建设项目生态环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称：　汕头海底数据中心一期项目

建设单位（盖章）：海兰云（广东）科技有限公司

编制日期：　　2026 年 10 月

中华人民共和国生态环境部制

目 录

一、建设项目基本情况.....1
二、建设内容.....19
三、生态环境现状、保护目标及评价标准.....46
四、生态环境影响分析.....118
五、主要生态环境保护措施.....193
六、生态环境保护措施监督检查清单.....204
七、结论.....206

一、建设项目基本情况

<table>
<tr><td>建设项目名称</td><td colspan="3">汕头海底数据中心一期项目</td></tr>
<tr><td>项目代码</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>建设单位联系人</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td>建设地点</td><td colspan="3">项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，距离汕头市达濠岛岸线最近约 17.8km，距离南澳县岸线最近约 17.4km，并租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层建设本项目的陆上监控中心。</td></tr>
<tr><td>地理坐标</td><td colspan="3">
表 1 工程地理坐标信息表
<table>
<tr><td>建设区域</td><td>建设内容</td><td>坐标</td><td>纬度</td><td>经度</td></tr>
<tr><td>陆域</td><td>陆上监控中心</td><td>中心坐标</td><td>23°15′49.802″</td><td>116°44′45.421″</td></tr>
<tr><td rowspan="17">海域</td><td>海底数据中心</td><td>中心坐标</td><td>23°15′18.381″</td><td>116°59′08.599″</td></tr>
<tr><td rowspan="4">海缆 1</td><td>起点坐标</td><td>23°15′11.011″</td><td>116°58′51.316″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′19.048″</td><td>116°59′07.109″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′19.136″</td><td>116°59′07.750″</td></tr>
<tr><td>终点坐标</td><td>23°15′18.761″</td><td>116°59′08.581″</td></tr>
<tr><td rowspan="4">海缆 2</td><td>起点坐标</td><td>23°15′10.716″</td><td>116°58′51.431″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′18.847″</td><td>116°59′07.096″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′18.904″</td><td>116°59′07.611″</td></tr>
<tr><td>终点坐标</td><td>23°15′18.599″</td><td>116°59′08.159″</td></tr>
<tr><td rowspan="4">海缆 3</td><td>起点坐标</td><td>23°15′09.144″</td><td>116°59′13.698″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′17.210″</td><td>116°59′09.439″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′17.523″</td><td>116°59′09.172″</td></tr>
<tr><td>终点坐标</td><td>23°15′17.939″</td><td>116°59′08.455″</td></tr>
<tr><td rowspan="4">海缆 4</td><td>起点坐标</td><td>23°15′09.700″</td><td>116°59′14.209″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′17.363″</td><td>116°59′10.154″</td></tr>
<tr><td>拐点</td><td>23°15′17.825″</td><td>116°59′09.734″</td></tr>
<tr><td>终点坐标</td><td>23°15′18.100″</td><td>116°59′08.877″</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>建设项目行业类别</td><td>“五十四、海洋工程”中的“152 海底隧道、管道、电（光）缆工程”</td><td>用地（用海）面积（m^2）/长度（km）</td><td>租用面积：500m^2
用海面积：48658m^2
海缆长度：1.72km</td></tr>
<tr><td>建设性质</td><td>√新建（迁建）
□改建
□扩建
□技术改造</td><td>建设项目申报情形</td><td>√首次申报项目
□不予批准后再次申报项目
□超五年重新审核项目
□重大变动重新报批项目</td></tr>
<tr><td>项目审批（核准/备案）部门（选填）</td><td>汕头市濠江区发展和改革局</td><td>项目审批（核准/备案）文号（选填）</td><td>项目代码：2606-440512-04-01-727143</td></tr>
<tr><td>总投资（万元）</td><td>21612.00</td><td>环保投资（万元）</td><td>490</td></tr>
<tr><td>环保投资占比（%）</td><td>2.27</td><td>施工工期</td><td>12 个月</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>是否开工建设</td><td>√否
□是：</td></tr>
<tr><td>专项评价设置情况</td><td>对照建设项目环境影响报告表编制技术指南（生态影响类） 专项评价设置原则表进行判定， 无须设置专项评价， 判定结果详见下表。
表 2 专项评价设置原则表（生态影响类）
<table>
<tr><th>专项类别</th><th>涉及项目类别</th><th>本项目情况</th><th>专项设置情况</th></tr>
<tr><td>地表水</td><td>①水力发电：引水式发电、涉及调峰发电的项目；
②人工湖、人工湿地：全部；
③水库：全部；
④引水工程：全部（配套的管线工程等除外）；
⑤防洪除涝工程：包含水库的项目；
⑥河湖整治：涉及清淤且底泥存在重金属污染的项目。</td><td>本项目不属于</td><td>无需设置</td></tr>
<tr><td>地下水</td><td>①陆地石油和天然气开采：全部；
②地下水（含矿泉水）开采：全部；
③水利、水电、交通等：含穿越可溶岩地层隧道的项目。</td><td>本项目不属于</td><td>无需设置</td></tr>
<tr><td>生态</td><td>涉及环境敏感区（不包括饮用水水源保护区，以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公为主要功能的区域，以及文物保护单位）的项目。</td><td>项目建设地点及环境影响范围内不涉及自然保护区、海洋特别保护区、生态保护红线管控范围、海洋公园，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域。</td><td>无需设置</td></tr>
<tr><td>大气</td><td>①油气、液体化工码头：全部；
②干散货（含煤炭、矿石）、件杂、多用途、通用码头：涉及粉尘、挥发性有机物排放的项目。</td><td>本项目不属于</td><td>无需设置</td></tr>
<tr><td>噪声</td><td>①公路、铁路、机场等交通运输业涉及环境敏感区（以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公为主要功能的区域）的项目；
②城市道路（不含维护，不含支路、人行天桥、人行地道）：全部</td><td>本项目不属于</td><td>无需设置</td></tr>
<tr><td>环境风险</td><td>①石油和天然气开采：全部；
②油气、液体化工码头：全部；
③原油、成品油、天然气管线（不含城镇天然气管线、企业厂区内管线），危险化学品输送管线（不含企业厂区内管线）：全部</td><td>本项目不属于</td><td>无需设置</td></tr>
</table>
注：“涉及环境敏感区”是指建设项目位于、穿（跨）越（无害化通过的除外）</td></tr>
</table>

	环境敏感区，或环境影响范围涵盖环境敏感区。环境敏感区是指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中针对该类项目所列的敏感区。
规划情况	无
规划环境影响评价情况	无
规划及规划环境影响评价符合性分析	无
其他符合性分析	**1　建设项目基本情况** **1.1其他符合性分析** **1.1.1产业政策相符性分析** 根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“第一类 鼓励类”、“十七、船舶及海洋工程装备”、“5.海洋工程装备：深远海油气钻井平台（船）、生产平台、生活平台、浮式生产储卸装置（FPSO）、浮式液化天然气装置（FLNG）、浮式储存及再气化装置（FSRU）等海洋油气装备，海上风电装备、天然气水合物钻采船（平台）、海洋新能源装备（含潮流能、波浪能、温差能等），深远海网箱式养殖平台、大型养殖工船、大型浮式岛礁平台、深海矿产资源开发装备、**海底数据中心**等新型海洋工程装备”，为国家鼓励类项目。 根据《市场准入负面清单（2025 年版）》（发改体改规〔2025〕466 号），本项目不属于“禁止准入类”，对市场准入负面清单以外的行业、领域、业务等，各类经营主体皆可依法平等进入。 综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。 **1.1.2与“三区三线”的相符性分析** 自然资源部办公厅于2022年10月14日发布的《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号）中表示，“广东省完成了‘三区三线’划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据”。 根据《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，仅允许该文件中明确的 10 类对生态功能不造成破坏的有限人为活动。 根据项目与“三区三线”中的生态保护红线位置关系叠图（附图 1-1）可知，项目不位于生态保护红线区内，与本项目距离最近的生态保护红线为汕头珍稀濒危物种分

布区，距离为0.8km。

本项目涉海工程主要有数据中心桩基基础与海缆工程，海缆埋设于海床。本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现数据中心桩基附近，工程附近海域潮流运动以向往复流为主。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。根据水质预测结果表明，项目海缆施工产生的悬浮泥沙底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 2.875km^2，最远扩散距离为西南侧204m，不会扩散至周边生态保护红线。项目营运期排放水体为原取自海洋的海水，主要环境影响为废热导致海水温升。根据水质影响预测结果分析，温排水排放后受涨落潮流影响，在排污口周边扩散，由于排水量仅 0.4m^3/s，水量较小，排水温水团与受纳水体混合后，夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，没有超 1℃温升分布的范围，不会扩散至周边生态保护红线，对生态红线区域水质基本不会造成不良影响。

因此，本项目的建设基本不会对周边生态保护红线产生不利影响，符合生态保护红线的管理要求。

1.1.3与国土空间规划的相符性分析

（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（2021-2035 年）》提出：强化底线约束和空间管控。按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序统筹划定落实三条控制线，把三条控制线作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线。以三条控制线分别围合的空间为重点管控区域，统筹发展和安全，统筹资源保护利用，优化农业、生态、城镇等各类空间布局。

提升海岸带空间的综合功能中提出：实施海域分区管理。坚持生态用海、集约用海，陆海协同划定海洋“两空间内部一红线”。在海洋生态空间内划设海洋生态保护红线，加强海洋生态保护区和生态控制区的保护。在海洋开发利用空间内统筹安排渔业、工矿通信、交通运输、游憩、特殊用海区和海洋预留区，按分区明确空间准入、利用方式、生态保护等方面的管控要求。海洋预留区要保障规划期内国家重大用海需求，严格控制其他开发利用活动。合理布局海洋倾倒区，严格海洋倾废监管。

支持能源、信息和环保基础设施建设中提出：保障新型信息通信设施建设。重点保障电信网、物联网、工业互联网、云计算、区块链等信息基础设施建设空间，加快推进光纤网络、5G 网络和数据中心建设，促进传统基础设施数字化升级改造，建成全国领先的新型信息基础设施。全面建成高水平全光网络，完善以广州为中心的骨干光纤网络布局，推动广州互联网交换中心与国家（深圳·前海）新型互联网交换中心等

交换平台协同发展，适时开展海底光缆管廊规划建设研究。统筹全省 5G 基站建设，推动实现 5G 网络城乡全覆盖，建成粤港澳大湾区 5G 宽带城市群。按照全国一体化算力网络国家枢纽节点布局要求，加快粤港澳大湾区国家枢纽节点韶关数据中心集群建设。

根据广东省海洋空间功能布局，项目选址位于海洋开发利用空间（详见附图 1-2）。经分析，本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期船舶含油污水、生活污水、船舶生活垃圾均交由船舶污染物接收单位接收运走。项目租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼建设本项目的陆上监控中心，不涉及耕地、永久基本农田、生态保护红线。项目为海底数据中心建设项目，建成后，将显著强化汕头在全国数字经济发展格局中的战略支点地位，提升大湾区地区数字基础设施支撑能力与核心竞争力，为区域数字经济高质量发展注入强劲新动能。

因此，本项目的建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的相关要求。

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

2023 年 5 月 10 日，广东省自然资源厅印发了《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》。规划以中国式现代化本质要求的深刻内涵为主线，以绿美广东生态建设为引领，面向生态、农业、城镇三大空间，以守住自然生态安全边界，提升生态系统多样性、稳定性、持续性，建设人与自然和谐共生的现代化为总体目标，坚持山水林田湖草生命共同体理念，统筹陆域海域，兼顾地上地下，协调时间空间，理顺体制机制，系统谋划了到 2035 年的广东省国土空间生态保护和修复工作。

规划提出，广东将全力构筑“三屏五江多廊道”生态安全格局，衔接省国土空间规划“一链两屏多廊道”国土空间保护格局，形成陆海联动、通山达海的网络化格局。构筑“三屏五江多廊道”生态安全格局，指的是加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障，以丘陵山地、森林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、河口、海湾、滨海湿地、海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复；依托东江、西江、北江、韩江、鉴江等骨干水系，通山达海，统筹推进陆地、海洋、湿地三大生态系统一体化保护修复；构筑以重要水系、森林带和海岸带为主的生态廊道，结合碧道、绿道、古驿道等线性开敞空间建设，构建满足水生生物繁殖洄游、水鸟和候鸟迁飞停留、陆生野生动物栖息迁徙等活动需要的特色生态廊道网络体系，提升生态系统连通性。此外，广东还将系统谋划山水林田湖草沙一体化保护和系统治理。以山体山脉、河湖流域、河口海湾等相对完整的自然地理单元为基础，

	实施整体保护、系统修复、综合治理。全省共形成包括山体山脉、河湖流域、河口海湾、海岛、重点地域等39个生态保护修复单元。 经与规划图件叠加分析（详见附图 1-3），本项目不在生态保护和修复单元内，距离周边的生态保护和修复单元较远。本项目建设主要为施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失，不会对规划中明确的生态系统保护修复单元产生影响。 因此，本项目的建设符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》相关要求。 **（3）与《汕头市国土空间规划（2021-2035）》的符合性分析** 《汕头市国土空间总体规划（2021-2035年）》于2024年6月28日正式印发。《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出：明确海域规划分区布局与管控要求。基于资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价，衔接生态保护红线划定成果和社会经济发展需求划定落实海洋生态保护区、生态控制区和海洋发展区等三类一级分区，其中海洋发展区按照具体用途进一步划分为六类二级规划分区（具体海域规划分区以批复的省级海岸带专项规划为准），按分区类型制定用海指引，明确空间准入、利用方式和生态保护等方面的管控要求。 项目选址不位于《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中的生态保护红线范围内，根据前述章节分析，项目建设符合“三区三线”的相关要求。根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目位于工矿通信用海区，详见附图 1-4。项目租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼建设本项目的陆上监控中心，位于《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中的工业发展区，不涉及耕地、永久基本农田、生态保护红线。 《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中的工矿通信用海区的管控措施为：准入固体矿产开采、船舶工业、电力工业、可再生能源利用、海水综合利用等工业用海，电缆管道、海底隧道、海底场馆等海底工程用海，以及海洋观测设施和平台建设用海。在开发利用之前可兼容开放式养殖，浴场，游乐场用海；在开发利用后，有条件兼容人工鱼礁、开放式养殖用海、游乐场用海、路桥、航道和其他线性工程用海。坚持节约集约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形的影响，构筑物等用海方式要避让海底电缆管道区域。工业用海必须配套建设污水和生活垃圾处理设施，实现达标排放和科学处置。海上矿产、能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。

本项目用海方式为透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道，符合准入要求。项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期船舶含油污水、生活污水、船舶生活垃圾均交由船舶污染物接收单位接收运走。项目建成后通过高性能算力赋能汕头海洋渔业、港航物流、海洋监测等传统产业智能化升级，破解产业转型算力瓶颈，提升产业核心竞争力，为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑。

因此，项目的建设符合《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相关要求。

1.1.4与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的相符性分析

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《省海岸带规划》）是国土空间规划体系下的专项规划，是对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的补充与细化，在国土空间总体规划确定的主体功能定位及规划分区基础上，统筹协调海岸带资源节约集约利用、生态保护修复、产业布局优化、人居环境品质提升等开发保护活动，有效传导至市级国土空间总体规划和海岸带专项规划，指导海岸带地区国土空间精细化管理。

《省海岸带规划》提出，依托现有海洋产业集聚区及沿海产业园区等空间分布，保障各类海洋产业发展及重点项目开发用海用岸用岛需求。加强保障食品和能源安全等海洋基础性产业空间供给，合理保障海洋优势产业、战略性新兴产业发展空间，推动万亿级、千亿级海洋产业集群建设。加强海洋电子信息、现代海洋公共服务业等其他新兴产业空间保障。依托广州、深圳、东莞、惠州电子信息产业基础，引导向海洋领域拓展，打造珠三角海洋电子信息产业集聚区；支持汕头、潮州培育发展新型海洋电子元器件产业，实现联动发展。支持海底数据中心关键核心技术突破，探索在海底布放高能耗数据中心。保障国家海洋综合试验场（珠海）等海洋公共服务平台建设用海需求，为海洋电子信息、高端装备等战略性新兴产业提供成果试验服务和支撑，支持现代海洋公共服务业发展。

《省海岸带规划》承接《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》空间布局和沿海县主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能区管理要求，作为用途管控依据。其中的海洋发展区是海洋开发利用活动集中分布区，总面积44007.48平方千米，占海域面积的 67.99%，结合资源禀赋特征、国家重大项目实施要求和地方发展实际需求，将海洋发展区进一步细分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区和海洋预留区。坚持节约集约用海，引导海洋开发

利用活动有序布局，充分兼容海底管廊、路桥隧道、航运等线性用海，推动海域水面、水体、海床和底土空间立体利用，在功能区未使用时鼓励准入适宜开展的用海类型。海洋功能区开发利用应通过科学规划和严格论证，尽可能减少对海域自然属性的改变，加强对国际通信海缆的保护，维护渔业水域健康安全，保障旅游和娱乐海域良好适宜，严格控制影响毗邻海域用海功能，推动形成生态、生活、生产融合的海洋发展空间。

根据项目与广东省海岸带分区发展及管控规划图叠图（附图 1-5）可知，项目位于白颈屿西南工矿通信用海区。

项目与白颈屿西南工矿通信用海区管控要求的符合性分析见表 1-1。根据表 1-1 分析可知，项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》相符。

表 1-1 项目与广东省海岸带及海洋空间规划功能区的符合性分析

名称	管控要求		符合性分析	是否符合
白颈屿西南工矿通信用海区	空间准入	1.允许可再生能源、海底电缆管道等用海； 2.可兼容开放式养殖等增养殖用海； 3.探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。	1. 本项目为工业用海，用海方式有海底电缆管道，利用风电场的绿色电力建设数据中心，属于对可再生能源的利用，符合用海准入要求； 2.本项目不涉及增养殖用海； 3. 本项目拟对数据舱取、排水口和 66kV 光电复合海缆申请用海范围进行立体分层设权，数据舱取、排水口确权空间层为水体，确权高程为现状海床高程~平均海平面；66kV 光电复合海缆空间确权层为底土，确权高程为-26.2m~-24.0m。	符合
	利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.可再生能源用海不得妨碍海底电缆管道的安全； 3.禁止水下爆破等危害海底电缆管道安全的活动。	1. 本项目为海底数据中心建设项目，用海方式为透水构筑物、海底电缆管道和取、排水口，不改变海域自然属性； 2. 本项目利用 66kV 海缆与勒门I扩建项目相连接，项目建设不会妨碍海底电缆管道的安全； 3. 本项目不涉及水下爆破等危害海底电缆管道安全的活动。	符合
	保护要求	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。	本项目建设 1 座海底数据中心，利用勒门I海上风电扩建项目产生的绿色电力，直接供应海底数据中心，不涉及石油开采等能源开发。工程实施后对工程附近水动力环境、地形地貌的影响有限，产生的水动力和地形地貌的影响范围不超过 2km；温排水预测结果表明，运营期数据中心排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，没有	符合

			超1℃温升分布的范围，项目建设对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境的影响小。项目已明确制定海洋生态环境监测计划并将严格落实执行，同步做好其余保护相关工作。	
	其他要求	——	——	——

1.1.5与生态环境分区管控方案的相符性

（1）与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的相符性

为全面贯彻《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》，落实生态保护红线，环境质量底线、资源利用上线，广东省人民政府于2020 年发布了《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71 号），确定了生态环境准入清单。

①与生态保护红线及一般生产空间符合性分析

广东省环境管控单元划分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类。

优先保护单元：以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线，确保生态功能不降低。

重点管控单元：以推动产业转型升级、强化污染减排、提升资源利用效率为重点，加快解决资源环境负荷大、局部区域生态环境质量差、生态环境风险高等问题。

一般管控单元：执行区域生态环境保护的基本要求。根据资源环境承载能力，引导产业科学布局，合理控制开发强度，维护生态环境功能稳定。

项目位于“海域环境管控单元”中的“一般管控单元”和“陆域管控单元”中的“重点管控单元”，详见图 1-6。

按照“省三线一单”要求，一般生态空间后续与发布的生态保护红线进行衔接。通过将项目与“三区三线”中的生态保护红线叠加图件分析，本项目不位于生态保护红线范围，详见附图 1-1。根据前述章节分析，项目建设符合“三区三线”的相关要求。

本项目施工期间会短暂影响本区域生态环境和生物资源，这种影响会随施工结束而消失。本项目建设不涉及大规模、高强度的工业和城镇建设，其用海方式对周边海域的水动力环境、地形地貌与冲淤环境和生态环境影响很小，不会严重破坏所在海域的水质环境，不存在潜在的、重大的安全和环境风险，能确保生态功能不降低。项目实施后不会导致该海域的环境恶化。因此，项目的建设对一般管控单元的海域环境影响较小，符合生态保护红线及一般生态空间的要求。

②与环境质量底线符合性分析

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道，不会对用海区域水文动力环境、地形地貌与冲淤环境产生明显影响。施工期产生的悬浮泥沙是暂时性的，待施工完成后将不会对周围环境造成不良影响，舱底含油废水、生活污水、生活垃圾统一收集后定期交由船舶污染物接收单位的接收船接收运走。营运期温排水排放后在排污口周边扩散，由于排水量仅 0.4m³/s，水量较小，排水温水团与受纳水体混合后，夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，没有超 1℃温升分布的范围，扩散范围较小。

因此，本项目建设不会突破环境质量底线的管控要求。

③资源利用上线

本项目充分依托已建大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，探索利用海洋条件建设自然冷源数据中心，将海底数据中心与海上风电结合，依托部分风电场设施，提升数据中心绿色电能使用水平，促进可再生能源就近消纳。

本项目陆上监控中心租用已建成场地，不改变现有土地使用范围，不新增用地，工程建设不会突破土地资源上线。工程施工用水均取自当地，且用水量较小，不会突破水资源上线，资源消耗量相对区域资源利用总量较少。

综上所述，项目建设不会突破当地的资源利用上线。

④环境准入负面清单

根据《市场准入负面清单（2025 年版）》（发改体改规〔2025〕466 号），本项目不属于“禁止准入类”，对市场准入负面清单以外的行业、领域、业务等，各类经营主体皆可依法平等进入。

综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。

（2）与《汕头市“三线一单”生态环境分区管控方案》及其动态更新方案的相符性分析

根据《汕头市“三线一单”生态环境分区管控方案》和《印发汕头市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果动态更新方案》（以下简称“市生态环境分区管控方案”），项目海域工程内容选址位于珠海-潮州近海农渔业区一般管控单元（HY44050030014），陆上监控中心租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼进行建设，选址位于广澳街道-青州盐场重点管控单元（ZH44051220002），具体位置见附图 1-7。项目与所在管控单元的管控要求相符性分析见下表 1-2。

表 1-2 项目与所在管控单元的管控要求相符性分析

管控单元	管控单元分类	管控有要求	项目情况	相符性

	珠海-潮州近海农渔业区	一般管控单元	区域布局管控	1-1.开发利用海洋资源，应当根据国土空间规划功能区合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。	1-1.根据广东省海洋空间功能布局，项目选址位于海洋开发利用空间，项目依托勒门I扩建项目进行海底数据中心建设，不新增海底登陆海缆，充分体现了节约和集约用海的原则，对海洋生态环境不造成破坏。	相符
			能源资源利用	2-1.严格控制近海捕捞强度，实行近海捕捞产量负增长政策，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。	2-1.项目不涉及捕捞作业。	相符
			污染物排放管控	3-1.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。 3-2.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。	3-1. 本项目施工船舶生活污水、含油污水和固体废物均能得到有效收集处理，不直接排放入海； 3-2. 项目不涉及海水养殖。	相符
			环境风险防控	4-1.引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成危害。	4-1.项目不涉及引进海洋动植物物种。	相符
	广澳街道-青州盐场重点管控单元	重点管控单元	区域布局管控	1-1.【产业/禁止类】禁止引进国家《产业结构调整指导目录》中限制类、淘汰类项目和《市场准入负面清单》禁止准入类项目。 1-2.【产业/禁止类】禁止新建纺织服装、服饰业中的印染和印花项目。 1-3.【产业/鼓励引导类】依托综合保税区建设，优先发展现代物流、跨境电商服务产业等符合发展定位的项目，新建项目向	1-1. 根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于“第一类 鼓励类”、“十七、船舶及海洋工程装备”、“5.海洋工程装备”， 为国家鼓励类项目；根据《市场准入负面清单（2025 年版）》（发改体改规〔2025〕466 号），本项目不属于“禁止准入类”，本项目的建设符合产业政策要求。 1-2.本项目不属于新建纺织服装、服饰业	相符

				规划产业片区入园集中发展。 1-4.【大气/禁止类】除现阶段确无法实施替代的工序外，禁止新建生产和使用高挥发性有机物（VOCs）原辅材料的项目。	中的印染和印花项目。 1-3.项目租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼建设本项目的陆上监控中心，落实产业集聚管控要求。 1-4.本项目不属于新建生产和使用高挥发性有机物（VOCs）原辅材料的项目。	
			能源资源利用	2-1.【能源/禁止类】高污染燃料禁燃区禁止新建、扩建燃用 III 类燃料组合（煤炭及其制品）的设施。 2-2.【水资源/限制类】到 2025 年，城市再生水利用率不低于 15%。 2-3.【土地资源/鼓励引导类】引导城镇集约紧凑发展，提高土地利用综合效率	2-1.本项目不涉及新建、扩建燃用 III 类燃料组合（煤炭及其制品）的设施。 2-2. 项目租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼建设本项目的陆上监控中心，不新建建构筑物，污水接入市政管网，纳入城市污水集中处理体系，由城市统筹再生水利用。 2-4. 项目租赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼建设本项目的陆上监控中心，不新增用地，提高土地利用综合效率。	相符
			污染物排放管控	3-1.【水/综合类】南区污水处理厂出水水质均执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）一级 A 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26）的较严值；采取有效措施提高进水生化需氧量（BOD）浓度。 3-2.【水/综合类】加快管网排查检测，全力推进清污分流，强	3-1. 项目不涉及污水厂运营； 3-2. 项目污水接入现有市政管网，依托区域污水收集处理体系； 3-3.项目不涉及挥发性有机物（VOCs）排放； 3-4. 项目无向土壤排放污水、污泥行为，生活污水排入市政管网； 3-5. 项目租赁汕头海上风电智慧能源“四个	相符

				化管网混错漏接改造及修复更新，确保管网与污水处理设施联通，到2025年，濠江区城市污水处理率达到95%以上。 3-3.【大气/综合类】实施涉挥发性有机物（VOCs）排放行业企业分级和清单化管控，严格落实国家产品挥发性有机物（VOCs）含量限值标准，鼓励优先使用低挥发性有机物（VOCs）含量原辅料。 3-4.【土壤/禁止类】禁止向土壤排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥等。 3-5.【土壤/综合类】土壤环境污染重点监管工业企业落实《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》要求，重点单位以外的企事业单位和其他生产经营活动涉及有毒有害物质的，其用地土壤和地下水环境保护相关活动及相关环境保护监督管理可参照《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》执行。 3-6.【固废/综合类】产生固体废物（含危险废物）的企业须配套建设符合规范且满足需求的贮存场所，固体废物（含危险废物）贮存、转移过程中应配套防扬散、防流失、防渗漏及其它防止污染环境的措施。 3-7.【其他/综合类】	一体化”项目1#综合楼建设本项目的陆上监控中心，非重点监管工业企业，无有毒有害物质用地相关活动； 3-6. 项目产生一般生活垃圾，垃圾规范收集交由环卫处置； 3-7. 项目不属于重点排污单位。	

			强化重点排污单位污染排放管控，重点排污单位严格执行国家有关规定和监测规范，保证监测设备正常运行并依法公开排放信息。		
		环境险防控	4-1.【水/综合类】南区污水处理厂应采取有效措施，防止事故废水直接排入水体，完善污水处理厂在线监控系统联网，实现污水处理厂的实时、动态监管。 4-2.【风险/综合类】纳入《突发环境事件应急预案备案行业名录（指导性意见）》管理的工业企业要编制环境风险应急预案并备案，防止因渗漏污染地下水、土壤，以及因事故废水直排污染地表水体。	4-1. 项目不涉及污水厂运营； 4-2. 项目将按相关要求编制突发环境事件应急预案并备案，防范相关污染风险。	相符

综上所述，项目与《汕头市“三线一单”生态环境分区管控方案》及其动态更新方案相符。

1.1.6与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析

2021 年 11 月，广东省生态环境厅印发《广东省生态环境保护“十四五”规划》，规划立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局，围绕美丽广东建设的宏伟蓝图，坚持战略引领，以“推动全省生态环境保护和绿色低碳发展走在全国前列、创造新的辉煌”为总目标，坚持“以高水平保护推动高质量发展为主线，以协同推进减污降碳为抓手，深入打好污染防治攻坚战，统筹山水林田湖草沙系统治理，加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化”的总体思路，着眼长远、把握大势，系统谋划“十四五”时期全省生态环境保护工作的指导思想、基本原则、主要目标、重点任务和政策措施，奋力开创广东生态环境保护新局面，推动生态文明建设取得新进步。是“十四五”时期统筹推进我省生态环境保护工作的重要依据和行动指南。

规划提出：持续优化能源结构。推进能源革命，安全高效发展核电，规模化开发海上风电，因地制宜发展陆上风电，提高天然气利用水平，大力推进太阳能发电和集热，加快培育氢能、储能、智慧能源等，加快建立清洁低碳、安全高效、智能创新的

现代化能源体系。科学推进能源消费总量和强度“双控”，推动工业、交通、建筑、公共机构、数字基础设施等重点用能领域能效提升。

规划提出：强化海域污染治理。深化港口船舶污染联防联治，推动港口、船舶修造厂加快船舶含油污水、洗舱水、生活污水和垃圾等污染物接收、转运及处置能力建设。推进船舶污染防治设施设备配备和改造升级，确保船舶水污染物达标排放。开展渔港环境综合整治，推进渔港污染防治能力建设，提高渔港污染防治监管水平。积极引导渔民减船转产和实施渔船更新改造项目，淘汰老旧渔船。优化海水养殖生产布局，鼓励发展深海养殖，推行海水养殖尾水集中生态化治理，严格管控海水养殖尾水排放。

本项目为海底数据中心建设项目，利用海洋资源进行数据存储和计算，海底数据中心充分利用海洋空间和海水冷却资源，减少对陆地资源的依赖，减少能源消耗和碳排放。项目施工期产生的悬浮泥沙是暂时性的，待施工完成后将不会对周围环境造成不良影响，舱底含油废水、生活污水、生活垃圾统一收集后定期交由船舶污染物接收单位的接收船接收运走。营运期温排水排放后在排污口周边扩散，由于排水量仅0.4m^3/s，水量较小，排水温水团与受纳水体混合后，夏冬季节表层水温最高增加0.38℃和0.31℃，没有超1℃温升分布的范围，扩散范围较小。

因此，本项目的建设符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》的要求。

1.1.7与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析

根据《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，广东省海洋生态环境保护的主要目标是：

——海洋生态环境质量持续改善。近岸海域水质优良（一、二类水质）面积比例达到 86%以上；陆源主要污染物入海量持续降低，国控河流入海断面稳定消除劣 V 类水质。

——海洋生态保护修复取得实效。重要海洋生态系统和生物多样性得到保护，海洋生态系统质量和稳定性显著提升，大陆自然岸线保有率和大陆岸线生态修复长度达到国家要求，营造修复红树林 8000 公顷。

——美丽海湾建设稳步推进。重点推进 15 个美丽海湾建设，亲海环境质量明显改善，公众临海亲海获得感和幸福感显著增强。

——海洋生态环境治理能力不断提升。海洋生态环境监测监管能力大幅增强，海洋环境污染事故应急响应能力显著提升，陆海统筹的海洋生态环境治理体系不断健全。

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》要求，加强海洋生态空间保护。海

洋空间坚持保护为主、适度开发，实施海洋“两空间内部一红线”。按照国家的统一部署，探索建立海岸建筑退缩线制度，清理整治非法占用自然岸线、滩涂湿地等行为。推进建设以国家海洋公园为主体、海洋自然保护区为基础、各类海洋自然公园为补充的自然保护地体系，科学划定海洋自然保护地，整合优化以中华白海豚、中国鲎、黄唇鱼等珍稀物种，珊瑚群落、红树林、海草床等典型海洋生态系统为保护对象的自然保护区。加强底线约束和空间管控，严格落实生态保护红线管控。生态保护红线内的自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。定期开展海洋自然保护地和海洋生态保护红线的保护成效评估。

通过将项目与“三区三线”成果中的生态保护红线叠加分析，项目不位于生态保护红线区内，与本项目距离最近的生态保护红线为汕头珍稀濒危物种分布区，距离为0.8km。根据水质预测结果表明，项目海缆施工产生的悬浮泥沙底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 2.875km^2，最远扩散距离为西南侧 204m，不会扩散至周边生态保护红线。舱底含油废水、生活污水、生活垃圾统一收集后定期交由船舶污染物接收单位的接收船接收运走。项目营运期排放水体为原取自海洋的海水，主要环境影响为废热导致海水温升。根据水质影响预测结果分析，温排水排放后受涨落潮流影响，在排污口周边扩散，由于排水量仅 0.4m^3/s，水量较小，排水温水团与受纳水体混合后，夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，没有超 1℃温升分布的范围，不会扩散至周边生态保护红线，对生态红线区域水质基本不会造成不良影响。本项目利用海洋资源进行数据存储和计算，海底数据中心充分利用海洋空间和海水冷却资源，减少对陆地资源的依赖，减少能源消耗和碳排放。项目建成后通过高性能算力赋能汕头海洋渔业、港航物流、海洋监测等传统产业智能化升级，破解产业转型算力瓶颈，提升产业核心竞争力，为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑。

因此，本项目的建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

1.1.8与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的相符性分析

2021年9月，广东省人民政府印发《广东省海洋经济发展“十四五”规划》。该规划是指导“十四五”时期广东海洋经济发展的专项规划，规划范围包括广东省全部海域和广州、深圳、珠海、汕头、佛山、惠州、汕尾、东莞、中山、江门、阳江、湛江、茂名、潮州、揭阳 15 个市所属陆域，海域 41.9 万平方千米，陆域 8.8 万平方千米，规划期为 2021 至 2025 年，展望到 2035 年。

规划提出：推动海洋信息产业发展壮大。支持大型电子信息企业向海洋领域拓展，推动高端海洋电子装备国产化。加快船舰智能终端、船用导航雷达、船舶海工电

子设备及系统的研制与开发，重点研发基于高通量卫星、低轨卫星、天通卫星和北斗卫星导航系统的船舶通信导航设备。推动服务于航行保障、海上搜救、环境监测、生态调节、资源管理的海上新型基础设施建设，支持海底数据中心关键核心技术突破，有序引导广州、深圳、珠海、汕头和惠州等地在海底布放高能耗数据中心。深入推进粤港澳大湾区“智慧海洋”工程。开展海洋数据资产化研究，探索数据资产化标准体系建设，开发和挖掘海洋信息咨询、海洋目标监测、海洋资源开发、渔场渔情预报、海洋防灾减灾、航运保障、海洋生态环境保护等海洋大数据应用服务。

规划提出：加强海洋信息基础平台建设。推进海洋地理信息数据资源建设，构建海洋测绘基准服务网络。建设海洋大数据中心，加强海洋数据的获取、存储、计算、分析与应用。

本项目为海底数据中心建设项目，充分依托已建大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目进行建设，探索利用海洋条件建设自然冷源数据中心，将海底数据中心与海上风电结合，依托部分风电场设施，提升数据中心绿色电能使用水平，促进可再生能源就近消纳。项目建成后通过高性能算力赋能汕头海洋渔业、港航物流、海洋监测等传统产业智能化升级，破解产业转型算力瓶颈，提升产业核心竞争力，为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑。

因此，本项目的建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的要求。

1.1.9与《汕头市生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析

2022年5月，汕头市人民政府印发《汕头市生态环境保护“十四五”规划》，规划总体要求以习近平生态文明思想为根本遵循，对标生态环境品质要求，巩固污染防治攻坚战成果，推动环境治理体系现代化进程，深入打好污染防治攻坚战，以打造高质量发展的活力特区、省域副中心城市和现代化沿海经济带重要发展极为目标引领汕头市生态环境保护迈向新征程。

规划提出：全面推进产业结构调整。加快传统行业绿色转型，分类改造提升现有工业企业，推进减排技改，以污染减排倒逼经济结构转型升级。以数字经济为核心，围绕“三新两特一大”重点产业，打造现代产业体系，推动汕头制造向汕头智造跨越。实施协同打造沿海经济带工程，依托广澳国际物流枢纽港、海门粤东绿色能源港，布局建设新能源、现代航运、智能装备制造等产业项目，培育绿色低碳发展新增长点。加强对环保产业发展的政策引导，出台支持环保产业发展的意见或规划。加快培育和发展节能环保产业，重点发展新能源及节能环保装备产业，积极对接粤港澳大湾区绿色产业体系，抓住大湾区产业转移“溢出效应”，引导项目在转移过程中实施异地绿色技改，推动产业绿色化。

	本项目以海底数据中心为核心载体，创新驱动“海洋+数字+新能源”三链深度融合，加速集聚海洋大数据、海洋人工智能、海洋高端装备等前沿产业，推动海洋科技、数字科技与新能源技术的集成创新，催生一批海洋数字经济新业态、新模式。同时，项目通过高性能算力赋能汕头海洋渔业、港航物流、海洋监测等传统产业智能化升级，破解产业转型算力瓶颈，提升产业核心竞争力，为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑。 因此，本项目的建设符合《汕头市生态环境保护“十四五”规划》的要求。 **1.1.10与《汕头市海洋生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析** 2022年9月，汕头市生态环境局印发《汕头市海洋生态环境保护“十四五”规划》，规划总体要求按照创建汕头新发展格局与建设美丽宜居生态汕头的要求，立足新发展阶段、贯彻新发展理念，构建新发展格局，全面推进海洋生态环境保护，开创美丽海湾、美丽宜居生态汕头保护与建设新局面。 规划提出：坚定以水定城、以水定产发展，优化生态、生产、生活空间格局，海洋生态环境保护迎来历史新机遇。近年来，汕头市严格控制高能耗、高耗水产业，引导布局绿色制造业产业体系，优化提升生产、生活、生态空间。加快推动产业新区建设和工业园区提质增效，提升涉水行业发展承载能力。构建海上风电全产业链，打造千万千瓦级海上风电基地。以数字经济为先导，大力发展新能源、新材料、新一代电子信息 3 个战略性新兴产业，赋能纺织服装、玩具创意 2 个特色优势传统产业链式发展，着力培育1个大健康产业，构建“三新两特一大”产业发展新格局。鼓励发展节水高效现代农业和低耗水高新技术产业。 本项目以海底数据中心为核心载体，创新驱动“海洋+数字+新能源”三链深度融合，加速集聚海洋大数据、海洋人工智能、海洋高端装备等前沿产业，推动海洋科技、数字科技与新能源技术的集成创新，催生一批海洋数字经济新业态、新模式。同时，项目通过高性能算力赋能汕头海洋渔业、港航物流、海洋监测等传统产业智能化升级，破解产业转型算力瓶颈，提升产业核心竞争力，为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑。 因此，本项目的建设符合《汕头市海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

二、建设内容

地理位置	**2　建设内容** **2.1地理位置** 汕头海底数据中心一期项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，项目依托已建大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，距离汕头市达濠岛岸线最近约17.8km，距离南澳县岸线最近约 17.4km。 本项目依托大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目其中 2 根 66kV 光电复合海缆提供电能和现有的 220kV 送出光电复合海缆传输数据，陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层，不涉及土建工程。登陆点到陆上监控中心的光缆作为单独项目进行核准立项建设，不在本次评价范围内。工程地理位置图见附图2-1。
项目组成及规模	**2.2项目组成及规模** **2.2.1项目由来** 在数字经济时代，数据已成为核心生产要素与国家关键战略资源。大数据凭借海量、多元、高效、精准、高价值的特性，正成为驱动经济转型升级、提升国家治理效能、塑造全球竞争新优势的核心引擎。算力作为融合计算、网络与存储能力的新型生产力，是数字时代的核心底座；其中，智能算力更是人工智能发展的基石。随着大模型技术与产业应用的深度突破，智能算力正全面赋能千行百业，为企业数字化、智能化转型提供强劲动力，催生新产业、新业态、新模式，成为推动数字经济与实体经济深度融合、壮大新质生产力的关键引擎。 数据中心作为支撑算力发展的核心载体，是布局未来的新型基础设施。国家高度重视算力体系建设，“十四五” 规划明确提出构建全国一体化大数据中心体系，打造超级算力枢纽。国家部委相继出台多项重磅政策，系统优化全国算力布局。特别是最新印发的《算力基础设施高质量发展行动计划》，着重强调绿色低碳发展方向，明确鼓励创新利用海洋、山洞等自然地理条件，建设高能效、低能耗的自然冷源数据中心，为我国算力基础设施的高质量、可持续发展指明了创新路径。 当前，我国正处于构建绿色低碳算力体系的关键时期，海洋能源与数字基建的融合发展迎来战略窗口期、政策红利期与技术爆发期。本项目深度契合“海洋强国”“数字中国”“双碳” 三大国家战略，是衔接深海科技与数字基建的关键载体，通过 “算力入海” 赋能海洋产业升级，实现国家战略在汕头的耦合落地。政策层面，国家及广东省密集出台支持海域立体分层开发、“风电+数据中心” 复合利用的政策，破解沿海土地与能耗瓶颈，为项目提供了合规高效的用海路径与省级支撑。技术层面，国际上完成海底数

据中心长期验证，国内实现核心技术国产化突破，中试及商业化项目成功运营，专利与行业标准齐备，产业应用条件成熟。市场层面，大湾区数字经济高速发展，算力需求刚性增长，陆上数据中心受资源约束受限，西部算力存在时延短板，近海海底数据中心可精准填补低时延算力缺口，构建海陆互补算力新格局。能源层面，国家大力推进算电协同与绿电直供，汕头依托丰富海上风电资源开展绿电直供试点，可实现绿电点对点直供，从源头破解碳排放难题，打造绿色低碳标杆。综上，本项目立足国家战略、政策支持、技术成熟、市场刚需与能源保障五大优势，是顺势而为、落地可期的优质项目。

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目（以下简称“勒门I扩建项目”）进行海底数据中心建设。项目拟建设 1 座海底数据中心，数据舱装机容量 7MW。项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的 220kV 送出光电复合海缆传输数据。本项目 4 条海缆总长为 1.72km。数据舱利用海水进行冷却降温，每个取排水口的流量为 720m^3/h ，采用 2 用 1 备共 3 套设备，海水系统换热后最大温升不超过 5℃。陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层，承接运营商的网络信号，为海上数据中心提供监控运维平台，可实施监控海上数据中心内服务器运行情况，保障设备稳定运行。本项目选址及影响范围不涉及自然保护区、海洋特别保护区、生态保护红线、海洋公园、重点野生动物栖息地和繁殖地、封闭及半封闭海域等环境敏感区，对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），项目光电复合海缆工程属于“五十四、海洋工程”中“152、海底隧道、管道、电（光）缆工程”中的“其他”类别，应编制环境影响报告表。为此，海兰云（广东）科技有限公司委托广东海兰图环境技术研究有限公司编制了《汕头海底数据中心一期项目环境影响报告表》。

2.2.2本项目建设内容及规模

项目名称： 汕头海底数据中心一期项目

项目性质：新建

建设单位：海兰云（广东）科技有限公司

租地面积： 500m^2

用海面积：4.8658 公顷

总投资：21612.00 万元

环保投资：490 万元

建设内容及规模：

汕头海底数据中心一期项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目（以下简称“勒门I扩建项目”）进行海底数据中心建设。项目拟建设 1 座海底数据中心，数据舱装机容量 7MW。数据舱平台采用立式出水数据舱型式，平台最外缘尺寸为 39m×45.3m；数据舱采用四桩导管架基础，根开为 40.3m×40.3m，钢管桩直径 3.5m。本项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的 220kV 送出光电复合海缆传输数据，不新建送出海缆。

数据舱利用海水进行冷却降温，每个取排水口的流量为 720m³/h，采用 2 用 1 备共 3 套设备，海水系统换热后最大温升不超过 5℃。为防止海洋生物在海水管路系统中生长和附着，在过滤器里面安装电解铜铝装置，铜、铝离子含量不超过 2ppb，排放浓度不超过 2ppb。

陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层进行装修使用，包含 2 个相互独立的低压配电间，2 个相互独立的电池室，3 个相互独立的运营商接入间，2 个海兰云接入间，1 个备用间及 1 个监控中心。承接运营商的网络信号，为海上数据中心提供监控运维平台，可实施监控海上数据中心内服务器运行情况，保障设备稳定运行。

项目施工工期：12 个月。

表 2.2.2-1 工程组成及规模一览表

类别	建设项目	规模	建设内容
主体工程	数据舱	1 座	数据舱装机容量 7MW。数据舱平台采用立式出水数据舱型式，平台最外缘尺寸为 39m×45.3m；数据舱基础采用四钢桩基础，根开为 40.3m×40.3m，钢管桩直径 3.5m。
	66kV 海缆	4 根	将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km，外径 146.3mm。
	海水换热冷却系统	3 套	海水服务于 3 台管壳式换热器（2 用 1 备），单台处理水量 720 m³/h，用于数据机房制冷，正常运行时两台在线、定时轮换，故障或检修时自动切换，并支持就地及陆控中心远程手动控制。
		取水口和排水口	取水口设于海平面以下 18 m（水深 23 m，距海底 5 m），排水口标高在海面上 2.65m。单个取排水口流量为 720m³/h，取排水口均为 2 用 1 备，最大温升不超过

				5℃。
		陆上监控中心	1座	包含2个相互独立的低压配电间，2个相互独立的电池室，3个相互独立的运营商接入间，2个海兰云接入间，1个备用间及1个监控中心。租地面积500m²。
	公用工程	供电	/	施工期陆上监控中心从附近的管网系统进行接入；海上施工现场通过施工船舶自带的发电设备供电。 营运期数据舱设置6台（5用1备）功率1800kW备用柴油发电机组，并在甲板层布设2台地上方形柴油储罐，单台油箱有效容积为30m³。柴油发电机组为应急备用电源，仅在停电应急及年度例行试验短时投运，燃油储量满足柴发系统24小时的不间断运行。陆上监控中心设置2台功率250kW备用柴油发电机组，仅市政两路停电使用。
		供水	/	陆上监控中心从附近的管网系统进行接入；海上生活及施工用水采用补给船，运输至施工现场。
	依托工程	大唐南澳勒门I海上风电扩建项目	/	本项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目其中2根66kV光电复合海缆提供电能和海上升压站、现有的220kV送出光电复合海缆传输数据。
		陆上监控中心	/	租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目1#综合楼第一层进行装修使用，生活污水依托现有设施收集后纳入市政污水管网。
	环保工程	施工期	悬浮泥沙	采用较新、较先进、较环保的施工船舶和设备等。
			船舶舱底油污水	船舶舱底油污水交由船舶污染物接收单位接收运走。
			生活污水	船舶生活污水采用船上配备的储污水箱进行收集和贮存，再交由船舶污染物接收单位接收运走。陆域生活污水依托现有设施收集后纳入市政污水管网。
			施工废气	管理施工船舶，检查合格的船舶才可进场作业，加强施工船舶的日常维护管理，采用含硫量小于等于0.5%m/m的船用燃油。
			施工噪声	施工船舶采用低噪声船舶，应有效控制主辅机噪声，船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱上布置主辅机消声器，合理设置消声器和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。加强施工管理。
			施工固废	施工船舶生活垃圾定期交由船舶污染物接收单位接收运走。陆域生活垃圾收集后交环卫部门统一处理。
		运营期	船舶舱底油污水	船舶舱底油污水交由船舶污染物接收单位接收运走。
			生活污水	陆域生活污水纳入市政污水管网，运维船生活污水收集上岸后交由船舶污染物接收单位接收运走。
			废气	采用含硫量小于等于0.5%m/m的船用燃油，使用的船舶应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）中第二阶段船机排气污染物排放限值；加强电气设备及线路维修、维护，降低应急备用柴油发电机运行，减少燃油废气排放。
			噪声	采取相应减震、隔声等措施，加强设备保养与维修。
			固体废物	陆域生活垃圾收集分类后交环卫部门统一处理，运维

				船检修人员生活垃圾随运维船回收至岸上交由船舶污染物接收单位接收运走，维护产生的废旧金属、废零部件、废包装材料等一般固体废物由厂家回收处理。

总平面及现场布置

2.3总平面及现场布置

2.3.1平面布置方案

项目依托已建大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，项目拟建设 1 座海底数据中心，数据舱装机容量 7MW。数据舱平台采用立式出水数据舱型式，平台最外缘尺寸为 39m×45.3m；数据舱采用四桩导管架基础，根开为 40.3m×40.3m，钢管桩直径 3.5m。本项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的 220kV 送出光电复合海缆传输数据。项目总体布置示意图见附图 2-2。

陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层进行装修使用，包含 2 个相互独立的低压配电间，2 个相互独立的电池室，3 个相互独立的运营商接入间，2 个海兰云接入间，1 个备用间，1 个监控中心。总体布置示意图见附图 2-3。

2.3.1.1海底数据中心

本项目海底数据中心的数据舱平台主要由上部组块、水下换热舱、四桩基础三部分组成。其中上部组块和水下换热舱采购成品并组装，在厂家完成调试后整体运输至项目海域完成海上安装。数据舱桩基础采用四钢桩基础方案，支撑上部组块和水下换热舱，数据舱筒下部设置导管架与钢管桩连接。结构整体模型详见图 2.3.1-1。

1、上部组块

（1）一层舱顶甲板

平台尺寸：25m×25m；轴间距 25m×25m；层高 4.5m。

主要布置：淡水泵间、柴油储罐间A、配电间、柴油开排罐、柴油增压泵、蓝氏过滤器、柴油开排泵及逃救生设施，设备重量约 140 吨。

（2）二层算力层

平台尺寸：37.3m×45.3m；轴间距 25m×25m；层高 6m。

主要布置：16 个算力设备模块，2 座新风机房间，1 座钢瓶间，1 座值班室，1 座水箱间，2 座光缆接入间，1 座水泵控制室，1 座拆包室，1 座 CRAC 间，附属通道布置，设备重量约 629 吨。

（3）三层配电层

平台尺寸：37.3m×45.3m；轴间距 25m×25m，层高 7m。

主要布置：8 套配电橇块，机柜空调；2 座变压器室；2 座开关柜室，2 座备件间，2 座 CRAC 间，2 座继保室，2 座变压器室，附属通道布置，设备重量约 426 吨。

（4）四层备电层

平台尺寸：39m×45.3m；轴间距 25m×25m，层高 5m。

主要布置：6 座应急柴油发电机，2 座标准化电池间；1 座测试电气间，1 座高压细水雾间，1 座 5t-22m 吊机，设备重量约 874 吨。

综合四层，平台最外缘尺寸为 39m×45.3m。各层平面布置图详见附图 2-4。

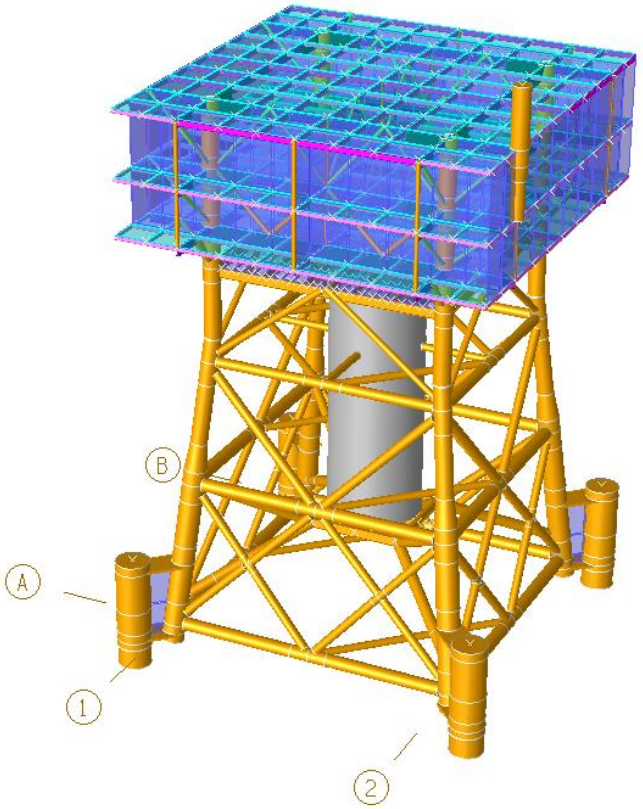


图 2.3.2-1 结构整体模型

2、换热舱

换热舱位于上部组块下方，直径 10m，竖向分为 6 层，设备重量约 88 吨，具体主设备布置如下：

负一层、负二层、负三层主要布置 3 台海水换热器，层高分别为：6.9m、2.5m、8.8m。

负四层主要布置 1 台海水提升泵，层高 4m。

负五层主要布置 2 台海水提升泵，层高 4m。

负六层主要布置开排槽和 2 台潜污泵，层高 4.3m。

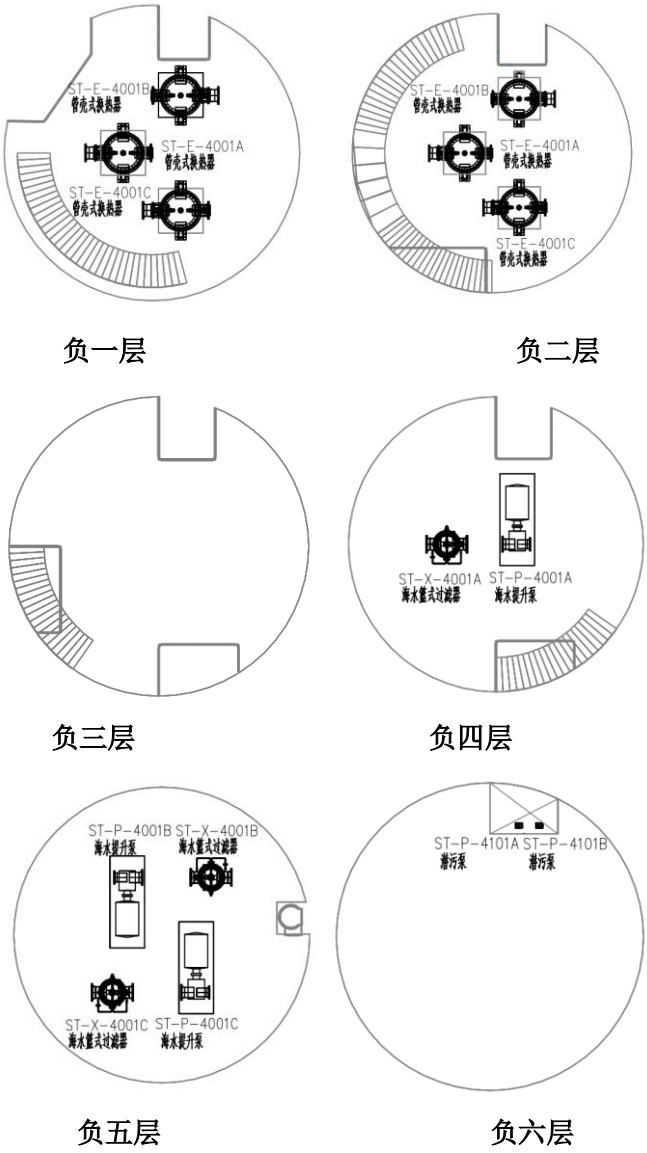


图 2.3.1-2 换热舱平面布置示意图

3、四桩基础

钢桩：采用后桩式结构，桩管直径为 3500mm，入泥 94m，总长度为 106m。

导管架：导管架主腿采用双斜设计，导管架高度 42.7m，工作点主腿间距为 25m，导管架底部主腿间距为 31.8m。

2.3.1.2海水冷却系统

数据舱利用海水进行冷却降温，海水服务于 3 台管壳式换热器（2 用 1 备），单台处理水量 720m³/h，用于数据机房制冷。取水口设于海平面以下 18 m（水深 23 m，距海底 5 m），取水温度约 23 ℃，换热温差按 5 ℃设计，排水温度较进水升高 5 ℃，排水口标高在海面上 2.65m。系统配置 3 台同参数海水提升泵（2 用 1 备），正常运行时两台在线、定时轮换，故障或检修时自动切换，并支持就地及陆控中心远程手动控制。每台泵吸水管路依次设置通海阀（电动截止阀）、10 目篮式过滤器及 1 套电解铜铝防海生物装置（共

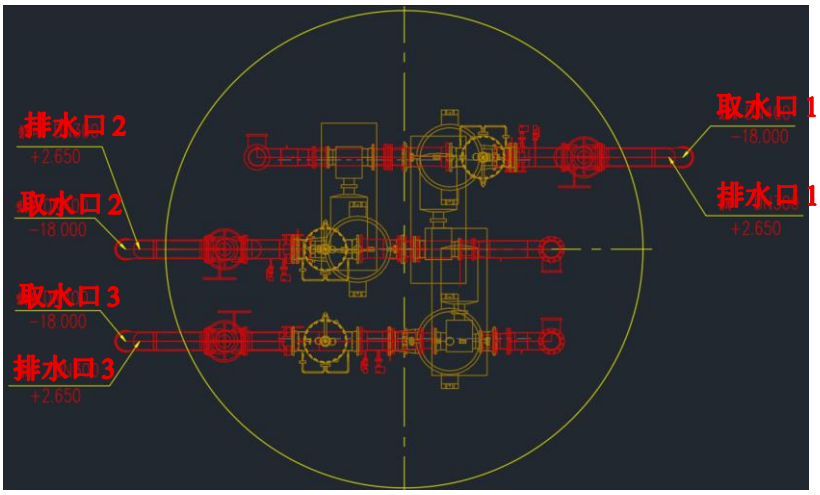
3 套），铜、铝离子含量不超过 2ppb，排放浓度不超过 2ppb。

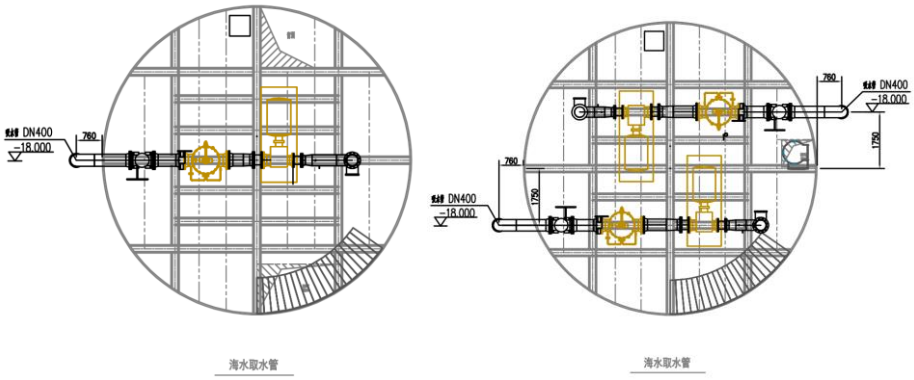
防海生物装置由控制箱、电解槽、联结电缆及防腐防污电极组成，其电极可根据需要选择铜、铝或铁材料。铜阳极在海水中电解产生微量铜离子，当海水管系中有这些微量铜离子的海水流过时，就能有效地抑制海生物在其中的生长，从而起到防海生物滋生作用。铝或铁阳极电解后生成少量氢氧化铝或氢氧化铁沉淀物，随着电解时间的加长，这些沉淀物就附着在海水管系内壁上，形成一层很薄的保护层，进而防止海生物生成并起到防腐作用。设备工作电流 0~2A 可调，Cu^{2+}离子浓度 2ppb（ug/L）对应工作电流 1.55A，Al^{3+}离子浓度 0.5ppb（ug/L）对应工作电流 1.43A，该浓度在船舶行业已有多年应用经验，可有效杀死海生物幼虫。

工艺流程为：通海阀→过滤器及电解装置→提升泵→换热器→排海。

表 2.3.1-1 取排水口位置坐标表

编号	纬度	经度
取水口 1	23°15′18.499″	116°59′08.748″
取水口 2	23°15′18.315″	116°59′08.427″
取水口 3	23°15′18.262″	116°59′08.451″
排水口 1	23°15′18.496″	116°59′08.739″
排水口 2	23°15′18.318″	116°59′08.436″
排水口 3	23°15′18.266″	116°59′08.459″





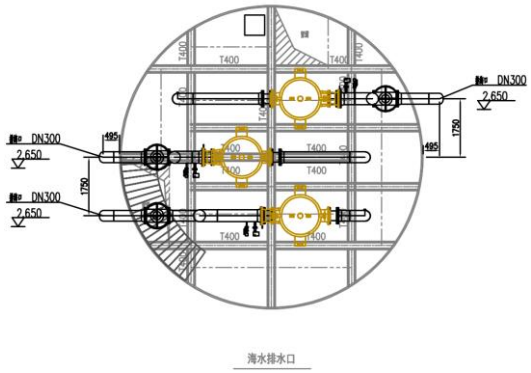


图 2.3.1-3 数据舱取、排水口平面布置示意图

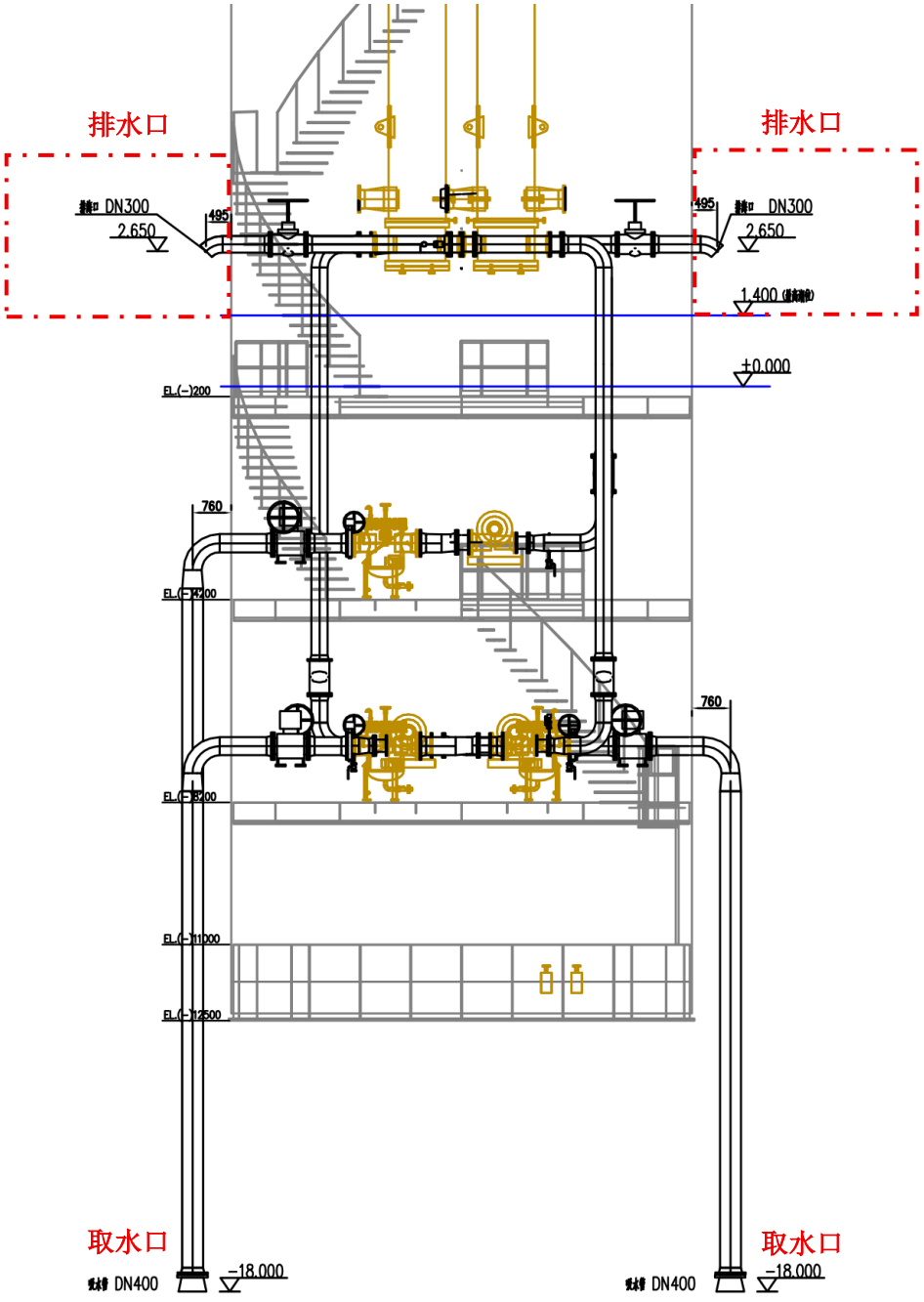


图 2.3.1-4 数据舱取、排水口结构立面图

2.3.1.366kV 光电复合海缆

本项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km。海缆平面布置示意图见附图 2-2b，4 条海缆总长为 1.72km。

表 2.3.1-2 海缆长度情况表

海缆	长度（km）	备注
海缆 1	0.56	新建
海缆 2	0.54	新建
海缆 3	0.31	依托勒门I扩建项目 66kV 光电复合海缆
海缆 4	0.31	依托勒门I扩建项目 66kV 光电复合海缆
合计	1.72	

2.3.1.4陆上监控中心

陆上监控中心租用已建成的汕头市濠江区汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层进行装修使用，第一层含有资料办公室、多功能厅、咖啡厅、自动化控制室、接待室、垃圾处理间、卫生间、接待厅、综合监控室、变配电室、10kV 公共开关房等，后续本项目将资料办公室、多功能厅、咖啡厅、自动化控制室装修改造为低压配电间，2 个相互独立的电池室，3 个相互独立的运营商接入间，2 个海兰云接入间，1 个备用间及 1 个监控中心，面积约 430m^2，并将综合楼室外绿地改造用于布置室外集装箱柴油发电机组，面积约 40m^2，空调室外机需占用少量室外位置（约 30m^2）。平面布置图见附图 2-3。

表 2.3.1-3 工艺设备清单

名称	型号及规格	单位	数量
一、数据中心网络布线系统			
1、线槽			
1.1、光纤通道	600mm×100mm	m	
1.2、网络桥架	600mm×100mm	m	
二、机柜系统			
2.1、IT 机柜	600mm×1200mm×2500mm（宽×深×高）	台	192
2.2、接入间机柜	600mm×1200mm×2200mm（宽×深×高）	台	12
2.3、包间 ODF 布线柜	400mm×800mm×2500mm（宽×深×高）	台	4
2.4、接入间 ODF 布线柜	400mm×800mm×2200mm（宽×深×高）	台	4
三、建筑设备部分			
3、建筑设备部分			
3.1、UPS	0.40kV 60kVA	台	1
	0.40kV 120kVA	台	2
3.2、UPS 配套低压开关柜	0.4kV	台	3
3.3、低压开关柜	0.4kV	台	8
3.4、蓄电池柜（含开关柜）	与 60kVA UPS 配套，供电时间不小于 15 分钟	台	1
	与 120kVA UPS 配套，供电时间不小于	台	2

	15 分钟		
3.5、室外集装箱柴发	0.4KV，250KW	台	2

2.3.2项目结构与尺寸

2.3.2.1数据舱整体结构尺寸

海工结构部分主要包括上部组块、导管架、桩和换热舱，设计寿命 20 年。

上部组块分四层，分别为：一层舱顶甲板，层高 4.5m；二层算力层，层高 6m；三层配电层，层高 7m；四层备电层，层高 5m。甲板主腿轴向尺寸为 25m×25m，外围梁格轴线尺寸为 36m×39m。底层、中层、顶层甲板均除留洞外，均用钢板满铺，主梁、次梁、小梁均采用 H 型钢，主立柱、斜撑采用结构圆管。用钢量约 1464 吨。

导管架高度 42.7m，工作点主腿间距为 25m，导管架底部主腿间距为 31.8m，导管架主腿采用双斜设计，单侧斜度为 1:10，空间斜度为 1:7.07；主腿采用变径设计，下部直径为 2400mm，上部直径为 1800mm；水平层主水平撑直径为 1400mm，菱形撑直径为 800mm；立面撑采用 V 型布置和双 X 型布置，直径分别为 1000mm 和 900mm；在导管架间还设置尺寸为 10.09m×10.09m 的换热舱支撑平台，平台由 H1000×400 的焊接 H 形成构成，该平台通过 4 根直径 1000mm 和 4 根直径 1200mm 圆管与导管架主腿连接；裙桩套筒总高度为 10.8m，Yoke 板厚度为 50mm。套筒内径为 3700mm，壁厚为 65mm 和 50mm。剪切板壁厚为 65mm 和 50mm；用钢量约 1086 吨。

采用后桩式结构，桩管直径为 3500mm，入泥 94m，总长度为 106m，桩腿用钢量约 420t。根开为 40.3m×40.3m，加上套筒后桩基最外缘尺寸为 44.2m×44.2m。

换热舱位于上部组块下方，内径为 10m，总高度为 30.5m，舱壁厚度为 40mm。舱内甲板共 6 层，层高从上至下依次为：6.9m、4.5m、5.2m、4.4m、4.4m、2.5m（检修层，未放置设备）。舱顶平台，平台与导管架连为一体，舱顶平台除留洞位置外，甲板为钢板平铺，主梁、次梁、小梁规格为 H 型钢。负一甲板层甲板除留洞位置外，甲板为满铺钢格栅，主梁、次梁规格为 H 型钢，仅作为管线支吊架固定层。负二甲板层不铺甲板或格栅，主梁采用 H 钢。负三、负四、负五甲板层除留洞位置外，甲板为钢板平铺，主梁采用焊接 T 型钢，次梁为扁钢。舱底采用双壳式结构，高度为 1.5m，顶部满铺钢板，舱底板厚度为 40mm。换热舱用钢量约 1000 吨。数据舱整体结构立面图详见图 2.3.2-1。

上部组块高度 22.5m，工作点主腿间距为 25m，内外外墙采用波纹板。外墙强度可以抵抗 100 年重现期 3 秒阵风风速作用，用钢量约 1464 吨。

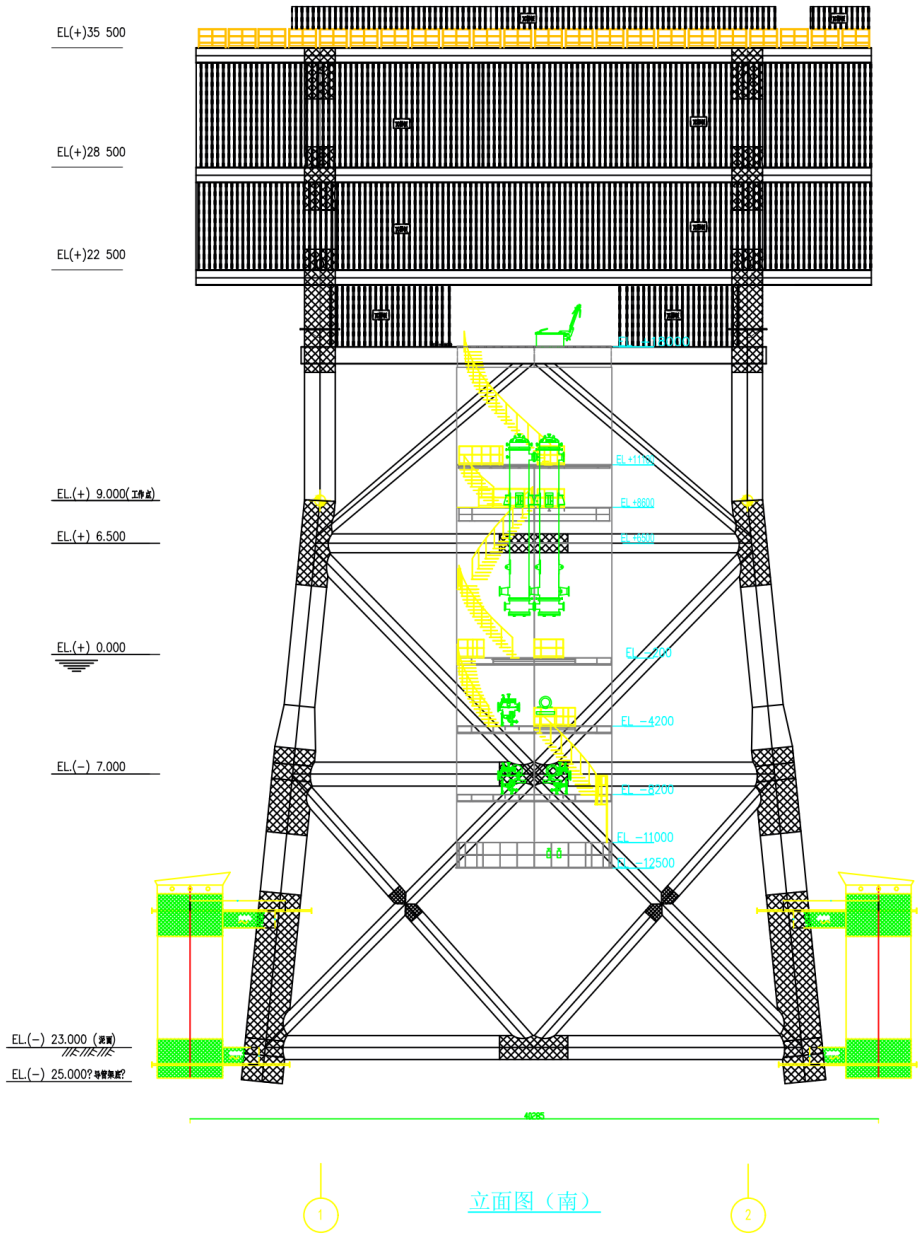


图 2.3.2-1a 数据舱整体结构立面图 1

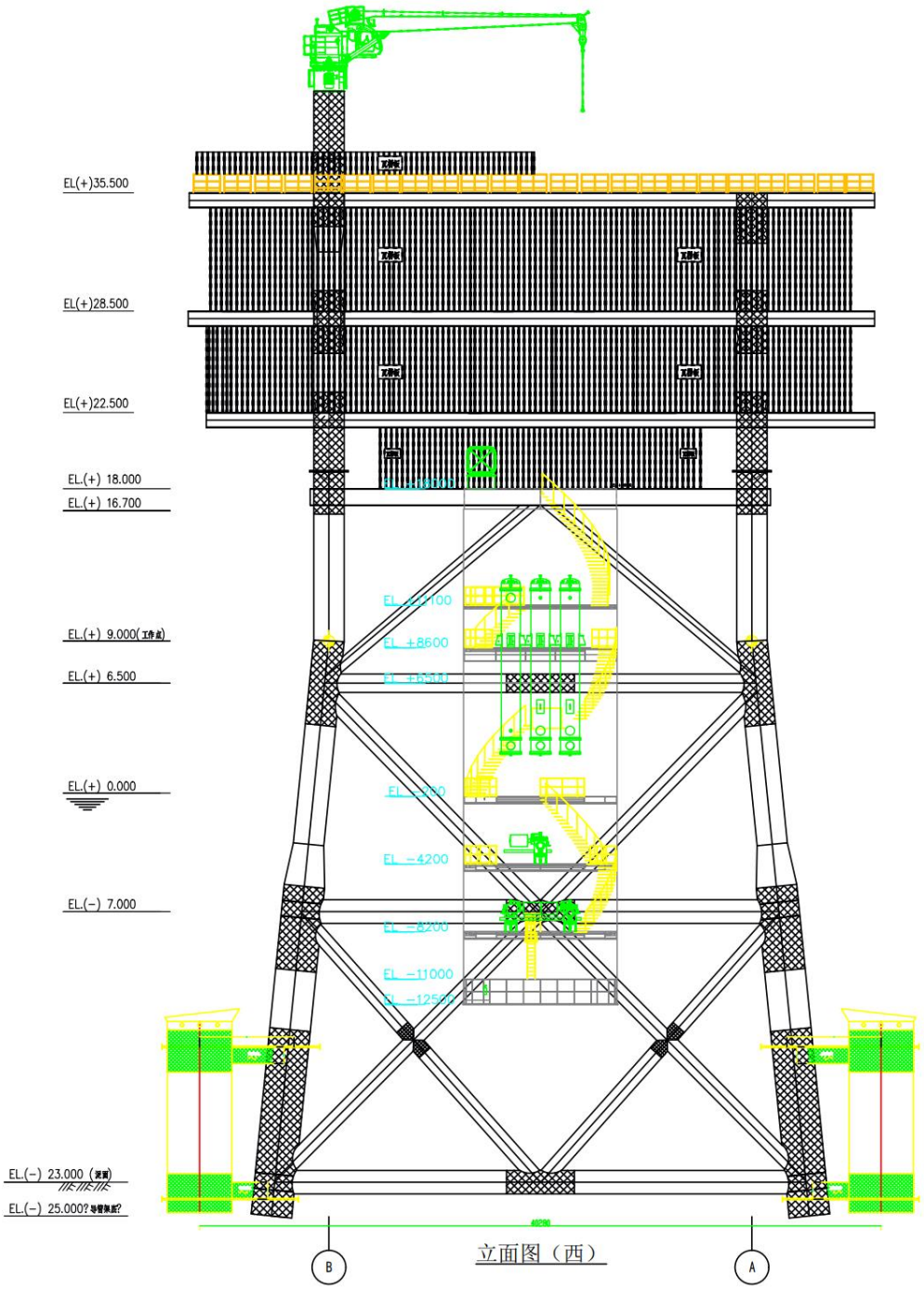


图 2.3.2-1b 数据舱整体结构立面图 2

2.3.2.266kV 光电复合海缆

本项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的 220kV 送出光电复合海缆传输数据。海缆结构示意图见图 2.3.2-2，4 条海缆总长为 1.72km，外径 146.3mm。

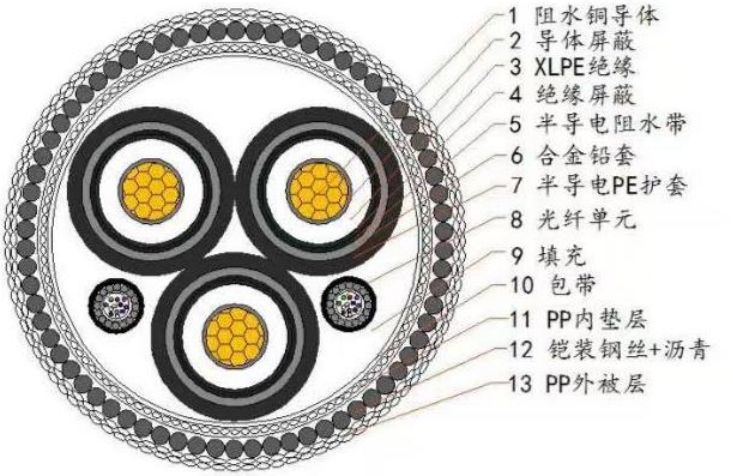


图 2.3.2-2 海缆结构示意图

2.3.3电源方案

2.3.3.1数据中心

1、主供电源引入

本项目海底数据中心用电直接接入海上风电场，从勒门I扩建项目中选取接入海上升压站的 2 回现有 66kV 集电线路，各引出 1 路 66kV 电源接入海底数据中心，并通过新建 2 回 66kV 光电复合海缆，从海上升压站直连至海底数据舱高压配电室，形成双路独立主供电源。每路电源容量按装机容量 10MVA 负荷设计，确保单路故障时另一路可承载全部负荷。

2、供电运行模式

正常工况：风电场并网运行，风机发电量满足数据中心负荷时，电源全部来自海上风电绿电，实现 100%绿电消纳；

应急工况：当风场发电量低于海底数据中心用电需求时，可依托勒门I扩建项目海上升压站进行市电返送供电；当风电场计划性检修或者意外情况导致双路风电均失电时，柴油发电机组存在启动延迟，为消除供电中断风险，海底数据舱配套蓄电池作为过渡电源，待柴油发电机组完成启动、输出电压频率稳定后，由备用柴油发电机保障核心 IT 负载不间断运行。项目在数据中心上部组块第四层备电层共设置 6 台 1800kW 备用柴油发电机（5 用 1 备）和在第一层甲板层设置 2 台发电机储油灌，单台有效容积为 30m³，位置图详见附图 2-4d 和 2-4a。

2.3.3.2陆上监控中心

正常电源与保障电源均由市电供电，要求两路电源引自上级变电站两段不同的母线段，两路电源同时工作、互为备用。陆上监控中心设置 2 台功率 250kW 备用柴油发电机组，仅市政两路停电使用。当市电故障时由自备发电机供电，并设有 UPS 配套蓄电池按 15 分钟设置，市电停电起柴发时由 UPS 蓄电池供电保障其电源不间断性。末端采用双回

	路供电，末端互投。自备柴油发电机主要保证通信设备、机房专用空调、保证非消防备用照明及监控室用电设备的供电。位置图详见附图 2-3。 **2.3.4防腐设计** 防腐部分是对新建导管架平台及换热舱等钢结构进行腐蚀防护设计，鉴于新建钢结构位于海洋环境，腐蚀性强，采用“外防腐层＋阴极保护”联合防护方案，防腐设计寿命 20 年。选用高效铝合金牺牲阳极，根据保护电流需求计算确定阳极规格和用量，直接焊接于钢结构上，作为防腐层的补充手段弥补涂层破损带来的腐蚀风险，延长结构使用寿命。根据设计，阳极消耗（溶解）量为 46.7kg/a。 **2.3.5项目运维** 数据中心运维分为陆上监控中心远程监控和海上现场运维两个区域。 **1、陆上监控中心远程监控** 陆上监控中心定员 8 人，日常运行监控采用 7*24 远程值守方式，通过完善的运维平台，实时监测数据中心运行数据，远程对海上 UDC 各设施进行远程巡检，在授权情况下对关键设备实施远程操控。 **2、海上现场运维** 本项目运营期海上数据中心采取无人值守模式，运维人员 6 人，运维人员依托勒门 I 海上风电扩建项目运维船到达海上 UDC 平台，执行例行计划维护检修或故障维修等工作。出海时间根据实际需发及海况条件机动调整，在无不可抗力情况下均可出海。 **2.3.6项目退役期** 数据中心服务期满后，数据舱平台采取模块化拆解，按“自上而下、 先非承重后承重”原则，优先拆除未固定部件，根据数据舱平台检测结果对大型设备固件进行相应的加固，再拆解导管架。海底电缆进行回收。拆除废弃物不在海域丢弃，运回陆上处理。项目拆除施工约 3 个月。项目退役期环境影响评价需届时根据废弃工程具体方案进行详细分析、另行评价。
施工方案	**2.4施工方案** **2.4.1施工工艺** 本项目海上施工作业内容主要包括数据舱的基础施工、数据舱上部组块安装、66kV 光电复合海缆敷设。陆上监控中心租用已建设的综合楼，施工主要是内部装修和设备安装。 **2.4.1.1数据舱的基础施工** 数据舱的基础施工工艺流程图详见图 2.4.1-1。

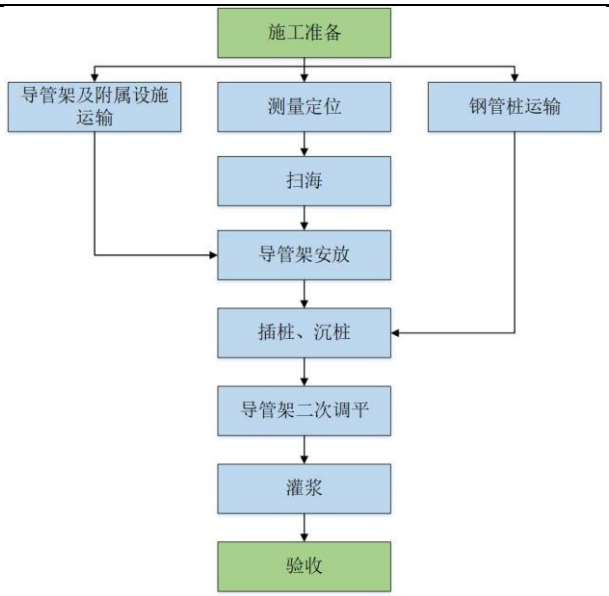


图 2.4.1-1 数据舱的基础施工工艺流程图

1、钢管桩、导管架的制作、运输

本阶段选择大型钢结构加工企业进行整体加工制作，加工基地拥有出运码头，具备码头出运条件，采用自航驳船运输至施工现场。钢管桩、导管架的制作、运输不在本项目评价范围。

2、导管架基础施工

（1）现场船舶驻位

导管架安放前测量人员需再次进行扫海测量，对泥面标高进行复测。

根据现场实际风向及流向，起重船抛锚结束后，定位船进场抛锚，其抛锚方向与起重船一致，钢结构运输船进场靠定位驳。

（2）导管架卸船安装

①施工人员提前进入导管架平台顶做挂钩准备工作，吊装前安全部门要全面检查吊装时所用的各项绳索吊具以及起重机的性能，确认都处于良好状态后方可投入使用。各项检查工作完毕后，调整起重船大臂角度，使主钩对准导管架的中心吊点位置，落钩进行4根吊带的挂钩工作。

②挂钩完成后，辅助人员进行导管架的解封，开始进行导管架起吊，当导管架底部距离甲板面 5m 左右安全高度时，定位船立即绞锚撤离避开安装区域。起重船绞锚移船至安装位置，下放导管架，导管架中心绝对位置允许偏差<500mm。

③测量人员通过在导管架顶部安装的两台 GPS 进行导管架坐标及方位角的控制，在导管架未触泥前，将提前在导管架主钢管布置的2根缆风绳与起重船两个锚机连接，进行导管架方位角的调整，导管架各套管的方位误差不应超过设计方位±2.5°（以顺时针方向为正）。

④导管架触泥稳定后，测量人员进行导管架水平度复核，如果发现水平度不满足要

求，可采取“压高点、提低点”的方式进行导管架水平度调整（液压锤压高点、主钩提低点）。调平后导管架水平度（四个套管的任意两个之间）偏差≤0.2%，满足要求后解钩进行下道工序施工。

⑤导管架安装后，对导管架进行水平度观测，查看是否出现较大的倾斜或沉陷，若无异常，测量人员复核导管架水平度后进行下道工序施工。

⑥沉桩过程中应随时监测并调整导管架的水平度，沉桩后导管架结构顶部水平度（四个套管的任意两个之间）不超过 0.25%，验收高差不超过 0.5%。

（3）基础桩沉桩

现场施工时采用“沿对角线插桩”的工艺，即导管架安装结束后，先进行导管架对角线两根桩的插桩、沉桩工作，完成后调整船位进行另一对角线两根桩的插桩、沉桩顺序。

钢管桩采用翻桩器吊桩体顶部进行钢管桩起吊及翻身。副钩起吊翻桩器并翻转，使起桩器夹具口呈水平状态；将翻桩器吊至桩顶处，牵引翻桩器，使翻桩器夹套入钢管桩桩顶内；启动翻桩器夹具，夹紧钢管桩；缓慢起升副钩，使桩顶离开甲板；为防止钢管桩在起吊过程中，出现滚动和滑动，在起升副钩的同时控制绞锚速度或大臂转动速度，确保钢丝略有倾斜，直至钢管桩竖直并快速吊离甲板。

工程桩立桩完成后要插入导管架套筒内，水面上无参照物可以精确控制，需要采取辅助措施，来指引工程桩水下对位。

测量人员根据导管架安装后实际位置，计算出 4 个套管实际中心坐标，工程桩立桩完成后，采用激光测距仪，测出导管架平台角点至工程桩桩壁的实际距离，将其与理论距离进行比对，指引工程桩就位。

工程桩慢慢落桩，当距离导向圈顶约 2m 位置时，停止落桩，此时潜水人员下水观测，根据工程桩底口与导向圈的相对位置通知起重船绞锚调整桩位，慢慢落桩，工程桩进入导向圈后可顺利插入套筒内。

工程桩插入套筒内未入泥前，通过主调钢丝绳调整垂直度；工程桩初步入土后，若垂直度大于设计要求，则通过起重船大臂调整带动工程桩使其垂直度满足要求后，下桩直至工程桩自重稳定，解钩进行下一根工程桩吊桩、立桩、插桩工作。

当第二根工程桩插桩完成后，开始吊锤进行压桩，两根桩压桩结束后，调整船位，进行第三、第四根工程桩的吊桩、插桩、沉桩工作。

最后一根工程桩压桩结束后，进行垂直度观测，满足要求后开始沉桩。

4 根桩在无特殊情况下，每次锤击沉桩前进行垂直度观测，沉桩采用“对角线交替沉桩”的方式，依次以 3～5m 的下沉量进行沉桩，直至沉桩到设计标高。

沉桩结束后，测量导管架 4 个柱顶标高。

（4）灌浆

本工程导管架和钢管桩之间固结联系采用灌浆施工，灌浆料为水泥基灌浆材料。4 个桩靴与钢管桩之间需要灌浆处理，为提高灌浆施工效率，在主泵对桩基的环形空间进行灌浆时，将备用管线布置在主灌浆软管旁边，一旦发生灌浆软管堵塞或泄漏，备用软管可立即替换灌浆软管；当主泵结束第一根桩腿的灌浆后，拆除主灌浆软管与预制灌浆口的连接，将主灌浆软管连接至第二根桩腿的预制灌浆口，进行灌浆作业，同时将备用灌浆软管也移至主灌浆软管旁边用以备用；剩余的 2 根桩腿灌浆，步骤与第一、第二根桩相同。一个环形空间灌浆一旦开始必须连续不断一次灌注完成。

2.4.1.2上部组块施工

上部组块施工工艺流程图详见图 2.4.1-2。

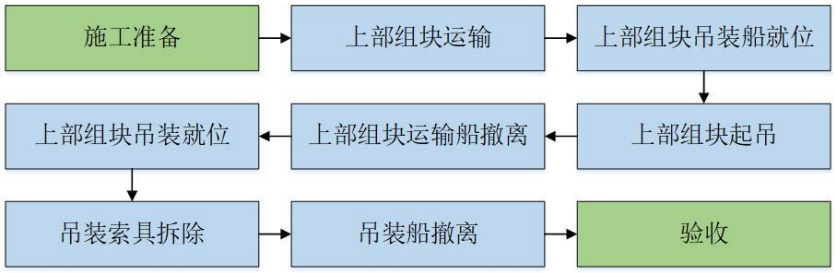


图 2.4.1-2 上部组块施工工艺流程

1、上部组块的制作、运输

本阶段选择大型钢结构加工企业进行整体加工制作，加工基地拥有出运码头，具备码头出运条件，采用自航驳船运输至施工现场。上部组块的制作、运输不在本项目评价范围。

2、上部组块吊装施工

根据地形及水深测量报告，起重船进点上部组块起吊准备位置，锚艇协助进行抛锚。抛锚位置注意避让已安装结构物。运输船根据业主提供航线进入安装区域。就位时间选择气象和海况良好时间操作，进入风场船舶航行速度应缓慢可控，必要时增加拖轮辅助拖带就位。抛锚后，要进行预拉锚缆，确保每口锚状态良好，如果有溜锚现象，应重新抛锚。

起重船通过绞锚向运输船靠近，调整好作业半径。运输船与起重船的锚缆均要收紧，保证船舶定位准确，并在待命风浪条件（5 级风速 8.0～10.7m/s，有义波高 1.2m，流速 0.5m/s）以下进行作业，波高参数参考海洋天气预报并结合施工现场实际情况综合判定。

运输船就位完毕后，施工人员开始进行索具挂扣作业。同时施工人员开始拆除平台绑扎，先拆除 50%绑扎固定，完成索具连接后索具进入工作状态，各索具均受力后切割剩余 50%绑扎固定；切除所有固定后开始起吊平台，正式起吊前应进行试吊，并检查索具工作状态是否良好。

起吊步骤：

第一步：选平潮窗口且有义浪高不超过 1.5m 时开始吊装，浮吊缓慢提升主钩，起升过程中注意重力显示器读数，控制总吊力在 150t 左右时停止起升，确认 4 根索具受力情况。

第二步：起重船缓慢开始压载，满足起吊条件。必要时拖轮和锚艇辅助浮吊，保持浮吊与驳船间的相对距离。

第三步：浮吊随着压载量增加缓慢起升主钩；上部组块起钩过程吊机与指挥人员保持沟通，实时汇报起吊重量；可按照每一百吨一汇报，接近设计重量时可每 50 或 20 吨一汇报，直至上部组块完全被吊起；上部组块各桩腿离开插尖套筒顶 20cm~50cm 时停止起升，观察插尖与套筒、组块与拉筋等是否有碰撞或异常，确保没有问题后继续起升主钩。起吊过程中驳船调载，保证组块安全脱离驳船。

第四步：浮吊完全起吊起上部组块后，运输船起锚，驶离吊装位置。

第五步：浮吊通过收放锚缆，吊着上部组块移动到已安装导管架正上方。浮吊主钩吊着上部组块在收放锚缆的操作下，将上部组块吊至安装位置；通过定位系统测量上部组块位置、方位和水平，并通过绞车调整上部组块，使上部组块导向插入导管架导管中，缓慢下放主钩，插尖进入导管架定，将上部组块坐落于导管架顶，施工人员站在浮吊船尾两侧观察吊装插尖就位情况，可采用无人机辅助或人员乘坐交通船环绕观察插尖就位情况。平台就位高度及水平满足有求后，进行上部组块连接。

上部组块就位完成后，施工人员乘坐交通船靠导管架，登平台进行摘钩、拆除吊索具。驳船侧靠浮吊，拆除的吊索具吊放至驳船上，临时固定。

进行上部组块圆环板与桩腿的焊接。

2.4.1.3海缆敷设施工

本项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆打捞起来后重新敷设连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，过长的海缆采取截断，截断后的海缆交由海缆回收公司接收处理，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km。

1、原有 66kV 光电复合海缆打捞及敷设工艺（敷设段为风机至海底数据中心段）

原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆从升压站侧截断后，将需回收段打捞回收，经检测合格后重新敷设至海底数据中心侧，主要工艺如下：

（1）截断与打捞回收

在升压站侧完成停电、验电、接地、挂牌上锁后，潜水员探摸原海缆实际位置及埋深。在升压站侧切断海缆后端头封堵防止进水，然后将端头头下放入水。根据现场实际

海缆扫测核实此处海缆埋深不足 1m，无需考虑冲沟，因此潜水员可直接将回收段端头通过钢丝网套与布锚船绞车牵引钢丝绳连接，缓慢提升至甲板。回收过程中实时监测张力和弯曲半径，防止铠装损伤。

（2）检测与临时存放

回收至甲板后，切除两端受损段（每端约 5～10m），进行绝缘测试和光纤 OTDR 测试。合格后盘绕在布锚船储缆圈或电缆盘上，准备重新敷设。

（3）重新敷设

布锚船按新路由就位，由锚艇沿路由抛设主牵引锚和定位锚，布放主牵引钢缆并与船上卷扬机连接。回收海缆经退扭架、张紧器、导缆笼进入埋设机或直接敷设。通过收绞主牵引钢缆和定位锚缆使布锚船沿设计路由前进，将海缆重新敷设至新地点。敷设过程中用拖轮、锚艇在背水侧顶推纠偏，航向偏差控制在±5m 以内。

（4）末端 J 管抽拉与固定

海缆末端通过 J 管抽拉至导管架顶部，安装锚固装置和限弯器，潜水员进行水下检查及后冲埋保护。

2、新建 66kV 光电复合海缆敷设工艺（敷设段为海上升压站至海底数据中心段）

（1）海缆起始铺设登平台（海上升压站）

①“铺缆船”就位于升压站前，施工人员登陆平台，做好海缆登陆升压站平台准备，并安装好开口滑轮；

②测量海缆登陆距离，同时，计算好海缆安装弯曲限制器的位置，并在此位置安装弯曲限制器。同时，将海缆头密封并安装海缆拖拉网套，潜水员下水检查 J 型管喇叭口是否被泥沙堵住；

③将卷扬机钢丝缆穿过平台 J 型管，然后由潜水员将海缆牵引头系于预先穿过平台 J 型管的钢丝绳上，开启卷扬机，拖拉海缆穿过 J 型管，通过海缆悬挂装置（锚固装置）、夹具等将海缆固定于甲板层平台上；

④在悬挂装置（锚固装置）上将电缆与光缆分离，通过需在甲板层安装的电缆支撑及夹具引至开关柜，穿板处采用专用密封件进行密封；

⑤分离后的光缆接入安装于悬挂装置后的光缆接续盒内，转接成无金属光缆后引入升压站光纤配线架，并完成光纤熔接工作。分离后的光缆需预留约 1m 长度，环绕于光缆接续盒内，以便于光缆的接续；

⑥海缆引入升压站，在贯穿孔处应设置海缆保护管，并设置海缆锚固，且应对管口实施阻水堵塞措施；海缆去铠后敷设时需用阻火带进行包裹或采取相应的阻火措施。

（2）海缆敷设

66kV 海缆正常铺设时主要控制好船舶操锚移船速度，操作上加强船位的控制，避免碰触到数据中心、升压站平台或风机造成损坏。

①埋设犁的下放

下放埋设机开始敷设，埋设机下放时严格按照埋设机的投放操作规程进行作业，步骤如下：海缆装入埋设机的专用海缆通道→启动埋深监测系统→启动导航定位系统→埋设机起吊，脱离停放架→启动高压水泵供水→埋设机缓缓搁置海床面→潜水员水下检查海缆是否在埋设机内预定位置→启动牵引绞车，开始敷埋作业。

②海缆正常铺设作业

考虑海缆在涌浪波动以及测量误差等因素，我方严格控制敷设裕度（不大于 3%），各段敷设长度应不超过工程量表中所列长度。海缆埋设深度在埋设机投放前预先设定为5m/min，在施工过程中，通过牵引速度、水泵压力以及埋设机姿态均需与埋设速度相匹配。施工中船易受潮流和风速的影响而偏离设计路由轴线，可以通过收放锚缆调整船位。若遇到水流、风速过大的区域，可采用锚艇在施工船背水侧或背风侧进行顶推，以控制船位从而控制敷缆偏差。施工船上设立控制室，由定位人员报告当时船位坐标及偏差；由电测人员报告埋设机牵引力、埋设深度、埋设机姿态、流速、风力等数据，及时反映给施工指挥人员。控制室与施工指挥人员之间采用手持对讲机联系。

③路由拐点处理

拐点相切大圆弧，施工船舶通过定位锚调整船位，沿着圆弧切线，走多段直线埋设海缆，保证海缆的埋设符合弯曲半径的要求，同时保证埋设海缆在路由偏差允许范围之内，避免海缆埋设过拐点时转弯过急损坏海缆。路由拐点敷设的海缆设置好标记，施工完成后提交详细的资料提交业主作为完工资料组成的一部分。

④埋设犁回收

在遇到紧急情况下，需起犁回收，要严格按照以下操作规程进行回收，流程如下：施工船舶锚系系统定好船位→调整牵引钢缆和埋设机起吊索具→采用吊机将埋设机吊出水面，调整牵引钢缆及起吊索具将埋设机搁置在专用停放架上→将海缆从埋设机海缆通道内取出并放入水槽中，海缆从海缆通道内取出时，在埋设犁尾部海缆出口处设置 2 个吊点保持海缆的弯曲半径。

（3）海缆封头处理

海缆在牵拉登平台、牵缆登陆时和中间接头配置释放缆头时，海缆端头需要入水，因此需要进行防水处理（由海缆生产厂家做内部做铅封，外部热缩套管处理），之后安装牵拉网套。

（4）中心夹具和弯曲限制器安装

弯曲限制器在抛放海缆时算好长度就进行安装。随后在牵引海缆登陆海上平台时，弯曲限制器随海缆一起穿进单桩管口，直到其顶端中心夹具卡紧即可。

弯曲限制器安装步骤如下：

①将尼龙导向头、聚氨酯胶垫、不锈钢中段、聚氨酯胶垫、不锈钢尾段，按顺序串

联起来，拧紧螺栓，备用。注意：要保证每个零件平面在同一平面上，每个零件的平面不得形成相对角度。

②判断好中心夹具安装位置，将步骤一中准备好的两半中心夹具卡在海缆上，然后用螺栓对穿，拧紧螺栓，使两半中心夹具间的缝隙不断缩小，此过程中螺栓要逐个预紧，要尽量保证每个螺栓的松紧程度一致，则完成此步骤。

③限制器的挂装，由于每种限制器的尺寸规格不同，则串联的节数也不尽相同。

④将牵引绳和牵引头连接，并通过提前安装在塔筒内部的牵引设备收紧牵引绳，将整个组装好的防弯器缓慢拖入水中，直到内部防弯器和连接器进入塔筒。当金属连接器进入塔筒后，锁紧销会进入塔筒内壁并通过弹簧复位将保护器锁住在塔筒上。

⑤继续往上拉，连接器上的挡块会接触塔筒外壁并限制其继续向上走。此时电葫芦的拉力会明显增大，直到破断销断裂，牵引头和内部防弯器分离。此时电葫芦的拉力明显变小。继续往上拉，直到将牵引头拉上至内部平台。

（5）海缆终端铺设登平台（数据中心）

“铺缆船”铺设至数据中心，在海缆引上数据中心前，开始终端等平台作业，施工步骤如下：

①考虑到以后更换海缆终端，应在进入数据中心前采用“Ω”型敷设，预留一定长度作为备用；

②起吊埋设犁并把海缆从埋设犁中取出，埋设犁停放至停放架上，调整船舶锚位，准备海缆终端登陆；

③计算好登陆数据中心的海缆长度及需要安装弯曲限制器部分的海缆长度，工作人员登上数据中心平台做好牵引准备，海缆登陆前，潜水员下水检查喇叭口是否被沉积物覆盖等；

④将海缆通过布缆机缓慢放入水中，下放速度不宜过快，潜水员水下观测防止海缆扭曲打弯；同时做好海缆头密封和拖拉网套，准备登陆数据中心；

⑤如施工船舶尾部甲板空间足够，可进行海缆盘“8”字双头入水，过程如下：

1）计算好起犁点至终端柜海缆长度，标识切除点位。

2）在吊机辅助下船尾开始“8”字盘缆，保证海缆最小弯曲半径。

3）循环“8”字环绕，中间叠加处错开，保证受力点位不一致，直至标识点位出现。

4）在标识点位处切断海缆，由缆厂人员进行端头密封，安装拖拉网套，准备登陆平台。

⑥将卷扬机钢丝缆穿过“J”型管，使其与交通艇拖拉过来的海缆拖拉头相连接，然后由潜水员将海缆牵引头系于预先穿过“J”型管的钢丝绳上，开启卷扬机，拖拉海缆穿过 J 型管下端的喇叭口，同时根据计算，在海缆喇叭口处至埋深到设计要求位置安装弯曲

限制器，弯曲限制器保证弯曲半径大于海缆最小弯曲半径；

⑦通过海缆悬挂装置（锚固装置）、夹具等将海缆固定于数据中心平台上，在悬挂装置（锚固装置）上将电缆与光缆分离，分离后的光缆接入安装于悬挂装置（锚固装置）后的光缆接续盒内；

⑧海缆引入数据中心后，剥离外部铠装分相后根据数据中心海缆桥架路径，牵拉至对应 GIS 室内。

3、光缆接续

数据舱平台上的海底光电复合缆在光缆接续盒熔接后转接成无金属光缆，穿管敷设后接入控制柜，并完成光缆的所有熔接工作。

4、附件安装及后续保护

海缆引入配电柜等构筑物时，在贯穿孔处设置保护管，且对管口实施阻水堵塞措施。海缆敷设完毕，在埋设机不能有效操作的区段及护管根部附近，由潜水员水下探摸海缆走向及弯曲半径及受力情况是否符合设计要求。按照设计要求，安装锚固、防火模块，光纤熔接、接地安装、配合厂家进行终端制作。

5、海缆竣工耐压试验

现场勘察→设备进场→试验准备→相位检查→绝缘电阻测量→交流耐压试验→线路参数测量→报告出具。

2.4.1.4陆上监控中心

陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层，不涉及土建工程，施工过程主要是内部装修和设备安装。

2.4.2数据中心数据传输

项目新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，通过熔纤工艺与 220kV 送出光电复合海缆剩余未使用光纤相接，升压后可依托 2 回 220kV 送出光电复合海缆内置的专用光纤芯线输送数据。220kV 送出光电复合海缆单路光纤 144 芯，其中 A 路已用 43 芯，本项目计划使用 58 芯，剩余 43 芯；B 路已用 50 芯，本项目计划使用 58 芯，剩余 36 芯，可满足本项目海底数据中心业务需求，且不会对后续勒门I扩建项目风电场的运维造成影响。登陆点到陆上监控中心的光缆作为单独项目进行核准立项建设，不在本次评价范围内。

2.4.3施工进度

本工程项目总工期计划为 318 天，其中海域工程主体施工总工期为 186 天，陆域装修施工总工期为 120 天。海域工程和陆域装修施工时间可同步施工。

表 2.4.3-1 项目海域施工进度计划表

号	工序名称	工期（天）	计划开工（天）	计划结束（天）
1	**钢结构制作与运输**	**284**	**T+0**	**T+283**
1.1	材料采购	37	T+0	T+36

1.2	钢管桩制作	35	T+37	T+132
1.3	导管架制作	81	T+37	T+117
1.4	上部组块制作（含材料采购）	168	T+31	T+198
1.5	上部组块设备联调	64	T+199	T+262
1.6	钢管桩及导管架装船运输	15	T+118	T+132
1.7	上部组块装船运输	21	T+263	T+283
2	**数据中心现场施工**	**171**	**T+133**	**T+303**
2.1	导管架吊装	5	T+133	T+137
2.2	钢管桩沉桩	10	T+138	T+147
2.3	灌浆	5	T+148	T+152
2.4	基础施工完成	1	T+152	T+152
2.5	上部组块吊装	5	T+284	T+288
2.6	上部组块焊接及验收	15	T+289	T+303
3	**海缆敷设**	**15**	**T+304**	**T+318**

表 2.4.3-2 项目陆域施工进度计划表

号	工序名称	工期（天）	计划开工（天）	计划结束（天）
1	**一层多功能厅拆除**	**20**	**T+0**	**T+20**
2	**一层办公室装修**	**40**	**T+20**	**T+50**
2.1	材料采购	10	T+10	T+20
2.2	装修改造	20	T+20	T+50
3	**设备现场安装**	**40**	**T+50**	**T+100**
3.1	设备采购	120	T-60	T+60
3.2	主要设备安装	10	T+60	T+70
3.3	动力桥架、弱电桥架、消防、暖通安装、办公桌椅安装	30	T+70	T+100
4	**设备调试**	**20**	**T+100**	**T+120**

2.4.4施工人员

本项目劳动力根据施工强度确定，海上施工高峰期劳动力约 70 人，陆上施工高峰期劳动力约 30 人。

2.4.5施工机械一览表

本项目工程施工主要项目有数据舱的基础施工、数据舱上部组块安装、66kV 光电复合海缆敷设，涉及的主要施工机械设备见表 2.4.5-1~表 2.4.5-3。

表 2.4.5-1 导管架基础施工机械一览表

序号	设备名称	型号规格	数量	生产能力	用于施工部位	备注
1	海峰 2001	4000t（固定吊）/3000t（全回转）	1 艘		导管架基础施工	
2	乌东德	3000t（固定吊）/2400t（全回转）	1 艘		导管架基础施工	
3	锚艇	6000HP	1 艘	/	主力船抛锚	主力船配备
4	拖轮	10000HP	1 艘	/	主力船拖带	主力船配备
5	交通船	不小于 42m 长、9m 宽	1 艘	不少于 11 人	水上交通	
6	运输船	船宽 36 米以	1 艘		导管架及基础	10000t

		上			桩运输	
7	吊带	长度 35m，吊重 800t	4 根		导管架起吊	
8	卸扣	800t	4 个		导管架起吊	
9	翻桩器		1 套	基础桩起吊	翻桩	规格待定
10	液压锤	IHC-S1800	1 套	1800KJ	沉桩	规格待定
11	送桩器		1 套		沉桩	规格待定
12	灌浆船		1 艘	导管架灌浆施工	灌浆	

表 2.4.5-2 上部组块安装施工机械一览表

序号	设备名称	型号规格	数量	生产能力	用于施工部位	备注
1	三航翔安	固定扒杆 5000t	1 艘	固定扒杆 5000t	上部组块吊装	
2	运输船	船宽 40 米以上	1 艘		上部组块运输	10000t
3	拖轮	10000HP	1 艘		拖航	
4	锚艇	6000HP	1 艘		抛锚	
5	吊带	长度 26m，吊重 1200t	4 根		上部组块起吊	
6	卸扣	1200t	4 个		上部组块起吊	
7	吊架		1 套		上部组块起吊	备选

表 2.4.5-3 海缆打捞与敷设施工机械一览表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	敷缆船	艘		1	66kV 海缆敷设
2	起重船	艘	100t	1	海缆保护措施施工
3	抛锚艇/布锚船	艘		4	原 66kV 海缆打捞回收
4	拖轮	艘	2000HP	2	
5	卷扬机	台		3	海缆牵引
6	交通艇	艘		2	

2.4.6土石方平衡

项目灌浆料为高强灌浆料，灌浆所需材料由施工方通过商业采购形式获得，灌浆时采用水下摄像头进行监控，只有极少量外溢。敷设海缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，没有多余土石方产生。

2.4.7施工营地及临时堆场

本项目不设施工营地及材料堆场。

其他

2.5其他

2.5.1项目用地情况

陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层进行装修使用，租地面积 500m^2。租用场所为汕头京能清洁能源有限公司所有，正在进行签署租赁合同流程，不新增用地。

2.5.2项目用海情况及必要性

1、项目申请用海情况

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234

号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的工业用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的其他工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）、其他方式（一级方式）中的取、排水口用海（二级方式）和海底电缆管道（二级方式）。项目申请用海总面积为 4.8658 公顷，其中透水构筑物（数据舱）用海面积为 0.4192 公顷，海底电缆管道（66kV 光电复合海缆）用海面积为 2.0392 公顷，取、排水口（数据舱取、排水口）用海面积为 2.4074 公顷。项目数据舱取、排水口和 66kV 光电复合海缆采用分层立体设权，数据舱取、排水口空间确权层为水体，高程范围为现状海床高程~平均海平面；66kV 光电复合海缆空间确权层为底土，高程范围为-26.2m~-24.0m。本项目申请用海范围不占用岸线。本项目申请用海期限为 16 年。

2、用海必要性

海底数据中心将服务器布放在海底的舱中，以海水为自然冷源，极大的减少了电能的消耗；通过海水换热管路系统把海水换热器中的热量传递至海中，实现模块冷却，海水管路进出口温差 5℃。由于温排水流量较小，在排放后短时间内即可与周边海水充分混合，温升影响范围较小，仅限于排水出口小范围水域，不会对海洋环境产生明显影响，又充分的利用了海域资源。本项目海底数据中心与海上风电项目高效融合，可实现绿电就地就近消纳，依托现有风电场海底送出海缆，实现集约节约用海。项目建设有助于为汕头市算力需求提供低碳高效的解决方案，促进数字经济发展。本项目数据舱平台、取、排水口和 66kV 光电复合海缆是必要的，其建设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

2.5.3项目建设必要性

本项目的推进是深耕海洋强国战略、竞逐数字经济赛道、破解广东省及汕头核心发展矛盾、打造沿海地区数字基建新标杆、培育海洋新质生产力的必然要求，对推动区域高质量发展、引领全国海洋型新型基础设施建设具有全局性、战略性意义，项目建设势在必行。

一是响应国家战略部署、落实省市工作要求的关键举措。项目精准对接国家“数字中国”“海洋强国”“双碳”三大战略融合发展导向，严格落实国家能源局《关于加快推进海上风电高质量发展的若干意见》中“探索依托海上风电基地就近建设算力设施”的明确要求，深度契合国家发改委、工信部《算力基础设施高质量发展行动计划》关于“鼓励利用海底等特殊地理条件建设绿色低碳数据中心”的政策导向，是推动绿电与算力深度耦合的创新实践。2025 年《政府工作报告》将“深海科技”列为战略性新兴产业，进一步为项目提供了顶层战略支撑。同时，项目深度契合广东省海洋强省、数字经济强省建设顶层部署，精准对接汕头发展海洋新质生产力、打造智慧海洋示范城市的核心目标，为海洋经济与数字经济高质量融合提供了可落地、可复制、可推广的实践载

体，助力国家及省市战略在基层落地见效。

二是培育海洋新质生产力、赋能产业能级跃升的核心支撑。当前，培育新质生产力是推动高质量发展的核心任务，海洋新质生产力更是海洋强省建设的关键抓手与战略引擎。自然资源部《关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》明确鼓励“风电+数据中心”立体复合用海模式，为项目落地提供了合规路径。本项目以海底数据中心为核心载体，创新驱动“海洋+数字+新能源”三链深度融合，加速集聚海洋大数据、海洋人工智能、海洋高端装备等前沿产业，推动海洋科技、数字科技与新能源技术的集成创新，催生一批海洋数字经济新业态、新模式。同时，项目通过高性能算力赋能汕头海洋渔业、港航物流、海洋监测等传统产业智能化升级，破解产业转型算力瓶颈，提升产业核心竞争力，为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑。

三是破解沿海共性矛盾、提供全国示范经验的关键实践。我国东部沿海地区是数字经济核心发展区，人工智能、工业互联网、金融科技等领域对算力的需求持续刚性增长，但普遍面临土地资源紧张、能耗指标受限、传统陆上数据中心建设空间不足的共性矛盾，“算力需求旺盛”与“资源供给约束”的矛盾日益凸显。国家发改委等部门联合印发的《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》，要求数据中心提升可再生能源利用率，本项目“海上风光电+海底数据中心”的模式完全契合这一政策要求。项目通过海底部署破解土地与能耗瓶颈，通过绿电直供实现低碳运行，精准破解沿海地区算力发展的核心矛盾。其成功实施，将形成一套涵盖技术验证、建设运营、产业协同、政策保障的全周期完整方案，为全国沿海地区提供可借鉴、可推广的“汕头经验”，引领沿海地区数字基建绿色创新发展。

四是破解汕头发展瓶颈、激活本地资源优势的迫切需求。汕头作为沿海城市，土地资源稀缺、岸线开发饱和、能源供给侧不平衡的问题长期制约产业规模化发展，同时大规模海上风电开发面临绿电消纳场景不足、价值转化不畅的突出矛盾。“海上风电+海底数据中心”的商业运营新模式，通过海上风电场产生的绿色电力，直接供应海底数据中心，可以激活地方绿电交易市场，优化政府供给侧绿电产业结构调整与改革，解决企业需求侧绿电消纳诉求，探索数据中心领域落实国家双碳目标战略的路径，数据中心投产后，伴随上架率的提升，用电量会逐步增加。从用电侧来说，海底数据中心是稳定的电力用户，数据中心 70%-80%的运营成本是电费。若实现海上风电场的绿色电力直接供应海底数据中心，既可降低数据中心运营成本，又可提升海上风电项目的售电收益。本项目以“向大海要空间、向海水要冷能”的超前思路，实现数据中心由陆转海，通过海底部署数据中心，不占用宝贵岸线与耕地资源，依托海水冷却替代淡水制冷，从根源上破解土地、淡水瓶颈；同时为本地海上风电提供稳定高载能消纳场景，驱动汕头从“能源大市”向“算力强市”转型，激活海岛资源禀赋的核心价值。

三、生态环境现状、保护目标及评价标准

生态环境现状

3　生态环境现状、保护目标及评价标准

3.1生态环境现状

3.1.1主体功能区划和生态功能区划情况

1、近岸海域环境功能区划

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）、《广东省人民政府办公厅关于调整汕头市近岸海域环境功能区划有关问题的复函》（粤办函〔2005〕659 号），项目不位于近岸海域环境功能区划内，详见附图 3-1。

2、海洋功能区划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，项目位于白颈屿西南工矿通信用海区，详见附图 1-5。各功能区的分布详见表 3.1.1-1。

表 3.1.1-1 项目周边海域海洋功能区划分布状况

序号	功能区名称	功能区类型	与本项目的位置关系
1	平屿西工矿通信用海区	工矿通信用海区	东北侧，约 7.9km
2	白颈屿西南工矿通信用海区	工矿通信用海区	在项目范围内
3	汕头珍稀濒危物种分布区生态保护区	生态保护区	北侧，约 0.8km
4	汕头近海渔业用海区	渔业用海区	北侧，约 0.3km

3、环境空气功能区划

根据《汕头市人民政府关于印发<汕头市环境空气质量功能区划调整方案（2023 年）>的通知》（汕府〔2023〕38 号），项目海域工程选址位于海域，不属于汕头市环境空气质量功能区划范围。陆上监控中心位于二类大气环境功能区，详见附图 3-2。

4、声环境功能区划

根据《汕头市人民政府办公室关于印发<汕头市声环境功能区划（2025 年）》的通知》（汕府办〔2025〕36 号），项目海域工程选址位于海域，不属于汕头市声环境功能区划范围。陆上监控中心位于 3 类声环境功能区，详见附图 3-3。

5、生态环境功能区划

（1）广东省生态环境分区管控

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，项目选址位于“海域环境管控单元”中的“一般管控单元”和“陆域管控单元”中的“重点管控单元”，详见附图 1-6。

（2）汕头市生态环境分区管控

根据《汕头市人民政府关于印发汕头市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》和《印发汕头市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果动态更新方案》，项目海域工程内容选址位于珠海-潮州近海农渔业区一般管控单元（HY44050030014），陆上监控中心租

赁汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼进行建设，选址位于广澳街道-青州盐场重点管控单元（ZH44051220002），详见附图 1-7。

6、地下水环境功能区划

根据《广东省地下水功能区划》（广东省水利厅，2009 年 8 月），项目海域工程所在区域未划定地下水功能区，陆上监控中心属于韩江及粤东诸河汕头潮阳地质灾害易发区（代码为 H084405002S03），详见附图 3-4。

3.1.2自然环境概况

1、气象气候

本节引用汕头气象站（116.6792°E，23.3853°N）2005~2024 年观测数据分析结果，代表项目区域的气候与气象特征。

气温：汕头气象站 07 月气温最高（29.6℃），01 月气温最低（15.1℃），近 20 年极端最高气温出现在 2008-07-27（38.8℃），近 20 年极端最低气温出现在 2016-01-25（1.7℃）。根据汕头市近 20 年统计资料分析，汕头市年气温呈上升趋势。2021 年气温最大（24.1℃），2011 年气温最小（22.1℃），无明显周期。

降水：汕头气象站 06 月降水量最大（316.6mm），12 月降水量最小（37.4mm），近 20 年极端最大日降水出现在 2008-06-13（232.8mm）。根据汕头市近 20 年统计资料分析，汕头市年平均降水量呈下降趋势。2006 年降水量最大（2507.7mm），2021 年降水量最小（916.2mm），无明显周期。

相对湿度：汕头气象站 06 月相对湿度最大（81.8%），10 月相对湿度最小（67.6%），多年平均值为 74.6%。根据汕头市近 20 年统计资料分析，汕头市年相对湿度呈下降趋势。2016 年相对湿度最大（80%），2021 年相对湿度最小（70%），无明显周期。

日照：汕头气象站 7 月日照最长（252.6h），2 月日照最短（114.1h）。根据汕头市近 20 年统计资料分析，汕头市年日照时长呈上升趋势。2024 年日照时长最长（2634.4h），2012 年日照时长最短（1650.4h），无明显周期。

风况：汕头气象站 7 月平均风速最大（2m/s），1 月、12 月风速最小（1.6m/s）。汕头气象站主要风向为 E、ENE、ESE、SE 占 58.26%，其中以 E 为主导风向，占全年 20.24%。

2、区域地质概况

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，因此本节引自《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2022 年 8 月）。

根据《广东省区域地质志》，工程区位于华南褶皱系（I_1）粤东隆起区（II_4）内，区内北东向断裂及北西向断裂发育。区域新构造运动强烈，自晚更新世中期以来尤为显著，其主要表现在区域性地壳差异升降运动、近期以来的地壳形变、地震等。

按照场地区域地质及地震地质资料，区域断裂离拟建场地最近距离为 4km，拟建场地暂

未发现全新世活动断裂通过。另外，项目所在区域虽然地震活动相对活跃，但整体强度较低，拟建场地位于相对较稳定的地质构造单元上。

项目所在区域海底地形较为平缓，未见滑坡、崩塌、土洞、浅层气等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题，且无矿产等对工程不利的地下埋藏障碍物。

场地环境工程地质条件较简单，遭受地质灾害危害的可能性较小，工程引发地质灾害发生可能性也较小。

场地地形地貌及地层条件较好，可满足基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性较好。

3、地形地貌

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，海底地貌形态较简单，海底地形相对平缓，未见滑坡、崩塌、土洞、浅层气等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题，且无矿产等对工程不利的地下埋藏障碍物。水深大致在22～23m之间。项目水深地形图详见附图3-5。

4、自然灾害

（1）热带气旋

项目所在海区是西北太平洋和南海台风、热带风暴活动和登陆的主要地区之一，因此主要的气象灾害是热带气旋引起的极端大风。热带气旋是破坏性颇为严重的灾害性天气系统，位居当今危害全球的十大自然灾害之首。影响项目区域的热带气旋产生的源地有两个：一是菲律宾以东洋面，一是南海本地。据历史资料统计，来自菲律宾以东洋面的热带气旋占总数的56%，南海本地生成的占44%。

根据中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据，统计了 1949 年至2021年影响汕头海域的热带气旋。73年间，共有66个热带气旋影响汕头海域，其中热带低压7个，热带风暴20个，强热带风暴17个，台风15个，强台风7个，没有超强台风。热带气旋多发生在6月～10月，该时间内的发生次数占总数的96%以上，7月份发生次数最多，为18次，8月次之，为15次，1月、2月、3月、4月、11月和12月发生次数均为0。对当地造成较大损失的热带气旋分别为2001年0104号台风“尤特”和2006年0601号台风“珍珠”。2001年7月6日，台风“尤特”造成汕头、潮州、揭阳等地约712万人口受灾，直接经济损失28.58亿元。2006年5月18日，台风“珍珠”造成汕头、潮州等地约778万人口受灾，紧急疏散 32.7 万人，直接经济损失 12.3 亿元，死亡 1 人。2013 年 9 月 23 日，强台风“天兔”造成广东省直接经济损失71.72亿元，死亡人数25人，农作物受灾面积50.77千公顷，倒塌房屋8490间，严重损坏房屋2万间，紧急转移人数31.19万人。

此外，收集近年项目所在海域热带气旋。2023年9月1日前后，台风“苏拉”以超强台风级逼近粤东沿海，中心附近最大风力16级以上（52m/s以上）。受其影响，汕头出现暴雨到大暴雨局部特大暴雨降水过程。2025 年 9 月 23 日，超强台风“桦加沙”中心位于汕头西

南方向约 380 公里的南海北部海面上，中心附近最大风力 16 级（52m/s）。汕头将台风预警信号升级为橙色，并分区域、分行业、分时段实行“四停”措施（停课、停工、停产、停运），全市 6029 艘渔船全部回港避风。

（2）风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。2013~2025 年对汕头影响较大的风暴潮如下表 3.1.2-1。

表 3.1.2-1 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
天兔	广东省汕尾市附近沿海	2013 年 9 月 22 日	海门站（201cm）、汕头站（160cm）、南澳站（125cm）
海贝思	汕头市濠江区沿海	2014 年 6 月 15 日	汕头站（58cm）
莲花	广东陆丰市甲东镇沿海	2015 年 7 月 9 日	汕头站（79cm）
海马	汕尾市海丰县鲘门镇	2016 年 10 月 21 日	海门站（206cm）、汕头站（152cm）
玛娃	汕尾市陆丰沿海	2017 年 9 月 3 日	汕头站（45cm）
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017 年 10 月 16 日	汕头站（82cm）
百里嘉	广东省湛江市坡头区	2018 年 9 月 13 日	汕头站（48cm）
山竹	广东省台山海宴镇	2018 年 9 月 16 日	海门站（110cm）
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020 年 8 月 19 日	粤东沿岸各海洋站（30-60cm）
圆规	海南省琼海市沿海	2021 年 10 月 13 日	粤东沿岸各海洋站（70-125cm）
苏拉	广东省珠海市金湾区沿海	2023 年 9 月 2 日	汕头站（75cm）、云澳站（66cm）
桦加沙	在广东省阳江市海陵岛沿海	2025 年 9 月 24 日	广东潮州到惠州沿海将出现 90~150cm 的风暴增水

3.1.3区域海洋资源和海域开发利用与保护概况

1、海域开发利用现状

经过现场调研、海域使用动态监管系统查询，本项目附近的开发利用项目主要包括工业用海、航路、锚地，各开发利用项目与本项目的位置关系见表 3.1.3-1，开发利用项目的分布情况详见附图 3-6。

表 3.1.3-1 项目周边海域使用现状统计表

序号	名称	与本项目相对位置及最近距离	用海类型
1	大唐南澳勒门 I 海上风电项目	东侧，约 0.4km	电力工业用海
2	华能汕头勒门（二）海上风电场项目	南侧，约 2.2km	电力工业用海
3	大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目	紧邻	电力工业用海
4	汕头港区第一引航锚地	西北侧，约 7.2km	锚地
5	粤东沿海近岸航路	北侧，约 4.0km	航路
6	汕头南澳岛南至汕头港进港航道口门	北侧，约 8.1km	航路

2、岸线资源

根据《汕头港总体规划（2012-2030 年）》（汕头市人民政府，2013 年），汕头市拥有丰富的海岸线资源，总长度约 430.65km，由大陆海岸线和岛屿岸线组成。其中，大陆海岸线长 263.28km，海岛岸线长 167.37km（南澳岛岸线 76.58km）。本项目距离汕头市达濠岛岸线最近约 17.8km，距离南澳县岸线最近约 17.4km，不占用岸线。

3、滩涂资源

根据《汕头市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（汕头市农业农村局，2019 年 10 月），汕头市海域面积约 440590 公顷，其中海域-2m 等深线以内的滩涂面积约 14000 公顷，-2m 至-5m 等深线海域面积约 10100 公顷，-5m 至-10m 等深线海域面积约 31400 公顷，-10m 等深线以外海域面积 385090 公顷。本项目距离汕头市达濠岛岸线最近约 17.8km，距离南澳县岸线最近约 17.4km，项目不占用滩涂资源。

4、港口资源

汕头港目前有老港区、珠池港区、马山港区、广澳港区、海门港区、南澳港区以及榕江港区等 7 个港区。为加快汕头港的发展，努力将汕头港建设为区域交通航运中心，汕头市人民政府于 2013 年 9 月 3 日对外颁布了《汕头港总体规划（2012-2030 年）》。《汕头港总体规划（2012-2030 年）》结合汕头“三大经济带”的规划，综合考虑港口发展现状、吞吐量预测、合理确定各港区功能定位及布局，科学规划岸线资源，将澄海、潮阳、潮南三区和南澳县、广澳等港区的规划纳入了汕头港总体规划。《汕头港总体规划（2012-2030 年）》实施完成后，汕头港将形成包括老港区、珠池港区、马山港区、堤内港区、广澳港区、海门港区、田心港区、南澳港区以及榕江港区等 9 个港区。本项目所处海域不涉及《汕头港总体规划》中规划港区。

5、航路、锚地资源

（1）航路资源

项目评价范围内分布有粤东沿海近岸航路和汕头南澳岛南至汕头港进港航道口门。

粤东沿海近岸航路东接福建沿海内航路，西接香港蓝塘海峡口门，航路总里程为 177 海里，航路宽度为 1~2 海里。该航路位于本项目北侧约 4km。

汕头南澳岛南至汕头港进港航道口门航路为粤东沿海近岸航路支线，航路宽度 1~2 海里，长 14.3 海里。该航路位于本项目北侧约 8.1km。

（2）锚地资源

项目评价范围内锚地分布有 1 个，为汕头港区第一引航锚地。

6、旅游资源

汕头市滨海旅游资源有 70 余处，大致可归为海、山、潮、侨、庙、史等几类，其中已评定国家级森林公园 1 处，省级风景名胜区、自然保护区各 1 处，省级重点文物 9 处，省级旅游度假区 2 处，其它景点 40 余处。项目区域不涉及旅游景点，距离本项目最近的景点如

下：

北山湾旅游度假区：位于达濠岛东北部，有 25m 宽的城市干道南北通过，南面 2km 处有东湖，北面 2km 处有海湾大桥。

南澳县拥有“广东省旅游强县”“广东省滨海旅游示范景区”“广东省滨海旅游产业园区”“广东十大美丽海岛”等称号。南澳连续六年入选“广东省旅游综合竞争力十强县（市）”。旅游资源具有海、史、山、庙立体交叉特色，拥有现代旅游开发“阳光、沙滩、海水”天然条件。南澳前江湾沙滩公园、蓝色海湾栈道、深澳打卡榕、云澳三囱崖灯塔、十里银滩、竹栖肚湾等“网红打卡点”成为旅游新热点，不少游客慕名而来，体验水上娱乐项目、搭乘观光航线、拍照留念。

7、珍稀海洋生物

（1）中华白海豚

从 2012 年开始，汕头大学理学院海洋生物研究所通过基于当地生态知识的问卷调查以及船只照片识别的野外调查，对粤东海域的鲸豚类进行种群统计。其中，基于当地生态知识的问卷调查发现：在上世纪 80 年代，在东山、南澳附近海域均可常见中华白海豚出现，渔民目击区域主要集中在汕头港外草屿、外砂河、南澳大桥凤屿、云澳码头以及南澳北面海域，偶见于青澳湾、潮州柘林湾以及汕头湾内附近。

照片识别数据库共发现 19 头成年中华白海豚以及 1 头幼豚，主要分布区域为外砂河与南澳大桥凤屿之间海域以及汕头港草屿附近海域。

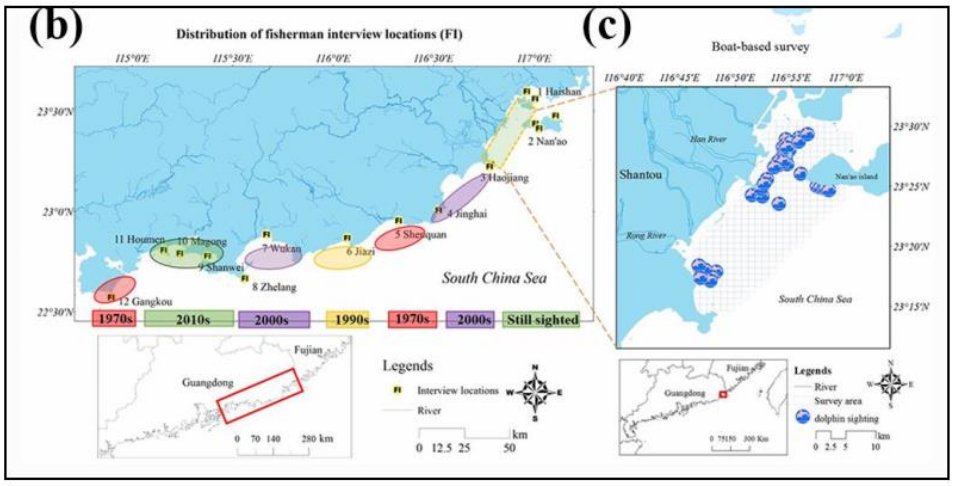


图 3.1.3-1 中华白海豚主要分布区域

（2）海龟

海龟是海洋龟类的总称，属爬行纲（REPTILA）、龟鳖目（TESTUDOFORMES），在中国分布的海龟有 2 科 5 属 5 种，分别是绿海龟、蠵龟、玳瑁、太平洋丽龟和棱皮龟。由于历年来大量捕杀、掠夺龟卵及其产卵繁殖环境的破坏，导致海龟登陆数逐年锐减、数量严重下降，已成为珍稀濒危的海洋动物，属国家一级重点保护动物。

海龟是高度洄游物种，能进行长距离跨洋际洄游。通过对美国和中国台湾对蠵龟的洄

游路线卫星追踪情况，以及2001-2010年中国大陆对11头绿海龟和3头蠵龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。汕头-台湾海域地处台湾海峡南端喇叭口，是东、南两海交汇处，海底浅滩广袤，岛屿众多，岛上砂质海滩条件良好，饵料生物丰富，是海龟栖息、觅食和产卵的理想海域。

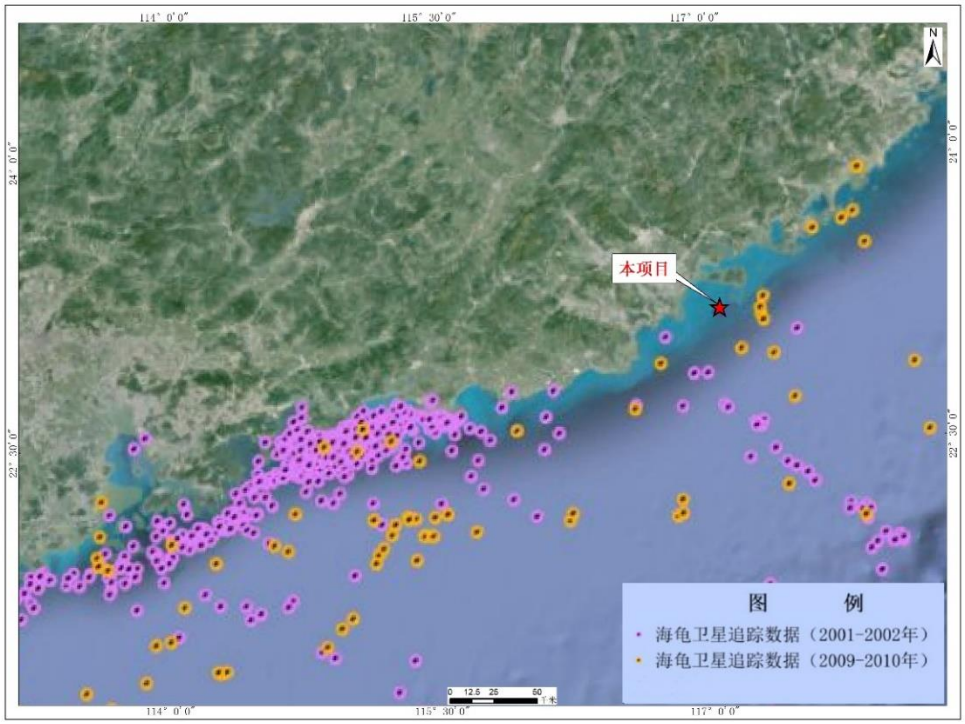


图 3.1.3-2 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

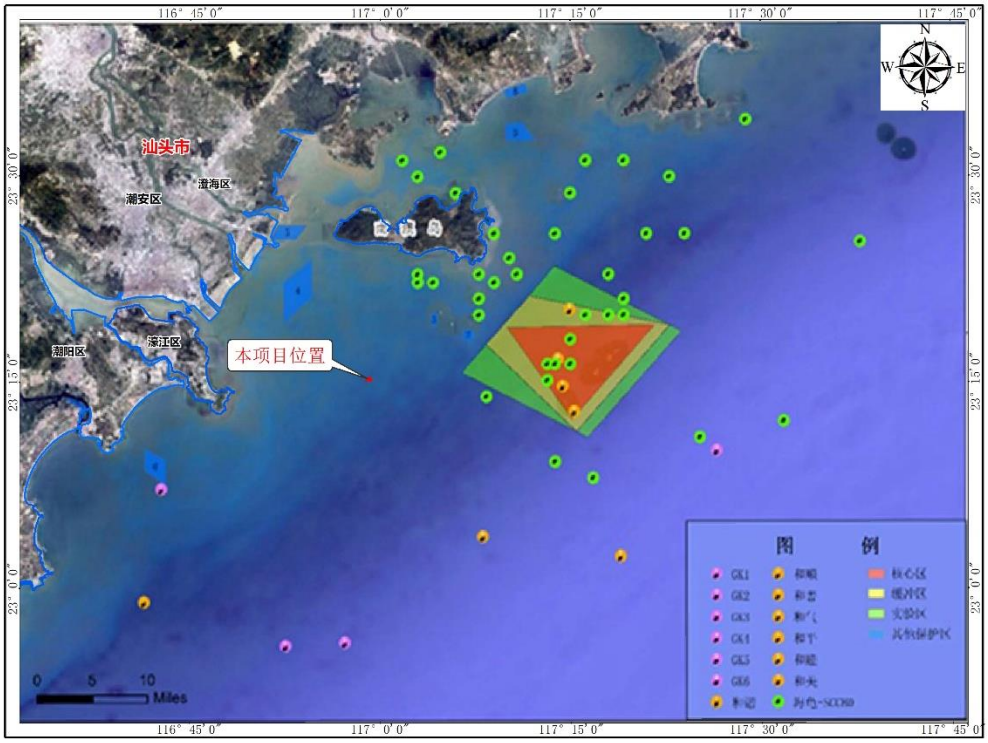


图 3.1.3-3 海龟在汕头水域的主要活动区域示意图

（3）鲎

根据《亚洲海域鲎的种类和分布》（热带海洋学报 2006 年 11 月第 25 卷第 6 期，廖永岩等），圆尾鲎分布于中国香港、北部湾、雷州湾以南、印度尼西亚爪哇岛北岸以北、菲律宾南部以西和恒河河口印度东北部以东的海域。中国鲎分布于长江口以南的中国海域、日本濑户内海、九州岛北岸以南、印度尼西亚爪哇岛北岸以北、苏门答腊岛印度洋侧以东和苏拉威西岛以西的海域。中国海域只有中国鲎和圆尾鲎 2 种鲎分布。中国的海南、广西、广东西部和香港（可能还包括台湾）等是圆尾鲎分布的海域。

根据《中国南部沿海生物多样性管理项目东山-南澳示范区基线信息报告》（国家海洋局第三海洋研究所，2008），汕头-南澳海域的中国鲎常发现于南澳岛-勒门列岛海域，南澳岛北部海域和南澎列岛海域。

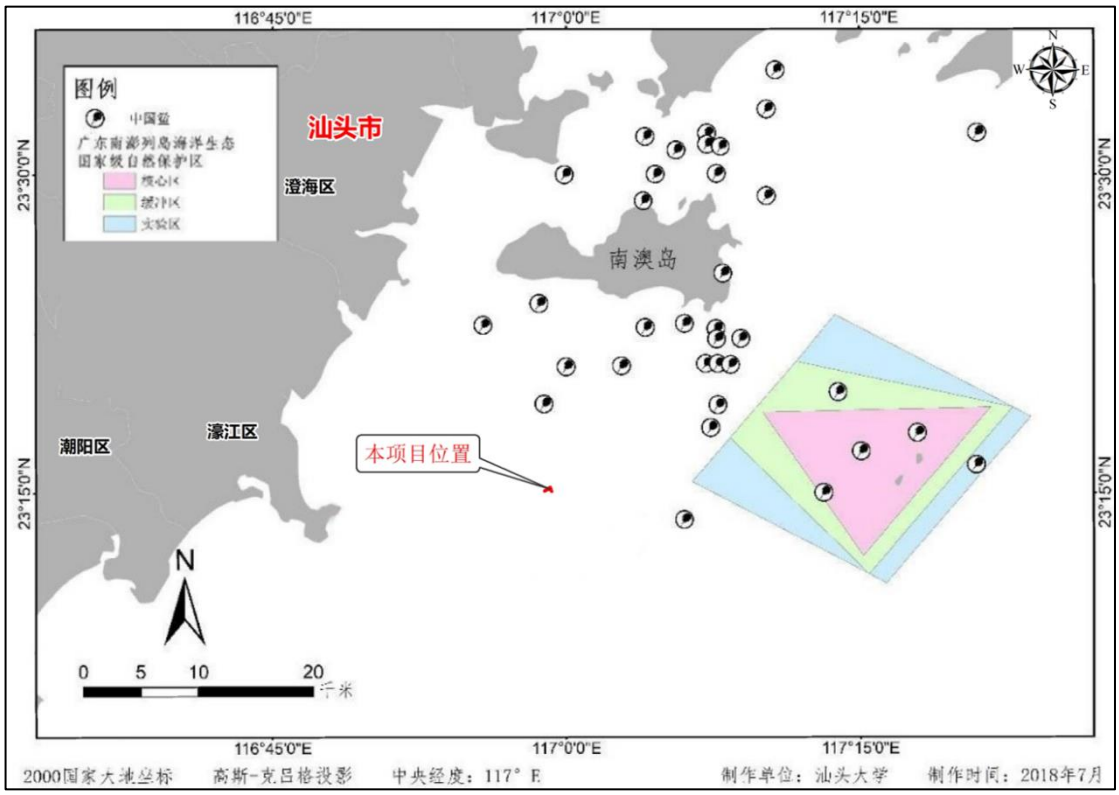


图 3.1.3-4 汕头-南澳海域中国鲎分布图

（4）文昌鱼

文昌鱼处于无脊椎动物向脊椎动物进化的中间过渡类型，有“活化石”之称。文昌鱼是一种半穴居滤食性的动物，喜栖在水流较为平缓，水深为 8~16m 之间，盐度在 20~31，pH 在 8.1~8.2 之间，具有粗中沙混合的底质，水质清澈，浮游生物丰富的浅海海域中，活动能力较弱，平时很少活动，文昌鱼幼仔、稚鱼营浮游生活后，成体则终身营半底埋的底栖生活，仅头部露出砂底，以便呼吸和滤食，其滤食对象主要以硅藻和原生动物为主。文昌鱼在每年春末夏初性腺开始成熟，5月份开始产卵，一直持续到 10 月，期间每个月产卵一次，通常产卵和受精都在傍晚进行。

文昌鱼在广东沿海主要分布于粤东的南澎列岛、汕头广澳外、惠州考洲洋湾口外、粤西阳江海陵岛南部、茂名放鸡岛海域、湛江吴川鉴江口、湛江港口外以及东海岛南部，以及硇洲岛海域等海域，但其密集区位于茂名放鸡岛附近海域。

本项目春季海洋生态现状调查在 LM11 站位采集到文昌鱼，数量为 1ind，密度 4.98ind/m^2，生物量 0.2667g/m^2，距离本项目约 9.2km。

3.1.4生态环境现状

1、海洋水文现状调查与评价

本节引用《华能汕头勒门（二）海上风电场项目冬季全潮水文观测分析报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018年4月），由中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司于2018年3月在项目附近海域进行的大潮水文观测数据。

本次大潮水文观测于 3 月实施，该时段虽已过 2 月，但评价海域仍处于东北季风影响期，具备冬季海洋环境代表特征。根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ 1409-2025）要求，温排水建设项目评价时段宜选取夏季、冬季，3级评价项目可任选一季开展现状观测。本次观测代表冬季条件，时段选取符合导则规定。

（1）调查概况

本次调查共布设9个水文站位（C1～C9站位）和3个潮位观测站位（海门站、妈屿站、南澳站），具体位置见表 3.1.4-1 和附图 3-7。

表 3.1.4-1 水文调查站位及调查内容

站号	经度（E）	纬度（N）	项目	观测时间
C1	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	2018年3月2日11时～2018年3月3日12时（大潮）
C2	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	
C3	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙、风速风向	
C4	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	
C5	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	
C6	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	
C7	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	
C8	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙、风速风向	
C9	[redacted]	[redacted]	海流、温盐、悬沙	
海门站	[redacted]	[redacted]	潮位	2018年1月15日～2018年3月14日
妈屿站	[redacted]	[redacted]	潮位	
南澳站	[redacted]	[redacted]	潮位	

（2）风速风向

大潮观测期间，调查海区的风向主要为东北风，风力在4级以下，风力多为2级~3级，为轻风和微风，海况1级~2级。

（3）潮位

①潮位过程线

海门水文站、妈屿水文站和南澳海洋站位于调查海域附近的西部和北部，海门水文站、妈屿水文站均隶属于广东省水文局汕头分局，南澳海洋站隶属于国家海洋局南海分

局，这三个站均有长时间准确连续的潮位资料，资料对本海区具有一定的代表性。为验潮需要，本次调查收集了 2018 年 1 月 15 日至 3 月 14 日共 2 个月的海门水文站、妈屿水文站和南澳海洋站的 10 分钟连续潮位资料，根据此资料，分别绘制出它们的潮位过程曲线图，结果见图 3.1.4-1。

从潮位过程曲线图可以看出，本海区的潮汐基本上一天有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，观测海区的潮汐表现为不正规半日潮的特征。

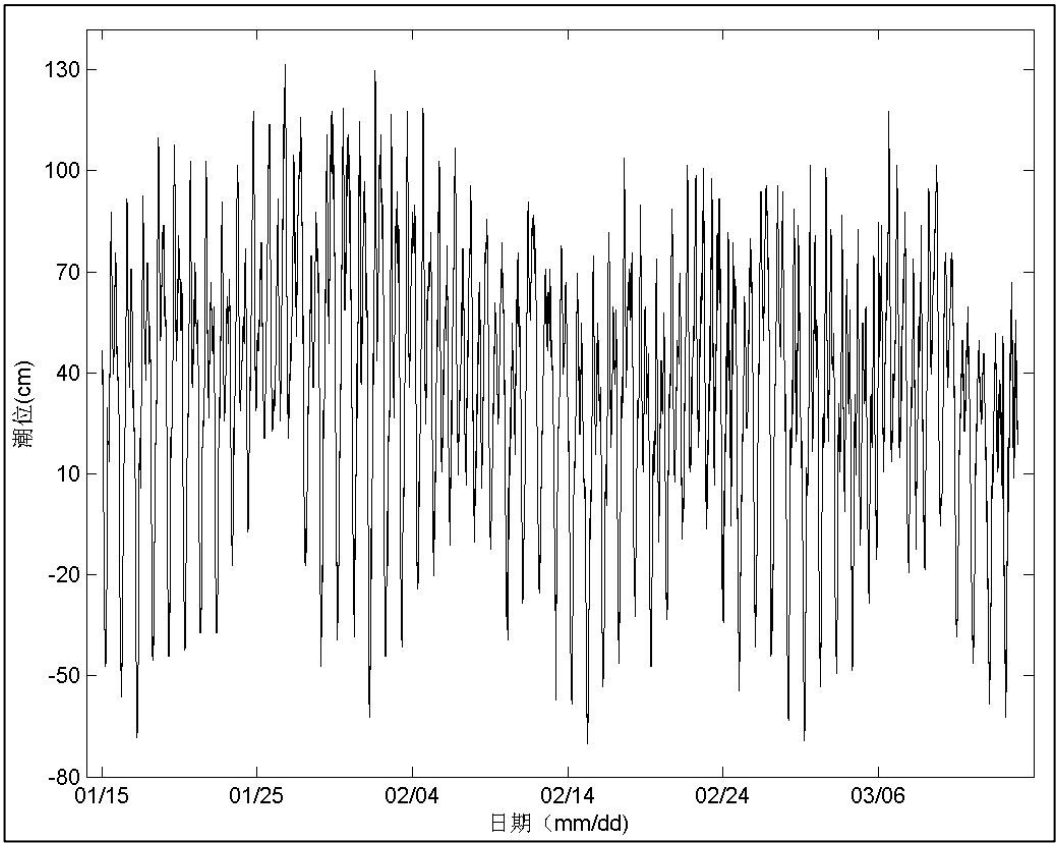


图 3.1.4-1a 海门站潮位过程曲线

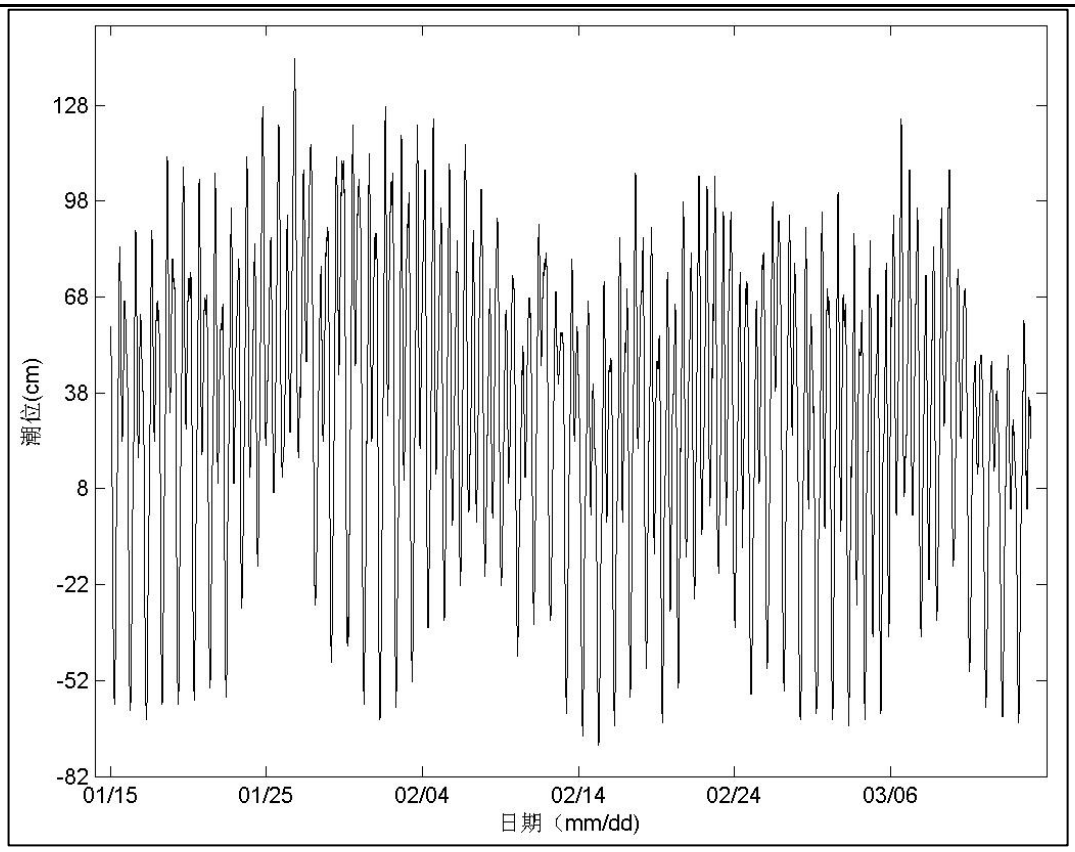


图 3.1.4-1b 妈屿站潮位过程曲线

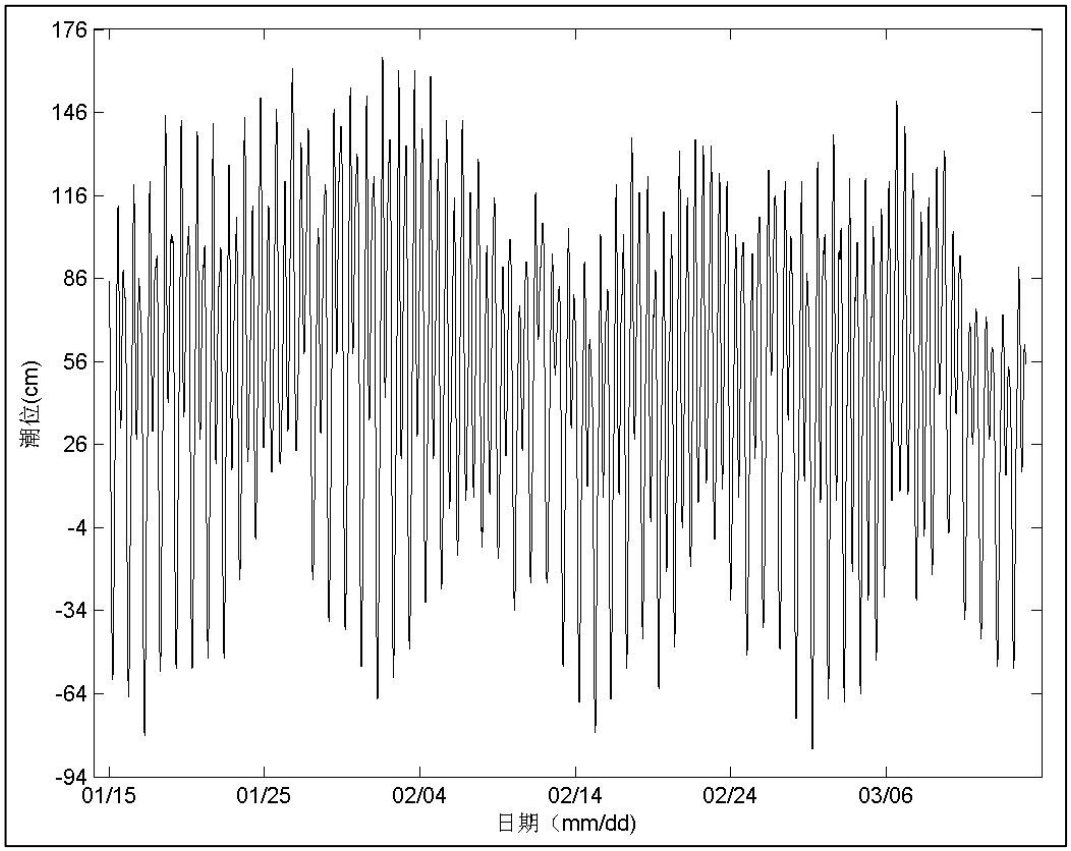


图 3.1.4-1c 南澳站潮位过程曲线

②潮汐特性

根据收集的连续潮位资料，采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表3.1.4-2列出了各站六个主要分潮的振幅（H）和迟角（g）。

表 3.1.4-2 主要分潮调和常数表

站名＼分潮		O_1	K_1	M_2	S_2	M_4	MS_4
海门	H（cm）	23.17	30.07	27.24	6.30	6.53	7.60
	g（°）	244	310	355	97	122	190
妈屿	H（cm）	22.21	29.48	39.99	11.39	6.77	7.29
	g（°）	252	317	12	101	135	208
南澳	H（cm）	23.87	30.69	51.34	14.36	7.97	7.90
	g（°）	249	308	7	84	123	188

各潮位站的主要分潮调和常数相近，分潮中以 M_2、K_1 和 O_1 分潮为主，其中 M_2 分潮的振幅在 27cm～52cm 之间，迟角在 355°～12°之间；K_1 分潮的振幅在 29cm～31cm 之间，迟角在 308°～317°之间；O_1 分潮的振幅在 22cm～24cm 之间，迟角在 244°～252°之间。

③潮汐性质

取主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F=（H_{K1}+H_{O1}）/H_{M2}$，作为划分潮汐性质的判据。

F<0.5　为正规半日潮

0.5≤F<2.0 为不正规半日潮

2.0≤F<4.0 为不正规全日潮

F≥4.0　为正规全日潮

对潮位资料进行调和分析，再根据调和分析结果计算各站潮汐性质系数，见表3.1.4-3，由表可知，各站的潮汐性质系数 F 值在 1.06～1.95 之间变化，均小于 2，说明观测的潮汐类型为不正规半日潮，各分潮中半日分潮占主导地位。

表 3.1.4-3 潮汐性质及潮汐特征值统计（单位：cm）

项目＼站名	海门	妈屿	南澳
最高潮位	132	143	166
最低潮位	-70	-72	-84
平均高潮位	84	87	116
平均低潮位	-5	-18	-10
平均海面	36	33	51
平均潮差	89	104	125
最大潮差	192	192	232
平均涨潮历时	6.96h	7.22h	7.22h
平均落潮历时	5.70h	5.31h	5.20h
最高潮位出现时间	2018/1/2618:50	2018/1/2619:30	2018/2/114:30
最低潮位出现时间	2018/2/156:30	2018/2/157:00	2018/3/16:10
潮汐性质系数 F	1.95	1.29	1.06
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮	不正规半日潮
基面	1985 国家高程基准		
资料时限	2018 年 1 月 15 日 0 时 0 分～2018 年 3 月 14 日 23 时 50 分		

从表可以看出，观测海区观测期间的平均海面在 0.33m～0.51m 之间（85 基面），南澳站最高，妈屿站最低，海门站居中。观测海区的平均潮差在 0.89m～1.25m 之间，均小于 2.0m。各站最大潮差的最大值为 2.32m。总体而言，本海区潮汐作用较弱，属于弱潮海区。此外从涨、落历时看，本海区涨潮历时比落潮历时长 1h～2h。

（4）实测海流

从海流的流态来看，大潮期观测海域各站海流的往复流特征明显，流态分明，从表层到底层，各站各层海流形态较为相似。观测站分布在开阔海域，海流方向基本为 NE-SW 往复运动。

大潮观测期间，各站实测海流呈现半日潮流特征，各站各层流向较为一致。从流速来看，大潮期海流流速较大，且各站涨潮流速大于落潮流速。观测期间最大流速为 117.9cm/s，其次为 117.6cm/s，分别出现在 C3 站的 0.6H 层和 0.2H 层，均出现在涨潮时段，而最大落潮流速仅为 73.3cm/s，出现在 C4 站表层。最大涨潮平均流速为 64.7cm/s，出现在 C3 站。最大落潮平均流速 48.7cm/s，出现在 C6 站。空间分布上，各站点流速、平均流向相近；在垂直方向上，各站点各层流速、平均流向也较为相近；在数值上，海区垂向平均流速、平均流向与海区 0.6H 层平均流速、平均流向相近。

从流向频率分布看，大潮期涨潮流历时为 16 小时，落潮流历时为 10 小时，流向频数比为 1.6。

图 3.1.4-2a 大潮期表层海流平面分布图

图 3.1.4-2b 大潮期 0.2H 层海流平面分布图

图 3.1.4-2c 大潮期 0.4H 层海流平面分布图

图 3.1.4-2d 大潮期 0.6H 层海流平面分布图

图 3.1.4-2e 大潮期 0.8H 层海流平面分布图

图 3.1.4-2f 大潮期底层海流平面分布图

表 3.1.4-4 大潮期涨、落潮流统计表

测层	测站	涨潮流(cm/s、°、hour)					落潮流(cm/s、°、hour)				
		V_{mean}	D_{mean}	V_{max}	D_{max}	历时	V_{mean}	D_{mean}	V_{max}	D_{max}	历时
表层	C1	46.7	61	71.8	58	16	20.3	248	42.4	211	10
	C2	41.9	76	73.8	58	16	32.0	233	65.0	219	10
	C3	51.5	87	103.2	93	16	41.0	169	61.5	185	10
	C4	49.7	58	86.7	54	14	43.9	238	73.3	237	12
	C5	33.6	55	56.6	34	16	38.4	210	64.1	186	10
	C6	37.1	70	82.3	42	16	46.8	219	71.6	215	10
	C7	38.1	103	71.9	49	17	34.3	248	55.1	229	9
	C8	47.8	80	70.2	66	16	31.8	217	53.7	199	10
	C9	43.2	178	77.3	23	16	38.2	245	64.9	243	10
0.2H	C1	58.5	52	86.1	50	16	27.7	202	48.0	198	10
	C2	52.3	54	85.8	58	16	44.9	200	65.2	192	10
	C3	64.0	58	117.6	60	16	40.6	204	63.3	229	10
	C4	48.3	55	89.6	68	14	39.7	238	66.5	235	12
	C5	39.8	39	66.3	26	16	41.0	196	58.1	184	10
	C6	49.0	67	89.0	36	16	48.7	196	64.6	197	10
	C7	49.2	68	83.2	50	17	37.3	224	58.1	213	9

	C8	51.1	68	79.9	54	16	39.6	208	56.7	222	10
	C9	51.9	48	77.4	50	16	35.0	214	63.3	210	10
0.4H	C1	54.4	59	84.1	51	16	34.0	205	51.0	216	10
	C2	50.8	59	83.2	49	16	38.1	216	58.5	219	10
	C3	64.7	41	114.9	49	16	33.7	175	62.5	235	10
	C4	50.5	50	87.1	70	14	36.2	250	59.5	248	12
	C5	39.4	53	71.1	26	16	36.6	203	55.7	199	10
	C6	52.2	51	81.5	35	16	43.1	199	61.0	198	10
	C7	52.2	50	80.9	52	17	30.8	235	43.3	231	9
	C8	46.9	61	77.5	52	16	40.3	220	59.8	216	10
	C9	47.0	51	73.4	51	16	39.7	218	59.6	217	10
0.6H	C1	48.2	66	78.8	49	16	36.0	230	56.7	221	10
	C2	48.6	66	82.3	52	16	34.8	229	54.2	228	10
	C3	64.5	84	117.9	48	16	32.8	251	57.9	238	10
	C4	49.1	46	86.7	78	14	31.9	257	50.0	243	12
	C5	35.8	49	58.6	22	16	34.0	209	48.5	203	10
	C6	50.5	51	78.0	33	16	32.4	231	57.2	218	10
	C7	47.9	48	75.8	50	17	31.9	237	53.4	227	9
	C8	45.1	63	72.3	50	16	37.6	223	57.5	221	10
	C9	45.0	50	72.1	46	16	39.4	224	55.9	220	10
0.8H	C1	45.3	60	71.2	53	16	32.5	233	49.4	235	10
	C2	45.6	64	77.4	48	16	30.5	217	48.7	234	10
	C3	58.2	101	110.9	48	16	27.6	222	53.5	244	10
	C4	45.6	40	87.3	76	14	28.1	259	47.9	242	12
	C5	33.4	67	50.5	18	16	28.7	210	42.5	218	10
	C6	43.5	82	70.2	30	16	32.6	209	56.7	21	10
	C7	44.8	48	74.6	50	17	30.9	242	48.3	233	9
	C8	42.8	86	69.8	48	16	33.5	220	50.9	225	10
	C9	43.0	67	64.7	52	16	36.0	228	54.9	225	10
底层	C1	39.2	61	62.2	50	16	27.4	234	41.2	231	10
	C2	40.9	64	71.6	49	16	24.1	220	39.0	224	10
	C3	51.4	52	99.7	48	16	24.6	237	44.6	239	10
	C4	37.8	49	74.4	75	14	22.8	257	37.2	239	12
	C5	29.8	62	45.3	19	16	25.1	209	38.0	214	10
	C6	35.9	70	63.8	30	16	27.4	223	44.7	219	10
	C7	38.4	48	61.1	54	17	27.0	244	39.8	238	9
	C8	38.0	86	63.3	56	16	29.0	214	47.6	217	10
	C9	40.2	44	62.6	53	16	33.4	230	49.9	232	10
垂向平均	C1	49.1	50	76.9	52	16	26.2	215	47.1	214	10
	C2	47.0	56	79.6	52	16	30.2	213	50.5	219	10
	C3	58.4	47	108.1	52	16	21.3	219	56.1	232	10
	C4	46.0	49	83.9	72	14	30.1	254	55.6	241	12
	C5	35.4	50	58.9	23	16	31.5	202	49.6	196	10
	C6	44.0	33	75.9	33	16	33.5	211	54.7	208	10
	C7	45.5	49	73.9	49	17	30.9	230	44.0	228	9
	C8	44.3	59	72.5	52	16	31.0	214	51.2	220	10
	C9	44.1	44	69.3	46	16	34.2	222	55.2	220	10

（5）潮流

①潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 作为判别标准：

$F\leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5<F\leq 2.0$ 不正规半日潮流

2.0<F≤4.0 不正规全日潮流

4.0<F 正规全日潮流

其中 W_{O1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速，W_{K1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速，W_{M2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。根据《港口与航道水文规范》，选用“引入差比关系的准调和分析方法”，此处选取 2012 年~2014 年云澳海洋站的潮位资料来计算差比数，对海流观测资料进行分析计算，得出观测期间的余流和 O_1（主要太阴全日分潮）、K_1（太阴太阳合成全日分潮）、M_2（主要太阴半日分潮）、S_2（主要太阳半日分潮）、M_4（浅水分潮）和 MS_4（浅水四分之一分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及椭圆要素等潮流特征值。

根据上述公式，计算得到各站层的潮流性质系数 F 值见表 3.1.4-5。由表可知，观测各站各层的 F 值均小于 0.5，潮流类型为正规半日潮流。由此可见，调查海区潮流类型为正规半日潮流。

表 3.1.4-5 潮流性质系数

层次 站号	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
C1	0.24	0.15	0.18	0.20	0.13	0.10
C2	0.19	0.10	0.09	0.12	0.16	0.19
C3	0.23	0.14	0.18	0.21	0.26	0.20
C4	0.19	0.19	0.11	0.06	0.15	0.08
C5	0.30	0.18	0.21	0.18	0.18	0.17
C6	0.29	0.11	0.14	0.14	0.15	0.16
C7	0.13	0.19	0.17	0.16	0.13	0.15
C8	0.24	0.14	0.14	0.16	0.18	0.10
C9	0.27	0.24	0.11	0.08	0.13	0.15

②潮流的运动形式及潮流椭圆要素

本海区潮流主要以 M_2 分潮流为主，其次为 S_2 分潮流。其它分潮流的量值均不大。最大 M_2 分潮流出现在 C3 站 0.2H，为 52.8cm/s。C1～C9 站各层 M_2 分潮流的 k 值均很小，绝对值都小于 0.2，说明该海区的潮流运动以往复流为主。本海区的各分潮最大流速方向主要受附近地形的影响，方向基本与岸线或等深线平行，且表中底层差异较小。各站 M_2 分潮流运动方向为 NE。

③潮流的可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》（JTS145-2015）的规定，对于正规半日潮流，潮流的可能最大流速 Vmax 按下列公式计算：

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

式中 W 为分潮流的最大流矢量。计算结果列于表 3.2.2-6 中，由表可知：潮流的可能最大流速的最大值出现在 C4 站表层，为 78.4cm/s，流向为 NE。各站层的潮流的可能最大流速大小相近，C6 站、C8 站、C9 站流速极大值出现在 0.6H 层处，C3 站、C7 站流速极大值出现在 0.3H 层处，C1 站、C2 站流速极大值出现在 0.4H 层处，C4 站流速极大值出现在表层

处。潮流的可能最大流速的流向基本为NE，并且流向随深度变化不大。

表 3.1.4-6 潮流的可能最大流速

站号 层次		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
表	流速(cm/s)	52.3	56.4	68.5	78.4	47.7	58.3	50.6	50.7	53.1
	流向(º)	68	54	72	55	38	37	56	70	48
0.2H	流速(cm/s)	64.5	63.2	77.9	72.6	47.8	65.9	65.6	58.0	62.9
	流向(º)	46	46	53	58	33	32	45	54	48
0.4H	流速(cm/s)	65.7	67.2	76.2	70.7	45.7	61.6	65.5	62.4	62.8
	流向(º)	46	49	52	64	35	37	46	52	45
0.6H	流速(cm/s)	60.9	65.6	73.4	65.5	52.8	67.1	63.3	63.7	64.4
	流向(º)	49	52	50	68	26	32	48	53	47
0.8H	流速(cm/s)	56.3	61.5	69.7	56.6	53.7	61.0	58.6	59.3	59.7
	流向(º)	49	52	50	68	26	32	48	53	47
底	流速(cm/s)	48.0	52.8	56.6	46.5	45.6	34.1	48.0	49.5	53.8
	流向(º)	53	52	44	68	24	35	54	55	50

（6）余流

大潮期各站的余流最大值为 29.7cm/s，出现在 C3 站表层。各站各层底层余流流速比其余各层流速小。这是由于底摩擦耗能的结果，近海海底余流一般要小于表层。大潮观测期间各站各层余流方向主要为NE，与涨潮流速方向相近。

表 3.1.4-7 大潮期余流

站号 层次		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
表	流速(cm/s)	19.7	10.4	29.7	3.2	3.4	2.1	9.1	17.7	18.4
	流向(º)	62	79	122	61	30	72	39	84	321
0.2H	流速(cm/s)	24.5	18.1	22.1	4.8	8.4	14.1	16.0	16.5	16.1
	流向(º)	61	90	76	54	66	69	65	85	58
0.4H	流速(cm/s)	20.0	15.1	21.0	9.4	8.4	14.1	21.1	12.2	11.6
	流向(º)	73	71	42	28	44	59	54	80	66
0.6H	流速(cm/s)	13.5	14.5	21.5	11.1	7.4	15.1	18.2	11.6	10
	流向(º)	47	64	32	22	21	25	46	70	49
0.8H	流速(cm/s)	13.4	14.3	22.8	10.3	8.5	15.6	16.9	11.3	10.3
	流向(º)	42	54	30	18	15	12	42	68	46
底	流速(cm/s)	11.4	13.6	18.7	8.5	7.8	9.1	14.5	11.0	9.9
	流向(º)	44	51	39	34	13	350	41	76	41

图 3.1.4-3 大潮期余流分布图

（7）水温

大潮期测得的水温最大值为 16.10℃，出现在 C7 站；最小值为 15.40℃，出现在 C2 站；平均水温为 15.68℃，水温从表层到底层逐渐降低，表底层平均水温差最大、最小值分别为 0.64℃、0.10℃，发生在 C2 和 C3 站。

从空间分布上来讲，大潮期表、中、底层温度均是从西南到东北方向逐渐减小，西南海域的 C6 和 C7 站平均水温较高，东北部海域的 C2、C3、C4 站平均水温较低；各站表层平均温度在 15.54℃~16.34℃之间，中层平均温度在 15.21℃~16.00℃之间，底层平均温度分布范围是 15.20℃~16.00℃。

（8）盐度

大潮期测得的盐度最大值为 32.807，出现在 C7 站；最小值为 31.453，出现在 C5 站；平均盐度为 32.365，盐度从表层到底层逐渐增加，0.8H 层和底层盐度较接近。大潮期间表底层平均盐度差最大值为 1.734，发生在 C6 站，最小值为 0.207，发生在 C4 站。

从空间分布上来讲，大潮期表、中、底层盐度均是从岸边向外海逐渐增大，近岸 C5 站平均盐度最低，这主要是受河口冲淡影响的结果，外海的 C8、C2、C9 站平均盐度较高；各站表层平均盐度在 30.585~32.371 之间，中层平均盐度在 31.760~33.090 之间，底层平均盐度分布范围是 31.855~33.130。

（9）悬浮泥沙

①悬沙含量及其分布特征

大潮期，潮期平均含沙量存在两个高值区，分别位于 C4 站和 C6 站，潮期平均悬沙含量均超过 0.0110kg/m^3；潮期平均含沙量低值区位于 C9 站，为 0.0045kg/m^3，全观测海域含

沙量的平均值为 0.0070kg/m³。

垂向上，各层含沙量差别不大，总体而言，越向底层，悬沙含量呈现出越高的变化趋势。

表 3.1.4-8 大潮期含沙量特征值统计（单位：kg/m³）

站位	特征值	表层	0.6H 层	底层	全站
C1	最大	0.0139	0.0117	0.0174	0.0174
	最小	0.0012	0.0004	0.0014	0.0004
	平均	0.0045	0.0045	0.0064	0.0051
C2	最大	0.0139	0.0120	0.0154	0.0154
	最小	0.0001	0.0015	0.0008	0.0001
	平均	0.0061	0.0058	0.0062	0.0060
C3	最大	0.0104	0.0107	0.0113	0.0113
	最小	0.0001	0.0017	0.0002	0.0001
	平均	0.0048	0.0057	0.0049	0.0051
C4	最大	0.0158	0.0188	0.0259	0.0259
	最小	0.0027	0.0040	0.0047	0.0027
	平均	0.0101	0.0111	0.0132	0.0114
C5	最大	0.0144	0.0160	0.0166	0.0166
	最小	0.0006	0.0012	0.0011	0.0006
	平均	0.0069	0.0058	0.0081	0.0070
C6	最大	0.0133	0.0217	0.0374	0.0374
	最小	0.0015	0.0017	0.0021	0.0015
	平均	0.0073	0.0091	0.0167	0.0111
C7	最大	0.0106	0.0160	0.0204	0.0204
	最小	0.0016	0.0018	0.0034	0.0016
	平均	0.0059	0.0063	0.0102	0.0075
C8	最大	0.0121	0.0123	0.0132	0.0132
	最小	0.0011	0.0011	0.0015	0.0011
	平均	0.0049	0.0060	0.0051	0.0053
C9	最大	0.0107	0.0103	0.0099	0.0107
	最小	0.0010	0.0006	0.0007	0.0006
	平均	0.0043	0.0041	0.0050	0.0045

②悬沙中值粒径

大潮期悬沙中值粒径在 5.38Φ～6.39Φ 之间变化，平均值为 5.44Φ；悬沙组成物质类型有粉砂、粘土质粉砂和砂质粉砂三种，其中以粉砂占绝大多数。

表 3.1.4-9 各站悬沙中值粒径统计表（单位：Φ）

站号 潮期	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
大潮	5.46	5.42	5.68	6.26	5.96	5.99	6.39	5.38	5.52

③悬沙运移及来源分析

观测海域单宽净输沙量总体不大，但不同区域，由于水深、流速、含沙量等差异，各站悬沙输移存在一定差异。就单宽净输移方向而言，观测海域的悬沙均主要呈现出 N~NE 向的净输移趋势；就单宽净输沙量而言，大潮期最大单宽净输沙量为 7712kg/（m·d），最小单宽净输沙量为 538kg/（m·d）。

表 3.1.4-10 大潮期单宽净输沙量（kg/（m．d））和方向（°）

站号	净输沙量	方向
C1	3044	52
C2	3148	62
C3	4548	63
C4	3471	33
C5	538	24
C6	7712	3
C7	4398	46
C8	2510	73
C9	2498	20

图 3.1.4-4 大潮期单宽净输沙量图

2、工程地质

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，因此本节引自《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2022 年 8 月）。

（1）地层岩性

根据钻孔揭露，场地第四系覆盖层包括全新统海相沉积软土及砂土层（Q_4^m）、全新统海陆过渡相沉积黏性土及砂土层（Q_4^{m+al}）、晚更新统海陆交互相黏性土及砂土层（Q_3^{m+al}）以及残积黏性土层（Q^{el}），场地覆盖层厚度大，下覆基岩燕山晚期花岗岩（λ_y）。场地岩土体按岩土性质和成因可分为 5 大层组，17 小层，各岩土层工程特征描述如下：

①全新统海相沉积层（Q_4^m）

该层广泛分布于风电场场区表层，钻孔揭露该层整体厚度 0.80~10.70m，层顶高程-24.26~-18.30m，层底高程-34.23~-21.49m。该层分为以下 2 个亚层：

1）海积成因粉砂混淤泥（层号①$_1$）

深灰色，饱和，松散~稍密，主要矿物为石英、长石，级配差，部分混多量贝壳碎屑，

粒径 0.2~0.5cm，局部呈淤泥混砂状，海相沉积。该层在钻孔 NADK06、NADK10 和 NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 6～13 击，钻孔揭露层厚为 3.20m～6.30m，层底面高程为-30.56m～-26.15m，层顶面高程为-24.26m～-22.05m。

2）海积成因淤泥质土（层号①$_2$）

灰黑色，饱和，流塑，含粉砂颗粒，手捏腻滑，含有机质，味臭，局部可见贝壳碎片，粒径 0.2~0.5cm，海相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02~NADK05、NADK07~NADK09 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 1～5 击，钻孔揭露层厚为 0.80m～10.70m，层底面高程为-34.23m～-21.49m，层顶面高程为-23.53m～-18.30m。

②全新统海陆过渡相沉积层（Q_4^{m+al}）

本次钻孔揭露全新统海陆过渡相沉积层整体厚度为 24.70~43.40m，层顶高程-34.23~-21.49m，层底高程-70.10~-48.77m。该层在场地内水平、垂直方向分布较稳定。该层分为以下 7 个亚层：

1）冲海积成因淤泥质土（层号②）

灰黑色，饱和，流塑，部分过渡为软塑或可塑粉质黏土，含粉砂颗粒，手捏腻滑，含有机质，味臭，海陆过渡相沉积。该层在钻孔 NADK02~NADK04、NADK06~NADK07、NADK09 和 NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 5～10 击，钻孔揭露层厚为 2.10m～13.50m，层底面高程为-51.65m～-27.62m，层顶面高程为-45.75m～-25.12m。

2）冲海积成因粉质黏土（层号②$_1$）

深灰色，很湿，软塑，局部流塑或可塑，含粉砂颗粒，局部含少量有机质，土质黏性一般，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在钻孔 NADK02~NADK04、NADK06~NADK07、NADK09 和 NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 6～13 击，钻孔揭露层厚为 3.20m～14.90m，层底面高程为-68.55m～-35.72m，层顶面高程为-60.06m～-26.17m。

3）冲海积成因粉质黏土（层号②$_2$）

深灰色，湿，可塑，局部硬塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂及粉土薄层，土质黏性一般，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02~NADK05、NADK07~NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 11～27 击，钻孔揭露层厚为 1.20m～30.50m，层底面高程为-70.10m～-25.12m，层顶面高程为-54.23m～-22.32m。

4）冲海积成因粉砂（层号②$_3$）

灰色，饱和，稍密~中密，主要矿物为石英、长石，级配差，含多量黏粒，呈团块状，局部与黏性土互层，海相过渡相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02、

NADK06~NADK07、NADK09~NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 11～24 击，钻孔揭露层厚为 1.90m～12.30m，层底面高程为-56.35m～-28.90m，层顶面高程为-53.16m～-21.49m。

5）冲海积成因中砂（层号②$_5$）

灰色，饱和，稍密~中密，主要矿物为石英、长石，级配中等，部分含多量黏粒，呈团块状，局部夹黏性土薄层，海相交互相沉积。该层在钻孔 NADK02、NADK04~NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 11～29 击，钻孔揭露层厚为 1.30m～10.60m，层底面高程为-65.72m～-25.47m，层顶面高程为-57.12m～-24.17m。

6）冲海积成因粗砂（层号②$_6$）

灰黄色，饱和，稍密，部分中密，主要矿物为石英、长石，级配中等~较好，混约 10%角砾，粒径 0.2~0.5cm，海相交互相沉积。该层仅在钻孔 NADK09 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 11～13 击，钻孔揭露层厚为 6.20m，层底面高程为-37.67m，层顶面高程为-31.47m。

7）冲海积成因砾砂（层号②$_7$）

灰色，饱和，稍密，部分中密，主要矿物为石英、长石，级配较好，混多量角砾，粒径 0.2~0.5cm，局部含黏粒，海相交互相沉积。该层仅在钻孔 NADK08 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 14 击，钻孔揭露层厚为 2.00m，层底面高程为-25.20m，层顶面高程为-23.20m。

③晚更新统海陆交互相沉积层（Q_3^{m+al}）

本次勘测除 NADK03 孔未揭露晚更新统海陆交互相沉积层外，其余钻孔均有揭露，且均未揭穿该层。钻孔揭露该层层顶高程-70.10m~-54.00m。该层分为以下 6 个亚层：

1）冲海积成因粉质黏土（层号③$_1$）

灰色，湿，可塑，局部软塑或硬塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在钻孔 NADK02、NADK04~NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 12～26 击，钻孔揭露层厚为 1.30m～19.30m，层底面高程为-109.71m～-54.00m，层顶面高程为-106.46m～-39.80m。

2）冲海积成因粉质黏土（层号③$_2$）

灰、灰黄色，稍湿，硬塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02、NADK04、NADK07、NADK09 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 21～29 击，钻孔揭露层厚为 1.50m～4.90m，层底面高程为-104.22m～-57.60m，层顶面高程为-100.62m～-54.00m。

3）冲海积成因粉砂（层号③$_3$）

灰色，饱和，密实，部分过渡为中密，主要矿物为石英、长石，级配差，含多量黏粒，局部与黏性土互层，海相交互相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02、NADK06 和

NADK10 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 25～55 击，钻孔揭露层厚为 1.60m～14.10m，层底面高程为-108.95m～-39.80m，层顶面高程为-106.10m～-37.10m。

4）冲海积成因中砂（层号③$_5$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，混夹粗砂和砾石，粒径 0.2~0.5cm，局部夹黏性土薄层，海相交互相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02、NADK04、NADK06~NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 22～56 击，钻孔揭露层厚为 1.70m～26.50m，层底面高程为-108.98m～-61.22m，层顶面高程为-102.15m～-55.40m。

5）冲海积成因粗砂（层号③$_6$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等～较好，混夹多量砾石，粒径 0.2~0.6cm，局部含多量黏粒，岩芯呈团块状，海相交互相沉积。该层在钻孔 NACK02、NADK02、NADK04~NADK11 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 37～77 击，钻孔揭露层厚为 1.85m～17.40m，层底面高程为-107.85m～-64.00m，层顶面高程为-104.22m～-57.60m。

6）冲海积成因砾砂（层号③$_7$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配好，磨圆度好，局部含多量黏粒，岩芯偶见团块状，海相交互相沉积。该层在钻孔NACK02、NADK09有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 39～54 击，钻孔揭露层厚为 1.90m～7.70m，层底面高程为-82.57m～-65.90m，层顶面高程为-74.87m～-64.00m。

④残积层（Q^{el}）

残积成因砂质黏性土（层号④）

灰白、灰绿色，稍湿，硬塑，含多量中粗砂颗粒，土质黏性较差，韧性差，遇水易崩解。该层在仅在钻孔 NADK03 中有揭露，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 21～28 击，钻孔揭露层厚为 13.40m，层底面高程为-62.17m，层顶面高程为-48.77m。

⑤燕山晚期花岗岩（λy）

本次勘测钻孔深度范围内仅揭露强风化花岗岩。

强风化花岗岩（层号⑤$_2$）

灰、灰白色，矿物除石英外已大部风化成次生矿物，岩芯多呈砂土状或半岩半土状，局部呈块状，混约 15%~25%中等风化岩块，块径 2~6cm，岩芯遇水易软化崩解，原岩结构清晰可辨。该层在钻孔 NADK03 有分布，剔除异常数据后该层标准贯入试验落锤反弹，钻孔揭露厚度为 2.30m～15.60m，层底面高程为-107.67m～-64.47m，层顶面高程为-102.17m～-62.17m，钻孔未揭穿该层。

⑥孤石

场地强风化花岗岩风化带中发育有中等~微风化花岗岩孤石，孤石呈灰白、灰黄色，为

不均匀风化体。本次勘测在钻孔 NADK03 深度范围内 3 次揭露孤石，孤石顶面高程分别为-98.87m、-82.87m 和-64.47m，孤石底面高程分别为-102.17m、-95.47mh 和-67.27m，垂直厚度分别为 3.30m、12.60m、2.80m。

（2）场地稳定性及适宜性

按照场地区域地质及地震地质资料，区域断裂离拟建场地最近距离为 4km，拟建场地暂未发现全新世活动断裂通过。另外，项目所在区域虽然地震活动相对活跃，但整体强度较低，拟建场地位于相对较稳定的地质构造单元上。

项目所在区域海底地形较为平缓，未见滑坡、崩塌、土洞、浅层气等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题，且无矿产等对工程不利的地下埋藏障碍物。

场地环境工程地质条件较简单，遭受地质灾害危害的可能性较小，工程引发地质灾害发生可能性也较小。

场地地形地貌及地层条件较好，可满足基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性较好。

3、海洋水质现状调查与评价

本节引用《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目 2025 年 4 月春季附近海域海洋环境现状调查及评价报告》（中国科学院南海海洋研究所，2025 年 6 月），由中国科学院南海海洋研究所于 2025 年 4 月在项目附近海域进行的春季海洋环境质量现状调查数据。

（1）调查概况

中国科学院南海海洋研究所于 2025 年 4 月在汕头东部海域进行的海洋环境质量现状调查共布设水质监测站位 20 个，沉积物监测站位 10 个，生态调查站位 12 个。为更好分析项目所在海域海洋环境现状调查情况，本节重点选取主要位于项目附近的水质、沉积物、生态站位进行分析，具体站位有 LM09~LM12、LM15~LM24 站位，其中海洋水质调查站位 14 个，沉积物调查站位 7 个，海洋生态 9 个站位。本次选取的调查站位情况见表 3.1.4-11 和附图 3-8。

评价范围内海水水质站位 6 个，沉积物站位 3 个，生态及渔业资源站位 4 个，满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）评价等级为 3 级的项目对调查站位数量（水质站位不少于 2 个、沉积物站位不少于 1 个、生态及渔业资源站位不少于 2 个）要求。

表 3.1.4-11 海洋环境现状调查站位

站位	纬度	经度	调查内容
LM09	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
LM10	[redacted]	[redacted]	水质、生态
LM11	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
LM12	[redacted]	[redacted]	水质
LM15	[redacted]	[redacted]	水质
LM16	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态

LM17	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
LM18	[redacted]	[redacted]	水质
LM19	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
LM20	[redacted]	[redacted]	水质
LM21	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
LM22	[redacted]	[redacted]	水质
LM23	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
LM24	[redacted]	[redacted]	水质、生态

（2）调查项目

调查项目包括 pH、盐度、水温、石油类、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、硝酸盐、亚硝酸盐、氨、无机氮、活性磷酸盐、活性硅酸盐、挥发酚、硫化物、汞、铜、铅、锌、镉、砷和总铬。

（3）采集与分析方法

使用桶式采水器采集不同层次的海水样品，其中海水石油类样品只采集表层。根据《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）确定海水采样层次。海水样品现场处理及贮存方法按照《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）的规定执行。各项目的分析方法如表 3.1.4-12。

表 3.1.4-12 海水水质调查分析方法

检测项目	检测方法名称及编号	仪器型号及名称	检出限
pH	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007pH 计法（26）	PB-10 型 pH 计 24790031	—
水温	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 表层水温表法（25.1）	PSJ 型深水温度计	—
盐度	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 盐度计法（29.1）	SYA2-2 实验室盐度计（300）	——
悬浮物	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 重量法（27）	BCE95PI-10CN 电子天平 3143519355	2mg/L
硫化物	《海洋监测规范第 4 部分海水分析》GB17378.4-2007 亚甲基蓝分光光度法（18.1）	722S 光栅型分光光度计 070409070032	2×10^{-4}mg/L
生化需氧量	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 五日培养法（33.1）	具塞滴定管 230981	——
溶解氧	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 碘量法（31）	具塞滴定管 230981	——
化学需氧量	《海洋监测规范第 4 部分海水分析》GB17378.4-2007 碱性高锰酸钾法（32）	具塞滴定管 230981	——
硝酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 锌-镉还原法（38.2）	722S 光栅型分光光度计 221803036S	0.0007mg/L
亚硝酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 萘乙二胺分光光度法（37）		0.0003mg/L
氨	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 次溴酸盐氧化法（36.2）		0.0004mg/L
活性磷酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 磷钼蓝分光光度法（39.1）	722S 光栅型分光光度计 C1308010	0.001mg/L

挥发性酚	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-20074-氨基安替比林分光光度法（19）		1.1×10^{-3}mg/L
活性硅酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 硅钼黄法（17.1）	722S 光栅型分光光度计 070409070032	0.003mg/L
石油类	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 紫外分光光度法（13.2）	UV-1800 紫外分光光度计 A11635304506CD	0.004mg/L
汞	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 冷原子吸收分光光度法（5.2）	F732-V 型测汞仪 180002	1×10^{-6}mg/L
砷	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 原子荧光法（11.1）	AFS-930 原子荧光光度计 930-0409139	5×10^{-4}mg/L
铜	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》无火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉）GB17378.4-2007（6.1）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	2×10^{-4}mg/L
铅	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》无火焰原子吸收分光光度法 GB17378.4-2007（7.1）		3×10^{-5}mg/L
锌	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》火焰原子吸收分光光度法 GB17378.4-2007（9.1）		3.1×10^{-3}mg/L
镉	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析 无火焰原子吸收分光光度法》GB17378.4-2007（8.1）		1×10^{-5}mg/L
总铬	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析 无火焰原子吸收分光光度法》GB17378.4-2007（10.1）		4×10^{-4}mg/L

（4）评价方法与评价标准

①评价方法

采用单因子标准指数（P_i）法，评价模式如下：

$$Pi = \frac{C_i}{C_{io}}$$

式中：P_i——第 i 项因子的标准指数，即单因子标准指数；

C_i——第 i 项因子的实测浓度；

C_{io}——第 i 项因子的评价标准值。

当标准指数值 P_i 大于 1，表示第 i 项评价因子超出了其相应的评价标准，即表明该因子已不能满足评价海域海洋功能区的要求。

另外，根据溶解氧（DO）、pH 的特点，其评价模式分别为：

溶解氧的标准指数为：

$$S_{DO,j} = \mathrm{DO_s} / DO_j \quad DO_j \le DO_f$$

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

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，对于河流，DO_f=468/（31.6+T），对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域，DO_f=（491-2.65S）/（33.5+T）；

S—实用盐度符号，量纲一；

T—水温，℃。

pH 评价指数按下式如下：

$$S_{pH,\,j}=\frac{7.0-pH_j}{7.0-pH_{sd}}\quad pH_j \leq 7.0$$

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

式中：$S_{pH,\,j}$—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j—pH 值实测统计代表值；

pH_{sd}—评价标准中 pH 值的下限值；

pH_{su}—评价标准中 pH 值的上限值。

②评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府〔1999〕68 号）、《汕头市近岸海域环境功能区划调整方案》，各调查站位均不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，其水质标准即从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。监测站位所处近岸海域环境功能区划示意图详见附图 3-9。

（5）海水水质调查结果与评价

①调查结果

水质监测结果见表 3.1.4-13。

海水的 pH 变化范围为 7.96~8.03，平均为 8.00，其中 LM24 底层站位海水的 pH 值最高，LM16、LM23 表层站位海水的 pH 值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 7.08mg/L~7.98mg/L，平均为 7.56mg/L，其中 LM17 底层站位海水的溶解氧含量值最高，LM24 表层站位海水的溶解氧含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.28mg/L~0.7mg/L，平均为 0.44 mg/L，其中 LM23 表层站位海水的化学需氧量含量值最高，LM24 底层站位海水的化学需氧量含量值最低。

海水的生化需氧量含量变化范围为 0.13mg/L~1.79mg/L，平均为 0.61mg/L，其中 LM23 底层站位海水的生化需氧量含量值最高，LM24 底层站位海水的生化需氧量含量值最低。

海水的石油类含量变化范围为0.004mg/L~0.038mg/L，平均为0.015mg/L，其中LM20表层站位海水的石油类含量值最高，LM18、LM22表层站位海水的石油类含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为3.1mg/L~22.9mg/L，平均为8.7 mg/L，其中LM21底层站位海水的悬浮物含量值最高，LM12表层站位海水的悬浮物含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为0.031mg/L~0.134mg/L，平均为0.058mg/L，其中LM21表层站位海水的无机氮含量值最高，LM16表层站位海水的无机氮含量值最低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.002mg/L~0.009mg/L，平均为 0.004mg/L，其中LM24 底层站位海水的活性磷酸盐含量值最高，LM12 表层、LM15 表层、LM16 表底层、LM22表层站位海水的活性磷酸盐含量值最低。

海水的活性硅酸盐含量变化范围为 0.096mg/L~0.406mg/L，平均为 0.220mg/L，其中LM21 表层站位海水的活性硅酸盐含量值最高，LM18 表层站位海水的活性硅酸盐含量值最低。

海水的汞含量变化范围为<0.001μg/L~0.017μg/L，平均为0.007μg/L，其中LM10表层、LM15表层、LM17表底层、LM18底层、LM19表层、LM21表底层、LM22表底层、LM24底层站位海水的汞含量值最高。

海水的铜含量变化范围为 0.3μg/L~4.6μg/L，平均为 1.5μg/L，其中 LM18 表层站位海水的铜含量值最高，LM20底层站位海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为0.21μg/L~1.88μg/L，平均为0.71μg/L，其中LM10表层站位海水的铅含量值最高，LM16底层站位海水的铅含量值最低。

海水的锌含量变化范围为<3.1μg/L~12.4μg/L，平均为 3.9mg/L，其中 LM10 表层站位海水的锌含量值最高。

海水的镉含量变化范围为<0.01μg/L~0.11μg/L，平均为 0.02μg/L，其中 LM24 表层站位海水的镉含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 1.1μg/L~1.7μg/L，平均为 1.4μg/L，其中 LM10 表层站位海水的砷含量值最高，LM20表层站位海水的砷含量值最低。

海水的总铬含量变化范围为 0.4μg/L~1.4μg/L，平均为 0.8μg/L，其中 LM20 表层站位海水的总铬含量值最高，LM20底层站位海水的总铬含量值最低。

海水的挥发酚含量均为未检出。

海水的硫化物含量变化范围为<0.2μg/L~0.5μg/L，平均为0.3μg/L，其中LM10、LM20底层站位海水的硫化物含量值最高。

②评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表3.1.4-14。

全部站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，其水质标准从第一类标

	准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。由监测结果及标准指数表结果可知：生化需氧量在LM11、LM22、LM23 站位符合海水水质第二类标准，在其余站位均符合海水水质第一类标准；铅在 LM10、LM11、LM12 站位符合海水水质第二类标准，在其余站位均符合海水水质第一类标准；其余监测因子均符合海水水质第一类标准。 综上所述，本次调查海域按水质类别符合性评价的站位，大部分监测因子符合海水水质第一类标准。

表 3.1.4-13 海水水质监测结果

站位	层次	水深	水温	pH	盐度	DO	COD	BOD_5	石油类	SS	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	无机氮	活性磷酸盐	活性硅酸盐	汞	铜	铅	锌	镉	砷	总铬	挥发酚	硫化物
						mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L
LM09	表	25.4	21.6	7.98	34.0902	7.72	0.44	0.29	0.008	10	<0.0003	0.029	0.019	0.048	0.005	0.211	<0.001	0.7	0.97	7.7	<0.01	1.3	1.3	<1.1	0.3
LM09	底		21	8	33.8909	7.28	0.36	0.37	/	12.2	0.0003	0.035	0.018	0.053	0.006	0.23	<0.001	2.1	0.83	4	<0.01	1.2	0.8	<1.1	0.3
LM09	平均		21.3	7.99	33.9906	7.50	0.40	0.33	0.008	11.1	0.0002	0.032	0.019	0.051	0.006	0.221	0.0003	1.4	0.90	5.9	0.01	1.3	1.1	0.3	0.3
LM10	表	21.2	20.9	7.98	33.9471	7.39	0.44	0.41	0.011	7.2	<0.0003	0.049	0.068	0.117	0.004	0.205	0.017	1.4	1.88	12.4	0.07	1.7	0.6	<1.1	0.3
LM10	底		20.6	7.99	34.0318	7.53	0.4	0.43	/	8.3	<0.0003	0.028	0.041	0.069	0.004	0.205	<0.001	1.1	0.38	4.4	0.01	1.4	0.9	<1.1	0.5
LM10	平均		20.8	7.99	33.9895	7.46	0.42	0.42	0.011	7.8	0.0001	0.039	0.055	0.093	0.004	0.205	0.0086	1.3	1.13	8.4	0.04	1.6	0.8	0.3	0.4
LM11	表	23.1	21	8.01	34.2082	7.91	0.38	1.21	0.008	5.8	<0.0003	0.023	0.047	0.070	0.004	0.217	<0.001	1.1	1.41	4.8	0.03	1.3	0.9	<1.1	0.3
LM11	底		20.7	8.01	34.0676	7.6	0.43	0.8	/	8.2	<0.0003	0.038	0.027	0.065	0.004	0.193	<0.001	1.5	1.18	4.1	0.05	1.4	0.7	<1.1	0.3
LM11	平均		20.9	8.01	34.1379	7.76	0.41	1.01	0.008	7.0	0.0001	0.031	0.037	0.068	0.004	0.205	0.0003	1.3	1.30	4.5	0.04	1.4	0.8	0.3	0.3
LM12	表	24	21.2	8.02	34.2928	7.7	0.38	0.27	0.006	3.1	<0.0003	0.02	0.028	0.048	0.002	0.23	<0.001	1	1.73	4.5	0.01	1.2	0.8	<1.1	0.2
LM12	底		20.7	8.01	34.1941	7.66	0.4	0.4	/	10.5	<0.0003	0.023	0.044	0.067	0.004	0.217	<0.001	2.5	1.41	4.5	0.01	1.3	0.8	<1.1	0.3
LM12	平均		21.0	8.02	34.2435	7.68	0.39	0.34	0.006	6.8	0.0001	0.022	0.036	0.058	0.003	0.224	0.0003	1.8	1.57	4.5	0.01	1.3	0.8	0.3	0.3
LM15	表	17.5	20.7	7.98	34.0585	7.51	0.41	0.52	0.009	5.1	<0.0003	0.008	0.025	0.033	0.002	0.26	0.017	1.5	0.57	<3.1	<0.01	1.3	0.9	<1.1	0.3
LM15	底		20.3	7.99	33.9969	7.81	0.48	0.41	/	7.3	0.0006	0.015	0.018	0.034	0.003	0.138	<0.001	1.9	0.46	5.3	<0.01	1.3	0.7	<1.1	0.2
LM15	平均		20.5	7.99	34.0277	7.66	0.45	0.47	0.009	6.2	0.0003	0.012	0.022	0.033	0.003	0.199	0.0086	1.7	0.52	3.4	0.01	1.3	0.8	0.3	0.3
LM16	表	23.5	20.7	7.96	33.9721	7.43	0.48	0.69	0.025	7.9	<0.0003	0.008	0.023	0.031	0.002	0.211	<0.001	2.8	0.61	3.3	<0.01	1.3	0.9	<1.1	0.3
LM16	底		20.4	7.97	34.0241	7.47	0.45	0.89	/	8.2	<0.0003	0.009	0.025	0.034	0.002	0.23	<0.001	1.2	0.21	4.6	<0.01	1.3	0.7	<1.1	0.2
LM16	平均		20.6	7.97	33.9981	7.45	0.47	0.79	0.025	8.1	0.0001	0.009	0.024	0.033	0.002	0.221	0.0003	2.0	0.41	4.0	0.01	1.3	0.8	0.3	0.3
LM17	表	23.8	20.7	8.02	34.1097	7.65	0.4	0.46	0.006	9.3	<0.0003	0.014	0.02	0.034	0.003	0.254	0.017	2.6	0.74	<3.1	0.02	1.5	0.6	<1.1	0.2
LM17	底		20.5	8.02	34.0582	7.98	0.48	0.79	/	6.3	<0.0003	0.025	0.023	0.048	0.003	0.227	0.017	2.1	0.33	4.3	<0.01	1.5	0.5	<1.1	0.2
LM17	平均		20.6	8.02	34.0840	7.82	0.44	0.63	0.006	7.8	0.0001	0.020	0.022	0.041	0.003	0.241	0.0170	2.4	0.54	2.9	0.01	1.5	0.6	0.3	0.2
LM18	表	27.3	20.6	8.01	34.1087	7.49	0.51	0.45	0.004	6.4	<0.0003	0.022	0.017	0.039	0.004	0.096	<0.001	4.6	0.39	<3.1	<0.01	1.5	0.7	<1.1	0.2
LM18	中		20.4	8.02	34.1977	7.53	0.44	0.39	/	6.4	0.0012	0.016	0.037	0.054	0.003	0.224	<0.001	1.4	0.22	4.3	0.01	1.4	0.6	<1.1	0.2
LM18	底		20.2	8	34.1033	7.39	0.5	0.28	/	4.8	<0.0003	0.019	0.015	0.034	0.003	0.132	0.017	1.3	0.29	3.6	<0.01	1.4	0.5	<1.1	0.2
LM18	平均		20.4	8.01	34.1366	7.47	0.48	0.37	0.004	5.9	0.0005	0.019	0.023	0.042	0.003	0.151	0.0058	2.4	0.30	3.2	0.01	1.4	0.6	0.3	0.2
LM19	表	9.2	20.8	8.02	34.1433	7.39	0.49	0.17	0.022	6	0.0006	0.027	0.016	0.044	0.004	0.269	0.017	0.5	0.53	3.4	0.01	1.3	0.6	<1.1	0.4
LM20	表	15.2	20.8	8	33.5958	7.63	0.54	0.59	0.038	10.3	0.0027	0.042	0.057	0.102	0.003	0.315	<0.001	0.5	0.55	<3.1	<0.01	1.1	1.4	<1.1	0.3
LM20	底		20.4	8.01	34.1771	7.79	0.48	0.48	/	16.9	0.0009	0.028	0.025	0.054	0.004	0.224	<0.001	0.3	0.54	3.6	<0.01	1.2	0.4	<1.1	0.5
LM20	平均		20.6	8.01	33.8865	7.71	0.51	0.54	0.038	13.6	0.0018	0.035	0.041	0.078	0.004	0.270	0.0003	0.4	0.55	2.6	0.01	1.2	0.9	0.3	0.4
LM21	表	21.5	20.9	8.01	33.0133	7.56	0.52	0.46	0.02	10.4	0.0053	0.036	0.093	0.134	0.006	0.406	0.017	0.5	0.54	<3.1	0.01	1.3	0.7	<1.1	0.4
LM21	底		20.3	8.02	34.0146	7.35	0.36	0.15	/	22.9	0.005	0.026	0.021	0.052	0.005	0.284	0.017	0.6	0.6	<3.1	<0.01	1.4	0.8	<1.1	0.3
LM21	平均		20.6	8.02	33.5140	7.46	0.44	0.31	0.020	16.7	0.0052	0.031	0.057	0.093	0.006	0.345	0.0170	0.6	0.57	1.6	0.01	1.4	0.8	0.3	0.4
LM22	表	19.2	20.6	8	34.0823	7.72	0.56	0.94	0.004	4.6	0.0047	0.018	0.025	0.048	0.002	0.126	0.017	0.9	0.41	<3.1	0.01	1.6	0.5	<1.1	<0.2
LM22	底		20.3	8.01	34.0928	7.58	0.47	1.19	/	6.8	<0.0003	0.023	0.025	0.048	0.004	0.217	0.017	1.4	0.43	4.2	0.01	1.5	0.7	<1.1	0.2
LM22	平均		20.5	8.01	34.0876	7.65	0.52	1.07	0.004	5.7	0.0024	0.021	0.025	0.048	0.003	0.172	0.0170	1.2	0.42	2.9	0.01	1.6	0.6	0.3	0.2
LM23	表	30.5	20.6	7.96	33.932	7.69	0.7	1.65	0.024	7.3	0.0024	0.018	0.048	0.068	0.004	0.221	<0.001	1.4	0.47	5.3	0.02	1.4	0.6	<1.1	0.4
LM23	中		20.3	8.02	34.077	7.75	0.31	0.55	/	7.1	<0.0003	0.02	0.017	0.037	0.004	0.15	<0.001	1.6	0.44	6	0.03	1.4	0.8	<1.1	0.2
LM23	底		20.1	7.99	34.0821	7.37	0.35	1.79	/	7.7	<0.0003	0.025	0.025	0.050	0.005	0.114	<0.001	1.5	0.39	4.1	0.01	1.5	0.9	<1.1	0.4
LM23	平均		20.3	7.99	34.0304	7.60	0.45	1.33	0.024	7.4	0.0009	0.021	0.030	0.052	0.004	0.162	0.0003	1.5	0.43	5.1	0.02	1.4	0.8	0.3	0.3
LM24	表	20.2	20.9	8.01	33.2779	7.08	0.36	0.61	0.021	11.2	0.0035	0.026	0.079	0.109	0.007	0.351	<0.001	3.7	1.32	<3.1	0.11	1.2	1	<1.1	0.3
LM24	底		20.3	8.03	33.7368	7.38	0.28	0.13	/	13.2	0.0018	0.021	0.023	0.046	0.009	0.224	0.017	1.1	0.65	<3.1	0.01	1.3	0.7	<1.1	0.2
LM24	平均		20.6	8.02	33.5074	7.23	0.32	0.37	0.021	12.2	0.0027	0.024	0.051	0.077	0.008	0.288	0.0086	2.4	0.99	1.6	0.06	1.3	0.9	0.3	0.3
最小值		9.2	20.1	7.96	33.0133	7.08	0.28	0.13	0.004	3.1	<0.0003	0.008	0.015	0.031	0.002	0.096	<0.001	0.3	0.21	<3.1	<0.01	1.1	0.4	<1.1	<0.2
最大值		30.5	21.6	8.03	34.2928	7.98	0.7	1.79	0.038	22.9	0.0053	0.049	0.093	0.134	0.009	0.406	0.017	4.6	1.88	12.4	0.11	1.7	1.4	<1.1	0.5
平均值		21.5	20.6	8.00	33.9854	7.56	0.44	0.61	0.015	8.7	0.0010	0.024	0.033	0.058	0.004	0.220	0.007	1.5	0.71	3.9	0.02	1.4	0.8	0.3	0.3

注：①包含“<”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 3.1.4-14 海水水质监测站位各要素的标准指数（水质类别符合性分析）

站位	层次	pH	DO	COD	BOD_5		石油类	无机氮	活性磷酸盐	汞	铜	铅		锌	镉	砷	总铬	挥发酚	硫化物
标准		一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
LM09	平均	0.66	0.14	0.20	0.33	0.11	0.16	0.25	0.37	0.01	0.28	0.90	0.18	0.29	0.01	0.06	0.02	0.06	0.02
LM10	平均	0.66	0.05	0.21	0.42	0.14	0.22	0.47	0.27	0.17	0.25	1.13	0.23	0.42	0.04	0.08	0.02	0.06	0.02
LM11	平均	0.67	0.28	0.20	1.01	0.34	0.16	0.34	0.27	0.01	0.26	1.30	0.26	0.22	0.04	0.07	0.02	0.06	0.02
LM12	平均	0.68	0.24	0.20	0.34	0.11	0.12	0.29	0.20	0.01	0.35	1.57	0.31	0.23	0.01	0.06	0.02	0.06	0.01
LM15	平均	0.66	0.17	0.22	0.47	0.16	0.18	0.17	0.17	0.17	0.34	0.52	0.10	0.17	0.01	0.07	0.02	0.06	0.01
LM16	平均	0.64	0.02	0.23	0.79	0.26	0.50	0.16	0.13	0.01	0.40	0.41	0.08	0.20	0.01	0.07	0.02	0.06	0.01
LM17	平均	0.68	0.29	0.22	0.63	0.21	0.12	0.21	0.20	0.34	0.47	0.54	0.11	0.15	0.01	0.08	0.01	0.06	0.01
LM18	平均	0.67	0.03	0.24	0.37	0.12	0.08	0.21	0.22	0.12	0.49	0.30	0.06	0.16	0.01	0.07	0.01	0.06	0.01
LM19	表	0.68	0.01	0.25	0.17	0.06	0.44	0.22	0.27	0.34	0.10	0.53	0.11	0.17	0.01	0.07	0.01	0.06	0.02
LM20	平均	0.67	0.21	0.26	0.54	0.18	0.76	0.39	0.23	0.01	0.08	0.55	0.11	0.13	0.01	0.06	0.02	0.06	0.02
LM21	平均	0.68	0.01	0.22	0.31	0.10	0.40	0.47	0.37	0.34	0.11	0.57	0.11	0.08	0.01	0.07	0.02	0.06	0.02
LM22	平均	0.67	0.16	0.26	1.07	0.36	0.08	0.24	0.20	0.34	0.23	0.42	0.08	0.14	0.01	0.08	0.01	0.06	0.01
LM23	平均	0.66	0.11	0.23	1.33	0.44	0.48	0.26	0.29	0.01	0.30	0.43	0.09	0.26	0.02	0.07	0.02	0.06	0.02
LM24	平均	0.68	0.83	0.16	0.37	0.12	0.42	0.39	0.53	0.17	0.48	0.99	0.20	0.08	0.06	0.06	0.02	0.06	0.01

4、海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目2025年4月春季附近海域海洋环境现状调查及评价报告》（中国科学院南海海洋研究所，2025年6月），由中国科学院南海海洋研究所于2025年4月在项目附近海域进行的春季海洋沉积物质量调查数据。具体调查站位详见表3.1.4-11和附图3-8。

（1）调查项目

调查项目包括粒度、含水率、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞和砷。

（2）采集与分析方法

使用抓斗式采泥器采集0cm～20cm表层沉积物。现场样品采集、现场处理和贮存方法按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的规定执行。样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第8部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表3.1.4-15。

表3.1.4-15 海洋沉积物调查分析方法

名称	检测方法名称及编号	仪器型号及名称	方法检出限
总汞	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 总汞冷原子吸收光度法（5.2）	F732-V 型测汞仪 180002	0.005mg/kg
砷	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 原子荧光法（11.1）	AFS-930 原子荧光光度计 930-0409139	0.06mg/kg
有机碳	《海洋监测规范第5部分沉积物分析》GB17378.5-2007 重铬酸钾氧化-还原容量法（18.1）	具塞滴定管 230982	—
石油类	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 紫外分光光度法（13.2）	UV-1800 紫外可见分光光度计 A11635304506CD	3.0mg/kg
硫化物	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 碘量法（17.3）	具塞滴定管 230981	4.0mg/kg
铅	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 火焰原子吸收分光光度法（7.2）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	3.0mg/kg
铜	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 火焰原子吸收分光光度法（6.2）		2.0mg/kg
锌	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 火焰原子吸收分光光度法（9）		6.0mg/kg
镉	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 无火焰原子吸收分光光度法（8.1）		0.04mg/kg
铬	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 无火焰原子吸收分光光度法（10.1）		2.0mg/kg
含水率	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》GB17378.5-2007 重量法（19）	101-OAS 数显电热恒温干燥箱 803459	—
粒度	《海洋调查规范 第8部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3激光粒度分布仪法	Mastersizer 2000 型激光粒度分析仪 MAL100707	0.02-2000μm

（3）评价方法与评价标准

①评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 Pi=Ci/Csi。

式中：Pi 为第 i 种评价因子的质量指数；

Ci 为第 i 种评价因子的实测值；

Csi 为第 i 种评价因子的标准值。

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

②评价标准

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即海洋沉积物质量评价从《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第三类海洋沉积物标准的检测数据，评价至第三类海洋沉积物标准。

（4）调查结果与评价

①调查结果

1）粒度分析结果

沉积物样品的分析统计结果及粒级组成见表 3.1.4-16。调查海域仅 LM11 站位检出砾石组分，其余 6 个站位均无砾石分布；砂、粉砂为调查海域主要优势粒级，粘土组分在各站位均有分布，整体含量相对偏低。

各粒级组分含量统计结果如下：砂组分含量区间为 10.425%～75.801%，粉砂组分含量区间为 4.542%～64.943%，粘土组分含量区间为 0.576%～24.632%。

粒度参数统计结果显示，调查海域沉积物平均粒径变化范围为 0.370Φ～6.618Φ；分选系数介于 1.598～2.846；偏态值区间为-0.393～-0.012，所有样品均呈负偏态，粗颗粒组分相对占优；峰态值区间为 0.737～1.150，大部分沉积物粒级分布较为分散，呈宽峰态特征，仅 LM11 站位为中等峰态，粒级分布相对集中。

2）沉积物质量调查结果

调查海域沉积物化学调查结果见表 3.1.4-17。

沉积物的总汞含量变化范围为（<0.005~0.046）×10^{-6}，平均为 0.026×10^{-6}，其中 LM21 站位沉积物的总汞含量值最高。

沉积物的铜含量变化范围为（4.4~14.7）×10^{-6}，平均为 9.5×10^{-6}，其中 LM21 站位沉积物的铜含量值最高，LM11 站位沉积物的铜含量值最低。

沉积物的铅含量变化范围为（13.3~28.3）×10^{-6}，平均为 19.1×10^{-6}，其中 LM21 站位沉积物的铅含量值最高，LM09 站位沉积物的铅含量值最低。

沉积物的锌含量变化范围为（21.4~62.5）×10^{-6}，平均为 46.6×10^{-6}，其中 LM21 站位沉积物的锌含量值最高，LM11 站位沉积物的锌含量值最低。

沉积物的镉含量均为未检出。

沉积物的砷含量变化范围为（5.92~11.48）×10^{-6}，平均为 7.92×10^{-6}，其中 LM21 站位沉积物的砷含量值最高，LM09 站位沉积物的砷含量值最低。

沉积物的铬含量变化范围为（4.7~38.4）×10^{-6}，平均为 27.4×10^{-6}，其中 LM09 站位沉积物的铬含量值最高，LM11 站位沉积物的铬含量值最低。

沉积物的硫化物含量变化范围为（14.1~72.7）×10^{-6}，平均为 35.8×10^{-6}，其中 LM17 站位沉积物的硫化物含量值最高，LM21 站位沉积物的硫化物含量值最低。

沉积物的石油类含量变化范围为（<3.0~135.7）×10^{-6}，平均为 41.2×10^{-6}，其中 LM19 站位沉积物的石油类含量值最高。

沉积物的有机碳含量变化范围为（0.27~0.83）×10^{-2}，平均为 0.57×10^{-2}，其中 LM19 站位沉积物的有机碳含量最高，LM11 站位沉积物的有机碳含量最低。

②评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 3.1.4-18。

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即海洋沉积物质量评价从《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第三类海洋沉积物标准的检测数据，评价至第三类海洋沉积物标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

表 3.1.4-16 海洋沉积物粒度参数

站位	粒组含量（%）				粒度系数					沉积物命名
	砾	砂	粉砂	粘土	平均粒径 Mz（Φ）	中值粒径 Md（Φ）	偏态值 Skf	峰态值 Kg	分选系数 σi	
LM09	--	43.235	40.269	16.496	4.996	4.922	-0.093	0.749	2.776	粉砂质砂
LM11	19.082	75.801	4.542	0.576	0.37	0.52	-0.046	1.15	1.598	中粗砂（含砾）
LM16	--	48.346	38.496	13.159	4.741	4.122	-0.393	0.836	2.422	粉砂质砂
LM17	--	47.785	36.39	15.825	4.729	4.366	-0.212	0.737	2.807	粉砂质砂
LM19	--	26.112	56.817	17.071	5.604	5.633	-0.032	0.916	2.391	砂质粉砂
LM21	--	10.425	64.943	24.632	6.618	6.601	-0.012	1.089	2.056	粘上质粉砂
LM23	--	50.748	35.258	13.994	4.389	3.885	-0.284	0.746	2.846	粉砂质砂

表 3.1.4-17 沉积物质量监测结果

站号	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	石油类	有机碳	含水率
	×10^{-6}									×10^{-2}	
LM09	0.022	7.7	13.3	43.6	<0.04	5.92	38.4	32.6	16.7	0.5	28.35
LM11	<0.005	4.4	19.1	21.4	<0.04	10.54	4.7	30.1	<3.0	0.27	19.22
LM16	0.038	9.3	16	46.2	<0.04	6.32	29.8	24	37.1	0.52	34.89
LM17	0.024	8.7	16.4	44.6	<0.04	6.59	21.8	72.7	18.8	0.5	27.84
LM19	0.027	12.8	22.9	61.5	<0.04	7.88	31.4	30.4	135.7	0.83	27.49
LM21	0.046	14.7	28.3	62.5	<0.04	11.48	33.1	14.1	34.1	0.79	44.76
LM23	0.021	9.2	17.5	46.7	<0.04	6.73	32.3	46.5	44.4	0.56	27.72

最小值	<0.005	4.4	13.3	21.4	<0.04	5.92	4.7	14.1	<3.0	0.27	19.22
最大值	0.046	14.7	28.3	62.5	<0.04	11.48	38.4	72.7	135.7	0.83	44.76
平均值	0.026	9.5	19.1	46.6	0.01	7.92	27.4	35.8	41.2	0.57	30.04

注：①包含“<”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.1.4-18 海洋沉积物监测站位各要素标准指数（沉积物质量类别符合性分析）

站号	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	石油类	有机碳
标准	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
LM09	0.11	0.22	0.22	0.29	0.02	0.30	0.48	0.11	0.03	0.25
LM11	0.01	0.13	0.32	0.14	0.02	0.53	0.06	0.10	0.00	0.14
LM16	0.19	0.27	0.27	0.31	0.02	0.32	0.37	0.08	0.07	0.26
LM17	0.12	0.25	0.27	0.30	0.02	0.33	0.27	0.24	0.04	0.25
LM19	0.14	0.37	0.38	0.41	0.02	0.39	0.39	0.10	0.27	0.42
LM21	0.23	0.42	0.47	0.42	0.02	0.57	0.41	0.05	0.07	0.40
LM23	0.11	0.26	0.29	0.31	0.02	0.34	0.40	0.16	0.09	0.28

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

5、海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目 2025 年 4 月春季附近海域海洋环境现状调查及评价报告》（中国科学院南海海洋研究所，2025 年 6 月），由中国科学院南海海洋研究所于 2025 年 4 月在项目附近海域进行的春季海洋生物质量现状调查数据。具体调查站位详见表 3.1.4-11 和附图 3-8。

（1）调查项目

调查项目包括石油烃、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷。

（2）采集与分析方法

①虾蟹类样品的制备

单个样品用尺子量虾体长，将虾放在聚乙烯称样膜上，称重，记下长度和鲜重。用塑料刀将腹部和头胸部及尾部分开，小心将其内脏从腹部取出。腿全部切除。将腹部翻下，用塑料刀沿腹部外甲边缘切开，用塑料镊子取出肌肉。检查性腺，记录所鉴别的性别。用镊子将肌肉移入塑料容器中，称重并记录鲜重。盖紧容器，标上号码。将几个容器一起放入同一塑料袋中，并附样品登记清单，结紧袋口，低温冰箱中保存。

多个样品按上述方法制备样品，仔细地记录各个个体长度、鲜重、腹部肌肉重和性别。每个样品须包括 6 个以上性别相同、大小相近的个体肌肉。将样品放入匀浆器中匀化腹部肌肉，转入已知重量的塑料容器中盖紧，标上号码，称重，记下鲜重和其他数据。将几个容器放在同一塑料袋中，并附上样品登记清单，结紧袋口，在低温冰箱中保存。

②中小型鱼样制备

单个个体样品先测量鱼的叉长，并于聚乙烯称样膜上称重。鉴定性腺性别，记下叉长和体重。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样，将它放在工作台上，用塑料刀切除胸鳍并切开背鳍附近自头至尾部的鱼皮。在鳃附近和尾部，横过鱼体各切一刀；在腹部，鳃和尾部两侧各切一刀。四刀只切在鱼体一侧，且不得切太深，以免切开内脏，玷污肉片。用镊子将鱼皮与肉片分离，谨防外表皮玷污肉片。用另一

把塑料刀将肌肉与脊椎分离，并用镊子取下肌肉。将组织盛于塑料容器中，称重并记录重量。若一侧的肌肉量不能满足分析用量，取另一侧肌肉补充。盖紧容器，贴上标签或记号，做好记录，于低温冰箱中保存。

多个体样品要仔细记下各个体长、鲜重。肌肉重。个体数不应少于 6 个，且性别应相同，大小相近。用匀浆器匀化鱼组织，将匀浆样转入已知重量的塑料容器中，盖紧，贴上标签并称重，记下匀浆样重和其他数据。置于低温冰箱中存放。

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.1.4-19。

表 3.1.14-19 海洋生物质量调查项目及分析方法

检测项目	检测方法名称及编号	仪器型号及名称	检出限
总汞	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB17378.6-2007 冷原子吸收光度法（5.2）	F732-V 型测汞仪 180002	0.01mg/kg
砷	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB17378.6-2007 原子荧光法（11.1）	AFS-930 原子荧光光度计 930-0409139	0.2mg/kg
铜	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉）GB17378.6-2007（6.3）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	2.0mg/kg
铅	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析无火焰原子吸收分光光度法 GB17378.6-2007（7.1）		0.04mg/kg
锌	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析火焰原子吸收分光光度法 GB17378.6-2007（9.1）		0.4mg/kg
镉	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析无火焰原子吸收分光光度法 GB17378.6-2007（8.1）		0.005mg/kg
铬	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析无火焰原子吸收分光光度法》GB17378.6-2007（10.1）		0.04mg/kg
石油烃	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB17378.6-2007 荧光分光光度法（13）	RF-6000 荧光分光光度计 A40245701503SA	0.2mg/kg

（3）评价方法与评价标准

①评价方法

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

式中：P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；C_i 为第 i 种评价因子的实测值；C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。生物评价因子的标准指数＞1，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

②评价标准

采集到的鱼类、甲壳类、软体类（非双壳贝类）采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准进行评价。

（4）调查结果与评价

①调查结果

海洋生物质量监测结果见表 3.1.4-20。

生物质量的总汞含量变化范围为（<0.01~0.07）mg/kg，平均值为 0.02mg/kg，其中 LM23 站位采集到的海鳗生物体中汞含量最高。

生物质量的铜含量变化范围为（<2.0~6.5）mg/kg，平均值为 1.9mg/kg，其中 LM21 站位采集到口虾蛄生物体中铜含量最高。

生物质量的铅含量均为未检出。

生物质量的锌含量变化范围为（2.3~21.1）mg/kg，平均值为 7.7mg/kg，其中 LM21站位采集到的口虾蛄生物体中锌含量最高，LM24 站位采集到的龙头鱼生物体中锌含量最低。

生物质量的镉含量变化范围为（<0.005~0.161）mg/kg，平均值为 0.040mg/kg，其中 LM21 站位采集到口虾蛄生物体中镉含量最高。

生物质量的砷含量变化范围为（<0.2~0.5）mg/kg，平均值为 0.1mg/kg，其中 LM21 站位采集到口虾蛄生物体中砷含量最高。

生物质量的铬含量变化范围为（<0.04~0.07）mg/kg，平均值为 0.02mg/kg，其中 LM16站位采集到的哈氏仿对虾生物体中铬含量最高。

生物质量的石油烃含量变化范围为（2.2~19.2）mg/kg，平均值为 11.3mg/kg，其中 LM17站位采集到的杜氏枪乌贼生物体中石油烃含量最高，LM24 站位采集到的龙头鱼生物体中石油烃含量最低。

②评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 3.1.4-21。

由监测结果及标准指数表结果可知：采集到的鱼类、甲壳类、软体类（非双壳贝类）生物体的污染物含量均达到《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》中规定的生物质量标准。

表 3.1.4-20 海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）

站号	物种名称	种类	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
LM09	习见蛙螺	软体类	<0.01	<2.0	<0.04	7.8	0.057	<0.2	<0.04	10.6
LM10	二长棘鲷	鱼类	<0.01	<2.0	<0.04	3.1	0.008	0.2	0.04	16.7
LM11	颈斑鳊	鱼类	0.03	<2.0	<0.04	6.9	0.006	<0.2	<0.04	12.7
LM16	哈氏仿对虾	甲壳类	<0.01	2.7	<0.04	12.3	<0.005	<0.2	0.07	12.8
LM17	杜氏枪乌贼	软体类	<0.01	6.0	<0.04	8.6	0.144	<0.2	<0.04	19.2
LM19	皮氏叫姑鱼	鱼类	<0.01	<2.0	<0.04	7.6	0.007	<0.2	<0.04	3.4
LM21	白姑鱼	鱼类	0.01	<2.0	<0.04	3.3	<0.005	<0.2	<0.04	16.8
LM21	口虾蛄	甲壳类	0.01	6.5	<0.04	21.1	0.161	0.5	0.06	15.4
LM23	海鳗	鱼类	0.07	<2.0	<0.04	3.5	0.008	0.2	<0.04	3.4
LM24	龙头鱼	鱼类	0.02	<2.0	<0.04	2.3	0.007	<0.2	<0.04	2.2
最小值			<0.01	<2.0	<0.04	2.3	<0.005	<0.2	<0.04	2.2
最大值			0.07	6.5	<0.04	21.1	0.161	0.5	0.07	19.2
平均值			0.02	1.9	0.01	7.7	0.040	0.1	0.02	11.3

注：包含“<”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.1.4-21 海洋生物监测站位各要素标准指数

站号	物种名称	种类	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	石油烃
LM09	习见蛙螺	软体类	0.02	0.01	0.00	0.03	0.01	0.05	0.53
LM10	二长棘鲷	鱼类	0.02	0.03	0.01	0.08	0.01	0.20	0.84
LM11	颈斑鳊	鱼类	0.10	0.03	0.01	0.17	0.01	0.05	0.64
LM16	哈氏仿对虾	甲壳类	0.03	0.03	0.01	0.08	0.00	0.05	0.64
LM17	杜氏枪乌贼	软体类	0.02	0.06	0.00	0.03	0.03	0.05	0.96
LM19	皮氏叫姑鱼	鱼类	0.02	0.03	0.01	0.19	0.01	0.05	0.17
LM21	白姑鱼	鱼类	0.03	0.03	0.01	0.08	0.00	0.05	0.84
LM21	口虾蛄	甲壳类	0.05	0.07	0.01	0.14	0.08	0.50	0.77
LM23	海鳗	鱼类	0.23	0.03	0.01	0.09	0.01	0.20	0.17
LM24	龙头鱼	鱼类	0.07	0.03	0.01	0.06	0.01	0.05	0.11
超标率%			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：低于方法检出限参与计算标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

6、海洋生态环境现状调查与评价

本节引用《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目 2025 年 4 月春季附近海域海洋环境现状调查及评价报告》（中国科学院南海海洋研究所，2025 年 6 月），由中国科学院南海海洋研究所于 2025 年 4 月在项目附近海域进行的春季海洋生态现状调查数据。具体调查站位详见表 3.1.4-11 和附图 3-6。

（1）采样方法

①叶绿素 *a* 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 *a* 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）。初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 CaXee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。

②浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水 III 型浮游生物网，网口面积 0.1m^2，采用垂直拖网法。现场对采集的浮游植物样品进行适当的浓缩后加入鲁格试剂溶液进行固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度。

③浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范-海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

以浅水 I 型浮游生物网采样，网口面积 0.2m^2，每个调查站从底至表垂直拖网，样品现场用 5%甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m^3 水体的浮游动物数量。

④底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》（GB17378.1-2007）和《海洋调查规范》（GB/T

12763.1-2007）中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是定量样品分别采用 0.067m^2 的采泥器采集，每站采样 3 次。定性样品采用阿氏拖网采集，拖拽时间为 15min，拖速为 2 节。在船上对采集到的沉积物样品进行冲洗分拣，收集所有的大型底栖生物，并加入 5%甲醛溶液进行固定带回室内分析鉴定，生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和栖息密度 ind/m^2 为单位。

（2）计算方法

①初级生产力

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算：

$$P = C_a QLt / 2$$

P ——初级生产力（mg·C/m^2·d）；

C_a ——表层叶绿素 *a* 含量（mg/m^3）；

Q ——同化系数（mg·C/(mgChl-a·h)），根据南海海洋研究所以往调查结果，这里取 3.7；

L ——真光层的深度（m）；

t ——白昼时间（h），11h。

②优势度

优势度（Y）应用以下公式计算：

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

式中：n_i 为第 i 种的个体数；f_i 是该种在各站中出现的频率；N 为所有站每个种出现的总个体数。

③多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为：

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

式中：*H'*——种类多样性指数

S——样品中的种类总数

P_i——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

④均匀度

Pielou 均匀度公式为：

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

式中：*J*——均匀度

H'——种类多样性指数

S——样品中的种类总数

⑤丰富度指数

丰富度指数（*d*）公式为：

$$d =（S\text{-}1）/\log_2 N$$

式中：*d*—物种的丰富度；

S—浮游动物种类数；

N—个体总数。

（3）调查结果与评价

①叶绿素 a 与初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 0.40mg/m^3~1.19mg/m^3，平均值为 0.48mg/m^3；底层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 0.40mg/m^3~0.79mg/m^3，平均值为 0.44mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.40~0.80）mg/m^3，平均为 0.47mg/m^3，其中 LM21 站位叶绿素 *a* 平均值最高，除了 LM24 站位叶绿素 a 平均值为 0.60mg/m^3，其他站位叶绿素 *a* 含量均为 0.40mg/m^3。

调查海域初级生产力的变化范围为 18.57mg·C/(m^2·d)~ 94.05mg·C/(m^2·d)，平均值为 33.84mg·C/（m^2·d），其中 LM21 号站初级生产力水平最高，LM09 号站最低，为 18.57mg·C/（m^2·d）。

表 3.1.4-22 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	叶绿素 *a*（mg/m^3）			初级生产力（mg·C/(m^2·d)）
	表层	底层	平均	
LM09	0.40	0.40	0.40	18.57
LM10	0.40	0.40	0.40	24.60
LM11	0.40	0.40	0.40	26.53
LM16	0.40	0.40	0.40	28.21
LM17	0.40	0.40	0.40	27.97
LM19	0.40	/	0.40	22.19
LM21	1.19	0.40	0.80	94.05
LM23	0.40	0.40	0.40	32.31
LM24	0.40	0.79	0.60	30.14
平均值	0.48	0.44	0.47	33.84
范围	0.40~1.19	0.40~0.79	0.40~0.80	18.57~94.05

②浮游植物

1）种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 38 属 85 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 28 属 54 种，占总种数的 63.53%；甲藻门出现 7 属 27 种，占总种数的 31.76%，蓝藻门出现 1 属 2 种，占总种数的 2.35%；绿藻门出现 2 属 2 种，占总种数的 2.35%。甲藻门的角藻出现种类数最多（15 种），其次硅藻门的角毛藻和圆筛藻，均为 10 种。

2）个体数量

本次调查结果表明，调查海区浮游植物个体数量变化范围为（21.15~857.54）×10^{4}ind/m^3，平均为 170.82×10^{4}ind/m^3。最高个体数量出现在 LM21 号站，LM19 号站次之，其个体数量为 429.57×10^{4}ind/m^3，最低个体数量则出现在 LM16 号站。

浮游植物个体数量组成以硅藻占首位，其个体数量占各站总个体数量的 53.97%~99.51%，平均为82.44%，硅藻在 9 个测站中均有出现；蓝藻次之，其个体数量占各站总个体数量的 0.19%~28.53%，平均为 10.86%，蓝藻在 9 个测站中均有出现；甲藻其个体数量占各站总个体数量的 0.06%~21.77%，平均为 6.39%，甲藻在 9 个测站均有出现；绿藻其个体数量占各站总个体数量的 0.00%~1.35%，平均为 0.32%，绿藻在 9 个测站中 5 个站有出现。

表 3.1.4-23 浮游植物个体数量（×10⁴ind/m³）及其百分比值（%）

站位	总个体数量	硅藻		甲藻		蓝藻		绿藻	
		丰度	百分比%	丰度	百分比%	丰度	百分比%	丰度	百分比%
LM09	24.73	21.33	86.25	0.83	3.37	2.23	9.03	0.33	1.35
LM10	90.05	48.61	53.97	19.61	21.77	21.66	24.05	0.18	0.20
LM11	22.03	14.05	63.77	1.65	7.48	6.29	28.53	0.05	0.22
LM16	21.15	18.20	86.04	0.82	3.88	2.13	10.07	0.00	0.00
LM17	23.73	20.63	86.95	1.45	6.12	1.64	6.92	0.00	0.00
LM19	429.57	416.86	97.04	3.89	0.91	5.21	1.21	3.61	0.84
LM21	857.54	853.34	99.51	0.47	0.06	1.63	0.19	2.10	0.24
LM23	28.61	25.09	87.70	2.75	9.61	0.77	2.68	0.00	0.00
LM24	39.96	32.24	80.67	1.71	4.28	6.01	15.05	0.00	0.00
平均	170.82	161.15	82.44	3.69	6.39	5.29	10.86	0.70	0.32
变化范围	21.15~857.54	14.05~853.34	53.97~99.51	0.47~19.61	0.06~21.77	0.77~21.66	0.19~28.53	0.00~3.61	0.00~1.35

3）优势种

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准，本次调查的浮游植物优势种出现 2 种，分别为硅藻门的舟形藻（*Navicula* spp.）和并基角毛藻（*Chaetoceros decipiens*）。舟形藻的优势度为 0.791，个体数量占调查海区总个体数量的 80.91%，该优势种在整个调查区域分布广泛，在 9 个调查站位中均有出现，出现率为 100.00%；并基角毛藻的优势度为 0.055，个体数量占调查海区总个体数量的 4.47%，该优势种在 9 个调查站位均有出现，出现率为 100.00%。

表 3.1.4-24 浮游植物优势种及优势度

中文名	英文名	类群	优势度	占总个体数量的百分比（%）
舟形藻	*Navicula* spp.	硅藻	0.791	80.91
并基角毛藻	*Chaetoceros decipiens*	硅藻	0.055	4.47

4）浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

本次调查，各站位浮游植物种数变化范围 26~51 种。丰富度指数范围为 1.810~3.484，平均为 2.560，丰富度指数以 LM10 号站位最高，LM19 号站最低；Shannon-wiener 多样性指数范围为 0.201~3.655，平均为 2.337，多样性指数以 LM10 号站位最高，LM21 号站最低； Pielou 均匀度指数范围为 0.039~0.658，平均为 0.449，其中 LM16 号站均匀度指数最高，LM21 号站最低。

表 3.1.4-25 浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	丰富度指数（*d*）	多样性指数(*H′*)	均匀度（*J*）
LM09	26	1.984	2.217	0.472
LM10	51	3.484	3.655	0.644
LM11	41	3.066	2.370	0.442
LM16	36	2.691	3.401	0.658

LM17	31	2.287	2.353	0.475
LM19	28	1.810	1.018	0.212
LM21	36	2.108	0.201	0.039
LM23	42	3.016	2.807	0.520
LM24	36	2.595	3.013	0.583
平均	/	2.560	2.337	0.449
范围	26~51	1.810~3.484	0.201~3.655	0.039~0.658

③浮游动物

1）种类组成

本次调查共记录浮游动物7个生物类群19种，其中浮游幼体类7种，桡足类6种，毛颚动物2种，端足类、介形类、十足类和有尾类各1种。

2）生物量、个体数量及其分布

本次调查结果显示，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为（16.84~218.57）mg/m^3，平均生物量为47.77mg/m^3。在整个调查区中，生物量最高出现在LM19号采样站，最低出现在LM21号采样站。在个体数量分布方面，浮游动物个体数量变化幅度为（0.95~28.57）ind/m^3，平均个体数量8.59ind/m^3。浮游生物最高个体数量出现在LM19号采样站，最低个体数量则出现在LM16号采样站。

表 3.1.4-26 浮游动物生物量及个体数量

站位	生物量（mg/m^3）	个体数量（ind/m^3）
LM09	41.67	19.17
LM10	29.47	6.58
LM11	31.90	5.71
LM16	20.71	0.95
LM17	19.05	3.57
LM19	218.57	28.57
LM21	16.84	1.58
LM23	17.86	1.96
LM24	33.89	9.17
平均值	47.77	8.59
范围	16.84~218.57	0.95~28.57

3）优势种

以优势度≥0.02为判断标准，本调查海域在调查期间浮游动物的优势有7种，为毛颚动物的肥胖箭虫（*Sagitta enflata*）、百陶箭虫（*Sagitta bedoti*）、端足类的钩虾亚目（Gammaridean）、桡足类的小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、亚强次真哲水蚤（*Subeucalanus subcrassus*）、浮游幼体的鱼卵（Fish eggs）和十足类的亨生莹虾（*Lucifer hanseni*），优势度指数分别为0.130、0.037、0.059、0.059、0.022、0.050和0.033。肥胖箭虫的平均个体数量为1.33ind/m^3，占浮游动物总个体数量的15.54%，在9个调查站位中7个站有出现，其中在LM19号站位个体数量最高，为4.29ind/m^3，为该调查海区的第一优势种；钩虾亚目的平均个体数量为2.70ind/m^3，占浮游动物总个体数量的31.46%，在9个调查站位中3个站有出现，其中在LM19号站位个体数量最高，为23.57ind/m^3。

表 3.1.4-27 浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁文	优势度	平均个体数量（ind/m^3）	占总个体数量百分比（%）
肥胖箭虫	*Sagitta enflata*	0.130	1.33	15.54

钩虾亚目	Gammaridean	0.059	2.70	31.46
小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*	0.059	0.47	5.46
鱼卵	Fish eggs	0.050	0.47	5.48
百陶箭虫	*Sagitta bedoti*	0.037	0.54	6.30
亨生莹虾	*Lucifer hanseni*	0.033	1.36	15.82
亚强次真哲水蚤	*Subeucalanus subcrassus*	0.022	0.31	3.61

4）浮游动物多样性、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围为3~14种；丰富度指数范围为0.542~4.039，平均为1.961，丰富度指数以LM10号站位最高，LM19号站最低；种类多样性指数范围为0.773~3.513之间，平均为2.179，多样性指数最高出现在LM10号采样站，最低则出现在LM19号采样站；种类均匀度变化范围在0.487~0.970之间，平均为0.848，最高出现在LM21号采样站，最低出现在LM19号采样站。

表 3.1.4-28 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	丰富度指数（*d*）	多样性指数(*H'*)	均匀度（*J*)
LM09	10	2.351	2.173	0.654
LM10	14	4.039	3.513	0.923
LM11	9	2.517	2.919	0.921
LM16	3	1.443	1.500	0.946
LM17	6	1.846	2.440	0.944
LM19	3	0.542	0.773	0.487
LM21	5	2.232	2.252	0.970
LM23	4	1.251	1.936	0.968
LM24	6	1.430	2.108	0.815
平均	/	1.961	2.179	0.848
范围	3~14	0.542~4.039	0.773~3.513	0.487~0.970

④大型底栖生物

1）种类组成

本次定量调查记录到大型底栖动物24种，其中环节动物17种、软体动物3种、节肢动物2种和其他动物2种（棘皮动物和脊索动物各1种）。环节动物、软体动物和节肢动物分别占总种数的70.83%、12.50%和8.33%，环节动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

2）大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为25.98ind/m^2，以环节动物的平均栖息密度最高，为15.48ind/m^2，占总平均密度的59.57%；其他动物的平均栖息密度之和为7.19ind/m^2，占总平均密度的27.66%；软体动物和节肢动物的平均栖息密度均为1.66ind/m^2，均占总平均密度的6.38%。

底栖生物的平均生物量为1.28g/m^2，以环节动物的平均生物量居首位，该种类的平均生物量为0.73g/m^2，占总平均生物量的57.44%；其次为其他动物，其平均生物量之和为0.42g/m^2，占总平均生物量的33.20%；软体动物的平均生物量为0.09g/m^2，占总平均生物量的6.71%；节肢动物平均生物量较少，为0.03g/m^2。

表 3.1.4-29 底栖生物各类群的生物量和栖息密度

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
LM09	栖息密度(ind/m^2)	19.90	9.95	9.95	0.00	0.00

	生物量(g/m²)	1.19	0.44	0.75	0.00	0.00
LM10	栖息密度(ind/m²)	4.98	4.98	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m²)	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
LM11	栖息密度(ind/m²)	4.98	0.00	0.00	0.00	4.98
	生物量(g/m²)	0.27	0.00	0.00	0.00	0.27
LM16	栖息密度(ind/m²)	29.85	29.85	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m²)	1.74	1.74	0.00	0.00	0.00
LM17	栖息密度(ind/m²)	39.80	34.83	0.00	0.00	4.98
	生物量(g/m²)	1.08	1.01	0.00	0.00	0.07
LM19	栖息密度(ind/m²)	49.75	4.98	0.00	9.95	34.83
	生物量(g/m²)	2.29	0.03	0.00	0.10	2.16
LM21	栖息密度(ind/m²)	14.93	4.98	0.00	0.00	9.95
	生物量(g/m²)	0.63	0.17	0.00	0.00	0.46
LM23	栖息密度(ind/m²)	39.80	34.83	4.98	0.00	0.00
	生物量(g/m²)	2.19	2.16	0.03	0.00	0.00
LM24	栖息密度(ind/m²)	29.85	14.93	0.00	4.98	9.95
	生物量(g/m²)	2.11	1.04	0.00	0.21	0.86
平均	栖息密度(ind/m2)	25.98	15.48	1.66	1.66	7.19
	生物量(g/m2)	1.28	0.73	0.09	0.03	0.42

本次调查结果表明，各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀，变化范围从4.98ind/m²~49.75ind/m²，其中 LM19 号站位栖息密度最高，为 49.75ind/m²，此站位密度最高的原因在于记录到数量多的棘皮动物的倍棘蛇尾属（*Amphioplus* sp.），它们在站位的栖息密度为 34.83ind/m²，最低的站位为 LM10 和 LM11 号站，此两站出现相对较少的底栖生物。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀，变化范围从 0.01g/m²~2.29g/m²，LM19 号站生物量最高，为 2.29g/m²。构成 LM19 号站位相对较高生物量的原因在于出现数量多的棘皮动物的倍棘蛇尾属，生物量为 2.16g/m²。

环节动物在调查海区的平均密度为 15.48ind/m²，在 9 个站位中 8 个站有出现，出现频率为 88.89%。密度分布范围为 0.00ind/m²~34.83ind/m²；平均生物量为 0.73g/m²，生物量分布范围为 0.00g/m²~2.16g/m²。

软体动物在调查海区 9 个站位中 2 个站有出现，出现频率为 22.22%，平均密度为 1.66ind/m²，密度分布范围为 0.00ind/m²~9.95ind/m²；平均生物量为 0.09g/m²，生物量分布范围为 0.00g/m²~0.75g/m²。

节肢动物在调查海区 9 个站位中 2 个站有出现，出现频率为 22.22%，平均密度为 1.66ind/m²，密度分布范围为 0.00 ind/m²~9.95ind/m²；平均生物量为 0.03g/m²，生物量分布范围为 0.00g/m²~0.21g/m²。

3）优势种

大型底栖动物种类若按其优势度 Y≥0.02 时即被认定为优势种，本次调查海区的底栖生物有 2 个优势种，分别为棘皮动物倍棘蛇尾属和环节动物丝线沙蚕（*Drilonereis filum*），优势度分布为 0.113 和 0.028。倍棘蛇尾属在 9 个站位中的 4 个站出现，其平均栖息密度 6.63nd/m²，占调查海区底栖生物总平均密度的 25.53%。丝线沙蚕在 9 个站位中的 3 个站出现，其平均栖息密度 2.21ind/m²，占调查海区底栖生物总平均密度的 8.51%。

表 3.1.4-30 底栖动物优势种及优势度

优势种	类群	优势度（*Y*）	平均密度 (ind./m^2)	占总生物栖息密度的百分比(%)
倍棘蛇尾属	棘皮动物	0.113	6.63	25.53
丝线沙蚕	环节动物	0.028	2.21	8.51

4）大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 1~7 种。丰富度指数范围为0.869~2.885，平均为 1.946，丰富度指数以 LM23 号站位最高，LM19 号站最低；多样性指数（H′）变化范围在 0.000~2.750 之间，平均值为 1.527。多样性指数最高出现在 LM17 和 LM23 号站，最低则为 LM10 和 LM11 号站，均为 0.000；均匀度范围在 0.730~1.000 之间，平均值为 0.934，均匀度指数最高出现在 LM09 号站，最低则为 LM19 号站。

表 3.1.4-31 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

站位	种类数	丰富度指数（*d*）	多样性指数(*H′*)	均匀度（*J*）
LM09	4	2.164	2.000	1.000
LM10	1	/	0.000	/
LM11	1	/	0.000	/
LM16	4	1.674	1.918	0.959
LM17	7	2.885	2.750	0.980
LM19	3	0.869	1.157	0.730
LM21	2	0.910	0.918	0.918
LM23	7	2.885	2.750	0.980
LM24	5	2.232	2.252	0.970
平均	/	1.946	1.527	0.934
范围	1~7	0.869~2.885	0.000~2.750	0.730~1.000

7、渔业资源环境现状调查与评价

本节引用《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目 2025 年 4 月春季附近海域海洋环境现状调查及评价报告》（中国科学院南海海洋研究所，2025 年 6 月），由中国科学院南海海洋研究所于 2025 年 4 月在项目附近海域进行的春季渔业资源调查数据。具体调查站位详见表 3.1.4-11 和附图 3-8。

（1）采样方法

①鱼卵仔鱼

采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，网具采用浅海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水平拖曳 15 分钟取得，拖速保持在 2 节左右，共获得 9 个鱼卵仔鱼样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网，获得 9 个鱼卵仔鱼样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5%的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

②游泳动物

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行，采样于日间进行，每次放网 1 张。

渔业资源调查租用“粤惠来渔 21089”渔船进行。“粤惠来渔 21089”渔船主机功率 546kW，船长 34m、船宽 5.5m、型深 2.8m，使用的网具为底拖网，网宽 9m，网长 16m，平均拖速为 2 kn。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计，记录网产量。根据调查海域的物种分布特征和经济种类等

情况，将本次调查海域的渔获物分为鱼类、甲壳类和头足类 3 个类群，并分别从渔获率、资源密度、优势种、幼体比例、主要物种的生物学特征等方面统计分析。

（2）计算方法

①鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度：

$$V=N/(S\times L)$$

式中：V——鱼卵仔鱼的分布密度，单位为个/m^3、尾/m^3；

N——每网鱼卵仔鱼数量，单位为（个，尾）；

S——网口面积，单位为 m^2；

L——拖网距离，单位为 m。

②渔业资源

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

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

式中：*S*－重量密度（kg/km^2）或个体密度（ind/km^2）；

a－底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y－平均渔获率（kg/h）或平均生物个体密度（ind/h）。

E－逃逸率（取 0.5）。

③游泳生物优势种

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

$$IRI=（N+W）F$$

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－某一种类出现的站位数占调查总站位数的百分比。

（3）调查结果

①鱼卵仔稚鱼

1）种类组成

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的 18 个样品中，经鉴定，至少共出现了鱼卵仔鱼 8 种，其中鲱形目鉴定出 2 种，鲈形目鉴定出 3 种，鲻形目、鲽形目和未定种分别鉴定出 1 种。

2）数量分布

a、水平拖网法数量分布

本次水平拖网调查共采到鱼卵 392 粒，仔鱼 31 尾。调查海区 9 个站位均采集到鱼卵，鱼卵出现率

为 100.00%，调查海区的鱼卵平均密度为 0.235ind/m³，采获鱼卵数量密度最高为 LM21 号站，为 0.400ind/m³，各站鱼卵密度变化范围在（0.119~0.235）ind/m³。

仔鱼在 9 个站位中均有出现，出现率为 100.00%，仔鱼的平均密度为 0.019ind/m³，采获仔鱼数量密度最高为 LM11 号站，为 0.054ind/m³，各站仔鱼密度变化范围在（0.005~0.019）ind/100m³。

表 3.1.4-32 鱼类浮游生物水平拖网密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（ind/m³）	仔鱼（ind/m³）
LM09	0.119	0.005
LM10	0.367	0.043
LM11	0.329	0.054
LM16	0.130	0.005
LM17	0.281	0.016
LM19	0.167	0.011
LM21	0.400	0.016
LM23	0.205	0.011
LM24	0.119	0.005
平均值	0.235	0.019

b、垂直拖网法数量分布

本次垂直拖网调查共采获鱼卵 27 粒，没有采获到仔鱼。调查海区 9 个站位均采获到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，调查海区的鱼卵平均密度为 0.925ind/m³，采获鱼卵数量密度最高的是 LM19 号站，为 2.857ind/m³，鱼卵密度变化范围在（0.238~2.857）ind/m³。

表 3.1.4-33 鱼类浮游生物垂直拖网密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（ind/m³）	仔鱼（ind/m³）
LM09	0.417	0.00
LM10	0.526	0.00
LM11	2.143	0.00
LM16	0.238	0.00
LM17	0.714	0.00
LM19	2.857	0.00
LM21	0.263	0.00
LM23	0.893	0.00
LM24	0.278	0.00
平均值	0.925	0.00

3）主要种类及数量分布

鲻科（Mugildai）、鳚属（*Lepidotrigla* sp.）和小沙丁鱼（*Sardinella* sp.）是本次水平拖网调查中的主要种类。在本次调查水平拖网中鲻科及小沙丁鱼的鱼卵和仔鱼均出现一定数量，其中鲻科鱼卵在 9 个调查站中均有出现，出现频率为 100.00%。小沙丁鱼鱼卵在 9 个调查站中的 8 个站中有出现，出现频率为 88.89%。鳚属鱼卵是本次水平拖网调查中主要的鱼卵种类，在 9 个调查站中均有出现，出现频率为 100.00%。

②游泳动物

1）种类组成

本次调查，共捕获游泳动物 69 种，隶属于 11 目 42 科，其中：鱼类 37 种，隶属于 6 目 28 科，占

总种数的 53.62%，其中鲈形目种类最多，有 20 种，占鱼类种类总数的 54.05%；甲壳类 28 种，隶属于 2 目 11 科，占总种数的 40.58%；头足类 4 种，隶属于 3 目 3 科，占总种数的 5.80%。

本次调查，各断面出现种类情况见表 2.6.1。各断面中，LM24 号站位断面种类数最多，为 41 种，LM23 号站位断面的种数最少，为 28 种。

2）渔获率

渔业资源的总重量渔获率范围为（1.89~4.47）kg/h，总个体渔获率范围为（220~1130）ind/h，平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 3.21kg/h 和 647.56ind/h，其中：甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.44kg/h 和 338.89ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 44.77%和 52.33%；鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.65kg/h 和 296.56ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 51.54%和 45.80%；头足类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.12kg/h 和 12.11ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 3.69%和 1.87%。

表 3.1.4-34 各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 kg/h	类群			类群		
			甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类
			个体渔获率(ind/h)			重量渔获率(kg/h)		
			个体渔获比例(%)			重量渔获比例(%)		
LM09	444.00	1.89	85.00	9.00	350.00	0.29	0.04	1.56
			19.14	2.03	78.83	15.41	2.29	82.30
LM10	928.00	4.22	198.00	16.00	714.00	0.73	0.10	3.39
			21.34	1.72	76.94	17.34	2.29	80.38
LM11	508.00	2.29	314.00	4.00	190.00	1.15	0.06	1.07
			61.81	0.79	37.40	50.44	2.57	46.98
LM16	759.00	4.47	526.00	15.00	218.00	1.99	0.20	2.27
			69.30	1.98	28.72	44.58	4.58	50.84
LM17	1130.00	4.25	366.00	26.00	738.00	1.30	0.22	2.74
			32.39	2.30	65.31	30.45	5.18	64.37
LM19	674.00	2.80	514.00	15.00	145.00	1.91	0.14	0.75
			76.26	2.23	21.51	68.06	5.05	26.89
LM21	654.00	3.18	435.00	15.00	204.00	1.62	0.18	1.38
			66.51	2.29	31.19	51.04	5.59	43.37
LM23	220.00	2.03	183.00	1.00	36.00	1.27	0.02	0.74
			83.18	0.45	16.36	62.74	0.79	36.47
LM24	511.00	3.75	429.00	8.00	74.00	2.66	0.11	0.98
			83.95	1.57	14.48	71.03	2.83	26.14
平均	647.56	3.21	338.89	12.11	296.56	1.44	0.12	1.65
			52.33	1.87	45.80	44.77	3.69	51.54

3）资源密度

渔业资源平均重量密度为 192.57kg/km^2，LM16 号站位断面最高，LM09 号站位断面最低，范围为（113.48 ~267.95）kg/km^2；平均个体密度为 38.85×10^{3}ind/km^2，个体密度最高的断面为 LM17 号站位断面，其值为 67.79×10^{3}ind/km^2，最低为 LM23 号站位断面，其个体密度为 13.20×10^{3}ind/km^2。

其中鱼类平均重量密度和平均个体密度分别为 99.25kg/km^2 和 17.79×10^{3}ind/km^2，甲壳类平均重量密度和平均个体密度分别为 86.22kg/km^2 和 20.33×10^{3}ind/km^2，头足类平均重量密度和平均个体密度分别为 7.10kg/km^2 和 0.73×10^{3}ind/km^2。

表 3.1.4-35 调查断面的渔业资源密度

断面	重量密度(kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind/km^2)
LM09	113.48	26.64
LM10	253.30	55.68
LM11	137.20	30.48
LM16	267.95	45.54
LM17	255.22	67.79
LM19	168.22	40.44
LM21	190.89	39.24
LM23	121.91	13.20
LM24	224.94	30.66
平均值	192.57	38.85

4）优势种

本次调查的优势渔获种类有 3 种，分别为甲壳类的双斑蟳（*Charybdis bimaculata*）、角突仿对虾（*Parapenaeopsis cornuta*）及鱼类的二长棘鲷（*Parargyrops edita*），其重量渔获率分别为 4.85kg/h、1.02kg/h 和 6.01kg/h，重量渔获率之和为 11.87kg/h，占渔获物总重量渔获率（28.89kg/h）的 41.10%；个体渔获率分别为 1434.00ind/h、659.00ind/h 和 1936.000ind/h，个体渔获率之和为 4029.00 ind/h，占渔获物总个体渔获率（5828.00 ind/h）的 69.13%。

表 3.1.4-36 渔获物 IRI 指数

序号	种名	出现频率 F（%）	重量渔获率		个体渔获率		IRI
			kg/h	W	ind/h	N	
1	二长棘鲷	100.00	6.01	20.79	1936.00	33.22	5400.67
2	双斑蟳	100.00	4.85	16.78	1434.00	24.61	4138.22
3	角突仿对虾	100.00	1.02	3.53	659.00	11.31	1484.06
4	沙带鱼	100.00	2.19	7.57	89.00	1.53	909.86
5	哈氏仿对虾	100.00	0.89	3.07	188.00	3.23	629.74
6	白姑鱼	100.00	0.62	2.16	139.00	2.39	454.14
7	桂皮斑鲆	100.00	0.79	2.74	101.00	1.73	447.21
8	口虾蛄	100.00	0.77	2.66	97.00	1.66	432.67
9	断脊小口虾蛄	100.00	0.66	2.28	92.00	1.58	385.85
10	龙头鱼	88.89	0.99	3.42	38.00	0.65	361.98
11	杜氏枪乌贼	88.89	0.78	2.71	65.00	1.12	339.77
12	隆线强蟹	77.78	0.93	3.22	64.00	1.10	335.66
13	细巧仿对虾	88.89	0.10	0.36	160.00	2.75	276.25
14	颈斑鳐	88.89	0.56	1.92	49.00	0.84	245.53
15	直额蟳	88.89	0.47	1.63	49.00	0.84	219.59
16	皮氏叫姑鱼	100.00	0.46	1.60	29.00	0.50	210.17
17	拟矛尾虾虎鱼	88.89	0.35	1.22	57.00	0.98	195.19
18	须赤虾	88.89	0.21	0.74	68.00	1.17	169.86
19	卵鳎	66.67	0.44	1.51	40.00	0.69	146.18
20	矛形梭子蟹	77.78	0.23	0.79	45.00	0.77	121.80
21	日本蟳	55.56	0.53	1.84	9.00	0.15	110.70
22	中华管鞭虾	66.67	0.20	0.69	53.00	0.91	106.64

5）幼体比例

本次调查幼体群体占所有游泳动物群体的比例为 54.46%。渔获物中，鱼类幼体比例为 88.20%，甲

壳类幼体比例为 23.70%，头足类幼体比例为 88.99%。

表 3.1.4-37 各断面幼体比例

断面	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
LM09	88	356	444	80.18
LM10	195	733	928	78.99
LM11	274	234	508	46.06
LM16	478	281	759	37.02
LM17	350	780	1130	69.03
LM19	375	299	674	44.36
LM21	368	286	654	43.73
LM23	173	47	220	21.36
LM24	353	158	511	30.92
平均值	295	353	648	54.46

表 3.1.4-38 分类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例

类群	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
鱼类	315	2354	2669	88.20
甲壳类	2327	723	3050	23.70
头足类	12	97	109	88.99

6）游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域各站位断面丰富度指数（*d*）在 4.452～6.414 之间，平均值为 5.140，其中 LM24 号站位断面最高，LM19 号站位断面最低；Shannon-wiener 多样性指数（*H′*）分布范围在 2.109～3.729 之间，平均为 3.030，多样性指数最高值出现在 LM24 号站位断面，最低出现在 LM09 号站位断面；Pielou 均匀度（*J′*）分布范围在 0.434～0.725 之间，平均为 0.597，均匀度最高值出现在 LM23 号站位断面，最低出现在 LM09 号站位断面。

表 3.1.4-39 游泳动物物种多样性指数及均匀度

断面	种类数	丰富度指数（d）	多样性指数(H′)	均匀度（J)
LM09	29	4.593	2.109	0.434
LM10	32	4.537	2.260	0.452
LM11	34	5.297	3.152	0.620
LM16	37	5.428	3.334	0.640
LM17	36	4.979	2.473	0.478
LM19	30	4.452	3.160	0.644
LM21	37	5.553	3.565	0.684
LM23	28	5.006	3.487	0.725
LM24	41	6.414	3.729	0.696
平均	/	5.140	3.030	0.597
范围	28~41	4.453~6.414	2.109~3.729	0.434~0.725

7）主要经济物种

本次调查中，游泳动物经济种的主要组成为南海近岸常见的中小型鱼类、对虾科、虾蛄科及梭子蟹科物种。鱼类经济种主要有二长棘鲷、沙带鱼、白姑鱼、桂皮斑鲆、龙头鱼、皮氏叫姑鱼、多鳞鳢、海鳗等；甲壳动物中出现较多的是对虾科、虾蛄科及梭子蟹科物种。

8、大气环境质量现状调查与评价

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）中 6.2.1.1 项目所在区域达标判定，基本污染物环境质量现状数据优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告

或环境质量报告中的数据或结论。

本评价基本污染物因子引用汕头市生态环境局公布的《2024 年汕头市生态环境状况公报》（https://www.shantou.gov.cn/epd/ztzl/hjzlzk/hjzkgb/content/post_2444300.html）中相关数据，具体如下：

2024 年，汕头市空气质量达标天数为 361 天，环境空气优良天数比例（AQI 达标率）为 98.6%，全省排名第 4，其中“优"天数为 190 天，“良”天数为 171 天，“轻度污染”天数为 5 天，未发生中度，重度污染天数，AQI 范围在 17~130 之间。6 项污染物年评价浓度具体情况如下：二氧化硫（SO_2）年平均质量浓度为 7μg/m³，同比改善 12.5%；二氧化氮（NO_2）年平均质量浓度为 13μg/m³，同比改善 13.3%；一氧化碳（CO）日平均第 95 百分位数浓度为 0.9mg/m³，同比持平；臭氧日最大 8 小时第 90 百分位数为 136μg/m³，同比改善 3.5%；可吸入颗粒物 PM_{10} 年平均浓度为 33μg/m³，同比改善 5.7%；细颗粒物 $PM_{2.5}$ 年平均浓度为 20μg/m³，同比持平。

表 3.1.4-40 区域空气质量现状评价表

污染物	评价指标	现状浓度（μg/m³）	过渡阶段浓度限值（μg/m³）	占标率（%）	达标情况
$PM_{2.5}$	年平均质量浓度	20	30	66.7	达标
PM_{10}	年平均质量浓度	33	60	55.5	达标
SO_2	年平均质量浓度	7	60	11.7	达标
NO_2	年平均质量浓度	13	40	32.5	达标
CO	日均值第 95 百分位浓度	900	4000	22.5	达标
O_3	日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度	136	160	85.0	达标

由上表可知，$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O3 六项污染物监测数据达到《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段浓度限值二级标准的要求，属于达标区。

9、陆上监控中心生态状况

陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层，附近植被主要为人工种植的绿化植被，工程所在区域人类活动较频繁，野生动物主要是适应人群活动的常见物种，主要为鼠类、鸟类及昆虫等一些小型动物。

与项目有关的原有环境污染和生态破

3.2与项目有关的原有环境污染和生态破坏问题

（1）依托工程基本情况及依托利用情况

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设。

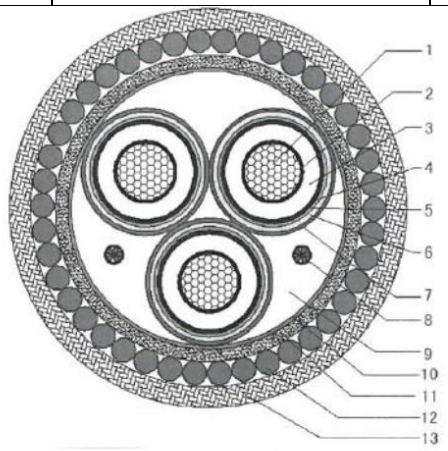
大唐南澳勒门I海上风电扩建项目位于汕头市东部、南澳县南部海域的勒门列岛附近，距离北侧南澳岛最近距离约 11.5km，距离西侧汕头市陆地最近距离约 18km。建设 26 台单机容量 13MW 和 1 台 16MW 风电机组，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站，风电机组发出的电能通过 6 回 66kV 光电复合海缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 光电复合海缆输送到汕头广澳表角沿岸登陆，经陆上开关站转接架空线路接入汕头电网。总装机容量为 354MW，66kV 光电复合海缆总长 60.97km，220kV 送出海缆 20km×2 回。

大唐南澳勒门I海上风电扩建项目环境影响报告书于 2024 年 11 月 21 日取得《广东省生态环境厅关

坏问题	于大唐南澳勒门I海上风电扩建项目环境影响报告书的批复》（粤环审〔2024〕228号），2024年11月底正式开工建设，于2025年8月12日实现全部风机全容量并网发电，于2025年12月通过竣工环保验收，完成备案。 本项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目其中2根66kV光电复合海缆提供电能和海上升压站、现有的220kV送出光电复合海缆传输数据。

表3.2-1 项目依托利用情况

依托工程	依托设施	位置	利用情况
大唐南澳勒门I海上风电扩建项目	66kV光电复合海缆	连接#45F、#46F、#62F、#61F风机进入升压站的66kV光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F风机进入升压站的66kV光电复合海缆	重新敷设连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为0.31km
	海上升压站	布置在风电场西南部位置	本项目光电复合海缆接入安装于悬挂装置后的光缆接续盒内，转接成无金属光缆后引入升压站光纤配线架
	220kV送出光电复合海缆	海上升压站至汕头达濠岛表角登陆点	单路光纤144芯，其中A路已用43芯，本项目计划使用58芯，剩余43芯；B路已用50芯，本项目计划使用58芯，剩余36芯



1、导体线芯；2、半导体阻水绑扎带+导体屏蔽；3、主绝缘（XPLE）；4、绝缘屏蔽；5、半导体阻水带；6、铅包（套）；7、半导电PE护套； 8、光纤；9、填充；10、成缆包带；11、聚丙烯绳内衬层； 12、镀锌钢丝铠装；13、聚丙烯绳纤维外被层。

图3.2-1 依托的220kV送出光电复合海缆结构示意图

（2）环评报告提出环保措施落实情况

根据《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目竣工环境保护验收调查报告》，项目工程落实了环评报告中提出的各项环境保护措施，详见下表。

表3.2-2 环保措施的落实情况

环境要素	环评阶段具体措施	项目实施	是否符合要求
施工阶段			
1、水污染防	1．施工船舶上的生活污水	施工期间未产生船舶含油废水；施工期	是

	治措施	和含油污水上岸送有能力单位处理； 2．施工船舶定期上岸清洗并检修。	间施工单位已经委托汕头海虹外轮船舶服务有限公司进行了船舶生活污水接收。	
	2、固体废物处置措施	1．施工船舶生活垃圾与含油污水上岸送有资质单位处理； 2．扫海清障固废上岸处理； 3．废弃焊头和包装等固废上岸处理； 4．机械设备作业产生的残油和废油等危险废物上岸安全处置。	1.施工期船舶生活垃圾，设立了定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，施工期间施工单位已经委托汕头海虹外轮船舶服务有限公司进行了污染物接收。 2.对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废物，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，未在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染，施工期间已经与广东鹤顺综合管理有限公司汕头濠江区分公司签订了建筑垃圾及固体废物回收处理合同。 3.风机塔基与塔架焊接过程中产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物暂存于废料回收桶，施工结束后回收运输至陆上一并处置。	是
	3、海洋生态保护措施	1．优化施工方案，尽可能减少施工作业时间和范围； 2．施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止捕捞的范围和时间； 3．做好施工期海洋环境和渔业资源跟踪监测与环境监理工作； 4．建设单位将本建设项目造成的生态损失价值等额或差额投入渔业资源建设与保护资金，也可通过增殖放流等措施进行补偿。	1、项目已优化施工方案，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间，本项目施工控制按计划控制在 10 个月内完成，已尽可能的缩短施工时间。 2、施工期间均在施工周边设置了明显的标识，施工期间未发生船舶碰撞等事故。 3、项目已经分别在 2024 年 11 月（施工期间秋季）、2025 年 4 月 13 日（施工期间春季）进行了海洋环境和渔业资源跟踪监测；项目委托上海东华建设管理有限公司和安徽能建监理咨询有限公司联合体进行了环境监理工作。 4、项目于 2025 年 8 月 4 号在南澳县鹿仔坑码头举行“大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目涉渔生态补偿活动”，活动共投放斜带石斑鱼 85.5360 万尾（规格>5cm）、真鲷 341.9520 万尾（规格>5cm）、斑节对虾 3221.024 万尾（规格>2.5cm）、波纹巴非蛤 850.6780 万尾（规格>0.5cm）、中华鲎 23.2776 万尾（规格>0.6cm）。并制定了增殖放流跟踪监测计划，在放流完成后进行 2 次跟踪调查评估放流效果，并计划对中华鲎和白氏文昌鱼进行 2 次栖息地监测，并编写现状评估报告编写工作。	是
	4、鸟类保护措施	1．合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过场址应适当停工等待；同时合理布置施工运输路线减小施工期对鸟类的	项目已经合理安排施工时间，施工期间已经尽量的避让候鸟大量迁徙的时间；根据环境监理报告，施工期间已经安排专人鸟类观测，施工时间未发现项目对候鸟造成影响。	是

	影响；在鸟类繁殖期降低施工强度； 2．安排专职人员承担生态监理，检查鸟类生态保护措施的落实及施工人员的生态保护行为。		
5、噪声保护措施	1．施工船舶应有效控制主辅机噪声； 2．合理安排施工时间风机基础施工采用静压打桩锤，在时间上控制一次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法，并按要求确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域范围，实施保护。	1、施工期间已经施工用低噪声的施工设备； 2、施工期间过程采用静压打桩锤；并做好了水下噪声跟踪监测，根据监测结果，施工过程中水下噪声超过鱼类承受的阈值，未对该区域的鱼类造成水下噪声污染。	是
6、环境空气保护措施	1．加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加强对施工机械、运输船舶的维修保养。	已加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加强对施工机械、运输船舶的维修保养，减少对环境空气的影响。	是
7、通航安全保障措施	1．VTS 海事监管范围应覆盖本工程水域，并加强海事监管；2．通过发布航海通告等手段及时公布本工程所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让本风电场； 3．对施工船舶严格管理，加强施工和运输船舶人员的安全培训，确保施工船和航行于风电场工程附近的船只都要严格遵守《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》。	1、项目已经在海事局办理了水上水下作业和活动证明（粤汕海事准字（2024）第 0032 号、粤汕海事准字（2024）第 0033 号、粤汕海事准字（2024）第 0034 号、粤汕海事准字（2024）第 0035 号）； 2、施工期间已通过航海通过等手段提醒过往船舶进行避让； 3、已加强对施工船舶人员的培训，施工期间均能满足《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》。	是
运营期			
1、海洋生态保护措施	1．加强风电场运营管理，开展 ISO14000 的认证，以提高环境管理水平，杜绝海洋环境事故； 2．设立海洋生态环境跟踪监测系统，在风电场附近内设立长期的监测站点； 3．建设单位应在当地渔业主管部门的指导下，在工程建成后立即采取以渔业资源生物增殖放流为主的生态修复补偿措施。	1、项目正在试运营阶段，正在办理相关的认证工作； 2、项目已与对应的单位签订了运营期跟踪监测合同，并于 2025 年 9 月开展了海洋生态及噪声跟踪监测，后期将按要求定期落实运营期环境监理工作； 3、建设单位已经委托广东海兰图环境技术有限公司编写了《大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目涉渔生态补偿实施方案》，并于 2025 年 6 月通过获得了南澳县农业农村和水务局的复函；项目于 2025 年 8 月 4 号在南澳县鹿仔坑码头举行“大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目涉渔生态补偿活动”，活动共投放斜带石斑鱼 85.5360 万尾（规格>5cm）、真鲷	是

			341.9520 万尾（规格>5cm）、斑节对虾 3221.024 万尾（规格>2.5cm）波纹巴非蛤 850.6780 万尾（规格>0.5cm）、中华鲎 23.2776 万尾（规格>0.6cm)。并制定了增殖放流跟踪监测计划，在放流完成后进行 2 次跟踪调查评估放流效果，并计划中华鲎和白氏文昌鱼进行 2 次栖息地监测，并编写现状评估报告编写工作。	
	2、鸟类保护措施	1．风机叶片呈警示色，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险； 2．加强鸟类监测； 3．在候鸟大规模迁徙期间，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，可以采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶； 4．对风电场的管理人员进行鸟类知识的宣传和相关指导； 5．建设观鸟站，观测区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况。	1．风机叶片已经呈警示色； 2．项目已经制定相关管理计划，在候鸟大规模迁徙期间，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，可以采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶； 3．项目制定了相关管理计划，定期对风电场的管理人员进行鸟类知识的宣传和相关指导； 4.项目已经委托广州市众森林业有限公司进行了鸟类跟踪监测计划；定期观测区域鸟类活动和撞击情况。项目已经与保护区签订了修复协议，其中修复内容包含了鸟类观测站，该工作已经完成招标工作，相关的措施将在会后续落实。	是
	3、污废水处理措施	1．风机及相关设备维护中产生的废油和含油废物等收集后 上岸委托处理。	项目已经与湛江市鸿达石化有限公司签订了危险废物处理协议（处理 HW08 类危险废物）。	是
	4、噪声防治措施	1．保持风电机组内良好润滑状态，在机舱内表面贴附阻尼材料，减少噪声。	已在机舱内表面贴附阻尼材料，减少噪声。	是
	5、固体废物处置措施	1．运行过程中产生的废旧蓄电池（HW31）等，可由厂家回收处理； 2．机组检修时产生的诸如油渣（HW08）、油垢（HW08）、废油（HW08）等污染物质，由事故油罐收集外运处置。	项目已经与广东新生环保科技股份有限公司签订危废合同（处理 HW31 废电池），项目已经与湛江市鸿达石化有限公司签订了危险废物处理协议（处理 HW08 类危险废物）。	是
	6、安全运营	1．定期检查风电场桩基的安全状况防止影响通航安全的因素发生； 2．发现存在影响通航安全情况及时通知海事主管部门，申请发布航行警告； 3．发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告； 4．对风电机桩基周围加装防撞保护圈，在近海面塔筒	项目已经制定了相关的安全生产管理制度，切实的落实相关的安全生产要求。	是

	上采用红色等警示色，避免渔船碰撞引发事故； 5．应对风机桩基冲刷状况实施观测。		

（3）环评批复落实情况

根据《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目竣工环境保护验收调查报告》，环评批复意见的落实情况如下：

表 3.2-3 环评批复意见的落实情况

序号	环评批复情况	实际落实情况	是否符合要求
1	（一）严格按照《报告书》中确定的地点、性质、规模进行建设，合理制定施工计划、安排施工期和施工进度、划定施工范围，确保工程建设各项监管工作落实到位，避免对周边海洋生态敏感区造成不利影响。	项目已严格按照《报告书》中确定的地点、性质、规模进行建设，与环评一致。施工期间监管到位对周边海洋生态进行了监测观察，避免了工程建设对周边海洋生态敏感区造成不利影响。	是
2	（二）切实采取海域污染防治措施，控制桩基建设和海底电缆埋设施工强度，减少悬浮泥沙的扩散及影响。桩基作业过程中应采取有效措施防止泥浆溢漏。施工期间产生的生产、生活污水及泥浆、扫海清障固体废物等污染物应妥善收集处理,不得随意排放、抛弃入海。作业船舶垃圾和含油废水等应严格按规定收集处理。	项目成立环境管理领导小组负责整个施工阶段的环境保护工作，明确各级、各部门在施工期环境保护工作中的职责分工；建立、健全施工期环境管理体系和各项环境管理规章制度；根据施工影响范围内的环境敏感点和施工区域海洋环境的现状与特点、施工过程中可能存在的海洋生态环境影响因素，选择先进的施工工艺，合理安排施工时间及进度，将悬沙产生作业环节安排在风浪相对小、潮流相对弱的潮期内，并委托有资质的单位进行施工期的海洋生态监测，并根据监测结果，及时调整施工周期、进度及工艺。项目编制了海缆敷设专项施工方案，并严格按方案落实执行方案中明确的敷缆工艺，要求按施工过程中的实际情况控制船速，通过犁机配套高压水冲泥管、水深监测仪等工具开展施工，并做好水深监测记录。项目开工前进行环境影响评价，编制施工环境保护规程和做好环境监测；科学规划施工期，编制合理的施工方案，采用新工艺、新技术，选用大型、高效设备，减少同时施工的船舶、设备数量，采取有效的环保措施减少施工对海洋环境的影响；在《施工组织设计》和分阶段《施工方案》中编制相应的绿色施工环境保护工作内容，加强科学管理，严格限制施工区域，尽量缩小了作业时间和用海范围。项目施工过程中指派专人密切监视灌浆作业，对可能出现或已出现的污染物泄漏现象进行及时处理，并做好相应记录。控制桩基建设和海缆埋设施工	是

				强度，减少悬浮泥沙的扩散及影响。施工期间已经与广东鹤顺综合管理有限公司汕头濠江区分公司签订了建筑垃圾及固体废物回收处理合同；施工期间施工单位已经委托汕头海虹外轮船舶服务有限公司进行了污染物接收，施工期间相关污染物未排入海域。符合要求。	
		3	（三）做好海洋生态保护工作。合理安排施工时间，水下施工作业尽量避开鱼类和海龟产卵期。按照有关法律法规规定，落实海洋生物资源补偿措施。加强对珍稀海洋生物和鸟类的监视、监控，落实有效保护措施，避免对珍稀海洋生物及鸟类造成不良影响。	项目开工前进行环境影响评价，编制施工环境保护规程和做好环境监测；科学规划施工期，编制合理的施工方案，保证施工质量；项目不在南海鱼类产卵场范围，也不在海龟洄游区和保护区范围，项目从选址上已尽可能的减少对避开鱼类和海龟的影响；由于项目施工期无法避开南海北部幼鱼繁育场保护区（保护时间为1-12月），因此项目施工时间从设计的14个月缩短为10个月尽可能的缩短了水下作业时间；在进行水下海缆铺设施工集中施工，缩短每月施工时间，安排对海洋环境影响较低的工程内容的施工。为减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，海缆铺设前及时通知附近的养殖户暂停取水，施工避开了海洋鱼类产卵高峰期，并对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响；施工周边区域选择专业公司设置临时航标系统，并公示告知，明确禁止捕捞的范围和时间；邀请有专业资质的单位定期开展渔业资源、海水水质、沉积物质量和海洋生态监测调查，并做好施工过程中环保提示。项目于2025年8月4号在南澳县鹿仔坑码头举行“大唐南澳勒门I海上风电扩建项目涉渔生态补偿活动”，活动共投放斜带石斑鱼85.5360万尾（规格>5cm）、真鲷341.9520万尾（规格>5cm）、斑节对虾3221.024万尾（规格>2.5cm）、波纹巴非蛤850.6780万尾（规格>0.5cm）、中华鲎23.2776万尾（规格>0.6cm）。并制定了增值放流跟踪监测计划，拟在放流完成后进行2次跟踪调查评估放流效果，并计划中华鲎和白氏文昌鱼进行2次栖息地监测，并编写现状评估报告编写工作。已编制了通航安全报告，对风电机桩基周围加装防撞保护圈，在风机基础上涂装黄色等警示色，避免渔船碰撞引发事故；对风机周围加装防撞保护。在候鸟迁徙季节适当停工等待，合理布置施工运输路线，减少施工期对鸟	是

		类的影响；海上风机叶片涂有红色醒目的警示色，在塔筒上安装了驱鸟器，促使鸟类趋避，降低撞击风险，风力发电机的机件使用了非反光涂料，减少了反射阳光对鸟类的影响；项目委托了广州市众森林业有限公司对风电场区域鸟种类和数量进行监测，在鸟类迁徙季节，密切观测候鸟动向，做好观测记录；项目对风电场管理人员进行鸟类知识宣传和相关指导，运行期间对鸟类的干扰降到最低程度，发现珍稀保护鸟类受伤，尽快通知进行救治。建设单位已经与广州市众森林业有限公司签订了广东南澳侯鸟省级自然保护区生态监测合同、与广州海兰图检测技术有限公司签订了广东南澳列岛国家级自然保护区生态监测及生态管护服务合同定期对周边鸟类及珍稀海洋生物进行监测与监控。	
4	（四）认真落实施工期和运营期环境监测计划，定期向当地生态环境主管部门报送环境监测及其它环保措施落实情况。	施工期：委托中国科学院南海研究所对本项目进行了海水水质、海洋沉积物、海洋生态（含渔业资源）、水上噪声、水下噪声调查监测；试运行期：严格落实报告书中的环境监测计划，并委托中国科学院南海研究所对本项目进行了试运行期海水水质、海洋沉积物、海洋生态、电磁辐射、噪声、水上噪声、水下噪声地形跟踪监测调查；委托广州市众森林业有限公司对本项目进行了试运行期鸟类的跟踪调查及时将监测结果报告上报给相关主管部门。	是
5	（五）加强风险防范，按要求制定防治海洋工程污染损害海洋环境的应急预案，向汕头市生态环境局及有关部门备案，并与区域环境风险事故应急系统相协调。切实做好环境事故风险防范工作，防止环境事故发生。	项目应急预案已于2025年9月30日取得汕头市生态环境局备案，同时报汕头海事局，将本工程应急体系纳入汕头市海事局应急体系中。海上风机涂有红色醒目的警示色、夜间采用灯光照射的办法；在海面塔筒上采顶端安装了驱鸟器对鸟类记性驱赶，风机基础呈现黄色，可对周边的船舶进行警示；对风机周围加装防撞保护。	是

（4）环境污染及生态破坏问题

根据《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目竣工环境保护验收调查报告》，工程建设过程中认真落实了《环境影响报告书》及广东省生态环境厅对该项目环评报告书批复意见的要求。该项目严格执行“三同时”管理，在建设过程中环境保护设施设备与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，确保了风电项目相关安全与环保设施设备的合理配置和及时到位，未发生过环境事故，未收到过环保投诉，建设过程中未造成环境污染。

因此， 本项目依托工程不存在环境污染及生态破坏问题。

（5）依托工程可行性分析

①海上依托工程

本项目将勒门I扩建项目原连接#45F、#46F、#62F、#61F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 光电复合海缆重新连接至本项目数据舱平台，形成供电线路，调整的海缆长度均为 0.31km，并从数据舱平台新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，新建的海缆长度分别为 0.56km 和 0.54km，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的 220kV 送出光电复合海缆传输数据。

1）传输电能可行性

项目从勒门I扩建项目风机引出 2 回 66kV 光电复合海缆接入海底数据中心，形成供电线路。正常工况下海上风机所发清洁电能可直接就近供给海底数据中心负荷，缩短电能输送路径，降低海缆输电损耗，充分利用海上风电绿色电力资源匹配数据中心用电需求。项目新建 2 条 66kV 光电复合海缆从数据中心接入勒门I扩建项目的海上升压站，当风场发电量低于海底数据中心用电需求时，可依托升压站平台进行市电返送供电，具备稳定的市电补电硬件条件。当风电场计划性检修或者意外情况导致双路风电均失电时，柴油发电机组存在启动延迟，为消除供电中断风险，海底数据舱配套蓄电池作为过渡电源，待柴油发电机组完成启动、输出电压频率稳定后，由柴油发电机备电保障海底数据中心用电连续性。

原有 66kV 风机光电复合海缆、新建 66kV 光电复合海缆载流量、短路耐受能力均可兼顾风机送电、市电反向送电双向功率工况，海上升压站、220kV 送出光电复合海缆可适配风电送出、市电返送两种运行模式，电气系统运行安全可控，电能传输通道硬件与保护配置均满足长期稳定送电要求。

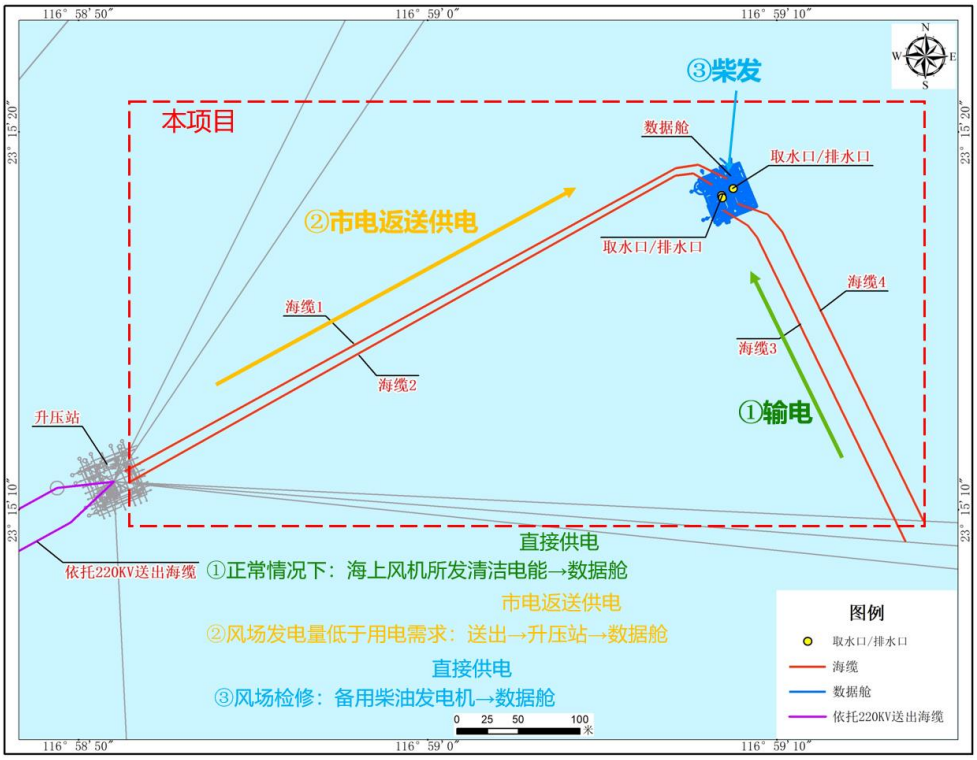


图 3.2-2 供电方案流程图

2）传输数据可行性

项目新建 2 条 66kV 光电复合海缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，通过熔纤工艺与 220kV 送出光电复合海缆剩余未使用光纤相接，升压后可依托 2 回 220kV 送出光电复合海缆内置的专用光纤芯线输送数据。220kV 送出光电复合海缆为交联聚乙烯绝缘，分相铅护套、钢（铜）丝铠装、光电复合海缆，海缆典型结构示意图详见图 3.2-1。220kV 送出光电复合海缆单路光纤 144 芯，其中 A 路已用 43 芯，本项目计划使用 58 芯，剩余 43 芯；B 路已用 50 芯，本项目计划使用 58 芯，剩余 36 芯，可满足本项目海底数据中心业务需求，且不会对后续勒门I扩建项目风电场的运维造成影响。

综上所述，项目电能、数据传输通道均可充分依托勒门I扩建项目已建 66kV 风机光电复合海缆、海上升压站、220kV 送出光电复合海缆，海上依托工程内容具有可行性。

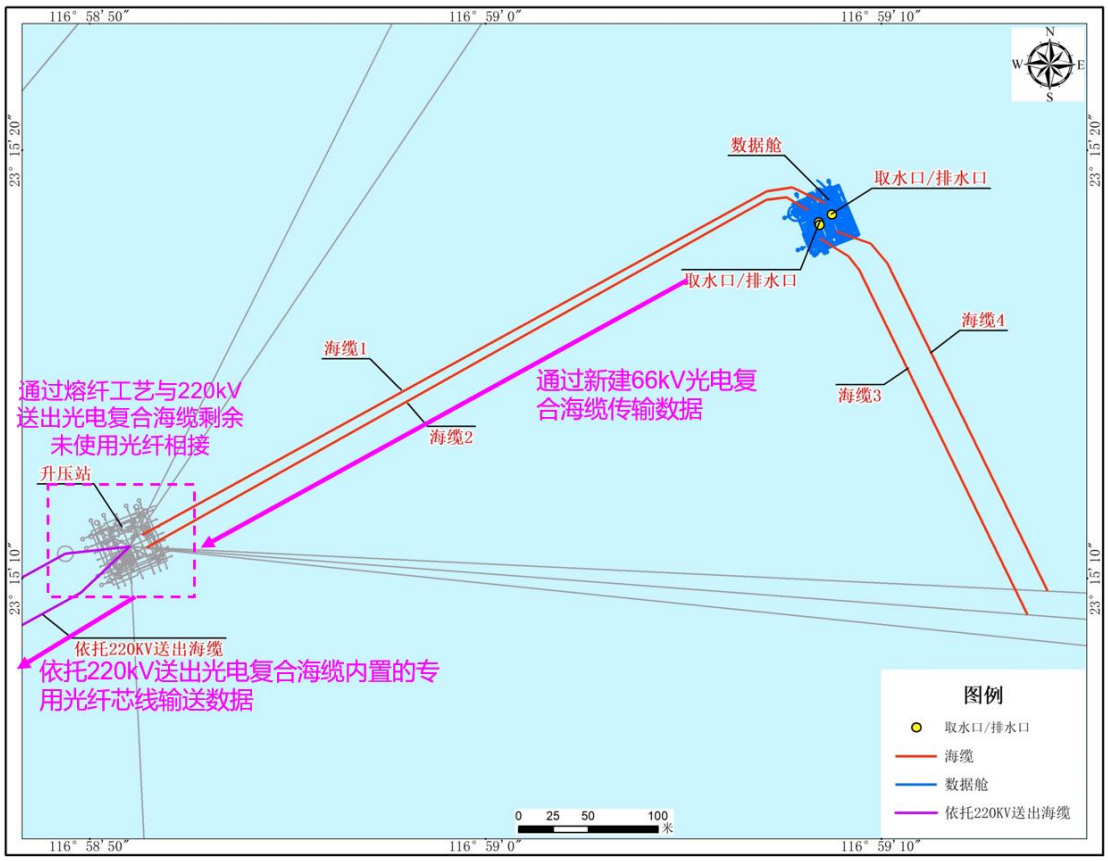


图 3.2-3 数据传输方案流程图

②陆上依托工程

本项目陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层进行装修使用。租用场所为汕头京能清洁能源有限公司所有，已与其签署租赁合同，不新增用地。综合楼已接入市政电网，该区域具备双回路供电条件，并可配置备用发电机组，保障监控中心在突发停电情况下持续运行，供电依托条件可靠。综合楼周边路网完善，人员通勤及设备运输便捷，能够满足监控中心日常运维及应急抢修需求。综合楼生活用水由市政供水管网供给，具备后勤保障条件。因此陆域依托条件满足项目需求，可依托性良好。

生态环境保护目标

3.3生态环境保护目标

3.3.1评价范围

1、海洋环境影响评价评价范围

据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（生态影响类）（试行）》，应按照环境影响评价相关技术导则要求确定评价范围并识别环境保护目标。确定评价范围前首先判定评价等级。

项目拟建设 1 座海底数据中心，数据舱装机容量 7MW，66kV 光电复合海缆总长约 1.72km。数据舱利用海水进行冷却降温，单个取排水系统的海水系统流量为 720m^3/h 左右，采用 2 用 1 备共 3 套设备，海水系统换热后最大温升不超过 5℃，温排水一天共 34560m^3。项目总用海面积 4.8658 公顷，其中透水构筑物用海面积 0.4192 公顷，海底电缆管道用海面积 2.0392 公顷，取、排水口用海面积 2.4074 公顷。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中表 1，本项目 66kV 光电复合海缆总长约 1.72km，小于 60km，海洋生态环境评价等级为 3 级；项目总用海面积 4.8658 公顷，小于 100 公顷，海洋生态环境评价等级为 3 级；本项目温排水数据 C 类污染物，废水排放量为 34560m^3/d，小于 50×$10^4$$m^3$/d，海洋生态环境评价等级为 3 级。

综上，本项目的海洋生态环境评价等级为 3 级。

表 3.3.1-1 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表

评价等级 / 影响类型		1	2	3
废水排放量 Q（$10^4$$m^3$/d）[a]	含 C 类污染物	Q≥500	50≤Q＜500	Q＜50
挖沟埋设管缆总长度 L（km）[c]		L≥100	60≤L＜100	L＜60
用海面积 S（hm^2）	其他用海 [e]	S≥200	100≤S＜200	S＜100

[a]：排放口位于近岸海域以外海域的评价等级降低一级（最低为 3 级）；建设项目排放的污染物为受纳水体超标因子，评价等级应不低于 2 级。
[c]：挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。
[e]：其他用海主要指海上风电、海上太阳能发电、海水养殖等开放式用海建设项目；不投加饵料的海水养殖项目，评价等级为 3 级。

根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025），评价范围以建设项目平面布置外缘线向外的扩展距离确定，1 级、2 级和 3 级评价项目在潮流主流向的扩展距离应不小于 15km～30km、5km～15km、1km～5km，垂直于潮流主流向的扩展距离以不小于主流向扩展距离的 1/2 为宜。结合本项目评价等级、工程特点、生态敏感区分布情况，确定评价范围为项目平面布置外缘线向外扩 7km 的海域范围，评价范围海域面积约 210.0434km^2，具体评价范围见附图 3-10 所示，控制点坐标见表 3.3.3-2。

表 3.3.1-2 评价范围界点坐标

序号	北纬	东经
1	23°11′22.728″	116°54′45.907″
2	23°11′22.570″	117°03′20.433″
3	23°19′09.188″	117°03′20.850″
4	23°19′09.346″	116°54′45.826″

2、环境空气评价范围

本项目大气环境影响因素主要来自施工机械和船舶排放废气，项目位于辽阔海域，且施工机械和船舶排放源为非固定源，污染物排放量小，对环境影响较小。营运期海域和陆上备用柴油发电机作为备用电源，平时不运行，仅在风电场检修期、市电无法返送时及陆上市政两路停电启动，使用时间较短，排放量也较小，对环境影响较小。根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），本项目环境空气的评价等级为三级，不需设置大气环境影响评价范围。

3、声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021），“建设项目所处的声环境功能区为GB3096规定的3类、4类地区，或建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在3dB（A）以下[不含 3dB（A）]，且受影响人口数量变化不大时，按三级评价。”本项目陆上监控中心位于 3 类声环境功能区，周边 200m 范围内无声环境敏感目标，噪声增高量在 3dB（A）以下，且受影响人口数量变化不大，确定本次噪声评价等级为三级。声环境影响评价范围为项目边界外扩 200m 范围，详见附图10。

4、生态环境影响评价范围

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

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中的有关规定及现场踏勘分析：①本项目部分工程位于陆域，占地约 500m^2（0.0005 km^2），本项目的用地面积小于 20km^2；②评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境、自然公园、陆域生态红线等陆域敏感区，不属于导则 6.1.2 小节 a）、b）、c）、d）、e）、f）的情形，属于一般区域。根据上述判别标准，确定本建设项目陆域生态环境影响评价等级为三级。

涉海部分参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）表 1 要求，海洋生态评价等级定为 3 级。

综上所述，陆域生态评价范围评价为项目区外扩 200m 范围的陆域区域，海域生态评价范围与海洋生态环境影响评价范围一致，详见附图 3-10。

5、环境风险评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），环境风险评价工作等级划分为一级、二级、三级。根据建设项目涉及的物质及工艺系统危险性和所在地的环境敏感性确定环境风险潜势，确定评价工作等级。风险潜势为IV及以上，进行一级评价；风险潜势为III，进行二级评价；风险潜势为II进行三级评价；风险潜势为 I，可开展简单分析。本项目主要环境风险为施工期施工船舶的燃料油，营运期运维船燃料油、数据舱上备用发电机和陆上监控中心备用发电机的柴油。

（1）施工期环境风险评价等级判定

①危险物质及工艺系统危险性（P）分级

1）危险物质数量与临界量比值（Q）

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录表 G.1 危险物质临界量油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等）临界量为 100t（船舶在线量按单个船舶所载货油或船用燃料油全部舱容的数量确定）。

根据设计单位提供，本项目施工期施工船舶最大吨位为 10000t 级自航甲板运输驳船，最大储油量为 720t，计算则本项目施工期 Q=720/100=7.2，1≤Q＜10。

2）行业及生产工艺（M）

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

表 3.3.1-3 行业及生产工艺（M）

行业	评估依据	分值
石化、化工、医药、轻工、化纤、有色冶炼等	涉及光气及光气化工艺、电解工艺（氯碱）、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解（裂化）工艺、氟化工艺、加氢工艺、重氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、新型煤化工工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺	10/套
	无机酸制酸工艺、焦化工艺	5/套
	其他高温或高压，且涉及危险物质的工艺过程 a、危险物质贮存罐区	5/套（罐区）
管道、港口/码头等	涉及危险物质管道运输项目、港口/码头等	10
石油天然气	石油、天然气、页岩气开采（含净化），气库（不含加气站的气库），油库（不含加气站的油库）、油气管线 b（不含城镇燃气管线）	10
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	5
a 高温指工艺温度≥300 ℃，高压指压力容器的设计压力（P）≥10.0 MPa； b 长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价。		

本项目属于上表中的其他行业，涉及危险物质使用、贮存，M=5，则行业及生产工艺分级为 M4。

3）危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据危险物质数量与临界量比值（Q）和行业及生产工艺（M），按照下表确定危险物质及工艺系统危险性等级（P）。本项目 $Q_{施工期}$=7.2，行业及生产工艺为 M4，根据下表可知，本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4。

表 3.3.1-4 危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）

危险物质数量与临界量比值（Q）	行业及生产工艺（M）			
	M1	M2	M3	M4
Q≥100	P1	P1	P2	P3
10≤Q＜100	P1	P2	P3	P4
1≤Q＜10	P2	P3	P4	P4

②环境敏感程度（E）的分级判定

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录表 G.3 环境敏感程度（E）的分级，依据事故情况下危险物质泄漏可能影响生态敏感区的情况，分为三种类型，E1 为环境高度敏感区，E2 为环境中度敏感区，E3 为环境低度敏感区。分级原则见表 3.3.1-5。

表 3.3.1-5 环境敏感程度分级

敏感性	环境敏感特征
E1	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第一类区域或重要敏感区
E2	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第二类区域或一般敏感区
E3	上述地区之外的其他地区

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，项目位于白颈屿西南工矿通信用海区（可兼容开放式养殖等增养殖用海），参照 GB3097-1997 中水产养殖区，执行海水水质第二类标准，根据表 3.3.1-5 判定，项目环境敏感程度分级为 E2。

③环境风险潜势划分

根据以上分析，本项目施工期海洋环境敏感程度为 E2，建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性为 P4，按照表 3.3.1-6 确定环境风险潜势为II。

表 3.3.1-6 建设项目环境风险潜势划分

环境敏感程度（E）	危险物质及工艺系统危险性（P）			
	极高危害（P1）	高度危害（P2）	中度危害（P3）	轻度危害（P4）
环境敏感程度（E1）	IV+	IV	III	III
环境敏感程度（E2）	IV	III	III	II
环境敏感程度（E3）	III	III	II	I
注：IV+为极高环境风险				

④评价工作等级

据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中“评价工作等级划分”表确定评价工作等级。

表 3.3.1-7 评价工作等级划分

环境风险潜势	IV、IV^+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析*
备注：*是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。				

因此，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本项目施工期环境风险潜势为II，环境风险评价等级为三级。

（2）营运期环境风险评价等级判定

①危险物质及工艺系统危险性（P）分级

1）危险物质数量与临界量比值（Q）

营运期依托勒门 I 海上风电扩建项目运维船执行维护检修工作，运维船最大储油量 90t。项目营运期数据舱上布置 6 台（5 用 1 备）功率 1800kW 的应急柴油发电机组，设计一次连续发电 24h，因此项目设置 2 台柴油储罐，单台有效容积为 30m^3，设计采用 0 号柴油。0 号柴油密度范围 0.810~0.845t/m^3，按 0.840t/m^3 计，则 2 台储油罐总油量约为 50.4t。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录表 G.1 危险物质临界量油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等）临界量为 100t。综上，本项目营运期 Q=140.4/100=1.404，1≤Q＜10。

陆上监控中心设置 2 台功率 250KW 备用发电机，设计一次连续发电使用 12h，自带储油罐 1.6m^3，设计采用 0 号柴油，则 2 台备用发电机总油量为 2.688t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》

（HJ169-2018）附录 B，油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等）临界量为2500t，则危险物质数量与临界量比值 Q=2.688÷2500=0.001，Q<1，环境风险潜势为 I，可开展简单分析。

2）行业及生产工艺（M）

本项目属于表 3.3.1-3 行业及生产工艺（M）中的其他行业，涉及危险物质使用、贮存，M=5，则行业及生产工艺分级为 M4。

3）危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据危险物质数量与临界量比值（Q）和行业及生产工艺（M），按照表 3.3.1-4 危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）确定危险物质及工艺系统危险性等级（P）。本项目 $Q_{海域}$=1.404，行业及生产工艺为 M4，根据表 3.3.1-4 可知，本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4。

②环境敏感程度（E）的分级判定

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，项目位于白颈屿西南工矿通信用海区（可兼容开放式养殖等增养殖用海），参照 GB3097-1997 中水产养殖区，执行海水水质第二类标准，根据表 3.3.1-5 判定，项目环境敏感程度分级为 E2。

③环境风险潜势划分

根据以上分析，本项目营运期海洋环境敏感程度为 E2，建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性为 P4，按照表 3.3.1-6 确定环境风险潜势为II。

④评价工作等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本项目营运期海洋环境风险潜势为II，环境风险评价等级为三级。

（3）评价范围

综上所述，海洋生态环境风险评价范围与海洋生态环境影响评价范围一致，详见附图 3-10。

6、土壤环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）的附录 A 表 A.1，由土壤环境影响评价项目类别”可知，本项目属于“其他行业”，属IV类项目，可不开展土壤环境影响评价工作。

7、地下水环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A，本项目行业类别参照“B、农、林、牧、渔、海洋”中“21、海底隧道、管道、电（光）缆工程”，环评类别为报告表，该导则配套 2015 版环评分类名录编制，附录 A 表格仅设置海底隧道、管道、电（光）缆工程报告书对应的地下水分类，无对应报告表的地下水分类；对照表中报告书项目地下水类别为 IV 类，本项目虽编制报告表，地下水环境影响评价项目类别参照同类工程确定为 IV 类。根据导则中“4.1 一般性原则：IV类建设项目不开展地下水环境影响评价。”因此，本项目不开展地下水环境影响评价。

3.3.2环境保护目标

3.3.2.1海域环境保护目标

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》和《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中对环境敏感区的定义，通过资料收集和查阅《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批）、“三区三线”划定成果等，确定本项目的环境敏感区与环境保护目标主要有：三线一单优先保护单元、生态保护红线、“三场一通道” 中南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区、黄花鱼幼鱼保护区等，各环境敏感目标与项目的最短距离、保护目标及环境保护要求见表 3.3.2-1，各环境敏感区与本项目的位置关系见附图 3-11。项目所在海域“三场一通”情况见图 3-12。

表 3.3.2-1 项目附近海洋环境敏感区分布列表

环境敏感点			位置关系	保护对象
类型		名称		
三线一单优先保护单元	《汕头市“三线一单”生态环境分区管控方案》和《印发汕头市2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果动态更新方案》	汕头珍稀濒危物种分布区（HY44050010029）	北侧，约 0.8km	珍稀濒危物种及其生境
生态保护红线	《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》	汕头珍稀濒危物种分布区	北侧，约 0.8km	珍稀濒危物种及其生境
三场一通道	《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批）	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目位于	幼鱼繁育场
		幼鱼、幼虾保护区	项目位于	幼鱼、幼虾
		蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区	项目位于	蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼
		黄花鱼幼鱼保护区	项目位于	黄花鱼幼鱼
珍稀海洋生物	/	中华白海豚	/	中华白海豚及其生境
		海龟	/	海龟及其生境
		鲎	/	鲎及其生境
		文昌鱼	东侧，约 9.2km	文昌鱼及其生境

3.3.2.2陆域环境保护目标

本项目声环境、陆域生态评价范围内无相应环境保护目标。

评价标准

3.4评价标准

3.4.1环境质量标准

1、海水水质标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）、《广东省人民政府办公厅关于调整汕头市近岸海域环境功能区划有关问题的复函》（粤办函〔2005〕659 号），本项目海域工程所在区域未划分近岸海域环境功能区划。近岸海域环境功能区划外的海域由于无海水水质管理目标，按海水水质标准符合性进行评价。

表 3.4.1-1 海水水质标准（单位：pH 无量纲，其余单位为 mg/L）

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤（COD）	2	3	4	5
溶解氧＞	6	5	4	3

生化需氧量≤（BOD_5）	1	3	4	5
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030	0.030	0.045
无机氮≤（以 N 计）	0.200	0.300	0.400	0.500
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
铜（Cu）≤	0.005	0.010	0.050	0.050
铅（Pb）≤	0.001	0.005	0.010	0.050
锌（Zn）≤	0.020	0.050	0.100	0.500
镉（Cd）≤	0.001	0.005	0.010	0.010
汞（Hg）≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷（As）≤	0.020	0.030	0.050	0.050
总铬（Cr）≤	0.050	0.100	0.200	0.500
硫化物≤（以硫计）	0.020	0.050	0.100	0.250
挥发性酚≤	0.005	0.005	0.010	0.050

2、海洋沉积物质量标准

海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002），本项目海域工程所在区域未划分近岸海域环境功能区划，近岸海域环境功能区划外的海域按沉积物标准符合性进行评价。

表 3.4.1-2 海洋沉积物质量标准（单位：$\times10^{-6}$，有机碳为%）

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

3、生物质量标准

双壳类贝类的海洋生物质量执行《海洋生物质量》（GB18421-2001），本项目海域工程所在区域未划分近岸海域环境功能区划，近岸海域环境功能区划外的海域按海洋生物质量标准符合性进行评价。

鱼类、甲壳类和软体类（含非双壳类贝类）的生物质量执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 规定的其他海洋生物质量参考值。

铬没有相应的评价标准，因此只做本底监测，不做评价

表 3.4.1-3 海洋生物（双壳类贝类）质量标准（GB18421-2001）（鲜重：mg/kg）

项目	第一类	第二类	第三类
总汞≤	0.05	0.10	0.30
砷≤	1.0	5.0	8.0
镉≤	0.2	2.0	5.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
铅≤	0.1	2.0	6.0
铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
石油烃≤	15	50	80

注：以贝类去壳部分的鲜重计

表 3.4.1-4 其他海洋生物体质量参考值（湿重： mg/kg）

生物类别 评价因子	软体动物（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
总汞	0.3	0.2	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20

4、环境空气质量标准

根据《汕头市人民政府关于印发<汕头市环境空气质量功能区划调整方案（2023 年）>的通知》（汕府〔2023〕38 号），项目海域工程选址位于海域，不属于汕头市环境空气质量功能区划范围。陆上监控中心位于二类大气环境功能区，参考执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）二级标准，2031 年 1 月 1 日前环境空气污染物基本项目实施过渡阶段浓度限值：2031 年 1 月 1 日起，实施基本项目浓度限值。

表 3.4.1-5 环境空气质量标准

污染物名称	取值时间	过渡阶段浓度限值（2031 年 1 月 1 日前）	浓度限值（2031 年 1 月 1 日起）	选用标准
SO_2	年平均	60μg/m³	20μg/m³	《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的二级标准
	日平均	150μg/m³	50μg/m³	
	1 小时平均	500μg/m³	150μg/m³	
NO_2	年平均	40μg/m³	30μg/m³	
	日平均	80μg/m³	50μg/m³	
	1 小时平均	200μg/m³	200μg/m³	
PM_{10}	年平均	60μg/m³	50μg/m³	
	日平均	120μg/m³	100μg/m³	
$PM_{2.5}$	年平均	30μg/m³	25μg/m³	
	日平均	60μg/m³	50μg/m³	
CO	日平均	4mg/m³	4 mg/m³	
	1 小时平均	10mg/m³	10 mg/m³	
O_3	日最大 8 小时平均	160μg/m³	160μg/m³	
	1 小时平均	200μg/m³	200μg/m³	

5、声环境质量标准

根据《汕头市人民政府办公室关于印发<汕头市声环境功能区划（2025 年）》的通知》（汕府办〔2025〕36 号），项目海域工程选址位于海域，不属于汕头市声环境功能区划范围。陆上监控中心位于 3 类声环境功能区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准。

表 3.4.1-6 声环境质量标准 单位：dB（A）

声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
0 类	50	40
1 类	55	45
2 类	60	50

3 类		65	55
4 类	4a 类	70	55
	4b 类	70	60

3.4.2污染物排放标准

1、水污染物排放标准

本工程施工期船舶产生的生活污水经收集上岸后，由船舶污染物接收单位接收运走，不得直接排放入海；船舶舱底油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，船舶上设置油水分离器或油污储罐，收集上岸后委托船舶污染物接收单位接收运走。

营运期运维船舶舱底油污水交由船舶污染物接收单位接收运走，陆域生活污水纳入市政污水管网，运维船生活污水收集上岸后交由船舶污染物接收单位接收运走。冷却水参照执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类标准。

表 3.4.2-1《海水水质标准》（GB3097-1997）—摘录

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
水温（℃）	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	

2、大气污染物排放标准

（1）船舶燃油废气

根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号），项目位于沿海控制区。项目施工期船舶和营运期运维船舶尾气二氧化硫、颗粒物、氮氧化物应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）硫氧化物和颗粒物排放控制要求与氮氧化物排放控制要求。

1）硫氧化物和颗粒物排放控制要求

①2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，大型内河船和江海直达船舶应使用符合新修订的船用燃料油国家标准要求的燃油；其他内河船应使用符合国家标准的柴油。2020 年 1 月 1 日起，海船进入内河控制区，应使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。

②2020 年 3 月 1 日起，未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用按照本方案规定应当使用的船用燃油。

③2022 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区海南水域，应使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。

④适时评估船舶使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油的可行性，确定是否要求自 2025 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。

2）氮氧化物排放控制要求

①2000 年 1 月 1 日及以后建造（以铺设龙骨日期为准，下同）或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段氮氧化物排放限值要求。

②2011 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

③2015 年 3 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

④2022 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的、进入沿海控制区海南水域和内河控制区的中国籍国内航行船舶，所使用的单缸排量大于或等于 30 升的船用柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。

⑤适时评估船舶执行《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求的可行性，确定是否要求 2025 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶，所使用的单缸排量大于或等于 30 升的船用柴油发动机满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。

（2）备用发电机尾气

本项目备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度达到广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表 2 中第二时段限值要求。

3、噪声排放标准

项目施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025），营运期陆上监控中心噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

表 3.4.2-4 建筑施工场界环境噪声排放限值

标准号	控制标准	噪声限值	
		昼间 dB(A)	夜间 dB(A)
GB 12523-2025	《建筑施工噪声排放标准》	70	55

表 3.4.2-3 工业企业厂界环境噪声排放标准 单位：dB(A)

时段 边界处声环境功能区类型	昼间	夜间
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

4、固体废物

本项目的施工船舶和营运期运维船生活垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的船舶垃圾排放控制要求收集后交由船舶污染物接收单位接收运走，不得倾倒入海；陆域施工人员和营运期工作人员生活垃圾通过及时收集和进行分类后，交由当地环卫部门统一外运进行处理。一般固废暂存、处置过程执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

其他

3.5其他

1、污染物总量控制原则

实施污染物排放总量控制是保证实现环境保护总体目标的需要。为了实现环境保护总体目标，必须严格控制污染物排放总量。

对污染物排放总量进行控制的原则是，将给定区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定数量之内，使环境质量可以达到规定的环境目标。污染物总量控制方案的确定，在考虑污染物种类、污染源影响范围、区域环境质量、环境功能以及环境管理要求等因素的基础上，结合项目实际条件和控制措施的经济技术可行性进行，提出污染物总量控制思路：

（1）按管理部门批准的区域进行施工作业；

（2）采用全方位总量控制思想，引进先进技术，实现清洁生产，降低污染物的排放水平，实现达标排放；

（3）满足地方环境管理要求，参照区域总量控制规划，使项目造成的环境影响低于项目所在地区的环境保护目标控制水平。

2、污染物总量控制方案与建议

根据本项目污染物产生及排放情况，不设置总量控制目标。

四、生态环境影响分析

施工期生态环境影响分析

4　生态环境影响分析

4.1施工期生态环境影响分析

4.1.1工艺流程

1、数据舱施工工序与产污分析

数据舱施工主要污染环节为：打桩时产生的噪声和悬浮物；施工船舶和机械产生的废水、废气以及固体废弃物等。其中废水主要为船舶生活污水和船舶含油污水；废气主要为施工船舶和机械燃油废气；固体废弃物主要为施工人员生活垃圾以及生产垃圾等。主要工程施工工序及产污环节见图 4.1.1-1。

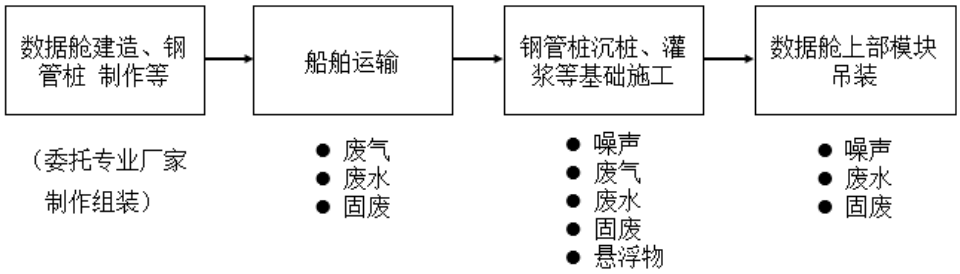


图 4.1.1-1 数据舱施工工序与产污环节图

2、光电复合海缆施工工序与产污分析

光电复合海缆施工主要污染环节为：截断与打捞回收原有 66kV 光电复合海缆、埋设犁过程中以及埋设海缆过程中产生的悬浮物；施工船舶、运输船舶及其他施工机器设备的燃油废气、噪声、含油废水等；同时还有施工人员的生活污水和生活垃圾。主要工程施工工序及产污环节见图 4.1.1-2 和图 4.1.1-3。

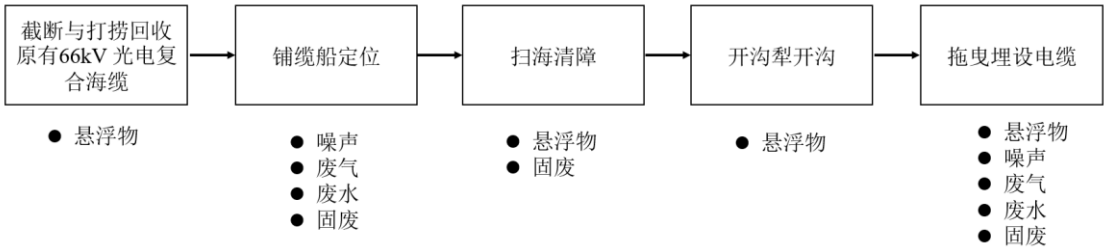


图 4.1.1-2 原有 66kV 光电复合海缆主要施工工序与产污环节图

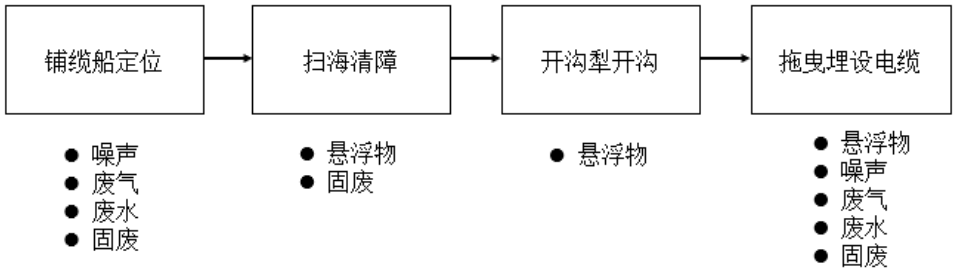


图 4.1.1-3 新建 66kV 光电复合海缆主要施工工序与产污环节图

3、陆上监控中心施工

陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目1#综合楼第一层，不涉及土建工程，主要是内部装修和设备安装等施工活动造成的生活污水、噪声、固废等。

4.1.2施工期污染源强分析

1、悬浮泥沙

（1）扫海清障作业

扫海作业主要对海缆铺设路由两侧 50m 进行，采用声呐仪器扫海，发现障碍物才进行打捞回收，因此悬浮泥沙污染仅在打捞点发生。打捞的障碍物主要是缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，悬浮泥沙源强小于 1kg/s（抓斗船小型作业强度悬沙源强），影响时间为打捞的瞬间。总体来看，扫海清障作业悬浮物影响很小，相比海缆铺设作业产生的悬沙源强，扫海源强基本可以忽略。

（2）钢管桩施工

根据文献《码头工程钻孔灌注桩施工产生的悬浮泥沙影响研究》（陈华伟，港口技术 2023 年），参考灌注桩的公式，并结合钢管桩沉桩工艺，对钢管桩施工悬浮泥沙量进行计算，

工程钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算：

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

其中，M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：钢管桩直径，m；

d：钢管桩厚度，m；

h：桩基入泥深度，m；

ρ：覆盖层泥沙浓度，根据报告计算，为 1022.31kg/m^3；

n：泄漏量，按照垢工量的 5%估算。

本工程数据中心采用 4 根钢管桩定位于海底，每根桩基础直径为 3.5m，壁厚为 60~80mm（取值 80mm），平均入土深度约为 94m。每根基础钢管桩打桩施工时间约 6 小时。

根据上述计算公式，单根基础钢管桩打桩施工产生的悬浮物源强=[0.25×π×3.5^2-0.25×π×（3.5-0.08）^{2}]×94×1022.31×5%÷6÷3600=0.097kg/s。

（3）光电复合海缆敷设

光电复合海缆敷设时，开沟犁开槽会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。

海缆敷设悬沙源强计算方法：

$$Q=L\times H\times W\times\gamma s\times P$$

Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，L 为开挖进度，γ_s 为泥沙干容重，H 为开挖深度，W 为开挖横截面宽度，P 为悬浮泥沙所占挖沙量比例。其中悬浮泥沙所占挖沙量比例 P 一般是结合

同类工程经验或现场监测数据进行推算。

根据《潮汐通道口拦门沙航道的淤积计算》（罗肇森），泥沙干容重按照经验公式计算，γ_d=1750$D_{50}^{0.183}$，D_{50} 为泥沙中值粒径。根据实测资料 LM16、LM17 中值粒径均值约为 0.053mm，计算得到泥沙干容重为 1022.31kg/m^3。

海缆通过“埋设犁”敷设在泥面下约 3m 深处，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 5m/min。根据海洋科学 2021 年第 45 卷第 6 期《海洋工程施工悬浮泥沙源强及扩散规律研究进展》（张琴），管线埋设产生的悬浮泥沙源强由埋设横截面积、埋设速度、沉积物干容重和起悬比相乘计算得到，起悬比一般均采用 10%~30%。根据类似工程施工经验，单条海缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20%计。由此计算得到单条海缆施工的悬浮物源强为 Q=L×H×W×γs×P=5m/min×3m×（0.3+0.5）/2m×1022.31kg/m^3×20%÷60s=20.45kg/s。

（4）打捞现有 66kV 光电复合海缆

本项目拟采用布锚船绞车对提升打捞现有 66kV 光电复合海缆，速度控制为 0.3m/s～0.5m/s，按拔起速度 0.4m/s 计算，海缆直径为 0.146m，现有 66kV 光电复合海缆捞起段埋深不足 1m，保守按 1m 计，由面积、拔起速度、沉积物干容重和起悬比相乘计算得到，起悬比一般均采用 10%~30%。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20%计。泥沙干容重为 1022.31kg/m^3。由此计算得到单条海缆拔起施工的悬浮物源强为 Q=0.4m/s×0.146m×1m×1022.31kg/m^3×20%=11.94kg/s。

2、废水

（1）船舶舱底油污水

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）（2019 年修订），每艘 500 吨以下的船舶舱底油污水产生量按 0.14t/d 计，每艘 1000~3000 吨的船舶舱底油污水产生量按 0.54t/d 计，每艘 3000~7000 吨的船舶舱底油污水产生量按 1.39t/d 计，每艘 7000~15000 吨的船舶舱底油污水产生量按 3.08t/d 计。船舶油污水的含油浓度为浓度在 2000~20000mg/L 之间，本次评价取 10000mg/L 计算。则本项目施工船舶含油污水最大产生量为 23.55t/d，油类污染物产生量为 235.5kg/d。

表 4.1.2-1 船舶舱底油污水产生量

船舶吨级（t）	船舶数量（艘）	舱底油污水产生量（t/d 污艘）	油污水产生总量（t/d）	含油浓度（mg/L）	油类污染物产生量（kg/d）
500 吨及以下	7	0.14	0.98	10000	9.8
1000~3000 吨	5	0.54	2.7		27
3000~7000 吨	1	1.39	1.39		13.9
7000~15000 吨	6	3.08	18.48		184.8
合计	19	/	23.55	/	235.5

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

岸，委托船舶污染物接收单位接收运走。

（2）船舶施工人员生活污水

本项目按高峰期施工船舶施工人员约计 70 人。参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶工作人员生活用水量按 100L/人·d，污水发生量按 85%计，则人均生活污水排放量为 85L/人·d，计算可得高峰期船舶作业人员生活污水产生量为 5.95m³/d。本项目施工船舶生活污水采用船上配备的储污水箱进行收集和贮存，定期交由船舶污染物接收单位接收运走。

（3）陆域施工人员生活污水

项目陆域施工人员高峰期施工人员约 30 人，产生的生活污水依托所在综合楼的排水系统纳入市政污水管网。根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中提供的系数和计算方法来估算，项目所在的广东属于五区，主要污染物指标和产生系数见表 4.1.2-2。

表 4.1.2-2 五区城镇生活源水污染物产排校核系数

城市分类	污染物指标	单位	产生系数平均值	每日产污情况（t/d）
五区	人均日生活用水量	L/（人·天）	240	7.2
	折污系数	无量纲	0.89	/
	人均日生活污水量	L/（人·天）	213.6	6.408
	化学需氧量	mg/l	285	0.0018
	氨氮	mg/l	28.3	0.00018
	总氮	mg/l	39.4	0.00025
	总磷	mg/l	4.10	0.000026

（4）灌浆溢流

本工程桩基基础施工时，钢管桩插打完成后需对其进行水泥砂浆浇筑，灌浆作业利用钢套箱进行水泥砂浆浇注作业。基础打桩及灌浆不会产生多余废土。基础灌浆施工将灌浆密封圈设置在灌浆连接段底部，灌浆料通过灌浆管线泵入灌浆连接段后，再经灌浆分配槽均匀充盈内部空间；施工全过程实时把控灌浆压力，同时安排潜水员配合视频监控设备对灌浆溢流孔进行全程实时监测，当溢浆孔出现灌浆料溢出时，即代表环形灌浆空间已灌满，可第一时间停止注浆作业，精准控制灌浆量、避免浆液无谓外泄，有效减少多余浆料流入海域，最大程度降低基础灌浆施工对周边海洋水体及生态环境造成的不良影响。

3、废气

大气污染主要来源于施工机械、船舶排放的尾气，其产生的主要决定因素为燃料油种类、机械性能、作业方式和风力等，其中机械性能、作业方式的影响最大，排出的各类废气主要污染物为 SO_2、CO、NO_x、颗粒物、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 及碳氢化合物等。项目位于《船舶大气污染物排放控制区》划定的“排放控制区”内。海船进入排放控制区，应使用符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交通运输部，交海发〔2018〕168 号）船用燃油，燃油燃烧废气产生量不大，影响范围、时间有限，项目处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，且评价范围内没有大气敏感点，对周边环境影响有限。

4、噪声

本项目海上施工噪声主要来自于来往施工船舶航行噪声和打桩噪声。本项目施工期的海上施工船舶主要包括敷缆船、拖轮、起重船、交通船等，这类施工船舶的噪声源强在75~110dB(A）之间，打桩噪声源强约在250dB(A）。

陆上监控中心施工期间产生的影响主要是由于设备运输、安装时产生的噪声等。

5、固体废物

（1）施工船舶生活垃圾

本项目按高峰期施工船舶施工人员约计 70 人。参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）（2019 修订版），船舶作业人员生活垃圾产生量按 1.5kg/d·人计，则本项目船舶生活垃圾产生量为 105kg/d。

（2）陆域生活垃圾

陆域工程施工高峰期作业人员约为30人，生活垃圾按每人每天产生1.0kg计，则生活垃圾产生量为30kg/d。陆域生活垃圾分类收集后交环卫部门统一处理。

6、施工期污染源强汇总

本工程施工期污染源强汇总详见下表4.1.2-3。

表 4.1.2-3 工程施工期污染源强及拟采取污染防治措施

环境要素	污染源	主要污染物	污染物源强	拟采取污染防治措施
水环境	扫海障碍物打捞	悬浮泥沙	1kg/s	自然沉降
	钢管桩打桩施工	悬浮泥沙	0.097kg/s	自然沉降
	海缆敷设	悬浮泥沙	20.45kg/s	自然沉降
	打捞现有 66kV 光电复合海缆	悬浮泥沙	11.94kg/s	自然沉降
	施工船舶舱底油污水	污水	23.55t/d	收集上岸后交由船舶污染物接收单位接收运走
		石油类	235.5kg/d	
	施工船舶生活污水	COD、氨氮等	5.95m³/d	收集上岸后交由船舶污染物接收单位接收运走
	陆域施工人员生活污水	COD、氨氮等	6.408t/d	依托所在综合楼的排水系统纳入市政污水管网
	灌浆溢流	水泥砂浆	少量	自然沉降
环境空气	施工机械设备、船舶尾气	SO_2、NO_x	/	采用油耗低的机械设备，保证施工机械正常运行
声环境	施工船舶、设备噪声	等效 A 声级	75~110dB(A)	设备选型、减振、加强保养
	设备运输、安装时产生的噪声	等效 A 声级	/	加强施工管理
固体废物	施工船舶生活垃圾	生活垃圾	105kg/d	分类收集后交由船舶污染物接收单位接收运走
	陆域生活垃圾	生活垃圾	30kg/d	分类收集后交环卫部门处理

4.1.3施工期影响分析

4.1.3.1对水文动力环境的影响

1、三维水动力模式

三维水动力数学模型是基于三维不可压缩流，雷诺平均化的 N-S 方程，服从 Boussinesq 假定和静水压力假设，它包括了紊流影响以及密度变化，同时包含了温度平衡方程：

（1）控制方程

$$\sigma=\frac{z-\eta}{H+\eta} \qquad D=H+\eta \qquad z=\eta,\sigma=0;\ \ z=-H,\sigma=-1$$

$$\frac{\partial\eta}{\partial t}+\frac{\partial uD}{\partial x}+\frac{\partial vD}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial\sigma}=0$$

$$\frac{\partial uD}{\partial t}+\frac{\partial u^2D}{\partial x}+\frac{\partial uvD}{\partial y}+\frac{\partial uw}{\partial\sigma}-fvD+gD\frac{\partial\eta}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial\sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial u}{\partial\sigma}\right]$$

$$-\frac{gD}{\rho}\frac{\partial}{\partial X}\int_\sigma\rho d\sigma+\frac{gD}{\rho}\frac{\partial D}{\partial X}\int_\sigma\sigma\frac{\partial\rho}{\partial\sigma}d\sigma+F_X$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t}+\frac{\partial uvD}{\partial x}+\frac{\partial v^2D}{\partial y}+\frac{\partial vw}{\partial\sigma}+fuD+gD\frac{\partial\eta}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial\sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial v}{\partial\sigma}\right]$$

$$-\frac{gD}{\rho}\frac{\partial}{\partial y}\int_\sigma\rho d\sigma+\frac{gD}{\rho}\frac{\partial D}{\partial y}\int_\sigma\sigma\frac{\partial\rho}{\partial\sigma}d\sigma+F_Y$$

$$F_X=\frac{\partial}{\partial x}\left[2DA_H\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$F_Y=\frac{\partial}{\partial y}\left[2DA_H\frac{\partial v}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

其中：

H－平均海平面下水深(m)

η －平均海平面起算水位（m）

u －x 方向（东方向）流速（m/s）

v －y 方向（北方向）流速（m/s）

$w-\sigma$ 坐标系流速（m/s），方向为等σ 线的法线方向，它与三维直角坐标系下垂向流速 W 的关系为：

$$w=W-u\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial x}+\frac{\partial\eta}{\partial x}\right)-v\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial y}+\frac{\partial\eta}{\partial y}\right)-\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)$$

f －科氏参数

A_H －水平湍流粘滞系数，取 23m^2/s。

A_M －垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

ρ_0为参考密度，取 1025kg/m^3；ρ 为海水密度，由海水状态方程计算。

温盐输运输运扩散方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial \mathrm{t}}+u\frac{\partial CD}{\partial x}+v\frac{\partial CD}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_M\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_M D\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_v}{D}\frac{\partial C}{\partial \sigma}\right)$$

其中，C分别代表温度或盐度。K_M 为水平扩散系数同样采用Smagorinsky公式计算，K_v 为垂向扩散系数，由双方程湍动能封闭模型求得。

（2）初始条件

初始速度场，水位场（开边界除外）均为0。

（3）边界条件

①在自由表面上（ $\sigma=0$ ）：

$w(0)=0$

$\rho_0 K_M(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\frac{\partial v}{\partial \sigma})=(\tau_{ax},\tau_{ay})$ ， τ_{ax},τ_{ay} 为海表风应力在x、y方向上的分量，表达式为：

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

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

$$C_D=\begin{cases}1.2\times10^{-3} & |\vec{\mathrm{W}}_{\mathrm{a}}|\le 11\ \text{(m/s)}\\ (0.49+0.065|\vec{W}_a|)\times10^{-3} & 11<|\vec{\mathrm{W}}_{\mathrm{a}}|\le 25\ \text{(m/s)}\\ 2.1\times10^{-3} & |\vec{\mathrm{W}}_{\mathrm{a}}|>25\ \text{(m/s)}\end{cases}$$

不考虑大气与水热交换：

$$w\,C+K_V\frac{\partial C}{\partial \sigma}=0$$

②在海底（ $\sigma=-1$ ）：

$w(-1)=0$

$\rho_w A_M(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\frac{\partial v}{\partial \sigma})=(\tau_{bx},\tau_{by})$ ， τ_{bx},τ_{by} 为海底切应力x、y方向上的分量，表达式为：

$\vec{\tau}_b=\rho_w C_z|\vec{V}_b|\vec{V}_b$

其中，$C_z=\max\left[\frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)},0.0025\right]$，$k$ 是 Karman 常数（一般取值 0.4），z_b 是离海底最近的网格结点与海底的距离，z_0 为海底粗度，取0.01m。

不考虑海底热盐交换：$-K_V\frac{\partial C}{\partial \sigma}-w_b C_b=0$

③侧边界条件：

在固边界上，流的法向分量恒为零，$\vec{V}(x,y,\sigma,t)=0$，无热、盐交换。

在开边界上，外海开边界来源与全球潮汐模型，采用 8 个分潮调和常数计算潮位边界，8个分潮分别为 M_2、S_2、N_2、K_2、K_1、O_1、P_1、Q_1。

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^{8} A_i f_i \cos(w_i t + (V_0 + u_0) - \phi_i)$$

式中，η_0 为平均潮位，A 为分潮振幅，ω 为分潮角速率，f 为交点因子，t 是区时，$(V_0 + u_0)$ 是平衡潮展开分潮的区时初相角，ϕ 为区时迟角。

（4）干湿边界

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

（5）计算方法

对笛卡儿坐标系下的控制方程的归一化：

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

其中：

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

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

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

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

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:：

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

2、模型搭建与验证

（1）模型搭建

水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数分为 5 层，每层厚度为 0.2H，计算三维变量，按稳定性要求 $\frac{\Delta t}{2}<\frac{\alpha\cdot\Delta s}{\sqrt{gH_{\max}}}$，$\alpha$=1~3，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

模型求解采用非结构网格中心网格有限体积法求解，其优点为计算速度较快，非结构网格可以拟合复杂地形。模型共布置 156276 个网格，80810 个节点，采用三角形网格离散计算区域，最大网格尺寸为 5000m，最小网格尺寸为 3m。数据中心为四桩导管，导管直径为 3.5m，模型在计算过程中将导管桩基概化为实体，导管桩基网格尺寸为 3.5m。模型计算范围及网格布置见图 4.1.3-1。

水深地形资料：大范围模型水深资料为工程附近最新海图水深与 ETOP1 全球地形数据库水深资料融合；工程区小模型地形数据采用中国人民解放军海军司令部航海保证部最新版海图资料读取，项目所在区域采用最新实测地形数据进行校正。地形加载到网格中进行插值，得到模型计算地形见图 4.1.3-2。

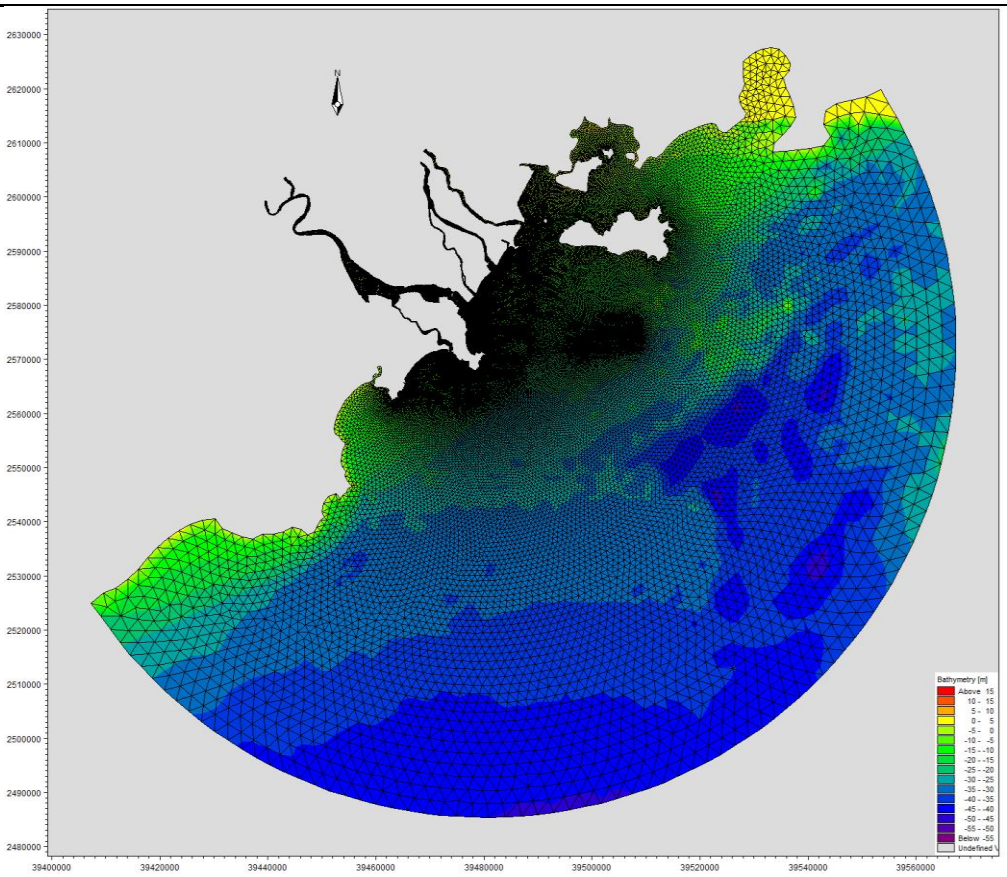


图 4.1.3-1 模型计算范围

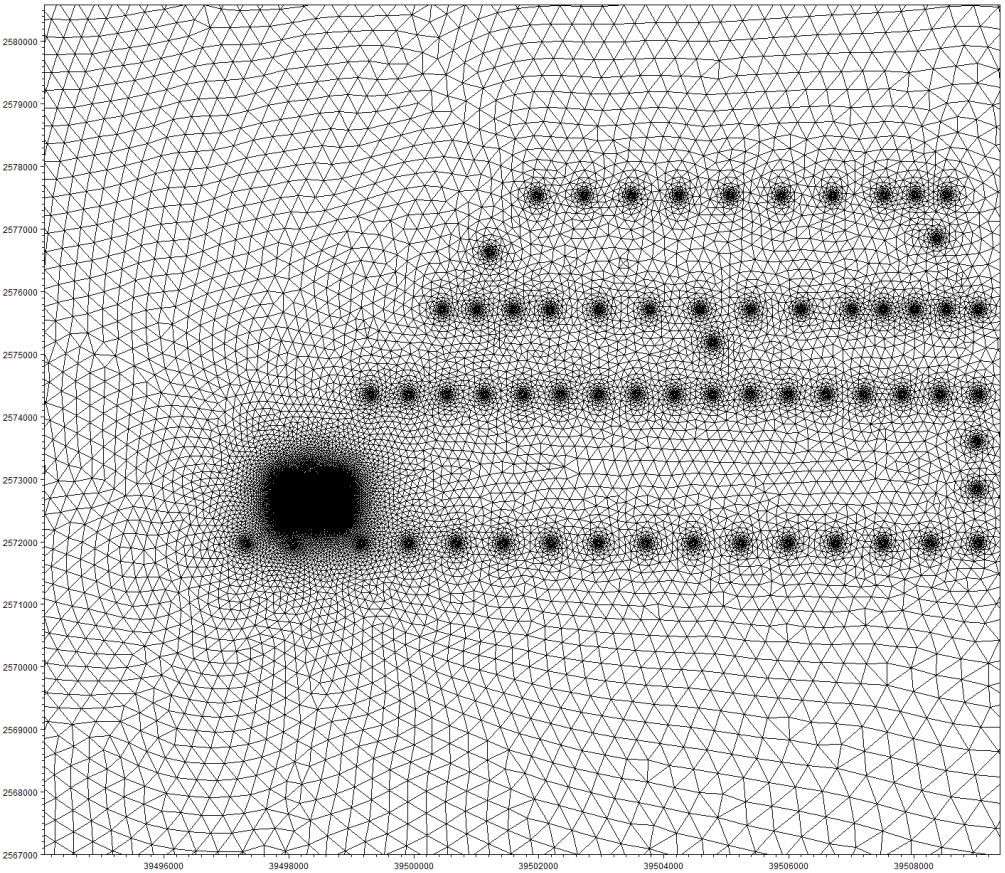


图 4.1.3-2 工程区网格剖分图

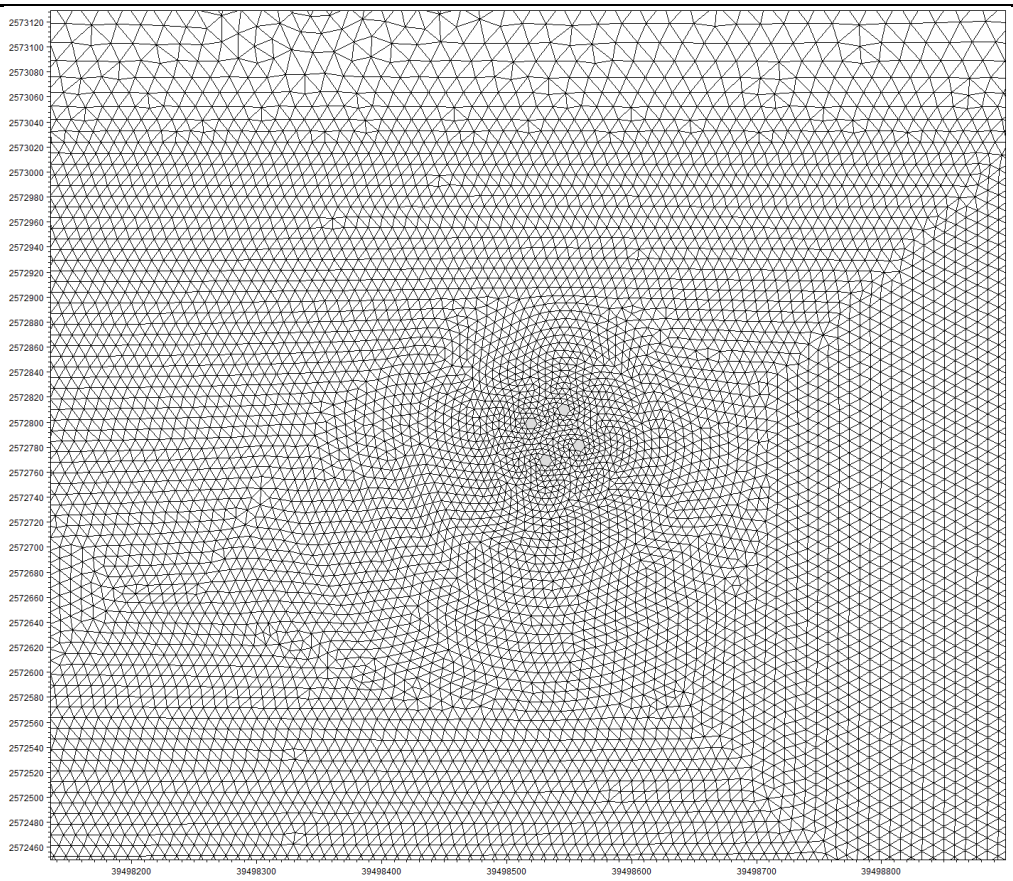


图 4.1.3-3 桩基局部网格剖分图

（2）模型验证

模型计算时间为 2018 年 3 月 1 日 0:00~2018 年 3 月 15 日 0:00，采用 2018 年 3 月 2 日 11 时～2018 年 3 月 3 日 13 时工程区附近海域 9 个测站的潮流资料以及 3 个潮位测站观测资料对模型进行验证，图 4.1.3-4 给出了 3 个实测潮位站潮位过程计算值与实测值的比较图。图 4.1.3-5~图 4.1.3-13 给出了 9 个潮流实测站位表层、0.6 层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图。

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 0.06m。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 9 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，流速流向值的相对误差大部分在 10%以内，表明所建模型能够反映工程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 4.1.3-1 模型验证误差分析一览表

验证项目	验证误差
高低潮时间相位差（h）	0.5

高低潮潮位偏差（cm）	6
流速时间相位差（h）	0.5
平均流速偏差（%）	9.2
平均流向偏差（%）	8.5

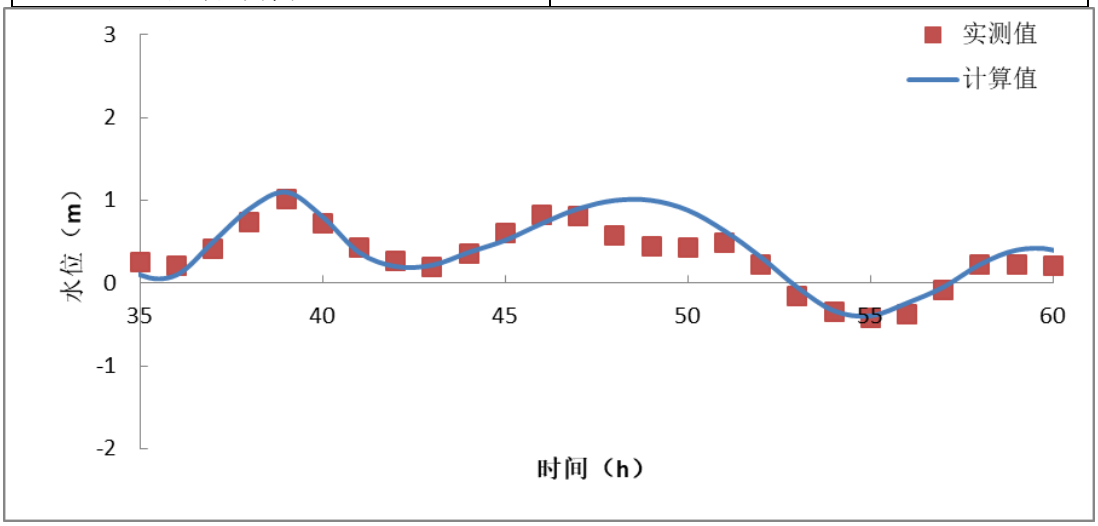


图 4.1.3-4a T1 站潮位验证

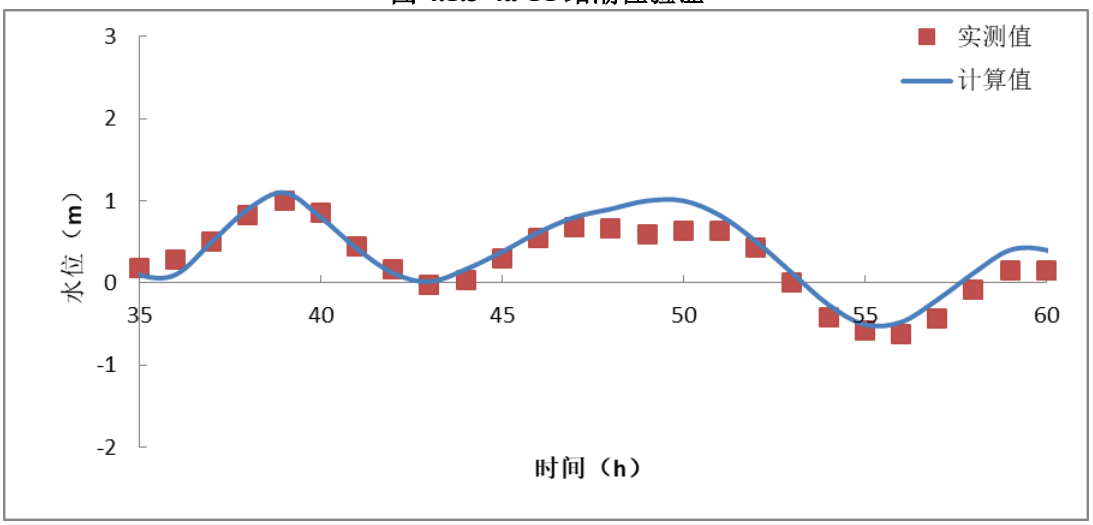


图 4.1.3-4b T2 站潮位验证

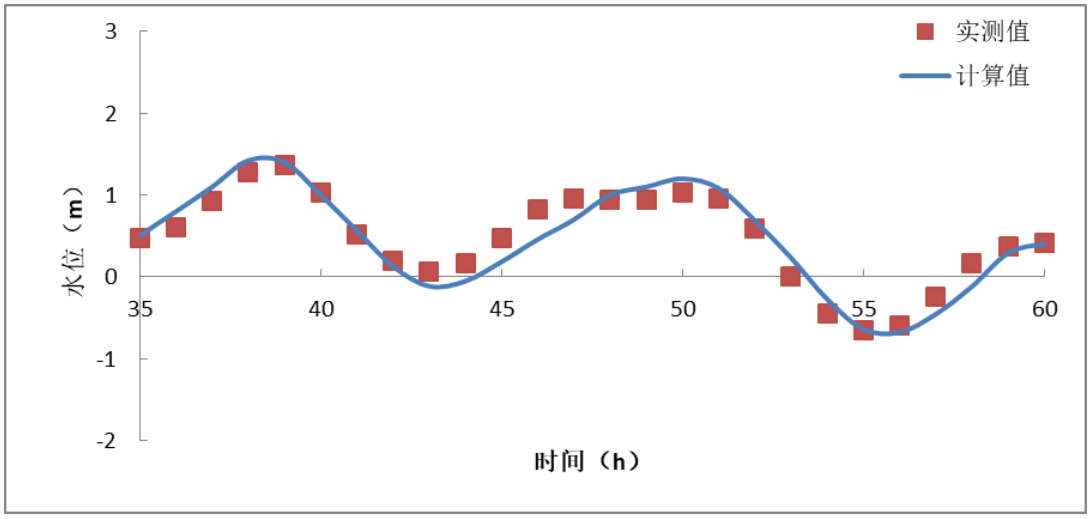


图 4.1.3-4c T3 站潮位验证

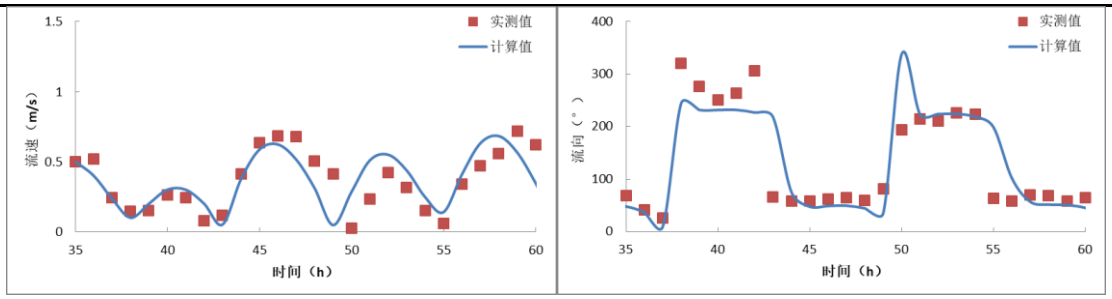


图 4.1.3-5a C1 站流速、流向验证（表层）

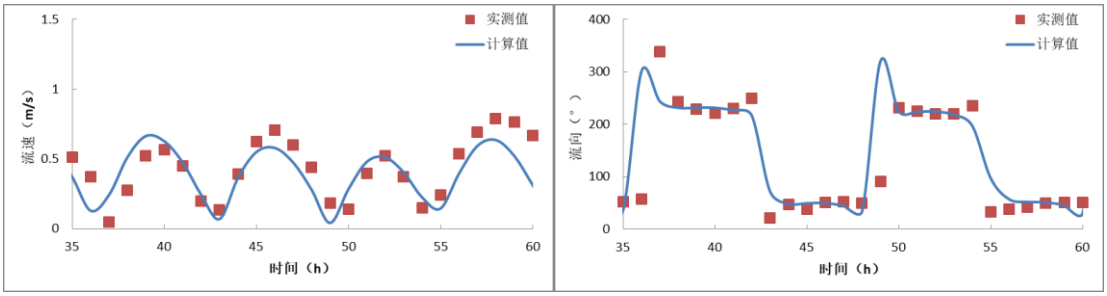


图 4.1.3-5b C1 站流速、流向验证（中层）

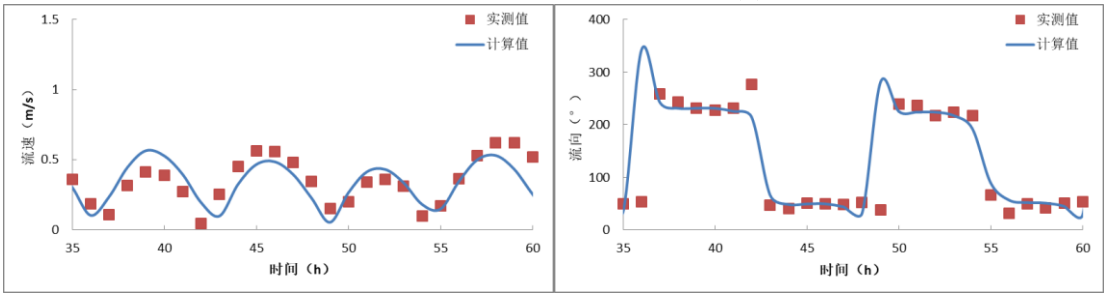


图 4.1.3-5c C1 站流速、流向验证（底层）

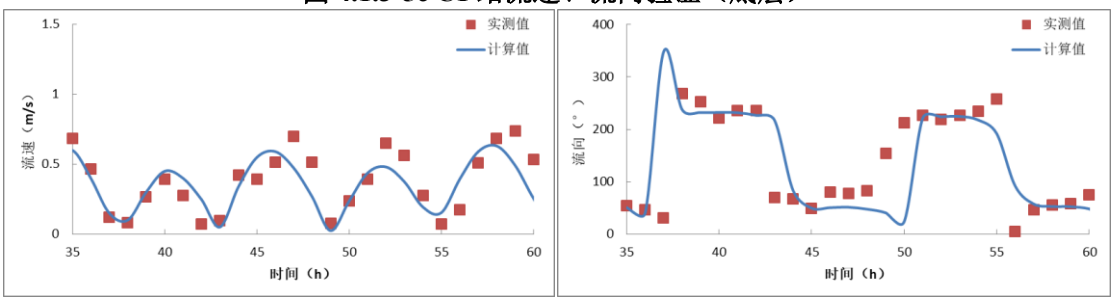


图 4.1.3-6a C2 站流速、流向验证（表层）

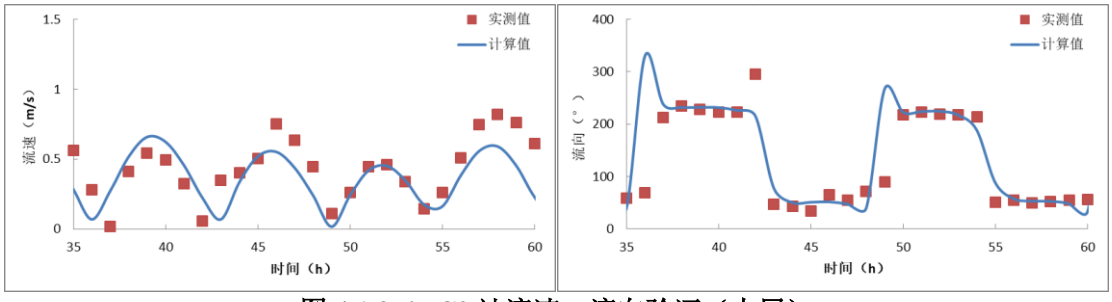


图 4.1.3-6b C2 站流速、流向验证（中层）

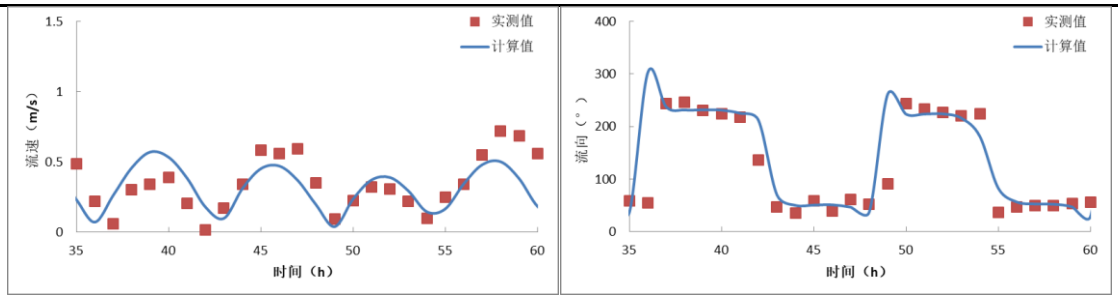


图 4.1.3-6c C2 站流速、流向验证（底层）

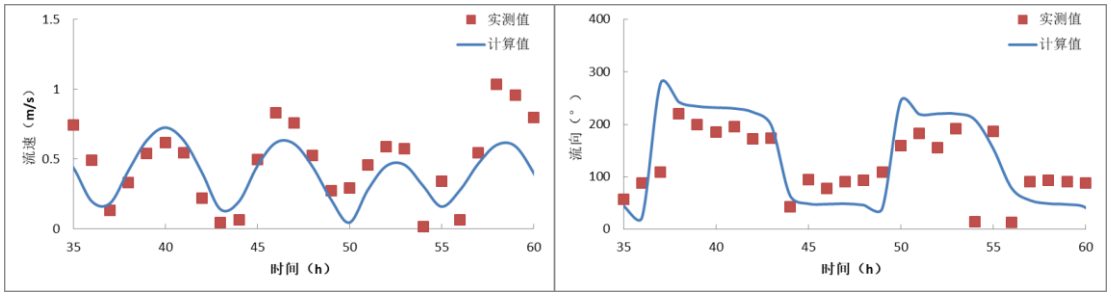


图 4.1.3-7a C3 站流速、流向验证（表层）

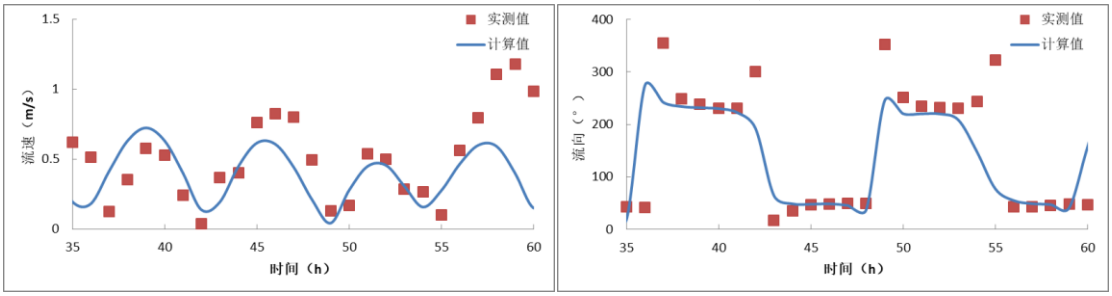


图 4.1.3-7b C3 站流速、流向验证（中层）

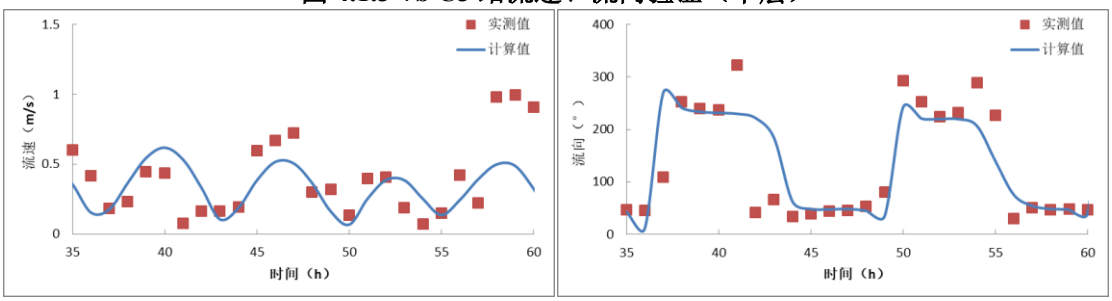


图 4.1.3-7c C3 站流速、流向验证（底层）

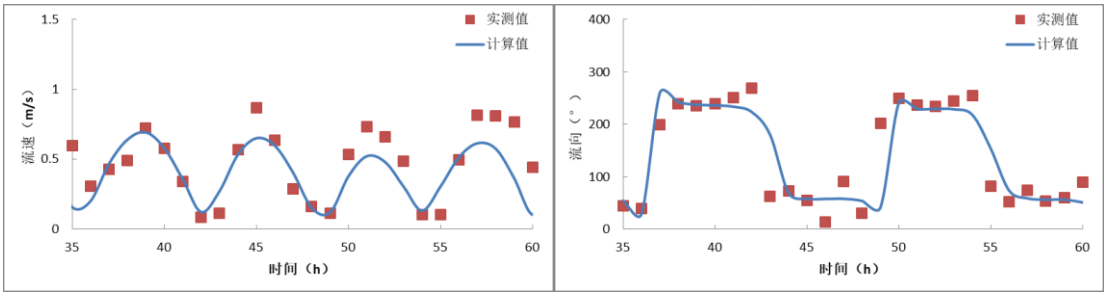


图 4.1.3-8a C4 站流速、流向验证（表层）

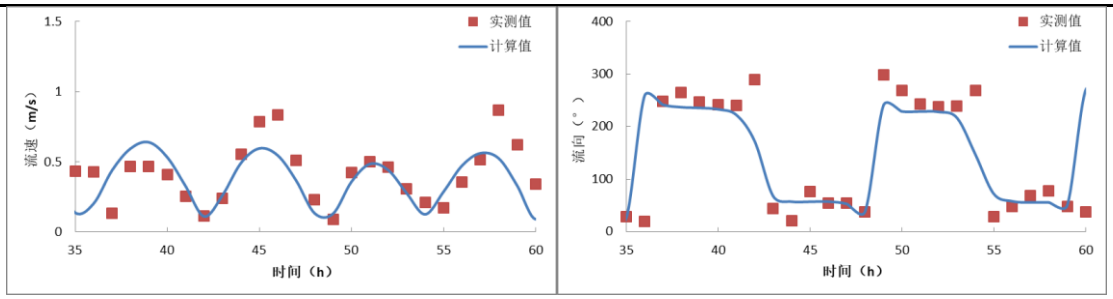


图 4.1.3-8b C4 站流速、流向验证（中层）

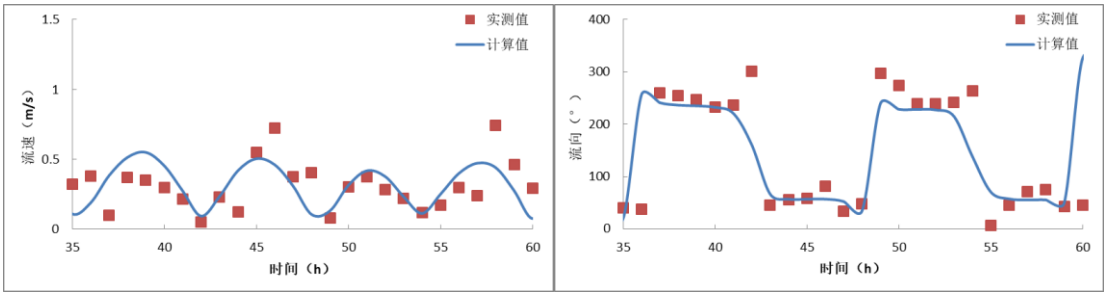


图 4.1.3-8c C4 站流速、流向验证（底层）

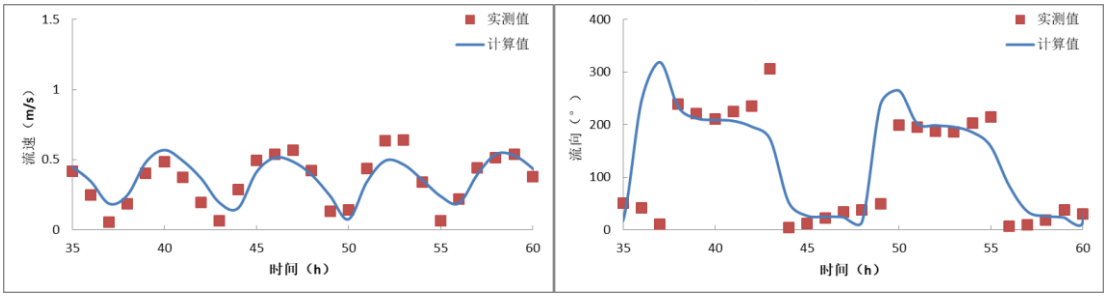


图 4.1.3-9a C5 站流速、流向验证（表层）

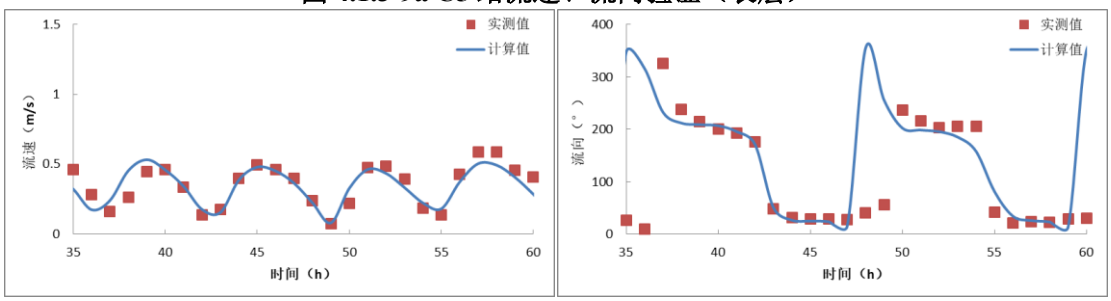


图 4.1.3-9b C5 站流速、流向验证（中层）

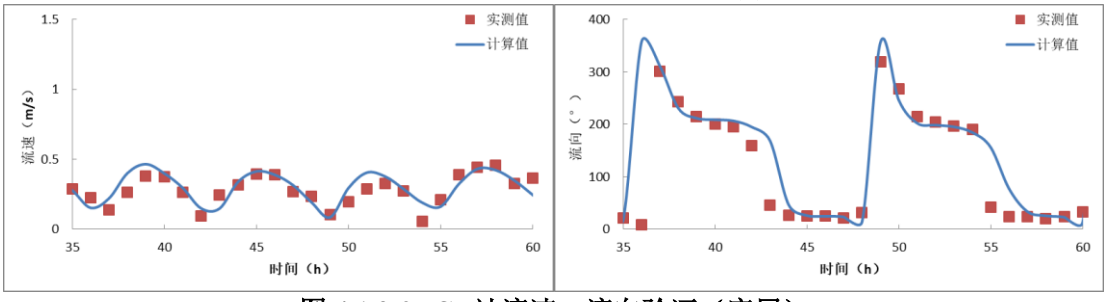


图 4.1.3-9c C5 站流速、流向验证（底层）

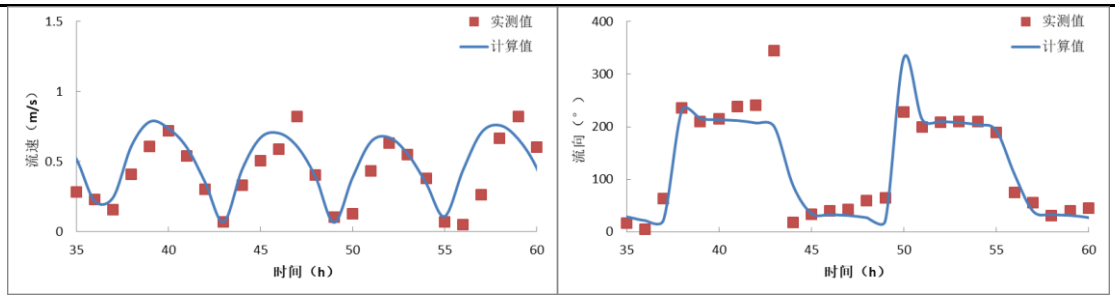


图 4.1.3-10a C6 站流速、流向验证（表层）

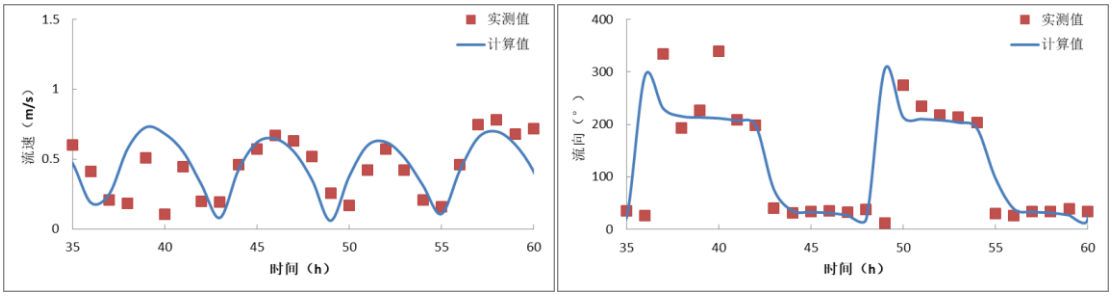


图 4.1.3-10b C6 站流速、流向验证（中层）

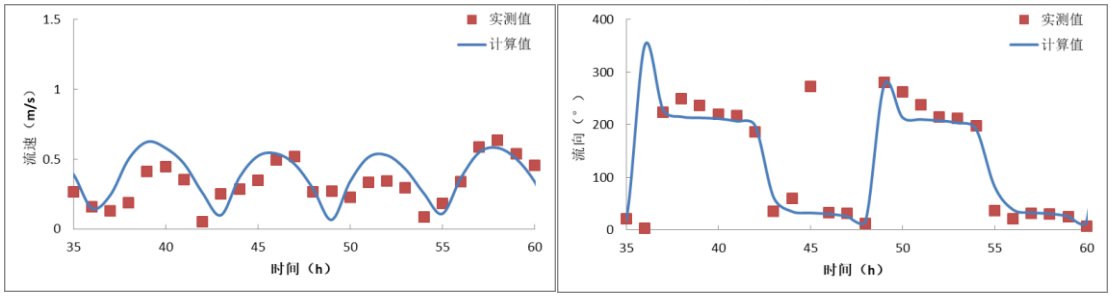


图 4.1.3-10c C6 站流速、流向验证（底层）

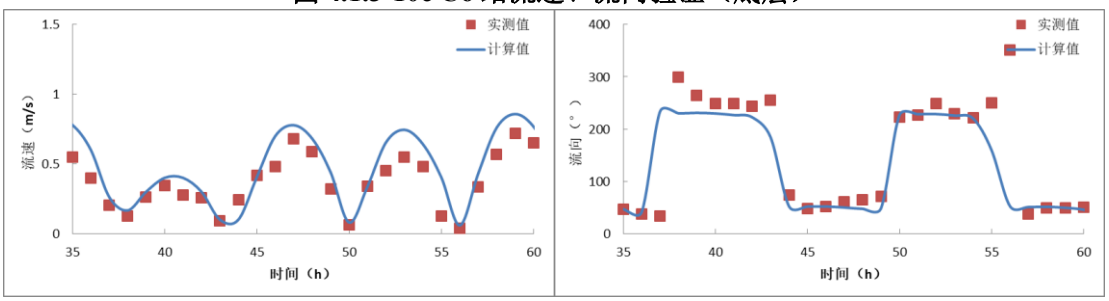


图 4.1.3-11a C7 站流速、流向验证（表层）

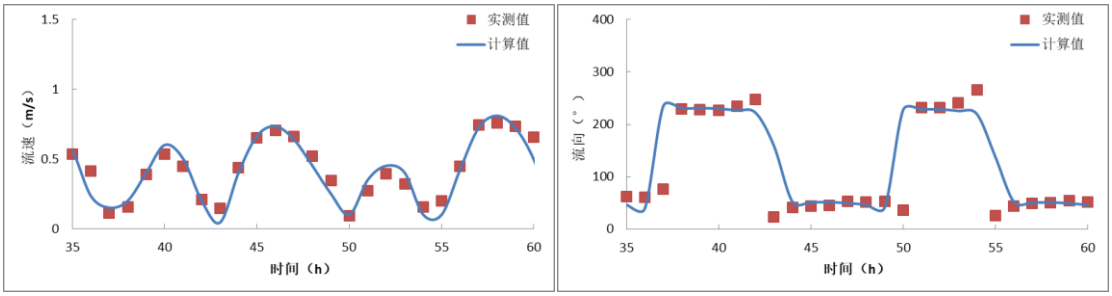


图 4.1.3-11b C7 站流速、流向验证（中层）

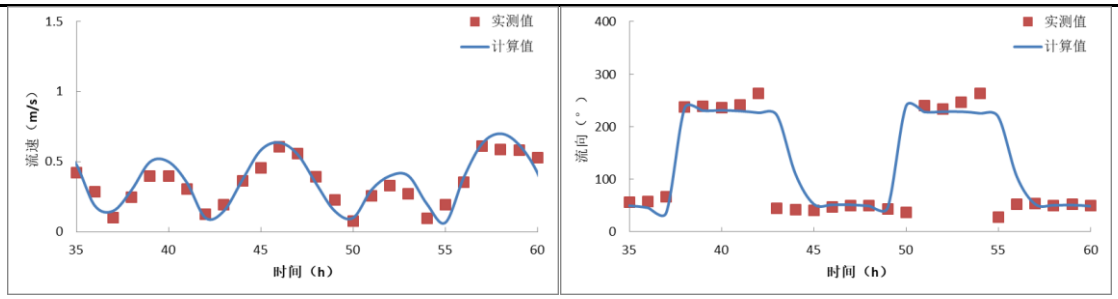


图 4.1.3-11c C7 站流速、流向验证（底层）

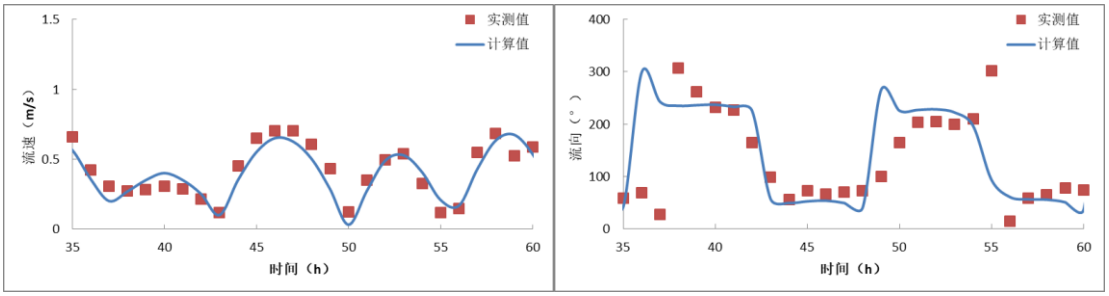


图 4.1.3-12a C8 站流速、流向验证（表层）

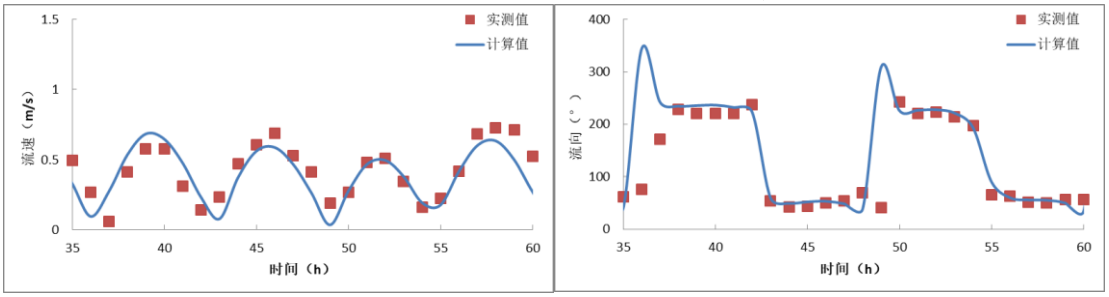


图 4.1.3-12b C8 站流速、流向验证（中层）

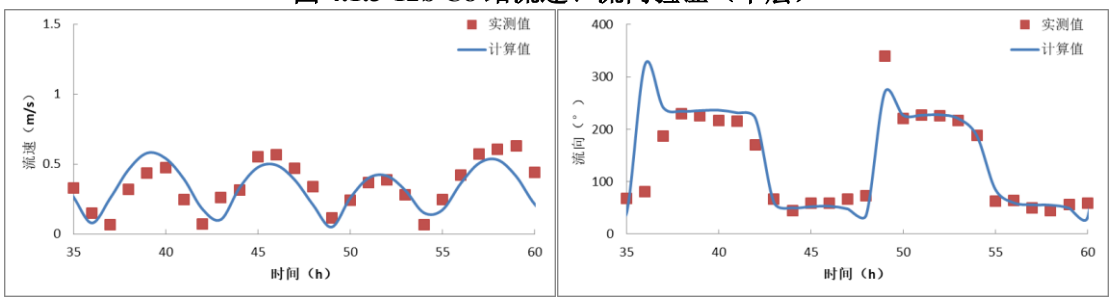


图 4.1.3-12c C8 站流速、流向验证（底层）

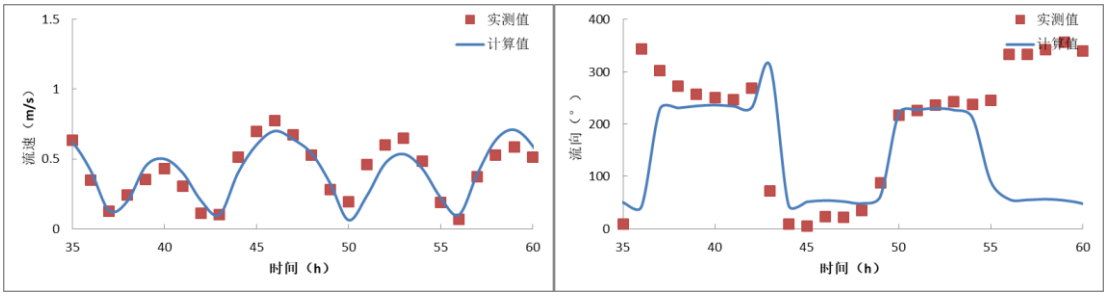


图 4.1.3-13a C9 站流速、流向验证（表层）

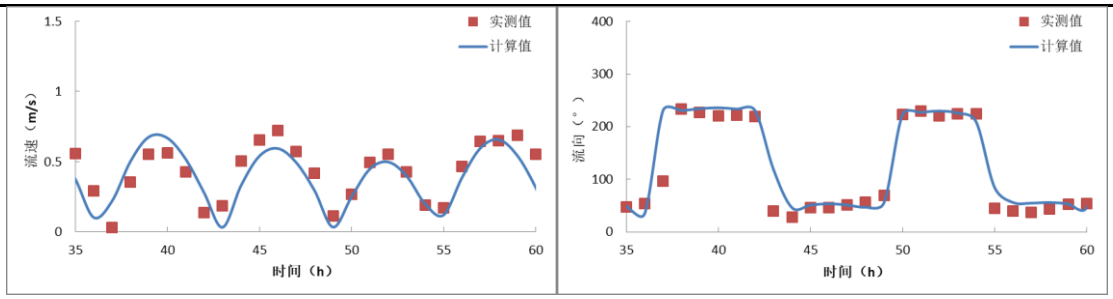


图 4.1.3-13b C9 站流速、流向验证（中层）

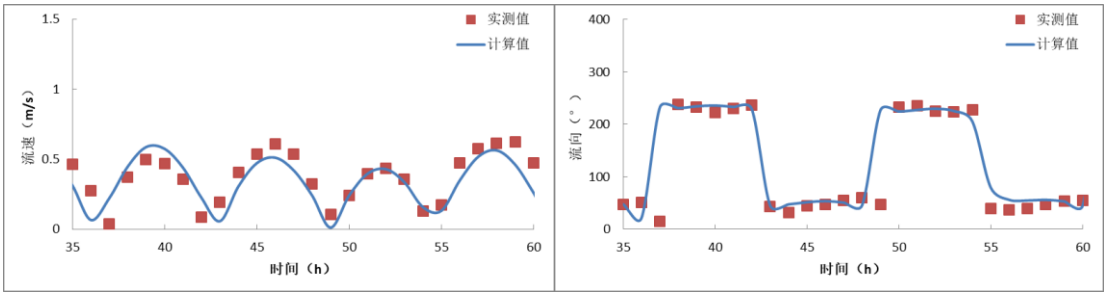


图 4.1.3-13c C9 站流速、流向验证（底层）

3、现状海流分析

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 4.1.3-14～图 4.1.3-19 是项目附近海域表、中、底层大潮期涨急、落急流场图，落潮流速略大于涨潮流速，落急时刻工程区表层流速约为 0.65m/s 左右，涨急时刻约为 0.6m/s 左右，流速随水深而减小。实测资料和流场的数值计算结果表明，项目所在位置周边海域海流较强，海流方向多变化，情况复杂。工程区位于外海，落急时刻海流流向基本为 SW 走向，涨潮流为 NE 向流，涨落急流速普遍超过 0.5m/s，工程区水动力环境较强。

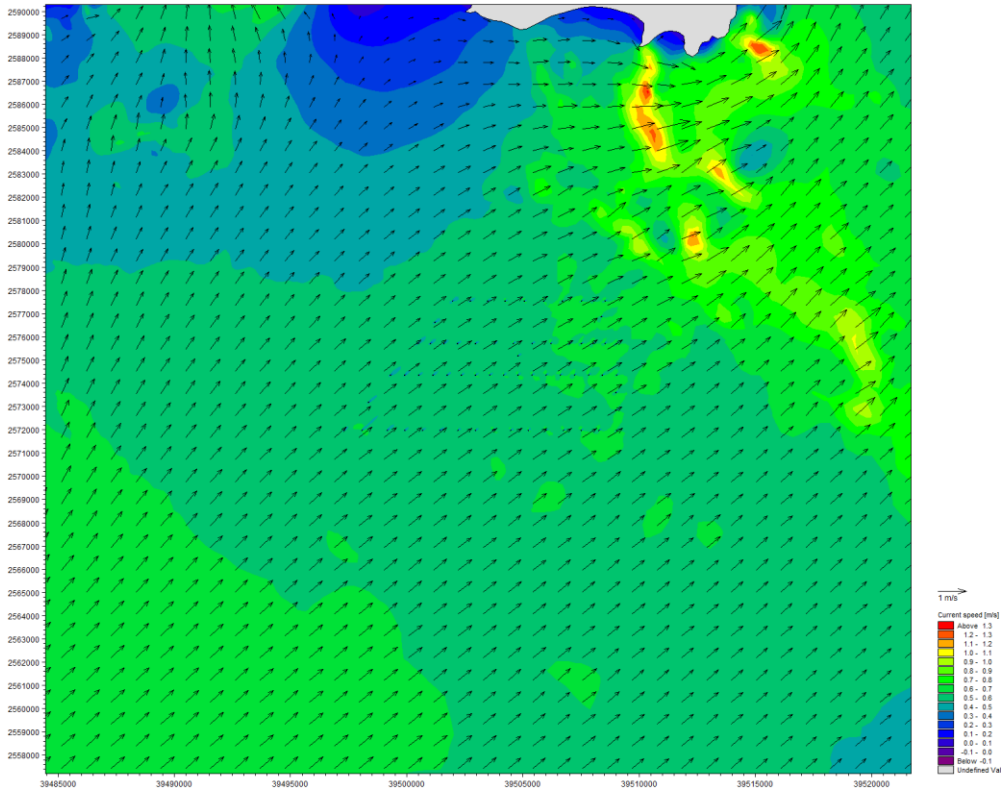


图 4.1.3-14 现状工程附近海域大潮涨急流场（表层）

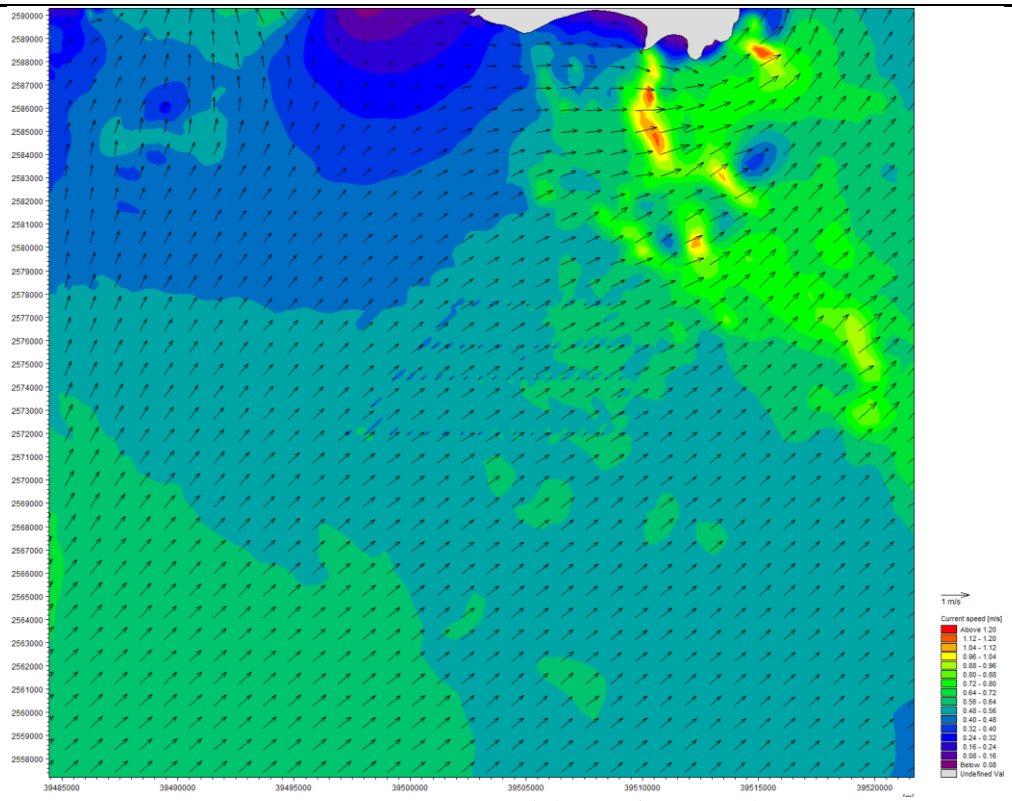


图 4.1.3-15 现状工程附近海域大潮涨急流场（中层）

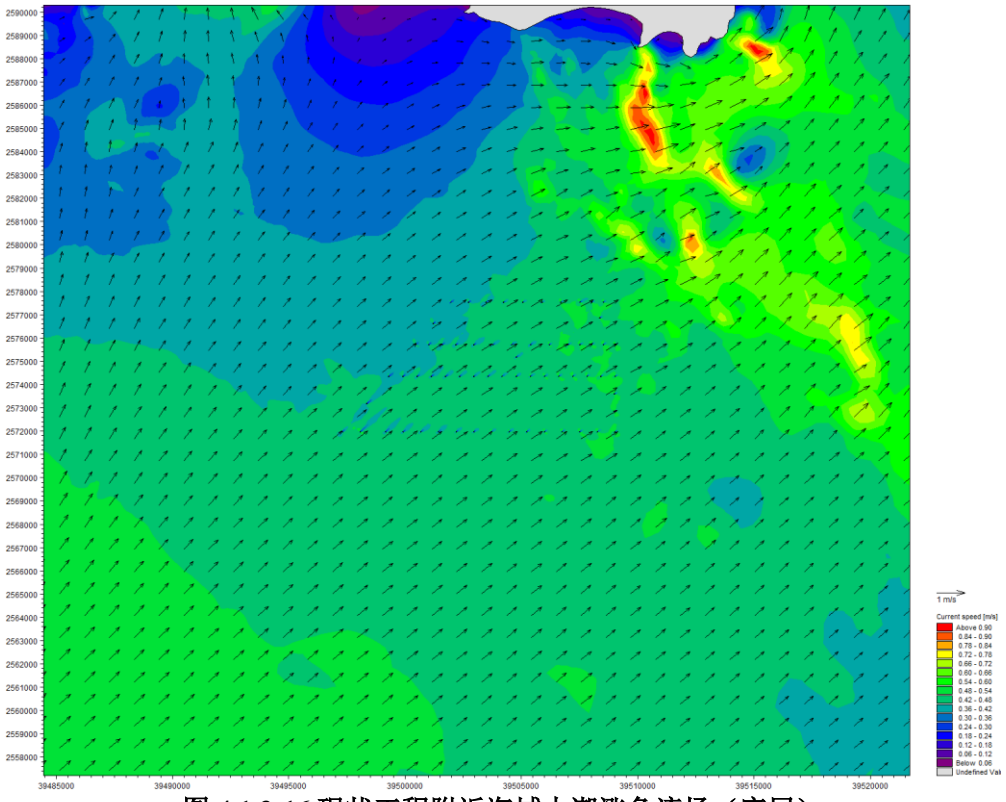


图 4.1.3-16 现状工程附近海域大潮涨急流场（底层）

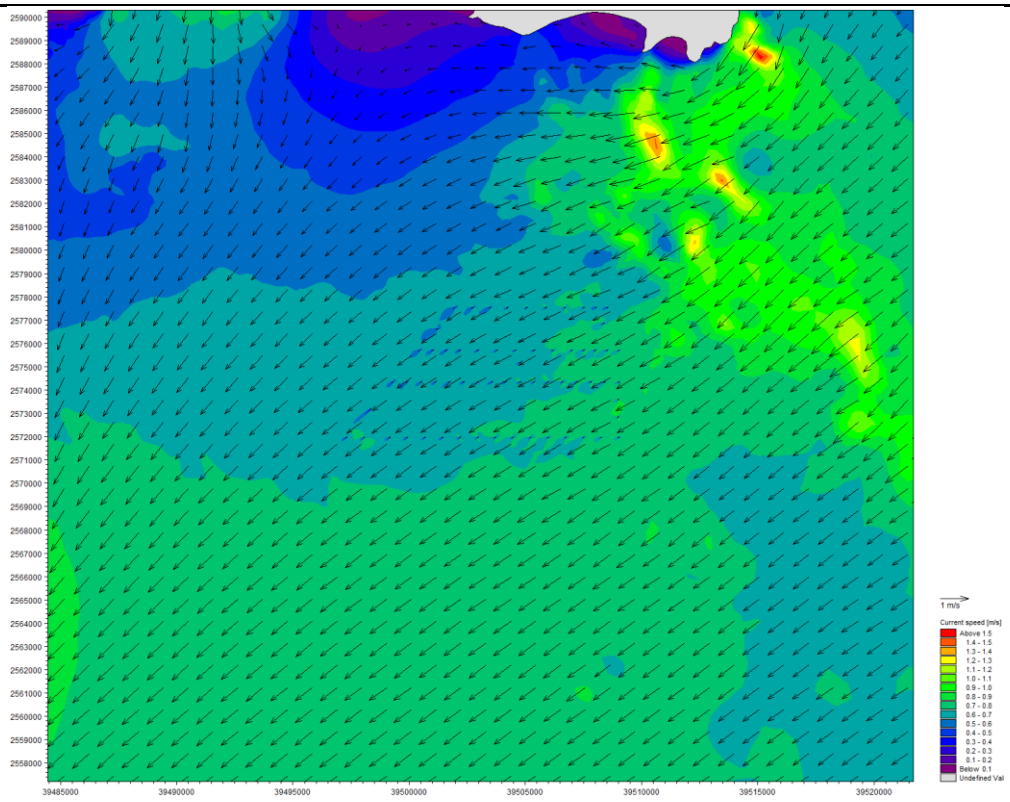


图 4.1.3-17 现状工程附近海域大潮落急流场（表层）

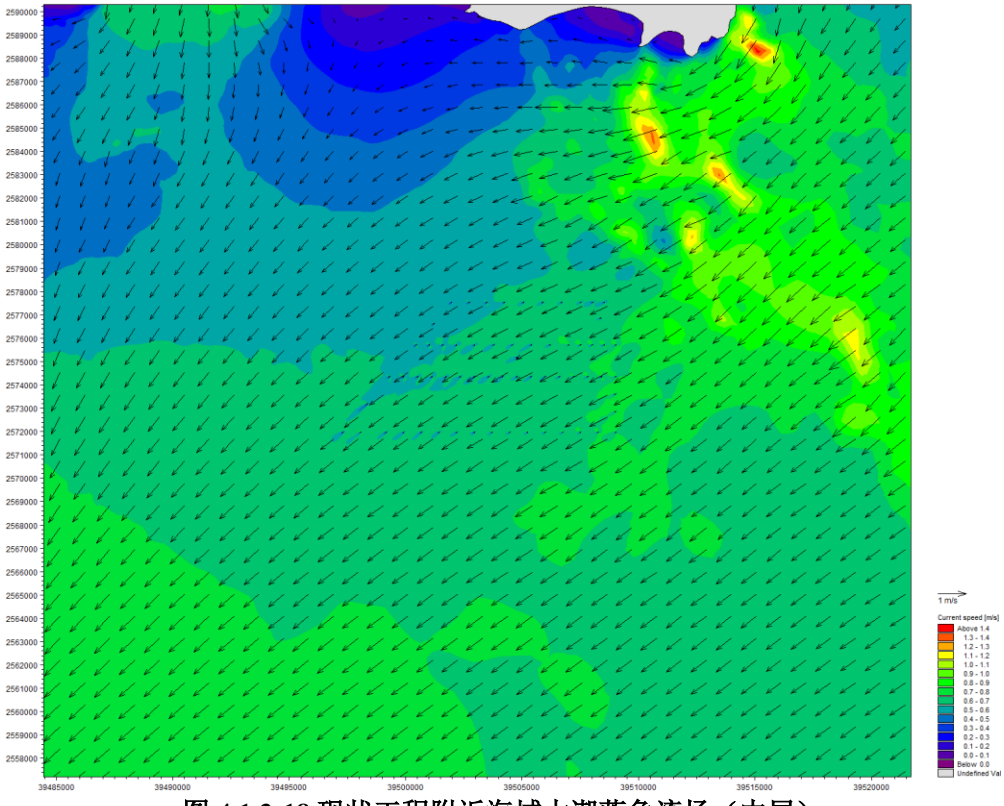


图 4.1.3-18 现状工程附近海域大潮落急流场（中层）

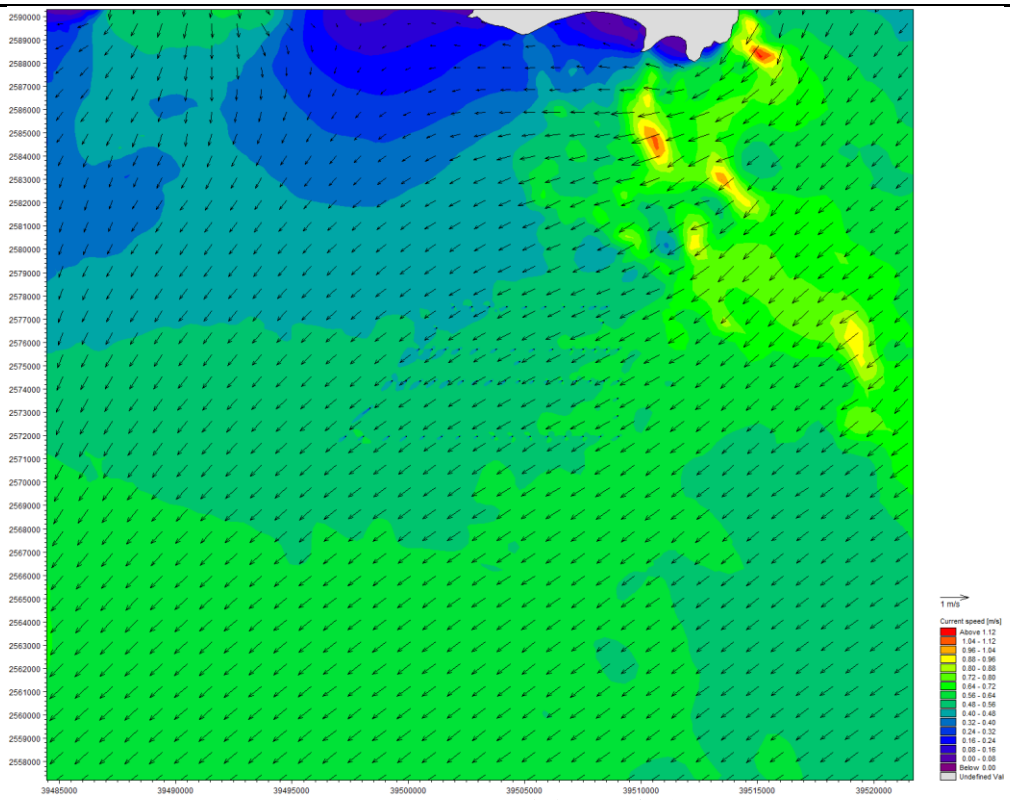


图 4.1.3-19 现状工程附近海域大潮落急流场（底层）

4、工程实施前后水动力环境变化分析

本项目涉海工程主要是数据中心导管架与海缆工程，海缆工程埋藏在海床以下，海缆为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响；影响潮流主要是数据中心导管基座。模型在计算过程中将数据中心导管基座概化为实体，以此考虑数据中心导管基座建成后对周边海域水动力环境的影响。

在模型验证的基础上对项目所在海域的潮流场进行了计算，图 4.1.3-21～图 4.1.3-27 为项目实施后附近海域表层、中层和底层大潮涨落急流场图，图 4.1.3-28～图 4.1.3-32 为项目实施前后附近海域中层大潮涨落急流场对比图。从图可见，工程方案实施后流场变化仅限于工程附近。

为了定量分析海底数据中心项目实施后对附近海域水动力环境的影响，选取了 9 个代表点。将各代表点工程前后大潮涨落急流速流向变化情况分别列于表 4.1.3-2～表 4.1.3-3 中，据表可见：

项目实施前工程区域各代表点大潮涨急流速为0.49m/s~0.52m/s，涨急流向为51.9°~52.3°，大潮落急流速为 0.59m/s~0.60m/s，落急流向为 233.2°~234.0°；

海底数据中心项目实施后，附近海域涨落急流速、流向会发生不同程度的变化，以下为工程实施后项目附近海域涨落急流速流向变化情况：

方案实施后海底数据中心附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.22m/s~0.03m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-2.5°~4.1°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-

0.26m/s~0.04m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-3.1°~3.6°之间。

由工程前后桩基局部涨落急流速变化等值线图可知，工程实施后，涨急时刻，桩基迎水面水流流速略微增大，增大幅度约为 0.04m/s，背水面流速减小，减小幅度约为 0.43m/s，垂直于水流流向的桩基两侧面水流略有增大，变化幅度在 0.06m/s 以内；落急时刻，桩基迎水面水流流速略微增大，增大幅度约为 0.04m/s，背水面流速减小，减小幅度约为 0.46m/s，垂直于水流流向的桩基两侧面水流略有增大，变化幅度在 0.05m/s 以内。变化较大的区域主要位于桩基的背水面，桩基迎水面以及两侧水流流速变化较小，本项目造成的水动力环境的影响主要集中在项目西南侧 2km 范围内，不会影响至西北侧的生态红线区。

总体上看，方案实施后对工程附近水动力环境影响有限，方案实施后产生的水动力环境影响幅度相差不大，项目整体产生的水环境影响范围不超过 2km。

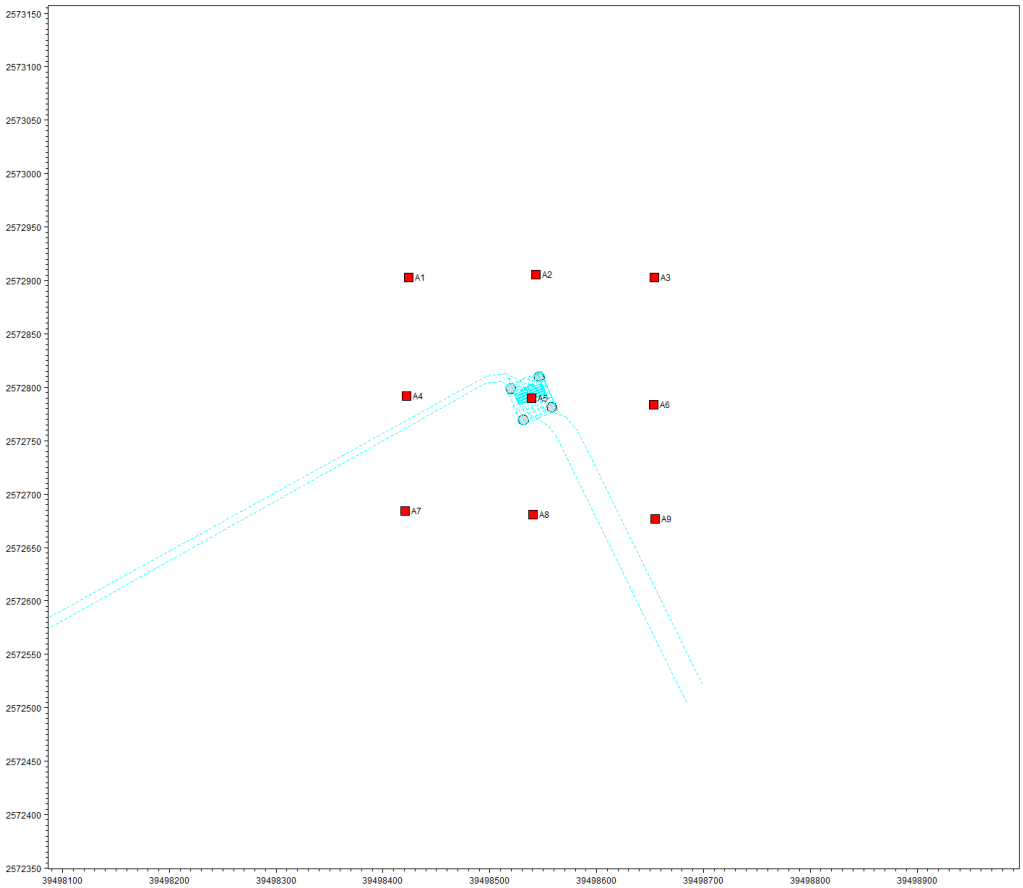


图 4.1.3-20 代表点位置图

表 4.1.3-2 工程前后大潮涨急流速流向变化（中层）

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	0.49	0.50	0.01	52.3	50.0	-2.3
A2	0.51	0.54	0.03	52.0	50.5	-1.5
A3	0.52	0.30	-0.22	51.9	53.4	1.5
A4	0.51	0.50	-0.01	52.0	49.5	-2.5
A5	0.51	0.49	-0.02	52.0	56.1	4.1
A6	0.52	0.55	0.03	51.9	52.5	0.6
A7	0.51	0.50	-0.01	52.0	51.7	-0.3

A8	0.51	0.51	0.00	52.0	54.5	2.5
A9	0.50	0.52	0.02	52.1	53.3	1.2

表 4.1.3-3 工程前后大潮落急流速流向变化（中层）

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	0.60	0.61	0.01	233.2	234.4	1.2
A2	0.60	0.58	-0.02	233.2	235.2	2.0
A3	0.60	0.57	-0.03	233.4	233.1	-0.3
A4	0.60	0.62	0.02	233.7	233.9	0.2
A5	0.60	0.55	-0.05	233.6	237.2	3.6
A6	0.60	0.57	-0.03	233.7	230.6	-3.1
A7	0.60	0.34	-0.26	234.0	234.5	0.5
A8	0.59	0.63	0.04	234.0	231.7	-2.3
A9	0.60	0.60	0.00	234.0	231.2	-2.8

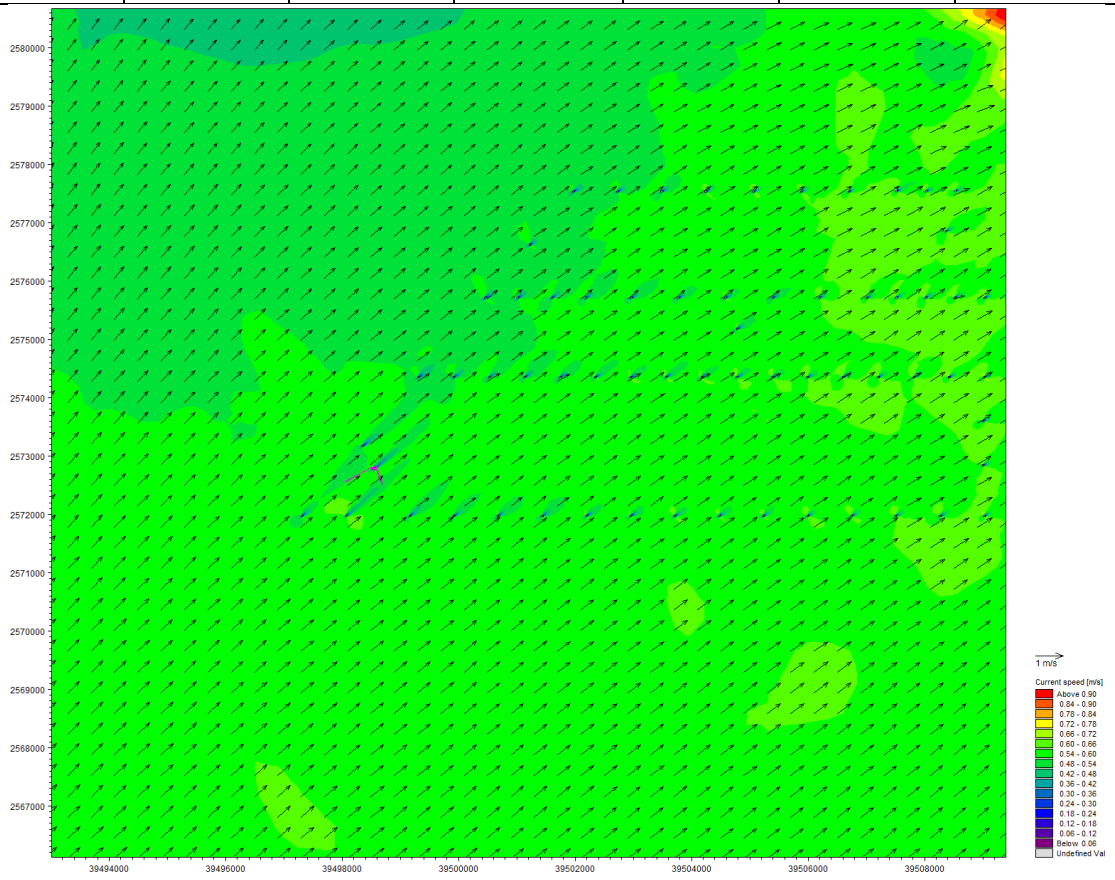


图 4.1.3-21 工程实施后项目海域涨急流场图（表层）

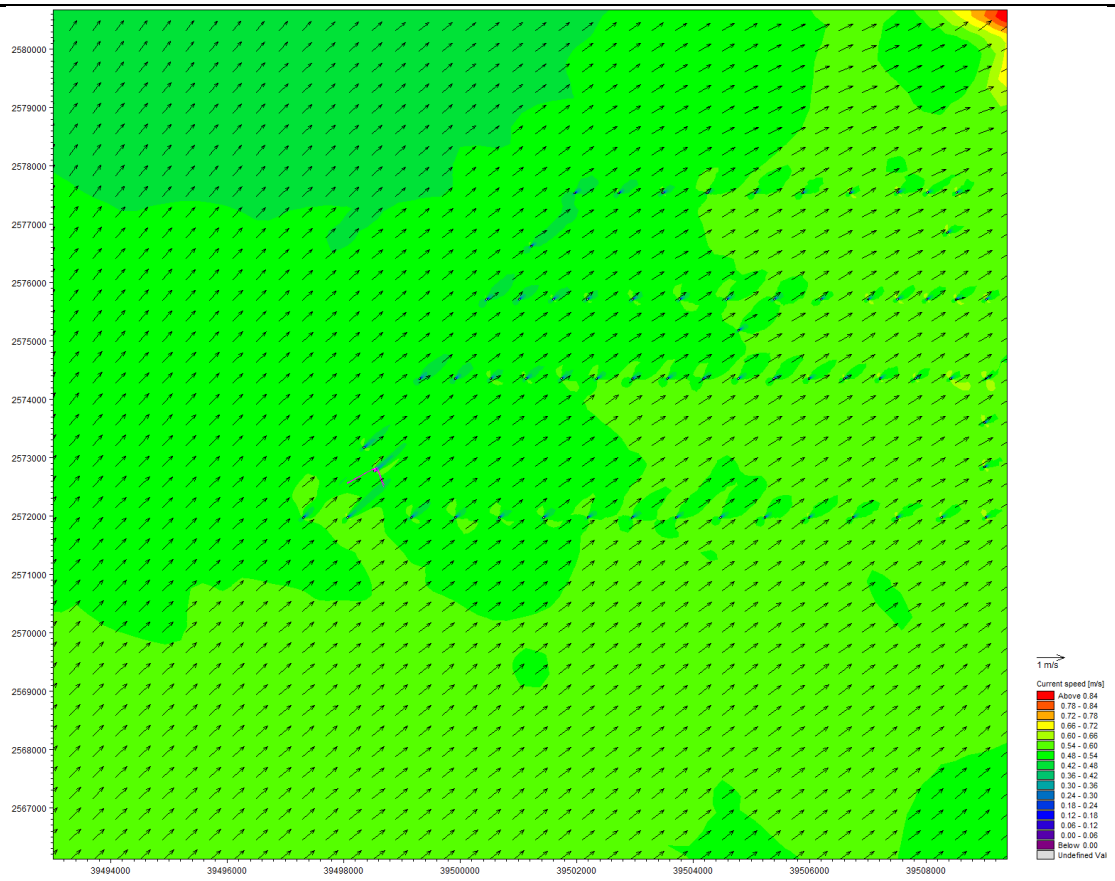


图 4.1.3-22 工程实施后项目海域涨急流场图（中层）

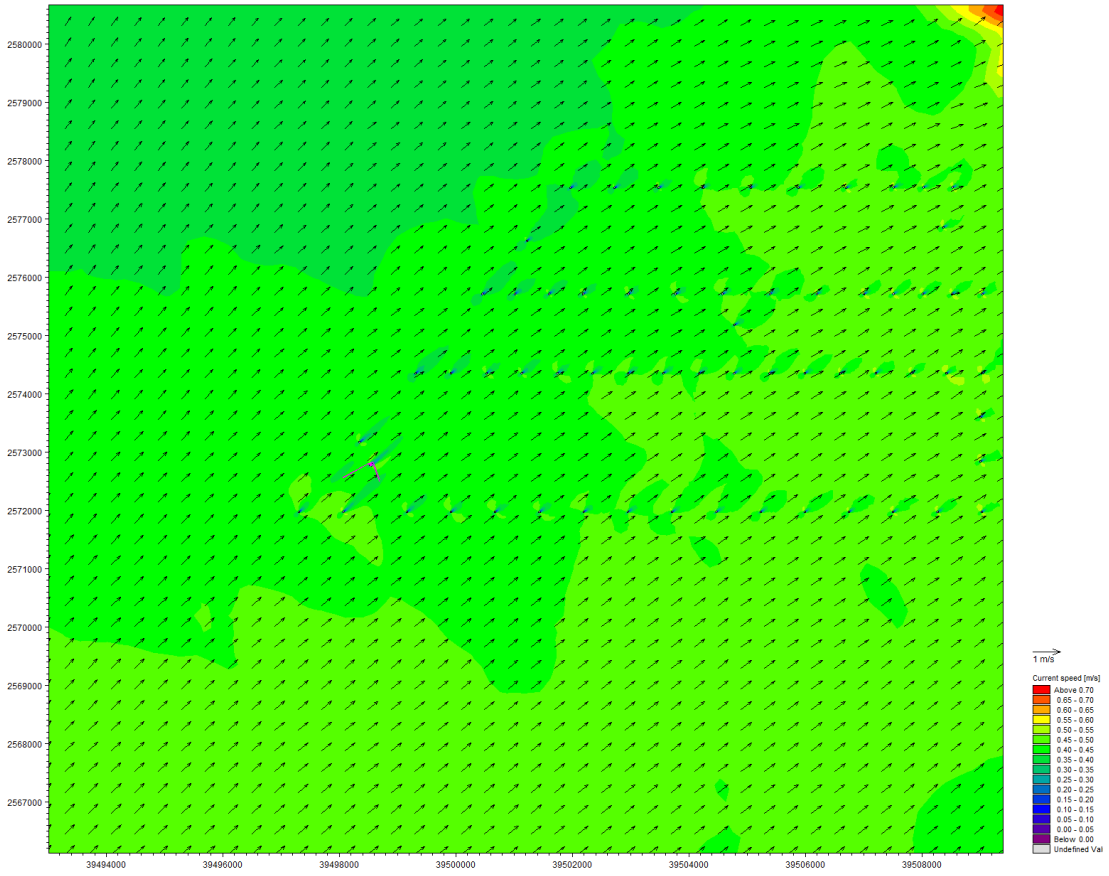


图 4.1.3-23 工程实施后项目海域涨急流场图（底层）

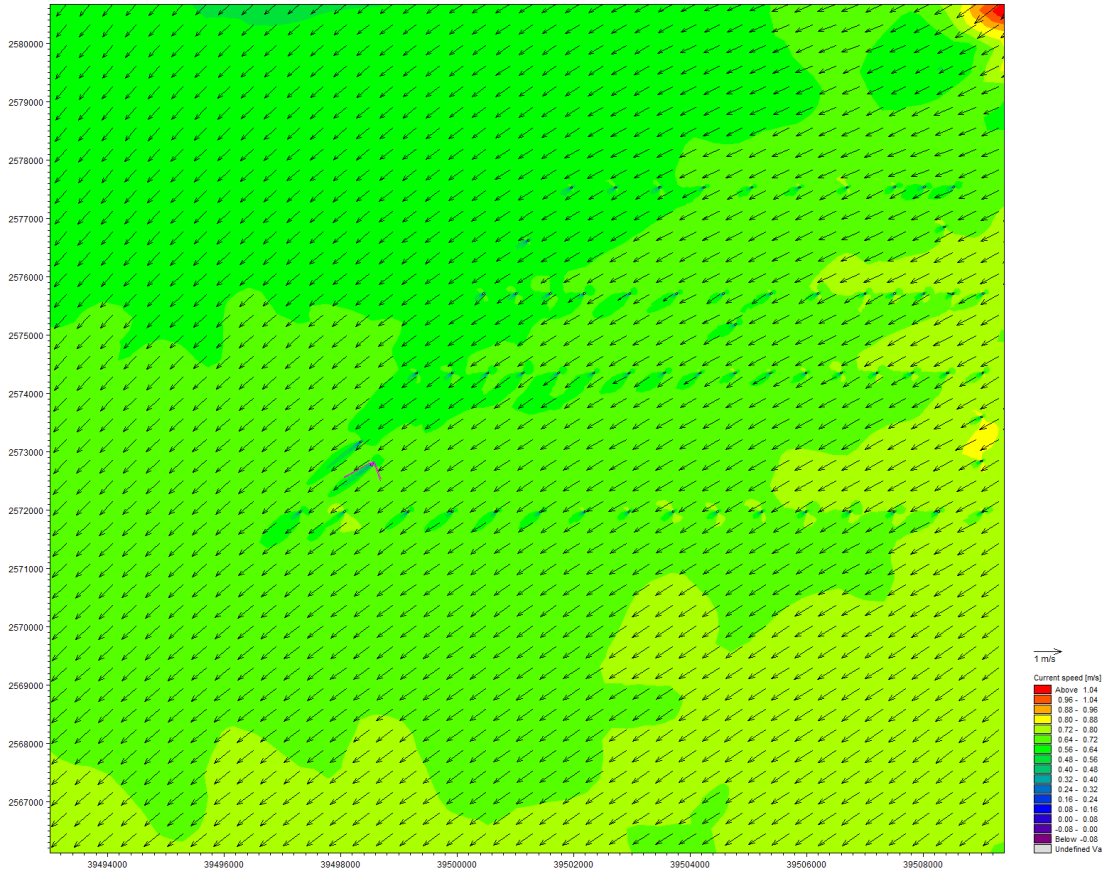


图 4.1.3-24 工程实施后项目海域落急流场图（表层）

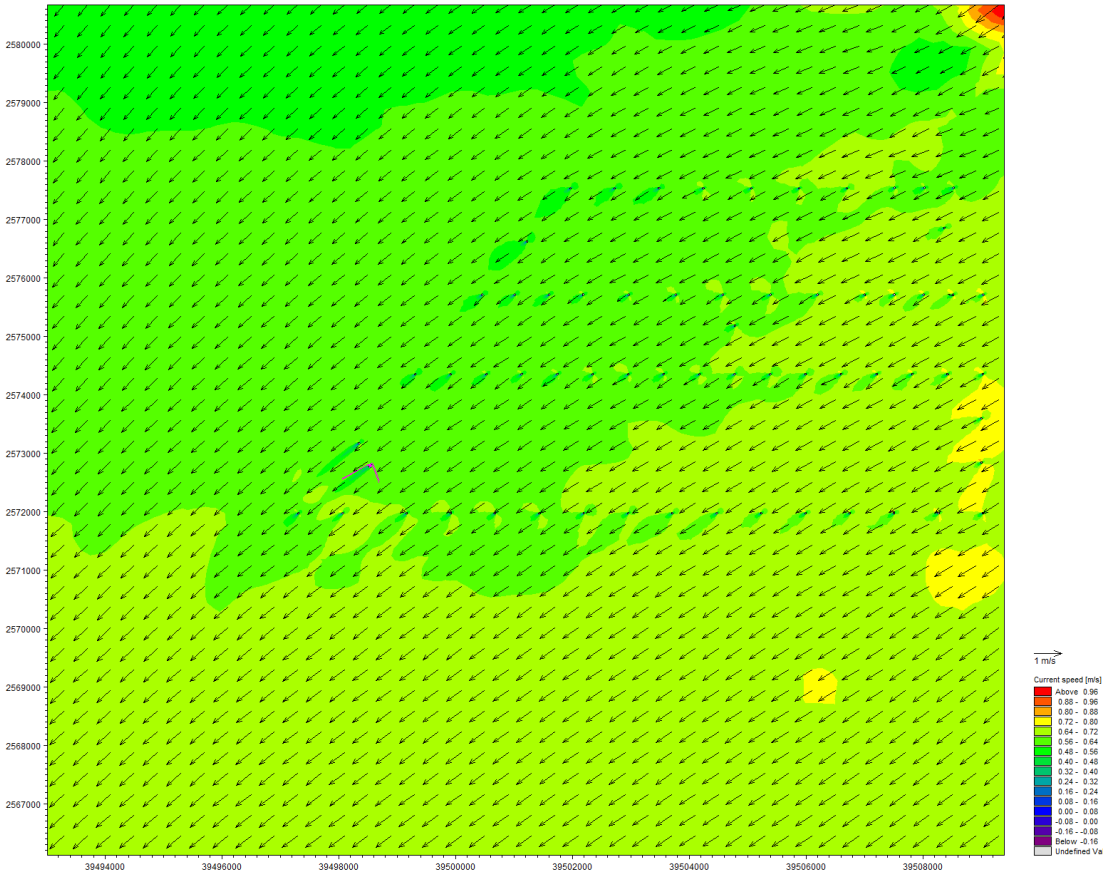


图 4.1.3-25 工程实施后项目海域落急流场图（中层）

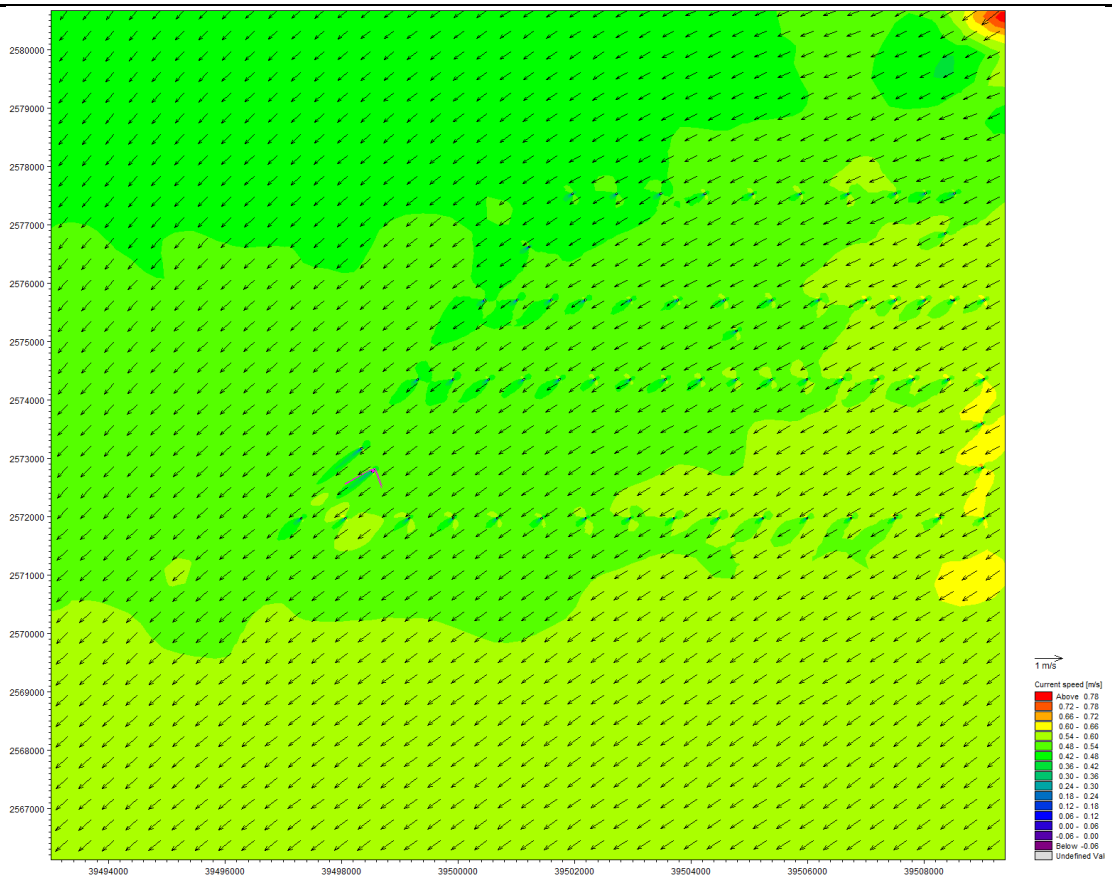


图 4.1.3-26 工程实施后项目海域落急流场图（底层）

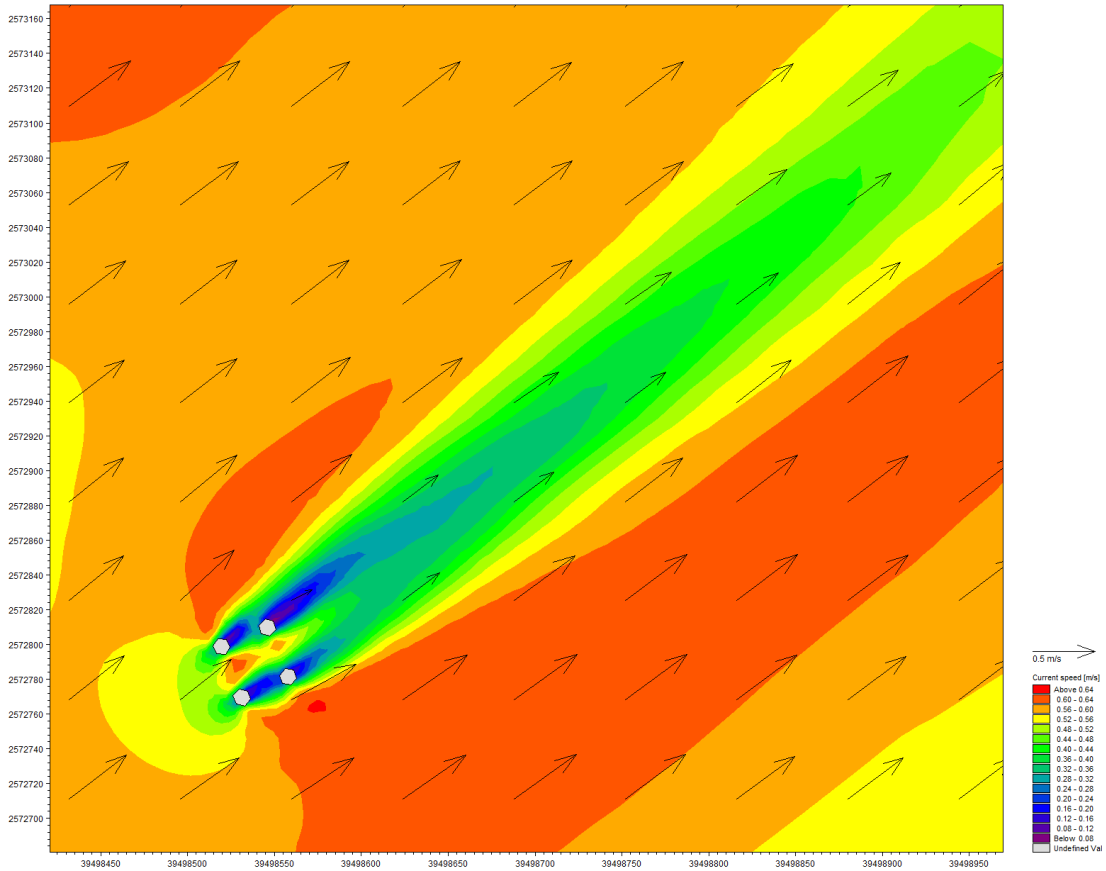


图 4.1.3-27 工程实施后桩基附近涨急流场图（中层）

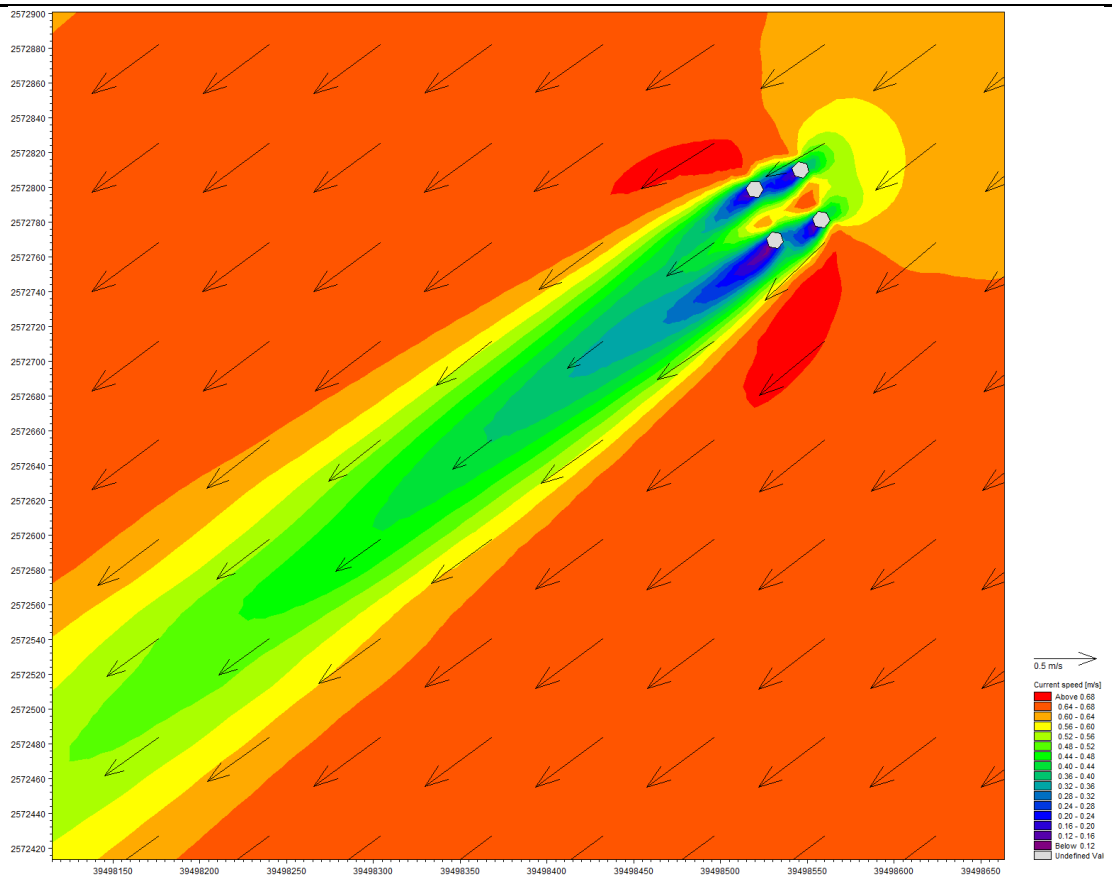


图 4.1.3-28 工程实施后桩基附近落急流场图（中层）

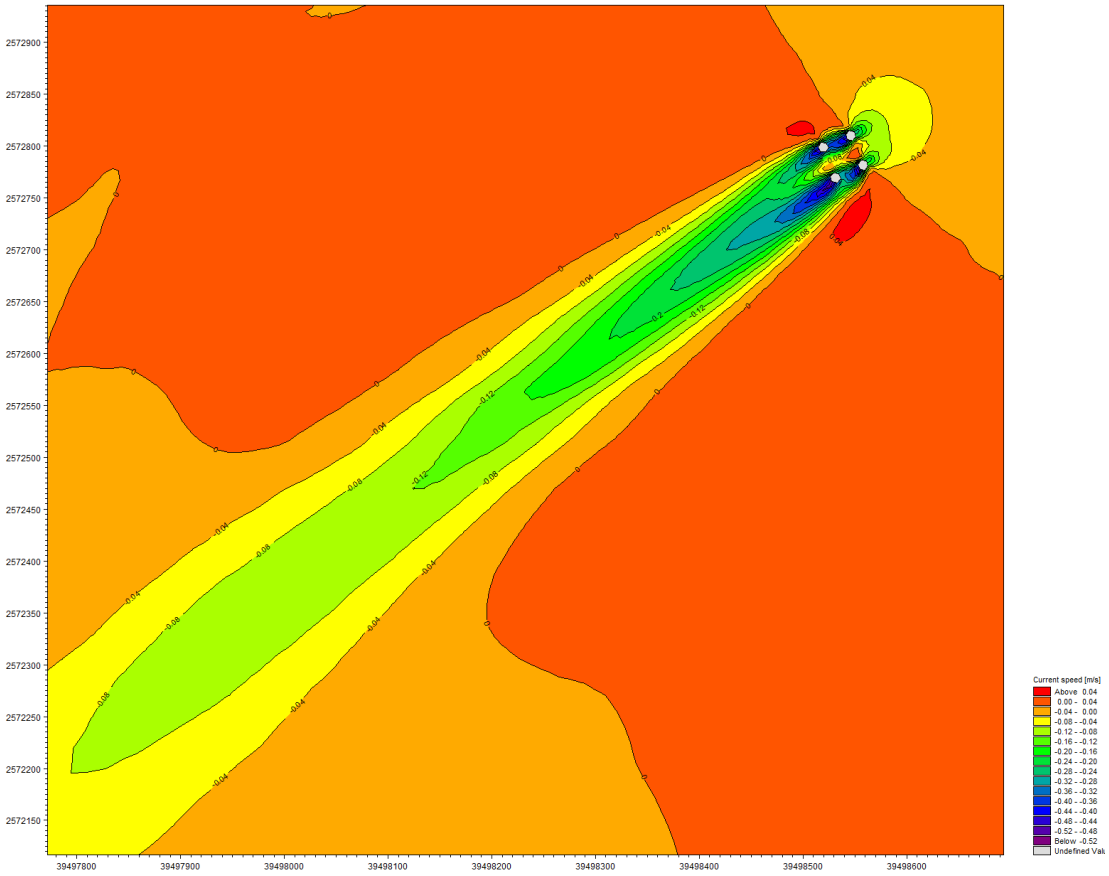


图 4.1.3-29 工程实施前后桩基局部落急流速变化等值线图（中层）

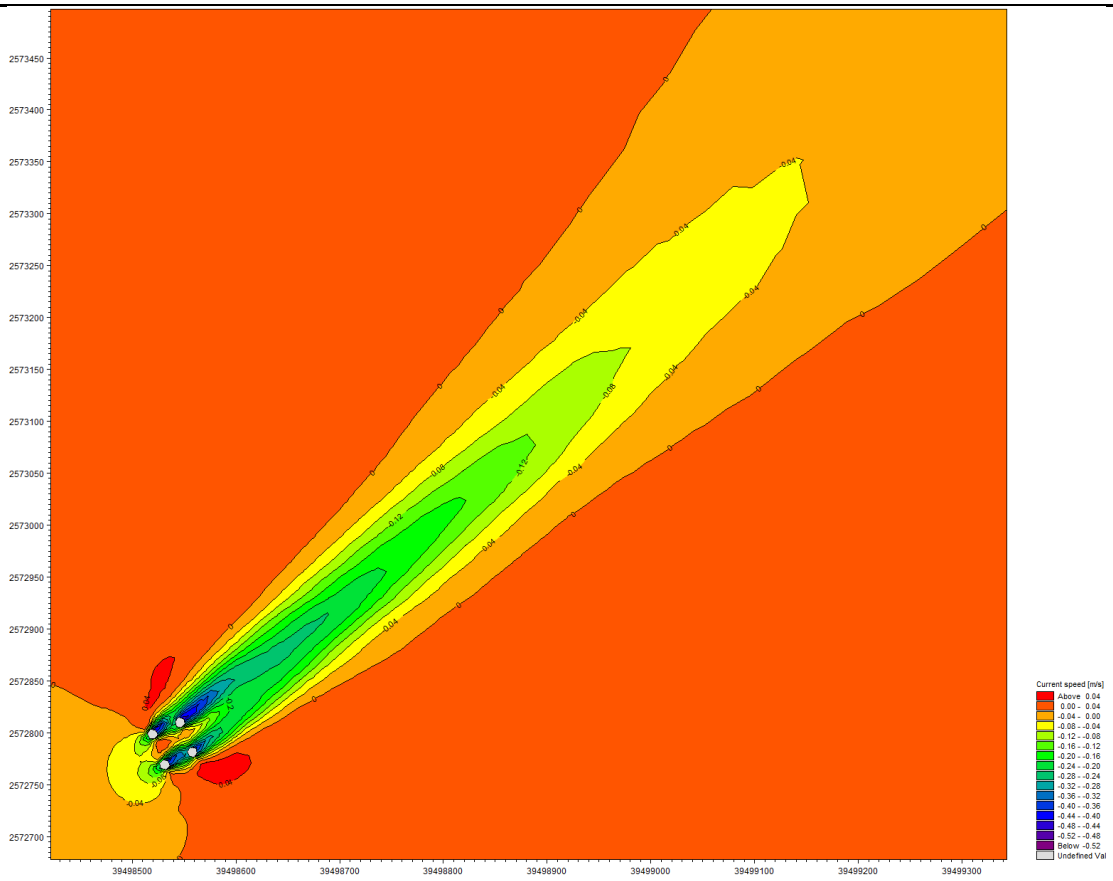


图 4.1.3-30 工程实施前后桩基局部涨急流速变化等值线图（中层）

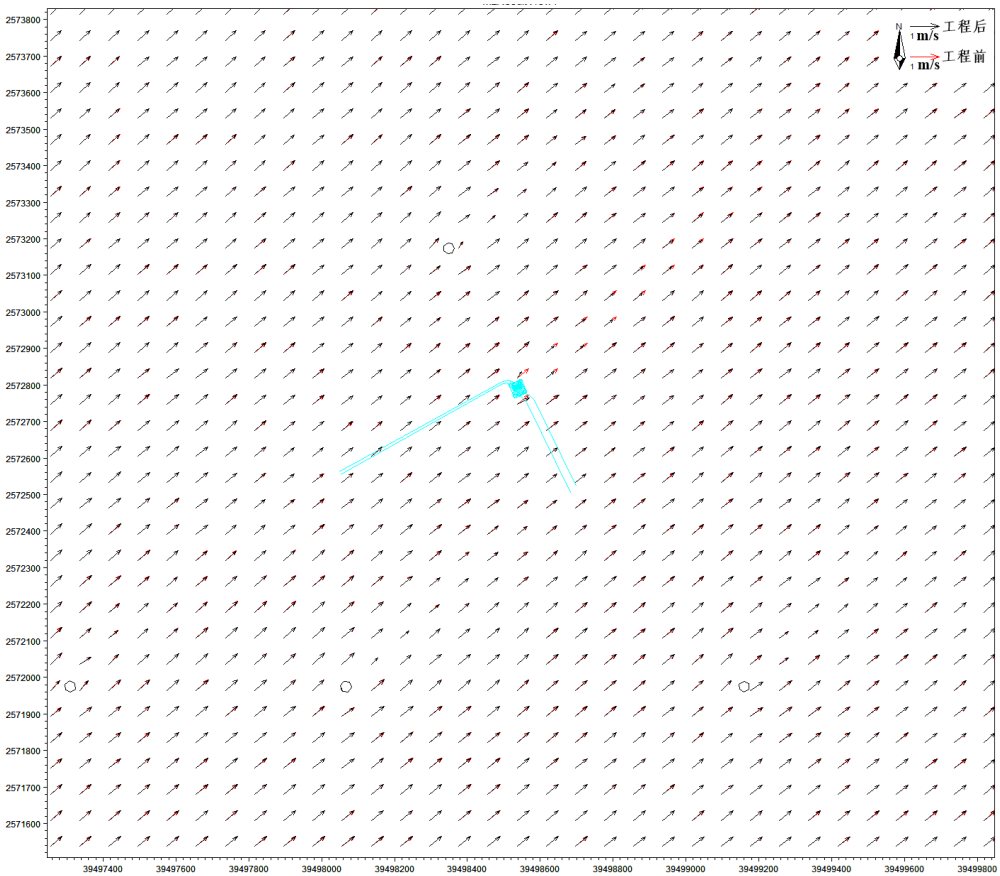


图 4.1.3-31 工程实施前后涨急流场对比（中层）

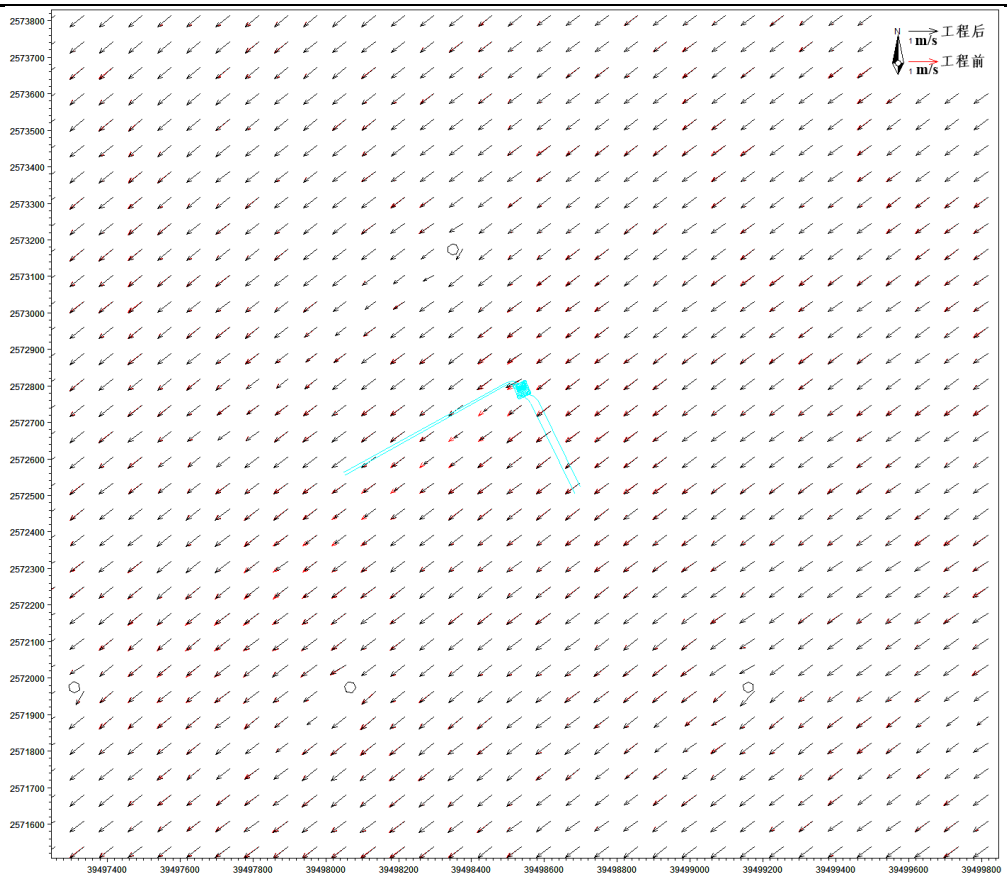


图 4.1.3-32 工程实施前后落急流场对比（中层）

5、工程对波浪动力条件的影响

参考周边工程成果：本海区主要受西南季风、热带气旋、东北季风三种天气系统所影响。其中，受热带气旋影响的秋季波高最大，冬季与春季次之，夏季最小。

新建的数据中心桩基采用四桩导管架，桩径 3.5m，桩基迎浪面产生驻波、波高略有增大，桩基后形成波影区，由于常风条件下波浪较弱，项目对波浪影响仅限于项目周边 50m 范围内，外海域对波浪基本没有影响。

大风（台风）过程波长在 60m 以上，在项目桩基导管架周边形成强烈水体扰动，形成破碎、绕射、反射现象，项目对波浪影响在波影较为明显，但外海域对波浪影响也限于 150m 左右。

4.1.3.2对地形地貌与冲淤环境的影响

1、工程海域的冲淤变化分析

桩基建成以后，除了海床的自然演变以外，还有由于桩基阻挡水流引起的冲淤，各种冲淤交织在一起同时进行，过程较为复杂。通常情况下，海床的自然演变冲刷认为已达到冲淤平衡状态，即自然演变冲淤幅度为零。

初期桩基淘刷产生的泥沙又落淤在缓流区，引起海床新的调整，桩基淘刷平衡后主要为底切应力变化引起的海床冲淤。

该公式利用三维潮流数值计算模型得到工程前后垂线平均流场分布变化，再应用计算得到

各计算区域的淤积强度。

经验公式如下：

$$P=\frac{\alpha\omega St}{\gamma_c}\left(1-\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2\left(\frac{H_1}{H_2}\right)\right)$$

式中，ω为泥沙沉速，取值为 0.05cm/s；S 为水体平均含沙量，取值为 0.0052kg/m^3；t 为淤积历时，取值为 31536000s；γ_d为泥沙干容重，V_1、V_2分别为工程实施前后计算流速。

经推导，可得 $$P=0.5\left[\left(H_1+\beta t\right)-\sqrt{\left(H_1-\beta t\right)^2+4\beta tH_1K}\right]$$

式中，$\beta=\frac{\alpha\omega S}{\gamma_c}$，$K=\frac{V_2}{V_1}$

γ_d按照公式$\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$计算，$D_{50}$为悬浮泥沙中值粒径，取值为 0.018mm。

根据冲淤计算公式，采用全潮平均流速的变化对工程实施后的冲淤变化进行估算。计算得出工程区附近海域海床年冲淤变化平面分布情况，见图 4.1.3-33。

由图可见，工程实施后前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，桩基附近冲淤分布形态与往复流流态有关，年最大淤积幅度约为 0.15m/a。

项目两侧以淤积为主，离桩柱越近淤积越强，淤积幅度在 0.01~0.23m 之间，平均淤积幅度为 0.10m。因此，工程实施后，泥沙冲淤变化大于 0.01m/a 的最远范围在项目西南侧 1.2km 范围内，不会影响至西北侧的生态红线区。

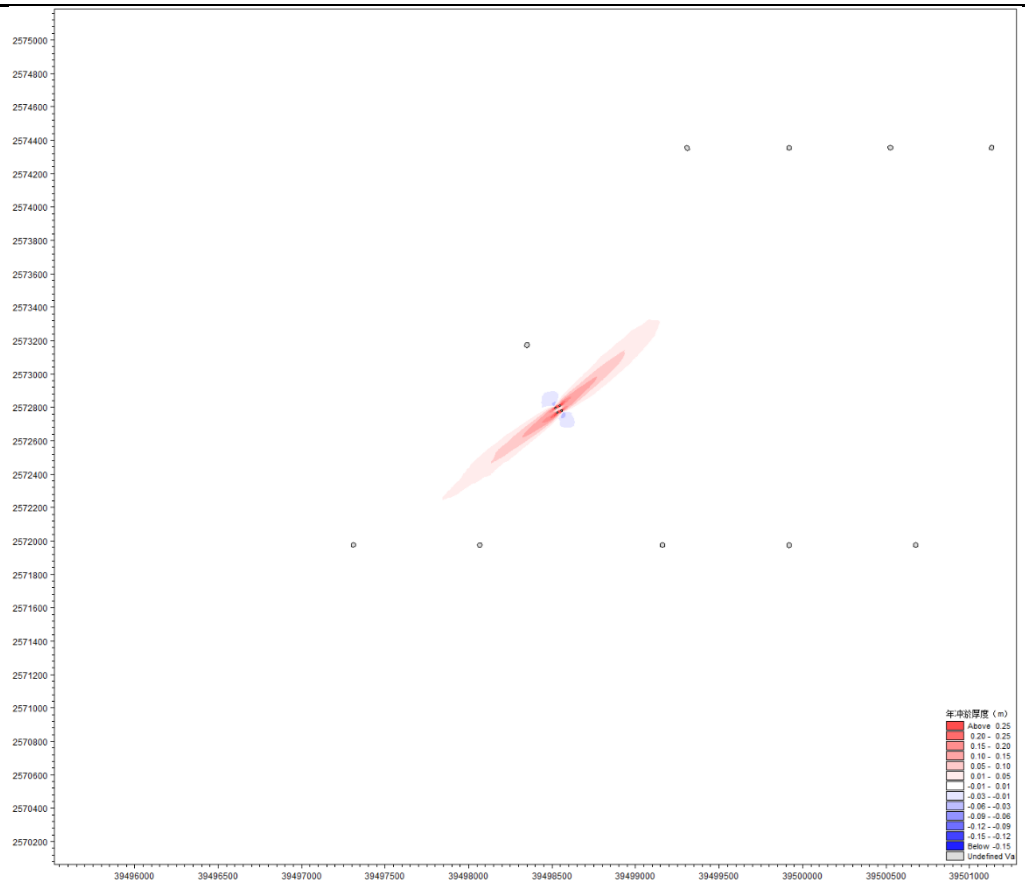


图 4.1.3-33 方案实施后附近海床年冲淤变化平面分布图

2、桩基础附近局部冲刷影响分析

为进一步分析工程建设对桩基础附近局部地形的冲刷影响，本报告采用桩基局部冲刷经验公式进行预测分析。

对于桩墩局部冲刷计算公式，据不完全统计，目前尚未有理论推导公式，国内外学者撰写发表的计算公式均为经验性或半经验性公式，大多数采用试验资料建立局部冲刷深度的计算式，然后用野外实际观测资料修正系数和指数得到冲刷深度计算式。桩基局部冲刷的经验公式中，以韩海骞公式和王汝凯公式的计算条件较为符合本工程的实际情况，韩海骞公式在考虑了波浪水质点的流速后，可以考虑波流共同作用下小直径圆柱周围的局部冲刷。公式如下：

$$\frac{h_b}{h} = 17.4k_1k_2\left(\frac{B}{h}\right)^{0.326}\left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{0.167}F_r^{0.628}$$

式中：

h_b-桥墩局部冲刷深度（m）；

h-最大水深（m）；

B-最大水深条件下平均阻水宽度（m）；

d_{50}-中值粒径（mm）；

K_1-基础桩平面布置系数，条形 1.0，梅花形 0.862；

K_2-基础桩垂直布置系数，直桩 1.0，斜桩 1.176；

F_r-Froude 参数。

计算结果见表 4.1.3-4，其中潮流最大流速取工程区现状水文调查实测的大潮最大流速。

表 4.1.3-4 项目桩基最大可能局部冲刷深度（五年一遇）

要素		项目桩基
水深（m）设计高水位下		22
最大流速（m/s）		0.8
有效波高（m）		6.72
平均波周期（s）		9.9
波长（m）		132.5
底质中值粒径（mm）		0.053
桩径（m）		3.5
韩海骞公式	最大冲刷深度（m）	4.82
	最大冲刷直径（m）	11.6

由上表可见，工程实施后数据中心桩基最大冲刷深度约为 4.82m，冲刷坑最大直径为 11.6m。

归纳上述分析结果，项目建设后，大范围海床冲淤不会发生大的变化，仅局部发生较明显海床冲淤，桩基周边海床冲刷，桩基约 10m~20m 外海床沉积冲刷出来的泥沙，形成 0.5m~1.0m 的沙丘。

4.1.3.3对水质环境的影响分析

1、施工悬浮泥沙对水质环境的影响分析

（1）模型介绍

①基本方程

悬浮物扩散方程：

Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t}+u\frac{\partial CD}{\partial x}+v\frac{\partial CD}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{Mx}D\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{My}D\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_v}{D}\frac{\partial C}{\partial \sigma}\right)+DS_c$$

其中：C 为水体悬沙含量，S_c 为输入源强，w_f 为泥沙有效沉速，w_f=w-w_s,w_s 为泥沙静水中沉速。K_M 为水平扩散系数，采用欧拉公式

$$K_{MX}=5.93\sqrt{g}H|u|/C_Z \quad K_{MY}=5.93\sqrt{g}H|v|/C_Z$$

C_z 为 chezy 系数，K_v 为垂直扩散系数。

岸界边界条件：$\frac{\partial C}{\partial \vec{n}}=0$

侧开边界的边界条件：

入流时 $C|_\Gamma=p_0$；

Γ 为水边界，P0 为边界上浓度，计算冲射式挖沟施工悬沙增量时，因本底悬沙浓度不大，

不考虑本底值，取 P_0=0。

出流时 $\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial \vec{n}} = U_n$ 为边界法向流速；

自由表面上：$w_f C + K_V \frac{\partial C}{\partial z} = 0$

海底床面：$-K_V \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M\frac{V}{V_e} - & V \geq V_e \\ & V_d < V < V_e \\ w_{fb} C_b \frac{V}{V_d} - & V \leq V_d \end{cases}$

式中：M 为冲刷系数，取曹祖德实验参数，M=6.4×10^{-3}；W_{fb} 为近底层泥沙有效沉速，W_{fb} =w_s-w，w_s 为泥水静水沉速，W_{fb}×C_b 为悬沙垂直沉降通量，$K_V \frac{\partial C}{\partial z}$ 为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量；V 为底层流速，V_d 为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速，V_e 为床面泥沙悬扬临界流速。

②计算参数

1）糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

2）模型计算时间步长

模型采用的时间步长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：

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

4）泥沙沉降速度

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

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

式中：ρ_s 为泥沙颗粒密度，取 2650kg/m^3；ρ 为海水密度，取 1000kg/m^3；g 为重力加速度，取 9.8m/s^2；d 为泥沙粒径（m），取悬沙中值粒径；ν 为海水粘滞系数，取 1.36mm^2/s。

根据实测资料，表层沉积物中值粒径为 0.053mm，沉速取值为 1.86cm/s。

5）泥沙沉降机率

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

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

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

6）泥沙起动和落淤临界流速

泥沙起动用窦国仁的泥沙起动公式：

悬扬临界流速：$V_e = k\ (\ln 11\frac{h}{\Delta})(\frac{d'}{d_*})^{1/3}\sqrt{3.6\frac{r_s - r}{r}gD + (\frac{r_0}{r_*})^{5/2}\frac{\varepsilon\ + g\delta h(\delta/D)^{1/2}}{D}}$

落淤临界流速：$V_d = k\ (\ln 11\frac{h}{\Delta})(\frac{d'}{d_*})^{1/3}\sqrt{3.6\frac{r_s - r}{r}gD}$

泥沙起动公式中各参数取值为，*k=0.41*，g=981cm/s^2，当泥沙粒径 *D<0.05cm*，床面糙率 $\Delta = 0.1cm$，d′=0.05cm，d_*=1.0cm，泥沙粘结系数 ε＝1.75cm^3/s^2，薄膜水厚度参数 δ＝2.31×10^{-5}cm，h 水深(cm)，r_0床面泥沙干容重(g/cm^3)，r_*床面泥沙稳定干容重(g/cm^3)，泥沙密度 r_s=2.65g/cm^3，海水密度 r_s=1.025g/cm^3。

（2）源强分析

①源强

本工程悬沙源强主要为打捞海缆、海缆铺设和桩基施工悬沙源强，考虑桩基施工和海缆施工不同时进行，且桩基施工位置基本位于海缆铺设影响范围内，从安全角度考虑，选取悬沙源强更大、范围更广的海缆敷设施工进行悬沙影响预测。捞起海缆施工时序先于海缆铺设施工，设置两种工况。

工况 1：捞起海缆施工的悬沙源强为 11.94kg/s。

工况 2：海缆铺设施工悬沙源强为 20.45kg/s。

②源强点布置

本项目捞起海缆速度为 0.3m/s～0.5m/s，海底电缆正常铺设速度约为 5m/min。模型中设定源强点释放持续时间为 0.5h，悬沙影响模拟预测捞起海缆段（蓝色段）布设 8 个源强点，海缆铺设段（紫色段）布设 11 个源强代表点，每代表点源强间隔 100m，源强点平面位置示意图见图 4.1.3-34。根据海缆开挖特点，各源强点处悬浮泥沙上扬高度按照较不利条件估算为 9.2m，

捞起海缆悬浮物排放量占比底层约为 75%、次底层约为 25%；海缆铺设悬浮物排放量占比底层约为 60%、次底层约为 40%。

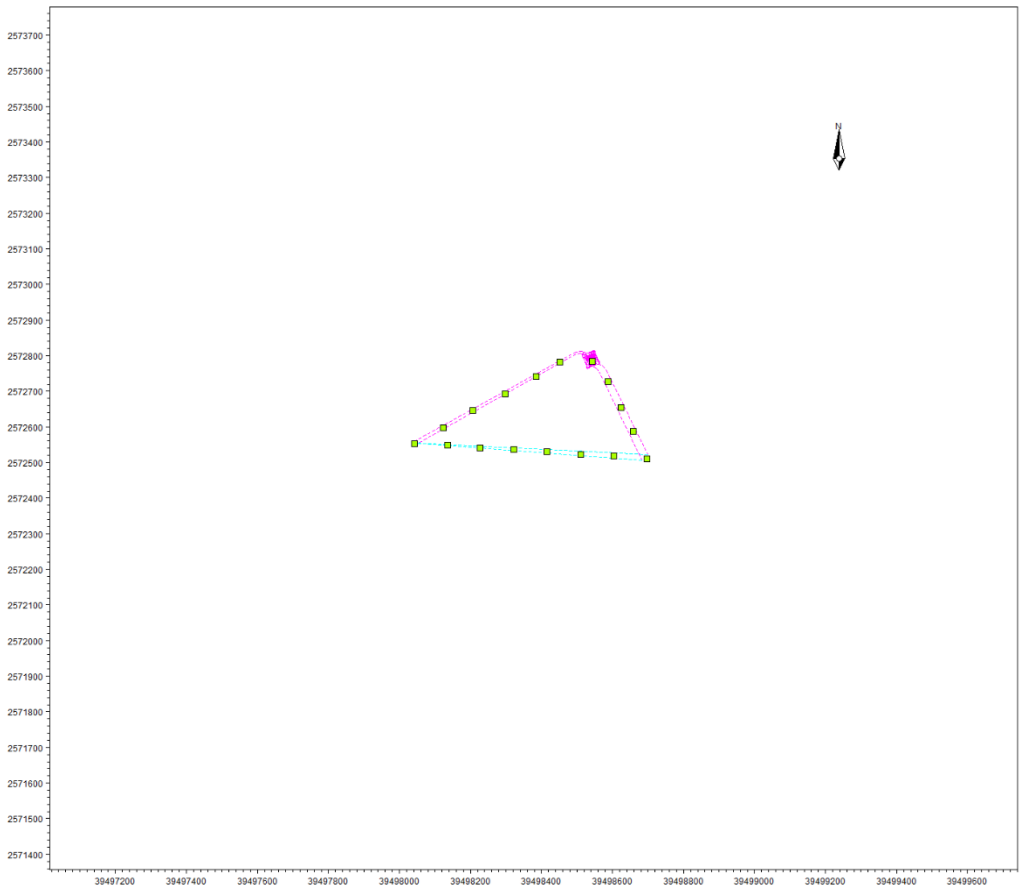


图 4.1.3-34 海缆施工源强点分布图

（3）模拟结果

①工况 1：捞起海缆施工

模拟海缆打捞作业，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 的面积，获得瞬时最大浓度场。并叠加模拟期间内各网格点构成的最大浓度值的浓度场，构成“包络浓度场”，其统计结果见表 4.1.3-5。图 4.1.3-35~图 4.1.3-37 为模拟期内捞起海缆施工作业情景下的各层悬浮泥沙扩散包络线范围。

表 4.1.3-5 捞起海缆施工产生悬沙增量面积（km^2）

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最远扩散距离
表层	0.000	0.000	0.000	0.000	东南侧，约 227m
0.4 层	0.000	0.000	0.000	0.000	
中层	0.582	0.000	0.000	0.000	
0.8 层	0.895	0.467	0.279	0.000	
底层	1.284	0.745	0.426	0.251	
平均	0.552	0.242	0.141	0.050	

计算结果显示，捞起海缆施工表层和 0.4 层没有产生大于 10mg/L 高浓度区包络线范围，中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 0.582km^2，没有产生大于 20mg/L 高浓度区范围；0.8

层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 0.895km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.467km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.279km^2；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 1.284km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.745km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.426km^2，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.251km^2。

整体而言，施工产生悬浮泥沙扩散的影响范围主要位于底层和次底层。捞起海缆施工实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

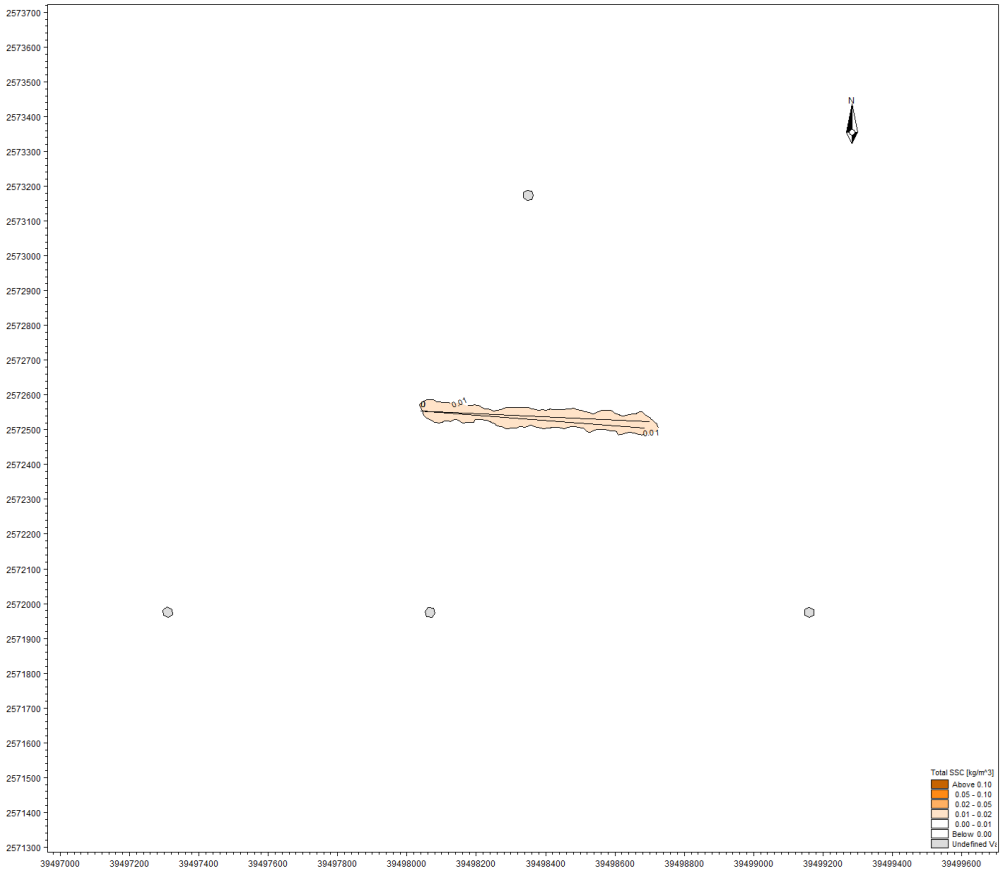


图 4.1.3-35 工况 1 捞起海缆施工产生悬沙增量包络线范围图（中层）

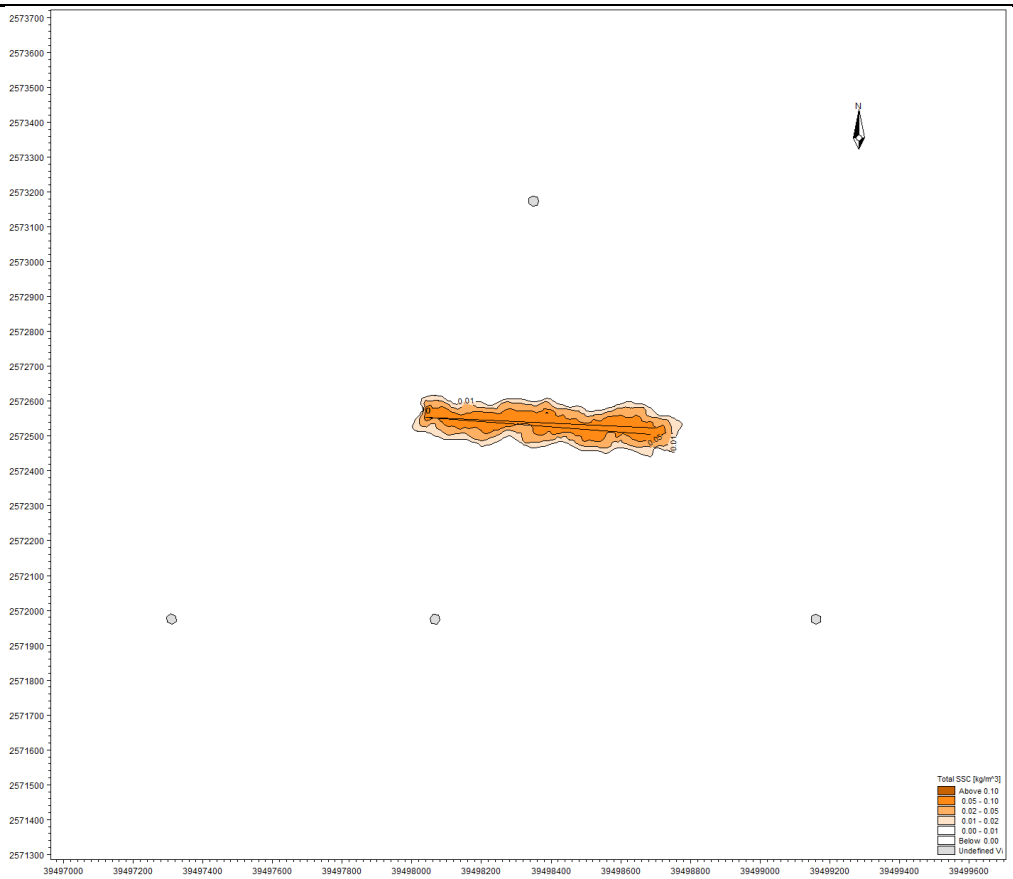


图 4.1.3-36 工况 1 捞起海缆施工产生悬沙增量包络线范围图（0.8 层）

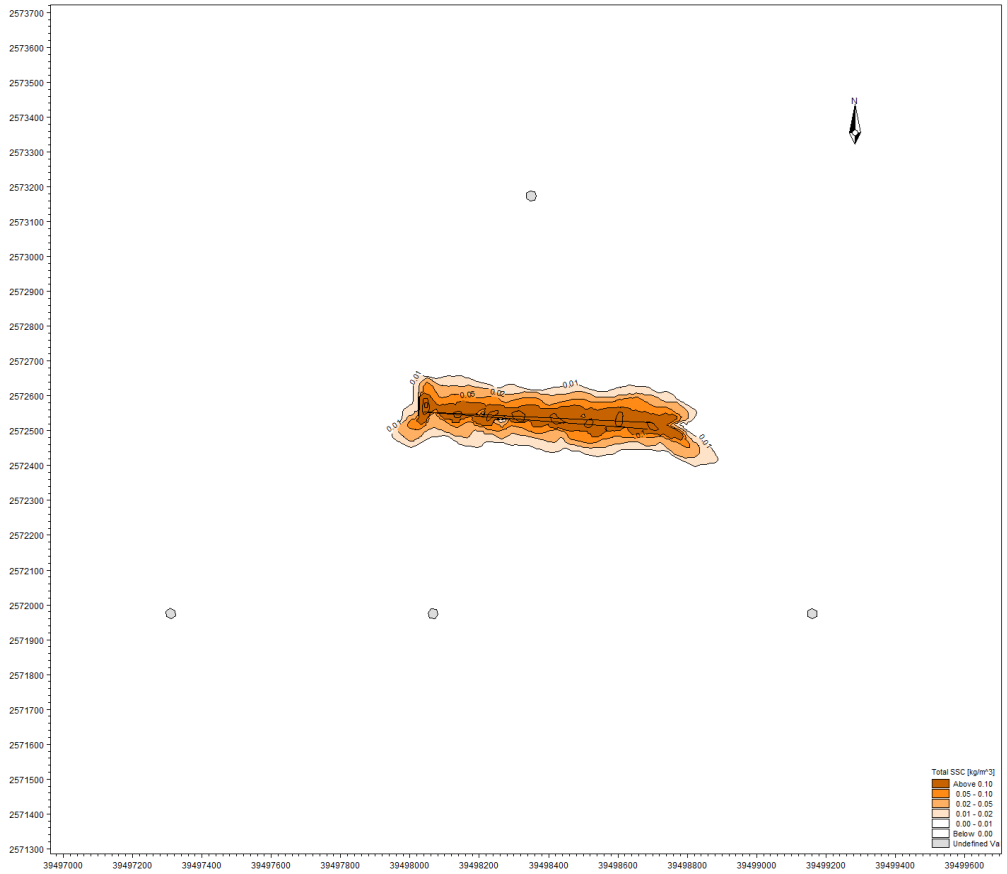


图 4.1.3-37 工况 1 捞起海缆施工产生悬沙增量包络线范围图（底层）

②工况 2：海缆敷设施工

模拟施工船舶海缆敷设作业，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 的面积，获得瞬时最大浓度场。并叠加模拟期间内各网格点构成的最大浓度值的浓度场，构成“包络浓度场”，其统计结果见表 4.1.3-6。图 4.1.3-38~图 4.1.3-41 为模拟期内海缆敷设作业情景下的各层悬浮泥沙扩散包络线范围。

表 4.1.3-6 海缆敷设施工产生悬沙增量面积（km^2）

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最远扩散距离
表层	0.000	0.000	0.000	0.000	西南侧，约 204m
0.4 层	1.069	0.000	0.000	0.000	
中层	1.426	0.839	0.000	0.000	
0.8 层	2.268	1.298	0.816	0.352	
底层	2.875	1.612	1.303	0.594	
平均	1.528	0.750	0.424	0.189	

根据计算结果显示，海缆敷设施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从分布趋势看，海缆施工产生的悬沙扩散主要是在缆线周围。整体上看，海缆敷设施工表层没有产生大于 10mg/L 高浓度区包络线范围，0.4 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 1.069km^2，没有产生大于 20 mg/L 高浓度区包络线范围；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 1.426km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.839km^2，没有产生大于 50mg/L 高浓度区范围；0.8 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 2.268km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.298km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.816km^2，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.352km^2；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 2.875km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.612km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 1.303km^2，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.594km^2。

整体而言，施工产生悬浮泥沙扩散的影响范围主要位于底层和次底层。海缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

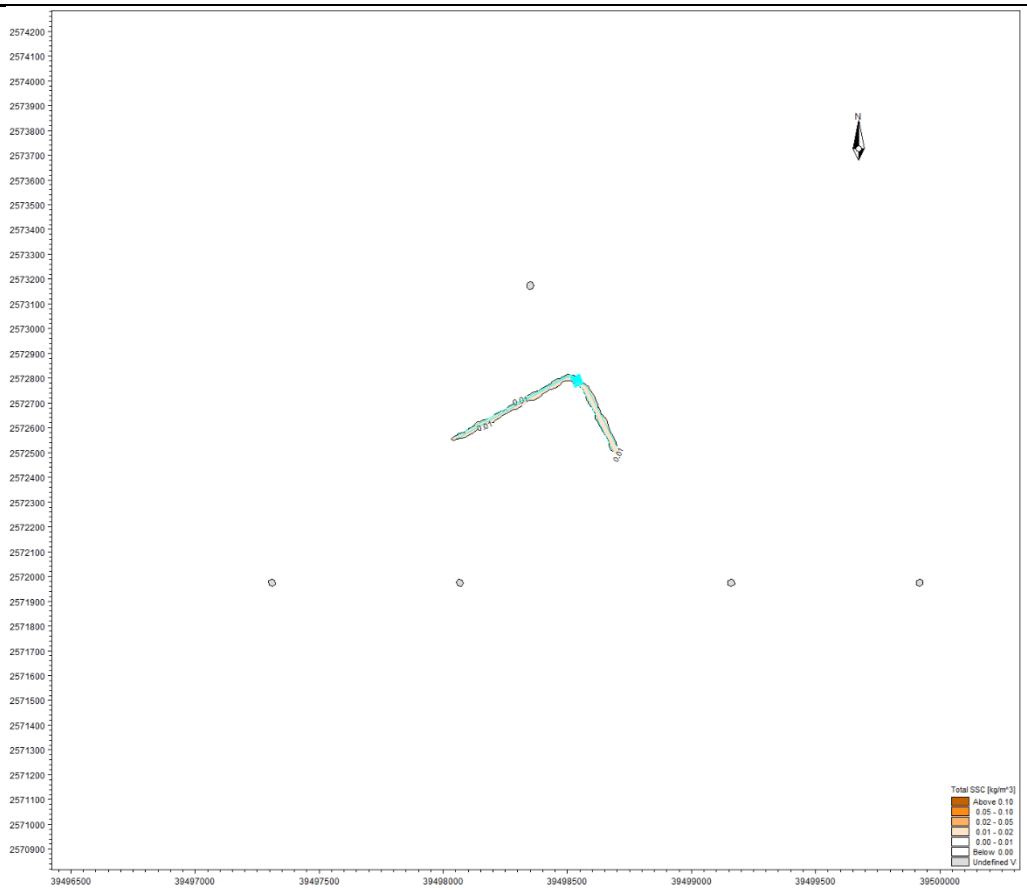


图 4.1.3-38 工况 2 施工产生悬沙增量包络线范围图（0.4 层）



图 4.1.3-39 工况 2 施工产生悬沙增量包络线范围图（中层）



图 4.1.3-40 工况 2 施工产生悬沙增量包络线范围图（0.8 层）

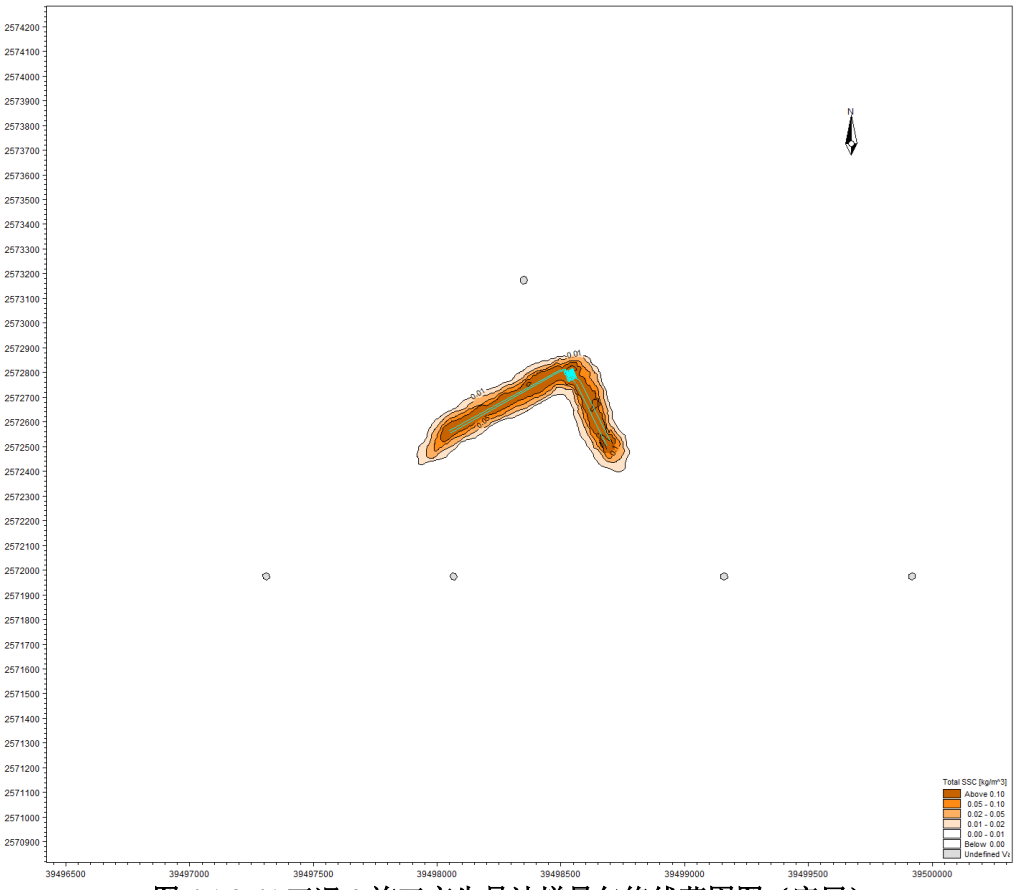


图 4.1.3-41 工况 2 施工产生悬沙增量包络线范围图（底层）

2、施工期其他水环境影响分析

（1）扫海清障作业悬浮物扩散影响分析

扫海清障作业打捞的障碍物主要是缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，悬浮泥沙源强小于 1kg/s（抓斗船小型作业强度悬沙源强），影响时间为打捞的瞬间。总体来看，扫海清障作业悬浮物影响很小，对周边海洋生态环境影响很小。

（2）钢管桩打桩作业悬浮物扩散影响分析

根据工程分析，本工程沉桩施工振动会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，并可能影响局部沉积物环境。根据类似工程实际施工经验，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加（>10mg/L）范围一般在半径在 100m 内，且桩基础在海缆施工产生影响范围内，因此本次不考虑对打桩施工作业进行悬浮物扩散的模拟预测计算。

（3）施工废水对水质影响分析

船舶作业期间的船舶生活污水、含油污水经船舶配备储污水箱、油污水收集设施统一收集后定期交由船舶污染物接收单位接收处理， 基本不会对周边海洋环境造成不良影响。在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。陆域施工人员产生的生活污水依托所在综合楼的排水系统纳入市政污水管网，不会对周边环境造成污染影响。

4.1.3.4对海洋沉积物的影响分析

1、施工悬浮泥沙对沉积物环境的影响

项目施工期间海缆和数据中心桩基施工产生的悬浮泥沙将扩散沉降，使原海底沉积物受到一定程度的覆盖和破坏，施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，基本不会影响海底沉积物的质量。

2、施工污废水对沉积物环境的影响

船舶作业期间的船舶生活污水、含油污水经船舶配备储污水箱、油污水收集设施统一收集后定期交由船舶污染物接收单位接收处理，基本不会对所在海域的沉积物环境造成不良影响。

4.1.3.5对海洋生态和生物资源影响

1、对海洋生物及生态系统的影响

（1）对浮游植物的影响

根据对本工程建设过程的分析，在做好施工期生活污水、船舶含油污水的收集处理工作的前提下，施工期对浮游植物最主要的影响是施工增加了水体中悬浮物质，影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。已有很多国内外学者对光照强度与浮游植物的光合作用之间的关系进行了研究，大量的实验及调查研究表明，水体透明度对叶绿素 a 和浮游植物数量分布和变化是一个至关重要的制约因素。

海缆施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆沿线较大范围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带来影响；同时悬浮泥沙的扩散影响会对鱼卵、仔稚

鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成影响。

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，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。

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加到 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。

在海洋食物链中，除了初级生产者—浮游藻类以外，其他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，致使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，对整个海洋生态食物链的影响是多环节的。

（2）对浮游动物的影响

悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。由于悬浮颗粒物的浓度增加，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物内部系统紊乱，因饥饿而死亡。某些桡足类动物，具有依据光线强弱变化而进行昼夜垂直迁移的习性，水体的透明度降低，会引起这些动物生活习性的混乱，破坏其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

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，尤其在悬浮物含量大到 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。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

（3）对底栖生物的影响

底栖生物是水生生物生态系统中的一种重要生态类型，海底数据中心施工过程中，桩基础压占、海缆敷设会对施工区域的底栖生物及其生境造成临时或永久压占破坏，在该范围内的底栖生物会造成直接破坏。施工临时占压的影响在施工结束后随着时间的推移，作为新的底栖生境会逐渐吸引新的底栖生物和小型鱼虾蟹类来此生存栖息并形成新的底栖生物栖息地和生态系统，对底栖生物损失起到一定程度的恢复。

（4）对渔业资源的影响

鱼类等水生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。施工作业引起悬浮物质含量变化，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”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。工程不会产生的悬浮物含量高浓度区（300mg/L 以上水平），不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加。

2、项目造成海洋生物资源损失量分析

（1）底栖生物资源损失量

本项目数据中心桩基将占用海域底土面积，改变底栖生物原有栖息环境，造成底栖生物资源损失；此外，海缆施工范围内海域大部分生物将被铲除、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。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i-第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg）。

D_i-评估区域内第 i 种生物资源密度，在此指底栖生物平均生物量，单位 g/m^2。

S_i-第 i 种生物占用的渔业水域面积，单位为 m^2。

本项目数据中心桩基础为四桩导管架结构，桩基直径为 3.5m，4 根钢管桩基础占用底栖生境面积为 $38.48m^2$。项目 66kV 光电复合海缆总长约 1.72km，海缆施工开挖回埋宽度约 0.5m，考虑实际敷设定位偏差及海缆管沟开挖及其悬浮物再沉降的边际效应，计算对底栖生物破坏宽度按照海缆两侧各 5m 计算。本项目海缆施工造成底栖生物损失的面积为海缆长度（1.72km）×（底栖生物破坏宽度 10m）=$1.72\times10^4m^2$。

底栖生物资源密度取 LM16、LM17 站位的平均生物量：$1.41g/m^2$。由此计算得：

数据中心桩基造成底栖生物直接损失量：$38.48\times1.41\times10^{-3}$＝0.054kg；

海缆施工造成底栖生物直接损失量：$1.72\times10^{4}\times1.41\times10^{-3}=24.252$kg；

因此，本项目造成底栖生物直接损失量为 24.306kg。

（2）悬浮物对海洋生物资源影响分析

①计算公式

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

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中：

M_i——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾/个/千克（kg）；

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

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

D_{ij}——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km^2）；

S_j——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km^2）；

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

n——某一污染物浓度增量分区总数。

②取值依据

1）污染物浓度增量区面积（S_i）和分区总数（n）

结合《规程》对污染物超标倍数的分类，不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积汇总见下表。

表 4.1.3-7a 捞起海缆施工产生悬沙增量面积（km^2）

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.582	0.000	0.000	0.000
4	0.895	0.467	0.279	0.000
5	1.284	0.745	0.426	0.251
平均	0.552	0.242	0.141	0.050

表 4.1.3-7b 海缆敷设施工产生悬沙增量面积（km^2）

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.069	0.000	0.000	0.000
3	1.426	0.839	0.000	0.000
4	2.268	1.298	0.816	0.352
5	2.875	1.612	1.303	0.594
平均	1.528	0.750	0.424	0.189

表 4.1.3-8a 不同超标倍数的捞起海缆施工 SS 增量整体包络线面积汇总

悬沙层次	污染物 i 的超标倍数 Bi	对应的 SS 浓度范围（mg/L）	SS 增量各浓度平均最大包络面积（km^2）
1 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0
	Bi>9 倍	Bi>100	0
2 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0
	Bi>9 倍	Bi>100	0
3 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0.582
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0
	Bi>9 倍	Bi>100	0
4 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0.428
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0.188
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0.279
	Bi>9 倍	Bi>100	0
5 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0.539
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0.319
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0.175
	Bi>9 倍	Bi>100	0.251

表 4.1.3-8b 不同超标倍数的海缆敷设施工 SS 增量整体包络线面积汇总

悬沙层次	污染物 i 的超标倍数 Bi	对应的 SS 浓度范围（mg/L）	SS 增量各浓度平均最大包络面积（km^2）
1 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0
	Bi>9 倍	Bi>100	0
2 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	1.069
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0
	Bi>9 倍	Bi>100	0
3 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0.587
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0.839
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0
	Bi>9 倍	Bi>100	0
4 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	0.97
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0.482
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0.464
	Bi>9 倍	Bi>100	0.352
5 层	Bi≤1 倍	10<Bi≤20	1.263
	1<Bi≤4 倍	20<Bi≤50	0.309
	4<Bi≤9 倍	50<Bi≤100	0.709
	Bi>9 倍	Bi>100	0.594

根据上述 SS 的影响面积对鱼卵仔稚鱼和游泳生物造成的影响进行计算。

2）生物资源损失率（K_{ij}）

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的“污染物对各类生物损失率”，施工过程中悬浮泥沙增量超标倍数、超标面积和在区内各类生物损失率如表 4.1.3-9 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 4.1.3-9 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区	分区悬浮物浓度	污染物 i 的超标倍数（Bi）	各类生物损失率	
			鱼卵和仔稚鱼	成体
I	10~20	Bi≤1 倍	5	0.5
II	20~50	1＜Bi≤4 倍	15	5
III	50~100	4＜Bi≤9 倍	40	15
IV	>100	Bi≥9 倍	50	20

3）持续周期数（T）和计算区超标范围的水层平均厚度

工程海底电缆施工属于移动源，悬浮物浓度增量区域存在时间均少于 15 天，根据《规程》界定对海洋生物资源的损害属于一次性损害，悬沙污染影响周期取 1。据水深测量资料，悬浮泥沙扩散范围内的海域平均水深以 23m 计算，项目数值模拟分 5 层开展，每层平均水深约 4.6m。

4）生物资源密度（Dij）

渔业资源密度取游泳生物的平均重量密度为 192.57kg/km^2，鱼卵的垂直拖网平均密度 0.925ind/m^3，垂直拖网调查没有采获到仔鱼，采用水平拖网调查仔鱼卵的平均密度 0.019 ind/m^3。

③海洋生物资源损失量计算结果

通过计算结果显示，本工程施工期鱼卵的直接损失量 7.837×10^6 粒，仔稚鱼的直接损失量为 1.610×10^5 尾，游泳生物的直接损失量为 0.119t。

表 4.1.3-10 项目施工悬浮泥沙扩散对生物直接损失量汇总表

工程	海洋生物种类	损失量合计
捞起海缆施工悬浮物扩散 1~5 层	鱼卵（粒）	1.960×10^6
	仔鱼（尾）	4.026×10^4
	游泳生物（吨）	0.029
海缆敷设施工悬浮物扩散 1~5 层	鱼卵（粒）	5.877×10^6
	仔鱼（尾）	1.207×10^5
	游泳生物（吨）	0.090
合计	鱼卵（粒）	7.837×10^6
	仔鱼（尾）	1.610×10^5
	游泳生物（吨）	0.119

3、对评价海域生物多样性的影响分析

春季在项目所在及附近海域调查中共记录浮游植 4 门 38 属 85 种，浮游动物 7 个生物类群 19 种，大型底栖生物 24 种，鱼卵 8 种，没有采获到仔鱼，游泳动物 11 目 42 科 69 种。

本项目施工造成底栖生物直接损失量为 24.306kg，游泳生物直接损失量为 0.119t，鱼卵直

接损失量为 7.837×10^6，仔鱼直接损失量为 1.610×10^5。

施工对底栖生物的栖息环境造成破坏，其影响随工程结束后可逐步恢复；施工悬浮泥沙对浮游生物及渔业资源影响是暂时的，随施工结束而逐渐消失。施工结束后，建设单位按要求落实生态修复措施，工程对生物资源造成的影响可通过生态修复措施进行恢复。

总体上看，工程实施对评价海域生物多样性的影响可接受。

4、对海洋生态敏感区的影响分析

项目周边的环境敏感目标主要为三线一单优先保护单元、生态保护红线、“三场一通道”中南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区、黄花鱼幼鱼保护区等。

（1）对三线一单优先保护单元、生态保护红线的影响分析

项目评价范围内的三线一单优先保护单元、生态保护红线主要有汕头珍稀濒危物种分布区（北侧，约 0.8km）。根据数模预测结果，海缆敷设施工作业产生的悬浮泥沙增量>10mg/L 的范围不会扩散至汕头珍稀濒危物种分布区，对该三线一单优先保护单元、生态保护红线影响较小。

（2）对“三场一通道”的影响分析

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、沙丁鱼幼鱼保护区和黄花鱼幼鱼保护区内。本项目对以上保护区产生影响的主要为施工期产生的悬浮物和施工期污废水的影响，项目施工产生的悬浮泥沙主要集中在施工区域范围，且悬浮物的影响是暂时的，施工期结束后其影响也逐渐消失；项目建设施工期生活污水、船舶废水和固废统一收集并处理，基本不会对海域水质环境造成不良影响。

项目施工扰动海域底土，改变海域环境，将不可避免地减少重要经济鱼类生息繁衍场所，在 10mg/L 包络线内一定程度上导致生物受损，对经济鱼虾的繁殖、生长或洄游造成影响，但是对具有行动能力的底栖生物和游泳生物，当其栖息环境受到外在破坏时，能够主动逃窜回避从而免遭受损，且施工期产生的影响是暂时的，施工结束后即可消除。此外，为减小对水生动物的干扰，应对水下噪声加以控制，对噪声大的施工作业，应在作业开始初期只发出轻声，待水生动物避开后才进入正常的施工工作。

5、对珍稀海洋生物的影响分析

（1）对中华白海豚的影响

①悬浮泥沙对中华白海豚影响分析

本项目施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质污染。根据数值模拟结果，悬沙扩散主要集中在项目工程周边海域。

在上世纪 80 年代，在东山、南澳附近海域均可常见中华白海豚出现，渔民目击区域主要集中在汕头港外草屿、外砂河、南澳大桥凤屿、云澳码头以及南澳北面海域，偶见于青澳湾、潮州柘林湾以及汕头湾内附近。

从生理结构上来说，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，浑浊的水体对其呼吸影响不大。施工作业完成后，悬浮物的影响也将消失，基本不会对中华白海豚造成影响。

②水下噪声对中华白海豚的影响分析

根据厦门大学许肖梅等研究成果（《厦门北通道公铁两用桥工程水下噪声对中华白海豚及渔业资源环境影响评估报告》，2005 年），预计施工中钻孔、施船舶作业及航运等施工和海上运输活动将使水下噪声级提高 20~30dB，即施工海域水下噪声可达 105~140dB，虽低于上述鲸类最大可承受声压标准（180dB），但仍会对鲸豚产生行为干扰影响，即本项目水下施工时将直接干扰邻近水域鲸豚活动。根据 van Radecke 等对欧洲北海 Alpha Ventus 海上风电跟踪调查结果，预计打桩噪声对施工点 100m 以内鲸豚类有非常明显影响。通常情况，鲸豚将被迫调整其活动范围，待施工作业完成、干扰减少时，鲸豚将逐渐恢复原来活动范围。

建议在桩基开始施工前，应密切注意观察施工区域周围白海豚的活动，若发现有白海豚，应暂停施工，采用无害声驱的方法将其驱逐出作业海域，再进行施工作业。施工噪声对白海豚影响不大，在做好上述防护措施的前提下，施工期对中华白海豚的影响在可控的范围之内。

（2）对海龟的影响分析

本项目施工噪声可能会对海龟的影响有一定影响，由对海龟的行为听阈研究表明其最敏感频率在 100Hz，此时阈值为 98dB re1 μPa。因此，工程打桩施工将对该海域中的海龟行为产生一定程度的影响，会出现激动的行为、突然的身体动作等惊吓反应，或者改变自身的游泳模式和方向，出现下潜等躲避行为。

根据海龟主要活动区域分布情况，本项目位置并未与海龟活动区域重叠，对海龟的生存活动影响较小。

（3）对中国鲎的影响分析

汕头-南澳海域的中国鲎常发现于南澳岛-勒门列岛海域，南澳岛北部海域和南澎列岛海域，本项目所在海域不是中国鲎主要活动区域，项目建设施工期生活污水、船舶废水和固废统一收集并处理，基本不会影响到中国鲎的活动区域，对中国鲎及其生境影响不大。

（4）对文昌鱼的影响分析

文昌鱼在广东沿海主要分布于粤东的南澎列岛、汕头广澳外、惠州考洲洋湾口外、粤西阳江海陵岛南部、茂名放鸡岛海域、湛江吴川鉴江口、湛江港口外以及东海岛南部，以及硇洲岛海域等海域，但其密集区位于茂名放鸡岛附近海域。

本项目春季海洋生态现状调查在 LM11 站位采集到文昌鱼，距离本项目约 9.2km。根据数模预测，本项目施工产生的悬浮泥沙不会扩散到文昌鱼主要生活区域，项目建设施工期生活污水、船舶废水和固废统一收集并处理，基本不会对海域水质环境造成影响，因此，项目建设基本不会对文昌鱼造成不良影响。

6、海洋生态影响程度汇总

项目施工期海洋生态影响程度汇总见表 4.1.3-11。

表 4.1.3-11 项目海洋生态影响程度汇总

影响要素		影响程度
生态敏感区	汕头珍稀濒危物种分布区	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象数量和种群规模基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”。
	南海北部幼鱼繁育场保护区	本项目为海底数据中心建设项目，施工期产生的悬浮物将产生一定影响，施工结束后，影响将逐渐消失，主要保护对象数量和种群规模仅略有减少，主要生态功能和物种栖息地连通性略受干扰，影响程度属于“弱”。
	幼鱼、幼虾保护区	
	蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区	
	黄花鱼幼鱼保护区	
生物资源		生物资源略受损害，重要水生生物“三场一通道”受到一定程度的干扰，生产能力略受损害，影响程度属于“弱”。
重要物种		生物数量基本不变、种群规模无变化，生境和活动空间未受破坏或干扰，饵料生物未减少，生物栖息繁衍未受影响，影响程度属于“无”。

4.1.3.6大气环境影响分析

本工程施工期大气污染源主要为施工区各类施工船舶、机械设备，各类船舶、机械设备均以柴油或汽油为燃料。施工机械和车辆运行会产生一定量废气，主要污染物质包括 SO_2、CO、NO_x、颗粒物、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 及碳氢化合物等。此外在海域施工区，施工船舶和机械在运行中也会排放一定量的废气，由于项目所处区域开阔、空气流通性好，项目施工废气不会对环境产生明显影响。

4.1.3.7噪声环境影响分析

施工期水下噪声源主要包括施工船只和运输船只行驶噪声，以及钢管桩打桩噪声，其中桩基础施工水下噪声源强较大，施工船舶产生的噪音与所在海域现场背景值相当，基本不会产生水下噪声影响。

不同鱼类对声压的忍受力不同，其中石首科鱼类对声压最为敏感。本报告以对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼为研究对象，以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。厦门大学在福建闽威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验表明：大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB/re 1μPa 时幼苗对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB/re 1μPa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB/re 1μPa 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB/re 1μPa，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB/re 1μPa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。因此项目基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。

此外，根据相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工不会对一定距离外（200m 左右）的

鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋鱼类的累积效应可能造成慢性影响。研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

总体上施工中水下噪声对鱼类、海洋哺乳动物的影响主要表现为噪声干扰导致鱼类或海洋哺乳动物暂时游离施工水域，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类或海洋哺乳动物离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，不会造成大范围鱼类死亡。

项目陆上监控中心租用已建成的汕头海上风电智慧能源“四个一体化”项目 1#综合楼第一层，不涉及土建工程，因此施工期间产生的影响主要是由于设备运输、安装时产生的噪声等。通过加强施工管理，陆域施工对周围环境噪声影响较小，在可接受范围内。

4.1.3.8固体废弃物分析

施工过程中所产生的生活垃圾分类收集后交由船舶污染物接收单位接收运走。施工过程产生的固体废物禁止排海，对周围海域环境影响较小。陆域生活垃圾分类收集后交环卫部门统一处理，对周围环境影响较小。

4.1.3.9环境风险分析

1、风险调查

本项目不属于高风险行业，不涉及高风险工艺。生产过程中无中间产品或副产品、副产物产生，不涉及风险物质。本项目施工过程需涉及施工船舶，因此本项目施工期中存在的风险源主要为施工船舶的燃料油。

2、风险潜势初判及评价等级判定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本项目施工期环境风险潜势为II，环境风险评价等级为三级。三级评价项目应定性分析说明海域环境影响后果。

3、环境风险敏感目标调查

项目周边的环境敏感目标主要为三线一单优先保护单元、生态保护红线、“三场一通道”中南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区、黄花鱼幼鱼保护区等。

4、风险识别

本项目施工期主要风险物质为施工船舶的燃料油，可能引起的环境风险事故有：由于恶劣气象条件或操作不当引起的施工船舶碰撞，从而引起的船舶溢油风险事故。

表 4.1.3-9 燃料油的理化性质

项 目	特 性	项 目	特 性
外观及气味	黑色粘稠有气味的液体	凝固点（℃）	<26
液体相对密度	0.92～1.07	粘度（pas）	<180
沸点（℃）	>398.9	水溶性	微溶

20℃时蒸汽压（kpa）	很低	自燃温度（℃）	407.2
雷德蒸汽压（kpa）	0.3（50℃时）	挥发性	挥发
闪点（℃）	65.6～221.1	灭火方法	二氧化碳、干粉、泡沫
易燃性	不易燃	危险性	必须加热才能持续燃烧
爆炸极限	1%～5%	主要用途	船用燃料

基于 GESAMP（海洋污染专家组）的研究报告，燃料油的污染特性分类为石油类，执行 MARPOL 73/78 公约附则 I。燃料油一旦溢漏入海，海域水环境、生态环境等将受到严重影响和破坏。燃料油为微溶性物质，发生事故性泄漏后，主要漂浮于海面，短期内进入水体的量一般较少。其环境影响主要是隔绝了水体和空气之间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净化功能变差，破坏了水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对于海洋哺乳类动物、海鸟等动物的生理功能均有很大的伤害；随着溢出物在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的溢出物量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；当溢出物上岸，可造成对岸线及其环境资源的严重污染损害。

根据工程特点分析，本项目引起溢油事故发生的主要因素如下：①施工船舶在工程位置作业或者行进时，由于管理疏忽、操作违反规程或失误等原因引起石油类跑、冒、滴、漏事故，这类溢油事故对环境影响相对较小，但也会对水域造成油污染；②由于船舶本身出现设施损废，在行进中受海上风浪影响，或者发生船舶碰撞，有可能使油类溢出造成污染。

5、溢油环境影响分析

本项目位于海域，一旦发生溢油，将立即影响该海域水质和底质环境，对海域生态资源造成影响。发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗性弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

（1）对海洋生态环境的影响

①溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，从而影响水的物理化学和生物化学过程。

溢油后，石油的重组分可自行沉积，或粘附在悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降，从而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

②溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害，沉积到底

质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此，一旦发生事故溢油且处理不及时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

（2）对海洋生物的影响

①对浮游植物的影响

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

②对底栖生物的影响

不同种类底栖生物对石油浓度的适应性具有差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小。

软体动物双壳类吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm 的石油可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制，进而导致死亡。

底栖生物的耐油污性通常很差，即使水体中石油含量只有 0.01ppm，也会导致其死亡。当水体中石油浓度在 0.01~0.1ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

③对渔业资源的影响

石油溢漏入海后，以油包水或水包油的形式分散在水中，形成乳化油。乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映，其症状表现为急性、亚急性和慢性。急性和亚急性中毒是指大剂量、高浓度的中毒反映，其症状证据要表现为致死性、神经性、对造血功能的损伤和酶活性的抑制；慢性中毒的影响，既是在小剂量、低浓度下，仍表现代谢毒性、生活毒性以及致癌、致畸、致突变等毒理效应。同时，发生溢油时，不仅表现在对渔业生物的损害和发育生长的影响，当海水中石油浓度达到一定含量时，就会使渔业生物致臭，不仅使鱼类失去鲜美的味道，更主要的是石油类富集于鱼体内，通过食物链危害人体健康。

相对于鱼卵和仔稚鱼而言，溢油事故对成体鱼类的影响相对较小，主要是由于大量油在海水表面以漂浮形态存在，而大多数鱼类是在中层和底层水中生活。另外，许多上层和中层鱼能逃避黑色油块，底层鱼凭视觉和嗅觉尽量避开和下沉的油块接触。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类伤害程度轻；若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

突发性溢油对渔业资源带来的损害是多方面的。首先，污染可能引起该海区的鱼虾回避，

造成捕捞产量的直接减产；其次表现为由于品质的下降造成产值损失。另外，溢油对于渔业资源的影响程度还受海区的水文、气象以及地理位置的不同而不同，如果事故发生在产卵盛期和污染区正处于产卵场密集区，成鱼可以回避，但卵子和仔稚鱼难逃死亡的命运。

④对渔业生产的影响

溢油事故对渔业资源的中、长期累积影响主要是造成渔业资源种类、数量及组成的改变，从而使渔业长期逐渐减产。这种影响在水域环境中可持续数年至十几年，因溢油规模及溢油地点而异。一般在近岸、河口或盐沼地发生溢油的恢复时间相对要长些。根据对法国布列塔尼发生的 AmocoCadiz 溢油影响的研究表明，溢油后 1 年，在 2 个湾里有几种鱼类的幼体完全消失而其成体的生长则显著减少，并且出现病态及畸变，估计其资源恢复到平衡至少需几年时间。根据对美国马萨诸塞州 Buzzards 湾发生的佛罗时达号油驳轮溢油的研究发现，溢油后 3~4 年，大型底栖生物仍没有明显的恢复，而盐沼潮间带的某些蟹类在溢油 7 年后仍未完全恢复，估计溢油的影响最少持续 10 年。根据对加利福尼亚州附近发生的一次溢油观察也表明，大多数生物种群在溢油几年后才得到恢复，但水产资源鲍鱼在 16 年后仍未恢复，而且许多种类也没有达到溢油前的丰度。Barry 等（1975）曾报道了一次溢油的研究结果，溢油初期潮间带蛤类大量死亡，估计其资源最少要在 5~6 年后才有明显的恢复。Hiyama（1979）报道了日本 SetoInlandSea 一次溢油的观察，表明溢油初期沿岸渔业资源曾受严重损害，但一年后基本恢复正常，其主要归因于采取迅速而有力的恢复工作。

⑤溢油事故对海岸带贝类的危害

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

（3）对岸线的影响

发生溢油后，油膜抵达沙质或岩礁质海岸线时，油膜将较长时间粘附在海岸线上，对其生态系统将造成长期严重破坏，其恢复期可长达几年。

（4）对海洋生态红线的影响分析

本项目周边分布有海洋生态红线等，若本项目发生溢油事故，将会对项目及其附近海洋生态红线区的海洋生物等产生影响。

石油类对自然保护区、海洋生态红线中的海洋生物的影响是多方面的，其中最明显的是直接致死效应。不同种类的海洋生物及不同生命阶段对石油类的敏感性和耐受能力亦不尽相同。一般来讲，石油类对大部分成体海洋鱼、虾、贝类的致死浓度为 1~100mg/L，对较敏感的仔、幼体阶段的致死浓度为 0.1~1mg/L，大多数浮游藻类在 0.1~1mg/L 浓度中细胞死亡。某些藻类在 0.0001mg/L 浓度中都会死亡。溢油产生的油膜进入海洋生态红线区并污染区内的水质，油膜扫过海洋生物成体、幼体和浮游藻类及表面游泳生物都将受影响，特别是在鱼类繁育期，幼鱼幼虾生产期发生的溢油事故，海域的生物资源损失将是较严重的。

运营期生态环境影响分析

4.2运营期生态环境影响分析

4.2.1工艺流程

海底数据舱运营期间产污环节主要有海缆输送产生的电磁环境影响；日常维护过程中的检修废物及船舶废气、废水和固废；数据中心海水换热冷却系统产生的温排水；柴油发电机应急情况下启用后产生的废气、噪声、固废；陆上监控中心工作人员产生的生活污水、生活垃圾等。

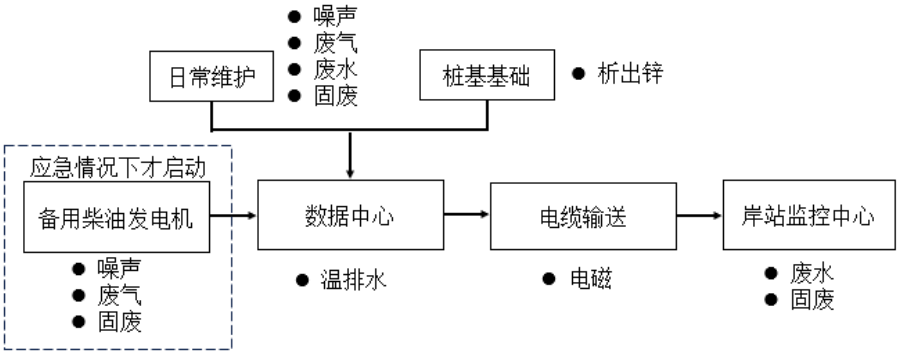


图 4.2.1-1 数据中心运营期工艺流程及产污环节

4.2.2运营期源强分析

1、废水

（1）陆域生活污水

项目运营期陆上监控中心运营安排 8 名工作人员，产生的生活污水纳入市政污水管网。根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中提供的系数和计算方法来估算，项目所在的广东属于五区，主要污染物指标和产生系数见表 4.2.2-1。

表 4.2.2-1 五区城镇生活源水污染物产排校核系数

城市分类	污染物指标	单位	产生系数平均值	每日产污情况（t/d）	产污量（t/a）
五区	人均日生活用水量	L/（人·天）	240	1.92	700.8
	折污系数	无量纲	0.89	/	/
	人均日生活污水量	L/（人·天）	213.6	1.709	623.785

	化学需氧量	mg/l	285	0.0005	0.1825
	氨氮	mg/l	28.3	0.00005	0.0183
	总氮	mg/l	39.4	0.00007	0.0256
	总磷	mg/l	4.10	0.00001	0.0037

（2）船舶生活污水

生活污水主要来自日常检修工作人员，除不可抗力情况下可出海执行运维任务，按每年133天计，检修人员6人。参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶工作人员生活用水量按100L/人·d，污水发生量按85%计，则人均生活污水排放量85L/人·d计，计算可得船舶作业人员生活污水排放量为0.51m³/d，67.83m³/a。海上检修人员生活污水采用船上配备的储污水箱进行收集和贮存，定期交由船舶污染物接收单位接收运走，不得直接排放入海。

（3）船舶舱底油污水

运营期间的含油污水主要来自检修船舶产生的船舶舱底油污水。与风场运维共用1艘维护船舶，除不可抗力情况下可出海执行运维任务，按每年133天计。运维船舶吨级为499吨，船舶舱底油污水产生量按0.14t/d计。船舶油污水的含油浓度为浓度在2000~20000mg/L之间，本次评价取 10000mg/L 计算。则营运期定期运维船含油污水产生量为 0.14t/d、18.62t/a。油类污染物产生量为 1.4kg/d、186.2kg/a。运维船舶上设置油水分离器和油污水罐，含油污水由船舶污染物接收单位接收运走，严禁向水域排放含油污水。

（4）温排水

本项目数据中心利用海水进行冷却降温，满负荷下的海水系统流量为720m³/h 左右，采用2用1备共3套设备（日常仅2个排放口同时排放），海水系统换热后最大温升不超过5℃，24小时不间断运行，则温排水一天共 34560m³。为防止海洋生物在海水管路系统中生长和附着，在取水过滤器里面安装电解铜铝装置，电解后铜、铝离子随冷却水一同排放，铜、铝离子排放浓度不超过0.002mg/L。

（5）锌溶出

数据中心桩基基础拟选用高效铝合金牺牲阳极保护，化学成分包括铝铁锌铟等，其中牺牲阳极块锌含量为2.5%~5.75%，根据设计，阳极消耗（溶解）量为46.7kg/a。牺牲阳极含锌量按含量 3.5%计算，则阳极锌释放量为 1.63kg/a。数据舱使用年限 15 年，计算本项目锌释放总量为24.45kg。

2、废气

（1）运维船废气

船舶废气主要污染物质包括 NO_x、SO_2 及颗粒物等，以无组织形式排放。使用的船舶应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）中第二阶段船机排气污染物排放限值，由于项目所处区域开阔、空气流通性好，项目船舶废气不会对环境产生明显影响。

（2）备用柴油发电机尾气

①数据舱上备用发电机

本项目设置 6 台柴油发电机（1800kW，5 用 1 备配置）作为备用电源，平时不运行，仅在风电场检修期或市电无法返送时启动。运行时柴油将作为发电机的能源，内燃后会产生 NOx、SO_2 及颗粒物等少量废气，经排烟管排放。发电机采用 0 号轻质柴油作为燃料，根据《GB252-2015 普通柴油》，2017 年 7 月 1 日起，0#柴油含硫量不大于 0.001%，因此柴油发电机使用含硫量按 0.001%计。柴油发电机组燃烧含硫率低于 0.2%的轻质柴油，耗油率取 0.22kg/h*kW，则柴发机组共 6 台（5 用 1 备配置），单台柴油发电机组单日耗油量 9.504t（厂家提供的技术文件），8 天共耗油量 380.16t（目前风场每年停电检修时长为 5~7 天）。

根据《环境统计手册》提供的参数，每燃烧 1kg 柴油将释放 14m^3 的烟气，则备用柴油发电机排烟量为 5322240m^3/a。参考燃料燃烧排放污染物物料衡算办法计算，烟尘产生系数为 0.095（kg/t 油），其 SO_2 和 NOx 产生量算法如下：

1）SO_2

C_{SO2}=2000×B×S

C_{SO2}—二氧化硫排放量，kg；

B—消耗的燃料量，t；

S—燃料中的全硫分含量，%；本项目取 0.001%。

2）NOx

G_{NOx}=1630×B×（N×β+0.000938）

G_{NOx}—氮氧化物排放量，kg；

B—消耗的燃料量，t；

N—燃料中的含氮量，%；本项目取值 0.02%；

β—燃料中氮的转化率，%；本项目选 40%。

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

经计算，发电机燃油的废气产生情况如下表：

表 4.2.2-2 项目 5 台柴油发电机燃烧尾气污染物计算

废气污染物	废气量（m^3/a）	产生浓度（mg/m^3）	产生量（kg/a）	排放浓度（mg/m^3）	排放量（kg/a）
SO_2	5322240	1.43	7.60	1.43	7.60
NO_X		118.52	630.81	118.52	630.81
烟尘		97.40	518.4	97.40	518.4

由上表可知，备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度可达到广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表 2 中第二时段二级排放浓度限值要求，即烟色的林格曼黑度低于 1 级，SO^2＜500mg/m^3，NOx＜120mg/m^3，烟尘＜120mg/m^3，对周围空气质量不会造成明显不良影响。

②陆上监控中心备用发电机

本项目陆上监控中心设置 2 台柴油发电机（功率 250kW）作为备用电源，平时不运行，仅市政两路停电使用，2 台单日耗油量共 2.688t。

经计算，发电机燃油的废气产生情况如下表：

表 4.2.2-3 项目 2 台柴油发电机燃烧尾气污染物计算

废气污染物	废气量（m^3/d）	产生浓度（mg/m^3）	产生量（kg/d）	排放浓度（mg/m^3）	排放量（kg/d）
SO_2	37632	1.43	0.054	1.43	0.054
NO_X		118.52	4.46	118.52	4.46
烟尘		97.40	0.255	97.40	0.255

由上表可知，备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度可达到广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表 2 中第二时段二级排放浓度限值要求，即烟色的林格曼黑度低于 1 级，SO^2＜500mg/m³，NOx＜120mg/m³，烟尘＜120mg/m³，对周围空气质量不会造成明显不良影响。

3、噪声

（1）运维船噪声

本项目运营期维护需要 1 艘运维船对数据中心及相关设备进行检修，运维船舶噪声源强约为 75~100dB(A)。

（2）柴油发电机噪声

本项目运营期无连续运营噪声设施，项目配置的柴油发电机组作为后备电源，仅在风电场检修期、市电无法返送时和市政两路停电启动，噪声源值约 85dB(A)。

4、固废

（1）陆域生活垃圾

项目运营期陆上监控中心运营安排 8 名工作人员，生活垃圾发生系数按照 1kg/天·人估算，则生活垃圾产生量为 8kg/d，以 365 天为计，生活垃圾产生量为 2.92t/a，生活垃圾收集分类后交环卫部门统一处理。

（2）运维船生活垃圾

固体废物主要来自日常检修工作人员，除不可抗力情况下可出海执行运维任务，按每年 133 天计，检修人员 6 人。检修工作人员生活垃圾产生量按照 1.5kg/人·d 计，检修工作人员生活垃圾产生量为 1.2t/a。运维船检修人员生活垃圾随运维船回收至岸上交由船舶污染物接收单位接收运走。

（3）一般固体废物

本项目运营期间维护产生的废旧金属、废零部件、废包装材料等一般固体废物约 0.2t/a，每次产生后由厂家回收处理。

（4）危险废物

柴油（HW08 废矿物油与含矿物油废物，废物代码 900-249-08），本项目柴油发电机和数据舱运维检修产生的少量油渣油垢、沾染矿物油的废弃包装物等危险废物按 0.1t/a 计。项目产

生的少量油渣油垢收集后放至危废暂存设施处暂存，统一委托有资质的单位外运处置。

5、运营期污染物汇总

本工程运营期污染源强汇总详见下表 4.2.2-4。

表 4.2.2-4 工程运营期污染源强及拟采取污染防治措施

环境要素	污染源	主要污染物	污染物源强	拟采取污染防治措施
水环境	陆域生活污水	污水量	700.8t/a	纳入市政污水管网
	船舶生活污水	污水量	67.83m³/a	定期交由船舶污染物接收单位接收运走
	船舶舱底油污水	污水	18.62t/a	收集上岸后交由船舶污染物接收单位接收运走
		石油类	186.2kg/a	
	温排水	污水量	34560m³/a	自然排放
		铜、铝离子	0.002mg/L	自然排放
	铝-锌-铟系合金牺牲阳极块	Zn	1.63kg/a	自然排放
环境空气	船舶尾气	SO_2、NO_x	/	自然排放
	数据舱备用发电机废气	SO_2	7.60kg/a	经排烟管高空排放
		NO_x	630.81kg/a	
		烟尘	518.4kg/a	
	陆上监控中心备用发电机	SO_2	0.054 kg/d	
		NO_x	4.46 kg/d	
		烟尘	0.255 kg/d	
声环境	运维船噪声	等效 A 声级	75~100dB(A)	自然排放
	柴油发电机噪声	等效 A 声级	85dB(A)	自然排放
固体废物	陆域生活垃圾	生活垃圾	2.92t/a	收集分类后交环卫部门统一处理
	运维船生活垃圾	生活垃圾	1.2t/a	分类收集后交由船舶污染物接收单位接收运走
	一般固体废物	废旧金属、废零部件、废包装材料等	0.2t/a	由厂家回收处理
	危险废物	少量油渣油垢、沾染矿物油的废弃包装物	0.1t/a	委托有资质的单位外运处置

4.2.3运营期影响分析

4.2.3.1对水质环境的影响分析

1、运营期温排水对水质环境的影响分析

（1）计算范围

计算模型范围与前述水动力范围相同。

（2）参数取值

参数设置与水动力模型一致。

（3）工况设置

数据中心单个排放口流量仅为 0.2m³/s，跟常规电厂比小约两个量级（如某火电

2×1000MW 机组排量 54m³/s），且位于深水区（>20m），扩散条件较好，可以预见，温排水扩散影响甚小，这里采用保守计算，即不考虑海面失热过程。模型计算排放口连续排放 15 日后的全潮最大温升进行统计，由于温排水为水上 2.65m 排放，且由于浮力效应主要集中于表层水体，取表层温升进行统计说明。

工况 1：排水口 1 和排水口 2 中间设置一个释放点（流量 720m³/h）、排水口 3 设置一个释放点（流量 720m³/h），24 小时持续排放。

工况 2：排水口 1 和排水口 2 中间设置一个释放点（流量按两个排口水 1440m³/h），24 小时持续排放。

（4）计算结果

工况 1 情况下夏冬季节表层水温最高增加 0.28℃和 0.25℃，工况 2 情况下夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，两种工况都没有超 1℃温升分布的范围，各层各级水温增加见表 4.2.3-1~表 4.2.3-2，各层水温增加包络线见图 4.2.3-1~图 4.2.3-2。

表 4.2.3-1 数据中心冬季各层水温增量面积（km²）

工况	层次	>0.001℃	>0.002℃	>0.003℃	>0.004℃	>0.005℃
工况 1	表层	11.696	5.369	2.690	0.828	0.315
	0.4 层	9.340	4.276	2.139	0.647	0.229
	中层	7.497	3.478	1.778	0.590	0.096
	0.8 层	5.255	2.443	1.246	0.419	0.000
	底层	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
工况 2	表层	12.874	5.910	2.965	0.913	0.353
	0.4 层	10.280	4.713	2.357	0.714	0.267
	中层	8.238	3.820	1.949	0.647	0.096
	0.8 层	5.777	2.680	1.369	0.457	0.000
	底层	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 4.2.3-2 数据中心夏季各层水温增量面积（km²）

工况	层次	>0.01℃	>0.02℃	>0.03℃	>0.05℃	>0.1℃
工况 1	表层	12.484	5.758	3.003	0.942	0.372
	0.4 层	9.967	4.590	2.386	0.733	0.277
	中层	7.991	3.725	1.977	0.666	0.096
	0.8 层	5.597	2.614	1.388	0.467	0.000
	底层	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
工况 2	表层	13.738	6.338	3.307	1.037	0.410
	0.4 层	10.974	5.055	2.633	0.818	0.315
	中层	8.789	4.086	2.167	0.723	0.096
	0.8 层	6.157	2.870	1.521	0.514	0.000
	底层	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

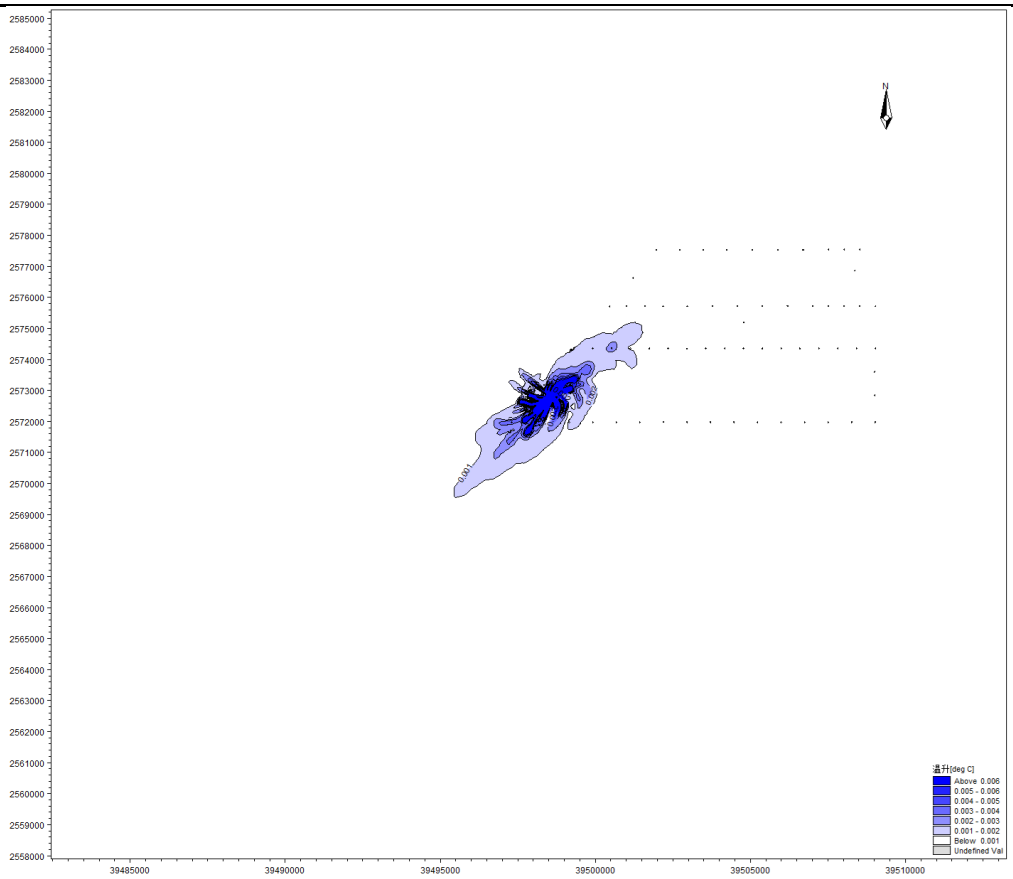


图 4.2.3-1 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（表层）

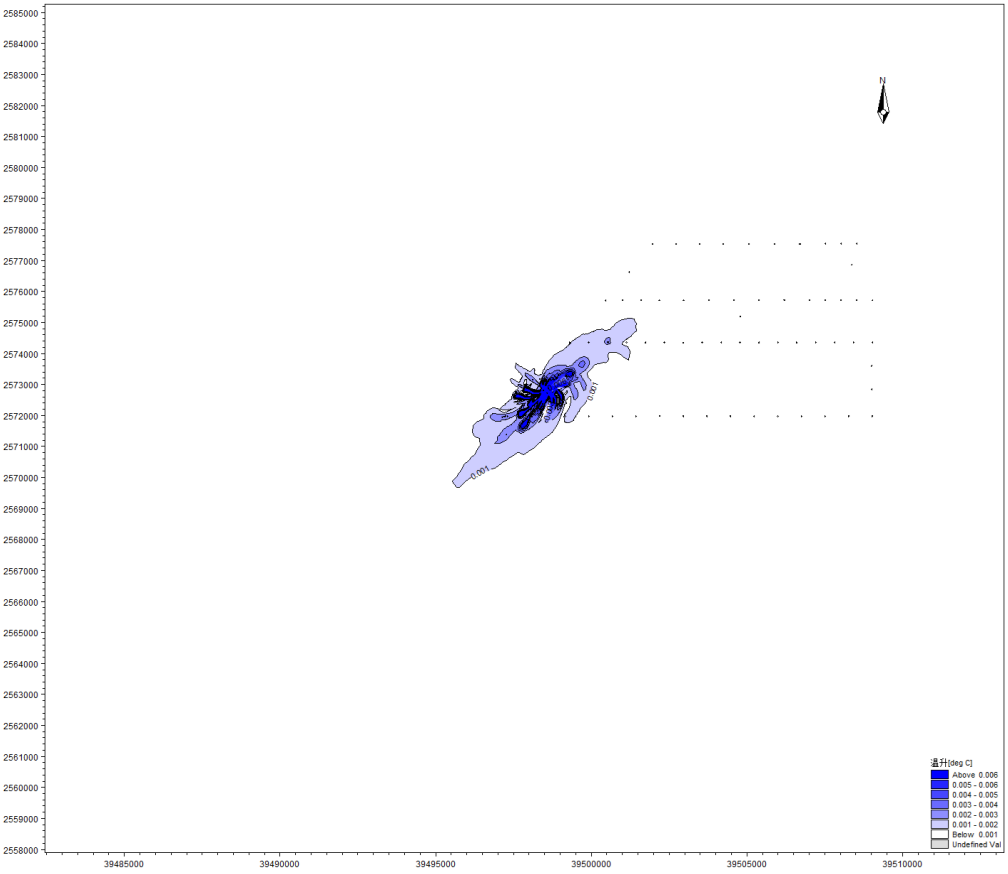


图 4.2.3-2 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

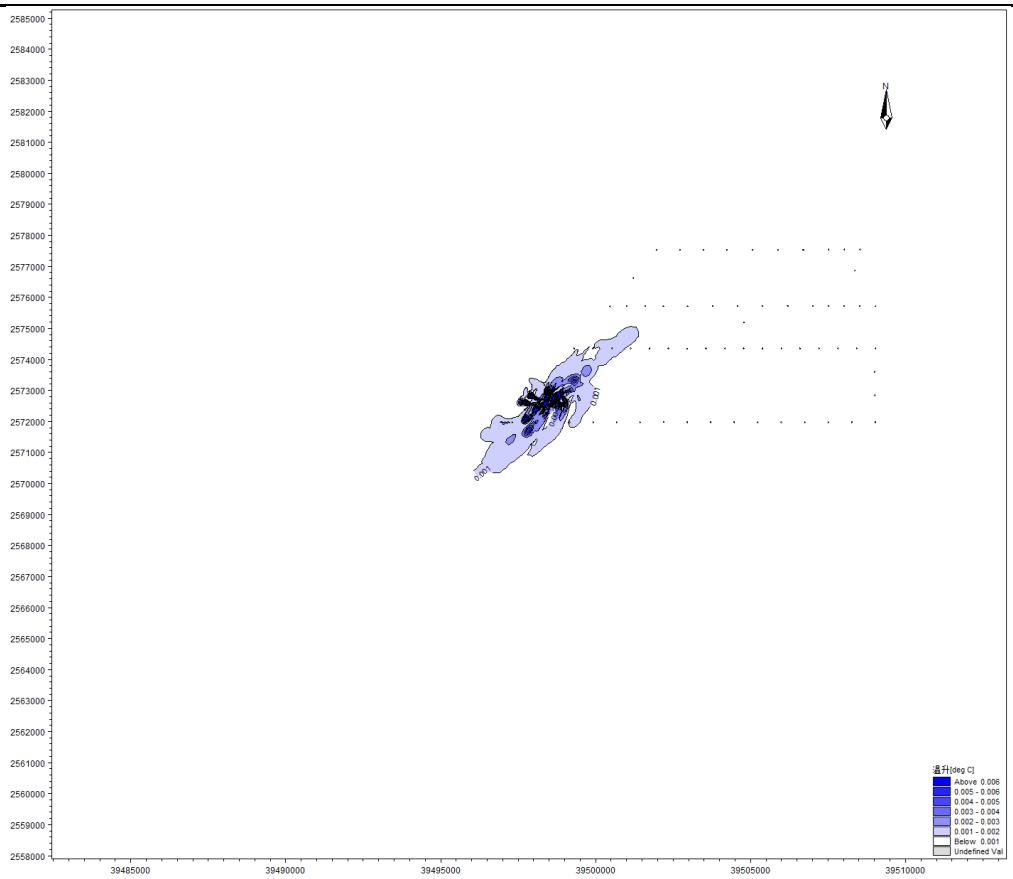


图 4.2.3-3 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（中层）

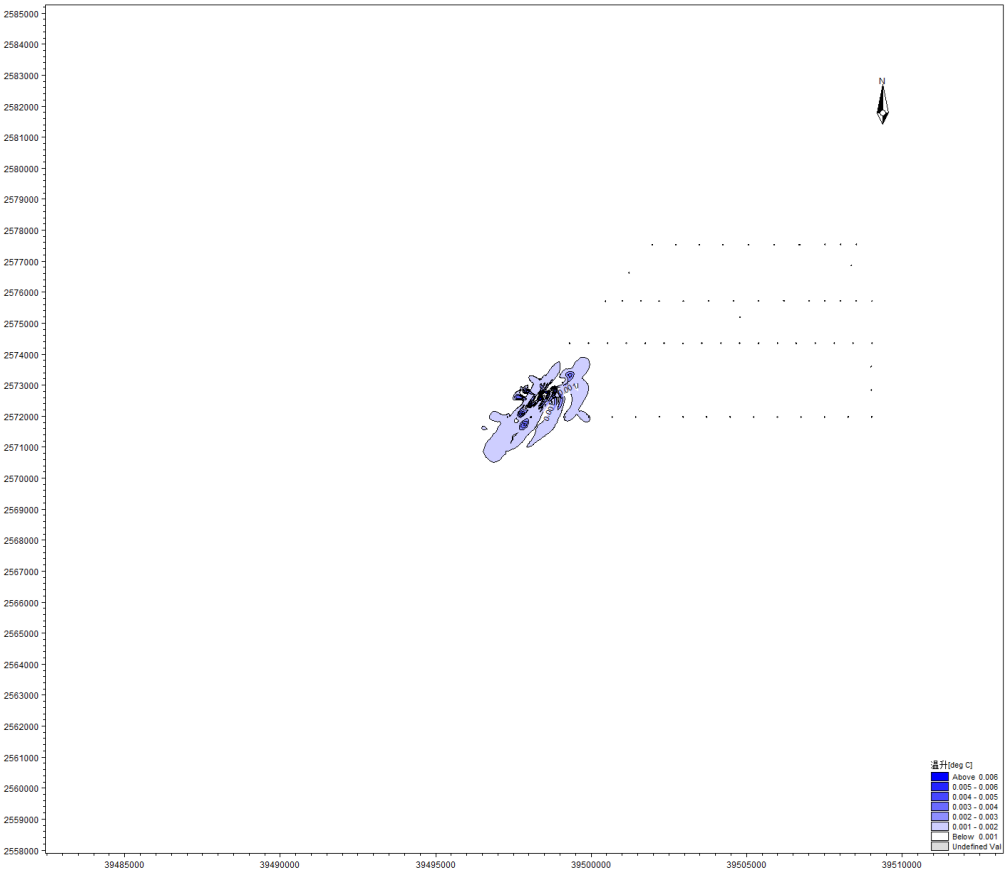


图 4.2.3-4 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

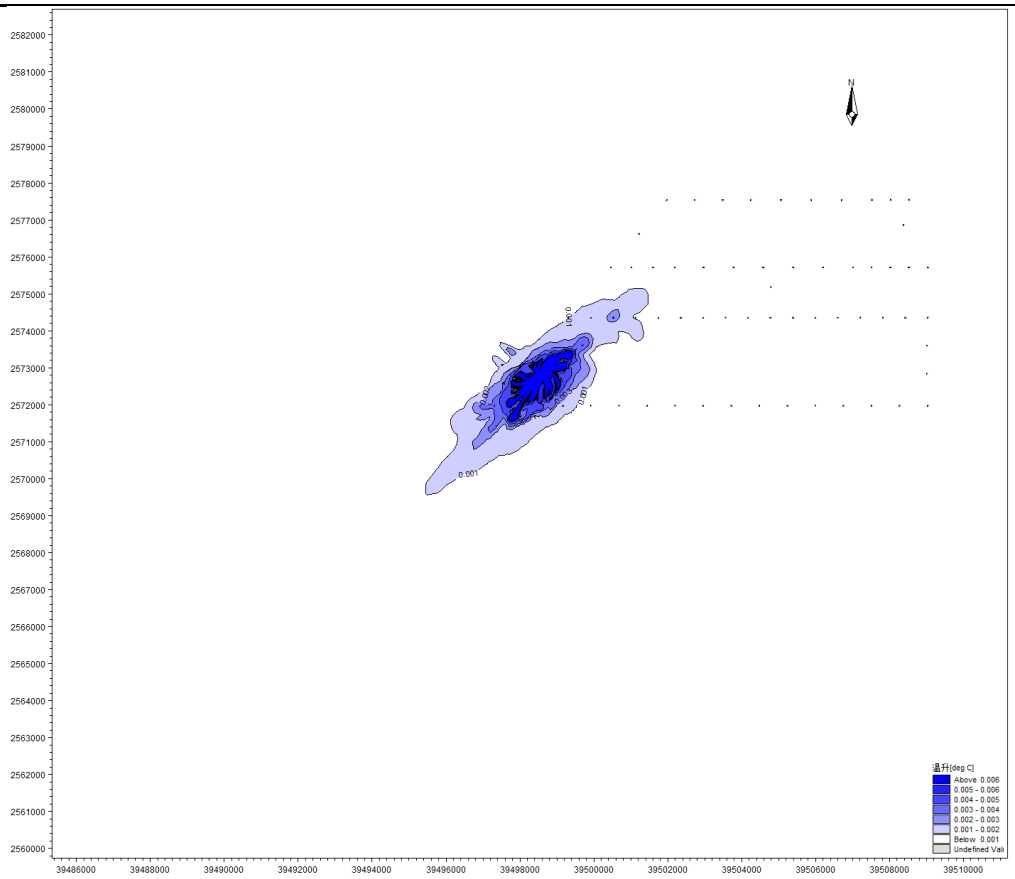


图 4.2.3-5 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（表层）

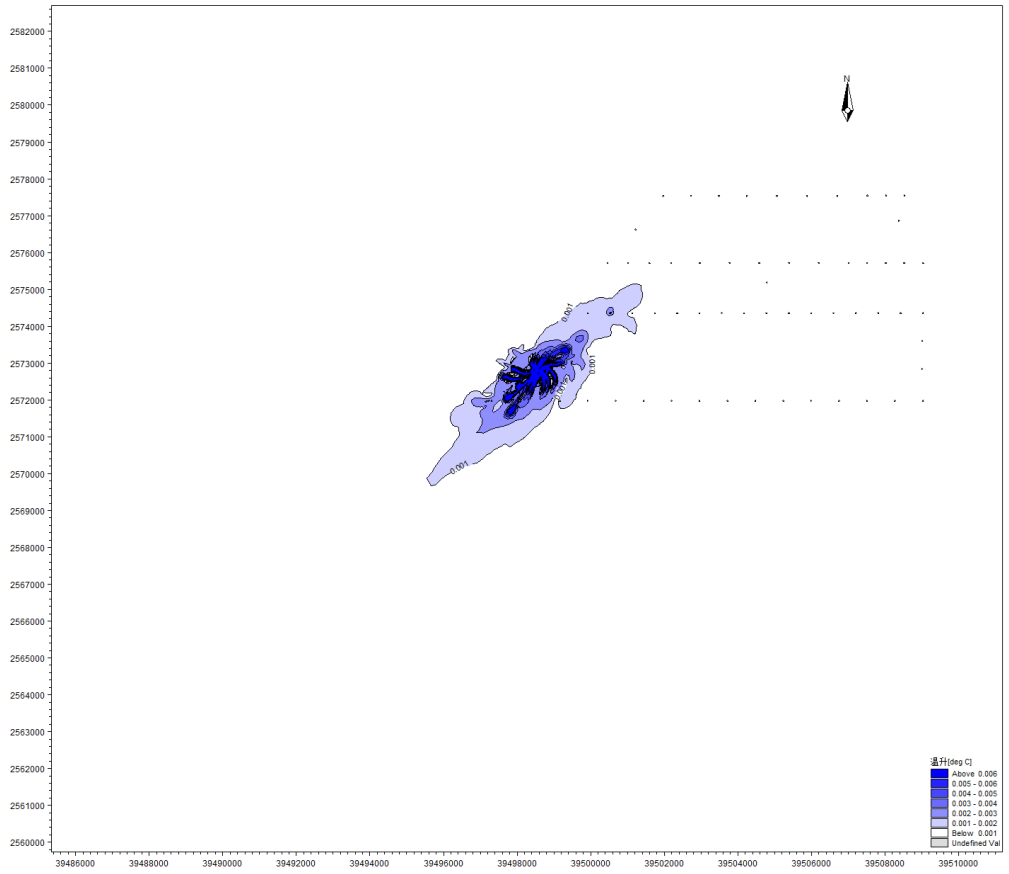


图 4.2.3-6 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

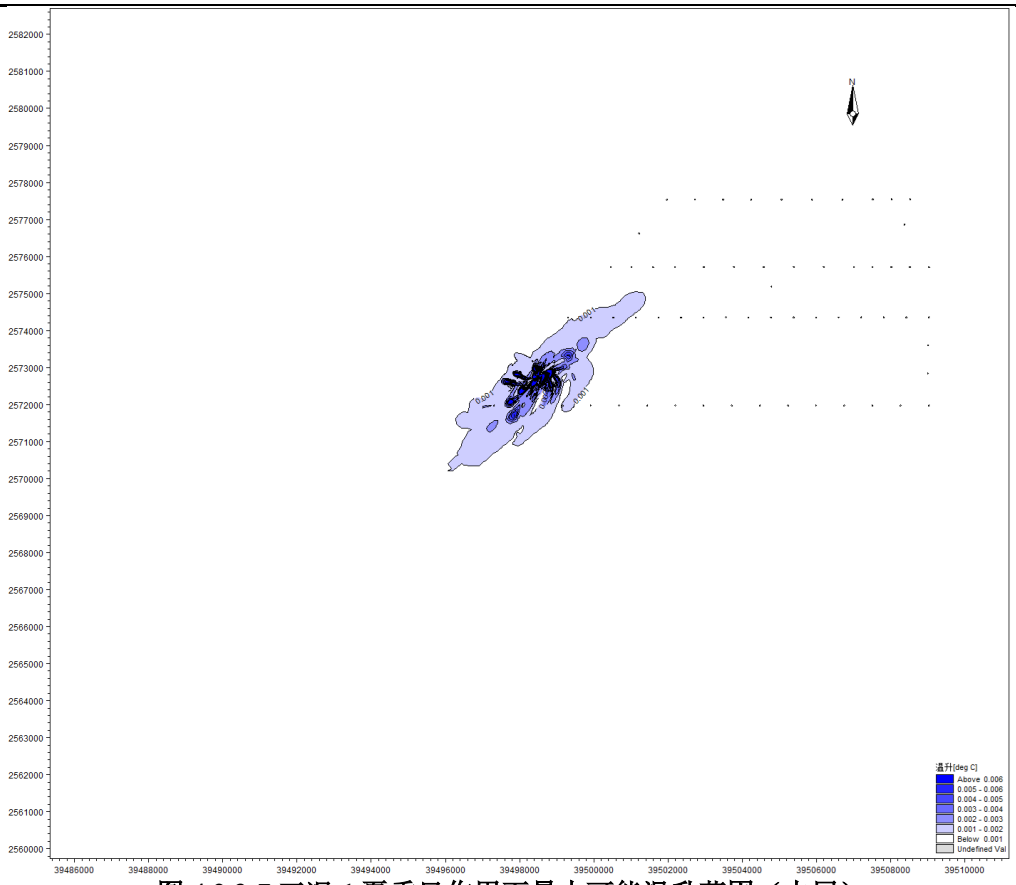


图 4.2.3-7 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（中层）

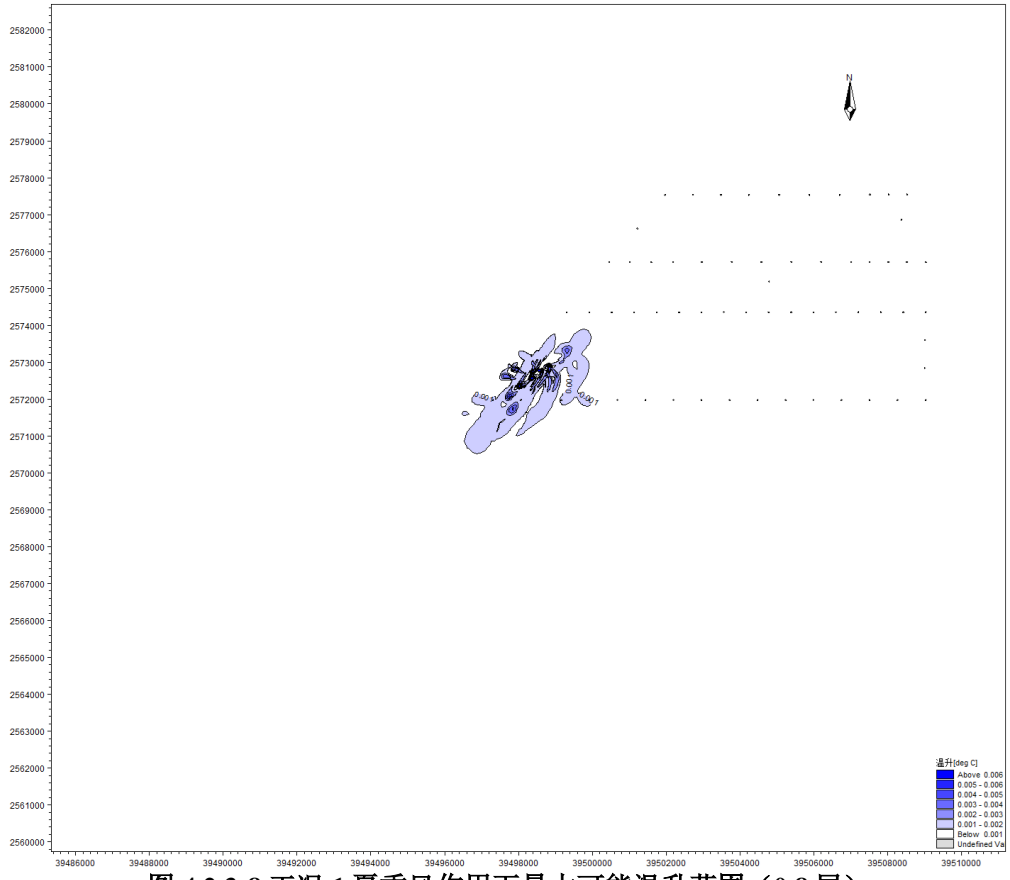


图 4.2.3-8 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

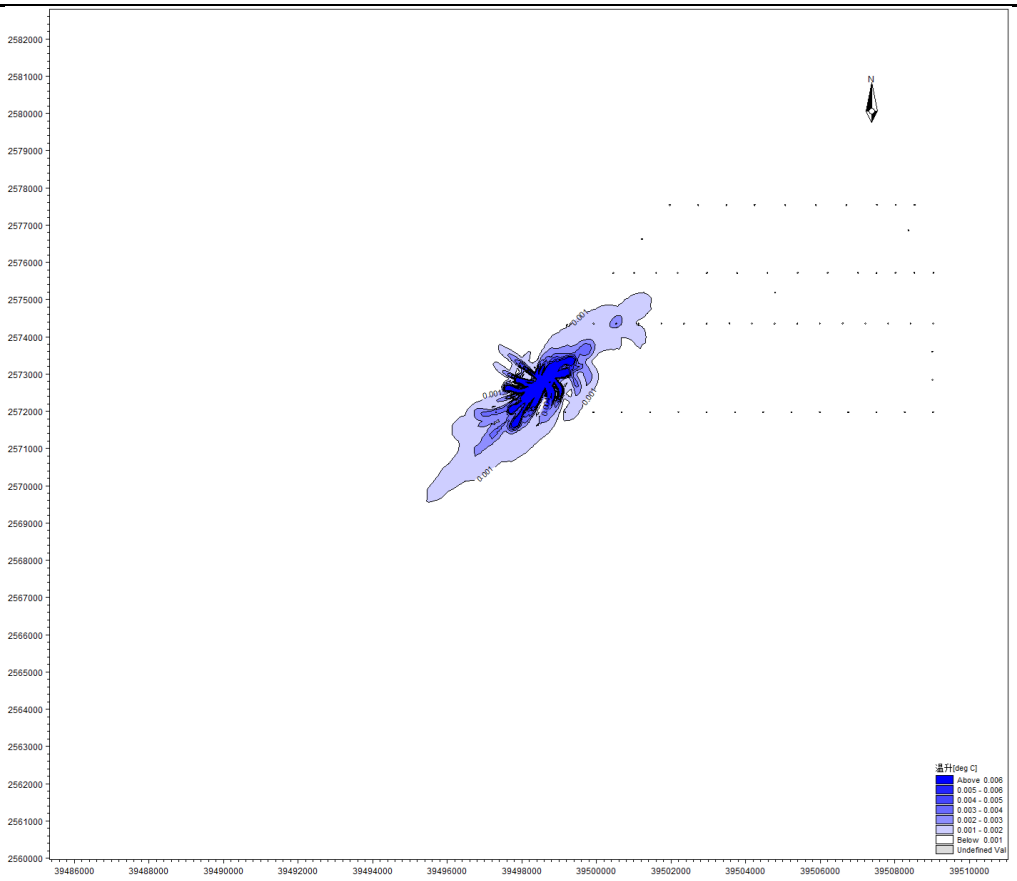


图 4.2.3-9 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（表层）

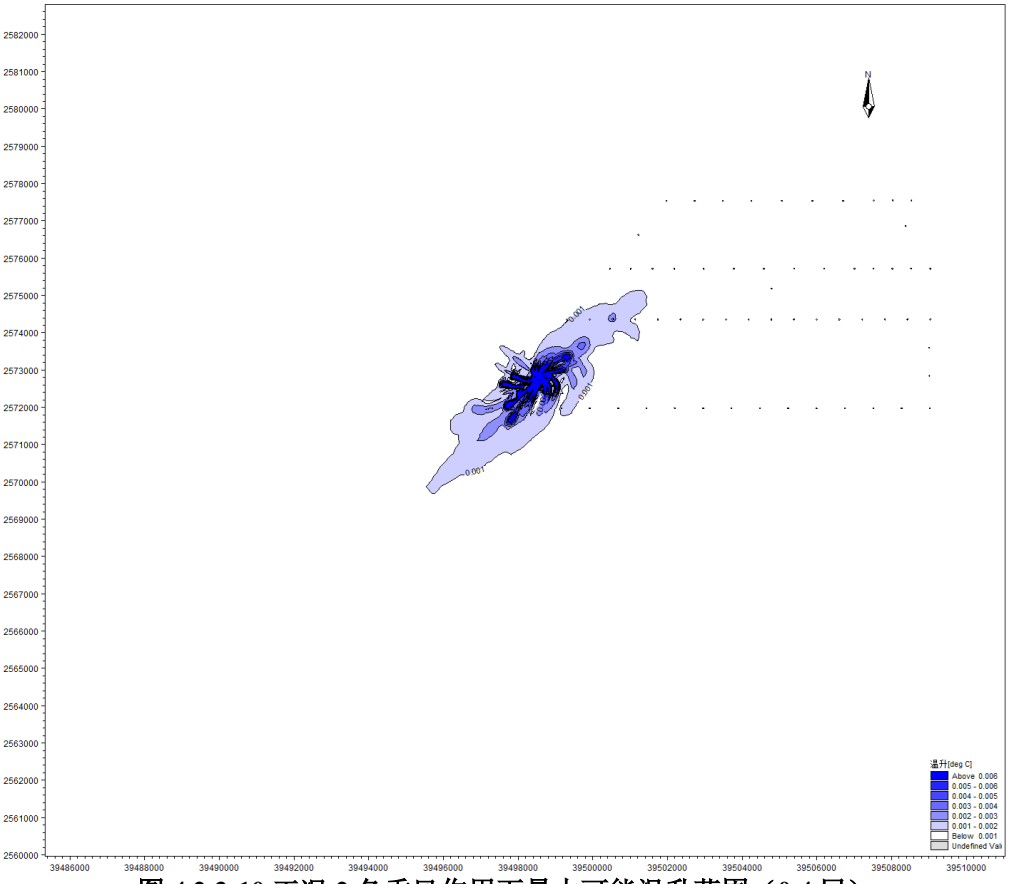


图 4.2.3-10 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

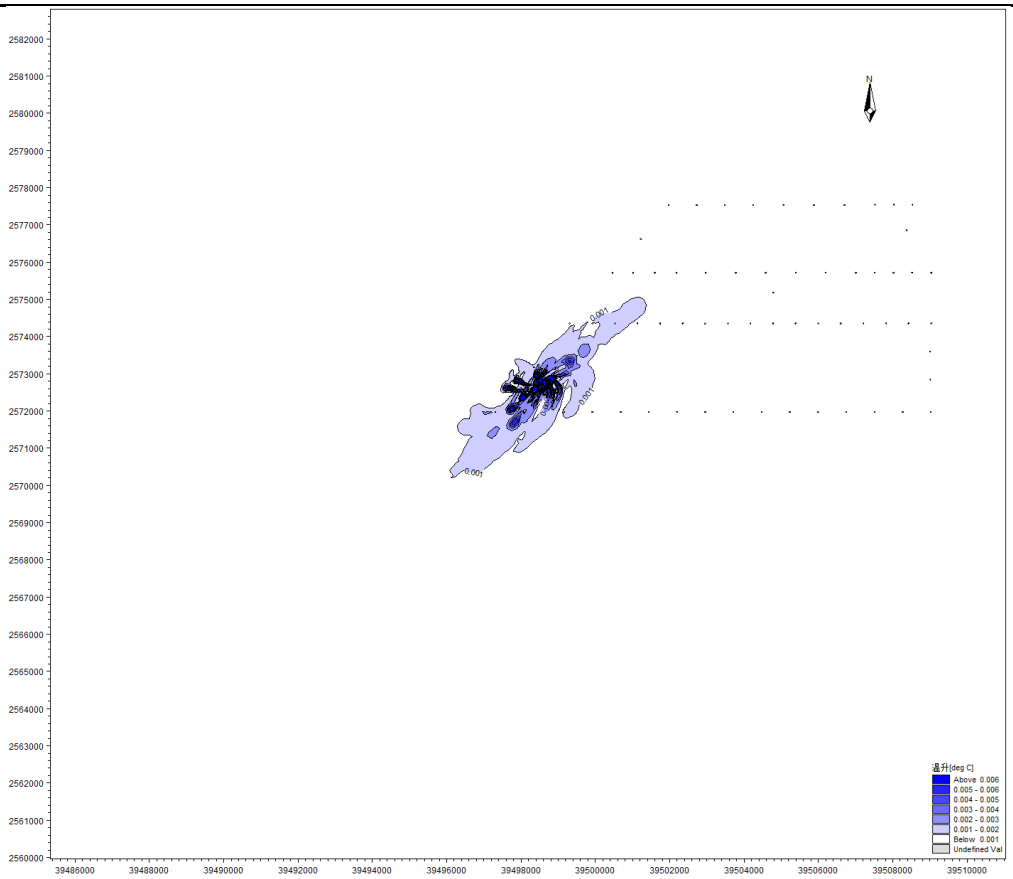


图 4.2.3-11 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（中层）

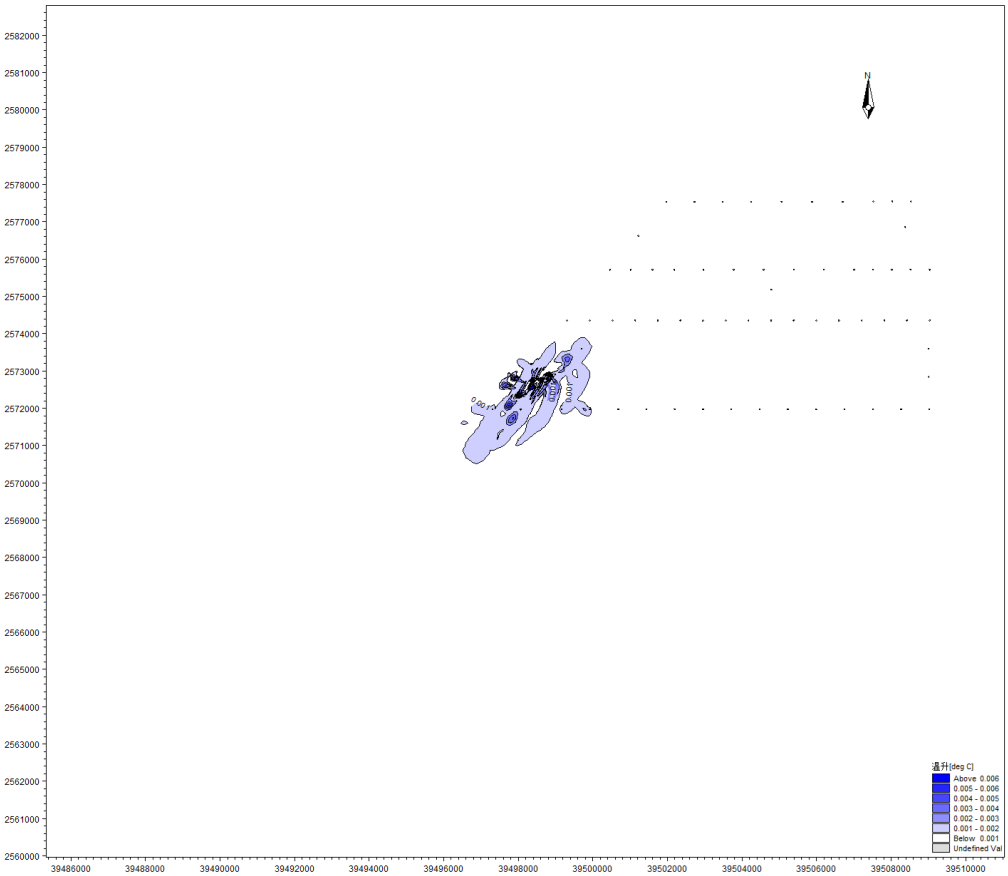


图 4.2.3-12 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

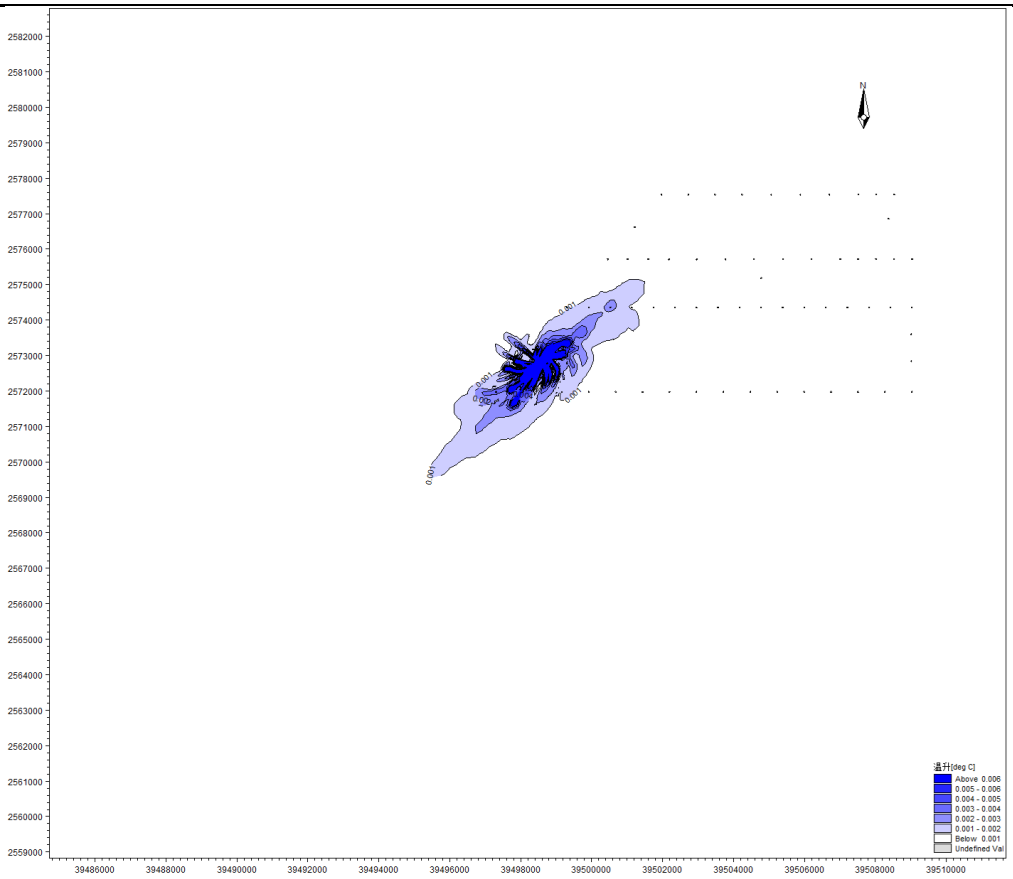


图 4.2.3-13 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（表层）

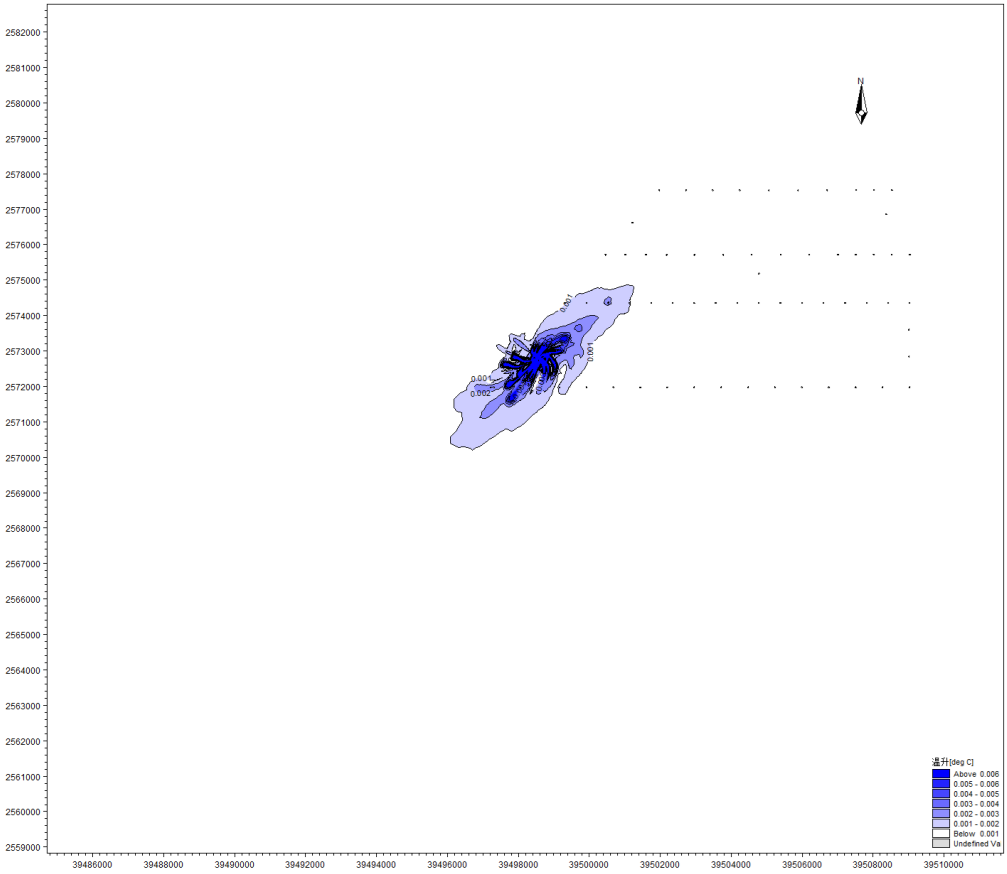


图 4.2.3-14 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

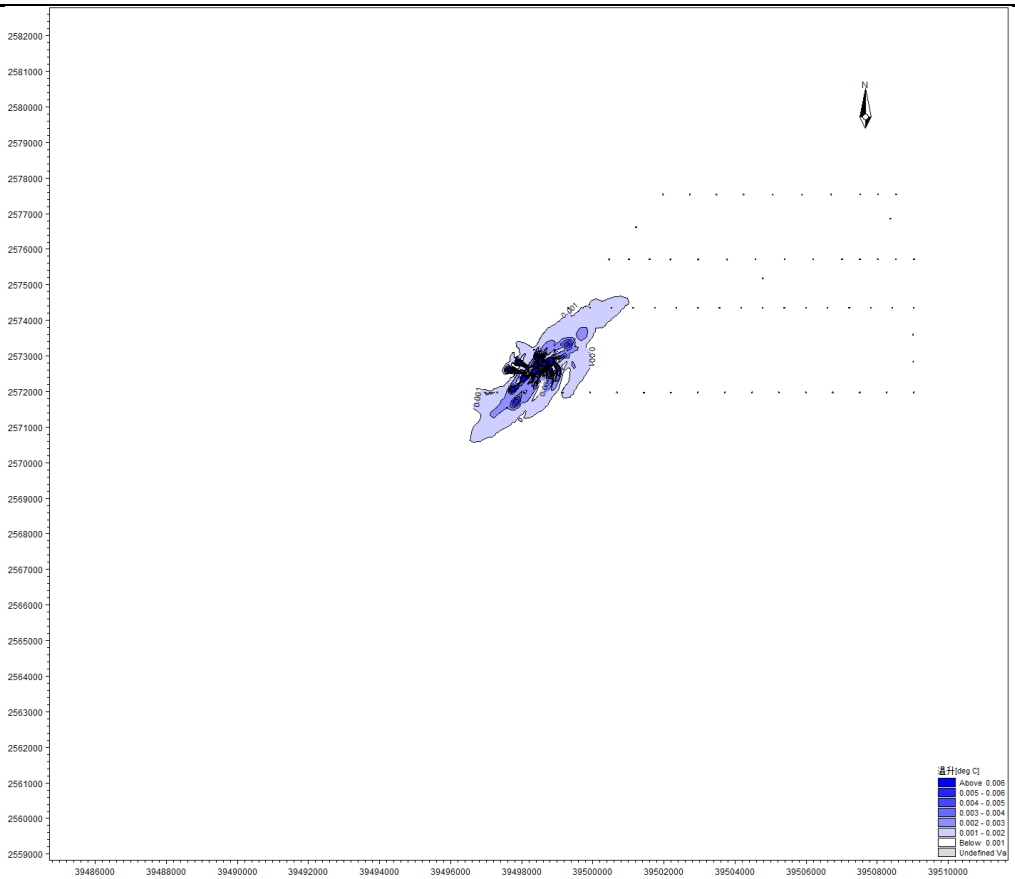


图 4.2.3-15 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（中层）

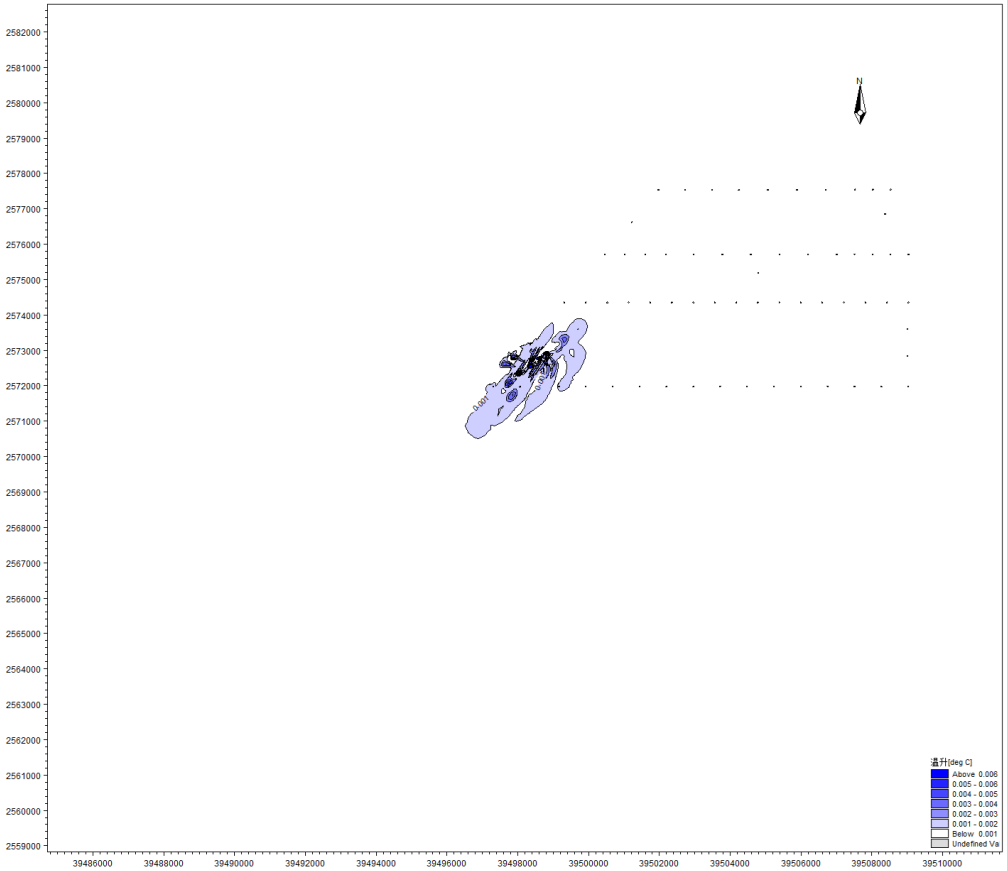


图 4.2.3-16 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

2、运营期其他水环境影响分析

本项目数据中心桩基基础拟采用高效铝锌钢合金牺牲阳极保护，其主要特征污染指标为Zn 的溶出，对海水水质和海洋沉积物造成一定影响。本项目桩基基础防腐每年进入海水中的锌约为 1.63kg/a。为防止海洋生物在海水管路系统中生长和附着，在取水过滤器里面安装电解铜铝装置，电解后铜、铝离子随冷却水一同排放，铜、铝离子排放浓度不超过 0.002mg/L。由于项目地处开阔海域，海域整体水动力交换条件良好，溶解出的锌、铜、铝离子会随着海水的运动较快扩散，对工程海域海水水质影响有限。

运营期陆域生活污水纳入市政污水管网，检修人员船舶生活污水和船舶含油污水收集上岸交由船舶污染物接收单位接收运走，基本不会对海域水质环境造成不利影响。

4.2.3.2对海洋沉积物的影响分析

本项目数据中心桩基基础拟选用高效铝合金牺牲阳极保护，溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中，部分沉积于附近沉积物中。为防止海洋生物在海水管路系统中生长和附着，在取水过滤器里面安装电解铜铝装置，电解后仅有微量铜、铝离子随冷却水一同排放，由于项目地处开阔海域，海域整体水动力交换条件良好，溶出的离子会随着海水的运动较快扩散，沉积于底层沉积物的量很少，因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会产生明显不利影响。

运营期陆域生活污水纳入市政污水管网，检修人员船舶生活污水和船舶含油污水收集上岸交由船舶污染物接收单位接收运走，基本不会影响海底沉积物的质量。

4.2.3.3对海洋生态和生物资源影响

1、温排水对海洋生物的影响

本项目通过海水冷却系统把数据中心基础设施运行中的热量传递至大海中实现模块冷却。当温排水排入海域后，在水动力条件的作用下，经过扩散、稀释的散热过程，温排水水团的温度迅速下降，与此同时，环境水体水温则有不同程度增加。研究表明，海水温度改变会影响海洋生物的新陈代谢，影响其呼吸、代谢速率以及生长、繁殖等功能。各种海洋生物都有一定的正常和最佳生长温度范围，他们对温度的突然变化的忍受能力有限。当环境水体水温增加程度超过海洋生物生长的适宜温度范围时，将可能导致海洋生物生长受到抑制或死亡。

（1）对浮游生物的影响

浮游植物是海洋生态系统最重要的初级生产者，其数量的多寡决定了海洋初级生产力的大小，同时它还是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，进而能影响海洋生物资源的潜存量。有研究认为，多数浮游生物在生存水体温度不超过 35℃时，不会被抑制生长或造成死亡，对浮游动物而言，水体增温≤3℃时，多数情况下不会对其种群产生不利影响，相反会促进其种类、数量及生物量的增加，这种情况在水温较低的春、冬、秋季更为明显。但在夏季自然水温较高时，过高的增温对浮游生物生长有不利影响，浮游生物的种类和数量都会减少，群落中的物种组成可能发生改变。

（2）对底栖生物的影响

海洋底栖生物是指栖息于海洋底部、运动能力有限的一类生物，是海洋生态系统的重要组成部分。根据何琴燕、任敏等（国家海洋局宁波海洋环境监测中心站）发表的《滨海电厂温排水对生态环境影响研究进展》一文，温排水对排污口附近海域的底栖生态系统会产生扰动，温升过高会使底栖生物的种类和数量下降，优势种发生变化。目前国内研究普遍认为，只要温升不是过高，影响范围不是过大，不会造成很大危害。底栖动物通常具有较强的温度适应性，且温排水造成的温升效应主要集中在水体表层，底层海水升温要低于表层海水。

（3）对渔业资源的影响

水温变化会对鱼类的各种生命活动过程产生影响。研究表明在适温范围内，水温的升高会提高鱼类的摄食能力，促进其性成熟，生长加速；但在水温过高时，温排水也会对鱼类产生不利的影响，包括：在强增温区、亚增温区会对鱼类洄游行为造成明显逆反影响；会促进鱼类性腺发育成熟产卵，对鱼类生殖产生影响；会使鱼类饵料生物发生变化，从而影响鱼类生长，可能引起种群结构的变动；可能增多寄生虫病的危害，增加对鱼类的致病影响。有研究表明，温升低于 2℃的区域的生物资源量与对照站之间没有发现统计上的差异。在温升为 2~3℃的区域，夏季出现低渔获量，但冬、春季出现高渔获量，总体上该区域的渔获量高于年平均渔获量。这是因为在一定范围内温升可以促进水域生物种类、数量及生物量的增加。根据有关温度对对虾生长影响的实验研究，脊尾白虾在水温 2℃~35℃范围内均能成活，在适温范围内，温升可以促进仔虾的生长和体重的增加。这种情况在水温较低的春、冬、秋季更为明显。而在温升大于环境 4~5℃的区域，渔获物会显著减少，在夏季热效应对水生生物影响比其他季节来得明显。鱼类是变温动物，基本不具备调节自身体温以适应环境温度的能力，只有靠游动行为来选择适合所需温度。鱼类喜在适宜温度水域内活动，对超出适宜温度范围的高温或低温水体具有回避反应。

由于温升影响范围较小，仅限于冷却系统出水口小范围水域，温排水排放不会对所在海域的海洋生物产生显著影响。为防止海洋生物在海水管路系统中生长和附着，在取水过滤器里面安装电解铜铝装置，外排海水铜、铝离子浓度远低于各类海洋生物的急慢性毒性阈值，仅针对性抑制管路内部附着生物生长，对海域内自然浮游生物、底栖生物、鱼类及贝类等海洋生物无毒害、抑制作用，不会影响海洋生物的生长、繁殖与栖息环境，不会造成生物死亡、群落结构改变等生态问题。

2、卷吸效应造成渔业资源损失量

根据本项目运营期温排水数模预测计算结果显示，工况 1 情况下夏冬季节表层水温最高增加 0.28℃和 0.25℃，工况 2 情况下夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，两种工况都没有超 1℃温升分布的范围。因此，项目运营期温排水对水质影响非常小，对该海域的海洋生物造成的影响很小，可忽略不计，这里主要考虑取水口的卷吸效应造成的渔业资源损失。

参考《规程》中，取排水卷载效应对鱼卵、仔稚鱼和幼鱼的损害评估按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times Q \times P_i$$

式中：

W_i——第 i 种类生物资源年损失量，单位为尾（尾）；

D_i——评估区域第 i 种类生物资源平均分布密度，单位为尾每立方米（尾/m^3）；

Q——年取水总量，单位立方米（m^3）；

P_i——第 i 种类生物资源全年出现的天数占全年的比率，单位为百分比（%）。

上述各参数取值如下：

生物资源密度 D_i：根据项目附近海洋生态现状调查数据，取鱼卵的垂直拖网平均密度 0.925ind/m^3，垂直拖网调查没有采获到仔鱼，采用水平拖网调查仔鱼卵的平均密度 0.019 ind/m^3。

年取水量 Q：本项目年取水量为 12614400m^3/年。

P_i：按鱼卵出现时间为 12 个月考虑，即出现天数占全年 100%。

据此估算取水口卷吸效应导致的鱼卵仔鱼损失量如下：

鱼卵：$0.925\times12614400\times100\%=1.17\times10^7$ 粒/年

仔稚鱼：$0.019\times12614400\times100\%=2.40\times10^5$ 粒/年

则本项目数据舱取水卷吸效应造成渔业资源损失量如下：鱼卵 1.17×10^7 粒/年，仔稚鱼 2.40×10^5 粒/年。

3、对评价海域生物多样性的影响分析

春季在项目所在及附近海域调查中共记录浮游植 4 门 38 属 85 种，浮游动物 7 个生物类群 19 种，大型底栖生物 24 种，鱼卵 8 种，没有采获到仔鱼，游泳动物 11 目 42 科 69 种。

本项目营运期数据舱取水卷吸效应造成鱼卵损失量 1.17×10^7 粒/年，仔稚鱼损失量 2.40×10^5 粒/年。营运期建设单位按要求落实生态修复措施，工程对生物资源造成的影响可通过生态修复措施进行恢复。

总体上看，工程实施对评价海域生物多样性的影响可接受。

4、对海洋生态敏感区的影响分析

项目周边的环境敏感目标主要为三线一单优先保护单元、生态保护红线、“三场一通道”中南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区、黄花鱼幼鱼保护区等。

（1）对三线一单优先保护单元、生态保护红线的影响分析

项目评价范围内的三线一单优先保护单元、生态保护红线主要有汕头珍稀濒危物种分布区（北侧，约 0.8km）。根据数模预测结果，运营期由于温排水流量较小，在排放后短时间内即可与周边海水充分混合，温升影响范围较小，仅限于排水出口处水域，不会扩散至汕头珍稀濒危物种分布区，对该三线一单优先保护单元、生态保护红线影响较小。

（2）对“三场一通道”的影响分析

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、沙丁鱼幼鱼保护区和黄花鱼幼鱼保护区内。本项目对以上保护区产生影响的主要为排放的温排水对海洋生物的影响。本项目运营期温排水造成的温升影响范围较小，研究表明温升超过 4℃对水生生物的影响明显。根据预测结果，排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，没有超 1℃温升分布的范围，因此水温变化对水生生物的影响可接受。此外，温升的底栖生物和浮游生物的影响有限， 对水生生物的栖息生境不会造成明显不利影响。

5、对珍稀海洋生物的影响

（1）对中华白海豚、海龟、中国鲎的影响

在假设的理想条件即海缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个海缆金属护套内部，对于66kV的集群海缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离1m外，磁感应强度已降为 1uT 以下。工程运行后工频电、磁场强度均远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场 4kV/m 和磁感应强度 0.1mT 的评价标准。因此总体上工程建设造成的电磁场对中华白海豚、海龟、中国鲎的影响较小。

（2）对文昌鱼的影响分析

根据预测结果，排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38℃和 0.31℃，没有超 1℃温升分布的范围，且温排水范围不会扩散至文昌鱼主要生活区域，因此水温变化对文昌鱼的栖息生境不会造成明显不利影响。

6、水文动力和冲淤环境变化对生态环境的影响分析

（1）水文动力环境的变化对生态环境的影响分析

本项目涉海工程主要是数据中心导管架与海缆工程，海缆工程埋藏在海床以下，海缆为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响；影响潮流主要是数据中心导管基座。预测结果表明，海底数据中心附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.22m/s~0.03m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-2.5°~4.1°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.26m/s~0.04m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-3.1°~3.6°之间。变化较大的区域主要位于桩基的背水面，桩基迎水面以及两侧水流流速变化较小。本项目造成的水动力环境的影响主要集中在项目西南侧 2km 范围内，不会影响至西北侧的生态红线区。总体上看，对生态环境的影响较小。

（2）冲淤环境变化对生态环境的影响分析

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现数据中心桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，桩柱越近淤积越强，淤积幅度在 0.01~0.23m 之间，平均淤积幅度为 0.10m。泥沙冲淤变化大于 0.01m/a 的最远范围在项目西南侧 1.2km 范围内，不会影响至西北侧的生态红线区。总体上

看，对生态环境的影响较小。

7、海洋生态影响程度汇总

项目营运期海洋生态影响程度汇总见表 4.2.3-2。

表 4.2.3-2 项目海洋生态影响程度汇总

影响要素		影响程度
生态敏感区	汕头珍稀濒危物种分布区	不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象数量和种群规模基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无”。
	南海北部幼鱼繁育场保护区	本项目为海底数据中心建设项目，将占用 16 年（申请用海年限为 16 年）南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区，营运期数据舱取水卷吸效应造成渔业资源有一定损失，造成暂时一定程度的干扰，影响程度属于“弱”。
	幼鱼、幼虾保护区	
	蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区	
	黄花鱼幼鱼保护区	
生物资源		生物资源略受损害，重要水生生物“三场一通道”受到一定程度的干扰，生产能力略受损害，影响程度属于“弱”。
重要物种		生物数量基本不变、种群规模无变化，生境和活动空间未受破坏或干扰，饵料生物未减少，生物栖息繁衍未受影响，影响程度属于“无”。

4.2.3.4大气环境影响分析

船舶废气主要污染物质包括 NOx、SO_2 及颗粒物等，以无组织形式排放。使用的船舶应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）中第二阶段船机排气污染物排放限值，由于项目所处区域开阔、空气流通性好，项目船舶废气不会对环境产生明显影响。

本项目数据舱上设置 6 台柴油发电机（1800kW）作为备用电源，平时不运行，仅在风电场检修期或市电无法返送时启动。陆上监控中心设置 2 台柴油发电机（功率 250kW）作为备用电源，平时不运行，仅市政两路停电使用。备用发电机燃烧尾气污染物的排放浓度可达到广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表 2 中第二时段二级排放浓度限值要求，对周围空气质量不会造成明显不良影响。

4.2.3.5噪声环境影响分析

船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小。根据厦门大学课题组在厦门五缘湾海域、珠海海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的记录，海洋背景噪声的声压谱级为 55-60dB，船舶噪声的声压谱级为 75~100dB，相比背景噪声提高约 20~40dB。总体来说，船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小。

本项目数据舱上设置 6 台柴油发电机（1800kW）作为备用电源，平时不运行，仅在风电场检修期或市电无法返送时启动。陆上监控中心设置 2 台柴油发电机（功率 250kW）作为备用

电源，平时不运行，仅市政两路停电使用。周边无声环境敏感目标，因此，项目柴油发电机运行时基本不会对周边声环境产生明显的影响。

4.2.3.6固体废弃物分析

项目运营期陆上监控中心生活垃圾收集分类后交环卫部门统一处理，运维船检修人员生活垃圾随运维船回收至岸上交由船舶污染物接收单位接收运走，维护产生的废旧金属、废零部件、废包装材料等一般固体废物由厂家回收处理。本项目柴油发电机和数据舱运维检修产生的少量油渣油垢、沾染矿物油的废弃包装物等危险废物统一委托有资质的单位外运处置。本项目产生的固体废物均妥善处理，基本不会对环境产生明显不良影响。

4.2.3.7电磁辐射影响分析

本项目海缆为 66kV 光电复合海缆，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即海缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个海缆金属护套内部。对于66kV 的海缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 1μT 以下。

因此，本项目海缆产生的电磁辐射影响对海洋生物影响在可以接受范围。

4.2.3.8环境风险分析

1、风险调查

本项目运营期主要环境风险为船舶燃料油、 柴油发电机日用油箱和储油罐漏油。

2、风险潜势初判及评价等级判定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本项目营运期环境风险潜势为II，环境风险评价等级为三级。三级评价项目应定性分析说明海域环境影响后果。

3、环境风险敏感目标调查

项目周边的环境敏感目标主要为三线一单优先保护单元、生态保护红线、“三场一通道”中南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区、黄花鱼幼鱼保护区等。

4、风险识别

本项目运营期环境风险识别汇总如下：

表 4.2.3-3 建设项目环境风险识别表

风险源	主要风险物质	环境风险类型	环境影响途径	可能受影响的环境敏感目标
柴油发电机日用油箱、 柴油储油罐	柴油	泄漏、 火灾、 爆炸	直接进入海水水体	周边海水水质、 海洋生态及环境空气

5、风险影响分析

营运期船舶溢油影响分析与施工期溢油影响一致。本项目柴油发电机日用油箱和柴油储油

	罐若发生破损会发生柴油泄漏事故，如遇明火，会发生火灾、爆炸事故，进而引起 CO 排放，对周边环境造成影响。柴油发电机日用油箱和柴油储油罐发生破损事故的概率极小。在做好定期维护检修下基本不会发生柴油泄漏。
选址选线环境合理性分析	**4.3选址选线环境合理性分析** **1、与区域社会条件的适宜性** 本项目所处的汕头市陆上道路完善、交通便利，可满足工程材料、构件设备陆上运输需要，工程施工过程中可采取水陆联运的方式将材料、构件设备等直接运输到施工基地及施工现场。本项目建设所用的钢材、油料、水泥、砂石骨料等施工原材料和数据舱安装所需的各类辅助材料可以从当地或周边地区直接采购。本项目附近港口码头的供水、系统完备。施工期间陆上基地内水、电供应可由施工区附近的管网系统提供，作业船上人员生活用水由船直接载入提供，船上施工用电通过施工船舶自带的发电机提供。因此，本项目选址的施工供应条件成熟，满足工程建设需要。 本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，有利于为汕头培育海洋新质生产力、打造现代化海洋产业体系提供核心支撑，促进地方经济的持续发展。 综上所述，本项目建设区域社会条件适宜、交通便捷、外部协作条件良好，项目建设在技术上是可行的、经济上是合理的。项目的建设与选址区域的社会条件是相适应的，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。 **2、与自然资源、环境条件的适宜性** **（1）气象条件的适宜性** 项目所在海域属亚热带季风气候，海洋性气候明显，盛行东北风，风力资源十分丰富。常年气温温和，光照充足，雨量相对华南地区偏少，热量丰富、霜冻很少，气候条件适宜于项目的建设。但该地区易受台风影响，对项目施工有一定的影响，施工期间应做好防台措施。 **（3）水深地形条件的适宜性** 本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，水深在 22～23m 之间，海底地貌形态较简单，海底地形相对平缓，本项目所在海域水深地形条件适宜项目建设。 **（4）地质条件的适宜性** 根据《大唐南澳勒门Ⅰ海上风电扩建项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》，目所在区域海底地形较为平缓，未见滑坡、崩塌、土洞、浅层气等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题，且无矿产等对工程不利的地下埋藏障碍物。 场地环境工程地质条件较简单，遭受地质灾害危害的可能性较小，工程引发地质灾害发生可能性也较小。 场地地形地貌及地层条件较好，可满足基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性较好。 总体来说，项目所在地质条件适宜项目建设。 **（5）水动力条件的适宜性**

本项目所在海区的潮汐类型为不正规半日潮。观测期间最大涨潮流速为 117.9cm/s，最大落潮流速为 73.3cm/s，空间分布上，观测各站点流速、平均流向相近；在垂直方向上，各站点各层流速、平均流向也较为相近；在数值上，海区垂向平均流速、平均流向与海区 0.6H 层平均流速、平均流向相近。

总体上，项目周边海域水文动力条件较好，不会对布置数据舱项目造成不利的影响。

（6）生态环境的适宜性

项目建设不可避免的对工程周边海域的海洋环境质量、沉积物、海洋生态环境带来一定负面影响，造成一定的渔业资源及底栖生物损失。因此在工程设计、施工和运营时，必须将环境保护措施落实到施工和营运期的每个环节，确保工程建设对海域环境和海洋资源造成的影响降低到最低程度。根据环境影响预测结果，工程施工对周边水生生态环境的影响较小；施工期的生活垃圾、生活污水及船舶含油污水均统一收集后处理，禁止直接排放入海。

综上，本项选址与自然资源和生态环境相适宜，选址合理。

五、主要生态环境保护措施

施工期生态环境保护措施	**5　主要生态环境保护措施** **5.1施工期生态环境保护措施** **5.1.1施工期环境保护措施** **5.1.1.1施工期水污染环境保护措施** **1、施工期悬浮泥沙防治措施** （1）采用先进的施工工艺和设备，合理安排施工顺序和进度。工程施工过程中加强船舶的管理和施工工艺的控制，尽量降低悬浮泥沙产生浓度和扩散范围。 （2）施工船舶应精确定位后再开始施工，选用 GPS 全球定位系统，精确确定施工位置，减少海缆施工作业中不必要的超深、超宽开挖。 **2、施工船舶污废水处理措施** 船舶作业期间的船舶生活污水、含油污水经船舶配备储污水箱、油污水收集设施统一收集后定期交由船舶污染物接收单位接收处理。 **3、陆域施工人员生活污水** 项目陆域施工人员产生的生活污水依托所在综合楼的排水系统纳入市政污水管网。 **4、灌浆材料外溢** （1）导管架基础桩靴与钢管桩之间的灌浆施工时，基础灌浆施工将灌浆密封圈设置在灌浆连接段底部，灌浆料通过灌浆管线泵入灌浆连接段后，再经灌浆分配槽均匀充盈内部空间；施工全过程实时把控灌浆压力，同时安排潜水员配合视频监控设备对灌浆溢流孔进行全程实时监测，当溢浆孔出现灌浆料溢出时，即代表环形灌浆空间已灌满，可第一时间停止注浆作业，精准控制灌浆量、避免浆液无谓外泄。 （2）采用先进的无毒无害快硬的高强灌浆材料。 **5.1.1.2施工期大气污染环境保护措施** （1）加强施工船舶管理，避免施工区域船舶拥堵，降低噪声及废气污染产生。 （2）采用油耗低的机械设备，保证施工机械正常运行，加强施工机械维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械进入施工区，减少废气排放。 （3）采用低硫柴油（含硫率低于 0.001%）；施工船舶采用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，施工单位使用的施工船舶应符合《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）中第二阶段船机排气污染物排放限值。 **5.1.1.3施工期噪声污染环境保护措施** （1）施工船舶采用低噪声船舶，应有效控制主辅机噪声，船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱上布置主辅机消声器，合理设置消声器和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。

（2）尽可能选用低噪声设备，如采用静力压桩机，减少打桩产生的噪声和振动。

（3）禁止使用不符合国家噪声排放标准的机械设备，加强施工设备的维护保养。

（4）陆域厂房装修和设备安装过程中，加强施工管理。

5.1.1.4施工期固体废弃物污染环境保护措施

（1）对于施工前期扫海清障产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

（2）施工过程中所产生的生活垃圾分类收集后交由船舶污染物接收单位接收运走，禁止排海。

（3）陆域生活垃圾分类收集后交环卫部门统一处理。

5.1.2生态保护对策措施

1、海洋生态环境保护对策措施

（1）优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间、开挖量，尽量减小施工悬浮物剧烈扩散对海洋生态环境的影响。

（2）施工期尽可能避开鱼类繁殖高峰期（3 月 1 日至 5 月 31 日），减少对鱼类产卵和仔鱼生长的影响。如不能避开，在不影响项目施工进度的前提下，尽可能降低施工强度。

（3）严格限制项目施工区域，在其用海范围内划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

（4）打桩时采用软启动方式。即首桩采用小幅度的冲击，而后逐渐增强强度，以驱赶附近活动的鱼类。

2、对海洋珍稀生物的保护对策措施

（1）海洋哺乳动物中华白海豚方面，打桩噪声可能导致其听力损失、行为改变，施工期海域种群数量减少，但施工结束后可逐步恢复，采用 “软启动” 打桩方式可减少损失。

（2）施工期间若发现中华白海豚、海龟等珍稀海洋生物应停止施工并且进行驱逐，待珍稀生物游离后方可作业，避免被机器或船只螺旋桨撞伤，并上报有关部门。

（3）严格限制工程方的施工区域和用海范围。

（4）大力宣传保护珍稀海洋生物的相关规定和奖惩机制，进行中华白海豚、海龟保护及救助方面的宣传和培训，提高工作人员对鲸豚的关注度、责任感和法律意识。

5.1.3施工期风险防范措施

1、自然灾害风险防范措施

（1）施工单位应时常关注气象信息，当得知有风暴潮、台风等灾害性天气气象时，要及时做好灾前各项准备工作，将灾害性天气带来的损失降至最低。

（2）施工单位应做好灾前检查，发现问题，及时纠正，做好防风；加强对灾害性天气条件下项目周边交通安全监管，不超过安全适航抗风等级开航，避免在恶劣天气和危及航行安全的情况下航行。

（3）加强自然灾害知识宣传，完善施工船舶自然灾害应对措施培训。

（4）业主单位应积极配合相关政府职能部门做好应对台风、暴雨等气象灾害的措施，当台风来临时，需按照防台要求对施工船舶进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。

（5）合理安排施工时间，避开台风多发期施工，使工程安全度汛。6～10 月为热带气旋影响季节，项目施工期间，应对工程的各类设备设施都要作好防台风的安全措施，切实加强监管。

2、通航风险防范措施

（1）施工作业前应向当地海事局申请办理《水上水下施工作业许可证》，划定施工水域，设立警示标，并向过往船只发出公告。除在施工安全作业区设置警戒灯浮和警戒船守护外，还要求施工船舶按规定在明显易见处显示相应的信号，尤其在锚链入水处显示灯光信号并用探照灯提示。另外，要求所有施工船舶在专用频道 24 小时值守。

（2）参与施工的各种船舶（起重船、拖轮、方驳、自航驳等）必须符合安全要求，同时还必须按相关主管部门要求持有各种有效证书，按规定配齐各类合格船员。船机、通讯、消防、救生、防污等各类设备必须安全有效，并通过当地海事部门的安全检查。

（3）施工船舶应严格按照施工组织设计和划定的施工作业区进行施工，每天定时向项目部及局指挥部报告工程进展情况和安全情况，通报作业区施工船舶分布及动态情况，禁止施工船舶随意调换作业区和随意穿越其他作业区；禁止施工船舶将锚位抛出作业区；禁止施工船舶不按计划施工。

（4）施工项目部调度室应随时与当地气象、水文站等部门保持联系，每日收听气象预报，并做好记录，随时了解和掌握天气变化和水情动态，尤其是台风和热带气旋出现时，以便及时采取应对措施。

（5）严格执行《水上水下施工作业通航安全管理规定》及水上航运安全管理规定，谨慎操作，确保安全。水上施工应设专用救生船，并有专人值班，各施工作业点应配备救生圈、救生衣等救生设备。

（6）施工船舶要与调度室昼夜保持通讯畅通，并按规定显示有效的航行、停泊和作业信号。在各施工作业点，夜间应按规定显示警戒灯标或采用灯光照明，避免航行船舶碰撞水中桩墩。在显示灯光照明时应注意避免光直射水面，影响船舶人员的瞭望。施工船舶应加强值班制度，保持 24 小时 VHF 高频电话收听和对周围情况的观察了解。船上应有夜间照明设备，设有发电设备的船只，应备有防风灯和电池灯具。

（7）编制适宜的应急安全预案，应至少包含：船舶碰撞事故应急处置措施和船舶泄

漏应急处置措施等。

（8）施工期间应结合施工船舶尺寸，合理安排施工时序，保障船舶顺利进出施工区域。

3、溢油风险事故防范措施

（1）根据施工区周围的水布置及安全要求，加强施工面的规划布置，从施工方案设计上避免溢油风险事故的发生。

（2）建设单位应加强对施工单位的管理和要求，根据海域船舶动态，合理安排施工船舶的作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施。施工船舶必须遵守交通管理规则。

（3）合理安排施工期内船舶的作业，使船舶间的间距尽可能大，应根据船舶装载状态、水文、气象和航道作业状况，合理安排船期，以保证作业安全。

（4）选择有相应施工资质、有相关工程经验的施工单位进行现场施工。

（5）加强施工人员的业务培训和安全教育，树立良好的风险防范和安全生产意识，避免人为事故，或把人为因素导致的溢油事故的发生概率降至最低程度。

（6）施工期间所有施工船舶须按照国际信号管理规定显示信号。

（7）施工作业船舶在发生紧急事件时，应立即采取必要的措施，同时向海上交管中心报告。

（8）严禁施工单位擅自扩大施工作业安全区，禁止与施工无关的船舶进入事先设定的施工作业区，及时申请发布航行公告。

（9）遇到风暴潮、台风、大雾等恶劣天气时，应停止施工作业，提前做好安全防护工作，避免发生船只碰撞、翻船等事故。

（10）施工期间应建立反应机制，明确责任主体。

4、溢油应急物资和设备

（1）本项目配备应急设备

配备一套完整的溢油处理系统对于溢油污染控制是十分必要的。目前，国际上较多采用的溢油处理方法是物理清除法和化学清除法。物理清除法主要机械设备是围油栏和回收设备，首先是利用围油栏将溢油围在一定的区域内，然后采用回收装置回收溢油；化学清除法则是向浮油喷洒化学药剂－消油剂，使溢油分解消散，一般是在物理清除法不能使用的情况下使用。由于项目离岸较远，发生溢油事故岸边应急物资无法及时到场，建议本项目施工船舶参照《港口码头水上溢油污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）从事非散货液体污染危害性货物作业水上污染事故基本应急防备的要求配备溢油应急设施和器材，见表 5.1.3-1 所示。

建议施工单位应该与有能力的溢油应急单位签订应急服务合同，确保项目发生溢油时，防治溢油污染工作船能在现场及时处理溢油事故。

表 5.1.3-1 施工船舶配备的防污应急设施和器材

码头、装卸站	围油栏	收油机	吸收或吸附材料（t）	溢油分散剂（t）	临时储存容器（m^3）	配套工属具
从事非散装液体污染危害性货物作业	-	-	0.2~0.5（吸油毡）[a]	0.2	0.4~1	钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等

注：参考码头、装卸站水上污染事故基本应急防备要求（节选）a:根据码头、装卸站大小和储存场所的空间选择配备。

（2）周边可协调应急物资

根据调查，汕头市共有 4 家船舶污染清除单位，分别是汕头市龙善环保服务有限公司、汕头市四海航务有限公司、汕头市外轮船舶代理服务有限公司、汕头市海虹外轮船舶服务有限公司。其中前两家的清污能力等级为一级，服务区域为汕头港及其近海水域，后两家的清污能力等级为二级。

表 5.1.3-1 汕头海事局辖区船舶污染清除单位信息一览表

单位名称	围控设备（米）	回收效率（台/m^3/h）	吸附物资（吨）	清除物资（吨）	专业船舶（艘）
汕头市龙善环保服务有限公司	9400	100	13	20	1
汕头市四海航务有限公司	9400	83	15	8.5	1
汕头市外轮船舶代理服务有限公司	5000	64	9	6	1
汕头市海虹外轮船舶服务有限公司	6000	100	2	6	1

在计算到达时间时，考虑到不同的海域航道情况，船舶行驶平均速度取 30km/h，动员时间为 1h 计算，以上 4 家船舶污染清除单位距离本项目的距离约为 16~18km。到达时间按以下公式计算： 到达时间 = 动员时间+水上（距离/速度） =1+18/30=1.6h。可以保证在 2 个小时内抵达本项目事故现场进行救援。

发生大型海上溢油事故时，除了可调动本地区的应急设备以外，还可以求助于南海海域的溢油应急力量，乃至社会上的溢油应急力量。但由于本项目的实施将在一定程度上增加海域船舶溢油事故发生的可能，因此需进一步提高海域溢油防范的能力。建议建设单位可联合汕头海事局等单位、企业共同构建溢油风险方法网络体系，在依托现有设施的基础上，进一步在工程海域配备围油栏、吸油毡、消油剂等防污器材，提高溢油风险防范能力。

5、风险事故应急预案

油料泄露将对海域环境发生较大的污染损害，事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用，因此，本项目应根据可能发生的风险事故类型制订应急预案。

项目应按照国家、地方和相关部门要求，编制环境风险应急预案，参照相关规定建立相关应急反应部门的应急通讯联络机制，制订本项目对突发污染事故的应急反应对策。本项目突发事故应急预案纲要见表 5.1.3-2，供制订预案参考。

表 5.1.3-2 应急预案纲要

序号	项目	内容及要求
1	总则	
2	应急计划区	作业区
3	应急组织	建立本项目的应急反应组织机构，包括建立单位内的应急反应领导小组，落实各级上级主管部门
4	预案分级响应条件	将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故一般污染事故自行处理，较大、重大、特大污染事故启动上级预案，接受上级应急反应部门的领导
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式
6	应急救援保障	主要依靠项目配备的应急设施和区域应急设备
7	紧急处置措施	制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序
8	事故应急救援关闭程序与回复措施	规定应急状态终止程序 规定事故现场善后处理，恢复措施 规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
9	应急培训计划	制订培训与演练计划
10	公众教育和信息	对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息
11	附件	应急联络方式，包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式预案编制与更新等

建议建设单位参考本报告提出的应急预案纲要，制定污染事故应急预案，编制的应急预案应与主管海事的应急预案进行衔接，列入海事联系方式。当污染事故发生时，有关人员应迅速将准确的将事故信息上报至相关主管部门，并根据相关主管部门的指示，按照制定好的应急预案开展应急清污行动。同时应请求相关主管部门统一调配周边应急力量，共同完成溢油、台风或持续大暴雨等极端天气事故风险控制工作。

运营期生态环境保护措施

5.2运营期生态环境保护措施

5.2.1运营期环境保护措施

5.2.1.1运营期水污染环境保护措施

（1）运营期陆域生活污水纳入市政污水管网，检修人员船舶生活污水和船舶含油污水收集上岸交由船舶污染物接收单位接收运走。

（2）严格控制排水量，监控温升排放，避免排水温升超过 5℃。

（3）选用高纯铜、铝电极原料，保障无其他杂质重金属析出。

（4）根据海水流量、水温自动调节电解输出功率，控制铜铝离子析出速率，稳定维持管路内离子浓度≤2ppb，从源头杜绝过量电离。

5.2.1.2运营期大气污染环境保护措施

（1）根据《广东省交通运输厅关于印发广东省珠三角水域船舶排放控制区实施意见的通知》（粤交港〔2017〕469 号）和《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号），本项目位于沿海控制区范围，该区域执行“2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油”的要求。本项营运期运维船应使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，保持船舶

燃油发动机的良好性能，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。

（2）加强电气设备及线路维修、维护，降低应急备用柴油发电机运行，减少燃油废气排放。

（3）备用柴油发电机使用清洁低硫燃料，进一步降低废气排放对大气环境的影响。

5.2.1.3运营期噪声污染环境保护措施

（1）运维船采用低噪声船舶，应有效控制主辅机噪声，船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱上布置主辅机消声器，合理设置消声器和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。加强运维船的维修养护，降低运维船在行驶过程中产生的噪声。

（2）采取相应减震、隔声等措施，加强设备保养与维修，避免因设备老旧而导致的噪声增强问题产生。

5.2.1.4运营期固体废弃物污染环境保护措施

（1）陆上监控中心生活垃圾收集分类后交环卫部门统一处理。

（2）运维船检修人员生活垃圾随运维船回收至岸上交由船舶污染物接收单位接收运走。

（3）维护产生的废旧金属、废零部件、废包装材料等一般固体废物由厂家回收处理。

（4）本项目柴油发电机和数据舱运维检修产生的少量油渣油垢、沾染矿物油的废弃包装物等危险废物委托有资质的单位外运处置。

5.2.2生态保护对策措施

（1）严格控制排水量，监控温升排放，避免排水温升超过 5℃。

（2）选用高纯铜、铝电极原料，保障无其他杂质重金属析出。

（3）根据海水流量、水温自动调节电解输出功率，控制铜铝离子析出速率，稳定维持管路内离子浓度≤2ppb，从源头杜绝过量电离。

（4）根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》，本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物和渔业资源的损失。项目的海洋生态损失补偿可根据汕头市沿岸海域实际情况和海洋生态保护需求，开展探索性研究与实践，推行实物补偿、技术补偿、资金补偿等多样化的生态补偿方式，包括但不限于资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、岸滩和近岸海域清理整治岸线生态修复、海草床生态系统修复等。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应落实海洋生态补偿措施，有关具体的海洋生物资源和渔业资源补偿方案，建议在项目核准后，由建设单位与有关主管部门协商，明确补偿计划、具体实施单位等。

5.2.3营运期风险防范措施

（1）运营期间加强对设备的定期检修，避免因设备年久失修老化导致漏油事故发

生。

（2）柴油储油罐内应留有空间，防止柴油受热后膨胀发生爆炸；在冬季气温较低时，柴油凝固时，禁止用明火加热，宜用热水加热使其融化。

（3）在柴油发电机组集装箱外和储油罐周围设置禁火标志，同时应远离火种、热源，保持阴凉、通风，防止阳光直射。

（4）电气设备禁止超荷载运行，定期进行设备、线路的维护管理，防止电气设备发生短路、故障等引发火灾事故。

（5）在柴油储油罐区及柴油发电机区域配备相应的消防器材，发现火情立即采取措施防止火势蔓延。

5.2.4碳排放及减排措施

本项目数据中心建设在海底，利用海水作为自然冷源实现散热，与可再生能源协同增效，主要温室气体排放源为外购电力导致的间接排放。本项目不仅能实现数据中心绿色化转型有效降低数据中心能耗，而且避免传统冷却方式大量消耗淡水的问题。此外，如选用效率高、节能效果显著的低能耗设备，可以进一步减少电力消耗；建立健全能源生产管理制度、能源利用状况分析制度、碳排放定额、考核和奖惩制度等相关节能制度及措施，并持续改进其有效性；认真学习和贯彻执行国家有关碳排放管理的法令、法规及上级有关碳排放管理的文件，做好节能降碳管理工作等。

通过采取节能降耗措施并建立有效的碳排放管理制度后，本项目碳排放水平可接受。

其他

5.3其他

5.3.1施工期环境监测计划

环境监测作为环境监督管理的主要实施手段，通过监测可以及时掌握工程周边海域的环境变化情况，从而反馈给项目决策部门，为拟建项目的环境管理提供科学依据。

（1）监测范围及站位

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的规定，拟在工程周边海域布设4个海洋生态跟踪监测站位（监测过程可视情况做适当的调整），监测站位坐标见表5.3.1-1，监测站位位置见附图 5-1，监测工作由建设单位或施工单位委托具有海洋环境监测资质的单位承担，监测方法按照《海洋监测规范》规定进行，监测单位进行监测时可根据实际情况适当调整站位，并接受相关主管部门的监督。

表 5.3.1-1 施工期跟踪监测站位

站位	纬度 N	经度 E	调查项目
1	23°16′07.479″	116°58′51.127″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
2	23°14′58.321″	116°57′59.758″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
3	23°15′11.736″	116°59′56.550″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
4	23°13′11.916″	116°59′54.336″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
5	23°15′18.318″	116°59′08.436″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源

（2）监测项目

水质监测项目： pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、生化需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发酚、锌、铜。

沉积物监测项目： pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、砷、锌、铜。

生物质量监测项目：铜、锌。

海洋生态监测项目：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

渔业资源监测项目：鱼卵仔稚鱼、游泳动物。

（3）监测时间与频次

水质：施工期间进行一次监测，施工结束后进行一次后评估监测。

沉积物：施工期间进行一次监测，施工结束后进行一次后评估监测。

海洋生态：施工期间进行一次监测，施工结束后进行一次后评估监测。

渔业资源：施工期间进行一次监测，施工结束后进行一次后评估监测。

（4）监测数据采集与处理

按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的要求进行样品的采集、保存与运输，样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）、《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）、《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）、《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）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）等进行。

5.3.2运营期环境监测计划

为了及时了解和掌握建设项目在营运期对海洋水质、沉积物和生物等的影响，需要在项目营运期进行跟踪监测。

1、海洋环境监测

（1）监测站位布设

在工程区域附近设置 6 个监测站位进行监测，监测过程中可根据具体情况进行调整。监测项目主要包括水质、沉积物、海洋生态、渔业资源，监测站位与施工期监测站位一致， 布设情况见表 5.3.1-1 和图 5.3.1-1。

（2）监测项目

水质监测项目： pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、生化需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发酚、锌、铜。

沉积物监测项目： pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、砷、锌、铜。

生物质量监测项目：铜、锌。

海洋生态监测项目：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

渔业资源监测项目：鱼卵仔稚鱼、游泳动物。

（3）监测时间与频次

水质监测： 营运期前 2 年每年 2 次，春、秋季各 1 次。之后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

沉积物监测： 营运期前 2 年监测 1 次。之后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

海洋生态监测： 营运期前 2 年每年 2 次，春、秋季各 1 次。 之后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

渔业资源监测： 营运期前 2 年每年 2 次，春、秋季各 1 次。 之后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

（4）监测数据采集与处理

按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的要求进行样品的采集、保存与运输，样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）、《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）、《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）、《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）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）等进行。

2、陆域厂界噪声污染源监测计划

根据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）、《排污许可证申请与核发技术规范 工业噪声》（HJ1301-2023），制定本项目营运期厂界噪声监测计划如下：

表 5.3.2-1 营运期陆域厂界噪声监测计划

项目	监测点位	监测指标	监测频次	执行排放标准
噪声	项目陆域厂界外 1m	等效 A 声级	1 次/季度（昼间和夜间）	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准

环保投资

5.4环保投资

根据当前的市场经济价格估算，本次评价所提出的各项污染防治措施费用约为 490 万元，项目总投资约 21612.00 万元，占总投资的 2.08%，见表 5.4-1。

表 5.4-1 环保投资估算表

序号	项目	费用（万元）	责任方
1	海洋生态环境减缓及修复措施	260	建设单位
1.1	环境监测、生态修复	260	
2	环境保护设备	65	建设单位
2.1	溢油风险防范设施配备	50	
2.2	营运期废水收集和处理	15	
3	环境保护临时措施	55	施工单位
3.1	生活污水、含油废水收集和处理	30	
3.2	空气影响减免措施	5	
3.3	噪声影响减免措施	5	
3.4	固体废弃物处理	5	

	3.5	其他临时工程	10	
	4	环境风险应急预案编制	30	建设单位
	5	竣工环保验收报告编制	50	
	6	基本预备费	30	
		合计	490	/
	备注：以上费用是预估费用，具体以当年市场决定。			

六、生态环境保护措施监督检查清单

6　生态环境保护措施监督检查清单

内容 要素	施工期		运营期	
	环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
陆生生态	/	/	/	/
水生生态	精确定位后再开始施工；加强管理，合理安排施工期；施工期避开鱼类产卵盛期3~5月；严格限制项目施工区域；打桩时采用软启动方式减小对海洋生态和生物资源的影响	检查是否落实措施	控制单个排水口排水量不超过720m³/h，排水温升不超过5℃；根据海水流量、水温自动调节电解输出功率，控制铜铝离子析出速率	检查是否落实措施
地表水环境	采用先进的施工工艺和设备，合理安排施工顺序和进度；采用先进的无毒无害快硬的高强灌浆材料；施工船舶污废水收集后运回岸上委托海事部门认定的具备相应资质单位接收处理，不外排；陆域施工人员产生的生活污水依托所在综合楼的排水系统纳入市政污水管网	检查污废水接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整	运维船舶产生的污废水收集后运回岸上委托海事部门认定的具备相应资质单位接收处理；严格控制排水量，监控温升排放，避免排水温升超过5℃；根据海水流量、水温自动调节电解输出功率，控制铜铝离子析出速率	检查污废水接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整
地下水及土壤环境	/	/	/	/
声环境	采用低噪声船舶，避免不必要的船舶汽笛鸣放；采用静压打桩锤；禁止使用不符合国家噪声排放标准的机械设备；加强施工设备的维护保	检查是否落实措施	选择低噪声电气设备，采取减震、隔声等措施	检查是否落实措施

	养；加强施工管理			
振动	/	/	/	/
大气环境	对本项目使用的施工船舶进行严格管理，检查合格的船舶才可进场作业；加强施工船舶的日常维护管理，采用符合标准的低含硫燃料	检查是否落实措施	船舶采用符合标准的低含硫燃料；加强设备维护；备用柴油发电机使用清洁低硫燃料	检查是否落实措施
固体废物	施工船舶垃圾应做好收集、分类与储存工作，靠岸后由具有资质的船舶污染物接收单位接收和处置，严禁将施工人员在船舶产生的生活垃圾倾倒入海污染水域	生活垃圾接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整	陆上监控中心生活垃圾收集分类后交环卫部门统一处理；船舶垃圾委托海事部门认定的具备相应资质单位接收处理；维护产生的废旧金属、废零部件、废包装材料等一般固体废物由厂家回收处理；危险废物委托有资质的单位外运处置	生活垃圾及一般固体废物接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整
电磁环境	/	/	/	/
环境风险	配备溢油事故应急设备，采取相应的风险防范措施，编制突发环境事件应急预案。	落实环境风险管理措施	编制突发环境事件应急预案并备案；加强运维船舶管理；检查柴油储油罐密封性，做好防渗漏措施	编制突发环境事件应急预案并备案；检查防渗漏措施是否落实
环境监测	海水水质、海洋生态监测	落实监测计划	海水水质、海洋生态监测	落实监测计划
其他	/	/	/	/

七、结论

7　结论

汕头海底数据中心一期项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设。项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《汕头市国土空间规划（2021-2035）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《汕头市“三线一单”生态环境分区管控方案》及其动态更新方案、《广东省生态环境保护“十四五”规划》等相关规划要求，选址合理可行，且建设区域无明显环境制约因素。在落实报告表中提出的各项污染防治、生态保护对策措施及风险防范措施的前提下，项目对海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响可接受，环境风险可防控，从环境保护角度考虑，该项目的建设是可行的。