

**国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风
电场项目（第二次调整）海域使用
补充论证报告书**
(公示稿)

国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站
(统一社会信用代码: 121000004569093433)
二〇二四年八月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4452242024000906		
论证报告所属项目名称	国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站		
统一社会信用代码	121000004569093433		
法定代表人	蒋俊杰		
联系人	刘凌峰		
联系人手机	18211369602		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
李发明	BH003522	论证项目负责人	
李发明	BH003522	1. 概述 2. 项目用海基本情况 6. 国土空间规划符合性分析 9. 结论 10. 报告其他内容	
蔡一枝	BH003987	3. 项目所在海域概况	
程乔曦	BH003941	4. 资源生态影响分析	
赵晨辉	BH003517	5. 海域开发利用协调分析 8. 生态用海对策措施	
聂光裕	BH003944	7. 项目用海合理性分析	
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): 年 月 日			

项目基本情况表

项目名称	国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目			
项目地址	广东省揭阳市惠来县神泉镇南面海域			
项目性质	公益性（ ）		经营性（√）	
用海面积	472.4452 ha		投资金额	780576 万元
用海期限	27 年		预计就业人数	1000 人
占用岸线	总长度	0 m	邻近土地平均价格	——
	自然岸线	0 m	预计拉动区域经济产值	1617789 万元
	人工岸线	0m	填海成本	——
	其他岸线	0m		
海域使用类型	工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）； 工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）		新增岸线	0m
用海方式		面积	具体用途	
透水构筑物		72.2067ha	海上升压站与风机	
海底电缆管道用海		400.2385ha	220kV 送出海缆与 35kV 集电海缆	
注:根据《揭阳市 2022 年政府工作报告》2021 年，揭阳市生产总值 2228 亿元，固定资产投资 1075 亿元。				

目 录

摘 要.....	1
1 概述.....	5
1.1 论证工作由来.....	5
1.2 论证依据.....	8
1.2.1 法律法规及政策性文件	8
1.2.2 相关规划与区划	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 论证工作范围	13
1.4 论证重点.....	14
2 项目用海基本情况	14
2.1 用海项目建设内容.....	14
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	17
2.2.1 工程总平面布置	17
2.2.2 风力发电机组	21
2.2.3 海上升压站	24
2.2.4 陆上集控中心	27
2.2.5 海底电缆	27
2.2.6 登陆点位置及周边环境	28
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	32
2.3.1 风机基础施工	32
2.3.2 风电机组安装	34
2.3.3 海上升压站	34
2.3.4 海底电缆铺设	35
2.3.5 土石方平衡	42
2.3.6 实际施工进度	43
2.4 项目用海需求.....	44
2.4.1 项目拟申请用海面积	44
2.4.2 项目申请用海期限	50
2.5 项目用海必要性.....	50

2.5.1	项目建设必要性	50
2.5.2	项目用海必要性	50
2.5.3	项目调整必要性	51
3	项目所在海域概况	51
3.1	海洋资源概况	51
3.1.1	港口资源	51
3.1.2	航道（路）资源	53
3.1.3	锚地资源	55
3.1.4	旅游资源	57
3.1.5	海岛资源	58
3.1.6	海洋渔业资源	59
3.1.7	岸线资源	72
3.1.8	风能资源	73
3.2	海洋生态概况	75
3.2.1	气候特征	75
3.2.2	海洋水文动力环境	77
3.2.3	地形地貌和冲淤状况	78
3.2.4	工程地质	83
3.2.5	海洋生态现状	85
3.2.6	海洋水质现状调查与评价	110
3.2.7	海洋沉积物现状调查与评价	129
3.2.8	鸟类资源现状调查与评价	133
3.2.9	声环境及电磁环境现状	136
3.2.10	自然灾害	144
4	资源生态影响分析	146
4.1	生态评估	146
4.1.1	资源生态敏感目标	146
4.1.2	重点和关键预测因子	146
4.1.3	用海方案工况设计	147
4.2	项目用海资源影响分析	147
4.2.1	对岸线及海洋空间资源的影响分析	147
4.2.2	对风能资源的影响分析	147
4.2.3	对港口资源的影响分析	147
4.2.4	对航道锚地资源的影响分析	147

4.2.5	对旅游资源的影响分析	148
4.2.6	对海洋生物资源的影响	148
4.2.7	对渔业生产和渔业资源的影响分析	148
4.2.8	对鸟类资源的影响分析	150
4.3	项目用海生态影响分析	157
4.3.1	水动力环境影响预测与评价	157
4.3.2	地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	160
4.3.3	水质环境影响预测与评价	161
4.3.4	沉积物环境影响分析	168
4.3.5	对海洋生物的分析	169
4.3.6	噪声环境影响分析	172
4.3.7	电磁辐射环境影响分析	173
4.3.8	对“三场一通道”的影响分析	174
4.3.9	对海洋保护区的影响分析	174
4.3.10	项目施工前与施工期生态环境变化分析	175
4.3.11	项目施工前与施工期资源变化分析	178
5	海域开发利用协调分析	179
5.1	海域开发利用现状	179
5.1.1	社会经济概况	179
5.1.2	海域使用现状	181
5.1.3	海域使用权属	187
5.2	项目用海对海域开发活动的影响	189
5.2.1	对港口、航线、锚地区的影响分析	189
5.2.2	对保护区的影响分析	189
5.2.3	对测风塔的影响分析	192
5.2.4	对揭阳港前詹作业区通用码头一期工程的影响分析	192
5.2.5	对揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程的影响分析	192
5.2.6	对粤东液化天然气项目一期工程的影响分析	192
5.2.7	对项目所在区域其余海上风电项目的影响分析	193
5.2.8	对其余工程建设项目的的影响分析	193
5.2.9	对鲍鱼养殖场的影响分析	193
5.3	利益相关者界定	194
5.4	相关利益协调分析	199
5.4.1	与当地航道、海事主管部门的协调	199

5.4.2	与渔业主管部门的协调	200
5.4.3	与中海油粤东液化天然气有限责任公司的协调分析	200
5.5	项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析	201
6	国土空间规划符合性分析	201
6.1	项目用海与国土空间规划的符合性分析	201
6.1.1	与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析	201
6.1.2	与《揭阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》的符合性分析	202
6.1.3	与《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》的符合性分析	202
6.1.4	与《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》的符合性分析 ..	202
6.2	项目用海与海洋功能区划的符合性分析	202
6.2.1	项目所在海域海洋功能区划	202
6.2.2	项目用海对周边海洋功能区的影响	203
6.2.3	项目用海与海洋功能区划的符合性分析	204
6.3	项目用海与“三区三线”中海洋生态保护红线的符合性分析	205
6.3.1	项目所在海域及周边海域的海洋生态保护红线	205
6.3.2	对海洋生态保护红线的影响分析	207
6.3.3	与海洋生态保护红线的符合性分析	207
6.4	与相关规划的符合性分析	207
6.4.1	与《广东省海岸带综合保护与利用规划》的符合性分析	207
6.4.2	与《广东省海岸带综合保护与利用规划（修编）》（征求意见稿）的符合性 分析	208
6.4.3	与产业政策符合性分析	208
7	项目用海合理性分析	208
7.1	用海选址合理性分析	208
7.1.1	宏观选址	208
7.1.2	微观选址	211
7.1.3	小结	212
7.2	用海平面布置合理性分析	212
7.2.1	体现节约集约用海原则	212
7.2.2	有利于生态和环境保护	213
7.2.3	最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响	213
7.2.4	最大程度地减少对周边其他用海活动的影响	214
7.3	项目用海方式的合理性	214
7.3.1	遵循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	214
7.3.2 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.....	214
7.3.3 有利于保护和保全区域海洋生态系统	215
7.3.4 能最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响	215
7.4 占用岸线合理性分析	215
7.5 用海面积合理性分析	216
7.5.1 用海面积合理性	217
7.5.2 宗海图绘制	219
7.5.3 用海面积量算的准确性	221
7.6 用海期限合理性分析	230
8 生态用海对策措施	230
8.1 生态保护对策	231
8.1.1 设计阶段生态保护对策	231
8.1.2 施工阶段生态保护对策	231
8.1.3 运营阶段生态保护对策	235
8.1.4 生态保护对策落实情况	236
8.2 生态跟踪监测	243
8.2.1 施工期环境监测	243
8.2.2 运营期环境监测	257
8.3 生态保护修复措施	261
8.3.1 增殖放流	263
8.3.2 生态保护修复措施落实情况	270
9 结论与建议	270
9.1 结论	270
9.1.1 项目用海基本情况	270
9.1.2 项目用海调整必要性结论	271
9.1.3 项目用海资源环境影响变化分析结论	271
9.1.4 海域开发利用协调变化分析	272
9.1.5 项目用海与国土空间规划符合性分析结论	272
9.1.6 项目用海合理性分析	272
9.1.7 项目用海可行性结论	273
9.2 建议	273
资料来源说明	错误!未定义书签。
1 引用资料	错误!未定义书签。

2 现状调查资料.....	错误!未定义书签。
3 现场勘查记录.....	错误!未定义书签。

附件.....	错误!未定义书签。
---------	-----------

附件 1 工作委托书	错误!未定义书签。
附件 2 立项文件	错误!未定义书签。
附件 3 用海批复文件	错误!未定义书签。
附件 4 不动产权证书	错误!未定义书签。
附件 5 原补充论证报告专家评审意见	错误!未定义书签。
附件 6 处罚相关佐证材料	错误!未定义书签。
附件 7 相关协调意见	错误!未定义书签。
附件 8 增殖放流生态补偿相关佐证材料	错误!未定义书签。
附件 9 海洋测绘资质证书	错误!未定义书签。
附件 10 检验检测机构资质认定证书	错误!未定义书签。
附件 11 CMA 报告封面	错误!未定义书签。
附件 12 海洋生物生态名录	错误!未定义书签。

重要图件名录	错误!未定义书签。
--------------	-----------

图 1 宗海位置图.....	错误!未定义书签。
图 2 平面布置图.....	错误!未定义书签。
图 3 宗海界址图.....	错误!未定义书签。
图 4 项目开发利用现状图.....	错误!未定义书签。
图 5 利益相关者分布图.....	错误!未定义书签。
图 6 项目用海与国土空间规划的位置关系.....	错误!未定义书签。
图 7 项目用海与三区三线中生态保护红线的位置关系.....	错误!未定义书签。

摘 要

（一）项目用海基本情况

国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目建设单位为揭阳前詹风电有限公司，于 2020 年 9 月 27 日取得广东省人民政府的用海批复，批准用海面积 472.1808 公顷，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆管道用海面积 399.9741 公顷，批准用海 27 年。本项目于 2023 年 4 月 28 日全容量并网运行，项目装机总容量为 400MW，共布置 29 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW 风电机组，配套建设 1 座 220kV 海上升压站，16 回 35 kV 集电海底电缆，2 回 220kV 海底电缆接入陆上集控中心。在项目实际建设过程中，因施工单位在风机单桩基础施工时出现了测量校准问题，导致两台风机发生了位置偏移，风机基础中心点未在批复用海范围内，项目用海位置和面积发生改变，需要根据变化情况进行补充论证，并上报进行项目用海变更申请。

根据《海域使用分类》（HY/T-2009），本项目的海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（2023 年 11 月），项目的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）。风机基础与海上升压站的用海方式为构筑物用海（一级方式）的透水构筑物用海（二级方式），海底电缆的用海方式为其他用海方式（一级类）中的海底电缆管道（二级类）。

项目调整后用海总面积为 472.4452 公顷，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆管道用海面积 400.2385 公顷，用海总面积增加 0.2644 公顷。

调整后本项目拟申请用海期限仍为 27 年，截止至 2047 年 9 月 26 日。

（二）项目用海调整必要性

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。项目的风机基础、海上升压站建设、海底电缆铺设必将占用一定的海域，海缆登陆段施工也会涉及岸线，因此项目用海是必要的。

项目用海调整是落实违法违规用海行为查处整改的要求，也是落实依法用海，维护用海秩序的要求。《海域使用管理法》明确“海域使用权人不得擅自改变经

批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。《海域使用权登记办法》明确要求“下列情形之一的，海域使用权人应当申请变更登记：（二）改变海域使用位置、面积或者期限的；”。本项目海域使用位置和面积均发生改变，因此开展项目用海调整是必要的。

（三）资源生态影响及生态保护修复措施

项目实际建设与批复情况变化较小，仅仅涉及两个风机点位移位，本项目海洋环境影响评价单位已根据批复方案的项目平面布置情况进行数模计算和分析环境影响，并且根据《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目竣工环境保护验收报告》中指出仅 32 号和 33 号风机相对向西南偏移 200m，对于在开阔海域建设风机项目，风机偏移的 200m 位置差对整体水动力条件、冲淤环境等海洋环境的影响变化较小。

风机桩基施工、电缆沟冲埋对渔业资源的影响主要表现在附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害，对潮间带和潮下带底栖生物造成直接损失。按在桩基施工和电缆沟冲埋影响范围内（悬浮物浓度 $>10\text{mg/L}$ ）平均影响面积为 100.98 km^2 ，受影响的浮游植物数量 9.869×10^{14} 个、受影响的浮游动物生物量为 187.07t 。施工期造成潮下带底栖生物累计损失量为 99.11 t ，鱼卵的累计损失量为 1.46×10^8 尾，仔鱼的累计损失量为 4.45×10^6 尾，游泳生物的累计损失量为 3.9886t ，游泳生物损失量 2.37t 。针对该影响，建设单位委托技术单位编制了《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案》，生态补偿费用为 949.79 万元，在 2023 年至 2028 年的五年内，每年开展 1 次增殖放流工作。

（四）利益相关者协调情况

项目周边海域已确定开发利用活动，主要有航道、锚地、码头、风电、养殖等工程用海。本项目界定的协调责任部门为航道、海事主管部门以及渔业主管部门，利益相关者为中海油粤东液化天然气有限责任公司、中广核汕尾新能源有限公司，本项目施工前已取得与利益相关者书面协调意见。

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，不存在损害国家权益的问题；本项目用海海区内无大型弹药武器实验场、军用码头等军事设施，项目已取得军方书面意见。

（五）规划符合性

本项目位于《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》，所在海洋空间功能布局为海洋开发利用空间，本项目风机所在区域位于《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》中海洋发展区的工矿通信用海区，220kV 路由所在区域为《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》和《揭阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》海洋发展区中的渔业用海区，项目位于《广东省海洋功能区划（2011-2020）》中前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区和珠海-潮州近海农渔业区，符合所在海洋功能区管控要求。

本项目不涉及海洋生态红线保护红线，符合“三区三线”的管控要求。同时本工程建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》《广东省海洋主体功能区规划》《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划（2017）》《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》等规划，符合国家产业政策。

（六）项目用海合理性分析

本次调整后项目的用海范围仍然在原规划范围之内。本项目风电场场址区位于沙扒镇以南海域，建设场地已在《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》考虑，场址具有唯一性。本项目所在区域的区位和社会条件能满足项目建设的要求；与自然资源和生态环境相适宜，风资源较丰富；场地稳定性和工程地质条件较好，在采取必要的桩基础结构和合理的施工方案等工程措施的前提下，项目选址能满足相应场地要求；项目选址符合国土空间区划；项目建设有利于该区域海洋经济的协调发展，对周边海域的资源环境影响相对较小；项目在协调好与周边利益相关者的关系前提条件下，选址与周边其它用海活动是适宜的。通过对宏观选址和微观选址的分析，项目用海选址是合理的。

本次调整后，本项目的风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 送出海缆经过了充分的设计、比选和优化，能充分利用海域的空间资源和风能资源，产生最大的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海；海底电缆铺设施工对资源环境的影响相对较小，提升了项目的用海合理性。项目用海平面布置方案合理。本项目主要水工建筑物是风机基础、海底电缆和海上升压站，风机基础和海上升压站采用桩基础的结构方案，用海方式分别为透水构筑物 and 海底电缆管道，用海

方式能满足本项目的使用功能，符合有关规范的规定，符合海洋功能区划的管理要求，符合生态保护红线的管控要求，项目用海方式合理。

本次调整后，项目申请用海总面积为 472.4452 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 70.2481 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 1.9586 公顷，220kV 海底输电电缆用海面积 251.3604 公顷，35kV 集成电路海底电缆 148.8781 公顷。主要变化为 35kV 海底输电电缆用海面积增大了 0.2644 公顷。项目设计符合相关行业标准 and 规范，能满足项目的建设需求，宗海图绘制符合规定，量算准确，符合相关用海控制指标要求。现阶段，不存在减少用海面积的可行性，从集约节约用海角度考虑，用海面积合理。

结合国家对项目用海年限的规定，本项目调整后申请用海期限仍为 27 年，仍截止至 2047 年 9 月 26 日，符合《中华人民共和国海域使用管理法》第六条的规定。

（七）项目用海可行性结论

本项目的建设有利于促进粤东地区经济增长；项目所在海域的风能资源较好，海底地质条件适宜，交通较便利，资源环境能满足本项目建设需要；项目用海对周边海域的资源环境影响较小，资源损失可通过生态补偿的方式进行补偿；工程施工期和运营期基本落实了环境影响报告书中提出的环保措施与建议以及环保主管部门的批复意见，各项环保设施与工程同时设计、同时施工、同时投入使用；项目用海的利益相关者可协调；符合国土空间规划、相关规划和海洋生态保护红线；项目用海选址适宜，用海方式符合有关规范的规定，平面布置方案经过设计、比选和优化后布置合理，有利于集约节约用海；项目宗海图绘制规范，面积量算合理，申请用海期限符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。项目建设在严格落实生态用海对策和海域使用管理要求的前提下，从海域使用管理角度出发，本项目用海方案可行。

1 概述

1.1 论证工作由来

2009 年 4 月，根据国家能源局下发的《关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》（国新能〔2009〕130 号）的要求，广东省启动海上风电场址规划及海上风电输电规划工作。规划工作由省能源局牵头，水利水电规划总院组织对该规划报告进行审查。2012 年 8 月国家能源局对《广东省海上风电场工程规划》进行了批复，广东省并于 2017 年 9 月对此进行了修编，制订了《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》。根据上述规划内容，揭阳神泉风电场项目首期工程——揭阳神泉一 400MW 海上风电场工程规划装机容量为 40 万千瓦，由国家电投集团广东电力有限公司投资建设。

揭阳神泉一 400MW 海上风电场装机规模 400MW，原计划安装 73 台 5.5 MW 的风电机；220kV 海上升压站一座；35 kV 集电海底电缆从风电机组接入海上升压站；2 回 220kV 海底电缆从海上升压站接入揭阳市前詹镇的陆上升压站。工程建设用海总面积 507.0440 公顷，其中透水构筑物用海面积 113.5037 公顷，海底电缆管道用海面积 393.5403 公顷。国家电投集团广东电力有限公司委托技术单位编制的《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海域使用论证报告书》（以下简称“原论证报告”）于 2018 年 7 月 17 日通过专家评审，并于 2018 年 8 月 17 日取得广东省海洋与渔业厅《关于国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目用海预审意见的函》（粤海渔函〔2018〕676 号）（见附件 2）。

随着国内风力发电技术的提高，风电机组单机容量大型化发展速度加快，大容量机型不断涌现，为提高风能利用水平，减少海域使用面积，提高资源规模效率和整体利用效率，国家电投集团广东电力有限公司对原设计方案进行了调整。原论证统一采用 5.5MW 风机，调整后的方案风机型号选择了 29 台上海电气 7MW 风电机组，增大发电功率，减少总的风机台数，风机数量由原来的 73 台减少到 66 台，35kV 集电海底电缆排布相应改变，配套 220kV 海上升压站以及 220kV 登陆电缆不变。风机桩基由原来的四柱调整为单桩，单桩基础在施工工艺、进度、工程量、造价等方面更具优势，结论通过相关部门审批。为加快推进揭阳地区海上风电场的开发建设，国家电投广东公司设立海上风电项目部，后又成立揭阳前詹风电有限公司，作为主体单位全面承担海上风电的前期、建设、运营工作。揭

阳前詹风电有限公司委托技术单位编制的《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海域使用补充论证报告书》（以下简称“原补充论证报告”）于 2020 年 7 月 31 日通过专家评审（见附件 4），并于 2020 年 9 月 27 日取得广东省人民政府《关于国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目用海的批复》（粤府海审〔2020〕（1）40 号）（见附件 2），批准用海面积 472.1808 公顷，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆管道用海面积 399.9741 公顷，批准用海 27 年，于 2020 年 11 月 13 取得不动产权证书（粤（2020）惠来县不动产权第 0000545 号）（见附件 3）。

受军事意见影响，国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目分期建设，包括神泉一 400MW 海上风电场项目（315.5MW）和神泉一 400MW 海上风电场项目（二期），其中神泉一 400MW 海上风电场项目（315.5MW）装机总容量 315MW，包括 16 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW 风电机组，于 2021 年 3 月 16 日海上正式开工，于 2021 年 11 月 29 日全容量并网；神泉一 400MW 海上风电场项目（二期）装机总容量 91MW，包括 13 台 7MW 风电机组，于 2022 年 4 月 21 日海上正式开工，于 2023 年 4 月 28 日全容量并网运行。在项目实际建设过程中，因施工单位在风机单桩基础施工时出现了测量校准问题，导致两台风机发生了位置偏移，风机基础中心点未在批复用海范围内。基于以上原因，本项目风机用海位置和海底电缆管道用海面积均发生了变化，其中 2 台风机基础中心点未在批复用海范围内，4 条 35kV 海底电缆路由部分区域未在批复用海范围内。项目基础结构设计、电缆路由设计等内容未发生变化，均按原施工方案执行。项目实际建设后涉及的用海变化尚未完成变更申请，于 2023 年 7 月 28 日收到揭阳海警局下达的行政处罚决定书（揭海警行罚决字〔2023〕13 号），对两台风机的位置偏移造成的“非法占用海域”的违法行为进行了处罚，并于 2023 年 8 月 10 日完成罚款缴交；于 2023 年 12 月 26 日收到惠来县海洋综合执法大队下达的行政处罚决定书（粤惠来海综罚〔2023〕80 号），对两台移位风机的海缆位置不在海域使用《不动产权证》所包含的用海界址点内的“未经批准，非法占用海域”的违法行为进行了处罚，并于 2023 年 12 月 25 日完成罚款缴交（处罚材料见附件 5）。

根据国家法律法规，项目因施工调整，使得占用海域超出批复用海范围的，

应根据项目变化情况进行海域使用补充论证，并上报进行项目用海变更。2024 年 6 月，受本项目施工单位湛江市腾航船务工程有限公司委托（见附件 1），国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站（以下简称“汕尾中心站”）承担了国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目的展第二次海域使用补充论证工作。接到委托后，汕尾中心站立即成立项目组，在现场踏勘调查以及收集与本工程有关资料的基础上，查清工程区附近海洋资源开发利用现状；开展资源生态影响分析和回顾性分析；分析界定利益相关者并梳理协调方案；进行涉海工程综合分析研究，重新量算工程用海面积等工作，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）和《海籍调查规范》等要求编制形成了本报告书（送审稿）。

本次论证根据实际建设方案，具体论证内容与已批复的海域使用论证报告的主要对比见表 1.1-1。

表 1.1-1 批复方案与建设方案的论证内容对比

论证内容	已批复方案情况	本建设方案情况	变化情况
建设内容	29 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW 风电机组，220kV 海上升压站 1 座，16 回 35 kV 集电海底电缆，2 回 220kV 海底电缆	29 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW 风电机组，220kV 海上升压站 1 座，16 回 35 kV 集电海底电缆，2 回 220kV 海底电缆	不变
论证范围	面积约 1800 km ²	面积约 1488 km ²	减小
论证重点	项目用海合理性分析（含项目用海调整必要性分析、平面布置合理性分析、面积合理性分析）；利益相关者的界定、影响分析与协调。	（1）用海调整必要性；（2）用海面积调整合理性；（3）用海平面布置调整合理性；（4）资源生态影响；（5）生态用海对策措施。	有变化
论证等级	一级	一级	不变
用海期限	27 年 （截止至 2047 年 9 月 26 日）	27 年 （截止至 2047 年 9 月 26 日）	不变
用海面积	用海总面积为 472.1808 公顷，其中透水构筑物用海 72.2067 公顷，海底电缆管道用海 399.9741 公顷	用海总面积为 472.4452 公顷，其中透水构筑物用海 72.2067 公顷，海底电缆管道用海 400.2385 公顷	增加 0.2644 公顷
占用岸线情况	0 m	0 m	不变
施工工艺	风机为单桩钢管沉桩；海上升压站采用 4 腿直立导管架型式；海	风机为单桩钢管沉桩；海上升压站采用 4 腿直立导管架型	不变

论证内容	已批复方案情况	本建设方案情况	变化情况
	底电缆登陆采用定向钻方式	式：海底电缆登陆采用定向钻方式	
海洋生态概况资料来源	国家海洋局南海调查技术中心，2017 年 10、11 月和 2018 年 3 月	国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站，2021 年 11 月和 2022 年 3 月	更新
利益相关者	中海油粤东液化天然气有限责任公司、中广核汕尾新能源有限公司	中海油粤东液化天然气有限责任公司、中广核汕尾新能源有限公司	不变
国土空间符合性分析	《广东省海洋功能区划》《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省海岸带综合保护与利用规划》《广东省海洋生态红线》	删除失效规划，新增广东省国土空间规划、三区三线等新批规划	更新

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规及政策性文件

- (1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日起施行；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2024 年 1 月 1 日起施行；
- (3) 《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日修正；
- (4) 《中华人民共和国湿地保护法》，2021 年 12 月 24 日,中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过；
- (5) 《中华人民共和国海岛保护法》，2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过；
- (6) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日；
- (7) 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017 年 3 月；
- (8) 《关于加快推进生态文明建设的意见》，国务院，2015 年 4 月；
- (9) 《船舶水污染防治技术政策》，生态环境部，公告 2018 年第 8 号；
- (10) 《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有关事项的通知》（2018 年 6 月）；
- (11) 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006 年 10 月发布；
- (12) 《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），自然资源部发，2021 年 1 月；
- (13) 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，中华人民共和国交通运输部令，2019 年第 2 号；

（14）《中共中央办公厅关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，中共中央办公厅、国务院办公厅，2019 年 11 月 1 日发布；

（15）《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》，自然资发〔2022〕142 号，2022 年 08 月 16 日；

（16）《自然资源部办公厅关于进一步加强现有自然岸线监管工作的函》（自然资办函〔2022〕977 号），2022 年 6 月 2 日；

（17）《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号）；

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

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

（20）《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，自然资源部，2023 年 11 月；

（21）《国务院关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》（国发〔2014〕9 号）；

（22）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（农渔发〔2022〕1 号）

（23）《广东省海域使用金征收标准（2022 年修订）》，广东省财政厅、广东省自然资源厅，2022 年 7 月 1 日实施；

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

（25）《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》，广东省自然资源厅，2021 年 7 月；

（26）《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149 号）；

（27）《广东省自然资源厅关于转发自然资源部等有关做好用地用海要素保障文件的通知》，粤自然资函〔2022〕880 号；

（28）广东省自然资源厅关于印发《生态恢复岸线验收办法》的通知，粤自然资海域〔2022〕2582 号；

（29）《广东省自然资源厅关于明确市县级国土空间总体规划数据库启用条件及使用规则的通知》，粤自然资函〔2023〕630 号；

（30）《广东省海域使用管理条例》，2021 年 9 月 29 日修正。

1.2.2 相关规划与区划

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

（2）《全国海洋主体功能区规划》，国务院，2015 年 8 月；

（3）《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》，国务院，2023 年 8 月；

（4）《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，2023 年 9 月 28 日；

（5）《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，2023 年 8 月 26 日；

（6）《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，国务院，2012 年 11 月；

（7）《广东省海洋主体功能区规划》，广东省人民政府，2017 年 12 月；

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

（9）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，广东省人民政府 国家海洋局，2017 年 10 月；

（10）《广东省海上风电发展规划（2017—2030 年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193 号）；

（11）《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71 号），广东省人民政府，2020 年 12 月 29 日；

（12）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划（修编）》（征求意见稿）。

1.2.3 标准规范

（1）《海域使用论证技术导则》，GB/T 42361-2023；

（2）《地籍调查规程》，GB/T 42547-2023；

（3）《海籍调查规范》，HY/T124-2009；

（4）《海域使用分类》，HY/T123-2009；

（5）《海洋监测规范》，GB17378-2007；

（6）《海洋调查规范》，GB12763-2007；

（7）《海滨观测规范》，GB T14914.2-2019；

（8）《海水水质标准》，GB3097-1997；

（9）《海洋生物质量》，GB18421-2001；

- (10) 《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；
- (11) 《海洋工程地形测量规范》，GB/T17501-2017；
- (12) 《全球定位系统（GPS）测量规范》，GB/T 18314-2009；
- (13) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，中华人民共和国水产行业标准，SC/T9110-2007；
- (14) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002 年 4 月；
- (15) 《围填海工程生态建设技术指南（试行）》，国海规范〔2017〕13 号；
- (16) 《宗海图编绘技术规范》，HY/T 251-2018；
- (17) 《海域使用面积测量规范》，HY 070-2022；
- (18) 《产业用海面积控制指标》，HY/T 0306-2021；
- (19) 《船舶水污染物排放控制标准》，GB3552-2018；
- (20) 《城市污水再生利用城市杂用水水质》，GB/T 18920-2020。

1.2.4 项目技术资料

- (1) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目地形测量技术报告》，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 4 月；
- (2) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电项目海域使用论证报告书（报批稿）》，国家海洋局南海调查技术中心，2018 年 7 月；
- (3) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目工程地质勘察报告（详勘阶段）》，华东勘测设计研究院有限公司，2019 年 8 月；
- (4) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目初步设计报告（审定稿）》，国核电力规划设计研究院有限公司，2020 年 4 月；
- (5) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》，国家海洋局南海调查技术中心，2020 年 7 月；
- (6) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海洋环境影响报告书（报批稿）》，上海勘测设计研究院有限公司，2020 年 12 月；
- (7) 《国家电投揭阳神泉（一期）海上风电场项目海底电缆路由调查勘测报告》，广州南科海洋工程中心，2021 年 4 月；
- (8) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案》，深圳中喆海洋科技有限公司，2023 年 9 月；

（9）《湛江市腾航船务工程有限公司占用海域面积测量技术报告》，广州地质勘察基础工程有限公司，2023 年 12 月；

（10）《国家电投揭阳神泉—400MW 海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》，揭阳前詹风电有限公司，2024 年 1 月。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

原补充论证报告中本项目论证等级为一级，项目实际建设规模未发生变化，用海类型和用海方式不变，项目用海总面积为 472.1808 公顷变为 472.4452 公顷，论证等级仍为一级，具体判定如下：

项目建设为风电场、海上升压站、风机间集电线路海底电缆、220kV 海底电缆，根据《海域使用分类》（HY/T-2009），本项目的海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），本项目用海方式包括构筑物用海（一级方式）中的透水构筑物用海（二级方式）、其他用海方式（一级方式）中的海底电缆管道用海（海底电（光）缆）（二级方式）；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（2023 年 11 月），项目的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）。用海单元包括风机、海上升压站和海底电缆用海，申请海域使用总面积为 472.4452 公顷，其中透水构筑物用海的总面积为 72.2067 公顷，论证等级为一级；海底电缆管道的用海总面积为 400.2385 公顷，论证等级为三级。

根据《海域使用论证技术导则》中“同一项目用海按不同用海方式、用海规模和海域特征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”的要求，判定本项目论证等级定为一级，具体判定依据见表 1.3.1-1。本项目调整前后建设内容及用海方式、面积变化情况见表 1.3.1-2。

表 1.3.1-1 论证等级分析表

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
风机、海上升压站	构筑物用海	透水构筑物用海	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
			本项目透水构筑物用海面积共 72.2067 公顷		

海底电缆	其它用海方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模 本项目海底电缆用海面积共 400.2385 公顷	其他海域	三
------	--------	--------	---------	-------------------------------------	------	---

表 1.3.1-2 本次调整前后建设内容及用海方式、总面积变化情况

用海内容	用海设施	用海方式		用海面积 (hm ²)	
		批复方案	建设方案	批复方案	建设方案
国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目	风机	构筑物用海-透水构筑物用海	不变	70.2481	70.2481
	海上升压站		不变	1.9586	1.9586
	海底电缆	其它用海方式-海底电缆管道-海底电（光）缆	增加	399.9741	400.2385

1.3.2 论证工作范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361—2023）的规定：论证范围应根据项目用海情况、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 8km，三级论证 5km；跨海桥梁、海底管线、航道等线性工程项目用海的论证范围划定，一级论证每侧向外扩展 5km，二级论证 3km，三级论证 1.5km。

批复方案论证范围如图 1.3.2-1，论证范围为东经 116°5'21.801"—116°27'32.357"，北纬 22°28'10.497"-22°56'50.892"所包含海域，面积约 1800 km²。

按照《海域使用论证导则》一级论证范围要求，建设方案中风机、海上升压站所在区域向外扩展 15km，220kv 海底电缆管道所在区域向外扩展 5km，如图 1.3.2-1。总体来看论证范围有所减少，论证范围为东经 116°5'21.801"—116°27'32.357"，北纬 22°25'54.307°~22°56'22.058"所包含海域，面积约 1488 km²。

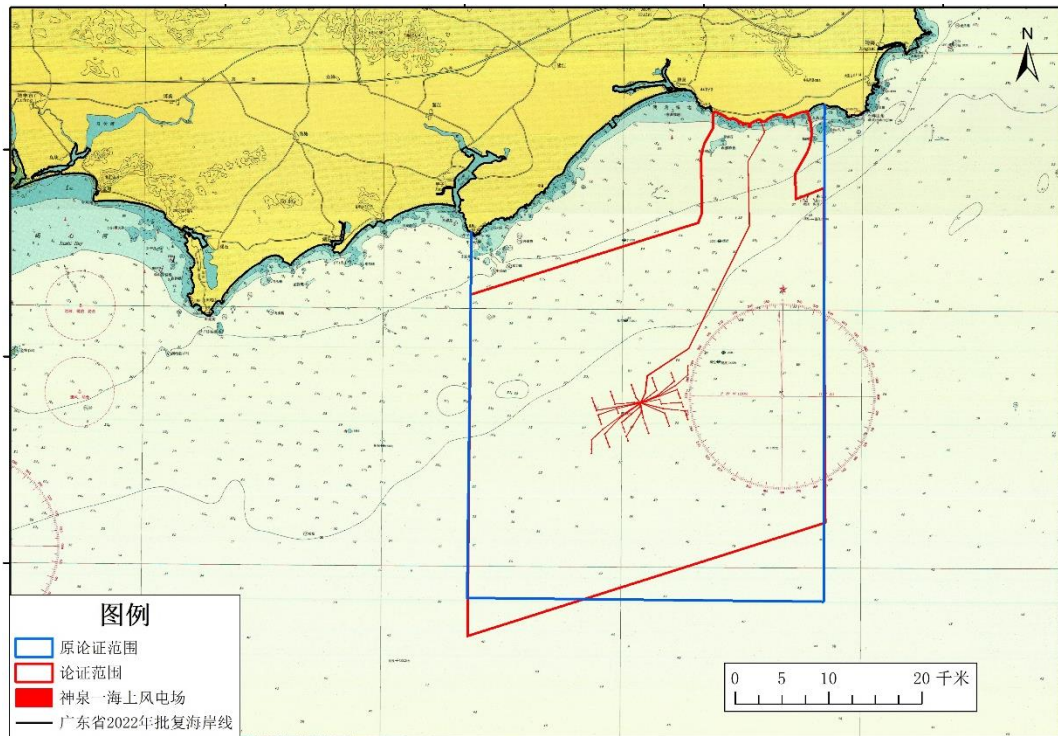


图 1.3.2-1 建设方案与批复方案调整前后论证范围对比示意图

1.4 论证重点

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求和项目用海类型及方式、工程所在区域的环境特征及海域开发利用现状，确定本项目海域使用论证工作的重点内容如下：（1）用海必要性；（2）选址（线）合理性；（3）平面布置合理性；（4）用海方式合理性；（5）资源生态影响；（6）生态用海对策措施。

由于本项目用海已完成了海域使用论证工作取得了不动产权证，并且已完成了项目建设，用海必要性、选址（线）合理性、用海方式合理性等已在《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电项目海域使用论证报告书》中均已分析，且基本未产生变化。因此，本次论证重点应为：（1）用海调整必要性；（2）用海面积调整合理性；（3）用海平面布置调整合理性；（4）资源生态影响；（5）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

项目名称：国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目

项目性质：新建大型生产性项目

投资主体：揭阳前詹风电有限公司

投资额度：风电场工程静态投资 780576 万元，单位千瓦静态投资 19441 元/kW，风电场工程动态总投资 820586 万元，单位千瓦动态投资 20438 元/kW，其中建设期利息 40010 万元。

地理位置：国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场工程场址位于揭阳市神泉镇南面海域，从登陆点至外围风机，依次穿越揭阳市、汕尾市海域。本期风电场场址四至坐标见表 2.1-1，地理位置图见图 2.1-1，场址水深范围 33m~39m，场址中心离岸距离约 27km，外围风机包络海域面积约为 58.44km²。

表 2.1-1 风电场址四至坐标

经度	纬度	场址面积
116° 13' 2.673" E	22° 39' 53.165" N	63.3km ²
116° 13' 2.673" E	22° 36' 32.308" N	
116° 19' 9.840" E	22° 38' 34.155" N	
116° 19' 9.840" E	22° 41' 47.417" N	

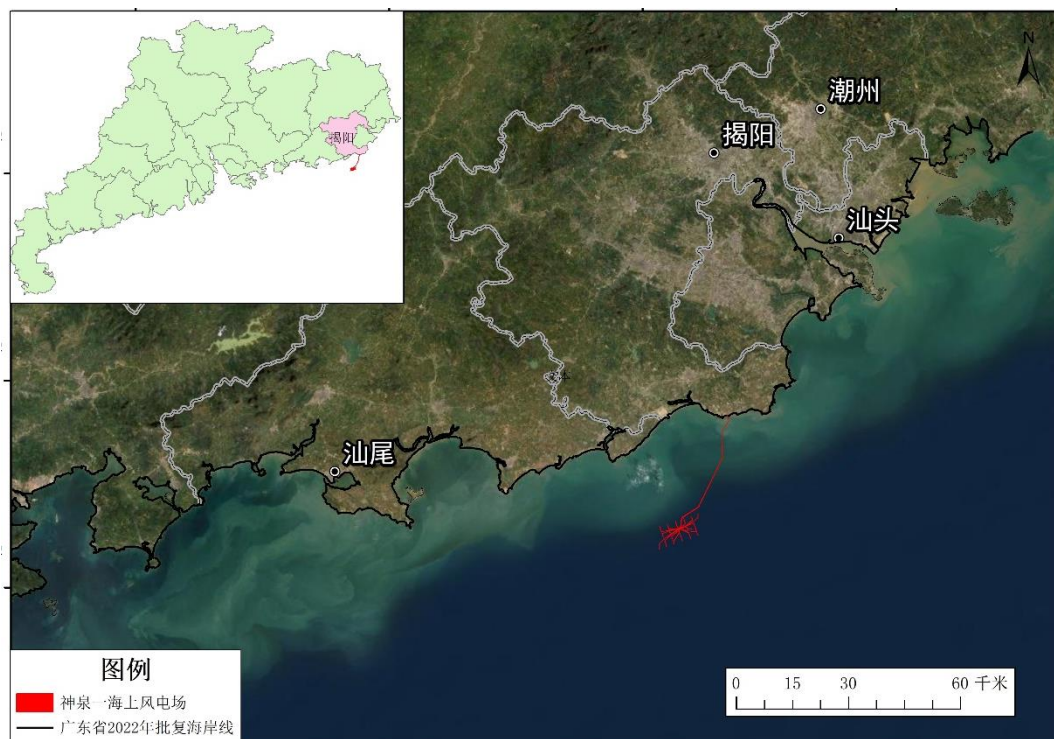


图 2.1-1 项目地理位置图

批复建设内容：

本项目规划装机总容量为 400MW，布置 29 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW

风电机组，配套建设 1 座 220kV 海上升压站。风电机组发出的电能通过 16 回 35 kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆输送到揭阳市前詹镇的陆上集控中心。海底电缆路径总长 136.8km（电缆总长 174.8km）。

实际建设内容：

神泉一 400MW 海上风电场项目包含 66 台风机、1 座海上升压站以及海底电缆，因其中 13 台风电机海底电缆距离军事较近，涉及各项前期工程手续复杂，因此分期建设，包括神泉一 400MW 海上风电场（315.5MW）和神泉一 400MW 海上风电场（二期）两个项目。

神泉一 400MW 海上风电场项目（315.5MW）于 2021 年 3 月 16 日海上正式开工，于 2021 年 11 月 29 日全容量并网。神泉一 400MW 海上风电场项目（315.5MW）装机总容量 315MW，包括 16 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW 风电机组，配套建设 1 座 220kV 海上升压站。风电场场址内集电海缆为 16 回 35kV，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆输送到揭阳市前詹镇的陆上集控中心。

神泉一 400MW 海上风电场项目（二期）于 2022 年 4 月 21 日海上正式开工，于 2023 年 4 月 28 日全容量并网运行。神泉一 400MW 海上风电场项目（二期）装机总容量 91MW，包括 13 台 7MW 风电机组。风电场场址内集电海缆为 5 回 35kV，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆输送到揭阳市前詹镇的陆上集控中心。

实际建设内容与批复建设内容的对比情况列于表 2.1-2，主要变化为 2 台风机（F32、F33）向西偏移约 200m，与两台风机相连的 35kv 接入电缆也相应发生部分偏移，其余建设内容与批复情况基本未发生改变。

表 2.1-2 批复建设内容与实际建设内容的对比工程核查

名称			单位	数量			
				批复建设内容		实际建设内容	
主要设备	风电机组	机型	——	5.5MW	7.0MW	5.5MW	7MW
		台数	台	37	29	37	29
		额定功率	kW	5500	7000	5500	7000
		风轮直径	m	158	154	158	154
		切入风速	m/s	2.5	3	2.5	3
		额定风速	m/s	10.1（静态）	12~14	10.1（静态）	12~14
		切出风速	m/s	25（30软切出）	25(台风区域可到31切出)	25（30软切出）	25(台风区域可到31切出)

		设计极大风速		m/s	70(标空) 77.28(特殊场址空气密度)	70	70(标空) 77.28(特殊场址空气密度)	70	
		轮毂高度		m	105	105	105	105	
		发电机额定率		kW	6000	7400	6000	7400	
		额定电压		V	690	750	690	690	
	升压变电站	主变压器	型号		SFZ11-240000/220		SFZ11-240000/220		
			台数		台		2		
			额定容量		MVA	240/120-120- MVA		240/120-120- MVA	
			额定电压		kV	230±8×1.25%/35-35 kV		230±8×1.25%/35-35 kV	
		集电线路	线回路数		回	16		16	
			结构型式		三芯海底电缆		三芯海底电缆		
			电压等级		kV	35		35	
		送出线路	线回路数		回	2		2	
			结构型式		三芯海底电缆		三芯海底电缆		
			电压等级		kV	220		220	
	土建	风电机组基础	台数		台	66		66	
			型式		单桩基础		单桩基础		
		升压变电站基础	站址		风电场中央		风电场中央		
			型式		四根导管架		四桩导管架		
海底电缆总长				km	136.8（174.8）*		179.486		
施工总工期				月	19		20		
概算		静态投资		万元	680511.72		727533.64		
		工程总投资		万元	680511.72		741944.88		

注：*136.8 为为 35kV 集电海底电缆路径长度为 98.8km 与 220kV 送出海底电缆路由（2 回）长度 38km 的总和，174.8km 为电缆总长。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 工程总平面布置

本项目批复方案的总平面布置图示意图见图 2.2.1-1，建设方案的总平面布置图示意图见 2.2.1-2，调整前后平面布置示意图对比见图 2.2.1-3。

批复方案各项主要工程规模如下：

原补充论证报告中，推荐机型为 29 台上海电气 7MW 风电机组和 37 台明阳智能 5.5MW 风电机组，共 66 台，总容量 406.5MW。两种风机的高度为 105m，

明阳风机的风轮直径为 158m, 上海电气风轮直径为 154m。利用风能资源分析软件 WAsP 进行发电量计算后, 风力发电量为 199691 万 kW·h, 设计年发电量 17991 万 kW·h, 平均尾流影响折减系数为 9.93%, 平均风速为 8.88m/s, 年上网电量 133135 万 kW·h, 年等效满负荷小时数为 3275h。

建设方案情况:

相对于批复方案, 主要发生的变化为两台风机 (F32、F33) 向西偏移约 200 米, 由此造成 35kv 接入电缆也发生部分偏移, 但调整后的用海范围没有超出《广东省海上风电发展规划 (2017-2030 年) (修编)》中神泉场址的规划范围。

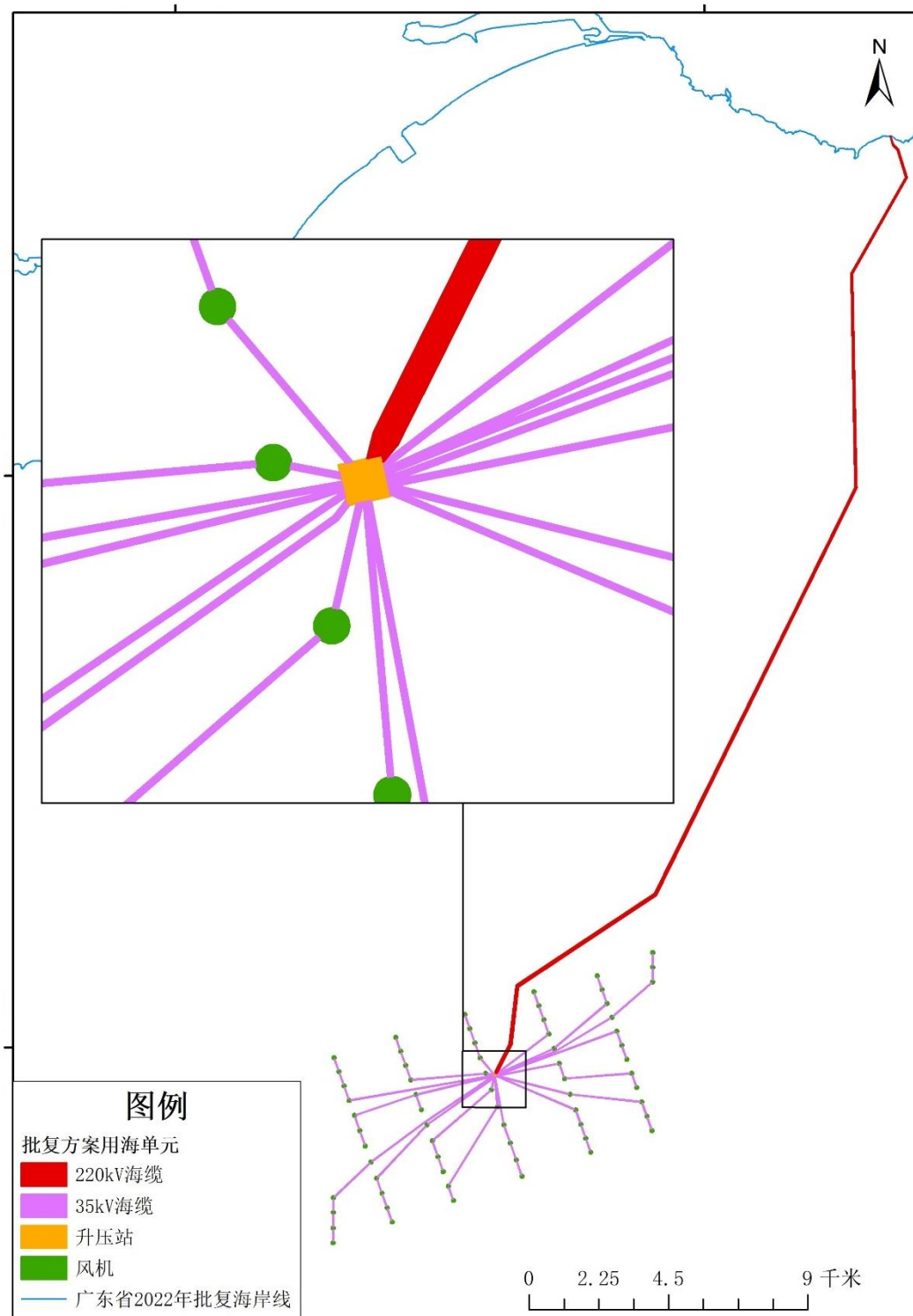


图 2.2.1-1 批复方案的总平面布置示意图

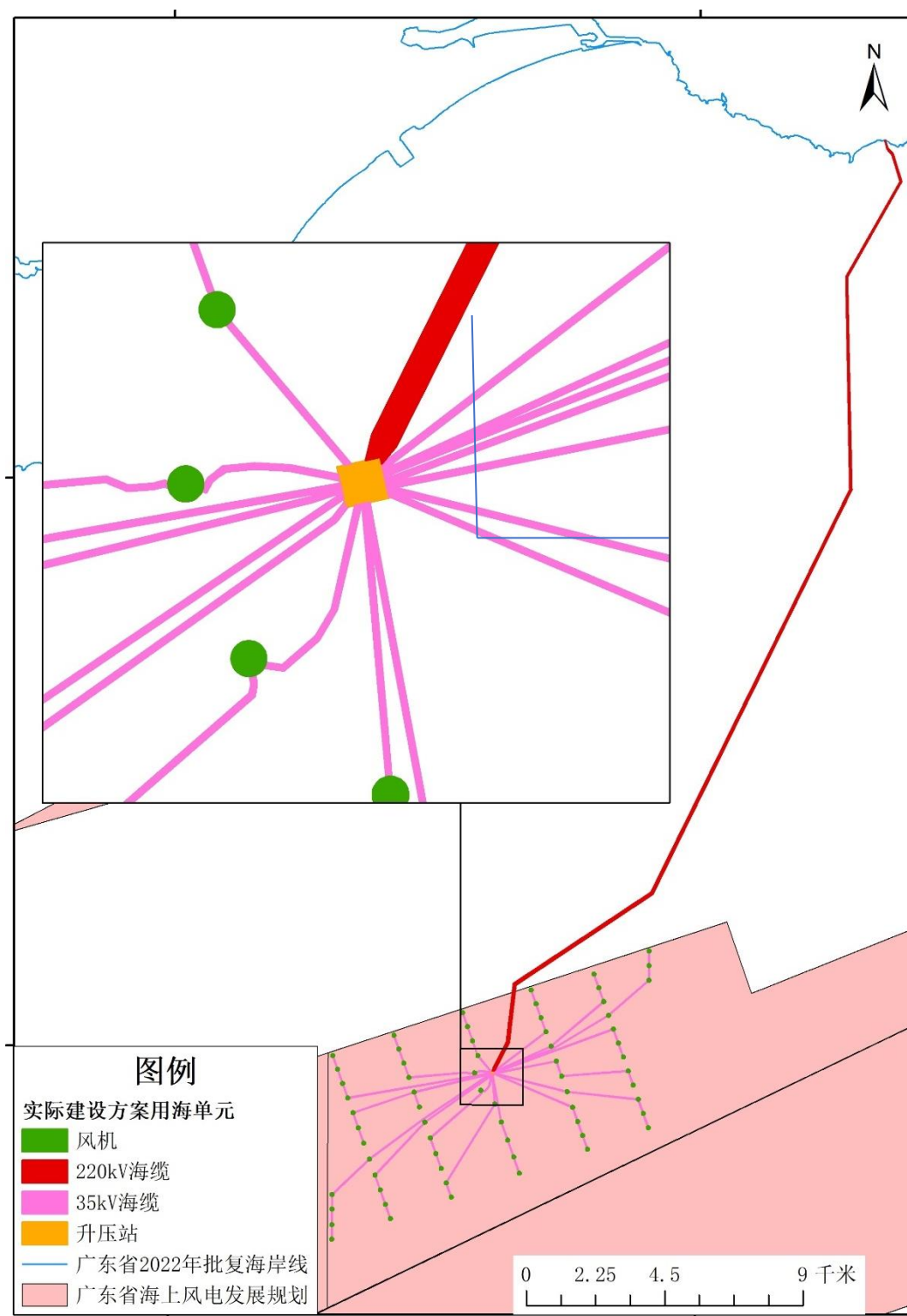


图 2.2.1-2 建设方案的总平面布置示意图

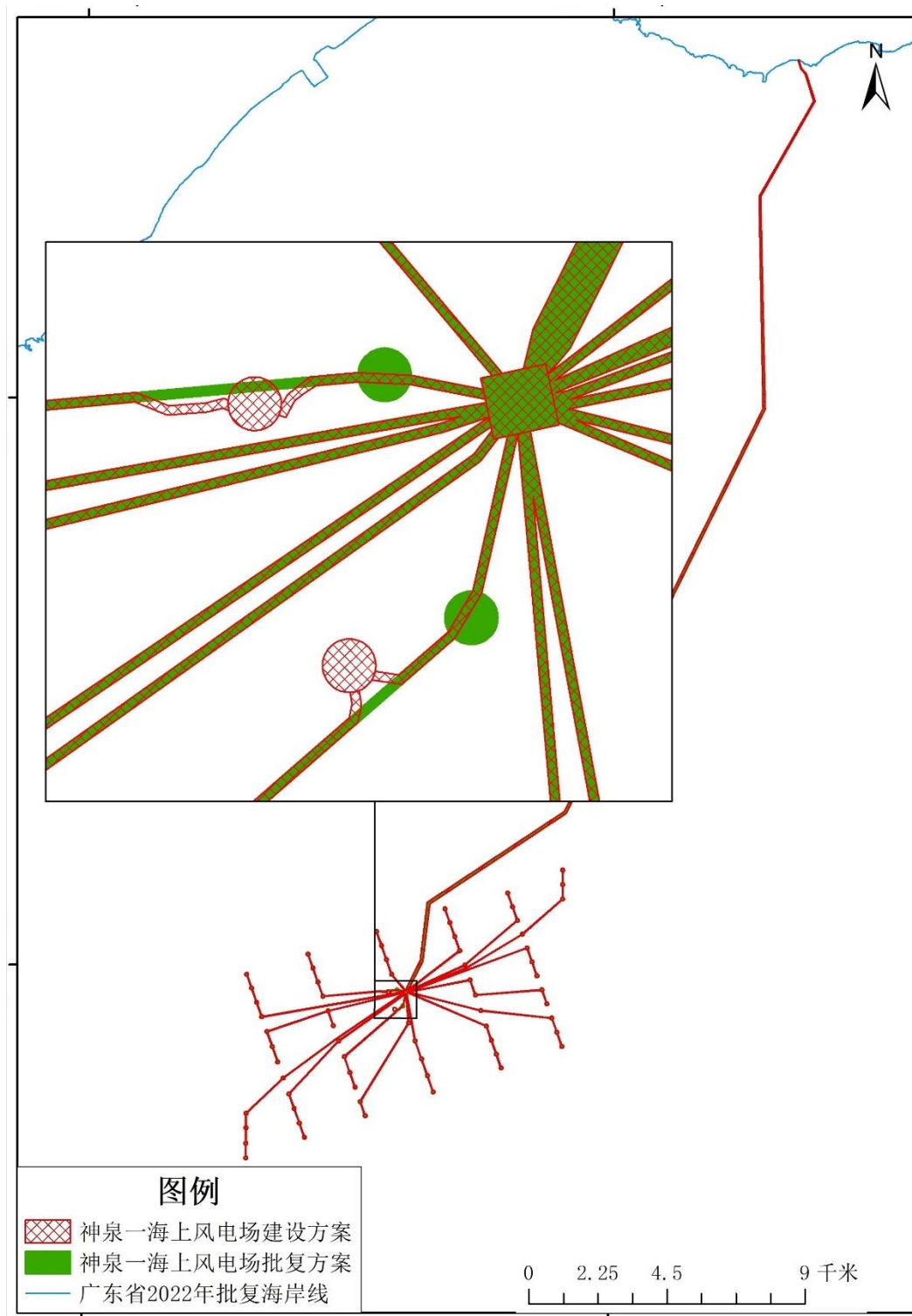


图 2.2.1-3 调整前后平面布局局部对比图

2.2.2 风力发电机组

建设方案与批复方案的风电机组建设数量及内容一致，仅 F32、F33 两台机组的位置向西偏移约 200 米。

本项目共建设风机 66 台，其中上海电气 7MW 风电机组 29 台，明阳智能 5.5MW 风机 37 台，从结构、施工、防腐蚀、工程量等因素综合考虑，均采用无过渡段单桩基础方案。本工程中 5.5MW 风机单桩基础钢管桩桩径 6.0m~8.6m，壁厚 70mm~100mm，桩长约 105m~110.0m，桩顶高程为 18.50m，桩底平均高程约-91.5m，平均入土深度约 57.0m。本工程中 7.0MW 风机单桩基础钢管桩桩径 7.5m~8.7m，壁厚 70mm~100mm，管桩平均桩长约 102.0m，桩顶高程为 18.5m，桩底高程约-75.0~-90.0m。附属构件采用分体式结构，将外平台结构、防撞爬梯结构等附属构件安装于钢管桩预留接口上。将外接平台纳入风机垂直投影后，5.5MW 风机半径为 8.412m，7MW 风机半径为 9.250m。在靠船件基础上设置 SA 400×1500 型护舷进行缓冲，可满足运维船只防撞设计要求。单桩风机塔基基础结构见图 2.2.2-1。

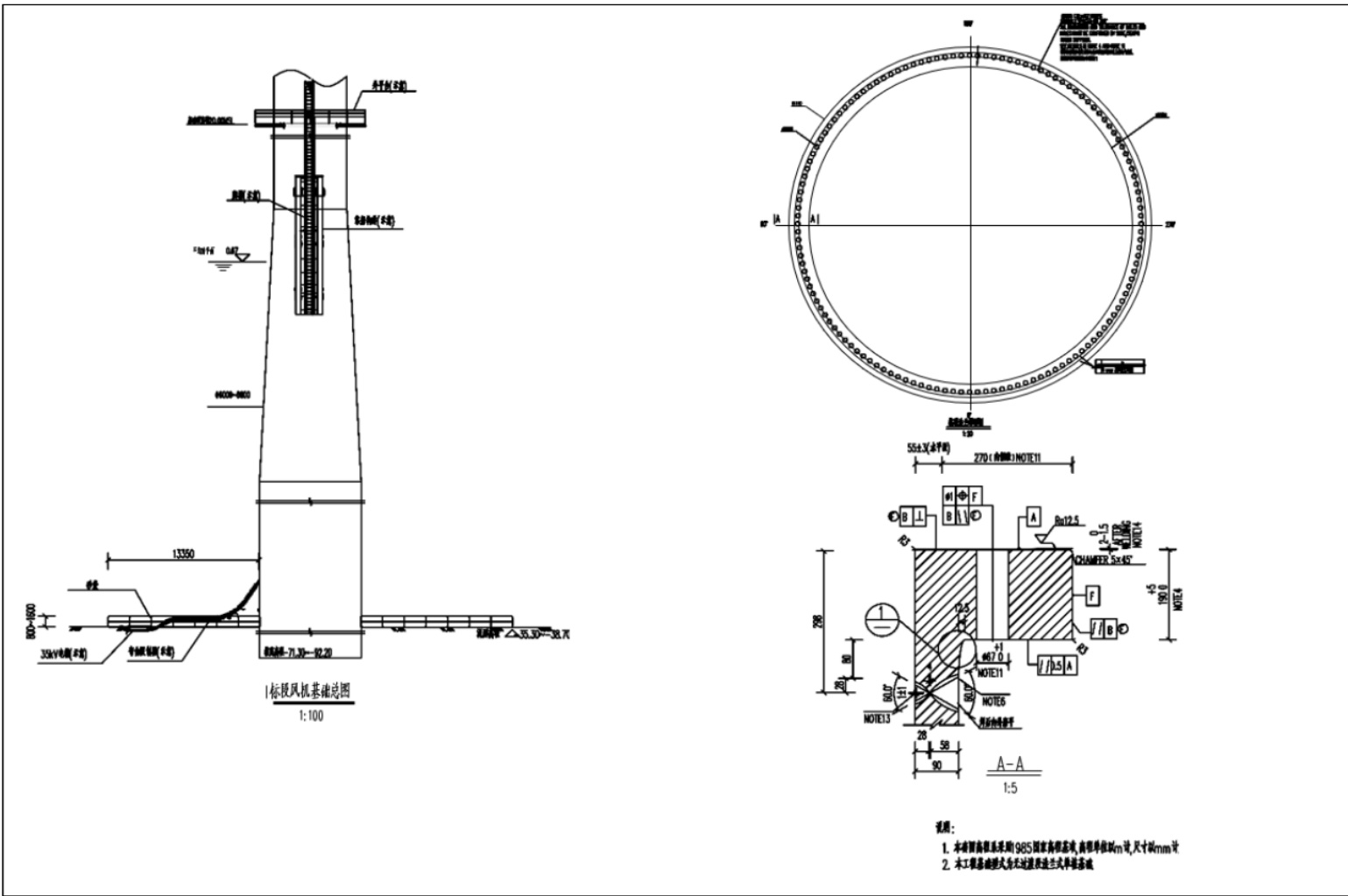


图 2.2.2-1 单桩风机塔基基础结构剖面图 (本图由设计单位提供)

2.2.3 海上升压站

建设方案与批复方案一致。

本项目海上升压站采用整体式布置形式，其平面布置见图 2.2.3-1、图 2.2.3-2，包括上部组块、导管架和钢管桩。

上部组块采用四层布置，最大投影平面尺寸约为 $35.38\text{m} \times 44.68\text{m}$ ，高约 20m，顶甲板顶面高约 46m。上部组块采用框架-支撑体系，上部结构由立柱、主次梁、斜撑及甲板组成，立柱及甲板间斜撑采用钢管，主梁采用焊接 H 型钢，次梁采用热轧 H 型钢，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用钢材加强。导管架通过 4 根钢管桩固定于海底，采用插入式灌浆连接。

海上升压站上部组块布置如下：

一层：主要布置救生装置及油罐，兼做电缆层，220kV 及 35kV 海缆穿过本层夹板引上至配电装置，主变至 220kV 配电装置及 35kV 配电装置的电缆采用电缆桥架、支架敷设在此层。

二层：中间布置主变，主变一侧布置 220 kV 配电装置、继电保护室和蓄电池室，另一侧布置 35 kV 配电装置和低压配电柜。

三层：为主变及 220kV 配电装置上空，其余区域布置有柴油发电机、35kV 接地变、接地电阻柜、低压应急段配电柜、主控室和通讯机房等。

导管架采用 4 腿直立导管架型式，导管架顶标高为 24.5m，导管架总重约 3164t。钢管桩采用 4 根大直径开口钢管桩插入土层中，泥面高程为-34.6m，桩入泥深度为 74.5m，桩顶高程为-30.80m，桩底标高为-109.1m；桩长为 78.3m。单根桩重约 503t，4 根桩总重约 2012t。海上升压站设备尺寸大、重量大且电缆繁多，吊装时将结构分为上部组块和导管架两部分，其中上部组块整体在陆上完成建造和安装调试工程，然后整体运输吊装。

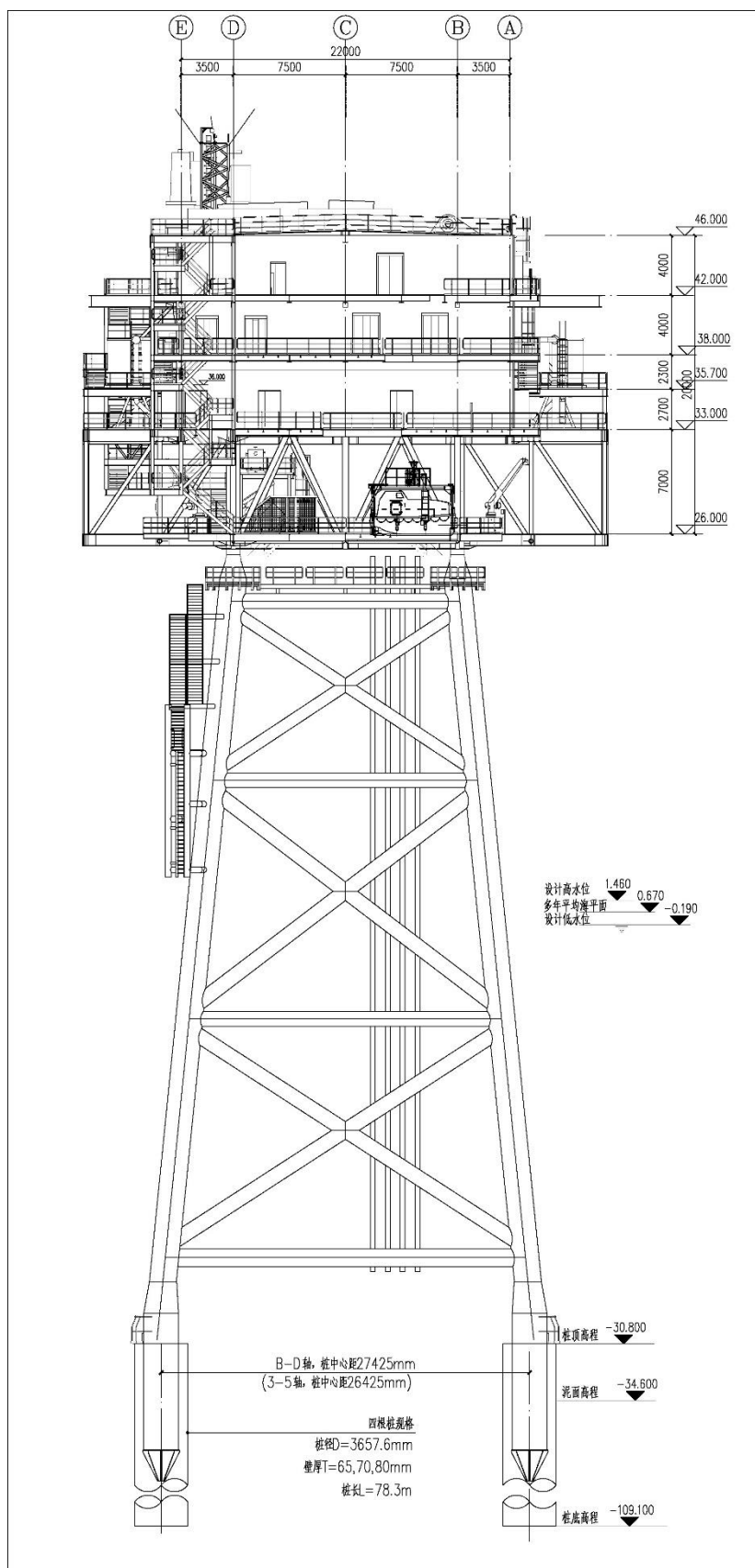


图 2.2.3-1 海上升压站立面示意图（本图由设计单位提供）

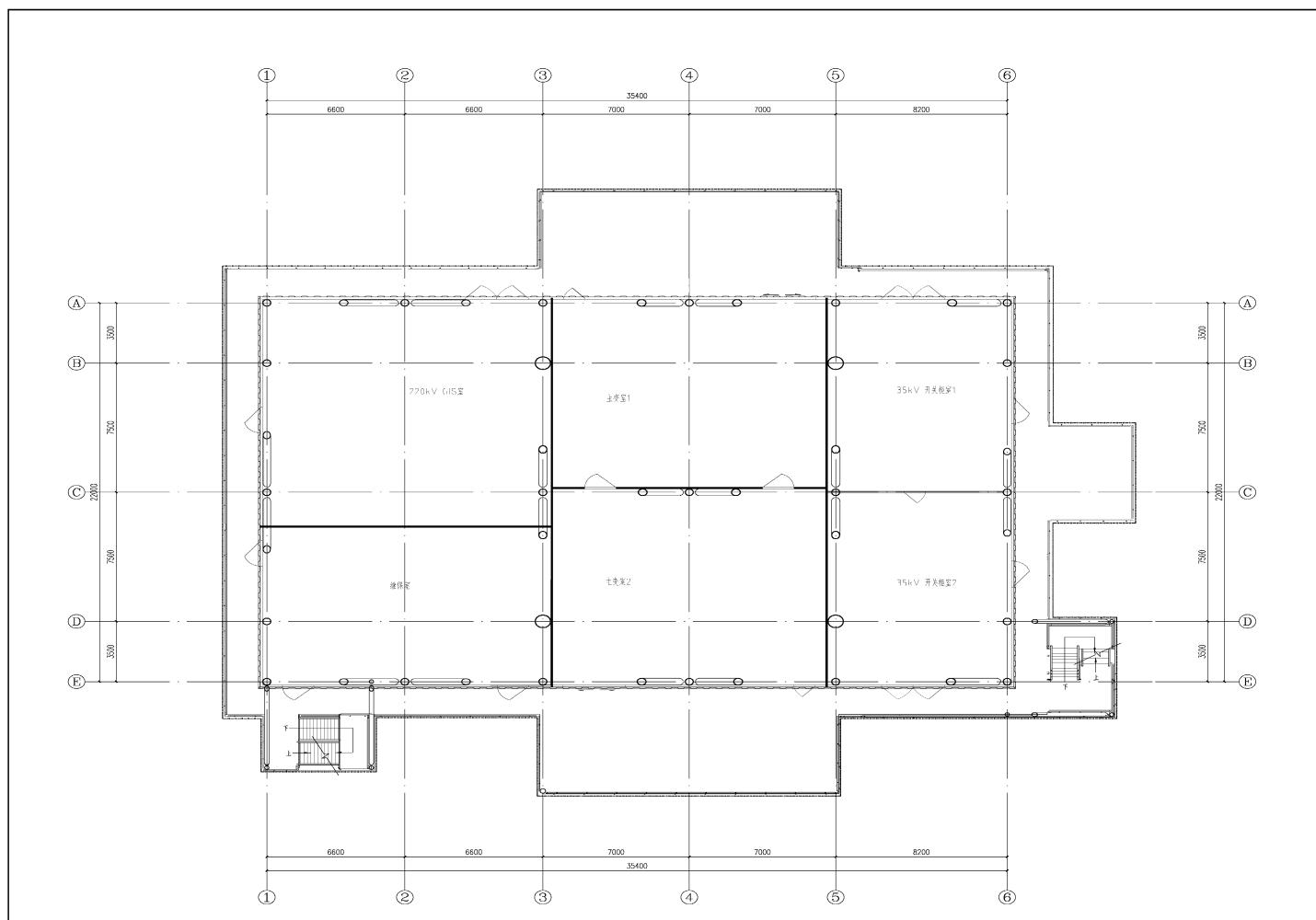


图 2.2.3-2 海上升压站（顶层）平面布置示意图（本图由设计单位提供）

2.2.4 陆上集控中心

原方案和本次调整后，集控中心均位于陆地，不占用海域，本报告书不再做重复分析。

2.2.5 海底电缆

项目调整前后，35 kV 集电线路及 220 kV 输电线路均采用海底电缆。

（1）220kV 送出海底电缆

本工程 220kV 送出海底电缆路径长约 35km，电缆自身宽度 26cm，每根电缆之间安全间隔按照水深的 2 倍布设。项目调整前后，220kV 送出电缆路由走向不变。调整前后布设示意图见图 2.2.5-1。

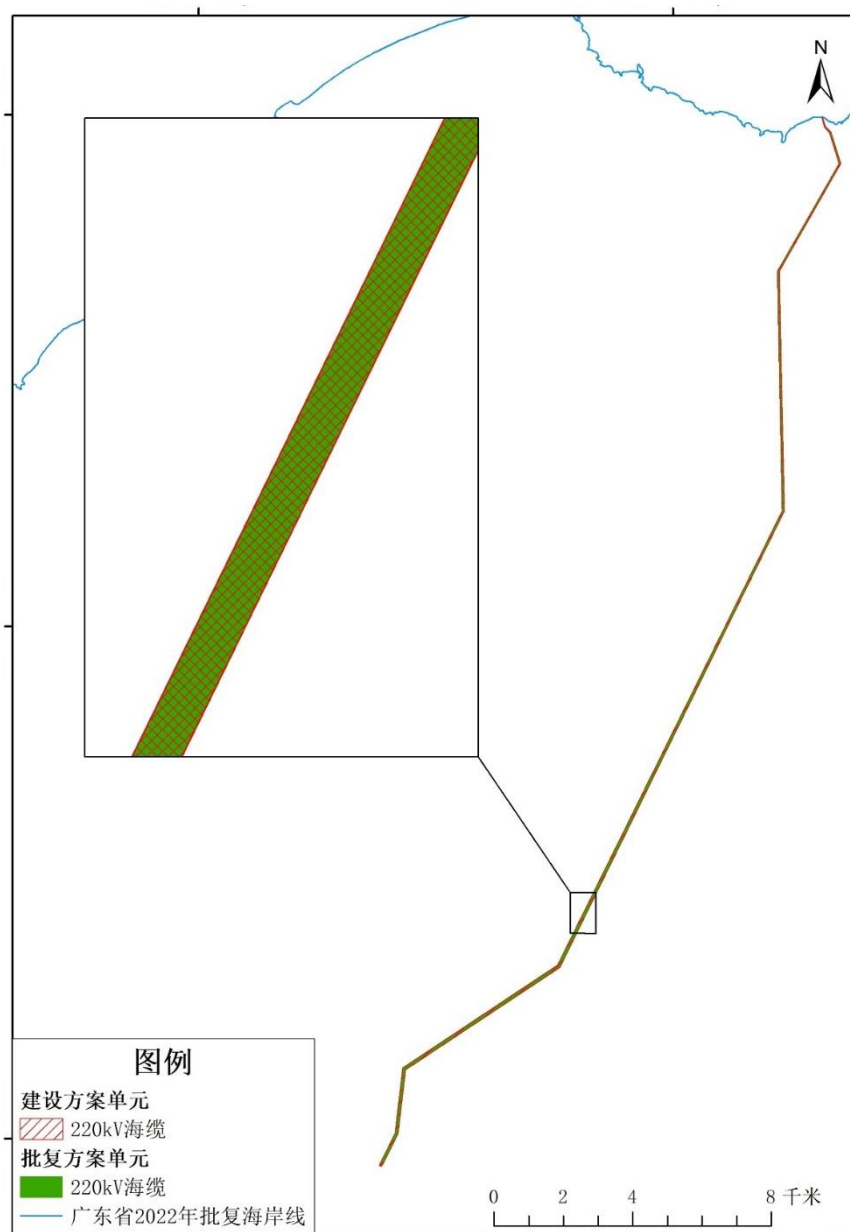


图 2.2.5-1 220kV 集电海底电缆调整前后布设示意图

（2）35kV 集电电缆

海底电缆采用 35kV 单根三芯电缆，电缆自身直径 15cm。原设计方案共设置 16 回 35kV 集电海底电缆。调整后，还布设 16 回 35kV 集电海底电缆，仅与 F32、F33 号机组相连接的两端电缆发生一定的位置偏移，调整前后布设示意图见图 2.2.5-2。

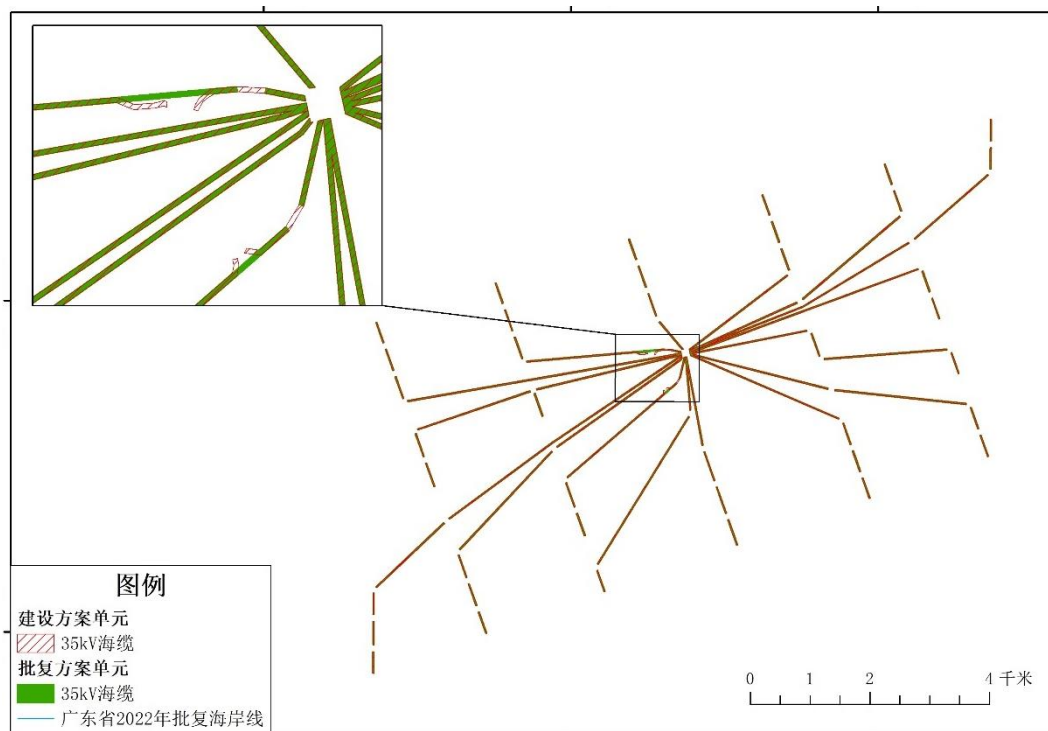


图 2.2.5-2 35kV 集电海底电缆调整前后布设示意图

2.2.6 登陆点位置及周边环境

2.2.6.1 登陆点选择

2017 年 12 月，通过对靖海 150MW、神泉一 400MW、神泉二 350MW 海上风电场 220kV 海缆路由区海域海洋功能区划、开发规划和海洋开发活动等方面的调查和影响评估，提出 2 个登陆点方案即神泉登陆点和前詹登陆点，从自然环境条件、电网条件、建设难度、用地规划等方面对上述两个登陆点进行了比选，设计单位认为前詹登陆点附近地势平坦开阔、人为开发活动较少且无明显障碍物，距离陆上集控中心较近，场地建设满足项目登陆需求；靖海登陆点附近已经建设有陆上风电机组，地势变化较大，交通条件欠佳，近岸海域有较多大型出露礁石，而且登陆场地不符合当地用地规划，因此推荐采用前詹登陆点为三个项目 220kV 海缆登陆点，见图 2.2.6-1。

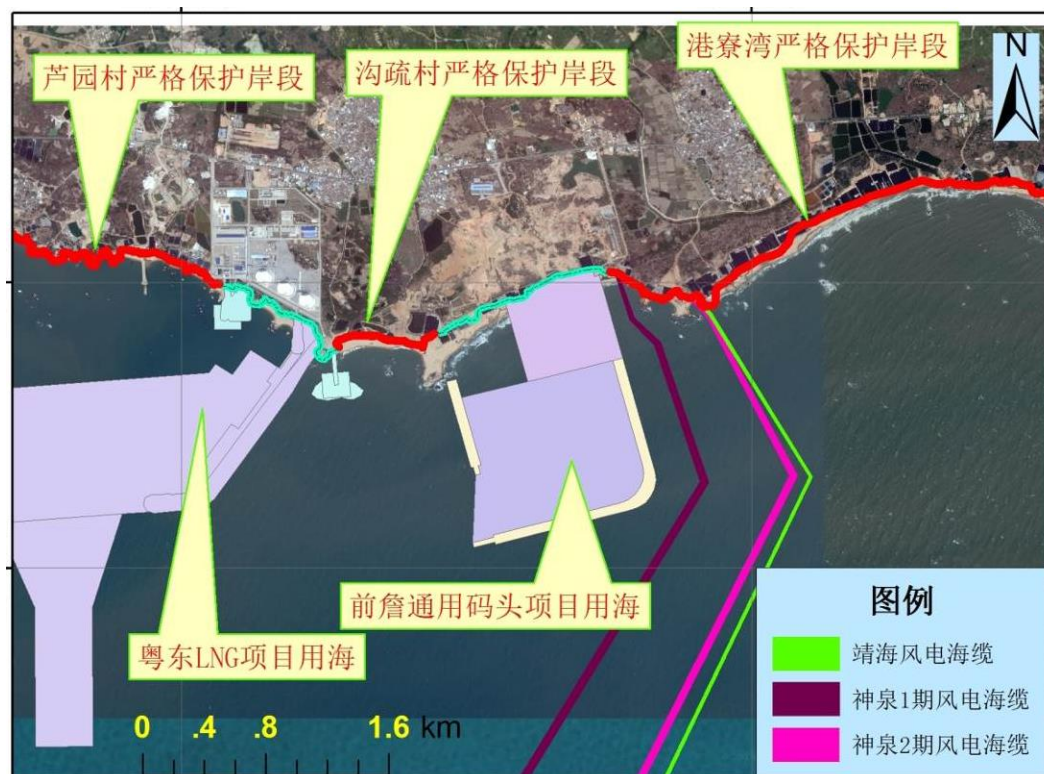


图 2.2.6-1 靖海、神泉一、二风电场海缆登陆点周边现状

2.2.6.2 登陆点施工前周边环境

神泉一 400MW 登陆点位于惠来县神泉镇，见图 2.2.6-2。根据《国家电投揭阳神泉（一期）海上风电场项目海底电缆路由调查勘测报告》，神泉一 400MW 登陆点所在位置施工前情况如下：为砂质岸线，岸滩宽度约为 30m 至 40m 左右，岸滩较为平滑，附近海域有零星的大型礁石分布，周边无植被分布，如图 2.2.6-3a～图 2.2.6-3f。登陆段周边沿岸线分布有多处养殖场所，距离海边距离在 50m 左右，养殖对象为鲍鱼，海滩上分布有取水管道（埋深）和明排水渠，如图 2.2.6-3b～图 2.2.6-3f；在登陆点东西两侧各 500m 范围内共有养殖房 15 处。登陆段西端西侧约 130m 处有段人工使用乱石堆砌的海堤，海堤长度约为 175m，高度在 1m 左右，如图 2.2.6-3a、图 2.2.6-3b。登陆点东侧直线距离约 360m 处的海湾夹角处有渔民小渔船临时停靠，位于该登陆段东端向海一侧约 160m，旁边建设有两层的钢混结构房屋，如图 2.2.6-3e、图 2.2.6-3f。登陆点向陆地一侧有三处养殖用房，养殖用房北侧有约 5-10m 的高台，分布有三处大理石采石场，目前仍在施工作业，采石场周围有少许的施工房屋和大型灌木分布，如图 2.2.6-3c、图 2.2.6-3d。登陆点距离北侧的县道 X106 直线距离约为 870m，有成型的土路与之连接，县

道为双车道，路面为柏油马路，路况较好，如图 2.2-3。登陆点向西距离中海油粤东 LNG 项目码头直线距离约为 1800m，如图 2.2.6-3a、图 2.2.6-3b。。

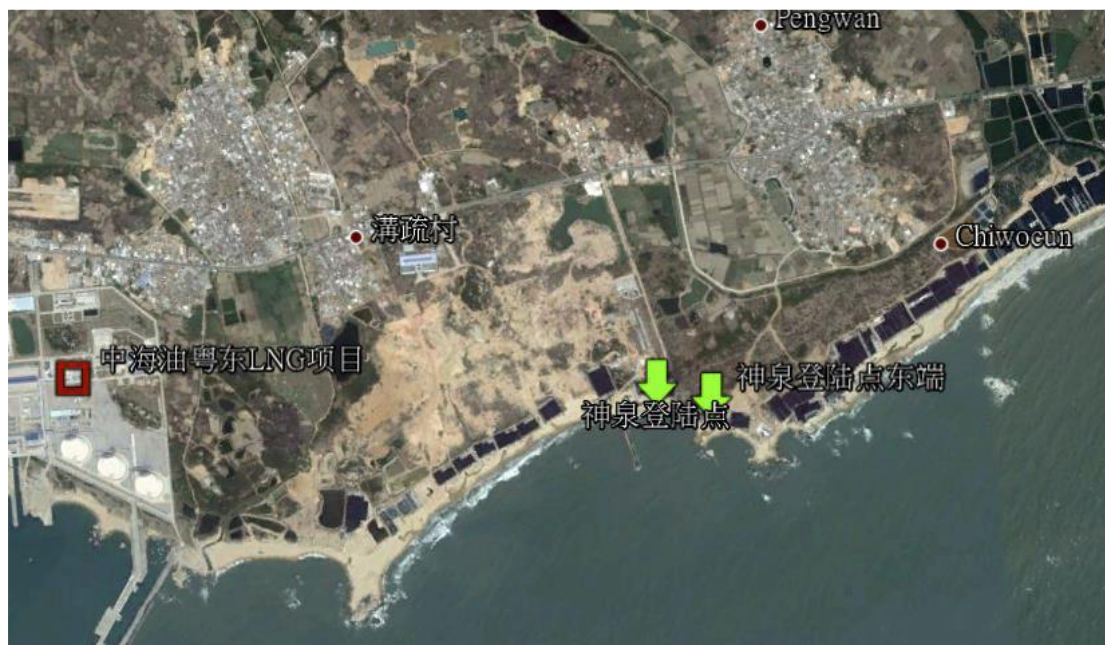


图 2.2.6-2 神泉登陆点位置示意

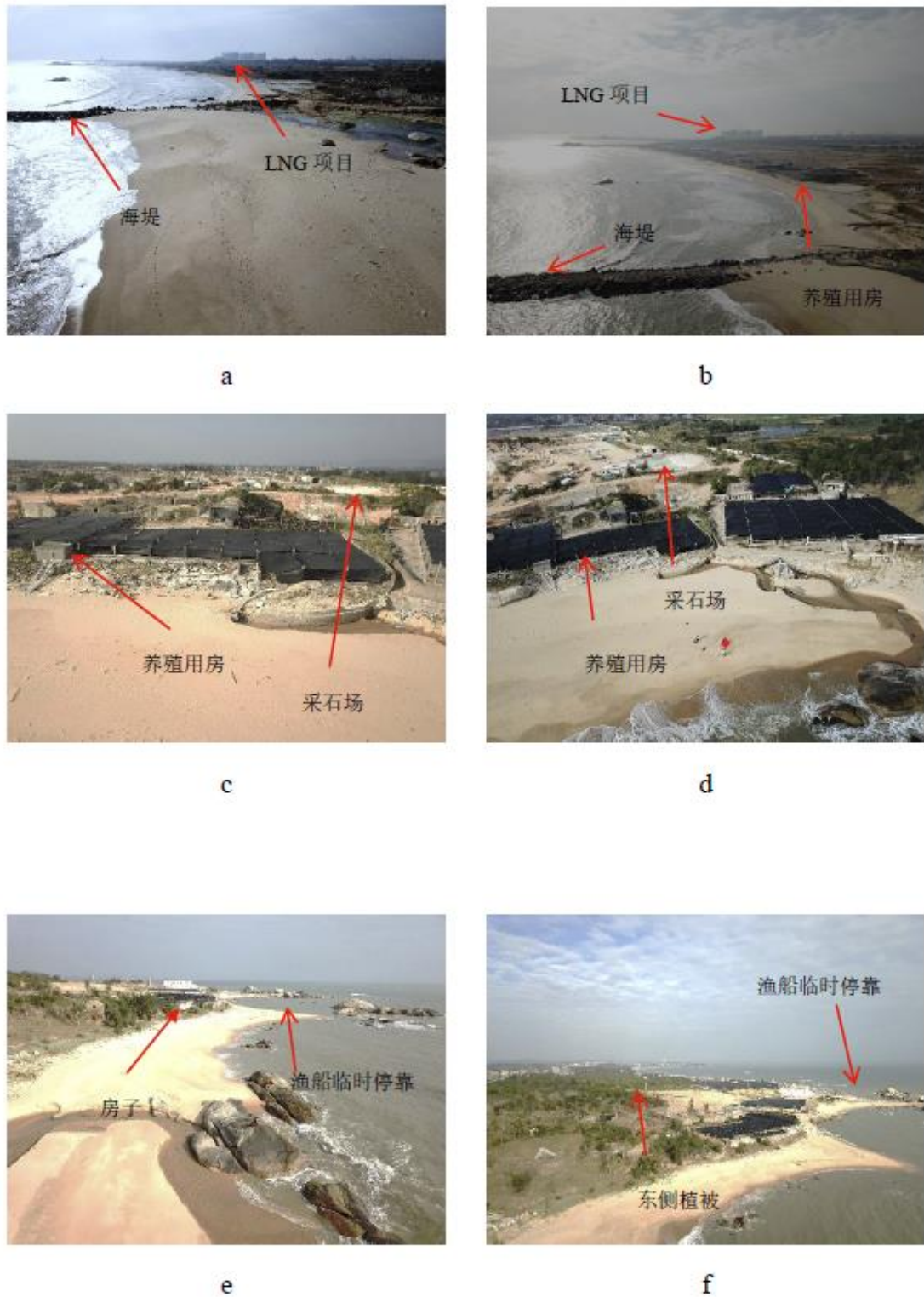


图 2.2.6-3 登陆段周边环境

2.2.6.3 登陆点施工后周边环境

根据实际踏勘情况，铺设完成后登陆点周边情况见图 2.2.6-5，所在沙滩已基本恢复铺设之前的形态。



图 2.2.6-5 已完成铺设的登陆点附近岸线情况

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 风机基础施工

66 座风机基础，全部为单桩钢管沉桩施工方法。单桩基础在施工工艺、进度、工程量、造价等方面更具优势。项目拟采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。钢管桩海上沉桩系统包括打桩船、运桩船、抛锚艇、拖轮与交通艇等船舶组合，其中以打桩船为主要施工设备，单桩基础施工采用“宇航起重 58”+插桩船和“华西 5000”（自带抱桩架）两套施工船舶分两工作面同时进行单桩基础施工作业。施工工艺流程见表 2.3.1-1。

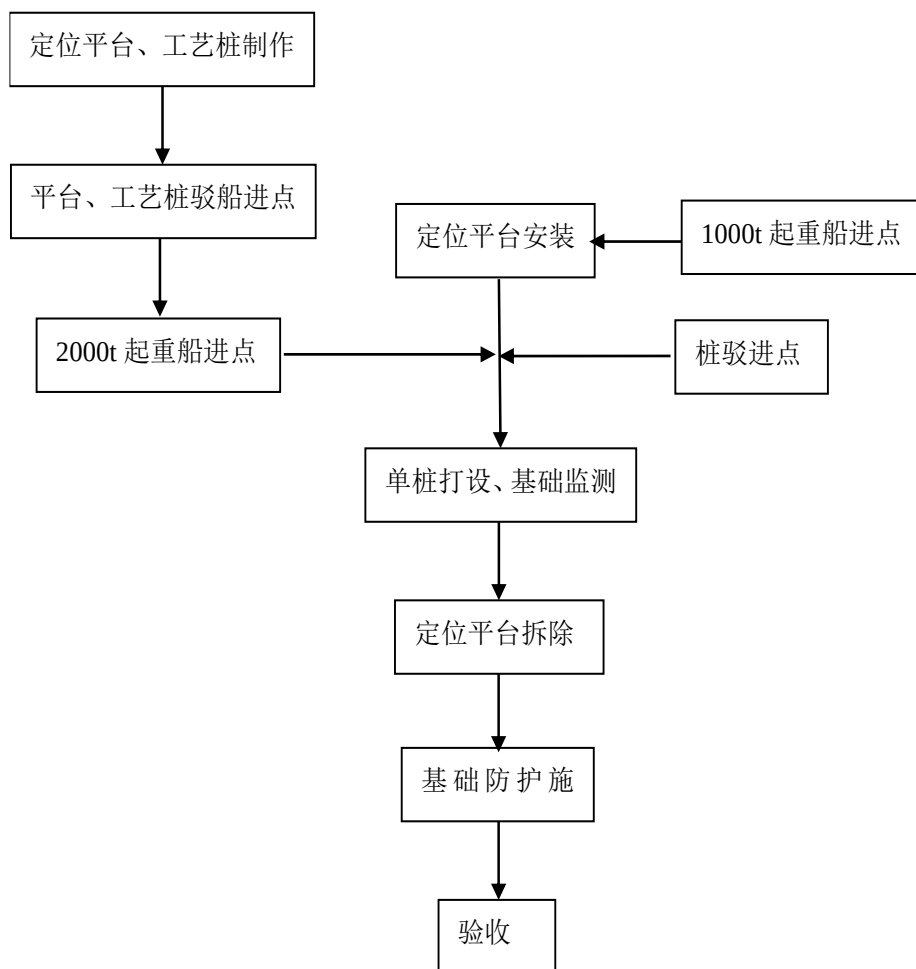


图 2.3.1-1 基础施工流程图

施工船机设备见表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 风机基础施工主要施工设备配置表

序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	起重船	2000t 级及以上（起重能力），吊高 102m 级以上	艘	4	配置 S-3000 型液压打桩锤
2	浮式起重船	1000t（起重能力）及以上	艘	4	辅助平台施工
3	平底驳船	10000t 级	艘	4	钢管桩运输
4	平底驳船	3000t 级	艘	2	基础保护施工运输
5	平底驳船	2000t 级	艘	2	附属构件运输
6	拖轮	3000HP 及以上	艘	6	拖运、移位船舶

序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
7	抛锚艇	/	艘	4	起重船抛锚
8	辅助定位架	/	艘	5	/
9	抛石船	/	艘	2	/

2.3.2 风电机组安装

采用双体式风机安装船用于海上风机安装，其安装工艺主要为：在施工主基地码头前沿设置用于分体拼装的风机工装墩台，利用设置在码头的履带吊分体组装风机，在码头前沿风机组装完毕后，利用该专用安装船整体运输至风电场风机机位，然后整体安装。风电机组安装施工主要采用长德号海上自升式海上作业平台进行吊装作业，海上风电机组安装工艺流程见图 2.3.2-1。

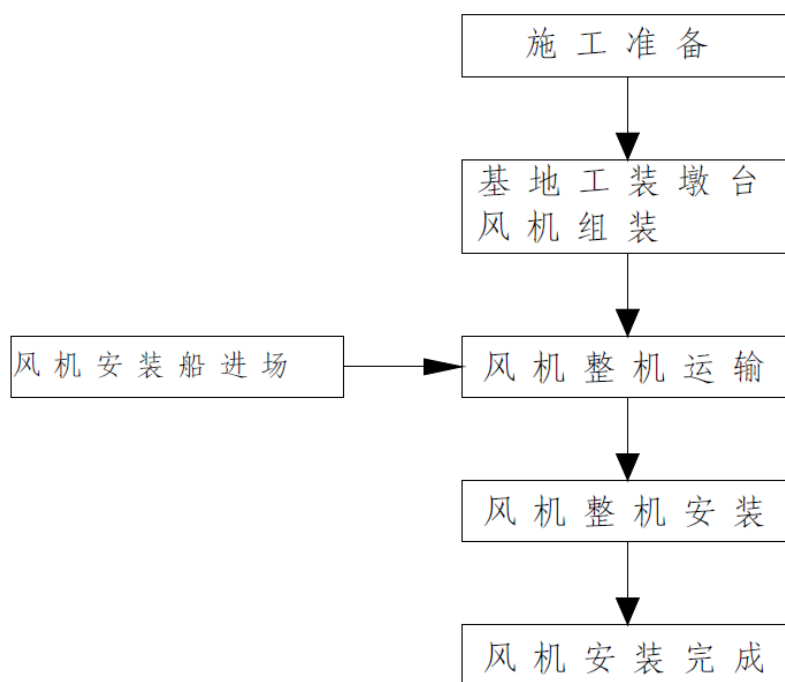


图 2.3.2-1 风机吊装施工流程

2.3.3 海上升压站

本风电场配套建设一座 220kV 海上升压站。220kV 海上升压站由下部基础（包括桩基础、导管架）、上部组块组成。

海上升压站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。一般来说，主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作—→电气设备安装、调试—

→导管架沉放→钢管桩沉桩施工→上部平台整体安装→电气设备联动调试。海上升压站基础施工主施工船为宇航起重 58。

（1）海上升压站下部基础施工

海上升压站下部基础施工流程见图 2.3.3-1。

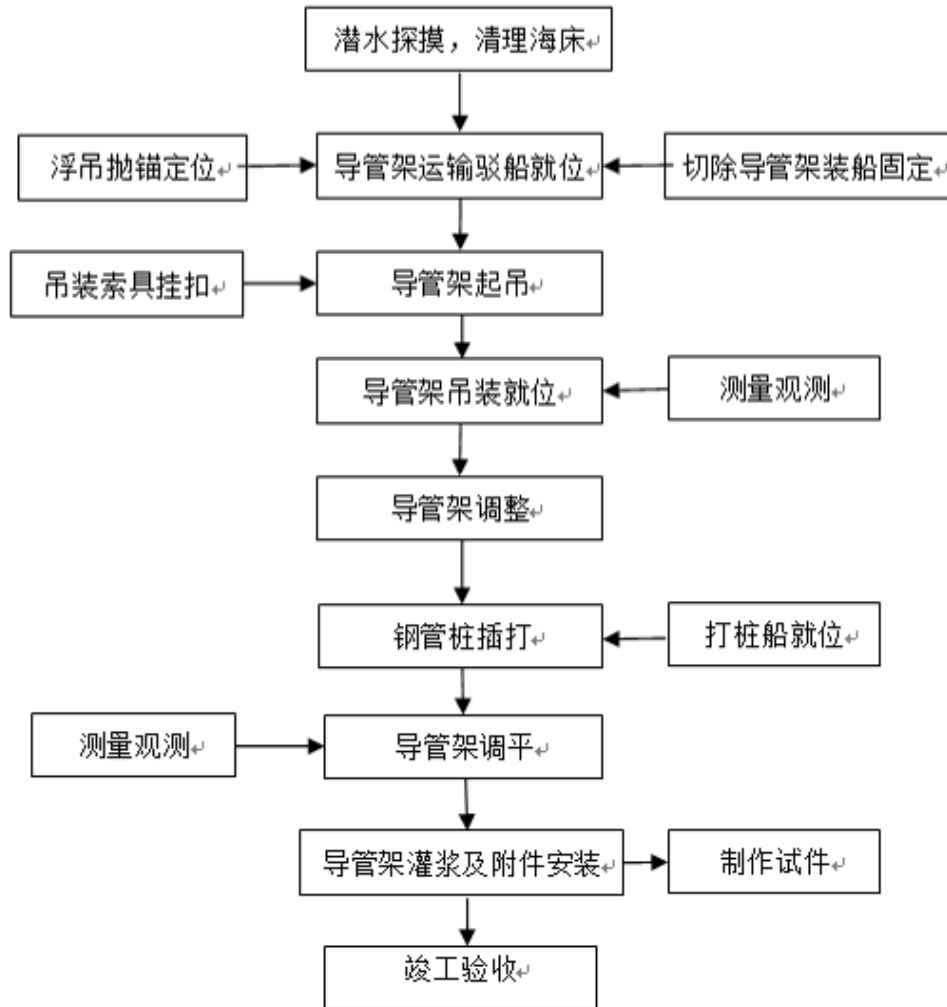


图 2.3.3-1 升压站桩基础导管架施工流程图

2.3.4 海底电缆铺设

本项目需埋设 35KV 集电海缆和 220KV 送出海缆两种电缆型式，因此拟选用两种不同吨位等级的海缆敷设船舶。但海缆敷设工艺流程总体相似，海缆敷设施工流程见图 2.3.4-1。

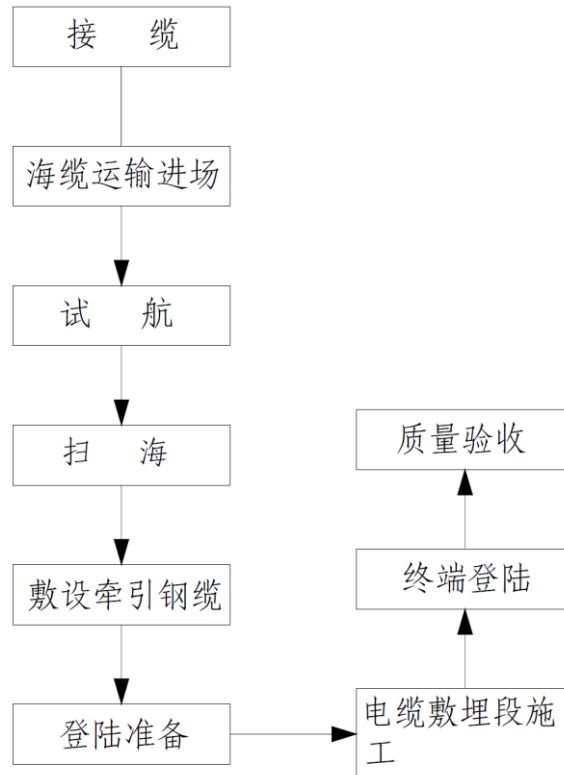


图 2.3.4-1 海缆敷设施工方法示意图

本工程需埋设 35KV 集电海缆和 220KV 送出海缆两种电缆型式，因此拟选用两种不同吨位等级的海缆敷设船舶。海底电缆通过“埋设犁”敷设在泥面下 3~4m 深处，其中登陆段约 300m 为定向钻施工，规划前詹锚地至前詹通用码头航道段海缆埋深为 4m，其余全部为 3m。

结合本工程地质及路由水深浅的实际情况，必须选择吃水浅、装载吨位大、甲板面积宽的海缆船作为施工母船，并且海缆施工需采用转盘方能满足本工程施工要求。具体要求如下：

（1）船舶吃水：浅吃水船舶，是装载海缆后吃水仍在 2m 左右，箱形驳船是最好选择。

（2）装载能力：选择排水量在 7000 吨级以上的海缆施工船舶。

（3）甲板宽度：根据电缆的装载要求，选择甲板宽度在 24m 左右及以上的施工母船。

海缆埋设施工船属于专用船舶，船上除配备了常规的锚泊系统设备外，还配备了针对海底电缆敷埋设施工要求而研制开发的专用设备。

本项目主要施工设备见表 2.3.4-1~表 2.3.4-3。

表 2.3.4-1 主要铺缆设备和机具

名称	说明
海缆转盘	储存电缆，轨道转动，机械手盘放
电缆退扭系统	释放电缆扭应力
布缆机	将电缆从储缆圈经电缆桥拉至甲板
机械计米器	计量敷设海缆长度
入水槽	保证电缆入水角度和弯曲半径

表 2.3.4-2 主要电缆埋深设备

序号	名称	用途
1	电缆埋设机	海底电缆埋深，深度 3-4m
2	高压水泵	供水，扬程 300m 以上
3	高压水管	将高压水输送至埋设机
4	导缆笼	保证埋设机至船舷间电缆的张力和弯曲半径
5	海缆埋深监测系统	监测电缆的张力、埋深、偏差、缆长及水深、流速等
6	拖曳式潜水器综合监控导航系统	埋设机综合监控与水下导航定位系统

表 2.3.4-3 锚泊设备列表

序号	名称	用途
1	牵引绞车	牵引施工船前进
2	锚机	固定船位
3	海军锚	大抓力锚
4	钢丝绳	牵引、锚泊等

2.3.4.1 常规海缆埋设施工

(1) 埋设犁投放

海缆放入入水槽后，船头海缆装入埋设犁腹部，关上门板，采用门吊将埋设犁缓缓吊入水中，搁置在海床面上。严格按照埋设犁的投放操作规程，按照以下程序进行作业：

- a) 埋设犁起吊，脱离停放架；
- b) 海缆装入埋设犁腹部，关上门板并在埋设犁海缆出口处设置吊点，保证投放埋设犁时海缆的弯曲半径；
- c) 埋设犁缓缓搁置海床面；
- d) 潜水员水下检查海缆与埋设犁相对位置，并解除吊点；

- e) 启动二台高压海水泵；
- f) 启动埋深监测系统；
- g) 启动牵引卷扬机；
- h) 施工船起锚，开始牵引埋设作业。

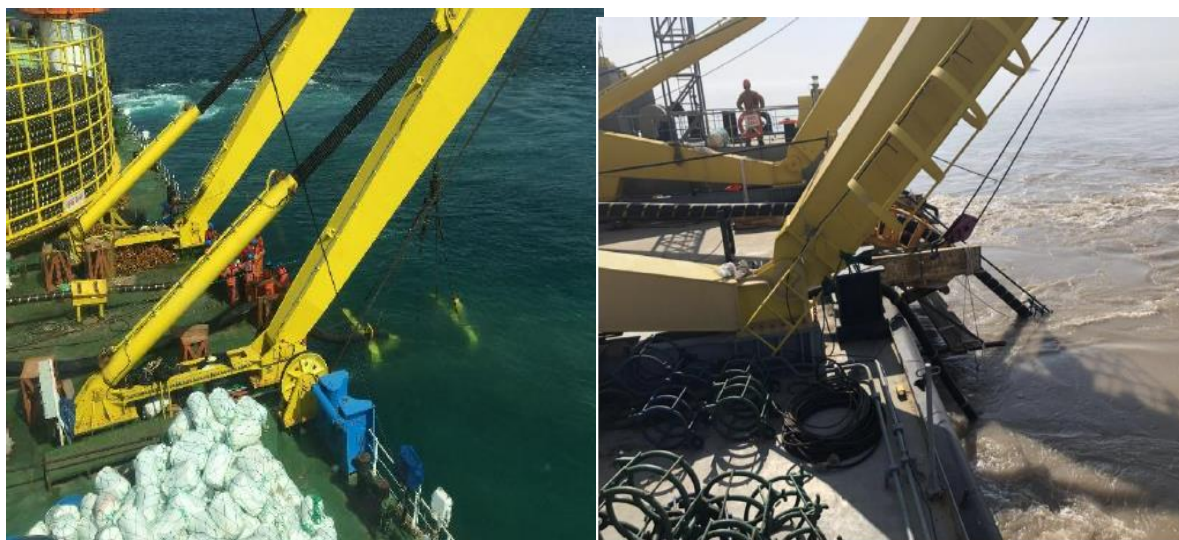


图 2.3.4.1-1 埋设施工图

（2）埋设调节与控制

埋设犁的埋设速度由收绞牵引钢丝绳的速度来调节。海缆埋设速度一般控制在 3—10m/min，取决于海床底质情况。底质较硬时，适当降低埋设速度，控制在 4m/min，以增加埋深。

在施工过程中,海缆埋设深度可通过调节牵引速度、水泵压力、牵引力以及埋设犁姿态等手段来控制。本工程采用二台高压潜水泵,最大流量可以达到 400m³/h, 确保施工船的牵引速度在 4m/min 时，最大限度保障海缆埋设深度。

由于两个回路海缆之间间距只有 30 米，为防止操作失误，在施工前必须对另一回路的路由在导航软件中进行标定。此外，应注意其他风场带电海缆的成品保护，提醒所有参与施工的船舶不得随意下锚。若应急锚泊需要，在下锚前应由定位工程师现场确认。

（3）升压站始端抛放

在施工过程中，升压站侧不具备登陆作业条件，润能 168 施工船舶就位升压站，DP 定位，海缆端头做好测试、铅封、系好浮标。采用 S 型或 Ω 型抛放，考虑到海缆的弯曲半径及 DP 船作业航行工况，抛放保持在半径 10m 以上的波浪线，海缆抛放长度必须满足后续登陆升压站留足余量。抛放结束后设标，定位记

录，等待升压站吊装完成后，安排施工船二次进场进行打捞登陆。具体抛放区域安排由总包或者监理、业主组织与相关作业单位进行沟通确定，避免相关作业船方破坏已敷设海缆。抛缆示意图如下：

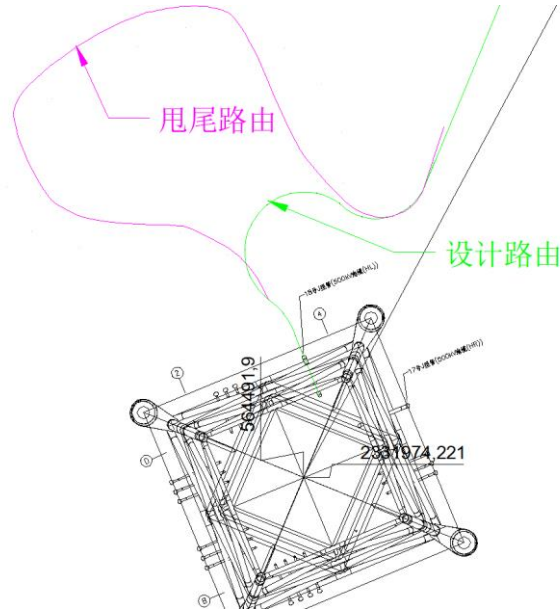


图 2.3.4.1-2 抛放位置图

抛缆后进行以下警示保护：

- 甩尾抛缆后第一时间将海缆路由提交总包，以便总包单位告知各相关方。
- 海缆头用钢丝绳与拖拉网套连接，系挂钢浮筒浮灯，警示各过往施工船舶。
- 海底甩尾裸漏段海缆每 20 米用细绳连接浮球使浮球浮于海面，并告知告相关施工单位。
- 安排警戒锚艇定期巡航守护，随时检查浮筒浮灯状态，确保系挂牢固，浮灯夜晚正常显示。
- 升压站及升压站导管架吊装前主动审核锚位图、施工方案，提醒相关单位位海缆保护事项。

（4）海中段端头抛放

陆集侧和升压站侧两端敷埋至 KP20 交汇区域后，在最后剩余 250 米—300 米范围，DP 船定位，回收埋设犁上甲板。陆集侧和升压站侧优先敷设完成的一端采用沿路由方向敷设；后续另一侧海中段电缆头则沿海缆路由偏西侧 15 米抛放，海缆端头做好测试、铅封、系好浮标。DP 船采用 S 型及直线抛放，考虑到

海缆的弯曲半径及 DP 船作业航行工况，S 型保持在连续的半径 10m 的波浪线抛放，为后续打捞端头留足余量。抛放结束后，将端头缓慢释放抛入海中，同时完成定位记录，等待下次打捞。海缆敷设完毕后及时把海缆路由报送业主，通知各相关方。

2.3.4.2 登陆段定向钻施工

根据项目登陆区域存在自然岸线保护要求，采用定向钻工艺实现海缆登陆：施工准备→导向孔施工→反拉扩孔、成孔→牵引管道→基坑开挖→砌检查井→回填→清场。使用定向钻拖拉法穿越岸滩形成孔道，牵引并预埋管道，回填陆上工作坑，定向穿越示意图见图 2.3.4.2-1，实际施工现场照片见图 2.3.4.2-2。

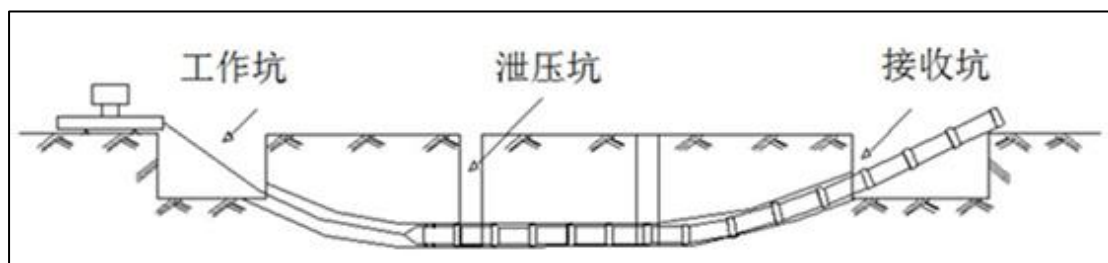


图 2.3.4.2-1 定向穿越埋管示意图





图 2.3.4.2-2 定向钻现场施工照片及施工位置与岸线的关系示意图

海缆登陆平面示意图见图 2.3.4.2-3，具体工艺如下：

施工船乘大潮驶入离登陆点 300m 处就位，并利用 DGPS 测量系统定位于路由轴线上，抛设八字锚稳定船位。

在终端登陆点处设置绞磨机。在电缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。

将海缆头从电缆盘拉出，在电缆头上设置活络转头。并与设置在终端登陆点处绞磨机的牵引钢丝联结，牵引钢丝穿过预埋管道。

启动绞磨机缓慢回绞钢丝，牵引海缆穿越管道，完成海缆穿越登陆。

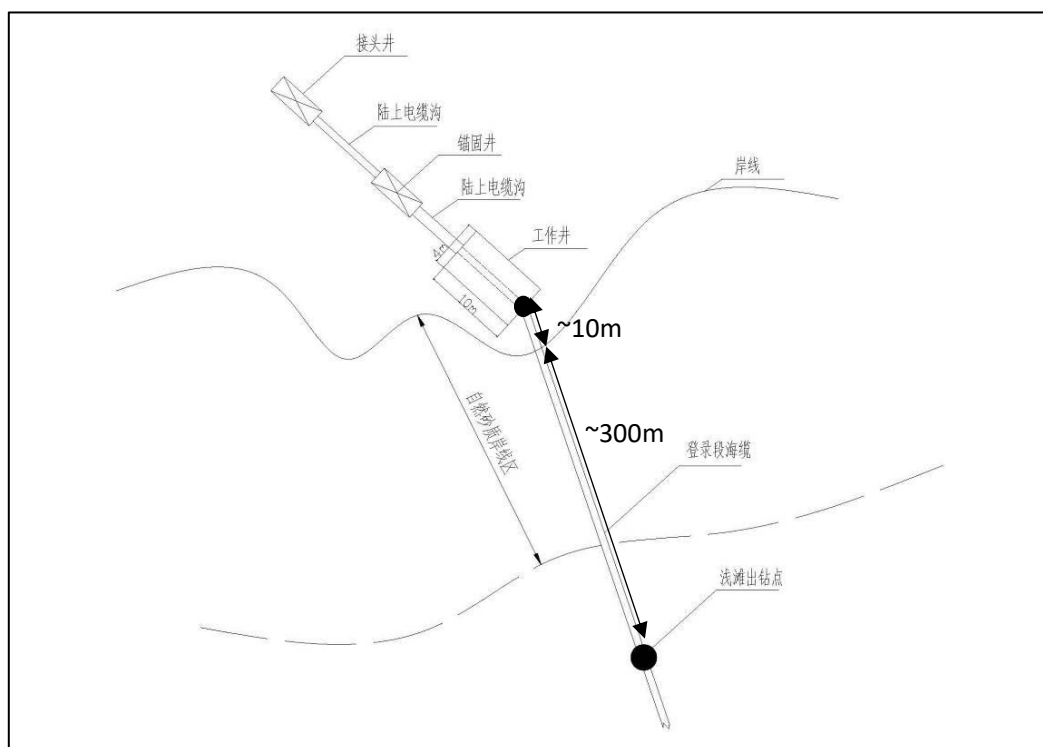


图 2.3.4.2-3 定向钻登陆平面示意图

定向钻钻孔过程中产生的弃渣通过泥浆循环排至工作井进行回收，采用污水箱统一收集外运处理。

海底电缆防护主要有两种方式：电缆自身外防护和电缆掩埋。本项目采取了以下防护措施进行海缆保护：

（1）建设单位按照国家法律法规，维护自己的合法权益，保护海底电缆的安全。

（2）对于穿越航道区的海缆加大电缆的埋深，在航道内施工时，向海事主管机关申请交通管制，同时尽量避免航道封航。

（3）海缆敷设完成后，在海缆 J 型管出口处采取抛填碎石或水泥压块等措施进行海缆保护。

2.3.5 土石方平衡

根据工程设计方案，本工程海上风机采用单桩基础，不涉及吸泥。海上升压站采用四桩导管架基础，需吸泥后灌注混凝土施工，根据可研单位估计，钢管桩吸泥总量为 160m³。

根据《国家电投揭阳神泉—400MW 海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》可知，本工程海上风机采用单桩基础，不涉及吸泥。海上升压站采用四桩

导管架基础,采用灌注混凝土施工,未涉及吸泥。多余的灌浆材料由供货商回收。海缆登陆段采用定向钻施工,定向钻挖出土石合计约 200m³,挖出的土方主要用于后期回填,剩余的土方用于集控中心建设周边平整。

2.3.6 实际施工进度

神泉一 400MW 海上风电场项目分期建设,包括神泉一 400MW 海上风电场项目(315.5MW)和神泉一 400MW 海上风电场项目(二期),具体施工进度见表 2.3.6-1。

表 2.3.6-1 本项目施工进度表

分期	序号	里程碑节点	实际完成时间
神泉一 400MW 海上 风电场项目 (315.5MW)	1	海上正式开工	2021 年 3 月 16 日
	2	首根单桩施工完成	2021 年 3 月 18 日
	3	陆上集控中心完成倒送电	2021 年 5 月 2 日
	4	首台风机安装完成	2021 年 4 月 24 日
	5	升压站吊装就位完成	2021 年 5 月 27 日
	6	升压站倒送电完成	2021 年 6 月 18 日
	7	首批(二标段 5.5MW)风机顺利并网	2021 年 7 月 23 日
	8	一标段完成全部单桩沉桩	2021 年 8 月 17 日
	9	全部(二标段)完成全部单桩沉桩	2021 年 9 月 4 日
	10	全部风机安装完成(两个标段都是同一天)	2021 年 9 月 18 日
	11	首批(一标段 7MW)风机顺利并网	2021 年 9 月 20 日
	12	二标段 35kV 海缆敷设完成	2021 年 11 月 14 日
	13	一标段 35kV 海缆敷设完成	2021 年 11 月 22 日
	14	全容量并网完成	2021 年 11 月 29 日
	15	16 台 7MW 风电机组通过“240h”试运行考核	2022 年 1 月 30 日
	16	5.5MW 风电机组通过“240h”试运行考核	2023 年 8 月 6 日
神泉一 400MW 海上 风电场项目 (二期)	1	沉桩开始	2022 年 04 月 21 日
	2	风机安装开始	2022 年 07 月 22 日
	3	沉桩完成	2022 年 07 月 20 日
	4	风电机组安装完成	2022 年 12 月 19 日
	5	海缆敷设完成	2022 年 12 月 21 日
	6	全部并网完成	2023 年 04 月 28 日

分期	序号	里程碑节点	实际完成时间
	7	13 台 7MW 风电机组通过“240h”试运行考核	2023 年 12 月 18 日

2.4 项目用海需求

2.4.1 项目拟申请用海面积

根据《海域使用分类》(HY/T123-2009)，本项目风机类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(2023 年 11 月)，项目的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），本次调整前后，用海类型不变。风机基础与海上升压站的用海方式为构筑物用海（一级方式）的透水构筑物用海（二级方式），海底电缆的用海方式为其他用海方式（一级类）中的海底电缆管道（二级类），本次调整前后，用海方式不变。

批复方案中，本项目批准用海面积 472.1808 公顷，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆管道用海面积 399.9741 公顷。实际建设内容与批复方案基本一致，主要变化为 2 台风机向西偏移约 200m，拟申请用海面积发生变化，用海面积为 472.4452 公顷，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆管道用海面积 400.2385 公顷，具体对比见表 2.4.1-1。

宗海位置图见图 2.4.1-1、宗海平面布置图见图 2.4.1-2，工程宗海界址图见图 2.4.1-3（a~c）。

表 2.4.1-1 施工方案与建设方案调整前后各单元申请用海情况比较表

用海单元	已批复方案	本建设方案	变化情况
	用海面积（公顷）	用海面积（公顷）	用海面积（公顷）
风机	70.2481	70.2481	0
升压站	1.9586	1.9586	0
35kv 集电海缆	148.6137	148.8781	+0.2644
220kv 送出路由	251.3604	251.3604	0
总面积	472.1808	472.4452	+0.2644

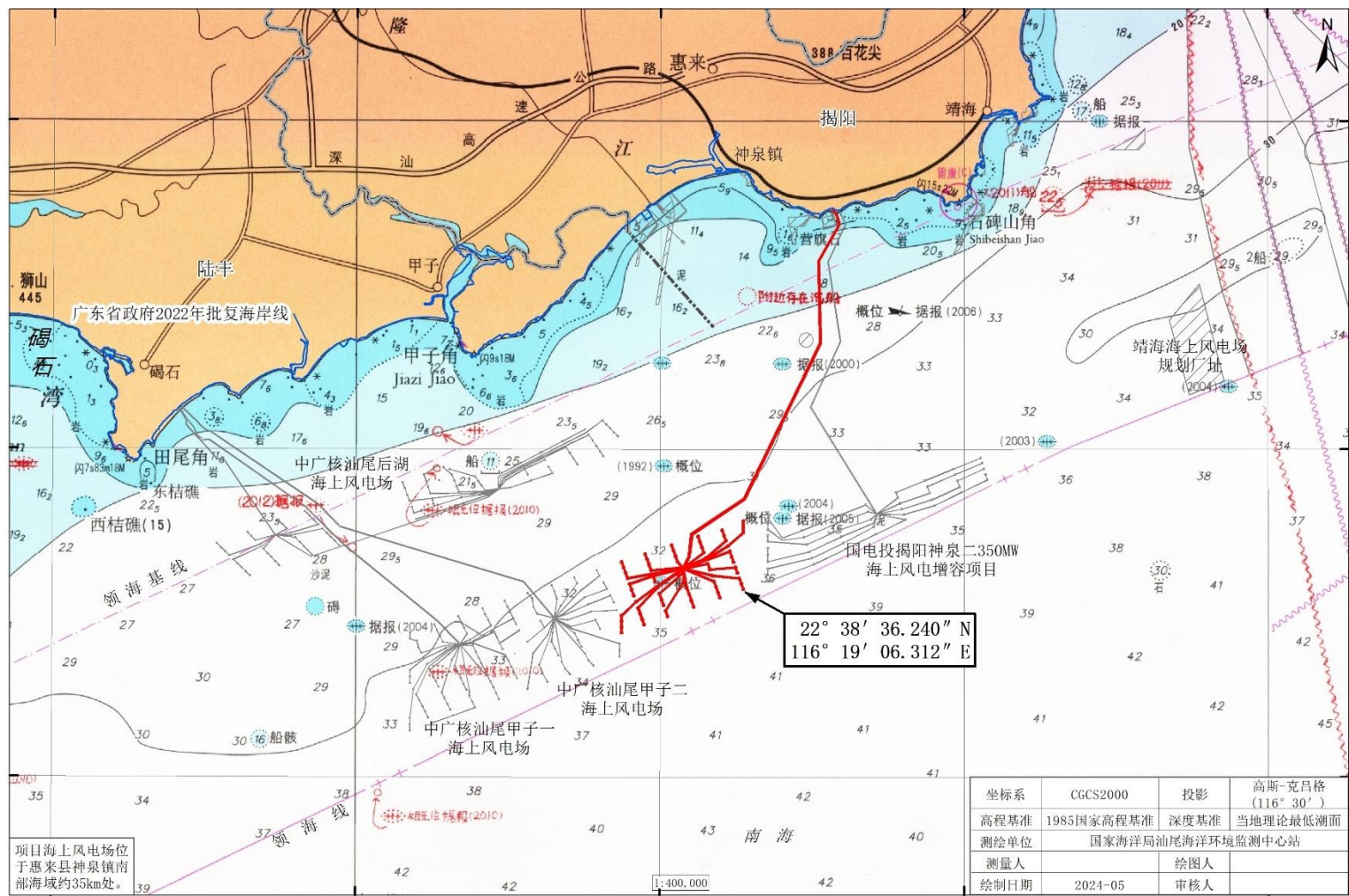


图 2.4.1-1 项目宗海位置图

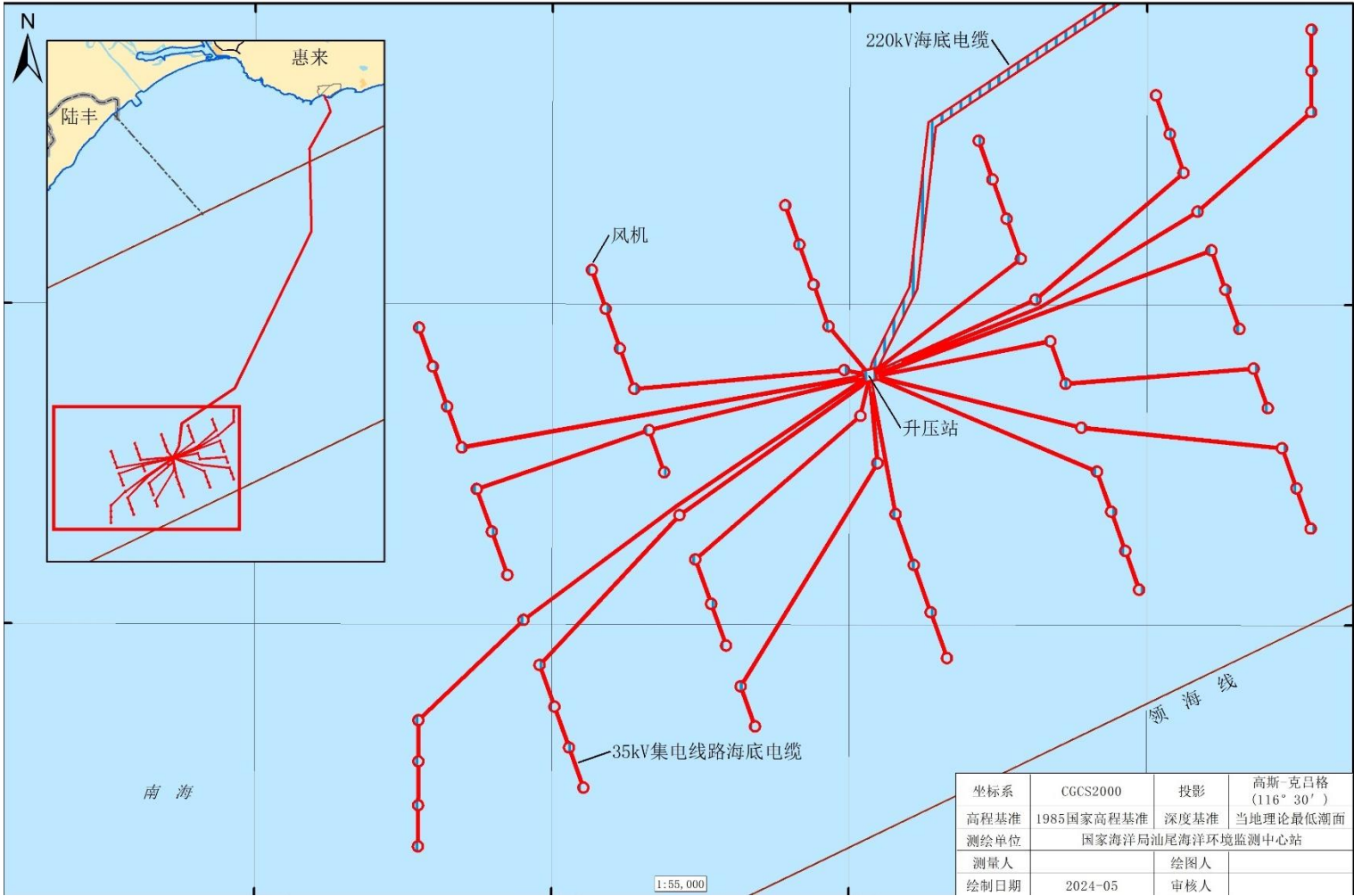


图 2.4.1-2 项目宗海平面布置图

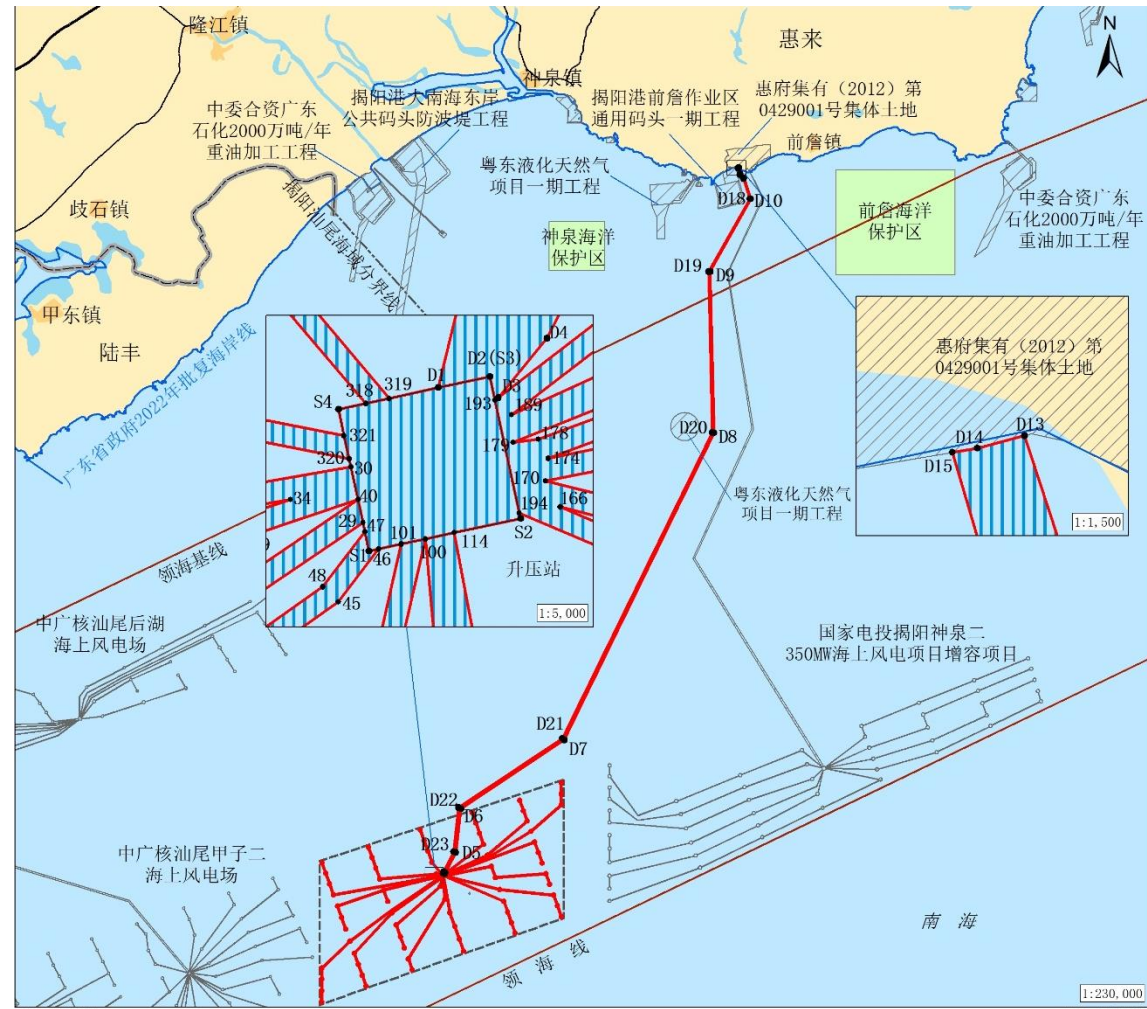
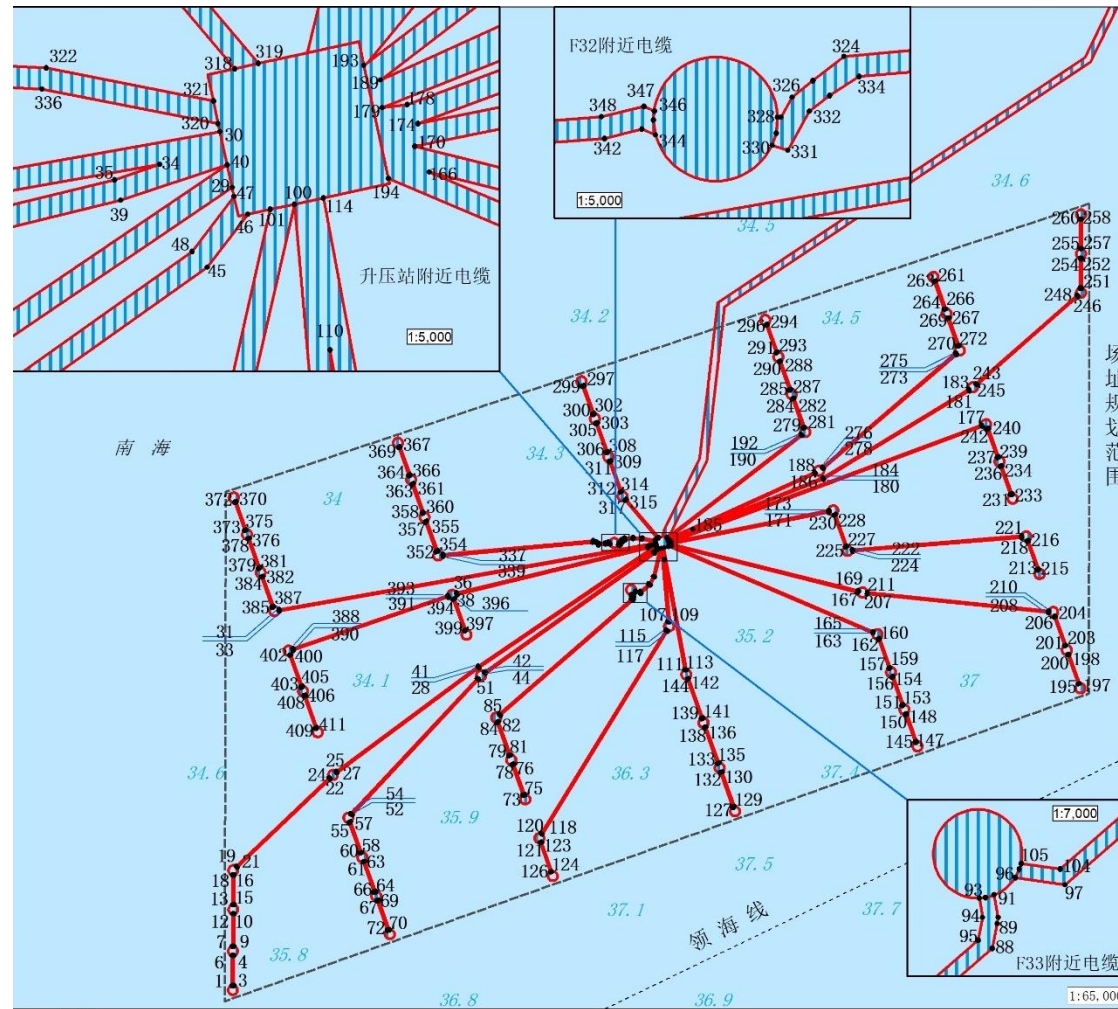


图 2.4.2-3 (a) 项目 220kV 电缆及升压站宗海界址图



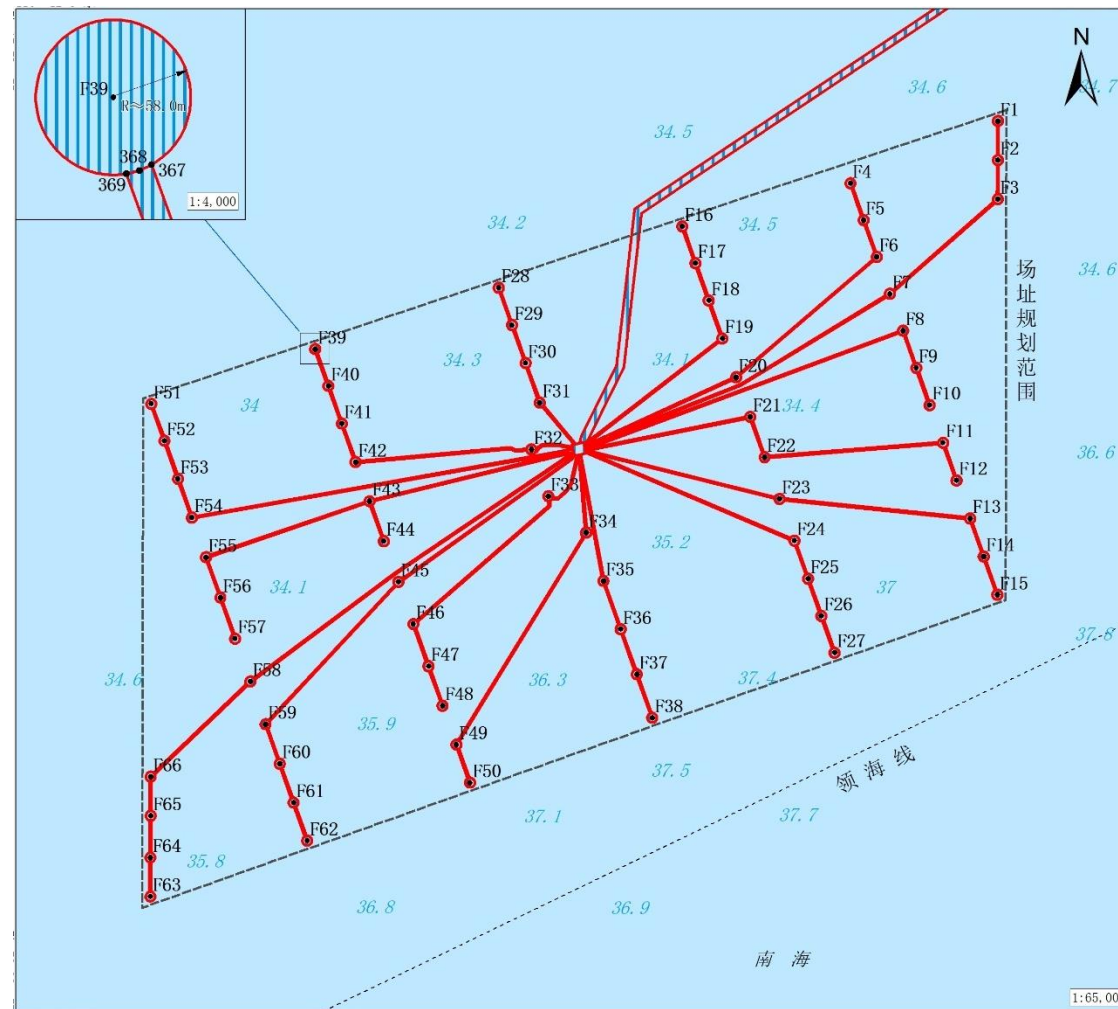


图 2.4.2-3 (c) 项目风机宗海界址图

2.4.2 项目申请用海期限

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定，其中港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目工程用海属于《中华人民共和国海域使用管理法》中的建设工程用海，工程风机基础结构防腐蚀设计按 27 年考虑，风机的设计服务年限为 25 年，工程建设期为 19 个月。

调整后项目申请用海期限不变，结合国家对项目用海年限的规定、工程设计年限及施工工期安排，调整后本项目拟申请用海期限仍为 27 年，

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

项目建设的必要性与批复方案一致，不再赘述。

2.5.2 项目用海必要性

项目调整后，仍要进行海上风电机组、海上升压站、海底电缆的建设，项目的海域使用是由其场地的建设条件和工程建设的特殊要求决定的。

（1）本项目附近海域风能资源丰富，适宜开发建设海上风电

根据收集的测风资料和统计分析成果，本项目风电场附近的风能资源较丰富，风向较为稳定，风速和风能分布较为集中，风功率密度年内变化相对较大，而日变化幅度较小，且湍流强度和风切变指数均较小。区域风资源适宜建设海上风电，具有较好的开发前景。

（2）本项目的建设特点

本工程项目的主体工程全部位于海上，将建设 66 台风机、1 座海上升压站、220kV 两回三芯海底电缆送出工程、16 回 35kV 海底电缆集电线路。风机和海上升压站基座为桩基础结构，属于“透水构筑物用海”，桩基插入海床，风机和海上升压站架设在海面上方，必将占用一定的海域。项目建设 53 回 kV 海底电缆，用于集中海上风电机组生产的电能，经海上升压站升压处理后，通过 220kV 两回三芯海底电缆输入陆上集控中心，最终输入电网，海底电缆埋入海床以下，属于“海底电缆管道用海”，必将占用一定的海床及底土。另外，本项目海缆路由登陆段采用定向钻施工方式，登陆段下穿近海及海岸带，施工必须设计一定范围的海床和海岸。因此，从项目的建设特点来看，本项目海上风机及电缆铺设将占用

一定的海域，项目用海是必要的。

本期工程建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。项目的风机基础、海上升压站建设、海底电缆铺设必将占用一定的海域，海缆登陆段施工也会涉及岸线。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，项目用海都是必要的。

2.5.3 项目调整必要性

（1）是落实违法违规用海行为查处整改的要求

本项目风机用海位置和海底电缆管道用海面积均发生了变化，其中 2 台风机基础中心点未在批复用海范围内，4 条 35kv 海底电缆路由未在批复用海范围内，以上活动属违法违规用海，已被立案查处。目前，虽已查处完毕，但涉及的用海面积和位置变化尚未完成用海变更，项目调整用海是项目用海变更的前提条件。

（2）是落实依法用海，维护用海秩序的要求

《中华人民共和国海域使用管理法》明确“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。《海域使用权登记办法》-明确要求“下列情形之一的，海域使用权人应当申请变更登记：（二）改变海域使用位置、面积或者期限的；”。本项目海域使用位置和面积均发生改变，因此开展项目调整进行项目用海变更是落实依法用海，维护用海秩序要求的实际体现。

综上所述，本工程项目的建设、用海和调整是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 港口资源

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港按功能划分为榕江内河和惠来沿海两个港区 9 个作业区。榕江港区分为：仙桥作业区、炮台作业区、石头作业区、青屿作业区、地都作业区等 5 个作业区；惠来沿海港区分为：南海作业区、神泉作业区、前詹作业区、资深作业区、靖海作业区等 5 个作业区（见图 3.1.1-1），位于惠来县东南沿海，跨海门湾和甲子、碣石湾两个海区，北邻汕头港，西南毗邻甲子港，

东南面临南海，拥有 7680 多平方公里的海域，大小港湾众多，特别是神泉海湾、靖海海湾及其邻近岸线，都具有水域面积广阔、波浪较小、回淤量小、水深条件优越，地质条件好的特点。适宜建设深水港的各类泊位，是大型工程项目的理想港址用地。

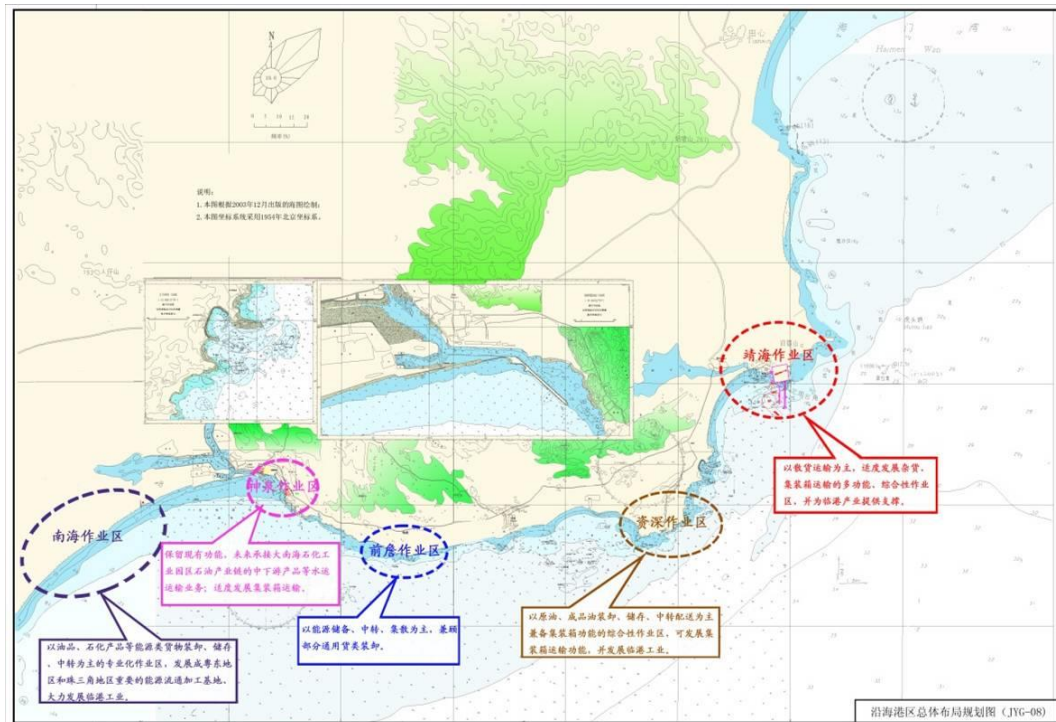


图 3.1.1-1 《揭阳港总体规划》惠来沿海港区概况图

本工程海底电缆登陆点位于前詹作业区的东部功能片区，本作业区的功能是能源储备、中转、集散为主，兼顾部分通用货类装卸的作业区。

前詹作业区划分为西、中、东三大功能片区，由于各片区的功能侧重不同，为减少各片区之间相互干扰，考虑将各片区布置为相对独立的功能区。各功能片区均需设置防波堤，防波堤的布置既要对各片区形成有效的掩护，又在整体上能够实现有效衔接。结合地形条件，采用内港池的布置形式，以增加港区可用岸线资源和陆域资源。在水域布置上，各片区在共用公共进港主航道的基础上形成各自相对对立进港支航道。前詹作业区现有 1 个 15 万总吨的 LNG 接卸泊位，通过能力 600 万吨。在建项目为中电投揭阳港前詹作业区通用码头一期工程，建设 1 个 7 万吨级通用泊位（水工结构按靠泊 15 万吨级船舶设计），1 个 3 千吨级通用泊位（水工结构按靠泊 7 万吨级船舶设计）及 1 个工作船泊位。

3.1.2 航道（路）资源

1.《揭阳港总体规划》规划航道

揭阳港惠来沿海港区现有 2 条航道，分别是 10 万吨级靖海作业区进港航道（惠来电厂航道）和前詹作业区进港航道（LNG 接卸码头航道）。在建航道有 3 条，分别是南海作业区 1#港池进港航道、前詹作业区进港航道、资深作业区原油码头进港航道。

南海作业区 1#港池在建航道按单向通航 5 万吨级油船考虑，分为两段布置，外段底宽为 190m，底标高为-13.5m，长度为 2270m；内段长度为 730m。

前詹作业区在建航道为中电投揭阳前詹电厂 2×100 万千瓦燃煤发电工程配套码头工程和通用码头一期工程共用航道，航道总长 4177m，其中外海段长 2712m，进港段长 1465m，航道有效宽度 190m，防波堤口门处拓宽至 250m，设计底标高-15.7m。

资深作业区在建航道为 30 万吨级原油码头进港航道，底宽为 320m，底标高为-24.0m，长度为 2900m。

2.中国航路指南推荐航路

（1）中、小型船舶航路

船舶从北方驶至弟岛 130°、距离 4.2 海里处，取航向 225°，航行 31.8 海里，经南澎列岛北侧（外籍船舶不得在南澎岛北侧航行和锚泊），驶至芹澎岛灯桩西 2.4 海里处；取航向 241°，航行 44.3 海里，驶至石碑山灯塔 353°、距离 4.9 海里处；取航向 250°航行 81.4 海里，驶至针头岩北 4.6 海里处。

（2）中型船舶航路

船舶从北方驶至东碇岛灯塔 321°、距离 12 海里处，取航向 229°，航行 74.4 海里，驶至南澎岛灯塔 312°、距离 5 海里处；取航向 246°，航行 51.3 海里，驶至石碑山灯塔 353°、距离 4.9 海里处，取航向 250°，插入中、小型船舶航路。

（3）大型船舶航路

船舶从北方驶至乌丘屿 309°、距离 15.6 海里处，取航向 231°，航行 161 海里，驶至南澎岛灯塔 312°、距离 10 海里处；取航向 241°，航行 53.2 海里，驶至石碑山灯塔 353°、距离 14.9 海里处；取航向 251°，航行 82.4 海里，驶至针头岩南 4 海里处。

3.全国沿海船舶航路总体规划

广东沿海水域内航路规划方案：

①南下航路

第一航段：接石碑山南定线制，以 $22^{\circ}46'.4N/116^{\circ}19'.8E$ 与 $22^{\circ}37'.5N/115^{\circ}51'.6E$ 两点连线为中心线，航向 250° ，航程约 27.4 海里；

第二航段：以 $22^{\circ}37'.5N/115^{\circ}51'.6E$ 与 $22^{\circ}25'.8N/114^{\circ}52'.0E$ 两点连线为中心线，航向 258° ，航程约 56.9 海里；

第三航段：以 $22^{\circ}25'.8N/114^{\circ}52'.0E$ 与 $22^{\circ}08'.5N/114^{\circ}21'.6E$ 两点连线为中心线，航向 239° ，航程约 33.2 海里，接担杆水道西行通航分道。

②北上航路

第一航段：接担杆水道东行通航分道，以 $22^{\circ}07'.5N/114^{\circ}21'.6E$ 与 $22^{\circ}14'.5N/114^{\circ}38'.6E$ 两点连线为中心线，航向 066° ，航程约 17.0 海里；

第二航段：以 $22^{\circ}14'.5N/114^{\circ}38'.6E$ 与 $22^{\circ}22'.6N/114^{\circ}53'.0E$ 两点连线为中心线，航向 059° ，航程约 15.5 海里；

第三航段：以 $22^{\circ}22'.6N/114^{\circ}53'.0E$ 与 $22^{\circ}34'.7N/115^{\circ}52'.8E$ 两点连线为中心线，航向 078° ，航程约 57.0 海里；

第四航段：以 $22^{\circ}34'.7N/115^{\circ}52'.8E$ 与 $22^{\circ}43'.5N/116^{\circ}21'.0E$ 两点连线为中心线，航向 070° ，航程约 27.5 海里，接石碑山南定线制。

4.粤东沿海定线制规划方案

为改善粤东海区海上交通安全形势，规划在南澎列岛和石碑山附近海域设立定线制。

石碑山南警戒圈：

以点 $22^{\circ}49.7'N$ 、 $116^{\circ}34.2'E$ 为圆心，半径 5 海里；

通航分道：

石碑山南警戒圈西南方：航向 $070^{\circ}/250^{\circ}$ ，分道宽 2 海里，分隔带宽 1 海里，长度 9 海里；石碑山南警戒圈与汕头港外警戒圈之间：航向 $040^{\circ}/220^{\circ}$ ，分道宽 2 海里，分隔带宽 1 海里，长度 18.5 海里。

5.广东省航道图推荐航道

根据广东省航道局和广东省地图院合编，由广东省地图出版社于 2015 年 1 月出版发行的《广东省航道图》，本项目 220kV 海底电缆穿越海甲航道，与神泉港进港航道最近约 4.0km。

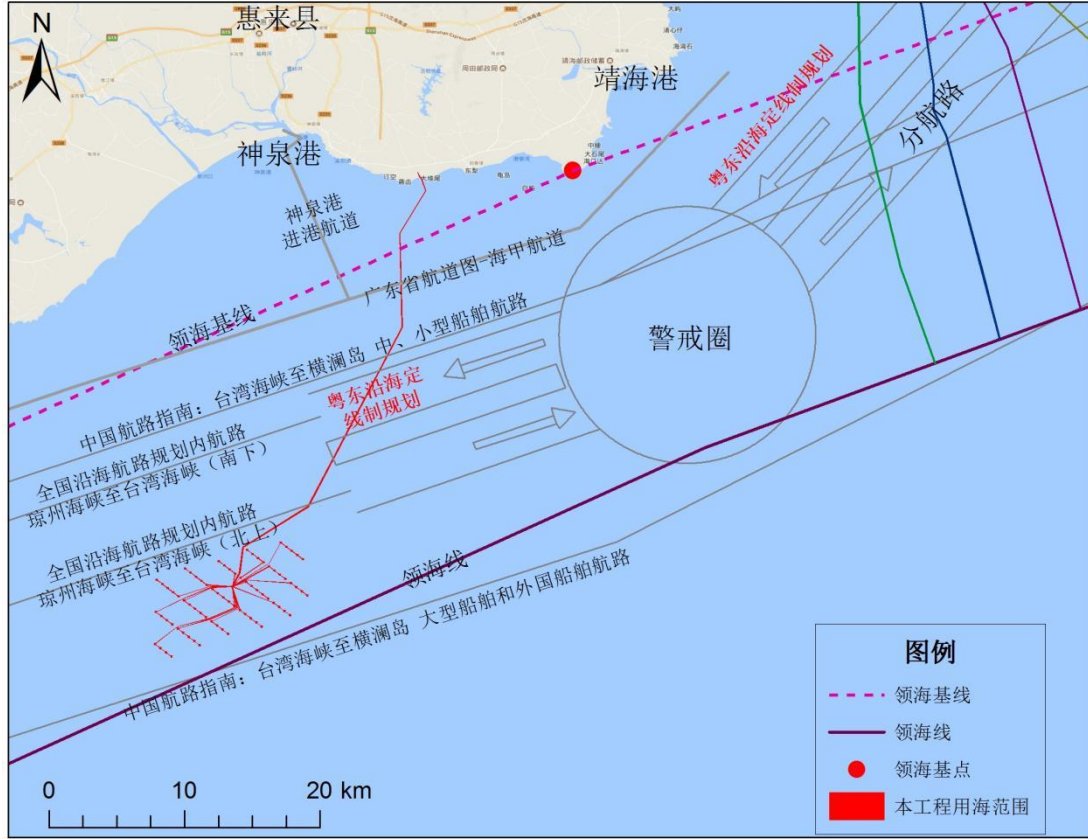


图 3.1.2-1 本工程与规划或推荐航路的相对位置图

3.1.3 锚地资源

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海港口规划有 5 个锚地，锚地见表 3.1.3-1，此外，由于榕江中下游航道所处河段河面宽阔，水深条件好，河势、河床稳定，受枯洪水影响不大，障碍物不多，风浪小，雾天少，年淤积量不明显，在榕江港区也规划 2 个锚地，分别是光裕锚地和公共锚地。

表 3.1.3-1 惠来沿海港口锚地规划表

名称	地理范围	地理坐标		功能	设计水深 (m)	底质	面积 (km ²)	备注
		东经	北纬					
海门湾锚地	坐标点为圆心，半径 2km 海域	116°36'50"	23°03'18"	候泊	18	淤泥、岩石底	12.56	保留

名称	地理范围	地理坐标		功能	设计水深 (m)	底质	面积 (km ²)	备注
		东经	北纬					
惠来石化锚地	北炮台西南部海域	东至： 116°37'28" 西至： 116°35'05"	南至： 23°01'55" 北至： 23°04'02"	候泊	18	淤泥、岩石底	12.56	新增
靖海锚地	坐标点为圆心，半径 1.5km 海域	116°33'11"	22°56'58"	候泊	27	泥底、沙底	7.06	新增
前詹锚地	坐标点为圆心，半径 1.5km 海域	116°24'33"	22°53'35"	候泊	18	泥底	7.06	新增
澳角锚地	坐标点为圆心，半径 1.0km 海域	116°19'21"	22°55'59"	候泊	9	沙底、岩石底	3.14	保留

注：表格中坐标采用 1954 年北京坐标系。

中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程有三个锚地，即中委 5000 吨级产品码头锚地、中委 5 万吨级产品码头锚地和中委 30 万吨原油码头锚地。

粤东液化天然气项目一期工程建设粤东 LNG 码头锚地；广东惠来电厂项目规划建设惠来电厂煤码头锚地。

各锚地与本工程的相对位置关系见图 3.1.3-1：

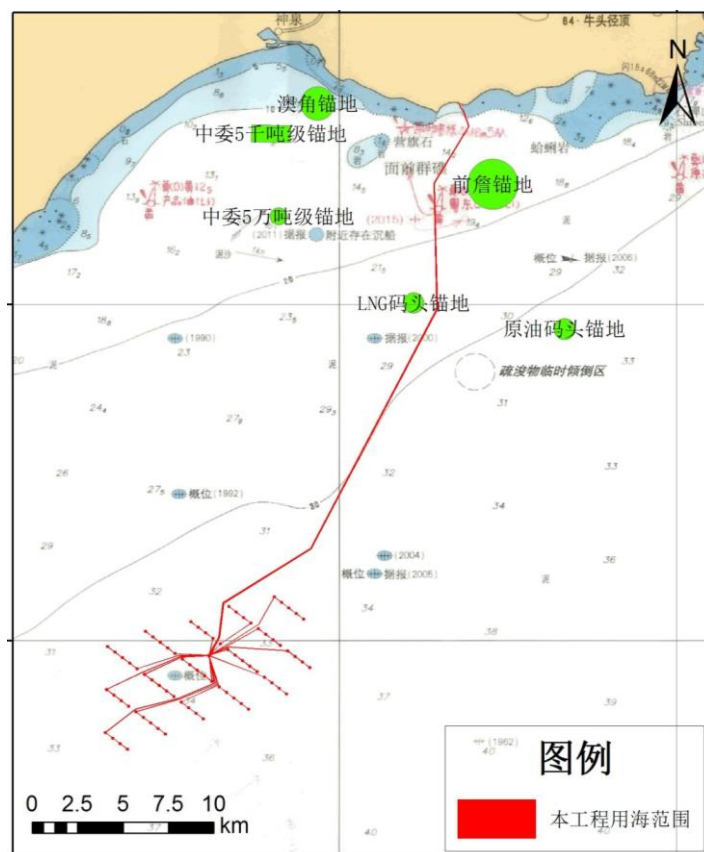


图 3.1.3-1 本工程与锚地的相对位置关系图

3.1.4 旅游资源

据统计，2014 年惠来县共接待游客 327.4 万人次，旅游收入 7.43 亿元；2019 年度全县接待游客 716.16 万人次，旅游总收入 17.64 亿元；受新冠疫情影响，2020 年全县旅游接待游客约 484.72 万人次，旅游收入约 27.3 亿元。

历史文化游、绿色生态游、滨海风情游、田园风光游、温泉度假游五大特色产品，构成了揭阳旅游的亮点。揭阳海域的海滨旅游资源包括金海滩娱乐旅游区、客鸟风景旅游区、绿洲娱乐旅游区和澳角娱乐旅游区（现名惠来海滨度假村）。揭阳市的滨海旅游区分布如图 3.1.4-1。

仙庵镇的金海湾娱乐旅游区拥有绵延 7km 的洁净细软的优良海滩，充分利用沿海荒滩，大面积营造自然生态林，建成集科研、科普、生态环境保护、高档运动娱乐、海滨度假于一体的综合型度假旅游区，海滩上建设了具国际标准的高尔夫球场。

客鸟尾石笋风景区位于靖海湾东部，距县城约 30km，因海滨形成了形态各异的石笋而成为旅游区。惠来县靖海镇西南石碑山岬角的海上航标灯塔初建于

1882 年，数建数毁，现在的灯塔为 1989 年建成，钢筋混凝土结构，塔高 68m，塔顶灯光视距 24.5 海里，并配有雷达应答器和无线电导航系统等设备，是中国 16 个导航台中最高者，有“亚洲第一航标塔”之称。

绿洲度假村位于揭阳市惠来县靖海镇绿洲临海沙滩林带，处海滩沙地，有森林覆盖，保持原始植被，自然绿化良好，空气清新。

澳角娱乐旅游区（现名惠来海滨度假村）位于惠来县神泉镇华家村至溪东村一带海滨，拥有长约 3000 米的海滨浴场柔沙绵绵，水清滩缓，空气清新，环境优雅，可观大海、看日出、赏明月、避酷暑，它风光旖旎、看海听浪，并具备完善的休闲服务设施，是惠来县乃至广东省内不可多得的海滨浴场。

本工程所在海域未开发形成旅游景点。



图 3.1.4-1 揭阳市的滨海旅游区分布

3.1.5 海岛资源

根据海岛名录，本项目风电场区域和离岸段均无海岛（礁），在登陆点附近海域有五个岛（礁），分别是大堆尾、南心仔、山礁、山礁外岛和山礁内岛，均属于无居民海岛，与本项目的相对位置如图 3.1.5-1 所示。

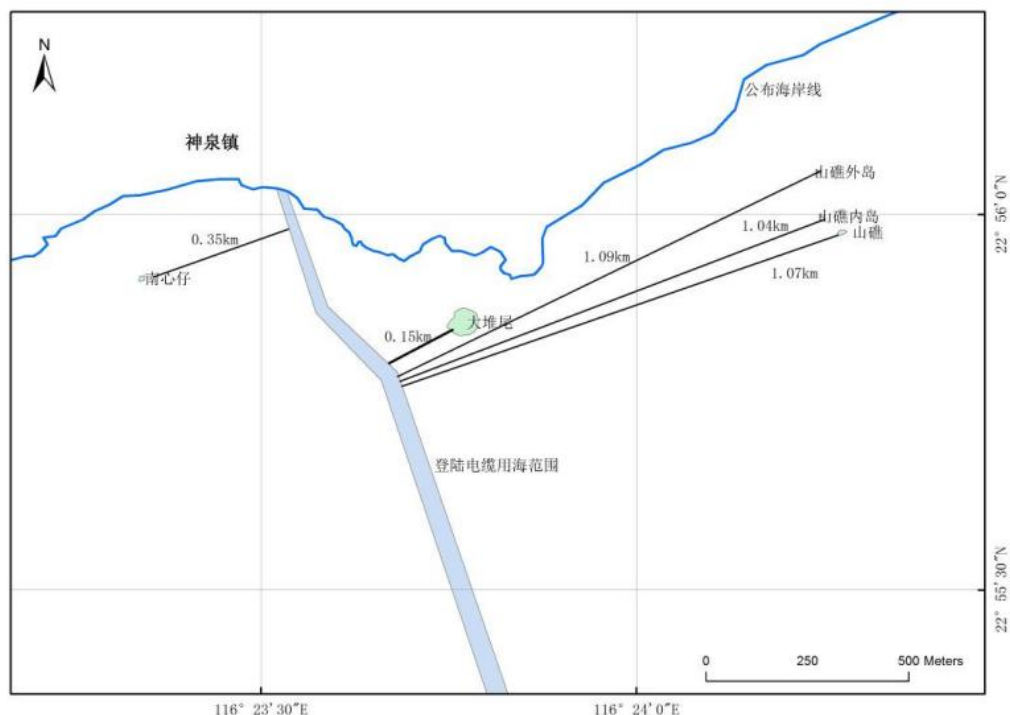


图 3.1.5-1 本项目附近海岛位置示意图

大堆尾：海岛地理坐标为北纬 $22^{\circ}55'54.6''$ ，东经 $116^{\circ}23'21''$ ，为基岩岛，保有自然岸线长度为 217.2m。

南心仔：海岛地理坐标为北纬 $22^{\circ}55'54.7''$ ，东经 $116^{\circ}23'20.9''$ ，为基岩岛，保有自然岸线长度为 49m。

山礁：海岛地理坐标为北纬 $22^{\circ}55'58.6''$ ，东经 $116^{\circ}24'16.3''$ ，为基岩岛，保有自然岸线长度为 52.9m。

山礁外岛：海岛地理坐标为北纬 $22^{\circ}56'3.4''$ ，东经 $116^{\circ}24'14.6''$ ，为基岩岛，保有自然岸线长度为 26.5m。

山礁内岛：海岛地理坐标为北纬 $22^{\circ}55'59.8''$ ，东经 $116^{\circ}24'14.8''$ ，为基岩岛，保有自然岸线长度为 22.5m。

3.1.6 海洋渔业资源

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

双斑蛸等。

3.1.6.1 调查概况

国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站分别于 2021 年 11 月、2022 年 3 月在本项目附近海域进行了秋季、春季调查，调查内容包括海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、渔业资源、海洋生物质量等。两季调查在调查范围内设水质调查站位 20 个，沉积物站位 10 个，海洋生物生态和渔业资源调查站位各 12 个，按照均匀分布，重点代表的原则布置。

具体调查站位详见表 3.1.6-1，分布图见图 3.1.6-1。

表 3.1.6-1 2021 年 11 月、2022 年 3 月调查站位表

站号	东经	北纬	调查项目
1	116°12'8.61"	22°52'13.73"	水质
2	116°18'56.48"	22°54'1.91"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
3	116°23'59.45"	22°55'0.54"	水质、生态、渔业资源、生物质量
4	116°28'17.61"	22°55'15.91"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
5	116°33'9.29"	22°59'37.66"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
6	116°11'51.31"	22°46'0.06"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
7	116°22'19.18"	22°46'41.09"	水质
8	116°23'55.58"	22°49'59.34"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
9	116°28'54.69"	22°49'16.05"	水质
10	116°34'53.12"	22°54'0.77"	水质
11	116°12'18.50"	22°37'33.79"	水质
12	116°20'45.25"	22°39'48.39"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
13	116°25'29.52"	22°41'53.84"	水质、生态、渔业资源、生物质量
14	116°30'31.09"	22°43'41.01"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
15	116°37'14.01"	22°48'16.81"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
16	116°12'48.16"	22°29'27.56"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
17	116°22'6.82"	22°31'14.89"	水质
18	116°31'5.70"	22°34'42.64"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
19	116°40'58.96"	22°38'53.64"	水质
20	116°16'13.33"	22°55'20.46"	水质
C1	116°15'41.20"	22°56'25.34"	潮间带
C2	116°23'48.94"	22°55'51.41"	潮间带
C3	116°28'27.65"	22°56'39.78"	潮间带

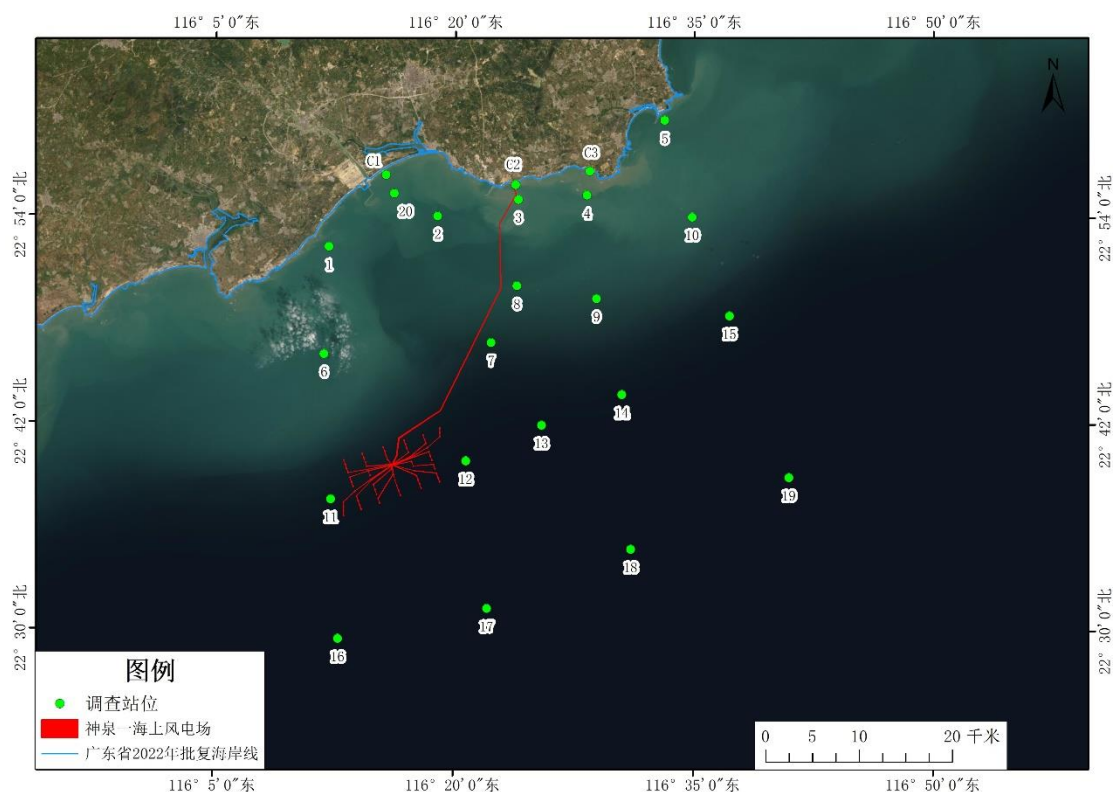


图 3.1.6-1 2021 年 11 月、2022 年 3 月调查站位图

渔业资源调查依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）相关要求进行。当观测船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。调查项目包括鱼卵仔稚鱼和游泳生物。

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

游泳生物：分析种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和资源密度（重量、尾数），以及渔业生产情况。采用单船有翼单囊拖网进行拖网采样，拖网采样船速 3 kn~4 kn（根据实际情况确定），拖网时长 1 h，网具为渔船生产作业时使用的底拖网网具，其网宽 8m，网囊网目尺寸 30mm。每站拖网 1h，拖速约为 3kn。每网样品按种分类，各站的渔获样品均在现场进行初步分析和测定；渔获样品较少（<40kg）时，将全部样品进行分析测定；渔获物较多时，

先挑选个体较大和稀有种类的样品，其余小杂鱼样品随机取样，再进行分析测定；当不能进行现场分析和测定时，将样品按类别装于聚乙烯袋中，冷冻保存带回实验室分析和测定。

渔业资源的评价方法采用优势度、多样性指数和均匀度，计算公式与海洋生物调查时采用的计算公式一致。

渔业资源密度采用扫海面积法（密度指数法），估算评价海区的资源密度，求算公式为：

$$D=C/Q \cdot A$$

其中：D——渔业资源密度，单位为 kg/km^2 ；

C——平均每小时拖网渔获量，单位为 $\text{kg}/\text{网} \cdot \text{h}$ ；

A——每小时网具取样面积，单位为 $\text{km}^2/\text{网} \cdot \text{h}$ ；

Q——网具渔获率（取 0.5）。

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

$$\text{IRI} = (N+W) \cdot F$$

式中：N——某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比；

W——某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F——某一种类出现的频率。

3.1.6.2 秋季调查结果及分析

1. 鱼卵仔稚鱼

本次共采获鱼卵 5 种（包括属以上）352 粒。垂直拖网采获 3 种 91 粒，各站位变化范围是（0.185~5.000） $\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均为 1.501 $\text{ind.}/\text{m}^3$ 。其中，鲷科鱼卵 73 粒，麦氏犀鳕鱼卵 14 粒，大头狗母鱼鱼卵 4 粒。水平拖网采获 5 种 261 粒，其中，麦氏犀鳕鱼卵 234 粒，鲷科鱼卵 9 粒，大头狗母鱼鱼卵、小带鱼鱼卵 8 粒，鰕虎鱼科鱼卵 2 粒。

本次共采获仔稚鱼 2 种（包括属以上）15 尾。其中垂直拖网捕获 2 种 13 尾，出现在 3、12、13、14、16、18 站位，各站位变化范围是（0~0.938） $\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均为 0.207 $\text{ind.}/\text{m}^3$ 。水平拖网捕获 2 种 2 尾，出现在 2、14 站位。见表 3.1.6-2。

本次调查，麦氏犀鳕鱼卵和仔稚鱼数量最多，占鱼卵、仔稚鱼总个体数的 6

7.6 %。鲷科鱼卵和仔稚鱼数量排第二，占鱼卵、仔稚鱼个体总数的 25.9%。

表 3.1.6-2 秋季鱼类浮游生物各站位分布

2. 游泳生物

① 种类组成和总渔获量

调查海区内共捕获游泳生物 65 种，其中鱼类隶属于 10 目 36 科 47 种，甲壳类隶属于 2 目 6 科 15 种，头足类隶属于 3 目 3 科 3 种。

游泳生物的总渔获量为 53.392 kg，平均渔获率为 $4.449 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。其中，18 站渔获率最高，为 $9.116 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ；14 站渔获率最低，为 $1.304 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

鱼类的平均渔获率为 $2.124 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，总渔获量为 25.487 kg，占游泳动物总渔获量的 47.7 %。甲壳类的平均渔获率为 $2.213 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，总渔获量为 26.551 kg，占 49.7%。头足类的平均渔获率为 $0.113 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，总渔获量为 1.354 kg，占 2.5 %。

甲壳类在渔获物中占优势，鱼类次之，头足类最少。调查海区出现的主要经济种类有宽突赤虾、红星梭子蟹、中华管鞭虾、棱须蓑鲉、口虾蛄、四盘耳乌贼、近缘新对虾和大头狗母鱼等。

表 3.1.6-3 秋季游泳生物渔获率分布

② 资源密度

本次调查各站位游泳生物尾数获率范围为 $(37 \sim 284) \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，平均尾数渔获率为 $124.4 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ；各站位游泳生物重量渔获率为 $(1.304 \sim 9.116) \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，平均重量渔获率为 $4.449 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。各站位尾数资源密度范围为 $(1.665 \sim 12.779) \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{km}^{-2}$ ，平均尾数资源密度为 $5.598 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{km}^{-2}$ ；各站位重量资源密度范围为 $(58.7 \sim 410.2) \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，平均重量资源密度为 $200.2 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。

根据公式估算，调查海区游泳生物的平均资源密度为 $200.2 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。因为中上层鱼类、贝类和螺类未在此次采样范围，故调查结果应该低于本地区实际渔业资源密度。其中，资源密度较高出现于 18 站位，为 $410.2 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；14 站位较低，为 $58.7 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。

鱼类的平均资源密度为 $95.6 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。资源密度最高出现于 16 站位，为 $222.0 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；3 站位最低，为 $10.7 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。

甲壳类的平均资源密度为 $99.6 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。资源密度最高出现于 13 站位，为 $193.5 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；14 站最低，未捕获甲壳类生物。

头足类的平均资源密度为 $5.1 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。15 站位头足类资源密度最高，为 $14.5 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，2、3 站位未捕获头足类生物。

表 3.1.6-4 游泳生物渔获率分布

③相对重要性指数 IRI 分析

监测海区渔获物中 IRI 大于 0.01 的游泳动物共有 19 种（表 3.1.6-5）。第一优势种为红星梭子蟹。

表 3.1.6-5 渔获重量和个体数量渔获率及组成

④鱼类的资源状况

（1）种类组成

海区共捕获鱼类 47 种，分属于 10 目 35 科。以鲈形目的种类数量最多，捕获 19 种，其次为鲉形目、鳗鲡目和鲷形目，均出现 5 种。

（2）资源密度分布

调查渔获的鱼类总重量为 25.5 kg ，占游泳生物总重量的 47.7 %。鱼类的平均资源密度为 $95.6 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。其中，16 站位鱼类的资源密度最高，为 $222.0 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；3 站位鱼类资源密度最低，为 $10.7 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。大部分站位主要由淡鳍兔头鲈和棱须鲷组成。

（3）主要优势种类

淡鳍兔头鲈：调查中，淡鳍兔头鲈的平均重量渔获率为 $0.556 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量约占总渔获量的 12.5 %；其平均个体渔获率为 $2.8 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量约占总渔获物个体的 2.3%，渔获重量居第二位。渔获的淡鳍兔头鲈的体长范围为 $120 \text{ mm} \sim 240 \text{ mm}$ 。

⑤甲壳类的资源状况及密度分布

（1）甲壳类的资源状况

调查共渔获的甲壳类经鉴定共有 15 种，分属 2 目 6 科。以十足目种类最多，共有 13 种，其次为口足目，有 2 种。梭子蟹科出现 6 种，对虾科出现 4 种，虾蛄科出现 2 种，馒头蟹科、绵蟹科和管鞭虾科均出现 1 种。

（2）资源密度分布

调查渔获的甲壳类共 26.551 kg，占总渔获量的 49.7%，平均资源密度为 $99.6 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，其中，18 站位资源密度最高，为 $193.5 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；14 站位甲壳类资源密度最低，未发现甲壳类生物。

（3）主要优势种

红星梭子蟹：调查中，红星梭子蟹的平均渔获率为 $0.941 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量占总渔获量的 21.2%，渔获重量居第一位。平均个体渔获率为 $10.8 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量占总个体数量的 8.7%。渔获的红星梭子蟹的体长范围为(49~152) mm。

宽突赤虾：平均渔获率为 $0.346 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量占总渔获量的 7.8%，渔获重量居第三位。平均个体渔获率为 $33.5 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量占总个体数量的 26.9%。渔获的宽突赤虾的体长范围为(30~80) mm。

⑥头足类的资源状况及密度分布

（1）头足类的资源状况

调查渔获的头足类经鉴定共有 3 种，分属 3 目 3 科。

（2）资源密度分布

调查海区渔获的头足类共 1.354 kg，占总渔获量的 2.5%，平均资源密度为 $5.077 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，其中，15 站位头足类资源密度最高，为 $14.489 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。

（3）主要优势种

四盘耳乌贼隶属于耳乌贼科四盘耳乌贼属。本次调查中，四盘耳乌贼的渔获重量占总渔获重量的 1.0%。中国枪乌贼在调查中的平均渔获重量为 $0.043 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。渔获的中国枪乌贼的胴长范围为(70~110) mm。

⑦渔获物幼体比

2021 年 11 月渔获物中，鱼类平均幼体比例为 49.56%，虾类平均幼体比例为 55.27%，蟹类平均幼体比例为 65.49%，虾蛄类平均幼体比为 43.24%，头足类平均幼体比例为 37.20%。

表 3.1.6-6 2021 年 11 月光渔获物幼体比例

3.1.6.3 春季调查结果及分析

1. 鱼卵仔稚鱼

本次共采获鱼卵 13 种（包括属以上）308 粒。垂直拖网采获 4 种 8 粒，各站位密度变化范围为（0~0.71）ind./m³。水平拖网采获 12 种 300 粒，各站位数量变化范围为 0~113，均值为 25，最大值出现在 15 站位。其中，笛鲷科鱼卵 120 粒，鲷属鱼卵 71 粒，鲷科鱼卵 40 粒，鰺科鱼卵 31。

本次共采获仔稚鱼 10 种（包括属以上）42 尾。其中垂直拖网捕获 5 种 7 尾，各站位密度变化范围为（0~0.84）ind./m³。水平拖网捕获 6 种 35 尾，出现在 2、12、15、16、18 站位，具体情况见表 3.1.6-7。

表 3.1.6-7 春季鱼类浮游生物各站位分布

2. 游泳生物

① 种类组成和总渔获量

调查海区内共捕获游泳生物 43 种，其中鱼类隶属于 7 目 25 科 30 种，甲壳类隶属于 2 目 5 科 8 种，头足类隶属于 3 目 4 科 5 种，渔获种类名录见附录 VI。

游泳生物的总渔获量为 125.902 kg，平均渔获率为 10.492 kg·h⁻¹。其中，12 站位渔获率最高，为 26.875 kg·h⁻¹；3 站位渔获率最低，为 2.430 kg·h⁻¹。

鱼类的平均渔获率为 5.419 kg·h⁻¹，总渔获量为 65.026 kg，占游泳动物总渔获量的 51.65%。头足类的平均渔获率为 2.771 kg·h⁻¹，总渔获量为 33.249 kg，占 26.41%。甲壳类的平均渔获率为 2.302 kg·h⁻¹，总渔获量为 27.627 kg，占 21.94%。

鱼类在渔获物中占优势，头足类次之，甲壳类最少。调查海区出现的主要经济种类有宽突赤虾、口虾蛄、火枪乌贼、二长棘鲷、横带长鳍天竺鲷、扁鲳、长蛇鲻、红星梭子蟹、中华管鞭虾、近缘新对虾等。

② 资源密度

本次调查各站位游泳生物尾数渔获率范围为（75~746）ind.h⁻¹，平均尾数渔获率为 310 ind.h⁻¹；各站位游泳生物重量渔获率为（2.430~26.875）kg·h⁻¹，平均重量渔获率为 10.492 kg·h⁻¹。各站位尾数资源密度范围为（3.375~33.567）×10³ind.km⁻²，平均尾数资源密度为 13.938×10³ind.km⁻²；各站位重量资源密度范围为（109.3~1209.3）kg·km⁻²，平均重量资源密度为 472.1 kg·km⁻²。

根据公式估算，调查海区游泳生物的平均资源密度为 $472.1 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。因为中上层鱼类、贝类和螺类未在此次采样范围，故调查结果应该低于本地区实际渔业资源密度。其中，资源密度较高出现于 12 站位，资源密度较低出现于 3 站位。

表 3.1.6-8 春季游泳生物渔获率分布

③相对重要性指数 IRI 分析

监测海区渔获物中 IRI 大于 0.01 的游泳动物共有 17 种，见表 3.1.6-9。第一优势种为火枪乌贼（*Lololus beka*）。

表 3.1.6-9 春季渔获重量和个体数量渔获率及组成

④鱼类的资源状况

（1）种类组成

海区共捕获鱼类 30 种，分属于 7 目 25 科。以鲈形目的种类数量最多，捕获 15 种，其次为鲹形目，出现 5 种。

（2）资源密度分布

调查渔获的鱼类总重量为 65.026 kg，占游泳生物总重量的 51.65%。鱼类的平均资源密度为 $243.8 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。其中，12 站位鱼类的资源密度最高，为 $695.0 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；15 站位鱼类资源密度最低，为 $8.9 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。大部分站位主要由长蛇鲻（*Saurida elongata*）和扁鲻（*Callionymus palnu*）组成。

（3）主要优势种类

长蛇鲻：调查中，长蛇鲻的平均重量渔获率为 $2.483 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量约占总渔获量的 23.7%，渔获重量居第一位；其平均个体渔获率为 $46.3 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量约占总渔获物个体的 15.0%，渔获数量居第二位。

扁鲻：调查中，扁鲻的平均重量渔获率为 $0.597 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量约占总渔获量的 5.7%；其平均个体渔获率为 $22.5 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量约占总渔获物个体的 7.3%。

⑤甲壳类的资源状况及密度分布

（1）甲壳类的资源状况

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

（2）资源密度分布

调查渔获的甲壳类共 27.627 kg，占总渔获量的 21.94%，平均资源密度为 $103.6 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，其中，14 站位资源密度最高，为 $207.0 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ；5 站位甲壳类资源密度最低，为 $35.3 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。大部分站位主要由宽突赤虾（*Metapenaeopsis palmensis*）和红星梭子蟹（*Portunus sanguinoleutus*）组成。

（3）主要优势种

宽突赤虾：调查中，宽突赤虾的平均渔获率为 $0.736 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量占总渔获量的 7.0%，渔获重量居第四位。平均个体渔获率为 $72.5 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量占总个体数量的 23.4%。渔获数量居第一位。

红星梭子蟹：调查中，红星梭子蟹的平均渔获率为 $0.827 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量占总渔获量的 7.9%，渔获重量居第三位。平均个体渔获率为 $8.6 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量占总个体数量的 2.8%。

⑥头足类的资源状况及密度分布

（1）头足类的资源状况

调查渔获的头足类经鉴定共有 5 种，分属 3 目 4 科。

（2）资源密度分布

调查海区渔获的头足类共 33.249 kg，占总渔获量的 26.41%，平均资源密度为 $124.7 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，其中，14 站位头足类资源密度最高，为 $378.0 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ ，8 站位头足类资源密度最低，为 $1.8 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。大部分站位主要由火枪乌贼（*Lololus beka*）组成。

（3）主要优势种

火枪乌贼为调查海区游泳动物的第一优势种。平均渔获率为 $1.649 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ，渔获量占总渔获量的 15.7%，渔获重量居第二位。平均个体渔获率为 $40.9 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1}$ ，个体数量占总个体数量的 13.2%。渔获数量居第三位。

⑦渔获物幼体比

2022 年 3 月渔获物中，鱼类平均幼体比例为 56.42%，虾类平均幼体比例为 59.35%，蟹类平均幼体比例为 46.55%，虾蛄类平均幼体比为 28.99%，头足类平均幼体比例为 45.11%。

表 3.1.6-10 2022 年 3 月渔获物幼体比例

3.1.6.4 主要经济种类

1. 秋季调查主要经济种类

2021 年秋季调查，综合考虑各品种出现站数、优势度、12 站平均渔获率大小、出现站数、经济价值高低和生物类型代表性，选定分述的游泳生物调查的主要经济种类按分类顺序分别为红星梭子蟹、口虾蛄、龙头鱼。

（1）红星梭子蟹

红星梭子蟹（*Portunus sanguinolentus*）又称三点蟹、三眼蟹、梭子蟹、枪蟹、海虫、水蟹、门蟹、盖鱼、童蟹，红星梭子蟹头胸甲呈梭形，稍隆起，表面有 3 个显著的疣状隆起。螯足发达，长节呈棱柱形，内缘具钝齿。第四对步足指节扁平宽薄如桨，适于游泳，红星梭子蟹属于暖水性底层蟹类。

➤ 地理分布

分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地，生活环境为海水，多见于 10-30 米深的泥沙质海底。

➤ 生境习性

栖息在水深 20-30 米的海底泥沙地。个体小的常附在海中漂流的海藻上。东南亚一带很多见。

➤ 摄食

红星梭子蟹属底栖生物食性类型，同时也捕食一定数量游泳动物和少量的浮游动物。

➤ 数量分布

本次游泳生物调查 12 站，红星梭子蟹出现 8 站、占总调查站数的 67%，各站平均渔获率为 11.3kg/h。

（2）口虾蛄

口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）亦称东方虾蛄。俗称“濑尿虾”、“螳螂虾”、

“爬虾”、“虾爬子”、“皮皮虾”等，为节肢动物门，甲壳动物亚门，软甲纲，掠虾亚纲，口足目。口虾蛄在中国各沿海均有分布，为中国境内分布最广、产量最大的口足类动物。

➤ 地理分布

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

➤ 生活习性

口虾蛄是沿海近岸性品种。虾蛄喜栖于浅水泥沙或礁石裂缝内，中国南北沿海均有分布。

➤ 数量分布

本次游泳生物调查 12 站，口虾蛄出现 6 站、占总调查站数的 50%，各站平均渔获率为 1.55kg/h。

(3) 龙头鱼

龙头鱼 (*Harpadon nehereus*)，灯笼鱼目，龙头鱼科龙头鱼属的一种鱼类。龙头鱼体长达 41 厘米，色暗，淡灰色或褐色，具黑色细点。口大、前位，尾鳍叉形，胸鳍及腹鳍大。

➤ 地理分布

龙头鱼分布于印度洋和太平洋、中国南海、东海和黄海南部均产之、尤以浙江的温台和舟山近海以及福建沿海产量较多。

➤ 生境习性

龙头鱼生活于暖温性海洋的中下层。运动能力不强。常栖息于浅海泥底的环境中。

➤ 摄食

龙头鱼属杂食性鱼类，以小鱼、小虾、底栖动物为食。

➤ 繁殖和生长

龙头鱼 1 龄性成熟，产卵场主要在沿海的河口处，春季产卵，卵径 0.8 毫米。龙头鱼有短距洄游习性，每年 3、4 月，由外侧海域游向岸，10 月以后，外游向深水处过冬。

➤ 数量分布

本次游泳生物调查 12 站，龙头鱼出现 4 站、占总调查站数的 33%，各站平均渔获率为 1.27kg/h。

2.春季调查主要经济种类

2022 年春季调查，综合考虑各品种出现站数、优势度、12 站平均渔获率大小、出现站数、经济价值高低和生物类型代表性，选定分述的游泳生物调查的主要经济种类有红星梭子蟹、长蛇鲭、二长棘鲷。

（1）红星梭子蟹

本次游泳生物调查 12 站，红星梭子蟹出现 11 站、占总调查站数的 92%，各站平均渔获率为 0.827kg/h。

（2）长蛇鲭

长蛇鲭（*Saurida elongata*）属灯笼鱼目、狗母鱼科、蛇鲭属。地方俗称蛇鲭、神仙梭、香梭、长蜥鱼，等。长蛇鲭体长，呈圆筒状，体长筒形，中部稍粗。头略平扁，口大，两颌具多行细牙，腭骨及舌上亦具细牙，体背侧棕色，腹部白色，侧线发达平直，侧线鳞明显突出。背、腹、尾鳍均呈浅棕色，胸鳍及尾鳍下叶呈灰黑色。

➤ 地理分布

长蛇鲭分布于西北太平洋，我国广东、福建沿海海域产量较多。

➤ 分布

长蛇鲭为近海底层温水性鱼类，通常栖息于水深 20m~100m 底质为泥或泥沙的海区。游泳迅速，但移动范围不大，不进行长距离洄游。

➤ 摄食

长蛇鲭属肉食性鱼类，性凶猛，游泳迅速，以小型鱼类和幼鱼为食。

➤ 繁殖

长蛇鲭南海鱼群于每年 2~4 月由外海游向近岸进行产卵繁殖；黄渤海鱼群的繁殖期在每年的 5~7 月。渔获期以冬春两季为主。常年可捕获，以冬春两季为捕捞盛季。

➤ 数量分布

本次游泳生物调查 12 站，长蛇鲭出现 5 站、占总调查站数的 42%，各站平均渔获率为 2.483kg/h。

（3）二长棘鲷

二长棘鲷（*Parargyrops edita Tanaka*）属硬骨鱼纲、鲈形目、鲷科、二长棘鲷属。地方俗称红立国、立鱼、立花、生仔、板立、长旗、板鱼、鲳鱼、盘仔鱼、立花、赤髯、长鳍、盘鱼等。二长棘鲷体侧扁、呈椭圆形，头钝而扁。口小，吻钝，上下颌具短犬牙，眼圆而明亮，背脊狭窄、弓状弯曲，背鳍连续无缺刻，背鳍 1~2 鳍棘短小，3~4 鳍棘突出延长如针状。是我国常见的经济鱼类。

➤ 地理分布

二长棘鲷分布于北太平洋西部。我国产于南海和东海南部、主要产地在北部湾及雷州半岛。

➤ 洄游分布

二长棘鲷系洄游小型鱼类，季节性很强，在浅海逗留时间短，约在 5 月间就销声匿迹、潜入深处。

➤ 适盐适温

二长棘鲷属于暖温性底层鱼类。其常栖息于近海水深 20~70 米以及底质为沙泥、沙砾、岩礁或贝藻丛生的海区。

➤ 摄食

二长棘鲷主要食物有鱼虾类、沙蚕类、幼小软体管蛸类。

➤ 繁殖

二长棘鲷繁殖生长期是在每年的 3~4 月。

➤ 数量分布

本次游泳生物调查 12 站，二长棘鲷出现 9 站，占总调查站数的 75%，各站平均渔获率为 0.185kg/h。

3.1.7 岸线资源

根据广东省 2022 年批复海岸线，惠来沿海岸线长 115.8 km，自然岸线保有率为 54.6%，以砂质岸线、基岩岸线为主，分别长 47.3 km、15.9 km。沿海岸线已建港口较少，主要有神泉、靖海作业区等。本段岸线位于惠来县东南沿海，跨海门湾和甲子、石湾两个海区，北邻汕头港，西南毗邻甲子港，东南面临南海。神泉湾像一个半月形的浅海湾，由于龙江河改道入海，神泉湾没有龙江河水冲刷，现在处于严重淤积状态；靖海湾呈半耳形海湾，等深线稳定，10 m、20 m 等深线

都离岸线较近，水上少礁盘，但地质条件比较复杂，上部覆盖第四纪海相沉积物主要由淤泥、淤泥质土、粘性土、砂性土交互层，土层变化较大，层位与土层的性质不稳定，厚薄不均，土层连续性差。下部为燕山晚期侵入花岗岩残积土，花岗岩强风化层，岩面变化较大；惠来沿海岛屿众多，暗礁和浅滩零星分布，大部分岸线比较平顺，深水岸线较长且近岸，有多处是天然的避风港，是建港的优良海湾。沿海岸线大部分面向开敞的外海，如建港则需要建设防波堤，港寮湾及附近岸线虽有掩护，但礁石也较多，如果建港需勘察好地形，合理清礁。

惠来沿海岸线见图 3.1.7-1，本工程登陆点临近东坑仔至前詹段岸线，现状为砂质岸线，岸滩宽度约为 30m 至 40m 左右，岸滩较为平滑，附近海域有零星的大型礁石分布，周边无植被分布。



图 3.1.7-1 惠来沿海岸线和锚地规划图

3.1.8 风能资源

本风电场处于揭阳市惠来县前詹南面海域，海域开阔，场址距离陆地约 20 km ~30km，风能资源较丰富。由于受不同天气和地形的影响，场址所在区域全年盛行风向为东北方向，春、秋冬季，也多为东北风和东北偏东风；夏季，以西南风居多。风速季节变化也较明显，从月平均风速来看，冬季风速大于夏季风速。

本项目场址附近建有一座自立式测风塔，地理坐标为：116°41' 24.47"E，22°49' 42.33"N，塔高 100m，水深约 38m，根据收集的 2018 年 06 月 21 日～2020 年 06 月 30 日连续二周年的测风资料。本次二周年观测分析报告选取测风塔的 2018 年 07 月 01 日～2020 年 06 月 30 日的二周年测风资料进行统计分析。

（1）风电场风能资源丰富

根据场址内测风塔周年资料，20m~100m 测风塔各层全年平均风速在 7.52~8.65m/s 之间，平均风功率密度在 443~620 W/m² 之间。经长年代风资源分析并订正，水平年 100m 高平均风速为 8.72m/s，平均风功率密度为 625W/m²。轮毂高度 140m 平均风速为 8.80m/s，平均风功率密度为 632W/m²。根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T18710-2002）和《海上风力发电场设计标准》（GB/T51308-2019）风功率密度等级评判标准，本风电场风能资源属于 5 级，风能资源丰富。

（2）风向较为稳定

轮毂高度处主导风向为 ENE，相应风向频率为 30.6%；主导风能风向亦为 ENE，相应频率为 44.8%。

（3）风速和风能分布较为集中

轮毂高度风速主要集中在 3~13m/s 的区间中，频率约占 80%，而风能主要集中在 8~17m/s 的风速区间中，频率约占 82%。风速和风能分布均比较集中。

（4）风速年内变幅较大，而日变化幅度较小

轮毂高度风速与风功率年内变化幅度较大，在年内 10 月至翌年 3 月风速相对较大，其中 11 月平均风速为全年最高，平均风速为 9.39m/s，风功率密度 1179W/m²；4~9 月风速相对较小，其中 6 月份为全年风速最低的月份，平均风速为 6.18m/s，风功率密度 194W/m²。

轮毂高度风速日内变化较小，变化范围为 8.44~9.08m/s 之间；平均风功率密度日内变化小，变化范围为 548~686W/m²。一日中 02~07、18~21 时风速相对较大，08~16、21~23 时风速相对较小；风功率密度与风速的变化规律基本一致。

（5）湍流强度和风切变指数均较小

各测风高度风速 $V=15.0\text{m/s}$ 时湍流强度在 0.057~0.078 之间。湍流强度随

高度的增加而减小，随着风速增大而呈现减少的趋势，测风塔综合切变指数为 0.08。

（6）重现期风速

风电场轮毂 140m 高度处 50 年一遇 10min 平均风速为 54.5m/s，50 年一遇 3s 极大风速为 73.6m/s。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气候特征

本项目所处的揭阳市惠来县南侧海域属亚热带季风气候区，海洋性气候明显，夏无酷热，冬无严寒，气候温和，阳光充足，雨量充沛，多年平均气温为 21.8℃，炎热月份（6~9 月）平均气温在 26℃以上，较冷的 1~2 月份平均气温在 13℃左右，平均气温年际变差较小。受季风影响明显，夏季炎热多雨，年雨量为 1500 mm~2000mm，雨量年内分配很不均匀，汛期（4~9 月）占全年雨量的 80%以上，台风对本地区影响很大，常受台风侵袭，并带来大量水汽，造成暴雨或大暴雨。

厂址区域无气象观测，场址西北侧的 38km 惠来气象站有长期的气象观测资料，可选作参证站。惠来气象站位于惠来县老城区东郊，东经 116°18′，北纬 23°02′，地面海拔 12.9m，从 1956 年开始记录整编资料，观测项目有气温、气压、相对湿度、绝对湿度、风速和风向、降水量、日照时数、蒸发量、云量等，根据惠来气象站 1956 年至 2012 年历年气象资料进行统计，各气象要素的年特征值统计于表 3.2.1-1。

表 3.2.1-1 各气象要素的年特征值统计表

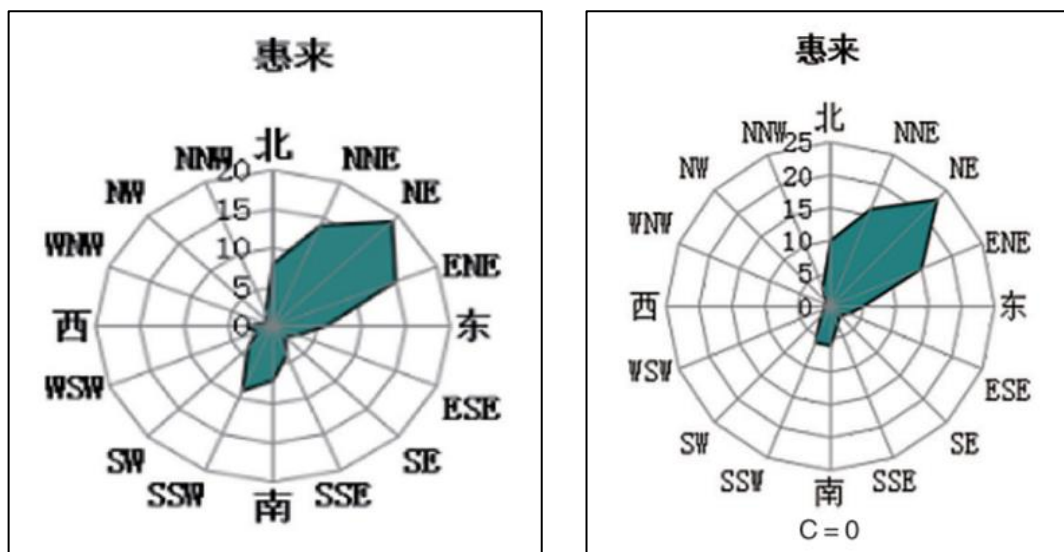
多年平均气温	21.8℃
历年极端最高气温	38.4℃（1982 年 7 月 28 日）
历年极端最低气温	1.5℃（1999 年 12 月 23 日）
多年平均气压（本站）	1011.7hPa
累年年平均海平面气压	1013.6hPa
历年最大年降水量	2644.9mm（1973 年）
历年最大风速	30.0m/s
历年极大风速	48.0m/s
多年平均年降雨量	1804.4mm

多年平均相对湿度	78.7%
多年平均风速	2.7m/s
近 30 年平均风速	2.4m/s
多年平均日照时数	1923.0h
多年平均雷暴天数	54.0d
多年平均大风天数	5.0d
多年平均雾天数	6.0d

由于受不同天气和地形的影响,场址所在区域全年盛行风向为东北方向,春、秋冬季,也多为东北风和东北偏东风;夏季,以西南风居多。风速季节变化也较明显,从月平均风速来看,冬季风速大于夏季风速。

根据揭阳市气象局发布的《2021 年揭阳市气候公报》,2021 年揭阳市天气气候的总体特征:降水异常偏少、气温明显偏高、台风影响偏轻灰霾日数减少。2021 年全市平均降雨量 1317 毫米,比历年平均偏少 32%;2021 年全市平均气温 23.2℃,比历年偏高 1.1℃,为历史最高年份;2021 年有影响的台风有 2 个,2109 号台风“卢碧”和 2118 号台风“圆规”,两个台风给惠来县带来暴雨和大风,未造成直接经济损失;平均日照时数为 2334 小时,比历年偏多 22%,即偏多 422 小时,为历史第 2 多年份;年平均相对湿度为 77%,比历年平均偏小 2%,其中最大为惠来 79%;惠来主导风向为东北风,出现频率为 19%,其次为东北偏东风,出现频率均为 15%。

根据揭阳市气象局发布的《2022 年揭阳市气候公报》,2022 年揭阳市天气气候的总体特征:降水偏多、气温持平,冷暖波动大、台风影响程度偏轻、灰霾日数增多。2022 年全市平均降雨量 2250 毫米,比历年平均偏多 18%,降水呈现前多后少的特点,其中“龙舟水”异常偏多,为 2009 年以来最强龙舟水。“龙舟水”期间,全市平均雨量 533 毫米,比历年同期偏多 65%;2022 年全市平均气温 22.4℃,与历年持平;2022 年有影响的台风有 3 个,分别为 3 号台风“芭”7 号台风“木兰”和 9 号台风“马鞍”,未造成直接经济损失;平均日照时数为 2045 小时,比历年偏多 4%,即偏多 87 小时;年平均相对湿度为 78%,比历年平均偏高 2%,其中最大为惠来 80%;惠来主导风向为东北风,出现频率为 23%,其次为东北偏东风,出现频率均为 16%。



2021 年风玫瑰图

2022 年风玫瑰图

图 3.2.1-1 惠来县 2021-2022 年风玫瑰图

3.2.2 海洋水文动力环境

实测海流资料引用自《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目冬季全潮水文观测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 4 月）和《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目夏季全潮水文观测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 9 月）。

冬季观测时间参考国家海洋信息中心编制的《潮汐表》中“甲子”站 2017 年 12 月和 2018 年 3 月的潮汐预报值进行日最大潮差统计后选取得到，由中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司于 2017 年 12 月 7 日 7 时至 2017 年 12 月 8 日 8 时（大潮期）、2017 年 12 月 9 日 17 时至 2017 年 12 月 10 日 18 时（中潮期）、2018 年 3 月 7 日 13 时至 2018 年 3 月 8 日 14 时（小潮期）在项目所在海域进行水文全潮观测。冬季观测布设周日连续观测站 9 个，编号为 S1~S9（图 3.2.2-1），分别在各测站进行海流、水温、盐度、悬沙含量等项目连续观测。

夏季观测时间参考国家海洋信息中心编制的《潮汐表》中“甲子”站 2018 年 6 月和 2018 年 7 月的潮汐预报值进行日最大潮差统计后选取得到，由中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司于 2018 年 6 月 29 日 10 时~2018 年 6 月 30 日 11 时（大潮期）、2018 年 7 月 2 日 10 时~2018 年 7 月 3 日 11 时（中潮期）、2018 年 7 月 6 日 10 时~2018 年 7 月 7 日 11 时（小潮期）在项目所在海域进行水文全潮观测。夏季观测的站位数量和观测项目与冬季观测一致。

同时，在全潮观测期间，在划定海区内布设潮位观测站 3 个，编号为 T1～T3。冬季观测期间 T1、T2 观测站于 2017 年 12 月 1 日～2017 年 12 月 20 日（大潮，中潮）期间进行观测，T3 观测站于 2018 年 3 月 7 日～2018 年 3 月 8 日（小潮）期间进行观测。夏季观测期间 T1～T3 观测站于 2018 年 6 月 28 日～2018 年 7 月 29 日期间进行观测。

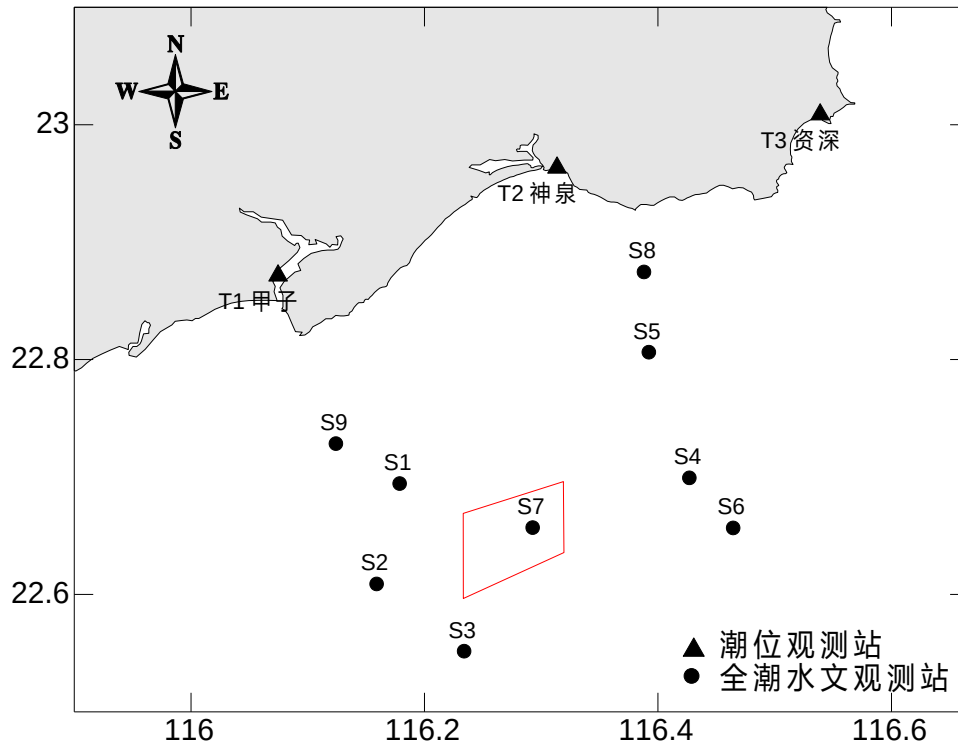


图 3.2.2-1 水文调查站位示意图

潮汐、海流、悬沙、盐度、海水温度、波浪等水文动力环境在原论证报告中均已分析，且上述资料尚在有效期内，故本报告不再赘述。

3.2.3 地形地貌和冲淤状况

3.2.3.1 地形地貌

本项目地形地貌资料包括风电场区和 220kV 主海缆区。

1. 风电场厂址区水深地形

图 3.2.3-1 风电场区水深示意图

根据《国家电投揭阳神泉—400MW 海上风电场项目地形测量技术报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 4 月），中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司联合国家海洋局南海调查技术中心对风电

场区进行海底地形测量，测区为风电场厂址区，比例尺为 1:2000。测量结果显示：测区海底地形较为平坦，坡度大致为 0.07%；测区海域水深从西北到东南整体上呈现由浅到深的趋势，最浅区域水深约 33.4m，最大区域水深约 38.6m，场区平均水深约 35.9m。见图 3.2.3-1。

2.220kV 海底电缆区水深地形

根据《国家电投揭阳神泉（一期）海上风电项目海缆路由勘察报告》（广州南科海洋工程中心，2021 年 4 月），神泉一期海上风电海缆路由区地形整体比较平坦。登陆点附近海上路由区北部高南部低，坡度约 5%左右，最大高程在测区北侧岩石山顶处约 15.3m，登陆点附近高程约 4.2m。海上路由区近岸区地形稍有起伏，坡度在 1°~5°，其余区域地形坡度约为 1°，地形变化在 0m~-34.2m，平均水深为 26.6m。见图 3.2.3-2。

图 3.2.3-2 20m 以深路由区水深图

3.登陆点附近陆域地形地貌

本项目海底电缆登陆于惠来县前詹镇港寮湾砂质岸线，岸滩宽度约为 30m 至 40m 左右，岸滩较为平滑，附近海域有零星的大型礁石分布，周边无植被分布。登陆段西侧是揭阳港前詹作业区通用码头一期工程，东侧沿岸线分布有多处养殖场所，距离海边距离在 50m 左右，养殖对象为鲍鱼，海滩上分布有取水管道（埋深）和明排水渠。登陆段向陆地一侧分别是通用电气海上风电设备制造有限公司和前詹风电有限公司场地。



图 3.2.3-3 登陆点附近示意图（2023 年 12 月）

3.2.3.2 海床冲淤活动性分析

1. 路由海区动力地貌环境

路由所在海区水深由近岸登陆点至风电场场区的变化范围约为 0m~40m。20m 以深的海域等深线分布为东北~西南走向，水下岸滩坡度较为平缓；越靠近登陆点水下岸滩的坡度逐渐增大，等深线受地形岸线的影响也越大，与岸线走向近乎平行。

根据路由海区夏季（2013.7）、冬季（2014.1）的底质调查结果及收集路由区历史资料的底质类型分布图可知：从风电场到登陆点近岸段，海缆路由各方案穿越的海底底质类型相同，依次为粗砂、细砂、黏土质粉砂、粉砂质黏土；路由近岸海域至西侧神泉湾主要为粉砂质砂或砂质粉砂，路由海区表层沉积物类型沿岸 2m 以浅海域以细砂为主，沿岸线成带状分布。

路由海区的海底地形变化及底质类型分布与本海域的水动力环境变化密切相关。路由所在海域位于神泉湾东南以及南侧海域，神泉湾属于弧形砂质海湾，湾口开敞。动力条件属于浪控海岸。根据中山大学河口海岸研究所对神泉湾海域

的动力地貌分析结果，神泉湾海滩夏季纵向输沙有明显的空间差异，既存在“自东向西”的纵向输运趋势，也存在“自西向东”的纵向输运趋势。大致以龙江河口为界，东侧海滩以“自东向西”输运趋势为主，西侧海滩以“自西向东”输运趋势为主。整体的纵向输沙趋势以“自东向西”为优势方向。路由登陆点位于神泉湾东南侧岬角附近，总体输沙趋势以西运为主，但由于岬角与登陆点右侧岸线形成局地小弧形海岸形态；因此近岸的泥沙输运也存在自身特有的运动规律。

2.路由海区海床冲淤演变

本节海床冲淤分析主要采用中国人民解放军海军海道测量局绘制不同年代的海图资料进行对比，路由近岸段使用图号为 15151 的海图“靖海港至神泉港”2005 年（1:30000）和 2017 年（1:35000）；路由深水段使用图号为 15110 的海图“表角至田尾角”2009 年（1:120000）和 2013 年（1:120000），海图基准面统一为理论深度基准面。

图 3.2.3-4 为路由区水下岸坡演变图，通过对比路由区海域 2005 年与 2017 年的 10m、20m 及 30m 的等深线变化可以看出，本海区 10m 以深的水下岸滩坡度较为平缓；近 12 年来路由区 10m 以深的海域等深线变化并不明显，海底地形变化较稳定。下面针对路由海域 10m 水深至近岸区的海床稳定性进行详细分析。

路由登陆点附近海岸属于浪控砂质海岸，四周无较大的河流入海，海岸来沙主要为波浪纵向和横向输沙。由于近岸段位于波浪破碎带内，泥沙容易起动，输运的泥沙颗粒相对较粗；而在波浪破碎的外海，输运的泥沙颗粒相对较细，受季风变化的影响显著。夏季在西南季风作用下，输沙沿岸边向东北方向运移（2013 年 7 月前詹电厂夏季水文观测），冬季在东北季风作用下，输沙沿岸边向西或西北运移进入神泉港（2014 年 1 月前詹电厂冬季水文观测），输沙率约为夏季的 1.5~3 倍。

图 3.2.3-5 为路由登陆点附近水下岸坡演变图。图中显示：2005 年以前，路由海区防波堤、码头、海堤等人工建筑物较少，路由海域等深线分布主要受海岸线的走向影响。沿路由登陆点向海 0m~2m 等深线宽度约 3m，2m~5m 等深线宽度约 140m，5m~10m 等深线宽度约 590m。

从 2005 年起至 2017 年，沿路由登陆点向西北方向的海岸线上相继建成了前詹电厂海堤、粤东 LNG 的海堤、防波堤、码头等人工建筑物，分别距离登陆点

约 640m、2.2km、2.3km、2.4km。受此影响，神泉湾弧形海岸以粤东 LNG 右侧岬角为界，沿岸泥沙输运向西北运移受到阻挡，防波堤右侧出现淤积，等深线向外海延伸，防波堤口由于流速增加，产生局部冲刷。同时，由于防波堤的外延切断了西北方向的泥沙输运导致粤东 LNG 码头西侧海域产生冲刷，2m 等深线向岸边推进，在波浪作用下泥沙产生横向输运，0m 等深线向外略有延伸；前詹电厂海堤建成后，岬角以右至登陆点岸线形成了局地小弧形海岸形态，上下岬角之间间隔约 1.2km，受此影响弧形小海湾的 5m 等深线由 S 型调整至与小海湾的岸线平行，沿路由线 0m~2m 等深线宽度变窄约为 2m，2m~5m 等深线宽度约 145m，5m~10m 等深线宽度约 590m。

可以看出相较于 2005 年，沿路由线 0~2m 等深线缩减约 1m，2m~5m 等深线宽度向海延伸约 5m，5m~10m 等深线变化不大。这表明路由区 0~2m 海域为微冲刷带，2m~5m 的海域为微淤积带，5m~10m 的海域冲淤变化相对较小。从水动力角度分析，路由登陆点位于岬角处附近海域，波浪容易发生破碎，此处海床的泥沙较易发生冲刷。

在登陆点西侧将兴建前詹电厂西、东防波堤及码头，可以预计东防波堤右侧 5m 以浅的近岸段将会发生淤积，由于路由海域缺少泥沙供给，5m~10m 的海域将发生冲刷。根据以往经验，工程建成后海床所需的稳定时间约为 5-8 年。本项目路由登陆点位于东防波堤右侧岬角处，未来 0m~2m 等深线海域将发生冲刷，2m~5m 等深线海域发生淤积，但冲刷或淤积的强度都很小。

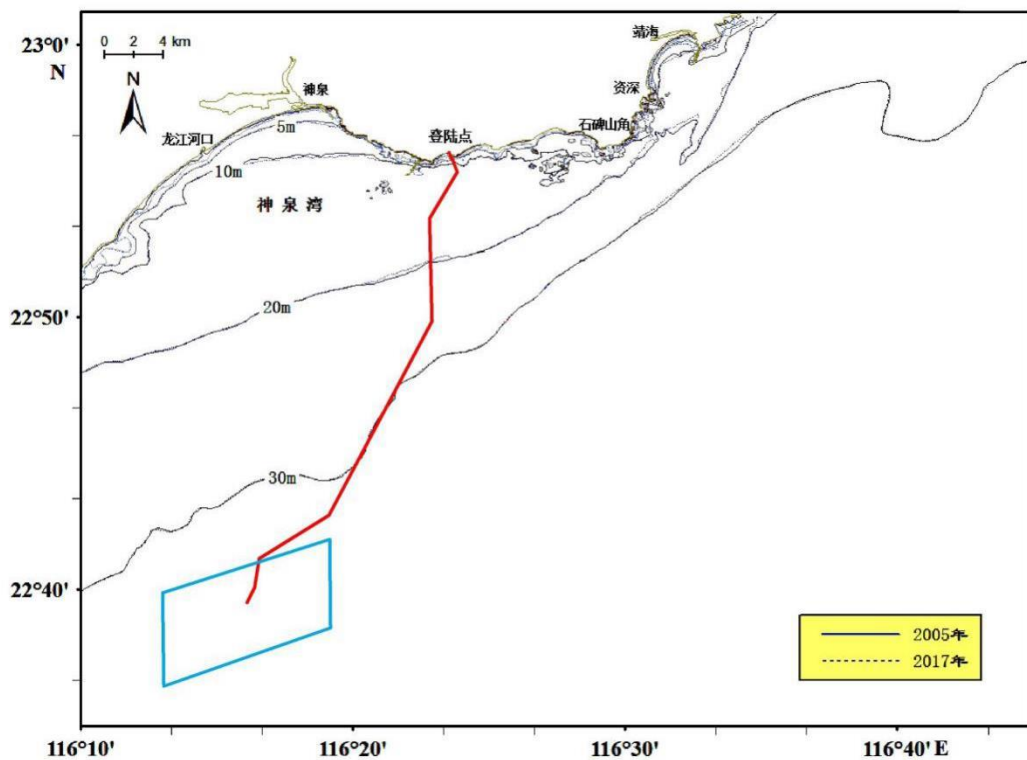


图 3.2.3-4 路由区水下岸坡演变图（2005~2017 年）

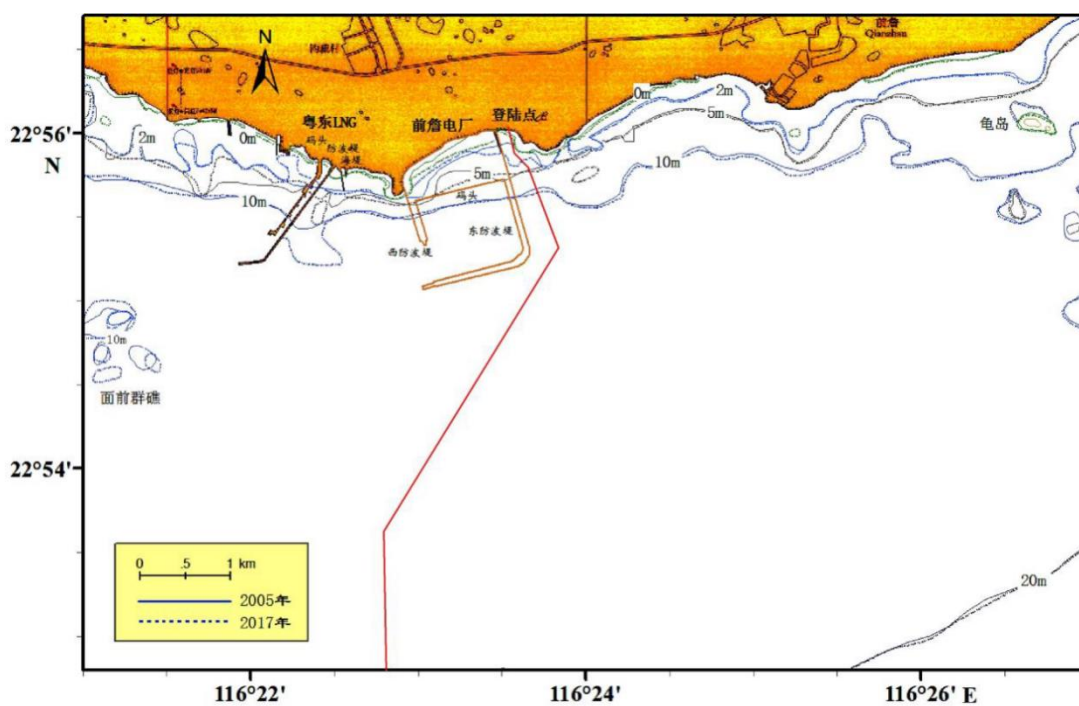


图 3.2.3-5 路由登陆点附近水下岸坡演变图（2005~2017 年）

3.2.4 工程地质

本节内容与原论证报告相同，不再重复分析，仅补充风场工程地质结论与路

由区现场勘察结果的工程地质评价。

3.2.4.1 风电场工程地质结论与建议

本节资料来源为《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目工程地质勘察报告（详勘阶段）》（2019 年 8 月）。

（1）本工程风电场地周边区域性断裂较发育，场区内无活动性区域断裂通过，工程场区区域构造稳定性好。场区上部分布淤泥质土，属对建筑抗震不利地段，工程场区位于近海海域，风机基础易受到海浪冲刷，故本工程场地稳定性差，适宜性差，采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

（2）参照国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本区对应陆域Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，相当于地震基本烈度Ⅶ度，设计地震分组为第二组。根据国家标准《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）判定本项目场地类别为Ⅳ类，场地特征周期为 0.75s。根据国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），Ⅳ类，场地地震动峰值加速度调整系数为 1.20，故本场地（Ⅳ类场地）地震动峰值加速度为 0.12g。

（3）本工程场区海水对混凝土结构具中等腐蚀性，腐蚀介质为 SO₄²⁻；对钢筋混凝土结构中钢筋在长期浸水环境下具微腐蚀性，在干湿交替环境下具强腐蚀性，腐蚀介质为 Cl⁻。根据《油气田及管道岩土工程勘察规范》（GB 50568-2010）：海水对钢结构具中等腐蚀性。由于地下水与海水存在较密切的水力联系，地下水对建筑材料的腐蚀性可按海水考虑。桩周层土对混凝土结构具弱腐蚀性；桩周土对钢筋混凝土结构中钢筋具强腐蚀性；桩周各土层对钢结构具强腐蚀性。

（4）本工程场区埋深 20m 以内的①-1 层粉砂混淤泥、②-夹层粉砂为液化土层，液化等级为中等~严重，设计时需针对①-1 层粉砂混淤泥、②-夹层粉砂进行抗液化处理，并对液化土层对桩侧摩阻力和侧向抗力进行相应折减。

（5）本场地天然地基条件差，不能满足风机承载力和抗倾覆稳定性要求，需采用桩基础，桩型宜选用钢管桩。本工程建议以适当埋深的④-3 层细砂、⑤-1 层粉质黏土、⑤-2 层粉质黏土夹粉土、⑤-3 层中砂、⑤-夹层粉砂夹粉土、⑥-1 层粉质黏土、⑥-3 层中砂、⑥-夹层粉质黏土夹粉土、⑥-夹 2 层粉砂夹粉质黏土、⑥-4 层粉砂夹粉土、⑦-1 层粉质黏土、⑦-2 层中砂、⑦-3 层粉质黏土作为风机基础及海上升压站基础的桩端持力层，桩端应具有一定的入土深度，以满

足水平方向上风荷载和海水潮流的冲击力，桩侧周围泥面宜进行防冲刷处理措施。

（6）建议采用合适的打桩锤，需具有足够的打桩能量；钢管桩桩长及进入持力层深度宜根据静探柱状图并结合最终贯入度进行双控，确保桩端进入持力层一定深度，满足桩基变形和承载力要求。

（7）本工程上部主要为粉砂混淤泥、淤泥质土，层厚较厚，对于大直径钢管桩方案，上部沉桩时需注意溜桩。

3.2.4.2 路由区工程地质条件评价

本节资料来源为《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目 220kV 海底电缆路由调查勘测报告》（2021 年 4 月）。

神泉一期海上风电海缆路由区地形整体比较平坦。登陆点附近海上路由区北部高南部低，坡度约 5%左右，最大高程在测区北侧岩石山顶处约 15.3m，登陆点附近高程约 4.2m。海上路由区近岸区地形稍有起伏，坡度在 $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，其余区域地形坡度约为 1° ，地形变化在 0m~34.2m，平均水深为 26.6m。路由区地形条件良好。

路由区内海底表层底质类型主要是粉砂质粘土、混砂淤泥、粉细砂，近岸段有礁石区域，局部路由区有零星散落物。路由区内存在有一处较大的遗落物，遗落物位置： $22^{\circ} 52.70978' N$ ， $116^{\circ} 22.78468' E$ ，距离勘察路由中心线约 80m。海底遗落物大致呈“L”型，长约 34.9m，宽约 17.8m，推断该遗落物为捕鱼工具。鉴于电缆回路间距为 50m，建议电缆铺设前对该遗落物进行清理，以免对电缆有影响。路由区内有较多的拖痕，推断为船舶活动引起，拖痕对海缆埋设没有影响，但应注意船舶活动对海缆的危害。整体上，路由区海床表面底质条件良好。

根据浅地层剖面和地质取样数据的综合分析和解释，路由区海底底质主要是以淤泥质粘土、淤泥、粉细砂、细砂、中粗砂。根据声呐在地层的传播情况，路由区地层可划分层 A、层 B 两层，层 A 主要为淤泥质粘土、淤泥，厚度在 1.5~3.5m，层 B 主要为粉细砂、细砂、中粗砂。发现埋藏古河道，但古河道埋藏较深，对电缆铺设基本没有影响。

总体来说，路由区地质条件优良。

3.2.5 海洋生态现状

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361—2023）要求，海洋生态调查站

位应在论证范围内按照全面覆盖、基本均匀、重点代表的原则布设。一级论证调查站位一般不少于 12 个。项目用海涉及潮间带的，应开展潮间带生物调查，一级论证调查断面应不少于 3 条。本项目布设海洋生物生态调查站位 12 个，潮间带调查断面 3 条，符合一级论证要求。

3.2.5.1 调查概况

1.调查站位与时间频次

国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站分别于 2021 年 11 月（秋季）和 2022 年 3 月（春季）在本项目附近海域进行了海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态等的监测。潮间带布设三条断面，每条断面分高潮带、中潮带和低潮带进行调查。具体调查站位详见表 3.1.6-1，站位分布图见图 3.1.6-1。

2.调查项目

海洋生物：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

叶绿素 a：分析水体内叶绿素 a 的质量浓度；

初级生产力：测量水体透明度，根据该处水体内叶绿素 a 的质量浓度计算初级生产力；

浮游植物：分析其种类组成、数量分布和密度、主要优势种；

浮游动物：分析其种类组成、数量分布和密度、主要优势种；

底栖生物：分析其种类组成、数量分布、主要优势种的生物量和栖息密度；

潮间带生物：分析其种类组成、数量分布、主要优势种的生物量和栖息密度。

3.调查和分析方法

生态调查按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）进行。

当观测船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。根据水深采集样品，采样所用的采样器、采样瓶及其相关用具必须按规范清洗干净。

叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a：均采集表层（<0.5m）、底层（离底 2m）两个层次海水样品 1000ml，当水深小于 10m 时，只取表层水样。经 0.45μm 滤膜过滤后放干燥冷藏箱保存，采用分光光度法进行分析，以 mg/m³ 表示。

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

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

式中：

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

$Chl.a$ ——平均叶绿素 a 的含量（ mg/m^3 ）；

Q ——不同层次同化指数算术平均值，取 3.7；

D ——昼长时间（h），根据季节和海区情况取 12 小时；

E ——真光层深度（m），取透明度*2.7。

浮游植物

浮游植物样品用浅水III型浮游生物网取样，自底层（距底 1m）至表层垂直拖网取得。

浮游动物

浮游动物样品用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网取样，自底层（距底 1m）至表层垂直拖网取得。

底栖生物

底栖生物样品采用沉积物采样方法用于定量分析。沉积物采样使用 0.05m^2 的采泥器，每站采集 3 次，样品用作底栖生物定量分析。

潮间带生物

定量采样用 $25\text{cm} \times 25\text{cm} \times 30\text{cm}$ 采样框取定量样品，先拾取采样框内底质表面的生物，再挖掘至 30cm 深，样品倒入孔径 1mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有样品，装样品瓶编号登记，并用 5%中性福尔马林溶液固定，带回实验室进行样品分析、种类鉴定、生物量的称重及栖息密度的计算；定性采样尽量搜集齐全定量采样站位周围出现的动物、植物，样品冷冻保存后带回实验室种类鉴定、计数。

4.样品预处理及保存方法

预处理、保存及监测分析方法按照《海洋调查规范》（GB/T12763.6-2007）、《海洋监测规范》（GB17378—2007）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行，见表 3.2.5-1。

表 3.2.5-1 海洋生态及渔业资源调查项目监测分析方法

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	样品测定方法
1	叶绿素 a	0.45μm 滤膜过滤，冷冻避光保存	分光光度法
2	初级生产力	——	根据叶绿素 a 同化系数换算
3	浮游植物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	显微镜鉴定；浓缩计数法计数
4	浮游动物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	计数框计数；体视显微镜鉴定；湿重法测定生物量
5	底栖生物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	人工鉴定种类、计数、测定生物量和栖息密度
6	潮间带生物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	人工鉴定种类、计数、测定生物量和栖息密度

5. 分析评价方法

初级生产力：根据贾晓平等的《海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨》（中国水产科学，第 10 卷第 2 期，2003 年 4 月），将初级生产力水平划分为 6 个等级，见表 3.2.5-2。

表 3.2.5-2 初级生产力水平分级表

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

优势度：对于某一调查海域的优势度，计算公式如下：

$$Y = n_i / N \cdot f_i$$

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

本文定义优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。

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

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

$$P_i = n_i / N$$

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

$$d = (S-1) / \log_2 N;$$

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

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

3.2.5.2 秋季调查结果及分析

1. 叶绿素 a 及初级生产力

各站位表层海水中的叶绿素 a 含量为（0.20~2.92） mg/m^3 ，均值为 0.92 mg/m^3 ；中层海水中的叶绿素 a 含量为（0.03~3.19） mg/m^3 ，均值为 0.85 mg/m^3 ；底层海水中的叶绿素 a 含量为（0.23~3.40） mg/m^3 ，均值为 0.94 mg/m^3 。见表 3.2.5-3。

整体看来，底层海水中叶绿素 a 含量稍大于表层海水，均大于中层海水叶绿素 a 含量。因 1~5 站位、20 站位水深小于 25m，未进行中层海水样品采集，在此不予以讨论。

表 3.2.5-3 各站位叶绿素 a 含量及初级生产力

站位	叶绿素（ mg/m^3 ）				初级生产力 （ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ）
	表层	中层	底层	均值	
1	1.12	—	1.33	1.19	Δ
2	0.92	—	0.44	0.66	71.21
3	0.68	—	0.89	0.75	80.92
4	0.88	—	0.44	0.64	57.54
5	0.92	—	0.88	0.87	130.37
6	0.89	0.44	0.88	0.65	Δ
7	0.45	0.03	0.65	0.27	56.64
8	0.82	0.65	0.46	0.66	110.77
9	0.68	0.68	0.44	0.63	139.72
10	0.69	0.44	0.65	0.55	72.53
11	2.69	1.80	1.48	1.99	Δ
12	2.92	3.19	3.40	3.10	Δ

站位	叶绿素 (mg/m^3)				初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
	表层	中层	底层	均值	
13	1.60	1.12	2.27	1.46	Δ
14	0.68	1.12	1.12	0.97	Δ
15	0.88	0.44	0.44	0.57	Δ
16	0.23	0.91	0.89	0.69	Δ
17	0.23	0.68	0.65	0.53	Δ
18	0.23	0.20	0.44	0.25	Δ
19	0.20	0.24	0.23	0.22	Δ
20	0.68	—	0.89	0.75	Δ
最小值	0.20	0.03	0.23	0.22	56.64
最大值	2.92	3.19	3.40	3.10	139.72
均 值	0.92	0.85	0.94	0.87	89.96

备注：“—”表示未进行相应水层样品的采集，“ Δ ”表示因监测开展时间为夜间，未进行透明度观测，故该站位不进行初级生产力计算。

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

各站位初级生产力范围为（ $56.64\sim 139.72$ ） $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 89.96 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。有计算初级生产力的 8 个站位均处于低水平。

2.浮游植物

本次调查共鉴定出 3 门 138 种（含变种、变型），其中，硅藻种类最多，108 种，占总种类数的 78.26%；其次是甲藻，28 种，占总种类数的 20.29%；蓝藻 2 种。

各站位浮游植物种类数的变化范围为 $42\sim 96$ ，平均每个站位的种类数为 65 种，最大值出现在 12 站位，最小值出现在 4、5 站位，见表 3.2.5-5。

各站位浮游植物细胞密度的变化范围为（ $197.43\sim 15738.94$ ） $\times 10^3$ cell/m^3 ，平均每个站位的浮游植物细胞密度为 3103.45×10^3 cell/m^3 ，最大值出现在 13 站位，最小值出现在 4 站位，见表 3.2.5-5。

调查结果显示，浮游植物优势种共 13 种，为硅藻和甲藻。按优势度大小排

列依次为：洛氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）>菱形海线藻（*Thalassionema nitzschioides*）>环纹劳德藻（*Lauderia annulata*）>拟旋链角毛藻（*Chaetoceros pseudocurvisetus*）>太阳双尾藻（*Ditylum sol*）>覆瓦根管藻（*Rhizosolenia imbricata*）>膜状缪氏藻（*Meuniera membranacea*）>透明辐杆藻（*Bacteriastrum hyalinum*）>钟形中鼓藻（*Bellerochea horologicalis*）>奇异菱形藻（*Nitzschia paradoxa*）>短角弯角藻（*Eucampia zoodiacus*）>泰晤士旋鞘藻（*Helicotheca tamesis*）>中华盒形藻（*Biddulphia sinensis*）。其中，洛氏角毛藻为第一优势种，见表 3.2.5-4。

表 3.2.5-4 各站位浮游植物优势种及优势特征

序号	中文名	拉丁名	平均密度 ($\times 10^3$ cell/m ³)	优势度 Y	出现频率%
1	洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	345.79	0.111	100
2	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	319.89	0.103	100
3	环纹劳德藻	<i>Lauderia annulata</i>	281.84	0.083	91.67
4	拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	230.02	0.074	100
5	太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i>	138.49	0.045	100
6	覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	161.38	0.043	83.33
7	膜状缪氏藻	<i>Meuniera membranacea</i>	169.72	0.041	75
8	透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	185.17	0.040	66.67
9	钟形中鼓藻	<i>Bellerochea horologicalis</i>	183.81	0.039	66.67
10	奇异菱形藻	<i>Nitzschia paradoxa</i>	132.90	0.039	91.67
11	短角弯角藻	<i>Eucampia zoodiacus</i>	116.42	0.028	75
12	泰晤士旋鞘藻	<i>Helicotheca tamesis</i>	81.42	0.026	100
13	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i>	84.76	0.025	91.67

调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.07~0.21，均值为 0.12；多样性指数的变化范围为 3.11~4.41，均值为 3.93；均匀度的变化范围为 0.58~0.70，均值为 0.66；丰度的变化范围为 2.12~4.14，均值为 3.16，见表 3.2.5-5。

表 3.2.5-5 各站位浮游植物主要生态参数

站位	细胞密度 ($\times 10^3$ cell/m ³)	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d
2	648.23	53	0.15	3.51	0.61	2.69

站位	细胞密度 ($\times 10^3$ cell/m ³)	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d
3	465.68	49	0.11	3.92	0.70	2.55
4	197.43	42	0.18	3.43	0.64	2.33
5	669.84	42	0.18	3.11	0.58	2.12
6	309.28	54	0.09	4.03	0.70	2.91
8	421.67	67	0.09	4.12	0.68	3.53
12	8215.56	96	0.09	4.18	0.64	4.14
13	15738.94	77	0.07	4.35	0.69	3.18
14	2748.00	68	0.09	4.13	0.68	3.13
15	1546.33	80	0.08	4.38	0.69	3.84
16	4532.74	83	0.08	4.41	0.69	3.71
18	1747.66	79	0.21	3.64	0.58	3.76
最小值	197.43	42	0.07	3.11	0.58	2.12
最大值	15738.94	96	0.21	4.41	0.70	4.14
均 值	3103.45	65	0.12	3.93	0.66	3.16

3.浮游动物

浮游动物经鉴定共有 105 种（包括属以上），分类学上隶属于 13 个类群。此次调查中，桡足类最多，28 种，占总种类数的 26.67%；水母类 14 种，占总种类数的 13.33%；被囊类 9 种，多毛类 5 种，毛颚类 4 种，翼足类、端足类均为 3 种；其他类群种类数均不超过 3 种。此外，共鉴定浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）30 种。

浮游动物优势种共 9 种（类）。其中，桡足类 5 种，浮游幼体 2 种，毛颚类和介形类均 1 种。亚强真哲水蚤（*Subeucalanus subcrassus*）为第一优势种，见表 3.2.5-6。

表 3.2.5-6 浮游动物优势种及优势特征

序号	中文名	拉丁名	平均密度 (ind./m ³)	优势度 Y	出现频率%
1	亚强真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	31.21	0.231	100
2	普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>	21.98	0.163	100

序号	中文名	拉丁名	平均密度 (ind./m ³)	优势度 Y	出现频率%
3	肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>	8.71	0.065	100
4	锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>	4.87	0.036	100
5	微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>	4.65	0.034	100
6	尖尾海萤	<i>Cypridina acuminata</i>	3.34	0.025	100
7	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	3.22	0.024	100
8	短尾类幼虫	Brachyura larva	2.84	0.021	100
9	波水蚤幼体	<i>Undinula larva</i>	2.78	0.021	100

各站位浮游动物种类数的变化范围为 48~90，平均每个站位的种类数为 67 种，最大值出现在 16 站位，最小值出现在 5 站位；各站位浮游动物密度的变化范围为(47.24~337.50)ind./m³，平均每个站位的浮游动物密度为 134.98 ind./m³，最大值出现在 13 站位，最小值出现在 14 站位；各站位浮游动物生物量的变化范围为(67.11~346.88) mg/m³，均值为 153.31 mg/m³。最大值出现在 13 号站位，最小值出现在 14 号站位。具体见表 3.2.5-7。

各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.04~0.17，均值为 0.08；多样性指数的变化范围为 3.99~5.33，均值为 4.73；均匀度的变化范围为 0.59~0.79，均值为 0.70；丰度的变化范围为 12.38~18.70，均值为 15.79，具体见表 3.2.5-7。

表 3.2.5-7 浮游动物主要生态参数

站位	总密度 (ind./m ³)	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d	生物量 (mg/m ³)
2	83.33	55	0.05	4.93	0.73	16.30	156.03
3	138.56	63	0.07	4.81	0.72	14.62	207.63
4	74.59	56	0.05	5.03	0.75	16.72	85.64
5	62.68	48	0.04	5.13	0.76	17.42	76.09
6	47.60	54	0.05	5.05	0.75	18.66	76.00
8	72.04	67	0.09	4.63	0.69	16.85	112.96
12	201.91	82	0.16	4.03	0.60	13.58	173.47
13	337.50	72	0.17	3.99	0.59	12.38	346.88
14	47.24	70	0.05	5.33	0.79	18.70	67.11
15	54.78	67	0.05	5.19	0.77	18.01	81.16

16	213.81	89	0.10	4.53	0.67	13.44	184.52
18	285.66	89	0.13	4.13	0.62	12.75	272.29
最小值	47.24	48	0.04	3.99	0.59	12.38	67.11
最大值	337.50	90	0.17	5.33	0.79	18.70	346.88
均 值	134.98	67	0.08	4.73	0.70	15.79	153.31

4.底栖生物

在定量样品分析中，调查海域共获底栖生物 6 大类 14 种。其中环节动物 5 种，软体动物 4 种，星虫动物 2 种，节肢动物、脊索动物和棘皮动物均 1 种。

调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为 2.84 g/m^2 ，组成以软体动物为主，其中，软体动物>星虫动物>节肢动物>环节动物>脊索动物>棘皮动物。平均栖息密度为 11.1 ind./m^2 ，组成以环节动物为主，其中，环节动物>软体动物>脊索动物>星虫动物>棘皮动物=节肢动物。见表 3.2.5-8、表 3.2.5-9。

表 3.2.5-8 底栖生物的生物量和栖息密度

站位	2	3	4	5	6	8
栖息密度 (ind./m^2)	26.7	20.0	6.7	0.0	20.0	20.0
生物量 (g/m^2)	10.53	4.00	0.40	0.00	3.87	3.20
站位	12	13	14	15	16	18
栖息密度 (ind./m^2)	0.0	0.0	20.0	0.0	6.7	13.3
生物量 (g/m^2)	0.00	0.00	2.40	0.00	1.47	8.20

表 3.2.5-9 底栖生物各类群平均每站位生物量和栖息密度及其所占百分比

类群	环节动物	脊索动物	节肢动物	软体动物	星虫动物	棘皮动物
平均 栖息密度 (ind./m^2)	5.0	1.7	0.6	2.2	1.1	0.6
	45.00%	15.00%	5.00%	20.00%	10.00%	5.00%
平均 生物量 (g/m^2)	0.54	0.20	0.58	0.77	0.59	0.15
	19.18%	7.05%	20.55%	27.20%	20.74%	5.28%

底栖动物优势种共 1 种，为环节动物东方内卷齿蚕 (*Aglaophamus orientalis*)。见表 3.2.5-10。

表 3.2.5-10 底栖动物优势种及优势特征

序号	中文名	拉丁名	平均栖息密度 (ind./m ³)	优势度 Y	出现频率 %
1	东方内卷齿蚕	<i>Aglaophamus orientalis</i>	4.2	0.094	37.50

5.潮间带生物

本次潮间带生物监测的定性、定量样品经鉴定共有 2 门 10 种。种类组成以软体动物为主，7 种，占总种类数的 70%；节肢动物 3 种。

定量调查中，平均栖息密度为 126.2 ind./m²，软体动物最高，为 74.7 ind./m²，节肢动物为 51.6 ind./m²；平均生物量为 400.54 g/m²，节肢动物最高，为 329.42 g/m²，软体动物为 71.12 g/m²。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为 C3>C1>C2，生物量表现为 C3>C2>C1；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为低潮带>中潮带>高潮带。见表 3.2.5-11、表 3.2.5-12。

表 3.2.5-11 潮间带生物栖息密度和生物量的水平分布

断面号	项目	软体动物	节肢动物	合计
C1	栖息密度 (ind./m ²)	128.0	5.3	133.3
	生物量 (g/m ²)	20.63	6.72	27.35
C2	栖息密度 (ind./m ²)	53.3	37.4	90.7
	生物量 (g/m ²)	67.20	243.57	310.77
C3	栖息密度 (ind./m ²)	42.7	112.0	154.7
	生物量 (g/m ²)	125.53	737.96	863.49
均值	栖息密度 (ind./m ²)	74.7	51.6	126.2
	生物量 (g/m ²)	71.12	329.42	400.54

表 3.2.5-12 潮间带生物栖息密度和生物量的垂直分布

潮带类型	项目	软体动物	节肢动物	合计
高潮带	栖息密度 (ind./m ²)	0.0	5.3	5.3
	生物量 (g/m ²)	0.00	6.72	6.72
中潮带	栖息密度 (ind./m ²)	133.3	48.0	181.3
	生物量 (g/m ²)	103.47	347.09	450.56
低潮带	栖息密度 (ind./m ²)	90.7	101.3	192.0
	生物量 (g/m ²)	109.92	634.45	744.37
均值	栖息密度 (ind./m ²)	74.7	51.5	126.2

潮带类型	项目	软体动物	节肢动物	合计
	生物量 (g/m ²)	71.13	329.42	400.55

定性调查中，监测区域潮间带生物共采获生物 2 大类 10 种 286 个。其中，软体动物 7 种 177 个，节肢动物 3 种 109 个。C1 和 C3 潮带种类数表现为低潮带=中潮带>高潮带，C2 潮带种类数表现为低潮带>中潮带>高潮带；C1 潮带生物数量表现为低潮带=中潮带>高潮带，C2 和 C3 潮带生物数量表现为低潮带>中潮带>高潮带。

定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 6 种。软体动物 4 种，节肢动物 2 种。肯氏隔贻贝 (*Septifer keenae*) 为该调查区域第一优势种。见表 3.2.5-13。

表 3.2.5-13 潮间带生物优势种及优势度

序号	中文名	拉丁名	总数量	优势度 Y	出现频率%
1	肯氏隔贻贝	<i>Septifer keenae</i>	113	0.263	66.67
2	黑潮笠藤壶	<i>Tetraclita kuroshioensis</i>	55	0.128	66.67
3	龟足	<i>Capitulum mitella</i>	53	0.124	66.67
4	嫁蛾	<i>Cellana torreuma</i>	20	0.047	66.67
5	等边浅蛤	<i>Gomphina aequilatera</i>	17	0.040	66.67
6	疣荔枝螺	<i>Thais clavigera</i>	12	0.028	66.67

定性调查中，潮间带生物各站位种类数的变化范围为 3~7，均值为 6；各站位生物出现数量的变化范围为 15~159，均值为 95；单纯度的变化范围为 0.23~0.58，均值为 0.37；多样性指数的变化范围为 1.05~2.35，均值为 1.85；均匀度的变化范围为 0.66~0.84，均值为 0.75；丰度的变化范围为 0.51~0.88，均值为 0.74。见表 3.2.5-14。

表 3.2.5-14 潮间带生物主要生态参数

站位	数量	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d
C1	15	3	0.58	1.05	0.66	0.51
C2	159	7	0.31	2.14	0.76	0.82
C3	112	7	0.23	2.35	0.84	0.88
最小值	15	3	0.23	1.05	0.66	0.51
最大值	159	7	0.58	2.35	0.84	0.88

均 值	95	6	0.37	1.85	0.75	0.74
-----	----	---	------	------	------	------

3.2.5.3 春季调查结果及分析

1. 叶绿素 a 及初级生产力

各站位表层海水中的叶绿素 a 含量为(0.61~4.67)mg/m³, 均值为 1.58 mg/m³; 中层海水中的叶绿素 a 含量为(0.58~2.84) mg/m³, 均值为 1.43 mg/m³; 底层海水中的叶绿素 a 含量为(0.39~2.62) mg/m³, 均值为 1.21 mg/m³。见表 3.2.5-15。

整体看来, 海水中叶绿素 a 含量表现为: 表层>中层>底层。因 1~5 站位、20 站位水深小于 25m, 未进行中层海水样品采集, 在此不予以讨论。

表 3.2.5-15 各站位叶绿素 a 含量及初级生产力

站位	叶绿素 (mg/m ³)				初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
	表层	中层	底层	均值	
1	1.17	—	0.84	0.97	98.84
2	1.02	—	1.29	1.11	133.07
3	1.25	—	0.77	0.97	58.14
4	1.03	—	0.8	0.88	63.30
5	1.61	—	1.07	1.29	216.50
6	1.96	1.73	1.13	1.66	348.25
7	0.61	0.72	0.62	0.66	205.71
8	0.78	0.96	0.78	0.85	254.75
9	0.67	0.80	1.19	0.82	452.19
10	0.88	1.21	0.87	1.03	246.95
11	1.40	1.28	1.29	1.30	Δ
12	2.11	2.73	1.08	2.20	Δ
13	1.48	0.88	1.32	1.13	372.53
14	2.74	1.24	2.46	1.91	686.91
15	2.50	2.84	2.62	2.65	Δ
16	1.62	1.45	1.62	1.52	Δ
17	0.80	0.58	0.39	0.61	Δ
18	4.67	2.51	1.48	2.95	1060.94

站位	叶绿素 (mg/m ³)				初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
	表层	中层	底层	均值	
19	1.97	1.02	1.16	1.33	Δ
20	1.23	—	1.44	1.27	114.19
最小值	0.61	0.58	0.39	0.22	58.14
最大值	4.67	2.84	2.62	3.10	1060.94
均 值	1.58	1.43	1.21	0.87	308.02

备注：“—”表示未进行相应水层样品的采集，“Δ”表示因监测开展时间为夜间，未进行透明度观测，故该站位不进行初级生产力计算。

参照美国环保局（EPA）叶绿素 a 的含量评价标准（0.3~2.5）mg/m³ 为贫营养，（2.5~50）mg/m³ 为中营养，（50~140）mg/m³ 为富营养。由表可知，调查海域处于贫营养水平。

初级生产力的估算结果见表 3.2.5-15。各站位初级生产力范围为（58.14~1060.94）mg·C/(m²·d)，平均值为 308.02 mg·C/(m²·d)。最大值出现在 18 站位，最小值出现在 3 站位。

由表 3.2.5-15 可知，调查海域 2 个站位初级生产力处于超高水平，1 个站位处于中高水平，2 个站位处于中等水平，4 个站位处于中低水平，5 个站位处于低水平。

2.浮游植物

本次调查共鉴定出 4 门 71 种（含变种、变型），其中，硅藻种类最多，50 种，占总种类数的 70.42%；甲藻 15 种，蓝藻 4 种，金藻 2 种。

调查结果显示，浮游植物优势种仅 1 种，为细弱海链藻（*Thalassiosira subtilis*），该种为调查海区的绝对优势种，见表 3.2.5-16。

表 3.2.5-16 各站位浮游植物优势种及优势特征

序号	中文名	拉丁名	平均密度 (×10 ³ cell/m ³)	优势度 Y	出现频率 %
1	细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i>	2168.99	0.813	91.67

各站位浮游植物种类数的变化范围为 5~28，平均每个站位的种类数为 18 种，最大值出现在 5 站位，最小值出现在 6 站位；各站位浮游植物细胞密度的变化范围为（2.31~23230.58）×10³ cell/m³，平均每个站位的浮游植物细胞密度为

$2446.74 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$ ，最大值出现在 13 站位，最小值出现在 16 站位。见表 3.2.5-17。

调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.10~0.98，均值为 0.36；多样性指数的变化范围为 0.11~3.57，均值为 2.27；均匀度的变化范围为 0.03~0.97，均值为 0.59；丰度的变化范围为 0.34~1.36，均值为 0.89，见表 3.2.5-17。

表 3.2.5-17 各站位浮游植物主要生态参数

站位	细胞密度 ($\times 10^3 \text{ cell/m}^3$)	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d
2	69.23	18	0.12	3.40	0.81	1.06
3	170.04	17	0.18	3.10	0.76	0.92
4	140.00	17	0.10	3.57	0.87	0.94
5	1734.57	28	0.18	3.02	0.63	1.30
6	3.70	5	0.32	1.88	0.81	0.34
8	171.85	18	0.15	3.31	0.79	0.98
12	1047.76	15	0.92	0.33	0.08	0.70
13	23230.58	16	0.98	0.11	0.03	0.61
14	861.60	19	0.47	1.54	0.36	0.91
15	1585.00	25	0.47	1.79	0.39	1.17
16	2.31	6	0.19	2.50	0.97	0.45
18	344.27	26	0.28	2.75	0.59	1.36
最小值	2.31	5	0.10	0.11	0.03	0.34
最大值	23230.58	28	0.98	3.57	0.97	1.36
均 值	2446.74	18	0.36	2.27	0.59	0.89

3.浮游动物

浮游动物经鉴定共有 118 种（包括属以上），分类学上隶属于 14 个类群，此次调查中，桡足类最多，45 种，占总种类数的 38.14%；水母类 22 种，占总种类数的 18.64%；被囊类、毛颚类各 6 种，端足类、糠虾类各 4 种，樱虾类、介形类各 3 种；其他类群种类数均不超过 3 种。此外，共鉴定浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）19 种。

浮游动物优势种共 6 种（类），其中，桡足类 5 种，浮游幼体 1 种。桡足类

幼体（Copepoda larvae）为第一优势种。见表 3.2.5-18。

表 3.2.5-18 浮游动物优势种及优势特征

序号	中文名	拉丁名	平均密度 (ind./m ³)	优势度 Y	出现频率%
1	桡足类幼体	Copepoda larvae	180.66	0.138	66.67
2	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	70.53	0.081	100
3	挪威小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i>	130.06	0.050	33.33
4	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	82.54	0.039	41.67
5	长腹剑水蚤属	<i>Oithona</i> sp.	119.00	0.034	25.00
6	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	69.07	0.033	41.67

各站位浮游动物种类数的变化范围为 18~64，平均每个站位的种类数为 33 种，最大值出现在 16 站位，最小值出现在 2 站位；各站位浮游动物密度的变化范围为(63.01~5250.14)ind./m³，平均每个站位的浮游动物密度为 871.02 ind./m³，最大值出现在 6 站位，最小值出现在 3 站位。见表 3.2.5-19。

各站位浮游动物生物量的变化范围为(41.25~340.49)mg/m³，均值为 168.67 mg/m³。最大值出现在 12 号站位，最小值出现在 5 号站位；各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.13~0.39，均值为 0.26；多样性指数的变化范围为 2.33~3.79，均值为 2.91；均匀度的变化范围为 0.50~0.75，均值为 0.59；丰度的变化范围为 2.18~5.74，均值为 4.04。具体见表 3.2.5-19。

表 3.2.5-19 浮游动物主要生态参数

站位	总密度 (ind./m ³)	种类数 S	单纯度 C	多样性 指数 H'	均匀度 J'	丰度 d	生物量 (mg/m ³)
2	71.51	18	0.28	2.49	0.60	2.76	76.54
3	63.01	26	0.14	3.54	0.75	4.18	158.28
4	102.97	26	0.21	3.01	0.64	3.74	185.30
5	90.36	26	0.21	3.24	0.69	3.85	41.25
6	5250.14	28	0.25	2.43	0.51	2.18	201.90
8	243.27	25	0.25	2.91	0.63	3.03	164.95
12	134.47	31	0.39	2.50	0.50	4.24	340.49
13	134.20	23	0.36	2.33	0.51	3.11	161.04
14	87.63	33	0.13	3.79	0.75	4.96	80.07

站位	总密度 (ind./m ³)	种类数 S	单纯度 C	多样性 指数 H'	均匀度 J'	丰度 d	生物量 (mg/m ³)
15	416.86	51	0.32	2.86	0.50	5.74	261.60
16	3554.38	64	0.22	3.10	0.52	5.34	116.69
18	303.41	45	0.33	2.79	0.51	5.34	235.89
最小值	63.01	18	0.13	2.33	0.50	2.18	41.25
最大值	5250.14	64	0.39	3.79	0.75	5.74	340.49
均 值	871.02	33	0.26	2.91	0.59	4.04	168.67

4.底栖生物

在定量样品分析中，调查海域共获底栖生物 4 大类 10 种。其中环节动物、节肢动物各 4 种，腔肠动物、脊索动物各 1 种。

调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为 1.83 g/m²，组成以环节动物、节肢动物为主，其中，节肢动物=环节动物>腔肠动物>脊索动物。平均栖息密度为 14.5 ind./m²，组成以环节动物、节肢动物为主，其中，节肢动物=环节动物>脊索动物>腔肠动物。见表 3.2.5-20、3.2.5-21。

表 3.2.5-20 底栖生物的生物量和栖息密度

站位	2	3	4	5	6	8	均值
栖息密度 (ind./m ²)	20.0	0.0	6.7	0.0	13.3	6.7	
生物量 (g/m ²)	4.40	0.00	0.80	0.00	1.00	0.93	
站位	12	13	14	15	16	18	14.5
栖息密度 (ind./m ²)	6.7	6.7	13.4	0.0	46.6	53.4	
生物量 (g/m ²)	0.53	0.40	3.93	0.00	7.67	2.33	

表 3.2.5-21 底栖生物各类群平均每站位生物量和栖息密度及其所占百分比

类群	环节动物	脊索动物	节肢动物	腔肠动物	合计
平均 栖息密度 (ind./m ²)	6.1	1.2	6.1	1.1	14.5
	42.07%	8.28%	42.07%	7.58%	100%
平均 生物量 (g/m ²)	0.83	0.07	0.83	0.10	1.83
	45.36%	3.83%	45.36%	5.45%	100%

底栖生物优势种共 2 种。其中，环节动物 1 种，节肢动物 1 种。东方内卷齿蚕（*Aglaophamus orientalis*）为第一优势种。见表 3.2.5-22。

表 3.2.5-22 底栖生物优势种及优势特征

序号	中文名	拉丁名	平均栖息密度 (ind./m ³)	优势度 Y	出现频率%
1	东方内卷齿蚕	<i>Aglaophamus orientalis</i>	4.5	0.103	44.44
2	中华假磷虾	<i>Pscudeuphausia sinica</i>	5.2	0.030	11.11

5. 潮间带生物

本次潮间带生物监测的定性、定量样品经鉴定共有 4 门 11 种。种类组成以软体动物为主，5 种，节肢动物 4 种，环节动物 1 种，绿藻门 1 种。

定量调查中，平均栖息密度为 46.2 ind./m²，软体动物最高，为 27.5 ind./m²，节肢动物为 17.8 ind./m²，环节动物为 0.9 ind./m²；平均生物量为 25.77 g/m²，节肢动物最高，为 17.65 g/m²，软体动物为 7.80 g/m²，环节动物为 0.32 g/m²。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为 C1>C2>C3，生物量表现为 C1>C3>C2；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度表现为中潮带>低潮带>高潮带，生物量表现为高潮带>中潮带>低潮带。见表 3.2.5-23、表 3.2.5-24。

表 3.2.5-23 潮间带生物栖息密度和生物量的水平分布

断面号	项目	节肢动物	软体动物	环节动物	合计
C1	栖息密度(ind./m ²)	8.0	72.0	2.7	82.7
	生物量(g/m ²)	23.17	20.40	0.96	44.53
C2	栖息密度(ind./m ²)	29.4	5.3	0.0	34.7
	生物量(g/m ²)	14.56	1.52	0.00	16.08
C3	栖息密度(ind./m ²)	16.0	5.3	0.0	21.3
	生物量(g/m ²)	15.22	1.49	0.00	16.72
均值	栖息密度(ind./m ²)	17.8	27.5	0.9	46.2
	生物量(g/m ²)	17.65	7.80	0.32	25.77

表 3.2.5-24 潮间带生物栖息密度和生物量的垂直分布

潮带类型	项目	节肢动物	软体动物	环节动物	合计
高潮带	栖息密度(ind./m ²)	16.0	16.0	0.0	32.0
	生物量(g/m ²)	31.12	3.04	0.00	34.15

中潮带	栖息密度(ind./m ²)	5.3	64.0	0.0	69.3
	生物量(g/m ²)	6.85	19.62	0.00	26.47
低潮带	栖息密度(ind./m ²)	32.0	2.7	2.7	37.4
	生物量(g/m ²)	14.99	0.75	0.96	16.70
均值	栖息密度(ind./m ²)	17.8	27.5	0.9	46.2
	生物量(g/m ²)	17.65	7.80	0.32	25.77

定性调查中，监测区域潮间带生物共采获生物 2 大类 9 种 40 个。其中，软体动物 5 种 27 个，节肢动物 3 种 12 个，绿藻门 1 种 1 个。C2 和 C3 潮带种类数表现为低潮带>高潮带=中潮带，C1 潮带种类数表现为中潮带>低潮带>高潮带；C1 潮带生物数量表现为中潮带>低潮带>高潮带，C2 和 C3 潮带生物数量表现为低潮带>高潮带>中潮带。

定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 4 种。软体动物 3 种，节肢动物 1 种。楔形斧蛤（*Latona cuneata*）为该调查区域第一优势种。见表 3.2.5-25。

表 3.2.5-25 潮间带生物优势种及优势度

序号	中文名	拉丁名	总数量	优势度 Y	出现频率%
1	楔形斧蛤	<i>Latona cuneata</i>	16	0.400	100
2	痕掌沙蟹	<i>Ocypode stimpsoni</i>	10	0.250	100
3	等边浅蛤	<i>Gomphina aequilatera</i>	5	0.083	66.67
4	文蛤	<i>Meretrix meretrix</i>	4	0.033	33.33

定性调查中，潮间带生物各站位种类数的变化范围为 3~6，均值为 5；各站位生物出现数量的变化范围为 7~24，均值为 13；单纯度的变化范围为 0.28~0.39，均值为 0.32；多样性指数的变化范围为 1.45~2.13，均值为 1.88；均匀度的变化范围为 0.83~0.91，均值为 0.88；丰度的变化范围为 0.71~1.26，均值为 1.02。见表 3.2.5-26。

表 3.2.5-26 潮间带生物主要生态参数

站位	数量	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d
C1	24	6	0.28	2.13	0.83	1.09
C2	9	5	0.28	2.06	0.89	1.26
C3	7	3	0.39	1.45	0.91	0.71

站位	数量	种类数 S	单纯度 C	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰度 d
最小值	7	3	0.28	1.45	0.83	0.71
最大值	24	6	0.39	2.13	0.91	1.26
均 值	13	5	0.32	1.88	0.88	1.02

3.2.5.4 重要经济生物三场一通道

根据农业部 189 号文公布的《中国海洋渔业水域图（第一批）-南海区渔业水域图（第一批）》，本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区，同时所在海域涉及到南海中上层鱼类产卵场，南海区幼鱼、幼虾保护区。

1.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 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月。

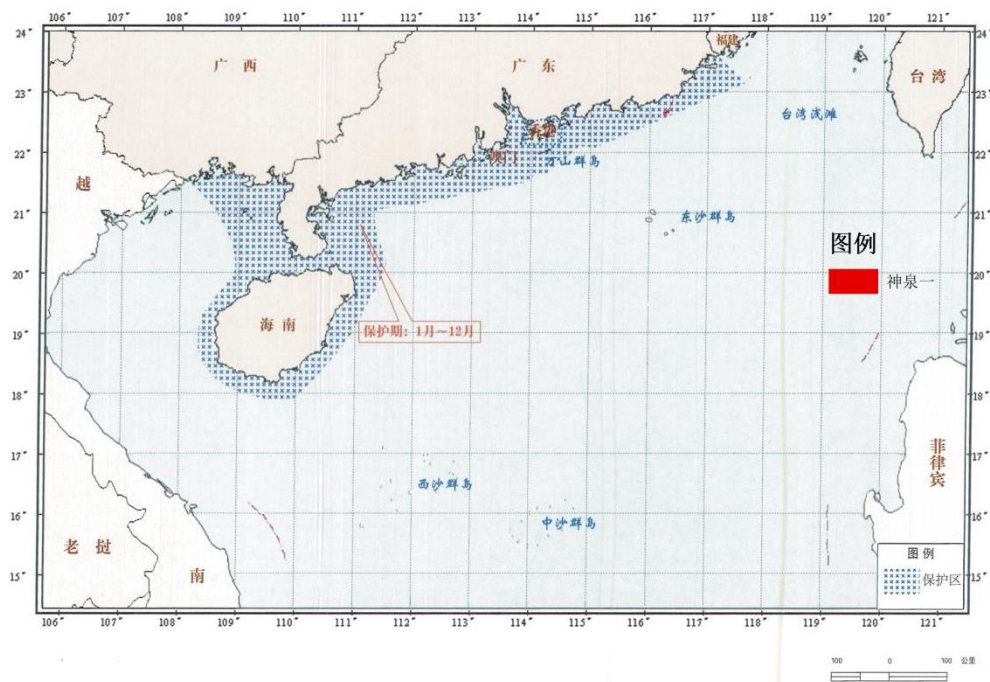


图 3.2.5-1 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图

2.南海中上层鱼类产卵场

南海中上层鱼卵产卵场主要包括蓝圆鲹、鲷鱼和竹筴鱼产卵场。涉及到本项目的产卵场为蓝圆鲹产卵场，涉及区域位于粤东近海区，约为东经 115°20'-117°，北纬 21°55'-22°15'，水深约为 40-75m，产卵期 1-4 月。

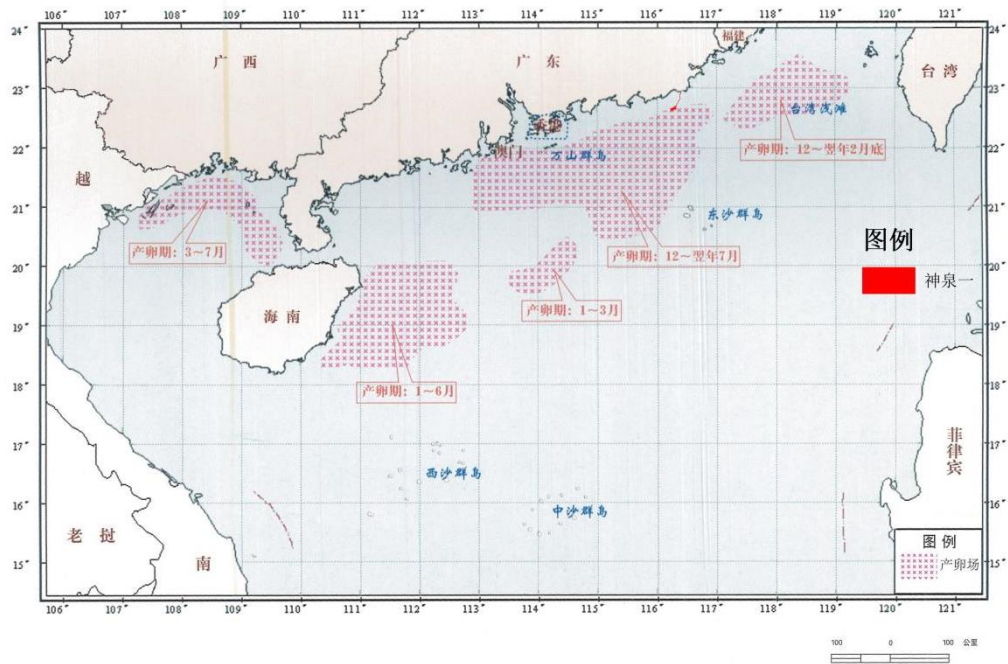


图 3.2.5-2 南海中上层鱼类产卵场示意图

3.南海区幼鱼、幼虾保护区

南海区幼鱼、幼虾保护区共有 4 处，涉及本项目的为广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

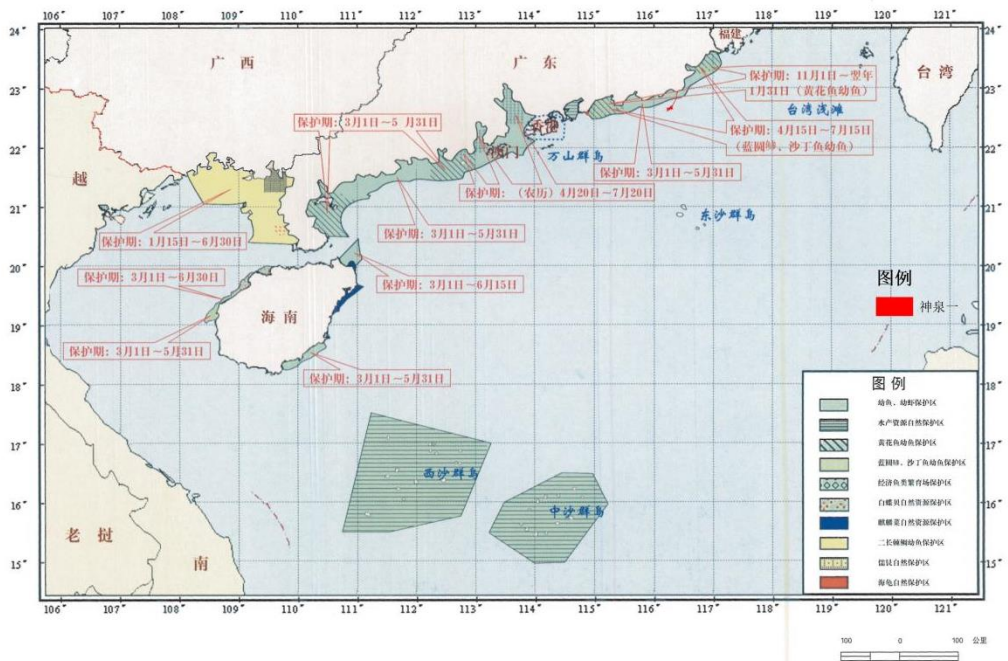


图 3.2.5-3 南海国家级及省级保护区分布示意图

根据国家农业科学数据共享中心——渔业科学数据分中心公布的数据，本工程所在海域不涉及到索饵场、越冬场和洄游通道。距离最近的索饵场为闽南、粤东近海群系鲈鱼索饵场，闽南、粤东近海鲈鱼群系不作长距离洄游，整个生命过程包括生殖、索饵等基本在闽南、粤东近海渡过。

3.2.5.5 海洋保护区

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，项目附近海域的保护区有神泉海洋保护区和前詹海洋保护区（图 3.2.5-4）。

（1）前詹海洋保护区

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，前詹海洋保护区的海域管理要求是 1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海；2. 严格按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理；3. 禁止炸岛等破坏性活动。生态环境保护要求是 1. 保护龙虾、海龟、鲎及其生境，保护人工鱼礁礁体及礁盘生态系统；2. 加强保护区海洋生态环境监测；3. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

（2）神泉海洋保护区

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，神泉海洋保护区的海域管理要求是 1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海；2. 严格按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理。生态环境保护要求是 1. 保护人工鱼礁礁体及海域生态环境；2. 加强保护区海洋生态环境监测；3. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

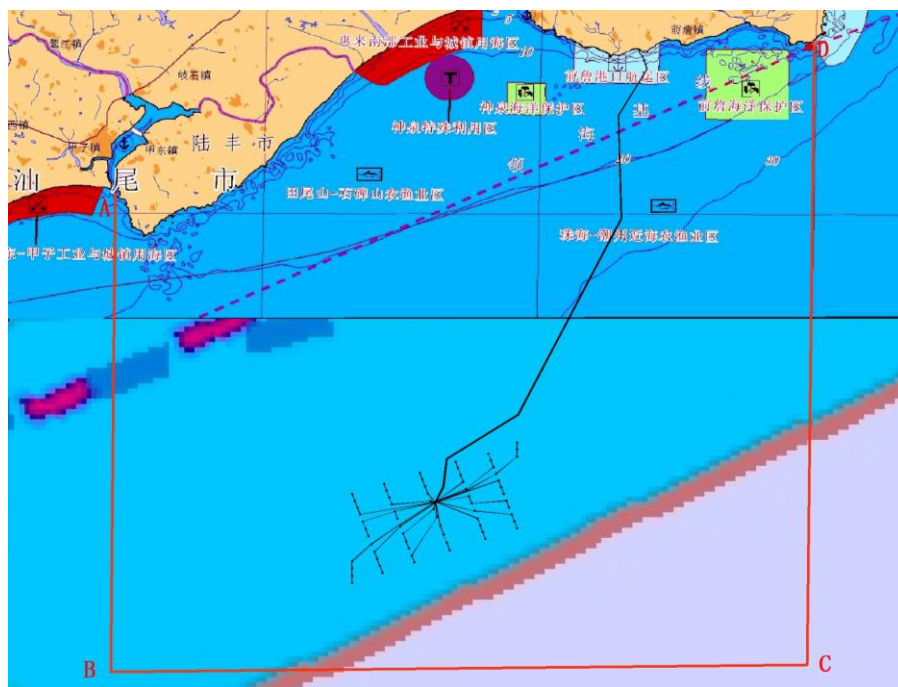


图 3.2.5-4 海洋保护区分布示意图

3.2.5.6 重要海洋保护生物

根据《揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划》（揭阳市海洋与渔业局，2010年6月），项目周边海洋海域的重要海洋保护生物有龙虾、海龟、鲎、中华白海豚等。前詹海洋保护区（揭阳市海龟、鲎市级自然保护区和揭阳市龙虾市级自然保护区）位于海缆东侧约 3.6 km（见图 3.2.5-4）。海龟、鲎自然保护区位于石碑山角西侧赤沙沃海域，具体位置为东至：116° 29′ 23″，西至：116° 26′ 28″，南至：22° 55′ 05″，北至：22° 56′ 48″，面积 1076 公顷。底质以砂-粉砂为主，有龟岛、白屿、双过等岛屿，海水盐度稳定，水质优良，海洋生物丰富多样。主要保护对象为海龟、鲎。龙虾自然保护区同样位于石碑山角附近海域，具体位置是：东至：116° 31′ 17″，西至：116° 28′ 44″，南至：22° 55′ 04″，北至：22° 57′ 35″。砂砾底质，明礁暗礁密布，潮流顺畅，藻类繁茂，海水盐度一般在 32-36 之间，水质优良，没有污染，历来是龙虾索饵、生长、繁殖的理想场所，主要保护对象是龙虾、石斑鱼、鲷科鱼类等，面积 968 公顷。海龟、鲎和龙虾的生活习性分别介绍如下：

1. 鲎

鲎隶属于节肢动物门、肢口纲、剑尾目、鲎科、鲎属，俗称三刺鲎、两公婆、海怪、马蹄蟹、鲎鱼、中国鲎、王蟹、六月鲎。鲎起源甚早，被称为活化石。最

早的蜆化石见于奥陶纪（5.05 亿~4.38 亿年前），形态与现代蜆相似的蜆化石出现于侏罗纪（2.08 亿~1.44 亿年前）。中国蜆在国内主要分布于广东、广西、福建沿海海域，国外分布于日本、菲律宾等地。南方蜆，分布于印度、越南、新加坡、印度尼西亚、马来西亚。圆尾蜆，分布于印度、孟加拉。泰国、印度尼西亚，中国广西钦州、北海、海南儋州、临高、澄迈、海口地区沿海也有分布。幼体蜆食物以单胞藻、轮虫、丰年虫幼体、桡足类为主，成体可以食虾和小鱼。食用后容易发生机体过敏和中毒性休克等，由于蜆具有的特殊生理毒理性质，一直以来极少被人们捕杀，但近些年来，因有些人还没有真正认识到吃蜆对身体健康的危害性，一些小商贩在其经济利益的驱动下，在进行盲目炒作和蓄意误导，致使这种古生物蜆资源遭到严重破坏。中国蜆与南方蜆为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为濒危级别；圆尾蜆为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为易危级别。2021 年秋季和 2022 年春季在本水域调查中未发现蜆。

2. 龙虾

揭阳市海域重要的保护龙虾种类有中国龙虾、锦绣龙虾等，2021 年秋季和 2022 年春季在本水域调查中未发现龙虾。现将其生活习性分别介绍如下：

（1）中国龙虾

中国龙虾为甲壳纲、龙虾科、龙虾属。体长 200 mm~300mm，头胸部略呈圆筒状，腹部较为扁平，尾扇柔软而半透明，橄榄色。额板具 2 对短粗大棘和分散小棘。头胸甲背面密布大大小小的棘。腹部第 2 至第 6 节背面左右各有一较宽的横凹陷，其中密布短毛。体呈橄榄绿或绿中带褐色。腹部背甲上带有白色小点。为中国特有种，分布于中国南海和东海南部近岸海区，栖息于几米、十几米深的岩礁缝隙、石堆和珊瑚丛中。昼伏夜出，杂食性，多以小型双壳贝类、多毛类、小蟹、藤壶等底栖生物为食，可用小鱼作饵诱捕。体外受精，抱卵发育孵化。10 龄可达性成熟。生殖期 3—9 月，盛期为 5—7 月，产卵量高达数十万至百万多粒。

中国龙虾行动迟缓，不善游泳，依靠步足爬行。触角反应较灵敏，遇有敌害就转动第 2 触角，由摩擦发音器发出吱吱声响，用以惊吓对方。白天常潜伏于洞内，仅显露 2 对触角和头部，第 2 触鞭常向前摆动或呈八字分开，用于感触外部动向。夜间活动觅食，食量大，耐饥能力强。喜群栖，喜厮斗。受惊时，常屈

腹弹跳，引体向后。夏季多活动在浅水处，秋冬移向较深海区，生殖时又返回浅水。

（2）锦绣龙虾

锦绣龙虾为无螯下目，龙虾科，龙虾属的一种，俗称青龙虾、花龙虾、山虾、大和虾、沙虾等。体长可达 60 厘米，是龙虾属中体型最大者。腹部、第一触角和步足有黑褐色和黄色相间的斑纹。触角的基部有四对疣刺，后面的一对较小。体色多彩明亮。

分布范围：从东非到日本、澳洲和斐济群岛，甚至从红海进入地中海地区。为印度-西太平洋区的重要品种。在中国主要分布于南海和台湾海域。生活在珊瑚外围的斜面至较深的泥沙质地。通常栖息在水深 1 至 10 米处，最深记录为 145 米，以岩礁及礁斜面之静水处为多，有时也可在河口附近水质较混浊之泥底处发现。

昼伏夜出，白天藏匿洞中，仅显露两对触角和头部用以感触洞外动向，夜间外出觅食。主要摄食小鱼、虾蟹类、小贝类、海胆、藤壶、多毛类、藻类等。龙虾依靠步足爬行，不喜游泳，行动迟缓。触角灵敏，遇敌时转动第二触角摩擦发音器发出吱吱声响以惊吓对方。受惊时常屈腹弹跳，引体向后。喜厮斗，常以俯冲方式攻击对方，有群栖习性，虾群区域性明显，常因季节水温变化和索饵、生殖等因素发生迁移，通常夏季栖于浅水处，秋冬移向较深海区，繁殖时复又到浅海处。锦绣龙虾在 5 个月内繁殖 2 次，胚胎发育分为 11 个时期：受精卵、卵裂期、囊胚期、原肠期、膜内无节幼体期、七对附肢期、九对附肢期、十一对附肢期、复眼色素形成期、准备孵化期和孵化期。

3.海龟

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

海龟以鱼类、头足纲、甲壳纲动物及海藻为食。4—10 月为繁殖季节，雌、雄海龟常在礁盘或沿岸水域交配，交尾时间长达 3—4 小时，交配后雌龟于晚间

爬上岸边沙滩掘坑产卵，先以前肢挖一深度与体高相当的大坑，伏于坑内，再藉后肢交替动作挖一口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，产卵于坑内，产卵一般在夜晚 10 时至翌晨 3 时进行，卵产毕后，将卵坑用沙覆盖后离滩返海。每年可产卵 23 次，每产 91—157 枚，多可达 238 枚。卵白色，圆球形，卵壳革质而韧软，卵径 35—58mm。孵化期 30—90 天，通常 45—60 天，幼龟自出壳即爬归海水中生活。我国广东省惠东、海南的西沙群岛沿岸均为海龟产卵繁殖地。2021 年秋季和 2022 年春季在本水域调查中未发现海龟。

4. 中华白海豚

中华白海豚是水栖哺乳类动物，在动物分类学上隶属于脊索动物门，哺乳纲，鲸目，齿鲸亚目，海豚科，白海豚属。中华白海豚是国家一级重点保护的野生动物。中华白海豚身体修长呈纺锤型，喙突出狭长，刚出生的白海豚约 1 米长，性成熟个体体长 2.0~2.5m，最长达 2.7m，体重 200~250kg；背鳍突出，位于近中央处，呈后倾三角形；胸鳍较圆浑，基部较宽，运动极为灵活；尾鳍呈水平状，健壮有力，以中央缺刻分成左右对称的两叶，有利于其快速游泳。

中华白海豚喜欢栖息在亚热带海区的河口咸淡水交汇水域，在澳大利亚北部，非洲印度洋沿岸，东南亚太平洋沿岸均有分布，在中国主要分布在东南部沿海，据文献记载，最北可达长江口，向南延伸至浙江、福建、台湾、广东和广西沿岸河口水域，有时也会进入江河。中华白海豚不集成大群，常 3~5 只在一起，或者单独活动。除了母亲及幼豚，白海豚组群不会有固定的成员。它们的群居结构非常的有弹性，而组群的成员也时常更换。寿命一般为 30~40 年，3~5 岁达到性成熟，常年都可交配，发情期多集中在 4 月至 9 月的温暖季节，妊娠期 10~11 个月，每胎产 1 仔。2021 年秋季和 2022 年春季在本水域调查中未发现中华白海豚。

3.2.6 海洋水质现状调查与评价

3.2.6.1 调查概况

1. 调查站位与时间频次

海洋水质调查与海洋生态调查同步进行，具体情况见本报告书 3.2.5.1 节。

根据现场水深决定采样层次，水深≤10m，采表层水样；10m<水深≤25m，采用表、底两层水样；25m<水深≤50m，采用表层为距表面 0.5m，中层为离底部 0.6h（h 为水深），底层为离底 2.0m；>50m 取表层、10m、30m 和底层。

2.调查项目及分析方法

共调查 17 项，包括：pH、悬浮物、化学需氧量（COD）、溶解氧（DO）、氨、硝酸盐、亚硝酸盐、无机磷、油类（表层样）、汞、砷、铜、镉、铬、锌、挥发性酚、硫化物。分析方法见表 3.2.6-1。

表 3.2.6-1 海水项目分析方法

3.评价标准及方法

本次海水水质评价因子包括 DO、COD、pH、无机氮、无机磷、铜、锌、镉、铬、汞、砷、油类、硫化物和挥发性酚等共 15 项。

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》，调查站位所处区域的海洋功能区包括农渔业区、海洋保护区、港口航运区和特殊利用区，具体如图4.3-1所示。根据各个站位所处海洋功能区的海洋环境保护水质执行标准，按相应海水水质评价标准对其进行评价。各调查站位的评价执行标准如表3.2.6-2所示，各评价因子的评价标准值列于表3.2.6-3。

表 3.2.6-2 各调查站位海水水质执行标准

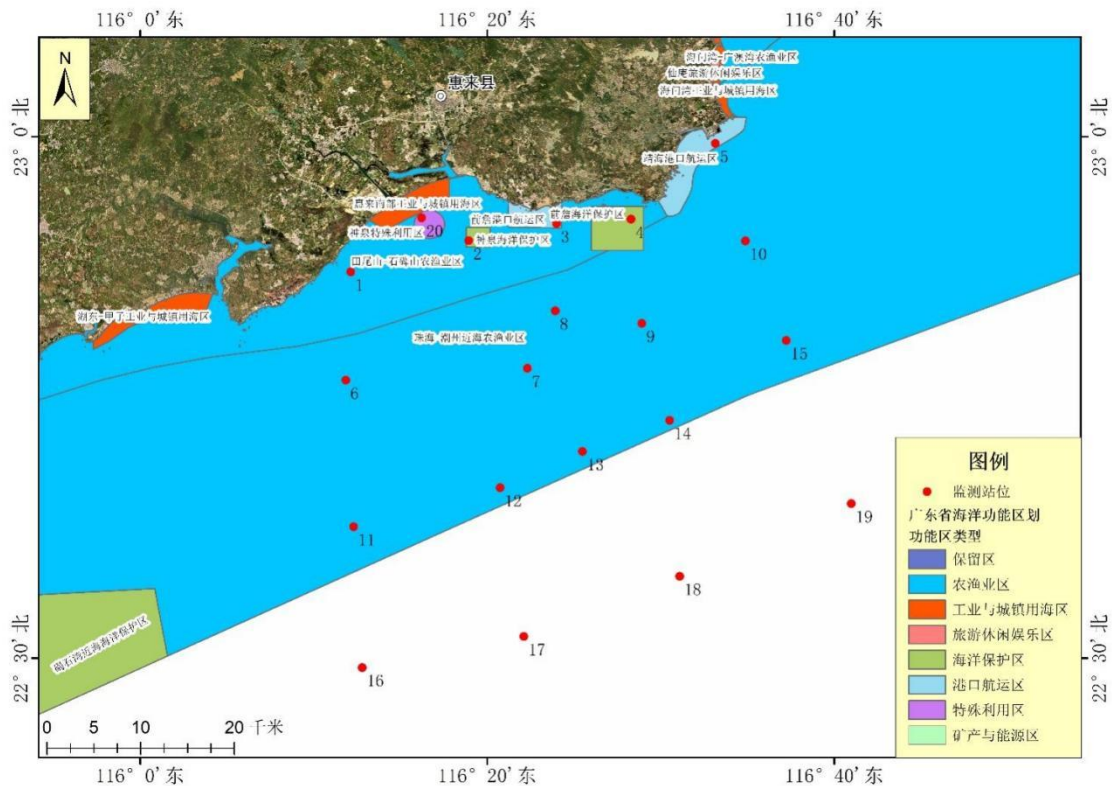


图 3.2.6-1 各调查站位所属海洋功能

表 3.2.6-3 海水水质评价标准

序号	评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类	引用标准
1	pH	7.8～8.5，同时超出该海域正常变动范围的 0.2 pH 单位		6.8～8.8，同时超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位		《海水水质标准》 （GB 3097 - 1997）
2	油类（mg/L）≤	0.05		0.30	0.50	
3	DO（mg/L）>	6	5	4	3	
4	COD（mg/L）≤	2	3	4	5	
5	无机磷 mg/L）≤	0.015	0.030		0.045	
6	无机氮（mg/L）≤	0.20	0.30	0.40	0.50	
7	锌（mg/L）≤	0.020	0.050	0.10	0.50	
8	镉（mg/L）≤	0.001	0.005	0.010		
9	铜（mg/L）≤	0.005	0.010	0.050		
10	汞（mg/L）≤	0.00005	0.0002		0.0005	
11	砷（mg/L）≤	0.020	0.030	0.050		
12	硫化物（mg/L）≤	0.02	0.05	0.10	0.25	
13	铬（mg/L）≤	0.05	0.10	0.20	0.50	
14	挥发性酚（mg/L）≤	0.005		0.010	0.050	

海水水质质量现状评价采用单项标准指数法。具体计算公式如下所示：

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

对于溶解氧采用：

$$Q_{ij} = (C_f - C_{ij}) / (C_f - C_{oi}) \quad \text{当 } C_{ij} > C_{oi} \text{ 时}$$

$$Q_{ij} = 10 - 9C_{ij} / C_{oi} \quad \text{当 } C_{ij} \leq C_{oi} \text{ 时}$$

对于 pH 采用：

$$Q_{ij} = |2C_{ij} - C_{omax} - C_{omin}| / (C_{omax} - C_{omin})$$

式中： Q_{ij} ——站 j 评价因子 i 的污染指数；

C_{ij} ——站 j 评价因子 i 的实测值；

C_{oi} ——评价因子 i 的评价标准值；

C_f ——现场水温和盐度条件下的溶解氧饱和含量；

C_{omax} ——pH 的评价标准值上限；

C_{omin} ——pH 的评价标准值下限。

3.2.6.2 秋季调查结果及分析

根据现场水深测量结果，各个站位采样层次如下表所示。

表 3.2.6-5 各调查站位采样情况分布

站位	水深 (m)	采样层次	站位	水深 (m)	采样层次
1	18.7	表层、底层	11	37.5	表层、中层、底层
2	16.1	表层、底层	12	41.2	表层、中层、底层
3	13.8	表层、底层	13*	38.0	表层、中层、底层
4	20.1	表层、底层	14	40.0	表层、中层、底层
5	15.8	表层、底层	15	36.5	表层、中层、底层
6	27.0	表层、中层、底层	16	44.0	表层、中层、底层
7	32.6	表层、中层、底层	17	44.0	表层、中层、底层
8*	29.0	表层、中层、底层	18	43.5	表层、中层、底层
9	37.6	表层、中层、底层	19	43.0	表层、中层、底层
10	38.0	表层、中层、底层	20	12.4	表层、底层

水质监测统计结果分别列于表 3.2.6-6。

表 3.2.6-6 海水要素监测结果统计表

层次	统计结果	海水 温度	海水 盐度	pH	悬浮物	DO	COD	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	无机氮	无机磷
					(mg/L)			(µg/L)				
表 层	最小值											
	最大值											
	平均值											
中 层	最小值											
	最大值											
	平均值											
底 层	最小值											
	最大值											
	平均值											
全海区	最小值											
	最大值											
	平均值											

注： 1.无机氮为亚硝酸盐、氨和硝酸盐浓度的总和；油类仅采集表层样品，未采集中层和底层样品；
 2. 在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；
 3. 未检出的样品的浓度用“<检出限”表示；“—”表示不参与统计计算。

3.2.6-6 海水要素监测结果统计表（续上表）

层次	统计结果	汞	砷	锌	镉	铜	铬	油类	硫化物	挥发性酚
		(µg/L)								
表 层	最小值									
	最大值									
	平均值									
中 层	最小值									
	最大值									
	平均值									
底 层	最小值									
	最大值									
	平均值									
全海区	最小值									
	最大值									
	平均值									

注：1. 无机氮为亚硝酸盐、氨和硝酸盐浓度的总和；油类仅采集表层样品，未采集中层和底层样品；
 2. 在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；
 3. 未检出的样品的浓度用“<检出限”表示；“—”表示不参与统计计算。

根据监测结果，对表、底层监测海域的水质现状进行评价。各评价因子的单项标准指数（ Q_{ij} ）的计算结果列于表 3.2.6-7~3.2.6-9。

所有调查站位表、中和底层的海水 pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、镉、铜、铬、油类、硫化物、挥发性酚等 13 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达到一类海水水质标准；部分站位锌的单项标准指数大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。

表层样品：表层海水锌含量的标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且达到一类海水水质标准。

中层样品：有 2 个站位（6 和 11 号站位）中层海水锌含量的单项标准指数大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 14.3%（2/14）。

底层样品：有 1 个站位（6 号站位）底层海水锌含量的单项标准指数均大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 5.0%（1/20）。

表 3.2.6-7 各评价因子单项标准指数（表层）

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})													
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	油类	汞	砷	锌	镉	铜	硫化物	铬	挥发性酚
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														

站 位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})													
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	油类	汞	砷	锌	镉	铜	硫化物	铬	挥发性酚
18														
19														
20														
最大值														
超标站位/个														
超标率/%														

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

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

表 3.2.6-8 各评价因子单项标准指数（中层）

站 位	单 项 标 准 指 数 (Q _{ij})												
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铜	硫化物	铬	挥发性酚
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})												
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铜	硫化物	铬	挥发性酚
15													
16													
17													
18													
19													
最大值													
超标站位/个													
超标率/%													

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

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

表 3.2.6-9 各评价因子单项标准指数（底层）

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})												
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铜	硫化物	铬	挥发性酚
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})												
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铜	硫化物	铬	挥发性酚
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
最大值													
超标站位/个													
超标率/%													

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

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

3.2.6.3 春季调查结果及分析

根据现场水深测量结果，各个站位采样层次如下表所示。

表 3.2.6-10 各调查站位采样情况分布

站位	水深 (m)	采样层次	站位	水深 (m)	采样层次
1	18.1	表层、底层	11	39.8	表层、中层、底层
2	15.0	表层、底层	12	41.0	表层、中层、底层
3	13.9	表层、底层	13*	39.0	表层、中层、底层
4	17.0	表层、底层	14	40.0	表层、中层、底层
5	16.0	表层、底层	15	38.0	表层、中层、底层
6	31.0	表层、中层、底层	16	44.4	表层、中层、底层
7	32.5	表层、中层、底层	17	44.2	表层、中层、底层
8*	29.6	表层、中层、底层	18	43.0	表层、中层、底层
9	35.6	表层、中层、底层	19	43.1	表层、中层、底层
10	38.2	表层、中层、底层	20	12.2	表层、底层

水质监测统计结果分别列于表 3.2.6-11。

表 3.2.6-11 海水要素监测结果统计表

层次	统计结果	海水 温度	海水 盐度	pH	悬浮物	DO	COD	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	无机氮	无机磷
					(mg/L)			(µg/L)				
表 层	最小值											
	最大值											
	平均值											
中 层	最小值											
	最大值											
	平均值											
底 层	最小值											
	最大值											
	平均值											
全海区	最小值											
	最大值											
	平均值											

注： 1.无机氮为亚硝酸盐、氨和硝酸盐浓度的总和；油类仅采集表层样品，未采集中层和底层样品；
 2. 在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；
 3. 未检出的样品的浓度用“<检出限”表示；“—”表示不参与统计计算。

3.2.6-11 海水要素监测结果统计表（续上表）

层次	统计结果	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	油类	硫化物	挥发性酚
		(µg/L)									
表 层	最小值										
	最大值										
	平均值										
中 层	最小值										
	最大值										
	平均值										
底 层	最小值										
	最大值										
	平均值										
全海区	最小值										
	最大值										
	平均值										

注：1. 无机氮为亚硝酸盐、氨和硝酸盐浓度的总和；油类仅采集表层样品，未采集中层和底层样品；
 2. 在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算；
 3. 未检出的样品的浓度用“<检出限”表示；“—”表示不参与统计计算。

根据监测结果，对表、底层监测海域的水质现状进行评价。各评价因子的单项标准指数（ Q_{ij} ）的计算结果列于表 3.2.6-12~3.2.6-14。

所有调查站位表、中和底层的海水 pH、DO、COD、无机氮、汞、砷、镉、铅、铜、铬、硫化物、挥发性酚等 12 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达到一类海水水质标准；部分站位无机磷和油类的单项标准指数大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超过一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。

表层样品：有 8 个站位（2、4、6、7、8、10、13 和 15 号站位）的表层海水无机磷含量的标准指数大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 40.0%（8/20），超标站位主要位于珠海-潮州近海农渔业区、神泉海洋保护区和前詹海洋保护区；有 1 个站位（2 号站位）的表层油类含量的标准指数大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 5.0%（1/20），超标站位位于神泉海洋保护区。

中层样品：有 4 个站位（7、8、10 和 12 号站位）中层海水无机磷含量的单项标准指数大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 28.6%（4/14），超标站位均位于珠海-潮州近海农渔业区。

底层样品：有 7 个站位（2、4、6、7、8、10 和 13 号站位）的底层海水无机磷含量的标准指数大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 35.0%（7/20），超标站位主要位于珠海-潮州近海农渔业区、神泉海洋保护区和前詹海洋保护区。

表 3.2.6-12 各评价因子单项标准指数（表层）

站位	单 项 标 准 指 数 (Q _{ij})														
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	油类	汞	砷	锌	镉	铅	铜	硫化物	铬	挥发性酚
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})														
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	油类	汞	砷	锌	镉	铅	铜	硫化物	铬	挥发性酚
18															
19															
20															
最大值															
超标站位/个															
超标率/%															

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

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

表 3.2.6-13 各评价因子单项标准指数（中层）

站 位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})													
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铅	铜	硫化物	铬	挥发性酚
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})													
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铅	铜	硫化物	铬	挥发性酚
15														
16														
17														
18														
19														
最大值														
超标站位/个														
超标率/%														

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；
2. 在区域性监测中，检出率占样品频数的 1/2(包括 1/2)以上或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参与统计计算。

表 3.2.6-14 各评价因子单项标准指数（底层）

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})													
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铅	铜	硫化物	铬	挥发性酚
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

站位	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})													
	pH	DO	COD	无机氮	无机磷	汞	砷	锌	镉	铅	铜	硫化物	铬	挥发性酚
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
最大值														
超标站位/个														
超标率/%														

注：1.“△”表示本次溶解氧含量高于现场温盐环境下饱和溶解氧含量；

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

3.2.7 海洋沉积物现状调查与评价

3.2.7.1 调查概况及分析评价方法

本次调查共布设 10 个沉积物调查站位，均只采集表层沉积物（0~2cm），监测项目包括：粒度、pH、氧化还原电位、含水率、有机碳、油类、硫化物、汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬等 14 项。沉积物调查于 2021 年 11 月进行，具体调查站位见表 3.1.6-1。分析方法见表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 海洋沉积物项目分析方法

序号	项目	分析方法	检出限	分析仪器	执行标准
1	pH	6.7.2 电位法	—	PHS-3F 实验室 pH 计	《海洋调查规范 第 8 部分：海洋地质地球物理调查》 （GB 12763.8-2007）
2	粒度	6.3 激光法	—	TopSizer 激光粒度仪	
3	氧化还原电位	20 电位计法	—	BPH-610CK 氧化还原电位计	
4	含水率	19 重量法	—	BS224S 电子天平	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）
5	有机碳	18.1 重铬酸钾氧化—还原容量法	0.03×10 ⁻²	数显滴定仪	
				BS224S 电子天平	
6	硫化物	17.3 碘量法	4.0×10 ⁻⁶	数显滴定仪	
				BS224S 电子天平	
7	油类	13.2 紫外分光光度法	2.9×10 ⁻⁶	UV-2800 紫外可见分光光度计	
				BS224S 电子天平	
8	汞	5.1 原子荧光光度法	0.006×10 ⁻⁶	AFS-8330 原子荧光光度计	
9	砷	11.1 原子荧光光度法	0.12×10 ⁻⁶		
10	锌	9 火焰原子吸收法	6.0×10 ⁻⁶	AAS ZEE nit 700P 原子吸收分光光度计	
11	铜	6.2 火焰原子吸收法	2.0×10 ⁻⁶		
12	铅	7.1 无火焰原子吸收法	1.0×10 ⁻⁶		
13	镉	8.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10 ⁻⁶		

序号	项目	分析方法	检出限	分析仪器	执行标准
14	铬	10.1 无火焰 原子吸收分 光光度法	2.0×10^{-6}		

沉积物现场采样记录表明，所有沉积物样品均无明显气味和生物现象，泥样颜色为棕色或黄色，黏度表现为无粘、弱黏性和强黏性，稠度表现软的、半流动和致密的。

海洋沉积物的评价因子包括：有机碳、油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷等 10 项。pH、氧化还原电位和含水率因无评价标准，本次调查不对其进行质量评价。

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》，本次调查站位所处区域的海洋功能区包括农渔业区、海洋保护区、港口航运区和特殊利用区，具体如图 4.3-1 所示。根据各个站位所处海洋功能区的海洋环境保护水质执行标准，按相应海洋沉积物评价标准对其进行评价。各调查站位的评价执行标准如表 3.2.7-2 所示，各评价因子的评价标准值列于表 3.2.7-3。

表 3.2.7-2 各调查站位海洋沉积物执行标准

表 3.2.7-3 海洋沉积物评价标准

序号	评价因子	标准值			引用标准
		第一类	第二类	第三类	
1	汞 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.20	0.50	1.00	《海洋沉积物质量》 (GB 18668-2002)
2	砷 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	20.0	65.0	93.0	
3	铜 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	35.0	100.0	200.0	
4	铅 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	60.0	130.0	250.0	
5	锌 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	150.0	350.0	600.0	
6	镉 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.50	1.50	5.00	
7	铬 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	80.0	150.0	270.0	
8	有机碳 ($\times 10^{-2}$) $\leq$	2.0	3.0	4.0	
9	硫化物 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	300.0	500.0	600.0	
10	油类 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0	

3.2.7.2 粒度组成及其类型

调查区域沉积物的粒度分析结果见表 3.2.7-4，该区域沉积物主要以砂为主：

其中砂含量的变化于（0.00~97.88）%，平均为 55.90%；粉砂含量变化于（2.12~67.29）%，平均为 32.92%；粘土含量变化于（0.00~39.22）%，平均为 11.18%；砾含量均为 0。沉积物类型包括粘土质粉砂（YT）、砂质粉砂（ST）、粉砂质砂（TS）和砂（S）。

中值粒径 Md 是粒度参数之一，可表征沉积物粒度频率分布的中心趋势的参数，其大小反映了沉积物在自然界中的平均水流动能情况，一般 Md 的大小往往与输运泥沙的水动力成反相关，即 Md 越大，该地沉积环境水动力状态越弱。由表 3.2.7-4 可见，该调查区域的样品沉积物中值粒径在 4.97 ϕ 至 226.94 ϕ 之间，平均值为 115.88 ϕ 。

表 3.2.7-4 监测海区沉积物粒度类型

站 位	层 次 (cm)	粒级含量 (%)				名称及 代号	中值粒 径
		砾	砂	粉砂	粘土		(μm)
		(>2 mm)	(2 mm~ 0.063 mm)	(0.063 mm~ 0.004 mm)	(<0.004 mm)		
2	0~2						
4	0~2						
5	0~2						
6	0~2						
8	0~2						
12	0~2						
14	0~2						
15	0~2						
16	0~2						
18	0~2						

3.2.7.3 污染物的含量状况

各污染物分析统计结果列于表 3.2.7-5。

表 3.2.7-5 沉积物样品中各污染物分析统计结果

站位	层次 (cm)	pH	氧化还 原电位	含水率	有机碳	油类	硫化物	锌	铜	铅	镉	铬	汞	砷
			(mV)	(%)	($\times 10^{-2}$)	(10 ⁻⁶)								
2	0~2													
4	0~2													
5	0~2													
6	0~2													
8	0~2													
12	0~2													
14	0~2													
15	0~2													
16	0~2													
18	0~2													
最小值														
最大值														
平均值														

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

2. 未检出的样品的浓度用“<检出限”表示。

3.2.7.4 质量评价

本次监测沉积物各评价因子的标准指数及其统计结果列于表 3.2.7-6。

所有调查站位的有机碳、油类、硫化物、汞、砷、锌、镉、铜、铅、铬等 10 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划沉积物质量要求，且上述调查因子的含量均达到一类海洋沉积物质量标准，表明监测海域沉积物质量良好。

表 3.2.7-6 沉积物各评价因子单项标准指数

站号	层次	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})									
	(cm)	有机碳	油类	硫化物	锌	铜	铅	镉	铬	汞	砷
2	0~2										
4	0~2										
5	0~2										
6	0~2										
8	0~2										
12	0~2										
14	0~2										
15	0~2										
16	0~2										
18	0~2										
最大值											
超标站位/个											
超标率/%											

3.2.8 鸟类资源现状调查与评价

本报告引用广东省科学院动物研究所 2023 年 12 月编制完成的《慈航海风场（神泉一+神泉一（二））运营期海洋环境监测鸟类观测专题（第一期报告）》，分析本项目海上风电场区域的鸟类资源情况和环境影响评价。

3.2.8.1 调查方案

（1）调查范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月），鸟类生态环境现状调查范围应至少涵盖工程边界线向外扩展 8km 区域，并视受保护鸟类受影响程度适当增加。结合本项目实际情况，调查范围包括揭阳前詹风电有限公司慈航海上风电场场址工程边界线向外扩展 8km 区域，以及揭阳市前詹镇登陆点附近陆域。

（2）调查内容

主要包括调查区域环境概况、鸟类种类组成、数量、居留型及食性；主要迁徙鸟类的种类、数量、迁徙行为、飞行模式等；鸟类优势类群及其生境选择；国家级重点保护鸟类受保护鸟类的种类与数量；监测海上风机对鸟类的影响，包括鸟撞情况和鸟类迁徙路线变化等。

（3）调查时间与频次

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，鸟类现状调查周期一般为一年，调查频次每季至少为 1 次以上。最佳调查时间根据本地的物候特点确定，其原则是：调查时间应选择调查区域内的水鸟种类和数量均保持相对稳定的时期；调查应在较短时间内完成，一般同一天内数据可以认为没有重复计算，面积较大区域可以采用分组方法在同一时间范围内开展调查，以减少重复记录。计划在一年春、夏、秋、冬四季进行观测，迁徙季节适当增加 1 次，共进行 5 次监测，监测期限为 1 年。

本次 2023 年 11 月 22-11 月 25 日秋季监测为第一次监测，后续将继续监测。

3.2.8.2 调查结果

（1）海域鸟类现状

风电场所在区域以及周边 8km 缓冲区域内均为浅海海域，调查主要通过乘船沿样线观察，本次调查期间，在风机场址内，没有发现鸟类飞行，海域鸟类主要记录在近岸 10 km 范围内，共记录 3 目 3 科 6 种，包括红嘴鸥、黑尾鸥和普通鸬鹚、白鹭、大白鹭和岩鹭。观测到的个体主要以飞行为主，飞行高度在 0-30m 以内，还有部分在海面漂浮。岩鹭是主要的国家级保护物种，属于国家二级保护动物，主要在近岸海域活动，多数发现在近岸岩礁上停歇，偶尔在海面低飞。

（2）沿岸和岛屿鸟类现状

和海上调查相比，沿岸和岛屿鸟类在物种和数量上均远高于海域上观测到的

鸟类,除黑尾鸥和普通鸬鹚外其余均在陆地有记录。总体上大部分为陆生鸟类,分布在陆地和近岸湿地。优势种主要为白鹭、黑腹滨鹬和环颈鸻。大部分种类主要在陆地和沿岸湿地活动,或仅于迁徙时有可能穿过海面。

3.2.8.3 受影响类群及代表性物种分析

在广东沿海地区,迁徙鸟类以水鸟为主,其中大部分为候鸟,尤其是种类最多的鸬鹚类,主要以沿海滩涂生境为主要栖息地,而本项目的登陆点前詹镇的陆域区域主要为岩质海岸,没有滩涂生境,因此鸬鹚类不会长时间停留在本项目场址相关区域,仅在海面迁飞过程中可能经过风机所在场址。鹭科鸟类是会利用岩岸及近岸海面作为栖息觅食的类型,其中岩鹭作为海岛岩岸生境的特有种,是最有可能受到影响的种类。雁鸭类、鸥类和海洋性鸟类是利用海面较多的水鸟类群,其中雁鸭类主要在近岸浅海区域或内陆鱼塘生境栖息,较少利用远离大陆的海面;鸥类也多于浅海区域或近岸滩涂活动,但有时会跟随渔船在海面集群觅食,然而随着风电场的建成鱼类分布发生改变,渔船也不会驶入场址,鸥类与风机发生碰撞的几率也随之降低。海洋性鸟类,如军舰鸟、鲣鸟等,会在海面梭巡,但一般不会集大群,且数量较少。

根据本次调查结果,选取记录中的国家级保护物种 3 种、其他物种中记录到在海面活动较多的物种白鹭、红嘴鸥,一共 5 种鸟类作为本区域秋季具有代表性的指标物种,详细分析本项目风机建设对其的影响。

(1) 岩鹭 (*Egretta sacra*) 保护状况: 国家二级保护, 中澳协定收录

项目影响: 岩鹭在项目评价范围内为留鸟,种群数量约为 10-20 只。主要分布在沿海各个离岸岛礁的岩礁生境。白天多停留在礁石岸边伺机捕食,飞行时速度缓慢,常在海上及岩礁上低空飞翔,偶尔在不同的海岛、礁石之间作短距离迁移飞行。由于其主要在白天活动,飞行速度低且飞行高度低,少有集大群出现,海上风机对其影响较轻微,影响时段集中在非繁殖期。

(2) 黑翅鸢 (*Elanus caeruleus*) 保护状况: 国家二级保护

项目影响: 黑鸢为小型猛禽,在项目调查区域为留鸟,主要近岸湿地上空飞翔,偶可见悬停,在近岸可能有繁殖种群。在监测区域内的种群规模约为 3-10 只。目前在项目场区内没有发现,飞入场区的可能性较小。

(3) 褐翅鸦鹃 (*Centropus sinensis*) 保护状况: 国家二级保护

项目影响: 褐翅鸦鹃为鸦鹃科中型鸟类,在项目调查区域为常见留鸟,主要

活动于岛屿和沿岸湿地灌丛。常下至地面，但也在小灌丛及树间跳动，通常较隐蔽，只凭鸣声识别。该物种分布广泛，估计整个区域约有 10-15 只的种群，较常见。由于其不会进入海域活动，风电项目对其没有影响。

（4）白鹭 (*Egretta garzetta*) 保护状况：省级保护

项目影响：白鹭在项目评价范围内为留鸟，也有部分迁徙种群，种群数量约为 100-150 只。主要分布在近岸和岛屿的港口和海湾，距离风电场较远。由于其主要在白天活动，飞行速度低且飞行高度低，喜聚集在近岸鱼排觅食，较少飞出远海，海上风机对其影响较轻微，主要可能影响迁徙的种群。

（5）红嘴鸥 (*Egretta garzetta*) 保护状况：省级保护

项目影响：红嘴鸥在项目评价范围内为冬候鸟，在秋季已有部分个体到达。主要分布在近岸和岛屿的港口和海湾，距离风电场较远。由于其主要在白天活动，飞行高度较低，喜聚集在近岸渔港觅食，有时还会跟随渔船到较远海域，有可能受到风机影响，但由于其不跨域南海，穿越风机场区的可能性较小。

3.2.9 声环境及电磁环境现状

本报告引用国家海洋局南海调查技术中心于 2023 年 11 月 19 日-22 日对本项目海风场的场址进行的水下声环境质量环境现状监测结果；国家海洋局南海调查技术中心委托深圳市江浩检测技术有限公司于 2023 年 11 月 21 日对本项目风电场项目进行的电磁辐射环境现状监测结果。

3.2.9.1 声环境现状

为了解项目场址区域声环境现状，国家海洋局南海调查技术中心于 2023 年 11 月 19 日-22 日对本项目海上风场的场址进行声环境质量环境现状调查。测量用船号为粤汕城渔 16311，测试时停止船上一切机械设备，禁止一切与测量无关的操作工作，测量采用蓄电池供电，测试区域天气晴。

调查站位布设参见表 3.2.8-1 和图 3.2.9-1。

表 3.2.9-1 测试点位置坐标表

监测站位	北纬	东经
#1	22°47'26.03"	116°18'44.24"
#2	22°43'54.11"	116°22'54.47"
#3	22°38'49.15"	116°21'12.75"

监测站位	北纬	东经
#4	22°35'32.59"	116°19'24.74"
#5	22°41'55.71"	116°19'06.29"
#6	22°39'33.06"	116°17'43.00"
#7	22°40'34.52"	116°14'54.47"
#8	22°35'50.74"	116°14'58.01"
#9	22°37'44.21"	116°12'18.79"

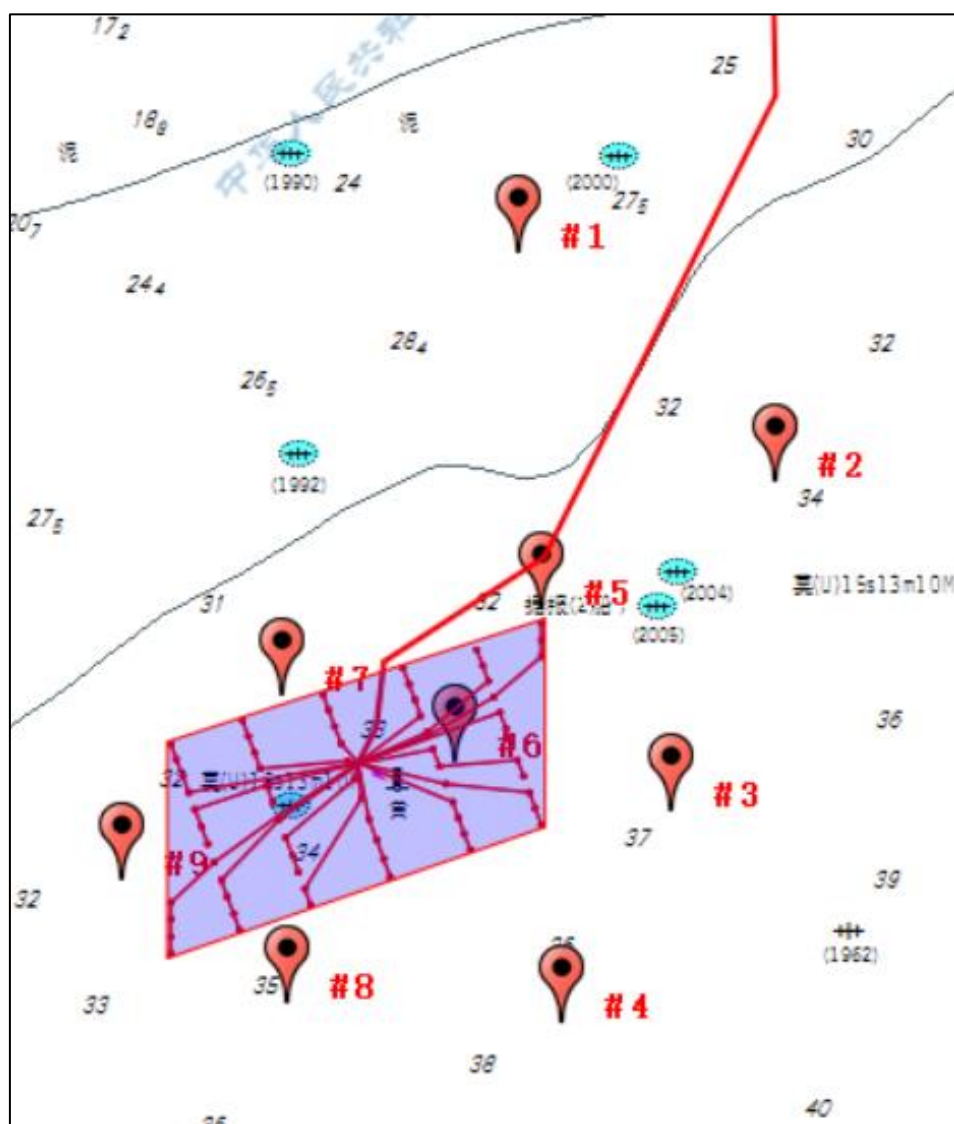


图 3.2.9-1 声环境测试点位置示意图

工程海域水下声环境监测结果见表 3.2.9-2~3.2.9-4。

表 3.2.9-2 工程海域水下声环境监测结果--频程频带声压级(Lps)

站位	水深 (m)	测量深度 (m)	1/3oct.频程频带声压级 (dB)														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
#1	27																
#2	33																
#3	37																
#4	36																
#5	32																
#6	34																
#7	31																
#8	35																
#9	32																

表3.2.9-2 工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(Lps)（续上表）

站位	水深 (m)	测量 深度 (m)	1/3oct.频程频带声压级 (dB)															
			630 Hz	800 Hz	1k Hz	1.25k Hz	1.6k Hz	2k Hz	2.5k Hz	3.15k Hz	4k Hz	5k Hz	6.3k Hz	8k Hz	10k Hz	12.5k Hz	16k Hz	20k Hz
#1	27																	
#2	33																	
#3	37																	
#4	36																	
#5	32																	
#6	34																	
#7	31																	
#8	35																	
#9	32																	

表 3.2.9-3 工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

站 位	水深 (m)	测量 深度 (m)	噪声功率谱密度级 (dB)														
			20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz
#1	27																
#2	33																
#3	37																
#4	36																
#5	32																
#6	34																
#7	31																
#8	35																
#9	32																

表 3.2.9-3 工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级（续上表）

站 位	水深 (m)	测量 深度 (m)	噪声功率谱密度级 (dB)															
			630 Hz	800 Hz	1k Hz	1.25k Hz	1.6k Hz	2k Hz	2.5k Hz	3.15k Hz	4k Hz	5k Hz	6.3k Hz	8k Hz	10k Hz	12.5k Hz	16k Hz	20k Hz
#1	27																	
#2	33																	
#3	37																	
#4	36																	
#5	32																	
#6	34																	
#7	31																	
#8	35																	
#9	32																	

表 3.2.9-4 工程海域水下噪声峰值声压

站位	检测深度 (m)	总声级 (20Hz-20kHz) (dB)	峰值声压 <i>L_{peak}</i> (dB)
#1			
#2			
#3			
#4			
#5			
#6			
#7			
#8			
#9			

观测结果表明，水下噪声的谱级基本上都相似，总体强度随频率增加而明显减小，在深度上没有明显的区别，噪声能量在水体深度上分布较为均匀。

相关研究表明，运营期水下噪声主要是高风速风机振动传递到基底辐射产生，观测到的风机运营噪声主要集中在 100Hz 以下范围，功率谱级最大达到约 140dB。总体来讲，运营期风机对水下噪声在低频段有一定影响，但其强度较低，远低于船舶的运行噪声，即使是十分靠近一个正在运行的风机，其噪声不超过背景噪声 20dB。同时，噪声在水中的衰减速度较快，在几公里以外测量结果与环境背景噪声相近，没有对较远处的背景噪声产生影响。

3.2.9.2 电磁环境调查

国家海洋局南海调查技术中心委托深圳市江浩检测技术有限公司于2023年11月21日对国家电投揭阳神泉一400MW海上风电场项目进行电磁辐射环境现状

监测。共布设2个检测点位，检测点位布设见表3.2.9-5。

表 3.2.9-5 测试点位置坐标表

监测站位	经度 (E)	纬度 (N)
1	116°16'6.938"	22°39'46.125"
2	116°16'6.62"	22°39'56.11"

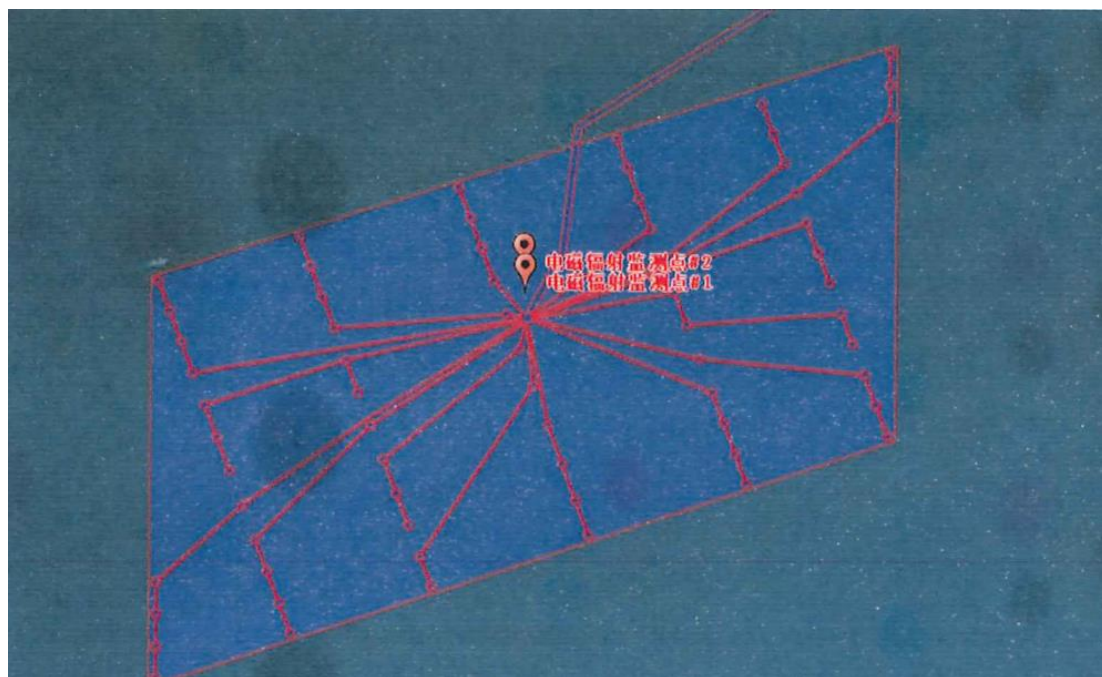


图 3.2.9-2 测试点位置示意图

2022 年 12 月对工频磁场强度、工频磁感应强度进行一次检测，监测结果见表 3.2.9-6。

表 3.2.9-6 电磁辐射（工频）检测结果

序号	测量时间	点位名称	结 果	
			电场强度(kV/m)	磁感应强度(μT)
1	17:45	1#		
2	18:08	2#		
《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）标准				
结果评价			达标	达标

根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），220kV 升压站和220kV 送出电缆工频电场，工频磁场执行4kV/m、工频磁感应100μT 的控制限值。

检测结果表明，本项目海上升压站及海缆上方的工频电场强度、工频磁感应强度均满足控制限值要求（工频磁场执行4kV /m、工频磁感应100μT），对

环境影响较小。

3.2.10 自然灾害

本项目所在位置地处华南暴雨中心，年降雨量大且集中，因而洪涝较多；由于地处南海，热带气旋较多。本海域海洋灾害主要有热带气旋、雷暴等。

1. 热带气旋

影响场址的灾害性天气系统主要有热带气旋、暴雨以及强对流天气带来的龙卷、雷击和短时雷雨大风。其中，热带气旋强度大，频率高、灾害重，是影响工程设计、建设和营运最具威胁的自然灾害之一。据研究，该地区的致灾大风也几乎由热带气旋天气系统造成。影响本海域的热带气旋有两类，一类是来自西太平洋的热带气旋，另一类是在南海生成的热带气旋（又称南海台风）。

以本工程海上风电场为中心，设置一个半径 150km 的圆形区域为本报告的工程海域历史台风统计研究区域。

根据 CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集，1949~2023 年间共有 121 个热带气旋中心经过研究区域，年平均为 1.7 个；最多的如 1999 年有 5 个热带气旋进入该区域；无热带气旋进入该区域的年份有 8 年。年际、年代际变化显著，呈现出周期性变化的形态。其中，上世纪 60 年代为热带气旋活动高发期，共有 21 个热带气旋影响本工程海域；其次为上世纪 70 年代，有 19 个热带气旋进入本工程海域；进入本世纪后，本工程海域内的热带气旋活动基本保持平稳，但出现频数较上世纪 60、70 年代的高峰期显著回落。

从年内月季分布看，在全年的 5~12 月均有出现。其中，8004 号热带气旋出现时间最早，为 5 月 23 日；7427 号强热带风暴出现时间最晚，为 12 月 2 日。大部分热带气旋集中出现在 7~9 月，并在 8 月达到全年热带气旋活动的最高峰，占全年的 27.4%，7 月为全年热带气旋活动次高峰，占 24.8%。

1949-2017 年间中心经过研究区域的热带气旋涵盖了从热带低压到超强台风的全部强度等级。以进入研究区域内的最大 2min 风速进行统计，台风（TY）出现频率最高，占比达 29.5%；其次是强热带风暴（STS），占比为 26.7%；再次是热带风暴（TS），占比为 19.0%。而台风及其以上强度等级样本总计占比近 39%，比例可观。此外，强烈的冬季寒潮大风和热带气旋还可以引起巨浪，将会对风机基础造成巨大的载荷，同时将引起海底泥沙骤冲骤淤。

2. 雷暴

暴雨是指日量 ≥ 50 毫米的强降水过程，日雨量 ≥ 100 毫米为大暴雨；日雨量 ≥ 250 毫米为特大暴雨。近年来惠来县雷击灾害时有发生，对供电设施（变压器）、家用电器（电脑、电视机）、人畜等造成过危害。根据惠来县气象站多年统计成果，1956~2012 年，惠来年平均雷暴日数 54d。

3.风暴潮

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

影响风暴增水的因子主要是风和气压，而在北半球，风从所有方向螺旋式的向台风中心吹，形成绕台风中心的逆时针方向的总环流，最大风速出现在沿着台风前进路径方向的右边。因此，台风登陆的地点不同，风电场在台风中处的位置也不同，所受到的风的作用也不相同，这直接影响到风暴产生的正负增水的大小。

台风风暴是由强烈的大气扰动而引起的水位异常升降现象。观测的潮位通常为天文潮、风暴潮、海啸及其它长波振动引起海面变化的综合特征。场址所在的海域是粤东地区，面临南海受南海潮汐的影响，在夏天是受台风侵袭频繁的地区，平均每年有 2~3 个台风较为严重地影响该地区。热带气旋带来风暴潮位增高的灾害，据 1979~2007 年间登陆粤东沿海的台风风暴潮资料统计，产生显著的风暴潮增水共 29 次，平均每年约 1 次。历史上该地区受到较为严重影响的年份有 1922 年、1969 年、2001 年等，附近的海门镇的历史风暴潮水位是 1922 年的风暴潮为历史调查第一，其实测的是 2001 年第二，1969 年为第三。如果从破坏及受灾影响来讲是 1969 年的 6903 号台风最大。海门站各级风暴增水情况如表 3.2.10-1 所示。

表 3.2.10-1 海门站多年各等级风暴增水（ ΔH ）统计

增水（ ΔH ）	$\Delta H > 100$ (cm)	$\Delta H > 150$ (cm)	$\Delta H > 200$ (cm)	实测极值（建站~2007 年）	
				增水 cm	潮位 cm
海门站	19	8	1	219	262
次/年	0.83	0.35	0.04	0104 台风	0104 台风

注：本表潮位基面为珠江基面；最高潮位和最大增水值单位为 cm。

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

4.1.1 资源生态敏感目标

根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征分析,本项目用海周边主要有生态保护红线、重要渔业水域等资源生态敏感目标,具体分布见表 4.1.1-1,生态保护红线见图 6.3.1-1,南海北部幼鱼繁育场保护区见图 3.2.5-1,南海中上层鱼类产卵场见图 3.2.5-2,南海区幼鱼、幼虾保护区见图 3.2.5-3。

表 4.1.1-1 项目周边生态敏感目标分布

类型	名称	与项目相对位置	敏感要素
生态保护红线	东海海岸防护物理防护极重要区	风电场西北侧, 19.8km	海岸防护
	惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场	登陆电缆西侧, 1.8km	渔业资源、海洋水质、生态环境
	神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域	登陆电缆西侧, 4.4km	湿地及海洋生态系统
	神泉珍稀濒危物种分布区	登陆电缆西侧, 4.5km	珍稀濒危物种及其生境
	前詹珍稀濒危物种分布区	登陆电缆东侧, 0.8km	珍稀濒危物种及其生境
	鸡椒礁特别保护海岛	登陆电缆东侧, 9.9km	海洋生态系统
	前詹海岸防护物理防护极重要区	登陆电缆东侧, 1.0km	海岸防护
	绿洲海岸防护物理防护极重要区	登陆电缆东北侧, 13.2km	海岸防护
重要渔业水域	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境
	南海中上层鱼类产卵场	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境
	南海区幼鱼、幼虾保护区	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境

4.1.2 重点和关键预测因子

本项目为海上风电项目,根据项目用海特征以及周边敏感目标分布情况,项目建设对水文动力环境、地形地貌与冲淤环境以及水质环境方面均有一定影响,确定本项目的重点和关键预测因子如下:

- (1) 水动力环境: 流速、流向、水动力影响范围;
- (2) 地形地貌与冲淤环境: 冲淤变化;
- (3) 水质环境: 悬沙扩散。

4.1.3 用海方案工况设计

本项目共建设 66 台风机，1 座海上升压站、风机间集电线路海底电缆和 220kV 海底电缆。项目实际建设规模未发生变化，与原批复方案一致，仅涉及两台风机以及 4 条 35kV 海底电缆移位，本报告不再赘述。总平面布置图见图 2.2.1-2 和图 2.2.1-3。

4.2 项目用海资源影响分析

4.2.1 对岸线及海洋空间资源的影响分析

本项目建设风机、海底电缆用海占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。

登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处沙滩。本次调整前后，登陆段施工均采用水平定向钻施工方式，有利于维持岸线的原有形态和生态功能。登陆点施工下穿海岸带，对沙滩岸线不造成长久性影响，对岸线的使用没有严格排他性。根据《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149 号）中关于“用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。”的规定，本项目可免于岸线占补。

4.2.2 对风能资源的影响分析

本项目所在海域风能资源较丰富，适宜开发海上风电项目。本项目用海是对该海域风能资源的有效利用，符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少石化资源的消耗，减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染，对于满足当地电力负荷需求、促进地区旅游业和带动地方经济快速发展将起到积极作用。

4.2.3 对港口资源的影响分析

本次调整后项目仍在原规划厂址范围内，项目用海对港口资源的影响分析与原论证报告书保持一致，本报告书不作重复分析。

4.2.4 对航道锚地资源的影响分析

本次调整后项目用海对对航道锚地资源的影响分析见第五章“5.2.1对港口、航线、锚地区的影响分析”，本项目对过往船舶的正常航行的影响是客观存在的，

但通过采取相应的安全保障措施后，其对船舶航路等海上交通环境的影响总体上是可控的。

4.2.5 对旅游资源的影响分析

本工程论证范围内无已开发形成的旅游景点，本工程的建设不会对惠来县的旅游资源产生不利影响。

4.2.6 对海洋生物资源的影响

项目实际建设与批复情况变化较小，仅仅涉及两个风机点位移位，本项目海洋环境影响评价单位已根据批复方案的项目平面布置情况进行数模计算，并分析环境影响。4.2 章节内容引自本项目海洋环境影响评价单位（批复方案）的数模结论。因此生物损失量仍采用本项目海洋环境影响评价报告中生物损失量结论，生物资源损失量列于表 4.2.6-1，本项目施工期及运行期对海域生物资源影响的经济价值约合计 949.79 万元。

表 4.2.6-1 生物损失量汇总表

项目	单位	生物损失量
施工期浮游植物	$\times 10^{14}$ 个	9.869
施工期浮游动物	t	187.07
施工期底栖生物	t	99.11
施工期鱼卵	$\times 10^8$ 尾	1.46
施工期仔鱼	$\times 10^6$ 尾	4.45
施工期游泳生物	t	3.382
运营期底栖生物	t	0.267

4.2.7 对渔业生产和渔业资源的影响分析

（1）施工期间产生悬浮泥沙对渔业生产和渔业资源的影响

悬浮物对鱼类和其它水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮泥沙在水中的影响，一类是悬浮泥沙沉降到水底后产生的影响。

悬浮泥沙对鱼类和水生生物的影响主要包括：

1）造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链（网）和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降。

2）造成水体溶解氧、透光率和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，影响某些种类的生长发育（如鱼卵和幼体）。

3）混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避敌害、抵抗疾病和繁殖的能

力下降，降低生物群体的更新能力。

4) 影响基础饵料生物生长，使鱼类得不到充足的食物。

5) 影响鱼类的正常活动和洄游。

（2）施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议打桩作业尽量避开这一季节。在施工期，由于工程施工阶段所涉及的区域较大，对在这一带渔业生产活动产生一定的影响。此外，施工期间将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少；施工的扰动影响，使渔获率降低，最终影响捕捞产量。但作业船有限，且集中在风机施工点附近，施工作业对渔业资源捕捞活动的影响是有限的。

（3）运营期对渔业生产的影响

根据国家能源局和国家海洋局联合发布的《海上风电场开发建设管理暂行办法》规定，单个风电机组塔架用海面积按塔架中心点至基础外缘线点再向外扩 50m 为半径的圆形区域计算；海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩 10m 宽为界计算。风电场建成运行后，为保护海底电缆和风机的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，同时由于风机桩的分隔造成渔业捕捞面积缩小，在一定程度上降低了渔业捕捞量，从而引起经济收入下降，对渔民的生活产生一定影响。同时，由于风机桩的存在，特别是在迷雾天气，渔船与风机桩相撞的概率大大增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。由此可见，在风电场运营期时段，这一海域渔业捕捞将受到负面影响，难以进行大规模捕捞作业。

然而，风电场风机桩基的存在，增加了海底的粗糙度，造成紊流的出现，起到人工鱼礁的作用。虽然其建设理论上影响渔业资源修养生息，影响所在水域的捕捞作业，但从形成人工鱼礁的角度来看，一定程度上有利于鱼类的繁殖和生长，对渔业资源的影响不仅仅是负面影响，有可能产生正面效应。

根据国家能源局和国家海洋局联合发布的《海上风电开发建设管理办法》规定，单个风电机组塔架用海面积按塔架中心点至基础外缘线点再向外扩 50 m 为半径的圆形区域计算；海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩 10 m 宽为界计算。在此范围内，不允许捕捞，挖泥等生产作业。由此可见，在风电场运营期时段，渔业生产作业范围缩小，渔船交通流较大，渔民相对来说航海安全意识比

较淡薄，航海知识相对缺乏，船舶锚泊的随意性较强，基本是哪里有鱼就在哪里下网，这一海域渔业捕捞将受到负面影响，难以进行大规模捕捞作业。拟建风电场的海缆工程，应重视埋深和保护工作。

从 2017 年开始，南海近海海域在 5 月 1 日~8 月 16 日禁渔，就是从保护产卵场和索饵场这一角度出发制定的措施。这一海域捕捞生产主要以定置网或流刺网作业为主，对渔业资源破坏极大。目前，经多次调查均未在工程水域发现定置网或流刺网作业，该水域主要功能是航行而不是捕捞。风电场风机桩基的存在，增加了海底的粗糙度，造成紊流的出现，起到人工鱼礁的作用。虽然其建设理论上影响所在水域的捕捞作业，但从工程区域以航行为主、捕捞为辅，且从形成人工鱼礁的角度来看，一定程度上有利于鱼类的繁殖和生长，对渔业资源的影响更可能产生正面效应。

尽管营运期风机的桩基占有水面有限，而且不可避免对渔业捕捞产生影响。但这类影响若与有关利益相关方协商，并予以适当补偿，是可以接受的。风电场运营期的人工鱼礁效应对渔业资源的保护是有利的。另外，建议建设单位可采用海上风电结合深水养殖等方式为渔民转岗转业提供新的岗位。

4.2.8 对鸟类资源的影响分析

本节引自《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海洋环境影响报告书》（2020.10）。

4.2.8.1 施工期鸟类影响分析

海上风电场施工期间，大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰，使鸟类远离施工区域，减少鸟类活动范围，另一方面会影响海洋和底栖生物分布，从而影响鸟类的食物分布；施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟产生影响，使该区域鸟类的数量减少、多样性降低；晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类，吸引鸟类与工程设施相撞。

工程建设对鸟类的干扰和因环境污染带来的生境质量下降在施工结束后，其影响可以减缓或消除。

4.2.8.2 营运期鸟类影响分析

建设项目在营运期会对鸟类造成多方面的影响，有直接的如碰撞、噪声等，也有间接的如破坏栖息地、减少食物资源等。按性质分，主要有以下几个方面：

（1）对鸟类的直接影响

1) 风机噪声影响

由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，在噪声环境条件下，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围。本项目运行期噪声主要为风机运转噪声和 500kV 升压站主变噪声。文献研究显示鸟类在开阔范围对噪声的忍受阈值为 47dB（Hirvonen,2001），因此每个风机因噪声而对鸟类的产生影响范围噪声衰减至 47dB 以下所需半径的圆形范围，该范围与视觉影响范围有重叠。受影响种类主要为在该区域活动的留鸟和中途停歇觅食的候鸟，如黑鸢、白腹海雕等猛禽，以及红嘴鸥、多种燕鸥等鸥形目鸟类。对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机的垂直距离超过 200m（按飞行高度 400m 算），受到噪声影响较小。

此外，从风机噪声频率角度评价，噪声对主要依靠鸣声进行通讯的鸣禽影响较为严重（Slabbekoorn and Ripmeester,2008），如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰鸟类寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使鸟类的捕食效率和生存力大大下降。在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息（Kennedy et al,2009）。当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰。近年的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间避开噪声干扰（Hardouin et al,2008）。有研究表明风机噪声频率以低频噪声为主，一般风电场所采用的风机噪声峰值频率出现在 1300Hz~1600Hz。而鸟类鸣声频率主要分布在 2kHz~9kHz，环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类应对噪声频率干扰的主要方法是提高鸣唱最低频率和主频。一般地，当风速为 8m/s 时，兆瓦级以下的风电机组声功率级在 98dB~104dB 之间，其噪声呈现明显的低频特性。随着风电机组输出功率的增大，其产生的噪声增大，并向更低频移动。以图 4.2.9-1 为例，1250Hz 以上的频率其声强低于 50dB，谱峰出现在 200Hz~300Hz 段附近。

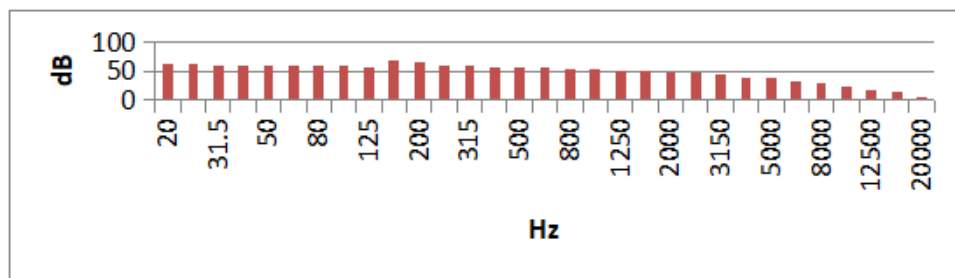


图 4.2.9-1 96m/s 时风力发电机组噪声的 1/3 倍频程频谱

以菲尔德斯半岛黑背海鸥为例，幼海鸥“吱”声是由脉冲列与正弦调制波构成

的连续波。波形重复频率变化很大，从 0.12kHz~3.3kHz，频率范围为 200Hz~4.8kHz，分别在 1.7kHz、2.5kHz 和 2.9kHz 处出现谱峰；成体海鸥“咯”声波形具有明显的连续调制特征。波形重复周期约为 0.5ms，谱峰在 1.1kHz、2kHz 和 3kHz 处，频率范围为 1kHz~4kHz；群体黑背海鸥“哦”和“哦啊”声由多个波叠加而成的连续波，波形的周期变化较为复杂，谱峰分别出现在 1.2kHz、1.5kHz、1.7kHz 和 3kHz 处，频率范围为 1kHz~4kHz。可以看出海鸥鸣声主要频率高于风力发电机组的主要噪声频率。其他如白头鹎等鸣禽，其鸣声各音节的主频范围在 1.6kHz~3.6kHz，也高于发电机组的主要噪声范围。

以上数据表明，风电场产生的低频噪声基本低于鸟类的最低频率鸣声，鸟类间的互相沟通及交流基本不会受风电场低频噪声的影响。结合本项目建设区域鸟类分布特征，经过风机所在海域的鸟类主要为非鸣禽类的水鸟，受噪音频率影响的可能性较雀形目鸣禽更低。

本工程登陆点施工面较小，临时施工占地较少且施工时间较短，对该区域分布的鸟类不会产生明显影响。

2) 光影响

日间风机叶片反射阳光可能会刺伤雀鸟的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。而晚上风电场区域的照明是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别在遇上大雾、降雨、强逆风或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物。北美 Virginia 西部山区风电场在 2003 年 5 月底某天大雾的夜晚发生 27 只夜间迁徙鸟死亡，变电站的钠蒸气灯是吸引鸟与风电机相撞的主要原因（Kerlinger,2003），该风电场的鸟死亡情况的研究结果表明，夜间迁徙的鸟经常死于风电场内的灯下。目前有研究波长较长的光线，如红光和黄光不易吸引候鸟。因此，在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙的鸟，需采取防护措施尽可能减少光对其产生的干扰。

3) 碰撞效应

本项目风机轮毂高度为 105m。一般情况下风电场对鸟类迁徙没有影响。但候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般都低于 100m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留；同时，风机叶片旋转的范围是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。但国外有关研究成果表明，候鸟迁徙路线中的

风电场年撞鸟概率约为 0.0015%~0.009%。该概率同迁徙候鸟迁徙的规模、气象条件、风电场选址关系很大（DrewittandLangston,2006）。大规模的候鸟迁徙也意味着候鸟与风机和输电线路相撞的概率增加；在不良气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类会降低飞行高度，从而增加相撞的概率；风电场选址是最显著影响鸟类死亡的因素，风电场占据的空间范围越大，迁徙鸟类撞击的概率也越大。

同时有研究发现鸟在飞近风电场区域时，能够成功改变迁徙路线以避免塔柱和旋转的叶片，并且白天比夜晚更能精确地改变飞行方向。雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测说明，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向（DesholmandKahlert,2005）。还有研究统计发现，和风电机组碰撞的鸟类多为大中体型的鸬形目、隼形目和鸱形目鸟类。根据本项目的鸟类现状调查，本风电场发生碰撞效应的受影响对象主要是夜行性的隼形目鸟类。

（2）对鸟类的间接影响

风电场因占用一定场地，对鸟类栖息地造成多方面的影响，会间接影响在此区域栖息的鸟类种群数量。

1）栖息地损失和破碎化

风电机组直接占风电场的面积很小，大约 2%~5%，但风机可能会让候鸟不敢在附近海域降落生活，影响生活在当地和附近的海鸟繁殖、筑巢和觅食，导致这些海鸟不得不离开栖息地。丹麦的 HornsRev 风力发电场建于沿海，对迁徙鸟类的行为观察发现，鸟类对风电场有避让行为（Noeretal,2000），因此，如果场址选择在鸟类适宜栖息地内，将可能使鸟类失去整个风电场大的栖息地，这一点在近海湿地、内地草原修建的风电场十分突出。丹麦 Nysted 风力发电场建在沿海湿地，通过雷达监测鸟类的行为，风电场修建后，白天活动的雁鸭类进入风电场内原来适宜栖息地的次数显著减少（DrewittandLangston,2006）。原来的栖息地不能再利用，这些鸟类完全丧失了这块栖息地，这一过程也是鸟类栖息地破碎化的过程。

2）生境质量下降

风电场建立在适宜栖息地处导致栖息地破碎化，更导致栖息地质量下降，风机的桩基和叶片的转动噪音将严重影响海洋生物的活动规律和分布，从而降低了

以海洋生物为食的鸟类的栖息地质量。虽然鸟类可能对风电场习惯化，但是由于食物匮乏它们也可能永远放弃这些栖息地。风机叶片的旋转干扰，迫使鸟类避开原有之飞行路径，使得风机的排列很有可能产生栖息地切割之效应（Drewitt and Langston, 2006）。

综上所述，风电场对鸟类的影响是多方面的，各方面的作用是相互的，既有协同性的（如建设用地既造成栖息地损失，也引起食物资源的减少），也会互相抵消（如干扰会导致鸟类远离栖息地，但也减轻了碰撞风机的机会）。

（3）对鸟类的叠加影响

由于鸟类等动物对于人工建筑在长期上有一定的适应过程，因此分析项目在长期运行后对于鸟类所产生的效应和分析多个风电场的叠加影响效应。

本工程在项目施工和初运行期间，对在海面飞行的种类有屏障作用，尤其是喜欢在海面活动的鸥科和燕鸥科鸟类、部分猛禽、以及海洋性鸟类等。因此，本项目的建设会在一定程度上减少这些类群的活动范围。但随着项目建成时间增长，风机基桩在水下会形成人工鱼礁，增加鱼类在该区域觅食的几率，从而增加部分食鱼类海鸟在该区域活动的频次。

而对于长途迁徙种类，由于目前多数风电场场址设计与海岸平行，对于沿岸迁徙种类影响较小，但对于部分垂直海岸线跨越海域迁徙的种类有一定影响，在风机竖立初期，沿固定路线飞行的种类会受阻碍并增大碰撞风险，但因海域空间宽广，鸟类躲避风机并适应后能调整路线并继续飞行。

在本项目场址规划有多个风电场，各风电场的影响会存在叠加效应。首先，由于各风电场施工时间不一致，导致总体施工时间延长，尤其是部分先开工的场址开始形成人工鱼礁并吸引鸟类时，周边有其他风机建设，将会增加碰撞风险。其次，多个工程建设也会增加该区域的环境污染程度，影响鸟类的食物来源。最后，总体规划的风电场址面积较大，对于迁徙过境的鸟类而言屏障效应也会增加。建议应针对总体规划范围作统一分析，并协商各工程的施工时间和路线，减少环境污染和对鸟类的影响。

4.2.8.3 受影响类群及代表性物种分析

根据调查结果，选取记录中的国家级保护物种 5 种、IUCN redlist 保护物种 2 种，其他保护物种中与海洋关系较为密切的、具有区域特色的鸥科鸟类 2 种、燕鸥科种类 2 种、以及数量较多的物种（白鹭、普通鸬鹚），一共 13 种鸟类作为

本区域具有代表性的指标物种，详细分析本项目风机建设对其的影响。

岩鹭(*Egretta sacra*)保护状况：国家二级保护，中澳协定收录

鹭在项目评价范围内为留鸟，种群数量约为 10 只。主要分布在岩岸生境，距离风电场距离最近约 20km。白天多停留在礁石岸边伺机捕食，飞行时速度缓慢，常在海上及岩礁上低空飞翔，偶尔在不同的海岛、礁石之间作短距离迁移飞行。由于其主要在白天活动，飞行速度低且飞行高度低，少有集大群出现，海上风机对其影响较轻微。

白鹭(*Egretta garzetta*)保护状况：省级保护

白鹭在项目评价范围内为留鸟，种群数量约为 100-120 只。主要分布在港口、海岸和养殖塘和农田，距离风电场距离最近约 20km。白天多停留在礁石岸边伺机捕食，飞行时速度缓慢，常在海上及岩礁上低空飞翔，偶尔在不同的海岛、礁石之间作短距离迁移飞行。由于其主要在白天活动，飞行速度低且飞行高度低，少有集大群出现，海上风机对其影响较轻微，影响时段集中在非繁殖期。

黑鸢(*Milvus migrans*)保护状况：国家二级保护

黑鸢为中型猛禽，在项目调查区域为常见留鸟，主要于近岸滨海湿地上空飞翔，喜在近岸和海岛上的山林营巢繁殖。本次调查记录在海岸上空飞行，在评价区域内的种群规模约为 3-5 只，而在项目场区内没有发现，估计飞入场区几率较低。而且由于其飞行高度一般较高，风机对其影响不大。

普通鵟(*Buteo buteo*)保护状况：国家二级保护

普通鵟为鹰科中型猛禽，在项目调查区域为冬候鸟，10 月至翌年 3 月可见，主要活动于近岸开阔农田区域，白天多见于高空盘旋飞行。种群规模较小，本次调查在村庄上空飞行，未见在海面活动，项目对其种群不构成影响。

褐翅鸦鹃(*Centropus sinensis*)保护状况：国家二级保护

褐翅鸦鹃为鸦鹃科中型鸟类，在项目调查区域为常见留鸟，主要活动于沿岸湿地灌丛和红树林。常下至地面，但也在小灌丛及树间跳动，通常较隐蔽，只凭鸣声识别。该物种分布广泛，估计整个区域约有 4-6 只的种群，较常见。由于其不会进入海域活动，风电项目对其没有影响。

小鸦鹃(*Centropus bengalensis*)保护状况：国家二级保护

小鸦鹃杜鹃科鸦鹃属的中型鸟类，在项目调查区域为留鸟，和褐翅鸦鹃习性类似，主要活动于沿岸湿地灌丛，也较为隐蔽，只凭鸣声识别。本次调查在冬季

有记录，估计整个区域约有 2-3 只的种群。由于其不会进入海域活动，风电项目对其没有影响。

翻石鹬(*Arenaria interpres*)保护状况：中日、中澳协定收录

翻石鹬为鹬科小型鸟类，在项目调查区域为迁徙过境鸟，喜在岩质海岸活动，翻动石块觅食。本次调查在秋季有记录，估计整个区域约有 8-10 只的种群。在本区域停歇时仅在沿岸活动，在迁徙期可能会飞越风电项目所在海域，因此风电场在其迁徙时会产生轻微影响。

西伯利亚银鸥(*Larus vegae*)保护状况：省级保护，中日协定收录

西伯利亚银鸥为鸥科大型水禽，在项目调查区域为冬候鸟，主要活动于沿海湿地，常成对或成小群活动在水面上飞翔，亦善游泳，退潮时于滩涂停歇、觅食。由于在本区域不存在繁殖可能性，繁殖期风电场对其无影响，可能影响出现在迁徙期。

红嘴鸥(*Larus ridibundus*)保护状况：省级保护，中日协定收录

红嘴鸥为鸥科中型水禽，在项目调查区域为冬候鸟，10-翌年 3 月可见，主要活动于沿海滩涂和近岸海域，白天多于近岸港口附近海面活动，在海上浮于水面或立于漂浮木或固定物上，或于其它海洋鸟类混群，在鱼类上空盘旋飞行。亦会在渔船及岛礁周围海面活动，偶尔停歇于海面或岛礁岸滩。本次调查在近岸岩石和海面均有发现，且在海面数量较大，是风电场可能影响的主要对象。

白额燕鸥(*Sterna albifrons*)保护状况：省级保护，中日协定和中澳协定收录

白额燕鸥为燕鸥科中小型水禽，在项目调查区域为夏候鸟，4-9 月可见，主要活动于近岸滩涂，停歇处滩涂偏沙质，并在沙滩营巢。本次调查发现的繁殖地在隆江镇，距离项目场址约 40km，繁殖种群共约有 100-180 只，主要在养殖塘和近岸 2km 飞行觅食，在项目场址内部没有观测记录。由于其繁殖地多为沙质滩涂，甚少到岩礁海岸筑巢，风电场对其影响十分轻微。

褐翅燕鸥(*Onychoprion anaethetus*)保护状况：省级保护，中日协定和中澳协定收录

褐翅燕鸥为燕鸥科中小型涉禽，主要栖息于大海，是典型的海洋鸟类，仅在恶劣气候及繁殖季节才靠近海岸或岛屿。在项目调查区域为夏候鸟，4-9 月可见，曾在一些离岸礁石上看到少量个体飞行，说明在离岸岛屿上可能有繁殖种群，种群数量约 30-80 只，风电场可能会对其觅食飞行有影响。

灰尾漂鹬(*Tringabrevipes*)保护状况：IUCN 近危（NT），中日、中澳协定收录

灰尾漂鹬在项目评价范围内为迁徙过境鸟，种群数量约为 30-80 只。主要分布在海岸滩涂生境，距离风电场距离最近约 28km。常单独或成松散的小群活动于水边浅水处。休息时多栖息在潮润带上部、防波堤上和树上，并上下摆动尾。行走迅速，行走时常常点头和摆尾。飞行快而轻盈。在项目场址周边主要于 8-10 月和翌年 4-6 月出现，仅在项目场址所在海岸短暂停留，然后穿过海面继续往南部迁徙，海上风机对其影响较轻微，影响时段集中在 8-10 月和 4-6 月。

红颈滨鹬（*Calidrisruficollis*）保护状况：IUCN 近危（NT），中日、中澳协定收录

红颈滨鹬在项目评价范围内为冬候鸟，种群数量约为 100-200 只。主要分布在海岸滩涂生境，距离风电场距离最近约 28km。喜欢成群在水边浅水处和海边潮润地带活动和觅食。行动敏捷迅速。常边走边啄食。在项目场址周边主要于 10 月-翌年 3 月出现，多数在海岸停留越冬，少数可能穿过海面继续往南部迁徙，海上风机对其影响较轻微，影响时段集中在 9-10 月和 2-3 月。

4.3 项目用海生态影响分析

项目实际建设与批复情况变化较小，仅仅涉及两个风机点位移位，本项目海洋环境影响评价单位已根据批复方案的项目平面布置情况进行数模计算和分析环境影响，并且根据《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目竣工环境保护验收报告》中指出仅 32 号和 33 号风机相对向西南偏移 200m，对于在开阔海域建设风机项目，风机偏移的 200m 位置差对海洋环境的影响变化很小，几乎可忽略不计。因此，本节内容引自批复方案的数模结论。

4.3.1 水动力环境影响预测与评价

4.3.1.1 现状流场分析结论（2017 年 12 月）

风电场工程位于广东省揭阳市近海海域，受季风环流影响，涨潮时，潮流东北方向上溯，落潮时潮流向西南方向下泄，落急流速大于涨急流速。工程海域潮流以略带旋转的往复流特征为主，涨潮流向基本在 55° 左右，落潮流向基本在 230° 左右，并且表、中、底层潮流流向存在小幅度的偏转。此外工程海域潮流流速较小，平均流速在 0.2m/s 左右，流速在垂向分布上呈现出表层流速>中层流

速>底层流速的特征，总体差异较小。

4.3.1.2 工程后潮流场分析（2017 年 12 月）

与工程前工程海域涨、落流态相比，风电场建设对工程海域大范围的流态基本没有影响。工程实施对大范围的潮流流向也基本没有影响，在风机基础周围流速略有变化。

4.3.1.3 工程建设对海域潮流动力的影响

（1）对海域潮汐特征的影响

风电场工程实施后，工程区附近及周边海域高低潮位潮差变化幅度均不超过 1mm，可认为风电场工程对工程附近海域及周边海域潮位影响很小。

（2）对海域潮流动力的影响

1) 工程后在风机基础周围流速发生明显变化，表现在涨落急方向（风机迎水侧和背水侧）流速有所减小，而垂直于涨落急方向（风机基础两侧）流速有所增大。工程海域前后平均流速变化幅度总体在 0.005m/s 左右，风机桩基基础附近的最大流速增幅在 0.010m/s 左右，最大流速减小幅度在 0.035m/s 左右，发生在升压站和及邻近的风机基础附近；而风电场周边海域流速变化幅度基本在 0.002m/s 以下。

2) 风电场建设对海域的潮流影响主要集中在工程区附近，离风电场工程区越远，潮流影响越小。工程区内位于涨落急潮流方向（风机迎水侧和背水侧）的点流速减小，位于涨落急潮流流向两侧（垂直于风机迎水侧和背水侧的方向）的点流速增大，工程区内流速以减小为主；风电场内涨潮时流速变率最大点位 T12，达到-10.4%，风电场内落潮时流速变率最大点位 T11，流速变幅达-17.9%，上述 2 个点位位于升压站涨落潮时的背水侧。桩基础附近其他点位流速变率约在 1%~8%之间，工程区内流向变化基本在 4° 以下。

3) 风电场建设对周边大范围海域的潮流影响很小。根据统计结果，风电场建成后，工程区周边的 D1~D12 点涨潮流速变率最大为 0.7%，落潮流速变率最大为 0.6%，流向基本保持不变。

4) 流速总体表现为表层>中层>底层，流速变化幅度也呈现出相同的趋势。

总体上，风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响甚小，周边海域流速变幅基本在 1.0%以内，流向变化不超过 1°；工程前后风电场内部的流速有所变化，并以流速减小为主，平均流速变幅在 0.005m/s 左右，平均流速变率为

1%；桩基础附近流速变幅最大为 0.035m/s，流速变率最大为 17.9%。潮流流向变化幅度均在 4° 以下。

（3）对敏感目标的影响分析

由于风电场区域距离各敏感目标较远，本工程对评价范围内的敏感目标的水文动力条件基本没有影响，最大涨、落潮流速变化幅度不超过 0.001m/s，流速变率不超过 0.24%，流向基本保持不变。此外，由于风电场距离岸边较远，而海缆敷设对水文动力环境基本不会造成影响，登陆段采用定向钻施工方式，不会改变原有的海底地形和岸线形状，同时根据近岸敏感目标（揭阳港前詹作业区通用码头一期工程、粤东液化天然气项目一期工程等）的水文动力条件变化情况可知，工程建设对其流速基本不会造成变化，流向均不发生变化，可见本工程建设对登陆点所在的砂质自然岸线的水文动力条件基本不会造成影响。

总体上看，工程实施对周边敏感目标的水文动力影响较小。

表 4.3.2-1 项目周边敏感目标

序号	敏感目标名称
1	神泉传统渔港
2	惠来县神泉示范性渔港建设项目
3	资深传统渔港
4	靖海传统渔港
5	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程
6	粤东液化天然气项目一期工程
7	中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（路由西侧）
8	中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（路由东侧）
9	广东惠来电厂项目
10	神泉海洋保护区（珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区）
11	前詹海洋保护区
12	东海重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区
13	惠来县人工鱼礁重要渔业海域限制类红线区
14	神泉芦园湾重要滨海旅游区限制类红线区
15	前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区
16	前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区
17	鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区

18	鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区
----	-----------------

4.3.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

4.3.2.1 工程海域的冲淤变化影响分析

本工程实施对流态的影响主要在工程风电场桩基内部区域以及风电场周边附近海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。对于海底电缆，由于不改变工程海域水文动力条件，对海缆沿线及登陆点附近的冲淤环境基本不会造成影响。因此，初步分析认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，距工程区较远处冲淤影响则较小。为进一步分析本工程对周围海域冲淤变化的影响，采用近岸海域海洋工程已有广泛应用的半经验半理论的回淤强度公式（曹祖德）进行冲淤估算。该公式根据流场变化情况得出冲淤变化情况，对大范围内的冲淤变化情况计算较为合理，但不能完全反映桩基础局部冲刷的情况，有一定的局限性。因此需采用桥墩局部冲刷的计算公式（《公路工程水文勘测设计规范》）进一步进行预测分析

结论：工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷。最大淤积幅度为 0.1m/a，最大冲刷幅度为-0.05m/a。

随着冲淤过程的深入和地形向适应工程实施后动力环境方向的调整，其冲淤强度将逐年较小。冲淤平衡后，最大平衡淤积幅度在 0.5m 左右，发生在风机基础靠近升压站前后，其他风机附近最大淤积幅度在 0.2m~0.4m 之间。由于风机南北向布置相对较近，两组风机之间形成 0.02m~0.06m 的冲刷带，最大平衡冲刷幅度在-0.3m 左右。风电场周围 1km 以外冲淤变化幅度均在 0.01m 以下。

4.3.2.2 风机桩基础附近局部冲刷影响分析

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，来流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区，不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。

结论：风电场区风机基础最大冲刷深度为 3.30~3.54m，冲刷坑最大直径为 19.82~21.27m；升压站基础最大冲刷深度为 3.05m，冲刷坑最大直径为 18.29m。

上述计算结果为不采取防冲刷措施的情况下的结果，由于本工程在设计中，风机桩基础已考虑采取基础四周抛填碎石，并预留了一定的允许冲刷深度。在采取上述措施后，上述冲刷深度将大大减小，冲刷坑深度预计将减小至 1m 以内。

工程建成后仍应加强对场区及周边海床运移的监测，若发生基础冲刷程度超过预期的情况应及时采取措施进行防冲刷保护处理。

由于局部冲刷计算尚无成熟、完善的数学模型，上述计算结果仅供设计参考。可在我国东部沿海已建有关工程区域，对类似风机基础的桥墩、桩基等部分的局部冲刷进行实地测量、积累资料，用于比照、说明本工程风机的局部冲刷情况。

4.3.2.3 对敏感目标的冲淤变化影响分析

工程实施后冲淤变化对工程区域周边敏感目标的影响较小。其中全国沿海航路规划内航路琼州海峡至台湾海峡（北上）距离本工程最近，其冲刷幅度相对最大，约为 0.1cm，其余敏感目标冲淤幅度均小于 0.1cm。可见风电场建设不会对评价范围内各敏感目标基本不会造成冲淤影响。

4.3.3 水质环境影响预测与评价

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。

本工程风电场所在的海域水深基本在 30~40m 左右，施工海域的上、下水层的流速有所差异，海缆海底开挖悬浮物扬起进入受纳水体后，水体中悬浮物浓度自下而上将产生一个梯度，由于该垂向浓度梯度的存在，导致不同水深层的悬浮物浓度场分布有所差异，且随着水深的加大，差异将愈加明显。因此，本报告在前述海域潮流计算模型的基础上，采用了 MIKE3 模拟软件对工程海缆敷设进行三维非恒定流和物质扩散数学模拟，以预测工程施工产生的悬浮物随流扩散对周围海域水质的影响。

4.3.3.1 悬浮物扩散预测结果与分析

图 4.3.3-1（a）~图 4.3.3-1（c）分别给出了表、中、底层最大悬浮物增量包络范围示意图，表 4.1.3-1 给出了悬浮物增量值最大可能影响范围。

表 4.3.3-1 悬浮物增量值最大可能影响范围（km²）

悬浮物增量值		>100mg/L	>50mg/L	>20mg/L	>10mg/L
影响总面积	表层	1.76	7.75	20.70	34.31
	中层	6.38	14.88	57.29	111.49
	底层	42.45	66.65	113.49	157.14
	平均	16.86	29.76	63.82	100.98

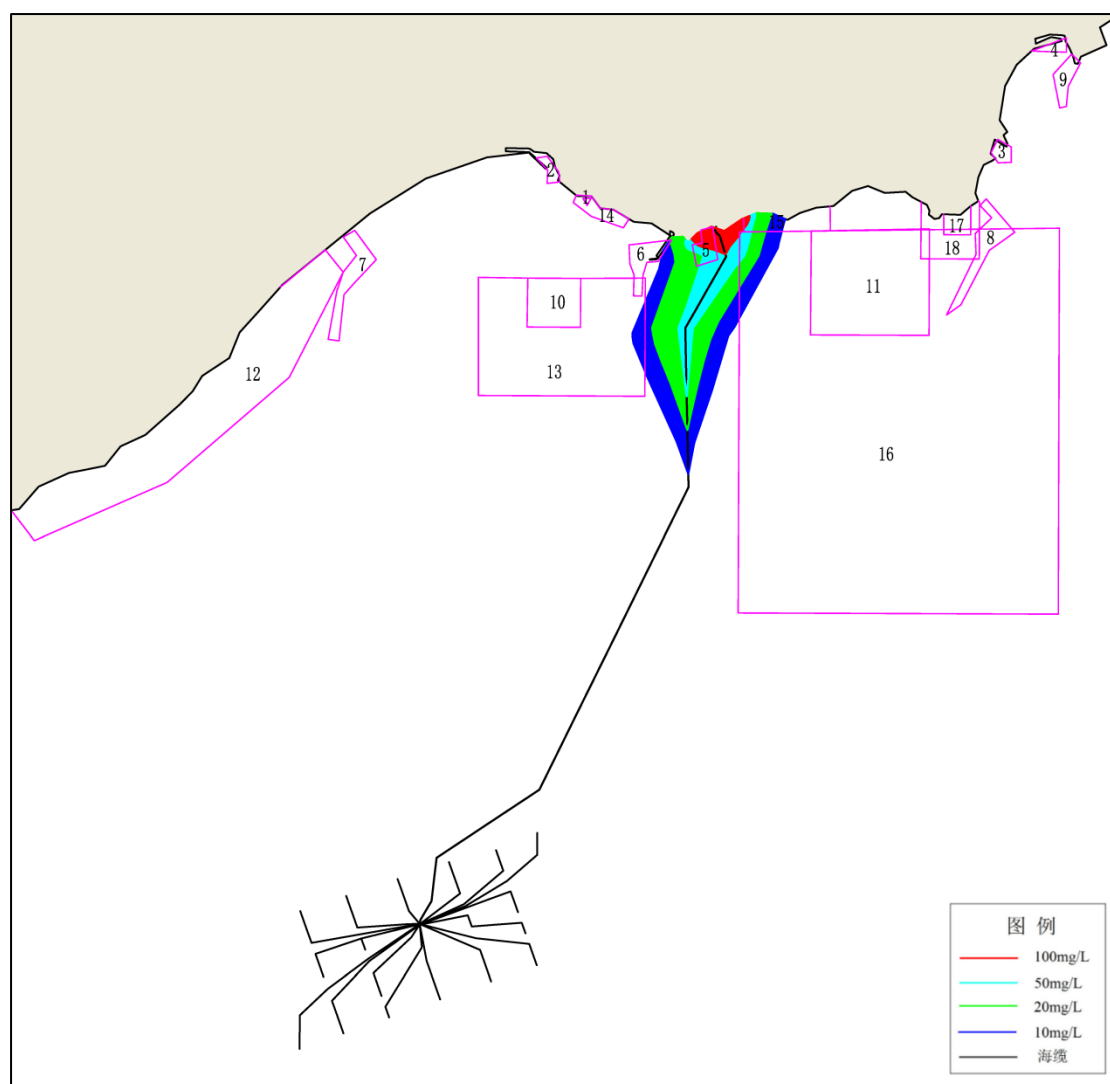


图 4.3.3-1(a)最大悬浮物增量包络范围（表层）（紫色图框为项目周边敏感目标）

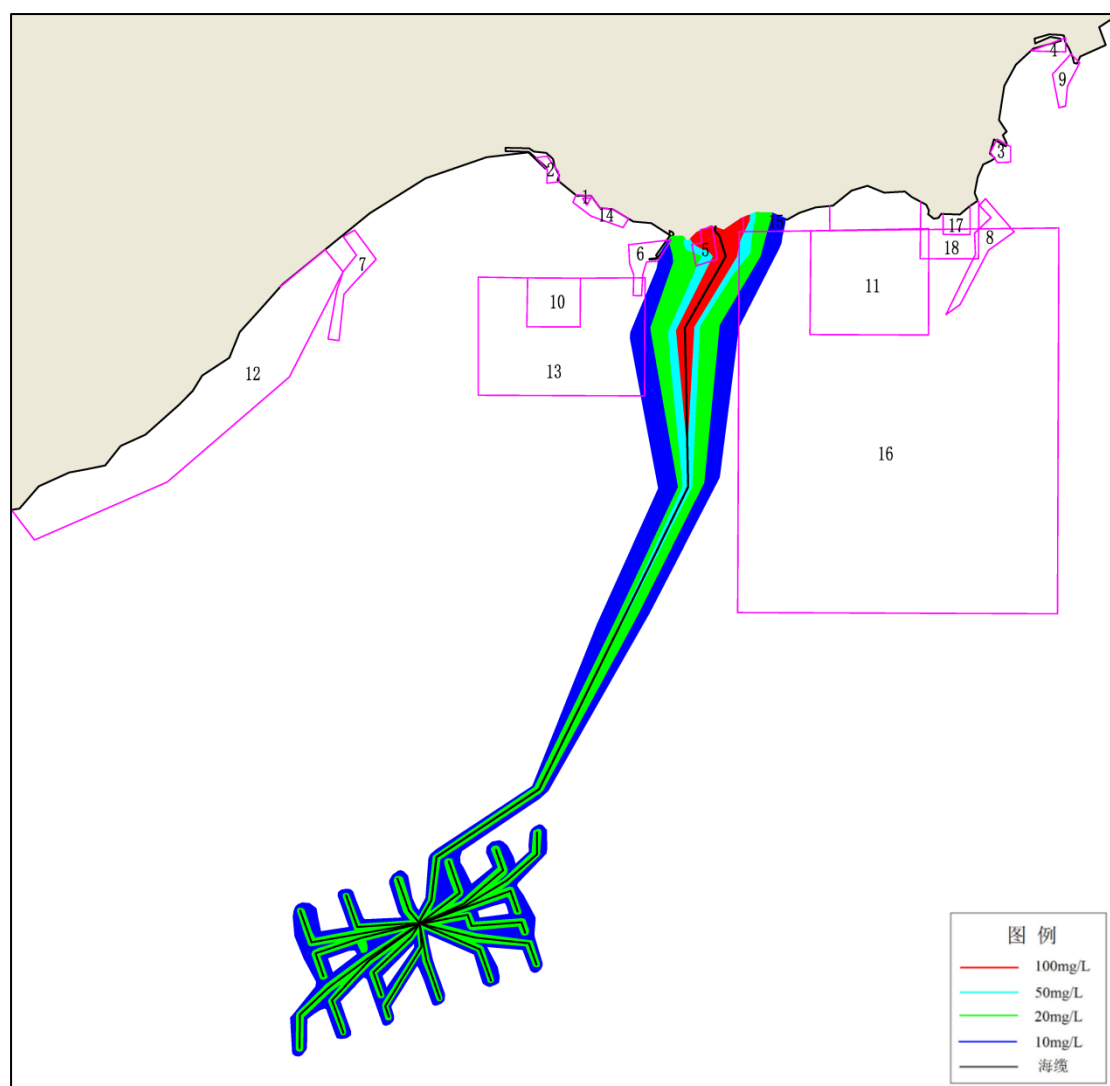


图 4.3.3-1(b)最大悬浮物增量包络范围（中层）（紫色图框为项目周边敏感目标）

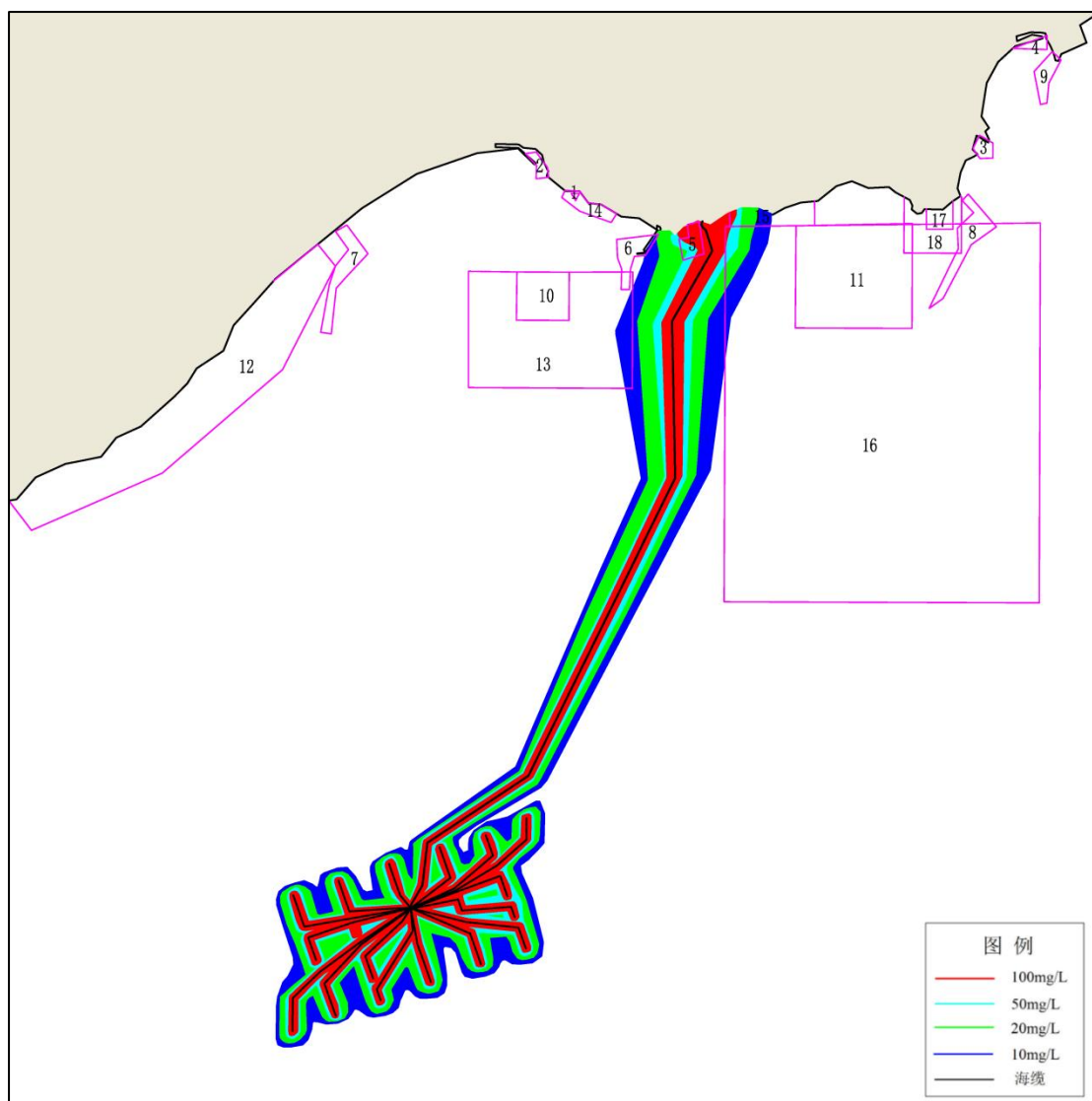


图 4.3.3-1(c)最大悬浮物增量包络范围（底层）（紫色图框为项目周边敏感目标）

从以上图表中可以看出：

（1）施工点周围悬浮泥沙在逐渐沉降的过程中颗粒逐级细化，细颗粒泥沙可随海流输移至更远的海域。人为增加悬浮物高浓度面积较小，而低浓度区的面积相对较大。

（2）浅水区（水深 15m 范围内）悬浮物垂向扩散非常充分，表、中、底层悬浮物浓度范围基本一致；中间区域（水深在 15~25m 范围）悬浮物扩散开始逐渐分层，表层悬浮物扩散范围相对较小，而底层扩散范围则相对较大；深水区（水深大于 25m）悬浮物分层较为明显，悬浮物扩散范围仅在中、底层，不会扩散至表层。

（3）电缆沟槽施工悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 42.45km²，平均值约为 16.86km²；大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 66.65km²。

²，平均值约为 29.76km²；大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 113.49km²，平均值约为 63.82km²；大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 157.14km²，平均值约为 100.98km²。

本次悬浮物扩散的影响范围以最不利情况，即全部海缆施工影响的最大范围考虑。

悬浮物影响区域主要集中在电缆附近海域。在悬浮物扩散源强附近取 1 个点，输出这个点的悬浮物增量过程线，如图 4.1.3-2 所示，图中第 82 小时停止施工，可以看到，施工结束后悬浮物扩散增量在 1 小时内迅速减小至 10mg/L 以下。因此，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内（与源强、施工结束的时刻有关），人为增加的悬浮物浓度迅速衰减至 10mg/L 以下。

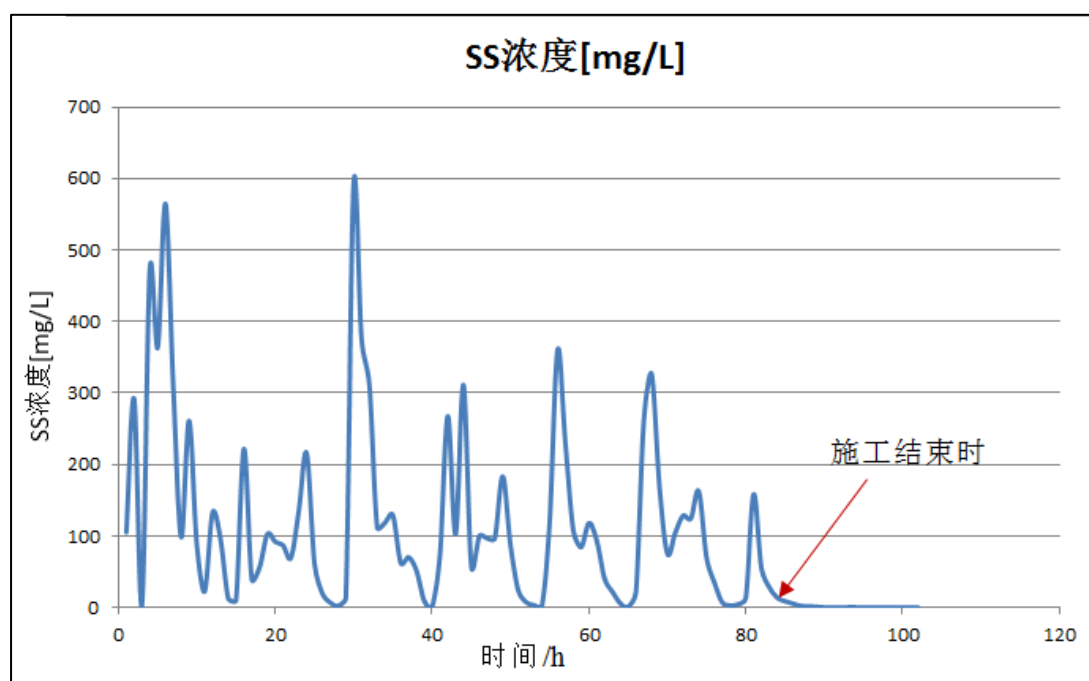


图 4.1.3-2 悬浮物扩散增量过程线

4.3.3.2 对海域周边敏感目标影响分析

由于 220kV 海缆距离揭阳港前詹作业区通用码头一期工程较近，因此其悬浮物浓度增量较大，其最大悬浮物浓度增量为 652mg/L；施工悬浮物对前詹海岸物理防护极重要区生态红线区、前詹珍稀濒危物种分布区生态红线区最大影响浓度分别为 166mg/L 和 138mg/L；粤东液化天然气项目一期工程、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场生态红线区最大浓度增量分别为 22mg/L 和 17mg/L。工程建设对上述敏感目标会造成一定影响。

此外，工程海缆敷设对前詹海洋保护区和神泉海洋保护区也有一定影响，其

最大悬浮物浓度增量分别为 3.5mg/L 和 2.1mg/L，影响较小。其余敏感目标基本不受影响。

虽然工程海缆施工期间对部分敏感目标产生了不利影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响保护区和其他敏感目标的功能。同时考虑到揭阳港前詹作业区通用码头一期工程、粤东液化天然气项目一期等敏感目标对悬浮物相对不敏感，因此本工程海缆敷设造成的悬浮物影响相对不大。

4.3.3.3 钢管桩灌浆泄漏对水质影响分析

本工程风机基础施工时，钢管桩插打完成后需对其进行水泥砂浆浇筑，海上升压平台施工时钢套筒与钢管桩需灌浆连接，灌浆作业利用钢套筒进行水泥砂浆浇注作业。为保证浇筑质量，钢套筒为半封闭结构，一般情况下不会发生水泥砂浆泄漏。但由于钢套筒需反复利用，可能发生因结构安装造成钢套筒的局部破损从而发生泄漏的情况。

本工程灌注的水泥砂浆，主要由胶凝材料（水泥）、拌和水和细骨料（细砂石）组成。水泥砂浆泄漏入海后与经海水稀释扩散会逐渐水化形成凝胶体，并不断把周围散粒的或块状的材料胶结成一个整体最终由原先的液态或半固定状态硬化为砵。一般水泥吸水饱和 45min 后，水泥浆逐渐失去塑性，出现凝结现象，而凝结后的砵颗粒较大，且水泥浆密度较高一般在 $1800\sim 2000\text{kg/m}^3$ ，因此在发生水泥砂浆泄漏的情况下，砂浆及其固化形成的砵会快速沉入海底，其对海洋水质的影响将集中在泄漏口位置，而其对海洋水质的污染则主要表现为局部水体透明度下降，悬浮物浓度升高，但随着砂浆硬化沉降，对水质的影响会迅速减小。砂浆沉入海底后可能进一步与沉积物扩展凝结形成高强度的砵，由于水泥砂浆中不含重金属、营养盐等物质，因此砂浆沉降也不会对沉积物环境造成不利影响。

因此只要在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。

4.3.3.4 海上污水处理与防治措施

对于本项目所采用的各类施工船舶，在水上作业时应遵照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》以及交通部发布的《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》中对海上施工船舶的要求管理，即限制船舶油类

污染物排放专项铅封行动要求，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。

严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）和 73/78 国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油。施工船舶含油污水和生活污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求进行规范处理，符合水污染物排放控制标准，对海域水质环境影响小。

甲板冲洗水可直接排放入海。但甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向当地海事主管部门报告。

加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

海缆登陆点施工废水及生活污水收集依托陆上控制中心污水处理装置处理到回用水标准后全部回用，不排放。

4.3.3.5 牺牲阳极对水质的影响

牺牲阳极附着在钢管桩上，均暴露在水中，根据王恕昌等的研究成果，海水中的无机锌 Zn^{2+} 、 $Zn(OH)^+$ 及 $Zn(CO_3)$ 的形式存在，近岸及河口区含量相对较高。其存在形式有颗粒态、不稳定态、弱结合态和结合态。较大的颗粒态锌会较快沉降下来。由于锌的形态转化、与沉积物、生物物的交换较为复杂，目前尚缺乏系统的研究。根据工程设计，单台风机阳极锌释放量为 2.58kg/a，释放的锌按 87% 进入海水中随潮流扩散，则释放速度约合 0.071mg/s。

表 4.1.3-1 单台风机阳极保护块不同距离时海水锌浓度每年增量

距离 (m)	浓度增量 ($\mu\text{g/L}$)
10	1.42
20	0.71
50	0.28

距离 (m)	浓度增量 ($\mu\text{g/L}$)
100	0.14
200	0.07

在最不利工况条件下，单台风机牺牲阳极释放的锌浓度增量 10m 处为 0.00142mg/L，增加后仍满足所处的海洋功能区的环境保护要求。在风电场实际运行中，牺牲阳极释放的锌将随海水输移扩散，不会在风电场区持续叠加，因此不会对区域海水水质造成显著影响。

4.3.4 沉积物环境影响分析

4.3.4.1 施工期沉积物环境影响分析

（1）风机基础施工对沉积物环境的影响分析

风机基础施工时，建立良好的泥浆循环系统，包括泥浆沟槽、过滤池、沉淀池、储浆池、泥浆泵。弃渣集中按规定的地点、外运弃置。风场区的海洋沉积物属于该海域正常沉积物，因此，风机基础施工中吸出的泥浆不属于污染物，集中外运弃置不会对当地环境造成污染。

此外，施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体 and 石油类等指标超标。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

（2）电缆铺设施工对沉积物环境的影响分析

海底电缆埋设期间搅起来的海底沉积物被堆积在缆沟两侧，在冲埋结束后，在海水运动作用下将回填于缆沟。海底电缆的施工对底质的直接影响就是冲起和覆盖，不会对沉积物性质产生明显影响。

海底电缆铺设时产生的悬浮沙将沉降覆盖在海底电缆两侧，使原海底沉积物受到一定程度的覆盖和破坏。工程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质量。

（3）钢管桩吸泥排放及灌浆连接

钢管桩插打完成后，需用水泵抽出钢管桩及送桩钢管内海水，清除多余泥土，此部分泥水混合物若就地排放，产生的悬浮物对海洋水质将造成影响。同时，桩

基础与风机导管架间需进行灌浆连接，所灌注混凝土砂浆可能发生泄漏、溢出，进而可能对桩基附近水质和沉积物环境造成污染。正常施工情况下，不会发生泄漏，采取边施工边吸泥的方式，集中收集后运回陆上处理。

4.3.4.2 运营期对沉积物环境的影响分析

运行期，本项目对沉积物环境的不利影响主要来自牺牲阳极装置中的重金属污染物释放。本项目采用高效铝合金牺牲阳极，其主要成分为 Al、Zn、In，均是海水中的最常见的物质元素，溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，部分沉积于桩基附近沉积物中。

牺牲阳极释放的锌有 13% 进入沉积物中计，单台风机每年释放的锌约 2.58kg。保守考虑其仅在风机桩基周围 20m 范围、表层 1m 内全部沉积，此范围沉积物中每年锌增量约为 1.46×10^{-7} ，以 25 年考虑，最大累积增值约为 36.5×10^{-6} ，叠加风电场区域沉积物锌含量最大本底值 99.0×10^{-6} ，则沉积物中锌含量最大值为 135.5×10^{-6} ，仍低于沉积物中锌含量标准值 150×10^{-6} （第一类）。沉积的锌不易形成稳定物质而在 25 年内持续累积，因此项目实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

以上只是极端不利工况，只有在风机基础被围隔时才会出现，牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而在 25 年内持续累积，因此项目实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

4.3.5 对海洋生物的分析

4.3.5.1 对底栖生物的影响

本工程建设对底栖生物的影响主要是风电机组桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的；海底电缆铺设作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物进入而产生新的栖息环境，底栖生境在施工结束后可逐渐恢复。

4.3.5.2 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、机修油污水、工地

污水、生活垃圾和生产垃圾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。

海缆施工前扫海清障及埋设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

在做好施工期生活污水、机修油污水、生活垃圾和生产垃圾的收集处理工作的前提下，本项目施工建设对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质。

悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。由于悬浮颗粒物的浓度增加，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物内部系统紊乱，因饥饿而死亡。某些桡足类动物，具有依据光线强弱变化而进行

昼夜垂直迁移的习性，水体的透明度降低，会引起这些动物生活习性的混乱，破坏其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

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

4.3.5.3 对游泳生物的影响

（1）施工期间产生悬浮泥沙对渔业生产和渔业资源的影响

悬浮物对鱼类和其它水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮泥沙在水中的影响，一类是悬浮泥沙沉降到水底后产生的影响。

悬浮泥沙对鱼类和水生生物的影响主要包括：

- 1）造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链（网）和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降。
- 2）造成水体溶解氧、透光率和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，影响某些种类的生长发育（如鱼卵和幼体）。
- 3）混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避敌害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力。
- 4）影响基础饵料生物生长，使鱼类得不到充足的食物。
- 5）影响鱼类的正常活动和洄游。

（2）施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议打桩作业尽量避开这一季节。在施工期，由于工程施工阶段所涉及的区域较大，对在这一带渔业生产活动产生一定的影响。此外，施工期间将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少；施工的扰动影响，使渔获率降低，最终影响捕捞产量。但作业船有限，且集中在风机施工点附近，施工作业对渔业资源捕捞活动的影响是有限的。

（3）运营期对渔业生产的影响

风电场建成运行后,为保护海底电缆和风机的安全运行,该海域禁止底拖网、抛锚,同时由于风机桩的分隔造成渔业捕捞面积缩小,在一定程度上降低了渔业捕捞量,从而引起经济收入下降,对渔民的生活产生一定影响。同时,由于风机桩的存在,特别是在迷雾天气,渔船与风机桩相撞的概率大大增加,对渔船和风机都存在一定的安全隐患。由此可见,在风电场营运期时段,这一海域渔业捕捞将受到负面影响,难以进行大规模捕捞作业。

然而,风电场风机桩基的存在,增加了海底的粗糙度,造成紊流的出现,起到人工鱼礁的作用。虽然其建设理论上影响渔业资源修养生息,影响所在水域的捕捞作业,但从形成人工鱼礁的角度来看,一定程度上有利于鱼类的繁殖和生长,对渔业资源的影响不仅仅是负面影响,有可能产生正面效应。

尽管营运期风机的桩基占有水面有限,而且不可避免对渔业捕捞产生影响。但这类影响若与有关利益相关方协商,并予以适当补偿,是可以接受的。风电场运营期的人工鱼礁效应对渔业资源的保护是有利的。另外,建议建设单位可采用海上风电结合深水养殖等方式为渔民转岗转业提供新的岗位。

4.3.6 噪声环境影响分析

本节引自《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海洋环境影响报告书》(2020.10)结论。

4.3.6.1 施工期水下噪声对海洋生物的影响分析

(1) 对渔业资源的影响

风机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。如果这一水域有石首鱼科种类产卵,打桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。施工工期对产卵场、索饵场和洄游通道的影响是负面的,主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙,风机打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性,每年 5-7 月是主要季节。只要工程中作业顺序安排得当,电缆铺设和风机打桩尽可能的避开渔业敏感季节,施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

(2) 对海洋哺乳动物的影响

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。

4.3.6.2 运行期水下噪声对海洋生物的影响分析

风机运行中向水下噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再传播到水中三条声传播路径组成。

不同规格和年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异。三种不同尺寸的鱼对声音的敏感频率集中在 600-800Hz 频带上，与大黄鱼主动发声时的主要谱峰位置相吻合。但不同年龄的大黄鱼的声敏感频率有略微差别，生长年龄越小的鱼，其声敏感频率越高。但大黄鱼的发声信号特征与鱼体耳石大小、生长年龄、雄雌等之间更为定量的关系，还需深入的实验研究。

总体来说，海上风电场在运行期的总体的噪声比较低，即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1 μ Pa，总体噪声谱级都在 120dB/1 μ Pa 以下。风电场运行期水下噪声谱级分布强度较小，基本上与海洋环境背景噪声谱级相当，风电场运行中频率在 5kHz 以上的噪声谱级均在 95dB 以下，因此，不会对该海域中海洋哺乳动物的行为活动产生影响。

噪声对鱼类等海洋生物的实验研究表明，运行期水下噪声强度就本实验中所提及的海洋生物实验条件下没有显著影响，对海域中典型鱼类（大黄鱼（成鱼）、矛尾鰕虎鱼、半滑舌鳎、斜带石斑鱼、真鲷、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷）等影响不明显。

4.3.7 电磁辐射环境影响分析

本节引自《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目海洋环境影响报告书》（2020.10）结论。

4.3.7.1 水下电磁环境影响分析

运行中的海上风电场电缆在每一相导线中均存在 120° 的相位差，在周围导体产生变化的磁场，尽管电缆的护套可供良好的电场屏蔽，但是无法屏蔽磁场。根据专题预测，220kV 电线空间磁感应强度在电缆线中心距离上的磁感应强度为 22 μ T，综合量最大值出现在距电缆中心线投影 5m 处，其值为 24.91 μ T，之后

随与此点距离的增加，其值逐步降低。

本项目风机机群分布可知，最密集的布放方式为 6 根 35kV 海底电缆并行排列，所获得的叠加效应最明显。选择 6 根平行排列的海底电缆进行分析。并行排列的 6 根电缆磁感应强度的叠加效应将使衰落呈椭圆分布，但总体强度随着距离的增加而减少，而且衰减越来越严重，在离电缆中心点 1m 外的区域中磁感应强度已经降到 10^{-6}T 以下。

4.3.7.2 电磁场对海洋生物影响评价

从现有资料分析，220kV 海底电缆在埋设海底下 2~3m 深时，其在海底面上的磁感应强度为 $10^{-8}\sim 10^{-5}\text{T}$ 数量级，35kV 海底电缆的磁感应强度为 $10^{-10}\sim 10^{-6}\text{T}$ 数量级。综合类比实验分析：对该海域中主要的海洋生物资源的影响不明显。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下 2~3m，且电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作为，且海龟活动空间较大，在海底区域活动的海龟数量相对较少。因此，电缆电磁环境的影响总体上较为有限。由于本项目登陆电缆海上作业区（220kV 送出海缆）距离海龟保护区（前詹海洋保护区中的海龟）距离约 4.7km，因此 220kV 海底电缆对前詹海洋保护区中海龟基本上不会产生影响。

4.3.8 对“三场一通道”的影响分析

根据《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），本工程所在海域的“三场一通道”主要有南海北部幼鱼繁育场保护区、南海中上层鱼类产卵场以及南海幼鱼幼虾保护区，工程建设的影响主要是施工期产生的悬浮泥沙扩散的影响和冲淤环境的影响，正常营运期不会对保护区产生不利影响。高浓度的悬浮泥沙排放时间也较短，随着施工作业结束，悬浮泥沙将在数小时内恢复海域本底水平。

此外，本项目营运期对渔业资源影响主要为桩基占海造成栖息地减少，本项目风电场址桩基等占用海床相对所占比例很小，即工程占用海域对渔业资源的影响较小。因此，工程建设不会对鱼类的产卵活动造成明显影响。且影响可通过增殖放流活动进行补偿。

4.3.9 对海洋保护区的影响分析

根据本报告书第五章的介绍，本工程附近海域的保护区有前詹海洋保护区与神泉海洋保护区。本工程风电场及海底电缆避开了以上保护区，工程建设对保护

区的影响主要是施工期产生的悬浮泥沙扩散的影响和冲淤环境的影响，正常运营期不会对保护区产生不利影响。

（1）对前詹海洋保护区的影响

前詹海洋保护区的敏感要素为：1.保护龙虾、海龟、鲎及其生境，保护人工鱼礁礁体及礁盘生态系统；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。该保护区的保护对象为海龟、鲎及其生境。

根据报告书 4.3.3 节的分析，本工程施工 10mg/L 悬浮泥沙扩散并未到达该区域，随着施工作业结束，将较快恢复海域本底水平，还达不到对保护区的海洋生态、渔业资源，海洋生物多样性产生明显影响的程度。

（2）神泉海洋保护区

神泉海洋保护区的敏感要素为：1.保护人工鱼礁礁体及海域生态环境；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

根据报告书 4.3.3 节的分析，本工程施工 10mg/L 悬浮泥沙扩散并未到达本区域，随着施工作业结束，将较快恢复海域本底水平，还达不到对保护区的海洋生态、渔业资源，海洋生物多样性产生明显影响的程度。

4.3.10 项目施工前与施工期生态环境变化分析

本次对比施工前数据采用国家海洋局南海调查技术中心分别于 2017 年 10 月 20 日~2017 年 11 月 7 日（秋季）和 2018 年 3 月 20 日~2018 年 3 月 29 日（春季）调查数据。施工后数据采用国家海洋局汕尾海洋环境监测中心分别于 2021 年 11 月（秋季）和 2022 年 3 月（春季）调查数据。

4.3.10.1 水质

表 4.3.10-1 给出了施工前后水质数据的对比情况，由表可知：施工前后水质调查项目基本在同一量级，仅有镉浓度有较大的增加，但施工后镉平均值 0.105 μ g/L 仍符合一类水质标准 1 μ g/L，可知项目对水质引起的影响总体不大。

项目施工作业过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为悬浮物。一旦施工结束，影响即可消除。

表 4.3.10-1 施工前后水质数据对比

项目	施工前			施工后		
	2017 年 10 月	2018 年 3 月	平均值	2021 年 11 月	2022 年 3 月	平均值
pH	8.16	8.23	8.195	8.11	8.14	8.125
溶解氧 mg/L	6.5	7.45	6.975	6.85	8.56	7.705
COD _{Mn} mg/L	0.69	0.61	0.65	0.87	0.72	0.795
悬浮物 mg/L	9.8	2.7	6.25	3.1	14.1	8.6
石油类 µg/L	31.9	0.02	16.0	20.5	13.4	17.0
无机氮 mg/L	0.103	0.038	0.071	0.104	0.088	0.096
活性磷酸盐 mg/L	0.014	0.004	0.009	0.004	0.013	0.009
铜 µg/L	0.5	0.5	0.5	1.39	0.65	1.02
铅 µg/L	0.17	0.18	0.175	/	0.24	0.24
锌 µg/L	11.1	9	10.05	10.2	4.2	7.2
镉 µg/L	0.01	0	0.005	0.11	0.1	0.105
砷 µg/L	1.5	0.7	1.1	1.3	1.25	1.275
铬 µg/L	0.1	0.4	0.25	0.1	—	0.1
汞 µg/L	0.013	0.013	0.013	0.011	0.01	0.011
挥发酚 µg/L	2.6	2.8	2.7	1.9	1.3	1.6
硫化物 µg/L	0.4	0.5	0.45	0.3	0.1	0.2

4.3.10.2 沉积物

表 4.3.10-2 给出了施工前后沉积物数据的对比情况，由表可知：可知施工前与施工后调查项目基本在同一量级，仅有硫化物与石油类质量浓度有较大的增加，但施工后硫化物质量浓度平均值 29.1mg/kg 仍符合一类沉积物质量标准 3001mg/kg，石油类 154mg/kg 仍符合一类沉积物质量标准 500mg/kg，可知项目对沉积物引起的影响不大。

由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，因此经扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生明显变化，沉积物质量状况仍将保持现有水平。

表 4.3.10-1 施工前后沉积物数据对比

项目	施工前	施工后
	2017 年 10 月	2021 年 11 月
pH	8.03	8.2
有机碳 (%)	0.39	0.37

硫化物 mg/kg	10.5	29.1
石油类 mg/kg	41.8	154
铜 mg/kg	9.3	2.7
铅 mg/kg	24.2	21.5
锌 mg/kg	60	60.7
镉 mg/kg	0.01	0.01
铬 mg/kg	36.5	26.9
总汞 mg/kg	0.019	0.017
砷 mg/kg	6.71	9

4.3.10.3 生物质量

表 4.3.10-3 给出了施工前后生物质量数据的对比情况，由表可知：可知施工前后的海洋生物质量主要超标参数为 As（砷），施工后 As 超标略有增加，还存在石油烃、锌和镉的超标。

表 4.3.10-3 施工前后生物质量对比

类别	施工前		施工后	
	2017 年 10 月	2018 年 3 月	2021 年 11 月	2022 年 3 月
生物体质量	Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As、Cr、TPHs 生物质量指数均小于 1，没有出现超标现象	Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 和 TPHs 的质量指数均小于 1，没有超标现象出现；部分样品的 As 的质量指数大于 1，超标率为 8.57%，鱼类样品的 As 均未超标，甲壳类样品的 As 均超标，5 号站的曼氏无针乌贼的 As 超标	铜、铅、锌、镉、铬、汞等 6 项污染物的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求；有 3 个生物体样品砷含量的单项标准指数大于 1，样品超标率为 15.8%；有 1 个生物体样品的石油烃含量的单项标准指数大于 1，样品超标率为 5.3%。	生物体中铅、铜、铬、汞、石油烃等 5 项生物体污染物的单项标准指数值小于 1，满足相应的生物质量标准的要求；有 1 个生物体样品的锌和镉含量的单项标准指数大于 1，样品超标率为 7.1%，超出一类海洋生物体质量标准，但均符合二类海洋生物体质量标准；有 6 个生物体样品的砷含量的单项标准指数大于 1，样品超标率为 42.9%。

4.3.10.4 生物生态

表 4.3.4-1 给出了施工前后生物生态数据的对比情况，由表可知：施工期与施工前相比，存在减少为底栖生物生物量和浮游动物生物量。

风电机组桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的。海底电缆敷设会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏，进而

引起底栖生物损失，除少量活动能力强的生物能够存活外，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。因此，项目建设期间及建设后底栖生物量可能低于本底值。因此，施工期底栖生物有减少较多。

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，对浮游生物及初级生产力有一定影响，因此项目施工期间浮游生物量及初级生产力水平可能低于本底值，运营一段时间后浮游生物种群数量、群落结构会逐步恢复，浮游生物量及初级生产力水平与本底值相近。但是海洋生物调查采样存在较大随机性，参数变化不一定完全代表由本项目引起的，本结果仅供参考。

表 4.3.4-1 施工前后海洋生物生态对比

项目	施工前			施工后		
	2017.10	2018.3	平均值	2021.11	2022.3	平均值
表层叶绿素 mg/m ³	1.06	0.47	0.765	0.92	1.58	1.25
浮游植物×10 ⁴ cells/m ³	123.12	231.57	177.345	310.345	244.674	277.5095
浮游动物 mg/m ³	384.42	287.88	336.15	153.31	168.67	160.99
底栖生物 g/m ²	65.66	67.75	66.705	2.84	1.83	2.335
潮间带生物 g/m ²	12.45	10.49	11.47	400.54	25.77	213.155

4.3.11 项目施工前与施工期资源变化分析

4.3.11.1 海洋保护区资源

本项目调整主要在风场内的风机移位，调整情况距离海洋保护区较远，超过 30km，调整前后对保护区的影响基本不会发生变化。

4.3.11.2 渔业资源

根据《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），本工程调整前后所在海域的“三场一通道”主要有南海北部幼鱼繁育场保护区、南海中上层鱼类产卵场以及南海幼鱼幼虾保护区。

表 4.3.11-1 给出了施工前后鱼卵、仔鱼和游泳生物等数据的对比情况，由表可知：施工期后鱼卵仔鱼的密度有所增加，游泳生物的质量在同一量季，因此项目施工对渔业资源影响不显著。

表 4.3.11-1 施工前与施工期海洋生物生态比较表

项目	施工前			施工后		
	2017.10	2018.3	平均值	2021.11	2022.3	平均值

鱼卵 $\times 10^{-3}\text{ind/m}^3$	201.13	322.95	262.04	1140	140	640
仔鱼 $\times 10^{-3}\text{ind/m}^3$	8.44	7.76	8.1	206.58	142.5	174.54
游泳生物 kg/km^2	206.783	709.509	458.146	200.2	472.1	336.15

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 揭阳市社会经济概况

揭阳市位于广东省东南部，地处粤港澳大湾区与海西经济区的地理轴线中心。1991 年设立为地级市，2021 年辖榕城、揭东 2 区，揭西、惠来 2 县，代管普宁市，并设揭阳空港经济区，以及揭阳产业转移工业园、揭阳大南海石化工业区、粤东新城 3 个经济功能区，构建揭阳中心城区、普宁主城区、揭阳滨海新区（惠来）三个粤东城市群城市中心和揭西生态发展示范区“三中心一示范区”区域协调发展布局。全市土地面积 5266 平方公里（其中市区面积 1031 平方千米）。年末户籍人口 712.56 万人，常住人口 561.68 万人，其中城镇人口 289.38 万人。祖籍揭阳的海外华人、华侨和港澳台同胞 334 万人。

根据《揭阳市 2022 年国民经济和社会发展统计公报》（揭阳市统计局 国家统计局揭阳调查队），根据广东省地区生产总值统一核算结果，2022 年全市实现地区生产总值 2260.98 亿元，同比下降 1.3%。其中，第一产业增加值 223.68 亿元，同比增长 5.5%；第二产业增加值 793.61 亿元，同比下降 8.7%；第三产业增加值 1243.69 亿元，同比增长 2.7%。三次产业结构比重为 9.9:35.1:55.0，第三产业所占比重比上年提高 1.8 个百分点。其中，惠来县地区生产总值 286.28 亿元，同比降低 1.7%。

2022 年末，全年全市户籍总人口 712.71 万人。全年全市地方一般公共预算收入（自然口径）71.38 亿元，同比下降 10.0%；其中，税收收入 29.08 亿元，下降 37.8%。剔除留抵退税因素后，地方一般公共预算支出 86.23 亿元，可比下降 7.2%；其中税收收入 43.92 亿元，可比下降 8.2%。全年城镇新增就业 1.8139 万人，就业困难人员实现就业 0.2236 万人。

全年全部工业增加值比上年下降 7.8%，规模以上工业增加值下降 17.5%。其中，国有控股企业增长 16.3%，外商及港澳台投资企业下降 27.9%，股份制企业

下降 16%，集体企业下降 26.2%。分轻重工业看，轻工业下降 18.2%，重工业下降 16.3%。分企业规模看，大型企业下降 9.6%，中型企业下降 14.0%，微型企业下降 20.0%。

全年固定资产投资下降 23.5%。分产业看：第一产业投资比上年下降 82.2%，第二产业投资下降 19.9%，第三产业投资下降 25.7%。民间投资下降 33.9%，占固定资产投资比重 33.8%。工业投资下降 19.9%，占固定资产投资比重 45.8%。基础设施投资增长 1.2%，占固定资产投资比重 35.5%，其中，电力、热力生产和供应业投资增长 66.0%。高技术制造业投资增长 40.8%，占固定资产投资比重 2.3%，其中，电子及通信设备制造业投资增长 41.1%。

全年全市居民人均可支配收入 24788 元，比上年增长 4.2%。按常住地分，城镇常住居民人均可支配收入 30273 元，增长 3.0%；农村常住居民人均可支配收入 18959 元，增长 5.2%。全年全市居民人均消费支出 18662 元，比上年增长 4.7%。按常住地分，城镇居民人均消费支出 20394 元，增长 3.1%；农村居民人均消费支出 16822 元，增长 6.4%。

全市 11 个地表水省考监测断面中，I~III 类水质的断面比例 63.6%，IV 类水质的断面比例 27.3%，V 类水质的断面比例 9.1%。全市近岸海域海水水质优良（I~II 类）面积比例 94.9%。

5.1.1.2 惠来县社会经济概况

惠来县地处广东省东南部，位于东经北纬 $22^{\circ}53'30'' \sim 23^{\circ}11'10''$ ， $115^{\circ}54'55'' \sim 116^{\circ}34'10''$ 之间，东连潮南，西接陆丰，北邻普宁，南濒南海，土地面积 1253 平方千米。年末户籍人口 149.43 万人，常住人口 105.01 万人。县境东西相距 67 公里，南北相距 33.5 公里，惠来县是中国能源工业大县、荔枝之乡、水产品产量百强县、全国海域使用管理示范县、全国农民体育健身工程先进县、国家高水平体育后备人才基地。

根据《2022 年惠来国民经济和社会发展统计公报》（惠来县统计局，2023 年 10 月 11 日发布），2022 年末全县总户数 297434 户，总人口 1494938 人，比上年末增加 681 人，其中城镇人口 638686 人，乡村人口 856252 人；全县当年出生人数 19620 人，人口出生率 13.13‰；死亡人数 6931 人，死亡率 4.64‰；自然增长人数 12689 人，自然增长率 8.49‰。全县常住人口 105.47 万人，其中城镇常住人口 47.19 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）4.74%，比上年末提

高 0.46 个百分点。

2022 年全体居民人均可支配收入 21108 元，增长 5.8%，其中城镇居民人均可支配收入 26364 元，增长 3.7%；农村居民人均可支配收入 16931 元，增长 6.0%。

经市统计局统一核算，2022 年全县实现地区生产总值 286.28 亿元，比上年同比下降 1.7%。其中，第一产业增加值 62.94 亿元，增长 4.8%；第二产业增加值 80.74 亿元，下降 13.2%；第三产业增加值 142.60 亿元，增长 3.5%。三次产业结构比重为 22.0：28.2：49.8。人均地区生产总值 27203 元，下降 2.3%。

全年全部工业总产值 263.98 亿元，比上年下降 4.7%。全年固定资产投资 162.54 亿元，比上年增长 2.7%。其中，第二产业投资 70.88 亿元，同比增长 100.4%。

全年进出口总额 17.56 亿元，比上年增长 24.3%；其中，出口 4.79 亿元，同比增长 30%；进口 12.77 亿元，同比增长 18.5%。进出口差额 7.98 亿元。全年实际利用外资金额 30 万美元。

全年全社会能源消费总量 92.74 万吨标准煤，比上年下降 5.97%。全社会用电量 24.26 亿千瓦时，增长 65.28%。其中，工业用电量 11.73 亿千瓦时，增长 319.52%。

5.1.2 海域使用现状

本项目此次调整属于在各项目原用海范围基础上的微调，调整后的项目用海与周边的海洋开发利用活动的相对距离与批复情况基本不变。

本项目位于揭阳市惠来县前詹镇南面海域。项目周边的开发活动主要有航道、航路、锚地、倾倒地、养殖区、海上风电用海和其它工程用海等。

经过现场调研、管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，项目周边海域已确定开发利用活动约有 18 项，具体见图 5.1.2-1 和表 5.1.2-1。周边风电场示意图见图 5.1.2-1，登陆段附近海域开发现状见图 5.1.2-3。

（1）航道、航路

本工程原批复论证报告已阐述了项目周边主要航道航路情况，本次论证补充了广东海事局于 2023 年 8 月 15 日发布的广东沿海主要公共航路。涉及航路航道主要有海甲航道、粤东沿海近岸航路、广东沿海内航路、揭阳港进出港航路、广东沿海外航路。项目与其相关位置见图 5.1.2-1。本次调整后，项目路由及风电场厂址与有关航道航路的相对距离基本不变，海上风电场址距离北侧广东沿海内航路 1.8km，距离北侧粤东沿海近岸航路 13.2km，距离南侧广东沿海外航路 7.6km，

距离东侧揭阳港进出港航路 16.6km；主海缆由北至南依次穿越海甲航道、粤东沿海近岸航路、广东沿海内航路、揭阳港进出港航路。

（2）锚地

本工程风电场区域现状为海域，周边距离较近的锚地主要有：粤东液化天然气项目一期工程锚地、原油码头锚地、新增 20#锚地、新增 21#锚地（危险品锚地）、前詹锚地，与粤东液化天然气项目一期工程的锚地和前詹锚地距离较近。新增 20#锚地、新增 21#锚地（危险品锚地）在项目风电场北场，距离场区约 12.9km 和 12.2km，前詹锚地和原油码头锚地位于项目主海缆东侧约 1.1km 和 5.7km，粤东液化天然气项目一期工程锚地位于项目主海缆西侧约 2.1km。本次调整后，项目路由及风电场厂址与有关锚地的相对距离基本不变，具体见图 5.1.2-1。

（3）海上风电场

根据最新的确权数据，项目东侧有已确权的国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目，使用权人为揭阳前詹风电有限公司，两者主海缆登陆点距离本项目最近距离约 310m，海上风电场址间最近距离相近 2.2km；项目西侧有中广核汕尾甲子一、二海上风电场项目，其中甲子二海上风电场距离本项目海上风电场距离最近，距离约为 700m，甲子一海上风电场项目距离本风电场约 8.7km，使用权人均为中广核汕尾新能源有限公司。项目西北侧有中广核汕尾后湖海上风电场项目，使用权人为中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司，距离本项目海上风电场距离约为 9.1km。本次调整后，项目路由及风电场厂址与海上风电场的相对距离基本不变，见图 5.1.2-1。

（4）倾倒区

根据《2021 年全国可继续使用倾倒区名录》（生态环境部，2021 年 3 月 4 日），项目附近的倾倒区主要为东侧揭阳前瞻南临时性海洋倾倒区，其以 116°24'45"E、22°45'00"N 为中心，半径 1.0 公里范围的海域。倾倒区距离海底电缆路由距离约 5.7km，距离海上风电场约 10.4km。本次调整后，项目路由及风电场厂址与倾倒区的相对距离基本不变，见图 5.1.2-1。

（5）其他工程用海

项目论证范围内涉及揭阳前詹作业区通用码头一期工程、粤东液化天然气项目一期工程、揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程。三个工程项目均位于本项目主海缆登陆点西侧，其中揭阳前詹作业区通用码头一期工程

位于项目主海缆登陆点西侧约 110m 处，揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程位于项目主海缆登陆点西侧约 700m 处，粤东液化天然气项目一期工程位于项目主海缆登陆点西侧约 1.7km。

（6）养殖场

本项目登陆点位于前詹镇南部，根据 2023 年 11 月遥感影像分析，项目登陆点东侧 0.1~7km 区域分布有多个鲍鱼养殖场，主要取水方式采用管道取水，即取水管布设于海床上，抽水机发动时，海水进入取水管，通入养殖场，再经砂滤等设施处理后最终进入养殖池，这种取水方式取的海水经过多次过滤，可避免由于恶劣天气导致的海水浑浊。登陆点现状见图 5.1.2-3。

表 5.1.2-1 项目周边海域使用现状情况一览表

序号	项目名称	用海情况	距离本项目方位和距离	备注
1	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程	工业用海	电缆西侧，约 100m	已确权
2	揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程	交通运输用海	电缆西侧，约 720m	已确权
3	粤东液化天然气项目一期工程	工业用海	电缆西侧，约 1.7km	已确权
4	新增 20#锚地	规划锚地	风电场北侧，约 12.9km	4
5	新增 21#锚地（危险品锚地）	规划锚地	风电场北侧，约 12.2km	3
6	前詹锚地	规划锚地	电缆东侧，约 1.1km	2
7	粤东液化天然气项目一期工程锚地	锚地	电缆西侧，约 2.1km	1，已确权
8	原油码头锚地	锚地	电缆东侧，约 5.7km	5
9	广东省航道图海甲航道	推荐航道	风电场北侧，主电缆穿越	
10	粤东沿海近岸航路	推荐航道	风电场北侧，主电缆穿越	
11	广东沿海内航路	推荐航道	风电场北侧，主电缆穿越	
12	广东沿海外航路	推荐航道	风电场南侧，约 7.3km	
13	揭阳港进出港航路	推荐航道	风电场东侧，主电缆穿越	
14	国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目	工业用海	风电场东侧，主电缆最近约 310m，场区最近约 2.2km	已确权
15	中广核汕尾甲子一海上风电场项目	工业用海	风电场西侧约 8.7km	已确权
16	中广核汕尾甲子二海上风电场项目	工业用海	风电场西侧约 700m	已确权

序号	项目名称	用海情况	距离本项目方位和距离	备注
17	中广核汕尾后湖海上风电场项目	工业用海	风电场西北侧约 9.1km	已确权
18	揭阳前瞻南临时性海洋倾倒区	临时用海	风电场北侧，主电缆东侧约 5.8km	
19	鲍鱼养殖场	——	主海缆登陆点东侧 0.1~7km 区域	

图 5.1.2-1 项目海域开发活动示意图

图 5.1.2-2 登陆段周边海域现状示意图



图 5.1.2-3 登陆段海域现状示意图（拍摄于 2023 年 12 月）

5.1.3 海域使用权属

根据收集到的最新确权数据，论证范围内与本项目用海相邻的已确权用海项目见表 5.1.3-1，各确权项目的分布见图 5.1.3-1 和 5.1.3-2。

表 5.1.3-1 项目周围海域使用权属现状

序号	项目名称	用海类型	总用海面积 (公顷)	期限	权属人
1					
2					
3					
4					
5					
7					
8					

图 5.1.3-1 各确权项目的分布图

图 5.1.3-2 登陆点附近各确权项目的分布图

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1 节开发利用现状的分析，本项目所在附近海域及近岸的主要开发活动有 18 项，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：

5.2.1 对港口、航线、锚地区的影响分析

本项目风电场及海底电缆距离神泉传统渔港、惠来县神泉示范性渔港建设项目、资深传统渔港、靖海传统渔港等的距离均大于 5km 以上，工程的建设不会对渔港产生不利影响，但来往渔港和航线上的船只如果抛锚不准和航线运行不准，也可能对电缆或者风机基础造成破坏。

本工程海底电缆距离前詹锚地约 1.1km、距离粤东液化天然气项目一期工程锚地约 2.1km、距离原油码头锚地约 5.7km。目前，该项目已于 2021 年 11 月完成施工。项目用船数量大量减少，基本不会对周边海域船舶航行造成影响。

根据前述 5.1.2 节内容，本工程风电场场址范围距离最近的北侧广东沿海内航路 1.8km，有效避开了周边船舶习惯航路与相关的规划航路。本工程 220kV 海底主电缆穿越海甲航道、粤东沿海近岸航路、广东沿海内航路、揭阳港进出港航路。对路由的调查和海缆的铺设带来一定的影响，但只要对海缆的深埋严格要求，真正达到设计标准，在电缆铺设后及时树立警示标志、发布相关海域管理通告，对海底电缆影响较小，同时也不会影响到航道的正常使用。自 2021 年 11 月施工完成至今，未收到该海上风电场引发的有关通航方面纠纷事件。

根据本项目的通航安全影响分析报告中的结论可知，本风电场所在海域原本是航行条件优良的可通航海域，有一定的商船交通流量，渔船也多。从实际航迹来看，是有过往商船、渔船实际航线接近或穿越拟建风电场海域的。因此，总体上看，风电场的建设对过往船舶的正常航行的影响是客观存在的。但也考虑到风电场选址海域规划为连片的风电场海域，风电场目标明显，且大片风电场北、东、南侧海域宽阔水深足够，有足够的空间供过往船舶操纵避让，通过采取相应的安全保障措施后，其对船舶航路等海上交通环境的影响总体上是可控的。

项目实际建设与批复方案相比变化较小，基本无影响。

5.2.2 对保护区的影响分析

根据报告书 5.1.2 节的介绍，本项目附近的海洋保护区有海洋功能区划划定的神泉海洋保护区及前詹海洋保护区。根据数值模拟计算结果（图 5.2.2-1~5.2.2-

3), 项目施工产生的大于 10mg/L 的悬浮物增量未扩散进入神泉海洋保护区和前詹海洋保护区, 施工结束后, 产生的悬浮物将迅速衰减。理论上来说, 电缆施工引起的悬浮物扩散影响, 基本不会波及到两个海洋保护区, 因此, 项目建设期间的悬浮物扩散不会对两个保护区的水质造成明显影响。

项目实际建设与批复方案相比变化较小, 基本无影响。

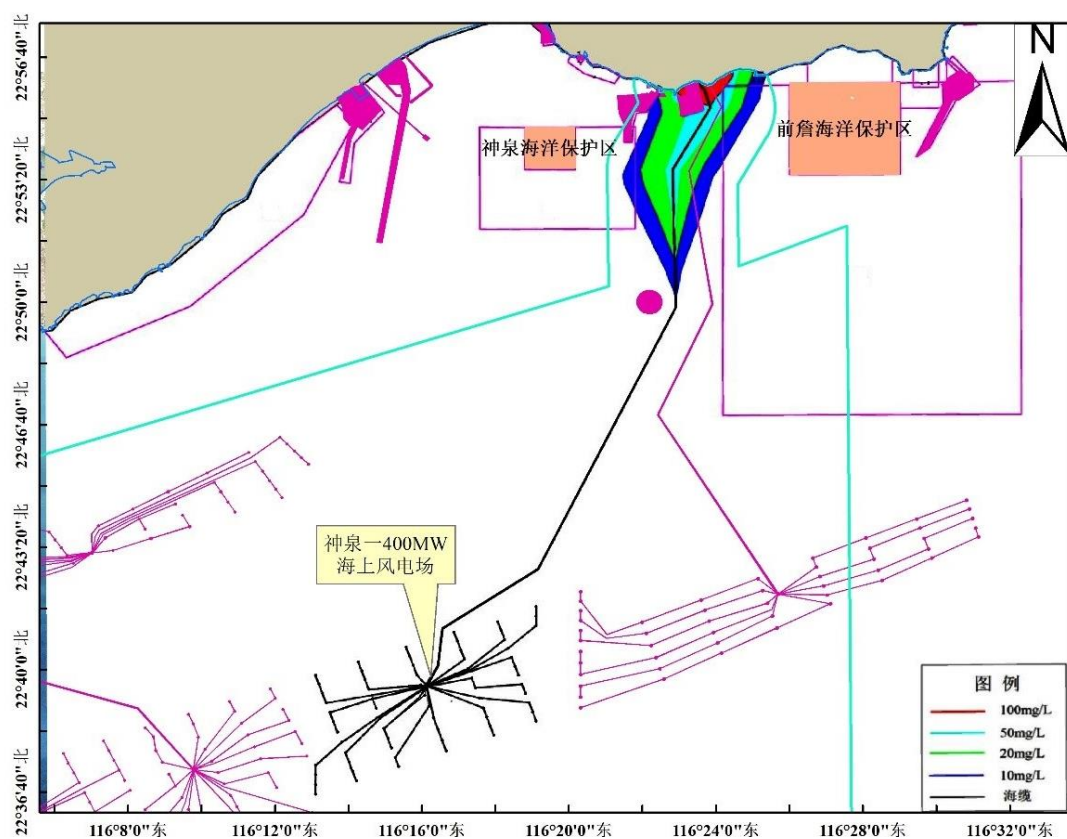


图 5.2.2-1 悬沙扩散模拟结果（表层）

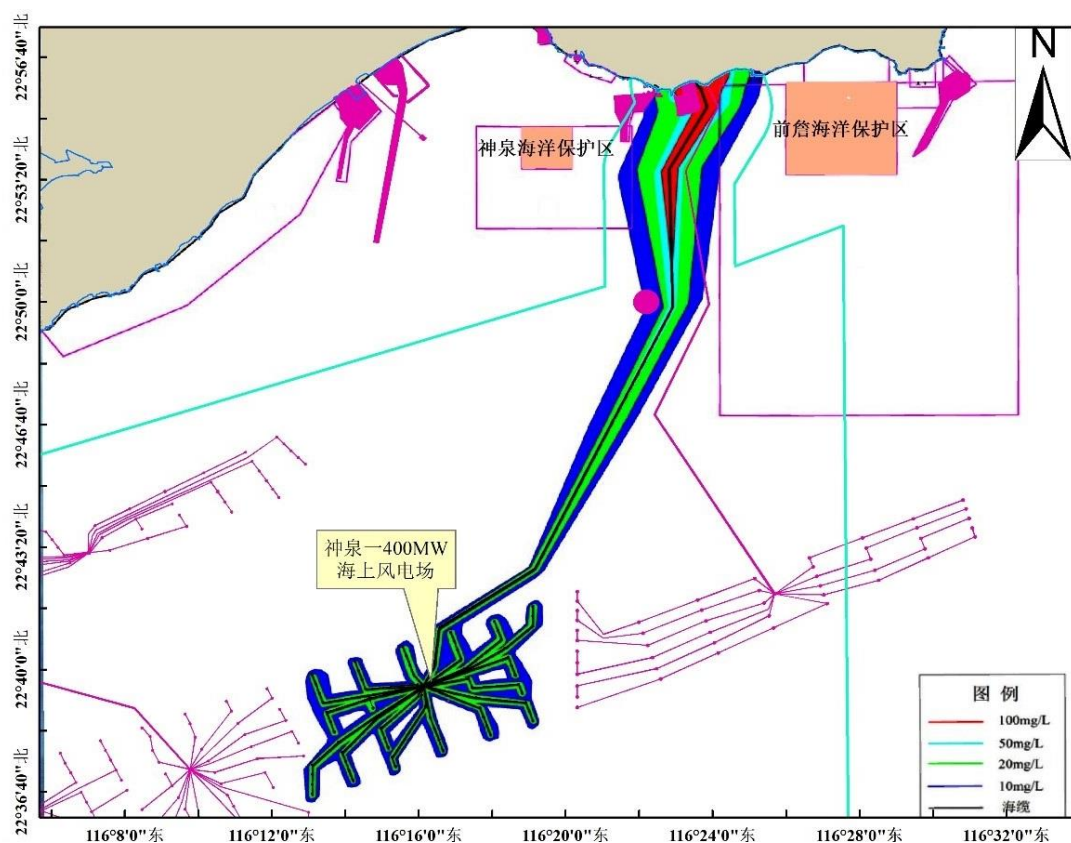


图 5.2.2-2 悬沙扩散模拟结果（中层）

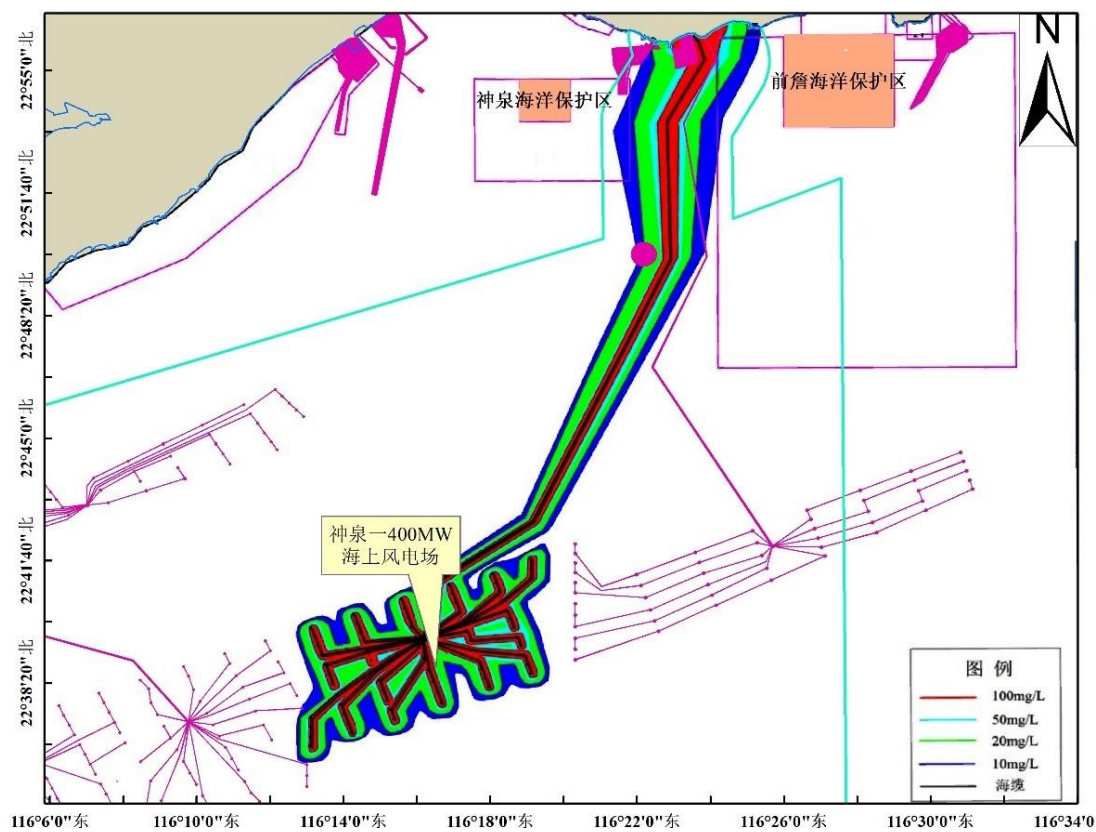


图 5.2.2-3 悬沙扩散模拟结果（底层）

5.2.3 对测风塔的影响分析

测风塔用于对近地面气流运动情况进行观测，记录的塔形构筑物，为风电厂前期规划采集数据所用。本项目风电场海域建设有 1 座测风塔，属于本项目的前期工作之一，为本项目的设计和建设提供基础数据支撑，后续测风塔将会拆除，本工程的建设不会对测风塔产生不利影响。

5.2.4 对揭阳港前詹作业区通用码头一期工程的影响分析

本工程海底电缆登陆段距离揭阳港前詹作业区通用码头一期工程最近约 110m 处，海缆施工时产生的悬浮泥沙会对码头工程产生影响，由于该码头工程对悬浮物相对不敏感，因此本工程海缆敷设造成的悬浮物影响相对不大，且本工程登陆段施工采用定向钻工艺，对沙滩及周边生态环境基本无影响。目前，通用码头工程正在建设当中，本工程的开发时序在通用码头之前，在用海避开通用码头工程的前提下，本工程的建设实际对通用码头未产生不利影响。

项目实际建设与批复方案相比变化较小，基本无影响。

5.2.5 对揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程的影响分析

本工程海底电缆登陆段距离揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程最近约 700m，海缆施工时产生的悬浮泥沙会对码头工程产生影响，由于该码头工程对悬浮物相对不敏感，因此本工程海缆敷设造成的悬浮物影响相对不大，且本工程登陆段施工采用定向钻工艺，对沙滩及周边生态环境基本无影响。本工程的开发时序在该通用码头工程之前，在用海避开通用码头工程的前提下，本工程的建设实际对通用码头未产生不利影响。

项目实际建设与批复方案相比变化较小，基本无影响。

5.2.6 对粤东液化天然气项目一期工程的影响分析

本工程海底电缆登陆段距离粤东液化天然气项目一期工程最近约 1.7km。海缆施工时产生的悬浮泥沙会对周边工程产生影响，会对 LNG 的取水产生一定的影响，由于该工程对悬浮物相对不敏感，而且 LNG 取水后需进行过滤，受到本工程海缆敷设造成的悬浮物影响相对不大。另外，本项目施工时会增加区域通航密度，对周围的通航环境会造成一定的影响，但通过严密、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，做好施工作业的安全管理工作；施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少施

工期对通航环境和船舶通航的影响。

项目的施工建设期间对粤东液化天然气项目一期工程有一定的影响。

5.2.7 对项目所在区域其余海上风电项目的影响分析

根据最新的确权数据，项目东侧紧邻国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目，使用权人为揭阳前詹风电有限公司，与本工程业主为同一单位，通过合理安排风电场的开发时序，合理安排施工方案，可以避免相互影响。

项目西侧有中广核汕尾甲子一、二海上风电场项目，其中甲子二海上风电场距离本项目海上风电场距离最近，距离约为 700m；甲子一海上风电场项目距离本风电场约 8.7km。中广核汕尾甲子一、二海上风电场项目施工时序均在本工程项目之后，目前，以上海上风电项目均已施工完成，施工期间各个风电项目之间未产生不利影响。项目西北侧有中广核汕尾后湖海上风电场项目，距离本项目海上风电场距离约为 9.1km，距离较远。在营运期，各个项目之间的风能资源的影响是相互的。

因此，与批复方案相比，本项目变化微小，其正常建设与营运不会对项目周边海上风电项目产生不利影响。

5.2.8 对其余工程建设项目的影晌分析

项目实际建设与批复方案相比变化较小，基本无影响。

5.2.9 对鲍鱼养殖场的影响分析

本项目登陆段施工时会破坏有关鲍鱼养殖场的取排水设施，海底电缆施工时产生的悬浮泥沙会对养殖场的取水造成一定的影响。本项目海底电缆施工时产生的悬浮泥沙虽然会扩散入有关养殖取水区域，但本项目海底电缆实际施工时间很短，产生的悬浮泥沙将较快沉降，而且悬浮泥沙均为海床原位泥沙的再悬浮，不会引入其他污染物，海水通过有关鲍鱼养殖场的过滤设施后，实际不会对鲍鱼养殖场的取水产生较大影响。本项目营运期对鲍鱼养殖场的取水无影响。

本次调整中，本项目海底电缆海上出土点及敷设路径基本无变化。目前，该工程已施工结束，产生的悬浮物已衰减并达到新的平衡。而项目实际建设与批复方案相比变化较小，仅仅涉及两个风机点位移位，不会引入其他污染物，对周边环境的影响较小。因此，该工程的建设对周边养殖活动基本无影响。

另外，本项目 220kV 海底电缆登陆点位于揭阳港前詹作业区通用码头工程

征地范围内，根据建设单位与惠来县人民政府于 2012 年签订的征地协议（附件 7），由惠来县人民政府完成宗地内所有青苗及附作物的清理（虾池及鲍鱼场视养殖周期而定）和征地补偿工作。根据惠来县规划，为实施海上风电场项目的送出工程登陆，揭阳海上风电场登陆点附近的鲍鱼养殖场将逐步清退。

5.3 利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人，界定的利益相关者应该是与用海项目存在直接利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。本项目的用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道，项目用海对用海区域内外的海洋环境、海底地形地貌、自然资源造成一定影响，并且对用海区域内外的海洋开发利用活动产生影响，但总体上影响不大。通过对本项目周围用海现状的调查，分析规划用海对周边开发活动的影响情况，按照利益相关者的界定原则，对本工程用海的利益相关者与需协调部门进行了界定。

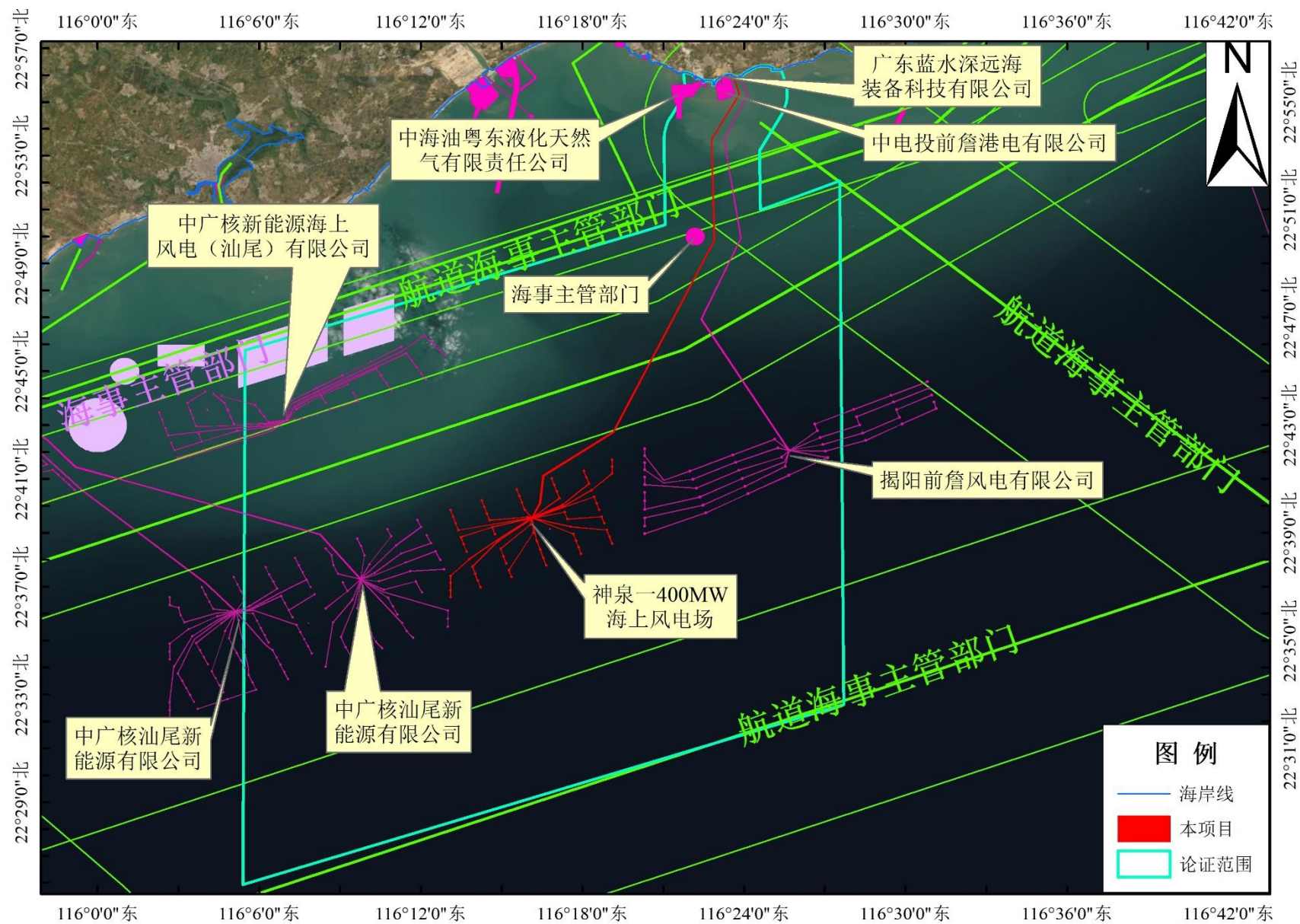
根据本报告 5.2 节调整后项目建设对周边开发活动的影响分析，界定本项目的协调责任部门有航道海事与渔业主管部门，相比于批复方案，增加了渔业主管部门。根据 5.2 节的影响分析，本工程的建设会对揭阳港前詹作业区通用码头一期工程和国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目产生影响。两个项目分别由中电投前詹港电有限公司和揭阳前詹风电有限公司负责建设，以上两家公司与本工程建设单位均为国家电投集团广东电力有限公司的下属子公司之一，因此不作为利益相关者。因此，相比于批复方案，利益相关者不变，仍为中海油粤东液化天然气有限责任公司。详见表 5.3-1 和图 5.3-1~5.3-2。

表 5.3-1 项目用海的利益相关者分析表

序号	项目名称	距离本项目方位和距离	权利人	可能影响因素	是否为利益相关者或协调责任部门	备注
1	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程	电缆西侧，约 100m	中电投前詹港电有限公司	无影响	否	确权使用
2	揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程	电缆西侧，约 700m	广东蓝水深远海装备科技有限公司	无影响	否	确权使用
3	粤东液化天然气项目一期工程	电缆西侧，约	中海油粤东液化天然气	施工影响	利益相关者	已取得协

序号	项目名称	距离本项目方位和距离	权利人	可能影响因素	是否为利益相关者或协调责任部门	备注
		1.7km	有限责任公司			调意见
4	新增 20#锚地	风电场北侧，约 12.9km	海事主管部门	通航安全	协调责任部门	已编制通航安全影响分析报告，并通过专家评审
5	新增 21#锚地（危险品锚地）	风电场北侧，约 12.2km	海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
6	前詹锚地	电缆东侧，约 1.1km	海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
7	粤东液化天然气项目一期工程锚地	电缆西侧，约 2.1km	海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
8	原油码头锚地	电缆东侧，约 5.7km	海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
9	广东省航道图海甲航道	风电场北侧，主电缆穿越	航道海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
10	粤东沿海近岸航路	风电场北侧，主电缆穿越	航道海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
11	广东沿海内航路	风电场北侧，主电缆穿越	航道海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
12	广东沿海外航路	风电场南侧，约 7.3km	航道海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
13	揭阳港进出港航路	风电场东侧，主电缆穿越	航道海事主管部门	通航安全	协调责任部门	
14	国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目	风电场东侧，主电缆最近约 310m，场区最近约 2.2km	揭阳前詹风电有限公司	无影响	利益相关者	确权使用
15	中广核汕尾甲子一海上风电场项目	风电场西侧约 8.7km	中广核汕尾新能源有限公司	无影响	否	确权使用

序号	项目名称	距离本项目方位和距离	权利人	可能影响因素	是否为利益相关者或协调责任部门	备注
16	中广核汕尾甲子二海上风电场项目	风电场西侧约 700m	中广核汕尾新能源有限公司	无影响	否	确权使用
17	中广核汕尾后湖海上风电场项目	风电场西北侧约 9.1km	中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司	无影响	否	确权使用
18	鲍鱼养殖场	主海缆登陆点东侧 0.1~7km 约	养殖场	无影响	否	
19	渔业生产与捕捞活动	农业农村局	路由穿越渔场与产卵场	施工期悬沙影响	协调责任部门	采取增殖放流生态修复措施



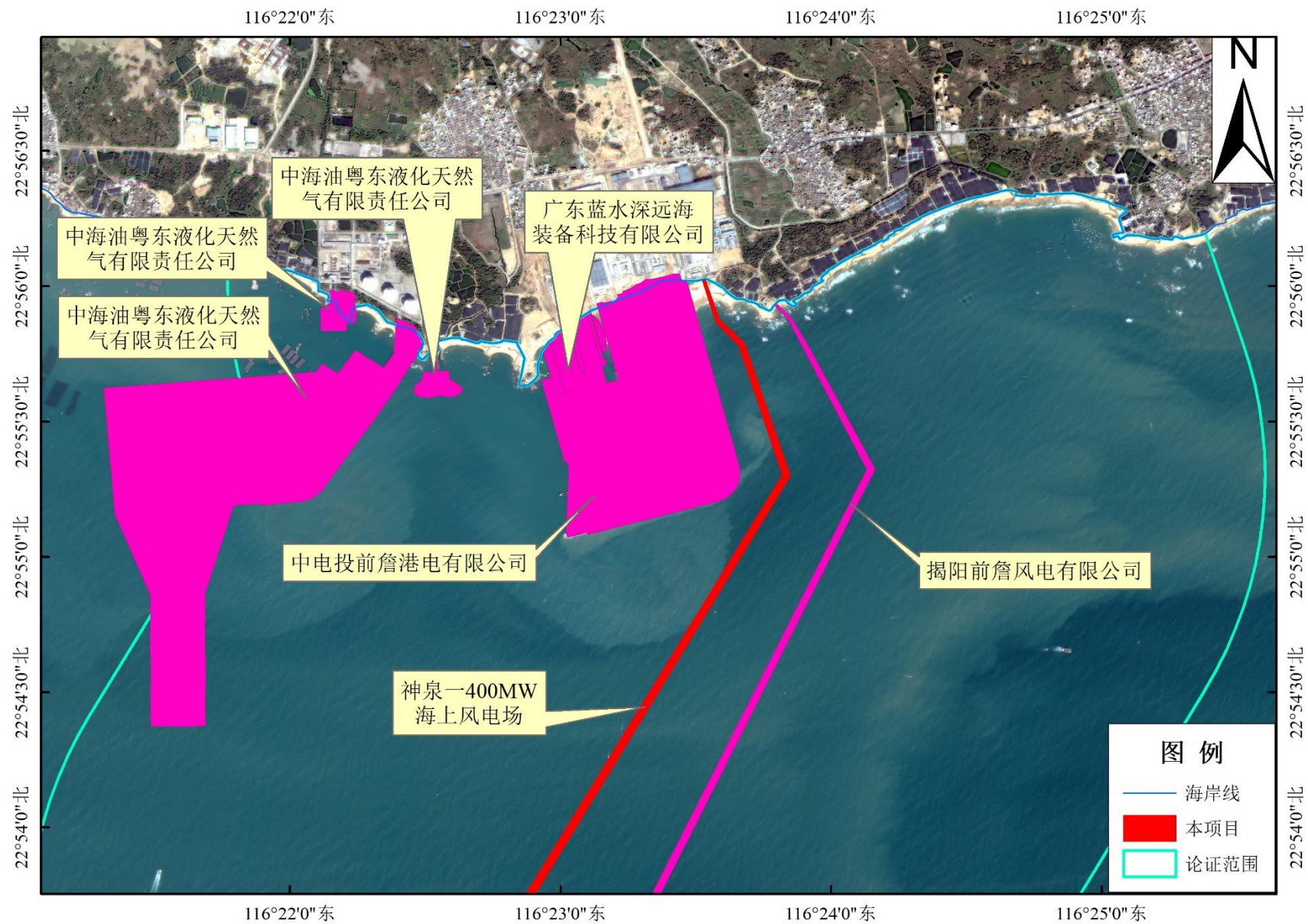


图 5.3-2 项目登陆段周边项目利益相关者分布图

5.4 相关利益协调分析

5.4.1 与当地航道、海事主管部门的协调

本工程的建设会对海甲航道、粤东沿海近岸航路、广东沿海内航路、揭阳港进出港航路、广东沿海外航路、粤东液化天然气项目一期工程锚地、原油码头锚地、新增 20#锚地、新增 21#锚地（危险品锚地）、前詹锚地等产生一定影响，项目建设期间海域施工船只增多，会给这一区域的船舶抛锚和航行安全带来一定的困难；风电场建设也会对其产生一定的冲淤影响。项目施工过程中，建设单位与当地航道、海事主管部门进行了沟通和协调，并按照相关规定制定相应的通航安全保障措施，并制定了溢油等应急预案。

本项目的“通航报告”已编制完成并通过有关专家评审（附件 7），主要结论如下：“通过工程建设方案的合理性、可行性分析，本风电场项目选址基本合理。该风电场的建设对所在海域的通航环境和通航安全有一定的影响，在采取本报告提出的相关安全保障和维护措施后，其不利影响和风险将会得到相当程度的缓解。从船舶通航环境和通航安全角度考虑，国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目对附近海域通航环境和通航安全的影响是可控的，工程建设是可行的。

在实际施工过程中，项目施工过程中严格执行项目施工通航安全保障方案，制定安全管理制度，在施工期间向海事主管机关申请了通航许可，并发布航行通告，采用高频无线电话，确保通讯畅通。作业期间，为警示过往船舶，对施工水域位置、施工船舶、水中构筑物等进行了标识，在施工期，施工区作业船舶较施工作业船舶及警戒船舶超出部分海上风电场场外围 1km 范围内，并在风电场外围布设 6 座专用浮标，以标示风电场外围轮廓，专用浮标图形标志选用“海上作业”类型，灯质为黄光莫尔斯信号“O”，闪光周期 12s，6 座专用浮标均设置实体 AIS，为过往船舶提供精确的航标位置等助航信息。此外，除安装传统实体灯浮标外，在本风场区内，还安装了通航安全自动预警系统，可以主动侦测船舶 AIS 动态。并在风电场现场安排了 2 艘警戒船，进行施工期间的交通组织和应急值守工作，在各主要施工区域外 1000m 水域外围按照海事局惠来海事处要求进行警戒。在从神泉 400MW 海上升压站至陆上升压站 220KV 海缆敷设期间，安排 1 艘警戒船和适任的警戒人员到工作现场警戒，警戒船在铺缆施工船外 1000m 水域外围机动警戒，提醒过往船舶注意施工区位置，防止无关船舶进入施工区。

建设单位严格执行“通航报告”提出的对策措施，严格执行有关管理部门的意

见。项目在施工过程中采取了相应措施后，无海上交通事故等安全事件发生，安全通航及作业效果较好，因此，项目对附近海域通航环境和通航安全是可协调的。

5.4.2 与渔业主管部门的协调

本项目的建设将造成海洋生物资源损失，本项目建设单位应采取措施，实施生态保护修复，开展以增殖放流为主的生态保护修复措施，建设单位应与当地渔业主管部门充分沟通协调，明确增殖放流实施地点、实施计划、投放苗种等，在当地渔业主管部门的协调下有序开展。

原论证报告中提出了增殖放流、开展人工鱼礁建设、加强渔业资源和生态保护宣传三方面的措施，能有效地改善和修复海洋生态环境、增殖和养护渔业资源、提高水产品质量。

本项目已编制《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案》（以下简称“生态补偿方案”），并于 2023 年 9 月 27 日取得揭阳市农业农村局《关于〈国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案〉的复函》（附件 7），目前已完成 2023 和 2024 年增殖放流工作。

5.4.3 与中海油粤东液化天然气有限责任公司的协调分析

本项目建设单位已就项目建设对粤东液化天然气项目一期工程的影响征求中海油粤东液化天然气有限责任公司的意见，并取得回函（附件 7），回函要求如下：

1、贵司拟建海上风电项目与我司接收站 LNG 码头、卸料平台、卸料臂、LNG 船舶锚地及航道距离较近，请贵司依据相关法律法规对该拟建项目开展相关通航安全、海洋生态环境等评估，出具评估报告，并征求政府主管部门意见。

2、请贵司将终版的相关通航安全、海洋生态环境等评估报告提交我司，以便我司进一步确认。

3、请贵司在项目施工前，将涉及影响区域及时通告我司。

4、请贵司将国家电投广东函〔2018〕52 号文所涉及的我司锚地周边海域施工方案提交我司。

5、请贵司在我司 LNG 船进出港期间，停止海上施工。

6、请贵司水上施工作业期间，禁止贵司施工船只在我司航道、港池内穿行、停泊。

针对中海油粤东液化天然气有限责任公司的回函意见，建议建设单位积极主动与中海油粤东液化天然气有限责任公司进行沟通协调，协调分析如下：

1、本项目的建设可能会对粤东液化天然气项目一期工程的接收站 LNG 码头、卸料平台、卸料臂、LNG 船舶锚地及航道等产生一定的影响，建设单位应按照相关法律法规的要求开展通航安全影响研究和海洋环境影响评价研究，并将终版的评估报告提交中海油粤东液化天然气有限责任公司，便于该司确认；

2、建设单位在施工前需主动及时通告中海油粤东液化天然气有限责任公司，将涉及到 LNG 锚地周边海域（初步定为 2 海里范围）海底电缆的施工方案提交该公司，采取适宜的措施，避免对 LNG 锚地产生不利影响；

3、建设单位应与中海油粤东液化天然气有限责任公司保持畅通的沟通机制，在 LNG 船舶进出港期间，停止海上施工活动，所有船只和人员均不得进入 LNG 船舶移动安全区（船舶前后各 1 海里，左右各 450 米的水域范围）和停泊安全区（船舶周围 300 米的水域范围）。

4、建设单位在施工前应做好安全教育活动和安全防范对策措施，施工作业期间，所有施工船舶均不得进入粤东液化天然气项目一期工程的航道和港池内，更不能在航道和港池内停泊。

本项目涉及到对粤东液化天然气项目一期工程的影响主要是 220kV 海底电缆的施工影响，由于 220kV 海底电缆的施工时间较短，施工产生的悬浮泥沙将较快沉降，建设单位应与中海油粤东液化天然气有限责任公司保持畅通的沟通机制，采取本报告及相关报告、有关管理部门提出的对策措施，将可以尽量减少对粤东液化天然气项目一期工程的影响。

5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析

略。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 项目用海与国土空间规划的符合性分析

6.1.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》于 2023 年 8 月 8 日取得国务院批复同意（国函〔2023〕76 号），并于 2023 年 12 月 26 日由广东省人民政府印发实施（粤府〔2023〕105 号）。

本项目选址位于神泉近海浅水区，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》中神泉近海浅水区海上风电建设用海的布局要求。

因此，本项目与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

图 6.1.1-1 项目用海与广东省国土空间规划的相对位置图

6.1.2 与《揭阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》的符合性分析

2023 年 8 月 26 日，《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》获省政府正式批复。

本项目 220kV 海底电缆穿越了揭阳市海洋发展区中的渔业用海区，不改变海域自然属性。海底电缆登陆岸段属于严格保护岸线，施工采用定向钻底部穿越的方式，不属于损害海岸地形地貌和生态环境的活动，不会造成岸线生态功能降低、长度减少、性质改变的情况。本项目是海上风电项目，符合整合风电资源，实现陆海协同发展的要求，同时风电的建设也将惠及民生，符合岸线分类管控的原则。

因此，本项目建设符合《揭阳市国土空间规划（2021—2035 年）》。

6.1.3 与《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》的符合性分析

2023 年 9 月 28 日，《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》获省政府正式批复（粤府函〔2023〕237 号）。

本项目风机位于海洋发展区中的工矿通信用海区，220kV 路由位于海洋发展区中的渔业用海区，具体见图 6.1.3-1。

图 6.1.3-1 项目用海与汕尾市国土空间规划的叠置图

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

本项目风场位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》中的揭阳神泉海上风电，登陆点位于揭阳惠来临港产业园，项目用海类型属于工业用海。项目实施是满足广东省电力需求快速发展的需要，有利于优化电源结构，加快推进集中集约用海区建设，助力港产城融合，建设世界一流沿海经济带。项目建设不占用岸线，对生态修复无不利影响，因此项目建设符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》。

6.2 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

6.2.1 项目所在海域海洋功能区划

《广东省自然资源厅关于明确市县级国土空间总体规划数据库启用条件及使用规则的通知》（粤自然资函〔2023〕630 号）明确在《广东省海岸带综合保护与利用规划（修编）》启用前，原海洋功能区划、海岛保护规划继续作为用海用

岛审批的依据。因项目登陆电缆位置不变、场址位置不变，仅调整场址内的风机布局和 35kV 连接电缆，因此本章内容与原补充论证报告书相同。以下仅概述项目所在及其周边海域的功能区及分析结论。相关的海洋功能区划有：《全国海洋功能区划》（2011-2020）、《广东省海洋功能区划》（2011-2020）、《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）。

项目调整后仍与原项目一样，符合《全国海洋功能区划》的要求。

项目调整前后与《广东省海洋功能区划》（2011-2020）中的周边海域内的海洋功能区划距离保持不变。各个功能区分布位置及与项目的位置关系见图 6.2.1-1、表 6.2.1-1。

图 6.2.1-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布示意图（广东省海洋功能区划）

表 6.2.1-1 项目与海洋功能区相对位置关系（广东省海洋功能区划）

序号	海洋功能区	与本项目最近距离、相对位置	功能区
1			
2			
3			
4			
5			

项目调整前、后与《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）中的周边海域海洋功能区的位置保持不变；各功能区与项目的相对位置关系见图 6.2.1-2、表 6.2.1-2。

图 6.2.1-2 揭阳市海洋功能区划示意图（绿色框为 10mg/L 悬浮物最大包络线）

表 6.2.1-2 项目与揭阳市海洋功能区相对位置关系

序号	海洋功能区	与本项目最近距离、相对位置
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

6.2.2 项目用海对周边海洋功能区的影响

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目建设能够影响到两个农

渔业区：珠海-潮州近海农渔业区、田尾山-石碑山农渔业区；一个航运区：前詹港口航运区。

项目建设对农渔业区的影响主要为建设期间风机、升压站基础的打桩、基床浅层淤泥整平和电缆敷设形成小范围的悬浮物扩散。扩散区域内，水质下降，悬浮物会造成鱼卵仔稚鱼、游泳生物、底栖生物死亡。但悬浮物的影响时间较短，能够在施工结束后尽快沉淀。风场桩基础压占珠海-潮州近海农渔业区的海底面积有限，仅限桩基础面积，不影响农渔业区的主导功能。

登陆电缆穿越前詹港口航运区。除了电缆施工外，本项目不会对前詹港口航运区的主导功能产生不利影响。电缆施工期间的悬浮泥沙扩散会对该区域的水质环境产生一定的短时间影响。此外，施工船只会对港口航运区的交通状况有一定的影响。

根据数值模拟计算结果，项目施工期间的悬沙扩散范围示意图表示，10mg/L浓度的悬浮物扩散范围边界，距离神泉海洋保护区和前詹海洋保护区均有一定的距离，且悬浮物影响时间较短，总体影响相对不大。因此，项目建设期间的悬浮物扩散不会对两个保护区的水质造成明显影响。

根据环保验收调查结果以及施工期生态环境跟踪监测结果显示，本项目建设期间严格落实了各项环保措施，施工期间未发生悬浮泥沙扩散影响，未对周围海域造成环境影响，未发生海洋珍稀动物及鸟类伤害事件，由此可见，工程建设过程中已落实《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，已避免或减少对毗邻海洋功能区的影响。

项目调整后对《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）中项目周边的海洋功能区的影响与原论证报告相同，对其中的农渔业区：揭阳近海捕捞区、神泉增殖区、港寮湾增殖区和神泉港-港寮湾捕捞区；港口航运区：前詹港口区等均具有短时间的悬浮泥沙扩散影响（悬浮泥沙扩散影响范围见图 6.2.1-2）。但影响是暂时的，施工结束后可以随之消失。项目施工期对海上交通有短期影响，但影响可控。对保护区的物种、生态系统、水文动力和地形冲淤没有明显影响。

6.2.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据前文分析，项目调整后仍与《全国海洋功能区划》（2011-2020）中的功能区目标没有冲突；与《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）相符合；与《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）相符合。具体分析参考原论证报告和原补充论证报告中的相关内容。

6.3 项目用海与“三区三线”中海洋生态保护红线的符合性分析

6.3.1 项目所在海域及周边海域的海洋生态保护红线

本项目不占用生态保护红线。项目在“三区三线”中的位置见图 6.3.1-1。

本项目论证范围内的海洋生态保护红线主要有前詹海岸防护物理防护极重要区、前詹珍稀濒危物种集中分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场，具体情况见表 6.3.1-1。

表 6.3.1-1 项目与海洋生态红线区及主体岸线相对位置关系

序号	名称	类型	与本项目最近距离、 相对位置
1			
2			
3			

图 6.3.1-1 项目位置与“三区三线”中海洋生态保护红线的叠置图

6.3.2 对海洋生态保护红线的影响分析

本项目不占用海洋生态保护红线。

根据环保竣工验收中施工期海域环境保护措施调查，本项目在施工过程中严格落实了各项环保措施，并且通过开展施工期的生态环境及渔业资源跟踪监测，施工期间未发生悬浮泥沙扩散影响，未对周围海域造成环境影响，未发生海洋珍稀动物及鸟类伤害事件，因此本项目的建设不会影响前詹海岸防护物理防护极重要区、前詹珍稀濒危物种集中分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场等海洋生态保护红线。

6.3.3 与海洋生态保护红线的符合性分析

综上，本项目不占用生态保护红线。项目施工期产生的悬浮泥沙会扩散至前詹海岸防护物理防护极重要区、前詹珍稀濒危物种集中分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场，但占用面积相对较小。虽然工程海缆施工期间对部分红线区域产生了不利影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响红线区以及红线区内敏感目标的功能。项目运营期间基本不影响周边生态保护红线。

根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，本项目不涉及填海造地，不占用生态保护红线，项目建设符合《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）》相关要求。

综上，本项目与“三区三线”中海洋生态保护红线相符合。

6.4 与相关规划的符合性分析

6.4.1 与《广东省海岸带综合保护与利用规划》的符合性分析

综上所述，本项目为风电项目，布局于神泉南部海域，符合规划对该区域的产业定位，同时项目的选址也符合海上风电场选址原则；本项目海底电缆登陆施工作业方式符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》中关于严格保护岸线的管理要求。因此项目与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》相符合。

6.4.2 与《广东省海岸带综合保护与利用规划（修编）》（征求意见稿）的符合性分析

本项目海底电缆登陆点临近规划中的严格保护岸段，采用定向钻的施工方式穿越岸线，在海缆登陆施工时，采用定向钻施工工艺，施工结束后对工作坑进行回填，恢复施工场区的地形地貌，未对地形地貌和生态环境造成损害。本项目不涉及围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，沙滩不设置永久性构筑物，因此，本项目的实施不会造成海岸线原有形态或生态功能改变。

因此项目与《广东省海岸带综合保护与利用规划（修编）》（征求意见稿）相符合。

6.4.3 与产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“第一类 鼓励类”中的“五、新能源”中“1.风力发电技术与应用”中的“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。因此，本项目的建设符合《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相符。

本项目建设内容与批复方案基本一致，其用海调整属于在原用海范围基础上进行微调，调整后的项目风机、升压站和集电海缆用海仍在原规划厂址范围之内。原论证报告和原补充论证报告中已经分析了本项目与《全国海洋主体功能区规划》《广东省海上风电发展规划》（2017-2030 年）（修编）、《汕尾港口总体规划》《揭阳港总体规划》等其他相关规划相符合，本报告不再赘述。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

根据《近海风电场工程规划报告编制办法》，从选址区域的风能资源、接入系统条件、交通运输、装机规模、自然资源、生态环境、区位社会经济、海洋功能区划等相关规划、环境保护要求、利益相关者协调等多方面因素进行综合分析项目用海选址的合理性。

7.1.1 宏观选址

宏观选址与原批复情况一致，不再赘述，仅描述结论。

7.1.1.1 风能资源条件

本风电场风能资源属于 5 级，风能资源丰富。本项目宏观选址适合风电场建

设。

7.1.1.2 自然资源和生态环境适宜性

（1）气象条件

本项目所处的揭阳市惠来县南侧海域属亚热带季风气候区，属广东省风资源分布较为丰富地区之一，具有较好的风电开发潜力。

因此，气象条件适宜本项目建设。

（2）工程地质条件适宜性分析

场区海底地形较为平缓，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，可能存在的不良地质作用主要为软土震陷和砂土液化。

风电场地段的场地类别属Ⅳ类，按《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)附录 E 中地震动峰值加速度调整系数表，建议风电场 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度按 0.12g 考虑，对应的地震基本烈度均为Ⅶ度，适合作为风电场场址。

调整后项目用海位置仍位于项目工程地质勘察范围内，项目风机基础和升压站基础仍为单桩和四桩导管架结构，因此项目风场区选址与工程地质条件的适宜性分析与原论证报告书一致，结论为：项目建设与所在海域的地质条件是相适宜的。

总体来看，本项目风电场区和路由区的地质情况基本适合海上风电场的建设。

（3）水文动力条件适宜性分析

本项目的建设与水动力条件是相适宜的。

（4）与区域生态环境的适宜性

总体上，针对项目施工对海洋生态影响采取合理的施工措施，并对项目造成生态损失进行一定的修复和补偿的前提下，项目选址与区域环境是相适宜的。

7.1.1.3 区位和社会经济条件适宜性

由于调整后本项目性质、地理位置及总发电容量与调整前一致，故项目用海与当地社会及产业发展现状的适宜性分析与原论证报告书一致。结论为：项目选址与当地产业经济发展是相适宜的。

7.1.1.4 场址周边环境制约因素

风电场工程的建设对该水域的通航环境有一定的影响,通过管理手段能够解决或缓解施工期间对通航环境的影响。经过通航论证报告分析,本项目场址距离大型船舶航路距离超过 1km,能够大大降低与船舶通航之间的不利影响。

7.1.1.5 与周边利益相关者的协调性

整体看,本项目与周边其他用海活动的影响属于可协调性质,具体的协调问题及协调途径已经明确。因此,项目用海选址与周边其他用海活动是具有适应性的。

7.1.1.6 与国土空间总体规划和相关规划的符合性

本次调整后,根据本报告书第 6 章的分析,项目用海符合《广东省国土空间规划(2020—2035 年)》《揭阳市国土空间规划(2021—2035 年)》《汕尾市国土空间规划(2021—2035 年)》《广东省海洋功能区划》(2011-2020 年)《揭阳市海洋功能区划》(2015-2020 年)《全国海洋主体功能区规划》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《产业结构调整指导目录》《广东省海上风电发展规划》(2017-2030 年)(修编)、《汕尾港口总体规划》《揭阳港总体规划》等规划,符合“三区三线”中海洋生态保护红线。

7.1.1.7 与相关用海控制指标要求的符合性

根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》(国海规范〔2016〕6 号)与《国家能源局国家海洋局关于印发<海上风电开发建设管理办法>的通知》(国能新能〔2016〕394 号),鼓励海上风电深水远岸布局,在当前和未来开发强度低的海域选址建设,原则上应在离岸距离不少于 10km、滩涂宽度超过 10km 时海域水深不得少于 10m 的海域布局。本项目选址处水深在 33m~39m 之间,厂址中心离岸距离约 27km,符合《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》(国海规范〔2016〕6 号)“双十”的要求。

7.1.1.8 与风电管理规划的符合性

《广东省海上风电发展规划(2017-2030 年)(修编)》规划中揭阳神泉海上风电场规划装机容量 75 万千瓦,场址位于揭阳神泉镇南部海面,规划中明确提出,神泉海上风电场为 2018 年重点推进项目。本项目作为神泉风电场的一期工程,场址位于规划风电场西部。受规划要求限定,本项目宏观选址具有唯一性。

7.1.2 微观选址

风电场微观选址是在宏观选址选定的小区域中确定工程位置。

微观选址分为路由选线方案、风机单机容量选择和排布比选、升压站方案比选以及升压站选址等，建设方案与批复方案有变化的是 F32、F33 号风机位置及两个风机位置变化造成的 35KV 海缆走线变化。风机路由选线方案、单机容量选择和排布比选、升压站方案比选以及升压站选址在前两次已得到了论证，且建设方案与批复方案一致，本报告不再赘述，本报告只描述 F32、F33 号风机位置的调整及 35KV 海缆变化情况。

在项目实际建设过程中，因施工单位在风机单桩基础施工时出现了测量校准问题，导致 F32、F33 号风机发生了位置偏移，如图 7.1.2-1 所示，其中 F32 号风机向西偏南偏移距离约 289.12 米、F33 号风机向西偏南偏移距离约 248.91 米，对应两个风机两侧 35KV 海缆进出位置有约 0.7339 公顷在批复范围外（行政处罚告知书（粤惠来海综听告（2023）80 号））。

从整个风电场来看（图 7.1.2-2），因施工测量校准问题引起的微观选址变化对风机排布影响较小，风机偏移量不大，整体位置基本与批复相符。

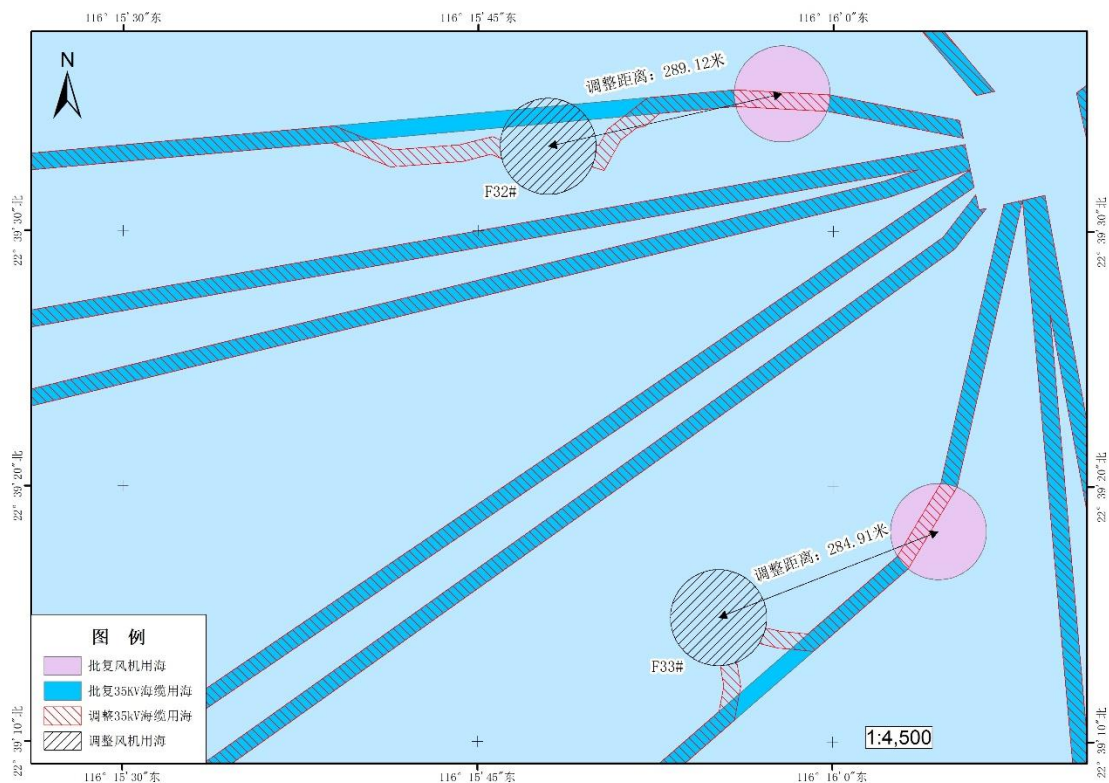


图7.1.2-1 风机位置及35KV海缆走线变化图

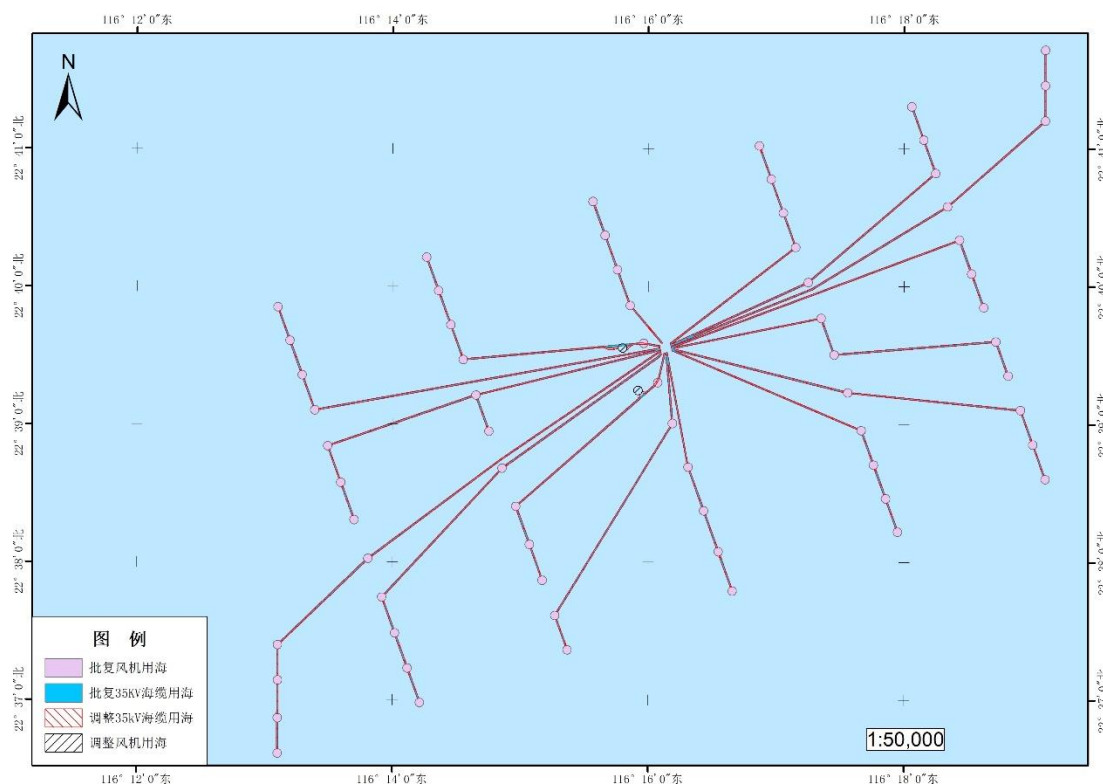


图7.1.2-2 风机位置及35KV海缆变化前后对比图

7.1.3 小结

根据以上分析，本次调整后项目的宏观选址方案与批复方案一致，微观选址发生一定变化，主要变化为 F32、F33 号风机发生位置偏移、对应两个风机两侧 35KV 海缆进出位置多占用了海域。依据近海风电场选址原则，本次调整后项目选址与自然资源和生态环境相适宜，风资源较丰富；所在区域的区位和社会条件能满足项目建设的要求；场地稳定性和工程地质条件较好，在采取必要的桩基础结构和合理的施工方案等工程措施的前提下，项目选址能满足相应场地要求；项目选址符合国土空间规划；项目建设有利于该区域海洋经济的协调发展，对周边海域的资源环境影响较小；项目在协调好与周边利益相关者的关系前提条件下，选址与周边其它用海活动是适宜的。因此，通过以上对宏观选址和微观选址的分析，本报告书认为本次变化后的项目用海选址是合理的。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 体现节约集约用海原则

本项目规划装机容量 400MW，实际装机容量为 406.5MW，包括 37 台 5.5MW、29 台 7MW 风电机组，1 座 220kV 海上升压站，66 台风机通过 16 回 35kV 集电

海底电缆接入 220kV 海上升压站升压后，通过 2 回 220kV 电缆送出电能至陆上控制中心。登陆点在统一规划的登陆段选取，路由用海与神泉二电缆走向一致，已充分考虑现有管廊布局。根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6 号），海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。本项目每 10 万千瓦包络海域面积为 15.9 平方公里，符合国家海洋局规定的用海控制要求，符合集约节约的原则，提高了该海域资源利用效率，并且通过平面布置的优化使外围风机包络范围均在场址规划范围内，同时实现发电效益最大。

综上，本项目用海平面布置体现了节约集约用海的原则。

7.2.2 有利于生态和环境保护

本项目建设风电机组和 35kV 集电海底电缆，风机之间有一定的间距，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域不可逆的生态影响。风机桩基基础采用单桩基础结构，通过沉桩施工打入海床底土，桩基可发挥人工鱼礁的功能，本项目正式运营后，场区范围禁止捕捞作业，具备人工鱼礁的属性，对改善海域生态环境，营造海洋生物栖息的良好环境，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所。因此，项目平面布置基本不会对所在海域的生态环境保护造成不良影响。

根据《海上风电开发建设管理办法》，在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。本项目未在海洋生态保护红线内布局。

7.2.3 最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目送出海缆与集电海缆电缆埋设于海床以下，不会对水动力及冲淤环境造成影响。就数值模拟结果来看，风电场桩基建设造成的影响较为有限。在装机总容量 400MW 的前提下，建设时采用的风电机组单机容量较大，风电机组所需布设的台数相对减少，桩基施工数量减少，有利于减缓项目建设对水文动力环境、冲淤环境的影响。根据冲淤分析，本项目建设对周边海域的水文动力环境、冲淤环境总体影响不大，影响范围基本局限于风电场规划场址范围及周边一定范围的

海域。

7.2.4 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，项目周边的开发活动主要有航道、航路、锚地、海上风电场、倾倒区、养殖区、海洋保护区和其它工程用海等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目的利益相关者为中海油粤东液化天然气有限责任公司；协调部门有航道、航路与渔业主管部门。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 项目用海方式的合理性

风机基础的用海方式为构筑物用海（一级方式）的透水构筑物用海（二级方式），海底电缆的用海方式为其他用海方式（一级类）中的海底电缆管道（二级类），本次调整前后，用海方式不变。本节通过是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，可能采用透水式、开放式的用海原则；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；能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；能否最大程度地减少对水文动力及冲淤环境的影响分析项目用海方式的合理性。

7.3.1 遵循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

项目建设风机和海底电缆，用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道，不涉及填海和非透水构筑物用海，风机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 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

本项目建设风机、海上升压站、送出海缆和集电海缆，中心离岸距离约 27km，不占用岸线。项目用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道。虽然项目建设需占用一定的海域，但透水构筑物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 有利于保护和保全区域海洋生态系统

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。

项目风机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。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，尽可能减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响。

7.3.4 能最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目透水构筑物和海底电缆管道用海能够保证水流的通畅，虽占用一定海域面积，但对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。因此，本项目用海方式能够最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

因此，本项目用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

根据广东省 2022 年批复海岸线，本项目登陆段所在岸线为自然岸线，因该区域有土地权属（惠府集有(2012)第 0429001 号集体土地），为避免发生权属重叠，申请的用海范围边界以与土地权属边界重叠，与岸线不相交，具体情况见图 7.4-1。

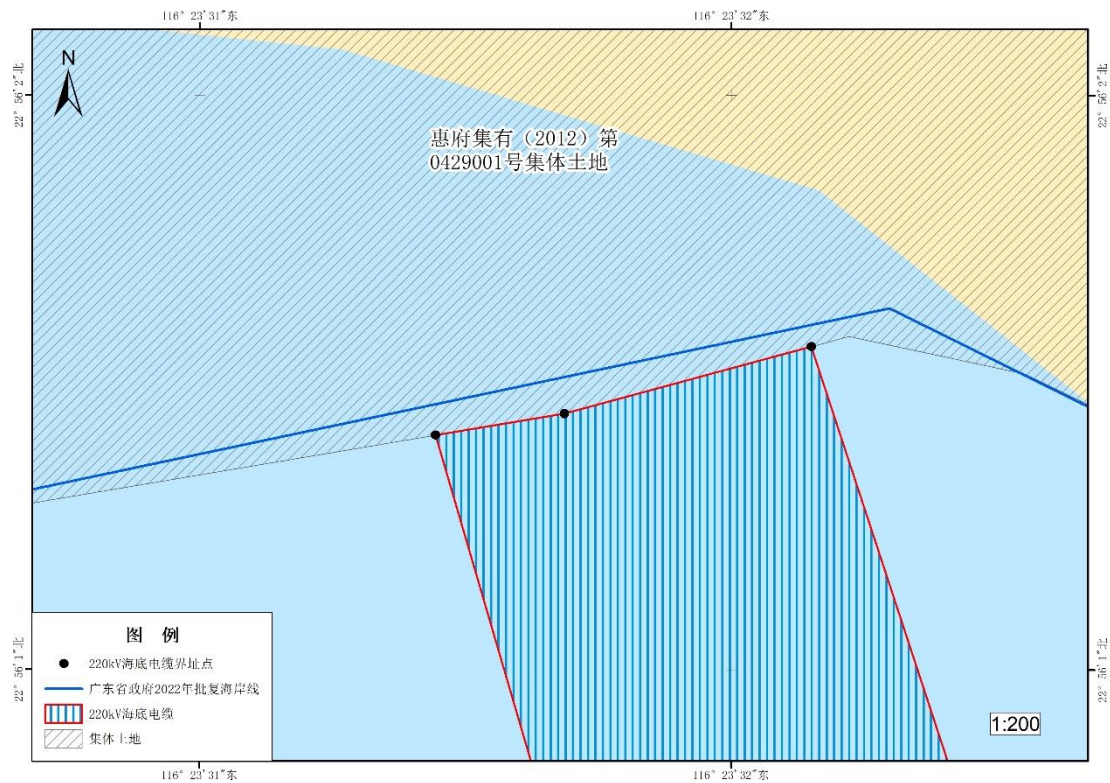


图 7.4-1 登陆点附近拟申请权属范围与岸线的关系示意图

根据《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》相关要求：严格保护岸线需要按照生态保护红线有关要求管理，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止在严格保护岸线范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

本项目定向钻底土穿越海岸线，不破坏海岸线，不设置永久性构筑物，不涉及采挖海沙、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动，有利于维持岸线原有的生态功能，项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响，对大陆自然岸线影响较小，符合岸线管控要求，对岸线的使用没有严格排他性。

《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149 号）明确提出：用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。根据以上要求，本项目不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化，也没有严格排他性，因此无需进行岸线占补。

7.5 用海面积合理性分析

项目实际用海总面积为 472.4452 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 70.2481 公顷，升压站（透水构筑物）用海面积 1.9586 公顷，220kV 海底电缆用

海面积 251.3604 公顷，35kV 集电线路海底电缆 148.8781 公顷。申请的用海期限截止至 2047 年 9 月 26 日。

表 7.5-1 调整前后各单元用海情况比较表

用海单元	批复用海面积 (公顷)	实际用海面积 (公顷)	用海面积比较 (公顷)
风机	70.2481	70.2481	0
升压站	1.9586	1.9586	0
35kV 集电线路海底电缆	148.6137	148.8781	+0.2644
220kV 海底电缆	251.3604	251.3604	0
总面积	472.1808	472.4452	+0.2644

7.5.1 用海面积合理性

7.5.1.1 项目用海面积是否满足用海需求

本项目已建设内容分为风机、海上升压站、35kV 集电海缆以及 220kV 送出海缆。海上升压站与 220kV 送出海缆建设情况与批复方案一致，面积也未发生变化，因此仅放结论不再赘述，仅分析 35kV 集电海缆和风机用海需求。

1、35kV 集电海缆用海需求

据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海需求。本项目 35kV 集电海缆因风机 F32、F33 移位，导致该两个风机的进出集线海缆有部分不在批复范围内，根据处罚测量结果，35kV 集电海缆用海处罚面积为 0.7339 公顷，除此之外，35kV 集电海缆实际用海与批复用海保持一致。结合批复情况进行综合分析，35kV 集电海缆因风机 F32、F33 移位增加的用海面积为 0.2644 公顷，满足项目用海需求。

2、风机用海需求

根据《海籍调查规范》“海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和”，因此本项目风机用海面积与风机基础的尺寸是密切相关的。本次调整用海前后用海面积没有变化，仅风机 F32、F33 有移位，用海面积满足项目用海需求。

综上，项目拟申请用海面积 472.4452 公顷能够满足项目用海需求。

7.5.1.2 用海面积是否符合相关行业的设计标准和规范

（1）项目用海面积符合用海控制指标要求

根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6 号），海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。本项目风机包络线面积 58.5 平方公里，装机容量为 400MW，每 10 万千瓦包络面积约 15.9 平方公里，调整前后无变化。因此，本项目用海面积符合海上风电用海控制指标要求。

（2）与《风力发电场设计技术规范》等风电行业规范相符合

本项目风电场的设计按照《风力发电机组设计要求》(GB/T18451.1-2012)、《风力发电场设计技术规范》(DL/T5383-2007)、《风电场工程等级划分及设计安全标准》(FD002-2007)、《风电机组地基基础设计规定》(FD003-2007)、《风力发电场设计规范》(GB51096-2015)、《海上风电场工程施工组织设计技术规定》(NB/T31033-2012)等专业技术规范标准进行，海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》(GB/T51190-2016)等的要求。本项目风机间集电线路采用海底电缆，结合站址内风机及升压站的布置，集电线路电压采用 35kV，各回路连接 3~5 台风机，不交叉重叠连接风机，因此计算面积为各回路电缆用海面积之和是合理的。本项目设计符合风电等相关规范的设计要求。

（3）与《海籍调查规范》相符合

海岸线确定原则和方法依据以《全国海岸线修测技术规程》(自然资办函〔2019〕1187 号)及《海岸线调查统计技术规范》(DB33/T2106-2018)规定的方法确定，本项目海岸线为广东省政府 2022 年批复海岸线。

本项目用海类型为电力工业用海，用海方式为透水构筑物 and 海底电缆管道。

根据《海籍调查规范》中第 5.4.2.5 节电力工业用海：“海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和；海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。第 5.3.2.2 节透水构筑物用海：“透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线

为界。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”。考虑海上升压站为高压带电设施，其安全防护要求较高，增加到外扩 50m 为限。因此项目海上升压站用海面积的确定基础为海上升压站的总投影范围。

本项目风机以其基础外切圆外扩 50m 为半径的圆为界确定界址点；220kV 与 35kV 海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定界址点。海上升压站以升压站最大尺寸边缘垂直投影外扩 50m 计算界址点。

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。本项目海底电缆用海以外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，220kV 与 35kV 海底电缆与风机、海上升压站用海面积部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机基础和海上升压站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除。

7.5.1.3 减少项目用海面积的可能性

本项目的设计在满足风电工程尾流控制和安全性等需求的基础上，已经按照集约节约用海的原则，并以尽可能减少风电场占用海域面积为目标，对本项目的平面布置做了多次优化；同时，考虑到本工程周边海域航道、航路、锚地、海上风电场、倾倒区、养殖区、海洋保护区和其它工程用海等开发利用现状的用海需求，对本项目的平面布置做了优化。因此现阶段，不存在减少用海面积的可行性。

7.5.2 宗海图绘制

7.5.2.1 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》，国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站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 44503420。

（2）执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》(HY070-2022)；

《海域使用分类》(HY/T123-2009)；

《海籍调查规范》(HY/T124-2009)；

《宗海图编绘技术规范》(HY/T251-2018)。

7.5.2.2 宗海图的绘制

（1）界址点的确定方法

本项目用海为 1 宗海，有透水构筑物、海底电缆管道两种用海方式，共 4 个用海内部单元构成。根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），本项目用海界址点如下，具体列于表 7.5.2.2-1：

以风机基础圆心点为界址点，用海范围为中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆；

升压站以升压站最大尺寸边缘垂直投影外扩 50m 的折点为界址点；

电缆管道以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 的折点为界址点，其中 220KV 电缆管道登陆段以土地权属（惠府集有(2012)第 0429001 号集体土地）边界折点为界址点。

7.5.2.2-1 界址点确定依据

用海单元	界址点	依据
风电机组	见国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线	以风机基础圆心点为界址点
升压站		最大尺寸边缘垂直投影外扩 50m 的折点为界址点
35kv 集电海缆		以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 的折点、与风机/升压站的用海范围交点为界址点
220kv 送出海缆		以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 的折点、与升压站的用海范围交点、登陆段以土地权属边界折点为界址点

（2）宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的 80108（石碑山角至遮浪角）为底图绘制，该海图图式采用 1998 年版海图图式。

将项目用海图斑叠至上述的底图之上，经过相应地图整饰，绘出宗海位置图。

（3）宗海界址图绘制的绘制方法

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 Arcmap 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》（HY/T124-2009）中对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围，并按《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）的相关要求绘制宗海界址图。

7.5.2.3 宗海界址点坐标及面积的计算方法

(1) 宗海界址点坐标的计算方法

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

高斯投影反算公式：

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

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

(2) 宗海面积的计算方法

风机用海面积采用圆面积计算方法。

海缆与升压站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。借助于 ARCGIS 的软件计算功能直接求得用海面积。

(3) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 472.4452 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 4 个用海内部单元构成，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆用海面积 400.2385 公顷。

7.5.3 用海面积量算的准确性

本项目风电机组共布设风机 66 台，经由海底电缆连接，汇入海上升压站，再通过海底电缆接入陆上集控中心。根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）和《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）完成本项目的海域测量及宗海图编制工作。

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）5.4.2.5 电力工业用海：e）水下发电设施及潜堤用海，以发电设施外缘线外扩 50m 距离为界；f）海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；g）海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。

（1）风电机组基础用海面积

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）的规定：风机塔架用海范围确定是以塔架中心点为圆心，半径为塔架中心点与塔架基础最外缘点连线外扩 50m。

本工程共安装风电机组 66 台，其中，上海电气 7MW 风电机组 29 台，明阳智能 5.5MW 风机 37 台。本项目风机塔架包括风机基础和上接外平台，外平台尺寸投影面积，远远大于单桩最大投影面积，因此本项目单个风机宗用海范围确定为风机基础中心至外平台最外缘点距离为半径做圆后外扩 50m 形成的区域，用海范围界定示意图 7.5.3-1，其中 5.5MW 风机半径为 8.412m，7MW 风机半径为 9.250m。利用专业制图软件 ARCGIS 进行量算面积，项目总风机用海面积为 66 台风机用海面积之和，总面积为 70.2481 公顷。这样确定的用海范围可以满足风机的用海和安全要求，量算面积准确合理。

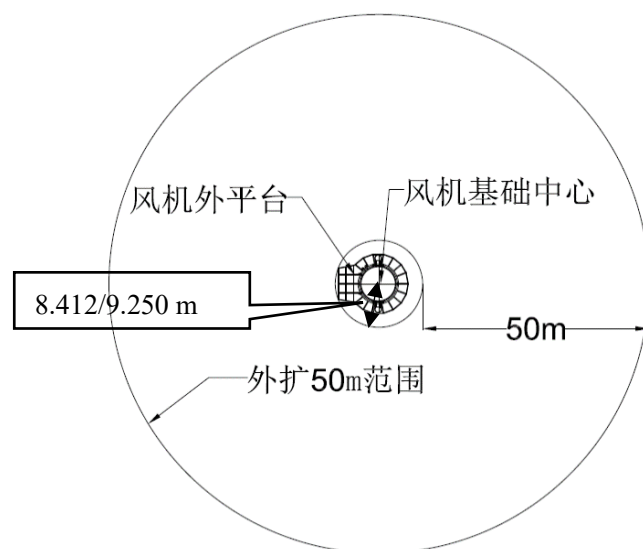


图7.5.3-1 单个风机用海范围界定示意图

（2）海底电缆用海面积

根据《海籍调查规范》海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，本项目两个风机之间 35kV 海缆是采用 1 回传输，220kV

海缆采用 2 回传输。

本项目 35kV 集电线路采用单根三芯的海底电缆，电缆自身直径取 15cm，根据规范要求，海底电缆用海范围确定为海缆外缘线向两侧外扩 10m 形成的区域，因此 35kV 集电线路永海通道宽度约 20.15m，用海范围示意图 7.5.3-2。本项目 220kV 海底电缆采用两回三芯的海底电缆连陆，电缆自身宽度 26cm，根据水深确定两回电缆间的安全距离，在登陆和送出时两根海缆逐渐集中共用一个登陆点和一个送出点。220kV 海底电缆用海范围以两海缆最外缘线基础上各向两侧外扩 10m 形成的区域，同时包含 2 回缆之间的间隔范围，用海范围示意图 7.5.3-2。另外，因风机、升压站用海方式为透水构筑物，海域使用收费标准高，所以海底电缆用海面积中应去除和风机、升压站的用海面积重叠部分。利用专业制图软件 ARCGIS 进行量算面积，项目 35kV 海底电缆用海面积为 148.8781 公顷，220kV 海底电缆用海面积为 251.3604 公顷。

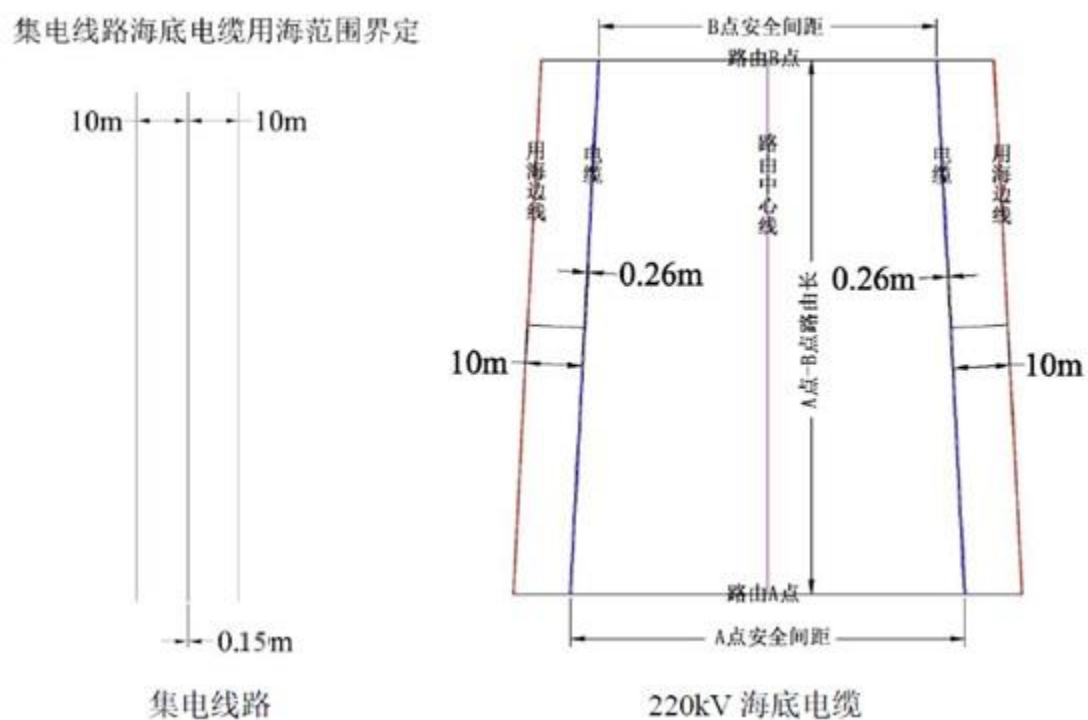


图7.5.3-2 单回路海底电缆用海范围界定示意图

(3) 升压站用海面积

根据《海籍调查规范》中第 5.3.2.2 节透水构筑物用海：“透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界。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”。考虑海上升压站为高压带电设施，其安全防护要求较高，增加到外扩 50m 为限。因此升压站的用海范围确定为海上升压站的上部平台的垂直投影的外缘线外扩 50m 形成的区域，平台结构的最大投影尺寸为 44.678m×35.376m，用海范围界定示意图 7.5.3-3。利用专业制图软件 ARCGIS 进行量算面积，单个升压站用海面积为 1.9586 公顷，这样确定的用海范围可以满足升压站的用海和安全要求，量算面积准确合理。

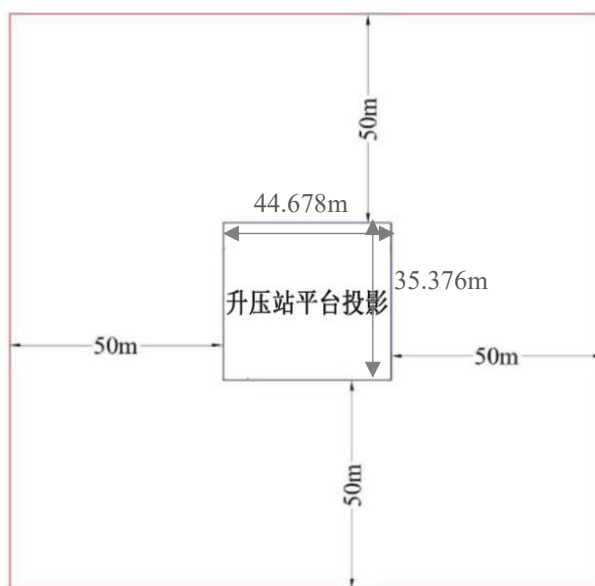


图7.5.3-3 海上升压站用海范围界定示意图

综上所述，项目实际用海总面积为 472.4452 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 70.2481 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 1.9586 公顷，220kV 海底输电电缆用海面积 251.3604 公顷，35kV 集成电路海底电缆 148.8781 公顷。申请用海宗海位置图见图 7.5.3-4，宗海平面布置图见图 7.5.3-5，宗海界址图见图 7.5.4-6~图 7.5.4-8，界址点坐标见附页 3~7，宗海内部单元列表（续）见附页 1~2。用海面积量算符合相关规范，量算准确。

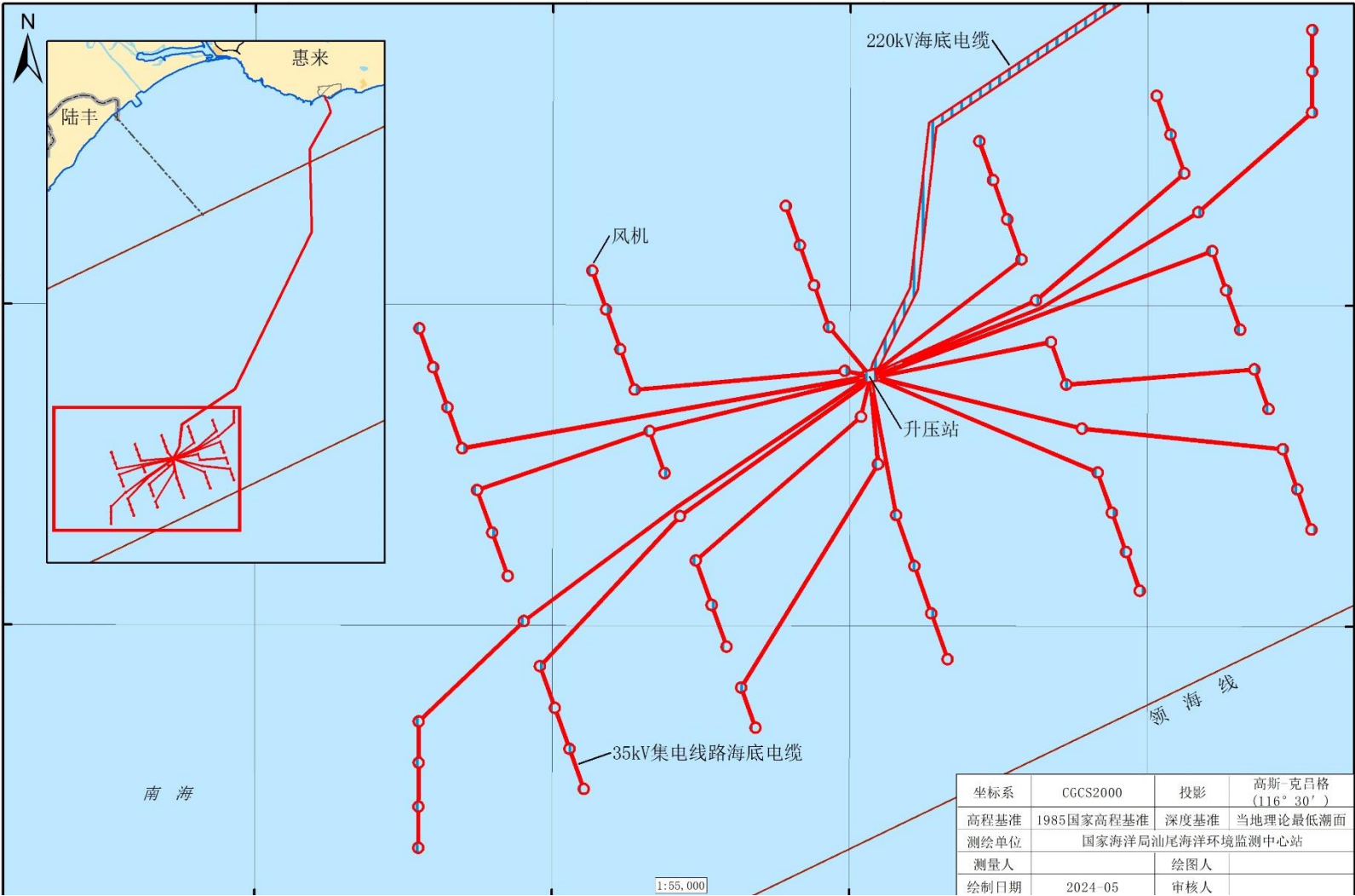
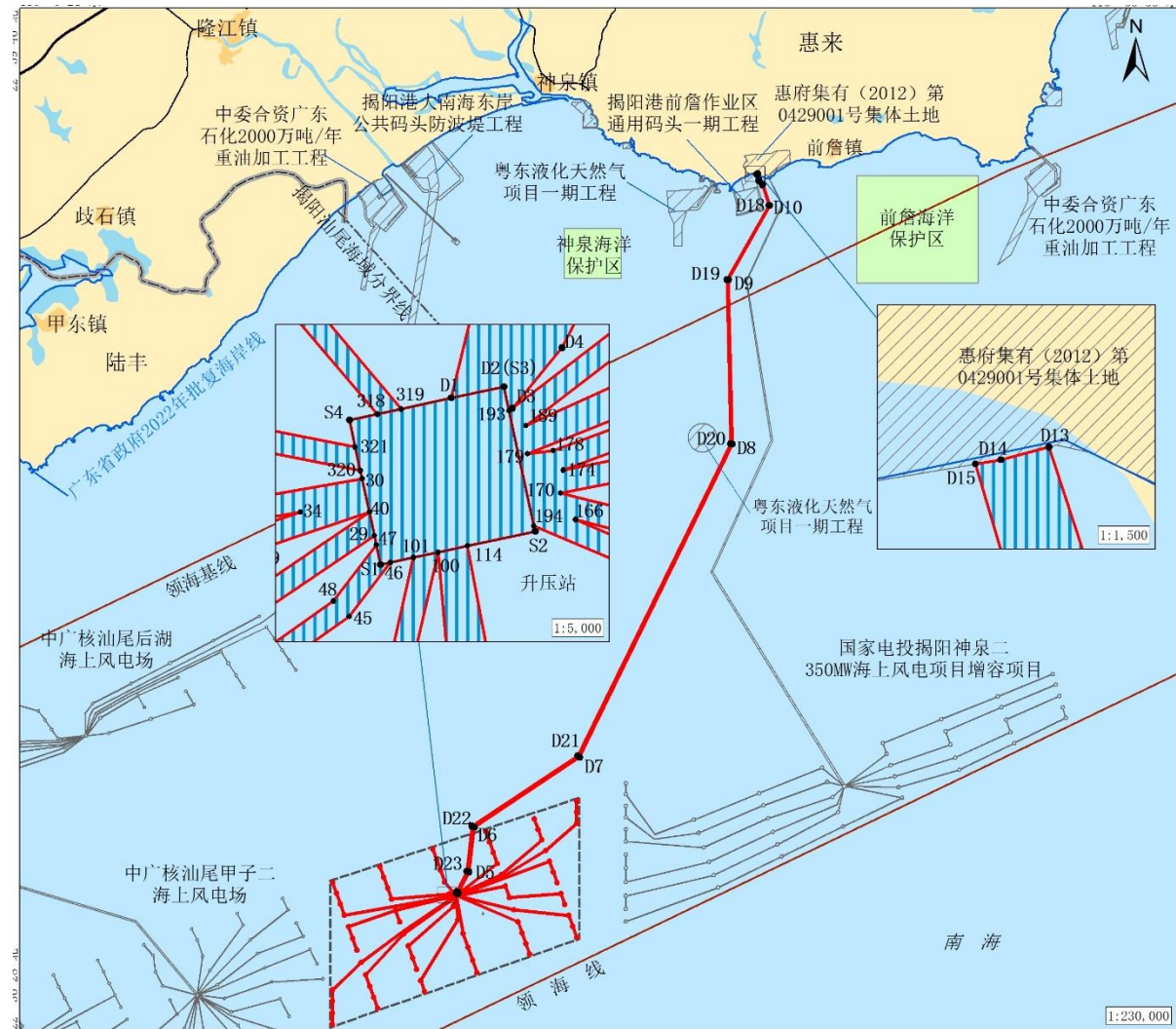


图 7.5.4-5 宗海平面布置图



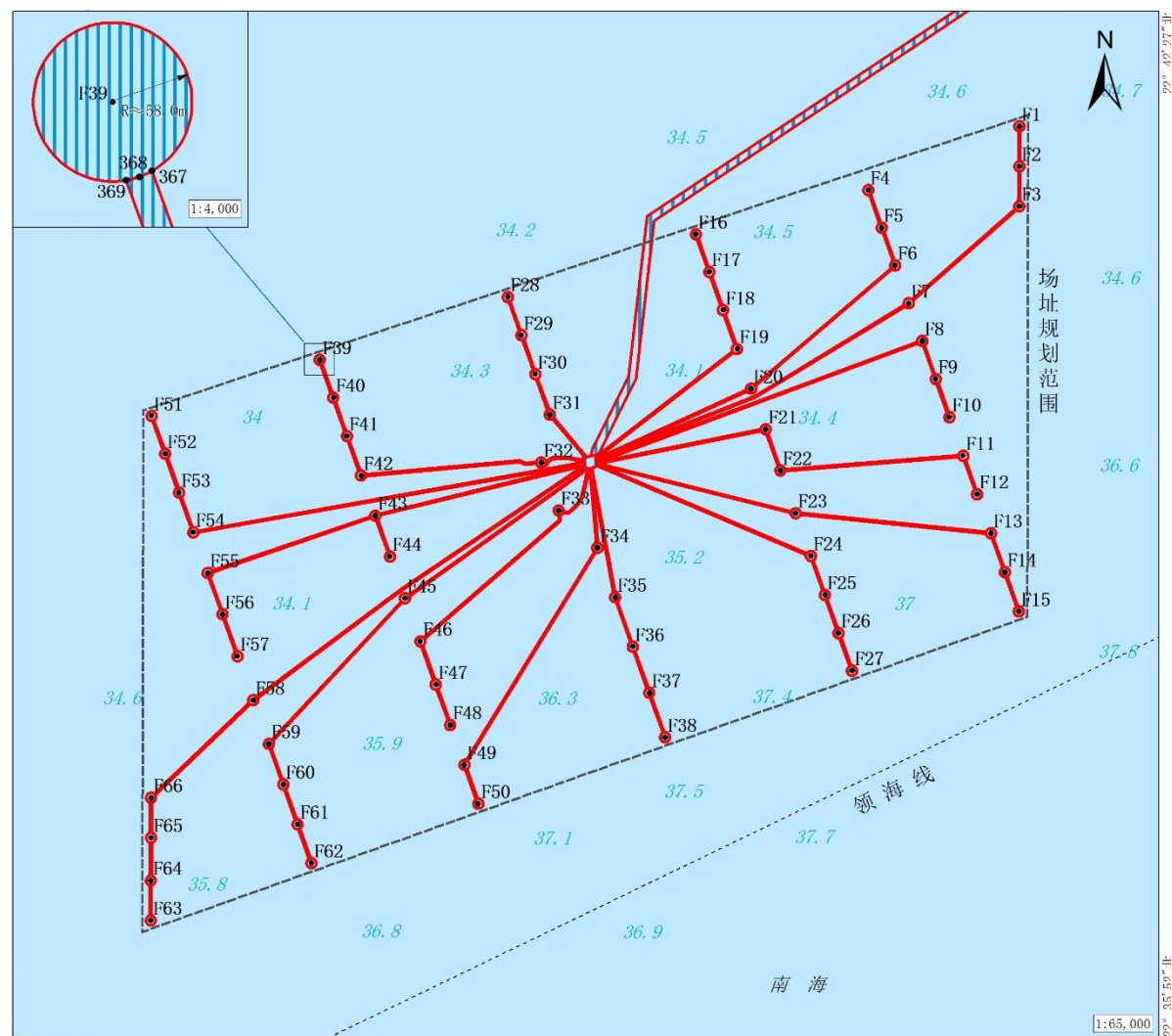


图 7.5.4-7 宗海界址图（风机）

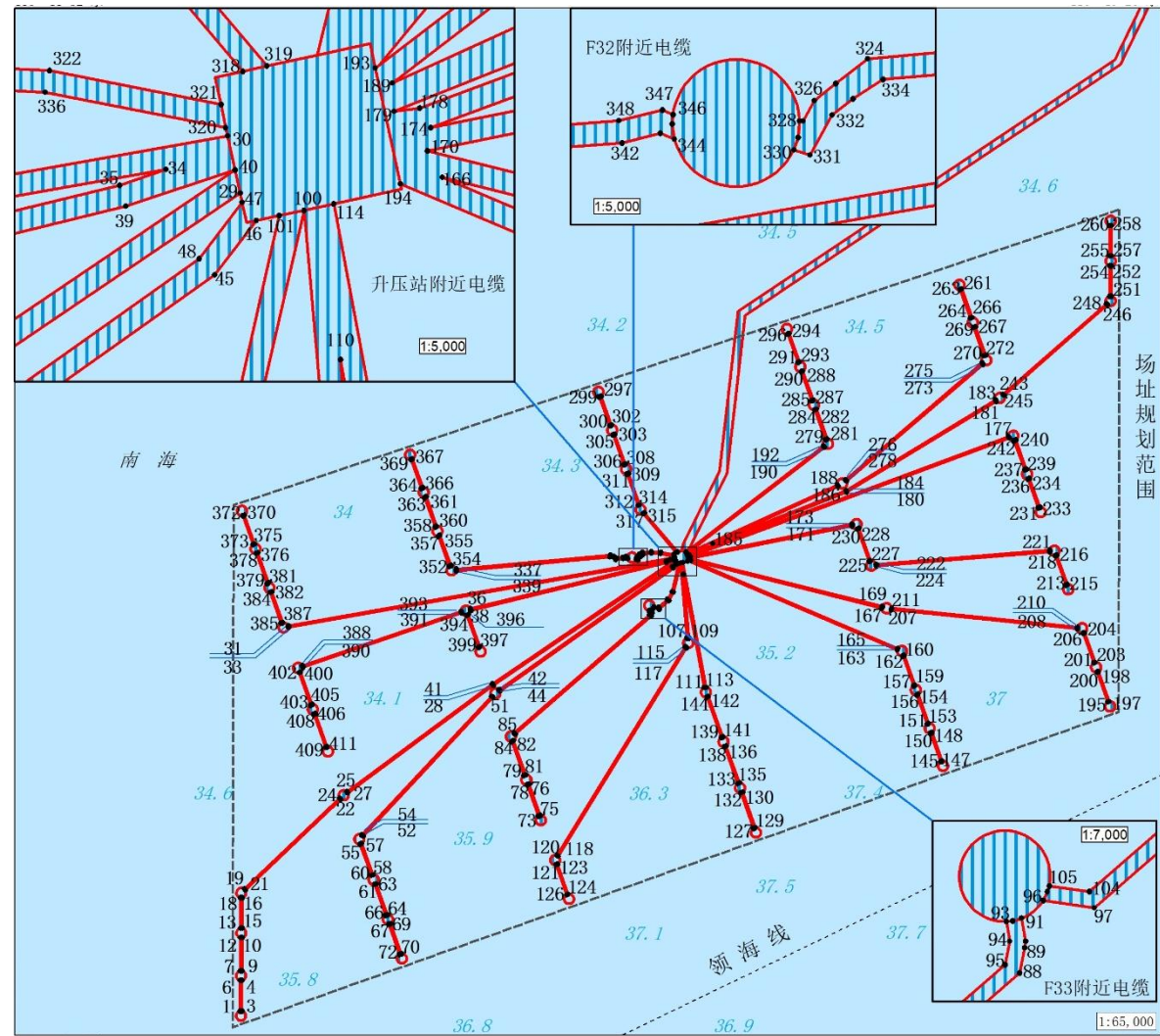


图 7.5.4-8 宗海界址图（集电线路）

- 附页 1 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）
附页 2 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）
附页 3 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）
附页 4 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）
附页 5 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）
附页 6 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）
附页 7 国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目宗海界址线（续）

7.6 用海期限合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定，其中港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目工程用海属于《中华人民共和国海域使用管理法》中的建设工程用海，工程风机基础结构防腐蚀设计按 27 年考虑，风机的设计服务年限为 25 年，工程建设期为 19 个月。

调整后项目申请用海期限不变，结合国家对项目用海年限的规定、工程设计年限及施工工期安排，调整后本项目拟申请用海期限为 27 年，截至日期仍为 2047 年 9 月 26 日。期满后，如有需要可按照有关规定再行申请续期。项目用海期限既可以满足项目设计年限和用途需求，又符合相关规定，是合理的。

8 生态用海对策措施

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。本项目海底电缆铺设于海底，送出海缆登陆段的海岸为砂质沙滩，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式经地底下穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能。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，提出生态用海对策，并参照《围填海工程生态建设技术指南（试行）》和海洋生态保护修复的相关要求提出海洋生物资源恢复的生态修复措施。计划在取得用海批复后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 生态保护对策

8.1.1 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。

8.1.2 施工阶段生态保护对策

8.1.2.1 海上污废水处置措施

（1）对于本项目所采用的各类施工船舶，在水上作业时应遵照交通部发布的《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》中对海上施工船舶的要求管理，禁止直接向海城水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。

（2）严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》和 73/78 国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海城排放。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；对船舶油污水进行统一收集运至岸上，委托具备相应能力的公司接收处置。

（3）对工程施工期间，各类供给船、铺缆船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水，需统一收集运至岸上处理，并委托具备相应能力的单位接收处置。

（4）甲板冲洗水可直接排放入海。但甲板上偶尔出现的少量油(通常是润滑油)应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油演湿，应及时采取措施,用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向海事局报告。

（5）加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄湿，减少海水受污染的可能性。

（6）本工程送出海缆登陆采用定向钻工艺施工，从海床下定向钻穿越，防止施工造成悬浮泥沙扩散对水质造成影响。

8.1.2.2 海上固体废弃物污染防治措施

（1）施工垃圾及生活垃圾

对于施工期船舶施工人员产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。

根据地方环卫部门制定的垃圾收运方案，本项目施工期施工人员生活垃圾可统一收集定期运至垃圾压缩站纳入大陆市政公用垃圾处置系统。

（2）扫海清障固体废弃物的处置

对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

（3）废弃焊头、废弃包装处置

风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业电配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上处置。

（4）吸泥施工产生的淤泥和定向钻土石处置措施

本工程海上风机采用单桩基础，不涉及吸泥，同时采用法兰连接风机和基础，不涉及灌浆施工。海上升压站采用四桩导管架基础，为增加塔架与钢管桩基础连接强度，需吸泥后灌注混凝土施工，根据可研单位设计，钢管桩吸泥总量为 160m^3 。同时，海缆登陆段采用定向钻施工，定向钻挖出土石合计约 182m^3 。施工产生的淤泥吸出后将储存于驳船上，统一运回大陆交由有资质的单位处理，不在海区进行排放。

（5）灌浆的处理处置

海上升压站采用基础上设置灌浆封闭器和溢浆管来观察、控制，施工过程中采用水下视频监控和潜水员探摸进行灌浆确认。最后施工完成后，剩余的灌浆料统一运回大陆交由有资质的单位处理。

8.1.2.3 电磁污染防治措施

针对海上升压站及海缆，应减少电力设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电。

8.1.2.4 其他环境保护措施

（1）《MARPOL73/78 附则 VI—防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7 月 1 日生效，本项目施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。

（2）施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹黄吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，达到理想的消声量和隔声量，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

（3）加强施工船舶管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物的产生。

8.1.2.5 减轻施工对珍稀海洋生物的影响

（1）开工前对桩基 1km 保护范围内的海龟和海洋哺乳动物（如有）尽可能地驱赶。在进行风机桩基打桩前派遣巡逻船只巡查，确认施工保护范围有无海洋哺乳动物活动。

（2）水上桩基础施工应避免采用撞击式的打桩作业方式，建议采用环保型液压式打桩机，采用液压式打桩也应采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度。同时鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出控制，在时间上控制一次一桩。

（3）桩基周围建议采用气泡帷幕（Bubble curtain）等屏蔽措施，减缓噪声能量的散播。

8.1.2.6 减轻施工对海域底栖生物的影响

（1）优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。

（2）严格限制工程施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

（3）施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

8.1.2.7 渔业生产和渔业资源保护措施

（1）春、夏季（5~7月）是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设应降低施工强度。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩，以驱赶桩基周围的鱼类，为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。

（2）对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

（3）施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解项目施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

（4）施工期对在该海域从事渔业捕捞生产的渔民造成捕捞生产净收入减少。因此，为减缓本项目实施对渔民的影响，建议建设单位与当地渔业主管部门协商，落实对捕捞渔民的补偿。

8.1.2.8 鸟类保护措施

应对风电场施工机械及人员进行严格管理，合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过场址应适当停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小施工期对鸟类的影响。

根据研究鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为减少鸟类碰撞风机叶片的机会，根据日本等地的成功经验，风机的叶片应当用橙红与白色相间的警示色，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避，以减少鸟只碰撞风机的几率。最好在风机上加设闪烁灯光，以减少在夜间迁徙的鸟类碰撞风机的几率。此外，为减少反射阳光对雀鸟的影响，风力发电机的机件使用非反光涂料。

在整个施工期内，由建设单位委托的环保专职人员承担生态监理。通过制定相应的环保手册对施工人员、施工区域、施工方式、施工时间进行有效的指导。开工前，在工地及周边设立爱护鸟类、鱼类和自然植被的宣传牌。在整个施工期内，由建设单位委托的环保专职人员承担生态监理，采用巡检监理的方式，对材料堆放、施工方式、施工机械进行环境监理，检查生态保护措施落实及施工人员的生态保护行为。施工人员进场后，立即进行生态保护教育。明确禁止施工人员进入候鸟群分布区，杜绝猎杀鸟类的行为。同时，夜间禁止鸣笛，减少噪声对鸟类的惊扰，并尽量避免在鸟类大规模迁徙时段施工。

8.1.2.9 自然岸线保护措施

本项目路由登陆点所在岸线为自然岸线-砂质岸线，属港寮湾严格保护岸段。为将工程建设对岸线的影响降至最低，经反复论证，工程优化了海缆铺设施工工艺，采用定向钻施工工艺，施工结束后对工作坑进行回填，恢复施工场区的地形地貌，避免对地形地貌和生态环境造成损害。除采用先进的施工工艺外，施工和

建设单位还应执行更为详细的自然岸线保护措施，主要包括：

（1）登陆点施工时，根据路由走向和登陆点坐标确定钻孔工作坑位置，严格划定施工作业区，尽可能缩小施工作业区面积，并向行政主管部门报备；

（2）施工开始前，确定施工项目组环保责任人，并对施工进场人员进行环保意识教育，明确环保责任；

（3）在施工现场，设置明显的警示牌，警示施工人员保护岸滩环境；

（4）施工生产生活污水、生产生活垃圾和机械设备冲洗水，禁止随意排放，需统一收集后集中处置；

（5）施工结束后对定向钻工作井进行回填，恢复施工场区的地形地貌，并做好场地卫生清理工作。

8.1.3 运营阶段生态保护对策

8.1.3.1 风机减震降噪措施

风机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是风力发电机组的主要噪声源，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，使齿轮和轴承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。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

8.1.3.2 含油废弃物收集措施

对风机及相关设备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专业单位处理。

8.1.3.3 鸟类保护措施

在运营期，通过设立鸟类观察救助站，采用雷达监控设备，持续监测风场对鸟类的影响；特别是在候鸟迁徙高峰的时候，及时观测鸟类动向。在候鸟大规模迁徙期间，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，可以采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶。万一发现鸟类伤亡，应及时救治受伤鸟只，鸟类观察救助站人员应当接受专业鸟类知识培训，并将伤亡记录及时向有关单位汇报。

运营期应该注意监督建设单位的生态保护措施是否到位，观察生态补偿措施效果；风电场运营的时候，在候鸟迁徙高峰来临时应该关闭风机。要对风电场的管理人员进行鸟类知识的宣传和相关指导，并和鸟类管理保护单位建立必要的工作联系，使其对鸟类的干扰降低到最低程度。

加强鸟类监测。协同专业人员，开展风电场区域鸟种类和数量监测。在鸟类迁徙季，特别是冬春期间（11 月 30 日至 3 月 15 日、春季 3 月 20 日~5 月 30 日、秋季 8 月 1 日~10 月 30 日）要密切观测候鸟动向，做好观测记录。风电场建成后，应进行鸟类死亡率监测研究，一旦发现与夜间迁徙候鸟或白天集群迁徙、觅食的鸟类撞击率较高的风电机应立即移走或拆除。

监测时段应主要安排在鸟类迁徙高峰，开展不少于一年的鸟类监测，分别在近岸鸟类聚集地和在海上监测候鸟动向，并做好观测记录。可利用鸟类观察救助站作为固定监测点，并和救助站人员合作，根据日常观测记录调整监测时间。

要对风电场的管理人员进行鸟类知识的宣传和相关指导，使该风电场的运行对鸟类的干扰降到最低程度。发现珍稀保护鸟类受伤时，应尽快通知救治。

8.1.4 生态保护对策落实情况

结合环评所提出的各项生态保护对策措施，工程总体采取的各项生态保护对策措施落实情况见表 8.2.4-1。

表 8.2.4-1 工程环境影响报告书中提出的环保措施落实情况

要素		环境影响报告书中提出的主要环保措施与建议	落实情况
海域污染防治措施	海上污水处理与防治措施	(1) 施工船舶在水上作业时，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。 (2) 严格执行国家《船舶污染物排放标准》和 73/78 国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；对船舶油污水进行统一收集运至岸上，委托有资质的公司接收处置。 (3) 对海域施工期间，各类供给船、铺缆船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水，需统一收集运至岸上处理，并委托有资质的单位接收处置。 (4) 甲板冲洗水可直接排放入海。但甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向海事局报告。 (5) 加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。	(1) ~ (3) 已落实。施工单位与惠来县葵阳船舶服务有限公司签订了“防污染应急待命及船舶污染物接收协议”，施工水域船舶的生活垃圾、生活污水、油污水、含油的棉纱等船舶废弃物处理均委托惠来县葵阳船舶服务有限公司予以服务及接收。惠来县葵阳船舶服务有限公司提供施工作业水域防污应急服务，约定在发生污染事故时，由惠来县葵阳船舶服务有限公司组织开展污染控制和清除行动。施工期未发生过污染事故。 (5) 已落实。施工过程没有发生石油类物质泄漏造成海水污染的情形。
	海上固体废物污染防治措施	(1) 施工垃圾和生活垃圾的处置 施工期船舶施工人员产生的生活垃圾应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。 根据地方环卫部门制定的垃圾收运方案，本项目施工期施工人员生活垃圾可统一收集定期运至垃圾压缩站纳入大陆市政公用垃圾处置系统。 (2) 扫海清障固体废弃物的处置 对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。 (3) 废弃焊头、废气包装处置	(1) 已落实，施工过程中陆域没有设置施工场地，没有陆域生活垃圾；施工船垃圾委托惠来县葵阳船舶服务有限公司接收。 (2) 已落实，扫海清障固体废弃物打捞出海后统一收集后由惠来县葵阳船舶服务有限公司接收，未在海上随意弃。 (3) 已落实，风机桩基和塔筒没有焊接，只有螺栓法兰连接。拆卸下来的废弃材料设备包装物在施工船舶上分类收集后由

要素			环境影响报告书中提出的主要环保措施与建议	落实情况
			风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业点配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上，送往大陆统一处置。 （4）吸泥施工产生的淤泥和定向钻土石处置措施 海上升压站采用四桩导管架基础，需吸泥后灌注混凝土施工，钢管桩吸泥总量为 160m³。同时，海缆登陆段采用定向钻施工，定向钻挖出土石合计约 182 m³。施工产生的淤泥吸出后将储存于驳船上，统一运回大陆交由有资质的单位处理，不在海区进行排放。 （5）灌浆的处理处置 海上升压站采用基础上设置灌浆封闭器和溢浆管来观察、控制，施工完成后，剩余的灌浆料统一运回大陆交由有资质的单位处理。	惠来县葵阳船舶服务有限公司接收。 （4）已落实，施工钢管桩没有吸泥作业。海缆登陆段采用定向钻施工，定向钻挖出土石合计约 200m³，挖出的土方用于回填，少量多余的土方用于集控中心建设周边平整。 （5）已落实。施工完成后，剩余的灌浆料由供货商回收。
		其他环境保护措施	（1）《MARPOL 73/78 附则 VI --防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7 月 1 日生效，本项目施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。 （2）施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，达到理想的消声量和隔声量，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。 （3）加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。	（1）~（3）均已落实。日常加强施工船舶保养，确保良好性能，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声，尽可能减少船舶噪音。加强船舶管理，避免施工区域船舶拥堵，避免加剧噪声和废气等污染物产生。
	运行期污染防治措施	污水防治措施	升压站每年产生的油污水约 50kg，应对设备检修时产生的少量漏油和油污水进行准确记录并收集。根据油污水产生量，升压站配备 1 个 0.1m³ 的油污水收集桶能满足要求，统一收集的油污水应委托具有相应资质的单位进行外运处置，每半年清运一次。 除日常检修可能产生油污水外，在事故工况下升压站同样可能产生一定量的含油污水，根据本项目升压站规模，事故油污水产生量约 1m³，对此应在升压站内设置事故油池用以事故油污水的收集，所收集油污水应委托有相应资质的单位进行外运处置。	已落实。升压站配备 1 个 0.1m³ 的油污水收集桶进行收集，由维修厂家将油污水带走。升压站在主变下设有事故油坑，在突发事故或机组检修时产生的废油经事故油管排至 89.7m³ 的事故油罐，废油由惠州东江威立雅环境服务有限公司外运处理。
		风机减震	风机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是风力发电机组的主要噪声源，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件。	已落实。采用结构性能良好、噪音低的风机，从而降低风机运行过程产生的机械噪

要素		环境影响报告书中提出的主要环保措施与建议	落实情况
	降 噪 措施	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。 风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理衰减振动，降低结构噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。	音。在叶片尾缘上加装锯齿板，通过改善气流与尾缘的相互作用来降低气动噪声。
	电 磁 环 境 防 护 措施	（1）宜在产生电磁场较大的设备（如主变压器等）外设置电磁防护罩等以减少电磁场对周围环境的影响。 （2）做好变电站的维护保养工作，保证带电设备具有良好的接地，减少电力设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免 间歇性放电。	（1）已落实。在产生电磁场较大的设备（如主变压器等）外设置电磁防护罩。 （2）已落实。220kV 升压站内所有高压设备、建筑物保证钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密。
	固 体 废 物 处 置 措施	（1）妥善收集运行期工作人员产生的生活垃圾（约 6.0kg/d）和污水处理系统产生的沉淀污泥和隔油油脂，设置一定数量的移动式垃圾收集箱，生活垃圾及沉淀污泥等统一收集后由环卫部门清运处理。 （2）运行期风机日常维护产生少量废旧蓄电池、废油、含油手套或棉纱等，废润滑油（HW08 废矿物油与含矿物油废物）、含油手套或棉纱（HW49 其他废物）均由具备资质的专业处置单位拉至岸上处理。变电设备运行产生的废旧蓄电池（HW49 其他废物）由生产厂商负责回收。在落实危废收集处置措施后，本项目危险废弃物不会对环境质量造成不利影响。 （3）如海上升压站发生事故，需废弃变压器绝缘油（HW10 多氯（溴）联苯类废物），需由具备资质的专业处置单位拉至岸上处理。	（1）已落实。升压站和运维船舶均配有垃圾桶，生活垃圾由送往陆上集控中心，与集控中心生活垃圾一同委托市政处理。 （2）~（3）已落实。升压站内设备和风机检修过程中会产生油渣、油垢、废油等固废。根据同类工程类比情况，主变压器定期检修，一般每年检修一次，废油、油渣、油垢、机械棉纱等收集后，由惠州东江威立雅环境服务有限公司运走处理。
	海 缆 安 全 保 护 措施	为保证本项目所交越海底管线安全，建议采取以下措施 （1）施工船在交越点位置抛锚就位时所有锚位均采用 DGPS 定位，且所有锚位均应离开被交越缆线 100m 以外。 （2）采用潜水员水下空气吸泥冲沟的工艺对交越段海缆埋设深 1m 左右。 （3）为避免交越海缆之间因直接接触而产生电磁相互干扰，海底电缆外部包裹橡胶护垫，与原有光缆之间填充水泥砂浆袋垫层，厚度 0.3m。	（1）~（3）均落实，施工过程严格管理，施工过程中未发生事故，运营后海底电缆未被破坏，未发生互相干扰现象。

要素			环境影响报告书中提出的主要环保措施与建议	落实情况
			此外，为保证本项目海底电缆安全，应在路由穿越的航运区等区域适当加大海缆埋设深度，以防上述航运区域航行船舶抛锚等对管线的损害。	
陆域污染防治措施	施工期环保措施	废水控制措施	（1）施工生产废水和生活污水经处理后回用于道路冲洗、出入工区的车辆轮胎冲洗等。 （2）施工人员生活污水可统一收集后；食堂的含油废水必须经隔油池处理后与其他洗涤废水一并排至沉淀池，用于站区绿化浇灌或周围植被等。 （3）各施工区应建有排水明沟；散料堆场四周可用砖块砌出高 50cm 的挡墙；沉淀污泥和隔油油脂的外运处理；避免施工机械机油的跑冒滴漏；避免和减少污染事故发生。	本工程的施工材料及风机设备等均通过海上运输过来，施工过程中陆域没有设置施工场地。
		废气扬尘控制措施	（1）在施工基地周围周围设立简易隔离围屏。（2）施工区建筑材料的堆场应定点定位，并采取防尘措施。（3）施工场地及车辆行驶路面定期洒水和清扫。（4）施工车辆行驶路线应尽量避免居民集中区。（5）加强对施工机械，运输车辆的维修保养。（6）做交通组织，避免因施工而造成交通堵塞。	
		声环境	（1）避免在同一地点安排大量动力机械设备，以避免局部声级过高。（2）夜间 22:00~6:00 需获批准后方可进行。（3）施工单位应选用噪声低的施工机械。（4）杜绝施工机械因维护不当而产生其它噪声。（5）合理安排施工车辆进出场地行驶线路和时间，禁止鸣号、限速行驶。	
		固废防治措施	（1）土方开挖表土剥离单独存放，待施工结束后恢复表土覆盖。（2）能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。（3）施工结束时做好现场的清理和固体废弃物的处理处置。（4）应禁止任意向海洋中抛弃各类固体废弃物。（5）加强施工基地生活垃圾的管理，定期予以清运。	
海洋生态保护	施工期生态环保措施		（1）为进一步减轻施工对珍稀海洋生物的影响： ①开工前对桩基 1km 保护范围内的海龟、白氏文昌鱼、鲎和龙虾和海洋哺乳动物（如有）尽可能地驱赶。在进行风机桩基打桩前派遣巡逻船只巡查，确认施工保护范围有无海龟、白氏文昌鱼、鲎和龙虾和海洋哺乳动物活动。 ②水上桩基础施工建议采用环保型液压式打桩机，采用液压式打桩也应采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度。同时	（1）已落实，施工过程严加管理，未发生伤害珍稀海洋生物事故。

要素	环境影响报告书中提出的主要环保措施与建议	落实情况
措施	鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出控制，在时间上控制一次一桩。 ③桩基周围建议采用气泡帷幕（Bubblecurtain）等屏蔽措施，减缓噪声能量的散播。 （2）为减轻项目施工建设对海域底栖生物的影响，建议： ①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。 ②严格限制工程方的施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。 ③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。 （3）为减轻项目施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，建议： ①春、夏季（5~7 月）是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设应降低施工强度。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩，以驱赶桩基周围的鱼类，为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。 ②对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。 ③施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解项目施工对生态环境及渔业资源的实际影响。 ④施工期对在该海域从事渔业捕捞生产的渔民造成捕捞生产净收入减少。因此，为减缓本项目实施对渔民的影响，建议建设单位与当地渔业主管部门协商，落实对捕捞渔民的补偿。 （4）为减轻海缆施工对生态岸线的影响，海缆登陆敷设时禁止采用开挖等施工手段，需采用定向钻施工技术。	（2）已落实，施工过程严格限制施工区域和用海范围，恶劣天气停止施工。 （3）已落实，鱼类产卵高峰期降低施工强度。施工海域设置明显警示标志；施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测。 （4）已落实，海缆登陆敷设时采用定向钻施工技术。
运行期生态保护措施	（1）增殖放流措施 海洋生物资源修复补偿费用为 949.79 万元，放流计划建议为 5 年，每年 1 次。每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避开高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果。 （2）加强渔业资源和生态保护宣传	（1）~（2）已落实。建设单位委托深圳中喆海洋科技有限公司编制了《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案》，海洋生物资源修复补偿费用为 949.79 万元，并按方案要

要素		环境影响报告书中提出的主要环保措施与建议	落实情况
		在进行海洋生物增殖放流和人工鱼礁建设时，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，一方面加强社会环境保护教育，另一方面树立项目建设单位的环保形象。 （3）加强珍稀海洋生物生态调查 在施工期间和运营期间，根据实际情况安排开展项目邻近海域渔业资源和生态环境监测工作，评估项目在施工期和运行期周围海域渔业资源和生态环境的变动情况，评估生态补偿措施的实施效果，为更好地恢复和保护海域渔业资源和生态环境提供科学依据。	求进行了生态补偿工作。 （3）已落实，工程施工和运营初期，建设单位按照环境影响报告书要求落实了各项海洋生态调查及渔业资源调查。
鸟类及陆生动植物资源保护措施	施工期影响对策	（1）施工时尽量减少占地，减少开挖面积，减少植被破坏；应对风电场施工机械及人员进行严格管理。 （2）合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过场址应适当停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小施工期对鸟类的影响。	已落实，施工工程严加管理，合理安排施工时间，降低对鸟类影响
	运行期影响对策	（1）根据研究鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为减少鸟类碰撞风机叶片的机会，根据日本等地的成功经验，风机的叶片应当用橙红与白色相间的警示色，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避，以减少鸟只碰撞风机的几率。建议在风机上加设灯光，以减少在夜间迁徙的鸟类碰撞风机的几率。此外，为减少反射阳光对雀鸟的影响，风力发电机的机件使用非反光涂料。 （2）针对风电场建设导致导致海域栖息地丧失，通过在其他海域制定鱼类、甲壳类、贝类增殖放流计划，以增加鸟类在其他海域觅食和栖息的几率作为补偿。 （3）采用雷达监控设备持续监测风场对鸟类的影响；特别在候鸟迁徙高峰的时候，及时观测鸟类动向。在候鸟大规模迁徙期间，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，可以采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶。如发现鸟类伤亡，应及时救治受伤鸟只。鸟类观察救助站人员应当接受专业鸟类知识培训，并将伤亡记录及时向有关单位汇报。 （4）将风机鸟撞防范工作纳入区域生态环境保护规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。	（1）已落实，风机的叶片应当用橙红与白色相间的警示色。 （2）已落实，进行了增殖放流活动。 （3）~（4）基本落实，运营后加强对鸟类观测，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶。

8.2 生态跟踪监测

8.2.1 施工期环境监测

本节引自《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》（报批稿）。

8.2.1.1 神泉 400MW 海上风电场项目（315.5MW）施工期监测

（1）调查时间、范围及站位布设

本次调查分别对神泉一海上风电项目周边海域的海水水质、沉积物、水生生物进行两次监测，分别在 2021 年 6、9 月各进行一次；渔业资源进行两次，分别在 2021 年 8、9 月开展。共布设站位：海水水质、沉积物站位 6 个，生物生态站位 6 个，潮间带断面 2 条。各站位示意图见图 8.2.1.1-1，站位经纬度和监测内容见表 8.2.1.1-1。

表 8.2.1.1-1 监测站位和监测内容

站位号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
S1			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
S2			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
S3			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
S4			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
S5			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
S6			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
T1			潮间带生物
T2			潮间带生物

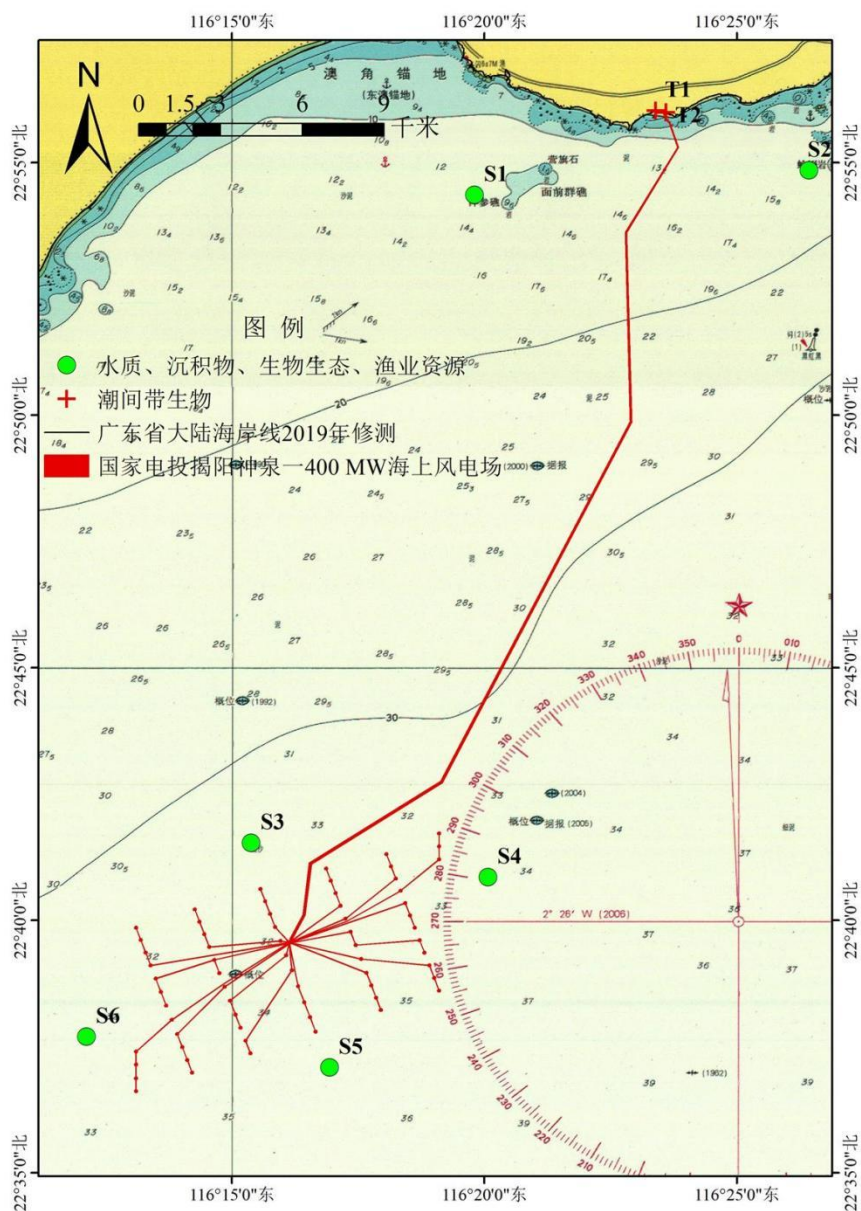


图 8.2.1.1-1 监测站位图

（2）调查项目与测试方法

表 8.2.1.1-2 调查项目及测试方法

调查对象	调查项目	采用及分析方法
水质	pH、悬浮物、油类、溶解氧、化学需氧量、氨、亚硝酸盐、硝酸盐、无机磷	按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的要求进行
沉积物	pH、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬	
生物生态	叶绿素 a、浮游生物生态（浮游植物、浮游动物）、大型底栖生物、潮间带生物、鱼类浮游生物	

（3）调查结果及评价

水质：监测结果及评价结果见表 8.2.1.1-3 和表 8.2.1.1-4。评价结果显示，2021 年 6、9 月两次监测各站位各层次的海水 pH、COD、无机氮、无机磷、油类的单项标准指数均小于 1，符合第一类海水水质标准，表明监测海域海水质量良好。施工期 2022 年 12 月各站位各层次的海水 pH、COD、油类、无机磷的单项标准指数均小于 1，符合第一类海水水质标准，海洋保护区附近的 SQ5、SQ6 两个站位无机氮表底层均超出一类水质标准，但未超出二类水质标准。

沉积物：监测结果见表 8.2.1.1-5。评价结果可以看出：各站位污染因子的标准指数均小于 1，符合第一类海洋沉积物标准，表明监测海域沉积物质量良好。

海洋生物生态：叶绿素 a 监测结果见表 8.2.1.1-6。由表可知，调查海域处于贫营养水平，9 月份的叶绿素 a 值低于 6 月份的叶绿素 a 值。浮游植物、浮游动物及底栖生物监测结果见表 8.3.1.1-7。

表 8.2.1.1-3 海水监测结果

站位	层次	时间	pH	溶解氧	化学需氧量	悬浮物	油类	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	无机氮	无机磷
				(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)
SQ1	表层											
	中层											
	底层											
SQ2	表层											
	中层											
	底层											
SQ3	表层											
	中层											
	底层											
SQ4	表层											
	中层											
	底层											

站 位	层 次	时 间	pH	溶解氧	化学需氧量	悬浮物	油类	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	无机氮	无机磷
				(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)
SQ5	表层											
	底层											
SQ6	表层											
	底层											
检出限												

注：“△”表示未检出，无机磷的检出限为 1.0 μg/L，取 1/4 检出限值参与统计；“——”表示油类未采集中、底层样品

表 8.2.1.1-4 海水各评价因子单项标准指数

站位	时间	单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})												
		pH			油类	COD			无机磷			无机氮		
		表层	中层	底层	表层	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层
SQ1														
SQ2														
SQ3														
SQ4														
SQ5														
SQ6														
最大值														

表 8.2.1.1-4 沉积物监测结果

站 位	时间	pH	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
SQ1									
SQ2									
SQ3									
SQ4									
SQ5									
SQ6									

表 8.2.1.1-5 沉积物各评价因子单项标准指数

站号	层次	时间	单 项 标 准 指 数 (Q _{ij})						
	(cm)		铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
SQ1	(0~2)								
SQ2	(0~2)								
SQ3	(0~2)								
SQ4	(0~2)								
SQ5	(0~2)								
SQ6	(0~2)								

表 8.2.1.1-6 各站位叶绿素 a 含量（单位：mg/m³）

站位	时间	表层	10m	底层	均值
SQ1					
SQ2					
SQ3					
SQ4					

站位	时间	表层	10m	底层	均值
SQ5					
SQ6					
最大值					
最小值					
均值					

注：“—”表示未进行相关水层样品采集。

表 8.2.1.1-7 浮游植物、浮游动物及底栖生物监测结果

类别		2021 年 6 月	2021 年 9 月
浮游植物	种类组成	共 3 门 106 种（含变种、变型），详见附录 A。其中，硅藻种类最多，81 种，占总种类数的 76.42%；其次是甲藻，24 种，占总种类数的 22.64%；蓝藻 1 属 1 种	共 3 门 112 种（含变种、变型），详见附录 E。其中，硅藻种类最多，83 种，占总种类数的 74.1%；其次是甲藻，27 种，占总种类数的 24.1%；蓝藻 2 种
	种类数	各站位浮游植物种类数的变化范围为 54~82，平均每个站位的种类数为 70 种，最大值出现在 SQ4 站位，最小值出现在 SQ2 站位	各站位浮游植物种类数的变化范围为 36~71，平均每个站位的种类数为 59 种，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ4 站位
	细胞密度	各站位浮游植物细胞密度的变化范围为(49.19~405.41)×103cell/m ³ ，平均每个站位的浮游植物细胞密度为 206.37×103cell/m ³ ，最大值出现在 SQ5 站位，最小值出现在 SQ3 站位。	各站位浮游植物细胞密度的变化范围为（13.73~753.21）×103 cell/m ³ ，平均每个站位的浮游植物细胞密度为 383.05×103 cell/m ³ ，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ4 站位
	优势种	浮游植物优势种共 6 种，均为硅藻。菱形海线藻为第一优势种。	浮游植物优势种共 13 种，为硅藻和甲藻。洛氏角毛藻为第一优势种
	生态参数及生物多样性	调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.08~0.18，均值为 0.10；多样性指数的变化范围为 3.63~4.76，均值为 4.44；均匀度的变化范围为 0.63~0.77，均值为 0.73；丰富度的变化范围为 3.27~4.68，均值为 3.99	调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.06~0.18，均值为 0.10；多样性指数的变化范围为 3.72~4.61，均值为 4.21；均匀度的变化范围为 0.62~0.84，均值为 0.72；丰度的变化范围为 2.55~3.66，均值为 3.29
浮游动物	种类组成	浮游动物共 107 种（包括属以上），分类学上隶属于 14 个类群，详见附录 B。此次调查中，桡足类最多，24 种，占总种类数的 22.43%；水母类 16	浮游动物共 112 种（包括属以上），分类学上隶属于 14 个类群，详见附录 F。此次调查中，桡足类最多，30 种，占总种类数的 26.79%；水母类 16 种，占总种类

类别		2021 年 6 月	2021 年 9 月
		种, 占总种类数的 14.95%; 被囊类 10 种, 多毛类 5 种, 毛颚类 4 种, 翼足类、端足类、樱虾类均为 3 种; 其他类群种类数均不超过 3 种。此外, 共鉴定浮游幼体 (包括鱼卵仔稚鱼) 30 种	数的 14.29%; 被囊类 10 种, 多毛类 5 种, 毛颚类 4 种, 翼足类、端足类均为 3 种; 其他类群种类数均不超过 3 种。此外, 共鉴定浮游幼体 (包括鱼卵仔稚鱼) 30 种
	种类数	调查中, 各站位浮游动物种类数的变化范围为 46~88, 平均每个站位的种类数为 71 种, 最大值出现在 SQ6 站位, 最小值出现在 SQ5 站位	调查中, 各站位浮游动物种类数的变化范围为 56~86, 平均每个站位的种类数为 71 种, 最大值出现在 SQ1 站位, 最小值出现在 SQ5 站位
	密度	调查中, 各站位浮游动物密度的变化范围为 (33.37~275.00) ind./m ³ , 平均每个站位的浮游动物密度为 118.56 ind./m ³ , 最大值出现在 SQ5 站位, 最小值出现在 SQ3 站位	调查中, 各站位浮游动物密度的变化范围为 (37.95~109.64) ind./m ³ , 平均每个站位的浮游动物密度为 65.32 ind./m ³ , 最大值出现在 SQ6 站位, 最小值出现在 SQ4 站位
	优势种	优势种共 7 种(类)。其中, 桡足类 3 种, 水母类、毛颚类、原生动物、浮游幼体均 1 种。夜光虫为第一优势种。	浮游动物优势种共 13 种(类)。其中, 桡足类 6 种, 浮游幼体 5 种, 毛颚类和枝角类均 1 种。锥形宽水蚤为第一优势种。
	生物量	各站位浮游动物生物量的变化范围为 (87.65~425.00) mg/m ³ , 均值为 169.07 mg/m ³ 。最大值出现在 SQ6 站位, 最小值出现在 SQ4 站位	调查中, 各站位浮游动物生物量的变化范围为 (73.86~216.67) mg/m ³ , 均值为 130.20 mg/m ³ 。最大值出现在 SQ5 站位, 最小值出现在 SQ4 站位
	生态参数及生物多样性	调查中, 各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.03~0.63, 均值为 0.13; 多样性指数的变化范围为 1.80~5.82, 均值为 4.96; 均匀度的变化范围为 0.33~0.91, 均值为 0.80; 丰富度的变化范围为 5.55~13.91, 均值为 11.32	调查中, 各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.03~0.08, 均值为 0.04; 多样性指数的变化范围为 4.88~5.79, 均值为 5.41; 均匀度的变化范围为 0.84~0.91, 均值为 0.88; 丰度的变化范围为 8.14~15.08, 均值为 12.10
底栖生物	种类组成	调查海域共获底栖生物 6 大类 31 种, 详见附录 C。其中, 软体动物 11 种, 节肢动物 10 种, 脊索动物 4 种, 环节动物 3 种, 棘皮动物 2 种, 腔肠动物 1 种。	调查海域共获底栖生物 6 大类 42 种, 详见附录 G。其中, 节肢动物 15 种, 脊索动物 14 种, 软体动物 8 种, 环节动物和棘皮动物均 2 种, 腔肠动物 1 种。
	生物量和栖息密度	底栖生物各站位定量样品分析中, 平均生物量为 0.31 g/m ² , 组成以软体动物为主, 其中, 软体动物>脊索动物>环节动物。平均栖息密度为 4.5 ind./m ² , 组成以软体动物为主, 其中, 软体动物>环节动物=脊索动物。	底栖生物各站位定量样品分析中, 平均生物量为 10.63 g/m ² , 组成以脊索动物为主, 其中, 脊索动物>环节动物>棘皮动物>软体动物。平均栖息密度为 10.0 ind./m ² , 组成以环节动物为主, 其中, 环节动物>脊索动物>棘皮动物=节肢动物。
	种类	底栖动物定性拖网过程中, 共捕获生	调查海域底栖动物定性拖网过程中, 共

类别		2021 年 6 月	2021 年 9 月
	数 及 数量	物 6 大类 28 种 95 个。其中，软体动物 10 种 41 个，节肢动物 10 种 30 个，脊索动物 3 种 11 个，棘皮动物 2 种 6 个，环节动物 2 种 5 个，腔肠动物 1 种 2 个。 调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位种类数的变化范围为 3~15，平均每个站位的种类数为 8 种，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ3 站位。调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位个体数量的变化范围为 5~37，平均每个站位个体数量为 16，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ3 站位。	捕获生物 5 大类 38 种 429 个。其中，节肢动物 14 种 271 个，脊索动物 13 种 91 个，软体动物 8 种 50 个，棘皮动物 2 种 6 个，腔肠动物 1 种 11 个。 调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位种类数的变化范围为 9~22，平均每个站位的种类数为 16 种，最大值出现在 SQ2 站位，最小值出现在 SQ6 站位。 调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位个体数量的变化范围为 27~109，平均每个站位的个体数量为 72，最大值出现在 SQ3 站位，最小值出现在 SQ5、SQ6 站位。
	优 势 种	调查海域底栖动物定性拖网过程中，底栖生物优势种共 6 种，其中，软体动物 3 种，脊索动物 1 种，节肢动物 2 种。棒锥螺为该调查区域第一优势种。	底栖生物优势种共 6 种，其中，节肢动物 4 种，脊索动物 2 种。宽突赤虾为该调查区域第一优势种。
	生 态 参 数 及 生 物 多 样 性	底栖生物定性调查中，产品码头各站位单纯度的变化范围为 0.09~0.36，均值为 0.23；多样性指数的变化范围为 1.52~3.58，均值为 2.42；均匀度的变化范围为 0.80~0.96，均值为 0.92；丰富度的变化范围为 0.86~2.70，均值为 1.65	底栖生物定性调查中，产品码头各站位单纯度的变化范围为 0.12~0.19，均值为 0.16；多样性指数的变化范围为 2.71~3.67，均值为 3.18；均匀度的变化范围为 0.75~0.89，均值为 0.82；丰度的变化范围为 1.68~3.22，均值为 2.38
潮 间 带	自 然 状 况	两个潮间带断面都处于自然岸线，向海侧为开阔海面；潮间带底质以沙质为主。	两个潮间带断面都处于自然岸线，向海侧为开阔海面；潮间带底质以沙质为主。
	种 类 组 成	共有 6 门 22 种，详见附录 D。种类组成以软体动物为主，13 种，占总种类数的 59.09%；节肢动物 5 种，环节动物、刺胞动物、绿藻门、红藻门各 1 种。	共有 5 门 18 种，详见附录 H。种类组成以软体动物为主，11 种，占总种类数的 61.11%；节肢动物 4 种，环节动物、刺胞动物、绿藻门各 1 种。
	生 物 量 和 栖 息 密 度	平均栖息密度为 169.0ind./m ² ，软体动物最高，为 114.7ind./m ² ，节肢动物为 53.4ind./m ² ，刺胞动物为 0.9ind./m ² ；平均生物量为 898.24 g/m ² ，软体动物最高，为 561.68g/m ² ，节肢动物为 334.39g/m ² ，刺胞动物为 2.17g/m ² 。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度	定量调查中，平均栖息密度为 381.3 ind./m ² ，软体动物最高，为 277.3 ind./m ² ，节肢动物为 104.0 ind./m ² ；平均生物量为 1974.83 g/m ² ，软体动物最高，为 1222.56 g/m ² ，节肢动物为 752.27 g/m ² 。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为 C2>C1；垂直分布上，潮间带断面

类别		2021 年 6 月	2021 年 9 月
		度、生物量均表现为 C2>C1；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为中潮带>低潮带>高潮带。	生物栖息密度、生物量均表现为中潮带>低潮带>高潮带。
	种类数和数量	定性调查中，监测区域潮间带生物共捕获生物 6 大类 22 种 143 个。其中，软体动物 13 种 96 个，节肢动物 5 种 35 个，环节动物 1 种 2 个，刺胞动物 1 种 5 个，蓝藻门 1 种 4 个，红藻门 1 种 1 个。各潮带种类数表现为中潮带>低潮带>高潮带，各潮带生物数量表现为低潮带>中潮带>高潮带。	定性调查中，监测区域潮间带生物共捕获生物 5 大类 18 种 104 个。其中，软体动物 11 种 71 个，节肢动物 5 种 25 个，环节动物、刺胞动物均为 1 种 2 个，绿藻门 1 种 4 个。C1 潮带种类数表现为低潮带>中潮带>高潮带，C2 潮带种类数表现为中潮带>低潮带>高潮带，各潮带生物数量表现为低潮带>中潮带>高潮带。
	优势种	定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 13 种。节肢动物 3 种，软体动物 8 种，刺胞动物、绿藻门各 1 种。其中，嫁蛾为该调查区域第一优势种。	定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 13 种。节肢动物 3 种，软体动物 9 种，绿藻门 1 种。其中，嫁蛾为该调查区域第一优势种。
	生态参数及生物多样性	定性调查中，潮间带生物各站位种类数的变化范围为 16~20，均值为 18；各站位生物出现数量的变化范围为 61~82，均值为 72；单纯度的变化范围为 0.08~0.11，均值为 0.09；多样性指数的变化范围为 3.56~3.88，均值为 3.72；均匀度的变化范围为 0.89~0.90，均值为 0.89；丰富度的变化范围为 2.36~3.20，均值为 2.78	定性调查中，潮间带生物各站位种类数的变化范围为 15~17，均值为 16；各站位生物出现数量的变化范围为 44~60，均值为 52；单纯度的变化范围为 0.08~0.11，均值为 0.09；多样性指数的变化范围为 3.52~3.84，均值为 3.68；均匀度的变化范围为 0.84~0.92，均值为 0.88；丰富度的变化范围为 2.88~3.11，均值为 3.00。

8.2.1.2 神泉 400MW 海上风电场项目（二期）施工期监测

（1）调查内容及调查时间

神泉一 400MW 海上风电场项目（二期）施工期监测与神泉一 400MW 海上风电场项目（315.5MW）施工期监测站位、监测内容及调查项目均一致，具体见 8.3.1.1 节。海水水质、沉积物、水生生态和渔业资源均于 2022 年 12 月进行一次监测。

（2）调查结果及评价

水质：水质监测结果见表 8.3.1.2-1，评价结果见表 8.3.1.2-2。评价结果显示，2022 年 12 月各站位各层次的海水 pH、COD、油类、无机磷的单项标准指数均小于 1，符合第一类海水水质标准，海洋保护区附近的 SQ5、SQ6 两个站位无机氮表底层均超出一类水质标准，但未超出二类水质标准。

沉积物：沉积物监测结果列于表 8.3.1.2-3，评价因子见表 8.3.1.2-4。评价结果显示：各站位污染因子的标准指数均小于 1，符合第一类海洋沉积物标准，表明监测海域沉积物质量良好。

海洋生物生态：叶绿素 a 监测结果见表 8.3.1.2-5。由表可知，调查海域处于贫营养水平，整体看来，底层海水中叶绿素 a 含量大于表层海水，10m 深处海水叶绿素 a 含量最低。因 SQ5、SQ6 站位水深小于 25m，未进行 10m 深海水样品采集，在此不评价。浮游植物、浮游动物及底栖生物监测结果见表 8.3.1.2-6。

表 8.3.1.2-1 海水监测结果（2022 年 12 月 4 日）

站位	层次	pH	DO	COD	悬浮物	油类	氨	亚硝酸盐	硝酸盐	无机氮	无机磷
	m		mg/L			μg/L					
SQ1											
SQ2											
SQ3											
SQ4											
SQ5											
SQ6											

注：“—”表示未采集样品。未检出用“△”表示，油类的检出限为 2.9 μg/L。

表 8.3.1.2-2 海水各评价因子单项标准指数（2022 年 12 月 4 日）

站位		单 项 标 准 指 数 (Q_{ij})				
		pH	COD	油类	无机氮	无机磷
SQ1	表层					
	中层					
	底层					
SQ2	表层					
	中层					
	底层					
SQ3	表层					

	中层					
	底层					
SQ4	表层					
	中层					
	底层					
SQ5	表层					
	底层					
SQ6	表层					
	底层					
超标站 位（个）	表层					
	中层					
	底层					

表 8.3.1.2-3 沉积物监测结果

序号	站位	pH	锌	镉	铅	铜	铬	汞	砷
			(10 ⁻⁶)						
1	SQ1								
2	SQ2								
3	SQ3								
4	SQ4								
5	SQ5								
6	SQ6								
最小值									
最大值									

注：“△”表示未检出，镉的检出限为 0.04μg/g，汞的检出限为 0.006μg/g，未检出的样品取检出限值的 1/4 参与统计。

表 8.3.1.2-4 沉积物各评价因子单项标准指数

站号	层次	单 项 标 准 指 数 (Q _{ij})						
	(cm)	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
SQ1	(0~2)							
SQ2	(0~2)							
SQ3	(0~2)							
SQ4	(0~2)							
SQ5	(0~2)							
SQ6	(0~2)							
最大值								

表 8.3.1.2-5 各站位叶绿素 a 含量（单位：mg/m³）

站位	表层	10 m	底层	均值
SQ1				
SQ2				
SQ3				

SQ4				
SQ5				
SQ6				
最小值				
最大值				
均 值				

备注：“—”表示未进行相应水层样品的采集。

表 8.3.1.2-6 浮游植物、浮游动物及底栖生物监测结果

类别		2021 年 6 月
浮游植物	种 类 组 成	共鉴定出 2 门 92 种（含变种、变型）。其中，硅藻种类最多，77 种，占总种类数的 83.70%；其次是甲藻，15 种，占总种类数的 16.30%
	种类数	调查中，各站位浮游植物种类数的变化范围为 58~69，平均每个站位的种类数为 64 种，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ1 站位
	细 胞 密 度	调查中，各站位浮游植物细胞密度的变化范围为（66.81~253.33）×10 ³ cell/m ³ ，平均每个站位的浮游植物细胞密度为 112.93×10 ³ cell/m ³ ，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ4 站位
	优势种	调查结果显示：浮游植物优势种共 11 种，其中硅藻 10 种，甲藻 1 种，菱形海线藻（ <i>Thalassionema nitzschioides</i> ）为第一优势种
	生 态 参 数、生物多样性	调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.03~0.06，均值为 0.04；多样性指数的变化范围为 4.78~5.50，均值为 5.15；均匀度的变化范围为 0.78~0.91，均值为 0.86；丰度的变化范围为 8.52~10.56，均值为 9.46。
浮游动物	种 类 组 成	浮游动物经鉴定共有 104 种(包括属以上)，分类学上隶属于 12 个类群。此次调查中，桡足类最多，29 种，占总种类数的 27.88%；水母类 17 种，占总种类数的 16.35%；被囊类 8 种，多毛类和毛颚动物各 5 种，异足目 4 种；其他类群种类数均不超过 3 种。此外，共鉴定浮游幼体(包括鱼卵仔稚鱼)25 种
	种类数	调查中，各站位浮游动物种类数的变化范围为 65~88，平均每个站位的种类数为 81 种，最大值出现在 SQ3 站位，最小值出现在 SQ5 站位
	密度	调查中，各站位浮游动物密度的变化范围为(124.36~278.94)ind./m ³ ，平均每个站位的浮游动物密度为 182.26 ind./m ³ ，最大值出现在 SQ1 站位，最小值出现在 SQ4 站位
	优势种	计算同浮游植物。浮游动物优势种共 8 种（类）。其中，桡足类 4 种，水母类、毛颚类、被囊动物和原生动物各 1 种。亚强真哲水蚤（ <i>Subeucalanus subcrassus</i> ）为第一优势种。
	生物量	调查中，各站位浮游动物生物量的变化范围为（159.26~257.45）mg/m ³ ，均值为 207.91 mg/m ³ 。最大值出现在 SQ1 站位，最小值出现在 SQ5 站位
	生 态 参 数、生物多样性	调查中，各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.07~0.15，均值为 0.10；多样性指数的变化范围为 4.23~4.84，均值为 4.58；均匀度的变化范围为 0.66~0.80，均值为 0.72；丰度的变化范围为 8.89~12.22，均值为 10.74
底栖生	种类组成	在定性和定量样品分析中，调查海域共获底栖生物 6 大类 38 种。其中，节肢动物 15 种，脊索动物 11 种，软体动物和环节动物各 4 种，棘皮动物 3 种，刺胞动物 1 种。

类别		2021 年 6 月
物	生物量和栖息密度	调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为 0.77 g/m ² ，组成以环节动物为主，其中，环节动物>节肢动物>脊索动物>棘皮动物。平均栖息密度为 13.4ind./m ² ，组成以环节动物为主，其中，环节动物>节肢动物>棘皮动物=脊索动物。
	种类数及数量	调查海域底栖动物定性拖网过程中，共捕获生物 4 大类 30 种 148 个。其中，节肢动物 13 种 71 个，脊索动物 10 种 55 个，软体动物 4 种 11 个，棘皮动物 3 种 11 个。 调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位种类数的变化范围为 8~18，平均每个站位的种类数为 12 种，最大值出现在 SQ5 站位，最小值出现在 SQ4 站位。调查海域底栖动物定性拖网过程中，各站位个体数量的变化范围为 14~33，平均每个站位的个体数量为 25，最大值出现在 SQ6 站位，最小值出现在 SQ4 站位。
	优势种	调查海域底栖动物定性拖网过程中，底栖生物优势种共 8 种，其中，脊索动物 4 种，节肢动物 3 种，软体动物 1 种。红星梭子蟹（Portunus sanguinoleutus）为该调查区域第一优势种。
	生态参数、生物多样性	底栖生物定性调查中，产品码头各站位单纯度的变化范围为 0.07~0.16，均值为 0.12；多样性指数的变化范围为 2.88~4.01，均值为 3.34；均匀度的变化范围为 0.91~0.98，均值为 0.94；丰度的变化范围为 1.72~3.46，均值为 2.45。
	自然状况	两个潮间带断面都处于自然岸线，向海侧为开阔海面；潮间带底质以沙质为主。
潮间带生物	种类组成	本次潮间带生物监测的定性、定量样品经鉴定共有 2 门 6 种。其中软体动物 4 种，节肢动物 2 种。
	生物量和栖息密度	定量调查中，仅发现软体动物的楔形斧蛤和节肢动物的蝉蟹，平均栖息密度为 21.4ind./m ² ，平均生物量为 14.46ind./m ² 。其中软体动物的平均栖息密度为 24.00ind./m ² ，平均生物量为 13.36ind./m ² ，节肢动物的平均栖息密度为 4.00ind./m ² ，平均生物量为 4.96 ind./m ² 。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为 C1>C2；垂直分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为低潮带>中潮带>高潮带
	种类数和数量	定性调查中，监测区域潮间带生物共采获生物 2 大类 6 种 30 个。其中，软体动物 4 种 28 个，节肢动物 2 种 2 个。C1 和 C2 断面高潮带均未发现潮间带生物，C1 断面中潮带发现 1 种，低潮带发现 2 种，C2 断面为中潮带和低潮带各发现 1 种。
	优势种	定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 3 种，均为软体动物。其中疣荔枝螺为该调查区域第一优势种。
	生态参数及生物多样性	定性调查中，潮间带生物各站位种类数的变化范围为 3~5，均值为 4；各站位生物出现数量的变化范围为 7~23，均值为 15；单纯度的变化范围为 0.35~0.63，均值为 0.49；多样性指数的变化范围为 1.17~1.56，均值为 1.36；均匀度的变化范围为 0.51~0.98，均值为 0.74；丰度的变化范围为 0.71~0.88，均值为 0.80。

8.2.2 运营期环境监测

项目于 2023 年 9 月正式进入运营期，国家海洋局南海调查技术中心已于 2023 年

11 月 4~5 日对工程运营期海洋水质、生态环境影响、声环境、电磁辐射环境、鸟类以及冲刷现状开展了第一次监测调查。运营期环境监测方案如下：

8.2.2.1 海水水质监测

（1）监测项目

海水水质监测要素包括 pH、悬浮物、油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮（为亚硝酸盐、硝酸盐和铵盐三项之和）、活性磷酸盐，共 9 项。

（2）监测站位

共布设不少于 6 个海水水质站位。

（3）监测时间和频次

在风电场运营期第 1 年的丰（春季 2024 年 4 月）、枯水期（秋季 2023 年 11 月）各进行一次监测。

8.2.2.2 海洋沉积物质量监测

（1）监测项目

海洋沉积物质量监测要素包括 pH、锌、铜、铅、镉、铬、总汞和砷,共 8 项。

（2）监测站位

同海水水质监测站位。

（3）监测时间和频次

在风电场运营期第 1 年的丰（春季 2024 年 4 月）、枯水期（秋季 2023 年 11 月）各进行一次监测。

8.2.2.3 海洋生物生态渔业资源监测

（1）监测项目

海洋生物生态渔业资源监测要素包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼和游泳生物。

（2）监测站位

海洋生物生态渔业资源同海水水质监测站位,此外,布设不少于 2 条潮间带断面。

（3）监测时间和频次

在风电场运营期第 1 年的春（2024 年 4 月）、秋（2023 年 11 月）季各进行一次监测。

8.2.2.4 水下噪声监测

（1）监测时间

在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行水下噪声测量。

（2）监测位置

项目运营期水下噪声监测共布设不少于 9 个站点，每个站点设置不同的水层深度处（水听器离海面 1~3 m，垂直阵一般应布设到近海底）实时监测风机或海上升压站运行时产生的水下噪声，监测位置应在距离风电场单个风机约 100 m 处监测水下噪声，同时应在距离风电场外部界限 3~4 km 处进行水下背景噪声和风电噪声的综合测量。

（3）监测内容

噪声频带有效声压级（dB re 1 μ Pa）；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪声时-频特性；同时测量风机运行噪声。

（4）监测频次

在运营期第 1 年秋季（2023 年 11 月）进行 1 次观测。

8.2.2.5 电磁辐射监测

（1）监测时间

在运行期第 1 年内进行电磁辐射监测。

（2）监测站位

在距离升压站 200 米、500 米处分别进行电磁辐射监测，共布设不少于 2 个站位。

（3）监测内容

监测内容包括工频电场、工频磁场。

（4）监测频次

在运营期第 1 年秋季（2023 年 11 月）进行 1 次观测。

8.2.2.6 鸟情及其栖息地观测

（1）监测时间

在风电场运营开始后的五年内，每年进行至少一次监测，鸟类调查时间选在区域鸟类迁徙、繁殖、越冬季节，其中春、秋迁徙季节开展两次调查（4~5 月和 10~11 月），繁殖季和越冬季各开展一次调查（分别在 7~8 月和 1~2 月），共计不少于 6 次监测。

（2）监测范围

监测范围涵盖工程边界线向外扩展 8 km 区域，并视受保护鸟类受影响程度适当

增加。结合本项目实际情况，监测范围除上述区域外，增加最近的揭阳惠来和汕尾陆丰的部分海岸陆域作为鸟类监测范围。

（3）监测内容

包括项目建设区及邻近地区鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

8.2.2.7 局部流场观测

（1）观测项目

局部流场观测项目包括流速、流向。

（2）监测站位

在风电场区内风桩基冲刷最不利附近区域选取不少于 1 个点进行局部流场观测。

（3）监测时间和频次

运营期第 1 年（2024 年）、第 2 年（2025 年）和第 4 年（2027 年）的 6~8 月份各进行 1 次观测，每次连续观测时间不少于 1 个月。

8.2.2.8 局部冲刷、航道水深监测

（1）监测时间

工程运行后 5 年内，从本项目环境监测的第 2 年开始每年监测 1 次（监测 4 年），选择第 2 年（2025 年）、第 3 年（2026 年）、第 4 年（2027 年），第 5 年（2028 年）每年 6 月份共 4 次对风机墩柱局部冲刷情况进行调查监测，遇到风暴潮等恶劣气象条件过后，在以上监测调查结果的基础上，对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加密监测。工程运行后 5 年内第 1 年（2024 年）、第 3 年（2026 年）、第 5 年（2028 年）每年 6 月份对风电场临近的琼州海峡至台湾海峡北上航路水深进行监测，遇到风暴潮等恶劣气象条件过后，在以上监测调查结果的基础上，对航道进行必要的加密监测。

（2）监测范围

收集资料，对项目附近海域的锚地及航道、航路进行必要的监测。

1) 风机墩柱局部冲刷监测：对所有的风机桩基根部区域和升压站基础进行水下地形的监测。

2) 锚地水深监测：收集锚地资料，项目附近的需进行相关水深监测，距离较远且不受项目影响则无需监测。

3) 航道水深监测：对风电场附近受项目影响的航路进行监测。

(3) 监测内容

在工程投运后 5 年内,需要对升压站基础及风机墩柱局部冲刷情况进行调查监测,监测内容包括:

1) 风机墩柱局部冲刷监测

工程运行后 5 年内,从本项目环境监测的第二年开始每年监测 1 次(监测 4 年),对风机墩柱局部冲刷情况进行调查监测,调查包括冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数,在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测。

2) 锚地、航道水深监测

工程运行后 5 年内第 1 年、第 3 年、第 5 年各监测 1 次,遇灾害性天气加密监测对风电场临近的锚地、航道水深进行监测调查。在以上监测调查结果的基础上,若有必要,应对锚地、航道水深进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后进行必要的加测。若距离较远且不受项目影响,则无需进行水深监测。

8.3 生态保护修复措施

项目建设将永久占用一定面积的底栖生境,项目建设过程中,产生的悬浮物影响也会减弱浮游植物光合作用能力,在一定程度上影响水域的初级生产能力,并导致海域中浮游动物数量的减少,以及造成渔业资源的损失,损失量计算见前文 4.2 节。

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,提出生态用海对策,并参照《围填海工程生态建设技术指南(试行)》和海洋生态保护修复的相关要求提出海洋生物资源恢复的生态修复措施。计划在取得用海批复后 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,生态保护修复一览表见表 8.3-1。

表 8.3-1 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	“关于《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案》的复函”中提到的生态补偿费用为 949.79 万元。	在 2023 年至 2028 年的五年内，每年开展 1 次。每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，具体时间安排如下： ①2023 年 8 月完成渔业资源环境的本底调查，编制生态补偿实施方案； ②2023 年 8 月完成专家论证与报批，细化增殖放流效果评估实施方案； ③2023 年 9 月 30 日前开展 2023 年度的增殖放流（结合本项目的实际情况以及放流的苗种生产具有季节性，2023 年度的放流时间安排在 9 月 30 日前）； ④2023 年至 2028 年，每年在伏季休渔期间内的 5 月至 7 月完成一次增殖放流，每年完成两次放流效果跟踪监测，并提供监测报告； ⑤2028 年 7 月 24 日前，完成增殖效果评估总报告并通过专家审核，项目结题。	国家电投集团广东电力有限公司	

8.3.1 增殖放流

国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补本项目施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失。

8.3.1.1 增殖放流品种选择及规格

增殖放流活动在修复衰退渔业资源种类、提升增殖水域渔业产出能力的同时，也会给野生资源种类的种群构、遗传多样性、健康状况以及增殖水域生态系统的结构与功能带来诸多生态风险。为做好“十四五”增殖放流工作，科学养护和合理利用海洋生物资源，加强海洋生物多样性保护，提升海洋生物资源养护管理水平，农业农村部于 2022 年 1 月 13 日印发《关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，提出“加强统筹规划，科学选定增殖放流水域和物种”的要求，应做到以下几点：

（1）科学确定增殖放流物种。严格遵守增殖放流相关管理规定，科学确定增殖放流物种。要注重发挥增殖放流的生态效益，突出其在水质净化、水域生态修复及生物多样性保护等方面的作用，逐步加大珍贵濒危和地方特有物种的放流比重。

（2）合理规划增殖放流水域。要切实发挥增殖放流公益作用，重点支持在流域性大江大湖、界江界河以及资源衰退严重水域开展增殖放流。

（3）严禁放流不符合生态要求的水生生物。用于增殖放流的水生生物必须是本地种，严禁放流外来种、杂交种、选育种及其他不符合生态要求的水生生物。同时，应遵循“哪里来哪里放”原则，确保种质纯正，避免跨流域、跨海区放流导致生态风险。在增殖放流工作实施前，要认真开展增殖放流适宜性评价，在科学论证的基础上，确定增殖放流适宜水域、物种、规模、结构、时间和方式等。

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》给出了不同水域增殖放流适宜性评价表（表 8.3.1-1），其中广东揭阳适宜放流物种包括花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、布氏鲷、大黄鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、中国鲎、绿海龟、日本海马。

表 8.3.1-1 广东东部海域增殖放流分水域适宜性评价表

序号	所属海区	重要放流海域	行政区域	面积 (km ²)	适宜放流物种
----	------	--------	------	-----------------------	--------

1	广东东部海区	柘林湾	广东潮州	533	花鲈、 青石斑鱼 、斜带石斑鱼、布氏鲷、大黄鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、 黑鲷 、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、 斑节对虾 、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、中国鲎*、绿海龟*、日本海马*
2		南澳岛海域	广东汕头	650	
3		赤沙澳海湾	广东揭阳	500	
4		红海湾	广东汕尾	925	
5		大亚湾	广东惠州、深圳	488	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、绿海龟*、鞍带石斑鱼、褐篮子鱼、中国鲎*
6		伶仃洋海域	广东珠海、中山、广州、东莞、深圳	2000	花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、鲷、斑节对虾、褐篮子鱼、黄唇鱼*
7		万山群岛海域	广东珠海	5965	花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、绿海龟*、中国鲎*

根据近十年揭阳市神泉镇南面海域增殖放流实践表明，适合在揭阳市神泉镇南面海域放流的种类有花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、卵形鲳鲅、黑鲷、花尾胡椒鲷、斑节对虾、刀额新对虾、波纹巴非蛤等海洋经济物种。而根据各经济种类的自然繁殖时间、适宜放流时间、揭阳市神泉镇南面目前的渔业资源种类组成及优势种类等现状以及易获得程度，拟选择**黑鲷**、**青石斑鱼/斜带石斑鱼**、**刀额新对虾**、**斑节对虾**、**花鲈**（见图 8.3.1-1）的健康苗种进行组合放流，主要原因包括：（1）与揭阳市神泉镇南面海域优势种和经济鱼类资源互补；（2）经济价值高、苗种易获得；（3）放流与标志技术成熟，可操作性强等。



32. 黑鲷 *Acanthopagrus schlegelii*
分布区域：渤海、黄海、东海、南海



56. 青石斑鱼 *Epinephelus awoara*
分布区域：南海、东海



图 8.3.1-1 拟选择增殖放流品种

增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长在 5 cm 以上；虾苗体长应在 1.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5 cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或 F1 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揭阳市神泉镇南面海洋生态要求的海洋生物物种。

8.3.1.2 增殖放流地点的选择

按照有关技术规范与指南要求，增殖放流应根据放流海洋生物生活习性以及资金投入规模，选择适宜的增殖放流海域。

增殖放流海域应选择：

- 1) 增殖放流的底播种类（蛤类）选择岩礁区；鱼虾类等选择人工鱼礁区及附近产卵场、索饵场、洄游通道等海域；
- 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；
- 3) 优先选择海洋生物资源衰退较为严重或生物多样性下降较明显的海域；
- 4) 优先选择已投放人工鱼礁的海域。

增殖放流海域基本条件应满足：

- 1) 海域生态环境良好；
- 2) 水深 ≥ 3 米，水面开阔，水温和盐度符合增殖放流海洋生物生活习性；
- 3) 水质符合国家标准《渔业水质标准》（GB 11607）的规定；

- 4) 底质适宜，底质表层为非还原层污泥；
- 5) 水流畅通而缓和；
- 6) 远离排污口、倾废区及大型养殖场、电厂、盐场等进排水口；
- 7) 饵料生物丰富，敌害生物少；
- 8) 靠近港口码头利于增殖放流工作开展；
- 9) 捕捞影响较小。

拟在广东省揭阳市惠来县神泉镇附近海域（图 8.3.1-2）选择健康苗种进行组合增殖放流，能有效发挥栖息效果和资源增殖作用，有利于提高放流苗种的存活率，促进生物多样性。



图 8.3.1-2 增殖放流范围示意图

8.3.1.3 增殖放流期限和时间

根据农业农村部关于调整海洋伏季休渔制度的通告（2021 年 1 号），南海海域伏季休渔期为 5 月 1 日 12 时至 8 月 15 日 12 时，此时正值大多数经济渔业种类的增殖期，因此增殖放流时间也适宜选择在此期间进行。

拟定在 2023 年至 2026 年的三年内完成项目所需要的全部鱼苗、虾苗、贝苗时。每年的增殖放流工作尽量安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月至 8 月中旬以内，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果。

拟放流的气象条件应选择晴朗、多云或阴天进行增殖放流，若放流区域 2 天内有 5 级以上大风或中雨以上天气，应另选合适的时间进行。

8.3.1.4 增殖放流数量与进度安排

增殖放流具体数量根据每年的放流总额进行调整，若因为项目区域内生物种群密度结构发生变化、当地政府部门相关规章制度标准要求的等特殊情况影响，确实需要调整放流的鱼、虾、贝的种类及数量。则根据投标报价表的单价为基准进行核算，保证变更后放流的鱼、虾、贝苗的总价值不低于变更前的总价值。初步拟定的放流种类、数量及进度安排见表 8.3.1-2。

表 8.3.1-2 增殖放流数量、时间进度安排

品种	规格	时间	2023年9月	2024年6月	2025年6月	备注说明	
黑鲷	≥5cm		180万尾	/	/	第一批次	均为本地种原种或子一代
刀额新对虾	≥1.5cm		/	6000万尾	/	第二批次	
花鲈	≥5cm		/	50万尾	/	第三批次	
斑节对虾	≥1.5cm		/	/	5000万尾	第四批次	
青石斑鱼/ 斜带石斑鱼	≥5cm		/	/	40万尾	第五批次	
年放流数量合计	/		180万尾	6050万尾	5040万尾	/	/
放流数量总计	/		11790万尾			/	/

8.3.1.5 增殖放流的组织实施

（1）苗种采购

增殖放流苗种的采购，应购买来源于我省自然海域或省级以上原、良种场，增殖放流苗种供应单位的亲体，来源为该物种原产地天然海域或水产种质资源保护区采集的原种，或原种场保育的原种，且来源、培育、更新记录清楚完整数量应满足放流育苗生产需要。

亲体应是本地野生原种或子一代，达到自然性成熟年龄，体质健壮，无病、无伤、无畸形，禁止使用近亲繁殖的后代作为亲体。

人工繁育的增殖放流苗种，应当来自有资质的生产单位。其中，属于经济物种的，应当来自持有《水产苗种生产许可证》的苗种生产单位；属于珍稀濒危物种的，应当来

自持有《水生野生动物驯养繁殖许可证》的苗种生产单位。

投标单位在增殖苗种培育阶段，对放流苗种亲体选择、种质鉴定等方面严格把关。实施放流前，应对增殖放流苗种进行检验检疫，提供相关报告，确保增殖放流苗种质量，同时对部分重要渔业资源种类进行标志。

苗种供应单位应根据不同品种、规格和运输时间等按照相应的技术标准，采取科学的包装、运输方式，保障放流苗种的安全。苗种投放前，实施单位应对放流苗种质量进行抽样检查，就是否符合合同要求作出评价；抽样验收接受现场监督；选择科学的验收方式，对投放苗种进行验收，验收记录需经供需双方、监督人等共同认可并签字。

（2）苗种的质量控制

每批物种增殖放流前必须经过检验检疫，检验检疫项目为：放流物种规格形态、体色、活力、合格率、死亡率与伤残率之和、药物残留、疫病检疫等。

按同一品种相同规格的样品分批次进行，在增殖放流现场随机抽取 50 单体以上个体测量长度和重量，用直板尺（精度为 1mm）和电子天平（精度为 0.1g）等标准量具测量长度和重量，计算规格合格率。

质量检验与检疫的要求如下：

- ①按同一品种相同规格的样品分批次进行；
- ②随机取样 2 次以上，每次取样不少于 100 个体；
- ③统计死亡、伤残和畸形个体数，计算死亡率、伤残率和畸形率；
- ④用肉眼观察苗种样品感官质量，通过感官质量确定疑似病害对象，进行寄生虫病、传染性细菌病及病毒性病害的采样检查。

苗种验收与监督：由具有相应资质的检验、检疫机构或公证单位对增殖放流苗种进行检验、检疫，并由该机构出具检验、检疫合格文件，验收内容包括放流苗种的品种、规格、质量和数量等。

（3）苗种的计数、运输和放流

增殖放流项目实施单位应将拟开展增殖放流活动基本信息公开，接受社会监督，对开展增殖放流苗种数量进行统计，采用随机取样密度计数法，填写增殖放流活动记录表。

苗种运输应基于安全、快捷、便利，且追求低成本。增殖放流通常是在高温的夏季进行，苗种运输时应降温处理，采取敞口、充氧、遮光运输方式，防止因气温高而导致运输水温升高，提高运输成活率。鱼类苗种运输应配置运输专用车辆或水上专用运输船，

较远距离运输采用塑料袋充氧后泡沫箱装箱运输。运输时间尽量安排在夜间或早晚。

放流时将装运鱼虾类的塑料袋或将鱼虾苗用阔口盆皿装盛（配有一定量清水）靠近水面，顺水徐徐把放流物种放入海中，在正午前完成放流物种投放工作。增殖放流时，尽可能贴近海面，不超过海面 1m，顺风缓缓放入水中；在船上增殖放流时，船速小于 0.5m/s；采用滑道增殖放流时，要求滑道表面光滑，与水平面夹角小于 60°，且其末端接近水面；在船上增殖放流时，船速小于 1.0m/s。

增殖放流应采取有利于提高放流苗种成活率、保证最好放流效果的投放方式，禁止采用抛洒或“高空”倾倒放流方式，中标单位必须自行采购或制作滑梯、管道等投放工具，采取科学合理的投放方式。

（4）公证与验收

按照国家和地方相关要求严格执行放流验收操作规程，委托第三方具有相关资质的公证处对增殖放流活动全程进行监督核验，在公正人员的监督下严格按照相关程序要求保质保量将鱼苗投放到位，并出具公证书。

放流前 5 天向放流主办单位提供详细的放流仪式计划：包括宣传方案、媒体报道方案，放流会场布置图、渔船配置、人员安排、放流路线等，接受招标单位和社会的监督。

提前与跟踪监测与效果评估单位对接，接受其指导与监督，按要求开展项目相关工作；提供不少于 0.2% 的较大规格的种苗协助开展苗种标记、分子样品采集、标记物种运输、放流等工作。

放流当天，邀请公证机构进行现场公证，另外邀请各界人士参加放流活动。拟邀请参加增殖放流活动的有关人员如下：政府部门、公司代表、跟踪监测与效果评估单位的人员、新闻媒体、公证机构公证人员、群众代表等。

8.3.1.6 其他要求

为监测项目资源修复实施效果，拟在本项目实施期间对项目修复海域渔业资源的变动情况进行跟踪监测，以评估项目的实施效果，具体按相关规范要求开展。

选择放流苗种的原则应该根据 2009 年 3 月 20 日农业部第四次常务会议审议通过的《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 20 号令），按照“公开、公平、公正”的原则，依法通过招标或者议标的方式采购用于增殖放流的水生生物或者确定苗种生产单位。用于增殖放流的人工繁殖的水生生物物种，应当来自有资质的生产单位。其中属于经济物种的，应当来自持有《水产苗种生产许可证》的苗种生产单位；属于珍稀、濒危物种

的，应当来自持有《水生野生动物驯养繁殖许可证》的苗种生产单位。用于增殖放流的水生生物应当依法经检验检疫合格，确保健康无病害、无禁用药物残留。

根据所需放流品种和当地的种苗供应情况对当地苗种供应商进行公开招标或议标，通过公开招标或议标后中标的公司作为乙方的技术合作单位，对苗种的质量负全部责任。

根据《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 20 号令），第十三条单位和个人自行开展规模性水生生物增殖放流活动的，应当提前 15 日向当地县级以上地方人民政府渔业行政主管部门报告增殖放流的种类、数量、规格、时间和地点等事项，接受监督检查。

8.3.2 生态保护修复措施落实情况

建设单位委托深圳中喆海洋科技有限公司编制了《神泉一 400MW 海上风电场增殖放流项目生态补偿方案》（以下简称“方案”）于 2023 年 9 月 7 日通过揭阳市农业农村局的专家评审，并取得相关批复和备案（附件 6）。

建设单位按照方案要求已组织完成 2023 年和 2024 年增殖放流活动（图 8.3.2-1）。两次增殖放流活动在公证单位的监督下，顺利通过增殖放流苗种品种、规格、数量等的验收。截至目前，生态保护修复措施的进展情况列于表 8.3.2-1。

表 8.3.2-1 生态修复措施进展情况表

图 8.3.2-1 增殖放流现场照片

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

本项目为海上风电项目，项目装机总容量为 400MW，共布置 29 台 7MW 风电机组和 37 台 5.5MW 风电机组，配套建设 1 座 220kV 海上升压站，16 回 35 kV 集电海底电缆，2 回 220kV 海底电缆接入陆上集控中心。本项目用海类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）。风机基础与海上升压站的用海方式为构筑物用海（一级方式）的透水构筑物用海（二级方式），海底电缆的用海方式其他用海方式（一级类）中的海底电缆管道（二级类）。

本项目实际建设内容与批复方案基本一致，主要变化为 2 台风机向西偏移约 200m，

与其连接的 35 kV 海底电缆发生变化，调整后项目用海总面积为 472.4452 公顷，其中透水构筑物用海面积 72.2067 公顷，海底电缆管道用海面积 400.2385 公顷，用海总面积增加 0.2644 公顷。调整后本项目拟申请用海期限仍为 27 年，截至 2047 年 9 月 26 日。

9.1.2 项目用海调整必要性结论

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。项目的风机基础、海上升压站建设、海底电缆铺设必将占用一定的海域，海缆登陆段施工也会涉及岸线。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，项目用海都是必要的。

项目用海调整是落实违法违规用海行为查处整改的要求，也是落实依法用海，维护用海秩序的要求。《海域使用管理法》明确“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。

《海域使用权登记办法》明确要求“下列情形之一的，海域使用权人应当申请变更登记：（二）改变海域使用位置、面积或者期限的；”。本项目海域使用位置和面积均发生改变，因此开展项目用海调整是必要的。

9.1.3 项目用海资源环境影响变化分析结论

项目实际建设与批复情况变化较小，仅仅涉及两个风机点位移位，本项目海洋环境影响评价单位已根据批复方案的项目平面布置情况进行数模计算和分析环境影响，并且根据《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目竣工环境保护验收报告》中指出仅 32 号和 33 号风机相对向西南偏移 200m，对于在开阔海域建设风机项目，风机偏移的 200m 位置差对整体水动力条件、冲淤环境等海洋环境的影响变化较小。

风机桩基施工、电缆沟冲埋对渔业资源的影响主要表现在附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害，对潮间带和潮下带底栖生物造成直接损失。按在桩基施工和电缆沟冲埋影响范围内（悬浮物浓度 $>10\text{mg/L}$ ）平均影响面积为 100.98 km^2 ，受影响的浮游植物数量 9.869×10^{14} 个、受影响的浮游动物生物量为 187.07t。施工期造成潮下带底栖生物累计损失量为 99.11 t，鱼卵的累计损失量为 1.46×10^8 尾，仔鱼的累计损失量为 4.46×10^6 尾，游泳生物的累计损失量为 3.9886t，游泳生物损失量 2.37t。

9.1.4 海域开发利用协调变化分析

项目周边海域已确定开发利用活动，主要有航道、锚地、码头、风电、养殖等工程用海。本项目界定的协调责任部门为航道、海事主管部门，利益相关者为中海油粤东液化天然气有限责任公司，本项目施工前已取得与利益相关者书面协调意见。

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，不存在损害国家权益的问题；本项目用海海区内无大型弹药武器实验场、军用码头等军事设施，项目已取得军方书面意见。

9.1.5 项目用海与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）》，所在海洋空间功能布局为海洋开发利用空间，本项目风机所在区域位于《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》中海洋发展区的工矿通信用海区，220kV 路由所在区域为《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》和《揭阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》海洋发展区中的渔业用海区，项目位于《广东省海洋功能区划（2011-2020）》中前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区和珠海-潮州近海农渔业区，符合所在海洋功能区管控要求。

本项目不涉及海洋生态红线保护红线，符合“三区三线”的管控要求。同时本工程建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》《广东省海洋主体功能区规划》《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划（2017）》《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》等规划，符合国家产业政策。

9.1.6 项目用海合理性分析

本次调整后项目的用海范围仍然在原规划范围之内。本项目风电场场址区位于揭阳惠来以南海域，建设场地已在《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》考虑，场址具有唯一性。本项目所在区域的区位和社会条件能满足项目建设的要求；与自然资源和生态环境相适宜，风资源较丰富；场地稳定性和工程地质条件较好，在采取必要的桩基础结构和合理的施工方案等工程措施的前提下，项目选址能满足相应场地要求；项目选址符合国土空间区划；项目建设有利于该区域海洋经济的协调发展，对周边海域的资源环境影响相对较小；项目在协调好与周边利益相关者的关系前提条件下，选址与周边其它用海活动是适宜的。通过对宏观选址和微观选址的分析，项目用海选址是合理的。

本次调整后，本项目的风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 送出海缆能充分

利用海域的空间资源和风能资源，产生最大的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海；海底电缆铺设施工对资源环境的影响相对较小，提升了项目的用海合理性。项目用海平面布置方案合理。本项目主要水工建筑物是风机基础、海底电缆和海上升压站，风机基础和海上升压站采用桩基础的结构方案，用海方式分别为透水构筑物 and 海底电缆管道，用海方式能满足本项目的使用功能，符合有关规范的规定，符合海洋功能区划的管理要求，符合海洋生态保护红线的管控要求，项目用海方式合理。

本次调整后，项目申请用海总面积为 472.4452 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 70.2481 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 1.9586 公顷，220kV 海底输电电缆用海面积 251.3604 公顷，35kV 集成电路海底电缆 148.8781 公顷。主要变化为 35kV 海底输电电缆用海面积增大了 0.2644 公顷。项目设计符合相关行业标准 and 规范，能满足项目的建设需求，宗海图绘制符合规定，量算准确，符合相关用海控制指标要求。现阶段，不存在减少用海面积的可行性，从集约节约用海角度考虑，用海面积合理。

结合国家对项目用海年限的规定，本项目调整后申请使用海域期限仍为截止至 2047 年 9 月 26 日，符合《中华人民共和国海域使用管理法》第六条的规定。

9.1.7 项目用海可行性结论

本项目的建设有利于促进粤东地区经济增长；项目所在海域的风能资源较好，海底地质条件适宜，交通较便利，资源环境能满足本项目建设需要；项目用海对周边海域的资源环境影响较小，资源损失可通过生态补偿的方式进行补偿；工程施工期和运营期基本落实了环境影响报告书中提出的环保措施与建议以及环保主管部门的批复意见，各项环保设施与工程同时设计、同时施工、同时投入使用；项目用海的利益相关者可协调；符合国土空间规划、相关规划和海洋生态保护红线；项目用海选址适宜，用海方式符合有关规范的规定，平面布置方案有利于集约节约用海；项目宗海图绘制规范，面积量算合理，申请用海期限符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。项目建设在严格落实生态用海对策和海域使用管理要求的前提下，从海域使用管理角度出发，本项目用海方案可行。

9.2 建议

建议建设单位在运营期内按照《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号）要求开展生态保护修复和生态跟踪监测工作，严格落实生态用海责任。

