

汕头海底数据中心一期项目
海域使用论证报告书
(公示稿)

广东海兰图环境技术研究有限公司
统一社会信用代码：91440101MA59KQLF0D
二〇二六年十月

关于《汕头海底数据中心一期项目海域使用论证报告书》

公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》(自然资规〔2021〕1号)相关要求,我对《汕头海底数据中心一期项目海域使用论证报告书》予以公示。

在报告中,部分相关水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料、所在海域水深资料、地质勘察资料等涉及第三方技术秘密及商业秘密,信息不能全文公开,制作去除上述信息的论证报告公开版,进行公示。现将删除处理内容说明如下:

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因:影响第三方商业秘密。

2.删除处理水文、海洋环境现状调查资料及现场踏勘记录。

原因:此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的内容及数据。

原因:此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因:此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件、附图内容。

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

广东海兰图环境技术研究有限公司

2026年10月16日



论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4405232026001887		
论证报告所属项目名称	汕头海底数据中心一期项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	广东海兰图环境技术研究有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA59KQLF0D		
法定代表人	吕建海		
联系人	麦晓敏		
联系人手机	13682240015		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
陈冬梅	BH001289	论证项目负责人	陈冬梅
陈冬梅	BH001289	1. 概述 2. 项目用海基本情况 7. 项目用海合理性分析 8. 生态用海对策措施 9. 结论	陈冬梅
李舒敏	BH000294	3. 项目所在海域概况 5. 海域开发利用协调分析	李舒敏
赖小女	BH000141	4. 资源生态影响分析 6. 国土空间规划符合性分析	赖小女
本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。 承诺主体(公章): 2026年10月16日			

项目基本情况表

项目名称	汕头海底数据中心一期项目			
项目地址	汕头市濠江区达濠岛东南侧海域			
项目性质	公益性（ ）		经营性（√）	
用海面积	4.8658 公顷		投资金额	21612 万元
用海期限	16 年		预计就业人数	20 人
占用岸线	总长度	0m	邻近土地平均价格	/
	自然岸线	0m	预计拉动区域经 济 产 值	8000 万
	人工岸线	0m	填海成本	/
	其他岸线	0m		
海域使用 类型	工矿通信用海的工业用 海/工业用海的其他工业 用海		新增岸线	0m
用海方式		面积/公顷	具体用途	
透水构筑物		0.4192	数据舱	
海底电缆管道		2.0392	66kV 海底电缆	
取、排水口		2.4074	数据舱取、排水口	
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。				

目 录

摘要.....	1
1 概述.....	5
1.1 论证工作来由.....	5
1.2 论证依据.....	6
1.2.1 法律法规.....	7
1.2.2 相关规划和区划.....	10
1.2.3 标准规范.....	10
1.2.4 项目技术资料.....	11
1.3 论证等级和范围.....	12
1.3.1 论证等级.....	12
1.3.2 论证范围.....	13
1.4 论证重点.....	14
2 项目用海基本情况.....	15
2.1 用海项目建设内容.....	15
2.1.1 项目基本情况.....	15
2.1.2 依托项目基本情况.....	16
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	16
2.2.1 平面布置.....	16
2.2.2 水工结构尺度.....	19
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	21
2.3.2 施工机械设备.....	30
2.3.3 施工进度计划.....	31
2.3.4 土石方平衡.....	32
2.4 项目用海需求.....	32
2.4.1 项目用海需求.....	32
2.4.2 申请用海情况.....	33
2.5 项目用海必要性.....	40
2.5.1 建设必要性.....	40

2.5.2	用海必要性.....	45
3	项目所在海域概况.....	46
3.1	海洋资源概况.....	46
3.1.1	岸线资源.....	46
3.1.2	滩涂资源.....	46
3.1.3	岛礁资源.....	46
3.1.4	港口资源.....	46
3.1.5	航路、锚地资源.....	47
3.1.6	渔业资源.....	47
3.1.7	矿产资源.....	50
3.1.8	旅游资源.....	50
3.2	海洋生态概况.....	50
3.2.1	区域气候与气象.....	50
3.2.2	水文动力.....	52
3.2.3	海域地形地貌与冲淤状况.....	55
3.2.4	工程地质.....	57
3.2.5	海洋自然灾害.....	62
3.2.6	海洋水质现状调查与评价.....	63
3.2.7	海洋沉积物质量现状调查与评价.....	65
3.2.8	海洋生物质量现状调查与评价.....	65
3.2.9	海洋生态概况.....	66
3.2.10	自然保护地.....	70
3.2.11	珍稀海洋生物.....	71
3.2.12	“三场一通道”分布情况.....	72
4	资源生态影响分析.....	74
4.1	资源影响分析.....	74
4.1.1	对岸线及海洋空间资源的影响.....	74
4.1.2	对海洋生物资源的影响.....	74
4.2	生态影响分析.....	78

4.2.1	对水文动力环境的影响.....	78
4.2.2	对地形地貌与冲淤环境的影响.....	105
4.2.3	对水质环境的影响.....	107
4.2.4	对沉积物环境的影响分析.....	127
4.2.5	对海洋生物的影响.....	128
4.2.6	对珍稀海洋生物的影响.....	130
4.2.7	对“三场一通道”的影响.....	132
4.2.8	水下噪声和电磁辐射的影响.....	133
4.2.9	生态跟踪监测合理影响范围.....	134
5	海域开发利用协调分析.....	135
5.1	海域开发利用现状.....	135
5.1.1	社会经济概况.....	135
5.1.2	海域使用现状.....	138
5.1.3	海域使用权属现状.....	141
5.2	项目用海对海域开发活动的影响.....	141
5.2.1	对航路、锚地及通航环境的影响分析.....	144
5.2.2	对海上风电项目的影响分析.....	144
5.2.3	对周边养殖项目的影响分析.....	145
5.2.4	对倾倒区的影响分析.....	146
5.2.5	对周边自然保护区的影响分析.....	146
5.3	利益相关者界定.....	146
5.4	需协调部门界定.....	146
5.5	相关利益协调分析.....	147
5.5.1	与利益相关者的协调分析.....	147
5.5.2	与需协调部门的协调分析.....	147
5.6	项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析.....	148
5.6.1	与国防安全和军事活动的协调性分析.....	148
5.6.2	与国家海洋权益的协调性分析.....	148
6	国土空间规划符合性分析.....	150

6.1	所在海域国土空间规划分区基本情况.....	150
6.2	与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析 151	
6.3	与“三区三线”中的生态保护红线的符合性分析	152
7	项目用海合理性分析.....	155
7.1	用海选址合理性分析.....	155
7.1.1	用海与区域社会条件的适宜性.....	155
7.1.2	用海与自然资源、环境条件的适宜性.....	155
7.1.3	项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析.....	157
7.1.4	项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展.....	157
7.1.5	项目依托可行性分析.....	157
7.2	用海平面布置合理性分析.....	158
7.2.1	是否体现节约集约用海的原则.....	158
7.2.2	是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标.....	159
7.2.3	能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响.....	159
7.2.4	能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响.....	159
7.3	用海方式合理性分析.....	159
7.3.1	是否遵循尽最大可能不填海或少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则.....	160
7.3.2	能否最大程度地减少对海域自然属性的影响、是否有利于维护海域基本功能.....	160
7.3.3	能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响.....	160
7.3.4	能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响.....	161
7.4	占用岸线合理性分析.....	161
7.5	用海面积合理性分析.....	161
7.5.1	申请用海面积.....	161
7.5.2	项目用海面积合理性.....	161
7.5.3	宗海图绘制.....	165
7.5.4	用海面积量算.....	167

7.6	立体设权合理性分析.....	173
7.6.1	立体设权范围.....	173
7.6.2	立体确权必要性分析.....	173
7.6.3	立体设权可行性分析.....	173
7.6.4	立体空间布置的合理性.....	174
7.7	用海期限合理性分析.....	175
8	生态用海对策措施.....	177
8.1	生态用海对策.....	177
8.1.1	生态保护对策.....	177
8.1.2	生态跟踪监测.....	179
8.2	生态保护修复措施.....	181
8.2.1	生态修复目标.....	182
8.2.2	生态修复内容（增殖放流）.....	182
8.2.3	生态保护修复实施效果监测.....	184
9	结论.....	185
9.1	项目用海基本情况.....	185
9.2	项目用海必要性结论.....	185
9.3	项目用海资源生态影响分析结论.....	186
9.4	海域开发利用协调分析结论.....	187
9.5	国土空间规划符合性分析结论.....	187
9.6	项目用海合理性分析结论.....	188
9.7	项目用海可行性分析结论.....	188

摘要

（1）项目用海基本情况

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，建设单位为海兰云（广东）科技有限公司，项目依托勒门 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 海底电缆和连接 #57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门 I 扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门 I 扩建项目的送出电缆传输数据。数据舱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，海水系统换热后最大温升不超过 5℃。

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（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 海底电缆）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 海底电缆采用分层立体设权，数据舱取、排水口空间确权层为水体，范围为现状海床高程~平均海平面；66kV 海底电缆空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程（-26.2m）至实际设计高程（-24.0m），1985 国家高程基准。本项目申请用海范围不占用岸线。本项目申请用海期限 16 年。

（2）用海必要性

海底数据中心将服务器布设在海底的舱中，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°C。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电缆，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 海底电缆建设是必要的，其建设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

(3) 用海资源生态影响分析

本项目建设对附近海域水动力环境影响较小，流速变化值位于 -0.26m/s~0.04m/s 之间，流向变化值位于 -3.1°~4.1°之间，影响范围不超过 2km；项目建设对周边地形地貌与冲淤环境影响主要以淤积为主，平均淤积幅度为 0.10m，2km 以外海域地形基本不发生明显变化。

海缆施工产生的悬沙扩散主要是在缆线周围。整体上看，项目捞起海缆施工产生的垂向平均 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 0.552 km^2 ，最大扩散距离为西向和南向 0.5km；项目海缆敷设施工产生的垂向平均 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 1.528 km^2 ，最大扩散距离为西向 1.0km，悬浮泥沙的影响是暂时的，影响时间基本为施工期间，施工结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响。

运营期数据中心排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38°C 和 0.31°C，对周边海洋环境产生影响较小。

施工期产生的沉积物来源于本海域，不会对本海域沉积物的理化性质产生影响。项目施工过程中产生的悬浮物扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生较大变化，仍基本保持现有水平。

项目用海海洋生物资源损失主要是项目建设对底栖生物栖息地的破坏，造成底栖生物死亡，此外还有工程施工引起周围水域悬浮物浓度增高而引起的其它海洋生物的损失以及运营期取水口卷吸效应造成海洋生物损失。本项目桩基础及海缆施工造成底栖生物直接损失量为 30.00kg，捞起海缆产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 8.11kg，鱼卵直接损失量为 2.59×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量

为 2.99×10^4 尾；海缆敷设产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 24.99kg，鱼卵直接损失量为 7.77×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量为 9.94×10^3 尾；数据舱取水卷吸效应造成渔业资源直接损失量为鱼卵 3.01×10^6 粒/年、仔稚鱼 6.31×10^4 尾/年。建设单位应对施工造成的生物损失作出生物资源补偿。

（4）海域开发利用协调

本项目所在海域开发活动主要有航路、锚地、养殖、倾倒区、自然保护区、海上风电场等，项目用海利益相关者为***，需协调部门为汕头海事局。

通过正确处理好与利益相关者的协调关系，切实落实利益相关者协调协议或协调方案，保障用海秩序，尽量减轻对周边利益相关者的影响。为保证海上交通的正常秩序，在项目施工前，要对作业船只的活动时间、活动范围进行控制和规范，并上报主管部门审批，发布公告并设置航标、警示标志，明确标示施工水域；在项目施工时，建设单位应建立安全有效的联系机制，与汕头海事局进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。

项目所在地不属于军事用海区，与军事用海无冲突，对国防建设和国防安全没有影响，不损害国家权益。

（5）国土空间规划符合性

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》划定的海洋开发利用空间范围内，不占用生态保护区与生态控制区，项目建设符合各级国土空间规划文件的管控要求。项目建设也符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》。

项目不占用生态保护红线，位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的白颈岛西南工矿通信用海区，项目建设符合所在功能区的管控的要求。

（6）用海合理性

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，各项外部条件均能满足本项目的需要，项目所处区位社会经济条件可以满足项目建设和运营的要求。项目选址区的气象条件、地质条件、水深条件等均适宜项目建设的需要。在加强工程的环境保护、环境管理和监督工作，采取积极的预防及环保治理措施，并进行生态补偿的前提下，可以减轻对生态环境的影响程度，因此项目选址与生态环境是相适宜的。

项目依托勒门I扩建项目进行海底数据中心建设，不新增海底登陆电缆，避免了生态敏感目标，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，最大程度地减少对周边其他用海活动的影响，在满足用海需求的前提下，尽量减少用海面积，体现了集约、节约用海原则，用海平面布置合理；本项目建设海底数据中心，用海方式为透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道，最大程度地减少对海域自然属性的影响，有利于维护海域基本功能，在充分采取各种保护和保全区域海洋生态系统措施的前提下，不会对海洋生态系统造成大的不利影响，用海方式合理。

本项目用海面积可以满足用海需求，界址点的确定及宗海图绘制等均符合《海籍调查规范》等相关标准和规范，项目用海面积是合理的。

本项目申请用海期限结合设计使用年限、防腐年限、施工期限的前提下，考虑施工时天气、海况等原因，申请用海期限未超出勒门I扩建项目批复用海期限27年（2024年11月15日至2051年11月14日），亦符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，因此本项目申请用海期限16年是合理的。

（7）用海可行性

汕头海底数据中心一期项目用海是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在国土空间规划、海岸带及海洋空间规划、生态保护红线的相关要求均相符。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，做好生态用海对策措施的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。

1 概述

1.1 论证工作来由

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，建设高效能、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。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 海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门 I 扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门 I 扩建项目的送出电缆传输数据。数据舱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，海水系统换热后最大温升不超过 5℃。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律法规的规定，本项目建设占用海域空间资源，应进行海域使用论证，办理用海手续。项目建设单位为海兰云（广东）科技有限公司，受其所托，广东海兰图环境技术研究有限公司承担该项目的海域使用论证工作（见附件 1）。我公司在接受该海域使用论证工作的委托后，为使论证工作顺利开展，收集了大量相关信息资料，详细了解工程内容。根据该项目海域使用的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制了《汕头海底数据中心一期项目海域使用论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国海域使用管理法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第六十一号，2002 年 1 月 1 日施行）；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（全国人民代表大会常务委员会，全国人民代表大会常务委员会令第九号，2000 年 4 月 1 日起施行，2023 年 10 月 24 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订）；
- (3) 《中华人民共和国环境保护法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行）；
- (4) 《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；
- (5) 《中华人民共和国可再生能源法》（2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会修订，2010 年 4 月 1 日起实施）；
- (6) 《中华人民共和国港口法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第五号，2004 年 1 月 1 日起施行，2018 年 12 月 29 日第三次修正）；
- (7) 《中华人民共和国海上交通安全法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第七十九号，1984 年 1 月 1 日起施行，2021 年 4 月 29 日修订）；
- (8) 《中华人民共和国安全生产法（修正草案）》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第七十九号，2021 年 9 月 1 日起施行）；
- (9) 《中华人民共和国湿地保护法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第一〇二号，2022 年 6 月 1 日施行）；
- (10) 《中华人民共和国渔业法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第三十四号，2025 年 12 月 27 日修订）；
- (11) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013 年 12 月 7 日第二次修订）；
- (12) 《中华人民共和国野生动物保护法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第 16 号，1989 年 3 月 1 日起施行，2022 年 12 月 30 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订）；

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

(14) 《中华人民共和国自然保护区条例》（2026 年 2 月 3 日中华人民共和国国务院令第 830 号第三次修订）；

(15) 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》（国务院，1985 年 4 月 1 日起施行，2017 年 3 月 21 日修订）；

(16) 《中华人民共和国海洋倾废管理条例实施办法》（国家海洋局，1990 年 9 月 25 日起施行，2017 年 12 月 27 日修订）；

(17) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院，中华人民共和国国务院令第 475 号，2006 年 11 月 1 日起施行，2018 年 3 月 19 日第二次修订）；

(18) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》（国务院办公厅，国办发〔2002〕36 号，2002 年 7 月 6 日）；

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

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

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

(22) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资源部，自然资发〔2022〕142 号，2022 年 8 月 16 日）；

(23) 《关于印发<生态保护红线生态环境监督办法（试行）>的通知》（生态环境部，国环规生态〔2022〕2 号，2022 年 12 月 27 日）；

(24) 《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资源部，自然资办函〔2022〕640 号，2022 年 4 月 15 日）；

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

(26) 《自然资源部 国家林业和草原局关于进一步做好自然资源要素保障的通知》（自然资发〔2026〕38号，2026年3月5日）；

(27) 《自然资源部办公厅关于进一步做好用地用海用岛国土空间规划符合性审查的通知》（自然资源部办公厅，自然资办发〔2024〕21号，2024年5月6日）；

(28) 《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号，2023年11月13日）；

(29) 《铺设海底电缆管道管理规定》（自1989年3月1日起施行）；

(30) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（1992年8月26日国家海洋局令第3号发布施行）；

(31) 《自然资源部关于严格规范海底电缆管道审批管理的通知》（自然资发〔2025〕75号）；

(32) 《广东省湿地保护条例》（广东省人民代表大会常务委员会，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第124号，2006年9月1日起施行，2022年11月30日第三次修正）；

(33) 《广东省海域使用管理条例》（广东省人民代表大会常务委员会，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第92号，2007年3月1日起施行，2021年9月29日修正）；

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

(35) 《广东省海域使用金征收使用管理办法》（广东省财政厅、广东省自然资源厅、国家税务总局广东省税务局，粤财规〔2024〕1号，2024年6月14日）；

(36) 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》（广东省自然资源厅办公室，2022年2月22日）；

(37) 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2017〕62号，2017年10月15日）；

(38) 《广东省自然资源厅关于印发<广东省项目用海政策实施工作指引>的通知》（广东省自然资源厅，粤自然资函〔2020〕88号，2020年2月28日）；

(39) 《广东省自然资源厅省管用海项目审查审批工作规范》（广东省自然资源厅，粤自然资规字〔2024〕5号，2024年12月5日）；

(40) 《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（2023年11月28日）；

(41) 《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，2023年9月18日）。

1.2.2 相关规划和区划

(1) 《中国航路指南》（A103，海军司令部航海保证部）；

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

(3) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展和改革委员会，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日施行）；

(4) 《市场准入负面清单（2025年版）》（发改体改规〔2025〕466号，2025年4月16日）；

(5) 《广东沿海港口航行指南》（广东海事局，2012年）；

(6) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》（广东省人民政府，国函〔2023〕76号，2023年8月8日）；

(7) 《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》（广东省人民政府，粤府〔2026〕24号，2026年3月26日）；

(8) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（广东省自然资源厅，粤自然资发〔2023〕2号，2023年5月10日）；

(9) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（广东省自然资源厅，粤自然资发〔2025〕1号，2025年1月23日）；

(10) 汕头市人民政府关于印发《汕头市国土空间总体规划（2021-2035年）》的通知（汕头市人民政府，汕府〔2024〕34号，2024年6月28日）。

1.2.3 标准规范

(1) 《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；

(2) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

- (3) 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；
- (4) 《海水水质标准》（GB 3097-97）；
- (5) 《渔业水质标准》（GB 11607-89）；
- (6) 《中国海图图式》（GB 12319-2022）；
- (7) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；
- (8) 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；
- (9) 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）；
- (10) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；
- (11) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T 17501-2017）；
- (12) 《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）；
- (13) 《海底光缆规范》（GB/T 18480-2001）；
- (14) 《海底光缆工程设计规范》（GB/T 51154-2015）
- (15) 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314-2024）；
- (16) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- (17) 《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；
- (18) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；
- (19) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部，2023 年 11 月）；
- (20) 《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》（广东省自然资源厅，2024 年 6 月）；
- (21) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007，中华人民共和国农业部）；
- (22) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002.04）。

1.2.4 项目技术资料

- (1) 《汕头 7MW 国产万卡数据舱项目可行性研究报告》（2026 年 5 月）；
- (2) 《汕头海底数据中心项目施工组织设计》（2026 年 7 月）；
- (3) 《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》（2022 年 8 月）；

- (4) 《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》（2018 年 4 月）；
- (5) 《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》（2025 年 6 月）；
- (6) 建设单位、设计单位提供的设计说明、设计图及其他相关资料。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

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（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 海底电缆）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。项目申请用海范围不占用岸线。根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的海域使用论证等级判定表（见表 1.3.1-1），透水构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10 公顷所有海域论证等级为三级，工业取、排水口所有规模所有海域论证等级为二级，其他温冷排水排放量小于 200 万 m³/d 所有规模所有海域论证等级为二级，海底电缆管道所有规模其他海域论证等级为三级，根据“同一项目用海按不同用海方式、用海规模所判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级”，项目的论证等级为二级。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判定

用海单元	一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级
数据	构筑物	透水构筑物	构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积大于（含）30ha	所有海域	一

用海单元	一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
舱				构筑物总长度（400~2000）m 或用海总面积（10~30）ha	敏感海域	一
					其他海域	二
				构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10 公顷（本项目透水构筑物长度 45.3m，申请用海面积 0.4192ha）	所有海域	三
数据舱取排水口	其他方式	取、排水口	工业取、排水口	所有规模 （本项目取、排水口申请用海面积为 2.4074 公顷）	所有海域	二
			其他取、排水口	所有规模	所有海域	三
温排水	其他方式	温冷排水	核电温排水	所有规模	所有海域	一
			其他温冷排水	排放量大于（含）200万m³/d	所有海域	一
				排放量小于 200 万 m³/d （本项目排放量为 1.728 万 m³/d）	所有海域	二
海底电缆	其他方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模 （本项目海底电缆管道申请面积 2.0392ha）	敏感海域	二
					其他海域	三
本项目						二
注：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾、红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。						

1.3.2 论证范围

参照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，二级论证向外扩展 8km。项目结合周边开发利用现状，论证范围以项目用海外缘线为起点向外扩展 13km 确定，论证范围面积约 700.14km²。

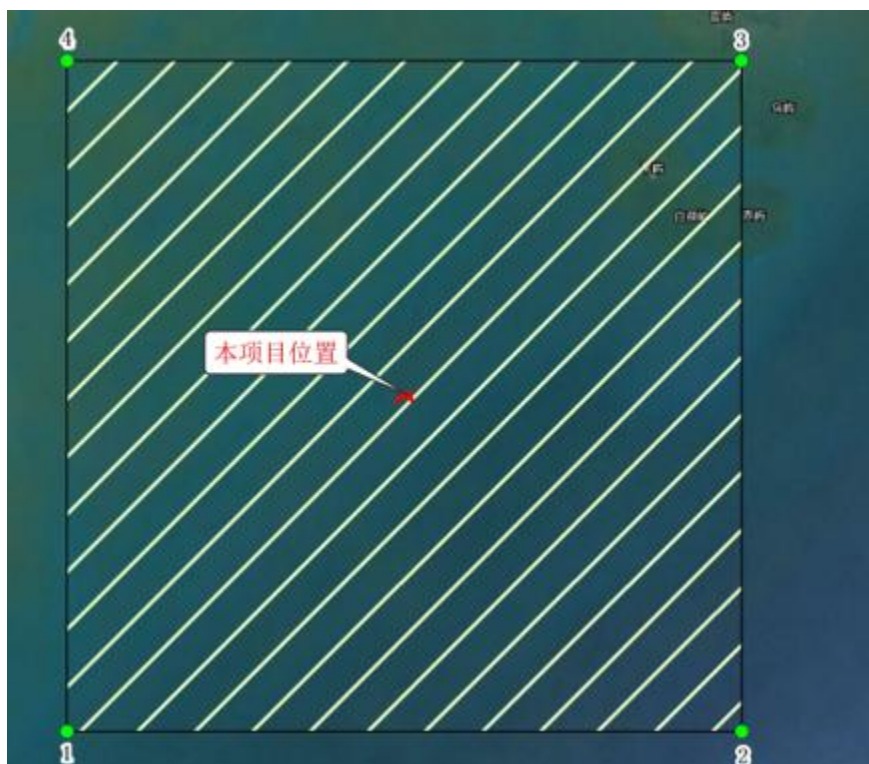


图 1.3.2-1 论证范围图

1.4 论证重点

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），结合项目海域的自然环境条件、海洋资源分布及开发利用现状等特点，结合项目的用海性质、可能造成的环境影响，确定本论证工作的论证重点为：

- （1）用海必要性；
- （2）资源生态影响；
- （3）海域开发利用协调分析；
- （4）选址（线）合理性；
- （5）平面布置合理性；
- （6）用海方式合理性；
- （7）用海面积合理性；
- （8）生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 项目基本情况

- (1) 项目名称：汕头海底数据中心一期项目
- (2) 投资主体：海兰云（广东）科技有限公司
- (3) 项目性质：新建，经营性
- (4) 工程投资额：21612 万元
- (5) 项目用海位置：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。



图 2.1-1 项目地理位置图

建设内容与建设规模：项目依托勒门 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海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F风机进入升压站的66kV海底电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海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托

勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。

数据舱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，海水系统换热后最大温升不超过5℃。

2.1.2 依托项目基本情况

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 66kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电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 集电海缆总长 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。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置

项目依托勒门 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海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F风机进入升压站的66kV海底电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海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电

缆传输数据。

数据舱利用海水进行冷却降温，满负荷下的海水系统流量为 $720\text{m}^3/\text{h}$ 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°C 。

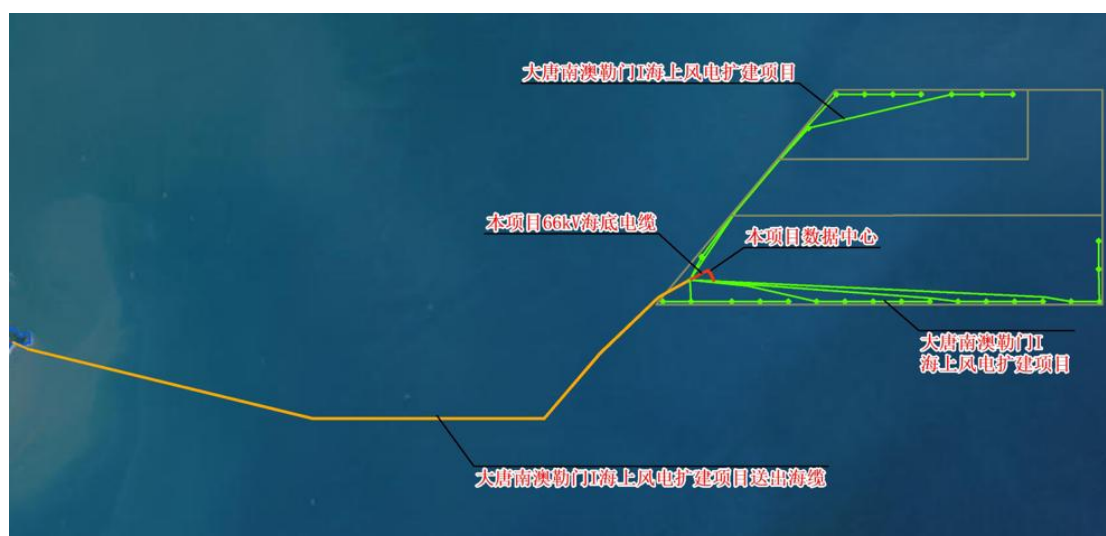


图 2.2.1-1 项目总体布置叠加遥感影像示意图

2.2.1.1 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，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 2.2.1-2。

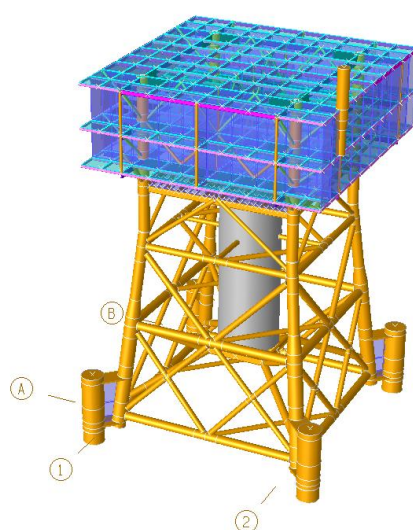


图 2.2.1-2 结构整体模型

1、上部组块

(1) 一层舱顶甲板

平台尺寸：37.3m×45.3m；轴间距25m×25m；层高4.5m。

主要布置：淡水泵间、柴油储罐间A、柴油增压泵、蓝氏过滤器、配电间、柴油开排罐、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；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。

图 2.2.1-3a 上部组块平面布置图-一层（不公开）

图 2.2.1-3b 上部组块平面布置图-二层（不公开）

图 2.2.1-3c 上部组块平面布置图-三层（不公开）

图 2.2.1-3d 上部组块平面布置图-四层（不公开）

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 台污水回收泵，层高 4.3m。

图 2.2.1-4 换热舱平面布置示意图（不公开）

2.2.1.2 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 °C，换热温差按 5 °C 设计，排水温度较进水升高 5 °C，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，Cu²⁺离子浓度 2ppb（ug/L）对应工作电流 1.55A，Al³⁺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。

2.2.1.3 66kV 海底电缆

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 海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。海底电缆平面布置示意图见图 2.2.1-1，全长 1.72km。

2.2.2 水工结构尺度

2.2.2.1 数据舱整体结构尺度

水工结构部分主要包括上部组块、导管架、桩和换热舱，设计使用年限 15

年，结构防腐年限 20 年。

上部组块分别为：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 420 吨。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。

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 2.2.1-5 数据舱整体结构立面图 1（不公开）

图 2.2.1-6 数据舱整体结构立面图 2（不公开）

图 2.2.1-6 数据舱取、排水口结构立面图（不公开）

2.2.2.2 66kV 海底电缆

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 海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。海底电缆平面布置示意图见图 2.2.1-1，全长 1.72km，外径 146.3mm。

2.3 项目主要施工工艺和方法

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 海底电缆敷设。

2.3.1.1 施工工艺

数据舱的基础施工工艺流程图详见下图。

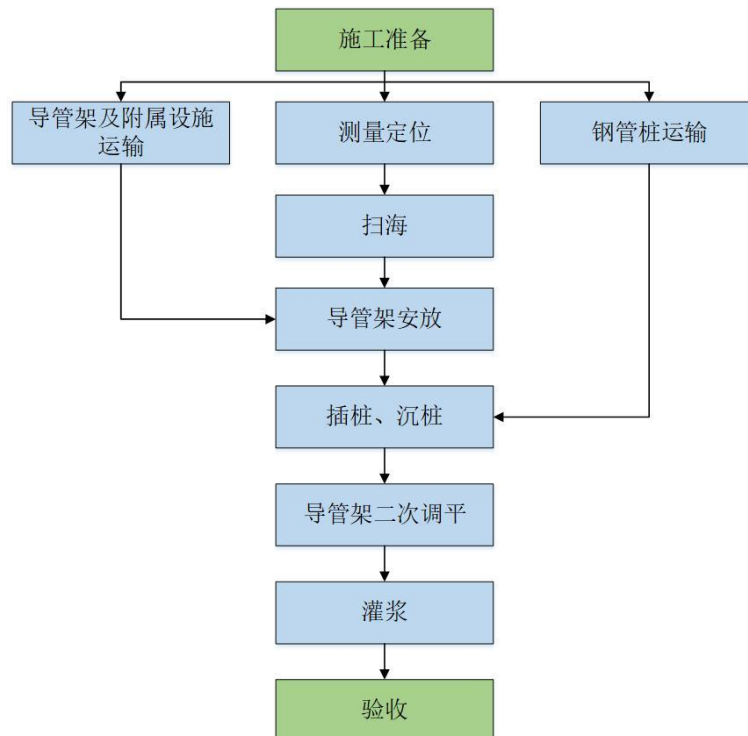


图 2.3.1-1 数据舱的基础施工工艺流程图

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。

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 $<500\text{mm}$ 。

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 $\pm 2.5^\circ$ (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 $\leq 0.2\%$,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。

2.3.1.2 上部组块施工

上部组块施工工艺流程图详见下图。

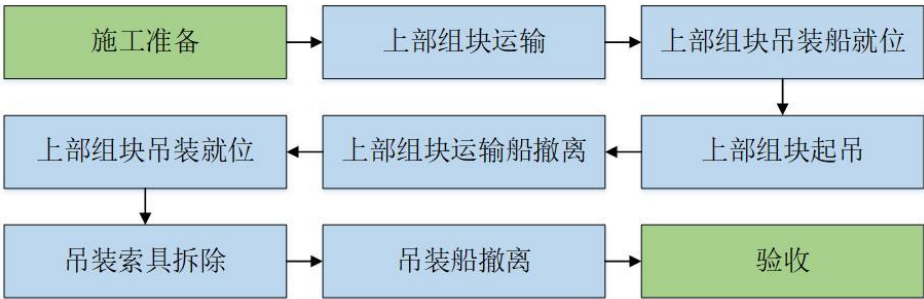


图 2.3.1-2 上部组块施工工艺流程

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。

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要求后，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。

2.3.1.3 海缆敷设施工

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将卷扬机钢丝绳穿过平台 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燃带进行包裹或采取相应的阻燃措施。

（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将卷扬机钢丝绳穿过“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，且对管口实施止水堵塞措施。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。

2.3.2 施工机械设备

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 海底电缆敷设，涉及的主要施工机械设备见表 2.3.2-1~表 2.3.2-3。

表 2.3.2-1 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 米以上	1 艘		导管架及基础桩运输	10000t
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 2.3.2-2 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 2.3.2-3 海缆施工机械一览表

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	艘		4	
4	拖轮	艘	2000HP	2	
5	卷扬机	台		3	电缆牵引
6	交通艇	艘		2	

2.3.3 施工进度计划

本工程项目总工期计划为 318 天，其中工程主体施工总工期为 186 天。

表 2.3.3-1 施工进度计划表（单位：天）

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

2.3.4 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。敷设海底电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 项目用海需求

2.4.1 项目用海需求

项目依托勒门 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，最外缘尺寸为44.2m×44.2m，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海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F风机进入升压站的66kV海底电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海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。

数据舱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，海水系统换热后最大温升不超过5℃。

（1）数据舱用海需求

本项目拟布置 1 座数据舱，数据舱上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为 39m×45.3m，数据舱采用四桩导管架基础，最外缘尺寸为 44.2m×44.2m，最终确定数据舱申请用海的最外缘尺寸为 45.3m×44.2m。

本项目数据舱用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，则数据舱申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目数据舱用海需求为 0.4192 公顷。

（2）数据舱取、排水口用海需求

数据舱利用海水进行冷却降温，项目取、排水口设施全部位于数据舱平台最外缘线范围内，根据《海籍调查规范》“工业取排水口用海，岸边以海岸线为界，

水中以取排水设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界”的要求来确定。考虑到本项目数据舱取、排水口与数据舱用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即数据舱用海优先，取、排水口次之，扣除数据舱透水构筑物用海与取、排水口重叠范围，最终确定数据舱取、排水口及其设施外扩 80m 后用海需求为 2.4074 公顷。

（3）66kV 海底电缆

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 海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站。海底电缆外径 146.3mm，长度 1.72km，则 66kV 海底电缆占用海域面积为 0.2516 公顷。

根据《海籍调查规范》“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的布置，考虑到本项目 66kV 海底电缆与数据舱和取、排水口用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即数据舱和取、排水口用海优先，海底电缆次之，扣除数据舱和取、排水口用海与 66kV 海底电缆重叠范围；另外本项目 66kV 海底电缆与勒门 I 扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠，本项目对重叠范围进行避让。因此，计算得出本项目 66kV 海底电缆用海需求为 2.0392 公顷。

2.4.2 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）和其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）、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 海底电缆）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 海底电缆采用分层立体设权，数据舱取、排水口

空间确权层为水体，范围为现状海床高程~平均海平面；66kV 海底电缆空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程（-26.2m）至实际设计高程（-24.0m），1985 国家高程基准。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。

项目宗海位置图见图 2.4.2-1，宗海平面布置图见图 2.4.2-2，宗海界址图见图 2.4.2-3。

汕头海底数据中心一期项目宗海位置图

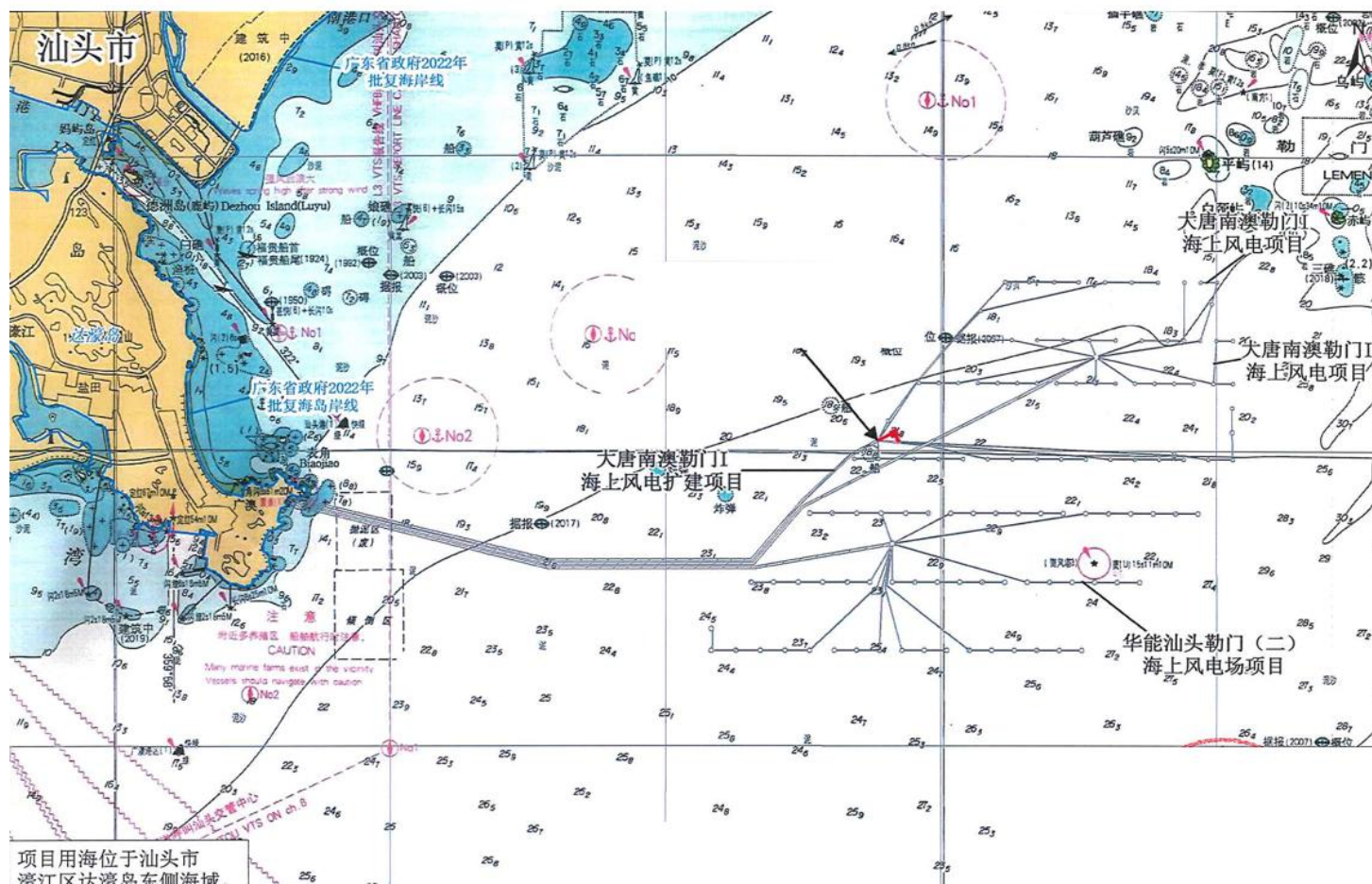


图 2.4.2-1 宗海位置图

汕头海底数据中心一期项目宗海平面布置图

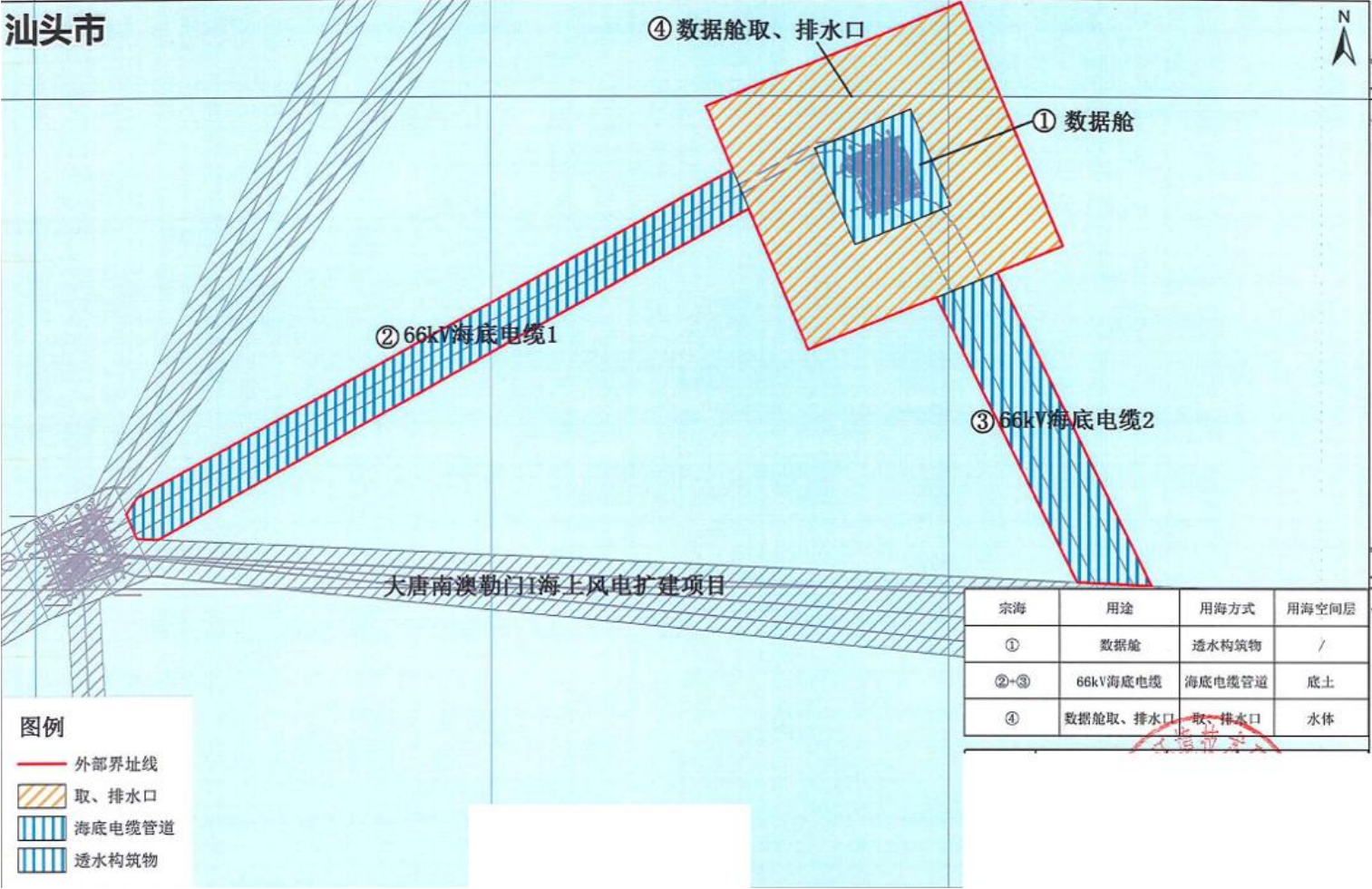


图 2.4.2-2 宗海平面布置图

汕头海底数据中心一期项目宗海界址图

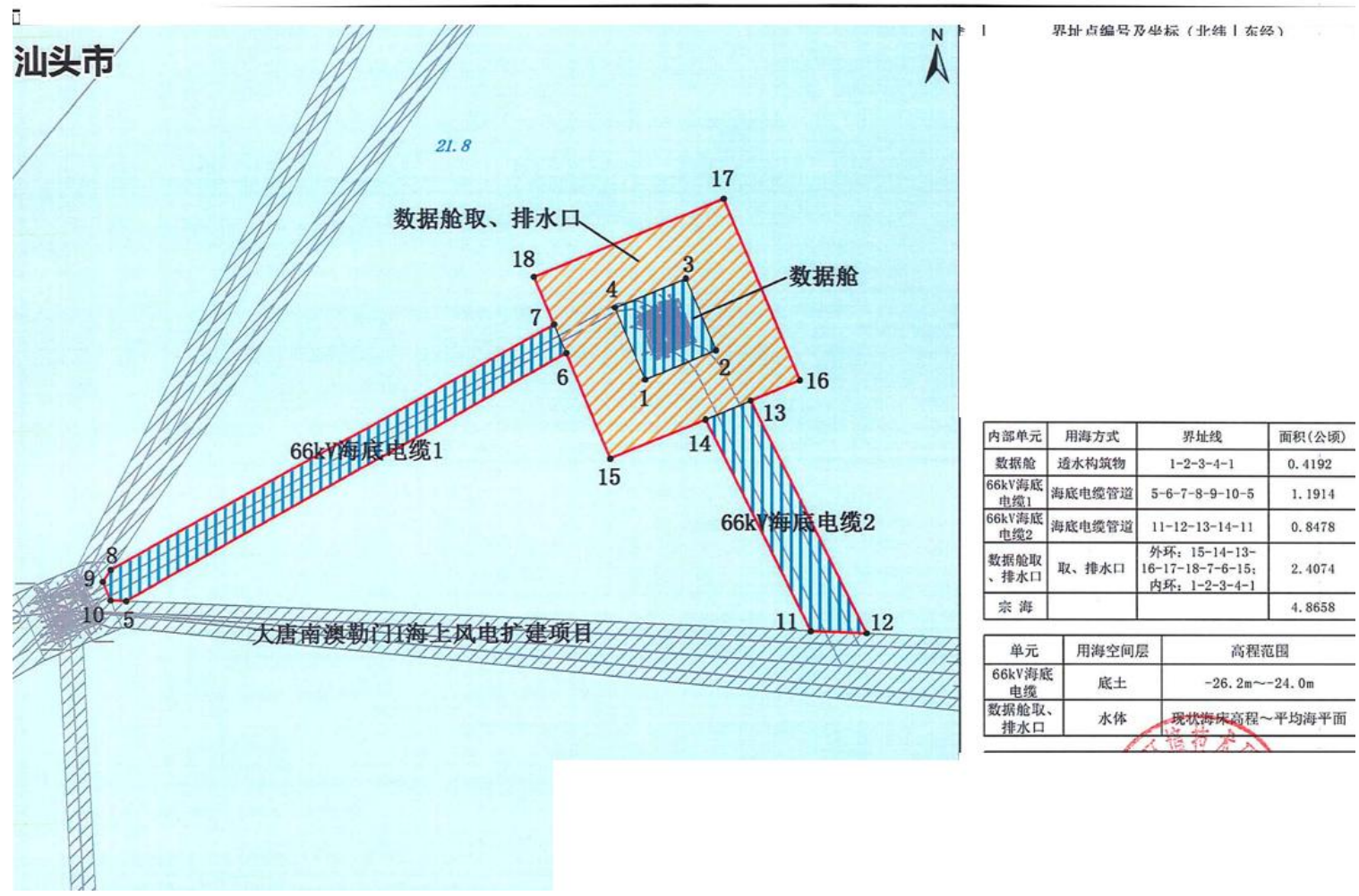


图 2.4.2-3 宗海界址图

汕头海底数据中心一期项目（66kV海底电缆）宗海立体空间范围示意图

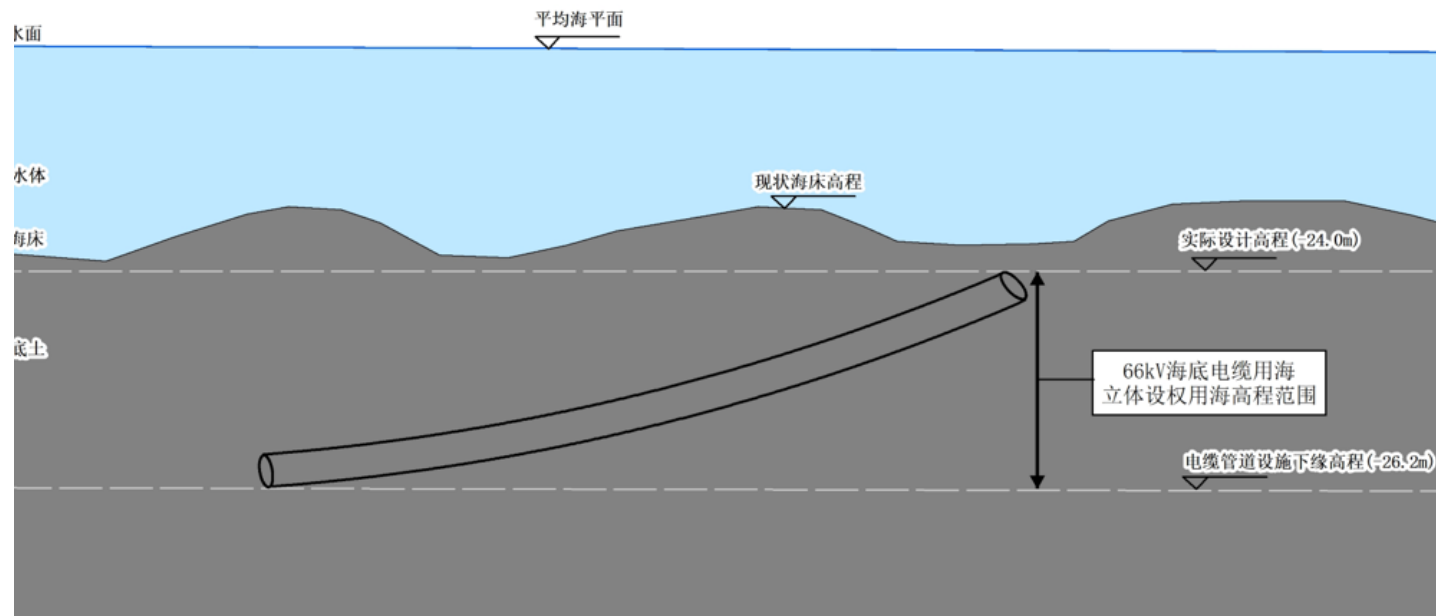


图 2.4.2-4 宗海立体空间范围示意图（66kV 海底电缆）

汕头海底数据中心一期项目（数据舱取、排水口）宗海立体空间范围示意图

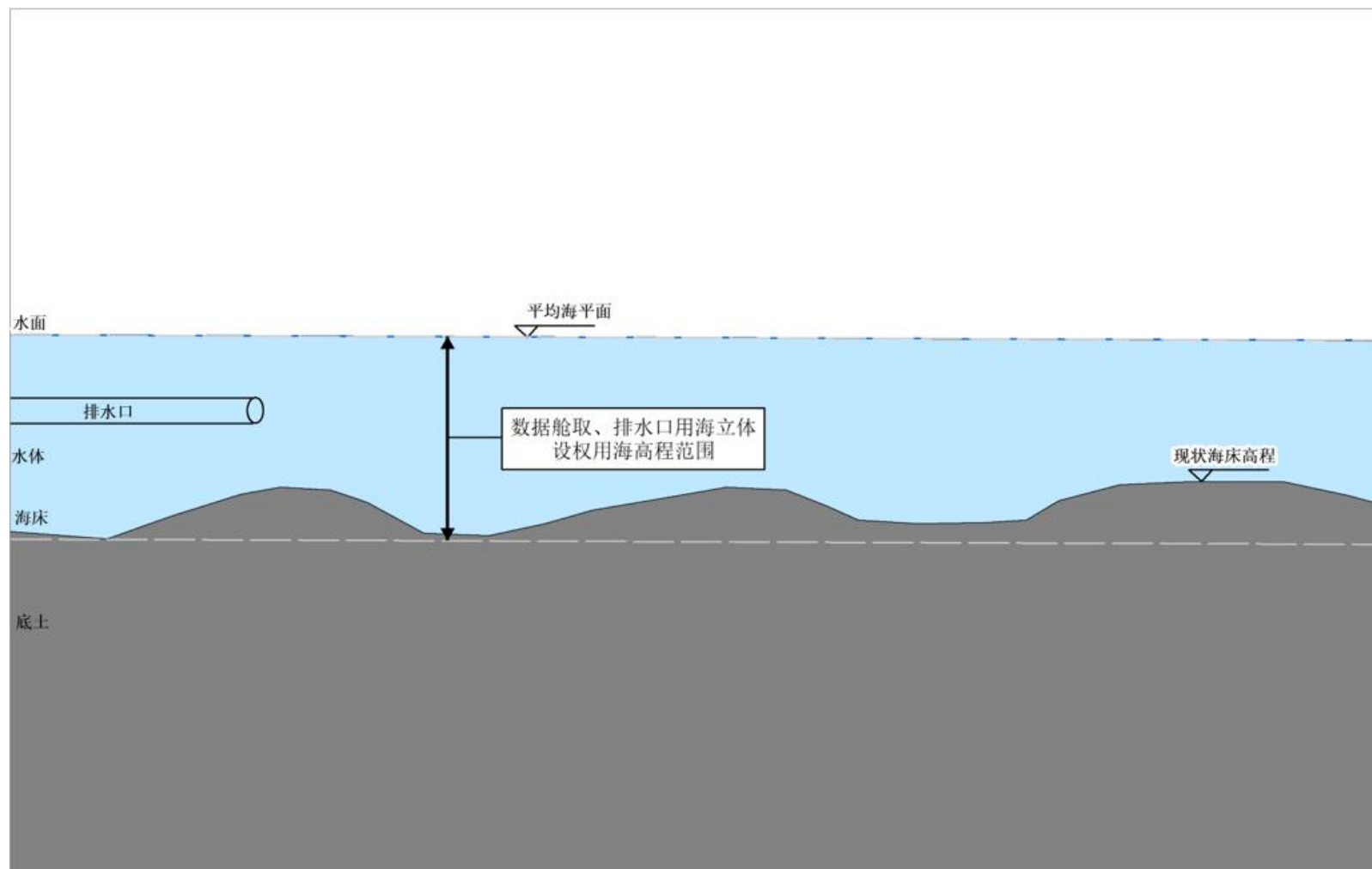


图 2.4.2-5 宗海立体空间范围示意图（数据舱取、排水口）

2.5 项目用海必要性

2.5.1 建设必要性

2.5.1.1 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。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。

2.5.1.2 优化全国算力布局、提升区域数字竞争力的战略选择

“东数西算”工程实施以来，西部算力节点的资源优势持续释放，但东部核心城市对低时延、高可靠算力的需求缺口持续扩大，数据跨区域传输时延较长、运维成本偏高、核心数据安全保障压力大等问题，已成为制约数字经济高质量发展的关键瓶颈。本项目布局于汕头近海，可打造大湾区区域低时延算力枢纽，填补东部沿海边缘算力供给短板，与西部节点形成“陆海联动、冷热互补、时延适配”的全国算力网络良性格局。同时，项目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。

2.5.1.3 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。

2.5.1.4 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。

2.5.1.5 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。

2.5.1.6 符合国家产业及相关行业规划

（1）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“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”，属于国家鼓励类项目，项目符合国家产业政策要求。

（2）《2030 年前碳达峰行动方案》

2021 年 10 月 26 日，国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》）。《方案》围绕贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和的重大战略决策，按照《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》工作要求，聚焦 2030 年前碳达峰目标，对推进碳达峰工作作出总体部署。

《方案》要求加强新型基础设施节能降碳。优化新型基础设施空间布局，统筹谋划、**科学配置数据中心等新型基础设施**，避免低水平重复建设。优化新型基础设施用能结构，采用直流供电、分布式储能、“光伏+储能”等模式，探索多样化能源供应，提高非化石能源消费比重。对标国际先进水平，加快完善通信、运算、存储、传输等设备能效标准，提升准入门槛，淘汰落后设备和技术。加强新型基础设施用能管理，将年综合能耗超过 1 万吨标准煤的数据中心全部纳入重点用能单位能耗在线监测系统，开展能源计量审查。推动既有设施绿色升级改造，积极推广使用高效制冷、先进通风、余热利用、智能化用能控制等技术，提高设施能效水平。

本项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，项目拟建设 1 座海底数据中心，数据舱装机容量 7MW。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。本项目打造“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，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。本项目的开发建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，对于加强新型基础设施节能降碳、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，实现 2030 年前碳达峰目标有着重要的意义。本项目建设符合《2030 年前碳达峰行动方案》的要求。

（3）《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》

2024 年 7 月 3 日国家发展改革委等部门印发《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》（以下简称《行动计划》）。《行动计划》提出到 2030 年底，全国数据中心平均电能利用效率、单位算力能效和碳效达到国际先进水平，**可再生能源利用率进一步提升**，北方采暖地区新建大型及以上数据中心余热利用率明显提升。

《行动计划》要求，**提升可再生能源利用水平**。将新建及改扩建数据中心可再生能源利用目标和方案作为节能审查重要内容，逐年提升新建数据中心项目可再生能源利用率。在具备稳定支撑电源和灵活调节能力的基础上，引导新建数据中心与可再生能源发电等协同布局，提升用电负荷调节匹配能力。鼓励数据中心通过参与绿电绿证交易等方式提高可再生能源利用率。鼓励有关地区探索开展数据中心绿电直供。

《行动计划》提出因地制宜推动液冷、蒸发冷却、热管、氟泵等高效制冷散热技术，**提高自然冷源利用率**。强化人工智能节能技术应用，结合智能运维平台，实现数据中心算存运及基础设施资源的高效协同联动。提升供电设备效率，开展高效变压器、直流供电技术、电力模块等供配电系统更新换代，鼓励应用模块化电源等新型技术提升电源设备负载率。推广新型超低损耗光纤、碳化硅射频器件、高效开关电源、高能效变频空调、自然冷源空调等高效产品设备。支持应用全闪存、存算分离等存储技术，降低存储系统功耗，提升存储与计算设备利用率。

本项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设。本项

目利用海域深层海水作为天然冷源，是《行动计划》要求的“提高自然冷源利用率”的直接落地实践。本项目“海上风光电+海底数据中心”的模式完全契合《行动计划》中“提升可再生能源利用水平”的要求。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。项目的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。

综上，本项目建设符合《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》的相关要求。

（4）《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》

《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》提出加快发展新型基础设施。面向智能经济与智能社会发展需求，适度超前建设新型基础设施，推动结构优化、效能提升，构建集约高效利用的新型基础设施体系。

《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》要求打造全国领先的信息基础设施。统筹优化算力基础设施布局，推动规模化、一体化、绿色化、智能化建设，推进全国一体化算力网络粤港澳大湾区国家枢纽节点建设，加快韶关数据中心集群建设，强化粤港澳大湾区人工智能发展智能算力支撑，支持建设实时性算力中心和边缘计算节点，构建“核心+边缘”协同格局，推进云边端协同发展。推动算力设施市场化建设运营，建设算力、数据流通交易公共服务平台，建设互联互通数据跨境基础设施，加强可信数据空间建设。

大湾区作为全国数字经济发展的核心引擎，人工智能、工业互联网、金融科技、海洋经济等领域对高性能、低时延算力需求持续刚性增长，算力供给缺口呈逐年扩大趋势。然而，沿海核心城市受土地、能耗等资源硬性约束，传统陆上数据中心建设空间日益受限；而“东数西算”工程布局的西部算力节点，虽具备资源优势，却存在远离核心用户、跨省数据传输时延较长、运维成本偏高、数据安全风险加大等短板。本项目布局于汕头近海，可打造大湾区区域低时延算力枢纽，填补东部沿海边缘算力供给短板，与西部节点形成“陆海联动、冷热互补、时延适配”的全国算力网络良性格局。因此，本项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》相关要求。

（5）《广东省推动海洋经济高质量发展行动方案（2025-2027 年）》

为深入贯彻习近平总书记关于建设海洋强国的重要论述，落实省委“1310”具体部署，推动广东省海洋经济高质量发展，全面建成海洋强省，2026年1月30日中共广东省委办公厅、广东省人民政府办公厅印发《广东省推动海洋经济高质量发展行动方案（2025-2027年）》。

《广东省推动海洋经济高质量发展行动方案（2025-2027年）》在海洋信息产业方面提出：加快布局海洋电子信息产业。促进数字经济与海洋产业融合发展。积极参与全国海洋观测网建设，依托深圳智慧海洋技术储备，探索发展海洋电子信息“感、传、存、算、用”产业。探索在有条件的地市谋划建设海底数据中心。

汕头海域已建成南澳勒门I、华能勒门（二）及勒门I扩建三大风电场，总装机容量突破120万千瓦，汕头市海上风电区位优势突出。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，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。因此，本项目建设符合《广东省推动海洋经济高质量发展行动方案（2025-2027年）》。

2.5.2 用海必要性

海底数据中心将服务器布设在海底的舱中，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电缆，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海底电缆的建设是必要的，其建设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 岸线资源

本项目申请用海范围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，项目用海不占用岸线，论证范围不涉及岸线资源。

3.1.2 滩涂资源

本项目申请用海范围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，项目用海不占用滩涂资源，论证范围不涉及滩涂资源。

3.1.3 岛礁资源

根据《中国海域海岛地名志 广东省第二册》，本项目论证范围内涉及的岛礁资源有 4 个，均为无居民海岛。已开发的有 2 个，为白颈屿、平屿东岛；未开发的有 2 个，为白颈屿南岛、平屿。与本项目距离最近的为白颈屿南岛，位于本项目东北侧约 12.9km。

3.1.4 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。

3.1.5 航路、锚地资源

(1) 航路资源

论证范围内分布有广东沿海内航路、粤东沿海近岸航路、汕头南澳岛南至汕头港进港航道口门航路和汕头港进出港航路。

广东沿海内航路为干线航路，中国沿海内航路广东沿海段，东接福建沿海中航路，西接湛江港进港航道。该航路位于本项目南侧约 12.8km。

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。

汕头港进出港航路位于本项目西南侧约 13.7km。

(2) 锚地资源

论证范围内分布有 3 个锚地，分别为汕头港区第一引航锚地、汕头港区第二引航锚地和南澳 1#引航锚地。与本项目距离最近的为汕头港区第一引航锚地，位于本项目西北侧约 7.2km。

3.1.6 渔业资源

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》（2025 年 6 月）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。具体站位详见 3.2.6.1 节。

(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，鲷形目、鲹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，捕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, 捕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。

b、垂直拖网法数量分布

本次垂直拖网调查共捕获鱼卵 27 粒, 没有捕获到仔鱼。调查海区 9 个站位均捕获到鱼卵, 鱼卵出现率为 100.00%, 调查海区的鱼卵平均密度为 0.925ind/m³, 捕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。

③主要种类及数量分布

鲱科 (*Mugildai*)、鳊属 (*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鲱科及小沙丁鱼的鱼卵和仔鱼均出现一定数量, 其中鲱科鱼卵在 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%。鳊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%。

③资源密度

渔业资源平均重量密度为 192.57kg/km²，LM16 号站位断面最高，LM09 号站位断面最低，范围为(113.48~267.95)kg/km²；平均个体密度为 38.85×10³ind/km²，个体密度最高的断面为 LM17 号站位断面，其值为 67.79×10³ind/km²，最低为 LM23 号站位断面，其个体密度为 13.20×10³ind/km²。

其中鱼类平均重量密度和平均个体密度分别为 99.25kg/km² 和 17.79×10³ind/km²，甲壳类平均重量密度和平均个体密度分别为 86.22kg/km² 和 20.33×10³ind/km²，头足类平均重量密度和平均个体密度分别为 7.10kg/km² 和 0.73×10³ind/km²。

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%。

⑤幼体比例

本次调查幼体群体占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%，

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。

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。

3.1.7 矿产资源

本项目论证范围不涉及矿产资源。

3.1.8 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。项目论证范围内不涉及旅游景点，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。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候与气象

3.2.1.1 气温

根据汕头气象站（116.6792°E，23.3853°N）2005~2024 年观测数据，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。

3.2.1.2 降水量

根据汕头气象站(116.6792°E, 23.3853°N) 2005~2024 年观测数据,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。

3.2.1.3 相对湿度

根据汕头气象站(116.6792°E, 23.3853°N) 2005~2024 年观测数据,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。

3.2.1.4 日照

根据汕头气象站(116.6792°E, 23.3853°N) 2005~2024 年观测数据,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。

3.2.1.5 风况

根据汕头气象站(116.6792°E, 23.3853°N) 2005~2024 年观测数据,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%。

表3.2.1-1 汕头气象站月平均风速统计 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	2	1.8	1.8	1.9	1.7	1.6

表3.2.1-2 汕头气象站年风向频率统计 (%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	0.73	1.23	4.06	17.7	20.24	11.99	8.33	6.06	4.08

风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	最多风向
频率	3.35	4.22	5.36	5.8	5.97	0.91	0.38	2.86	E

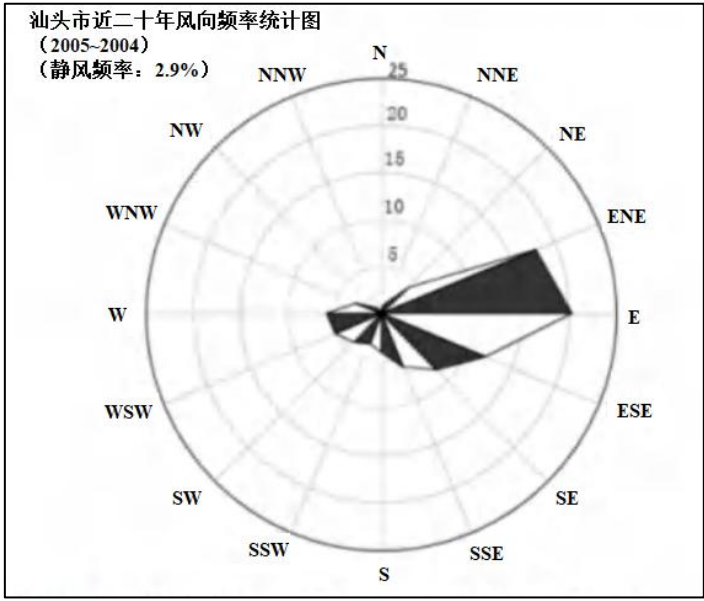


图3.2.1-1 汕头市2005年-2004年风向频率玫瑰图

3.2.2 水文动力

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》(2018年4月)于2018年3月在项目附近海域进行的大潮水文观测数据。

3.2.2.1 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3.2.2-1和图3.2.2-1。

表3.2.2-1 水文观测站坐标和观测内容

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

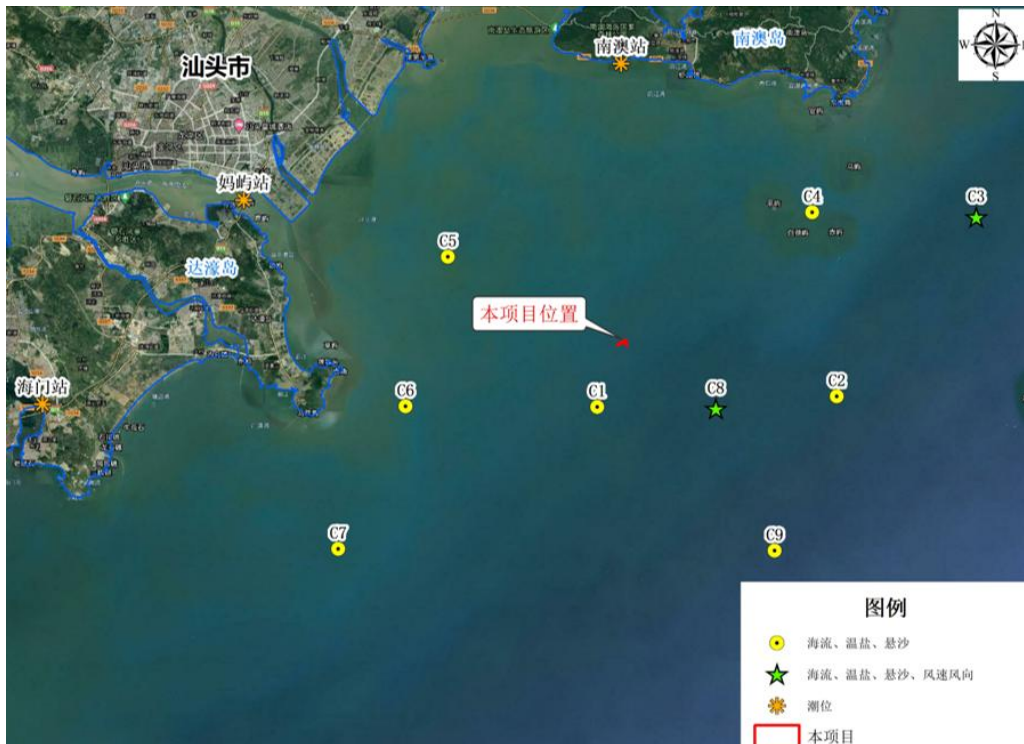


图3.2.2-1 水文观测站位图

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。

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。

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 $355^\circ\sim 12^\circ$ 之间； K_1 分潮的振幅在 29cm~31cm 之间，迟角在 $308^\circ\sim 317^\circ$ 之间； O_1 分潮的振幅在 22cm~24cm 之间，迟角在 $244^\circ\sim 252^\circ$ 之间。

，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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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℃。

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。

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/m³；潮期平均含沙量低值区位于 C9 站，为 0.0045kg/m³，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。

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。

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）。

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

3.2.3.1 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II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，水深大致在 21~22m 之间。

图3.2.3-1 项目水深地形图（不公开）

3.2.3.2 冲淤现状和冲淤变化特征

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，因此本节内容摘录自《大唐南澳勒门I海上风电扩建项目初步设计微观选址优化专题》（44-NA12391C-W01-01）（审定稿）（2023年5月）。

根据2010版和2021版海图1314300的水深数据以场区2018年的地形测量成果，绘制出工程海域2010年版海图和2021年版海图等深线成果对比图（见图3.2.3-2~图3.2.3-4），以及绘制出工程场区内海图1314300和2018年水深对比点示意图（见图3.2.4-5），其中A1~A2对比点的海图1314300水深数据是2010年版测量成果，B1~B3对比点的海图1314300水深数据是2021年版测量成果。

从图3.2.3-2可以看出，20m等深线穿过场区，20m等深线在2010和2021年期间变化较大，尤其是场区东北侧和东侧。20m等深线场区在东北侧和东侧部分较2010年向北移动，说明该区域海床在2010年~2021年期间存在一定程度的变化，呈现冲刷态势。20m等深线场区在西侧部分较2010年向南移动，说明该区域海床在2010年~2021年期间存在一定程度的变化，呈现淤积态势。从图3.2.3-3可以看出，10m等深线在2010和2021年期间变化不显著，呈现有积有淤的态势。从图3.2.3-4可以看出，5m等深线在2010和2021年期间存在一定程度的变化，尤其是靠近出海口区域，5m等深线场址在该区域呈现明显的向离岸方向移动，最大移动距离为883m，说明该区域海床在2010年~2021年期间呈现明显的淤积态势，淤积原因分析可能与河流出海口挟沙沉降有关。

从图3.2.3-5和表3.2.3-1上可看出，2010年~2021年期间场区范围海床存在一定程度的演变。其中，A1、A2点在2010年~2018年期间呈冲刷态势，A1冲刷幅值达到1m，年平均冲刷幅值为0.12m；A2冲刷幅值只有0.1m。从地形上来判断，A1点所处海底地形变化较陡，A2点所处海底地形变化较平坦，A1点所处区域的地形存在明显冲刷风险。B1、B2、B3点在2018年~2021年期间呈淤积态势，淤积幅值分别为0.6m、0.3m、0.5m，年平均淤积幅值最大为0.2m。A1和B2点相近，但是在2018年前后呈现冲刷和淤积的态势，进一步说明该区域海床变化大。

综上所述，在2010年~2018年以及2018年~2021年的时间跨度期间，场区内反映出冲刷和淤积的态势，结合20m等深线的变化规律，反映出场区内海床

存在局部冲淤，尤其是场区的东北侧和东侧。

图3.2.3-2 工程海域2010年和2021年版海图等深线成果对比（20m等深线）（不公开）

图3.2.3-3 工程海域2010年和2021年版海图等深线成果对比（10m等深线）（不公开）

图3.2.3-4 工程海域2010年和2021年版海图等深线成果对比（5m等深线）（不公开）

图3.2.3-5 工程场址内海图1314300水深成果和2021年水深成果的对比点示意图（不公开）

表3.2.3-1 工程场址内水深对比点统计表（正值代表淤积， 负值代表冲刷， 单位 m）（不公开）

3.2.4 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》（2022 年 8 月）。

3.2.4.1 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①₁）

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①₂）

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 (Q₄^{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，手握腻滑，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②₁)

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②₂)

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②₃)

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②₅)

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②₆)

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②₇)

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③₁)

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③₂)

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③₃）

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③₅）

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③₆）

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③₇）

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（ λ_y ）

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⑤₂）

灰、灰白色，矿物除石英外已大部风化成交生矿物，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、-95.47m 和-67.27m，垂直厚度分别为 3.30m、12.60m、2.80m。

3.2.4.2 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。

3.2.5 海洋自然灾害

3.2.5.1 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。

3.2.5.2 风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。2013~2025 年对汕头影响较大的风暴潮如下表 3.2.5-1。

表3.2.5-1 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

3.2.6 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》（2025 年 6 月）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。

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 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

表3.2.6-1 海洋环境现状调查站位

站位	纬度	经度	调查内容
LM09	***	***	水质、沉积物、生态
LM10	***	***	水质、生态
LM11	***	***	水质、沉积物、生态
LM12	***	***	水质
LM15	***	***	水质
LM16	***	***	水质、沉积物、生态
LM17	***	***	水质、沉积物、生态
LM18	***	***	水质
LM19	***	***	水质、沉积物、生态
LM20	***	***	水质
LM21	***	***	水质、沉积物、生态
LM22	***	***	水质
LM23	***	***	水质、沉积物、生态
LM24	***	***	水质、生态

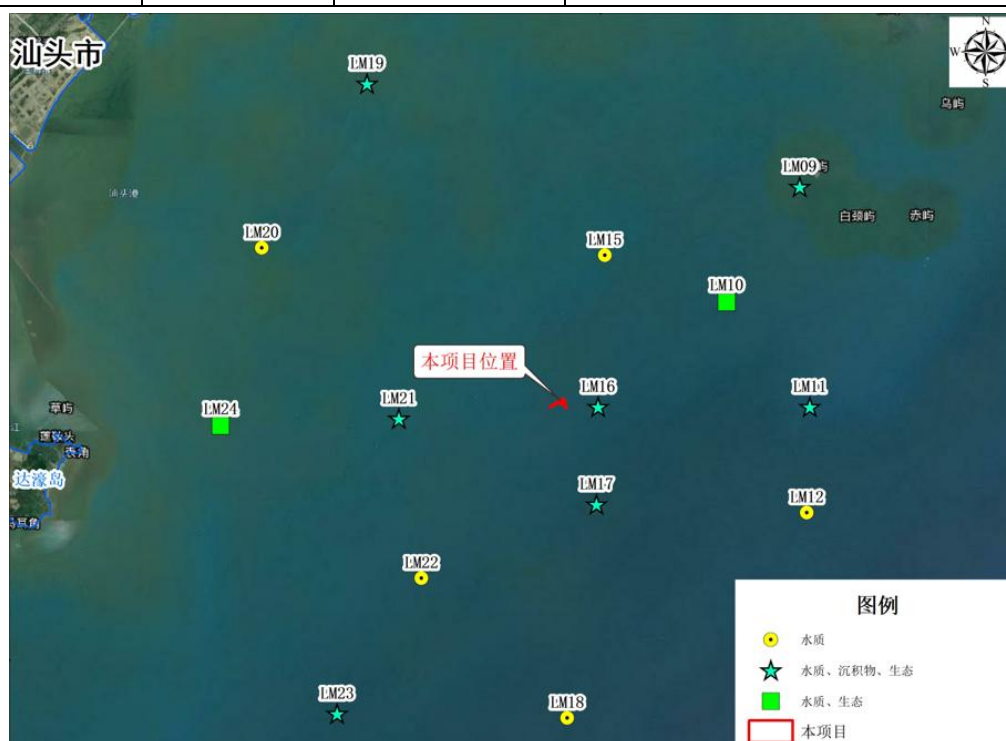


图3.2.6-1 海洋环境现状调查站位分布图

调查项目包括 pH、盐度、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。

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 底层、LM22 底层、LM23 表底层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 表层、

LM11 表底层、LM12 表底层、LM24 表层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。

3.2.7 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》（2025 年 6 月）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。具体站位详见 3.2.6.1 节。

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。

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 0.370 Φ ~6.618 Φ ；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。

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。

3.2.8 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》（2025 年 6 月）于 2025 年 4 月在项目附近海域进行的春季海洋生物质量调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

调查项目包括石油烃、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷。

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。

3.2.9 海洋生态概况

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》（2025 年 6 月）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。具体站位详见 3.2.6.1 节。

（1）叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $0.40\text{mg}/\text{m}^3 \sim 1.19\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $0.48\text{mg}/\text{m}^3$ ；底层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $0.40\text{mg}/\text{m}^3 \sim 0.79\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $0.44\text{mg}/\text{m}^3$ 。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 $(0.40 \sim 0.80) \text{mg}/\text{m}^3$ ，平均为 $0.47\text{mg}/\text{m}^3$ ，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 $0.60\text{mg}/\text{m}^3$ ，其他站位叶绿素 *a* 含量均为 $0.40\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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

（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 $(21.15 \sim 857.54) \times 10^4 \text{ind}/\text{m}^3$ ，平均为 $170.82 \times 10^4 \text{ind}/\text{m}^3$ 。最高个体数量出现在 LM21 号站，LM19 号站次之，其个体数量为 $429.57 \times 10^4 \text{ind}/\text{m}^3$ ，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。

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%。

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。

(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 47.77 mg/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 8.59 ind/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。

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 hansenii*)，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/m³，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/m³，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/m³，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/m³。

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。

(4) 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/m²，以环节动物的平均栖息密度最高，为 15.48ind/m²，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/m²，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/m²，均占总平均密度的 6.38%。

底栖生物的平均生物量为 1.28g/m²，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/m²，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 。

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 $4.98\text{ind/m}^2\sim 49.75\text{ind/m}^2$ ，其中 LM19 号站位栖息密度最高，为 49.75ind/m^2 ，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/m^2 ，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 $0.01\text{g/m}^2\sim 2.29\text{g/m}^2$ ，LM19 号站生物量最高，为 2.29g/m^2 。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/m^2 。

环节动物在调查海区的平均密度为 15.48ind/m^2 ，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 $0.00\text{ind/m}^2\sim 34.83\text{ind/m}^2$ ；平均生物量为 0.73g/m^2 ，生物量分布范围为 $0.00\text{g/m}^2\sim 2.16\text{g/m}^2$ 。

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/m^2 ，密度分布范围为 $0.00\text{ind/m}^2\sim 9.95\text{ind/m}^2$ ；平均生物量为 0.09g/m^2 ，生物量分布范围为 $0.00\text{g/m}^2\sim 0.75\text{g/m}^2$ 。

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/m^2 ，密度分布范围为 $0.00\text{ind/m}^2\sim 9.95\text{ind/m}^2$ ；平均生物量为 0.03g/m^2 ，生物量分布范围为 $0.00\text{g/m}^2\sim 0.21\text{g/m}^2$ 。

③优势种

大型底栖动物种类若按其优势度 $Y\geq 0.02$ 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 6.63ind/m^2 ，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/m^2 ，占调查海区底栖生物总平均密度的 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。

3.2.10 自然保护地

项目论证范围内自然保护地有 3 个，分别为广东南澎列岛国家级自然保护区、汕头澄海莱芜中国龙虾地方级自然保护区和汕头湿地地方级自然保护区，详见图 3.2.10-1。

(1) 广东南澎列岛国家级自然保护区

根据《国务院办公厅关于发布河北青崖寨等 28 处新建国家级自然保护区名单的通知》（国办发〔2012〕7 号），南澎列岛国家级自然保护区成立于 2012 年 1 月。保护区批复面积为 35679 公顷，其中核心区面积 12581 公顷，缓冲区面积 11285 公顷，实验区面积 11813 公顷。保护区主要保护对象其一为独特的海底自然地貌和近海典型海洋生态系统，其二为重要珍稀濒危野生动物及其栖息地和重要水产种质资源及其生境，其三为丰富的海洋生物多样性及复杂的生物群落。

根据保护地整合优化方案，将汕头南澳赤屿东南海域中国龙虾和锦绣龙虾市级自然保护区、汕头南澳平屿西南侧海域中国鲎市级自然保护区、广东南澳候鸟省级自然保护区纳入广东南澎列岛国家级自然保护区，调整后自然保护区总面积为 39221.50 公顷。

该保护区位于本项目东北侧约 10.6km。

(2) 汕头澄海莱芜中国龙虾地方级自然保护区

根据《关于建立汕头市莱芜中华白海豚和中国龙虾两个市级自然保护区问题的批复》（汕府函〔2003〕105 号），汕头澄海莱芜中国龙虾市级自然保护区成立于 2003 年 8 月，批复面积 2060 公顷，保护区主要保护对象为中国龙虾及其生境。

该保护区位于本项目西北侧约 12.8km。

(3) 汕头湿地地方级自然保护区

汕头市湿地自然保护区于 2001 年经汕头市人民政府批准建立（汕府函〔2001〕

88 号），保护区范围包括榕江下游汕头辖区内的牛田洋至新津河口两岸水深度少于 6m 的湿地。四至范围为：南岸西起西胪大堤，经浔洄港、三屿围、苏埃湾，东止澳头油库，北岸西起牛田洋海堤，经西港河口，东止新津河口。保护区还包括平屿、草屿、龟屿、鸡心屿（蛤屿）和德州岛共 5 个岛屿，以及苏埃湾滩涂、韩江、榕江出海口等。批复面积为 10333.3 公顷。主要保护对象为红树林、候鸟及珍稀水生动物。

该保护区位于本项目西北侧约 17.1km。

3.2.11 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。

（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。

(3) 鲨

根据《亚洲海域鲨的种类和分布》（热带海洋学报 2006 年 11 月第 25 卷第 6 期，廖永岩等），圆尾鲨分布于中国香港、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。中国鲨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。中国海域只有中国鲨和圆尾鲨 2 种鲨分布。中国的海南、广西、广东西部和香港（可能还包括台湾）等是圆尾鲨分布的海域。

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-南澳海域的中国鲨常发现于南澳岛-勒门列岛海域，南澳岛北部海域和南澎列岛海域。

(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/m²，生物量 0.2667g/m²，距离本项目约 9.2km。

3.2.12 “三场一通道”分布情况

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

(1) 南海鱼类产卵场

本项目不在南海中上层鱼类产卵场和海底层、近底层鱼类产卵场内。

（2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）黄花鱼幼鱼保护区

本项目位于黄花鱼幼鱼保护区范围内。黄花鱼幼鱼保护区共有 4 处。一为粤东汕头外表角至勒门列岛、南澳岛、饶平宫口头一带内海，保护期为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日；二为海丰县遮浪横至惠东县平海角 20 米水深以内海域，保护期也为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日；三为上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小襟至潯洲），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日；四为湛江港口至硃州岛周围 20 米水深以内海域，保护期亦为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

4 资源生态影响分析

4.1 资源影响分析

4.1.1 对岸线及海洋空间资源的影响

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，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，不涉及占用海岸线资源。

本项目用海方式包括透水构筑物、海底电缆管道和取、排水口，申请用海总面积为 4.8658 公顷，其中透水构筑物面积 0.4192 公顷，海底电缆管道面积 2.0392 公顷，取、排水口面积 2.4074 公顷。本项目用海将长期占用部分海域空间资源，此部分占用的海域空间资源具有排他性，且项目建设对区域内的生物资源造成损失。

本项目申请立体分层确权，是对海洋海底、海床、水体、水面等空间资源的合理利用，有利于不同空间层的其他海域开发活动分层利用。因此，项目用海对海洋空间资源的影响较小。

4.1.2 对海洋生物资源的影响

4.1.2.1 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，海底电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 海底电缆总长约 1.72km, 海底电缆施工开挖回埋宽度约 0.5m, 考虑实际敷设定位偏差及其他因素, 计算对底栖生物破坏宽度按照电缆两侧各 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) $\times$ 底栖生物破坏宽度 (10m) $=1.72 \times 10^4 m^2$ 。

底栖生物资源密度取 LM16 站位的平均生物量: $1.74g/m^2$ 。由此计算得:

数据中心桩基造成底栖生物直接损失量: $38.48 \times 1.74 \times 10^{-3} = 0.07kg$

海底电缆施工造成底栖生物直接损失量: $1.72 \times 10^4 \times 1.74 \times 10^{-3} = 29.93kg$

因此, 本项目造成底栖生物直接损失量为 30.00kg。

4.1.2.2 渔业资源损失量

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。

本项目捞起海缆施工产生悬沙垂向平均浓度大于 10mg/L 的水域面积 0.552km²；施工悬沙浓度大于 20mg/L 的水域面积为 0.242km²；施工悬沙浓度大于 50mg/L 的水域面积为 0.141km²；施工悬沙浓度大于 100mg/L 的水域面积 0.050km²；本项目海缆敷设施工产生悬沙垂向平均浓度大于 10mg/L 的水域面积 1.528km²；施工悬沙浓度大于 20mg/L 的水域面积为 0.750km²；施工悬沙浓度大于 50mg/L 的水域面积为 0.424km²；施工悬沙浓度大于 100mg/L 的水域面积 0.189km²；悬浮物浓度增量分区数为 4。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 4.1.2-1 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 4.1.2-1 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区	分区悬浮物浓度	捞起海缆悬浮泥沙扩散面积 (km ²)	海缆敷设悬浮泥沙扩散面积 (km ²)	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	0.31	0.778	Bi≤1 倍	5	0.5
II	20~50	0.101	0.326	1<Bi≤4 倍	17.5	5
III	50~100	0.091	0.235	4<Bi≤9 倍	40	15
IV	>100	0.05	0.189	Bi≥9 倍	50	20

本工程施工持续周期为海缆敷设施工期，即每个点的海缆铺设是一次性施工，悬沙污染影响周期区 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 21m 计算。渔业资源密度根据项目附近 LM16 站位的海洋生态现状调查数据，取游泳生物的平均重量密度为 267.95kg/km²、垂直拖网鱼卵的平均密度 0.238ind/m³，垂直拖网调查没有采获到仔稚鱼，采用水平拖网调查仔稚鱼的平均密度 0.005ind/m³。

则计算得：

(1) 捞起海缆施工

游泳生物直接损失量为：267.95×1×(0.31×0.5%+0.101×5%+0.091×15%+0.05×20%)=8.11kg；

鱼卵直接损失量为： $0.238 \times 1 \times 21 \times (0.31 \times 5\% + 0.101 \times 17.5\% + 0.091 \times 40\% + 0.05 \times 50\%) \times 10^6 = 4.73 \times 10^5$ 粒

仔稚鱼直接损失量为： $0.005 \times 1 \times 21 \times (0.31 \times 5\% + 0.101 \times 17.5\% + 0.091 \times 40\% + 0.05 \times 50\%) \times 10^6 = 9.94 \times 10^3$ 尾

(2) 海缆敷设施工

游泳生物直接损失量为： $267.95 \times 1 \times (0.778 \times 0.5\% + 0.326 \times 5\% + 0.235 \times 15\% + 0.189 \times 20\%) = 24.99\text{kg}$ ；

鱼卵直接损失量为： $0.13 \times 1 \times 21 \times (0.778 \times 5\% + 0.326 \times 17.5\% + 0.235 \times 40\% + 0.189 \times 50\%) \times 10^6 = 1.51 \times 10^6$ 粒

仔稚鱼直接损失量为： $0.238 \times 1 \times 21 \times (0.778 \times 5\% + 0.326 \times 17.5\% + 0.235 \times 40\% + 0.189 \times 50\%) \times 10^6 = 2.99 \times 10^4$ 尾

综上，本项目造成底栖生物直接损失量为 30.00kg；捞起海缆产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 8.11kg，鱼卵直接损失量为 4.73×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量为 2.99×10^4 尾；海缆敷设产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 24.99kg，鱼卵直接损失量为 1.51×10^6 粒，仔稚鱼直接损失量为 9.94×10^3 尾。

4.1.2.3 取水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，排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38°C 和 0.31°C ，没有超 1°C 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 ：见 4.1.2.2 节。

年取水量 Q ：本项目 1 个取水口年取水量为 6307200m^3 ，项目取水口 2 用 1 备。

P_i ：按鱼卵、仔鱼出现时间为 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： $0.238 \times 6307200 \times 2 \times 100\% = 3.01 \times 10^6$ 粒/年

仔鱼： $0.005 \times 6307200 \times 2 \times 100\% = 6.31 \times 10^4$ 尾/年

则本项目数据舱取水卷吸效应造成渔业资源直接损失量如下：鱼卵 3.01×10^6 粒/年，仔稚鱼 6.31×10^4 尾/年。

4.2 生态影响分析

4.2.1 对水文动力环境的影响

4.2.1.1 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

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

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

$$\frac{\partial u D}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial u v D}{\partial y} + \frac{\partial u w}{\partial \sigma} - f v D + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma} \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma} \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x$$

$$\frac{\partial v D}{\partial t} + \frac{\partial u v D}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial v w}{\partial \sigma} + f u D + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma} \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma} \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_y$$

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[2 D A_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D A_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

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

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

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

f —科氏参数

A_H —水平湍流粘滞系数，取 $23 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

A_M —垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

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

(2) 温盐输运扩散方程为：

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

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（ $\sigma = 0$ ）：

$$w(0) = 0$$

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

为:

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

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

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

不考虑大气与水热交换:

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

②在海底 ($\sigma = -1$):

$$w(-1) = 0$$

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

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

其中, $C_z = \max \left[\frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)}, 0.0025 \right]$, k 是 Karman 常数 (一般取值 0.4), z_b 是离

海底最近的网格结点与海底的距离, z_0 为海底粗度, 取 0.01m。

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

③侧边界条件:

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

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

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

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

4、干湿边界:

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

5、计算方法

对笛卡儿坐标系下的控制方程的归一化：

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

其中：

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

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

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

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

对于归一化后的方程，在每一个单元上积分，根据高斯定理，将面积分化为线积分

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

进一步简化后得到::

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

4.2.1.2 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 $\frac{\Delta t}{2} < \frac{\alpha \cdot \Delta s}{\sqrt{gH_{\max}}}$ ， $\alpha=1\sim 3$ ，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 4.2.1-1。

水深地形资料：水深地形：大范围模型水深资料为工程附近最新海图水深与 ETOPI 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 4.2.1-1。

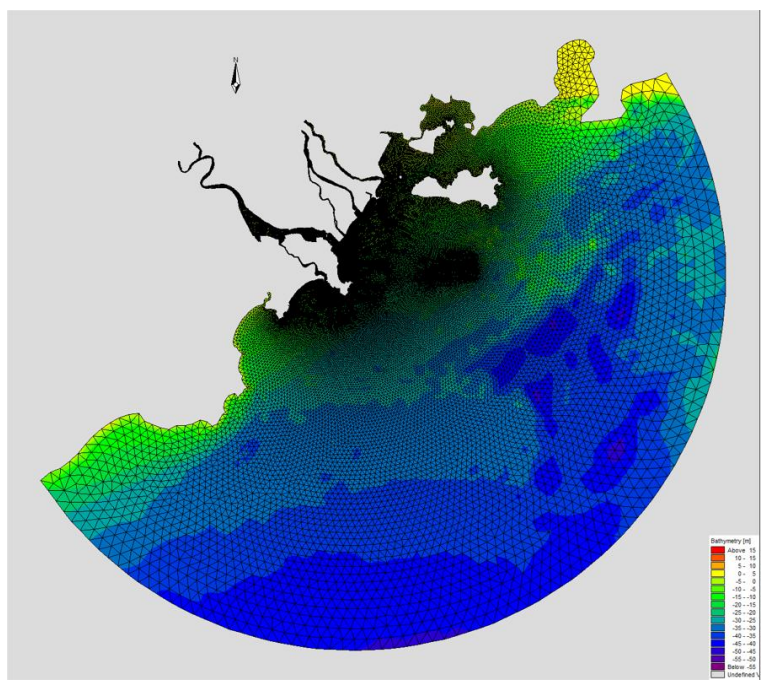


图 4.2.1-1 模型计算范围

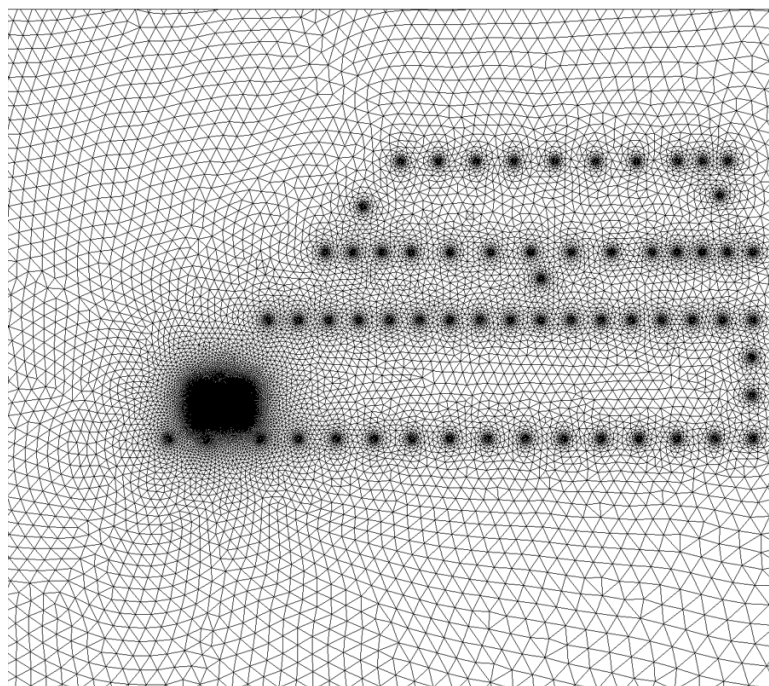


图 4.2.1-2 工程区网格剖分图

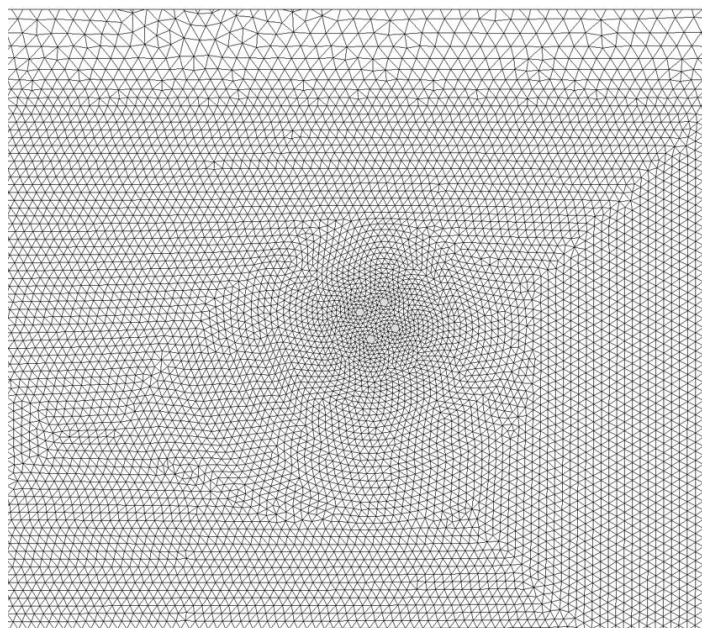


图 4.2.1-3 桩基局部网格剖分图

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 2018 年 3 月 2 日 11 时~2018 年 3 月 3 日 13 时 3 个潮位测站观测资料对模型进行验证，图 4.2.1-5 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 4.2.1-6~图 4.2.1-14 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 4.2.1-1 模型验证误差分析一览表

验证项	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

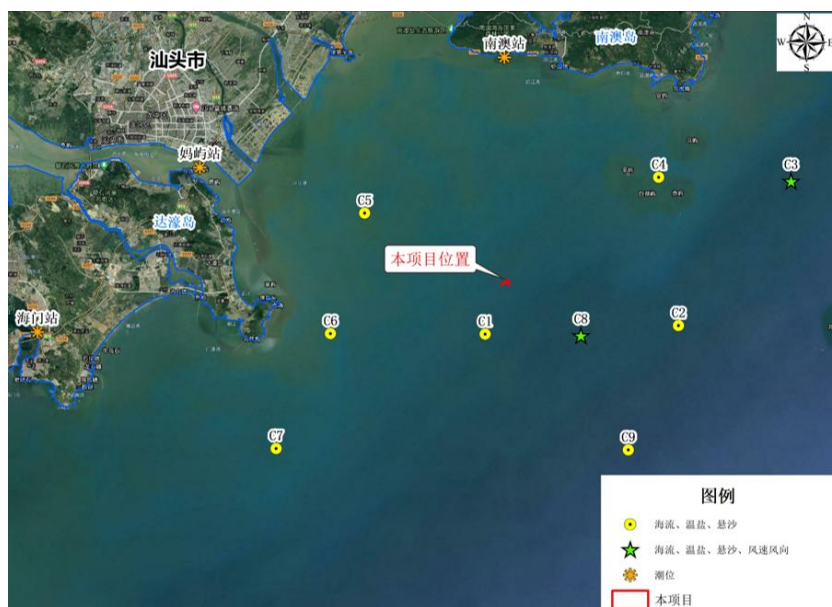


图 4.2.1-4 项目所在海域验证点位置图

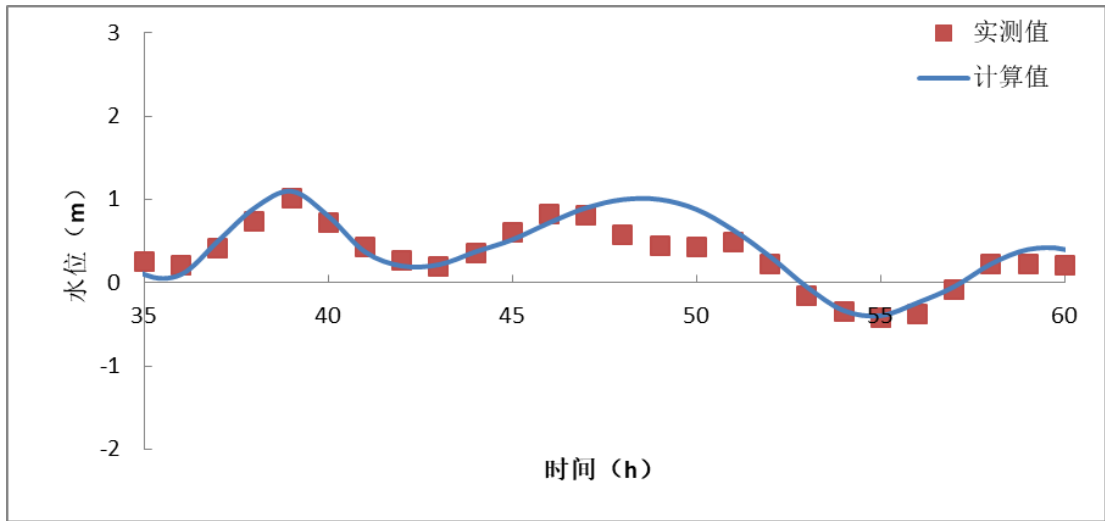


图 4.2.1-5a T1 站潮位验证

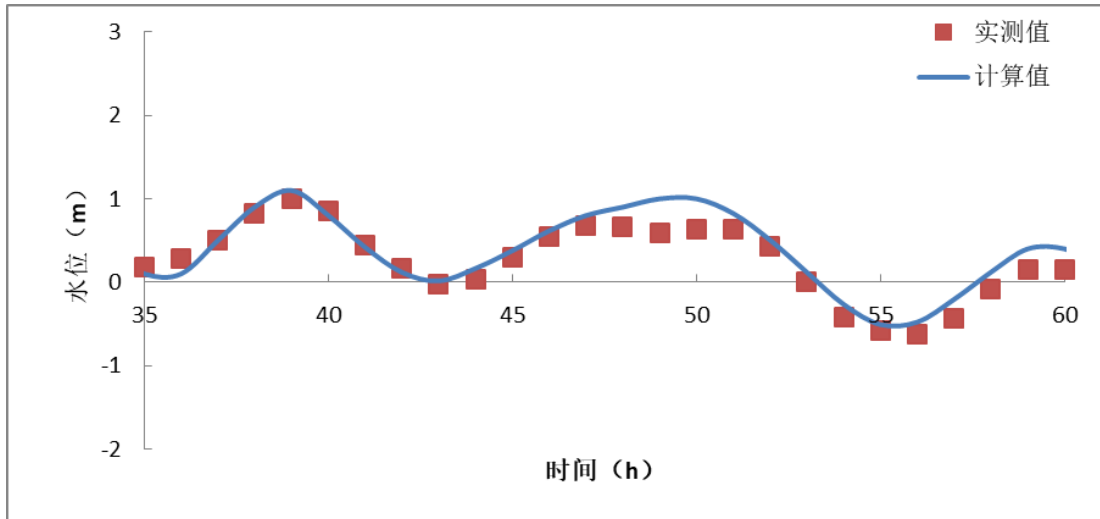


图 4.2.1-5b T2 站潮位验证

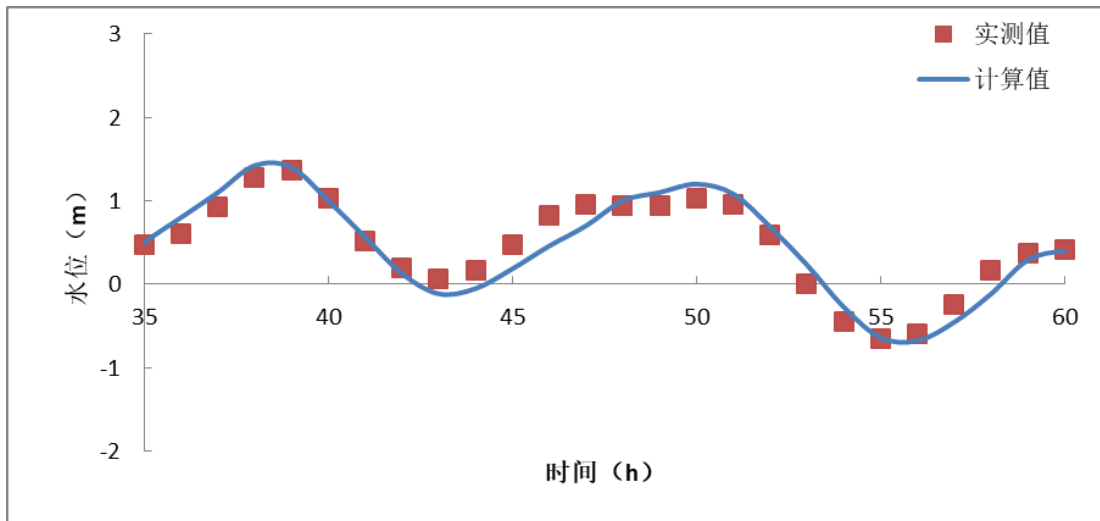


图4.2.1-5c T3站潮位验证

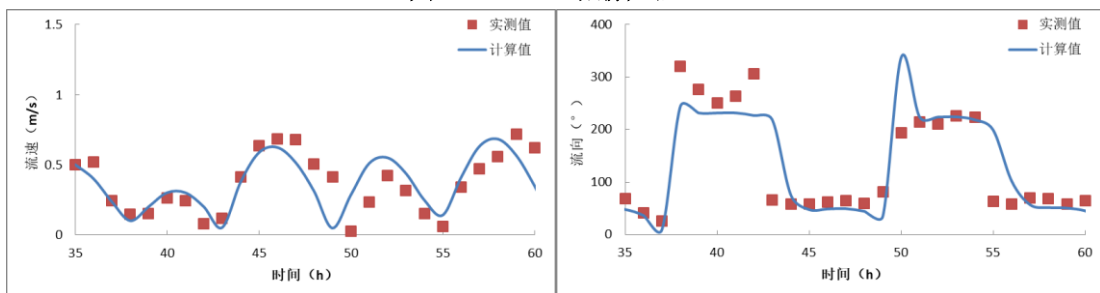


图 4.2.1-6a C1 站流速、流向验证（表层）

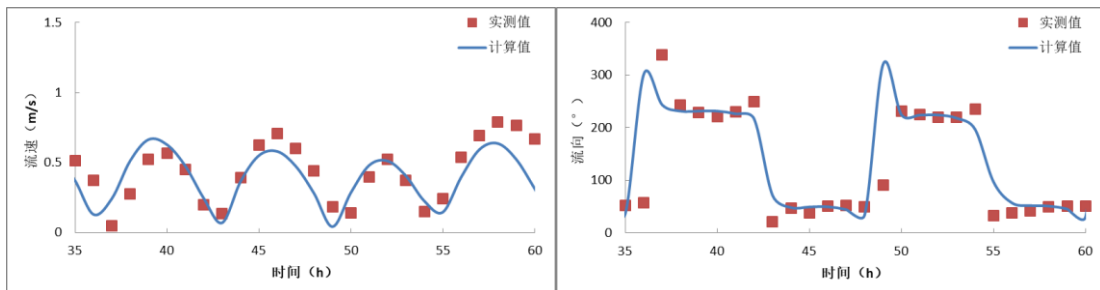


图 4.2.1-6b C1 站流速、流向验证（中层）

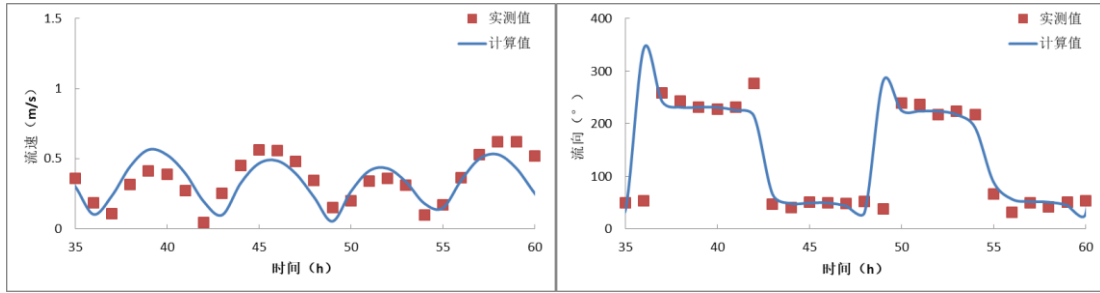


图 4.2.1-6c C1 站流速、流向验证（底层）

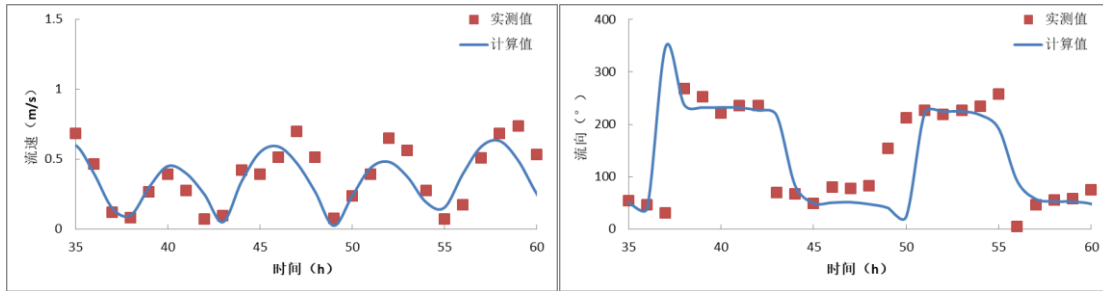


图 4.2.1-7a C2 站流速、流向验证（表层）

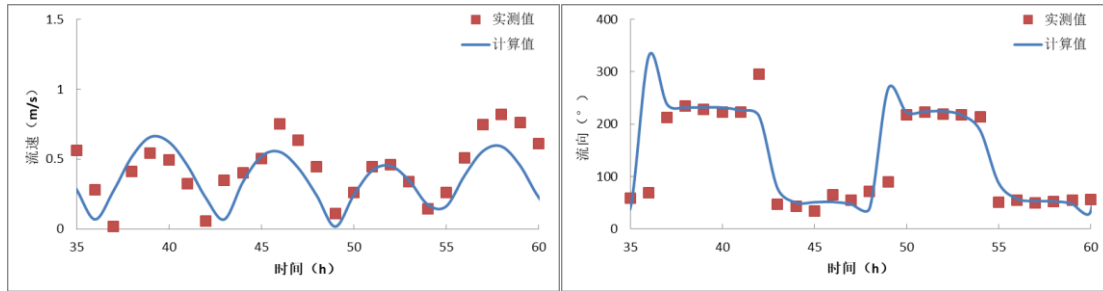


图 4.2.1-7b C2 站流速、流向验证（中层）

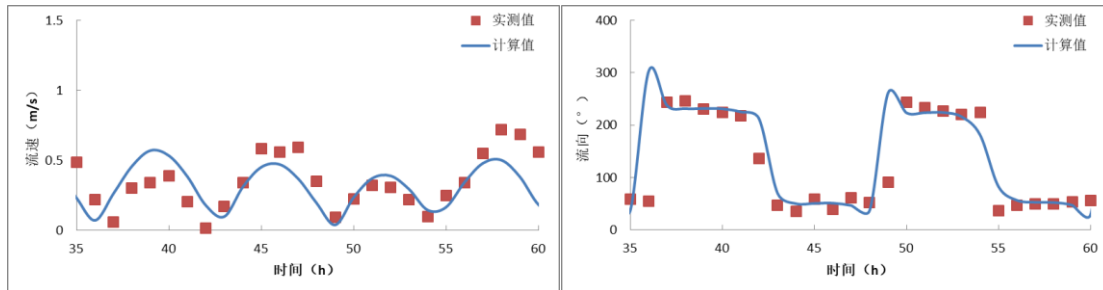


图 4.2.1-7c C2 站流速、流向验证（底层）

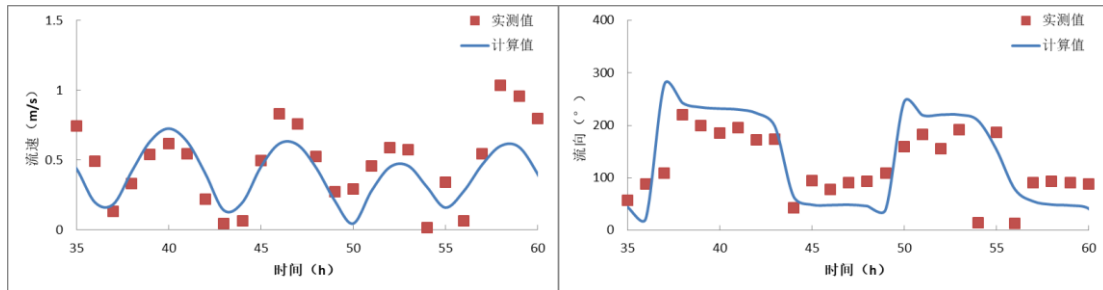


图 4.2.1-8a C3 站流速、流向验证（表层）

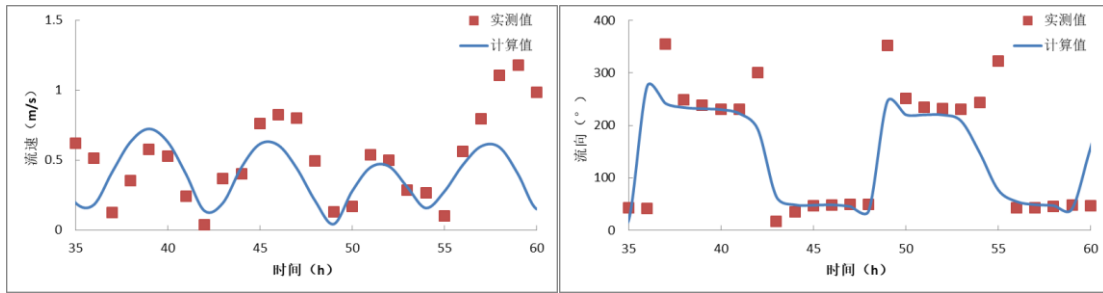


图 4.2.1-8b C3 站流速、流向验证（中层）

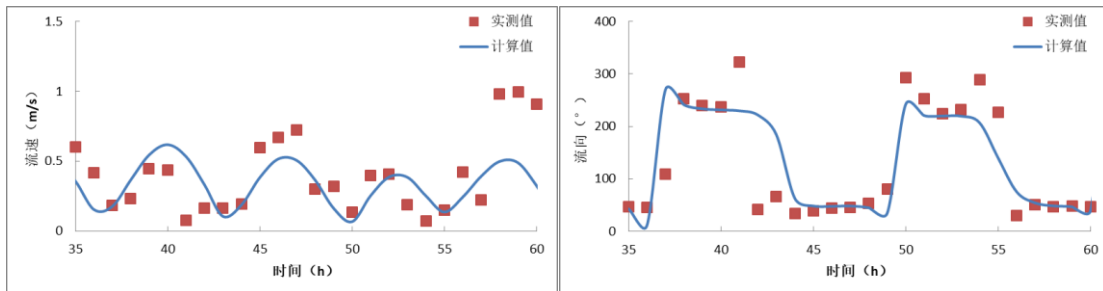


图 4.2.1-8c C3 站流速、流向验证（底层）

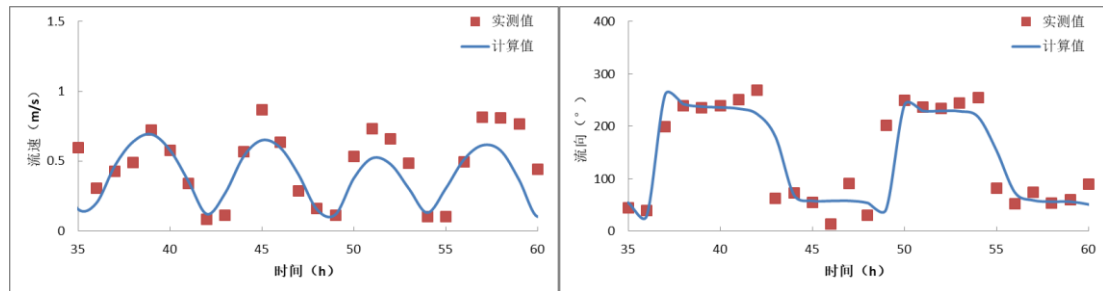


图 4.2.1-9a C4 站流速、流向验证（表层）

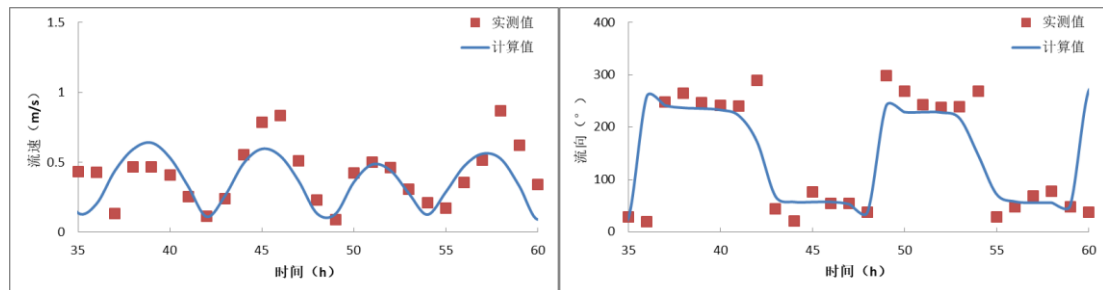


图 4.2.1-9b C4 站流速、流向验证（中层）

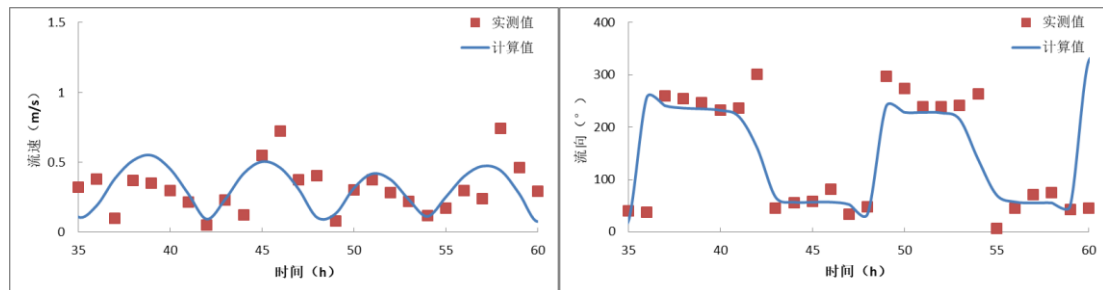


图 4.2.1-9c C4 站流速、流向验证（底层）

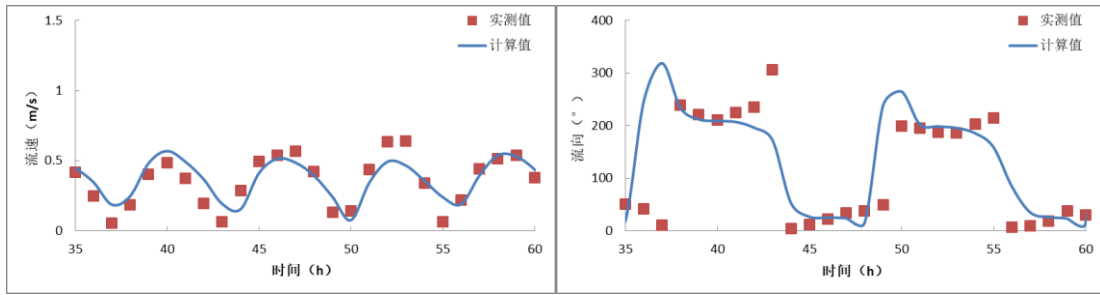


图 4.2.1-10a C5 站流速、流向验证（表层）

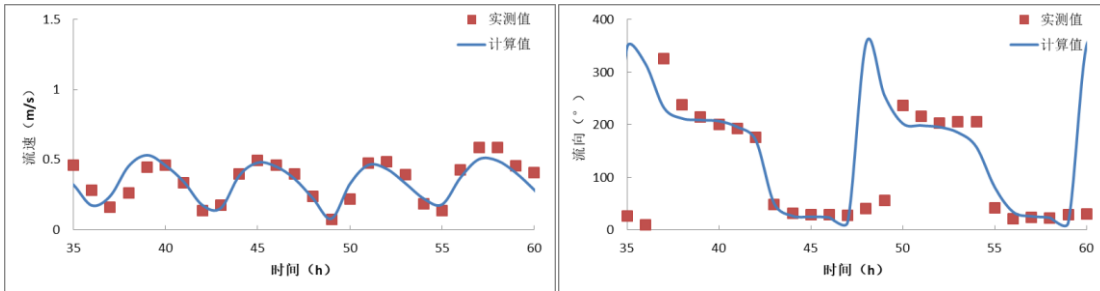


图 4.2.1-10b C5 站流速、流向验证（中层）

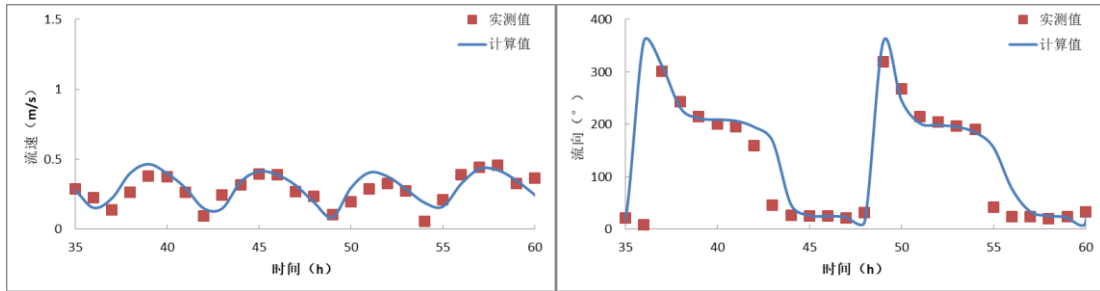


图 4.2.1-10c C5 站流速、流向验证（底层）

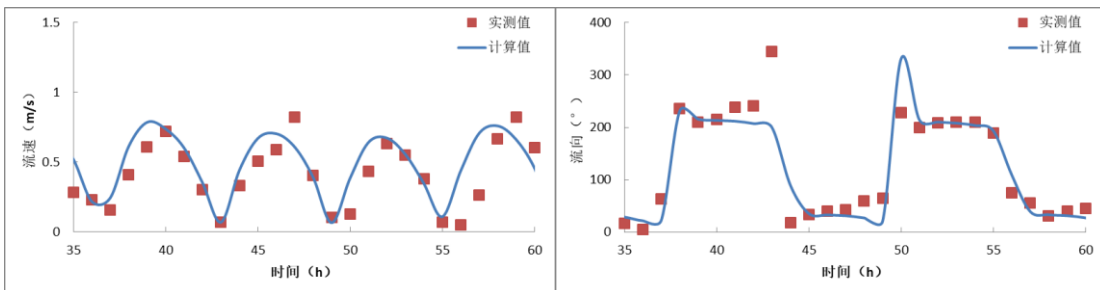


图 4.2.1-11a C6 站流速、流向验证（表层）

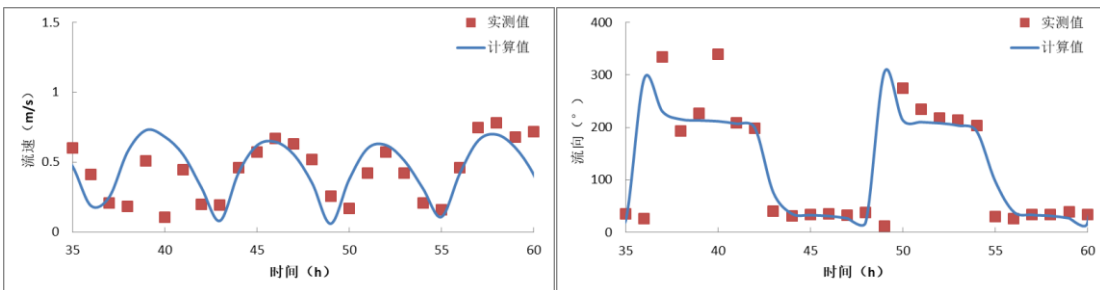


图 4.2.1-11b C6 站流速、流向验证（中层）

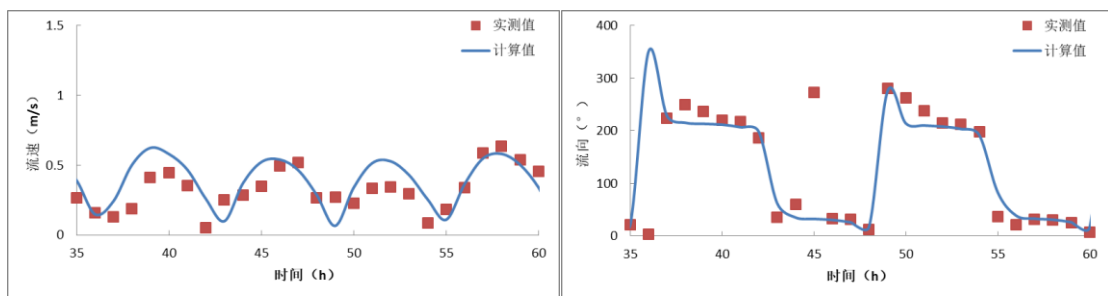


图 4.2.1-11c C6 站流速、流向验证（底层）

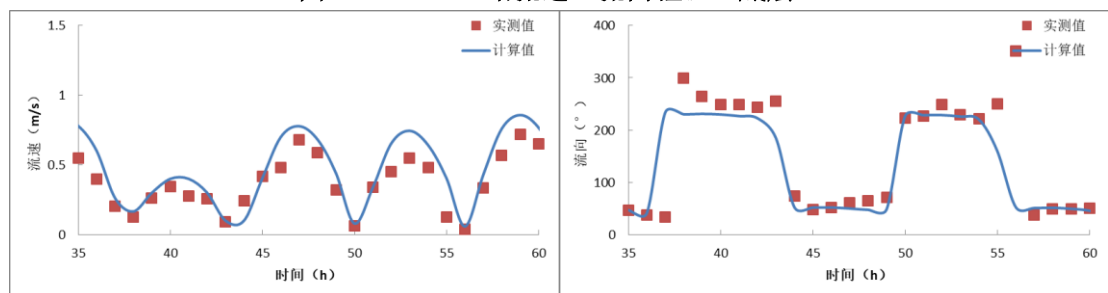


图 4.2.1-12a C7 站流速、流向验证（表层）

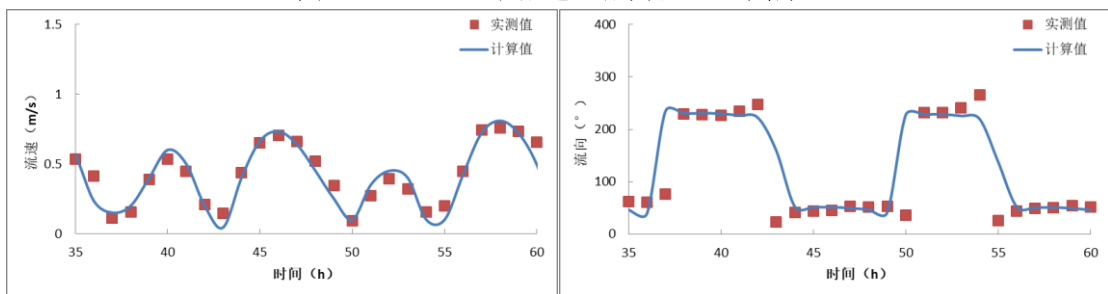


图 4.2.1-12b C7 站流速、流向验证（中层）

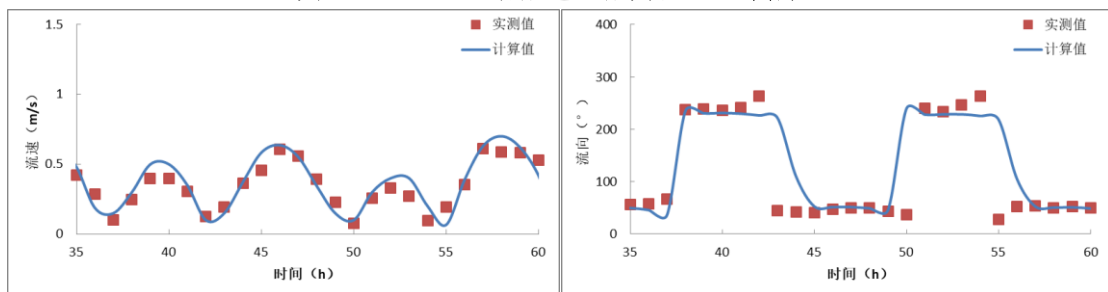


图 4.2.1-12c C7 站流速、流向验证（底层）

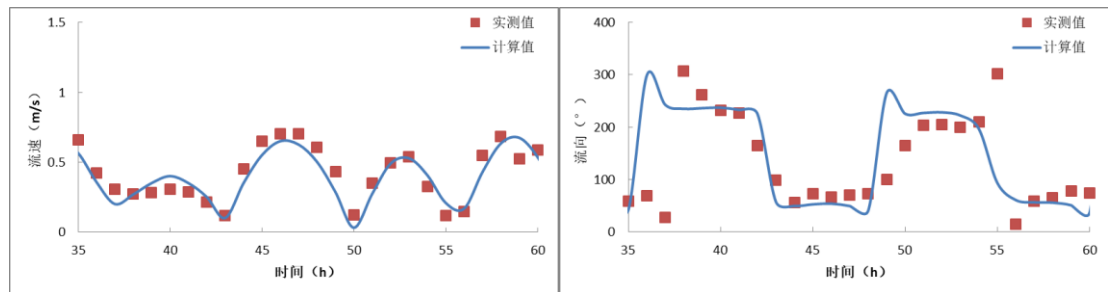


图 4.2.1-13a C8 站流速、流向验证（表层）

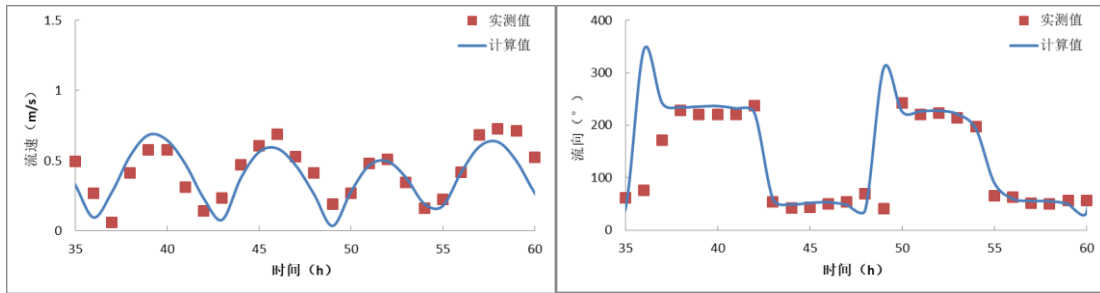


图 4.2.1-13b C8 站流速、流向验证（中层）

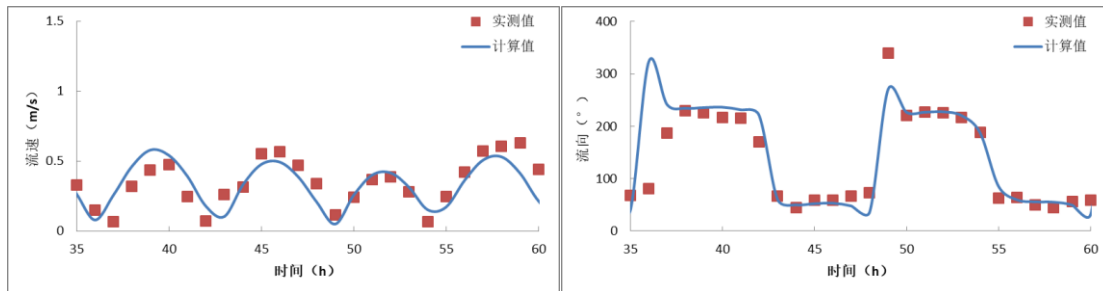


图 4.2.1-13c C8 站流速、流向验证（底层）

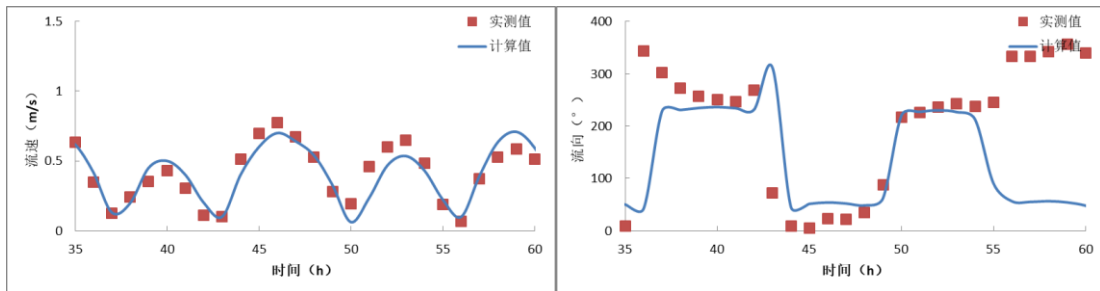


图 4.2.1-14a C9 站流速、流向验证（表层）

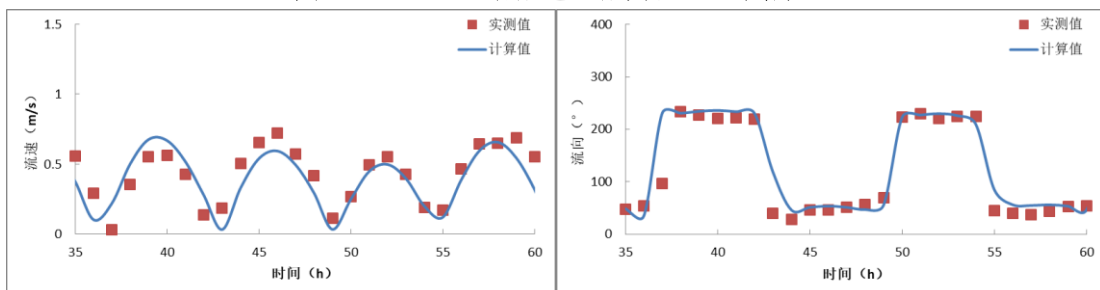


图 4.2.1-14b C9 站流速、流向验证（中层）

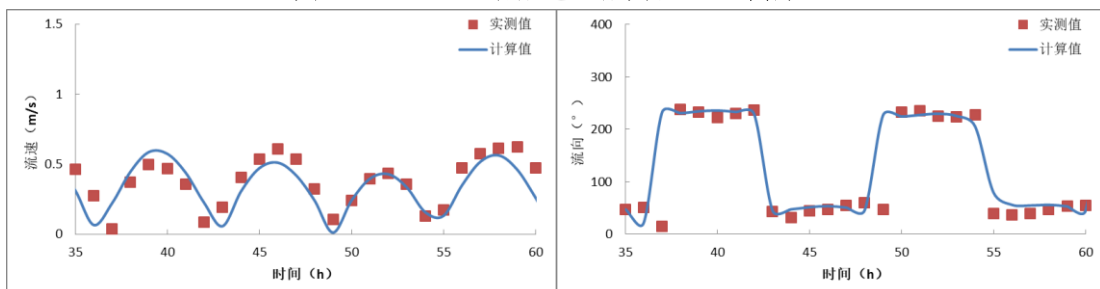


图 4.2.1-14c C9 站流速、流向验证（底层）

4.2.1.3 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 4.2.1-

15~图 4.2.1-20 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。

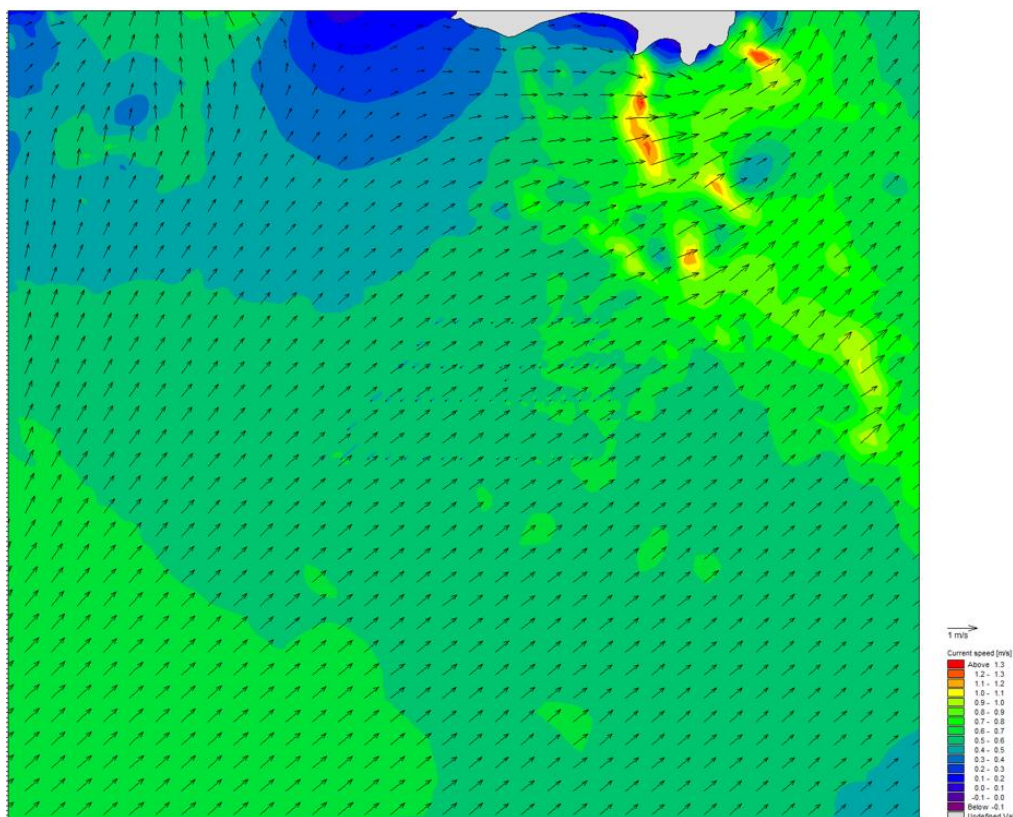


图 4.2.1-15 现状工程附近海域大潮涨急流场（表层）

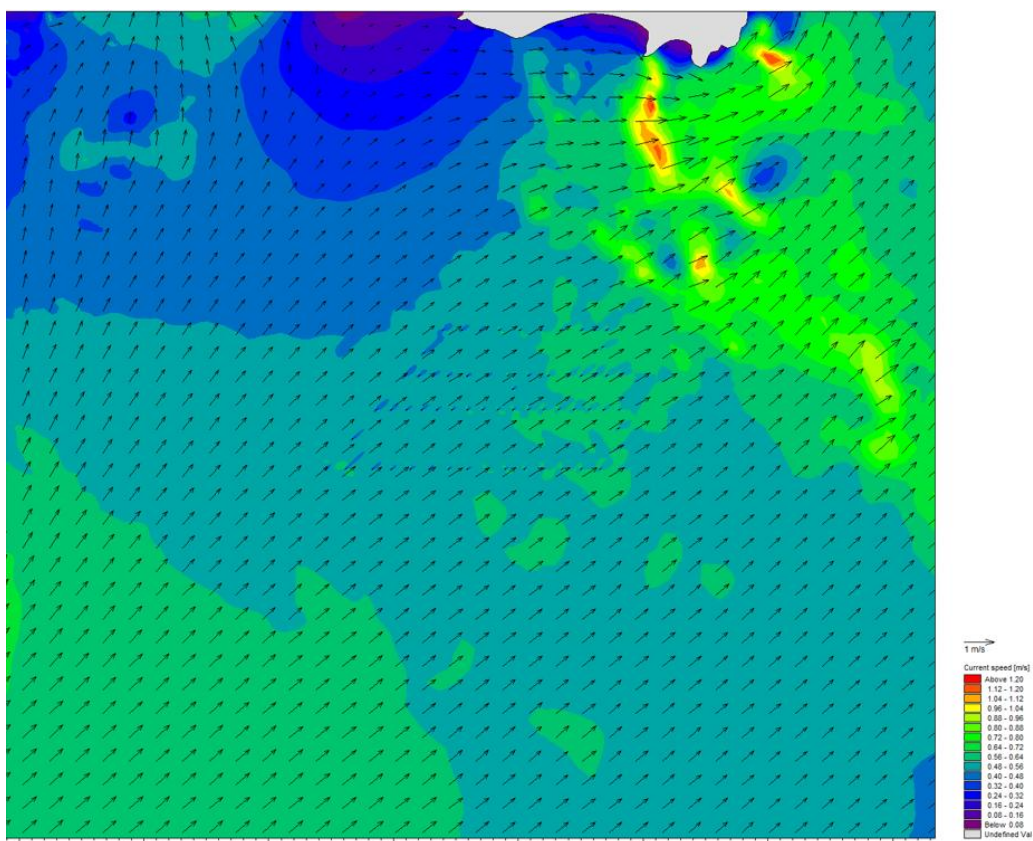


图 4.2.1-16 现状工程附近海域大潮涨急流场（中层）

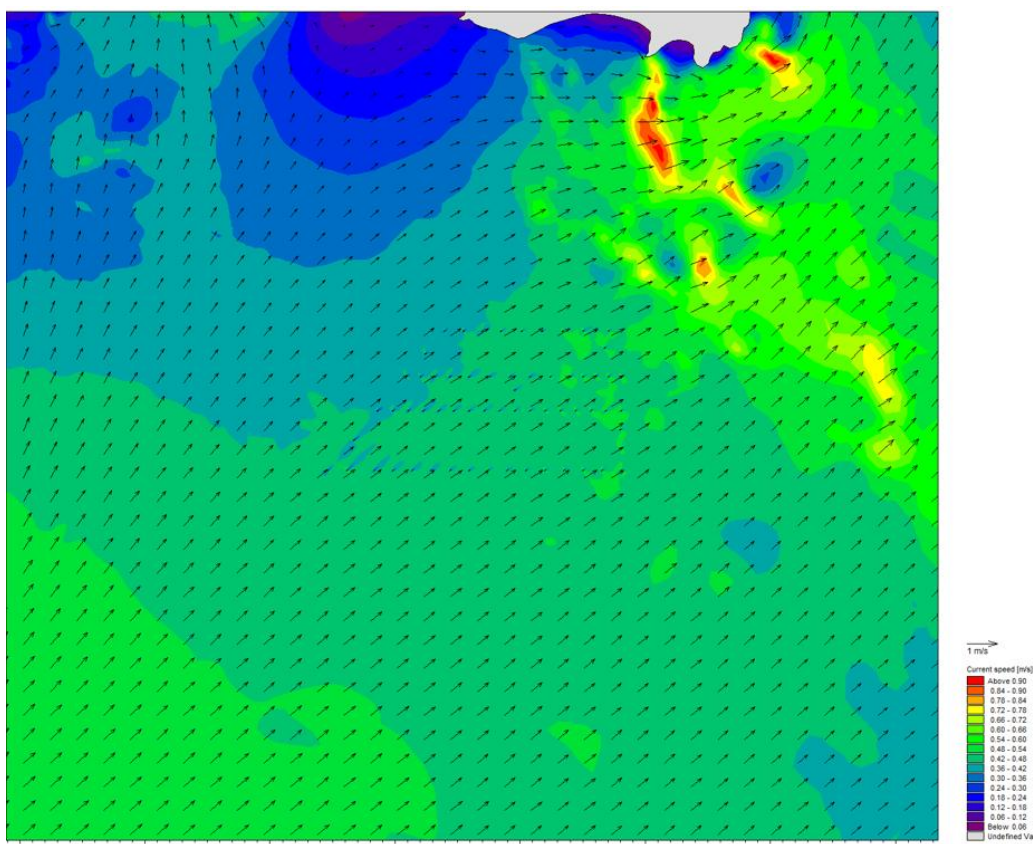


图 4.2.1-17 现状工程附近海域大潮涨急流场（底层）

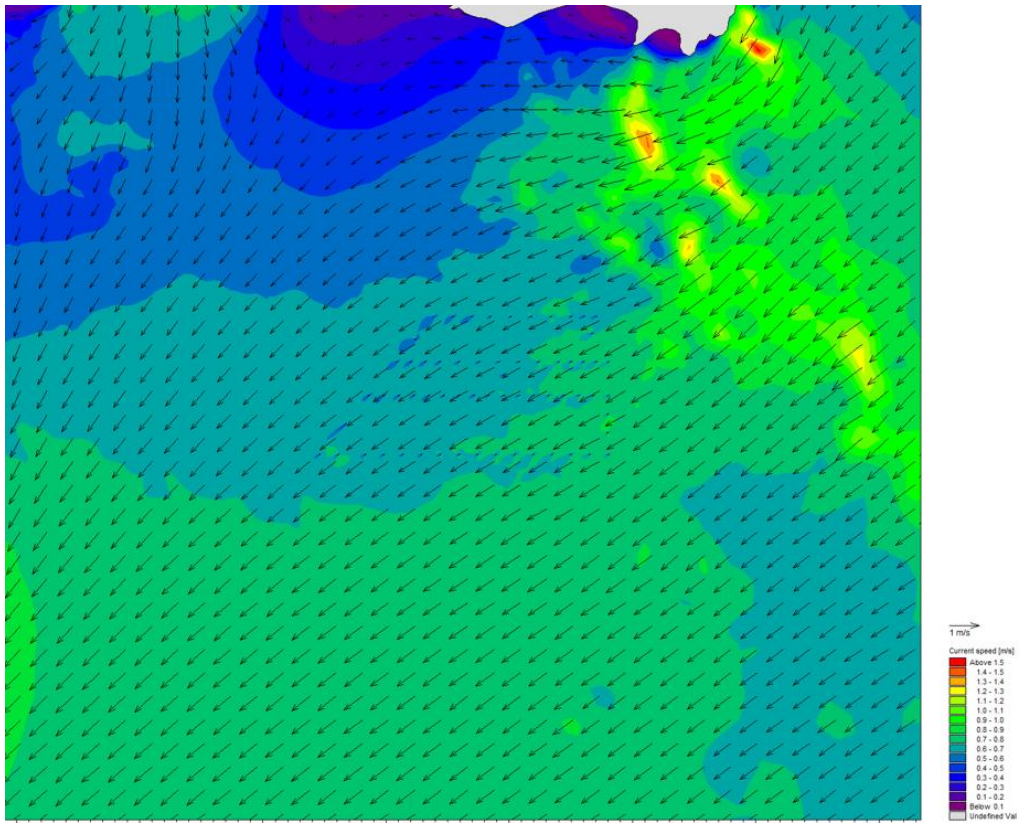


图 4.2.1-18 现状工程附近海域大潮落急流场（表层）

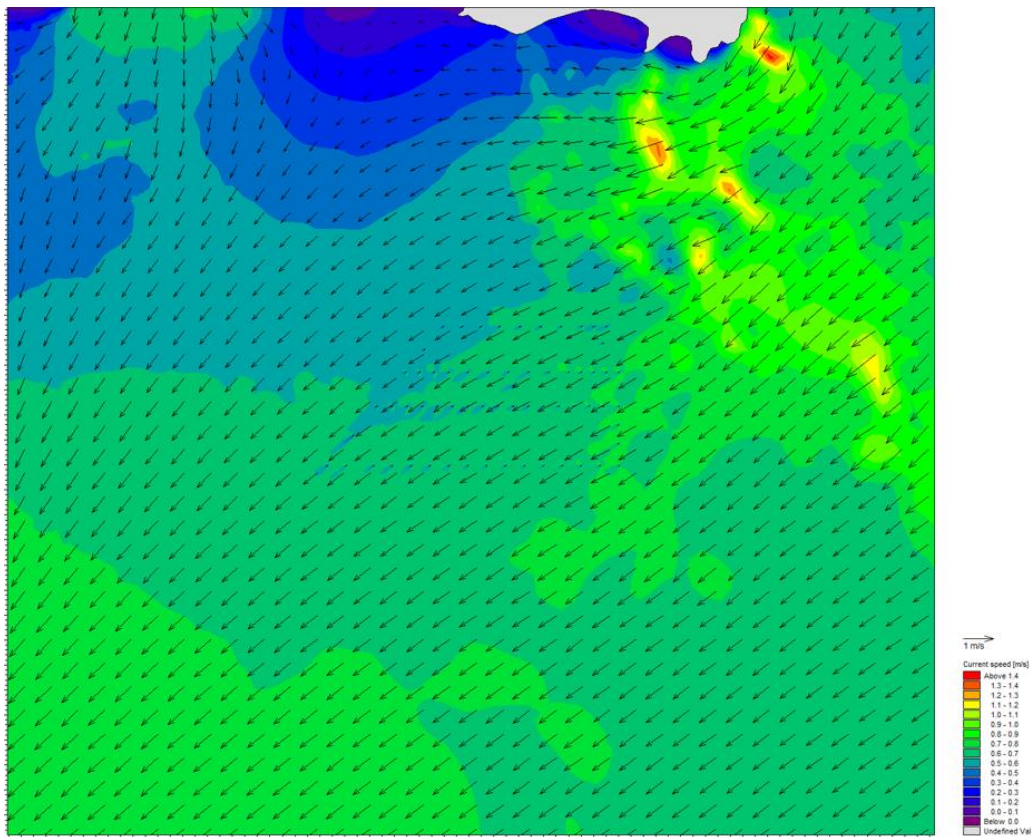


图 4.2.1-19 现状工程附近海域大潮落急流场（中层）

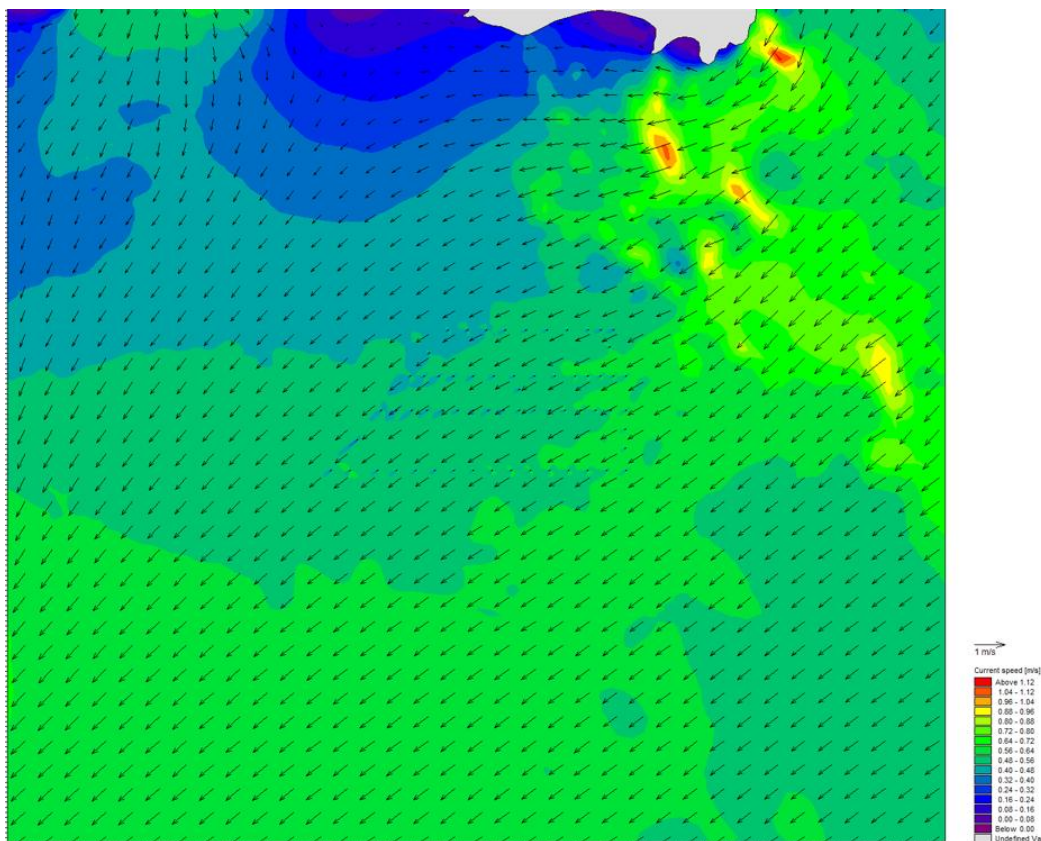


图 4.2.1-20 现状工程附近海域大潮落急流场（底层）

4.2.1.4 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底电缆工程，海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，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 4.2.1-22～图 4.2.1-28 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 4.2.1-29～图 4.2.1-33 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 4.2.1-2～表 4.2.1-3 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 $51.9^{\circ} \sim 52.3^{\circ}$,大潮落急流速为 $0.59\text{m/s} \sim 0.60\text{m/s}$,落急流向为 $233.2^{\circ} \sim 234.0^{\circ}$;

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 $-0.22\text{m/s} \sim 0.03\text{m/s}$ 之间;大潮涨急流向变化值位于 $-2.5^{\circ} \sim 4.1^{\circ}$ 之间;各代表点大潮落急流速变化值位于 $-0.26\text{m/s} \sim 0.04\text{m/s}$ 之间,大潮落急流向变化值位于 $-3.1^{\circ} \sim 3.6^{\circ}$ 之间。

由工程前后桩基局部涨落急流速变化等值线图可知,风电工程实施后,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,工程建设产生的水动力环境影响最大距离约为 2.0km 。

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,风电场整体产生的水环境影响不超过 2km 。

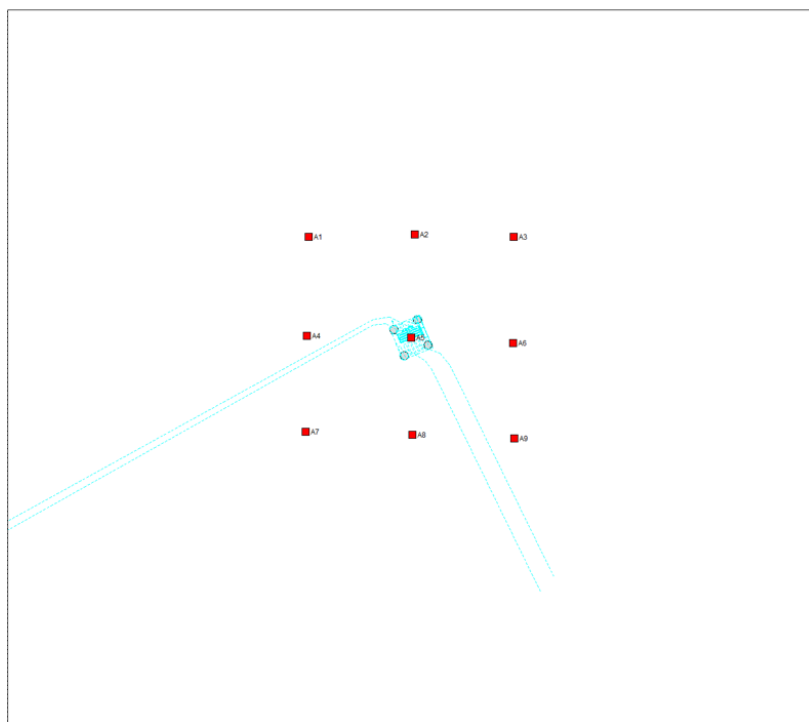


图 4.2.1-21 代表点位置图

表 4.2.1-2 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 4.2.1-3 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

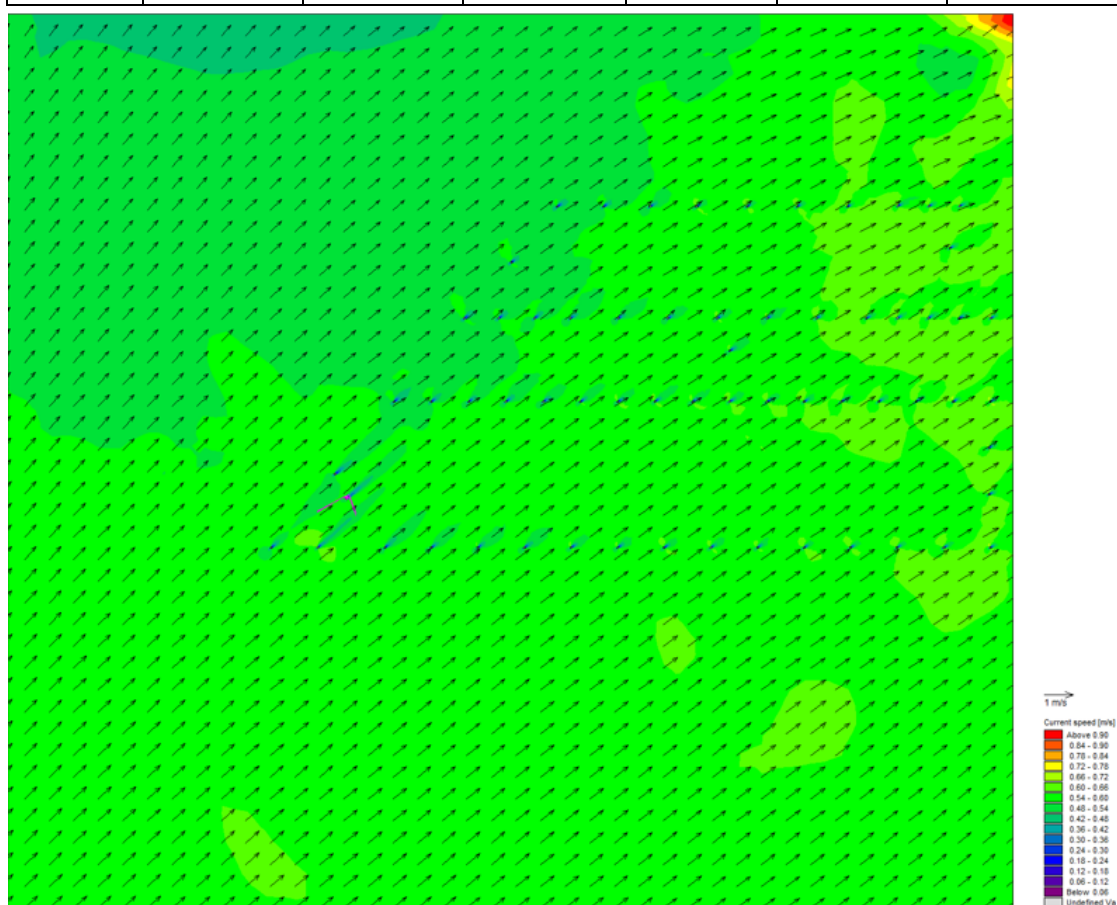


图 4.2.1-22 工程实施后项目海域涨急流场图（表层）

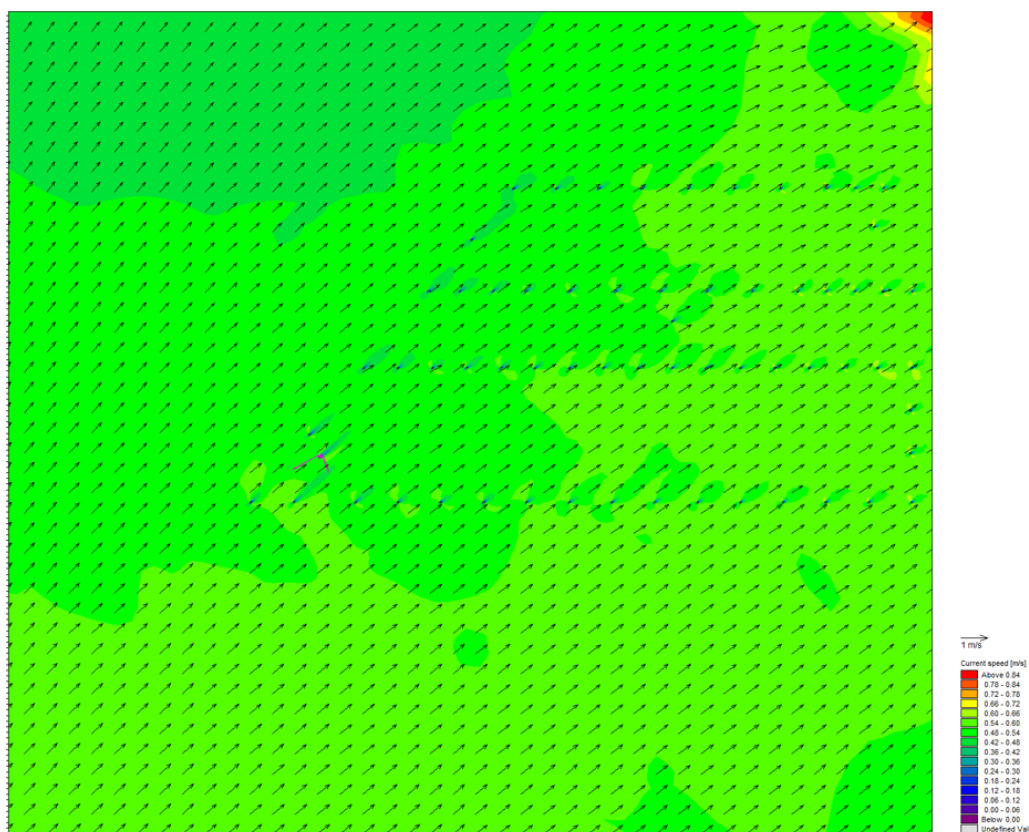


图 4.2.1-23 工程实施后项目海域涨急流场图（中层）

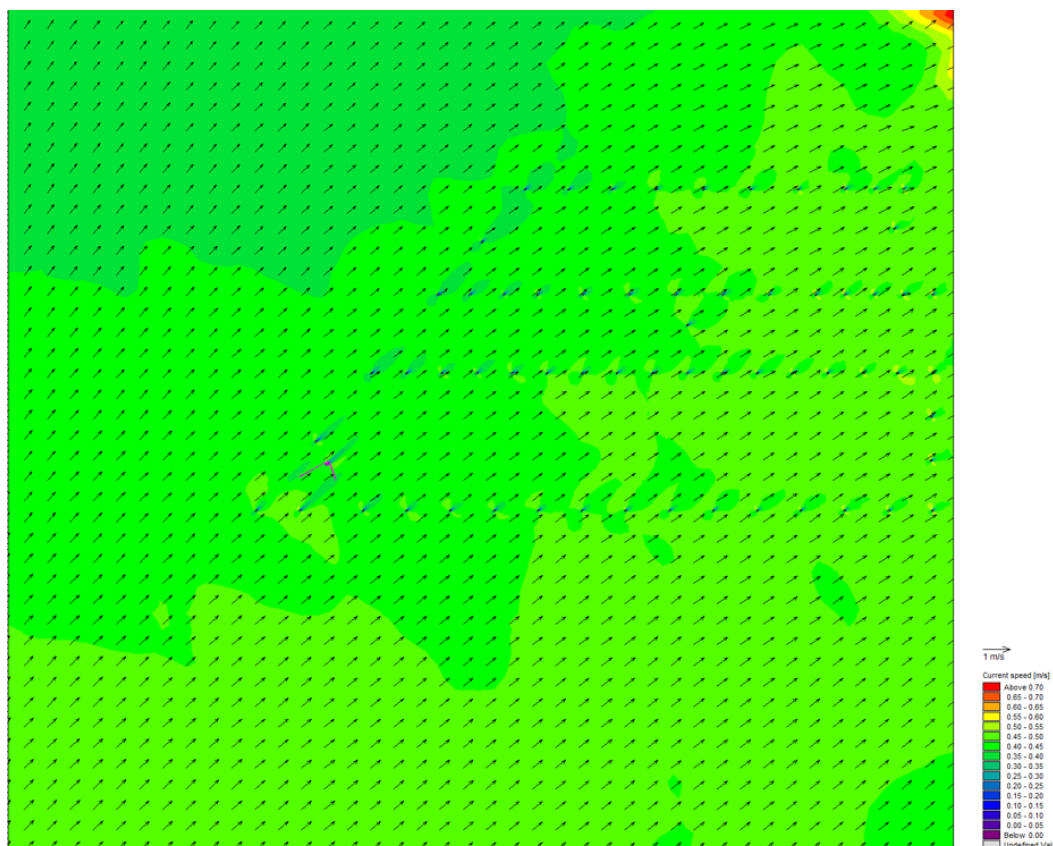


图 4.2.1-24 工程实施后项目海域涨急流场图（底层）

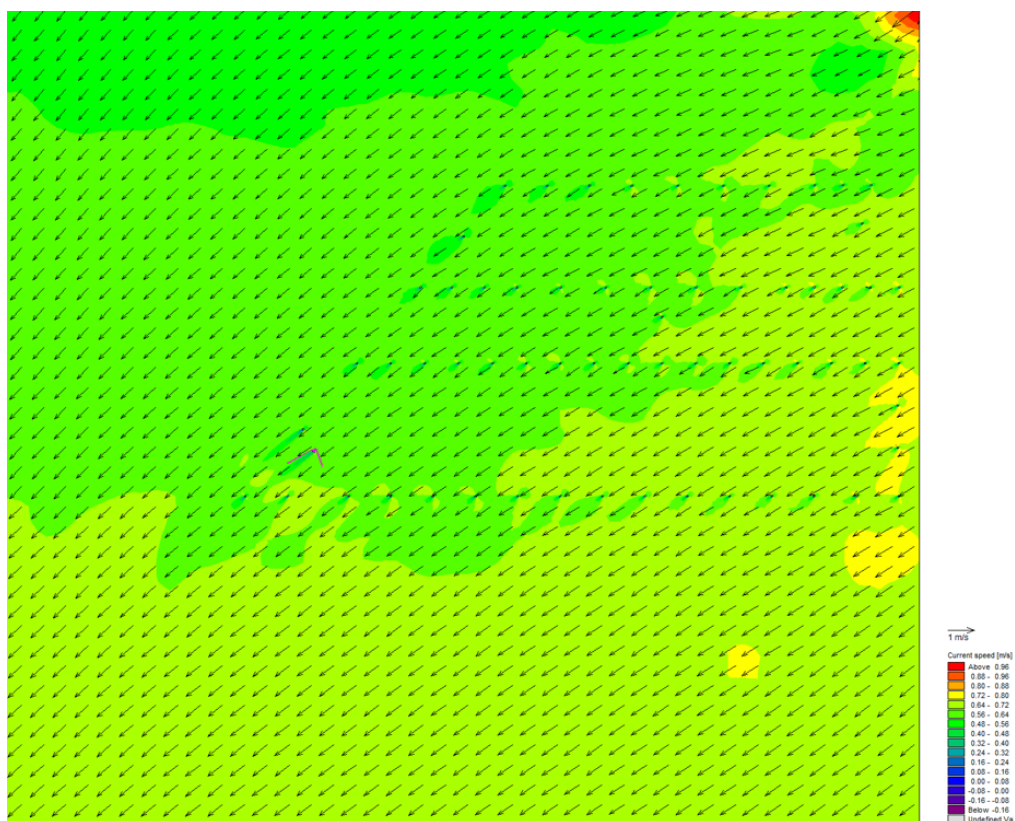


图 4.2.1-25 工程实施后项目海域落急流场图（表层）

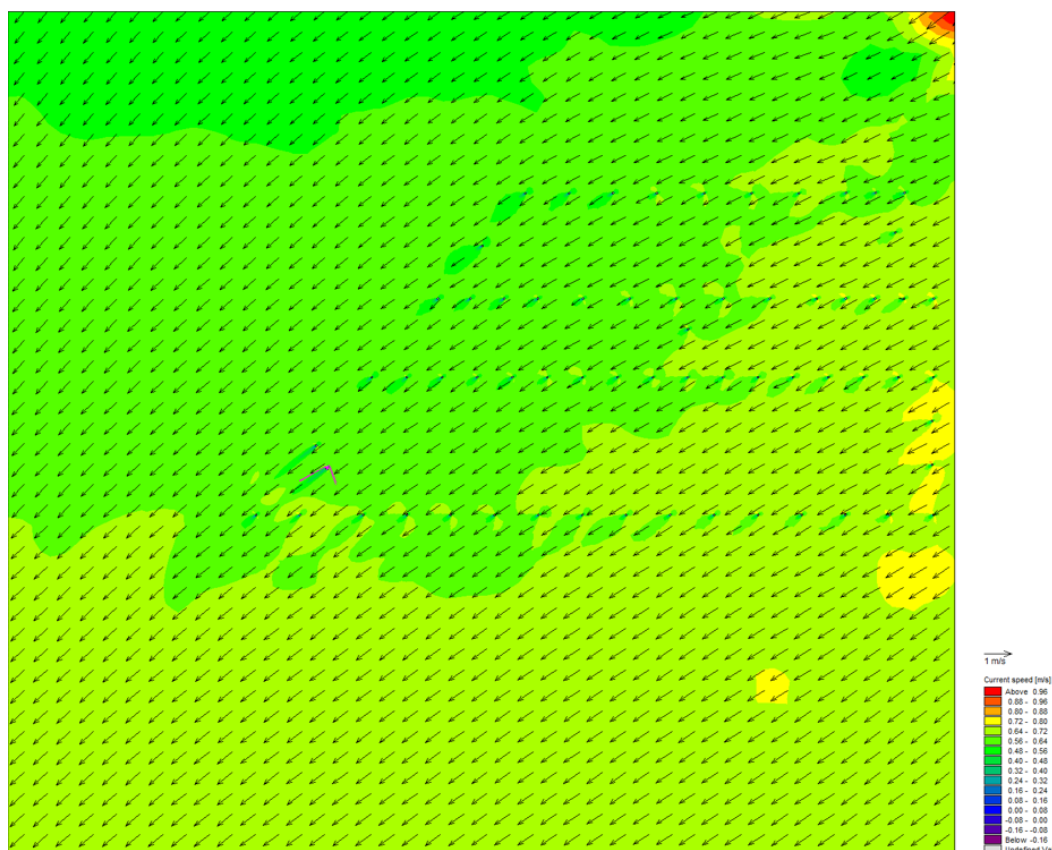


图 4.2.1-26 工程实施后项目海域落急流场图（中层）

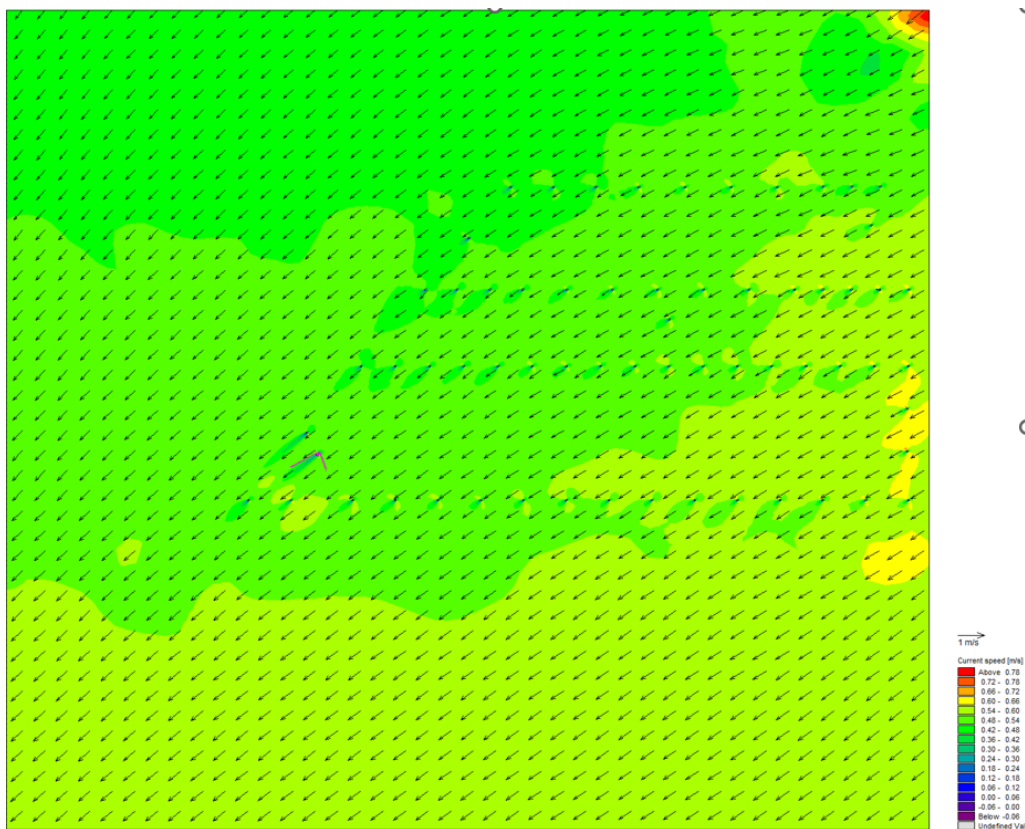


图 4.2.1-27 工程实施后项目海域落急流场图（底层）

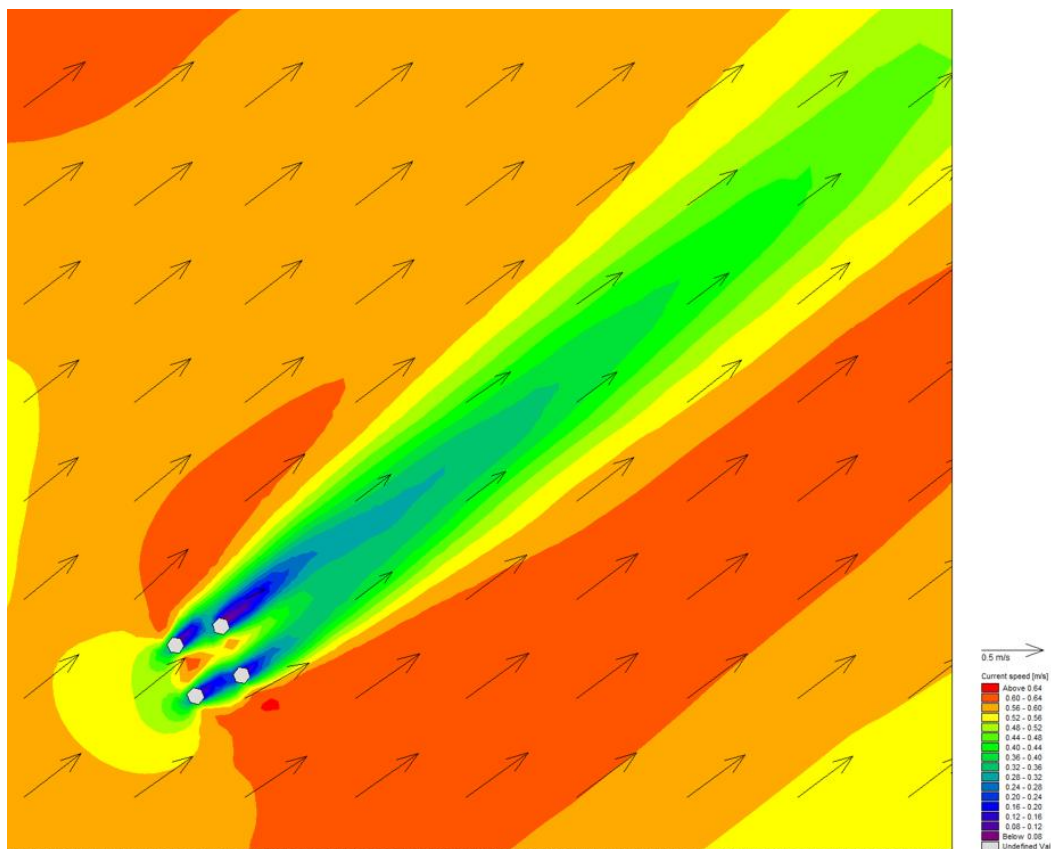


图 4.2.1-28 工程实施后桩基附近涨急流场图（中层）

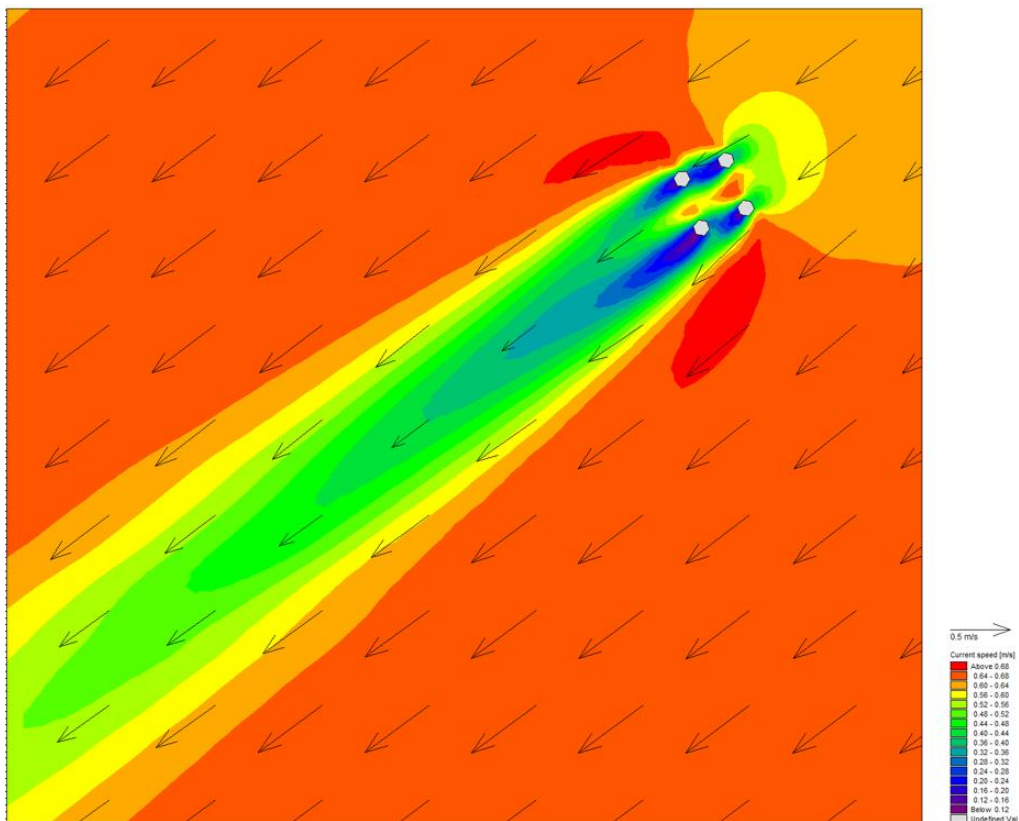


图 4.2.1-29 工程实施后桩基附近落急流场图（中层）

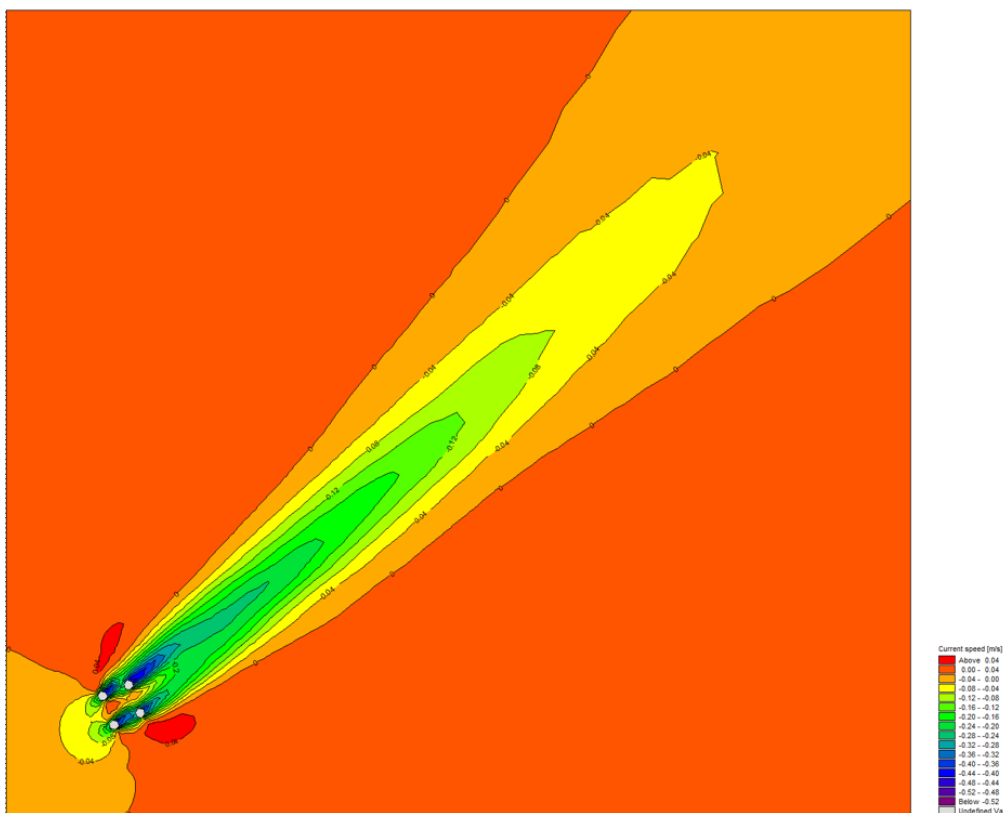


图 4.2.1-30 工程实施前后桩基局部落急流速变化等值线图（中层）

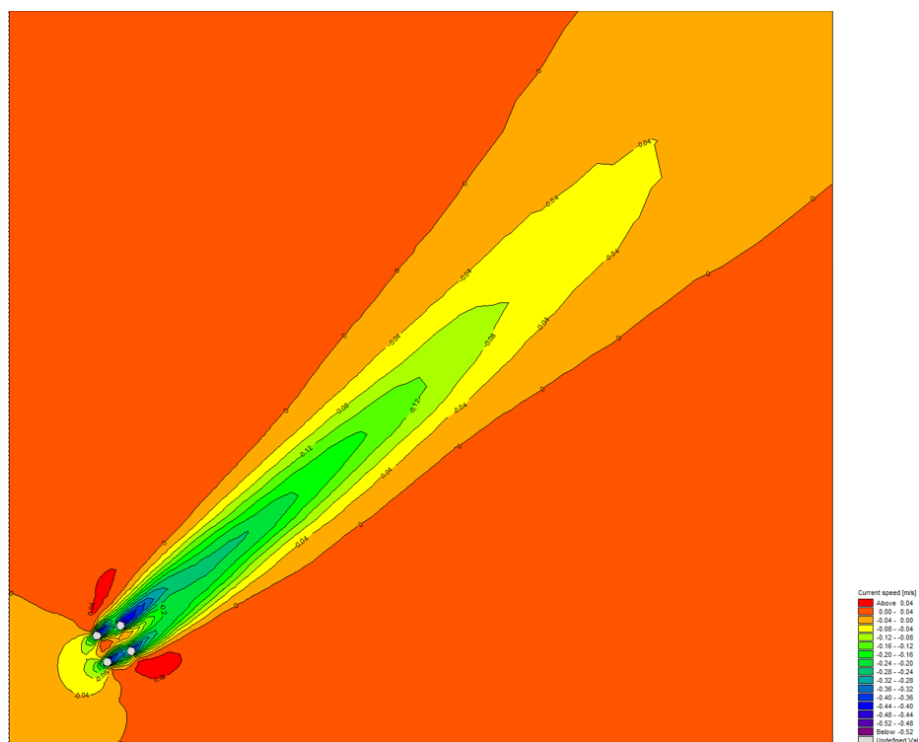


图 4.2.1-31 工程实施前后桩基局部涨急流速变化等值线图（中层）

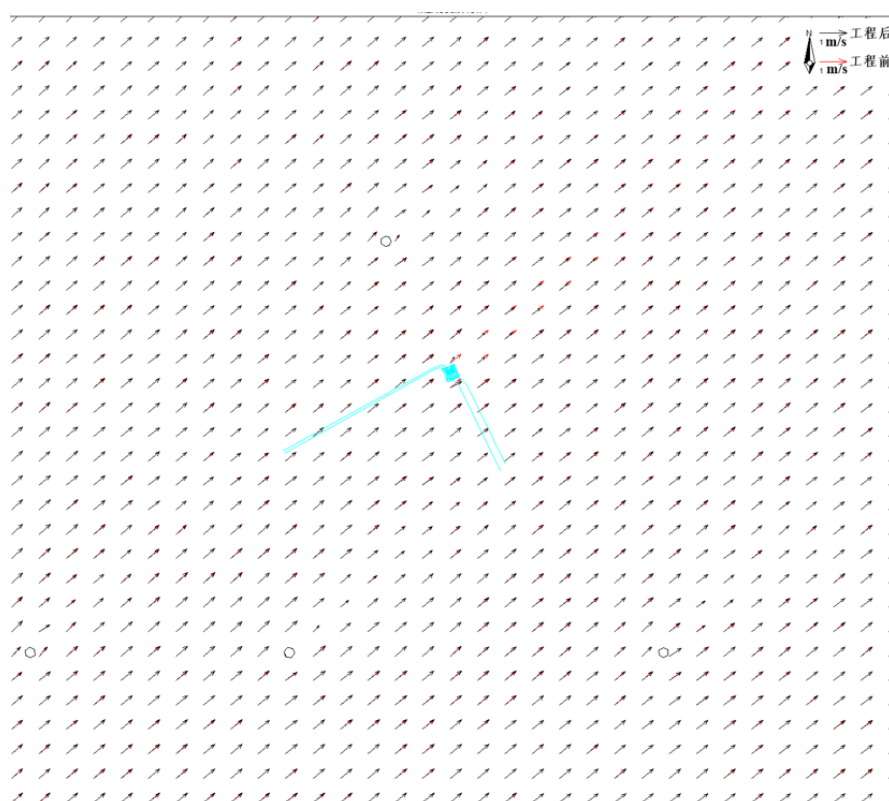


图 4.2.1-32 工程实施前后涨急流场对比（中层）

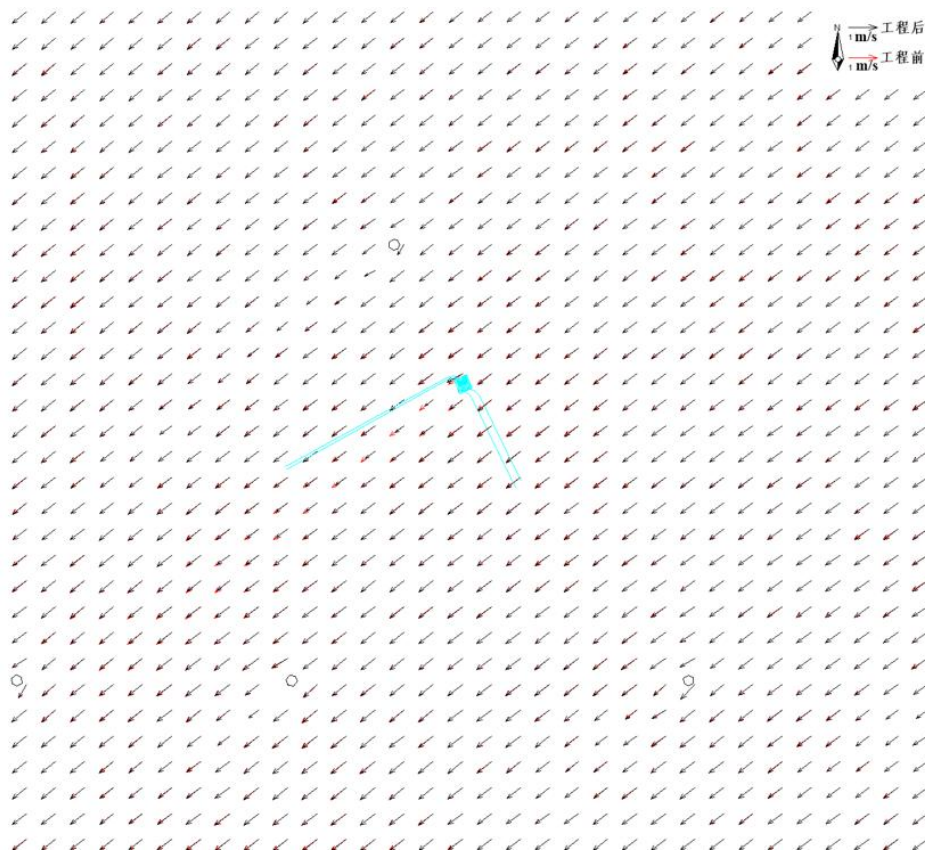


图 4.2.1-33 工程实施前后落急流场对比（中层）

4.2.1.5 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。

4.2.2 对地形地貌与冲淤环境的影响

4.2.2.1 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：

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

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/m³； 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

$$P = 0.5 \left[(H_1 + \beta t) - \sqrt{(H_1 - \beta t)^2 + 4\beta t H_1 K} \right]$$

式中，

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

γ_d 按照公式 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 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 4.2.2-1。

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，数据中心周边 2km 以外海域地形基本不发生明显变化，冲淤变化主要发生在工程附近区域。

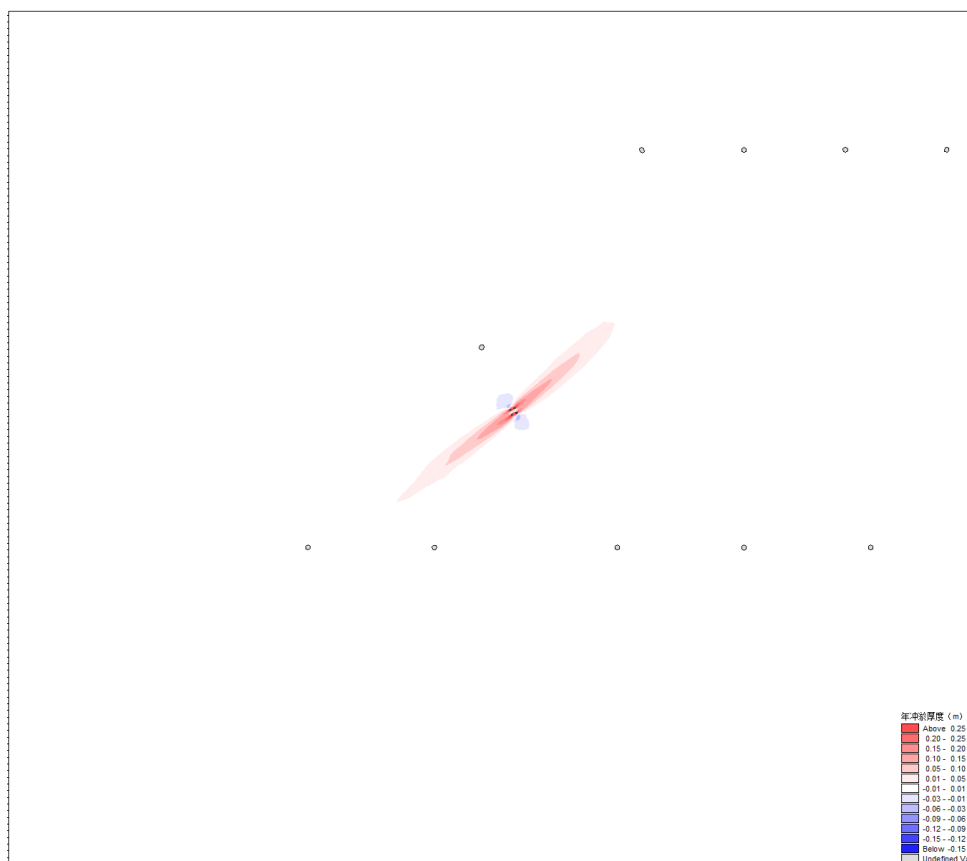


图 4.2.2-1 方案实施后附近海床年冲淤变化平面分布图

4.2.2.2 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：

$$\frac{h_b}{h} = 17.4 k_1 k_2 \left(\frac{B}{h} \right)^{0.326} \left(\frac{d_{50}}{h} \right)^{0.167} F_r^{0.628}$$

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 4.2.2-1，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 4.2.2-1 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
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。

4.2.3 对水质环境的影响

4.2.3.1 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：

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

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

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

\$C_Z\$ 为 chezy 系数，\$K_V\$ 为垂直扩散系数。

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

侧开边界的边界条件：

$$\text{入流时 } C|_{\Gamma} = P_0;$$

\$\Gamma\$ 为水边界，\$P_0\$ 为边界上浓度，计算冲射式挖沟施工悬沙增量时，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取 \$P_0=0\$。

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

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

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

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

(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 \$\Delta t=30s\$。

3) 涡动分散系数

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

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

4) 泥沙沉降速度

根据文献(刘家驹, 淤泥质、粉沙质及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/m³; ρ 为海水密度, 取 1000kg/m³; g 为重力加速度, 取 9.8m/s²; d 为泥沙粒径 (m), 取悬沙中值粒径; ν 为海水粘滞系数, 取 1.36mm²/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:

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

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

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

2、源强分析

本项目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 0.5 小时（30 分钟），经计算，源强点设置间隔按 $5\text{m/min}\times 30\text{min}=150\text{m}$ 取值。

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， $\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$ ， 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 。

（1）钢管桩施工源强

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 $60\sim 80\text{mm}$ （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

$$=[0.25 \times \pi \times 3.5^2 - 0.25 \times \pi \times (3.5 - 0.08)^2] \times 94 \times 1022.31 \times 5\% \div 6 \div 3600 = 0.097 \text{ kg/s}。$$

(2) 海底电缆敷设源强

海底输电电缆敷设时，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。

电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， $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ ， D_{50} 为泥沙中值粒径。

海底电缆通过“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，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20% 计。由此计算得到单条电缆施工的悬浮物源强为 $Q = L \times H \times W \times \gamma_s \times P = 5 \text{ m/min} \times 3 \text{ m} \times (0.3 + 0.5) / 2 \text{ m} \times 1022.31 \text{ kg/m}^3 \times 20\% \div 60 \text{ s} = 20.45 \text{ kg/s}。$

(3) 海缆打捞源强

本项目拟采用布锚船绞车对提升打捞勒门 I 扩建项目现有 66kV 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，埋深保守按 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/m³。

单条海缆捞起施工的悬浮物源强为 $Q = 0.4 \text{ m/s} \times 0.146 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1022.31 \text{ kg/m}^3 \times 20\% = 11.94 \text{ kg/s}。$

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。

（4）源强点布置

悬沙影响模拟预测海底电缆铺设布设 11 个源强代表点，捞起海缆段布设 8 个源强点，每代表点源强间隔 100 米，源强点平面位置示意图见图 4.2.3-1。根据海底电缆开挖特点，各源强点处悬浮泥沙上扬高度按照较不利条件估算为 10m，海缆铺设悬浮物排放量占比底层约为 60%、次底层约为 40%，捞起海缆悬浮物排放量占比底层约为 75%、次底层约为 25%。

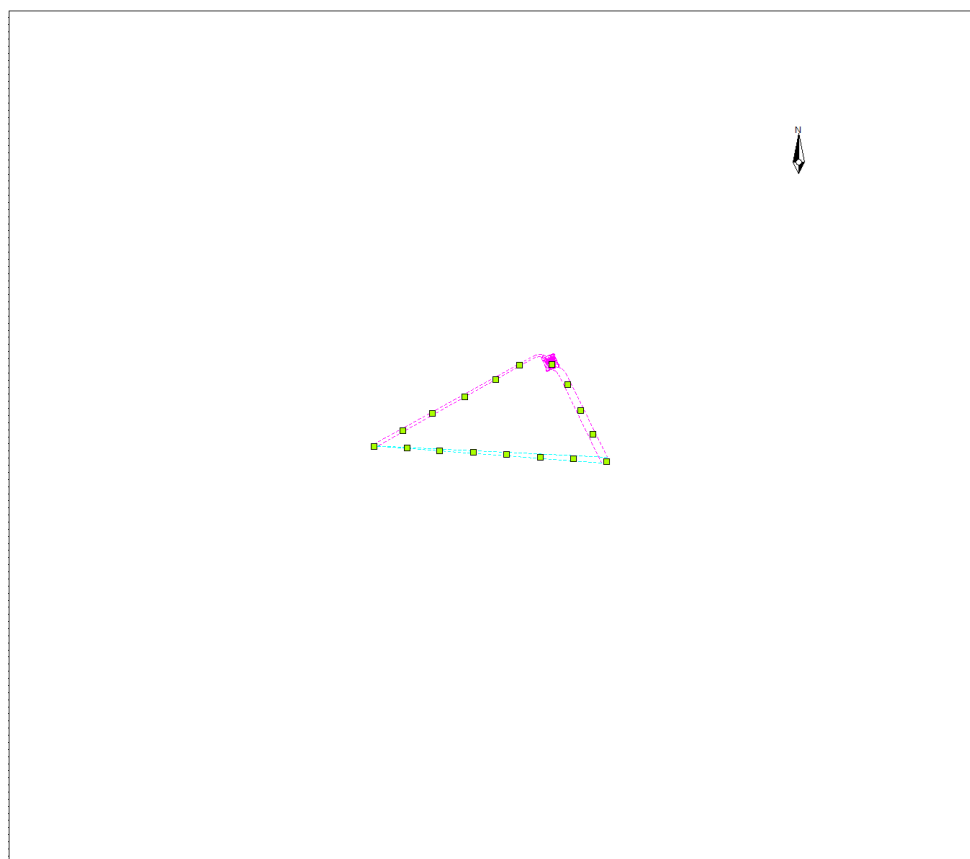


图 4.2.3-1 海底电缆施工源强点分布图

3、模拟结果

模拟施工船舶电缆敷设作业，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 4.2.3-2。图 4.2.3-2~图 4.2.3-5 为模拟期内海底电缆敷设作业情景下的各层悬浮泥沙扩散包络线

范围。

(1) 捞起海缆施工

表 4.2.3-1 捞起海缆施工产生悬沙增量面积 (km²)

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离 (km)			
					东向	南向	西向	北向
表层	0.000	0.000	0.000	0.000	0.4	0.5	0.5	0.4
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				
垂向平均	0.552	0.242	0.141	0.050				

根据计算结果显示，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 0.582km²，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 0.895km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.467km²，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.279km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 1.284km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.745km²，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.426km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.251km²。

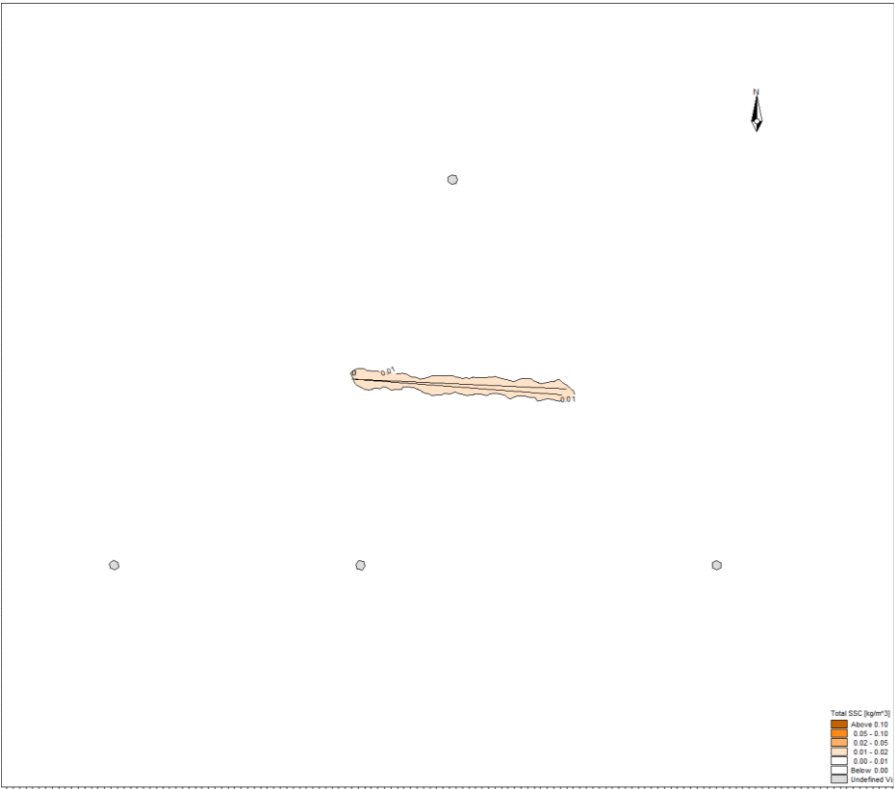


图 4.2.3-2 捞起海缆产生悬沙增量包络线范围图（中层）

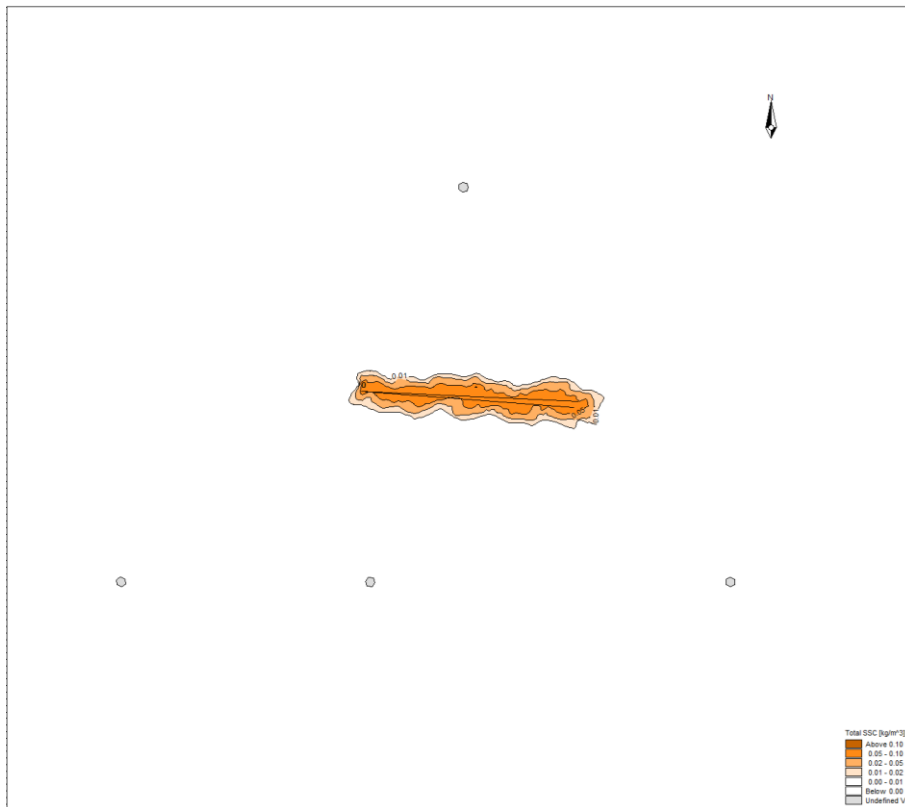


图 4.2.3-3 捞起海缆产生悬沙增量包络线范围图（0.8 层）



图 4.2.3-4 捞起海缆产生悬沙增量包络线范围图（底层）

(2) 海缆敷设施工

表 4.2.3-2 海缆敷设施工产生悬沙增量面积 (km²)

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离 (km)			
					东向	南向	西向	北向
表层	0.000	0.000	0.000	0.000	0.8	0.9	1.0	0.9
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				
垂向平均	1.528	0.750	0.424	0.189				

根据计算结果显示,海底电缆的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 1.069km²,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 1.426km²,大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.839km²,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 2.268km²,大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.298km²,大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.816km²,大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.352km²;底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 2.875km²,大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.612km²,大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 1.303km²,大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.594km²。。



图 4.2.3-5 海缆敷设施工产生悬沙增量包络线范围图（0.4 层）



图 4.2.3-6 海缆敷设施工产生悬沙增量包络线范围图（中层）



图 4.2.3-7 海缆敷设施工产生悬沙增量包络线范围图（0.8 层）



图 4.2.3-8 海缆敷设施工产生悬沙增量包络线范围图（底层）

4.2.3.2 施工期污废水对水质环境的影响分析

本工程海上施工期间会产生一定量的生活污水，生活污水中含有较高浓度的 N、P 等物质，未经处理直接排放，则会在一定程度上加重海域的富营养化程度，恶化工程附近海域的水环境。本工程施工应设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，不会对所在海域的水质环境造成影响。

4.2.3.3 运营期温排水对水质环境的影响分析

数据中心单个排放口流量仅为 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ ，跟常规电厂比小约两个量级（如某火电 $2\times 1000\text{MW}$ 机组排量 $54\text{m}^3/\text{s}$ ），且位于深水区（ $>20\text{m}$ ），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 $720\text{m}^3/\text{h}$ ）、排水口 3 设置一个释放点（流量 $720\text{m}^3/\text{h}$ ），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 $1440\text{m}^3/\text{h}$ ），24 小时持续排放。

工况 1 情况下夏冬季节表层水温最高增加 0.28°C 和 0.25°C ，工况 2 情况下夏冬季节表层水温最高增加 0.38°C 和 0.31°C ；两种工况都没有超 1°C 温升分布的范围，各层各级水温增加见表 4.2.3-3、表 4.2.3-4，表层水温增加包络线见图 4.2.3-6、图 4.2.3-7。

表 4.2.3-3 数据中心冬季各层水温增量面积（ km^2 ）

工况	层次	$>0.001^\circ\text{C}$	$>0.002^\circ\text{C}$	$>0.003^\circ\text{C}$	$>0.004^\circ\text{C}$	$>0.005^\circ\text{C}$
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（ km^2 ）

工况	层次	$>0.01^\circ\text{C}$	$>0.02^\circ\text{C}$	$>0.03^\circ\text{C}$	$>0.05^\circ\text{C}$	$>0.1^\circ\text{C}$
----	----	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------

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

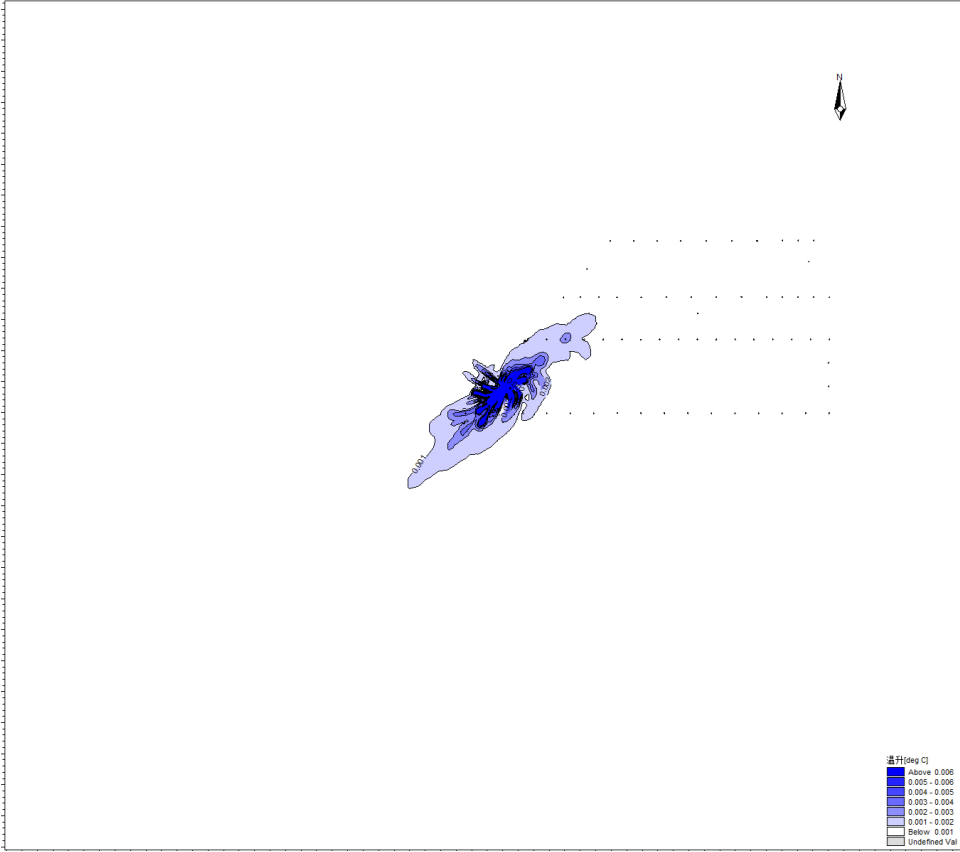


图 4.2.3-9 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（表层）

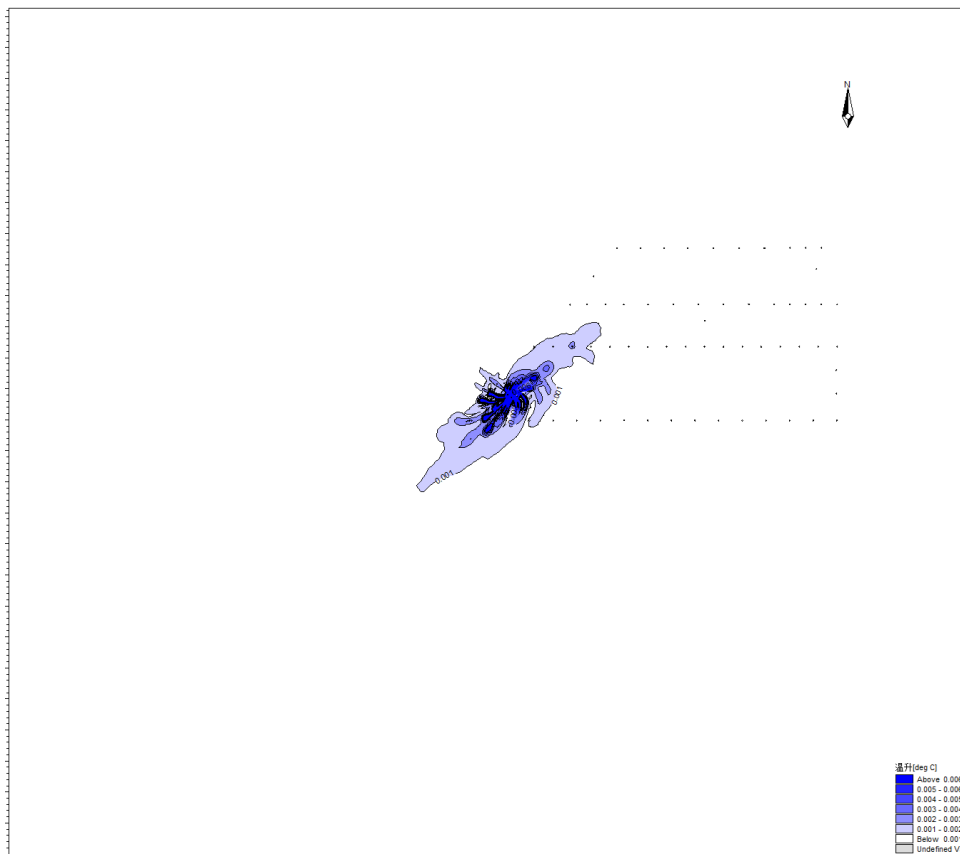


图 4.2.3-10 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

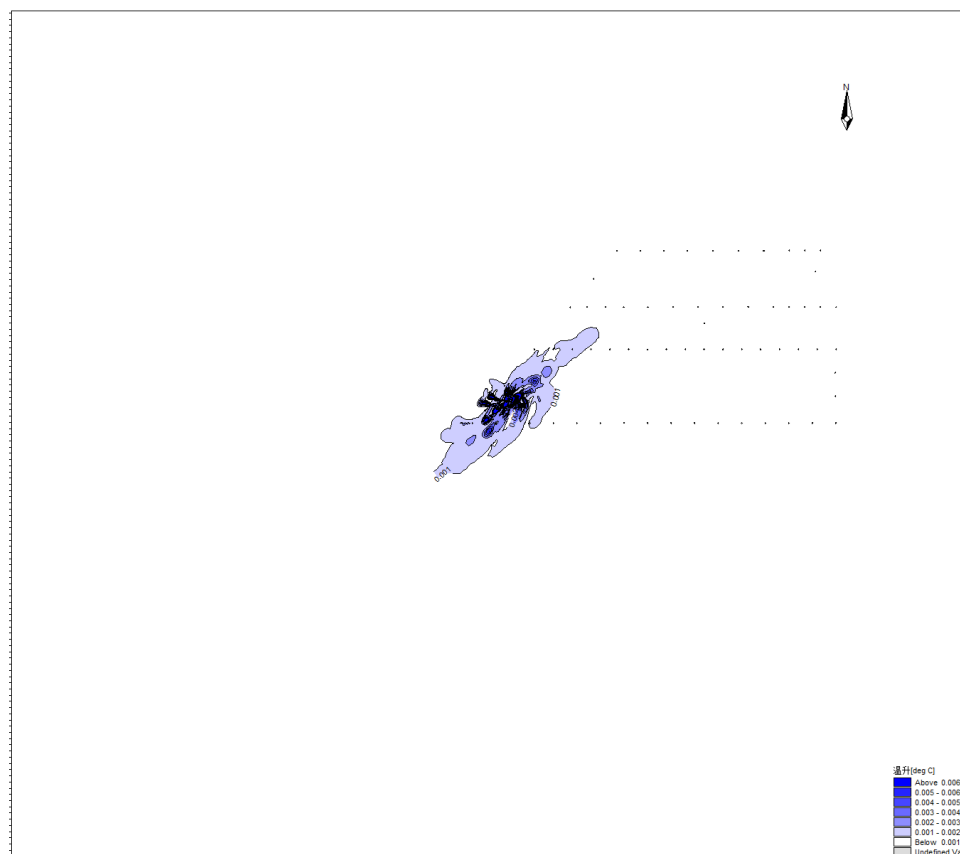


图 4.2.3-11 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（中层）

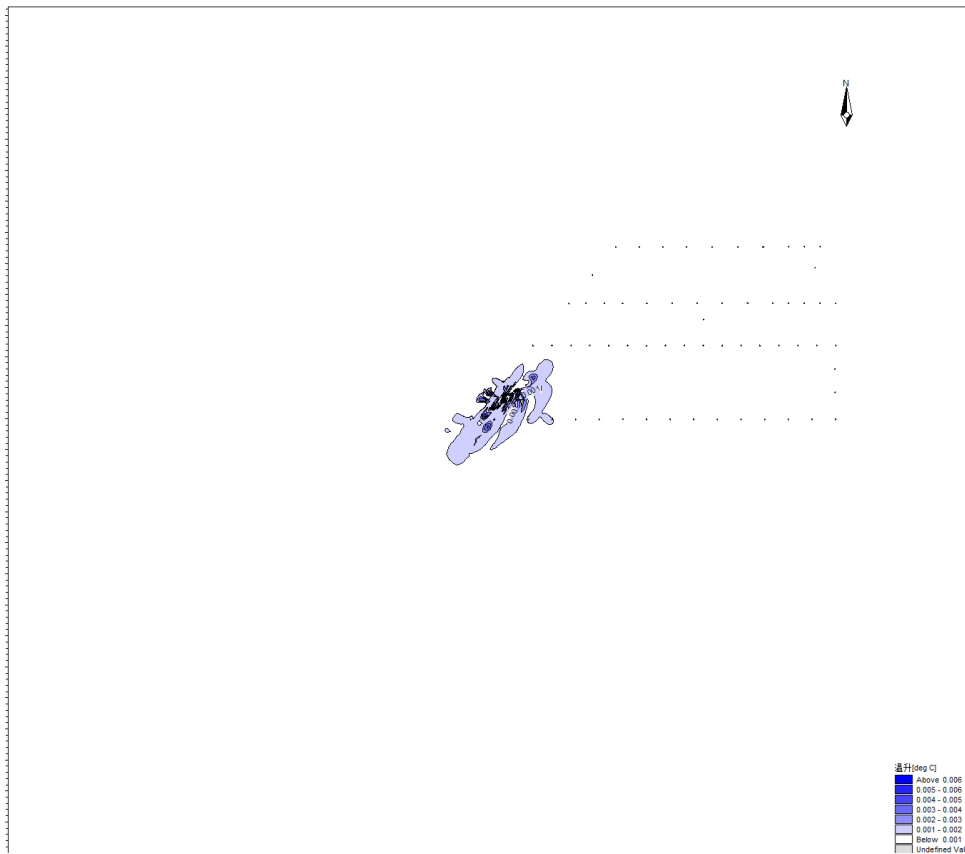


图 4.2.3-12 工况 1 冬季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

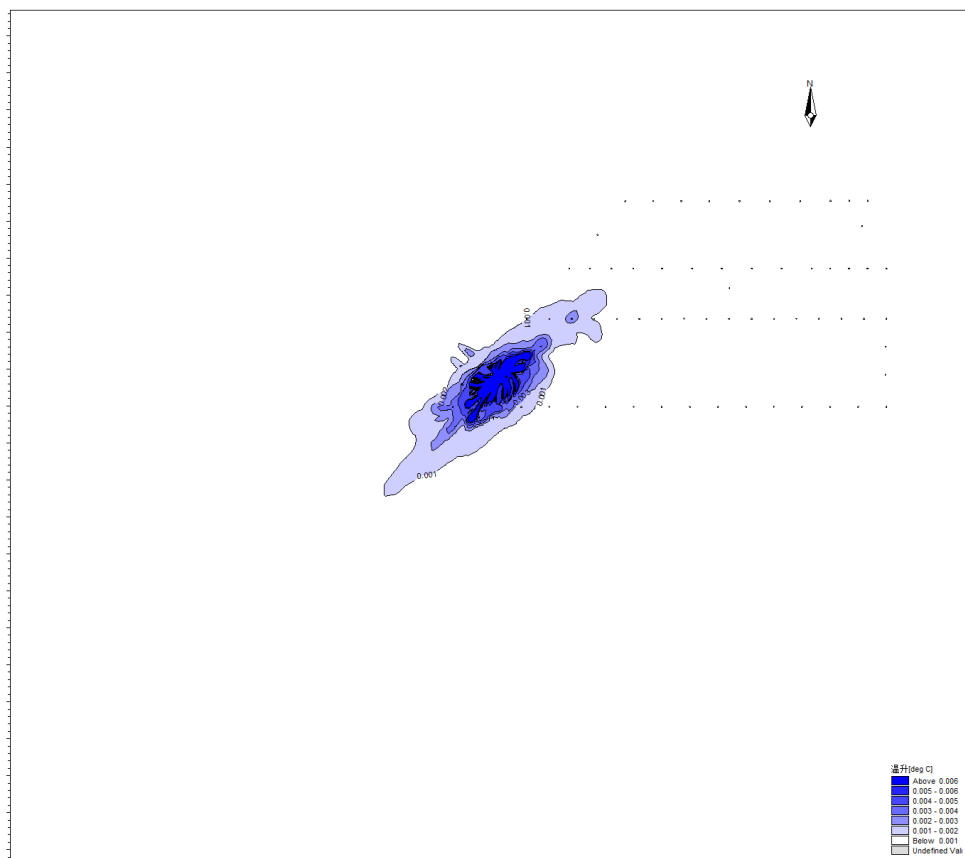


图 4.2.3-13 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（表层）

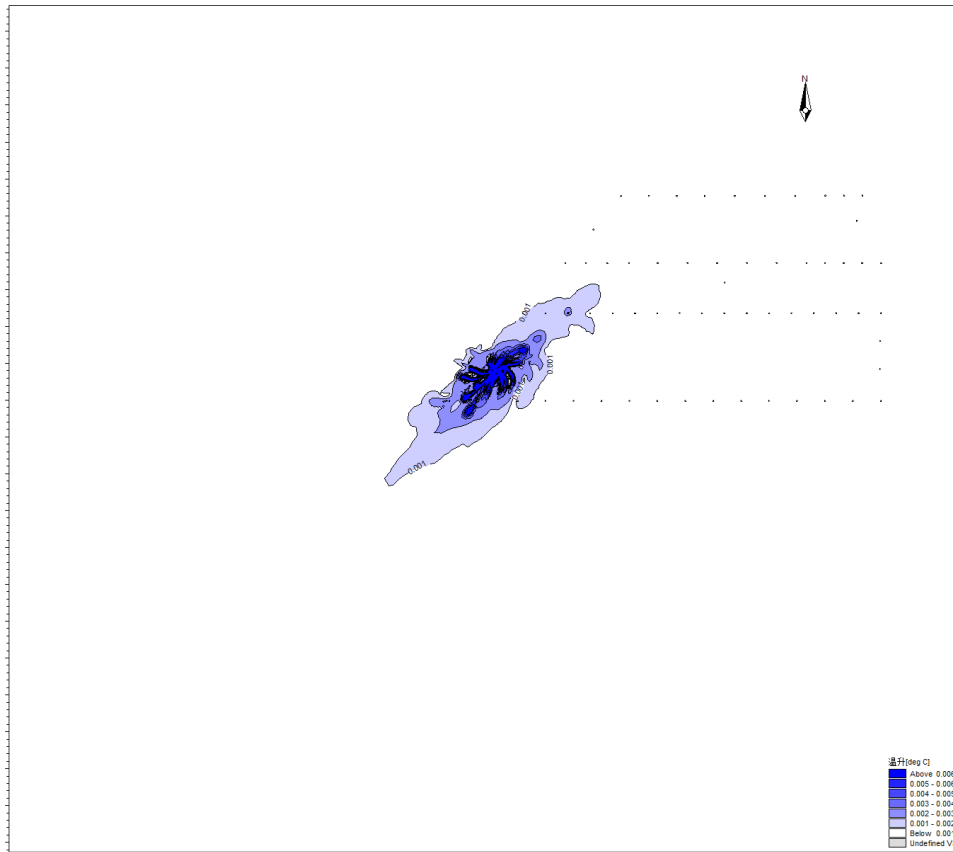


图 4.2.3-14 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

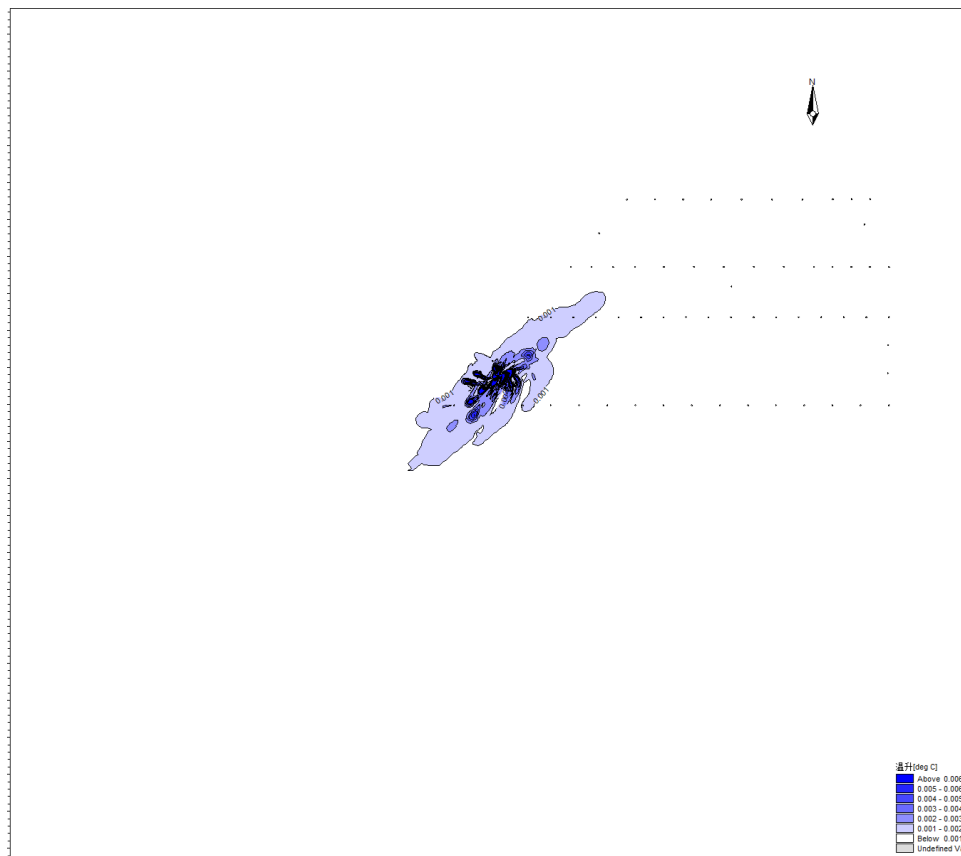


图 4.2.3-15 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（中层）

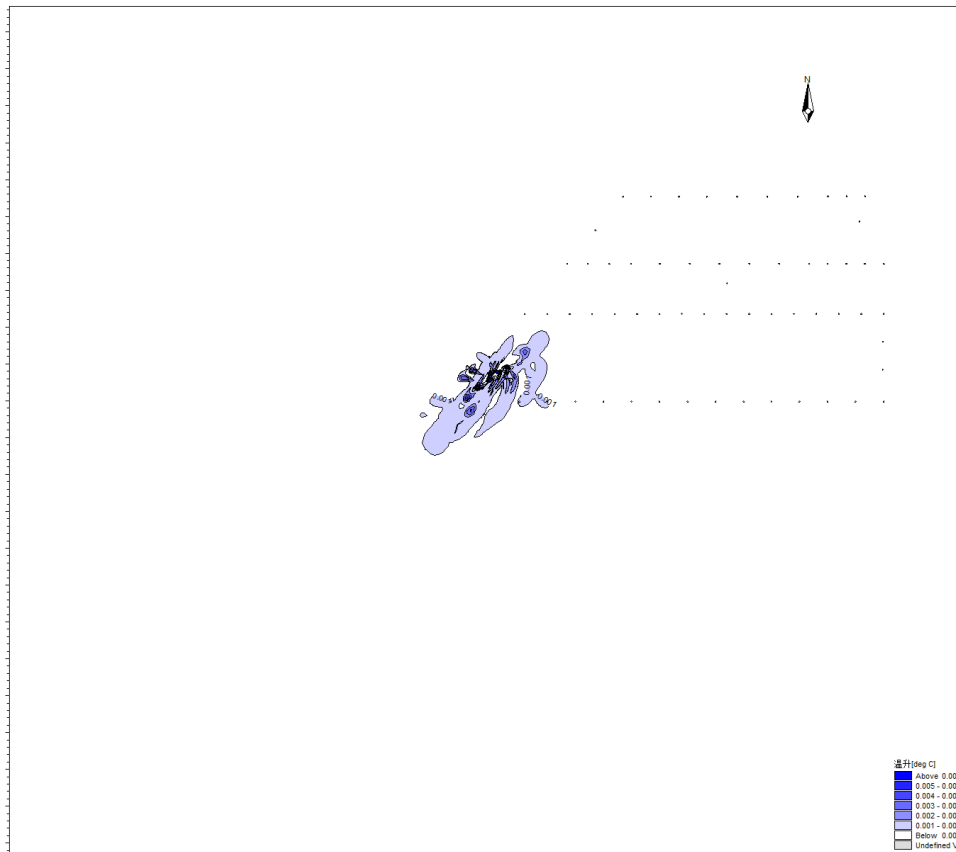


图 4.2.3-16 工况 1 夏季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

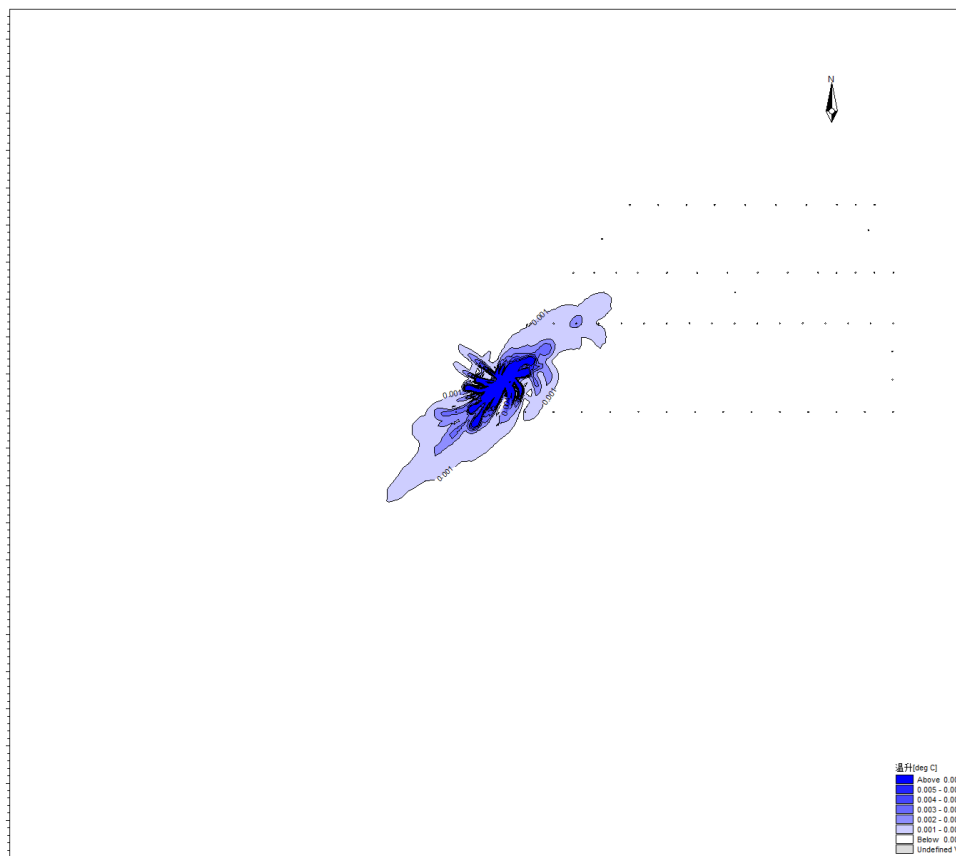


图 4.2.3-9 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（表层）

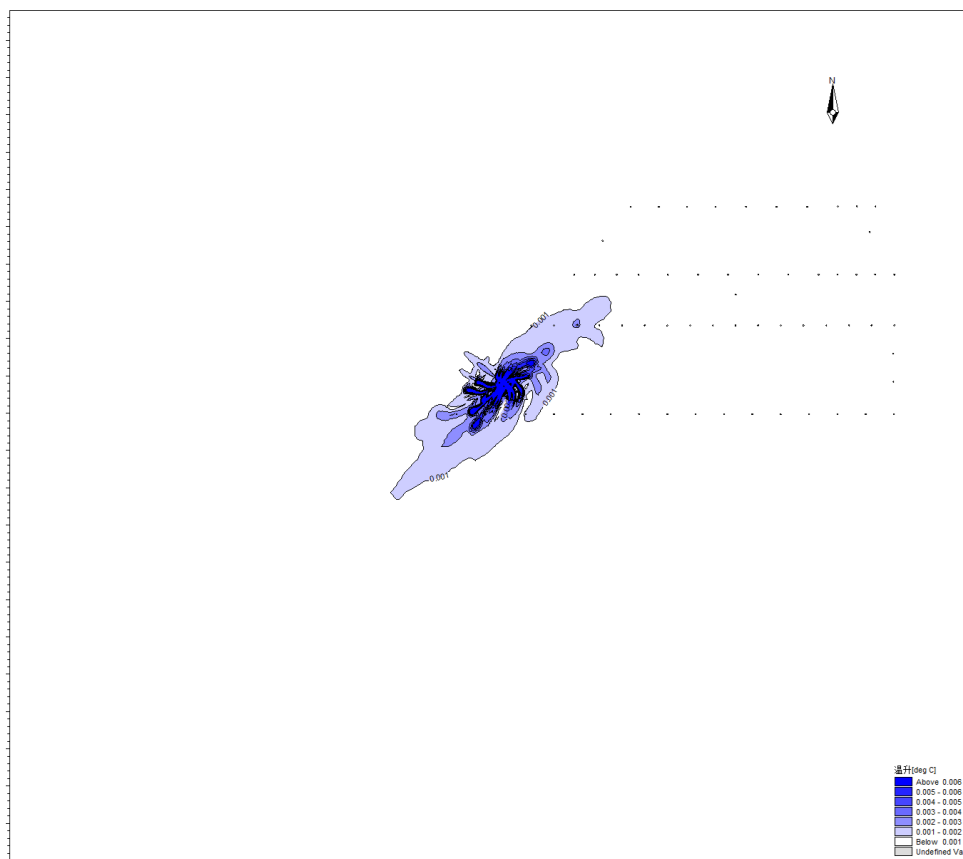


图 4.2.3-17 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

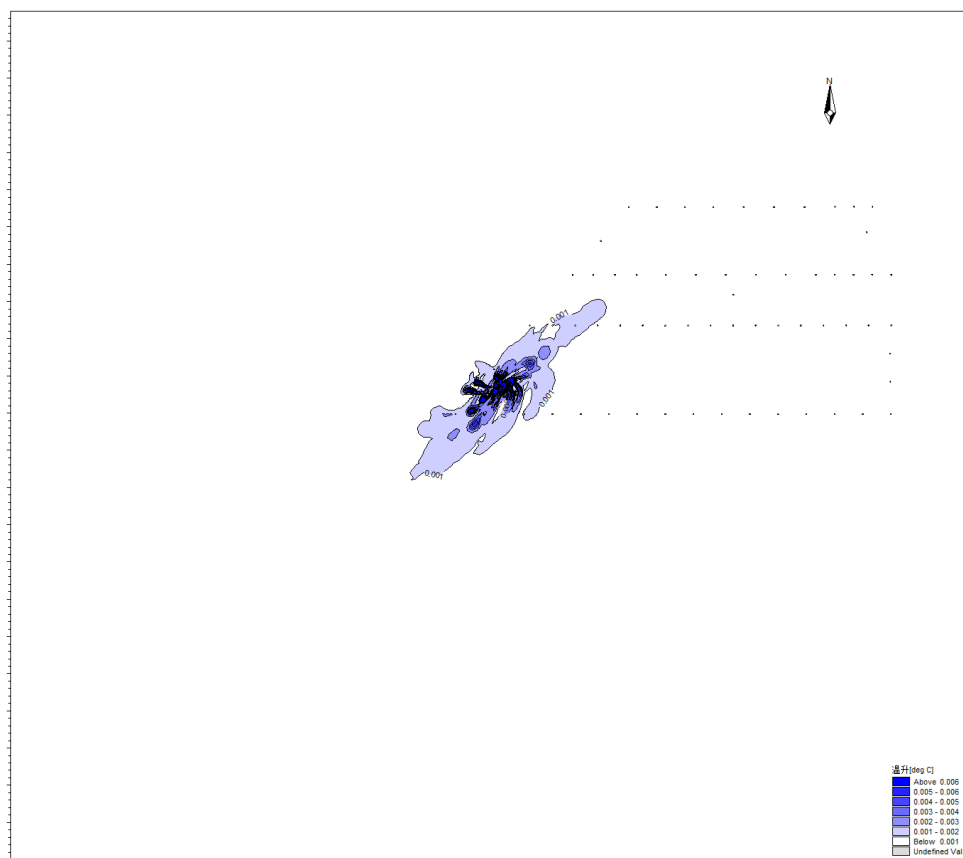


图 4.2.3-18 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（中层）

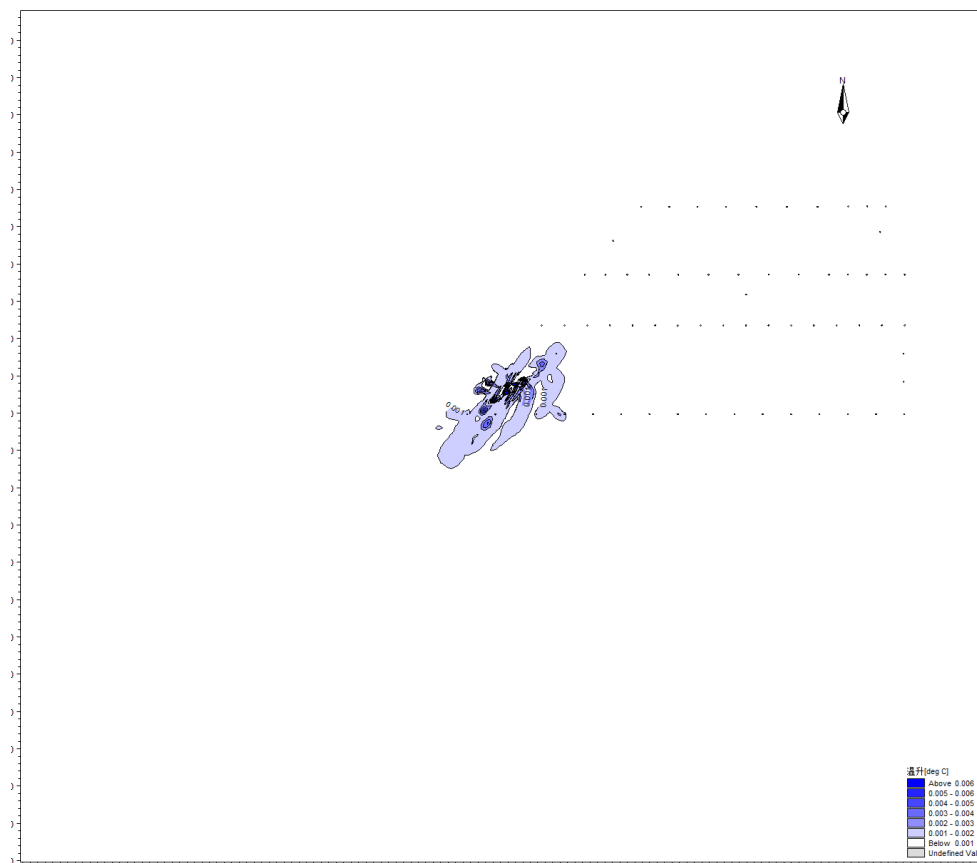


图 4.2.3-19 工况 2 冬季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

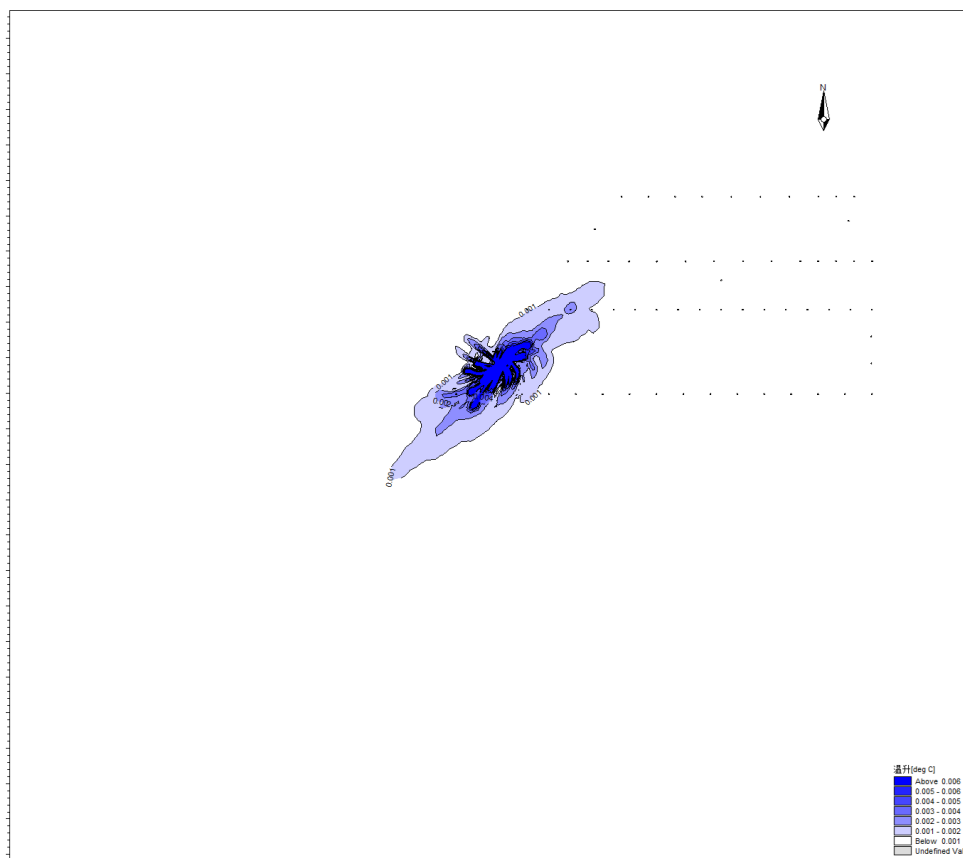


图 4.2.3-20 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（表层）

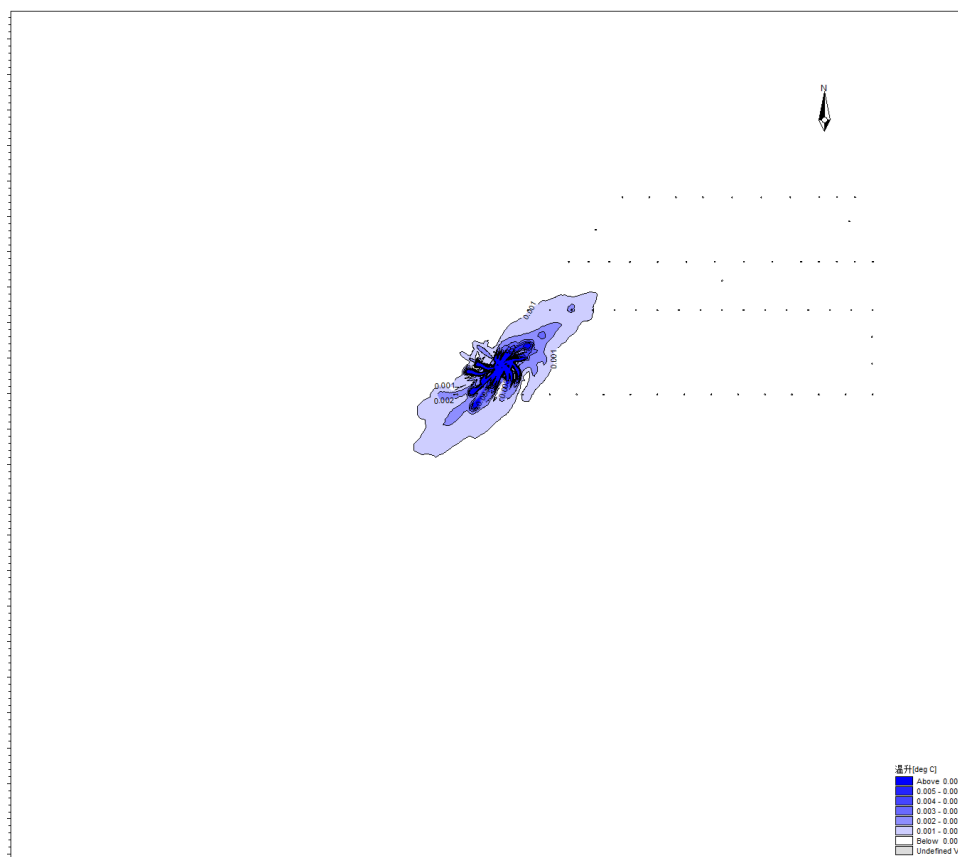


图 4.2.3-21 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（0.4 层）

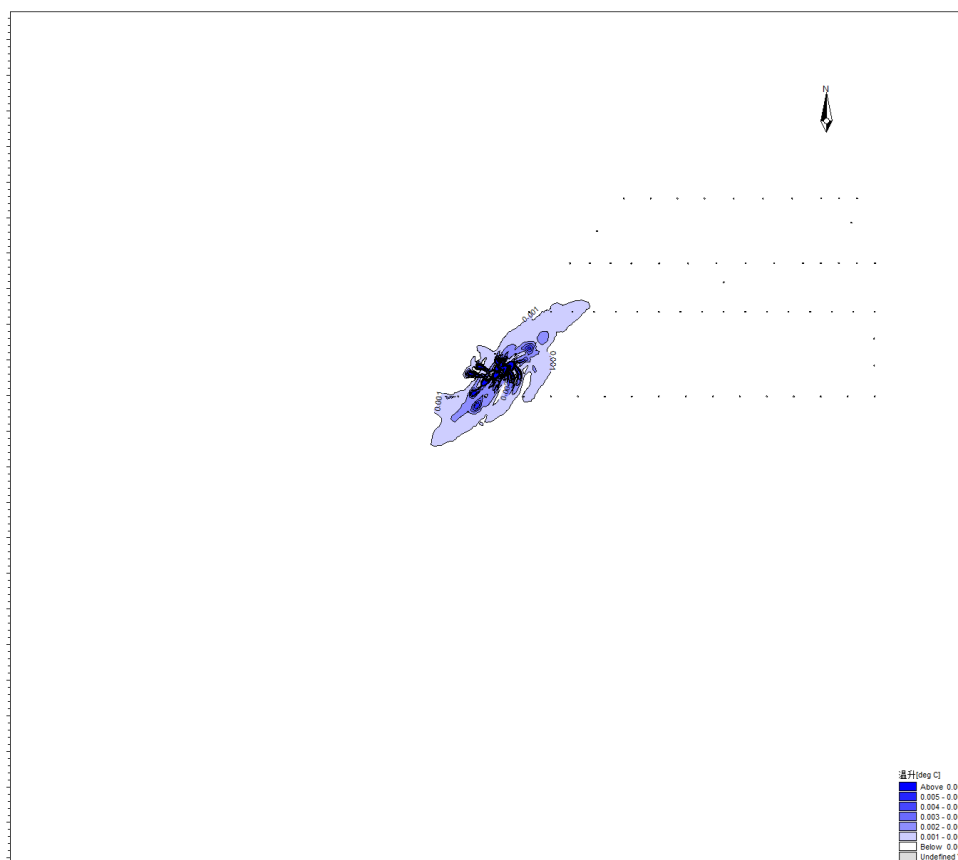


图 4.2.3-22 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（中层）

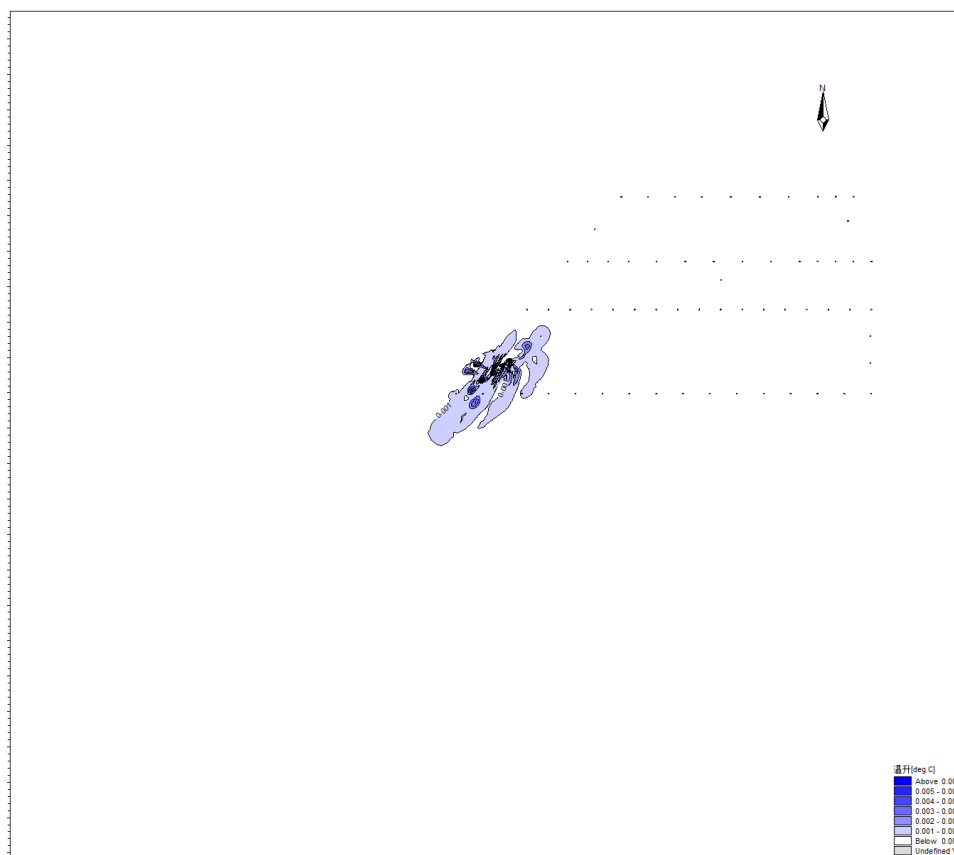


图 4.2.3-23 工况 2 夏季风作用下最大可能温升范围（0.8 层）

4.2.3.4 营运期污废水对水质环境的影响分析

本项目海底数据中心采用无人值守模式，仅定期安排运维。站内变压器均为干式，运行中不产生废油。运维产生的废旧设备、电池及包装物等固体废物，将全部回收至陆上处置，不在海域遗弃。运维船舶产生的含油污水及人员生活污水，也统一上岸接收处理，不向海洋排放，确保运行期不对海洋环境造成影响。

4.2.4 对沉积物环境的影响分析

4.2.4.1 施工期对沉积物环境的影响分析

（1）施工悬浮泥沙对沉积物环境的影响

项目施工期间海底电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，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

项目施工期间产生的船舶生活污水和含油污水通过船舶收集装置收集，定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，不会对所在海域的沉积物环境造成影响。

4.2.4.2 运营期对沉积物环境影响分析

本项目桩基采用牺牲阳极法与涂层防护联合防护，牺牲阳极保护法其牺牲阳极产物主要为铝的氢氧化物，该物质在海水环境中化学性质稳定、溶出率极低，且在沉积物中的累积量微乎其微，不会改变沉积物的理化性质。涂层防护体系中的防腐涂层固化完全后，成膜致密，在海水中基本不发生物质溶出。两者联合作用下，金属腐蚀产物被有效抑制，从源头控制了可能进入沉积物的外来物质。经综合分析，本项目运行期间不会对周边海域沉积物环境造成不利影响，沉积物质量可维持原有水平。

4.2.5 对海洋生物的影响

4.2.5.1 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。

4.2.5.2 对浮游生物的影响

(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,降低单位水体中浮游植物数量,导致局部水域内初级生产力水平降低,使浮游植物生物量降低。

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、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,根据有关资料,水中悬浮物质含量的增加,对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官,尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时,这种危害特别明显。在悬浮物质中,又以粘性淤泥的危害最大,泥土及细砂泥次之。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。

4.2.5.3 对游泳生物的影响

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，因此在项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复对渔业生产的不利影响。

4.2.6 对珍稀海洋生物的影响

4.2.6.1 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

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。

4.2.6.2 对海龟的影响

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 μ Pa。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。

4.2.6.3 对中国鲎的影响

根据第三章分析，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。

4.2.6.4 对文昌鱼的影响

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最大扩散距离为 1.0km，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影响。

4.2.7 对“三场一通道”的影响

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区、黄花鱼幼鱼保护区内。本项目对以上保护区及其中的主要经济种类产卵、索饵产生影响的主要为施工期产生的悬浮物和施工期污水的影响，项目施工产生的悬浮泥沙主要集中在施工区域范围，最远扩散距离为 1.0km，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作业。

4.2.8 水下噪声和电磁辐射的影响

4.2.8.1 水下噪声影响分析

本项目建设主要是施工期钢管桩打桩施工和施工船舶会对水下声环境产生影响，项目运行期基本不会对水下声环境产生影响。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一大黄鱼为研究对象，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 1 μ Pa 时幼苗对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB/re 1 μ Pa 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 1 μ Pa 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB/re 1 μ Pa，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 1 μ Pa 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。

4.2.8.2 电磁辐射影响分析

本项目海底电缆为 66kV 海底电缆，类比汕头中澎二海上风电场项目中 6 回 66kV 海缆电磁影响结果，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电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的海底电缆，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 1 μ T 以下。据本项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等）等海洋生物影响在可以接受范围。

因此，本项目海底电缆产生的电磁辐射影响对海洋生物影响在可以接受范围。

4.2.9 生态跟踪监测合理影响范围

本项目建设对海洋生态影响主要为悬浮泥沙扩散和海洋生物资源（底栖生物、游泳生物和鱼卵、仔稚鱼）损失。因此，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），开展生态跟踪监测时涉及的相关指标的合理影响范围参考如下：

表 4.2.8-1 项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围	
			施工期	运营期
海洋生态	底栖生物生物量	g/m ²	≤2.29	0.01g/m2~2.29
	底栖生物栖息密度	ind/m ²	≤49.75	4.98ind/m2~49.75
	游泳生物尾数渔获密度	ind/km ²	≤67.79×10 ³	(13.20~67.79) ×10 ³
	游泳生物重量渔获密度	kg/km ²	≤267.95	113.48kg/km2 ~267.95
	鱼卵密度	ind/100m ³	≤39.96	11.88~39.96
	仔稚鱼密度	ind/100m ³	≤5.40	0.54~5.40
海水水质	悬浮物	mg/L	>3.1	3.1~22.9

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 汕头市社会经济概况

汕头市，简称“汕”，别称鮀城、鮀岛，广东省辖地级市，省域副中心城市，经济特区，位于广东省东部，北邻潮州市、揭阳市，南临南海。截至 2026 年 6 月，汕头市辖 6 个区、1 个县。截至 2025 年末，汕头市常住人口 557.69 万人。

经《2025 年汕头国民经济和社会发展统计公报》（汕头市统计局 国家统计局汕头调查队，2026 年 5 月 7 日），经省统计局统一核算，2025 年汕头实现地区生产总值（初步核算数）3023.83 亿元，比上年增长 0.1%。其中，第一产业增加值 142.27 亿元，增长 3.0%；第二产业增加值 1136.43 亿元，下降 7.3%；第三产业增加值 1745.13 亿元，增长 5.4%。三次产业结构比重为 4.7：37.6：57.7。人均地区生产总值 54227 元。

全年居民消费价格比上年上涨 0.4%。分类别看，其他用品及服务类上涨 7.0%，教育文化娱乐类上涨 0.7%，医疗保健类上涨 1.1%，生活用品及服务类上涨 1.0%，衣着类上涨 0.9%，食品烟酒类上涨 0.4%，居住类下降 1.2%，交通通信类下降 1.6%。

全年规模以上工业中，高技术制造业比上年增长 2.3%，占规模以上工业增加值比重 10.8%；先进制造业增加值占规模以上工业增加值比重 35.9%。风力发电量 35.84 亿千瓦时，比上年增长 17.9%；印制电路板 180.90 万平方米，增长 11.8%。全年限额以上单位通过公共网络实现的商品零售额增长 33.5%，占限额以上单位商品零售额比重 20.3%，比上年提升 6.2 个百分点。全年新登记经营主体 6.88 万户，年末经营主体总数 57.68 万户，比上年末增长 3.8%。

年末全市常住人口城镇化率为 71.92%，比上年末提高 0.40 个百分点。全年城乡居民收入比为 1.60，比上年缩小 0.04。分区域看，全年中心城区合计实现地区生产总值 1437.32 亿元，占全市地区生产总值比重 47.5%；非中心城区合计实

现地区生产总值 1586.51 亿元，占全市地区生产总值比重 52.5%。

全年全部工业增加值 1004.28 亿元。在规模以上工业中，非金属矿采选业增加值增长 81.1%，计算机、通信和其他电子设备制造业增加值增长 11.9%，通用设备制造业增加值增长 1.5%；新一代电子信息产业增加值增长 4.2%。

全年社会消费品零售总额 1483.23 亿元，与上年增长 0.2%。按经营地统计，城镇消费品零售额 1214.99 亿元，增长 0.2%；乡村消费品零售额 268.24 亿元，增长 0.1%。

全年固定资产投资比上年下降 58.2%。在固定资产投资中，第一产业投资占固定资产投资比重 0.2%，第二产业投资占比 39.7%，第三产业投资占比 60.1%；工业投资占固定资产投资比重 39.7%；民间投资占固定资产投资比重 47.4%。

全年货物进出口总额 518.20 亿元，比上年下降 8.1%。其中，出口 423.72 亿元，下降 9.1%；进口 94.49 亿元，下降 3.0%。进出口顺差 329.23 亿元。

全年全市一般公共预算收入 170.36 亿元，比上年下降 2.67%；其中，税收收入 117.43 亿元，增长 3.02%。全年一般公共预算支出 385.90 亿元，增长 0.20%。其中，社会保障和就业支出 74.86 亿元，增长 5.15%；卫生健康支出 52.90 亿元，增长 14.98%。民生类支出 302.31 亿元，增长 1.50%，占一般公共预算支出比重 78.3%。

5.1.1.2 南澳县社会经济概况

根据《2025 年南澳国民经济和社会发展统计公报》（南澳县统计局，2026 年 5 月 18 日），经市统计局初步核算，2025 年全县实现地区生产总值 432786 万元，同比增长 2.5%。其中：第一产业增加值 120502 万元，同比增长 0.2%，对地区生产总值增长的拉动为 0.1%；第二产业增加值 87766 万元，同比增长 5.4%，对地区生产总值增长的拉动为 0.9%；第三产业增加值 224518 万元，同比增长 3.0%，对地区生产总值增长的拉动为 1.5%。三次产业结构为 27.8:20.3:51.9。全县人均地区生产总值达到 68317 元，同比增长 2.8%。一般公共预算收入 20766 万元，同比增长 12.0%。

2025 年全县农、林、牧、渔业总产值 231206 万元，同比下降 1.9%。其中：农业产值 10848 万元，同比增长 0.4%；林业产值 671 万元，同比下降 27.6%；

牧业产值 1871 万元,同比下降 3.2%;渔业产值 204466 万元,同比下降 2.0%;农林牧渔服务业产值 13350 万元,同比增长 1.0%。在全县农、林、牧、渔业总产值中,渔业产值占 88.4%。水产品总量 19.2 万吨,同比持平。其中:海捕产量 5.2 万吨,同比持平,养殖产量 14.0 万吨,同比持平。

2025 年全县规模以上工业总产值同比增长 10.2%;工业增加值 78733 万元,同比增长 7.1%。其中:规模以上工业增加值同比增长 10.7%。全县规上工业风力发电量 76545 万千瓦时,同比增长 26.7%。

全县完成固定资产投资总额同比下降 36.7%。在固定资产投资中:城镇投资项目同比下降 46.9%;房地产开发完成投资同比增长 3.7%。在固定资产投资中:第一产业、第二产业和第三产业,分别占固定资产投资的 1.1%、36.3%和 62.6%。全县实现建筑业增加值 9242 万元,同比下降 6.5%,建筑业增加值占地区生产总值 2.1%。房地产业增加值 33202 万元,同比下降 4.4%,房地产业增加值占地区生产总值 7.7%。

2025 年信息传输、软件和信息技术服务业增加值 20343 万元,比上年增长 2.7%。2025 年全县电话交换机容量达 3.20 万门,城乡电话总数 17944 部。其中:城镇 11363 部;农村 6581 部。移动用户 1.38 万户。

2025 年社会商品零售总额 190847 万元,同比增长 0.1%。批发业销售额 104424 万元,同比增长 3.8%。零售业销售额 176262 万元,同比增长 6.8%。住宿业营业额 28186 万元,同比增长 6.1%;餐饮业营业额 33427 万元,同比增长 2.6%。市场物价稳定。全年居民消费价格比上年上涨 0.4%。

5.1.1.3 海洋产业发展现状

汕头海洋产业已形成海上风电引领、现代牧场突破、滨海旅游爆发、全产业链协同的特色格局,2024 年海洋生产总值 544.7 亿元,占全市 GDP 比重达 16.3%-17.2%,年均增速超 7.6%。

重点产业集群现状:

(1) 海上风电(主导引擎)

装机规模:建成大唐南澳勒门I、华能勒门等三大风电场,总装机容量达 120 万千瓦。

产业链条：建成全球首个覆盖研发、制造、检测认证的“四个一体化”海上风电产业园，引入上海电气、金风科技等龙头，2024 年带动涉海设备制造业增加值 11.66 亿元。

创新平台：拥有广东省风电临海试验基地（可测 24 兆瓦级风机），正建设 40 兆瓦级测试平台，打造“国际风电创新港”。

（2）现代海洋牧场（蓝色粮仓）

设施规模：建成深水网箱 266 个（标准箱），养殖用海约 3 万亩，预计年产值近 8000 万元。

特色品种：聚焦“两条鱼”（绿鳍马面鲀、高体鰺），2025 年马面鲀产值预计破 7000 万元；建成 5 个万亩级“鱼-贝-藻”立体生态养殖基地。

融合示范：粤东首个“海上风电+海洋牧场”融合项目“盛唐一号”投产，具备 1.2 万立方米养殖水体及智能化运维能力。

（3）滨海旅游（活力支柱）

客流收入：2024 年南澳岛游客首破 1051.94 万人次，旅游综合收入 40.04 亿元；2025 年一季度客流与收入同比增 56.3%、65.77%。

业态升级：从观光向“体育+旅游”、“非遗+旅游”及低空环岛等新业态延伸，全市海洋旅游业增加值显著增长。

（4）传统渔业与加工

产量产值：2024 年水产品产量 48.2 万吨；21 家加工龙头企业年销售额突破 60 亿元。

品牌建设：培育“达濠鱼丸”、“南澳金贝”等区域公用品牌，构建“渔港集散-养殖加工-冷链物流”全链条。

5.1.2 海域使用现状

经过现场踏勘、管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在海域开发活动主要有航路、锚地、养殖、倾倒区、自然保护区、海上风电场等，项目所在海域开发利用现状详见表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	项目名称	与本项目相对位置 和最近距离	备注
----	------	-------------------	----

1	粤东沿海近岸航路	北侧，约 4.0km	航路
2	汕头南澳岛南至汕头港进港航道口门	北侧，约 8.1km	
3	广东沿海内航路	南侧，约 12.8km	
4	汕头港进出港航路	西南侧，约 13.7km	
5	汕头港区第一引航锚地	西北侧，约 7.2km	锚地
6	南澳 1#引航锚地	北侧，约 8.5km	
7	汕头港区第二引航锚地	西侧，约 12.0km	
8	大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目	紧邻	海上 风电 项目
9	大唐南澳勒门 I 海上风电项目	东侧，约 0.4km	
10	华能汕头勒门（二）海上风电场项目	南侧，约 2.2km	
11	汕头中澎二海上风电场项目海缆送出工程（拟申请）	西南侧，约 11.3km	
12	广东金昇洋南澳平屿西海洋牧场项目	东北侧，约 9.8km	养殖
13	南澳平屿深水网箱养殖项目	东北侧，约 10.3km	
14	南澳平屿深水网箱养殖基地（一期）	东北侧，约 13.5km	
15	南澳县乌屿人工鱼礁区	东北侧，约 14.6km	
16	汕头瀚海蓝色粮仓海洋牧场项目	西北侧，约 14.9km	
17	汕头市澄海区和睦水产养殖场塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 15.5km	
18	汕头市澄海区少彬水产养殖场塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 15.6km	
19	汕头市澄海区锦隆水产养殖场塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 15.7km	
20	汕头市澄海区王旺胜水产养殖场塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 15.7km	
21	汕头市澄海区李道丰水产养殖场塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 15.8km	
22	汕头市围海海产品有限公司塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 15.9km	
23	汕头市海韵水产养殖专业合作社塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 16.0km	
24	汕头市澄海区莱芜永源水产养殖场塔岗围外侧养殖项目	西北侧，约 16.1km	
25	汕头市澄海区塔岗围外侧莱芜顺喜水产养殖场项目	西北侧，约 16.2km	
26	汕头市澄海区塔岗围外侧港海水产养殖场项目	西北侧，约 16.3km	
27	汕头市澄海区塔岗围外侧海上人家水产养殖场项目	西北侧，约 16.5km	
28	南浪县泓正深海智能渔业科技有限公司深海养殖项目	东北侧，约 16.8km	
29	汕头表角疏浚物海洋倾倒区	西南侧，约 12.2km	倾倒 区
30	广东南澎列岛国家级自然保护区	东北侧，约 10.6km	自然 保护 区
31	汕头市澄海莱芜中国龙虾地方级自然保护区	西北侧，约 12.8km	
32	汕头湿地地方级自然保护区	西北侧，约 17.1km	

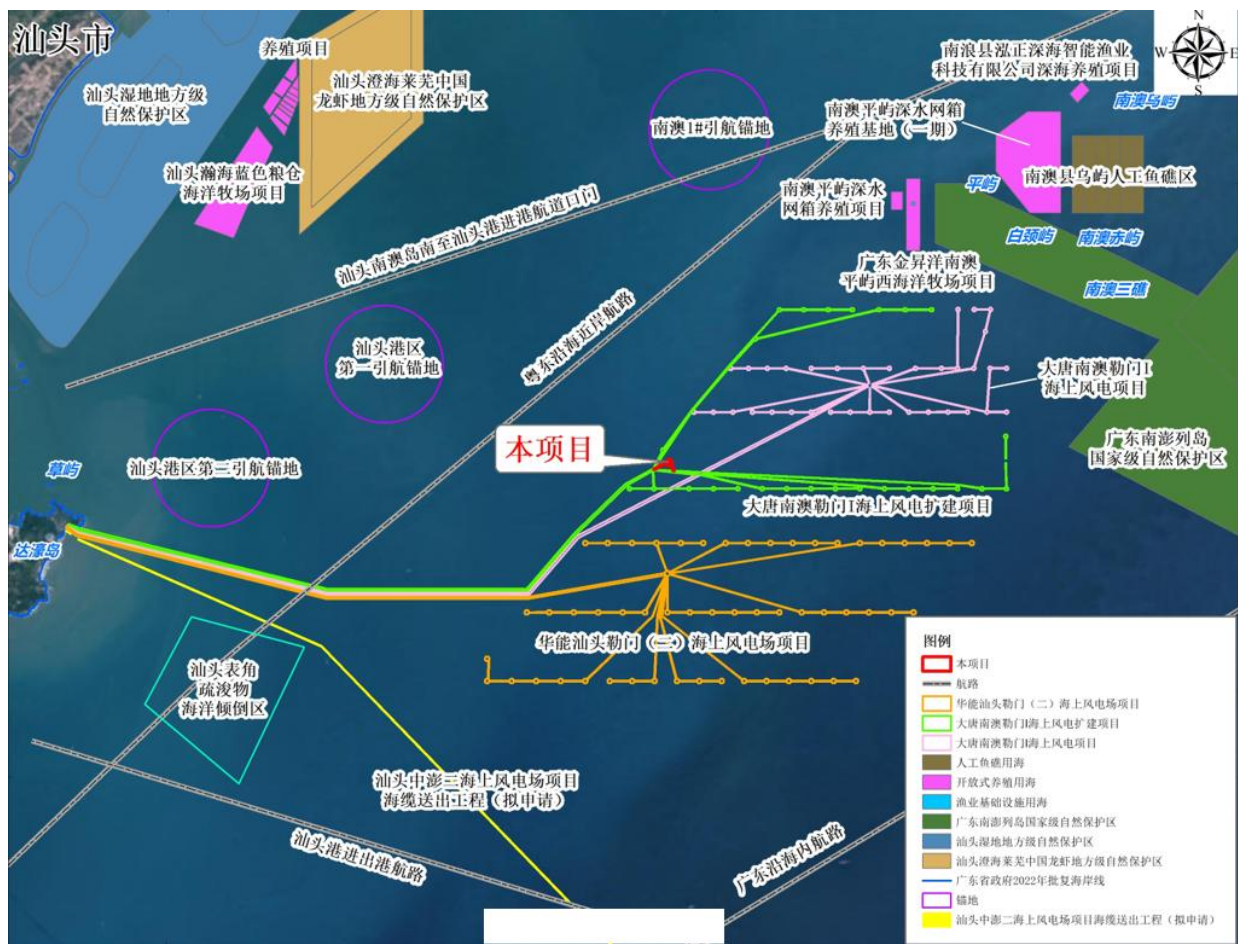


图 5.1.2-1 项目周边开发利用现状图

5.1.3 海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果,本项目周边海域已确权的项目共 31 项,其中,本项目与大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠,本项目对重叠范围进行避让,另外距离较近的为大唐南澳勒门 I 海上风电项目(本项目东侧约 0.4km 处)、华能汕头勒门(二)海上风电场项目(本项目南侧约 2.2km 处)。本项目申请用海范围与其他已确权用海项目不存在权属重叠。项目所在海域权属现状见表 5.1.3-1 和图 5.1.3-1,大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目宗海界址图详见图 5.1.3-2。

表 5.1.3-1 项目周边权属一览表(不公开)

图 5.1.3-1 项目周边权属现状图(不公开)

图 5.1.3-2a 大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目宗海界址图(一)(不公开)

图 5.1.3-2b 大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目宗海界址图(二)(不公开)

表 5.1.3-2 宗海界址点坐标续表(不公开)

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1.2 节开发利用现状的分析,本项目所在海域开发利用活动主要为航路、锚地、养殖、倾倒区、自然保护区、海上风电场等。根据本报告第 4 章分析,本项目建设对附近海域水动力环境影响较小,流速变化值位于 $-0.26\text{m/s}\sim 0.04\text{m/s}$ 之间,流向变化值位于 $-3.1^\circ\sim 4.1^\circ$ 之间,影响范围不超过 2km;项目建设对周边地形地貌与冲淤环境影响主要以淤积为主,平均淤积幅度为 0.10m,2km 以外海域地形基本不发生明显变化。项目捞起海缆施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 1.284km^2 ,最大扩散距离为西向和南向 0.5km;项目海缆敷设施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 2.875km^2 ,最大扩散距离为西向 1.0km,与周边开发利用活动叠置图见图 5.2-1。运营期间温水排放导致表层海水温升最高为 0.38°C ,对周边海水水质影响较小。结合项目建设和运营情况,项目用海对海域开发活动影响分析如下。

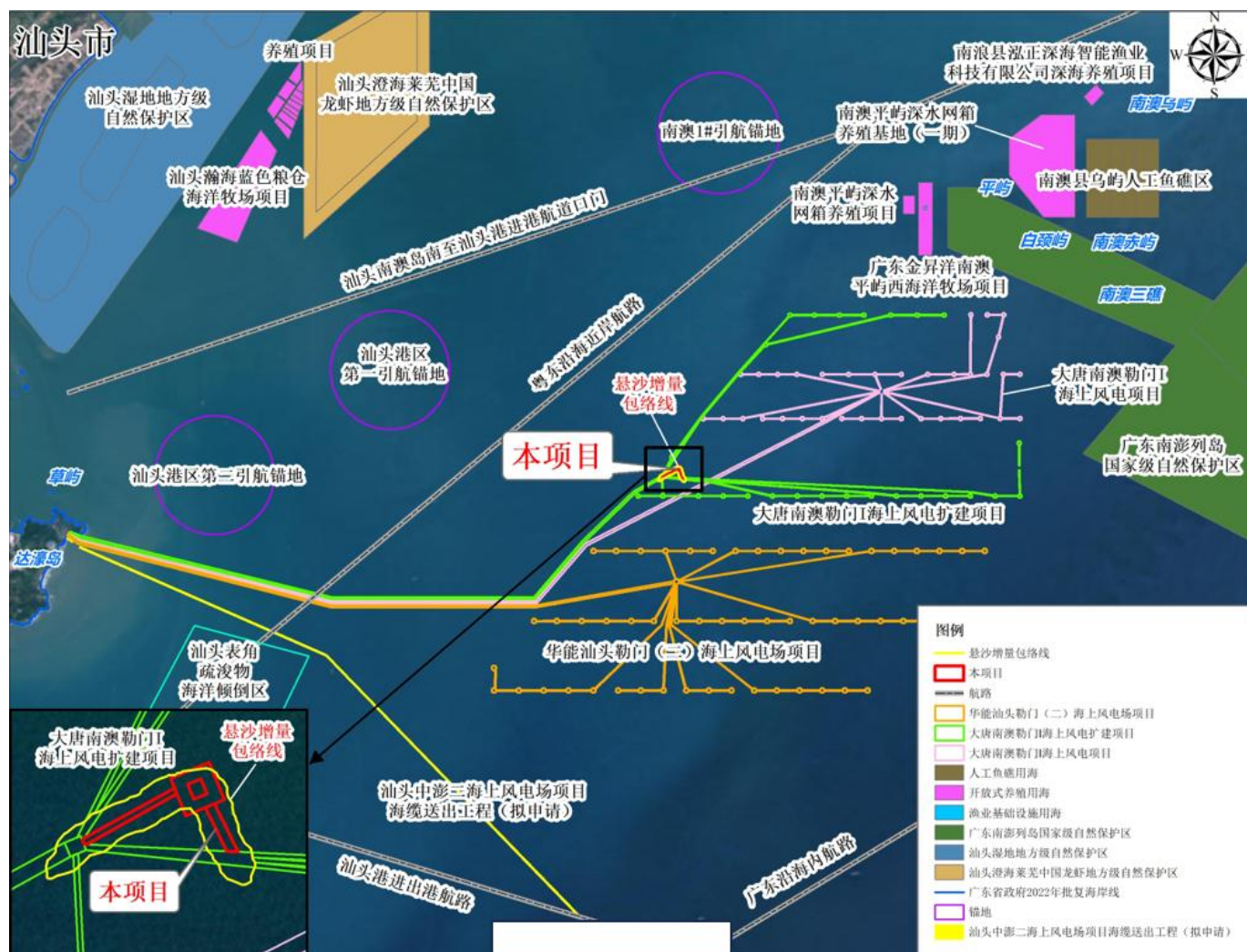


图 5.2-1a 海缆敷设 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

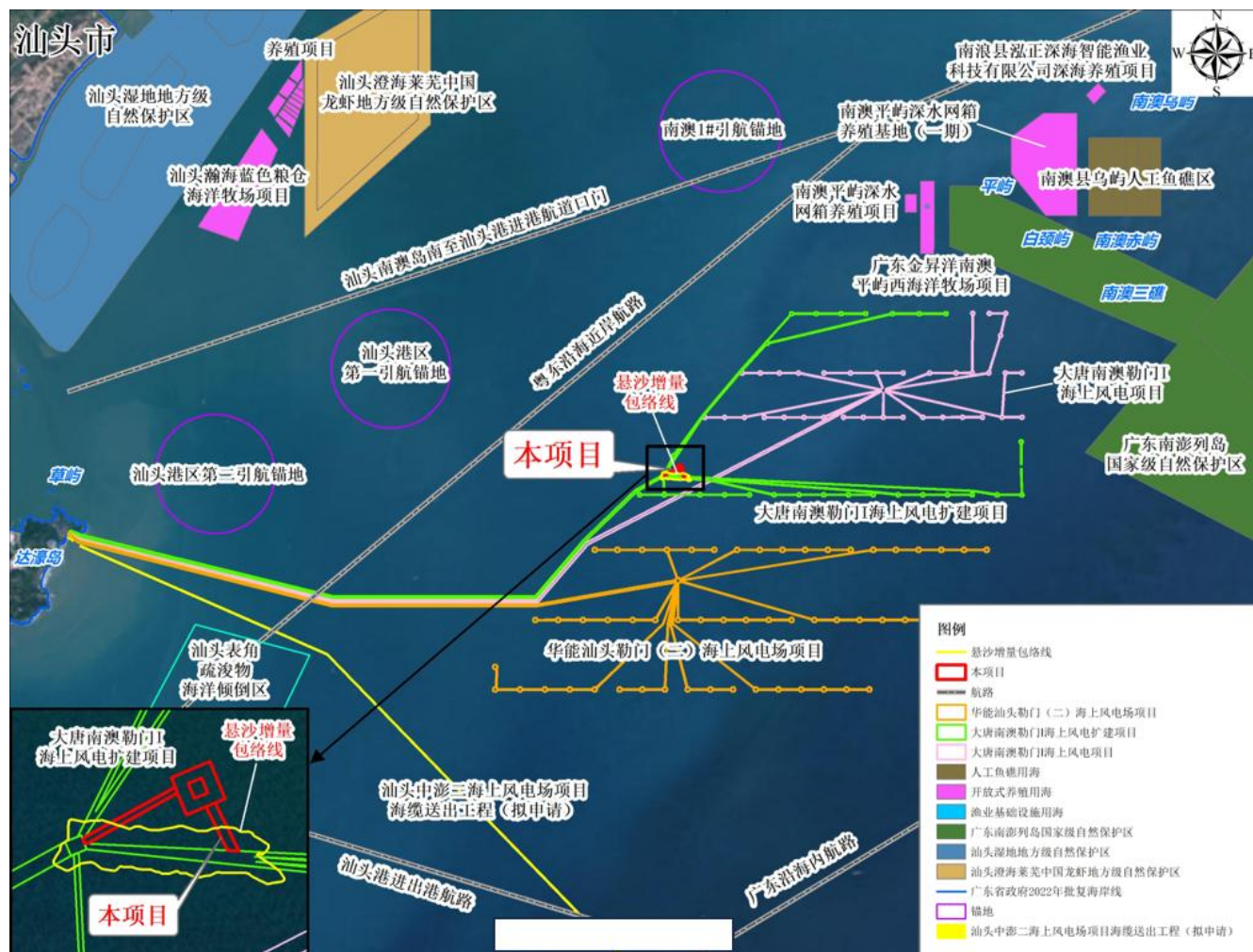


图 5.2-1b 捞起海缆 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

5.2.1 对航路、锚地及通航环境的影响分析

本项目论证范围内分布有 4 条航路，其中距离最近的为粤东沿海近岸航路，位于本项目北侧 4.0km 处；汕头南澳岛南至汕头港进港航道口门航路、广东沿海内航路、汕头港进出港航路均位于本项目 8km 外。本项目论证范围内分布有 3 个锚地，分别为汕头港区第一引航锚地、汕头港区第二引航锚地和南澳 1#引航锚地，均距离本项目 7km 外。

根据本报告第 4 章分析，本项目建设对附近海域水动力环境影响较小，流速变化值位于-0.26m/s~0.04m/s 之间，流向变化值位于-3.1°~4.1°之间，影响范围不超过 2km；项目建设对周边地形地貌与冲淤环境影响主要以淤积为主，平均淤积幅度为 0.10m，2km 以外海域地形基本不发生明显变化。因此，项目建设不会对周边航路、锚地所在海域水文动力环境及冲淤环境产生影响，且本项目与周边航路、锚地距离较远，项目实施不会影响周边航路、锚地功能。

本项目施工期间对周边通航环境的影响主要为：施工船舶频繁进出该水域客观上增加了船舶交通流量和密度，船舶在该水域中会遇局面增多并变得复杂；施工作业期间，若发生施工船舶火灾、爆炸、沉船、主机、舵机故障、船舶失控漂航等事故，对施工水域附近船舶航行安全会有很大的影响。总体上看，项目施工期间对周边过往船舶的正常航行的影响是客观存在的，但考虑到项目所在海域有足够的空间供过往船舶操纵避让，通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度，把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好安全管理工作，可以最大限度地减少施工期对周边通航环境的影响。此外，本项目建设于大唐南澳勒门 I 海上风电场场址内，周边均建设风机，基本不会有船舶接近或穿越项目所在海域，因此，项目建成后对周边通航环境影响较小。

5.2.2 对海上风电项目的影响分析

本项目与大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠，本项目对重叠范围进行避让，避让后项目申请用海范围与大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目紧邻，依托该项目进行海底数据中心建设，将该项目 2 回 66kV 海底电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 海底电缆接入该项目海上升压站，依托该项目的送出电缆传输数据。大唐南澳勒门 I 海上风

电项目位于本项目东侧约 0.4km 处。根据本报告第 4 章分析，本项目建设对附近海域水动力环境影响较小，流速变化值位于 $-0.26\text{m/s} \sim 0.04\text{m/s}$ 之间，流向变化值位于 $-3.1^\circ \sim 4.1^\circ$ 之间，项目建设对周边地形地貌与冲淤环境影响主要以淤积为主，平均淤积幅度为 0.10m。由图 4.2.2-1（项目实施后附近海床年冲淤变化平面分布图），本项目建设对大唐南澳勒门 I 海上风电项目、大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目风机桩基础所在海域的冲淤环境基本无影响，不会影响风机桩基础稳定性。本项目施工过程涉及桩基础打桩和海缆敷设，期间会有较多施工船只进出风电场区并作业。若操作不慎或意外事故有可能对已建设的海底电缆设施和构筑物造成破坏。为确保风电场区内已有设施的安全，项目建设单位应在施工组织设计中提出保障周边海底管线安全的保护措施。同时，项目施工时应注意对已建海缆和发电设施的避让，杜绝船舶走锚情况，尽量避免施工船舶对已建风电设施造成损坏。在项目运营期对数据舱进行日常维护时也应做好与风电场的协调工作，划定运维船舶安全进出路线与下锚区域，严防危险事故发生。

华能汕头勒门（二）海上风电场项目位于本项目南侧约 2.2km 处，与本项目有一定距离，且有大唐南澳勒门 I 海上风电项目、大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目相隔，因此，项目建设对华能汕头勒门（二）海上风电场项目无影响。

本项目西南侧约 11.3km 处还分布有汕头中澎二海上风电场项目海缆送出工程（拟申请），该项目尚未建设且与本项目距离较远，项目建设对其无影响。

5.2.3 对周边养殖项目的影响分析

本项目论证范围内分布有较多养殖项目，共 17 项，主要分布在本项目东北侧和西北侧，距离最近的为东北侧 9.8km 处的广东金昇洋南澳平屿西海洋牧场项目。根据本报告第 4 章分析，项目捞起海缆施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 1.284km^2 ，最大扩散距离为西向和南向 0.5km；项目海缆敷设施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 2.875km^2 ，最大扩散距离为西向 1.0km。运营期间温水排放导致表层海水温升最高为 0.38°C ，对周边海水水质影响较小。项目施工期悬沙扩散影响及运营期温排水影响范围均不涉及周边养殖项目，距离较远，因此本项目建设不会对周边养殖项目的建设及运营产生影响。

5.2.4 对倾倒区的影响分析

汕头表角疏浚物海洋倾倒区位于本项目西南侧约 12.2km，本项目建设于大唐南澳勒门I海上风电场场址内，与倾倒区距离较远，项目建设及运营不会对往来倾倒船舶及其倾倒作业产生影响。

5.2.5 对周边自然保护区的影响分析

本项目论证范围内分布有 3 个自然保护区，分别为广东南澎列岛国家级自然保护区、汕头市澄海莱芜中国龙虾地方级自然保护区、汕头湿地地方级自然保护区，均距离本项目 10km 外。根据本报告第 4 章分析，本项目建设对附近海域水动力环境影响较小，影响范围不超过 2km；项目 2km 以外海域地形基本不发生明显变化。项目捞起海缆施工产生的底层 $> 10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 1.284km^2 ，最大扩散距离为西向和南向 0.5km；项目海缆敷设施工产生的底层 $> 10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 2.875km^2 ，最大扩散距离为西向 1.0km；运营期间温水排放导致表层海水温升最高为 0.38°C ，对周边海水水质影响较小。因此，本项目建设不会对周边自然保护区生态环境及保护对象产生影响。

5.3 利益相关者界定

利益相关者指与项目用海有直接或间接连带关系或者受到项目用海影响的开发、利用者，界定的利益相关者应该是与用海项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

根据项目建设对周边开发活动的影响分析，界定本项目的利益相关者为***。

表 5.3-1 利益相关者一览表

序号	用海活动名称	与本项目相对位置	利益相关者	可能影响因素
1	大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目	紧邻	***	涉及权属、施工影响
2	大唐南澳勒门 I 海上风电项目	东侧，约 0.4km		施工影响

5.4 需协调部门界定

本项目建设期间需投入施工船舶，会对所在海域通航环境产生影响，因此界定本项目需协调部门为汕头海事局。

表 5.4-1 需协调部门一览表

用海活动	需协调部门	可能影响因素
通航环境	汕头海事局	施工船舶进出作业增大海域通航密度

5.5 相关利益协调分析

5.5.1 与利益相关者的协调分析

本项目与大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠，本项目对重叠范围进行避让，避让后项目申请用海范围与大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目紧邻，依托该项目进行海底数据中心建设，将该项目 2 回 66kV 海底电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 海底电缆接入该项目海上升压站，依托该项目的送出电缆传输数据。

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 海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电缆打捞起来后重新敷设，过长的海底电缆采取截断，需与***协调，明确本项目建设内容、范围、施工方式，未取得其同意意见前，项目不得开工建设。

另外本项目施工过程涉及桩基础打桩和海缆敷设，期间会有较多施工船只进出风电场区并作业。若操作不慎或意外事故有可能对已建设的海底电缆设施和构筑物造成破坏。为确保风电场区内已有设施的安全，项目建设单位应与***公司充分协调对接，在施工组织设计中提出保障周边海底管线安全的保护措施。同时，项目施工时应注意对已建海缆和发电设施的避让，杜绝船舶走锚情况，尽量避免施工船舶对已建风电设施造成损坏。项目运营期对数据舱进行日常维护时也应做好与风电场的协调工作，划定运维船舶安全进出路线，严防危险事故发生。

5.5.2 与需协调部门的协调分析

本项目建设期间需投入施工船舶，会对所在海域通航环境产生影响。为保障项目周边海域的船舶通航安全及施工作业和运维安全，建设单位应在项目施工前依法办理相关水上、水下施工作业审批手续，申请发布航行通告和航行警告。项目施工过程以及后期运维中合理安排施工和运维船舶进出项目海域的作业时间，注意船舶避让，有序通航，时刻注意天气的变化，加强与汕头海事局的联系，制订各种相应的安全措施和应急预案，并定期组织演练。施工期间应加强对施工船

船舶的管理，严格遵守海上交通安全规程，避免船舶碰撞事故，最大限度的保证船舶安全通航。

表 5.5-1 利益协调情况一览表

序号	用海活动	利益相关者/ 需协调部门	协调方案
1	大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目	***	为确保风电场区内已有设施的安全，项目建设单位应与***充分协调对接，在施工组织设计中提出保障周边海底管线安全的保护措施。同时，项目施工时应注意对已建海缆和发电设施的避让，杜绝船舶走锚情况，尽量避免施工船舶对已建风电设施造成损坏。项目运营期对数据舱进行日常维护时也应做好与风电场的协调工作，划定运维船舶安全进出路线，严防危险事故发生。另外需与***公司协调，明确本项目建设内容、范围、施工方式，未取得其同意意见前，项目不得开工建设。
2	大唐南澳勒门 I 海上风电项目		
3	通航环境	汕头海事局	建设单位应在项目施工前依法办理相关水上、水下施工作业审批手续，申请发布航行通告和航行警告。 项目施工过程中以及后期运维中合理安排施工和运维船舶进出项目海域的作业时间，注意船舶避让，有序通航，时刻注意天气的变化，加强与汕头海事局的联系，制订各种相应的安全措施和应急预案，并定期组织演练。施工期间应加强对施工船舶的管理，严格遵守海上交通安全规程，避免船舶碰撞事故，最大限度的保证船舶安全通航。

5.6 项目用海与国防安全、国家海洋权益的协调性分析

5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

项目所在海域及附近海域可能存在国防设施，工程建设、生产经营可能会对国防产生影响，建议业主取得军方的书面协调意见后方可施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。

5.6.2 与国家海洋权益的协调性分析

海域是国家的资源，任何方式的使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有害于国家海洋资源，破

坏生态环境。

本项目不存在损害国家权益的问题，项目实施不会涉及领海基点，也不会涉及国家机密，对国家海洋权益没有影响。海域属国家所有，单位和个人经营性使用海域，必须按规定交纳海域使用金。本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不损害国家权益。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的海洋开发利用空间，不占用海洋生态保护红线和海洋生态保护空间；本项目没有位于《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》划定的生态保护和修复单元中；本项目位于《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的海洋发展区，不占用生态保护区和生态控制区。

本项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，项目拟建设 1 座海底数据中心，数据舱装机容量 7MW。

大湾区作为全国数字经济发展的核心引擎，人工智能、工业互联网、金融科技、海洋经济等领域对高性能、低时延算力需求持续刚性增长，算力供给缺口呈逐年扩大趋势。然而，沿海核心城市受土地、能耗等资源硬性约束，传统陆上数据中心建设空间日益受限；而“东数西算”工程布局的西部算力节点，虽具备资源优势，却存在远离核心用户、跨省数据传输时延较长、运维成本偏高、数据安全风险加大等短板。本项目布局于汕头近海，可打造大湾区区域低时延算力枢纽，填补东部沿海边缘算力供给短板，与西部节点形成“陆海联动、冷热互补、时延适配”的全国算力网络良性格局。因此，本项目建设与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》“保障新型信息通信设施建设”的要求相符合。

本项目依托大唐南澳勒门I海上风电扩建项目进行海底数据中心建设，打造“海上风光电+海底数据中心”运营模式，通过海上风电场产生的绿色电力，直接供应海底数据中心，激活地方绿电交易市场，提升可再生能源利用水平。项目建设符合《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》推进“海上风电综合性立体开发模式”的规划要求。

综上，本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的管控要求。项目建设不会对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》各项生态修复任务的落实产生不利影响。

6.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的符合性分析

本项目所在的功能区为“白颈屿西南工矿通信用海区”，项目周边的功能区有“汕头近海渔业用海区”“汕头珍稀濒危物种分布区生态保护区”等。项目用海不占用岸线。

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。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。项目的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。

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道和取、排水口，根据数值模拟结果，工程实施后冲淤变化主要发生在工程附近区域，数据中心周边 2km 以外海域地形基本不发生明显变化，项目建设对所在海域地形的影响小；项目捞起海缆施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 1.284km^2 ，最大扩散距离为西向和南向 0.5km；项目海缆敷设施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 2.875km^2 ，最大扩散距离为西向 1.0km；运营期数据中心排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38°C 和 0.31°C ，没有超 1°C 温升分布的范围，项目建设对海域生态系统服务功能的影响小。本项目构筑物不涉及其他项目的海底电缆管道区域。本项目实施应设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，不会对所在海域的水质环境造成影响。运维船舶产生的含油污水及人员生活污水，也统一上岸接收处理，不向海洋排放，确保运行期不对海洋环境造成影响。

综上分析，项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中关于“白颈屿西南工矿通信用海区”的管控要求。具体情况见表 6.2-1 的分析。

表 6.2-1 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

功能区名称	管控要求		符合性分析	是否符合
白颈岛西南工矿通信海区	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.本项目为其他工业用海，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； 2.本项目采取立体分层设权。	不冲突
	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。	符合
	其他要求	——	——	——

6.3 与“三区三线”中的生态保护红线的符合性分析

根据叠图可见，本项目不占用生态保护红线，项目周边的生态保护红线有“汕头珍稀濒危物种分布区”和“广东南澎列岛国家级自然保护区”等。

本项目不占用生态保护红线，项目周边距离最近的是“汕头珍稀濒危物种分

布区”，距离约 0.8km。本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道和取、排水口。

根据数值模拟结果，工程实施后对工程附近水动力环境影响有限，产生的影响范围不超过 2km；工程实施后冲淤变化主要发生在工程附近区域，数据中心周边 2km 以外海域地形基本不发生明显变化；项目捞起海缆施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 1.284km^2 ，最大扩散距离为西向和南向 0.5km；项目海缆敷设施工产生的底层 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络面积为 2.875km^2 ，最大扩散距离为西向 1.0km；运营期数据中心排放口夏冬季节表层水温最高增加 0.38°C 和 0.31°C ，没有超 1°C 温升分布的范围。本项目实施应设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，不会对所在海域的水质环境造成影响。运维船舶产生的含油污水及人员生活污水，也统一上岸接收处理，不向海洋排放，确保运行期不对海洋环境造成影响。本项目桩基采用牺牲阳极法与涂层防护联合防护，运行期间不会对周边海域沉积物环境造成不利影响，沉积物质量可维持原有水平。本项目建设对周边海域环境造成的影响较小且可控。

本项目施工噪声可能会对白海豚产生影响，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。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，项目建设对海龟的生存活动影响较小。本项目所在海域不是中国鲨主要活动区域，项目建设对中国鲨及其生境影响不大。根据数模预测，本项目施工产生的悬浮泥沙最大扩散距离为 1.0km，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影响。

综上，本项目建设不会对“汕头珍稀濒危物种分布区”及周边其他生态保护红线产生较大的影响。本项目不占用生态保护红线，施工期和运营期对周边生态保护红线影响较小且可控，符合“三区三线”划定成果中的生态保护红线的要求。

小结：

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕头市国土空间总

体规划（2021-2035 年）》划定的海洋开发利用空间范围内，不占用生态保护区与生态控制区，项目建设符合各级国土空间规划文件的管控要求。项目建设也符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》。

项目不占用生态保护红线，位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的白颈屿西南工矿通信用海区，项目建设符合所在功能区的管控要求。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 用海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。项目的建设选址区域的社会条件是相适应的，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。

7.1.2 用海与自然资源、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 21~22m 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》，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。

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。本项目温排水排放量为 1.728 万 m³/d，排放量较小，且温排水所在海域比较广阔，水动力交换条件好，温排水水团的温度能很快被稀释，本工程的建设与水动力条件相适宜。

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，本项目用海选址与自然资源和生态环境相适宜。

7.1.3 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析

根据本报告第 5 章节，本项目所在海域开发利用活动主要为航路、锚地、养殖、倾倒区、自然保护区、海上风电场等。本项目用海利益相关者为***，需协调部门为汕头海事局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

7.1.4 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展

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，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电缆，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，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。

因此，本项目用海选址有利于汕头海域海洋产业协调发展。

7.1.5 项目依托可行性分析

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 集电海缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。

① 传输电能可行性

项目从勒门I扩建项目引出 2 回 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门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。

原有及新建 66kV 海底电缆载流量、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 送出海底电缆可适配风电送出、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。

② 传输数据可行性

项目新建 2 条 66kV 海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站,依托勒门扩建项目的 220kV 送出海底电缆内置的专用光纤芯线输送数据。220kV 送出海底电缆单路光纤 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 海底电缆、海上升压站、220kV 送出海底电缆,海上依托工程内容具有可行性、合理性。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 是否体现节约集约用海的原则

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海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F风机进入升压站的66kV海底电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海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站,接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。

项目依托勒门 I 扩建项目进行海底数据中心建设,不新增海底登陆电缆,充分体现了节约和集约用海的原则。

7.2.2 是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目建设数据舱、数据舱取、排水口和海底电缆，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域产生不可逆的生态影响。

数据舱基础施工及海底电缆铺设将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复；温排水在排水口周边扩散，由于排水量较小，排水温升不超过 5℃，对生物影响较小；总体来说项目建设运营过程中对区域海洋生态系统的影响不大。可见，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但可以通过增殖放流等措施进行生态补偿，本项目已避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响，符合相关要求。

7.2.3 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

项目用海不改变海域自然属性，海底数据中心的新敷设海底电缆埋设于海床以下 3m，海底电缆用海方式不改变海域自然属性和水文动力条件。数据舱采用四桩导管架基础，钢管桩直径 3.5m，桩基础阻水作用很小。根据第 4 章分析，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，泥沙冲淤影响较小。

7.2.4 能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

根据本报告第 5 章节，本项目所在海域开发利用活动主要为航路、锚地、养殖、倾倒区、自然保护区、海上风电场等。本项目用海利益相关者为***，需协调部门为汕头海事局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

综上，根据现阶段平面布置方案，本项目的开发建设可与周边其他用海活动相适应。

7.3 用海方式合理性分析

7.3.1 是否遵循尽最大可能不填海或少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则

项目建设数据舱、数据舱取、排水口和海底电缆，用海方式分别为透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道，不涉及填海和非透水构筑物用海，海上升压站采用了透水构筑物的方式，项目遵循了尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则。

7.3.2 能否最大程度地减少对海域自然属性的影响、是否有利于维护海域基本功能

本项目建设数据舱、数据舱取、排水口和海底电缆，用海方式分别为透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道。虽然项目建设需占用一定的海域，但用海方式分别为透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道用海基本不改变海域的自然属性，能够保持水体的流通交换，对海域的使用不属于不可恢复，不涉及炸岛和围填海等，项目实施虽然会对所在海域的渔业资源造成一定的影响，但通过生态减缓和补偿措施，不影响海域主导功能的实现，能够维护海域基本功能。

7.3.3 能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目施工期间会对作业面的底栖生物和底栖生境造成完全破坏，栖息于上述范围内的底栖生物将全部损失，部分游泳能力差的底栖生物如底栖鱼类、虾类也将因为躲避不及而被损伤或掩埋。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。本项目施工会产生悬浮泥沙，工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，对项目周边海域的沉积物环境质量不会产生明显变化。为弥补工程建设对海洋生态环境带来的不利影响，建设单位应做好环境保护工作和生态补偿工作，把不利影响降到最低。

项目数据舱基础施工及海底电缆铺设等将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复。项目用海方式及建设运营过程中对区域海洋生态系统的影响不大；项目取排水口运营过程中，不可避免的会对周边海洋生物产生影响，但项目取水量和排水量均较小，对其影响有限。可见，本项目建设对区

域生态系统有一定影响，但可以通过增殖放流等措施进行生态补偿，本项目用海方式对区域海洋生态系统的影响是可以接受的。同时，项目已优先避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响。

7.3.4 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

项目用海不改变海域自然属性，海底数据中心的新敷设海底电缆埋设于海床以下 3m，海底电缆用海方式不改变海域自然属性和水文动力条件。数据舱采用四桩导管架基础，钢管桩直径 3.5m，桩基础阻水作用很小。根据第 4 章分析，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，泥沙冲淤影响较小。

7.4 占用岸线合理性分析

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，不占用岸线资源。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 申请用海面积

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 海底电缆）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 海底电缆采用分层立体设权，数据舱取、排水口空间确权层为水体，范围为现状海床高程~平均海平面；66kV 海底电缆空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程（-26.2m）至实际设计高程（-24.0m），1985 国家高程基准。

表 7.5.1-1 申请用海面积一览表

内部单元	用海方式	用海面积（公顷）	用海空间层	高程范围
数据舱	透水构筑物	0.4192	/	/
66kV 海底 电缆	海底电缆管 道	2.0392	底土	电缆管道设施下缘高程（-26.2m）至实际设计高程（-24.0m）

数据舱取、排水口	取、排水口	2.4074	水体	现状海床高程~平均海平面
----------	-------	--------	----	--------------

7.5.2 项目用海面积合理性

7.5.2.1 是否满足项目用海需求

项目依托勒门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，最外缘尺寸为44.2m×44.2m，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海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F风机进入升压站的66kV海底电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海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门I扩建项目的送出电缆传输数据。

数据舱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，海水系统换热后最大温升不超过5℃。

（1）数据舱用海需求

本项目拟布置1座数据舱，数据舱上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为39m×45.3m，数据舱采用四桩导管架基础，为最外缘尺寸为44.2m×44.2m，最终确定数据舱申请用海的最外缘尺寸为45.3m×44.2m。

本项目数据舱用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于10m保护距离为界”进行界定，则数据舱申请用海面积由平台外缘向外扩10m确定申请用海范围。

因此，本项目数据舱申请用海面积0.4192公顷可以满足项目用海需求。

（2）数据舱取、排水口用海需求

数据舱利用海水进行冷却降温，项目取、排水口设施全部位于数据舱平台最外缘线范围内，根据《海籍调查规范》“工业取排水口用海，岸边以海岸线为界，水中以取排水设施外缘线外扩80m的矩形范围为界”的要求来确定。考虑到本项目数据舱取、排水口与数据舱用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采

取就高不就低的原则：即数据舱用海优先，取、排水口次之，扣除数据舱透水构筑物用海与取、排水口重叠范围。

因此，本项目申请数据舱取、排水口用海面积 2.4074 公顷可以满足项目用海需求。

（3）66kV 海底电缆

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 海底电缆和连接#57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门I扩建项目的海上升压站。海底电缆外径 146.3mm，长度 1.72km，则 66kV 海底电缆占用海域面积为 0.2516 公顷。

根据《海籍调查规范》“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的布置，考虑到本项目 66kV 海底电缆与数据舱和取、排水口用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即数据舱和取、排水口用海优先，海底电缆次之，扣除数据舱和取、排水口用海与 66kV 海底电缆重叠范围；另外本项目 66kV 海底电缆与勒门 I 扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠，本项目对重叠范围进行避让。

因此，本项目申请 66kV 海底电缆用海面积 2.0392 公顷可以满足项目用海需求。

7.5.2.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

（1）与《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190 20162016）等行业规范相符合

本项目海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T5119020162016）、《海底光缆规范》（GB/T18480-2001）、《海底光缆工程设计规范》（GB/T 51154-2015）等的要求，本项目设计符合海缆等相关规范的设计要求。

（2）与《海籍调查规范》相符合

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(二级方式)和海底电缆管道(二级方式)。

根据《海籍调查规范》中“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”“工业取排水口用海，岸边以海岸线为界，水中以取排水设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界”“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。

本项目数据舱以其平台外缘线外扩 10m 确定界址点；数据舱取、排水口以其外缘线外扩 80m 确定界址点；66kV 海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定界址点。同时，《海籍调查规范》中规定：当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。本项目数据舱取、排水口与数据舱用海重叠，66kV 海底电缆与数据舱和取、排水口用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即数据舱透水构筑物用海优先，数据舱取、排水口次之，海底电缆管道最后，重叠部分面积扣除。另外本项目 66kV 海底电缆与勒门 I 扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠，本项目对重叠范围进行避让。

(3) 与《海域使用面积测量规范》相符合

按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目拟申请用海面积是根据坐标解析法进行计算的，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于软件计算功能直接求得透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道用海面积。

因此，本项目拟申请用海面积的界定符合相关管理办法的要求。

7.5.2.3 减少项目用海面积的可行性

根据建设单位的实际用海需求，结合总平面布置进行量算，项目用海范围和界址点的选择均参照《海籍调查规范》中关于面积界定及面积计算的规定，现阶段已无减少用海面积的可能性。

7.5.3 宗海图绘制

7.5.3.1 测量相关说明

(1) 宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，广东海兰图环境技术研究有限公司负责进行本项目海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44518541。

(2) 执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；

《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；

《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部，2023 年 11 月）；

《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》（广东省自然资源厅，2024 年 6 月）。

7.5.3.2 宗海界址点的确定方法

(1) 数据舱用海的界定

本项目拟布置 1 座数据舱，数据舱上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为 39m×45.3m，数据舱采用四桩导管架基础，最外缘尺寸为 44.2m×44.2m，最终确定数据舱申请用海的最外缘尺寸为 45.3m×44.2m。

本项目数据舱用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，则数据舱申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围，即由 65.3m×64.2m 确定用海边界。

(2) 数据舱取、排水口用海需求

数据舱利用海水进行冷却降温，项目取、排水口设施全部位于数据舱平台最外缘线范围内，根据《海籍调查规范》“工业取排水口用海，岸边以海岸线为界，水中以取排水设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界”的要求来确定。考虑到本项目数据舱取、排水口与数据舱用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采

取就高不就低的原则：即数据舱用海优先，取、排水口次之，扣除数据舱透水构筑物用海与取、排水口重叠面积范围。

（3）66kV 海底电缆

本项目 66kV 海底电缆外径 146.3mm，长度 1.72km，根据《海籍调查规范》“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的布置，考虑到本项目 66kV 海底电缆与数据舱和取、排水口用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即数据舱和取、排水口用海优先，海底电缆次之，扣除数据舱和取、排水口用海与 66kV 海底电缆重叠范围；另外本项目 66kV 海底电缆与勒门 I 扩建项目升压站、海底电缆用海范围重叠，本项目对重叠范围进行避让。

7.5.3.3 宗海图的绘制

（1）宗海位置图的绘制方法

本项目宗海位置图底图采用中华人民共和国海事局2012年12月出版，2021年3月第2版，图号为81001的海图。图式采用GB 12319-1998，CGCS2000坐标系，深度...米...理论最低潮面，高程...米...1985 年国家高程基准，比例尺为1:150,000（23°09′）。将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加至上述图件中，并填上《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。

（2）宗海平面布置图的绘制

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，在软件界面下，形成有地形图及用海布置图等为底图，以用海界线形成不同颜色区分的用海区域，绘出项目宗海平面布置图。

（3）宗海界址图绘制

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，利用软件矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围。

（4）宗海立体空间范围示意图的绘制方法

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》和《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》的绘制要求，利用相关软件绘制宗海立体空间范围示意图。

7.5.3.4 宗海界址点坐标

宗海界址点在软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、117°00'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。项目宗海界址图见图 7.5.3-3。

高斯投影反算公式：

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

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

7.5.4 用海面积量算

（1）宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，通过计算直接求得用海面积。

（2）宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的用海类型，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 海底电缆）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。

汕头海底数据中心一期项目宗海位置图

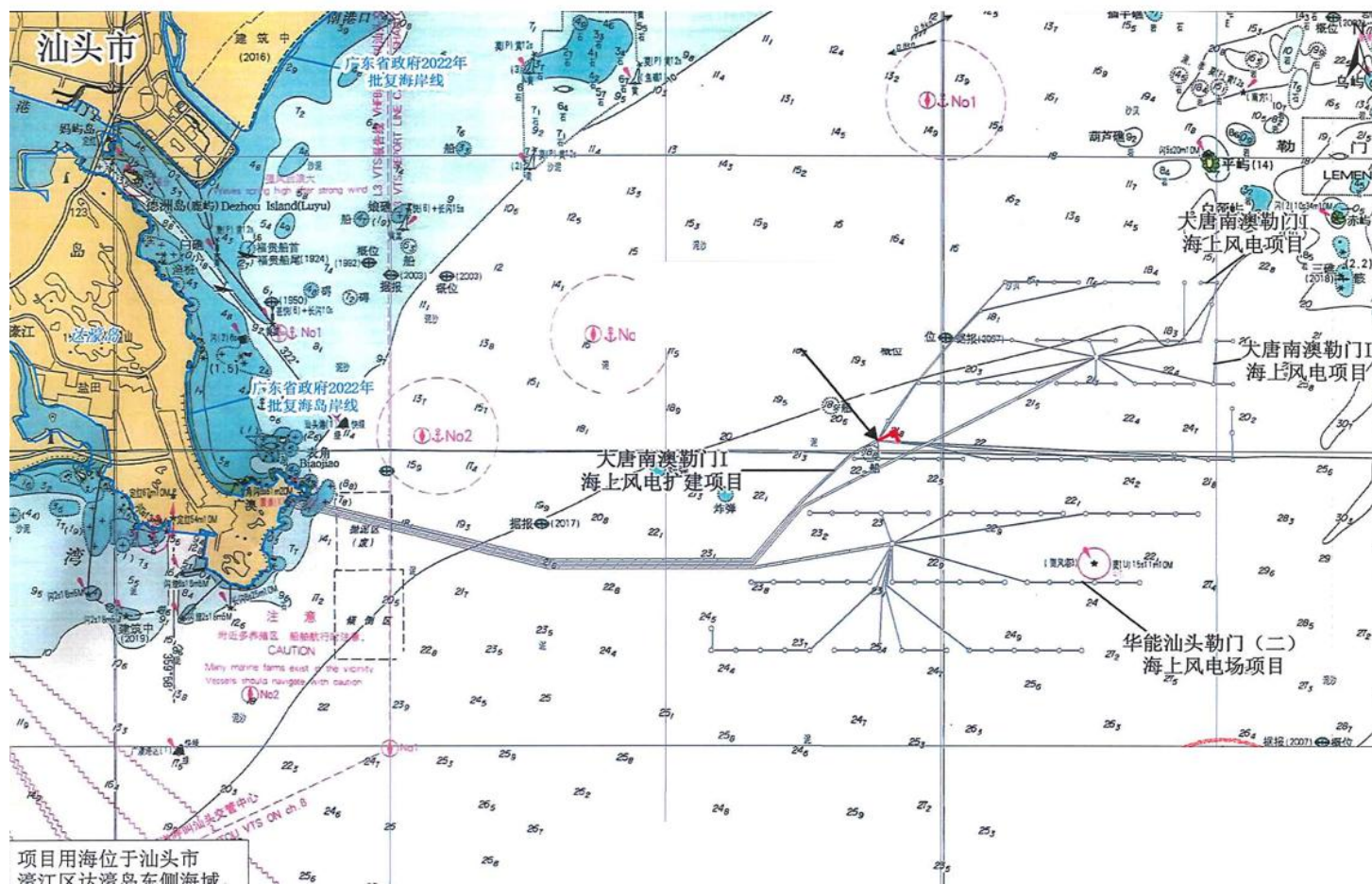


图7.5.3-1 宗海位置图

汕头海底数据中心一期项目宗海平面布置图

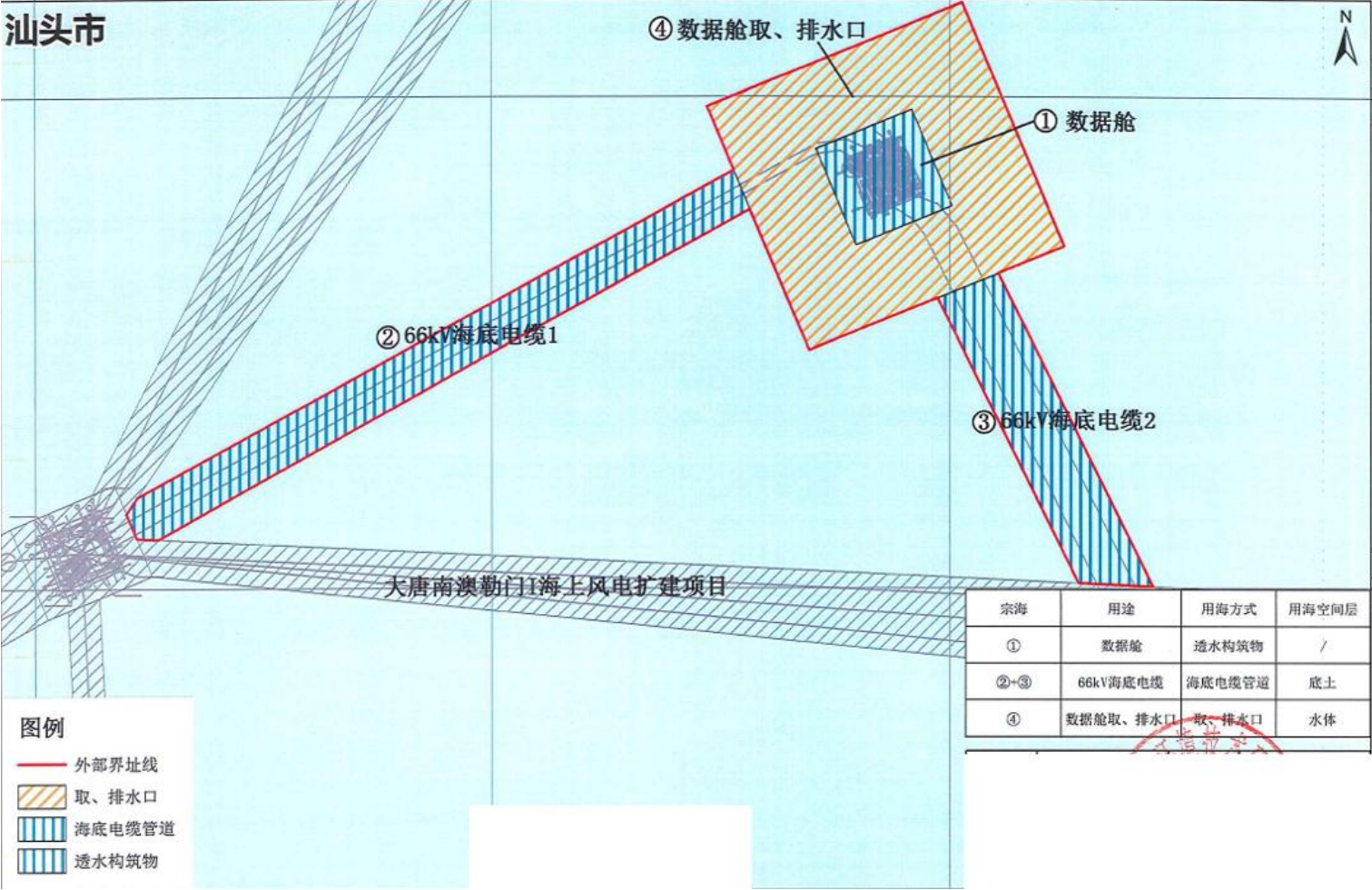


图7.5.3-2 宗海平面布置图

汕头海底数据中心一期项目宗海界址图

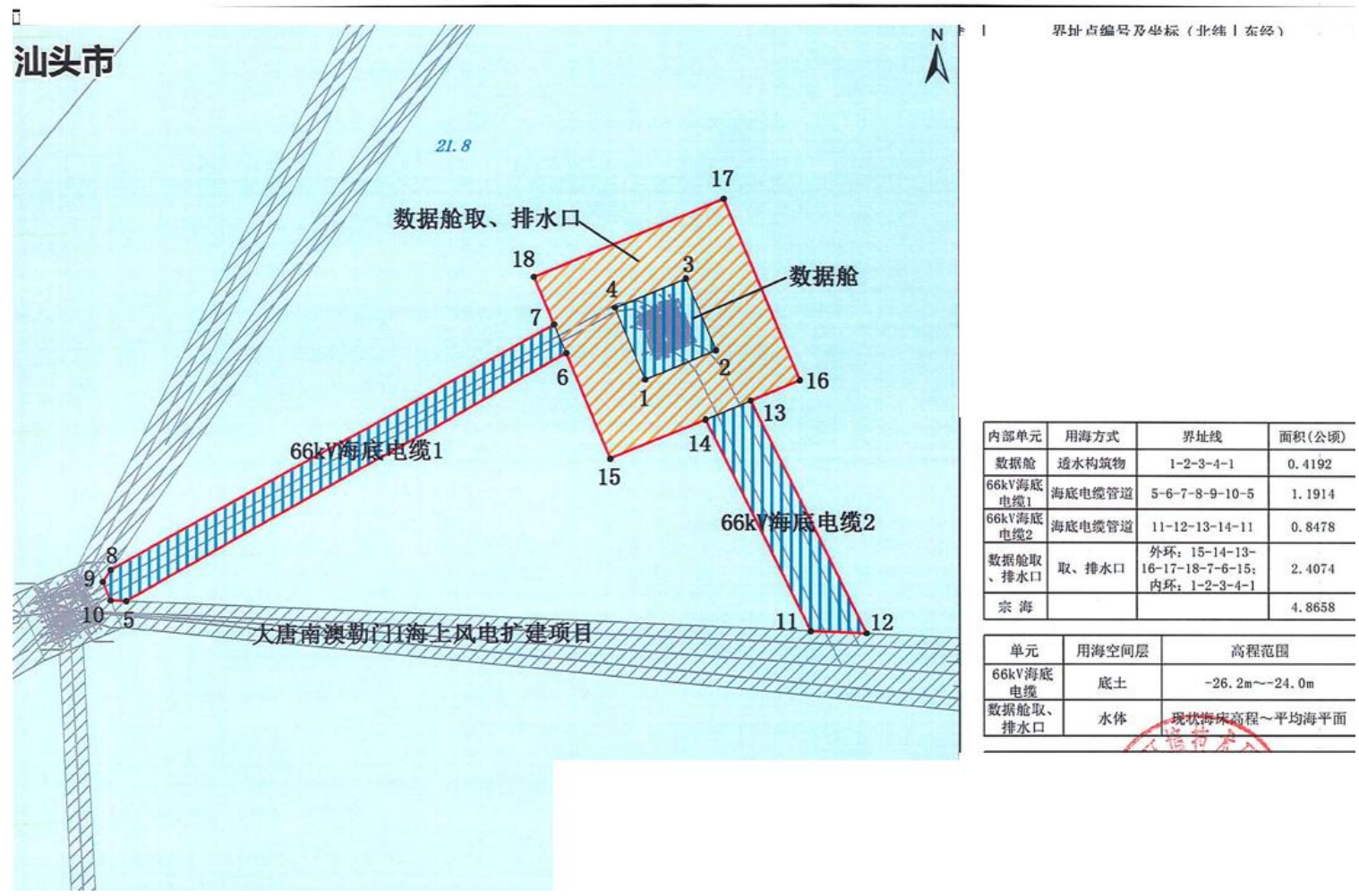


图7.5.3-3 宗海界址图

汕头海底数据中心一期项目（66kV海底电缆）宗海立体空间范围示意图

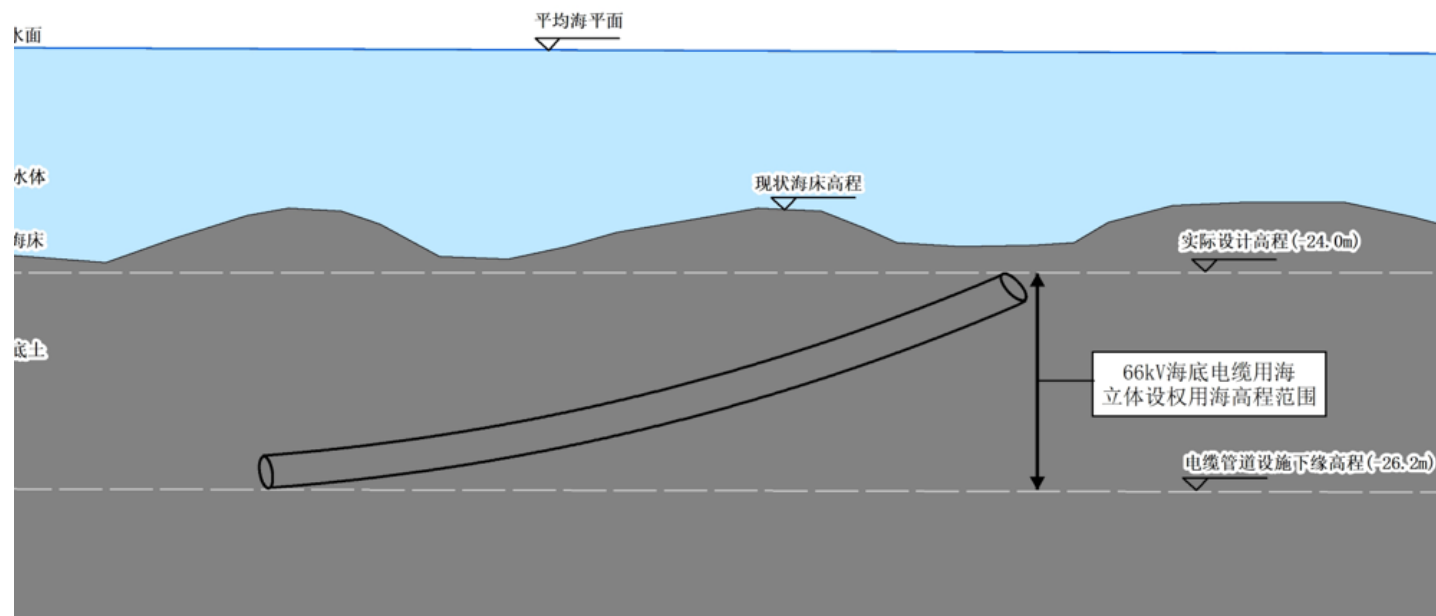


图7.5.3-4 宗海立体空间范围示意图（66kV 海底电缆）

汕头海底数据中心一期项目（数据舱取、排水口）宗海立体空间范围示意图

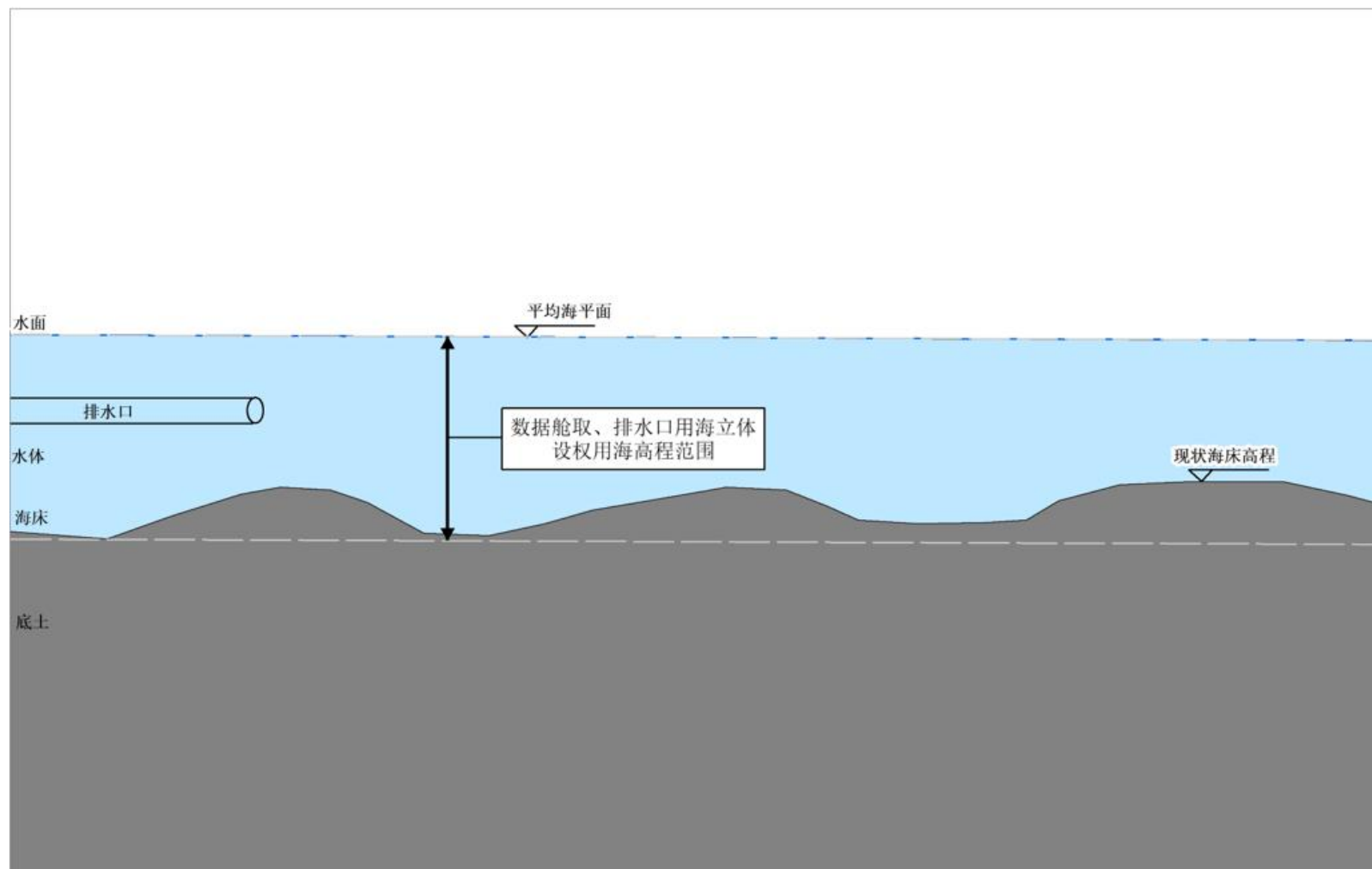


图7.5.3-5 宗海立体范围示意图（数据舱取、排水口）

7.6 立体设权合理性分析

7.6.1 立体设权范围

本项目拟对数据舱取、排水口和 66kV 海底电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 海底电缆空间确权层为底土，确权高程为电缆管道设施下缘高程（-26.2m）至实际设计高程（-24.0m），1985 国家高程基准。

项目宗海立体空间范围示意图详见图 7.5.3-4、图 7.5.3-5。

7.6.2 立体确权必要性分析

随着海洋经济快速发展，用海需求持续增加，海域空间资源稀缺性日益凸显。开展海域立体分层设权是完善海域资源资产产权制度、丰富海域使用权权能的重要举措，也是缓解用海矛盾、提高资源利用效率的必然选择，对于促进海域资源节约集约利用和有效保护、推动海洋经济高质量发展、加强海洋生态文明建设具有重要意义。本项目采用立体分层设权能够充分利用该地区丰富空间资源，实现海域资源的有效利用。本项目与周边海域开发活动可利用不同层次的海域空间，具备立体设权的条件。

立体分层设权的项目用海，按照“一物一权、一证一缴”的方式征收海域使用金，同一海域立体分层设权的每一个项目，均视为独立的征收对象，依据其用海方式，分别按规定征收海域使用金，本项目立体设权符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

综合以上分析，本项目采取立体设权方式用海，具有必要性。

7.6.3 立体设权可行性分析

7.6.3.1 海域管理政策的可行性分析

《中华人民共和国海域使用管理法》所称海域，是指中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土。根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）5.2.5 宗海垂向范围界定，“遇特殊需要时，应根据项目用海占用水面、水体、海床和

底土的实际情况，界定宗海的垂向使用范围”。

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，2023年9月18日），用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权。可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。

本项目拟采取立体设权符合相关海域管理要求，立体分层设权可行，提高了海域有限资源的利用效率。

7.6.3.2 利益相关者可协调性

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权，应与原海域使用权人协商一致达成协议后按程序办理用海手续，确保新设海域使用权与原海域使用权不存在权属冲突。本项目申请用海范围与周边用海活动不存在权属重叠，与周边用海开发利用的利益可协调。

7.6.4 立体空间布置的合理性

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含4个层次。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值，本项目立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，对不同层面的海域进

行确权，提高了海域空间资源的产权效率。本项目采用平面界址“四至”坐标和竖向分层的海籍信息表达方式，其中，宗海竖向边界采用“水面”“水体”“海床”“底土”定性表述及 1985 高程范围定量表述结合，项目宗海竖向边界范围根据设计标高确定，能够满足项目所需的海域空间承载范围。

7.7 用海期限合理性分析

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（二级方式）和海底电缆管道（二级方式）。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条 海域使用权最高期限，按照下列用途确定：

- （一）养殖用海十五年；
- （二）拆船用海二十年；
- （三）旅游、娱乐用海二十五年；
- （四）盐业、矿业用海三十年；
- （五）公益事业用海四十年；
- （六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目数据舱设计使用年限为 15 年，设计防腐年限为 20 年，施工期是 318 天，考虑施工时天气、海况等原因，本项目申请用海期限 16 年。本项目依托勒门 I 扩建项目建设，申请用海期限未超出勒门 I 扩建项目批复用海期限 27 年（2024 年 11 月 15 日至 2051 年 11 月 14 日），亦符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，因此本项目申请用海期限 16 年是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。海域使用权到期后不再续期的，要按照《海域使用管理法》等相关法律法规要求，拆除数据舱、海底电缆等用海设施，恢复海域原状，避免影响海上交通等其他用海活动。若海域使用权到期后

不再续期，建议拆除期限纳入批复用海期限。

8 生态用海对策措施

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（二级方式）和海底电缆管道（二级方式）。

项目不占用岸线。根据前文资源生态影响预测分析结果，项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源降低。针对项目可能产生的主要生态问题，提出海洋生物资源恢复的生态修复措施。计划在取得用海批复2年内由建设单位组织开展本项目生态修复计划，确保海洋生物资源能够得到恢复。

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态保护对策

1、设计阶段生态保护对策

本项目设计体现了生态化理念，避让了生态敏感目标。项目选址避让了生态红线保护区、航道和锚地等，尽可能减少项目对海洋自然资源的占用。

2、施工阶段生态保护对策

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道和取、排水口。数据舱基础及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物生物量的损失，同时，项目施工期产生悬浮泥沙会影响浮游动植物、鱼卵仔鱼、渔业资源和渔业生产。为降低项目施工期对资源生态的影响，项目施工做好如下措施：

（1）工程建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把不利影响控制到最低程度。

（2）施工过程中应加强施工管理，科学安排作业时间和程序。施工期安排尽量避开主要经济鱼类产卵季节和保护期，严格按照操作规程，尽量避免事故发

生，减少对海洋环境、海洋生态的影响。

(3) 严格限制施工区域，桩基沉桩及海缆敷设施工时，控制作业面（带）宽度，根据桩基尺寸及电缆沟设计沟槽宽度选择合理埋设犁等设备的尺寸，减少超挖量及工作面，从而降低对生态环境的影响范围。

(4) 桩基基础施工控制每日和每次打桩数量，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

(5) 施工船舶含油污水和生活污水禁止在工程海域排放，含油污水收集后交由有处置能力单位处理，海上生活污水收集上岸处理。施工单位还应对施工船只进行机械管理，定期进行检修，强化保养，严禁带“病”作业，防止机油泄漏事故。

(6) 海上施工应选择海况良好，潮流较缓的情况进行施工作业，同时注意沉桩、海缆铺设的施工速率和强度，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

(7) 施工前应与当地渔业主管部门做好沟通，并严格按照国家及地方的有关规定执行，做好相关的经济补偿工作。

(8) 施工期对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

3、运营阶段生态保护对策

(1) 减轻数据舱噪声对海洋生物资源的影响

数据舱噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。机械噪声和结构噪声这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，保持良好的润滑条件。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

(2) 含油废弃物收集措施

对数据舱进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将含油废物等一并送交具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危

险废物处理资质的单位处理。

8.1.2 生态跟踪监测

8.1.2.1 施工期环境监测

通过环境监测可以及时掌握工程施工期污染物排放情况及对施工现场周围区域环境质量的影响程度,并反映和掌握营运期防治污染措施的有效程度和治理污染设施的运行治理效果,为环境管理工作提供科学依据。因此,必须做好该工程的环境监测计划。

本项目监测站位选取本报告春季海洋环境现状调查站位中的 LM16、LM17,再布设 2 个监测站位。监测过程中可视情况做适当的调整。

(1) 海水水质

为了解项目施工期悬浮物的污染状况,桩基施工及电缆沟开挖对海洋水质环境的影响,监测施工过程中悬浮物影响程度和范围,评价施工期水质是否满足海水水质标准,为施工期环境管理提供依据,对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。

监测项目:水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD₅、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、挥发性酚等。

监测站位:共布设 4 个监测站位,监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率:1 次/年,春季(避开生物产卵期)。

(2) 沉积物质量

监测项目:粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷。

监测站位:共布设 4 个监测站位,监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率:1 次/年,春季(避开生物产卵期)。

(3) 海洋生物质量

监测项目:铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃等。

监测站位:共布设 4 个监测站位,监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率:1 次/年,春季(避开生物产卵期)。

(4) 海洋生态

监测项目：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）。

监测站位：共布设 4 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季（避开生物产卵期）。

表8.1.2-1 施工期监测站位一览表

站位	纬度 N	经度 E	调查项目
1	***	***	水质、沉积物、生物质量、生态和渔业资源
2	***	***	水质、沉积物、生物质量、生态和渔业资源
3	***	***	水质、沉积物、生物质量、生态和渔业资源
4	***	***	水质、沉积物、生物质量、生态和渔业资源



图8.1.2-1 跟踪监测站位图

8.1.2.2 营运期环境监测

营运期的环境监测项目由本工程的业主委托当地有资质的环保监测单位开展，如有可能应与当地环保监测部门的年度监测相结合，以充分利用现有资源并便于整个地区的环境质量变化情况相对照。

（1）海水水质监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 4 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：运营期前 3 年，1 次/年，春季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 4 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：运营期前 3 年，1 次/年，春季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 4 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：运营期前 3 年，1 次/年，春季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 4 个监测站位，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：运营期前 3 年，1 次/年，春季或（避开生物产卵期）。

8.1.2.3 生态跟踪监测评价

本项目应根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与本论证报告采用的现状调查数据进行比较，对是否突破相应指标合理变化范围进行评价。在监测完成后，开展趋势评价，结合生态本底调查数据和长期监测数据，就各类指标的变化趋势、特别是逐步恶化趋势作出评价。在完成现状评价和趋势评价后，应进行综合评价，综合生态本底调查数据、各监测要素的现状评价和趋势评价结论，对项目周边海域的海洋生态和环境存在的问题、潜在风险进行评估。

本项目应严格执行生态跟踪监测，根据实际情况可适度调整部分站位，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，根据评价结果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，并通过生态跟踪监测和评价，检验海洋生态修复措施的可行性和有效性。

8.2 生态保护修复措施

根据前文分析，本项目桩基础及海缆施工造成底栖生物直接损失量为 30.00 kg；捞起海缆产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 8.11kg，鱼卵直接损失量为 2.59×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量为 2.99×10^4 尾；海缆敷设产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 24.99kg，鱼卵直接损失量为 7.77×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量为 9.94×10^3 尾；数据舱取水卷吸效应造成渔业资源直接损失量为鱼卵 3.01×10^6 粒/年、仔稚鱼 6.31×10^4 尾/年。

通过对海洋生物资源进行赔偿将对海洋生物受损的影响降到最低。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位对项目附近海域的生物资源恢复作出补偿。

8.2.1 生态修复目标

考虑到本项目生态环境影响较小，造成的直接生物损失量小，仅采取增殖放流的方式开展生态修复。

由于本项目建设对海洋生物资源造成的损失量相对较小，建议将本项目所需的增殖放流措施纳入当地增殖放流管理保护工作中统筹实施。以下修复方案可供相关主管单位在推进本地增殖放流工作中参考借鉴。

取得用海批复后 2 年内休渔期按照计划完成增殖放流（项目具体放流数量以项目环境影响评价报告为准，增殖放流实施方案以主管部门认定的为准）。

8.2.2 生态修复内容（增殖放流）

1、修复内容及规模

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗为主。拟定取得用海批复 2 年后休渔期进行增殖放流。

2、增殖放流品种选择

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》南海增殖放流分水域适宜性评价表，汕头南澳岛海域适宜品种为：花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、布氏鲷、大黄鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾等，本次增殖放流建议在选取本地品种黑鲷、黄鳍鲷鱼苗等进行增殖放流。

3、修复方案

（1）修复布局

项目海底电缆及数据舱基础建设造成海洋生物资源损失，结合前文分析，本方案推荐采取增殖放流措施，提高项目所在海域的海洋生物资源总量和生物多样性。根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》《广东省海洋生物增殖放流技术指南》，推荐本项目放流地点为汕头南澳岛海域，且增殖放流地点应选择：1）产卵场、索饵场、洄游通道或人工鱼礁放牧场；2）非倾废区，非盐场、电厂、养殖场等进、排水区的海洋公共水域，并应选择靠近港口码头利于增殖放流工作开展，且捕捞影响较小的区域。再结合汕头市往年增殖放流区域，拟选择汕头南澳岛附近海域进行增殖放流。

（2）修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗为主，拟定每年休渔期进行增殖放流，拟于取得用海批复后的休渔期期间实施。

渔业增殖放流要求：增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长应在 4cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理。增殖放流过程中，要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T 12763 和 SC/T9102 的方法，定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

（3）生态保护修复一览表

表8.2.2-1 生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人	备注
海洋生物资源恢复	增殖放流	项目具体放流数量以项目环境影响评价报告为准，增殖放流实施方案以主管部门认定的为准	取得用海批复后 2 年内休渔期	建设单位	1、放流规格、数量可根据当年市场苗种情况进行合理调整，且不少于报告所列数量； 2、具体实施方案、周期在实施过程中结合环境影响评价报告和实际情况进行适当调整。

8.2.3 生态保护修复实施效果监测

结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

1、主要监测内容：海洋生物。

2、主要监测项目：浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物、大型藻类以及增殖放流生物品种等。

3、监测频次：修复完成后首年春季各监测 1 次。

表8.2.3-1 跟踪监测计划

修复类型	监测内容	主要监测项目	监测频次
海洋生物资源恢复	海洋生物	浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物、大型藻类以及增殖放流生物品种等	修复完成后首年春季各监测 1 次

9 结论

9.1 项目用海基本情况

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，建设单位为海兰云（广东）科技有限公司，项目依托勒门 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 海底电缆和连接 #57F、#58F、#59F、#60F 风机进入升压站的 66kV 海底电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 海底电缆接入勒门 I 扩建项目的海上升压站，接入海上升压站后依托勒门 I 扩建项目的送出电缆传输数据。数据舱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，海水系统换热后最大温升不超过 5℃。

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（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 海底电缆）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 海底电缆采用分层立体设权，数据舱取、排水口空间确权层为水体，范围为现状海床高程~平均海平面；66kV 海底电缆空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程（-26.2m）至实际设计高程（-24.0m），1985 国家高程基准。本项目申请用海范围不占用岸线。

9.2 项目用海必要性结论

海底数据中心将服务器布设在海底的舱中，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电缆，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 海底电缆建设是必要的，其建设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

9.3 项目用海资源生态影响分析结论

本项目建设对附近海域水动力环境影响较小，流速变化值位于 -0.26m/s~0.04m/s 之间，流向变化值位于 -3.1°~4.1°之间，影响范围不超过 2km；项目建设对周边地形地貌与冲淤环境影响主要以淤积为主，平均淤积幅度为 0.10m，2km 以外海域地形基本不发生明显变化。

海缆施工产生的悬沙扩散主要是在缆线周围。整体上看，项目捞起海缆施工产生的垂向平均 >10mg/L 悬沙增量包络面积为 0.552 km²，最大扩散距离为西向和南向 0.5km；项目海缆敷设施工产生的垂向平均 >10mg/L 悬沙增量包络面积为 1.528 km²，最大扩散距离为西向 1.0km，悬浮泥沙的影响是暂时的，影响时间基本为施工期间，施工结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响。

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℃，对周边海洋环境产生影响较小。

施工期产生的沉积物来源于本海域，不会对本海域沉积物的理化性质产生影响。项目施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生较大变化，仍基本保持现有水平。

项目用海海洋生物资源损失主要是项目建设对底栖生物栖息地的破坏，造成底栖生物死亡，此外还有工程施工引起周围水域悬浮物浓度增高而引起的其它海洋生物的损失以及运营期取水口卷吸效应造成海洋生物损失。本项目桩基础及海缆施工造成底栖生物直接损失量为 30.00kg，捞起海缆产生的悬浮泥沙造成游泳

生物直接损失量为 8.11kg，鱼卵直接损失量为 2.59×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量为 2.99×10^4 尾；海缆敷设产生的悬浮泥沙造成游泳生物直接损失量为 24.99kg，鱼卵直接损失量为 7.77×10^5 粒，仔稚鱼直接损失量为 9.94×10^3 尾；数据舱取水卷吸效应造成渔业资源直接损失量为鱼卵 3.01×10^6 粒/年、仔稚鱼 6.31×10^4 尾/年。建设单位应对施工造成的生物损失作出生物资源补偿。

9.4 海域开发利用协调分析结论

根据第 5 章分析，本项目所在海域开发活动主要有航路、锚地、养殖、倾倒区、自然保护区、海上风电场等，项目用海利益相关者为***，需协调部门为汕头海事局。

通过正确处理好与利益相关者的协调关系，切实落实利益相关者协调协议或协调方案，保障用海秩序，尽量减轻对周边利益相关者的影响。为保证海上交通的正常秩序，在项目施工前，要对作业船只的活动时间、活动范围进行控制和规范，并上报主管部门审批，发布公告并设置航标、警示标志，明确标示施工水域；在项目施工时，建设单位应建立安全有效的联系机制，与汕头海事局进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。

项目所在地不属于军事用海区，与军事用海无冲突，对国防建设和国防安全没有影响，不损害国家权益。

9.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕头市国土空间总体规划（2021-2035 年）》划定的海洋开发利用空间范围内，不占用生态保护区与生态控制区，项目建设符合各级国土空间规划文件的管控要求。项目建设也符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》。

项目不占用生态保护红线，位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的白颈屿西南工矿通信用海区，项目建设符合所在功能区的管控要求。

9.6 项目用海合理性分析结论

本项目位于汕头市濠江区达濠岛东南侧海域，各项外部条件均能满足本项目的需要，项目所处区位社会经济条件可以满足项目建设和运营的要求。项目选址区的气象条件、地质条件、水深条件等均适宜项目建设的需要。在加强工程的环境保护、环境管理和监督工作，采取积极的预防及环保治理措施，并进行生态补偿的前提下，可以减轻对生态环境的影响程度，因此项目选址与生态环境是相适宜的。

项目依托勒门I扩建项目进行海底数据中心建设，不新增海底登陆电缆，避让了生态敏感目标，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，最大程度地减少对周边其他用海活动的影响，在满足用海需求的前提下，尽量减少用海面积，体现了集约、节约用海原则，用海平面布置合理；本项目建设海底数据中心，用海方式为透水构筑物、取、排水口和海底电缆管道，最大程度地减少对海域自然属性的影响，有利于维护海域基本功能，在充分采取各种保护和保全区域海洋生态系统措施的前提下，不会对海洋生态系统造成大的不利影响，用海方式合理。

本项目用海面积可以满足用海需求，界址点的确定及宗海图绘制等均符合《海籍调查规范》等相关标准和规范，项目用海面积是合理的。

本项目申请用海期限结合设计使用年限、防腐年限、施工期限的前提下，考虑施工时天气、海况等原因，申请用海期限未超出勒门I扩建项目批复用海期限27年（2024年11月15日至2051年11月14日），亦符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，因此本项目申请用海期限16年是合理的。

9.7 项目用海可行性分析结论

综上所述，汕头海底数据中心一期项目用海是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在国土空间规划、海岸带及海洋空间规划、生态保护红线的相关要求均相符。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，做好生态用海对策措施的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。