号	坐标值 X	坐标值 Y
A1	2541740.783	450267.010
A2	2541809.208	450308.460
B1	2542177.443	450145.687
B2	2542172.549	450225.537
C1	2542594.014	450157.835
C2	2542578.886	450266.790
D1	2543010.601	450292.574
D2	2542986.747	450395.739
E1	2543403.301	450366.804
E2	2543367.764	450512.534

广州正见建筑工程设计有限公司						兴建单位	惠来县海洋与渔业局		
						工程名称	广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目		
审定			项目负责	陈仁友		图名	丁字坝总平面布置图	比例	1:2500
审核	陈仁友		专业负责	陈仁友				日期	2021.03
校对	黄琼		设计	刘春林				图别	施工
绘图	刘春林		计算	刘春林				图号	ZT-001

图 2.3-1 丁字坝工程总平面布置图

2.3.2 主要结构与尺度

（1）丁字坝结构方案

丁字坝堤根至淤泥面+1.00m 的堤身采用斜坡式结构方案，内外侧坡度均为 1:1.5。堤心采用 10～100kg 块石，两侧采用 W>300kg 的块石棱体。

原泥面 0.00～+1.00m 的堤身采用斜坡式结构方案，内外侧坡度均为 1:1.5，堤心采用 10～100kg 块石，堤顶采用安放三列 800mm 厚 2t 四脚空心方块护面（结构见图 2.3-2），块体下设置 800mm 厚 100～200kg 块石垫层，堤身两侧采用 W>300kg 的块石棱体。

原泥面-4.50～0.00m 的堤身采用斜坡式结构方案，内外侧坡度均为 1:1.5，堤心采用 10～100kg 块石，堤顶与两侧坡面采用安放 800mm 厚 2t 四脚空心方块护面，块体下设置 800mm 厚 100～200kg 块石垫层，堤身两侧坡脚均采用 W>300kg 的块石棱体。坡脚两侧均设置顶宽 5m 厚 600mm 重 60～150kg 的护底块石，下方设置 300mm 的碎石垫层。

堤头段均采用斜坡式扭王字块护面结构型式，内外侧坡度均为 1:1.5，堤心采用 10～100kg 块石，堤顶与两侧坡面采用安放 1540mm 厚 3t 扭王块护面（结构见图 2.3-3），块体下设 900mm 厚 150～300kg 块石垫层，堤身两侧坡脚采用 W>300kg 的块石棱体。坡脚两侧设置顶宽 10m 厚 600mm 重 60～150kg 的护底块石，下方设 300mm 碎石垫层。

图 2.3-22t 四脚空心方块大面图

图 2.3-33t 扭王块大面图

（2）临时施工便道结构方案

根据总平面布置方案，一号丁字坝堤根与后方陆地之间未衔接，之间需修建临时的施工便道。便道采用陆上推填开山石，顶宽 5m，两侧坡度均为 1：2。临时施工便道位置如图 2.3-1 所示，便道目前已拆除，无需再申请用海。

2.3.3 主要工程量

项目主要工程量见**表 2.3-1**。

表 2.3-1 项目主要工程量表

序号	项目名称	单位	工程量	备注
一、临时施工便道				
1	推填开山石	m^3	330	1 号丁字坝堤根处
二、丁字坝				

序号	项目名称	单位	工程量	备注
1	10～100kg 堤心石	m^3	18420.24	
2	2t 四脚空心方块	块	2949	单件砼量为 0.87m^3
3		m^3	2565	C30 砼
4	100～200kg 块石垫层	m^3	7172.98	
5	300kg 块石棱体	m^3	7214.51	
6	60～150kg 护底块石	m^3	9877.40	
7	碎石垫层	m^3	6260.30	
8	3t 扭王块	块	2531	单件砼量为 1.304m^3
9		m^3	3300	C30 砼
10	150～300kg 块石垫层	m^3	3157.16	
11	300kg 块石棱体	m^3	2940.13	

一号～五号丁字坝的平面布置如图 2.3-4～图 2.3-8；堤身段典型断面图，见图 2.3-9～图 2.3-12；堤头段典型断面图，见图 2.3-13、图 2.3-14；一号~五号丁字坝的纵剖面图见图 2.3-15～图 2.3-19。

图 2.3-4 一号丁字坝平面布置图

图 2.3-5 二号丁字坝平面布置图

图 2.3-6 三号丁字坝平面布置图

图 2.3-7 四号丁字坝平面布置图

图 2.3-8 五号丁字坝平面布置图

图 2.3-9 堤身段典型断面图 1/4

图 2.3-10 堤身段典型断面图 2/4

图 2.3-11 堤身段典型断面图 3/4

图 2.3-12 堤身段典型断面图 4/4

图 2.3-13 堤头典型断面图 1/2

图 2.3-14 堤头典型断面图 2/2

图 2.3-15 一号丁字坝纵剖面图

图 2.3-16 二号丁字坝纵剖面图

图 2.3-17 三号丁字坝纵剖面图

图 2.3-18 四号丁字坝纵剖面图

图 2.3-19 五号丁字坝纵剖面图

2.4 项目主要施工工艺和方法

2.4.1 施工工艺和方法

主要施工工艺包括填筑防护石与扭王字块、空心字块安装。

2.4.1.1 填筑防护石施工顺序

1、抛前水下地形测量

2、施工区域划分：水下抛石施工的关键是合理划分施工区域。将施工区域划分为10m（垂直水流方向）×20m（顺水流方向）的标准网格，每个标准网格再分为上、下两个半区进行抛布，不足 10m 宽度的抛区可划分为定宽的小区进行施工，根据设计图纸中每个抛区的厚度以及抛前水下地形测量成果，计算出每个网格应抛石数量，编制施工档位图。

3、测量、放样方法：由于抛石施工位置是位于水中，无法在水中确定施工位置，因而需在与施工位置对应的岸上设立标志，以确定施工位置。

4、石料船的石质检查、计量和挂挡：抛石船只的选用 40t 的驳船，施工中订立标准船型，按标准船型划分小区，按标准船型选用装石船只。

5、人工抛投：石料船进档挂牢后，开始组织人员在抛投，各档船只全部抛投结束，方可解缆离档。记档人员及时准确地将抛投量上档位图，做到各网格实际抛投量控制在设计量的 95%-105%范围之内，单元工程实际抛投量控制在设计量的 100%-103%范围之内。

6、竣工水下地形测量：水下抛石工程结束后，我单位要派专人配合业主委托的测量人员采用 GPS 系统对抛投区域及相邻的部分水域进行水下地形测量，并绘制比例为 1:2000 的水下地形图，将抛前抛后的水下地形图进行对比，确定抛投成果。

定点测量增厚控制在 70%-130%，如增厚小于 70%，则须补抛块石，如大于 130%，则须安排潜水员进行水下埋坡工作。

2.4.1.2 扭王字块、空心字块预制施工工艺

扭王字块、空心字块构件制作流程如下：

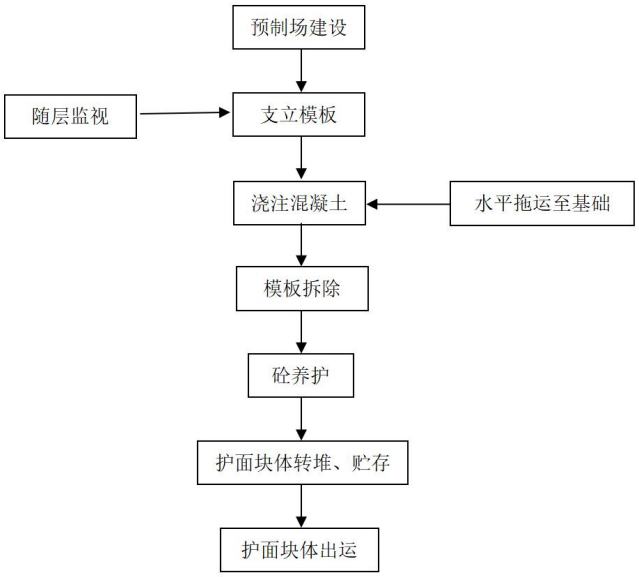


图 2.4-1 构件制作流程图

2.4.1.3 扭王字块、空心字块安装施工

施工要求：扭王块安装采用定点随机安装方式进行，首先计算块体的平面位置，由测量人员对实地平面进行放样，定点。安装施工流程如下：

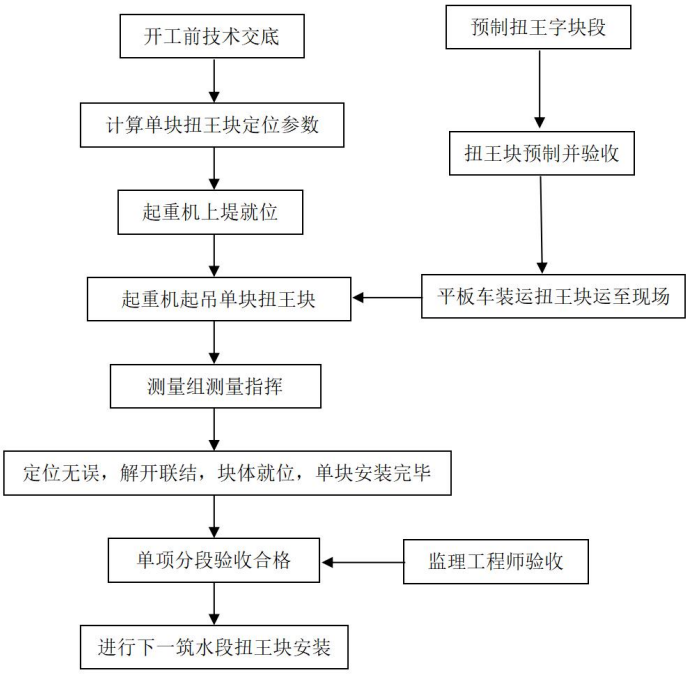


图 2.4-2 扭王字块安放工艺流程图

安装时，采用载重汽车将构件从堆场运至防波堤堤顶面安装位置，吊车堤顶就位进行安装。

2.4.2 施工设备

本项目的主要施工设备见下表：

表 2.4-1 主要施工设备表

序号	设备名称	型号规格	数量
1	抛石船	-	3 艘
2	压路机	-	5 台
3	自卸汽车	10t	10 台
4	级平板驳运输船	-	2 艘
5	湿地推土机	TS120	12 台
6	汽车吊	25t	5 台
7	混凝土搅拌站	H2SI20	1 组
8	插入式振捣器	D70mm	20 台
9	龙门吊	40t	3 台
10	卫星定位仪	GPS	4 台
11	水准仪	NA730	5 台
12	全站仪	NTS-312B	5 台

2.4.3 施工进度

本项目于 2021 年 3 月开工建设，2021 年 8 月已完成丁字坝工程建设。

2.5 项目用海需求

2.5.1 海域使用分类

根据《海域使用分类》（HY/T123—2009），本项目海域使用类型为“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类），用海方式为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类）。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，项目用海分类为“特殊用海”（一级类）中的“2203 海洋保护修复及海岸防护工程用海”（二级类）。

2.5.2 项目申请用海面积

5 组垂岸丁字坝总长度为 626 米，海域使用类型为“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类），用海方式为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类），申请用海总面积为 2.3730 公顷，占用自然岸线 1.4m。各用海单元用海情况见表 2.5-1。项目施工已结束，无需再申请施工期临时便道用海。项目宗海位置图、界址图分别见图 2.5-2~图 2.5-8。

表 2.5-1 项目各用海单元用海情况一览表

用海单元	用海方式	构筑物长度（米）	用海面积（公顷）	是否占用岸线
一号丁字坝	非透水构筑物	100	0.4242	占用自然岸线1.4m
二号丁字坝	非透水构筑物	100	0.4724	
三号丁字坝	非透水构筑物	130	0.4284	
四号丁字坝	非透水构筑物	126	0.5153	
五号丁字坝	非透水构筑物	170	0.5327	
合计		626	2.3730	

2.5.3 项目申请用海期限

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，“海域使用权最高期限，按照下列用途确定：（一）养殖用海十五年；（二）拆船用海二十年；（三）旅游、娱乐用海二十五年；（四）盐业、矿业用海三十年；（五）公益事业用海四十年；（六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。”

本项目用海类型为“特殊用海”中的“海岸防护工程用海”，属于公益事业用海。因本项目于 2021 年 8 月 31 日已建成并投入使用，扣除项目已使用的年限，故拟申请用海期限为 38 年。

2.5.4 项目岸线利用情况

根据与 2022 年广东省政府批准岸线的叠图分析，本项目 2#丁字坝占用 2022 年广东省政府批复岸线长度 1.4m，岸线类型为自然岸线（砂质岸线）。

图 2.5-1 项目与岸线位置示意图

图 2.5-2 宗海位置图

图 2.5-3 宗海平面布置图

图 2.5-4 宗海界址图（1#丁字坝）

图 2.5-5 宗海界址图（2#丁字坝）

图 2.5-6 宗海界址图（3#丁字坝）

图 2.5-7 宗海界址图（4#丁字坝）

图 2.5-8 宗海界址图（5#丁字坝）

2.6 项目用海必要性

2.6.1 项目建设必要性

（1）项目建设是响应省委省政府号召，建设美丽海湾的重要举措

项目贯彻落实广东省海洋生态环境保护“十四五”规划提出的“坚持保护与修复并举，坚持系统治理、陆海统筹，持续改善海域环境质量”。项目所在的靖海湾是揭阳市乃至广东省海洋经济的热点区域，附近有大型的滨海电厂、大型风能基地、重要渔港和优良的滨海旅游度假区，环靖海湾海洋经济带初步形成。海洋经济的蓬勃发展迫切要求海洋部门提升对资源开发利用的掌控能力，对区域海域海岸带空间资源进行科学合理的整理。通过本项目的实施，将为落实陆海统筹发展战略和提高海洋综合管理能力提供有益的经验借鉴。

项目建设与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》、《揭阳市海洋经济发展“十四五”规划》等相关规划具有较好的衔接性，通过本项目的实施，能够拓展海岸海域空间，维护海岸安全，促进人海和谐发展，最终把绿洲建设成集海洋旅游、海洋保护与海洋综合管理于一体的多功能优质海岸。

（2）项目建设有利于防治海洋灾害，维护海岸自然系统平衡

项目建设地点长期受到海浪侵蚀，滨海养殖场的部分护墙和生产设施已出现不同程度的损毁，无法抵御较大的风暴潮袭击，已造成较大的经济损失，危及人民生命财产安全。此外，由于附近惠来电厂等海洋工程的建设，人工改变了附近海域的水文动力环境，海岸带受潮流冲刷、淹没，曾经较为稳定的海岸逐渐转变为侵蚀型海岸，海岸自然系统平衡遭到破坏。项目通过科学合理规划，修建防浪设施，可使已受侵蚀的海岸带逐步恢复原貌，维护滨海生态系统的连续性和多样性，美化海洋环境质量，维护自然岸线系统平衡，提升海域价值，更好的为地区经济发展和社会稳定做贡献。

（3）项目建设是保护并推动地方经济发展的需要

通过广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目（丁字坝工程）的实施，保护超过四亿元的资产，保护资深村 2 万多人口的生命财产安全。通过保护 2000 多亩的水产养殖与水产品加工，对于扩大渔区的产业调整，对发展海水养殖业，扶持养殖

业产业的发展与布局，建立生态型工业体系，改善渔民生活条件，恢复渔业经济，建设现代渔业和构建和谐渔区具有促进作用。

同时，项目建设对于吸引资金、吸引项目和技术、增加旅游及其他方面的就业乃至推动揭阳的经济发展具有重要的作用。工程的实施能保护岸段的稳定，改善和提高当地的旅游价值，促进滨海旅游业的发展。建设区域开展科普性旅游、生态休闲观光旅游的条件也将得到进一步改善，形成旅游的黄金岸段。工程的实施将为建设区域带来更多的直接经济效益，增加客流量，带动附近相关第三产业的发展，提高海岸的发展动力，使靖海湾更加健康持续地向前发展。

综上所述，由项目所在海岸海域开发利用现状与存在问题、地区经济社会发展需求等方面进行分析可知，项目实施是非常必要和紧迫的。

2.6.2 项目保留的必要性

1、岸线侵蚀情况

《广东省惠来靖海湾演变模式与数值模拟研究报告》中对比 1966 年和 2003 年靖海湾的岸线分析可知，1966~2003 年的 37 年间岸线向陆后退约 16.53m，平均后退率为 3.31m/a。总之，在尚未建惠来电厂防波堤时，靖海湾弧形海岸整体表现为缓慢向陆侵蚀后退。在自然状态下，靖海湾仍是一个发育良好、稳定的弧形海岸。

惠来电厂位于靖海湾东北部，其防波堤工程突伸入海中，人为改变了海湾的上岬角位置，即由原北炮台岬角变为防波堤堤头处，形成新的人工岬角。原有弧形海岸的动力、泥沙运动以及岸滩演变重新调整，为达新的平衡，岸滩预计将按抛物线演变规律进行自动调整。《广东省惠来靖海湾演变模式与数值模拟研究报告》中，2003 年和 2008 年间靖海湾的岸线向陆后退约 18.3m，平均后退率为-3.66m/a。惠来电厂的修建，改变了靖海湾的形态要素，海湾处于堆积型动态平衡。

2008 年~2015 年间岸线年侵蚀后退为 5.75m/a。较自然状态下（防波堤工程建设前）后退速率加快。在砂质岸滩因长期供沙不足的全球性缓慢侵蚀的环境下，惠来电厂防波堤加剧了绿洲段海岸线侵蚀后退的速率和幅度，也说明海岸带综合整治和修复工程势在必行。

2、项目保留的必要性

靖海湾由于周边填海建设码头、防波堤等工程，水动力条件发生较大改变，靖海湾内绿洲 1200 米岸段，受到严重侵蚀。后方的养鲍场、养虾场等养殖及粤电临海风能

发电机组受到严重威胁。后方资深村 3 万户居民村镇也面临着极大的威胁，尽快修复、保护靖海湾绿洲海岸带刻不容缓。针对靖海湾内风浪较大，沿岸多处侵蚀严重，泥沙供应不足的情况，在绿洲侵蚀岸段建设丁字坝，采用“⊥”型结构，抛石浆砌，构成人工岬角，促进局地稳定岸滩发育。

（1）波浪动力的改变：丁字坝实施后改变了靖海湾内波浪的动力结构，使绿洲段波浪波能重新分布和调整，减少了波浪对海岸线的直接冲击，从而降低了侵蚀风险。

（2）泥沙输移的调整：丁字坝有助于调整沿岸的泥沙输移，减少泥沙损失，绿洲段岸线侵蚀现象得到一定程度的缓解，这对于维持海岸线的稳定和保护海滩环境至关重要。

（3）生态保护：丁字坝还可以作为生态保护的一部分，有助于维护和改善海洋生物的栖息地，保护生物多样性。

综上所述，从这些角度来看，丁字坝的保留是有必要的。

2.6.3 项目用海必要性

项目建设地点长期受到海浪侵蚀，海岸带受潮流冲刷、淹没，曾经较为稳定的海岸逐渐转变为侵蚀型海岸，海岸自然系统平衡遭到破坏。为保护海岸带，丁字坝建设自岸边起向海伸出，（含堤头段）总长度为 626m，能有效减缓海水对海岸带的冲刷。本项目建设内容及特性决定了其用海的必要性。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 岸线资源

根据《揭阳港总体规划（2035 年）》，惠来沿海岸线自然长度 111.5km，从西到东，从南到北，利用规划如下：

南海作业区岸线，长 5.5km，岸线顺直，规划作为港口岸线。上村到盐岭河口段岸线，长 3.9km，岸线顺直，位于南海作业区和神泉作业区之间，规划作为自然岸线。

盐岭河下游右岸段岸线，其岸线长 1.3km，该段岸线河面较有限，规划作为自然岸线。

盐岭河下游左岸段岸线，长 2.8km，该段岸线未开发，处于神泉湾内，河面较有限，规划作为自然岸线。

神泉作业区段岸线，长 2.5km，规划作为港口岸线；神泉作业区外堤段岸线，长 2.8km，规划作为神泉作业区港口岸线。神泉作业区港口岸线总长度为 4.3km。

澳角段岸线，长 1.0km。岸线未开发，位于神泉作业区和前詹作业区之间，规划作为自然岸线。东坑仔至前詹段岸线，长 5.7km，规划前詹作业区港口岸线 2.4km，其余为自然岸线。石碑山至资深段岸线，长 5.2km，规划资深作业区港口岸线 1.0km，其余为自然岸线。

靖海湾西岸线，长 2.4km，规划作为自然岸线。

靖海湾东岸线，长 5.0km，规划作为靖海作业区港口岸线。客鸟尾北段岸线，长 6.2km，规划作为自然岸线。

客鸟尾以北至旗尾岸线，长 3.3km，规划作为自然岸线。

仙庵南段岸线，长 1.4km，规划作为自然岸线。仙庵北段岸线，长 1.5km，规划作为自然岸线。

从 2004 年、2007 年和 2011 年 3 期 SPOT 影像中提取出了 3 年的海岸线，以 2004 年影像作为底图，绘制出了 2004 年-2011 年靖海湾海岸线变迁图，如下图所示。

从 2004 年-2011 年海岸线变迁图中可以发现，从 2004 年到 2011 年 7 年时间内靖海湾海岸线也发生了较大变化。其中，靖海湾北段海岸线在 2004 年到 2007 年无明显变化，但从 2007 年到 2011 年出现了向海淤积前进的趋势，淤积距离达 15 到 20 米。

靖海湾中段从2004年到2011年整体向海侵蚀后退比较明显，靖海湾中段北端侵蚀距离相对较小，南端侵蚀距离相对较大，7年间平均侵蚀距离达约30米。其中从2004年到2007年3年间平均侵蚀距离约15米，从2007年到2011年侵蚀距离约15米。

靖海湾南段从2004年到2011年靖海湾南段北端海岸线变化不明显，南端靠近资深角附近则出现了较大程度的向陆侵蚀后退，其中在与资深角邻近的一条小河入海口处侵蚀比较严重，入海口南北侧均有侵蚀，侵蚀最大距离达80多米；在入海口处北侧的两个水池也出现了向陆侵蚀后退，部分水池区域被砂子填满，后退距离约40米。

图 3.1-12004年~2011年靖海湾海岸线变迁图

3.1.2 岛礁资源

根据《广东省海岛保护规划（2011～2020年）》，惠来县管辖区域的海岛位于海门湾至神泉港沿岸海域，共84个，均为无居民海岛，海岛面积普遍较小。

距离本项目较近的海岛距一号丁字坝约1.2公里以南。

3.1.3 港口资源

揭阳市的港口分为榕江沿岸港口及惠来沿海港口。惠来沿海港口主要有靖海湾、资深港、神泉港、澳角湾、赤沙澳湾、排角湾。特别是靖海港及其邻近岸线，具有水域宽阔，波浪较小，回淤小，水深、陆域面积宽广、地质条件良好等自然优势，局部岸线水深已达-10米，-10米至-15米等深线距岸仅1公里，适宜建深水码头。

惠来县沿海目前主要有神泉作业区、靖海作业区和资深作业区3个港口码头作业区。主要码头有：

（1）神泉港务管理所码头

位于神泉海湾内，原龙江河入口处，惠来县的主要渔港兼货运港。内港现有码头1座共2个泊位，均为500吨级，码头长81.7m，由于70年代龙江河改道入海加上兴修水利、填海造田使自然条件变化等原因，造成港内航道淤积严重，货物吞吐量逐年下降。

（2）粤电惠来厂码头

现有一期港口工程建设 7 万吨级煤码头 1 个，3000 吨级综合码头 1 个，防波堤 1 座及相应的护岸等，2004 年全部建成试运营。一期 7 万吨级煤码头南端延长线段准备新建 1 个 10 万吨级的煤码头泊位。

（3）粤东液化天然气（LNG）码头

揭阳市粤东（LNG）码头工程位于前詹镇沟疏村，包括靠泊 $26.7\times10^4m^3$LNG 船舶的接卸码头 1 座（兼顾 2～$21.7\times10^4m^3$LNG 船舶），2～$20\times10^3m^3$LNG 外输码头一座，1000 吨级重件码头（兼工作船码头）1 座。

（4）中委广东石化项目配套产品油码头

中委广东石化项目配套建设 13 个泊位，其中 3 个 1000 吨级工作船泊位，10 个 5000 吨～5 万吨级成品油、液体化工品和石油焦装船泊位。

本项目位于靖海湾，粤电惠来厂码头的建设使靖海湾海岸带受潮流冲刷严重。

3.1.4 矿产资源

揭阳市矿产资源丰富，主要有锡、钨、铜、铁、金和甲长石、花岗石、稀土、瓷土等。根据《揭阳市矿产资源总体规划（2021～2025 年）》指出，截至 2020 年底，揭阳市已发现矿产 18 种，其中包括能源矿产 2 种，矿产地 9 处；金属矿产 8 种，矿产地 11 处；非金属矿产 7 种，矿产地 34 处；水气矿产 1 种，矿产地 3 处。储量规模达中、大型的矿产 5 种，矿产地 8 处。

非金属矿产开采价值较大的主要有建筑用花岗岩、饰面用花岗岩、钾长石等。建筑用石料类矿产（建筑用花岗岩、饰面用花岗岩、建筑用安山岩、闪长岩）分布广、资源丰富，矿产地 31 处，截至 2020 年底保有资源储量 2878.4 万立方米。矿泉水水源地 3 处，中型 1 处，小型 2 处。地热矿产地 6 处。

截至 2020 年底，全市登记探矿权总数 11 个，其中有效期探矿权 1 个。勘查矿种包括银、铜、铅、锌、锡、矿泉水。

至 2020 年末全市登记采矿权总数 37 个。开采矿种 7 种，主要有铅、锌、长石、建筑用花岗岩、饰面用花岗岩、建筑用安山岩、矿泉水等，其中金属矿山 1 个，水气矿山 2 个，非金属矿山 34 个。2020 年年底正常开采矿山 15 个，处于停采状态的 22 个。

靖海湾海砂资源丰富，为本项目的护坡工程的海砂回填以及丁字坝间的人工补砂提供了充足的海沙。

3.1.5 旅游资源

揭阳既是粤东古邑，又是一个新兴城市。市域内人文、自然景观等旅游资源十分丰富，素有“海滨邹鲁”之美誉。揭阳建市以来，充分利用侨乡优势，加大招商引资力度，大力发展滨海旅游业涌现了一批上规模、高档次、高品位，以生态环境开发、改善和保护为主题的综合旅游景区。

惠来依山傍海，名胜古迹众多。“惠来八景”闻名遐迩，有峻峭挺拔的“百花领袖”，取之不竭的“海角甘泉”等。沿海景点有海蚀崖、海蚀柱、滨海浴场等，其中靖海湾东部的“客鸟尾石笋区”更以突兀新奇著称。此外，南海、靖海等地的海滨度假村已成为人们休闲娱乐的好去处。

本项目位于靖海湾，海岸线沙滩连绵 5 千多米，风光秀丽。

3.1.6 渔业资源

揭阳海域属南亚热带浅海区，具有咸淡水交汇、营养物质丰富的优良条件，生物资源特别是鱼类资源、浮游动植物十分丰富，是多种经济鱼、虾、贝、藻类的繁育场，是许多经济鱼虾产卵、越冬场所和洄游的必经之地。惠来县海洋渔业资源丰富，鱼虾蟹贝藻等品种繁多，拥有鱼类 471 种，其中经济鱼类 100 多种，主要有海鳗、鳓鱼、鲳鱼、沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷、白姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、小黄鱼、方头鱼、带鱼、金线鱼、鲐鱼等；虾、蟹、贝、藻类等生物有几百种，其中经济价值较高的有几十种，主要有毛虾、对虾、鹰爪虾、虾蛄、梭子蟹、青蟹等。榕江在区划范围内的海域为咸淡水交汇处，水产资源丰富，品种繁多，除淡水种类外，还包括广盐性种类；贝类有近江牡蛎、红肉河蓝蛤、淡水黄蚬、中国绿螂等；甲壳类有独角新对虾、周氏新对虾、赤虾、锯缘青蟹、中华绒螯蟹及隆背张口蟹等；鱼类有“榕江鳊鱼”、银鱼等数十种，还有丰富的鳗苗资源。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气象气候

近 20 年主要气候统计资料

根据惠来气象站 2001~2020 年的气象统计资料，项目所在地区的气象资料统计情况见下表。

表 3.2-1 惠来近 20 年主要气象资料统计表（2001-2020 年）

项目	数值
年平均风速(m/s)	2.4
最大风速(m/s)及出现的时间	27.3 相应风向：SE 出现时间：2016 年 10 月 21 日
年平均气温（℃）	22.6
极端最高气温（℃）及出现的时间	38.4 出现时间：2005 年 7 月 18 日
极端最低气温（℃）及出现的时间	1.5 出现时间：2016 年 1 月 25 日
年平均相对湿度（%）	79
年均降水量（mm）	1781．2
年均降水量日数（d）（≥0.1mm）	115.6
年最大降水量（mm）及出现的时间	最大值：2762.0mm 出现时间：2016 年
年最小降水量（mm）及出现的时间	最小值：1037.7mm 出现时间：2009 年
年平均日照时数（h）	2112.5
近五年平均风速(m/s) （2016-2020 年）	3.28

（1）气温

惠来县累年逐月平均气温的最高值出现在 7 月，为 28.7°℃，累年月平均气温的最低值出现在 1 月，为 15.1°℃。累年月温度变化情况见下表。

表 3.2-2 惠来累年各月平均气温统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均气温℃	15.1	16.0	18.1	21.7	25.2	27.5	28.7	28.4	27.5	24.7	21.2	16.8

（2）月平均风速

根据近 20 年资料分析，惠来气象站月平均风速如下表所示。12 月平均风速最大（2.6m/s），8 月和 9 月风速最小（2.2m/s）。

表 3.2-3 惠来气象站近 20 年累年各月平均风速统计

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速(m/s)	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	2.4	2.2	2.2	2.5	2.5	2.6

（3）风向特征

近 20 年资料分析的风向玫瑰图如图 6.3-2，惠来气象站主要风向为 NE 和 ENE、NNE、E，占 46.7%，其中以 ENE 为主风向，占到全年 18.5%左右。

表 3.2-4 惠来气象站年风向频率统计

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	最多风向
风频（%）	5.5	10.9	17.3	18.5	9.5	5.1	2.4	2.7	4.9	3.9	3.3	2.9	2.5	2.0	2.3	2.3	5.7	ENE

平均风速（m/s）	1.8	2.1	2.4	2.6	2.5	2.4	2.1	2.0	2.5	2.1	1.5	1.2	1.1	1.0	1.2	1.6		

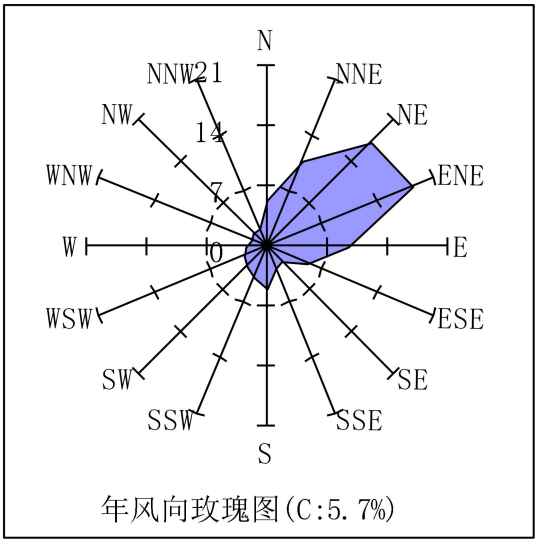


图 3.2-1 惠来气象站近 20 年(2001-2020)风向频率玫瑰图（静风频率 5.7%）

3.2.2 水动力和泥沙

3.2.2.1 潮汐

1、基准面及换算关系

当地理论最低潮面与黄海基准面及靖海湾平均海平面的换算关系下图所示。

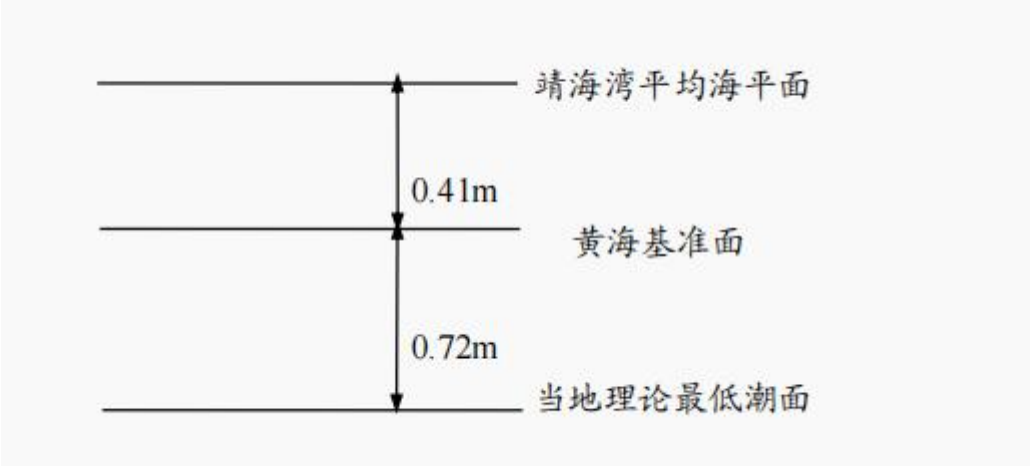


图 3.2-2 基准面及换算关系

本区域潮汐属于不正规全日潮。根据汕头海洋站（2007 年 06 月～2013 年 12 月）观测结果，累年平均潮位 293 厘米。累年平均潮差 136 厘米。5～8 月份平均潮差稍大达 145 厘米以上；其余月份稍小，在 117～134 厘米之间。

2、海浪

根据中山大学《惠来靖海湾波浪数模试验报告》（2015 年），项目所在靖海湾是对数螺线海岸，波浪是塑造形成这种地形地貌的主要动力条件。本区的波浪常浪向，即优势浪为 SE 向，年出现频率为 18.9%；次常浪向为 NE 向和 E 向，年出现频率分别为 17.8%和 17.2%。以 E 向为中心的 NE 向至 SSE 向之间，波浪出现的频率占全年的出现率的 82.5%，其中在 E 向-NE 向，出现的多为风浪，SE 向-SSE 向间出现的多为涌浪。其中优势波浪进入该弧形海湾后，受到地形影响而发生变形，其中在弧形湾内，波浪因折射和绕射作用，波向逐渐向偏 N 向偏转，最终波向达到与岸线走向呈锐角相交之势。此外，在海湾南部的切线岸段，波向则基本与岸线相平行。在 NEE-SEE 向波浪入射情况下，由于北炮台岬角和水下地形引起的波折射-绕射作用，海湾北部近岸区波向线辐散，与海湾南部近岸区比较为相对低波高区；反之，当波向为 SSE-SSW 时，资深岬角与水下地形使得海湾南部近岸区折射-绕射作用强于海湾北部近岸区，其波高较海湾北部为低；在 SE 向波浪作用时，海湾近岸区波高分布较均匀，沿岸波浪以垂直入射为主。

表 3.2-5 靖海湾水深 20m 处波级波向年分布

方向	频率（%）	周期	H10%
N	0.2	5.7	2.2
NNE	6.5	5.3	1.91
NE	17.8	5.3	2.07
ENE	8.4	5	1.82
E	17.2	6.5	1.49
ESE	3.8	6.4	1
SE	18.9	6.4	1.08
SSE	16.4	5.9	1.28
S	9.1	6.4	1
SSW	0.5	5.7	1.66
SW	0.8	6.8	0.95
WSW	0	0	0
W	0	0	0
WNW	0	0	0
NW	0.1	5.4	2.2
NNW	0.1	5.4	2.2

南澳海洋站（2006 年 04 月--2013 年 12 月）年平均波高玫瑰图见下图。

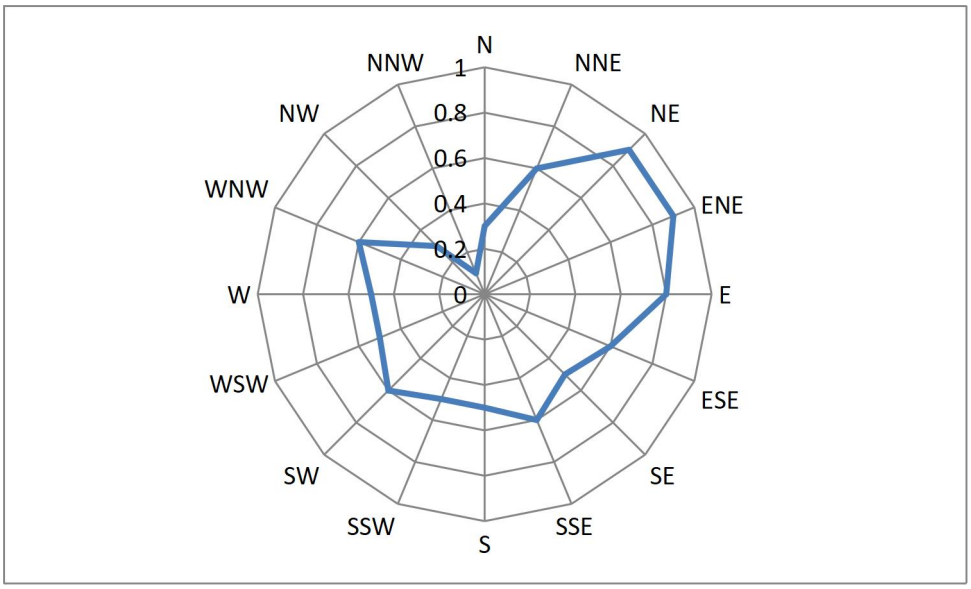


图 3.2-3 南澳站波浪玫瑰图

3.2.2.2 2021 年秋季海洋水文

本项目引用引自《揭阳市靖海湾海域海洋水文观测技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2021 年 8 月）。共布设 6 个水文观测站位（JHL1～JHL6）和 2 个潮位观测站位（JHC1、JHC2），位置见下图，站位坐标以及观测内容见下表。

调查内容包括：温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、含沙量、风速和

风向、海况、潮位等。调查方法依照《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T12763.2-2007）的要求执行。

观测时间为 2021 年 8 月 8 日~2021 年 8 月 10 日。

表 3.2-6 观测站位地理坐标及内容

图 3.2-4 观测站位图

（1）潮位

1）实测潮位统计分析

根据 JHC1、JHC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中 JHC 站

资料时间为 2021 年 8 月 8 日 0 时至 8 月 10 日 23 时（72 小时），如下图所示。

观测结果显示，两个站位的潮汐基本一样，在一天之中出现两个高潮和两个低潮，且相邻两个高（低）潮潮高不等，潮汐不等现象显著。

图 3.2-5JHC1 站潮位过程曲线

图 3.2-6JHC2 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。根据收集的 JHC1、JHC2 连续 72 小时潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，采用引入差比数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，下表列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 3.2-7 靖海湾区域调和常数统计分析(基于 72 小时)

由表可知，分潮中 K1 分潮振幅最大，其振幅约为 26.0cm，迟角约为 185.57°。

（2）海流

1)实测海流

水文观测各站不同层次海流平面分布矢量图如图 3.2-7~图 3.2-9 所示。下表为涨、落潮流统计表。

从海流的流态来看，观测期内各站点海流的整体流向为西南方向，且与岸线平行。

各观测站表层、中层、底层潮流方向基本一致，涨潮流主轴主要偏向 EN，落潮流偏向 WS。

观测期间最大涨潮流速为 86.52cm/s，最大落潮流速为 75.25cm/s，分别出现在 JHL5 站表层和 JHL1 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 51.15cm/s 和 42.22cm/s，分别出现在 JHL5 的表层和 JHL1 站中层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定；在水平上，海流的方向主要与岸线平行，各测站之间流速变化不大。

表 3.2-8 大潮期涨、落潮流对比统计表

图 3.2-7 表层海流平面分布矢量图

图 3.2-8 中层海流平面分布矢量图

图 3.2-9 底层海流平面分布矢量图

2）流

①潮流性质

各站各层潮流性质系数 F 值见下表。根据潮流调和分析结果，各观测点均是正规半日潮流。由此可见，调查海区表层潮流类型主要表现为正规半日潮流。

表 3.2-9 潮流性质系数表

②潮流的运动形式及潮流椭圆要素

调查海区各站各层椭圆要素如下表所示。本次观测所有站位各层次潮流主要表现为 M2 分潮流占优，椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.25，均表现为往复流的特征。最大 M2 分潮流出现在 JHL5 站中层，流速为 50.268cm/s。

表 3.2-10 各站各层潮流椭圆要素

（3）余流

大潮期水文观测各站各层余流见下表，大潮期余流的分布见下图。

调查海区观测期间余流主要介于 4.15cm/s~27.98cm/s。最大余流为潮流 JHL4 站(表层，27.98cm/s，68.19°)，最小余流为潮流 JHL3 站(底层，4.15cm/s，357.68°)。各个站点的余流方向主要平行海岸线北偏东方向。

表 3.2-11 观测期各站各层余流

图 3.2-10 观测期各站余流图

（4）温度、盐度

本次水文观测期间，水温、盐度统计如下表所示。

调查期间调查海区测得的水温最大值为 29.61℃，出现在 JHL3 站表层；测得水温的最小值为 21.57℃，出现在 JHL2 站底层；各个调查站位表层、中层和底层，水温从上到下逐渐减小。各观测站位水温出现明显的分层现象。

调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.56，出现在 JHL5 的中层；测得盐度的最小值为 31.09，出现在 JHL3 站表层。统计结果表明，观测海区从表到底盐度逐渐增加。观测期间盐度出现明显分层现象。

表 3.2-12 各站水温、盐度统计

（5）悬浮泥沙

悬浮泥沙浓度是一种随机性很强的变量，在时间与空间上变化很大。其变化与分布特征主要受泥沙来源、潮流、波浪、底质等诸多因素控制。通常近海泥沙来源主要有：河流入海泥沙、海岸海滩和岛屿侵蚀泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙。

1）悬浮泥沙浓度

本次水文观测期间，各站悬沙浓度范围如下表所示。

观测期间，调查海区悬沙浓度范围为 0.0102kg/m³~0.0652kg/m³，JHL5 站底层悬沙浓度最大(0.0652kg/m³)，其次是 JHL5 站中层悬沙浓度(0.0594kg/m³)，JHL3 站表层悬沙

浓度最小(0.0102kg/m³)；在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。各站层次的悬沙浓度都比较稳定，变化不大。

表 3.2-13 各站悬沙浓度范围

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。下表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，下图为各站净输沙示意图。

涨潮期最大单宽输沙量为 1.58t/m，方向 33.6°，出现在 JHL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 0.52t/m，方向 220.8°，出现在 JHL5 站；最大单宽净输沙量为 1.10t/m，方向 66.8°，出现在 JHL6 站。净输沙主要方向为北偏东。

表 3.2-14 各站大潮单宽输沙量统计表

图 3.2-11 净输沙示意图

3.2.2.3 2022 年春季海洋水文

根据《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目春季水动力观测监测报告》（国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站），于 2022 年 5 月 27—28 日开展了春季水动力现状观测工作，项目所在海域共布设 6 个海流（流速、流向）、悬沙定点观测站位。

具体站位经纬度及观测内容详见下表，站位图见下图。

表 3.2-15 观测站位地理坐标及内容

图 3.2-12 观测站位图

（一）实测海流场

根据 6 个测站的同步海流周日连续观测资料，统计本次各测站各层的最大流速及其对应流向，其结果列于下表；实测海流矢量图见图 3.2-13；实测海流玫瑰平面分布图见图 3.2-14。

表 3.2-16 各站最大流速统计

图 3.2-13 各站海流矢量图

图 3.2-14 各站海流玫瑰分布图

（1）调查海区内海流主要呈现半日潮海流特征；

（2）除了 H5 站点旋转流性质较为显著，其余 5 个站点均为往复流性质；

（3）六个观测站中，离岸较远的 H2、H4 和 H6 站点流速较大，离岸较近的 H1、H3 和 H5 站点流速相对较小。各站点表、中、底三层的流速、流向变化基本一致；

（4）本次观测实测最大海流流速为 55.5cm/s，发生在 H6 的中层，流向为 46°。

（二）潮流分析

根据《海洋调查规范》，选用“引入差比关系的准调和分析方法”（此处选取惠来海洋站 2018 年一年的潮位资料计算差比数），对海流观测资料进行调和分析，得出观测期间的余流和 O1（主要太阴全日分潮）、K1（太阴太阳合成全日分潮）、M2（主要太阴半日分潮）、S2（主要太阳半日分潮）、M4（浅水分潮）和 MS4（浅水四分之一分潮）等 6 个主要分潮的潮流特征值，具体见下表。

由下表可知，该调查海区半日分潮占主要成分，各测站 M2、S2 分潮潮流椭圆长半轴方向一致，基本为东北-西南向。除 H5 站点外，统计得出的各站的最大分潮 M2 分潮椭圆率都较小，表明该海域以往复流性质为主导；各站层各分潮流的椭圆率有正有负，表明观测海域潮流顺时针和逆时针旋转都有。

表 3.2-17 各站各层主要分潮流的椭圆要素（单位：cm/s，°）

续表3.2-17各站层主要分潮流的椭圆要素（单位：cm/s，°）

下表列出 6 个测站各层表征潮流性质的特征值 F（$F=(WO_1+WK_1)/WM_2$，式中 W 为分潮流椭圆长半轴），在我国通常采用主要分潮流的振幅之比 F 作为划分潮流性质的依据。从下表可见，调查海域内潮流以混合半日潮流为主。

表 3.2-18 工程海区潮流性质的特征值 F

（三）余流

根据本次调查的 26h 海流实测资料，分析调查海区的余流特征，余流统计特征值如下表所示，各站位余流分布图如图 3.2-15 所示。

由图表可见，本次观测期间余流特点如下：

（1）观测期间，H2 和 H6 站点的余流流速较大，各站的底层余流流速都较小。最大余流流速为 23.5cm/s，流向为 255°，发生在 H2 站的中层；最小余流流速为 1.9cm/s，流向为 29°，发生在 H4 站的表层。

（2）各站点表层余流流向差异较大，中层及底层余流流向大致为偏北向。

表 3.2-19 各站余流计算结果表

图 3.2-15 各观测站位的余流分布图

3.2.3 地形地貌与冲淤状况

揭阳市地势自西向东倾斜，低山、丘陵与河谷平原相间分布。榕江平原分布于大北山与桑埔山、小北山和南阳山之间，中部地势平坦开阔，河曲十分发育。小北山与大南山间为练江平原，大南山以南为滨海平原，后两平原面积较榕江平原小得多。在平原与山地的过渡区，分布有台地、岗地和丘陵。

惠来县地处大南山南麓，枕山面海。县域形态呈长条状东西向展布，地势北高南低，自西北向东南倾斜。位于县城西北侧的犁头冻，海拔 822.7m，是全县的最高峰，最低地带为神泉镇，平均海拔不足 3m，全县基本属滨海丘陵类型，地貌由山地、丘陵、平原和沙滩塭地与海岛构成。海岸线曲折多湾，岬角发育，境内海岸线长 109.5km。

靖海湾是一个介于上岬角（北炮台）和下岬角（资深角）之间的典型的弧形海湾。弧形海湾是在泥沙供给不足的情况下形成的一种与波浪动力及其一定的沿岸输沙率相适应的平衡（或稳定）海岸。根据现在（或工程前）靖海湾动力地貌特征（包括弧形海湾形态特征及其湾顶凹入的程度、海滩类型与运动状态等）的研究，对目前（或工程前）该海湾的动力、泥沙与地貌特点得出如下结论：

电厂码头防波堤工程建成后，靖海湾北部岸段在偏 E 向波浪作用下岸段受到掩护，而在 SSE 向和偏 S 向波浪作用下，该段海岸仍然处在波浪的正向入射区。因此，海湾内的泥沙运动特性将会发生改变。换言之，工程前海湾原有的动态平衡输沙条件发生了改变，即在 SSE 向和偏 S 向波浪作用下，由南向北的沿岸输沙使海湾北部岸段发生

淤积，与此同时，挟带泥沙的沿岸流在该区域逐渐转变成离岸裂流，特别是在该方向大风浪作用下，这股高含沙离岸裂流将会造成码头前沿及调头圆区域的泥沙淤积。而在偏 E 向波浪作用下，由于该岸段受到了码头防波堤的掩护，沿岸泥沙只受微弱的绕射波作用，输沙能力较低，因此，该段海岸将是沿岸泥沙运动的淤积区。从长远来讲，工程后靖海湾岸线调整的必然趋势是中段及南段岸线侵蚀后退，而北段岸线逐渐淤积。

根据《广东省揭阳市靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝测量技术总结报告》（2021 年 2 月），本项目海域水深在 0.2—5.8m 范围内，详见下图。

图 3.2-16 项目水深总图

图 3.2-17 水深分幅图一放大图

图 3.2-18 水深分幅图二放大图

图 3.2-19 水深分幅图三放大图

图 3.2-20 水深分幅图四放大图

图 3.2-21 水深分幅图五放大图

图 3.2-22 水深分幅图六放大图

3.2.4 工程地质

3.2.4.1 区域地质构造

该海湾由花岗岩基岩和第四松散沉积层等两大物质组成，花岗岩基岩以台地或低丘等形式分布于海湾的南北峡角地带，即北部的北炮台峡角和南部的资深峡角，海湾中部近岸陆域为第四系松散沉积物构成的海岸沙坝。沙坝沉积体由晚更新系“老红砂”和全新统现代砂组成，全新统现代砂由黄白色粗纱、中砂与细沙等物质构成海滩砂和风成砂。

场地地貌单元为第四系海成（砂堤）沉积区，地面标高 0.80～2.00m；地势总体上南、西高北、东低。

工程地质条件参考建材广州地质工程勘察院 2015 年 6 月编制的《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目岩土工程勘察报告》，根据钻探揭露，场地出露地层由上往下为人工填土层（Qml）、第四系海陆交互相沉积层（Qmc）、第四系残积层（Qel）及燕山期花岗岩（γ）组成，岩土层自上而下分述如下：

1、人工填土层（Qml）

素填土（层序号 1）：浅黄色、青灰色，湿，稍压实，主要为中风化花岗岩石块，充填白色中粗砂。本层仅在钻孔 ZK16 揭露，位于地表。层厚为 2.10m，层面标高为 1.60m。

2、第四系海陆交互相沉积层（Qmc）

（1）淤泥质细砂（层序号 2-1）：灰黑色，饱和，松散，主要成分为石英，次棱角状，分选性一般，约混 15-20%淤泥。本层仅在 ZK4～ZK7 共 4 个钻孔有揭露，层厚为 4.00～6.50m，平均 4.75m；层面标高为-1.95～-0.55m，平均-1.58m，本层取砂样 1 组进行筛分试验，筛分结果为细砂。

根据地区经验，建议本层土承载力特征值 fak=80kPa。

（2）中细砂（层序号 2-2）：黄褐色、红褐色，稍密～中密，饱和，主要矿物为石英砂，颗粒不均匀，分选性差，含少量粘粒。本层在 ZK9～ZK16、ZK18、ZK19 共 10 个钻孔有揭露，层厚为 0.60～8.10m，平均 2.16m；层面标高为-2.28～

0.70m，平均-1.20m，本层取砂样 3 组进行筛分试验，筛分结果为 1 组细砂，2 组中砂。

根据地区经验，建议本层土承载力特征值 fak=160kPa。

（3）淤泥质土（层序号 2-3）：深灰、灰黑色，饱和，流塑，含腐殖质及粉细砂，略具臭味。本层在 ZK12～ZK15、ZK17～ZK23 孔共 11 个钻孔有揭露，层厚为 1.60～9.50m，平均 5.42m；层面标高为-7.40～-2.60m，平均-4.42m。本层取土样 7 组，进行标贯试验 21 次，实测击数 N′=2～3 击，平均值为 2.7 击；杆长校正击数 N=1.6～3.0 击，平均值为 2.5 击。

根据现场标贯试验及室内土工试验，结合地区经验，建议本层土承载力特征值 fak=80kPa。

（4）粉质粘土（层序号 2-4）：红褐色、黄褐色，湿、稍有光泽，可塑～硬塑，主要由粉粘粒组成，局部含较多细砂，韧性中等，摇振反应中等，干强度中等。本层在 ZK9～ZK16 孔共 8 个钻孔有揭露，层厚为 1.50～10.00m，平均 5.60m；层面标高为-6.98～-1.57m，平均-4.01m。本层取土样 4 组，进行标贯试验 17 次，实测击数 N′=7～20 击，平均值为 17 击；杆长校正击数 N=6.6～16.6 击，平均值为 10.3 击。

根据现场标贯试验及室内土工试验，结合地区经验，建议本层土承载力特征值 fak=170kPa。

（5）淤泥质土（层序号 2-5）：深灰、灰黑色，饱和，流塑，含腐木屑及粉细砂，略具臭味。本层在 ZK9～ZK16 孔共 8 个钻孔有揭露，层厚为 2.00～6.10m，平均 3.99m；层面标高为-11.57～-7.28m，平均-9.61m。本层取土样 2 组；进行标贯试验 10 次，实测击数 N′=2～3 击，平均值为 2.7 击；杆长校正击数 N=1.7～2.6 击，平均值为 2.2 击。

根据现场标贯试验及室内土工试验，结合地区经验，建议本层土承载力特征值 fak=100kPa。

（6）粘土（层序号 2-6）：灰白、青灰色，湿，可塑～硬塑，主要由粘粒组成，含铁锰质结核，粘性好，土质均匀，切面较光滑。本层在 ZK12、ZK14～ZK19 孔共 7 个钻孔有揭露，层厚为 0.70～8.00m，平均 3.49m；层面标高为-16.30～-9.28m，平均-13.22m。本层取土样 2 组，进行标贯试验 8 次，实测击数 N′=11～21 击，平均值为 14.4 击；杆长校正击数 N=7.9～15.3 击，平均值为 11.2 击。

根据现场标贯试验及室内土工试验，结合地区经验，建议本层土承载力特征值 fak=180kPa。

3、残积层(Qel)

砂质粘性土（层序号 3）：褐黄、灰黄色，硬塑，为花岗岩风化残积土，含较多石英质砂，岩芯遇水易软化。本层仅在钻孔 ZK17 揭露，层厚为 1.30m，层面埋深 12.80m，层面标高为-12.80m。

本层取得 1 组土样进行常规试验，进行标贯试验 1 次，实测击数 N′=25 击，杆长校正击数 N=20.3 击。

根据室内土工试验及现场标准贯入试验，结合地区经验，建议本层承载力特征值 fak=230kPa。

4、燕山期花岗岩（γ）

本层为场地基底岩石，根据风化程度分为全风化、强风化及中风化花岗岩。

（1）全风化花岗岩（层序号 4-1）：浅绿、黄褐色，岩石风化剧烈，矿物成分完全变化，岩芯呈坚硬土状，遇水易软化、崩解。本层于 ZK5、ZK13、ZK17～ZK23 共 9 个钻孔有揭露，层厚为 1.1～2.60m，平均 1.88m；层面埋深为 4.5～18.1m，平均 9.03m；层面标高为-17.4～-6.40m，平均-12.35m。进行标贯试验 8 次，实测击数 N′=31～40 击，平均 35.1 击；杆长校正击数 N=23.4～34.8 击，平均 29.4 击。

根据现场标准贯入试验，结合地区经验，建议本层承载力特征值 fa=350kPa。

（2）强风化花岗岩（层序号 4-2）：浅绿、浅黄色，岩石风化强烈，矿物成分显著变化，岩芯呈半岩半土状及密实砂土状，岩芯手捻易碎，遇水易崩解。本层在 ZK9～ZK23 共 15 个钻孔有揭露，本层未揭穿，揭露厚度为 1.50～2.50m，平均 2.13m；层面埋深为 7.50～20.30m，平均 13.43m；层面标高为-19.58～-13.07m，平均-15.77m。进行标贯试验 14 次，实测击数 N′=51～56 击，平均 53.2 击；杆长校正击数 N=37.2～46.5 击，平均 41.0 击。

根据现场标准贯入试验，结合地区经验，建议本层承载力特征值 fa=600kPa。

本层岩体完整程度分类为破碎，属极软岩，工程岩体基本质量等级分类为Ⅴ类。

（3）中风化花岗岩（层序号 4-3）：浅黄色、黄褐色，细粒结构，块状构造，岩石风化裂隙发育，岩芯呈碎块状、块状，主要矿物成分为石英、长石及黑云母。

本层在 ZK1～ZK8 共 8 个钻孔有揭露，本层未揭穿，揭露厚度为 0.50～2.10m，平均 1.11m；层面标高为-8.45～3.00m，平均-3.25m。

根据钻探岩芯状况，结合地区经验，建议本层承载力特征值 fa=5000KPa。

本层岩体完整程度分类为破碎，属较软岩，工程岩体基本质量等级分类为Ⅴ级。

钻孔平面布置图如图 3.2-23；图 3.2-24~图 3.2-27 为工程部分典型的地质剖面图。

图 3.2-23 钻孔平面布置图

图 3.2-24 典型的地质剖面图

图 3.2-25 典型的地质剖面图

图 3.2-26 典型的地质剖面图

图 3.2-27 典型的地质剖面图

图 3.2-28 典型的地质剖面图

图 3.2-29 典型的地质剖面图

图 3.2-30 典型的地质剖面图

图 3.2-31 典型的地质剖面图

3.2.5 海洋环境现状

3.2.5.1 2022 年春季海洋环境质量现状

本节引用国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站（简称“中心站”）于 2022 年春季（3 月）在本工程海域开展的水质、沉积物和海洋生态环境现状调查资料。

本工程海域共布设监测站位 20 个，其中海水水质（含水文气象）监测站位 20 个，海洋沉积物监测站位 12 个（表层样），海洋生物生态监测站位 12 个，潮间带生物调查断面 3 条。监测站位具体见下图和下表。

表 3.2-20 监测站位地理坐标及内容

备注:标注“*”为质控站位。

图 3.2-28 监测站位图

据《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》，本次调查站位所处区域的海洋功能区包括农渔业区、海洋保护区、港口航运区和工业与城镇用海区，具体如下图所示。

图 3.2-29 海洋水质调查站位与海洋功能区划叠加图

3.2.5.1.1 水质环境质量现状调查

1、调查项目

水质调查项目包括：pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD5）、无机磷、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、悬浮物、油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、硫化物、六六六（666）、滴滴涕（DDT）等项目。

2、分析方法

海水水质分析按照《海洋监测规范（系列）》（GB17378-2007）和《海洋调查规范（系列）》（GB/T12763-2007）规定的方法开展，海水水质项目分析方法列于下表。

表 3.2-21 海水项目分析方法

序号	项目	分析方法	检出限	分析仪器/出厂编号	引用标准
1	pH	26pH 计法	—	PHS-3F 实验室 pH 计/600811N0015020101	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）
2	DO	31 碘量法	—	数显滴定仪/17C27585	
3	COD	32 碱性高锰酸钾法	—		

序号	项目	分析方法	检出限	分析仪器/出厂编号	引用标准
4	BOD_5	33.1 五日培养法	—	数显滴定仪/17C27585	
5	油类	13.2 紫外分光光度法	2.85μg/L	UV-2800 紫外可见分光光度计/SQU1411011	
6	悬浮物	27 重量法	—	BS224S 电子天平/23590378	
7	亚硝酸盐	37 萘乙二胺分光光度法	0.5μg/L	UV-2350 紫外可见分光光度计/KBT1610020	
8	硝酸盐	38.1 镉柱还原法	5μg/L		
9	氨	36.次溴酸盐氧化法	5μg/L		
10	无机磷	39.1 磷钼蓝分光光度法	1.4μg/L		
11	硫化物	18.1 亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L		
12	锌	9.2 阳极溶出伏安法	0.1μg/L	797VAComputrace 伏安极谱仪/1797001027124	
13	镉	8.2 阳极溶出伏安法	0.05μg/L		
14	铜	6.2 阳极溶出伏安法	0.10μg/L		
15	铅	7.2 阳极溶出伏安法	0.12μg/L		
16	汞	5.1 原子荧光法	0.003μg/L	AFS-8330 原子荧光光度计/8330-1304084Z9	
17	砷	11.1 原子荧光法	0.06μg/L		
18	666	14 气相色谱法	0.01×10^{-3}μg/L	安捷伦 7890B 气相色谱仪/US17323048	
19	DDT	14 气相色谱法	0.03×10^{-3}μg/L		

3、评价标准

项目采用《海水水质标准》(GB3097-1997)对调查海域的海水水质现状进行评价，评价标准见下表。

表 3.2-22 海水水质标准单位:mg/L(pH 值除外)

序号	评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类	引用标准
1	pH	7.8～8.5，同时超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8～8.8，同时超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位		《海水水质标准》（GB3097-1997）
2	油类（mg/L）≤	0.05		0.30	0.50	

序号	评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类	引用标准
3	DO（mg/L）＞	6	5	4	3	
4	COD（mg/L）≤	2	3	4	5	
5	BOD5（mg/L）≤	1	3	4	5	
6	无机磷 mg/L）≤	0.015	0.030		0.045	
7	无机氮（mg/L）≤	0.20	0.30	0.40	0.50	
8	锌（mg/L）≤	0.020	0.050	0.10	0.50	
9	镉（mg/L）≤	0.001	0.005	0.010		
10	铅（mg/L）≤	0.001	0.005	0.010	0.050	
11	铜（mg/L）≤	0.005	0.010	0.050		
12	汞（mg/L）≤	0.00005	0.0002		0.0005	
13	砷（mg/L）≤	0.020	0.030	0.050		
14	硫化物（mg/L）≤	0.02	0.05	0.10	0.25	
15	666（mg/L）≤	0.001	0.002	0.003	0.005	
16	DDT（mg/L）≤	0.00005	0.0001			

各调查站位的评价执行标准如下表所示。

表 3.2-23 调查站位执行标准

序号	调查站位	所属功能区	执行水质标准
1	Z3、Z5、Z7、Z8、Z10、Z11、Z13、Z14、Z16、Z18	珠海-潮州近海农渔业区（B1-2）	一类
2	Z17	前詹海洋保护区（B6-34）	一类
3	Z1	海门湾-广澳湾农渔业区（A1-18）	二类
4	Z19、Z20	田尾山-石碑山农渔业区（A1-17）	二类
5	Z4、Z6、Z9、Z12、Z15	靖海港口航运区（A2-27）	三类
6	Z2	海门湾工业与城镇用海区（A3-29）	三类

4、评价方法

海水水质质量现状评价采用单项标准指数法。具体计算公式如下所示：

$$Q_{ij}=C_{ij}/C_{oi}$$

DO 的标准指数为：

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

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

式中：$S_{Do,j}$—溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j—溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L;

DO_s—溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L，DO_f=（491-2.65S）/（33.5+T）

S—实用盐度符号，量纲一；

T—水温，℃

pH 的标准指数为：

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

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

式中：$S_{pH,j}$—pH 值的指数；

pH_j—测站评价因子的实测值；

pH_{sd}—pH 评价标准的下限值；

pH_{su}—pH 评价标准的上限值；

水质参数的标准指数＞1，表明该水质参数超过了规定的水质标准。

5、监测结果

水质监测统计结果见下表，各项目要素特征综述如下：

海水温度：监测站点表层海水温度变化范围为（26.6～29.0）℃，均值为 28.0℃；底层海水温度变化范围为（24.2～26.0）℃，均值为 24.9℃；监测海区海水温度变化范围为（24.2～29.0）℃，均值为 26.4℃。

海水盐度：监测站点表层海水盐度变化范围为 29.449～32.586，均值为 31.263；底层海水盐度变化范围为 30.241～33.276，均值为 31.967；监测海区海水盐度变化范围为 29.449～33.276，均值为 31.615。

pH：监测站点表层 pH 变化范围为 8.10～8.33，均值为 8.19；底层 pH 变化范围为 8.14～8.30，均值为 8.19；监测海区 pH 变化范围为 8.10～8.33，均值为 8.19。

悬浮物：监测站点表层悬浮物含量变化范围为（0.2～26.4）mg/L，均值为 12.7mg/L；底层悬浮物含量变化范围为（1.8～25.0）mg/L，均值为 15.4mg/L；监测海区悬浮物含量变化范围为（0.2～26.4）mg/L，均值为 14.0mg/L。

溶解氧（DO）：监测站点表层 DO 含量变化范围为（6.10～9.67）mg/L，均值为 7.68mg/L；底层 DO 变化范围为（6.12～8.16）mg/L，均值为 7.03mg/L；监测海区 DO 变化范围为（6.10～9.67）mg/L，均值为 7.35mg/L。

化学需氧量（COD）：由表 4.1-1 可以看出，监测站点表层 COD 含量变化范围为（0.19~1.94）mg/L，均值为 1.19mg/L；底层 COD 变化范围为（0.51～1.72）mg/L，均值为 1.01mg/L；监测海区 COD 变化范围为（0.19～1.94）mg/L，均值为 1.10mg/L。

生化需氧量（BOD_5）：监测站点表层 BOD_5 含量变化范围为（0.44~2.03）mg/L，均值为 0.90mg/L；底层 BOD_5 变化范围为（0.46～1.96）mg/L，均值为 0.71mg/L；监测海区 BOD_5 变化范围为（0.44～2.03）mg/L，均值为 0.80mg/L。

无机氮：监测站点表层无机氮含量变化范围为（63.4～148）μg/L，均值为 106μg/L；底层无机氮含量变化范围为（66.9～145）μg/L；均值为 98.9μg/L，监测海区无机氮含量变化范围为（63.4～148）μg/L，均值为 102μg/L。

无机磷：监测站点表层无机磷含量变化范围为（1.2～3.2）μg/L，均值为 2.0μg/L；底层无机磷含量变化范围为（1.2～3.5）μg/L，均值为 2.2μg/L；监测海区无机磷含量变化范围为（1.2～3.5）μg/L，均值为 2.1μg/L。

油类：油类仅采集海水表层样品。监测海域表层油类含量变化范围为（5.7～47.3）mg/L，均值为 18.1mg/L。

汞：监测站点表层汞含量变化范围为（0.004～0.038）μg/L，均值为 0.017μg/L；底层汞含量变化范围为（0.005～0.039）μg/L，均值为 0.059μg/L；监测海区汞含量变化范围为（0.004～0.039）μg/L，均值为 0.017μg/L。

砷：监测站点表层砷含量变化范围为（0.93～1.15）μg/L，均值为 1.05μg/L；底层砷含量变化范围为（1.04～1.23）μg/L，均值为 1.13μg/L；监测海区砷含量变化范围为（0.93～1.23）μg/L，均值为 1.09μg/L。

锌：监测站点表层锌含量变化范围为（2.1～5.1）μg/L，均值为 3.2μg/L；底层锌含量变化范围为（1.4～6.9）μg/L，均值为 2.7μg/L；监测海区锌含量变化范围为（1.4～6.9）μg/L，均值为 2.9μg/L。

镉：监测海区所有监测点位的镉含量未检出，即含量小于 0.05μg/L。

铅：监测站点表层铅含量变化范围为（0.15～0.92）μg/L，均值为 0.41μg/L；底层铅含量变化范围为（0.20～0.73）μg/L，均值为 0.36μg/L；监测海区铅含量变化范围为（0.15～0.92）μg/L，均值为 0.39μg/L。

铜：监测站点表层铜含量变化范围为（0.45～1.06）μg/L，均值为 0.70μg/L；底层铜含量变化范围为（0.35～0.90）μg/L，均值为 0.59μg/L；监测海区铜含量变化范围为（0.35～1.06）μg/L，均值为 0.64μg/L。

硫化物：监测海区监测点位的硫化物含量未检出，即含量小于 0.2μg/L。

666：监测海区所有监测点位 666 含量均未检出，即含量小于 0.2μg/L。

DDT：监测站点表层 DDT 含量变化范围为（＜0.6～3.2）μg/L，均值为 1.3μg/L；底层 DDT 含量变化范围为（＜0.6～4.7）μg/L，均值为 2.1μg/L；监测海区 DDT 含量变化范围为（＜0.6～4.7）μg/L，均值为 1.7μg/L。

表 3.2-24 海水要素监测结果统计表

注：1.无机氮为亚硝酸盐、氨和硝酸盐浓度的总和；油类仅采集表层样品，未采集中层和底层样品；

2.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；

3.未检出的样品的浓度用“＜检出限”表示；“—”表示不参与统计计算。

6、评价结果

根据监测结果，对表、底层监测海域的水质现状进行评价。各评价因子的单项标准指数（Q_{ij}）的计算结果列于表 3.2-25、表 3.2-26。

所有调查站位表层和底层的海水 **pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、锌、铅、镉、铜、油类、硫化物、666、DDT** 的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达到一类海水水质标准；Z11、Z17 站位执行一类海水水质标准，这两个站位 BOD_5 的单项标准指数均大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。

表 3.2-25 各评价因子单项标准指数（表层）

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

2.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算。

表 3.2-26 各评价因子单项标准指数（底层）

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

2.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算。

3.2.5.1.2 沉积物环境质量现状调查

1、监测项目

沉积物监测项目主要有粒度、pH、有机碳、含水率、硫化物、总汞、砷、铬、铜、锌、铅、镉、石油类、六六六六（666）、滴滴涕（DDT）、氧化还原电位。

2、分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范（系列）》（GB17378-2007）和《海洋调查规范（系列）》（GB/T12763-2007）的规定进行。分析方法见下表。

表 3.2-27 海洋沉积物项目分析方法

序号	项目	分析方法	检出限	分析仪器/出厂编号	执行标准
1	pH	6.7.2 电位法	—	PHS-3F 实验室 pH 计/600811N0015020101	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》（GB/T12763.8-2007）
2	氧化还原电位	20 电位计法	—	BPH-610CK 氧化还原电位计/BELL20081417	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）
3	含水率	19 重量法	—	BS224S 电子天平/23590378	
4	有机碳	18.1 重铬酸钾氧化—还原滴定法	0.03×10^{-2}	数显滴定仪/11L12768 BS224S 电子天平/23590378	
5	硫化物	17.3 碘量法	4.0×10^{-6}	数显滴定仪/11L12768 BS224S 电子天平/23590378	
6	油类	13.2 紫外分光光度法	2.9×10^{-6}	UV-2800 紫外可见分光光度计/SQU1411011 BS224S 电子天平/23590378	
7	汞	5.1 原子荧光光度法	0.006×10^{-6}	AFS-8330 原子荧光光度计/8330-1304084Z9	
8	砷	11.1 原子荧光光度法	0.12×10^{-6}		
9	锌	9 火焰原子吸收法	6.0×10^{-6}	AASZEEnit700P 原子吸收分光光度计/150Z7P0379	
10	铜	6.2 火焰原子吸收法	2.0×10^{-6}		
11	铅	7.1 无火焰原子吸	1.0×10^{-6}		

序号	项目	分析方法	检出限	分析仪器/出厂编号	执行标准
		收法			
12	镉	8.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}		
13	铬	10.1 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}		
14	666	14 气相色谱法	1.5×10^{-11}	安捷伦 7890B 气相色谱仪/US17323048	
15	DDT		3.9×10^{-11}		

3、评价标准

项目采用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)对调查海域的海水沉积物现状进行评价，评价标准见下表。

表 3.2-28 海洋沉积物评价标准

序号	评价因子	标准值			引用标准
		第一类	第二类	第三类	
1	汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00	《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）
2	砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0	
3	铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0	
4	铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0	
5	锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0	
6	镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00	
7	铬（$\times10^{-6}$）≤	80.0	150.0	270.0	
8	有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0	
9	硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0	
10	油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0	
11	666（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.00	1.50	
12	DDT（$\times10^{-6}$）≤	0.02	0.05	0.10	

根据各个站位所处海洋功能区的海洋环境保护沉积物执行标准，按相应海洋沉积物评价标准对其进行评价。各调查站位的评价执行标准如下表所示。

表 3.2-29 各调查站位海洋沉积物执行标准

站位	所属功能区（代码）	执行沉积物标准
Z5、Z10、Z11、Z13、Z16	珠海-潮州近海农渔业区（B1-2）	一类
Z17	前詹海洋保护区（B6-34）	一类
Z1	海门湾-广澳湾农渔业区（A1-18）	一类
Z20	田尾山-石碑山农渔业区（A1-17）	一类
Z6	靖海港口航运区（A2-27）	二类

4、评价方法

按照《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)，采用单项标准指数法。具体计算公式如下所示：

$$Q_{ij}=C_{ij}/C_{oi}$$

式中：Q_{ij}——站 j 评价因子 i 的污染指数；

C_{ij}——站 j 评价因子 i 的实测值；

C_{oi}——评价因子 i 的评价标准值。

5、监测结果

各污染物分析统计结果列于下表。各要素具体情况如下所述：

pH：调查区域表层沉积物的 pH 值介于 8.18～8.78，平均值为 8.53，pH 分布相对较均匀，分布无明显趋势。

氧化还原电位：调查区域表层沉积物的氧化还原电位值介于（-93.5～273.3），平均值为 59.6，无明显变化趋势。

含水率：调查区域表层沉积物的含水率介于（27.02～55.68）%，平均值为 42.00。

有机碳：调查区域表层沉积物的有机碳含量介于（0.29～0.98）×10^{-2}，平均值为 0.67×10^{-2}，该区域沉积物中有机碳含量整体较低，分布相对较为均匀。

油类：调查区域表层沉积物的油类含量介于（11.3～576）×10^{-6}，平均值为 256×10^{-6}，该区域沉积物中表层沉积物中油类含量整体相对较高，各部位油类含量分布差异较大。

硫化物：调查区域表层沉积物的硫化物含量介于（23.9～275）×10^{-6}，平均值为 96.6×10^{-6}，该区域沉积物中表层沉积物中硫化物含量整体相对较高，各部位硫化物含量分布差异较大。

锌：调查区域表层沉积物中锌含量介于（49.1～97.2）×10^{-6} 之间，平均值为 78.7×10^{-6}，区域沉积物中表层沉积物中锌含量整体相对较高，分布相对较为均匀。

铜：调查区域表层沉积物中铜含量介于（4.4～20.8）×10^{-6} 之间，平均值为 13.7×10^{-6}，区域沉积物中表层沉积物中铜含量整体相对较低，分布差异较大。

铅：调查区域表层沉积物中铅含量介于（9.5～24.2）×10^{-6} 之间，平均值为 18.8×10^{-6}，该区域沉积物中铅含量整体较低，分布相对较均匀。

镉：调查区域表层所有站位的沉积物中镉均为未检出，即含量小于 0.04×10^{-6}。

铬：调查区域表层沉积物中铬含量介于（47.7～99.1）$\times10^{-6}$之间，平均值为 74.5×10^{-6}，该区域沉积物中铬含量整体含量偏高，各站位变化较大。

汞：调查区域表层沉积物中汞含量介于（0.019～0.053）$\times10^{-6}$之间，平均值为 0.035×10^{-6}，该区域沉积物中汞含量整体较低，分布相对较均匀。

砷：沉积物中砷含量介于（5.7～10.1）$\times10^{-6}$之间，平均值为 8.4×10^{-6}，该区域沉积物中砷含量整体较低，各站位变化较小，无明显变化趋势。

666：调查区域表层沉积物中 666 含量介于（＜0.001～2.06）$\times10^{-6}$之间，平均值为 0.37×10^{-6}，该区域沉积物中 666 含量整体较低。

DDT：调查区域表层沉积物中 DDT 含量介于（2.49～14.34）$\times10^{-6}$之间，平均值为 6.32×10^{-6}，该区域沉积物中 DDT 含量整体较低。

表 3.2-30 沉积物样品中各污染物分析统计结果

注：1.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2（包括 1/2）以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；

2.未检出的样品的浓度用“＜检出限”表示。

6、评价结果

本次监测沉积物各评价因子的标准指数及其统计结果列于下表。

由表可以看出：所有调查站位的有机碳、硫化物、汞、砷、锌、镉、铜、铅、666、DDT 等 10 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划沉积物质量要求，且上述调查因子的含量均达到一类海洋沉积物质量标准。

Z10、Z20 站位的沉积物的油类含量的单项标准指数均大于 1，分别超出其所在海域功能区划沉积物质量一类、二类标准；Z5、Z13、Z17 及 Z20 站位铬含量的单项标准指数均大于 1，均超出其所在海域功能区划沉积物质量一类标准。

表 3.2-31 沉积物各评价因子单项标准指数

3.2.5.1.3 海洋生物体质量

1、分析方法

海洋生物体质量分析方法列于下表。

表 3.2-32 海洋生物体质量分析方法

序号	调查项目	分析方法	检出限	分析仪器/出厂编号	执行标准
1	锌	9.1 火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}	AASZEEnit700P 原子吸收分光光度计/150Z7P0379	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析》GB17378.6-2007
2	铜	6.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}		
3	铅	7.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}		
4	镉	8.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.005×10^{-6}		
5	汞	5.1 原子荧光法	0.002×10^{-6}	AFS-8330 原子荧光光度计/8330-1304084Z9	
6	砷	11.1 原子荧光法	0.06×10^{-6}		
7	石油烃	13 荧光分光光度法	0.2×10^{-6}	RF-5301PC 荧光分光光度计/A40194702535SA	

海洋生物体质量分析：从底栖生物站位中选取重要经济生物中的 1~2 种进行生物体中铜、铅、锌、镉、汞、砷和石油烃等的分析，尽量选择贝类样品；当分析样品量不够时，可从游泳生物拖网样品中选取有代表性的种类替代分析。样品运输前根据采样记录和样品登记表清点样品，由专人负责将样品送回实验室冷冻保存。样品放在聚乙烯袋中，压出袋内空气，将袋口打结，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口、冷冻保存。

2、主要污染物含量

海洋生物体质量分析样品为阿氏拖网获得的底栖生物和渔业资源拖网获得游泳动物，均为甲壳类，挑选成熟个体进行分析测试。选取 4 个种类共 7 个生物样品，包括红星梭子蟹、口虾姑、远海梭子蟹、中华管鞭虾。

生物体质量分析项目包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃等 8 项，分析结果见下表。从表中可以看出，不同种类的生物体内的污染物含量有所不同，底栖生物体内污染物含量整体较低。

表 3.2-33 主要污染物的含量状况（湿重：$\times10^{-6}$）

3、生物体质量评价

生物体质量评价采用单项标准指数法，评价公式与水质相同，评价因子包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃等 8 项。

按照评价技术的要求，鱼类、甲壳类和软体类（头足类和腹足类，非双壳类软体动物）铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷含量的评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》中推荐的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》（第二分册）中推荐的生物质量标准，各评价因子的评价标准值详本次调查各站底栖生物体样品的各生物体质量单项标准评价指数列于表 3.2-51。

由表可知，所有站位的生物体中铜、铅、锌、镉、铬、汞烃等 6 项污染物的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求；有 2 个站位的砷和石油烃含量的单项标准指数大于 1，超标率为 28.6%，砷的超标样品为 Z4 站位的远海梭子蟹和 Z11 站位的远中华管鞭虾。

在此次调查中，海洋生物体质量总体情况良好

表 3.2-34 生物体质量评价标准（鲜重：mg/kg）

表 3.2-35 生物体质量评价指数

3.2.5.2 2022 年秋季海洋环境质量现状

3.2.5.2.1 水质环境质量现状调查

2022 年秋季水质调查站位、调查项目、调查方法、分析方法、评价标准、评价方法与 2022 年春季一致，详见 3.2.4 节。

1、监测结果

水质监测统计结果见下表，各项目要素特征综述如下：

海水温度：监测站点表层海水温度变化范围为（22.2～23.5）℃，均值为 22.9℃；底层海水温度变化范围为（22.2～23.5）℃，均值为 25.2℃；监测海区海水温度变化范围为（22.2～23.5）℃，均值为 22.9℃。

海水盐度：监测站点表层海水盐度变化范围为 32.627～33.389，均值为 32.928；底层海水盐度变化范围为 32.612～33.327，均值为 32.913；监测海区海水盐度变化范围为 32.612～33.389，均值为 32.921。

pH：监测站点表层 pH 变化范围为 8.24～8.36，均值为 8.30；底层 pH 变化范围为 8.26～8.36，均值为 8.30；监测海区 pH 变化范围为 8.24～8.36，均值为 8.30。

悬浮物：监测站点表层悬浮物含量变化范围为（9.0～27.0）mg/L，均值为 14.0mg/L；底层悬浮物含量变化范围为（7.9～20.8）mg/L，均值为 13.6mg/L；监测海区悬浮物含量变化范围为（7.9～27.0）mg/L，均值为 13.8mg/L。

溶解氧（DO）：监测站点表层 DO 含量变化范围为（6.22～7.98）mg/L，均值为 7.04mg/L；底层 DO 变化范围为（5.71～7.66）mg/L，均值为 6.81mg/L；监测海区 DO 变化范围为（5.71～7.98）mg/L，均值为 6.92mg/L。

化学需氧量（COD）：监测站点表层 COD 含量变化范围为（0.01~1.62）mg/L，均值为 0.77mg/L；底层 COD 变化范围为（0.17～1.74）mg/L，均值为 0.70mg/L；监测海区 COD 变化范围为（0.01～1.74）mg/L，均值为 0.73mg/L。

生化需氧量（BOD5）：监测站点表层 BOD5 含量变化范围为（0.26~1.20）mg/L，均值为 0.64mg/L；底层 BOD5 变化范围为（0.32～1.06）mg/L，均值为 0.60mg/L；监测海区 BOD5 变化范围为（0.26～1.20）mg/L，均值为 0.62mg/L。

无机氮：监测站点表层无机氮含量变化范围为（98.5～177）μg/L，均值为 138μg/L；底层无机氮含量变化范围为（97.5～181）μg/L；均值为 80.5μg/L，监测海区无机氮含量变化范围为（97.5～181）μg/L，均值 135μg/L。

无机磷：监测站点表层无机磷含量变化范围为（1.4～6.0）μg/L，均值为 3.3μg/L；底层无机磷含量变化范围为（1.7～6.3）μg/L，均值为 3.8μg/L；监测海区无机磷含量变化范围为（1.4～6.3）μg/L，均值为 3.6μg/L。

油类：监测海域表层油类含量变化范围为（13.0～51.6）mg/L，均值为 22.1mg/L。

汞：监测站点表层汞含量变化范围为（0.007～0.021）μg/L，均值为 0.012μg/L；底层汞含量变化范围为（0.007～0.015）μg/L，均值为 0.011μg/L；监测海区汞含量变化范围为（0.007～0.021）μg/L，均值为 0.012μg/L。

砷：监测站点表层砷含量变化范围为（0.92～1.18）μg/L，均值为 1.07μg/L；底层砷含量变化范围为（0.92～1.15）μg/L，均值为 1.08μg/L；监测海区砷含量变化范围为（0.92～1.18）μg/L，均值为 1.07μg/L。

锌：监测站点表层锌含量变化范围为（6.1～26.6）μg/L，均值为 16.2μg/L；底层锌含量变化范围为（5.9～28.5）μg/L，均值为 13.8μg/L；监测海区锌含量变化范围为（5.9～28.5）μg/L，均值为 15.0μg/L。

镉：监测站点表层镉含量变化范围为（＜0.05～0.10）μg/L，均值为 0.04μg/L；底层镉含量变化范围为（＜0.05～0.08）μg/L，均值为 0.03μg/L；监测海区镉含量变化范围为（＜0.05～0.10）μg/L，均值为 0.03μg/L。

铅：监测站点表层铅含量变化范围为（1.77～2.36）μg/L，均值为 1.97μg/L；底层铅含量变化范围为（1.80～2.07）μg/L，均值为 1.92μg/L；监测海区铅含量变化范围为（1.77～2.36）μg/L，均值为 1.95μg/L。

铜：监测站点表层铜含量变化范围为（0.47～2.22）μg/L，均值为 1.25μg/L；底层铜含量变化范围为（0.43～2.74）μg/L，均值为 1.25μg/L；监测海区铜含量变化范围为（0.43～2.74）μg/L，均值为 1.25μg/L。

硫化物：监测海区大多数监测点位的硫化物含量未检出，即含量小于 0.2μg/L。

666：监测海区所有监测点位 666 含量均未检出，即含量小于 0.2μg/L。

DDT：监测海区所有监测点位 DDT 含量均未检出，即含量小于 0.6μg/L。

表 3.2-36 海水要素监测结果统计表

注：1.无机氮为亚硝酸盐、氨和硝酸盐浓度的总和；油类仅采集表层样品，未采集中层和底层样品；

2.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；

3.未检出的样品的浓度用“＜检出限”表示；“—”表示不参与统计计算。

2、评价结果

根据监测结果，对表、底层监测海域的水质现状进行评价。各评价因子的单项标准指数（Qij）的计算结果列于表 3.2-37、表 3.2-38。

所有调查站位表层和底层的海水 **pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、镉、铜、油类、硫化物、666、DDT** 调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达到一类海水水质标准。

表层样品：Z7 站位的表层 BOD_5，Z3、Z8 站位的锌及 Z3、Z5、Z7、Z8、Z10、Z11、Z13、Z14、Z16~18 站位的表层铅含量标准指数均大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。

底层样品：Z7 站位的底层海水锌含量的标准指数大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准；Z3、Z5、Z7、Z8、Z10、Z11、Z13、Z14、Z16~18 站位底层海水铅含量的单项标准指数均大于 1，超出所在海域功能区划水质要求，超出一类海水水质标准。

表 3.2-37 各评价因子单项标准指数（表层）

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

2.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算。

表 3.2-38 各评价因子单项标准指数（底层）

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

2.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算

3.2.5.2.2 沉积物环境质量现状调查

2022 年秋季沉积物调查项目、调查方法、分析方法、评价标准、评价方法与 2022 年春季一致，详见 3.2.4.2 节。

1、监测结果

各污染物分析统计结果列于下表。各要素具体情况如下所述：

pH：调查区域表层沉积物的 pH 值介于 7.95～8.55，平均值为 8.14，pH 分布相对较均匀，分布无明显趋势。

氧化还原电位：调查区域表层沉积物的氧化还原电位值介于（-40.2～293.3），平均值为 100.1，无明显变化趋势。

含水率：调查区域表层沉积物的含水率介于（11.62～45.00）%，平均值为 28.40。

有机碳：调查区域表层沉积物的有机碳含量介于（0.05～0.95）×10-2，平均值为 0.61×10-2，该区域沉积物中有机碳含量整体较低，离岸较近站位的有机碳含量要低于远岸站位的有机碳含量。

油类：调查区域表层沉积物的油类含量介于（＜2.9～765）$\times10^{-6}$，平均值为 211×10^{-6}，该区域沉积物中表层沉积物中油类含量整体相对较高，各部位油类含量分布差异较大。

硫化物：调查区域表层沉积物的硫化物含量介于（6.2～456）$\times10^{-6}$，平均值为 134×10^{-6}，该区域沉积物中表层沉积物中硫化物含量整体相对较高，各部位硫化物含量分布差异较大。

锌：调查区域表层沉积物中锌含量介于（22.3～121）$\times10^{-6}$ 之间，平均值为 92.5×10^{-6}，区域沉积物中表层沉积物中锌含量整体相对较高，分布不均匀。

铜：调查区域表层沉积物中铜含量介于（＜2.0～12.5）$\times10^{-6}$ 之间，平均值为 6.6×10^{-6}，区域沉积物中表层沉积物中铜含量整体相对较低，分布差异较大，部分站位表层沉积中铜含量未检出。

铅：调查区域表层沉积物中铅含量介于（10.5～37.2）$\times10^{-6}$ 之间，平均值为 27.1×10^{-6}，该区域沉积物中铅含量整体较低，分布相对较均匀。

镉：调查区域表层所有站位的沉积物中镉均为未检出，即含量小于 0.04×10^{-6}。

铬：调查区域表层沉积物中铬含量介于（5.5～57.2）$\times10^{-6}$ 之间，平均值为 42.8×10^{-6}，该区域沉积物中铬含量整体较低，各站位变化较小。

汞：调查区域表层沉积物中汞含量介于（0.014～0.076）×10^{-6}之间，平均值为0.038×10^{-6}，该区域沉积物中汞含量整体较低，分布相对较均匀，离岸较近站位的汞含量要低于远岸站位的汞含量。

砷：沉积物中砷含量介于（3.9～9.9）×10^{-6}之间，平均值为7.2×10^{-6}，该区域沉积物中砷含量整体较低，各站位变化较小，离岸较近站位的砷含量要低于远岸站位的砷含量。

666：调查区域表层沉积物中666含量介于（＜0.001～0.47）×10^{-6}之间，平均值为0.11×10^{-6}，该区域沉积物中666含量整体较低。

DDT：调查区域表层沉积物中DDT含量介于（0.03～2.10）×10^{-6}之间，平均值为1.00×10^{-6}，该区域沉积物中DDT含量整体较低。

表 3.2-39 沉积物样品中各污染物分析统计结果

注：1.在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2（包括 1/2）以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；

2.未检出的样品的浓度用“＜检出限”表示。

2、评价结果

本次监测沉积物各评价因子的标准指数及其统计结果列于表 3.2-40。

由表可以看出：所有调查站位的**有机碳、汞、砷、锌、镉、铜、铅、铬、666、DDT** 调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划沉积物质量要求，且上述调查因子的含量均达到一类海洋沉积物质量标准。

Z17 站位的表层沉积物的油类单项标准指数均大于 1，超出其所在海域功能区划沉积物质量一类标准；Z10 及 Z17 站位硫化物含量的单项标准指数均大于 1，均超出其所在海域功能区划沉积物质量一类标准。

表 3.2-40 沉积物各评价因子单项标准指数

3.2.5.2.3 海洋生物体质量

1、主要污染物含量

海洋生物体质量分析样品为阿氏拖网获得的底栖生物和渔业资源拖网获得游泳动物，主要为鱼类、软体类（头足类和腹足类）和甲壳类，均挑选成熟个体进行分析测试。共选取 2 种共 6 个生物样品，包括脊索动物和节肢动物两大门类，其中脊索动物样品 1 种共 2 个样品，为龙头鱼；节肢动物类样品 1 种共 1 个样品，为红星梭子蟹。

生物体质量分析项目包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃等 8 项，分析结果见下表。从表中可以看出，不同类别的生物体内的污染物含量有所不同，甲壳类生物体中锌、铜、镉等污染因子的平均含量要高于鱼类，而二者的铅、汞、铬和石油烃含量变化不大。

在不考虑不同各类生物对污染物的富集能力差异的情况下，底栖生物中鱼类体内各污染物的平均含量一般比甲壳类和软体类低，这主要与其活动能力较强有关；而甲壳类的活动能力相对较弱，接触沉积物的时间较长，对污染物的富集程度也就相对较高。

表 3.2-41 主要污染物的含量状况（湿重：$\times10^{-6}$）

2、生物体质量评价

生物体质量评价采用单项标准指数法，评价公式与水质相同，评价因子包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃等 8 项。

各评价因子的评价标准值详见表 3.2-34。

本次调查各站底栖生物体样品的各生物体质量单项标准评价指数列于表 3.2-42。由表可知，所有站位的生物体中铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃等 7 项污染物的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求。在此次调查中海洋生物体质量总体情况良好。

表 3.2-42 生物体质量评价指数

3.2.5.3 结论

2022 年春季

（1）本次调查中，所有调查站位表层和底层的海水 pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、锌、铅、镉、铜、油类、硫化物、666、DDT 等 15 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达

到一类海水水质标准；个别站位 BOD_5 的单项标准指数大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。整体上，调查海域水质状况良好。

（2）本次调查中，所有调查站位的有机碳、硫化物、汞、砷、锌、镉、铜、铅、666、DDT 等 10 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划沉积物质量要求，且上述调查因子的含量均达到一类海洋沉积物质量标准；部分站位的表层沉积物的油类和铬含量的单项标准指数大于 1，超出所在海域功能区划沉积物质量要求，超标率分别为 22.2%（2/9）和 44.4%（4/9）。整体上，该区域表层沉积物质量良好。

（3）本次调查中，所有站位的生物体中铜、铅、锌、镉、铬、汞烃等 6 项污染物的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求；部分站位的砷含量的单项标准指数大于 1，超出生物质量标准。在此次调查中，海洋生物体质量总体情况良好。

2022 年秋季

（1）本次调查中，所有调查站位表层和底层的海水pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、镉、铜、油类、硫化物、666、DDT等13项调查因子的单项标准指数均小于1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达到一类海水水质标准；个别站位BOD_5和锌、及大部分站位铅的单项标准指数大于1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。整体上，调查海域水质状况良好。

（2）本次调查中，所有调查站位的有机碳、汞、砷、锌、镉、铜、铅、铬、666、DDT 等 10 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划沉积物质量要求，且上述调查因子的含量均达到一类海洋沉积物质量标准；个别站位的表层沉积物的油类和硫化物含量的单项标准指数大于 1，超出所在海域功能区划沉积物质量要求，超标率分别为 8.3%（1/12）和 16.7%（2/12）。整体上，该区域表层沉积物质量良好。

（3）本次调查中，所有站位的生物体中铜、铅、锌、镉、铬和汞等污染物的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求。

3.2.6 海洋生态现状

3.2.6.1 2022 年春季海洋生态调查

调查概况

本节引用国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2022 年春季（3 月）在本工程海域开展的海洋生态环境现状调查资料。调查站位见 3.2.1 节。

调查内容包括海洋生态和渔业资源调查。海洋生态：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、大型底栖生物、潮间带生物；渔业资源：鱼类浮游生物、游泳动物。

渔业资源：因本项目春季航次外业时间（5 月 29 日—5 月 30 日）处于休渔期，经与当地渔业相关主管部门多次沟通，均未能允许中心站开展游泳动物（渔业资源）的样品采集工作，故本项目选取了揭阳靖海海上风电场项目中邻近本项目的部分站位（2、3、4、5、8、22、25 号站位，具体站位坐标见下表）的游泳动物（渔业资源）调查成果数据，作为本项目春季游泳动物（渔业资源）的数据资料。通过站位分布比对图 3.2-30，两个项目站位上存在高度重叠的情况，且调查时间相近，引用相关数据具有代表性和参考价值。

图 3.2-30 项目周边海域春季渔业资源调查站位分布图

表 3.2-43 揭阳风电项目游泳动物（渔业资源）调查站位

3.2.6.1.1 分析方法及采样方法

1、分析方法

海洋生物生态项目的分析按照《海洋监测规范（系列）》（GB17378-2007）和《海洋调查规范（系列）》（GB/T12763-2007）规定的方法开展。详见下表。

表 3.2-44 海洋生物生态项目分析方法

序号	调查项目	分析方法	分析仪器/出厂编号	执行标准
1	叶绿素 a	8.2 分光光度法	UV-2800 紫外可见分光光度计/SQU1411011	《海洋监测规范第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007
2	初级生产力	根据叶绿素 a 同化系数换算	—	
3	浮游植物	5.3.2 浮游植物样品的处理与分析；	NikonAZ100 生物显微镜/2006789	

序号	调查项目	分析方法	分析仪器/出厂编号	执行标准
4	浮游动物	5.3.3 浮游动物样品的处理与分析	LEICAM165C 荧光体视显微镜/5933696	
			MP2002 电子天平/SHP0100278828	
5	大型底栖生物	6 大型底栖生物调查	OLYMPUSSZ2-ILST 显微镜/7D11885	
			MP2002电子天平/SHP0100278828	
6	潮间带生物	7 潮间带生物调查	OLYMPUSSZ2-ILST 显微镜/7D11885	
			MP2002电子天平/SHP0100278828	
7	鱼类浮游生物	9 鱼类浮游生物调查	OLYMPUSSZ2-ILST 显微镜/7D11885	《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》GB/T12763.6-2007
8	游泳动物	14 游泳动物调查	OLYMPUSSZ2-ILST 显微镜/7D11885	
			MP2002电子天平/SHP0100278828	

2、采样方法

样品的采集、贮存、运输、分析全过程严格按照《海洋监测规范（系列）》（GB17378-2007）、《海洋调查规范（系列）》（GB/T12763-2007）和《海洋观测规范第 2 部分：海滨观测》（GB/T14914.2-2019）的有关要求进行。

（1）叶绿素 a：当水深＜5m 时，海水样品采集表层，水深≥5m 时，水质样品分表、底两层采集，其中表层样品距离海表面 0.5m 以内，底层样品距海底 1.0m。

（2）浮游植物：样品采集采用浅水III型浮游生物网由底层至表层做一次垂直拖网的方法采集。采集到的样品按照《海洋调查规范》的规定，用 5%的甲醛（福尔马林）固定后，带回实验室进行种类鉴定和计数。

（3）浮游动物：样品采用浅水 I 型浮游动物网采集，每站取自底层至表层做一次垂直拖网的方法采集浮游动物样品。采集到的样品用 5%福尔马林溶液固定后，带回实验室进行湿重生物量称重，并用镜检分析法和个体计数法进行浮游动物的种类鉴定和计数。

（4）大型底栖生物（定性和定量）：定量分析样品利用抓斗式采泥器（0.05m2）采集，每站采集至少 3 斗沉积物样品后，泥样倒入孔径为 1mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物样品，用 5%的甲醛溶液固定，分瓶编号登记，带回实验室种类鉴定、计数、称重；定性分析样品利用阿氏拖网采集，每站拖网时间为 15min，船速为 2kn 左右，深水拖网时可适当延长时间，样品装袋冷冻保存。

（5）潮间带生物：用潮间带定量采样框采样，每潮带采 3 个平行样。泥样用三层套筛进行生物分选，上层网目为 2.0mm，中层网目为 1.0mm，下层网目为 0.5mm。

（6）鱼卵仔鱼：定量分析样品采用浅水 I 型浮游动物网采集，每站取自底层至表层做一次垂直拖网的方法采集浮游动物样品。定性分析样品采用大型浮游生物网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速约 1.5 节。采集到的样品用 5%福尔马林溶液固定后，带回实验室进行湿重生物量称重，并用镜检分析法和个体计数法进行浮游动物的种类鉴定和计数。

（7）游泳生物：采用单拖拖网采样，拖网时长 1h，同时记录网口长度、网口宽度、网具长度、网眼大小。每网样品按种分类，各站的渔获样品均在现场进行初步分析和测定；渔获样品较少（<20kg）时，将全部样品进行分析测定；渔获物较多时，先挑选个体较大和稀有种类的样品，其余小杂鱼样品随机取样，再进行分析测定；当不能进行现场分析和测定时，将样品按类别装于聚乙烯袋中，冷冻保存带回实验室分析和测定。

3.2.6.1.2 调查结果与评价

1、叶绿素 a 及初级生产力

海水中的叶绿素 a 是浮游植物光合作用的主要色素，其含量是表征浮游植物现存量和反映海水肥瘠程度的重要指标，也是海洋初级生产力的主要决定因素。叶绿素 a 含量调查既是海洋生态系统研究的重要内容，也是海区生物资源评估和环境质量评价的重要依据之一。本次叶绿素 a 的站位布设与水质相同，共布设 20 个站位。

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，根据联合国教科文组织（UNESCO）推荐的 cadée(1975)公式估算：

$$P = \frac{Chla \cdot Q \cdot D \cdot E}{2}$$

式中：

P——现场初级生产力（mg·C/(m^2·d)）；

Chl.a——平均叶绿素 a 的含量（mg/m^3）；

Q——不同层次同化指数算术平均值，取 3.7；

D——昼长时间（h），根据季节和海区情况取 11 小时；

E——真光层深度（m）。

叶绿素 a 及初级生产力的估算结果见下表。各站位表层海水中的叶绿素 a 含量为（1.49～14.6）mg/m^3，均值为 5.76mg/m^3；底层海水中的叶绿素 a 含量为（1.70～13.8）mg/m^3，均值为 4.61mg/m^3。整体看来，海水中叶绿素 a 含量表现为：表层>底层。

各站位初级生产力范围为（548.70～2644.48）mg•C/(m^2•d)，均值为 1459.40mg•C/(m^2•d)。最大值出现在 Z7 站位，最小值出现在 Z11 站位。

表 3.2-45 各站位叶绿素 a 含量

参照美国环保局（EPA）叶绿素 a 的含量评价标准（0.3～2.5）mg/m^3 为贫营养，（2.5～50）mg/m^3 为中营养，（50～140）mg/m^3 为富营养。由表可知，调查海域整体处于中营养水平。

根据贾晓平等的《海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨》（中国水产科学，第 10 卷第 2 期，2003 年 4 月），将初级生产力水平划分为 6 个等级，见下表。调查海域 19 个站位初级生产力处于超高水平，1 个站位处于高水平。

表 3.2-46 初级生产力水平分级表

项目	等级					
	1	2	3	4	5	6
水平状况	低水平	中低水平	中等水平	中高水平	高水平	超高水平
初级生产力（mg•C/(m2•d)）	＜200	200~300	300~400	400~500	500~600	600

2、浮游植物

本次浮游植物现场调查共布设 12 个站位。现场通过浅水III型浮游生物网由底层至表层垂直拖网一次分别进行分析。采集到的样品用 5%的甲醛溶液（福尔马林）固定，然后带回实验室进行镜检分析、种类鉴定和计数。

调查中，共鉴定出 3 门 95 种（含变种、变型），详见附录I。其中，硅藻种类最多，76 种，占总种类数的 80.00%；甲藻 18 种，蓝藻 1 种，见下图。

图 3.2-31 浮游植物种类组成

（1）优势种

对于某一调查海域的优势度，计算公式如下：

$$Y=n_i/N•f_i$$

式中：n_i 为第 i 种的数量；N 为群落中所有种的数量；f_i 为第 i 种在各站出现的频率。

本文定义优势度 Y≥0.02 的种类为优势种。

调查结果显示：浮游植物优势种共 10 种。其中，洛氏角毛藻（*Chaetoceroslorenzianus*）为调查海区的第一优势种，见下表。

表 3.2-47 各站位浮游植物优势种及优势特征表

（2）种类数

调查中，各站位浮游植物种类数的变化范围为 30～76，平均每个站位的种类数为 57 种，最大值出现在 Z5 站位，最小值出现在 Z17 站位。见下表。

（3）细胞密度

调查中，各站位浮游植物细胞密度的变化范围为（133.59～1637.28）×10^3cell/m^3，平均每个站位的浮游植物细胞密度为 866.95×10^3cell/m^3，最大值出现在 Z10 站位，最小值出现在 Z11 站位。见下表。

（4）生态参数及生物多样性

多样性指数、均匀度、丰度和单纯度是生物群落特征数值的研究指标。一般情况下，种类越丰富，种间数量分布越均匀，多样性指数值就越高，也就预示生物群落受外界干扰越少或生物群落较为稳定。一般来说，在水体交错区或稳定成熟发展的水体中，浮游植物的多样性高。本文中计算公式如下：

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

$$P_i=n_i/N$$

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

$$d=（S-1）/\log_2 N；$$

$$C=\mathrm{Sum}(n_i/N)^2$$

式中：S 为种类数；*C* 为单纯度；*H′*为多样性指数；*J′*为均匀度；*d* 为丰富度；n_i 是第 i 个物种的个体数；N 是全部物种的个体数。

调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.06～0.13，均值为 0.10；多样性指数的变化范围为 3.78～4.81，均值为 4.23；均匀度的变化范围为 0.64～0.83，均值为 0.73；丰富度的变化范围为 1.59～3.85，均值为 2.85，见下表。

表 3.2-48 各站位浮游植物主要生态参数

3、浮游动物

浮游动物作为海洋生态系统中的次级生产者，在生态系统的食物链或食物网中起着承前启后的重要作用，是经济鱼类的饵料，尤其是游泳动物幼体的重要摄食对象。

本次现场调查共布设 12 个浮游动物站位，同浮游植物站位。现场采用浅水I型浮游生物网由底层至表层垂直拖网一次，所采样品用 5%的福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定、计数和称重。

浮游动物经鉴定共有 94 种（包括属以上），分类学上隶属于 13 个类群，详见附录 II。此次调查中，桡足类最多，23 种，占总种类数的 24.47%；水母类 17 种，占总种类数的 18.09%；被囊类 9 种，多毛类 5 种，樱虾类、毛颚类各 3 种；其他类群种类数均不超过 3 种。此外，共鉴定浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）23 种，见下图。

图 3.2-32 浮游动物种类组成图

（1）优势种

计算同浮游植物。浮游动物优势种共 10 种（类）。其中，桡足类、浮游幼体各 4 种，水母类、原生动物各 1 种。锥形宽水蚤（*Temoraturbinata*）优势度远大于其他优势种，为调查海区绝对优势种。见下表。

表 3.2-49 浮游动物优势种及优势特征表

（2）种类数

调查中，各站位浮游动物种类数的变化范围为 35～75，平均每个站位的种类数为 57 种，最大值出现在 Z11 站位，最小值出现在 Z6 站位。

（3）密度

调查中，各站位浮游动物总密度的变化范围为（85.96～991.72）ind/m^3，平均每个站位的浮游动物密度为 360.95ind/m^3，最大值出现在 Z11 站位，最小值出现在 Z12 站位。

（4）生物量

调查中，各站位浮游动物生物量的变化范围为（87.72～520.66）mg/m^3，均值为 275.85mg/m^3。最大值出现在 Z17 站位，最小值出现在 Z12 站位。

（5）生态参数及生物多样性

调查中，各站位浮游动物单纯度的变化范围为0.04～0.28，均值为0.16；多样性指数的变化范围为3.56～5.08，均值为4.12；均匀度的变化范围为0.59～0.91，均值为0.71；丰富度的变化范围为4.81～8.66，均值为6.93。

表3.2-50 浮游动物主要生态参数表

4、底栖生物

底栖生物指栖息于基底表面或沉积物中的生物，自潮间带到水深万米以上的深海沟底部都有分布，是海洋生物中种类最多的一个生态类群。海洋底栖生物同人类的关系十分密切，许多底栖生物可供食用，是渔业采捕和养殖的对象，具有重要的经济价值。

本次现场调查共布设12个站位。底栖生物样品分沉积物采样和拖网采样两种方法。其中沉积物采样使用0.05m^2的抓斗式采泥器，每站采集3次，样品用作底栖生物定量分析，用体积分数为5%的甲醛溶液固定。拖网采样使用阿氏拖网在调查船低速（2kn左右）时进行，每站拖网时间一般为15min，深水拖网，可适当延长时间，样品用作底栖生物定性分析，冷冻保存。

在定量、定性样品分析中，调查海域共获底栖生物8大类39种，详见附录III。其中，软体动物12种，节肢动物10种，环节动物6种，棘皮动物、脊索动物各4种，螠虫动物、星虫动物、纽形动物各1种。各类群的百分比组成见下图。

图3.2-33 底栖生物种类组成图

（1）生物量和栖息密度

调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为1.61g/m^2，平均栖息密度为10.0ind/m^2。平均生物量、平均栖息密度的组成均表现为：环节动物>节肢动物>纽形动物=螠虫动物。见下表。

表3.2-51 各站位底栖生物生物量（g/m2）和栖息密度（ind/m2）

表3.2-52 底栖生物各类群平均每站位生物量（g/m2）和栖息密度（ind/m2）及其所占百分比（%）

（2）优势种

计算同浮游植物。定性样品分析中，监测海域底栖生物的优势种共11种，见下表。节肢动物、软体动物各5种，脊索动物1种。其中，口虾姑（*Oratosquillaoratoria*）为该调查海域第一优势种。

表3.2-53 底栖生物优势种及优势特征表

（3）种类数及数量

定性样品分析中，调查海域底栖生物共捕获生物 5 大类 29 种 234 个。其中，软体动物 11 种 115 个，节肢动物 9 种 89 个，脊索动物 4 种 19 个，棘皮动物 4 种 10 个，星虫动物 1 种 1 个。

定性样品分析中，底栖生物各站位种类数的变化范围为 9～23，平均每个站位的种类数为 14 种，最大值出现在 Z1 站位，最小值出现在 Z10 站位。见下表。

定性样品分析中，底栖生物各站位个体数量的变化范围为 12～33，平均每个站位的个体数量为 20，最大值出现在 Z1 站位，最小值出现在 Z10 站位。

（4）生态参数与生物多样性

定性样品分析中，调查海域各站位底栖生物单纯度的变化范围为 0.07～0.13，均值为 0.10；多样性指数的变化范围为 3.08～4.27，均值为 3.55；均匀度的变化范围为 0.93～0.98，均值为 0.96；丰富度的变化范围为 2.23～4.36，均值为 2.91。

表 3.2-54 底栖生物主要生态参数

5、潮间带生物

潮间带生物又称潮汐带生物，为栖息于最高高潮线至最低低潮线之间的海岸带的一切动植物的总称。本次潮间带生物调查在落潮时进行，共布设 C1、C2 和 C3 三个断面，每个断面设高、中、低三个站位。定量采样用 25cm×25cm×30cm 采样框取定量样品，先拾取采样框内底质表面的生物，再挖掘至 30cm 深，样品倒入孔径 1mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有样品，装样品瓶编号登记，并用 5%中性福尔马林溶液固定，带回实验室进行样品分析、种类鉴定、生物量的称重及栖息密度的计算；定性采样尽量搜集齐全定量采样站位周围出现的动物、植物，样品冷冻保存后带回实验室种类鉴定、计数。

本次潮间带生物监测的定性、定量样品经鉴定共有 5 门 26 种，详见附录 IV。种类组成以软体动物为主，16 种，节肢动物 7 种，刺胞动物、绿藻门、红藻门各 1 种。见下图。

图 3.2-34 潮间带生物类群组成图

（1）生物量和栖息密度

定量调查中，平均栖息密度为 29.8ind/m²，软体动物最高，为 22.7ind/m²，节肢动物为 6.5ind/m²，绿藻门为 0.5ind/m²，刺胞动物为 0.1ind/m²；平均生物量为 38.76g/m²，

软体动物最高，为 22.32g/m²，节肢动物为 15.93g/m²，刺胞动物为 0.26g/m²，绿藻门为 0.25g/m²。

水平分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为 C3>C1>C2；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为低潮带>高潮带>中潮带。见表下表。

表 3.2-55 潮间带生物栖息密度(ind/m2)和生物量(g/m2)的水平分布
表 3.2-56 潮间带生物栖息密度(ind/m²)和生物量(g/m²)的垂直分布

（2）优势种

定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 4 种，均为软体动物。紫藤斧蛤（*Chionsemigranosa*）为该调查区域第一优势种。见下表。

表 3.2-57 潮间带生物优势种及优势度

（3）种类数和数量

定性调查中，监测区域潮间带生物共采获生物 4 大类 20 种 105 个。其中，软体动物 12 种 82 个，节肢动物 6 种 16 个，红藻门 1 种 4 个，绿藻门 1 种 3 个。C1 潮带种类数表现为：低潮带>中潮带>高潮带，C2 潮带种类数表现为：低潮带=中潮带<高潮带，C3 潮带种类数表现为：低潮带=高潮带<中潮带。C1、C3 潮带生物数量表现为：低潮带>中潮带>高潮带，C2 潮带生物数量表现为：低潮带>高潮带=中潮带。

（4）生态参数及生物多样性

定性调查中，潮间带生物各断面种类数的变化范围为 5～14，均值为 8；各断面生物出现数量的变化范围为 11～53，均值为 35；单纯度的变化范围为 0.16～0.50，均值为 0.32；多样性指数的变化范围为 1.45～3.12，均值为 2.18；均匀度的变化范围为 0.63～0.85，均值为 0.76；丰富度的变化范围为 0.75～2.27，均值为 1.39。见下表。

表 3.2-58 潮间带生物主要生态参数

6、鱼类浮游生物

近年来，随着陆源污染不断增加、水体富营养化日益严重、长期过度捕捞等使渔业资源结构发生变化，渔业资源衰退明显。鱼卵仔稚鱼种类组成和数量分布决定了渔业资源补充群体结构和数量，具有重要意义。

本次现场调查共布设 12 个站位，站位分布同浮游植物。鱼卵和仔稚鱼定性样品用浅水I型浮游生物网水平拖网采集，每个站采样 1 网，水平持续拖网 10min，拖速约 1.5kn，定量样品用浅水I型浮游生物网采集，每站垂直拖曳 1 网，所采样品用 5%的福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定和计数。

（1）鱼卵

本次共采获鱼卵 6 种（包括属以上）2445 粒，详见附录。垂直拖网采获 6 种 393 粒，各站位密度变化范围为（1.10～39.13）ind/m3，均值为 8.57ind/m^3。水平拖网采获 6 种 2052 粒，各站位数量变化范围为 6～420，均值为 171，最大值出现在 Z9 站位。其中，鲷科鱼卵 1766 粒，鳀科鱼卵 223 粒。

（2）仔稚鱼

本次共采获仔稚鱼 2 种（包括属以上）18 尾，详见附录 IV。其中垂直拖网捕获 2 种 17 尾，各站位密度变化范围为（0.00～3.73）ind/m^3，均值为 0.38ind/m^3。水平拖网捕获 1 种 1 尾，仅出现在 Z20 站位。见下表。

表 3.2-59 鱼类浮游生物各站位分布

7、游泳动物

因本项目春季航次外业时间（5 月 29 日—5 月 30 日）处于休渔期，经与当地渔业相关主管部门多次沟通，均未能允许中心站开展游泳动物（渔业资源）的样品采集工作。因此选取了国家电投揭阳靖海海上风电场项目增容项目春季海洋环境现状调查（2022 年 3 月 3 日—5 日）中与邻近本项目的 7 个站位（2、3、4、5、8、22、25 号站位）的游泳动物（渔业资源）现状调查数据。

渔业资源现状调查采样使用底拖船进行。网具为渔船生产作业时使用的网具，其网宽 3.9m，网囊网目尺寸 30mm。每站拖网 1h，拖速约为 3kn。调查采样方法按《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）和《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）执行。收网后，把网囊里的全部渔获倒在甲板上。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析，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品按品种装箱，记录该站次准确的渔获总质量（kg）。取样分析的样品带回实验室鉴定种类、测量长度、测定体重和统计个数。

（1）资源密度

调查采用扫海面积法（密度指数法），估算评价海区的资源密度，求算公式为：

$D=C/Q\cdot A$

其中：D——渔业资源密度，单位为 kg/km^2；

C——平均每小时拖网渔获量，单位为 kg/网·h；

A——每小时网具取样面积，单位为 km^2/网·h；

Q——网具渔获率（取 0.5）。

表 3.2-60 游泳生物渔获率分布

本次调查各站位游泳生物尾数获率范围为（75～175）ind.h^{-1}，平均尾数渔获率为105ind.h^{-1}；各站位游泳生物重量渔获率为（2.430～7.119）kg·h^{-1}，平均重量渔获率为3.704kg·h^{-1}。各站位尾数资源密度范围为（3.375～7.874）×10^{3}ind.km^{-2}，平均尾数资源密度为 4.744×10^{3}ind.km^{-2}；各站位重量资源密度范围为（109.3～320.3）kg·km^{-2}，平均重量资源密度为 166.7kg·km^{-2}。

根据公式估算，调查海区游泳生物的平均资源密度为 166.7kg·km^{-2}。因为中上层鱼类、贝类和螺类未在此次采样范围，故调查结果应该低于本地区实际渔业资源密度。其中，资源密度最大值出现于 8 站位，最小值出现于 3 站位。

（2）相对重要性指数 IRI 分析

利用相对重要性指数 IRI 分析渔获物在群体数量组成中的生态地位，依次确定优势种。公式如下：

IRI=（N+W）·F

式中：N——某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比；

W——某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F——某一种类出现的频率。

监测海区渔获物中 IRI 大于 0.01 的游泳动物共有 13 种，见下表。第一优势种为口虾姑。

表 3.2-61 渔获重量和个体数量渔获率及组成

（3）鱼类的资源状况

海区共捕获鱼类 17 种，分属于 6 目 14 科。以鲈形目的种类数量最多，共捕获 9 种。

调查渔获的鱼类平均渔获率为 1.900kg•h-1，总渔获量为 13.298kg，占游泳动物总渔获量的 51.29%。鱼类的平均资源密度为 85.5kg·km-2。其中，8 站位鱼类的资源密度最高，为 189.0kg·km-2；22 站位鱼类资源密度最低，为 7.0kg·km-2。大部分站位主要由扁鰭、龙头鱼、条纹叫姑鱼、二长棘鲷组成。

图 3.2-35 各站位鱼类资源密度（单位：kg·km^{-2}）

扁鳚：调查中，扁鳚的平均重量渔获率为 0.243kg • h-1，占总渔获量的 6.56%；其平均个体渔获率为 12ind • h-1，占总渔获数量的 11.43%，渔获数量居第二位。

龙头鱼：调查中，龙头鱼的平均重量渔获率为 0.317kg •h-1，占总渔获量的 8.56%，渔获重量居第三位；其平均个体渔获率为 5ind • h-1，占总渔获数量的 4.35%。

（4）甲壳类的资源状况及密度分布

调查共渔获的甲壳类经鉴定共有 8 种，分属 2 目 5 科。十足目 7 种，口足目 1 种。梭子蟹科出现 2 种，对虾科出现 3 种，虾姑科、管鞭虾科、馒头蟹科均出现 1 种。

调查渔获的甲壳类平均渔获率为 1.369kg·h^{-1}，总渔获量为 9.583kg，占 36.96%。甲壳类的平均资源密度为 61.6kg·km^{-2}。其中，8 站位资源密度最高，为 129.5kg·km^{-2}；5 站位甲壳类资源密度最低，为 35.3kg·km^{-2}。大部分站位主要由口虾姑和红星梭子蟹组成。

图 3.2-36 各站位甲壳类资源密度（单位：kg·km^{-2}）

口虾姑：调查中，口虾姑为调查海区游泳动物第一优势种。平均渔获率为 0.350kg·h^{-1}，占总渔获量的 9.45%，渔获重量居第二位。平均个体渔获率为 14ind.·h^{-1}，占总渔获数量的 22.15%，渔获数量居第一位。

红星梭子蟹：调查中，红星梭子蟹的平均渔获率为 0.569kg·h^{-1}，占总渔获量的 15.35%，渔获重量居第一位。平均个体渔获率为 6ind.·h^{-1}，占总渔获数量的 5.58%。

（5）头足类的资源状况及密度分布

调查渔获的头足类经鉴定共有 3 种，分属 3 目 3 科。

调查海区渔获头足类的平均渔获率为 0.436kg·h^{-1}，总渔获量为 3.050kg，占 11.75%。头足类的平均资源密度为 19.6kg·km^{-2}。其中，22 站位头足类资源密度最高，为 99.0kg·km^{-2}，8 站位头足类资源密度最低，为 1.8kg·km^{-2}。大部分站位主要由火枪乌贼组成。

图 3.2-37 各站位头足类资源密度（单位：kg·km^{-2}）

火枪乌贼：调查中，火枪乌贼平均渔获率为 0.184kg·h^{-1}，占总渔获重量的 4.98%。平均个体渔获率为 6ind.·h^{-1}，占总渔获数量的 5.71%。

（6）小结

调查海区内共捕获游泳生物 28 种，其中鱼类隶属于 6 目 14 科 17 种，甲壳类隶属于 2 目 5 科 8 种，头足类隶属于 3 目 3 科 3 种，渔获种类名录见附录 VI。

游泳生物的总渔获量为 25.931kg，平均渔获率为 3.704kg·h^{-1}。其中，8 站位渔获率最高，为 7.119kg·h^{-1}；3 站位渔获率最低，为 2.430kg·h^{-1}。

鱼类的平均渔获率为 1.900kg·h^{-1}，总渔获量为 13.298kg，占游泳动物总渔获量的 51.29%。甲壳类的平均渔获率为 1.369kg·h^{-1}，总渔获量为 9.583kg，占 36.96%。头足类的平均渔获率为 0.436kg·h^{-1}，总渔获量为 3.050kg，占 11.75%。

鱼类在渔获物中占优势，甲壳类次之，头足类最少。调查海区出现的主要经济种类有口虾蛄（*Oratosquillaoratoria*）、红星梭子蟹（*Portunussanguinoleutus*）、扁鳐（*Callionymuspalnu*）、龙头鱼（*Harpadonnehereus*）、条纹叫姑鱼（*Johniusfasciatus*）、二长棘鲷（*Paerargyropsedita*）、火枪乌贼（*Loliolusbeka*）、孙鰕虎鱼（*Trypauchenvagina*）等。

3.2.6.2 2022 年秋季海洋生态调查

3.2.6.2.1 分析方法及采样方法

2022 年秋季海洋生态分析方法与采样方法与 2022 年春季一致。

3.2.6.2.2 调查结果与评价

1、叶绿素 a 及初级生产力

叶绿素 a 及初级生产力的估算结果见下表。各站位表层海水中的叶绿素 a 含量为（1.09～13.40）mg/m^3，均值为 3.90mg/m^3；底层海水中的叶绿素 a 含量为（1.36～9.06）mg/m^3，均值为 3.57mg/m^3。

各站位海洋初级生产力范围为（165.56~1000.73）mg•C/(m^2•d)，均值为 442.51mg•C/(m^2•d)。

表 3.2-62 各站位叶绿素 a 含量

参照美国环保局（EPA）叶绿素 a 的含量评价标准（0.3～2.5）mg/m^3 为贫营养，（2.5～50）mg/m^3 为中营养，（50～140）mg/m^3 为富营养。由表可知，调查海域处于中营养水平。

根据贾晓平等的《海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨》（中国水产科学，第 10 卷第 2 期，2003 年 4 月），将初级生产力水平划分为 6 个等级，见**表 3.2-46**。

Z6 站位初级生产力最高，为超高水平；Z8 站位初级生产力最低，初级生产力处于低水平。总体看来，调查区域初级生产力平均值为 442.51mg•C/(m2•d)，初级生产力处于中高水平。

2、浮游植物

调查中，共鉴定出 2 门 111 种（含变种、变型），详见附录I。其中，硅藻种类最多，88 种，占总种类数的 79.28%；其次是甲藻，23 种，占总种类数的 20.72%，见下图。

图 3.2-38 浮游植物种类组成图

（5）优势种

浮游植物优势种共 8 种，为硅藻和甲藻。按优势度大小排列依次为：中肋骨条藻（*Skeletonemacostatum*）>钟形中鼓藻（*Bellerocheahorologicalis*）>洛氏角毛藻（*Chaetoceroslorenzianus*）>拟旋链角毛藻（*Chaetocerospseudocurvisetus*）>尖刺菱形藻（*Nitzschiapungens*）>并基角毛藻（*Chaetocerosdecipiens*）>菱形海线藻（*Thalassionemanitzschioides*）>双突角毛藻（*Chaetocerosdidymus*）。其中，中肋骨条藻为第一优势种，见下表。

表 3.2-63 各站位浮游植物优势种及优势特征表

（6）种类数

调查中，各站位浮游植物种类数的变化范围为 34～70，平均每个站位的种类数为 48 种，最大值出现在 Z11 站位，最小值出现在 Z17 站位。

（7）细胞密度

调查中，各站位浮游植物细胞密度的变化范围为（60.24～9294.74）×10^3cell/m^3，平均每个站位的浮游植物细胞密度为 1493.47×10^3cell/m^3，最大值出现在 Z6 站位，最小值出现在 Z5 站位。

（8）生态参数及生物多样性

调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.09～0.58，均值为 0.28；多样性指数的变化范围为 1.78～3.88，均值为 2.84；均匀度的变化范围为 0.31～0.70，均值为 0.51；丰度的变化范围为 1.86～3.39，均值为 2.42。

表 3.2-64 各站位浮游植物主要生态参数

3、浮游动物

浮游动物经鉴定共有 94 种（包括属以上），分类学上隶属于 12 个类群，详见附录 II。此次调查中，桡足类最多，23 种，占总种类数的 24.47%；水母类 15 种，占总种类数的 15.96%；被囊类 7 种，翼足类、毛颚类和多毛类均为 4 种；其他类群种类数均不超过 3 种。此外，共鉴定浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）28 种，见下图。

图 3.2-39 浮游动物种类组成图

（6）优势种

计算同浮游植物。浮游动物优势种共 12 种（类）。其中，桡足类 5 种，浮游幼体 3 种，水母类 2 种，毛颚类和原生动物均 1 种。亚强真哲水蚤（*Subeucalanussubcrassus*）为第一优势种。见下表。

表 3.2-65 浮游动物优势种及优势特征表

（7）种类数

调查中，各站位浮游动物种类数的变化范围为 43～76，平均每个站位的种类数为 59 种，最大值出现在 Z5 站位，最小值出现在 Z6 站位。

（8）密度

调查中，各站位浮游动物密度的变化范围为（27.34～110.70）ind/m^3，平均每个站位的浮游动物密度为 72.10ind/m^3，最大值出现在 Z20 站位，最小值出现在 Z11 站位。

（9）生物量

调查中，各站位浮游动物生物量的变化范围为（26.56～241.29）mg/m^3，均值为 125.07mg/m^3。最大值出现在 Z20 站位，最小值出现在 Z11 站位。

（10）生态参数及生物多样性

调查中，各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.03～0.05，均值为 0.04；多样性指数的变化范围为 4.86～5.60，均值为 5.22；均匀度的变化范围为 0.83～0.93，均值为 0.89；丰度的变化范围为 6.60～12.75，均值为 9.67。

表 3.2-66 浮游动物主要生态参数表

4、底栖生物

在定性和定量样品分析中，调查海域共获底栖生物 6 大类 40 种，详见附录III。其中节肢动物 16 种，脊索动物 9 种，软体动物 7 种，环节动物 4 种，棘皮动物 3 种，腔肠动物 1 种。各类群的百分比组成见下图。

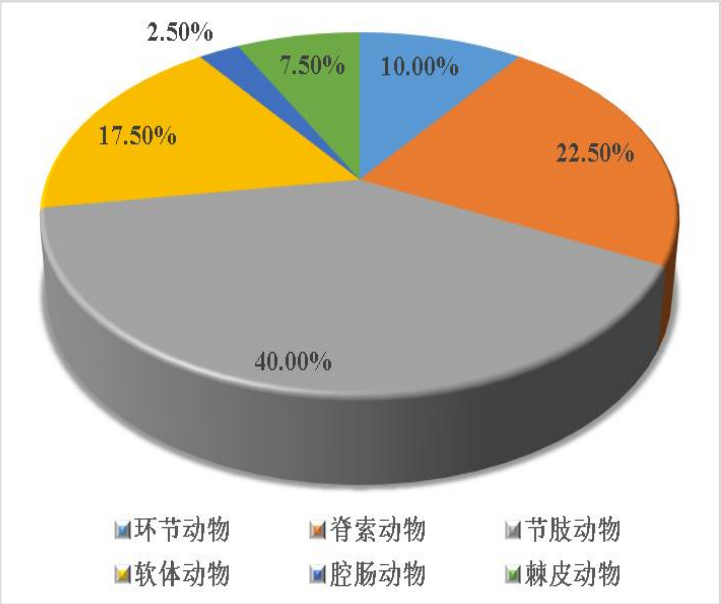


图 3.2-40 底栖生物种类组成图

（5）生物量和栖息密度

调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为 1.86g/m^2，组成以软体动物为主，其中，软体动物>环节动物>节肢动物>棘皮动物。平均栖息密度为 5.0ind/m^2，组成以环节动物为主，其中，环节动物>软体动物=节肢动物>棘皮动物。见下表。

表 3.2-67 各站位底栖生物生物量（g/m2）和栖息密度（ind/m2）

表 3.2-68 底栖生物各类群平均每站位生物量（g/m2）和栖息密度（ind/m2）及其所占百分比（%）

（6）优势种

调查海域底栖动物定性拖网过程中，底栖生物优势种共 9 种，其中，节肢动物 5 种，脊索动物 2 种，软体动物 2 种。口虾蛄（*Oratosquillaoratoria*）为该调查区域第一优势种。

表 3.2-69 底栖生物优势种及优势特征表

（7）种类数及数量

调查海域底栖动物定性拖网过程中，共捕获生物 6 大类 34 种 280 个。其中，节肢动物 15 种 150 个，脊索动物 9 种 60 个，软体动物 6 种 56 个，棘皮动物 2 种 3 个，环节动物 1 种 3 个，腔肠动物 1 种 8 个。

调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位种类数的变化范围为 5～20，平均每个站位的种类数为 12 种，最大值出现在 Z13 站位，最小值出现在 Z6 站位。

调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位个体数量的变化范围为 6～41，平均每个站位的个体数量为 23，最大值出现在 Z5 站位，最小值出现在 Z6 站位。

（8)生态参数与生物多样性

底栖生物定性调查中，各站位单纯度的变化范围为 0.07～0.22，均值为 0.12；多样性指数的变化范围为 2.25～4.10，均值为 3.29；均匀度的变化范围为 0.85～0.97，均值为 0.94；丰度的变化范围为 1.55～3.65，均值为 2.47。

表 3.2-70 底栖生物主要生态参数

5、潮间带生物

本次潮间带生物监测的定性、定量样品经鉴定共有 5 门 8 种，详见附录 IV。其中软体动物、节肢动物和绿藻均 2 种，各占总种类数的 25%；红藻和被子植物均 1 种。见下图。

图 3.2-41 潮间带生物类群组成图

（1）生物量和栖息密度

定量调查中，平均栖息密度为 42.7ind/m²，节肢动物为 10.7ind/m²，红藻为 32.0ind/m²；平均生物量为 111.1g/m²，节肢动物为 80.9g/m²，红藻为 30.2g/m²。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为 C3>C1=C2，生物量表现为 C3>C2=C1；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为高潮带>中潮带=低潮带，生物量表现为中潮带>低潮带>高潮带。见下表。

表 3.2-71 潮间带生物栖息密度(ind/m2)和生物量(g/m2)的水平分布
表 3.2-72 潮间带生物栖息密度(ind/m²)和生物量(g/m²)的垂直分布

（2）优势种

定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 5 种。软体动物 2 种，节肢动物 2 种，红藻 1 种。龟足（*Capitulummitella*）和黑潮笠藤壶（*Tetraclitakuroshioensis*）为该调查区域第一优势种。见下表。

表 3.2-73 潮间带生物优势种及优势度

（3）种类数和数量

定性调查中，监测区域潮间带生物共采获生物 5 大类 8 种 22 个。其中，软体动物 2 种 6 个，节肢动物 2 种 10 个，绿藻 2 种 2 个，红藻 1 种 3 个，被子植物 1 种 1 个。

6、鱼类浮游生物

（1）鱼卵

本次共采获鱼卵 2 种（包括属以上）27 粒，详见附录 V。垂直拖网采获 2 种 27 粒，其中，带鱼科鱼卵 14 粒，平均密度 0.46ind/m^3，密度变化范围为（0～2.632）ind/m^3；鲷科鱼卵 13 粒。水平拖网未采集到样品。

（2）仔稚鱼

本次共采获仔稚鱼 1 种（包括属以上）11 尾，详见附录 IV。其中垂直拖网捕获 1 种 11 尾，出现在 Z4、Z5、Z10、Z13、Z16 和 Z20 站位。水平拖网未采集到样品。见下表。

表 3.2-74 鱼类浮游生物各站位分布

7、游泳动物

本次现场调查共布设 6 个站位，详见 3.2.1 节。渔业资源现状调查采样使用底拖船进行。网具为渔船生产作业时使用的网具，其网宽 3.9m，网囊网目尺寸 30mm。每站拖网 1h，拖速约为 3kn。调查采样方法按《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）和《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）执行。收网后，把网囊里的全部渔获倒在甲板上。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析，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品按品种装箱，记录该站次准确的渔获总质量（kg）。取样分析的样品带回实验室鉴定种类、测量长度、测定体重和统计个数。

（1）资源密度

表 3.2-75 游泳生物渔获率分布

本次调查各站位游泳生物尾数渔获率范围为（73～123）ind.·h^{-1}，平均尾数渔获率为 100.5ind.·h^{-1}；各站位游泳生物重量渔获率为（3.675～7.063）kg·h^{-1}，平均重量渔获率为 5.124kg·h^{-1}。各站位尾数资源密度范围为（6.738～11.353）×10^3ind.·km^{-2}，平均尾数资源密度为 9.276×10^3ind.·km^{-2}；各站位重量资源密度范围为（339.2～651.9）kg·km^{-2}，平均重量资源密度为 473.0kg·km^{-2}。

根据公式估算，调查海区游泳生物的平均资源密度为 473.0kg·km^{-2}。因为中上层鱼类、贝类和螺类未在此次采样范围，故调查结果应该低于本地区实际渔业资源密度。其中，资源密度较高出现于 Y1 站位，为 651.9kg·km^{-2}；Y6 站位较低，为 339.2kg·km^{-2}。

鱼类的平均资源密度为 138.7kg·km^{-2}。资源密度最高出现于 Y1 站位，为 245.1kg·km^{-2}；Y4 站位最低，为 71.1kg·km^{-2}。

甲壳类的平均资源密度为 325.0kg·km^{-2}。资源密度最高出现于 Y4 站位，为 477.1kg·km^{-2}；Y5 站最低，为 199.4kg·km^{-2}。

头足类的平均资源密度为9.2kg·km^{-2}。Y5站位头足类资源密度最高，为36.0kg·km^{-2}，Y1、Y2、Y4 和 Y6 站位未捕获头足类生物。

（2）相对重要性指数 IRI 分析

监测海区渔获物中 IRI 大于 0.01 的游泳动物共有 5 种，见下表。第一优势种为红星梭子蟹。

表 3.2-76 渔获重量和个体数量渔获率及组成

（3）鱼类的资源状况

海区共捕获鱼类 12 种，分属于 5 目 9 科。以鲈形目的种类数量最多，捕获 6 种，其次为鲱形目，出现 3 种。

调查渔获的鱼类总重量为 9.0kg，占游泳生物总重量的 29.3%。鱼类的平均资源密度为 138.7kg·km^{-2}。其中，Y1 站位鱼类的资源密度最高，为 245.1kg·km^{-2}；Y4 站位鱼类资源密度最低，为 71.1kg·km^{-2}。大部分站位主要由龙头鱼和孔鰕虎鱼组成。

图 3.2-42 各站位鱼类资源密度（单位：kg·km^{-2}）

主要优势种

龙头鱼：调查中，龙头鱼的平均重量渔获率为 1.059kg·h^{-1}，渔获量约占总渔获量的 20.7%；其平均个体渔获率为 15.8ind·h^{-1}，个体数量约占总渔获物个体的 15.8%，渔获重量居第三位。渔获的龙头鱼的体长范围为 175mm～288mm。

（4）甲壳类的资源状况及密度分布

调查共渔获的甲壳类经鉴定共有 7 种，分属 2 目 4 科。以十足目种类最多，共有 6 种，其次为口足目，有 1 种。梭子蟹科出现 4 种，对虾科、虾姑科和馒头蟹科均出现 1 种。

调查渔获的甲壳类共 21.127kg，占总渔获量的 68.7%，平均资源密度为 325.0kg·km^{-2}，其中，Y4 站位资源密度最高，为 477.1kg·km^{-2}；Y5 站位甲壳类资源密度最低，为 199.4kg·km^{-2}。

主要优势种

红星梭子蟹：调查中，红星梭子蟹的平均渔获率为 1.875kg·h^{-1}，渔获量占总渔获量的 36.6%，渔获重量居第一位。平均个体渔获率为 28.5ind.·h^{-1}，个体数量占总个体数量的 28.4%。渔获的红星梭子蟹的体长范围为(72～130)mm。

口虾姑：平均渔获率为 1.212kg·h^{-1}，渔获量占总渔获量的 23.65%，渔获重量居第二位。平均个体渔获率为 39.3ind.·h^{-1}，个体数量占总个体数量的 39.1%。渔获的口虾蛄的体长范围为(100～165)mm。

图 3.2-43 各站位甲壳类资源密度（单位：kg·km^{-2}）

口虾姑：调查中，口虾姑为调查海区游泳动物第一优势种。平均渔获率为 0.350kg·h^{-1}，占总渔获量的 9.45%，渔获重量居第二位。平均个体渔获率为 14ind.·h^{-1}，占总渔获数量的 22.15%，渔获数量居第一位。

红星梭子蟹：调查中，红星梭子蟹的平均渔获率为 0.569kg·h^{-1}，占总渔获量的 15.35%，渔获重量居第一位。平均个体渔获率为 6ind.·h^{-1}，占总渔获数量的 5.58%。

（5）头足类的资源状况及密度分布

调查共渔获的头足类经鉴定共有 2 种，分属 2 目 2 科。

调查海区渔获的头足类共 0.600kg，占总渔获量的 2.0%，平均资源密度为 9.230kg·km^{-2}，其中，Y5 站位头足类资源密度最高，为 35.997kg·km^{-2}。

图 3.2-44 各站位头足类资源密度（单位：kg·km^{-2}）

主要优势种

中国枪乌贼：本次调查中，中国枪乌贼的渔获重量占总渔获重量的 1.2%。中国枪乌贼在调查中的平均渔获重量为 0.061kg·h^{-1}。渔获的中国枪乌贼的胴长范围为(18～24)mm。

（6）小结

调查海区内共捕获游泳生物 21 种，其中鱼类隶属于 5 目 9 科 12 种，甲壳类隶属于 2 目 4 科 7 种，头足类隶属于 2 目 2 科 2 种，渔获种类名录见附录 VI。

游泳生物的总渔获量为 30.746kg，平均渔获率为 5.124kg·h^{-1}。其中，Y1 站渔获率最高，为 7.063kg·h^{-1}；Y6 站渔获率最低，为 3.675kg·h^{-1}。

鱼类的平均渔获率为 1.503kg·h^{-1}，总渔获量为 9.019kg，占游泳动物总渔获量的 29.3%。甲壳类的平均渔获率为 3.521kg·h^{-1}，总渔获量为 21.127kg，占 68.7%。头足类的平均渔获率为 0.100kg·h^{-1}，总渔获量为 0.600kg，占 2.0%。

甲壳类在渔获物中占优势，鱼类次之，头足类最少。调查海区出现的主要经济种类有龙头鱼、红星梭子蟹、口虾蛄和孔鰕虎鱼等。

3.2.6.3 结论

2022 年春季

（1）本次调查中，各站位表层海水中叶绿素 a 含量的均值为 5.76mg/m^3，底层海水中叶绿素 a 含量的均值为 4.61mg/m^3。整体看来，海水中叶绿素 a 含量表现为：表层>底层。调查海域整体处于中营养水平。各站位初级生产力的均值为 1459.40mg•C/(m^2•d)。

（2）本次调查中，浮游植物共鉴定 3 门 95 种（含变种、变型），其中，硅藻 76 种，甲藻 18 种。各站位浮游植物种类数均值为 57 种，细胞密度均值为 866.95×10^{3}cell/m^3。优势种共 10 种，洛氏角毛藻为第一优势种。单纯度的均值为 0.10，多样性指数的均值为 4.23，均匀度的均值为 0.73，丰富度的均值为 2.85。

（3）本次调查中，浮游动物共鉴定 94 种（包括属以上），分类学上隶属于 13 个类群。其中，桡足类 23 种，水母类 17 种，浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）23 种。各站位浮游动物种类数均值为 57 种，总密度均值为 360.95ind/m^3，生物量的均值为 275.85mg/m^3。优势种共 10 种，锥形宽水蚤为绝对优势种。单纯度的均值为 0.16，多样性指数的均值为 4.12，均匀度的均值为 0.71，丰富度的均值为 6.93。

（4）本次调查中，共鉴定底栖生物 8 大类 39 种。定量调查中，各站位底栖生物的平均生物量和栖息密度分别为 1.61g/m^2 和 10.0ind/m^2。定性调查中，各站位底栖生物种类数均值为 14 种，总数量均值为 20。优势种共 11 种，口虾姑为第一优势种。单纯度的均值为 0.10，多样性指数的均值为 3.55，均匀度的均值为 0.96，丰富度的均值为 2.91。

（5）本次调查中，潮间带生物定性、定量样品共鉴定有 5 门 26 种，软体动物最多，16 种。定量调查中，平均栖息密度为 29.8ind/m²，平均生物量为 38.76g/m²。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为 C3>C1>C2；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为低潮带>高潮带>中潮带。定性调查中，共采获生物 4 大类 20 种 105 个，其中，软体动物最多，12 种 82 个。C1 潮带种类数表现为：低潮带>中潮带>高潮带，C2 潮带种类数表现为：低潮带=中潮带<高潮带，C3 潮带种类数表现

为：低潮带=高潮带<中潮带。C1、C3 潮带生物数量表现为：低潮带>中潮带>高潮带，C2 潮带生物数量表现为：低潮带>高潮带=中潮带。优势种共 4 种，紫藤斧蛤为该调查区域第一优势种；单纯度的均值为 0.32，多样性指数的均值为 2.18，均匀度的均值为 0.76，丰富度的均值为 1.39。

（6）本次调查中，共采获鱼卵 6 种（包括属以上）2445 粒。其中，鲷科鱼卵 1766 粒，鳀科鱼卵 223 粒。垂直拖网采获 6 种 393 粒，各站位密度的均值为 8.57ind/m^3。水平拖网采获 6 种 2052 粒，各站位数量的均值为 171。本次共采获仔稚鱼 2 种（包括属以上）18 尾。其中垂直拖网捕获 2 种 17 尾，各站位密度的均值为 0.38ind/m^3。水平拖网仅捕获 1 种 1 尾。

（7）调查海区内共捕获游泳生物 28 种，其中鱼类隶属于 6 目 14 科 17 种，甲壳类隶属于 2 目 5 科 8 种，头足类隶属于 3 目 3 科 3 种。游泳生物的总渔获量为 25.931kg，平均渔获率为 3.704kg·h^{-1}，平均尾数渔获率为 105ind.·h^{-1}。鱼类的平均渔获率为 1.900kg·h^{-1}，总渔获量为 13.298kg，占游泳动物总渔获量的 51.29%。甲壳类的平均渔获率为 1.369kg·h^{-1}，总渔获量为 9.583kg，占 36.96%。头足类的平均渔获率为 0.436kg·h^{-1}，总渔获量为 3.050kg，占 11.75%。鱼类在渔获物中占优势，甲壳类次之，头足类最少。各站位尾数资源密度范围为（3.375～7.874）×10^3ind.km^{-2}，平均尾数资源密度为 4.744×10^3ind.km^{-2}；各站位重量资源密度范围为（109.3～320.3）kg·km^{-2}，平均重量资源密度为 166.7kg·km^{-2}。因为中上层鱼类、贝类和螺类未在此次调查船采样范围，故本次调查结果应该低于本地区实际渔业资源密度。监测海区渔获物中第一优势种为口虾姑。

2022 年秋季

（1）本次浮游植物共鉴定 2 门 111 种（含变种、变型），其中，硅藻 88 种，甲藻 23 种。各站位浮游植物种类数均值为 48 种，细胞密度均值为 1493.47×103cell/m^3。优势种共 8 种，中肋骨条藻为第一优势种。单纯度的均值为 0.28，多样性指数的均值为 2.84，均匀度的均值为 0.51，丰度的均值为 2.42。

（2）本次浮游动物共鉴定 94 种（包括属以上），分类学上隶属于 12 个类群，其中，桡足类 23 种，浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）28 种。各站位浮游动物种类数均值为 59 种，总密度均值为 72.15ind/m^3，生物量的均值为 125.07mg/m^3。优势种共 12 种，亚强真哲水蚤为第一优势种。单纯度的均值为 0.04，多样性指数的均值为 5.22，均匀度的均值为 0.89，丰度的均值为 9.67。

（3）本次监测共鉴定底栖生物 6 大类 40 种，其中节肢动物最多，16 种。定量调查中，各站位底栖生物的平均生物量和栖息密度分别为 1.86g/m^2 和 5.0ind/m^2。定性调查中，共捕获生物 6 大类 34 种 280 个，平均每个站位的种类数为 12 种，平均每个站位的个体数量为 23；优势种共 9 种，口虾蛄为第一优势种。

（4）本次潮间带生物监测定性、定量样品共鉴定有 5 门 8 种，软体动物、节肢动物和绿藻均 2 种。定量调查中，平均栖息密度为 42.7ind/m²，平均生物量为 111.1g/m²；水平分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为 C3>C1=C2，生物量表现为 C3>C2=C1；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为高潮带>中潮带=低潮带，生物量表现为中潮带>低潮带>高潮带。定性调查中，共采获生物 5 大类 8 种 22 个，其中，节肢动物最多，2 种 10 个。优势种共 5 种，龟足和黑潮笠藤壶为该调查区域第一优势种。

（5）本次共采获鱼卵 2 种（包括属以上）27 粒。其中，垂直拖网采获 2 种 27 粒，水平拖网未采集到样品。本次共采获仔稚鱼 1 种（包括属以上）11 尾。其中垂直拖网捕获 1 种 11 尾，水平拖网未采集到样品。

（6）调查海区内共捕获游泳生物 21 种，其中鱼类隶属于 5 目 9 科 12 种，甲壳类隶属于 2 目 4 科 7 种，头足类隶属于 2 目 2 科 2 种。游泳生物的总渔获量为 30.746kg，平均渔获率为 5.124kg·h^{-1}；平均尾数渔获率为 100.5ind.·h^{-1}。甲壳类在渔获物中占优势，鱼类次之，头足类最少。甲壳类的平均渔获率为 3.521kg·h^{-1}，总渔获量为 21.127kg，占 68.7%。鱼类的平均渔获率为 1.503kg·h-1，总渔获量为 9.019kg，占游泳动物总渔获量的 29.3%。头足类的平均渔获率为 0.100kg·h^{-1}，总渔获量为 0.600kg，占 2.0%。各站位尾数资源密度范围为（6.738～11.353）×10^{3}ind.·km^{-2}，平均尾数资源密度为 9.276×10^{3}ind.·km^{-2}；各站位重量资源密度范围为（339.2～651.9）kg·km^{-2}，平均重量资源密度为 473.0kg·km^{-2}。因为中上层鱼类、贝类和螺类未在此次调查船采样范围，故本次调查结果应该低于本地区实际渔业资源密度。

3.2.7 历史监测数据比对分析

本项目历史监测数据引用国家海洋局南海规划与环境研究院《惠来靖海湾海域环境质量现状调查与评价报告》于 2015 年 1~2 月在广东省惠来县靖海湾及其附近海域进行的、水质调查、沉积物调查、海洋生物调查、潮间带生物调查、游泳动物调查结果及 2015 年 4 月 2 日~3 日在靖海湾海域进行的海流观测。分析详见下表。

表 3.2-77 监测数据比对一览表

项目 \ 年份		项目建成前 2015 年 4 月 2 日~3 日	项目建成后 2022 年 5 月 27 日~28 日	比对分析	
海水水质		主要超标因子为 BOD_5、活性磷酸盐、锌、铅和铜。BOD_5 超标率为 16.7%；活性磷酸盐超标率为 14.3%；锌超标率为 7.1%；铜的超标率为 3.6%、7.1%；铅的超标率为 14.3%、3.6%。	Z11、Z17 站位表层的 BOD_5 超出所在海域海洋功能区划水质要求。BOD_5 超标率为 10%。	由此可见，项目建成之后对附近海域的水质有变好的趋势。	
沉积物		调查海区内各站位各污染物评价因子均未超标整个海区沉积物环境良好。	超标因子为油类、铬。油类超标率为 22.2%，铬的超标率为 44.4%。	油类、铬超标的主要原因是附近的养殖区产生的污染物直接入海。	
海洋生物体质量		本次调查测试的 5 个站位的汞、铜、铅、镉、锌、石油烃均未超标，甲壳类、软体类和鱼类的生物质量状况良好。	Z4、Z12 站位的砷含量超标，单项标准指数分别为 1.14、1.13，超标率为 28.6%。	2022 年海洋生物体质量砷含量超标的原因主要是附近养殖区产生的污染物直接排海及来往的密集船舶。	
海洋生态	叶绿素 a	调查海区叶绿素 a 含量指示该海区属于贫营养海区。	本次调查中海水中叶绿素 a 含量指示该海域整体处于中营养水平。	该海域的叶绿素 a 含量变高，该海域整体处于中营养水平。	通过工程建设前后的海洋生态的各项监测因子的调查结果可知，海洋生态有变好的趋势。
	初级生产力	调查海区初级生产力各站差异不大，涨落潮生产力水平无差异；平面分布呈现海区近岸 Z5 站和靖海湾北部 Z1 站初级生产力较高，其余海区较低	各站位初级生产力的均值为 1459.40mg•C/(m^2•d)。调查海域 19 个站位初级生产力处于超高水平，1 个站位处于高水平。	项目建成后，初级生产力水平提高。	
	浮游植物	调查海区各站浮游植物的物种多样性指数变化范围为 0.49~3.81，南低北高。参照《海洋赤潮监测技术规程》可见调查海区 1 个站属于富营养化，1 个站属于中度污染；37.5%站属于轻度污染，37.5%站属于清洁。	调查海域浮游植物多样性指数的变化范围为 3.78～4.81，均值为 4.23。参照《海洋赤潮监测技术规程》，调查区域内海域均为清洁区域。	项目建成后，调查区域内浮游植物多样性指数显示该海域均为清洁区域。	
	浮游动物	多样性指数：变化范围为 1.36~3.65，平均值为 2.95	多样性指数：变化范围为 3.56～5.08，均值为 4.12	浮游动物的种类多样性指数和丰富度总体处于较高的水平，均匀度较低。	
		均匀度：变化范围为 0.29~0.69，平均值为 0.57	均匀度：变化范围为 0.59～0.91，均值为 0.71		
		丰富度：变化范围为 3.02~5.97，平均值为 5.23。	丰富度：变化范围为 4.81～8.66，均值为 6.93。		
	底栖生物	多样性指数：变化范围为 1.70~2.62，平均为 2.17。	多样性指数：变化范围为 3.08～4.27，均值为 3.55	从平均值看，调查海区底栖生物群落的种类多样性和丰度处于较低水平，但由于生物数量不多，在海底的分布反而较均匀，因此均匀度指数较高（大部分站其指数值接近于 1）。	
		均匀度：变化范围为 0.73~0.97，平均为 0.92	均匀度：变化范围为 0.93～0.98，均值为 0.96		
		丰度：变化范围为 0.95~1.62，平均为 1.29	丰富度：变化范围为 2.23～4.36，均值为 2.91		
	潮间带生物	平均栖息密度为 7.56ind/m^2，平均生物量 44.05g/m^2。	定量调查中，平均栖息密度为 29.8ind/m^2，平均生物量为 38.76g/m^2。	调查海域的潮间带生物平均栖息密度变大，平均生物量无太大变化。	
	游泳动物	甲壳类渔获物的主要优势种为口虾蛄。口虾蛄的平均渔获率为 9.5kg·h^{-1}，占甲壳类总渔获量的 75.3%。	监测海区渔获物中第一优势种为口虾姑。平均渔获率为 0.350kg·h^{-1}，占总渔获量的 9.45%。	调查海域的第一优势种均为口虾姑	
		该海域鱼类的平均渔获率为 21.3kg •h^{-1}，占游泳动物总渔获量的 58.1%；甲壳类的平均渔获率为 12.6kg • h^{-1}，占 34.4%；头足类的平均渔获率为 2.8kg • h^{-1}，占 7.5%。在调查中出现的主要游泳动物种类有褐菖鲉、口虾蛄、龙头鱼和短蛸等。	鱼类的平均渔获率为 1.900kg·h^{-1}，总渔获量为 13.298kg，占游泳动物总渔获量的 51.29%。甲壳类的平均渔获率为 1.369kg·h^{-1}，总渔获量为 9.583kg，占 36.96%。头足类的平均渔获率为 0.436kg·h^{-1}，总渔获量为 3.050kg，占 11.75%。	该海域游泳动物中鱼类的总渔获量是最高的，其次是甲壳类，最低的是头足类。	

3.2.8 珍稀濒危生物及重要渔业水域

一、珍稀濒危生物

本项目所在海域及附近海域可能存在印太江豚、宽吻海豚、海龟等海洋珍稀濒危动物的目击记录。现将其生活习性介绍如下:

1、印太江豚

印太江豚是鼠海豚科、江豚属的海洋动物。平均体长 1.7 米，体重 70 千克。全身灰黑色，体型较小。头部钝圆，额部隆起稍向前凸起;吻部短而阔，上下颌几乎一样长，吻较短阔。牙齿短小，左右侧扁呈铲形。眼睛较小，很不明显。身体的中部最粗，横剖面近似圆形。背脊上没有背鳍，鳍肢较大，具有 5 指。尾鳍较大，呈水平状。两尾叶水平宽约为体长的四分之一。背的后关部对尾鳍有较明显的降起鳍，在应该有背鳍的地方生有宽 3-4 厘米的皮肤隆起，并且具有很多角质鳞。

生活于靠近海岸线的浅水区。主要是在沿海水域，包括浅海湾，红树林沼泽河口和一些大的河流中。喜欢单只或成对活动，结成群体一般不超过 45 只。最常见于包括雌性和或成对及其他几个小豚组成的小群。它们一般静静地游泳，很少跳跃，飞溅。食物包括各种鱼类和鱿鱼、章鱼、虾、乌贼等，随着所处的环境不同而改变。

分布于西亚、南亚、东南亚的印度洋西部与东部和西太平洋西部和西北部沿岸海域，西至波斯湾，东至马祖列岛。

印太江豚已列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》(IUCN)2017 年 ver3.1--易危(VU)，列入《濒危野生动植物种国际贸易公约附录 1、附录和附录Ⅲ》(CITES)2019 年版，属于中国二级野生保护动物。

2、宽吻海豚

宽吻海豚是海豚科宽吻海豚属的一种动物。又叫尖嘴海豚，瓶鼻海豚。主要分布在温带和热带的各大海洋中，包括中国的黄海、渤海等海域。宽吻海豚常在靠近陆地的浅海地带活动，较少游向深海，和所有海豚一样，宽吻海豚长着和鱼一样的流线型身体。皮肤光滑无毛，体背面是发蓝的钢铁色和瓦灰色，腹部有很明显的凸起。吻较长，嘴短小，嘴裂外形似乎总是在微笑，为中国二级保护动物。雌性宽吻海豚的寿命在 80 年左右，而雄性宽吻海豚由于生活压力更大，不容易过 50 年。

宽吻海豚通常的游速为每小时 5~11 千米;在短时间内，游速最高可以达到每小时 70 千米。宽吻海豚的食物主要包括带鱼、鲅鱼、鳙鱼、沙丁鱼等群栖性的鱼类，偶尔也吃乌贼或蟹类，以及其他一些小动物。

宽吻海豚分布于大西洋、印度洋、南太平洋、地中海、黑海、红海等温带和热带海洋中。在中国主要分布在渤海、黄海、东海、南海、香港、和台湾海峡等海域。

3、海龟

海龟隶属龟鳖目、海龟科、海龟属。广布于大西洋、太平洋和印度洋。中国海龟北起山东、南至北部湾近海均有分布。长可达 1 米多，寿命最大为 150 岁左右。头顶有一对前额鳞。四肢如桨，前肢长于后肢，内侧各有一爪。头、颈和四肢不能缩入甲内。为国家二级保护动物。海龟适应在水中生活，四肢变成鳍状利于游泳。一般仅在繁殖季节离水上岸。雌龟将卵产在掘于沙滩的洞穴中。

海龟以鱼类、头足纲、甲壳纲动物及海藻为食。4-10 月为繁殖季节，雌、雄海龟常在礁盘或沿岸水域交配，交尾时间长达 3-4 小时，交配后雌龟于晚间爬上岸边沙滩掘坑产卵，先以前肢挖一深度与体高相当的大坑，伏于坑内，再藉后肢交替动作挖一口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，产卵于坑内，产卵一般在夜晚 10 时至翌晨 3 时进行，卵产毕后，将卵坑用沙覆盖后离滩返海。每年可产卵 23 次，每产 91-157 枚，多可达 238 枚。卵白色，圆球形，壳革质而韧软，卵径 35-58mm。孵化期 30 一 90 天，通常 45-60 天，幼龟自出壳即爬归海水中生活。

海龟生活于亚热带近海上层，终身生活于海洋中。大多数海龟居住在沿岸的浅滩水域，有些种类的海龟冬季居住在食物丰富的水域，到了季产卵季节会作一次长途迁徙。食性很杂，以鱼类、头足纲动物、甲壳动物、软体动物以及海藻等为食。主要分布于太平洋、大西洋及印度洋中的温暖海域。我国广东省惠东、海南的西沙群岛沿岸均为海龟产卵繁殖地。

海龟被列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》(IUCN2004 年 ver3.1)濒危(EN)，列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)--附录 I，列入《中国国家重点保护野生动物名录》--I 级，列入《中国生物多样性红色名录--脊椎动物卷》(爬行类)--极危(CR)。

二、重要渔业水域

重要经济生物三场一通道包括产卵场、索饵场、越冬场和游通道。根据农业部 189 号文公布的《中国海洋渔业水域图(第一批)-南海区渔业水域图(第一批)》，本项目所在海域涉及到南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区。

南海北部幼鱼繁育场保护区：位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月。该保护区的管理要求：保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害。

幼鱼、幼虾保护区：该保护区保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日；保护期间禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入上述海域内生产，防止或减少对渔业资源的损害。

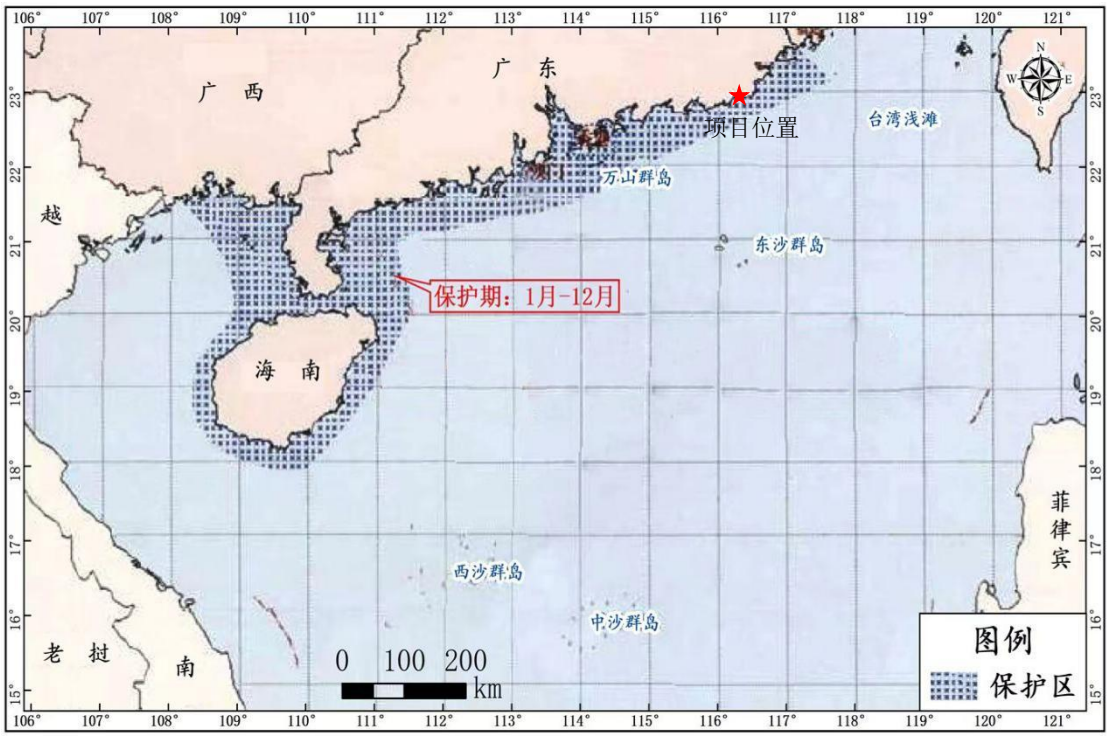


图 3.2-49 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图

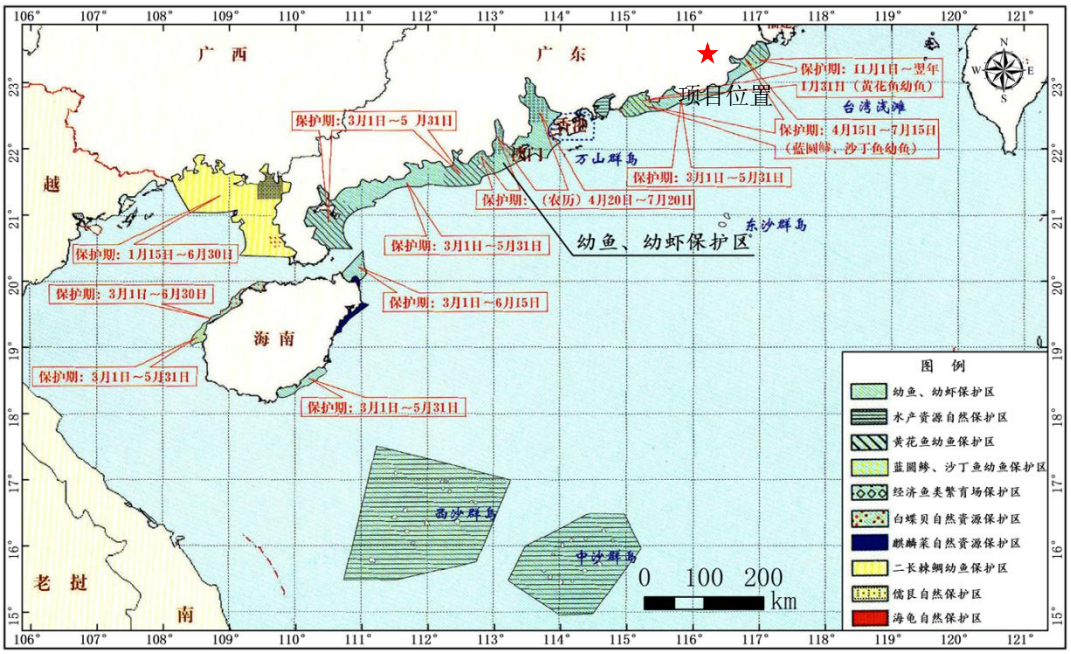


图 3.2-50 幼鱼幼虾保护区位置关系示意图

3.2.9 海洋灾害

本海域海洋灾害主要有地震以及热带气旋、风暴潮。

工程沿岸海岛海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响工程海域的热带气旋有两类，一类是来自西太平洋的热带气旋，另一类是在南海生成的热带气旋（又称南海台风）。以云澳海洋站和南澳气象站风力达 6 级，台风中心位置进入距海岛岸线一个纬距区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949～2008 年期间，登陆或严重影响本海域的热带气旋共有 82 个，年平均 1.4 个，年最多为 4 个（4 年），60 年间共 13 年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋 8 月出现最多，占 29％，其次是 7 月占 25％，最早出现在 4 月 12 日（受 6701 强台风影响），最晚出现在 11 月 30 日（受 7426 强台风影响），12 月至翌年 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年～2008 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 14 个，强台风 17 个，台风 19 个，强热带风暴 22 个。

根据《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目——丁字坝工程初步设计》2015 年 9 月，场地建筑场地类别划分为Ⅱ类，场地土的类型为中软土。场地划分为对建筑抗震不利地段。

据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015)，本区域地震动峰值加速度 0.10g，地震动反映谱特征周期为 0:35s，相应地震基本烈度为Ⅷ度，属强震区。

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

4.1.1 资源生态敏感目标

1、资源生态管理目标

根据《广东省海洋功能区划（2011～2020 年）》（2012 年），从项目所在海域广东省海洋功能区划分布图可以看出，本项目所在区域的海洋功能区划为靖海港口航运区，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

根据工程特点及所在海域海洋功能区划的分布状况，通过现场踏勘和咨询与调研，确定工程周边的主要资源生态目标如下表所示：

表 4.1-1 项目周边主要资源生态目标一览表

序号	环境敏感点	与本项目的最短距离	保护管理要求	保护内容
1	石碑山风电厂	项目毗邻	不影响其正常使用	风塔基础安全
2	惠来电厂	东北侧，约 2.7 千米		水动力环境、地形地貌与冲淤环境
3	靖海渔港	东北侧，约 3.1 千米		水动力环境、地形地貌与冲淤境、施工期通航安全
4	资深渔港	西南侧，约 0.8 千米		水动力环境、地形地貌与冲淤环境、施工期通航安全
5	幼鱼、幼虾保护区	位于其中	保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	幼鱼、幼虾及其生境
6	前詹海洋保护区	西南侧，约 5.5 千米	海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准	水质、沉积物和生态环境

图 4.1-1 环境敏感保护目标位置示意图

2、因子确定

根据工程特性、施工期环境影响要素识别以及工程附近区域资源生态基本特征，确定项目主要因子如下：

（1）现状因子

1）海域水质

pH、SS、DO、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类和重金属（Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、Cr、As）等；

2）沉积物质量

有机碳、硫化物、石油类和重金属（Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、Cr、As）等；

3）海洋生物体质量

Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、Cr、石油烃、无机砷等；

4）海洋生态

叶绿素 a，浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼、游泳生物的生物多样性、生物量、栖息密度、丰度、均匀度、优势度等；

（2）预测评价因子

1）水动力：工程前后潮流场

2）水质环境的影响分析：悬浮物

3）地形地貌冲淤分析：海床冲淤变化。

4.1.2 预测因子分析

1、水动力影响分析

拦砂堤修复工程实施后，由于拦砂堤的建设，周边水域水动力环境会发生较大幅度的变化，拦砂堤之间流速以减小为主，拦砂堤堤顶附近流速以增大为主。其中，大潮涨急流速变化幅度在-0.007m/s~0.004m/s 之间，大潮涨急流向变化幅度为-4.8°~2.7°之间；大潮落急流速变化幅度在-0.028m/s~-0.006m/s 之间，大潮落潮平均流向变化幅度为-14.7°~18.5°之间。

由数模结果可知，拦砂堤修复工程实施后改变了附近水域的水动力环境，拦砂堤附近水流流态变化较大，影响范围在 200m 范围内，距离拦砂堤较远的水域水动力环境变化幅度相对较小。

2、水质影响分析

在拦砂堤抛石施工作业过程中，由设备的扰动使水体中的泥沙再悬浮，造成水体混浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为 SS。

数模结果显示，拦砂堤抛石施工作业过程产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从整体分布趋势看，对海域污染的范围主要是在工程周边很小的范围内。

3、地形地貌冲淤影响分析

根据《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程岸线演变和地形冲淤影响数值模拟研究报告》，沿绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸“⊥”型结构丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙对泥沙造成的损失，绿洲段岸线侵蚀现象得到一定程度的缓解。

4.2 生态影响分析

4.2.1 水动力环境影响预测与评价

4.2.1.1 潮流模型

潮流数值模拟采用 Mike21 软件进行。

（一）控制方程

（1）提出假设

①Bousinesq 涡粘假定:

将紊动应力和时均流速梯度建立起关系：

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

②静水压假设:

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

（2）笛卡尔坐标系下的二维浅水方程

连续方程：

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

动量方程：

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

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

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

（二）定解条件

（1）边界条件

①开边界：

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

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

②闭边界：

$\bar{u}=0$或$\bar{v}=0$

（2）初始条件

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

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

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

η_0为计算初始时刻水位空间分布函数。

计算方法

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

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

对笛卡儿坐标系下的二维浅水方程的归一化：

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

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

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

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

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

对于归一化后的方程，在每一个单元上积分，根据高斯定理，将面积分化为线积分

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

进一步简化后得到::

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

（三）模型设置

（1）地形条件

模型外海地形来源于海图，项目附近采用工程区实测河道地形图。

（2）边界条件

模型大范围外海开边界由全球潮汐预报系统提供，小范围模型开边界由大模型提供。

（3）时间步长

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

（四）计算范围及网格划分

为拟合工程区附近复杂岸线及岛屿、码头、防波堤等建筑物边界，计算模式采用非结构三角形网格。模型边界由大范围模型提供，大范围模型开边界来自全球潮汐系统，图 4.2-1 为大范围模型计算范围，图 4.2-2 为小模型计算范围。大、小模型坐标系为 WGS84 大地坐标系，基面为理论深度基准面。

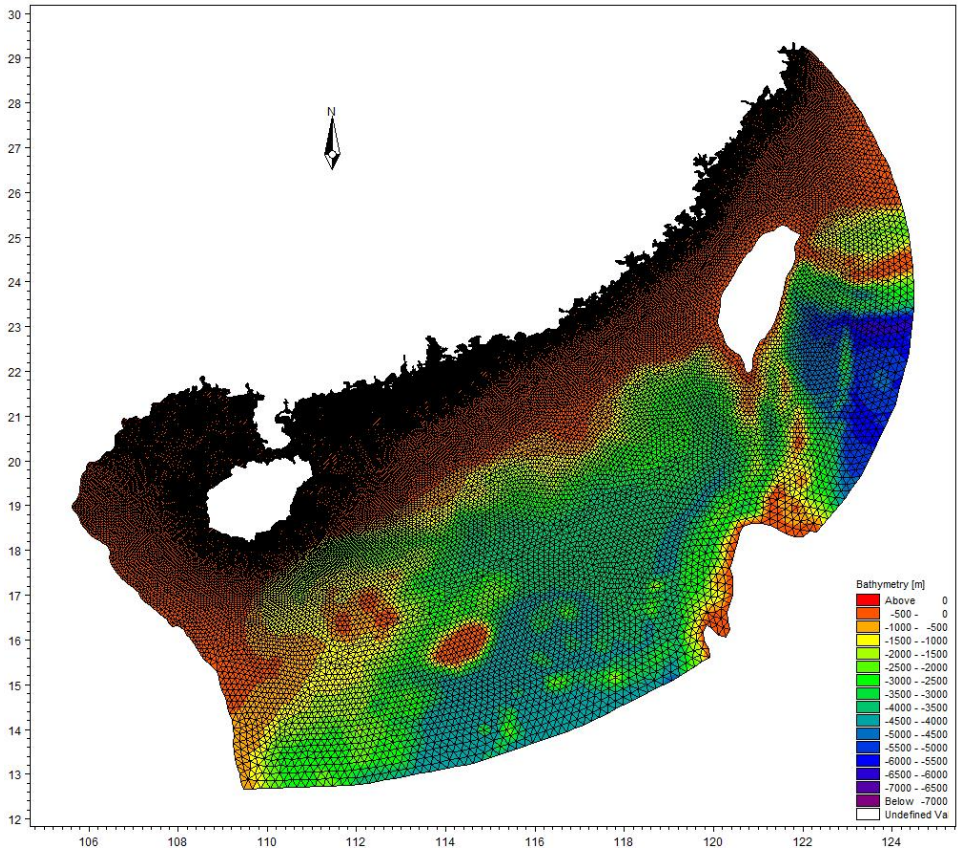


图 4.2-1 大范围模型计算范围

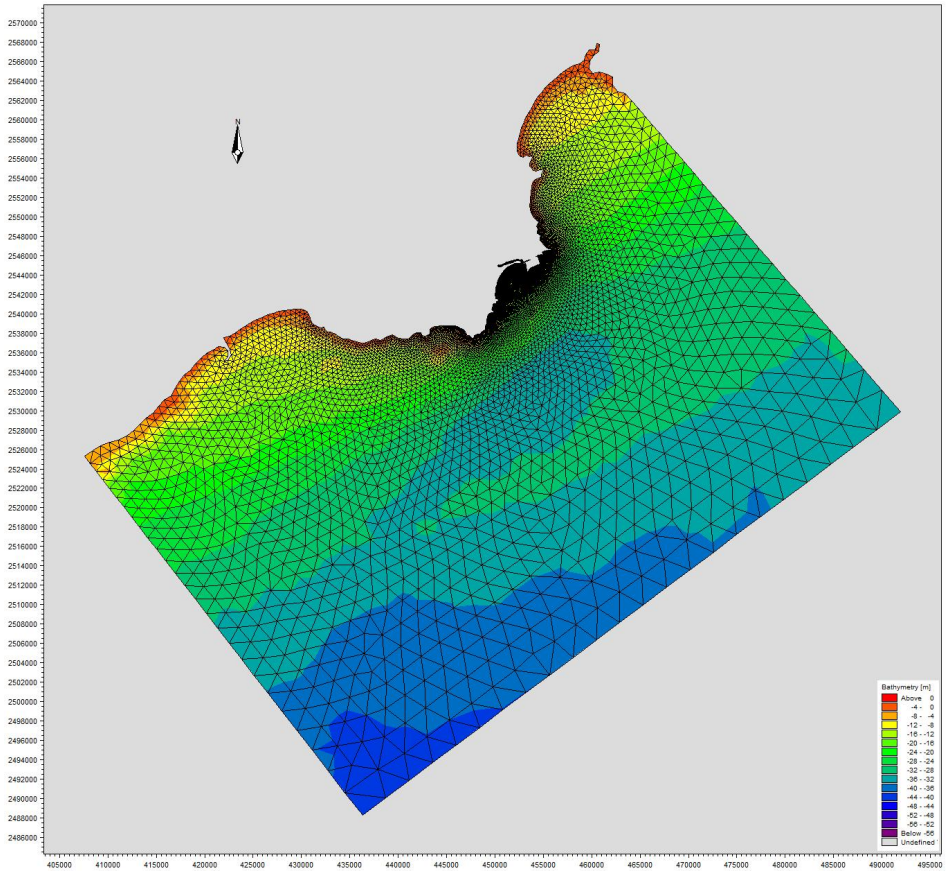


图 4.2-2 小范围模型计算范围

4.2.1.2 模型验证

模型采用 2022 年 5 月 26 日 11 时至 5 月 27 日 12 时工程附近海域 H1~H6 测站的潮流资料以及惠来验潮站的潮位资料对模型进行验证，验证点位置见图 4.2-3。图 4.2-4 给出了验潮站水位过程计算值与实测值的比较图。图 4.2-5~图 4.2-10 给出了 6 个潮流实测站位的流速、流向计算值与实测资料的对比图。

率定和验证结果表明：工程附近的潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，实测潮位与模拟潮位平均绝对误差为 0.14m。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。

部分站点计算流速与实测流速的误差稍大，可能由于地形资料和边界条件的偏差引起，所建立的工程区潮流数学模型能基本反映了工程海域整体的潮流运动规律；工程海域 6 个潮流点的计算流速、流向和实测值也吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差大部分在 18%以内，表明所建模型能够反映工程附近海域潮流的变化特征，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。总体而言，计算区域内潮汐和潮流模拟验证较好，计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。

表 4.2-1 模型率定验证误差分析一览表

率定验证项	2022 年 5 月
高低潮时间相位差（h）	0.5
高低潮潮位偏差（cm）	14
流速时间相位差（h）	0.5
平均流速偏差（%）	18
平均流向偏差（%）	22

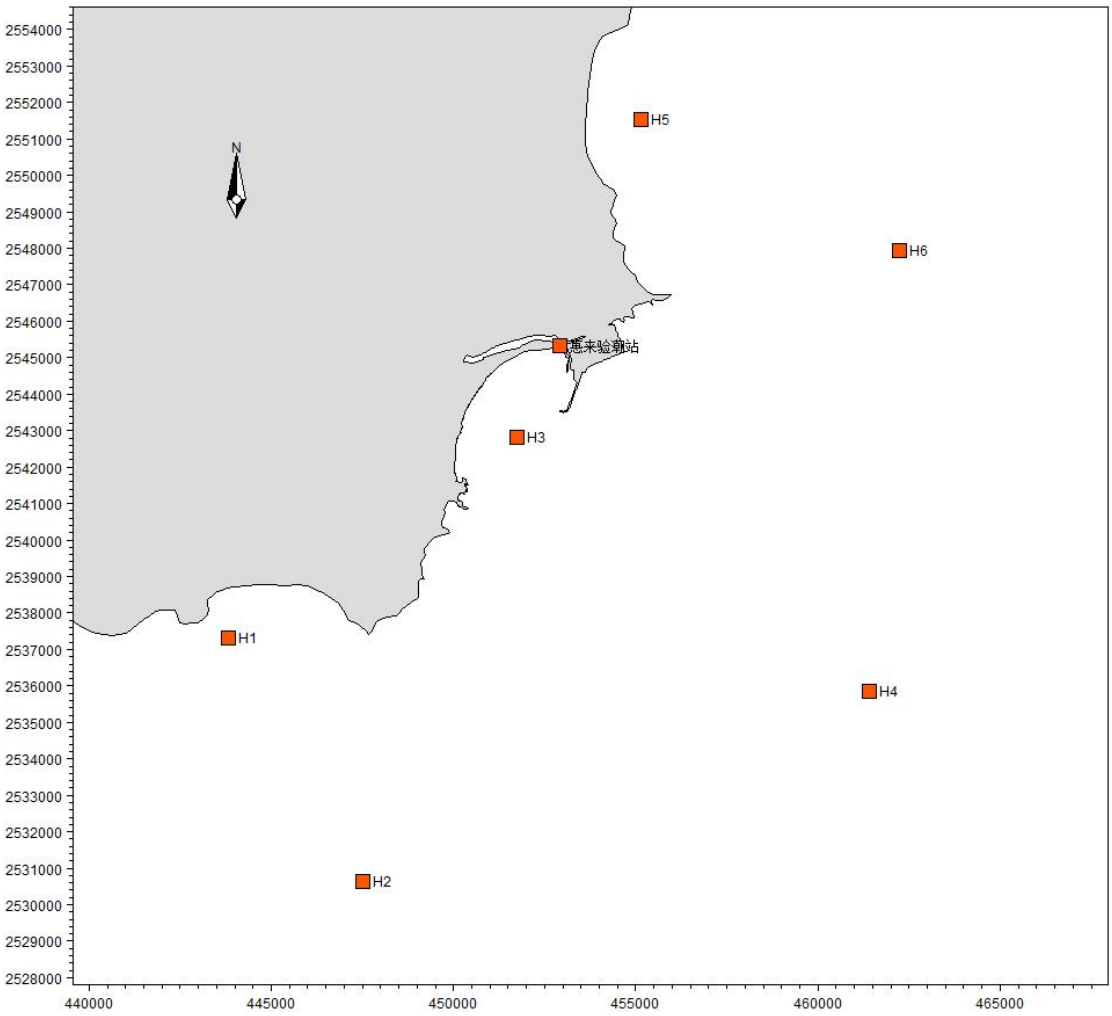


图 4.2-3 验证点位置图

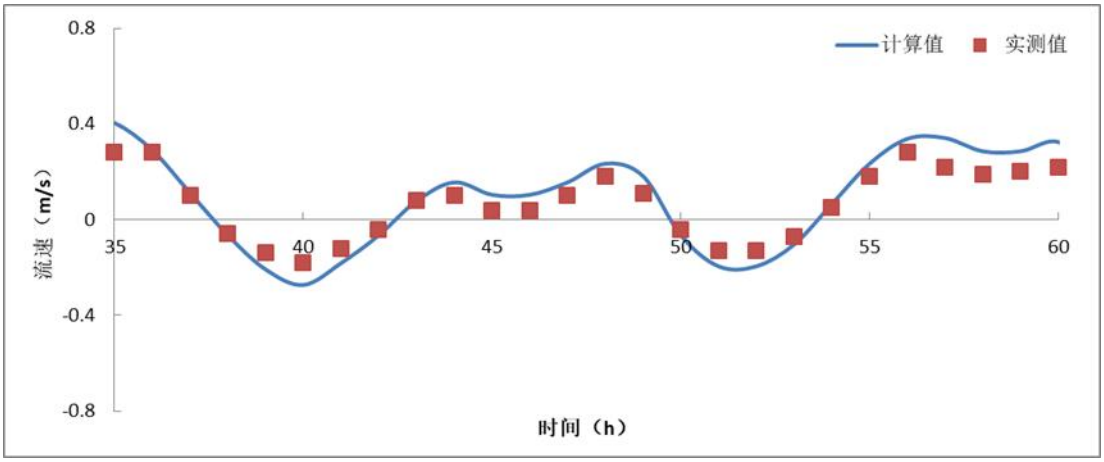


图 4.2-4 惠来验潮站潮位验证

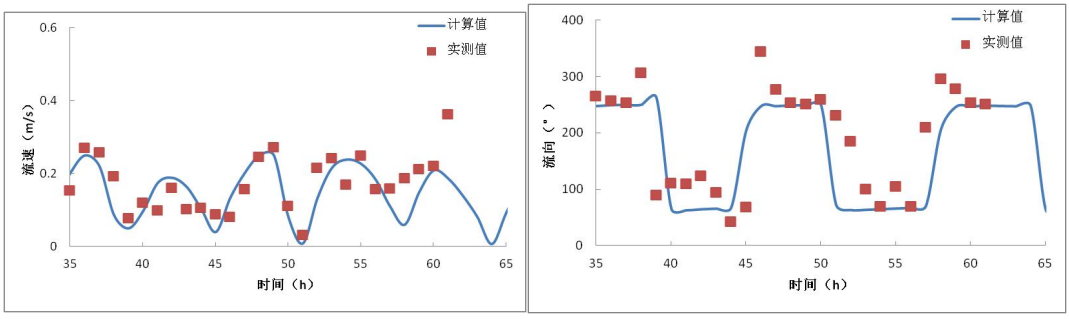


图 4.2-5H1 站流速、流向验证

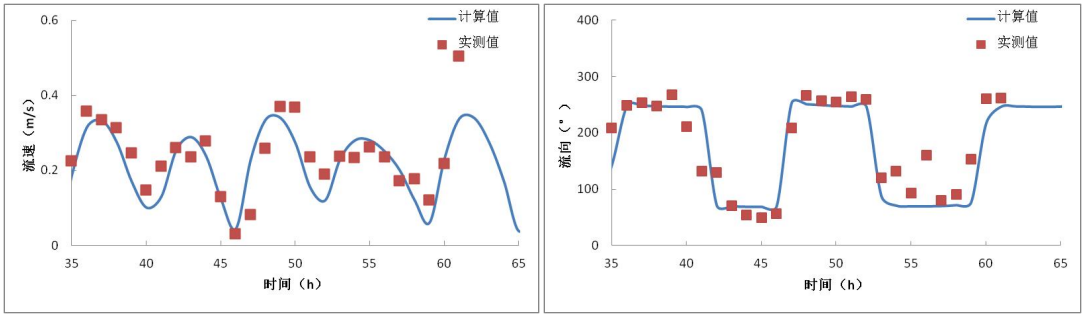


图 4.2-6H2 站流速、流向验证

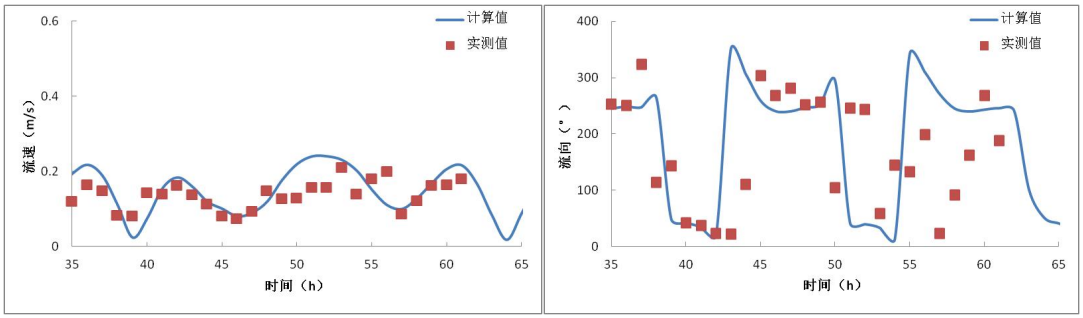


图 4.2-7H3 站流速、流向验证

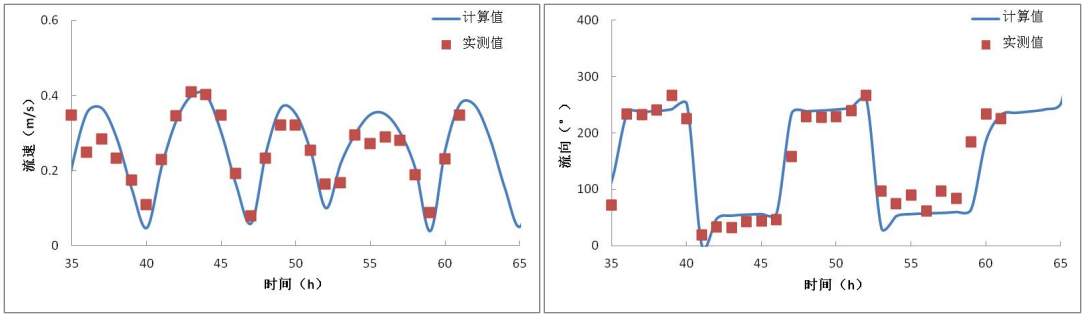


图 4.2-8H4 站流速、流向验证

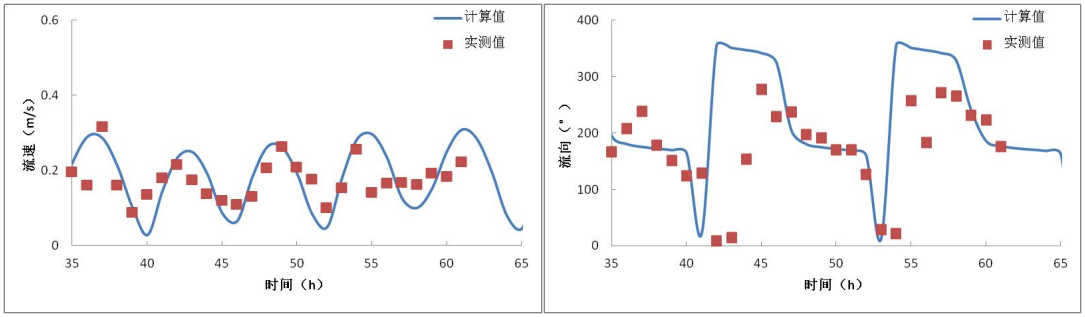


图 4.2-9H5 站流速、流向验证

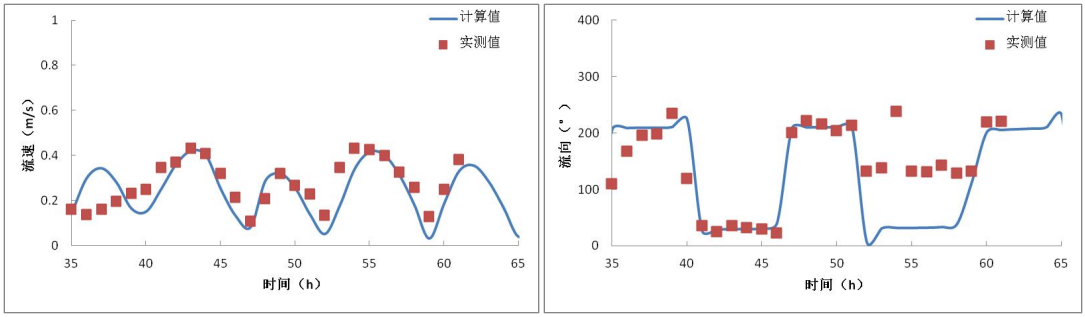


图 4.2-10H6 站流速、流向验证

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 4.2-11、图 4.2-12 为计算域涨急和落急流场图。模拟结果显示，涨急时外海潮流流向靖海湾及其北部的海门湾。靖海湾和外海张潮流流向以东北流为主，海门湾流向则以北向流为主。受地形边界控制，以及靖海湾东北的防波堤影响，靖海湾内流速较小，0.02m/s 左右，外海流速 0.6m/s 左右。落急时刻的态势则相反，靖海湾和外海落潮流流向以西南流为主，海门湾则以南向流为主。同样，靖海湾内流速较小，外海流速明显大于湾内流速。

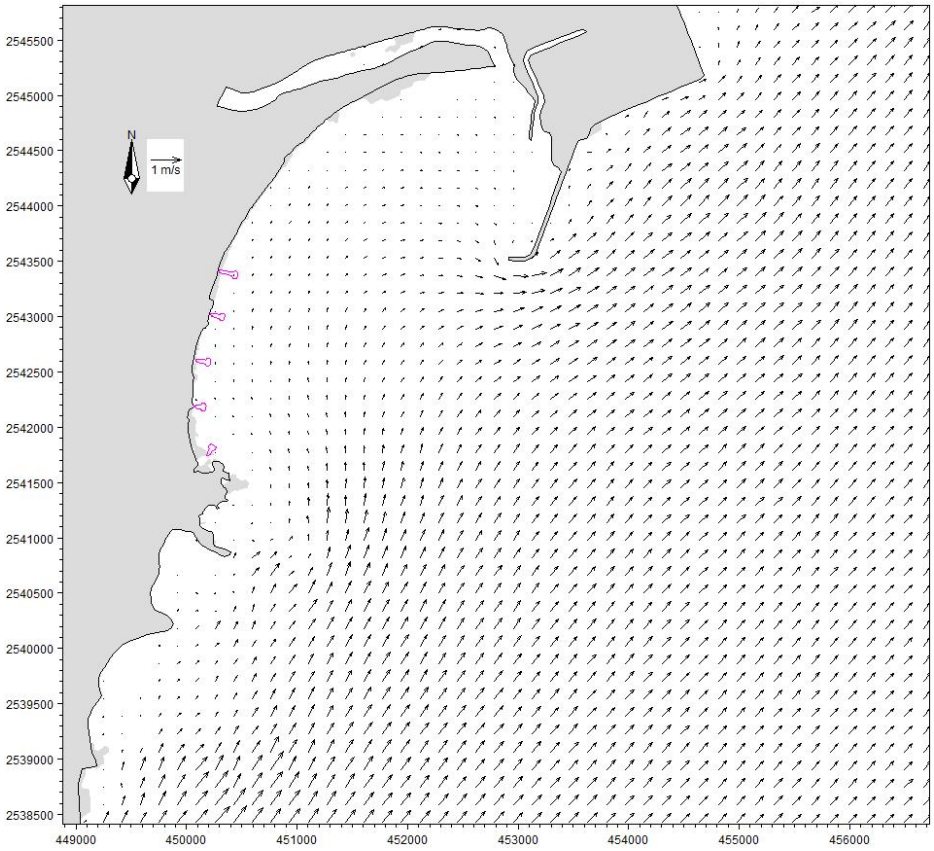


图 4.2-11 工程前工程海域涨急流场

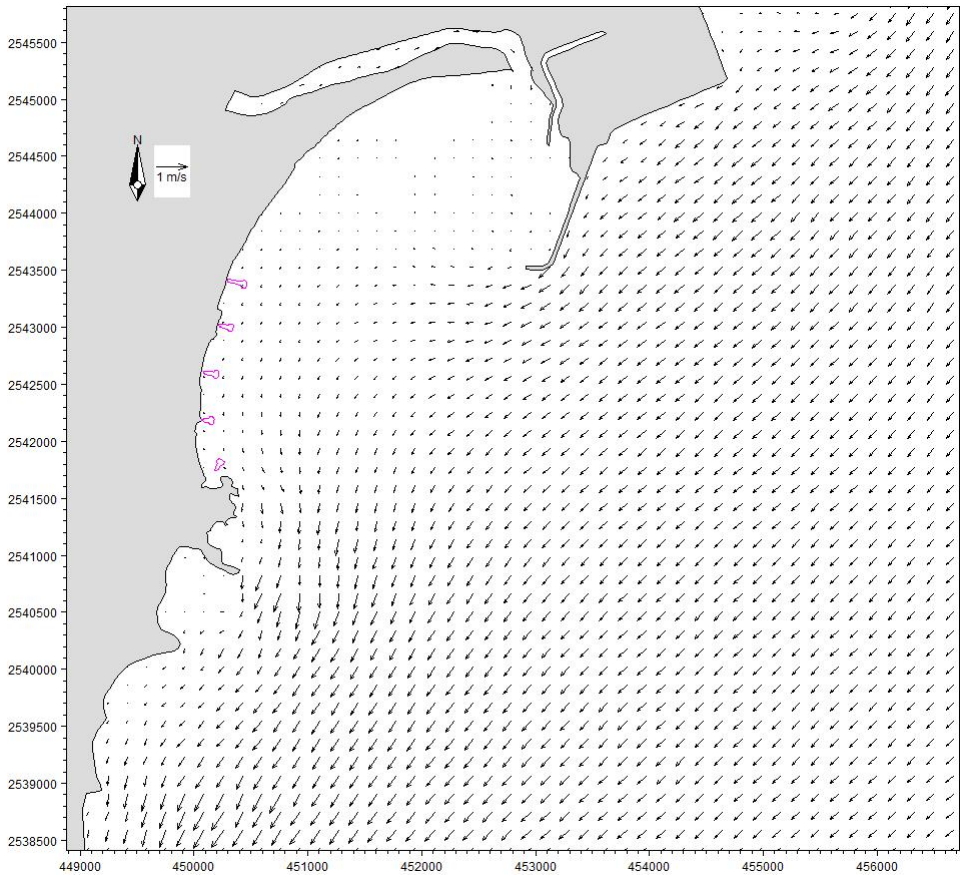


图 4.2-12 工程前工程海域落急流场

4.2.1.4 工程后水动力环境变化分析

修复工程实施后带来工程周边水动力特征的变化，对流场和流速流向均产生影响。通过数值模拟的方法对修复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。为了更清楚地说明工程对水动力的影响程度，通过在工程周边布设 10 个代表点来统计其水动力特征变化。代表点分布在拦砂堤附近，具体位置见图 4.2-13。其特征值统计表见表 4.2-2 和表 4.2-3，工程前后模拟的特征时刻流场对比见图 4.2-14~图 4.2-17。

拦砂堤修复工程实施前，工程附近大潮涨急流速位于 0.028m/s~0.054m/s 之间，大潮涨急流向位于 14.4°~348.0°之间；大潮落急流速 0.046m/s~0.118m/s 之间，大潮落急流向位于 157.2°~205.2°之间。

拦砂堤修复工程实施后，由于拦砂堤的建设，周边水域水动力环境会发生较大幅度的变化，拦砂堤之间流速以减小为主，拦砂堤堤顶附近流速以增大为主。其中，大潮涨急流速变化幅度在-0.007m/s~0.004m/s 之间，大潮涨急流向变化幅度为-4.8°~2.7°

之间；大潮落急流速变化幅度在-0.028m/s~-0.006m/s 之间，大潮落潮平均流向变化幅度为-14.7°~18.5°之间。

从局部放大流场图可以看出，堤坝建成后，受丁字坝掩护影响，堤坝之间的水域水流流速明显减小，影响范围在 200m 以内，200m 外海域水动力环境影响较小。

由统计结果可知，拦砂堤修复工程实施后改变了附近水域的水动力环境，拦砂堤附近水流流态变化较大，影响范围在 200m 范围内，距离拦砂堤较远的水域水动力环境变化幅度相对较小。

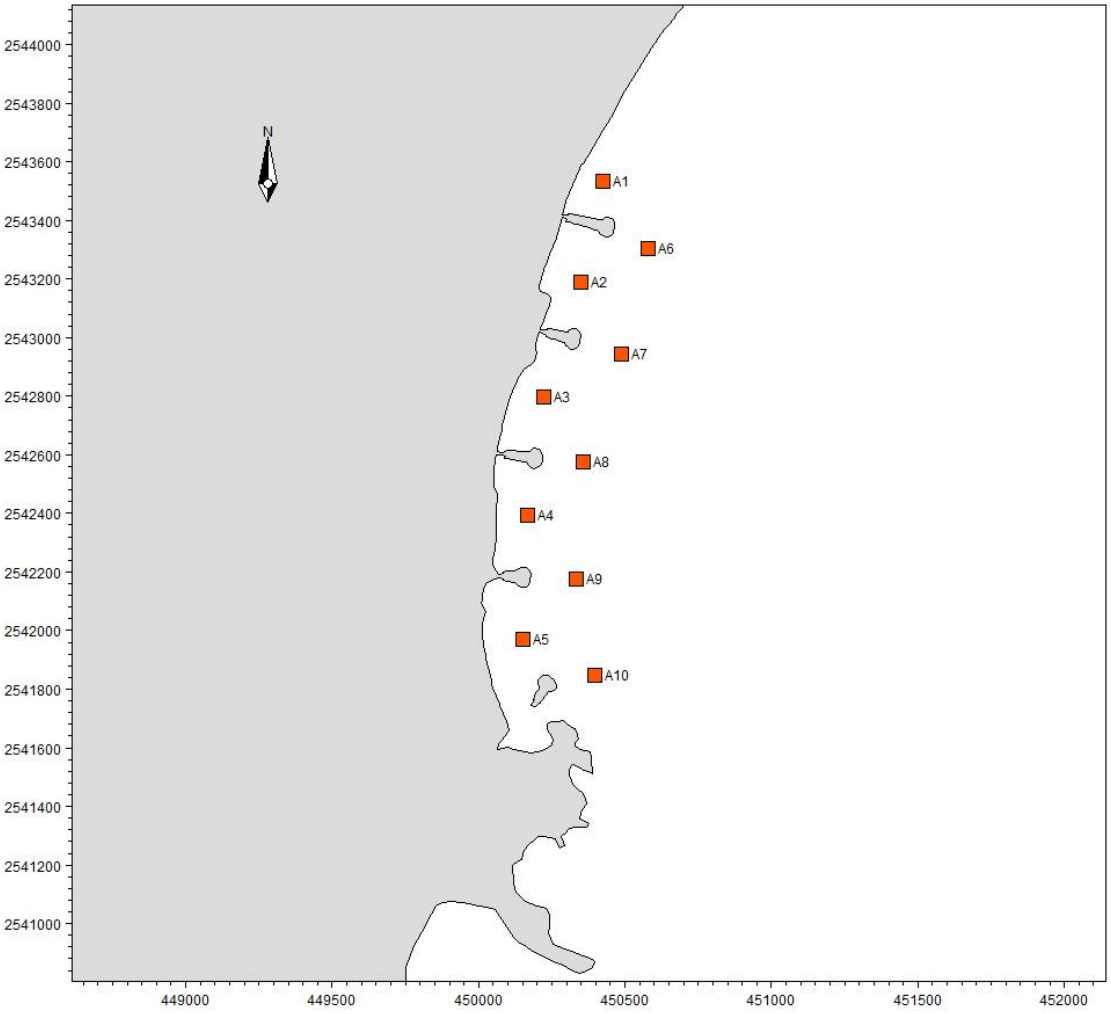


图 4.2-13 代表点位置图

表 4.2-2 工程前后大潮涨急流速流向变化

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	0.028	0.023	-0.005	28.7	23.9	-4.8
A2	0.044	0.037	-0.007	21.5	22.4	0.9
A3	0.038	0.038	0.000	24.6	25.9	1.3
A4	0.040	0.044	0.004	19.4	21.3	1.9
A5	0.028	0.030	0.002	348.0	348.3	0.3

A6	0.054	0.056	0.002	26.3	24.5	-1.8
A7	0.054	0.055	0.001	21.7	19.9	-1.8
A8	0.051	0.051	0.000	16.2	13.8	-2.4
A9	0.039	0.039	0.000	14.4	17.1	2.7
A10	0.051	0.051	0.000	345.6	344.2	-1.4

表 4.2-3 工程前后大潮落急流速流向变化

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	0.046	0.031	-0.015	205.2	190.5	-14.7
A2	0.064	0.036	-0.028	193.4	208.5	15.1
A3	0.059	0.036	-0.023	199.0	211.0	12.0
A4	0.063	0.046	-0.017	184.5	198.3	13.8
A5	0.047	0.028	-0.019	169.3	187.8	18.5
A6	0.062	0.068	0.006	203.2	201.5	-1.7
A7	0.078	0.082	0.004	197.3	197.8	0.5
A8	0.084	0.086	0.002	190.1	190.4	0.3
A9	0.085	0.087	0.002	176.5	177.4	0.9
A10	0.118	0.119	0.001	157.2	159.6	2.4

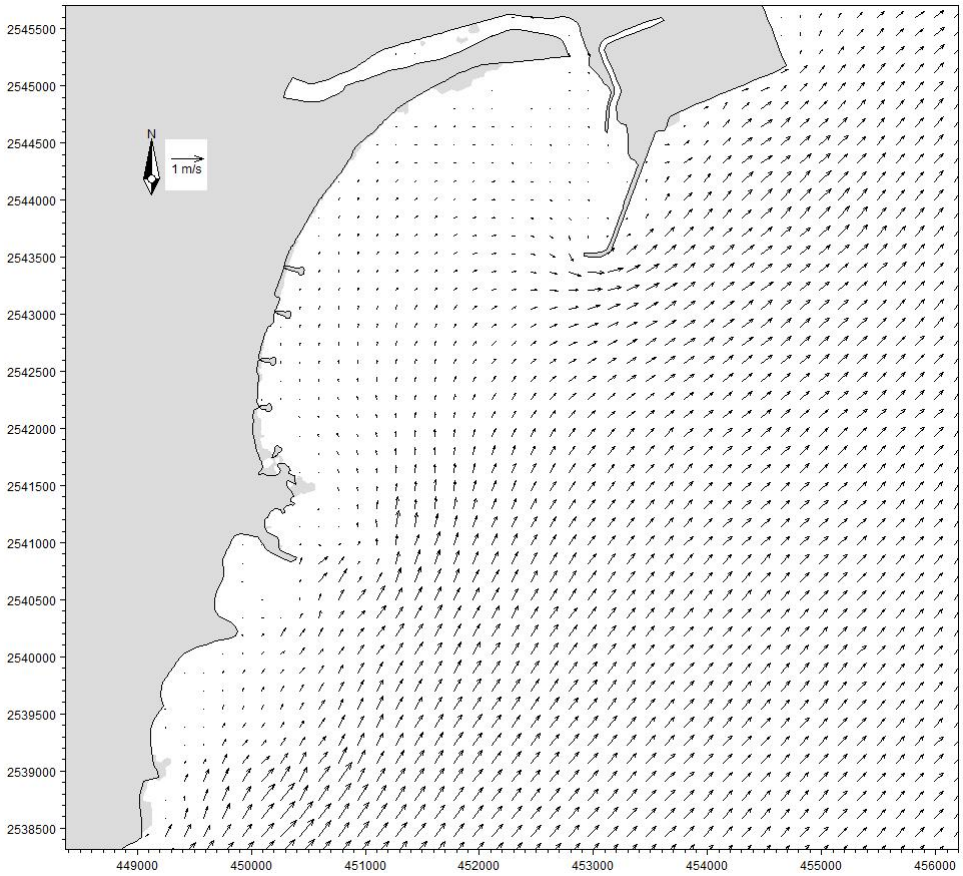


图 4.2-14 工程区涨急流场图（工程后）

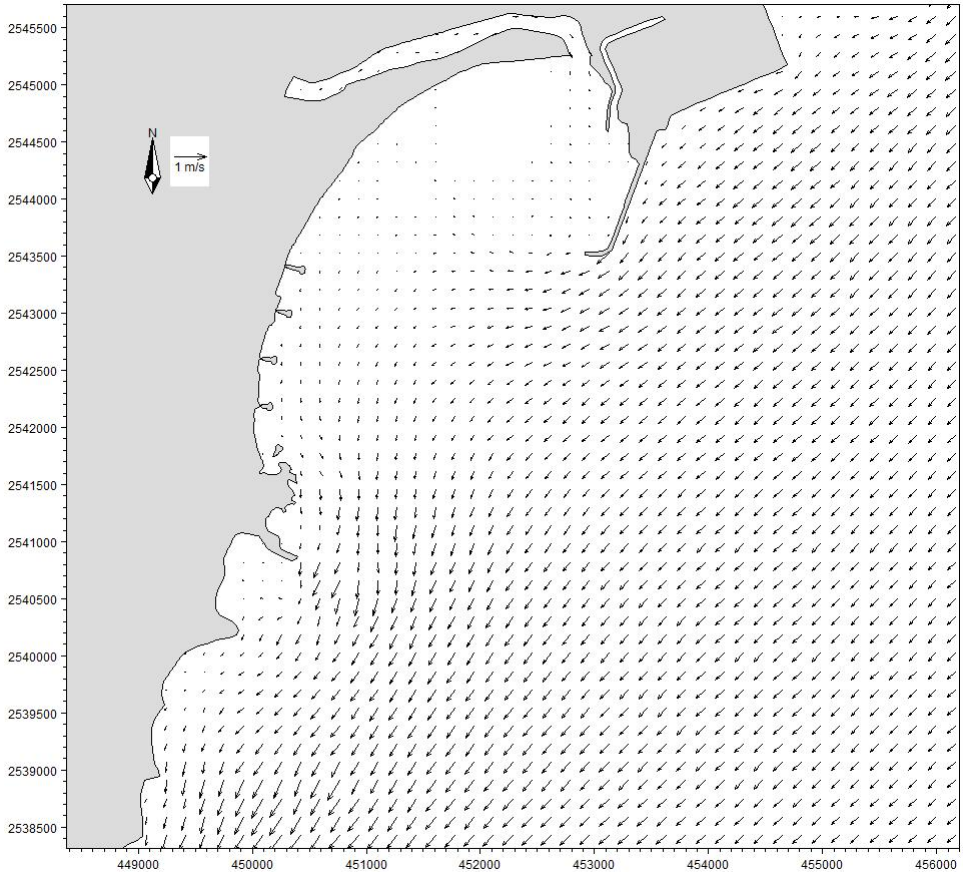


图 4.2-15 工程区落急流场图（工程后）

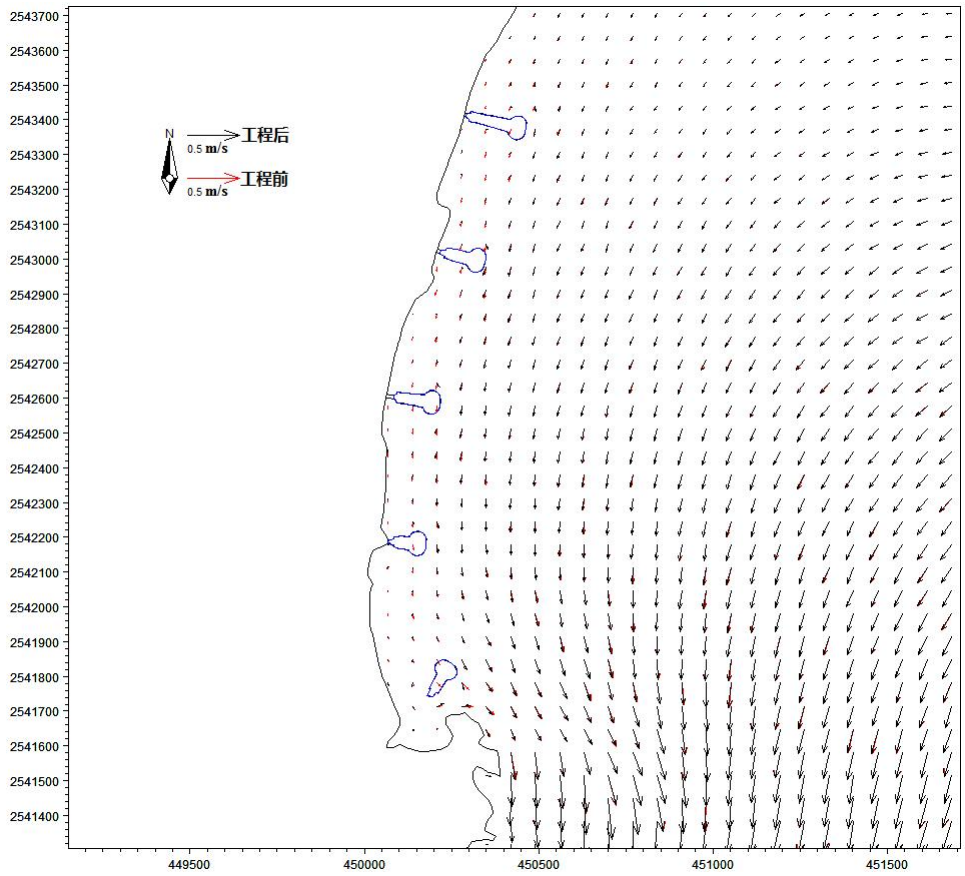


图 4.2-16 工程前后落急流场叠加图

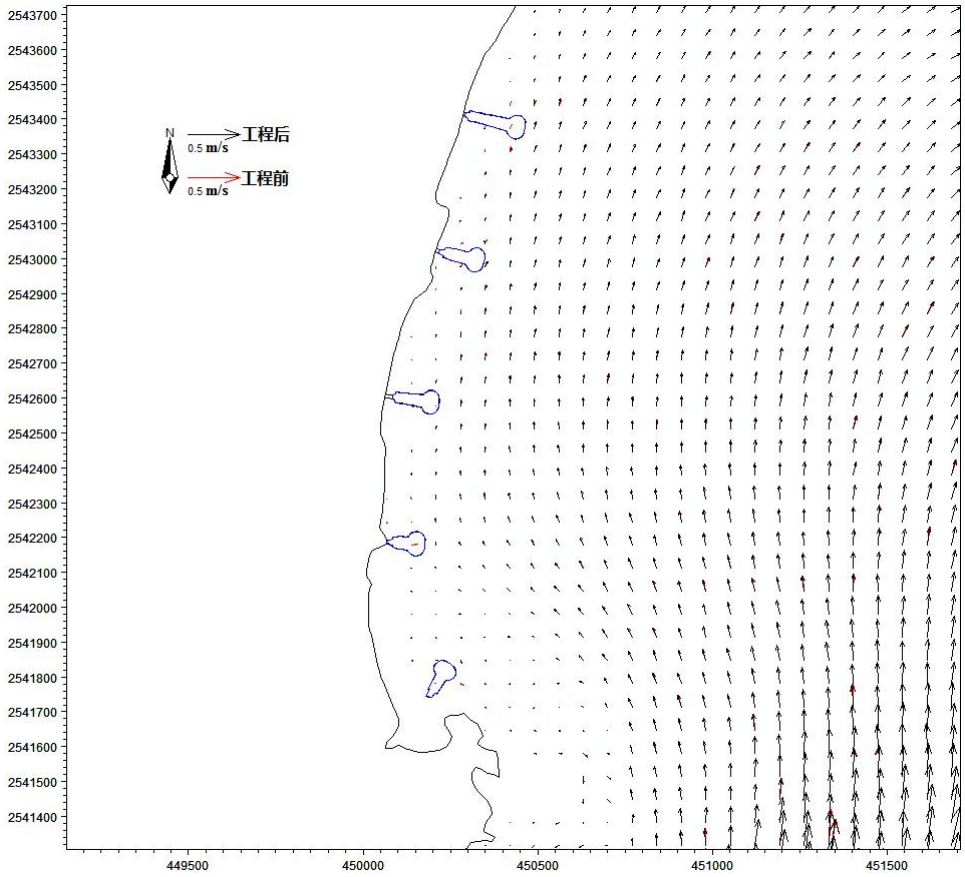


图 4.2-17 工程前后涨急流场叠加图

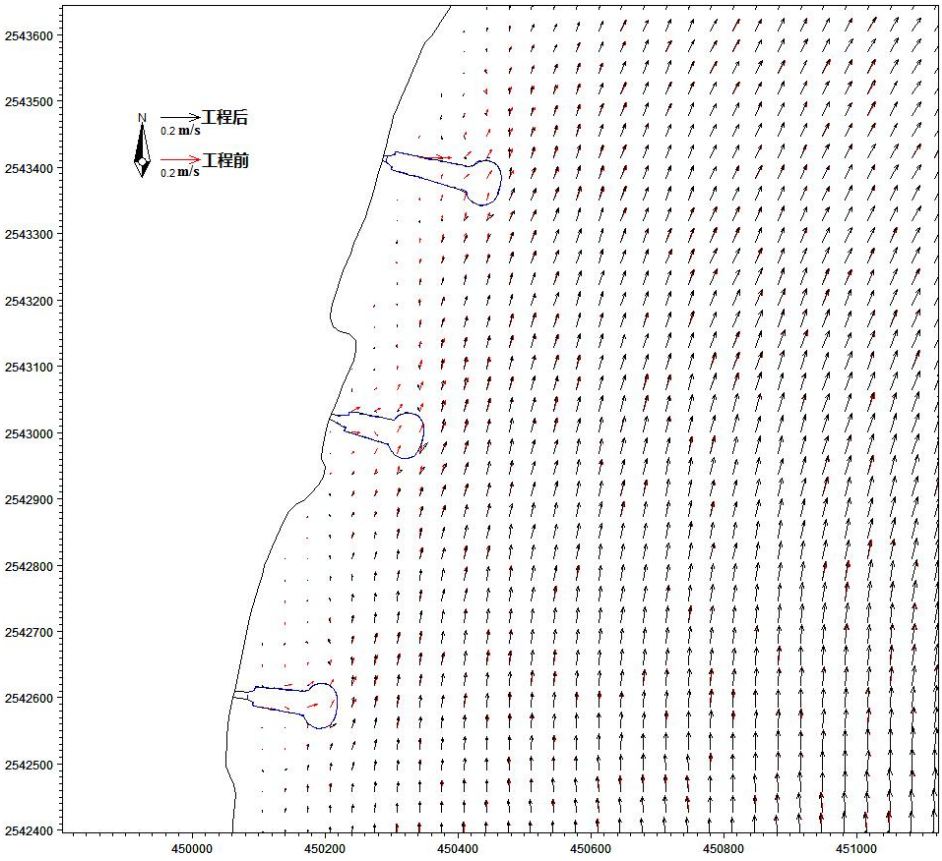


图 4.2-18 工程前后涨急流场叠加图（局部放大）

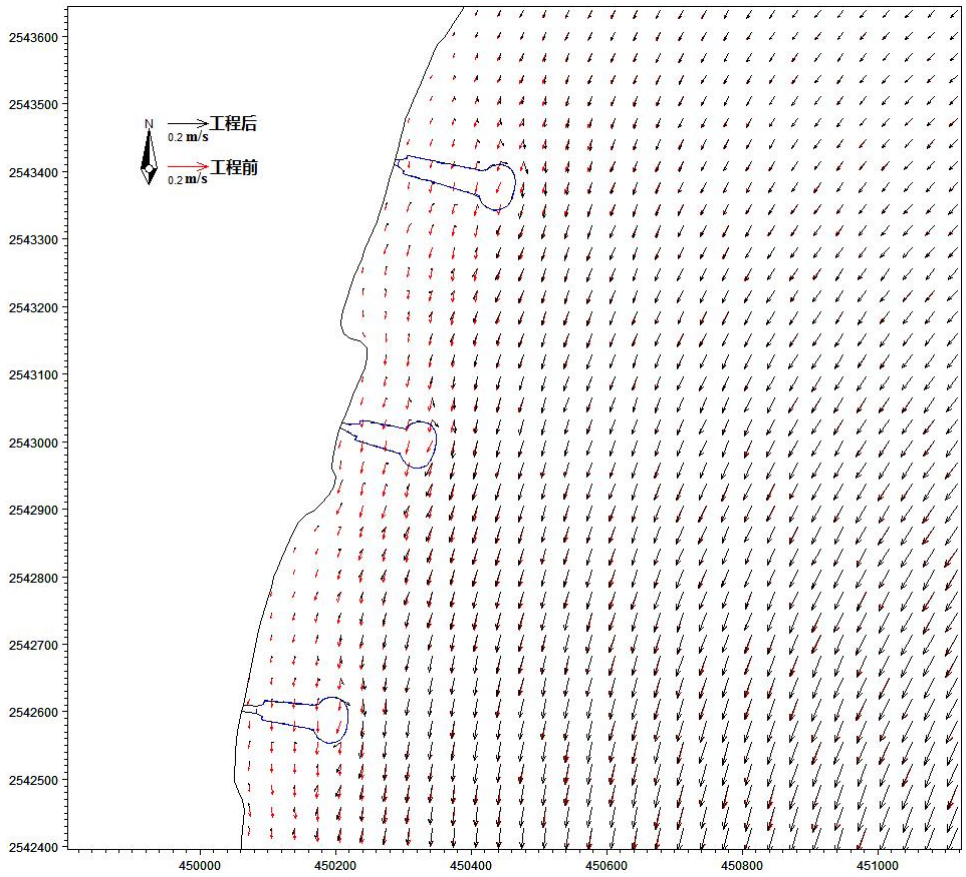


图 4.2-19 工程前后落急流场叠加图（局部放大）

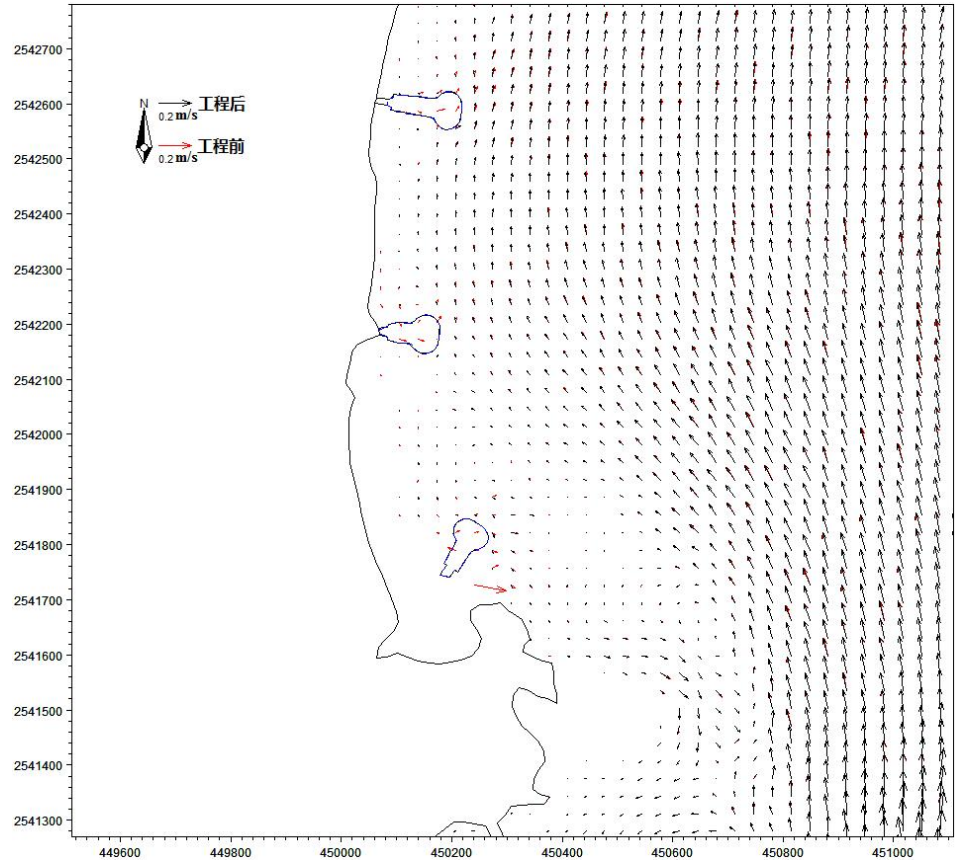


图 4.2-20 工程前后涨急流场叠加图（局部放大）

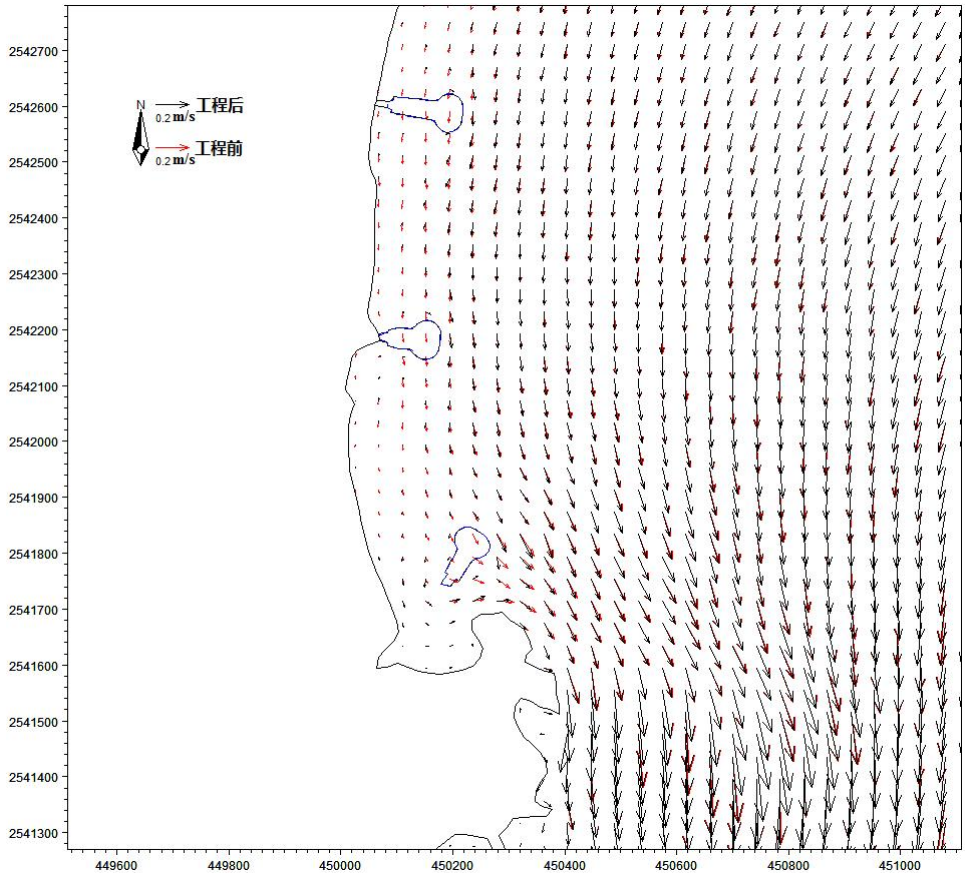


图 4.2-21 工程前后落急流场叠加图（局部放大）

4.2.2 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抛石过程中所产生的源强。施工时，在施工区域周围会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

4.2.2.1 模型介绍

基本方程

悬浮物扩散方程：

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

其中：

x、y—空间水平坐标轴；

u、v—x、y 轴向流速；

t—时间变量；

h—水深；

D_x、D_y—沿 *x*、*y* 轴向的涡动分散系数；

c—沿水深平均的人为升高物质浓度；

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

$k=\alpha\omega$，*α*—泥沙沉降机率。

ω—为沉速。

浓度场定解条件

（1）边界条件

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

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

考虑到模型的范围足够大，取流入计算域的浓度值为零。

（2）初始条件

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

式中 C_0 为计算初始时刻水域中各点的浓度值，计算中取为零。

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Δt＝30s。

（3）涡动分散系数

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

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

（4）泥沙沉降机率

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

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

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

4.2.2.2 源强分析

块石抛填：抛石一方面由于细颗粒泥沙带入水中增加水体悬浮物浓度，另一方面抛石挤出的泥沙清除过程也产生颗粒悬浮物。对于前者由于工程采用抛大块石挤淤，故细颗粒泥沙含量极小，而且当填筑高程高于地面时，填筑料对水体影响更小，故这里不计抛石直接带入水中的泥沙。

抛石激起的悬浮物源强

抛石激起的海底沉积物产生的悬浮物源强按下式计算：

$$S=（1-\theta）\cdot\rho\cdot\alpha\cdot P$$

式中：

S——抛石挤淤形成的悬浮物源强（kg/s）；

θ——沉积物天然含水率（%），取 44%；

ρ——沉积物中颗粒物湿密度（kg/m3），取 1560kg/m^3；

α——沉积物中悬浮物颗粒所占百分率（%），取 20%；

P——平均挤淤强度，根据本工程施工方案，P 取 0.003m^3/s。

根据《岩土工程地质勘察报告》，“淤泥质细砂（层序号 2-1）：灰黑色，饱和，松散，主要成分为石英，次棱角状，分选性一般，约混 15-20%淤泥”取 20%。淤泥质土层的天然含水率平均值为 44%。淤泥湿密度为 1400kg/m^3，细砂湿密度为 1600kg/m^3，则淤泥质细砂（层序号 2-1）湿密度平均值约 1560kg/m^3。

根据计算，抛石激起的海底沉积物产生的悬浮物源强均约为 0.52kg/s。

4.2.2.3 模拟结果

模拟工程海域堤坝抛石施工作业过程，输出每半小时的浓度场，统计在工程海域悬沙增量大于 10mg/L 面积，获得瞬时最大浓度场。并叠加模拟期间内各网格点构成的最大浓度值的浓度场，构成“包络浓度场”，施工产生的悬浮泥沙包络线面积统计结

果见表 4.2-4。图 4.2-18 为模拟期内工程海域抛石施工过程中产生悬沙增量包络线浓度场。

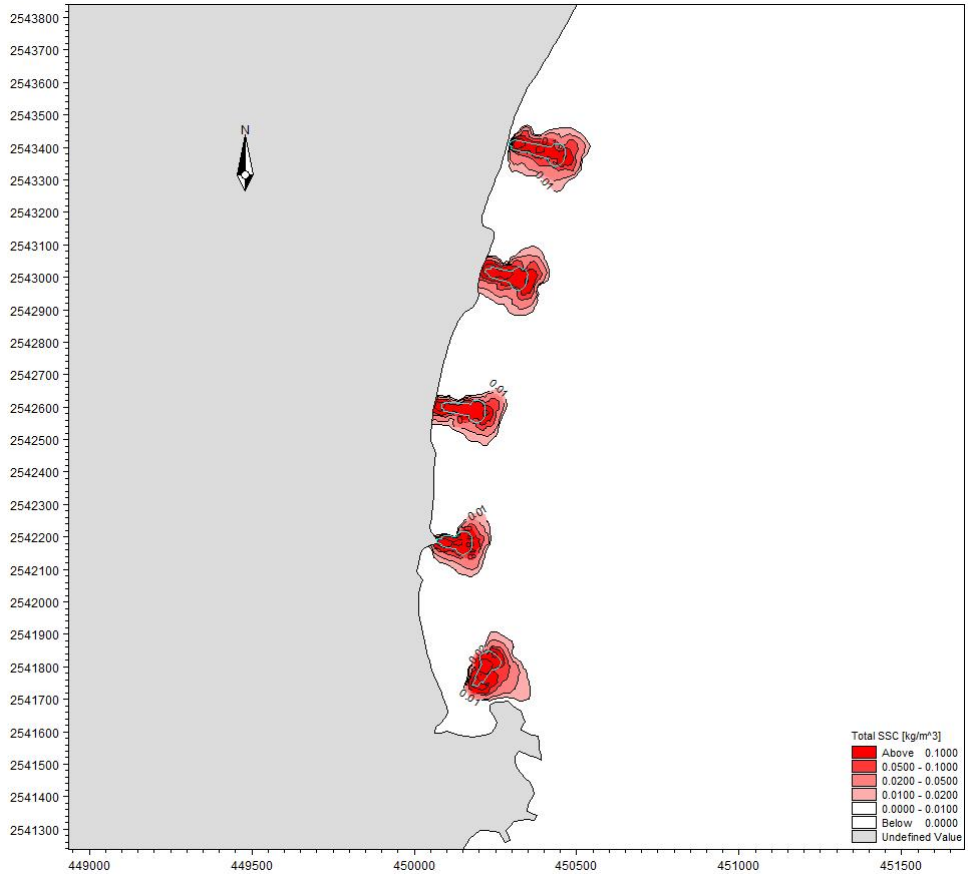


图 4.2-18 抛石施工产生悬沙增量包络线浓度图

表 4.2-4 施工产生悬沙增量面积(km^2)

浓度 工况	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离（km）	
					SE	N
抛石施工	0.146	0.092	0.056	0.031	0.2	0.1

在拦砂堤抛石施工作业过程中，由设备的扰动使水体中的泥沙再悬浮，造成水体混浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为 SS。

计算结果显示，拦砂堤抛石施工作业过程产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从整体分布趋势看，对海域污染的范围主要是在工程周边很小的范围内。拦砂堤抛石施工产生悬沙增量大于 100mg/L 高浓度区包络线面积约为 0.031km^2，大于 50mg/L 高浓度区包络线面积约为 0.056km^2，大于 20mg/L 高浓度区包络线面积约为 0.092km^2，大于 10mg/L 高浓度区包络线面积约为 0.146km^2。

4.2.3 地形地貌与冲淤环境影响分析

本节资料引用珠江水利委员会珠江水利科学研究院 2016 年 7 月的《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程岸线演变和地形冲淤影响数值模拟研究报告》。

1、工程实施前靖海湾岸滩演变分析

惠来电厂防波堤工程后，新的人工岬角控制的靖海湾弧形岸线凹入度过大，现岸线位于终极平衡位置的向陆一侧，岸滩侵蚀和堆积调整变化趋势有以下特点:

(1)受惠来电厂防波堤人工岬角掩护的遮蔽段绕射浪场区，碎波带沿岸输沙指向上岬角方向，岸滩呈堆积外展拓宽趋势，减小圆弧湾顶段过大的凹入度，最终趋向新的终极平衡位置，新堆积拓宽的岸滩由沿岸波能较强向沿岸波能较弱的方向(指向上岬角)推进发展。

(2)由于波浪减弱的同时伴随着沿岸输沙能力(或沿岸泥沙流强度)的减小，新堆积岸滩的泥沙粒径、外展宽度、纵延长度和剖面形态的变化都会表现出相应的空间递变特征，甚至在波浪掩护消能效果良好的紧邻防波堤上岬角的局地岸段可能缺失新堆积岸滩，可见，这种堆积型动态调整趋势是一个相对缓慢且长期存在的持续累积的过程，取决于波浪动力的强弱和反向输沙的强度。

(3)反向输沙的供沙源地来自下波侧方向岸滩侵蚀相对增强的岸段，主要位于原自然状态靖海湾弧形海岸体系的直线切线段，该岸段由于缺少了自然条件下的轻微侵蚀型相对稳定状态的沿岸输沙补充(即使其量值不大)，在修建惠来电厂防波堤后靖海湾弧形海岸沿岸输沙的“汇”和“源”逆转，是该岸段相对侵蚀或侵蚀后退加剧的主要原因。

上述靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整变化是防波堤工程后必然发生的、长期显现的、缓慢而持续的过程和趋势。通常，起初数年，直线段侵蚀后退和湾项段堆积外展的速率较快，而后渐趋缓和。但是，只要靖海湾弧形岸线未达到其新的终极平衡位置，这一调整变化过程和趋势仍将持续显现和发展。湾顶段的堆积空间甚巨，考虑到修建惠来电厂防波堤后湾顶段波能减小显著，但是靖海湾相对独立且海域(内陆架)泥沙长期不足，假定二分之一的堆积空间全部由直线段侵蚀海岸补给泥沙，可以推断，海岸侵蚀是中长期时间尺度上的累积量值，靠近下岬角(资深角)的海岸区段(绿洲岸段及其附近)的侵蚀后退将会是一个长期的持续过程和趋势。

2、工程方案对靖海湾平衡类型的影响

工程方案实施后，下岬角向海伸出约 140m。则靖海湾海岸形态要素中，湾顶最大凹入距离未变，仍为 2.05km，控制线 b 为 3.26km，a/b 的值变为 0.63，α增大至 52°，此时靖海湾岸线状态点(52，0.63)亦落在曲线的上方，岸线仍处于堆积状态，直至 a/b 的值为 0.47 为止。

再利用极端平衡岸线的静态平衡方程 R/b=0.81a08310077，推算出靖海湾在整治方案下平衡时的最终形态如下图。

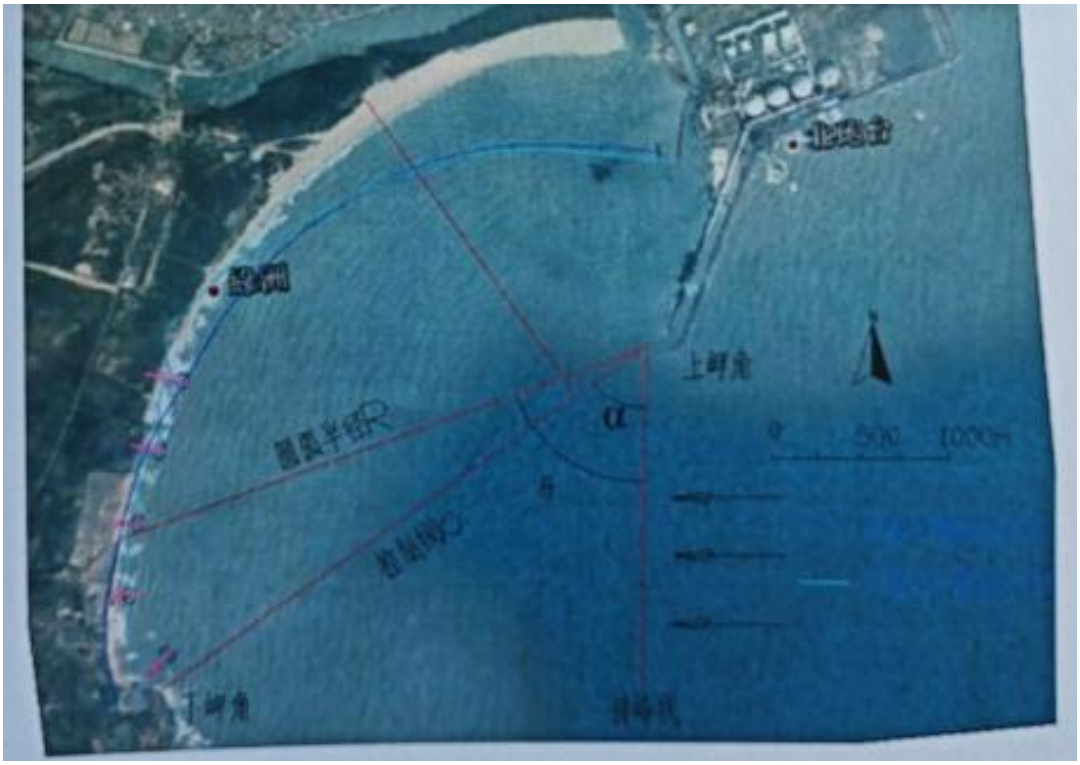


图 4.2-19 工程方案下靖海湾海岸平衡状态拟合示意图

3、工程后靖海湾岸滩侵蚀与淤积调整趋势

沿绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸“⊥”型结构丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙对泥沙造成的损失，工程前后靖海湾冲淤分布见图 4.2-20、图 4.2-21。绿洲段岸线侵蚀现象得到一定程度的缓解。在局部岸线段设置人工岬角后，靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整变化趋势有以下特点：

（1）1#丁坝呈 SW-NE 向，受 1#、2#两丁坝影响，新岬角的遮蔽段位于 1#丁坝的上侧，碎波带沿岸输沙指向上岬角方向(2#丁坝)，岸滩呈堆积外展拓宽趋势，以减小圆弧湾顶段过大的凹入度。1#~2#丁坝坝田区淤积带基本沿岸线分布，平均淤积强度在 0.06m/a，最大淤积强度 0.24m/a。E 向波仍能作用 1#~2#丁坝坝田区，加上 1#丁坝对波

浪的产生的绕射影响，在靠近 1#丁坝区产生冲刷区，基本以弧形分布，平均冲刷强度在 0.05m/a，最大冲刷强度 0.12m/a。

（2）2#~3#、3#~4#、4#~5#丁坝形成的人工岬角区域形成相似的岬角区，上岬角位于上丁坝，下岬角位于下丁坝，优势波浪经“工”型结构丁字坝折射、绕射后，在上丁坝下方形成遮蔽区，同时沿岸输沙带受阻后，在丁坝下方形成淤积区。随着沿岸输沙能力(或沿岸泥沙流强度)的减小，新堆积岸滩的泥沙粒径、外展宽度、纵延长度和剖面形态的变化都会表现出相应的空间递变特征。2#~3#、3#~4#、4#~5#丁坝坝田区沿岸分布淤积带,其中，2#~3#坝田区淤积强度最大，4#~5#坝田区最小。同样在丁坝坝头连线附近分布有冲刷区，2#~3#的区域与 E 向波峰线基本平行，冲刷幅度最大，约为-0.20m/a。

（3）在 5#丁坝与惠来电厂间亦形成新的岬角区。该区域的趋势与现状条件基本一致。沿岸线同样分布有淤积带，受工程方案的影响，丁坝切断了沿岸输沙路径，该区域泥沙来源减少，淤积强度略有降低。在下岬角，即 5#丁坝北部区域分布有冲刷区，因为该区域仍为波浪作用区，冲刷幅度在-0.02m/a。

上述靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整变化是人造岬角后必然发生的、长期显现的、缓慢而持续的过程和趋势。通常，起初数年，直线段侵蚀后退和湾项段堆积外展的速率较快，而后渐趋缓和。但是，只要靖海湾弧形岸线未达到其新的终极平衡位置，这一调整变化过程和趋势仍将持续显现和发展。

图 4.2-20 现状条件下靖海湾冲淤分布图

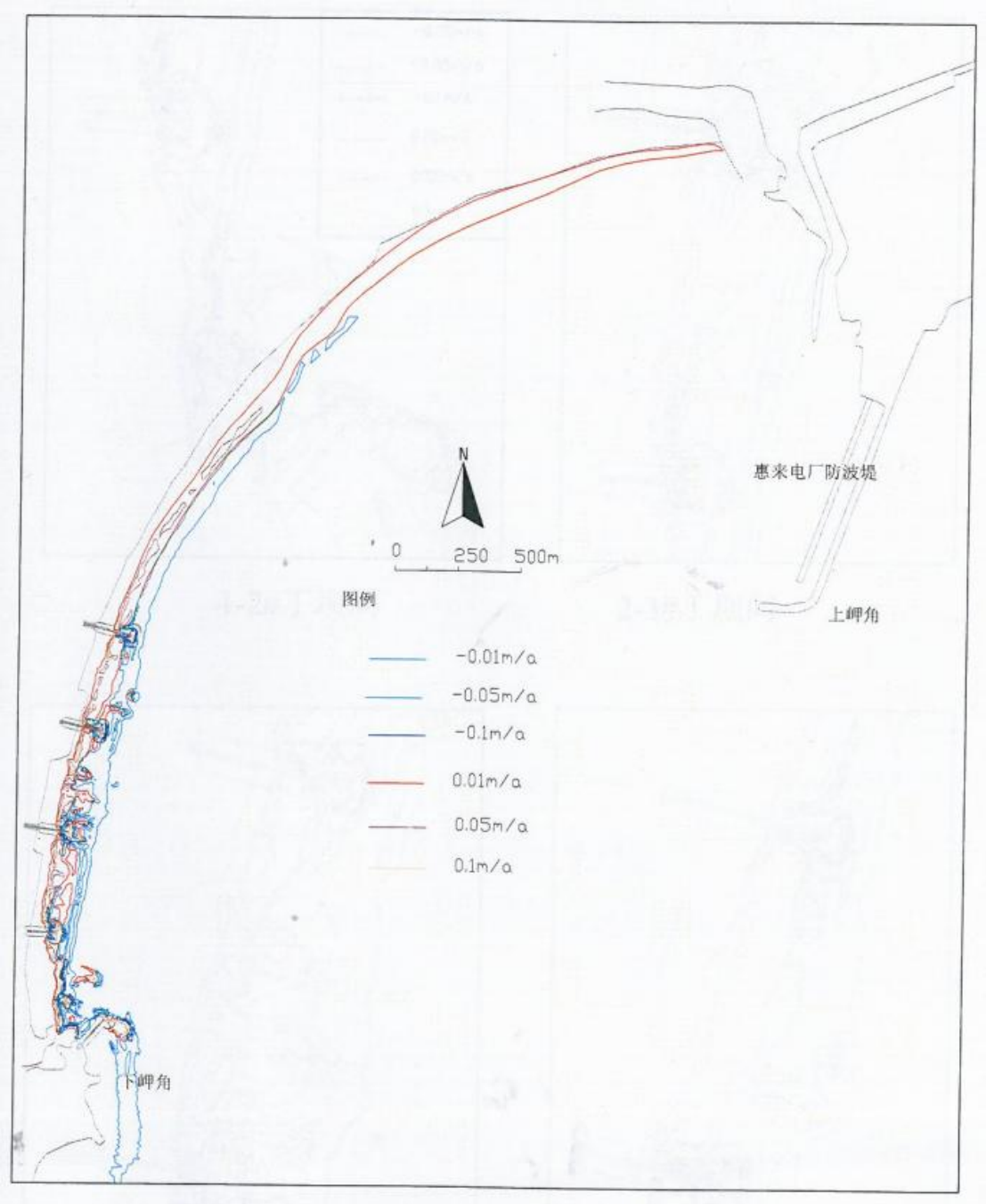


图 4.2-21 工程方案下靖海湾冲淤分布图

4、结论

（1）靖海湾目前仍是一个发育的砂质弧形海岸，在诸多影响靖海湾发育的因素中，径潮动力影响很小，波浪掀沙、沿岸流输沙作用影响最大，其中波浪是岸滩泥沙运动和侵蚀堆积地貌塑造的关键动力因子。

（2）惠来电厂防波堤的修建，改变了靖海湾的形态要素(上呷角的位置)，优势浪向经防波堤堤头进入湾顶发生绕射、折射后，泥沙的输沙方向为指向上呷角，海湾处于堆积型动态平衡。

（3）据 2008-2015 年岸线分析可知，绿洲段海岸线年侵蚀后退为 5.75m/a。在砂质岸滩因长期供沙不足的全球性缓慢侵蚀的环境下，惠来电厂防波堤加剧了绿洲段岸线侵蚀后退的速率和幅度。也进一步说明了绿洲海岸带综合整治与修复工程势在必行。

（4）沿绿洲侵蚀岸段布置的 5 组垂岸“⊥”型结构丁字坝，对波浪进行了反射和折射，有效地分散了波浪在传播方向上的能量，起到了对岸线附近波能的重新分布和调整的作用。原来的沿岸输沙方向由下向上输沙，修建丁坝后，输沙被拦截，在丁坝下方形成淤积区随着沿岸输沙能力(或沿岸泥沙流强度)的减小，新堆积岸滩的泥沙粒径、外展宽度、纵延长度和剖面形态的变化都会表现出相应的空间递变特征。

（5）用静态平衡湾海岸理论中的双曲线模型对工程后的平衡岸线作出预测，给出了新的平衡岸线，并对靖海湾未来岸滩侵蚀与淤积调整趋势。结果显示，5 组垂岸“工”型结构丁字坝的设置构成了局部地域的人工呷角，符合弧形海岸理论及其稳定平衡岸滩模式。

4.2.4 项目对海洋生态的影响分析

本项目建设对海洋生态环境的影响主要是施工期间对生活在其中的水生生物产生不良影响。海洋生物按生活习性可分为浮游生物、游泳动物和底栖生物三大生态类群，工程建设期间悬浮泥沙对不同生态类群的影响方式和影响程度也不尽相同。

4.2.4.1 对底栖生物的影响

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

丁字坝建设对底栖生物最主要的影响是桩基占地等施工行为将改变底栖生物原有的生境，海域大部分底栖生物将被铲除、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。

4.2.4.2 对浮游生物的影响

施工将产生少量的悬浮泥沙。从水生生态角度来看，施工水域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱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，降低单位水体内浮游植物数量，导致局部水域内初

级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。在水生食物链中，除了初级生产者——浮游藻类以外，其它营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，那么再以这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个水生生态食物链的影响是多环节的。

同时，浮游动物也将因阳光的透射率下降而迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，

尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。本项目施工悬浮泥沙对水质的影响属于短期环境效应，施工结束后，依靠水体的运动将其它地方的浮游生物融入作业点，浮游生物群落将逐渐重新建立，在做好增殖放流工作的前提下，生物量可实现有效恢复。

4.2.4.3 对游泳生物的影响

施工会对游泳生物产生一定影响，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。抛石过程产生的悬浮物质含量产生变化，并由此造成水体混浊度的变化，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，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

海上施工造成局部水中悬浮物质含量过高，使鱼类的腮腺积聚泥沙微粒，严重损害鳃部的滤水和呼吸功能，甚至导致鱼类窒息死亡。不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量为 6000mg/L 时，最多能存活一周；含量为 300mg/L 时，若每天做短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L 时，则鱼类能存活 3～4 周。通常认为悬浮物质的含量在 200mg/L 以下时，不会导致鱼类直接死亡。但在海上作业点中心区附近的鱼类，即使悬浮物浓度过高也未能引起死亡，但其腮部会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。

综上，从食物链的角度考虑，施工不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定负面影响。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议海上施工尽量避开这一季节。但总体来说，本项目施工期时间较短，对水质的影响属于短期环境效应，施工结束后，依靠水体的运动将其它地方的游泳生物融入作业点，在做好增殖放流工作的前提下，经过一段时间的调整与恢复，附近水域海洋生物区系重新形成。

4.3 资源影响分析

4.3.1 对海岸线及海域空间资源的影响分析

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。因此，项目的施工需临时占用一部分海域空间资源，对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。

本项目占用的海洋功能区为靖海港口航运区。项目用海面积仅 2.3730 公顷，占用海域面积较小，申请海域没有用海权属冲突，没有规划用海项目，不会对海域空间资源产生较大的影响。

根据 2022 年广东省政府批准岸线数据显示，本项目 2#丁字坝占用 2022 年广东省政府批复岸线长度 1.4m，岸线类型为自然岸线（砂质岸线）。项目所处海岸侵蚀情况较为严重的岸段，海岸带受潮流冲刷、淹没，已遭到严重的破坏，丁字坝的投入使用有效地保护了海域海岸带的资源环境。

4.3.2 对海洋生态保护红线的影响

根据《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目占用“绿洲海岸防护物理防护极重要区”生态保护红线。

本项目为丁字坝建设，目的是综合整治与修复靖海湾海岸带通过综合整治修复，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，另一方面，项目属于防灾减灾体系建设用海的要求，不会对“绿洲海岸防护物理防护极重要区”生态保护红线产生不利影响。

项目建设产生的悬浮泥沙量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.146km^2，影响范围仅限于施工区域附近。施工影响是短期的，悬浮泥沙在施工结束后可很快沉降，施

工过程中不会排放有毒、有害物质，基本不会对海洋环境质量产生影响，不会造成周边海域生物资源的衰退。因此，项目建设对绿洲海岸防护物理防护极重要区生态系统影响较小。

图 4.3-1 项目与生态保护红线位置示意图

4.3.3 对海洋生物资源影响分析

海洋生物资源泛指栖息于海洋生境中的所有生物体总称，包括渔业资源、珍稀濒危水生野生动植物以及维系海洋生态功能的其他生物资源。项目施工过程中泥沙悬浮入海后所形成的悬浮物会造成海洋生物栖息环境的改变或破坏，施工海域内局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对海洋生物产生诸多负面影响。其中，最直接的影响是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、繁殖能力，降低单位水体内浮游植物的数量，导致作业点附近局部海域初级生产力水平下降，使浮游植物生物量降低。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，导致以浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而致使渔业资源量下降。

对部分浮游动物来讲，悬浮物粘附在浮游动物身体表面能干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起浮游动物表皮组织的溃烂。浮游动物通过呼吸作用和滤食作用会

使一部分悬浮物进入体内，造成呼吸困难或饥饿死亡。水中悬浮物增多还会降低水中溶解氧含量，进而对浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。

由于项目施工对水质的影响属于局部且短期的环境效应，随着工程的结束，水质将逐渐恢复，浮游生物将会重新植入。浮游生物群落的重新建立，主要靠海水的运动将其它地方的浮游生物带入作业点及其附近海域，并且在一段时间内会恢复到与周围海域基本一致的水平。由于该项目对浮游生物的影响相对较小，加上浮游生物群落恢复期较短，且目前浮游生物暂无经济价值衡量，在此不进行浮游生物资源密度分析。

4.3.3.1 生态损失的计算方法

（一）底栖生物及潮间带损失

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T9110-2007）》（以下简称《规程》），对直接占用底栖生物生存空间造成的资源损失按以下公式进行计算：

$$Wi=Di\times Si$$

式中：

Wi 为第 i 种生物资源受损量；单位为尾或个或千克（kg），在这里指底栖生物资源受损量。

Di 为评估区域内第 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）。在此为底栖生物生物量。

Si 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积；单位为平方千米（km^2）或立方千米（km^3）。本报告中指占用海域面积。

本项目丁字坝为非透水构筑物，占用海域总面积为 2.3730 公顷，其中潮间带面积约为 0.0681 公顷。

根据上文的计算分析得到项目附近调查海域 2022 年春季的底栖生物平均生物量为 1.61g/m^2，2022 年秋季的底栖生物平均生物量为 1.86g/m^2，故底栖生物平均生物量取值为 **1.735g/m^2**。2022 年春季潮间带生物平均生物量约为 38.76g/m^2，2022 年秋季潮间带生物平均生物量约为 111.1g/m^2，春、秋季潮间带生物平均生物量为 **74.93g/m^2**

生物损失量计算如下：

底栖生物损失量：（2.3730-0.0681）$\times 10^4\times 1.735\times 10^{-6}\approx 0.045$t

潮间带生物损失量：$0.0681\times10^{4}\times74.93\times10^{-6}\approx0.005t$

（二）渔业资源损失

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔鱼。对部分游泳生物来讲，悬浮物的影响较显著，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。通过动物呼吸作用，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。水体的浊度提高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。鱼类等游泳生物比较容易适应水环境的缓慢变化，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造成明显的负面影响，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。

根据数模结果，工程引起的悬沙增量范围见下表。

表 4.3-1 悬浮泥沙浓度增量范围一览表

悬浮泥沙浓度增量	包络面积（km^2）	悬浮泥沙浓度增量范围	包络面积（km^2）
＞10mg/L	0.192	10mg/L~20mg/L	0.146
＞20mg/L	0.132	20mg/L~50mg/L	0.092
＞50mg/L	0.075	50mg/L~100mg/L	0.056
＞100mg/L	0.045	>100mg/L	0.031

根据水质预测结果，施工过程中引起的悬沙增量>10mg/L 的包络线面积为 0.146km^2，高浓度中心点主要分布在丁字坝建设范围。因此，游泳生物会由于施工影响范围内的 SS 增加而游离施工海域，施工作业完成后，SS 的影响也将消失，鱼类等水生生物又可游回，这种影响持续时间较短，是暂时性的，一般不会对该海域的水生生物资源造成长期的不良影响，但短期内会造成渔业资源一定量的损失。

按照《规程》，施工产生的悬浮物在扩散范围内对海洋生物产生持续性损害，按以下公式计算：

$$Mi=\times Wj\times T$$

$$Wi=\sum_{j=1}^{n} D_{ij}\times Sj\times Kij$$

式中：

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

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

Sj——某一污染物第 *j* 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

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

n——某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

渔业资源密度（*Dij*）：2022 年春季海洋生态调查结果，游泳生物的平均资源密度为 166.7kg·km^{-2}，鱼卵的平均资源密度为 8.57 粒/m³，仔鱼的平均密度为 0.38 尾/m³。

2022 年秋季海洋生态调查结果，游泳生物的平均资源密度为 473.0kg·km^{-2}，鱼卵的平均资源密度为 0.76 粒/m³，仔鱼的平均密度为 0.19 尾/m³。

故游泳生物平均资源密度取值为 556.35kg·km^{-2}，鱼卵的平均资源密度取值为 4.665 粒/m³，仔鱼的平均密度为 0.285 尾/m³。

浓度增量分区数及各区面积（n，Sj）：见**表 4.3-1**。

生物资源损失率（K_{ij}）：根据《规程》中“污染物对各类生物损失率”（附录 B），悬浮泥沙增量超标倍数及其对应的浓度分区、超标面积和在区内各类生物损失率如下表所示，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

增量影响的持续周期数（T）：丁字坝建设工期为 5 个月，则污染物浓度增量影响的年持续周期数为 10（15 天为 1 个周期）。

海域水深：平均水深取 3m。

表 4.3-2 悬浮泥沙扩散造成的鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失计算表

生物种类	悬沙增值浓度（mg/L）	污染物超标倍数（B_i）	面积（km²）	水深（m）	损失率%	污染物影响周期数 T	生物密度	损失量合计
鱼卵	10~20	B_i≤1 倍	0.054	3	5	10	4.665 粒/m³	5.91×10⁶ 粒
	20~50	1＜B_i≤4 倍	0.036		17.5			
	50~100	4＜B_i≤9 倍	0.025		40			
	≥100	≥9 倍	0.031		75			
仔稚鱼	10~20	B_i≤1 倍	0.054		5		0.285 尾/m³	0.36×10⁶ 尾
	20~50	1＜B_i≤4 倍	0.036		17.5			

	50~100	4＜B_i≤9 倍	0.025		40			
	≥100	≥9 倍	0.031		75			
游泳生物	10~20	B_i≤1 倍	0.054	/	1		556.35kg/km^2	138.36kg
	20~50	1＜B_i≤4 倍	0.036		5.5			
	50~100	4＜B_i≤9 倍	0.025		15			
	≥100	≥9 倍	0.031		60			

4.3.3.2 本项目施工造成的生物损失

本项目造成生物损失合计为：潮间带生物 0.005t，底栖生物 0.045t，游泳生物 138.36kg，鱼卵 5.91×10^6 粒，仔稚鱼 0.36×10^6 尾。

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 揭阳市社会经济概况

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

截至 2022 年 10 月，揭阳市还没有新的人口普查数据，截至 2021 年末全市户籍总人口 712.56 万人；常住人口 561.68 万人，比上年末增加 3.81 万人，其中城镇常住人口 289.38 万人，占常住人口的比重(常住人口城镇化率)为 51.52%，比上年末提高 0.87 个百分点。全年常住人口出生 7.35 万人，出生率 12.86‰；死亡人口 2.99 万人，死亡率 5.23‰；自然增长人口 4.36 万人，自然增长率 7.62‰。

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

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

5.1.1.2 惠来县社会经济概况

根据《惠来县 2024 年政府工作报告》，2023 年度惠来县全域实现地区生产总值 419.13 亿元，比增 57%；县本级实现地区生产总值 351.09 亿元、比增 13.2%。完成规上工业增加值 36.8 亿元、比增 124.4%，固定资产投资 125.35 亿元、下降 22.9%，社会消费品零售总额 108.31 亿元、比增 4.4%，外贸进出口总额 86.65 亿元、比增 394.6%；按可比口径，一般公共预算收入 23.25 亿元、比增 87.25%，其中税收收入 6.64 亿元、

比增 31.41%，非税收入 16.61 亿元、比增 125.57%。全年各季度主要经济指标亮牌评价管理综合排名均列全市第一。

5.1.2 海域开发利用现状

本项目位于广东省靖海湾绿洲海域。根据资料收集和现场调查，项目周边的海域开发活动主要为工业用海及港口用海；用海方式有港池、专用航道、锚地及其他开放式等。

项目周边海域开发利用现状详见图 5.1-1。

具体的海域使用权属信息见表 5.1-1。

图5.1-1开发利用现状图

惠来电厂

惠来电厂防波堤

护坡

图5.1-2项目周边用海现状图

表5.1-1项目周边海域开发利用现状情况一览表

5.1.3 土地开发利用现状

本项目建设范围涉及了土地权属。土地权属情况见下图。

图 5.1-3 项目周边土地现状图

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据项目用海资源影响分析内容，项目用海对周边海域开发活动的影响一方面是施工产生悬浮泥沙对这些用海活动区海水水质的影响，另一方面是项目用海对项目区占用、对毗邻用海活动的影响。

根据项目用海对水质环境的影响分析，预测施工过程中产生的悬浮泥沙对水质环境的影响范围与程度，同时结合项目所在海域开发利用现状分析，项目施工产生的悬浮泥沙扩散范围主要集中在工程海域附近，悬浮泥沙最大的扩散距离为 0.3m，故对周边海域开发活动无影响。

本项目丁字坝建设部分占用土地权属（惠府集有（2015）第 0217016 号、惠府集有（2012）第 0217001 号），属惠来县靖海镇资深村民委员会。本项目用海范围已对土地权属进行避让，且本次建设已征得惠来县靖海镇资深村民委员会的同意，复函见附件 6。

5.3 利益相关者界定

利益相关者是指与项目用海有直接或间接连带关系或者受到项目用海影响的开发者、利益者，即与论证项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。根据项目用海对所在海域开发活动的影响分析结果和叠置分析图，以及现场的勘察和历史资料的搜集，结合项目用海资源环境影响分析内容，本项目周边开发利用活动主要有：周边的港池、专用航道、锚地及其他开放式等。

根据项目用海对所在海域开发活动的影响分析结果、以及现场的勘察和历史资料的搜集，结合项目用海资源环境影响分析内容，**界定本项目无利益相关者**。

表 5.3-1 利益相关者界定一览表

序号	用海单位	海域使用类型	与本项目位置关系	影响程度	利益相关者内容	是否为利益相关者

1	护坡	特殊用海	西侧相接	丁字坝通过护坡与岸边相接，直接占用	海域资源	否，同一业主
2	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程	港口用海	13.4km，西南向	无影响	海域资源	否
3	中委合资广东石化2000万吨/年重油加工工程	其他工业用海	3.4km，西向	无影响	海域资源	
4	广东惠来电厂项目	电力工业用海	1.9km，东北向	无影响	海域资源	
5	广东粤电惠来电厂3-4号机组“上大压小”扩建工程	电力工业用海	2.8km，东北向	无影响	海域资源	
6	靖海镇农民集体、靖海镇资深经济联合社农民集体	/	西侧	项目丁字坝建设部分占用	项目3#、4#、5#丁字坝建设范围与现有土地权属重叠，但用海申请范围已进行避让，故不将该单位认定为本项目的用海方面的利益相关者	

5.4 需协调部门界定

（1）交通管理

项目施工建设及营运期间，会导致主航道来往船只增多，对航道海上通航造成一定的影响。为保证海上交通的正常秩序，施工时应设置相应的施工警示标志，同时上报海事部门，使本项目在施工和作业过程中尽量不对该区域通行的船只造成干扰和影响，营运期保障来往船只航行安全。

（2）生态保护红线保护

本项目的用海范围涉及“绿洲海岸防护物理防护极重要区”海洋生态保护红线。

参照《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许部分对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

本项目为丁字坝建设，目的是综合整治与修复靖海湾海岸带，不会排放有毒、有害物质，基本不会对海洋环境质量产生影响。本项目建设属于“依据县级以上国土空间规划和生态保护修复专项规划开展的生态修复”，是可占用生态保护红线的十大情形之一。

项目丁字坝已建成，选址具有唯一性，施工及运营过程对生态保护红线内的生态环境的影响较小，因此可以满足当前生态保护红线的管控要求。

建设单位正在编制有限人为活动论证报告，交由区、市人民政府进行逐级上报，最终由省人民政府出具认定意见。

项目需要协调的部门包括：海事部门、交通部门，协调内容见表 5.4-1。

表 5.4-1 与管理部门协调内容一览表

需协调管理部门	协调内容	协调方案
海事部门	海上交通	项目施工建设期间的施工作业船可能使该海域海上交通密度增大，对附近海域的海上通航造成一定的影响。为保证海上交通的正常秩序，在项目施工前，要对作业船只的活动时间及活动范围进行控制和规范，施工时应设置相应的施工警示标志，同时与揭阳市海洋主管部门以及港口等管理部门充分协商，使本项目在施工和作业过程中尽量不对该区域通行的船只造成干扰和影响。
交通部门		
揭阳市人民政府、揭阳市惠来县人民政府	生态保护红线保护	本项目用海区域占用生态保护红线，需进行人类有限活动认定。

5.5 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析

5.5.1 对国防安全和军事活动的影响分析

项目用海区及邻近海域没有涉及国防安全和军事的相关活动，不涉及领海基点，周边无国防设施，项目论证材料也未涉及军队的私密资料或国家秘密，因此不会对国防安全和国家海洋权益造成不利影响。

5.5.2 对国家海洋权益的影响分析

项目用海没有涉及领海基点和国家秘密，不会对国家海洋权益产生影响。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035）》的符合性分析

《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》提出国土空间开发保护战略，坚持分类施策、陆海统筹，推动形成主体功能分工明显、陆海优势互补、整体高质量发展的区域经济布局，实现海洋大省向海洋强省转变。推动“一核一带一区”跨区要素流动，加强与周边省份、国家重要城市群、“一带一路”沿线国家和地区的互联互通，畅通国内大循环和联通国内国际双循环。

《规划》还提出要筑造开放活力的海洋空间，构建“一带八湾五岛群”的海洋空间格局，发挥海洋资源优势，全力打造现代化沿海经济带，形成新时代全省发展的主战场。全面提升粤港澳大湾区、拓林湾区、汕头湾区、神泉湾区、红海湾区、海陵湾区、水东湾区、湛江湾区整体保护和开发水平。建设高质量发展战略要地，以珠三角港口群为核心、粤东和粤西港口群为两翼，引导港口集群化发展，打造“21 世纪海上丝绸之路”国家门户。

本项目位于揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，属于海岸带综合整治与修复工程，工程的建设解决海岸侵蚀问题，保护岸线资源，有助于粤东港口群的发展，为打造“21 世纪海上丝绸之路”国家门户提供通航的保障，工程施工尽可能降低对环境产生的影响，保护生态环境的同时发展经济，项目用海与《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》是相符的。

6.2 与《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》的符合性分析

《广东省国土空间生态修复规划（2020-2035 年）》提出靖海湾砂质海岸—防护林保护修复：修复湾内受损砂质岸线生态系统，开展环境综合整治修复。建设近自然的海岸立体防护林体系，提高湾内海岸生态防护功能。打造华家村、港仔湾、港寮湾、客鸟尾、排角湾等魅力沙滩，建设神泉港美丽海湾。

本项目丁字坝建设有效综合整治与修复靖海湾海岸带，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况。符合《广东省国土空间生态修复规划（2020-2035 年）》。

6.3 与《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

6.3.1 项目所在海域市国土空间规划分区基本情况

《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（以下简称“市国土空间规划”）充分衔接三条控制线，将全市域划分为生态保护区、生态控制区、农田保护区、城镇发展区、乡村发展区、海洋发展区、矿产能源发展区 7 类一级规划分区，实现全域全类型国土空间用途管制。

根据下图分析，本项目所在海域涉及生态保护区。根据《市国土空间规划》，生态保护区包括陆域生态保护红线和海洋生态保护红线。生态保护区按照国家关于生态保护红线的相关管理规定进行严格管控，严禁不符合管控要求的各类开发活动，严禁任意改变用途，原则上只能增加、不能减少。

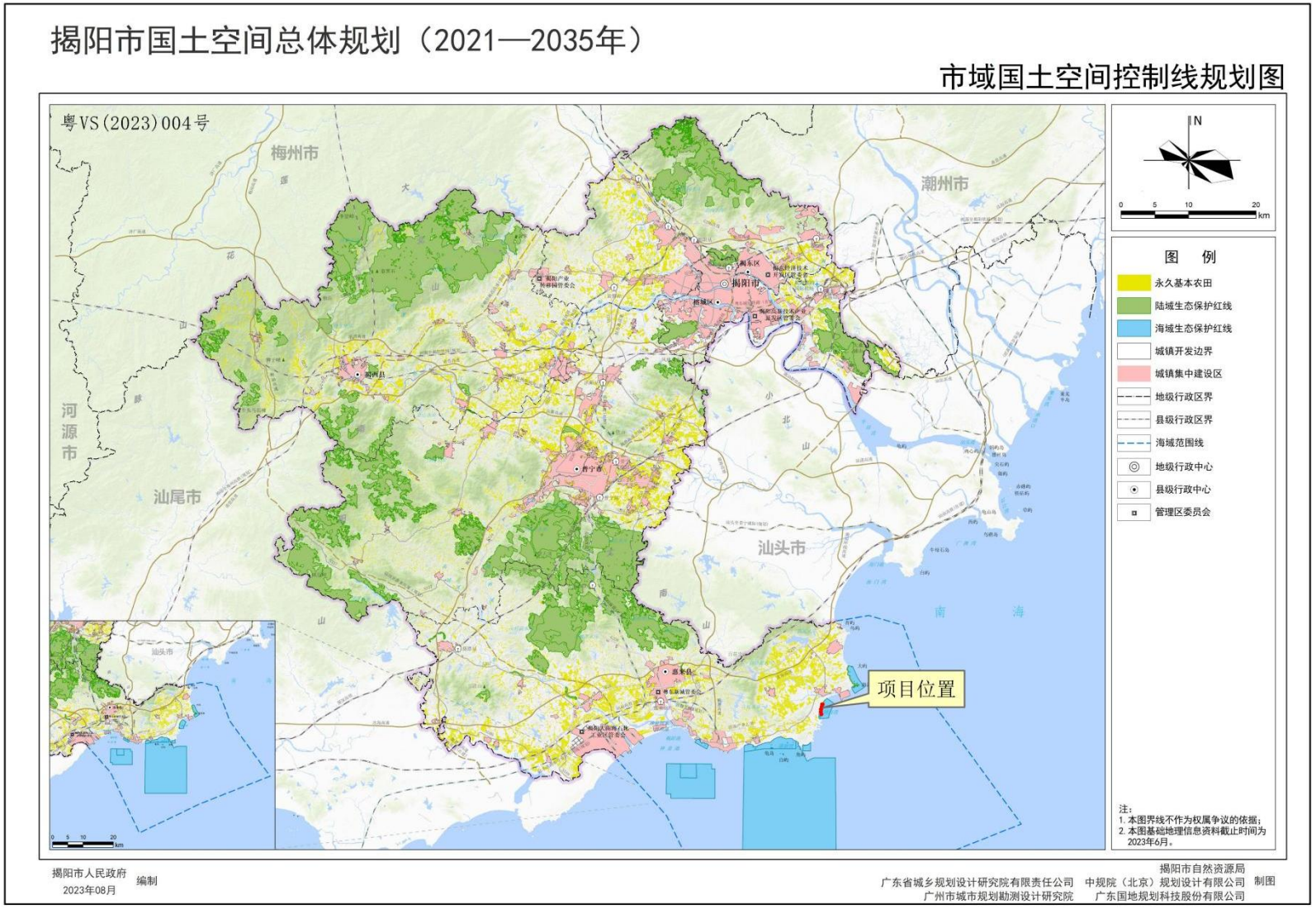


图 6.3-1 市域国土空间控制线规划图

6.3.2 项目用海对市国土空间规划的影响

《市国土空间规划》提出恢复修复海岸带生态。坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，构建从山顶到海洋的保护治理大格局，综合运用自然恢复和人工修复两种手段实施海岸带生态保护。加强重要砂质岸线及生态岸线的保护，实施防护林种植与保护，开展环境综合整治，提高海岸生态防护功能。

本项目为丁字坝建设，目的是综合整治与修复靖海湾海岸带，不会排放有毒、有害物质，基本不会对海洋环境质量产生影响。通过综合整治修复，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，另一方面，项目属于防灾减灾体系建设用海的要求，项目建设不会造成周边海域生物资源的衰退。因此，项目建设不会对生态保护区的海洋环境产生较大的影响。

6.3.3 项目用海对是国土空间规划的符合性分析

项目所在的生态保护区的管控要求为：按照国家关于生态保护红线的相关管理规定进行严格管控，严禁不符合管控要求的各类开发活动，严禁任意改变用途，原则上只能增加、不能减少。

关于生态保护红线的管控要求参照《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）执行，即：生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许部分对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

根据《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035）》可知，本项目属于“专栏 9—3 蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程”中的“靖海湾砂质海岸—防护林保护修复”一类。对照《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），本项目可认定为“1.管护巡护、保护执法、科学研究、调查监测、测绘导航、**防灾减灾救灾**、军事国防、疫情防控等活动及其相关的必要设施修筑。”是可占用生态保护红线的十大情形之一。因此，项目符合生态保护红线的管理要求

综上，项目与《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》是相符的。

6.4 项目用海与“三区三线”符合性分析

根据《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》，广东省已经完成“三区三线”划定工作，正式启用，作为建设项目用地用海报批的依据。

“三区”是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。“三线”分别对应在城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

根据《广东省国土空间规划（2021~2035 年）》“三区三线”中生态保护红线划定范围，本项目用海范围涉及“绿洲海岸防护物理防护极重要区”生态保护红线 2.3730 公顷，紧邻粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线，详见下图。

图 6.3-1 与三区三线位置示意图

本项目为丁字坝建设，目的是综合整治与修复靖海湾海岸带，不会排放有毒、有害物质，基本不会对海洋环境质量产生影响。通过综合整治修复，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，另一方面，项目属于防灾减灾体系建设用海的要求，项目建设不会造成周边海域生物资源的衰退。因此，本项目符合加强生态保护红线管理的要求。

本项目应严格执行《广东省自然资源厅广东省生态环境厅广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》等生态保护红线内允许有限人为活动的管理要求，开展有限人为活动专题工作，并在取得省政府出具的“项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见”后，在项目报批阶段作为附件附于本报告。

项目属于《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）以及《广东省自然资源厅广东省生态环境厅广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号）中明确的 10 类允许有限人为活动“1.管护巡护、保护执法、科学研究、调查监测、测绘导航、防灾减灾救灾、军事国防、疫情防控等活动及其相关的必要设施修筑。”项目建设符合生态保护红线内有限人为活动的管理要求。

6.5 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

《中华人民共和国海域使用管理法》第四条规定：“国家实行海洋功能区划制度。海域使用必须符合海洋功能区划。”第十五条规定：“养殖、盐业、交通、旅游等行业规划及海域使用的，应当符合海洋功能区划。沿海土地利用总体规划、城市规划、港口规划涉及海域使用的，应当与海洋功能区划相衔接。”因此，需要对本项目与海洋功能区划的符合性进行分析。

6.5.1 项目所在海域及周边海域海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011～2020 年）》（2012 年），本项目所在区域的海洋功能区划为靖海港口航运区。本项目周边海域主要功能区有前詹海洋保护区、海门湾工业与城镇用海区、仙庵旅游休闲娱乐区，详见图6.4-1，其海域管理要求见表6.4-1。项目与周边海洋功能区划的位置关系见表 6.4-2。

图 6.4-1 项目所在海域广东省海洋功能区划分布图

表 6.4-1 广东省海岸基本功能区登记表（节选）

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围（东经、北纬）	功能区类型	面积/公顷 岸段长度/米	管理要求	
							海域使用管理	海洋环境保护
234	B6-34	前詹海洋保护区	揭阳市	东至：116°28′59″ 西至：116°25′59″ 南至：22°53′27″ 北至：22°55′59″	海洋保护区	2394公顷	1.相适宜的海域使用类型为特殊用海； 2.严格按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理； 3.禁止炸岛等破坏性活动。	1.保护龙虾、海龟、鲎及其生境，保护人工鱼礁礁体及礁盘生态系统； 2.加强保护区海洋生态环境监测； 3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
134	A2-27	靖海港口航运区	揭阳市	东至：116°34′55″ 西至：116°29′51″ 南至：22°55′25″ 北至：23°01′07″	港口航运区	2894 28036	1.相适宜的海域使用类型为交通运输用海； 2.保障资深渔港、靖海渔港、防灾减灾体系建设用海需求，适当保障临海能源的用海需求； 3.保护砂质海岸、基岩海岸，避免破坏海岸防护林； 4.维持航道畅通，维护海上交通安全； 5.围填海须严格论证，严格控制在靖海港内围填海，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 6.工程建设期间采取有效措施，严禁对石碑山角领海基点造成影响，降低对前詹人工鱼礁区的影响，改善水动力条件和泥沙冲淤环境； 7.加强用海动态监测和监管； 8.优先保障军事用海需求。	1.严格保护客鸟尾石笋等海蚀地貌； 2.加强渔港、港区环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海； 3.加强海洋环境监测，建立完善的溢油事故处理等应急体系； 4.执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围（东经、北纬）	功能区类型	面积/公顷 岸段长度/米	管理要求	
							海域使用管理	海洋环境保护
135	A3-29	海门湾工业与城镇用海区	揭阳市、汕头市	东至：116°35′57″ 西至：116°32′03″ 南至：23°01′07″ 北至：23°11′30″	工业与城镇用海区	1136 25661	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2.保障防灾减灾体系建设用海需求，在基本功能未利用前，保留增养殖等渔业用海； 3.围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 4.工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 5.加强对围填海的动态监测和监管。	1.保护海门湾生态环境； 2.基本功能未利用前，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准； 3.工程建设期间及建设完成后，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
136	A5-30	仙庵旅游休闲娱乐区	揭阳市	东至：116°33′27″ 西至：116°32′49″ 南至：23°03′08″	旅游休闲娱乐区	229 2910	1.相适宜的海域使用类型为旅游娱乐用海； 2.保护砂质海岸，禁止在沙滩上建设永久性构筑物； 3.依据生态环境的承载力，合理控制旅游开发强度。	1.生产废水、生活污水须达标排海； 2.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

表 6.4-2 项目所在及周边海洋功能区划

编号	海洋功能区划	功能区	与本项目相对位置和距离
1	前詹海洋保护区	海洋保护区	西南，约 5.8km
2	靖海港口航运区	港口航运区	本项目位于该区
3	海门湾工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	东北，约 5.8km
4	仙庵旅游休闲娱乐区	旅游休闲娱乐区	东北，约 7.2km

6.5.2 项目用海对海洋功能区的影响分析

（1）项目对所在海洋功能区的影响

本项目海域使用类型为“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类），用海方式为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类）。

根据本报告第 4 章“项目用海资源环境影响分析”，本项目施工期间悬浮泥沙影响范围仅限于项目施工作业的附近水域，且属于短期环境效应，待施工结束后，受影响水域的水质将逐渐恢复到原有水平。施工期的生产、生活污水和船舶生活污水，经统一收集处理不排海。本工程建成投入使用后有效地保护了海域海岸带的资源环境，对所在海洋功能区有积极影响。

（2）项目对周边海洋功能区的影响

本项目西南面为前詹海洋保护区，与其最近距离约 5.8km；东北为海门湾工业与城镇用海区和仙庵旅游休闲娱乐区，与其最近距离分别约为 5.8km 和 7.2km。以上 3 个海洋功能区距离本项目均较远，项目施工期间产生悬浮泥沙不会对其产生不利影响。项目建设对海域产生的水动力与冲淤影响仅在工程海域局部范围内，不会对周边功能区水动力及地形地貌产生影响。

6.5.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目位于靖海港口航运区，经分析本项目建设符合靖海港口航运区的海域管理要求和环境保护要求，具体分析见下表。

表 6.4-3 项目用海与所在海域的海洋功能区划相符性

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
1.相适宜的海域使用类型为交通运输用海；	本项目为“特殊用海”中的“海岸防护工程用海”，项目用海属于基本功能未利用前拟兼容开发的用海类型，对该海域的基本功能没有影响，与管理要求 1 相符；

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
2.保障资深渔港、靖海渔港、防灾减灾体系建设用海需求，适当保障临海能源的用海需求；	项目投入使用提高护岸防风抗浪等抵御自然灾害的能力，保护好群众的生命财产安全，属于“防灾减灾体系建设用海需求”，与管理要求 2 相符；
3.保护砂质海岸、基岩海岸，避免破坏海岸防护林；	项目投入使用有效地保护了海域海岸带的资源环境，保护了砂质海岸，与管理要求 3 相符；
4.维持航道畅通，维护海上交通安全；	项目不占用港口航道，与管理要求 4 相符；
5.围填海须严格论证，严格控制在靖海港内围填海，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源；	项目不涉及围填海，与管理要求 5 相符；
6.工程建设期间采取有效措施，严禁对石碑山角领海基点造成影响，降低对前詹人工鱼礁区的影响，改善水动力条件和泥沙冲淤环境；	项目距离石碑山角领海基点与前詹人工鱼礁区均较远，距离分别为 4.8km 和 5.5km，不会对其造成影响，与管理要求 6 相符；
7.加强用海动态监测和监管；	建设过程中业主单位经常到工地现场监督指导，市、县、局领导也多次到现场进行调查、督导，解决实际存在问题，与管理要求 7 相符；
8.优先保障军事用海需求。	项目用海不占用军事用海，与管理要求相符。
海洋环境保护管理要求	**项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析**
1.严格保护客鸟尾石笋等海蚀地貌	本项目为砂质海岸，不涉及客鸟尾石笋等海蚀地貌，与海洋环境保护管理要求 1 相符；
2.加强渔港、港区环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海	项目施工期的生产、生活污水和船舶生活污水，经统一收集处理不排海，本工程为生态修复工程，运营期不产生污染物，与海洋环境保护管理要求 2 相符；
3.加强海洋环境监测，建立完善的溢油事故处理等应急体系	项目施工前或运营后对附近海域进行了海洋环境现状调查、水文调查、冲淤分析、波浪分析等。施工期的生产、生活污水和船舶生活污水，经统一收集处理不排海，本工程为生态修复工程，运营期不产生污染物，无需建立完善的溢油事故处理等应急体系，与海洋环境保护管理要求 3 相符；
4.执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准	工程施工期及运营期，附近海域的海洋环境跟踪监测执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准进行评价，与海洋环境保护管理要求 4 相符。
与省海洋功能区划是否符合	**符合**

综上，本项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011～2020 年）》。

6.6 项目用海与相关规划的相符性分析

6.6.1 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》提出“实施综合整治，改善海洋环境质量”。包括①加强近岸海域污染物总量控制；**②实施海湾综合治理；③加强岸线保护与整治修复。**

其中，“加强岸线保护与整治修复”指出：推进海岸线生态修复。编制海岸线整治修复规划及实施方案，明确项目清单，纳入全国海岸线整治修复项目库，建立并发布严格保护岸线名录。建立完善海岸线修复工作机制，结合湿地修复工程，开展红树林、珊瑚礁、海草床等滨海湿地恢复；结合“美丽海湾”工程，开展海岸修复养护；结合“生态岛礁”工程，开展海岛岸线综合治理；**重点推进砂质海岸整治修复，对受损砂质岸段实施海岸防护、人工补沙、海岸养护、植被固沙等整治修复工程，维持砂质海岸的稳定平衡，受损岸线得到修复**。强化常态化海岸线动态监测，对开发利用情况进行评价并向社会公布。

本项目为海岸带综合整治与修复工程，满足“实施海湾综合治理；加强岸线保护与整治修复”的相关要求。

综上，项目用海符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》。

6.6.2 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析

2017 年 10 月 27 日发布的《广东省人民政府国家海洋局关于印发<广东省海岸带综合保护与利用总体规划>的通知》（粤府〔2017〕120 号）中，为了严格海岸线管控和构建海岸带基础空间布局，划定了海域“三线”和海域“三区”。其中海域“三线”分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线等，海域“三区”为海洋生态空间、海洋生物资源利用空间和建设用海空间。

《规划》提出“推进海岸线生态修复。编制海岸线整治修复五年规划及年度计划，明确项目清单，纳入全国海岸线整治修复项目库。结合‘南红北柳’工程，开展红树林、珊瑚礁、海草床等典型海洋生态系统恢复工程；结合蓝色海湾工程，开展海岸修复养护工程；结合生态岛礁工程，开展海岛岸线综合治理工程。至 2020 年，海岸线整治修复累计长度不低于 400 千米；至 2025 年修复累计长度不低于 600 千米。利用无人机、遥感等手段，强化海岸线动态监测，将海岸线利用动态监测作为海域动态监测的一项

重点内容，对开发利用情况进行评价并向社会公布。海洋休闲娱乐区、滨海风景名胜区、沙滩浴场、海洋公园等公共利用区域内的岸线，未经批准不得改变公益用途，保障公众亲海空间。”

本项目为海岸带综合整治与修复工程，有利于海岸的侵蚀防范，5 组丁字坝有效减弱了海洋水动力对海滩的冲刷，护坡与丁字坝共同为打造蓝色海湾做出贡献。

综上，项目用海符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

6.6.3 与《揭阳市海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《揭阳市海洋经济发展“十四五”规划》为推动揭阳建设宜居宜业宜游的活力古城、滨海新城，打造沿海经济带上的产业强市，提出打造“一廊融合、双核引领、三区集聚”的海洋经济高质量发展空间格局，以海洋产业集群为重点构建现代化海洋产业体系，以强化海洋科技创新引领作用、加强海洋基础设施建设、推进海洋生态文明建设、拓展海洋经济开放合作空间、提升海洋经济综合治理能力为重点任务，推动海洋经济高质量发展。

本工程位于揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段，综合整治和修复工程的实施完善海岸保护设施，提升海域价值，有利于渔业经济的恢复和滨海旅游业的发展，助力于揭阳市海洋经济的发展，符合《揭阳市海洋经济发展“十四五”规划》。

6.7 项目用海与与国家产业政策的符合性分析

本项目为海岸带综合整治与修复工程，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“第一类鼓励类”的“四十三、环境保护与资源节约综合利用”中的“2、海洋环境保护及科学开发、海洋生态修复”。

因此，本项目用海符合国家产业政策要求。

7 项目用海合理性分析

7.1 项目用海选址合理性分析

7.1.1 项目选址的唯一性分析

本项目地处揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段。项目建设地点长期受到海浪侵蚀，海岸带受潮流冲刷、淹没，较为稳定的海岸逐渐转变为侵蚀型海岸，海岸自然系统平衡遭到破坏，已造成较大的经济损失，危及人民生命财产安全。靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目建设完成后，能有效减缓海水对海岸带的冲刷，具有一定的选址必要性。且项目丁字坝已建成投入使用，故其用海选址具有唯一性。

综上，本项目的选址具有唯一性和不可避让性。

7.1.2 用海选址与区位条件和社会条件的适宜性分析

惠来县位于广东省东南部沿海，地处粤港澳大湾区与海峡西岸经济区的地理轴线中心，是揭阳市“融湾建带”的主战场。项目工程位于惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段，建设依托条件较好。水陆交通方便，现有道路可直接到达工程现场后方，施工用水、用电均可便捷接入，建筑材料供应较充足，施工队伍应选择具有相应资质，经验丰富并且配备大型专用施工设备的专业化施工企业，可以保证工程质量和进度要求。

综上所述，用海选址具有地理位置、区位优势突出、基础条件良好、交通条件优越、基础设施较完善等优势，与区位和社会条件相适宜。

7.1.3 用海选址与自然资源和生态环境的适宜性分析

1、气候条件适宜性分析

工程所在地属于南亚热带季风气候区，常年气候温和，湿度相对较大，雨量丰沛，雾日天数较少。本工程海域水深开阔，波浪作用大，多年来岸滩表现为缓慢蚀退动态平衡趋势。海区潮差小，水流动力弱，泥沙来量少，工程水域泥沙回淤量较小，泥沙回淤问题不突出。

2、工程地质条件适宜性分析

根据钻探揭示，工程所在区域的地层主要有人工填土层、第四系海陆交互相沉积层、第四系残积层及燕山期花岗岩。场区范围内地形地貌及土层相对稳定，地质构造相对简单，从现场的地形地貌及钻探所揭露的地层情况看，未发现有层位错乱、断层角砾岩、断层泥等代表断层特征的迹象，也未发现有采空、滑坡、滚石、空洞、崩塌等不良地质作用。地质可挖性也较好，有利于船舶航行。此外，港区抗震设防烈度为7度，设计基本地震动峰值加速度为0.10g。因此，在工程设计及建设时做好安全防护工作的前提下，项目所在区域地质条件可以满足项目建设要求。

3、与水动力条件的适宜性

现场勘查显示，工程区附近的水体悬浮泥沙含量较高，这是由于5组丁字坝的建设与丁字坝间的人工补砂增大了冲刷面积与泥沙来源，但影响面积较小。根据水动力数学模型的分析项目附近流水动力条件发生了一定程度改变，但这种改变正面的，本项目的建设目的就是通过改变项目海岸带附近的水动力条件以减小海浪对海岸线的冲刷。可见工程与水动力条件相适宜。

4、泥沙输移特征和冲淤条件

沿绿洲侵蚀岸段布置5组垂岸“⊥”型结构丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙对泥沙造成的损失。

可见泥沙输移特征和冲淤条件适宜本工程的建设。

5、生态环境适宜性分析

本工程施工将不可避免的对区域生态系统造成一定的影响，由于施工造成局部水域悬浮泥沙增加，施工过程带来油污对区域海洋生物造成毒害，施工行动的干扰等。随着工程的结束，工程范围内生境将重新恢复。工程在采取一定补偿措施以及环保措施的条件下，可减轻对生态环境的影响。

7.1.4 用海选址与潜在的、重大的用海风险分析

本项目位于揭阳市惠来县靖海镇，属于开阔海域，容易受风浪影响，一旦热带气旋来袭，常常会带来大风大雨的天气，大气能见度差，同时海面掀起大浪，特别是与天文大潮重叠时将伴有风暴潮。灾害性波浪和风暴潮来袭带来的强大动能将有可能冲垮各水工结构。若提前建好并维护好保护设施，则该类风险的危害可以避免。因此，建设单位须及时了解热带气旋的预报，严格控制施工质量，减小热带气旋风险带来的影响，可保证项目在建设期间的安全。

综上所述，本项目用海存在一定的风险，但发生几率很小，在采取了本项目相应的的风险防范对策措施，配置配备了必需的应急反应设施设备后，项目发生潜在的、重大的用海风险几率很低。

7.1.5 选址与周边其他用海活动和海洋产业的协调性分析

项目周边的海域开发活动主要为工业用海及港口用海。业主应在相关部门的协调监督下施工。项目施工与运行产生的悬浮泥沙会对周边项目所在海域的海水水质造成影响，但高浓度悬浮泥沙主要局限在施工区域附近，因此悬浮泥沙对附近的海水水质影响是可控的，不会对周边项目产生影响。项目选址与周边其他用海活动和海洋产业是可协调的，并且项目的建设和运营不会影响军事活动和国家安全。

综上所述，本项目用海与周边其他用海活动是相适宜的。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 平面布置比选分析

本项目总平面布置如下：在绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸丁字坝，其中一号丁字坝 100m，二号丁字坝 100m，三号丁字坝 130m，四号丁字坝 126m，五号丁字坝 170m，间距 400m 左右，自岸边起向海伸出，丁字坝（含堤头段）总长度为 626m。

由于工程已实际建设完成，项目平面布置以实际建设为主，平面布置方案具有唯一性。

7.2.2 合理性分析

1、平面布置是否体现集约、节约用海的原则

本工程结合海域现状、实际发展需要及总体空间规划，进行总平面方案布置。充分考虑现状条件，合理确定布置形态；满足功能布局合理、水陆统筹协调、预留发展空间。

2、平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

项目所在的地貌类型为海成地貌，地貌单元属于海岸堆积阶地。项目建设将改变局部海域地形地貌，导致海域水动力环境发生变化。

项目所处海域常浪向和强浪向为ESE~S，走向与主浪向基本垂直，可有效阻挡波浪，为港区提供了较好的掩护条件。根据第四章分析，项目建设对周边海域的水动力环境和冲淤环境影响均较小。

3、丁字坝采用“⊥”型结构，通过抛石或浆砌石块等材料构建。根据地形地貌与冲淤环境模拟可知，丁字坝建成后，形成人工岬角，优势波浪经“⊥”型结构坝体折射、绕射后，在上下坝下方形成遮蔽区，同时沿岸输沙带受阻后，泥沙在结构后方的淤积，可以有效地促进局地稳定岸滩的发育。

综上分析，“⊥”型结构使得泥沙在后方的淤积，可以有效地促进局地稳定岸滩的发育，平面布置充分考虑本工程区域的水文条件，合理利用水域自然条件和天然优势，在合理控制工程量和降低维护费用的同时，将对周边海域水动力、泥沙冲淤环境的影响降至最低。

7.3 用海方式合理性分析

本项目为丁字坝工程，海域使用类型为“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类），各用海单元用海方式均为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类）。海堤具有防潮挡浪，防灾减灾的功能，决定了必须采用非透水构筑物的用海方式进行建设，透水构筑物的用海方式无法实现海堤功能。

根据《广东省海洋功能区划（2011～2020年）》（2012年），本项目位于港口航运区。本项目的建设与功能区相适宜的海域使用类型可以兼容，不影响所在海域功能的发挥，不影响周边其他项目的用海需求。项目对海洋生态的影响主要来源于施工期间引起的水域中的局部悬浮泥沙，但施工时间相对较短，施工期所产生的影响为暂时性的，将随着施工期结束而消除。本项目为海岸带综合整治与修复项目，运营期间基本不会对海洋生态环境造成影响。

综合考虑实际需求，确定本项目全部选择非透水构筑物的用海方式，用海方式合理。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目2#丁字坝占用2022年广东省政府批复岸线长度1.4m，岸线类型为自然岸线（砂质岸线）。

项目地处靖海湾内绿洲海岸带被严重侵蚀的岸段，虽然工程占用海岸线，但是丁字坝的建成对海岸带的保护与修复有重大作用，项目通过科学合理规划，修建防浪设施，可使已受侵蚀的海岸带逐步恢复原貌。

根据《海岸线保护与利益管理办法》，国家对海岸线实施分类保护与利用，根据海岸线自然资源条件和开发程度，分为严格保护、限制开发和优化利用三个类别，人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的海岸线应划为优化利用岸线，主要包括工业与城镇、港口航运设施等所在岸线。优化利用岸线应集中布局确需占用海岸线的建设项目，严格控制占用岸线长度，提高投资强度和利用效率，优化海岸线开发利用格局。

本项目属于优化利用类岸线，工程依据岸线走向建设，在做到集约、节约用海原则的基础上，尽可能少的改变现有侵蚀型海岸状况，建设丁字坝有助于改善海岸带生态环境，有效减缓海水对海岸带的冲刷，有利于修复岸线，减少沙滩侵蚀和泥沙入海。

因此，项目占用岸线是合理的。

7.5 用海面积合理性分析

项目用海面积为 2.3730 公顷，项目海域使用类型为“特殊用海”（一级类）中的“海岸防护工程用海”（二级类），用海方式为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类）。

7.5.1 用海面积合理性分析

7.5.1.1 项目用海面积是否满足项目用海需求

项目按海域实际情况规划选址于惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段，总用海面积为 2.3730 公顷，5 组垂岸丁字坝总长度为 626 米，属于已建工程，于 2021 年 8 月已完成建设。依据项目的实际建设规模、平面布置、《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）、《海籍调查规范》、《海域使用面积测量技术规范》的要求，本项目的用海面积是合理的。故本项目用海面积满足项目用海需求。

7.5.1.2 项目用海面积是否符合相关行业的设计标准和规范

本项目属于已建工程，总平面设计严格根据《海港总体设计规范》（JTS165-2013）、《防波堤与护岸施工规范》（JTS208-2020）、《港口工程荷载规范》

（JTS144-1-2010[2018 年局部修订]）、《港口与航道水文规范》（JTS145-2015[2022 年局部修订]）、《防波堤与护岸施工规范》（JTS208-2020）等现行有关行业标准，以技术与经济相统一的原则确定了各项技术指标。设计中同时考虑国家通用规范、行业规范对本项目进行论证分析，确保结构安全、经济并满足安全性、抗灾性等要求。因此本项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范。

7.5.1.3 减少项目用海面积的可能性

本项目丁字坝属于已建工程，且符合行业相关设计标准，申请用海范围的界定符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009），申请用海范围内无海域使用权属争议，申请的用海面积能够满足项目用海需求，项目用海面积不宜减小。

7.5.2 宗海图绘制

根据《宗海图编绘技术规范》，本项目根据本次界定的用海界址点编制宗海图，包括宗海位置图、宗海界址图。宗海界址图、宗海位置图均采用 CGCS2000、高斯投影、中央子午线 116°30′E。

宗海界址图依照《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）的要求，通过 ARCGIS 平台，展绘用海界址点，形成界址点线面矢量数据，添加图框、坐标、指北针、比例尺、海岸线、用海方式、用海面积等信息，形成宗海界址图。

宗海位置图采用中国航海图书出版社出版发行的 2019 年 2 月第 6 版《汕头港至碣石湾》为底图，添加用海位置图斑、坐标、指北针、海岸线等信息，形成宗海位置图，成图比例尺沿用底图比例尺为 1:250000。

7.5.2.1 宗海界址点的界定

本项目丁字坝用海方式为“构筑物”（一级类）中“非透水构筑物”（二级类）。

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）及项目实际建设情况，丁字坝分别采用设计范围线；采用实测范围线；采用相邻土地证权属边界；采用 2022 年广东省政府批准岸线为界。本项目实际用海界址坐标及获取方式见下表及下图。

本项目实际用海界址坐标及获取方式见下表。

表 7.5-1 海堤界址点及确定依据

用海单元	用海面积（公顷）	界址线	确定依据
1#丁字坝	0.4242	1-2-3-...-28-29-1	折线 1-2-3、25-26-27、29-1 采用实测范围线为界

			折线 1-2-3、25-26-27、29-1 采用设计范围线为界
2#丁字坝	0.4724	30-31-32-...-77-78-30	折线 30-31、36-37-...-42、60-61-...-69、74-75--76、78-30 采用实测范围线为界
			31-32-...-36、42-43-...-60、69-70-...-74 采用设计范围线为界
			折线 76-77-78 采用 2022 年广东省政府批准岸线为界
3#丁字坝	0.4284	79-80-81-...-109-110-79	折线 79-80、82-83、84-85-...-101、105-106-...-1104 采用设计范围线为界
			80-81-82、83-84、101-102-103-104-105 采用实测范围线为界
			折线 110-79 采用相邻土地权属边界为界
4#丁字坝	0.5153	111-112-113-...-142-143-111	折线 111-112-113、115-116、117-118、119-120-...-136、137-138-...-143 采用设计范围线为界
			折线 113-114-115、116-117、118-119、136-137 采用实测范围线为界
			折线 143-111 采用相邻土地权属边界为界
5#丁字坝	0.5327	144-145-146-...-174-175-144	折线 147-148-...-171 采用设计范围线为界
			折线 144-145-146-147、171-172-...-175 采用实测范围线为界
			折线 175-144 采用相邻土地权属边界为界
合计	2.3730	/	/

图 7.5-11#丁字坝界址点确定示意图

图 7.5-22#丁字坝界址点确定示意图

图 7.5-33#丁字坝界址点确定示意图

图 7.5-44#丁字坝界址点确定示意图

图 7.5-55#丁字坝界址点确定示意图

本项目宗海图是依据工程设计图及实测处罚范围图进行绘制。

宗海位置图如图7.5-6所示、宗海平面布置图如图7.5-7所示、宗海界址图如图7.5-8~图 7.5-12 所示，宗海界址点坐标如表 7.5-2。

表 7.5-2 宗海界址点坐标

图 7.5-6 宗海位置图

图 7.5-7 宗海平面布置图

图 7.5-8 宗海界址图（1#丁字坝）

图 7.5-9 宗海界址图（2#丁字坝）

图 7.5-10 宗海界址图（3#丁字坝）

图 7.5-11 宗海界址图（4#丁字坝）

图 7.5-12 宗海界址图（5#丁字坝）

7.5.2.2 宗海面积计算

根据《海域使用面积测量规范》HY/T070-2022，本项目面积计算采用CGCS2000，高斯克吕格投影，中央经线116°30′E。

用海面积计算采用AUTOCAD软件中的“边界”功能，创建一个面域，此面域的面积即为封闭图形的面积，其原理如下：

对于有n个界址点的宗海内部单元，根据界址点的平面直角坐标x_i，y_i（i为界址点序号），用坐标解析法，通过手工或计算机图形处理系统计算面积S：

$$S=\frac{1}{2}[x_1(y_2-y_n)+x_2(y_3-y_1)+\cdots\cdots+x_{n-1}(y_n-y_{n-2})+x_n(y_1-y_{n-1})]\cdots\cdots(1)$$或

$$S=\frac{1}{2}[y_1(x_2-x_n)+y_2(x_3-x_1)+\cdots\cdots+y_{n-1}(x_n-x_{n-2})+y_n(x_1-x_{n-1})]\cdots\cdots(2)$$。

本项目用海面积采用ArcGIS软件进行解析计算。在ArcGIS软件中设置正确的投影坐标系，将宗海界址点按顺序围成一个封闭的面矢量，对面矢量进行面积查询，计算出本项目宗海面积为2.3730公顷。

7.6 用海期限合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，“海域使用权最高期限，按照下列用途确定：（一）养殖用海十五年；（二）拆船用海二十年；（三）旅游、娱乐用海二十五年；（四）盐业、矿业用海三十年；（五）公益事业用海四十年；（六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。”

本项目属于公益事业用海，因本项目于2021年8月31日已建成并投入使用，考虑扣除项目已使用的年限，故拟申请用海期限为38年，项目用海期限合理。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态建设条件

8.1.1.1 工程所在海域资源、生态现状与禀赋、海洋灾害

（1）工程所在海域资源

岸线资源：揭阳市岸线分为榕江两河岸线与沿海岸线两部分，榕江（榕江大桥至出海口段）岸线属于感潮河段岸线，沿海岸线则全分布于惠来县，二者自然景观有较大差异。

惠来沿海岸线长 109.5km，沿海岸线已建港口较少，主要有神泉、靖海作业区等。本段岸线位于惠来县东南沿海，跨海门湾和甲子、石湾两个海区，北邻汕头港，西南毗邻甲子港。

岛礁资源：根据《广东省海岛保护规划（2011～2020 年）》，惠来县管辖区域的海岛位于海门湾至神泉港沿岸海域，共 84 个，均为无居民海岛，海岛面积普遍较小。

港口资源：揭阳市的港口分为榕江沿岸港口及惠来沿海港口。惠来沿海港口主要有靖海湾、资深港、神泉港、澳角湾、赤沙澳湾、排角湾。特别是靖海港及其邻近岸线，具有水域宽阔，波浪较小，回淤小，水深、陆域面积宽广、地质条件良好等自然优势，局部岸线水深已达-10 米，-10 米至-15 米等深线距岸仅 1 公里，适宜建深水码头。

惠来县沿海目前主要有神泉作业区、靖海作业区和资深作业区 3 个港口码头作业区。

渔业资源：揭阳海域属南亚热带浅海区，具有咸淡水交汇、营养物质丰富的优良条件，生物资源特别是鱼类资源、浮游动植物十分丰富，是多种经济鱼、虾、贝、藻类的繁育场，是许多经济鱼虾产卵、越冬场所和洄游的必经之地。惠来县海洋渔业资源丰富，鱼虾蟹贝藻等品种繁多，拥有鱼类 471 种，其中经济鱼类 100 多种，主要有海鳗、鰽鱼、鲽鱼、沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷、白姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、小黄鱼、方头鱼、带鱼、金线鱼、鲐鱼等；虾、蟹、贝、藻类等生物有几百种，其中经济价值较高的有几十种，主要有毛虾、对虾、鹰爪虾、虾蛄、梭子蟹、青蟹等。榕江在区划范围内的海域为咸淡水交汇处，水产资源丰富，品种繁多，除淡水种类外，还包括广

盐性种类；贝类有近江牡蛎、红肉河蓝蛤、淡水黄蚬、中国绿螂等；甲壳类有独角新对虾、周氏新对虾、赤虾、锯缘青蟹、中华绒螯蟹及隆背张口蟹等；鱼类有“榕江鳊鱼”、银鱼等数十种，还有丰富的鳗苗资源。

（2）工程所在海域的生态环境现状与禀赋

水文调查结果显示，工程海域地形水深较浅，海区内海流主要呈现半日潮海流特征，离岸较远流速较大，离岸较近的流速相对较小；从流向上看，潮流流向呈东北-西南走向。

两季海洋环境现状调查结果显示，工程海域水体中 pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、镉、铜、油类、硫化物、666、DDT 均满足《广东省海洋功能区划》的要求；BOD_5、锌、铅含量均有超标的情况。沉积物调查的除石油类、硫化物、铬含量有超标情况，其他各个指标基本均满足《广东省海洋功能区划》的要求。海洋鱼类、甲壳类和软体动物生物质量除了砷和石油烃含量超标，其余均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》中的“海洋生物质量评价标准”

（3）海洋灾害

本海域海洋灾害主要有地震以及热带气旋、风暴潮。

8.1.1.2 工程所在海域的生态建设需求

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》提出“加强岸线保护与整治修复”指出：推进海岸线生态修复。编制海岸线整治修复规划及实施方案，明确项目清单，纳入全国海岸线整治修复项目库，建立并发布严格保护岸线名录。建立完善海岸线修复工作机制，结合湿地修复工程，开展红树林、珊瑚礁、海草床等滨海湿地恢复；结合“美丽海湾”工程，开展海岸修复养护；结合“生态岛礁”工程，开展海岛岸线综合治理；重点推进砂质海岸整治修复，对受损砂质岸段实施海岸防护、人工补沙、海岸养护、植被固沙等整治修复工程，维持砂质海岸的稳定平衡，受损岸线得到修复。强化常态化海岸线动态监测，对开发利用情况进行评价并向社会公布。”

本项目为海岸带综合整治与修复工程，满足“实施海湾综合治理；加强岸线保护与整治修复”的相关要求。

8.1.1.3 本项目的生态建设目标和指标

本项目的生态建设需结合项目功能、海域环境特征等，以保护海洋环境、维护生态可持续发展为准则，从污水排放与控制、生态保护与修复等方面提出具体的生态建设方案。具体达到以下目的：

（1）通过污染防治措施，最大程度减少项目实施对海洋水环境、生态环境的不利影响；

（2）通过生态保护与修复措施，减少对海水对海岸线的冲刷侵蚀；修复湾内受损砂质岸线生态系统，提高湾内海岸生态防护功能。

8.1.2 生态保护对策

（1）生态化丁字坝建设：在保障防洪防潮防浪安全的前提下，丁字坝堤身采用斜坡式浆砌块石护面结构，在条件适宜时尽可能缓坡入海，促进近岸海洋生境的重建。按照《围填海工程海堤生态化建设标准》，针对结构型式生态化、材料生态化提出相应要求。

（2）污水排放与控制：施工期污水已妥善处理，没有随意排海，避免了对海洋环境产生影响。

（3）悬浮泥沙污染防治：施工将引起海底物质飘扬，使水体中的悬浮物含量增加，水体变浊，会对水环境造成污染及海洋生物产生影响。本项目丁字坝已建成，不再产生悬浮物，对海洋生态的影响已逐渐恢复到正常水平。

本工程项目是海岸带综合整治与修复项目，已建成投入使用，运营期没有污染物排放。

8.1.3 生态跟踪监测

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目施工期、运营期对海洋水质、沉积物和生物的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节实行制度性监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要进行跟踪监测，主要由项目建设单位委托有 CMA 计量认证资质的环境监测部门按照制订的计划进行。

结合本工程特点和项目周围的环境敏感目标，本项目丁字坝已建成，本身为生态修复工程，鉴于本项目实施方案内未提出修复项目具体的效果评估方案，因此本报告补充开展地形地貌与冲淤环境、砂质岸滩地形跟踪监测。

①监测站位布设

共布设 6 个断面。站位具体位置见下表，站位布设见下图。

表 8.1-1 监测站位表

站位编号	起点	终点	调查内容
S1	116°30'56.430"E 22°59'26.086"N	116°31'1.768"E 22°59'24.565"N	地形地貌与冲淤环境、砂质岸滩地形
S2	116°30'51.603"E 22°59'13.899"N	116°30'58.318"E 22°59'12.720"N	
S3	116°30'47.939"E 22°58'59.545"N	116°30'53.463"E 22°58'58.522"N	
S4	116°30'46.622"E 22°58'47.739"N	116°30'51.762"E 22°58'47.228"N	
S5	116°30'45.476"E 22°58'31.635"N	116°30'51.001"E 22°58'32.820"N	
S6	116°30'48.188"E 22°58'21.912"N	116°30'51.880"E 22°58'24.746"N	

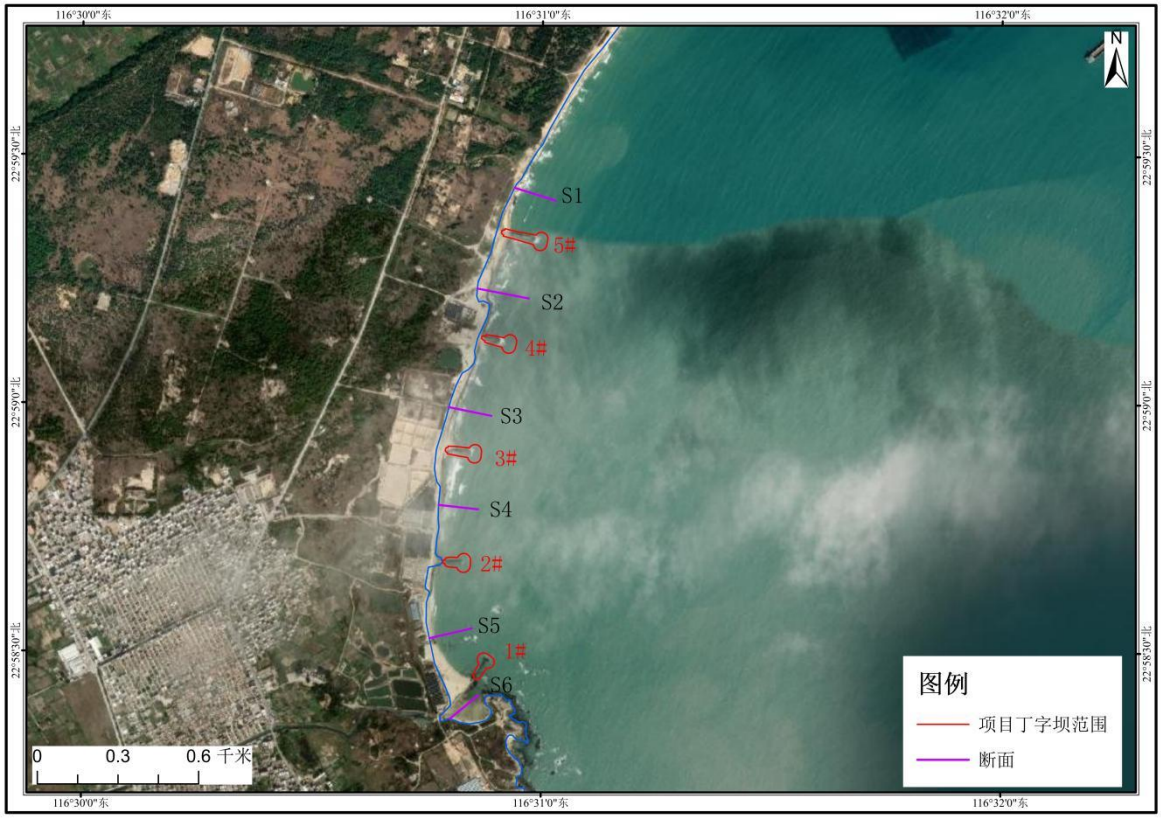


图 8.1-1 监测站位布设图

②监测项目

冲淤环境监测：跟踪监测项目及周边岸滩及海底地形冲淤变化。

砂质岸滩地形监测：为了解和掌握工程建设对临近的砂质自然岸线、海岸侵蚀极脆弱区的影响，对湾内砂质岸线（主要为砂质自然岸线、海岸侵蚀极脆弱区冲淤变化监测）进行调查监测。

③监测时间和频率

冲淤环境：每 3 年监测一次。

砂质岸滩地形监测：每年监测一次。

8.2 生态保护修复措施

为贯彻落实中共中央、国务院《关于加快推进生态文明建设的意见》《关于印发〈生态文明体制改革总体方案〉的通知》和国务院《关于印发水污染防治行动计划的通知》等要求，本节将从产业准入、区域限制、岸线控制、面积管控、生态建设方面，对本项目用海建设方案进行评估。

8.2.1 增殖放流方案

本项目对于海域作业造成的海洋生物资源的损失，从减缓生态影响和恢复受损生态系统的角度，本报告建议开展生态保护修复。

根据前文论证内容，对于本项目水工作业造成的海洋生物资源的损失，本报告建议采取人工增殖放流的方式进行生态补偿，即按照《水生生物增殖放流管理规定》开展增殖放流活动，采购鱼苗、虾苗在项目邻近海域进行放流。增殖放流实施前，应与渔业行政主管部门充分沟通。

根据渔业部门以往运作经验，在海域连续三年进行海洋生物资源的人工放流，基本可以补充项目施工等造成的渔业资源损失。增殖放流主要考虑放流的品种和数量、放流前后的管理。

（1）放流品种和数量

根据当地的自然环境及当地适宜的放流品种，确定本项目附近海域的放流品种和数量，筛选适应当地生态环境和能较大批量苗种生产的品种。用于增殖放流的人工繁殖的水生生物物种，应当来自有资质的生产单位，且符合《“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2022〕1 号）有关要求。

（2）放流前后的现场管理

放流前的现场管理：放流前后的现场管理主要由渔政管理部门承担。一是时间的

选择，放流工作将安排在定置张网禁渔和伏季休渔期；二是放流前清理放流区的作业，并划出一定范围的临时保护区，保护区内禁止的作业除了国家规定禁止的作业类型及伏季休渔禁止的拖网、帆张网等作业外，禁止 10m等深线以外的定置作业，同时禁止沿岸、滩涂、潮间带等 10m等深线以内的定置作业、插网、流网、笼捕等小型作业；三是在渔区广为宣传，便于放流品种的回捕、保护、管理等工作顺利开展。

放流后的现场管理：拟由当地海洋渔业主管部门组织有关渔政力量加强放流区域的管理，并落实监督、检查措施。

表 8.2-1 生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人	备注
渔业资源恢复	增殖放流	不少于本项目造成的海洋生物资源损失	项目拟放流一次，具体进度安排如下： 1～4 月份，进行放流种苗的招标或议标进行增殖放流； 5~8 月份，实施人工增殖放流，进行增殖放流宣传； 第二年 3～5 月份，进行渔业资源调查，对调查样品进行分析，进行渔船和渔港的调研工作；放流完成后，进行资料分析和报告的编写，提交项目总结报告。	建设单位	项目竣工验收前完成增殖放流工作

8.2.2 岸线控制

根据《海岸线保护与利用管理办法》，海岸线保护与利用管理应遵循保护优先、节约利用、陆海统筹、科学整治、绿色共享、军民融合原则，严格保护自然岸线，整治修复受损岸线，拓展公众亲海空间，与近岸海域、沿海陆域环境管理相衔接，实现海岸线保护与利用的经济效益、社会效益、生态效益与军事效益相统一。

根据 2021 年 7 月 2 日《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》（粤自然资规字〔2021〕4 号），“海堤建设原则上不得占用自然岸线，确需占用自然岸线的，必须经过充分论证，并符合自然岸线管控要求，落实海岸线占补；海堤加固维修不实行海岸线占补。”

本项目 2#丁字坝占用自然砂质岸线 1.4m。由于本项目属于修复工程，丁字坝为海堤建设的组成部分，故根据相关规定，考虑到项目实际情况，本项目对无须进行海岸线占补。综上，本项目的岸线控制方面，符合生态用海要求。

9 结论

9.1 项目用海基本情况

本项目地处揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段，是华南典型的砂质弧形海岸。由于长期受到海浪的侵蚀，再加上附近惠来电厂等海洋工程的建设，人为改变了附近海域的水文动力环境，海岸带受潮流冲刷、淹没，自然系统平衡遭到破坏。该项目的实施，有利于防治海洋灾害，维护海岸自然系统平衡。本项目 2021 年 3 月 6 日开工建设，在绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸（含堤头段）总长度为 626m 的丁字坝。申请用海总面积为 2.3730 公顷，拟申请用海期限为 38 年。本项目 2#丁字坝占用自然砂质岸线 1.4m。

9.2 项目用海必要性结论

项目建设地点长期受到海浪侵蚀，海岸带受潮流冲刷、淹没，曾经较为稳定的海岸逐渐转变为侵蚀型海岸，海岸自然系统平衡遭到破坏。为保护海岸带，丁字坝的建设能有效减缓海水对海岸带的冲刷，可使已受侵蚀的海岸带逐步恢复原貌，维护滨海生态系统的连续性和多样性，美化海洋环境质量，维护自然岸线系统平衡。

项目用海是由项目建设内容和项目所在位置的特殊性决定了其用海的必要性。因此，本项目建设用海是必要的。

9.3 项目用海资源环境影响分析结论

（1）对海洋资源影响分析结论

项目用海面积仅 2.3730 公顷，占用海域面积较小，申请海域没有用海权属冲突，没有规划用海项目，不会对海域空间资源产生较大的影响。

项目占用自然岸线 1.4m，项目所处海岸侵蚀情况较为严重的岸段，海岸带受潮流冲刷、淹没，已遭到严重的破坏，丁字坝的建成对海岸带的保护与修复有重大作用，项目通过科学合理规划，修建防浪设施，可使已受侵蚀的海岸带逐步恢复原貌。

本项目造成生物损失合计为：潮间带生物 0.005t，底栖生物 0.045t，游泳生物 138.36kg，鱼卵 5.91×10^6 粒，仔稚鱼 0.36×10^6 尾。

（2）水文动力影响分析结论

由 4.2.1 章节分析可知，拦砂堤修复工程实施后改变了附近水域的水动力环境，拦砂堤附近水流流态变化较大，影响范围在 200m 范围内，距离拦砂堤较远的水域水动力环境变化幅度相对较小。

（3）水质环境影响分析结论

由 4.2.2 章节分析可知，拦砂堤抛石施工作业过程产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从整体分布趋势看，对海域污染的范围主要是在工程周边很小的范围内。由于施工面积不大，影响范围有限，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，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

（5）对地形地貌及冲淤环境的影响分析结论

由 4.2.3 章节可知，5 组垂岸“⊥”型结构丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙对泥沙造成的损失。绿洲段岸线侵蚀现象得到一定程度的缓解。

（6）对海洋生态影响分析结论

丁字坝建设将改变底栖生物原有的生境，海域大部分底栖生物将被铲除、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。由于施工造成大量悬浮泥沙对海域海洋生物造成损害，以及对施工行动产生干扰等，但施工悬浮泥沙对水质的影响属于短期环境效应。施工结束后，依靠水体的运动将其它地方的浮游生物融入作业点，浮游生物群落将逐渐重新建立，在做好增殖放流工作的前提下，生物量可实现有效恢复；施工会对游泳生物产生一定影响，悬浮物质含量变化，不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定负面影响。但总体来说，本项目施工期时间较短，对水质的影响属于短期环境效应，施工结束后，依靠水体的运动将其它地方的游泳生物融入作业点，在做好增殖放流工作的前提下，经过一段时间的调整与恢复，附近水域海洋生物区系重新形成。

9.4 海域开发利用协调分析结论

项目周边的海域开发活动主要为工业用海及港口用海。本项目西侧相接的未确权护坡与丁字坝为同一建设单位，故不存在利益相关者。

本项目在开工前，应将项目的施工计划、进度和船舶作业范围等告知相关管理单位，收到反馈意见及时调整和处理，避免对其产生影响。

项目建设基本不会对周边用海开发活动造成明显影响，项目与周边用海开发活动具有良好的协调性，项目与周边其他用海活动和海洋产业是可协调的，并且项目的建设和运营不会影响军事活动和国家安全。

9.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论

项目用海符合《全国海洋主体功能区划》、《广东省海洋主体功能区划》、《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》，同时还符合、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》、《揭阳海洋经济发展“十四五”规划》、以及“三区三线”等相关规划。

9.6 项目用海合理性分析结论

本项目选址的区位和社会条件满足项目建设和营运的需求，与项目所在海域的自然资源和生态环境相适宜，在严格执行本报告防范措施的前提条件下，项目发生潜在的、重大的安全和环境风险概率很低，与其他用海活动和海洋产业相协调，其选址是合理的。

本项目平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于生态和环境保护，其平面布置是合理的。

本项目用海方式基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，且与多个规划相符，因此，项目用海方式是合理的。

本项目申请的用海面积符合项目用海需求，符合《海籍调查规范》，符合相关行业的设计标准和规范。

本项目申请用海期限为 38 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，申请期限合理。

9.7 项目用海可行性结论

项目地处揭阳市惠来县靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段。项目建设符合产业政策，项目选址具有较好的社会区位和适宜的自然条件，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》）、“三区三线”及《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》等相关规划。项目用海选址、用海方式和平面布置合理，用海面积适宜，用海期限符合相关法律要求。项目不涉及利益相关者。项目建设具有良好的社会

经济效益，能够较好地发挥该海域的自然环境和社会条件优势。综上所述，项目建设单位在切实落实海域使用管理对策措施，从海域使用的角度考虑，本项目的海域使用是可行的。