



国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目
增容项目

海域使用补充论证报告书
(公示稿)

自然资源部南海调查中心

中国·广州

二〇二五年四月

国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目
增容项目

海域使用补充论证报告书
(公示稿)

自然资源部南海调查中心



论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4452242025000779		
论证报告所属项目名称	国家电投揭阳神泉二 350MW海上风电项目增容项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	自然资源部南海调查中心		
统一社会信用代码	12100000457328049K		
法定代表人	王伟平		
联系人	杨琴		
联系人手机	13763335993		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
张伟杰	BH001067	论证项目负责人	张伟杰
张伟杰	BH001067	1. 概述 2. 项目用海基本情况 6. 国土空间规划符合性分析 7. 项目用海合理性分析 8. 生态用海对策措施 9. 结论	张伟杰
杨威	BH005157	3. 项目所在海域概况	杨威
陈际雨	BH000763	4. 资源生态影响分析	陈际雨
梁宇钊	BH004317	5. 海域开发利用协调分析	梁宇钊
胡云朋	BH001291	10. 报告其他内容	胡云朋
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):  2025年04月08日			

项目基本情况表

项目名称	国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目			
项目地址	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	450.1690 公顷		投资金额	XX 亿元
用海期限	24 年		预计就业人数	XX 人
占用岸线	总长度	20.9m	邻近土地平均价格	--
	自然岸线	20.9m	预计拉动区域经济产值	XX 亿元
	人工岸线	0m	填海成本	--
	其他岸线	0m		
海域使用类型	工矿通信用海（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		169.8973 公顷	风机	
透水构筑物		0.3669 公顷	海上升压站	
海底电缆管道用海		165.6971 公顷	66kV 集电海缆	
海底电缆管道用海		114.2077 公顷	220kV 送出海缆	
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。				

关于《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海域使用补充论证报告书》全文公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》(自然资规〔2021〕1 号)相关要求,我单位对《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海域使用补充论证报告书》全本予以公示。

在此次公示中,我单位按要求删除或模糊处理其中涉及技术秘密、商业秘密等内容。现将删除或模糊处理内容说明如下:

1.删除或模糊处理工程具体位置,具体平面布置情况、主要构筑物的结构尺度、主要施工工艺及施工方案、施工船机设备等敏感信息。

原因:此部分内容属于项目建设的涉密部分。

2.删除部分工程地质勘察地形地貌数据与图件。

原因:此部分内容属于项目建设的涉密部分。

3.删除或模糊处理有关引用材料的编制单位信息。

原因:影响第三方商业秘密。

4.删除数模计算过程,保留结果。

原因:影响数模单位的商业秘密。

5.公示内容不包含环境监测、现场踏勘详细数据记录。

原因:详细数据涉及监测单位和评价单位的商业秘密。

6.删除周边用海项目权属信息。

原因:此部分内容涉及第三方商业秘密。

7.删除附件内容。

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

目录

摘要	1
1 概述	6
1.1 论证工作来由	6
1.2 论证依据	10
1.2.1 法律法规	10
1.2.2 相关规划和区划	12
1.2.3 技术标准和规范	13
1.2.4 项目基础资料	13
1.3 论证工作等级和范围	15
1.3.1 论证工作等级	15
1.3.2 论证工作范围	16
1.4 论证重点	16
2 项目用海基本情况	17
2.1 项目建设内容	17
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	17
2.2.3 海上升压站	18
2.2.4 220kV 送出路由	19
2.2.5 66kV 海底电缆	19
2.3 项目主要施工工艺与方法	20
2.3.1 单桩基础施工	20
2.3.2 风机分体安装	20
2.3.3 施工进度	21
2.3.5 土石方平衡	21
2.4 项目用海需求	21
2.5 项目用海必要性	23
2.5.1 项目建设与用海必要性	23
2.5.2 相关产业政策与规划符合性	23
2.5.3 项目用海调整必要性	24
3 项目所在海域概况	27
3.1 海洋资源概况	27
3.1.1 风能资源	27
3.1.2 矿产资源	27
3.1.3 渔业资源	28
3.1.4 鸟类资源	28
3.1.5 保护区资源	28
3.1.6 珍稀濒危海洋生物	29
3.2 海洋生态概况	31
3.2.1 气象气候	31
3.2.2 水文动力环境	32

3.2.3 区域地质概况	37
3.2.4 海底地形地貌	37
3.2.5 海床冲淤活动分析	37
3.2.6 海洋自然灾害	38
3.2.7 海水水质、沉积物、海洋生物质量现状调查与评价	39
3.2.8 2022 年春季海洋生态环境调查	41
3.2.9 2024 年秋季海洋生态环境调查	44
3.2.10 噪声调查	46
3.2.11 电磁辐射监测	47
4 资源生态影响分析	48
4.1 生态评估	48
4.1.1 重点和关键预测因子确定	48
4.1.2 用海方案工况设计	48
4.1.3 水动力影响预测与评价对比分析	49
4.1.4 地形地貌及冲淤环境影响预测与评价对比分析	49
4.1.5 水质影响预测评价对比分析	49
4.1.6 用海方案推选	49
4.2 资源影响分析	50
4.2.1 对岸线资源的影响	50
4.2.2 对海岛资源的影响	50
4.2.3 对港口航运资源的影响	51
4.2.4 对渔业资源的影响	51
4.2.5 对旅游资源的影响	53
4.2.6 对鸟类资源的影响分析	53
4.2.7 对海洋生物资源的影响	54
4.2.8 对“三场一通道”的影响分析	54
4.2.9 对保护区资源的影响分析	55
4.2.10 对珍稀海洋生物的影响分析	55
4.3 生态影响分析	57
4.3.1 对水文动力环境影响	57
4.3.2 对地形地貌冲淤环境影响	57
4.3.3 对水质环境的影响	58
4.3.4 对沉积物环境影响分析	59
4.3.5 对海洋生物的影响	59
4.3.6 噪声环境影响分析	62
4.3.7 电磁辐射环境影响分析	63
4.3.8 项目建设回顾性影响分析	63
5 海域开发利用协调分析	64
5.1 海域开发利用现状	64
5.1.1 社会经济概况	64
5.1.2 海域开发现状	64
5.1.3 海域使用权属现状	66
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	66
5.2.1 对港口作业区的影响分析	66

5.2.2 对锚地的影响分析	66
5.2.3 对通航的影响分析	66
5.2.4 对周边海上风电的影响分析	67
5.2.5 对渔业的影响分析	67
5.2.6 对保护区的影响分析	68
5.2.7 对海岛的影响分析	68
5.2.8 对近岸鲍鱼养殖场的影响分析	69
5.2.9 对海底光缆的影响分析	69
5.2.10 对倾倒区的影响分析	69
5.3 利益相关者与需协调部门界定	69
5.3.1 与航道、海事部门的协调	70
5.3.2 与渔业主管部门的协调	71
5.5 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析	71
6 项目用海与国土空间规划符合性分析	72
6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况	72
6.1.1 《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》	72
6.1.2 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》	72
6.1.3 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》	72
6.1.4 《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》	73
6.1.5 《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》	73
6.1.6 生态保护红线	73
6.2 对所在海域国土空间规划分区的影响分析	73
6.2.1 对《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》的影响分析	73
6.2.2 对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的影响分析	74
6.2.3 对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的影响分析	74
6.2.4 对《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的影响分析	76
6.2.5 对《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的影响分析	76
6.2.6 对生态保护红线的影响分析	76
6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析	76
7 项目用海合理性分析	78
7.1 用海选址合理性分析	78
7.2 用海平面布置合理性分析	79
7.2.1 风机平面布置对比	79
7.2.2 海上升压站平面布置对比	80
7.2.3 220kV 送出路由平面布置比选	80
7.2.4 66kV 集电海缆排布对比	80
7.2.5 项目调整前后对海洋环境的影响对比分析	81
7.2.6 小结	81
7.3 项目用海方式的合理性	81
7.3.1 风机基础对比	82
7.4 项目占用岸线合理性分析	83
7.4.1 项目用海范围占用的岸线	83
7.4.2 项目占用岸线的必要性	84
7.4.3 项目占用岸线的合理性	84

7.5 用海面积合理性分析	85
7.5.1 用海面积合理性分析	85
7.5.2 宗海图绘制	91
7.6 用海期限合理性分析	93
7.7 立体设权合理性分析	94
7.7.1 海域空间分层利用情况	94
7.7.2 立体设权必要性分析	95
7.7.3 立体设权可行性分析	95
8 生态用海对策措施	97
8.1 生态用海对策	97
8.1.1 施工期生态保护对策	97
8.1.2 营运期生态保护对策	99
8.1.3 环境保护措施落实情况	101
8.1.4 跟踪监测	103
8.2 生态保护修复措施	107
8.2.1 增殖放流措施	108
8.2.2 增殖放流措施落实情况	109
9 结论与建议	111
9.1 结论	111
9.1.1 项目用海基本情况	111
9.1.2 项目用海调整必要性结论	111
9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论	112
9.1.4 海域开发利用协调分析结论	112
9.1.5 项目用海与国土空间规划及相关规划符合性分析结论	113
9.1.6 项目用海合理性分析结论	113
9.1.7 项目用海可行性结论	114

摘要

（一）项目用海基本情况

国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目建设单位为揭阳前詹风电有限公司，于 2022 年 5 月 13 日取得广东省人民政府的用海批复，批准用海面积 494.5561 公顷，其中透水构筑物用海面积 85.1109 公顷，海底电缆管道用海面积 409.4452 公顷，批准用海 27 年。本项目于 2022 年 12 月 28 日全容量并网运行。

后续项目在实际施工过程中，因风机设备招标的原因，未招标到 12MW 风机，11MW 风机的数量亦不足，因此风机选型由 10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机调整为 16 台 8MW 风机和 34 台 11MW 风机，总装机容量由 560MW 调整为 502MW，风电场区集电线路由 10 回 66kV 海底电缆调整为 8 回 66kV 海底电缆、升压站主体结构尺寸由 42.0m×39.0m（不包括外挑部分）调整为 40.15m×37.7m（不包括外挑部分）。此外，根据工程地质详勘结果、风机选型及工程施工进度要求，风机桩基础由四桩导管架基础调整为单桩基础。

建设单位委托 XX 公司实施 220kV 海底电缆施工，在施工过程中由于定位误差和施工误差，220kV 海底电缆在实际施工过程中有微调。因此，实际施工后，项目用海情况发生变化。

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（一级方式），海底电缆的用海方式为其他用海方式（一级方式）中的海底电缆管道（一级方式）。

项目调整后用海总面积为 450.1690 公顷，其中透水构筑物用海面积 170.2642 公顷，海底电缆管道用海面积 279.9048 公顷，用海总面积减少 44.3871 公顷。

调整后项目申请用海期限与批复用海期限保持一致，截止至 2049 年 5 月 31 日。

（二）项目用海调整必要性

项目用海调整是落实依法用海，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，因此开展项目用海调整是必要的。

此外，本次调整主要对国家提出集约节约用海、生态文明建设的响应，也有助于提升施工安全，其次，也受限于实际项目招标的现实情况。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

本项目调整后，由于风机桩基础改变，可能会影响风机局部水动力变化情况，但是风电场项目对整体水动力条件产生影响仍较小。本项目在开阔海域内建设风电场，工程建设对冲淤的影响主要集中在桩基周边及升压站前后，桩基改变对局部冲淤可能存在一定影响，但是从项目整体来看的话，风机位置与升压站位置未变化，对项目整体的冲淤环境影响不大。

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。在桩基施工和电缆沟冲埋影响范围内（悬浮物浓度 $>10\text{mg/L}$ ）平均影响面积有所减少，相应的生物损失量也有所减少。

针对该影响，建设单位委托技术单位编制了《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目水生生物资源保护和补偿增殖放流实施方案》，放流品种为长毛对虾，在 2025 年 6 月、8 月休渔期内分别进行一次增殖放流。

（四）利益相关者协调情况

项目周边海域开发利用活动主要有航道、锚地、码头、风电、养殖等工程用海。本项目界定的需协调部门为航道、海事主管部门以及渔业主管部门，利益相关者为有关鲍鱼养殖场养殖户，本项目施工前已取得与利益相关者书面协调意见。

（五）规划符合性

本项目位于《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》本项目位于海洋开发利用空间内，送出海缆位于交通运输用海区、渔业用海区中，风电场位于工矿通信用海区。依据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》规划分区，本项目位于海洋发展区中的前詹西部交通运输用海区，惠来近海渔业用海区以及汕尾-揭阳南部工矿通信用海区，符合所在海洋分区管控要求。

本项目未穿越生态保护红线，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）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《揭阳港总体规划（2021-2035）》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神泉以南海域，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的场地要求；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相对较小；项目在协调好与周边利益相关者关系的前提条件下，选址与周边其他用海活动是适宜的。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。

本项目在实际施工过程中已充分考虑到了集约节约用海的原则。在风机招标受限的情况下，实际施工的风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 主海缆经过了充分设计和优化，能充分利用海域的空间资源和风能资源，产生最优的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海；海底电缆经过优化后，提高了项目的用海合理性，对海洋生态环境的影响相对更小。因此，本报告书认为施工调整后的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，符合国土空间规划的

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。

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。

本项目登陆点位于严格保护类岸线，属于可在严格保护类岸线内实施的项目。采用定向钻的方式下穿岸线，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5 米，出、入土点距海岸线分别为 109 米和 26 米。占用岸线宽度为 20.9m，本项目底土穿越式占用岸线，也无需进行岸线占补。

结合国家对项目用海年限的规定，调整后项目申请用海期限与原批复用海期限保持一致，截止至 2049 年 5 月 31 日，符合《中华人民共和国海域使用管理法》第六条的规定。

（七）生态保护修复措施与跟踪监测

依据《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目水生生物资源保护和补偿增殖放流实施方案》，本项目拟增殖放流长毛对虾，本项目生态补偿资金由揭阳前詹风电有限公司负责筹集，在 2025 年 6 月、8 月休渔期内分别进行一次增殖放流。

项目已于施工期与运营期开展跟踪监测，依据自然资办函〔2022〕640 号文的要求，对国家电投揭阳神泉二海上风电场项目运营期用海区域海洋环境跟踪监测，环境监测的内容包括：声环境监测、电磁辐射、鸟情及其栖息地观测、水文监测、地形地貌及冲淤环境、海水水质及沉积物环境监测、生态及渔业资源调查等，监测周期为 5 年，通过跟踪监测评价其影响范围和影响程度，定期出具海洋环境监测报告。

（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的需要；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 论证工作来由

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。揭阳市规划的神泉、靖海两个海上风电场场址属于本次规划修编新增场址。揭阳神泉海上风电场工程项目位于揭阳市惠来县神泉镇南面海域，规划装机容量为 75 万千瓦，场址涉海面积约 150 平方公里，属于《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）》中揭阳市海上风电场址之一。本项目属于规划神泉场址的神泉二海上风电项目，规划装机容量 350MW。

后续随着海上风电装备技术革新与进步、施工技术的优化与调整和海上风电管理政策的变化，大功率海上风机已成为海上风电装机未来主流机型。为适应风电平价的政策要求，经广东省能源局同意，建设单位拟将该项目总装机容量由 350MW 增容至 560MW（附件 3），建设 10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机，10 回风机间集电线路，2 回 220kV 连陆海底电缆，1 台海上升压站，用海情况发生变化。建设单位委托国家海洋局南海调查技术中心（下称编制单位）编制完成《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海域使用论证报告书》，报告书于 2021 年 12 月 22 日通过揭阳市自然资源局组织的专家评审会，2021 年 12 月 26 日取得专家组长复核意见，于 2021 年 12 月 28 日取得揭阳市自然资源局出具的用海预审意见，2021 年 12 月 31 日取得揭阳市发展改革局的核准批复（附件 4）。

2022 年 1 月，广东省新修测海岸线通过广东省政府审批生效，根据有关自然资源管理部门要求，编制单位根据新修测海岸线重新计算用海面积，绘制宗海

图，并调整修改，于 2022 年 2 月 28 日再次通过专家组长复核（附件 5），形成报批稿。建设单位以此报批稿为基础，报送广东省自然资源厅申请海域使用，并于 2022 年 5 月 13 日取得广东省人民政府用海批复（附件 6），批准用海总面积 494.5561 公顷，用海类型为电力工业用海，其中透水构筑物用海 85.1109 公顷，海底电缆管道用海 409.4452 公顷，批准用海期限 27 年。建设单位于 2022 年 6 月 1 日缴纳海域使用金（附件 6），并于 2022 年 6 月 17 日取得海域使用权不动产权证书（附件 6），用海期限自 2022 年 6 月 1 日起至 2049 年 5 月 31 日止。

后续项目在实际施工过程中，因风机设备招标的原因，未招标到 12MW 风机，11MW 风机的数量亦不足，因此风机选型由 10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机调整为 16 台 8MW 风机和 34 台 11MW 风机，总装机容量由 560MW 调整为 502MW，风电场区集电线路由 10 回 66kV 海底电缆调整为 8 回 66kV 海底电缆、升压站主体结构尺寸由 42.0m×39.0m（不包括外挑部分）调整为 40.15m×37.7m（不包括外挑部分）。此外，根据工程地质详勘结果、风机选型及工程施工进度要求，风机桩基础由四桩导管架基础调整为单桩基础。

建设单位委托 XX 公司实施 220kV 海底电缆施工，在施工过程中由于定位误差和施工误差，220kV 海底电缆在实际施工过程中有微调。因此，实际施工后，项目用海情况发生变化。

本项目调整规模和投资额已取得揭阳市发展和改革局的同意意见（附件 7）。

2023 年 7 月 28 日，惠来县海洋综合执法大队对集电海缆施工单位 XX 公司下达行政处罚决定书（粤惠来海综罚决字〔2024〕88 号），对“预定的风场十回路海缆修改为八回路，超出所申请海域使用《不动产权证书》所包含的用海界址点的用海范围。经测量涉案海域面积为 3.0337 公顷。”非法占用海域的违法行为进行了处罚。罚款于 2025 年 4 月 7 日已经缴纳完毕（附件 13）。送出海缆、升压站在原批复范围内，风机与批复面积一致，因此并未处罚。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》等的规定，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。在中华人民共和国内水、领海持续使用特定海域三个月以上的排他性用海活动，在向海洋行政主管部门申请使用海域时，必须出具海域使用论证材料，论证该海域使用是否可行。根据上述规定，本项目根据实际施

工情况调整后，项目用海发生改变，需报广东省人民政府批准。同时，根据《自然资源部办公厅关于做好海上风电用海有关问题处置工作的通知》(自然资办函〔2021〕1713号)等相关要求，对批建不一致的项目需开展批建评估报告，《国家电投揭阳神泉二350MW海上风电项目增容项目批建评估报告》于2025年4月17日于揭阳市组织召开（附件14），会议邀请五名专家以及相关管理部门，专家组同意该《评估报告》中无需拆除的结论。

建设单位再次委托论证单位开展调整后的项目海域使用论证工作。接受委托后，自然资源部南海调查中心组成了项目组，编制了海域使用论证实施方案，开展调整后的现场踏勘工作，收集相关资料，了解本项目附近区域的自然环境条件，查清工程区附近最新的海洋资源开发利用现状；根据调整情况重新分析界定利益相关者，并提请业主与利益相关者进行协调；进行涉海工程综合分析研究，依据《XX公司在国家电投揭阳神泉二350MW海上风电项目增容项目涉嫌非法占用海域面积测量技术报告》（2024.12）量算工程用海面积等工作。在此基础上编制了本次调整后的海域使用补充论证报告书。

表 1.1-1 批复情况（调整前）与建设情况（调整后）对比表

论证内容	批复情况（调整前）	建设情况（调整后）	变化情况
建设内容	10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机； 10 回 66kV 集电海底电缆； 1 座海上升压站； 2 回 220kV 送出电缆	16 台 8MW 风机和 34 台 11MW 风机； 8 回 66kV 集电海底电缆； 1 座海上升压站； 2 回 220kV 送出电缆	减少
总装机容量	560MW	502MW	减小
论证范围	面积约 1800.26km ²	面积约 1800.26km ²	不变
占用岸线	17m	20.9m	增加
包络范围	55.79km²，每 10 万千瓦包络 海域面积为 9.96 平方公里	57.22km²，每 10 万千瓦包络 海域面积为 11.39 平方公里	增加（风机用 海面积增加， 包络范围增加）
论证重点	（1）用海必要性；（2）选址（线）合理性；（3）用海方式和布置合理性；（4）用海面积合理性（5）海域开发利用协调分析；（6）资源环境影响。	（1）用海调整必要性；（2）平面布置合理性；（3）用海面积合理性；（4）海域开发利用协调分析；（5）资源生态影响；（6）生态用海对策措施。	变化
论证等级	一级	一级	不变
用海期限	至 2049 年 5 月 31 日止	至 2049 年 5 月 31 日止	不变

用海面积	用海总面积为 494.5561 公顷，其中透水构筑物用海 85.1109 公顷，海底电缆管道用海 409.4452 公顷	用海总面积为 450.1690 公顷，其中透水构筑物用海 170.2642 公顷，海底电缆管道用海 279.9048 公顷	减小
平面布置	四桩导管架基础采用 30m 根开，桩径为 3m； 10 回 66kV 海缆总长度 111.95km； 220kV 海底电缆路线总长度（公里，2 回）56.68km； 海上升压站最大投影尺寸由 45m×44.2m，平台长边由正北偏西 22.5°方向	单桩基础，计算面积半径统一尺寸为 10.5m； 8 回 66kV 海缆总长度为 91.73km； 220kV 海底电缆路线总长度（公里，2 回）56.61km； 海上升压站最大投影尺寸由 40.15m×41m，平台长边由正北偏西 30°方向	风机与升压站中心点位未变化； 220kV 海缆走向与登陆点基本未变化； 其他变化
施工工艺	四桩导管架沉桩施工，风机安装采用分体安装，海缆采用敷埋同步深埋敷设	单桩施工，风机安装采用分体安装，海缆采用敷埋同步深埋敷设	除风机桩基础施工变化，其余未变化
施工进度	22 个月	7 个月	减少
地质勘察	场区采用 2018 年风电场内钻探资料； 送出路由引用 2021 年神泉一路由调查勘测报告地质资料	场区采用 2020 年风电场内钻探资料； 送出路由引用 2022 年神泉二路由调查勘测报告地质资料	更新
海洋生态资料	1.水质、生物生态、沉积物采用 2018 年 3 月和 2021 年 11 月春秋两季的调查资料； 2.噪声与电磁辐射调查资料未明确； 3.鸟类采用 2017 年 11 月、2018 年 1 月、4 月和 6 月的调查资料； 4.水文调查资料采用 2017 年 12 月和 2018 年 6 月的调查资料。	1.水质、生物生态、沉积物采用 2022 年 3 月春季和 2024 年 11 月秋季的调查资料； 2.噪声与电磁辐射引用 2024 年 7 月和 2024 年 9 月的调查资料； 3.鸟类采用 2024 年 7 月、2024 年 11 月的调查资料； 4.水文调查资料采用 2023 年 8 月与 2024 年 2 月的调查资料。	更新补充所有调查资料
利益相关者与需协调部门	利益相关者为鲍鱼养殖户；协调部门有海事部门与航道部门	利益相关者为鲍鱼养殖户；协调部门有海事部门、航道部门与渔业主管部门	渔业主管部门原报告应列未列，且已协调，本次补充完善
国土空间规划符合性分析	位于《广东省海洋功能区划》（2011-2020）中的项目建设位置穿越前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区，未位于生态保护红线区	位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》中的交通运输用海区、渔业用海区与工矿通信用海区，未位于生态保护红线区	更新了该章节所有规划符合性分析

生态保护修复措施	简要分析	依据本项目环评报告以及环保验收报告补充完善生态修复保护措施	补充完善
跟踪监测	简要设置	依据环评报告与环保验收报告中的施工期与运营期的调查结果进行结论描述以及回顾性分析，并依据 640 号文列出最新运营期生态跟踪监测方案与部分结果	补充完善

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

- 1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日起实施；
- 2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日，十四届全国人大常委会第六次会议表决通过了新修订的海洋环境保护法，自 2024 年 1 月 1 日起施行；
- 3) 《中华人民共和国港口法》，2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正；
- 4) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 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二十八次会议修订，自 2021 年 9 月 1 日起施行；
- 5) 《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订；
- 6) 《中华人民共和国可再生能源法》，2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过，自 2010 年 4 月 1 日起施行；
- 7) 《中华人民共和国野生动物保护法》，2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议《关于修改〈中华人民共和国野生动物保护法〉等十五部法律的决定》第三次修正；
- 8) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013 年 12 月 7 日第二次修正；
- 9) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，

2017 年 3 月 1 日根据《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》修订）；

10) 《中华人民共和国航道法》，中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议于 2014 年 12 月 28 日通过，自 2015 年 3 月 1 日起施行；

11) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院令第 465 号 2006 年 11 月 1 日起施行，根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第二次修订；

12) 《无居民海岛保护与利用管理规定》，国海发〔2003〕10 号，自然资源部，2003 年 7 月 1 日起施行；

13) 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006 年 10 月 13 日发布，2007 年 1 月 1 日起实施；

14) 《不动产登记暂行条例》，中华人民共和国国务院，自 2015 年 3 月 1 日起施行；

15) 《不动产登记暂行条例实施细则》，中华人民共和国国土资源部，2016 年 1 月 1 日公布并实施；

16) 《海洋自然保护区管理办法》，国家海洋局，1995 年 5 月 29 日公布实施；

17) 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017 年 3 月 31 日；

18) 《铺设海底电缆管道管理规定》，国务院令第 27 号，1989 年 1 月 20 日国务院通过，1989 年 3 月 1 日起施行；

19) 《海底电缆管道保护规定》，国土资源部令第 24 号，2003 年 12 月 30 日国土资源部第 12 次部务会议通过，2004 年 3 月 1 日起施行；

20) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局第十四次局务会议通过，1992 年 8 月 26 日发布施行；

21) 《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》，国家海洋局，国海规范〔2017〕8 号，2017 年 5 月 2 日；

22) 《海上风电开发建设管理办法》，国家能源局、国家海洋局、国能新能〔2016〕394 号，2016 年 12 月 29 日；

23) 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资规〔2021〕

1 号，2021 年 1 月 9 日；

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

25) 《广东省海域使用管理条例》（修正稿），2021 年 9 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议修正；

26) 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省自然资源厅省管用海项目审查审批工作规范〉的通知》，广东省自然资源厅，2020 年 8 月 12 日；

27) 《关于印发〈海域使用论证管理规定〉的通知》，国海发〔2008〕4 号，国家海洋局，2008 年 1 月 23 日；

28) 《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）；

29) 《广东省人民政府关于培育发展战略性支柱产业集群和战略性新兴产业集群的意见》，粤府函〔2020〕82 号，2020 年 5 月 18 日；

30) 《广东省培育新能源战略新兴产业集群行动计划（2021-2025 年）》，2020 年 9 月 25 日印发。

31) 《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，自然资源部，2024 年 12 月 30 日；

32) 《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。

1.2.2 相关规划和区划

- 1) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日批准；
- 2) 《“十四五”现代能源体系规划》，2022 年 3 月 21 日；
- 3) 《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》，2021 年 1 月 26 日省十三届人大四次会议审议批准；
- 4) 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》，2024 年 1 月 16 日；
- 5) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，2021 年 9 月 30 日；
- 6) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，2025 年 1 月 23 日；
- 7) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，2023 年 5 月；
- 8) 《广东省海上风电发展规划》（2017-2030 年）（修编），2018 年 4 月

11 日；

- 9) 《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，2023 年 9 月 28 日；
- 10) 《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，2023 年 8 月 26 日；
- 11) 《揭阳港总体规划（2035 年）》，2023 年 6 月 28 日。

1.2.3 技术标准和规范

- 1) 《海域使用论证技术导则》，GB/T 42361-2023；
- 2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T 19485-2014；
- 3) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》，HJ 1409-2025；
- 4) 《海域使用分类》，HY/T 123-2009；
- 5) 《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；

- 6) 《海籍调查规范》，HY/T 124-2009；
- 7) 《海洋监测规范》，GB 17378-2007；
- 8) 《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；
- 9) 《宗海图编绘技术规范》，HY/T 251-2018；
- 10) 《中国海图图式》，GB/T 12319-2022；
- 11) 《全球定位系统（GPS）测量规范》，GB/T 18314-2009；
- 12) 《海域使用面积测量规范》，HY/T 070-2022；
- 13) 《风电场微观选址技术规范》，NB/T 10103-2018；
- 14) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南》（试行），自然资源部，2023

年 11 月；

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

1.2.4 项目基础资料

- 1) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目地形测量技术报告》；
- 2) 《粤东海上风电基地 2-1 项目冬季全潮水文观测报告》；
- 3) 《粤东海上风电基地 2-1 项目夏季全潮水文观测报告》；
- 4) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目航道通航条件影

响评价报告（报批稿）》；

5) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海缆预选路由选择依据说明材料（报批稿）》；

6) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测项目--电磁噪声监测报告书（2024 年夏季）》；

7) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测项目--电磁噪声监测报告书（2024 年秋季）》；

8) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测服务（5 年）项目海洋环境现状监测报告（2024 年秋季航次）》；

9) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测服务（5 年）项目鸟类及栖息地观测报告（第一期）》；

10) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测服务（5 年）项目鸟类及栖息地观测报告（第二期）》；

11) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目增容项目春季海洋环境现状调查监测报告》；

12) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测（5 年）项目地形地貌及冲淤环境专题报告（2024 年秋季航次）》；

13) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目初步设计报告（审定稿）》；

14) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场工程施工图设计阶段岩土工程勘测报告》；

15) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目 220kV 海底电缆路由调查勘测报告（复核稿）》；

16) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海域使用论证报告书》；

17) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目环境影响报告书》；

18) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目建设项目竣工环境保护验收调查报告》；

19) 《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测服务(5 年)项目实施方案》;

20) 《XX 公司在国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目涉嫌非法占用海域面积测量技术报告》。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

原补充论证报告中本项目论证等级为一级,用海类型和用海方式不变,项目用海总面积为 494.5561 公顷变为 450.1690 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 450.1690 公顷,其中透水构筑物用海的总面积为 170.2642 公顷,论证等级为一级;海底电缆管道的用海总面积为 279.9048 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 本项目海域使用论证等级判定表

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 上升压站	构筑物 用海	透水构筑物		构筑物总长度大于 2000m; 用海总面积大于等于 30 公顷 (本项目 170.2642) 公顷	所有海 域	一
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 279.9048 公顷	其他海 域	三
敏感海域是指海洋生态保护红线区、重要河口、海湾、红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域, 特别保护海岛所在海域等。						

1.3.2 论证工作范围

根据《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023), 论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定, 应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下, 论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定, 一级论证向外扩展 15km, 海底管线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。

本次实际建设与批复风电场址和送出工程未发生变化, 论证等级未发生变化, 因此论证范围不变。本项目论证范围拟以风电场项目用海外缘线为起点进行划定, 向外扩展 15km, 送出海缆论证范围以海缆外扩 5km 划定, 纬度范围为 22°27'28.78"N~22°56'39.14"N, 经度范围为 116°11'34.32"E~116°41'42.53"E, 总面积约 1800.26km²。

1.4 论证重点

根据施工实际调整后, 风电场址总体未发生变化, 论证重点未发生变化。根据《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023) 附表 C, 结合本次用海方式以及用海位置基本未产生变化, 因此去掉用海方式合理性, 最终项目论证重点为:

- (1) 用海调整必要性;
- (2) 平面布置合理性;
- (3) 用海面积合理性;
- (4) 海域开发利用协调分析;
- (5) 资源生态影响;
- (6) 生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 项目建设内容

项目性质、地理位置与批复方案保持一致，但项目规模与投资额度发生变化。

项目名称：国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目

项目性质：新建大型生产性项目

投资主体：调整前：揭阳前詹风电有限公司；

调整后：不变。

投资额度：XX。

地理位置：国家电投揭阳神泉二350MW海上风电项目增容项目场址位于揭阳市惠来县神泉镇南面海域,连陆海缆登陆点位于惠来县前詹镇，风电场场址离岸距离最近约21.4km。

工程内容及工期：本项目用海主要分为两部分：一部分为风机基座及升压站用海，一部分为风机间集电线路及连陆海缆用海；主要用海方式包括构筑物用海—透水构筑物用海和其他用海方式—海底电缆管道用海。本项目已于2022年12月全容量并网。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

本章节内容来源于《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目初步设计报告（审定稿）》。

2.2.1 工程总平面布置

2.2.2 风力发电机组

2.2.2.1 风机基础型式

施工调整后，项目风机基础推荐仍采用钢管桩桩基础，但桩基础结构由四桩导管架结构调整调整为单桩结构。

单桩基础是目前海上风机基础较为常用的形式，在欧洲和国内沿海地区有许

多已实施的案例。广东沿海为多发台风区域，作业窗口期短，而单桩基础具有结构型式简单，施工期短的显著优点。

2.2.2.2 风机平面布置方案

调整前后风机的位置未发生变化。

2.2.2.3 本项目机型

批复方案拟建设 40 台 11MW 风机和 10 台 12MW 风机，实际建设 16 台明阳 8MW 风机和 34 台上海电气 11MW 风机，机型参数略。

2.2.3 海上升压站

施工调整后，海上升压站的平面布置和结构尺寸发生变化。

2.2.3.1 结构布置

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用导管架型式，并设置了 4 根钢管桩；上部结构拟整体安装，即整个升压站包括其内部的电气设备在陆上建造、组装后整体运输和安装。

2.2.3.1.1 上部组块布置

海上升压站上部组块采用四层布置，平面尺寸约为 **40.15m×37.7m**（不包括附属结构），海上升压站上部结构增加登船梯、吊机、走廊等外挑平台后，实际投影尺寸（二层最大）为 **40.15m×41m**。

2.2.3.1.2 基础布置

海上升压站导管架采用 4 腿导管架型式，导管架其中 2 个面的斜度约为 1:10，另外两个面的斜度为 1:8。

2.2.3.2 平面布置

实际建设，海上升压站总体位置未发生变化，布置在整个风电场中部靠北的海域。从风电场集电线路角度考虑，海上升压站需布置在风电场中央以及靠近陆地地带，这样整个场区集电线路长度最短、线损最小。

实际建设，平台方向发生变化，结构发生变化。本工程配套建设一座 220kV 海上升压站。升压站区域水深介于-32m~-37m 之间，平台尺寸由 **42m×39m**（不包括外挑部分）调整为 **40.15m×37.7m**（不包括外挑部分），最大投影尺寸由 **45m×44.2m** 调整为 **40.15m×41m**。升压站共四层。升压站布置时考虑波浪、海流

和风的方向、太阳角度等因素，平台长边由正北偏西 22.5°方向调整为正北偏西 30°方向。

2.2.4 220kV 送出路由

2.2.4.1 结构布置

实际施工采用的 220kV 海底电缆由两回三芯 $3\times 1000\text{mm}^2$ 海缆调整为两回三芯 $3\times 800\text{mm}^2$ 海缆，电缆外直径约 26cm。

2.2.4.2 220kV 路由平面布置

施工调整后，因施工过程中的定位误差，220kV 海底电缆微观选址发生微调，但仍在原批复用海范围之内。以下内容主要介绍实际施工的路由和用海申请路由的选址变化情况。

对比实际铺设坐标和用海申请时的双回海缆坐标，实际施工过程中发生相对较大偏移的主要在近岸段，偏移最大约为 7m（拐点处）。

2.2.5 66kV 海底电缆

2.2.5.1 结构布置

调整后，风机间集电线路仍然采用 66kV 海底电缆海缆。66kV 海底电缆采用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆，电缆截面从 $3\times (95\sim 500)\text{mm}^2$ 不等。本项目集电线路一回路主要连接风机数为 5~8 台。

2.2.5.2 平面布置

实际施工风机数量与位置不变，但功率及型号发生变化，导致集电线路连接的风机情况发生变化，由原 10 回 66kV 集电海底电缆调整为 8 回 66kV 集电海底电缆。同时，由于定位误差和施工误差，集电线路亦在回路中发生微调。

各回路连接的风机如下：

1 号回路：46#、41#、36#、37#、31#、30#；

2 号回路：48#、47#、42#、43#、38#、32#；

3 号回路：49#、44#、39#、34#、33#；

4 号回路：50#、45#、40#、35#、29#；

5 号回路：12#、11#、10#、17#、18#、24#、23#、28#；

6号回路：9#、8#、7#、15#、16#、22#、21#、27#；

7号回路：4#、5#、6#、14#、20#、26#；

8号回路：1#、2#、3#、13#、19#、25#。

2.3 项目主要施工工艺与方法

实际建设方案，除风机桩基础由四桩导管架基础施工调整为单桩基础施工，进而导致风机安装发生变化外，其余施工方案基本未发生变化，本补充论证报告书仅介绍调整后的单桩基础及风机安装施工方案。

2.3.1 单桩基础施工

8MW 机型单桩外径为 9.2m~10.0m。11MW 机型单桩外径为 9.6m~10.4m。

按照当前国内的生产能力，单桩加工采用半自动直焊缝生产工艺。单桩基础施工采用国内较为常见的“定位平台稳桩，起重船吊打沉桩”的打桩工艺。

锤击沉桩系统指对钢管桩施加冲击力，将钢管桩打入土层的锤击设备组合。锤击沉桩系统主要设备为能量供应体系—打桩锤。

在锤击沉桩施工中，目前常规使用的打桩锤主要有筒式打桩锤与液压锤两种，液压锤在施工效率、环境保护等方面均优于柴油锤，因此打桩锤锤型的选择考虑液压冲击式打桩锤。

2.3.2 风机分体安装

海上分体吊装方案是将风电机组各组件各自完成自身的预组装后，运至风场机位，在现场依次进行塔筒、机舱、轮毂与叶片组合件的安装。采用液压升降系统支腿顶升的自升式平台船是为了避免船只受涌浪的影响，达到稳定的作业工况，实现静对静吊装作业的目的，该方法受风浪、潮汐影响小，吊装定位精确，但对海床地质要求较高。

2.3.3 施工进度

本工程项目总工期为 7 个月。

2.3.5 土石方平衡

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，但不涉及吸泥，采用灌注混凝土施工。多余的灌浆材料是由供货商回收。同时，海缆登陆段采用定向钻施工，钻屑产生量约为 1500 方，泥浆产生量约为 700 方，运往前詹通用码头工程的场区用于场区平整。

2.4 项目用海需求

（1）用海方式与类型

根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目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）。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部 2023 年 11 月），本项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）。

（2）立体设权情况

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）及《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》，220kV 外输线缆与多个航道交越，考虑海缆埋设于海底底土中，不影响海床、水体及水面的开发利用，为了与周边其他用海经营活动不产生冲突，避免权属排他性，实现不同用海活动的协调性，因此对该段海底电缆进行立体设权，设权范围为海上升压站外扩 10m 之后的用海面积以外至海岸线处，其他部分不进行立体设权。

（3）申请用海面积与期限

批复方案：海域部分共建设 50 台风机（40 台 11MW 和 10 台 12MW）、1 座海上升压站，10 回 66kV 集电海底电缆、2 回 220kV 连陆海底电缆。装机总容量为 560MW。根据新修测海岸线计算，项目批准总用海面积为 494.5561 公顷，

其中风机（透水构筑物）用海面积 83.0200 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，220kV 海底电缆用海面积 198.2253 公顷，集电线路用海面积 211.2199 公顷。海底电缆登陆点保护带涉及新修测海岸线长度约 17m，风机外包络范围 55.79km²。项目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，总工期计划为 22 个月，申请的用海期限为 27 年。

建设方案：海域部分共建设 50 台风机（34 台 11MW 和 16 台 8MW）、1 座海上升压站，8 回 66kV 集电海底电缆、2 回 220kV 连陆海底电缆。装机总容量为 502MW，根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》关于优化用海界定标准，拟申请用海面积发生变化，项目申请总用海面积为 450.1690 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 169.8973 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 0.3669 公顷，220kV 海底电缆用海面积 114.2077 公顷，集电线路用海面积 165.6971 公顷，海底电缆登陆点保护带涉及新修测海岸线长度约 20.9m，风机外包络范围约 55.07km²。项目申请的用海期限与批准用海期限一致，至 2049 年 5 月 31 日止。

表 2.4-1 项目用海变化情况

用海内容	用海情况			备注
	批复方案	建设方案	变化情况	
集电线路（公顷）	211.2199	165.6971	-45.5228	集电线路回路变少
海上升压站（公顷）	2.0909	0.3669	-1.724	升压站尺寸略有缩小，且计算面积按照外扩 10m 计算
220kV 海底电缆送出工程（公顷）	198.2253	114.2077	-84.0176	两回电缆之间间距减小，且未计算两条海缆中间包括海域（除外扩 10m 范围）
海上风机（公顷）	83.0200	169.8973	86.8773	《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》风机以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界，半径为 104m，因此面积增加
总用海面积（公顷）	494.5561	450.1690	-44.3871	
涉及岸线使用（m）	17	20.9	+3.9	
用海期限（年）	至 2049 年 5 月 31 日止	至 2049 年 5 月 31 日止	不变	
集电线路总长度（公里）	111.95	91.73	-20.22	10 回 66kV 海缆变成 8 回 66kV

				海缆
220kV 海底 电缆路线总 长度（公里， 2 回）	56.68	56.61	-0.07	
风机外包络 面 km ²	55.79	55.07	-0.72	

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设与用海必要性

项目建设与用海必要性与原论证报告未发生变化，本报告不再赘述。

2.5.2 相关产业政策与规划符合性

原论证报告书分析了项目用海与《产业结构调整指导目录（2019年本）》《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》《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业集群和战略性新兴产业集群的意见》《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021—2025年）》《广东海洋经济综合试验区发展规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省生态文明建设“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的符合性。因此，本次补充论证不再赘述，仅补充以下相关规划符合性分析。

2.5.2.1 与《产业结构调整指导目录》的符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》(2024年本)，本项目属于“五新能源1、风力发电技术与应用”，为鼓励类，符合国家产业结构政策要求。

2.5.2.2 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析

广东省是全国能源消费大省，煤炭和石油仍是主要的能源消费方式。因此，积极发展海上风电，逐步推进海上风电规模化发展，是“十四五”期间全省能源发展建设，提升全省能源生产供应能力，能源消费结构进一步优化的重要

措施。本项目的建设，既是满足揭阳市电力需求增长的需要，也是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。

因此，本项目建设符合《“十四五”现代能源体系规划》关于建设海上风电基地的规划目标。

2.5.2.3 与《广东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析

本项目属于海上风电场建设，对于调整能源结构、减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用具有重要意义，可加快碳中和进程，缓解环境保护压力。推动提高我国大容量海上风电机组的国产化水平，促进当地旅游业、带动地方经济快速发展，提高风电场近海供电能力都有着重要的意义。本项目所在区域风资源丰富，利用风能因地制宜地建设海上风电场本项目是规模化开发海上风电，大力发展可再生能源的重要举措。

因此，本项目建设符合《广东省能源发展“十四五”规划》的相关要求。

2.5.2.4 与《揭阳港总体规划（2021-2035）》的符合性分析

本项目登陆点位于前詹作业区东侧，约 550m，未位于该作业区规划的港口岸线内。

2.5.3 项目用海调整必要性

项目需进行海上风电机组与海底电缆的建设，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。

2.5.3.1 集约节约用海

加强生态文明建设，节约资源和保护环境，是关系国家未来发展的大事，必须保护和集约节约利用好包括海域海岸线资源在内的各种自然资源。用海项目进行科学论证，明确每个项目的用海必要性和合理性，并提出优化平面设计，倡导以生态友好、环境友好的方式使用海域，保证海域资源得到集约节约利用。调整后用海总面积减少了 44.3871 公顷。响应了国家加强生态文明建设，倡导海域资源合理利用集约节约用海的政策。此外，本项目各项指标均符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024.12）中节约集约用海管控

要求，具体见本报告 7.5.1.2 小节。

2.5.3.2 响应国家生态文明建设

生态文明，是以人与自然、人与人、人与社会和谐共生、良性循环、全面发展、持续繁荣为基本宗旨的社会形态。从人与自然和谐的角度来看，吸收十八大成果的定义是：生态文明是人类为保护和建设美好生态环境而取得的物质成果、精神成果和制度成果的总和，是贯穿于经济建设、政治建设、文化建设、社会建设全过程和各方面的系统工程，反映了一个社会的文明进步状态。生态文明是人类文明发展的历史趋势。以生态文明建设为引领，协调人与自然关系。要解决好工业文明带来的矛盾，把人类活动限制在生态环境能够承受的限度内，对山水林田湖草沙进行一体化保护和系统治理。

面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，走可持续发展道路。生态文明建设是中国特色社会主义事业的重要内容，关系人民福祉，关乎民族未来，事关“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴中国梦的实现。党中央、国务院高度重视生态文明建设，先后出台了一系列重大决策部署，推动生态文明建设取得了重大进展和积极成效。

依据本项目第四章分析，调整后本方案相对于原方案底栖生物、浮游动植物、鱼卵仔鱼以及游泳生物的损失量均显著降低。因此，方案调整是对国家生态文明建设，走可持续发展道路的积极响应。

2.5.3.3 提升施工安全

工程安全是建筑行业发展的基石，直接关系到人民生命财产的安全。集电线路总长度减少约 20km。工期由批复方案 22 个月缩短至建设方案 7 个月，工程量降低可有效降低工程施工潜在风险。

2.5.3.4 实际招标与后续施工

1) 风机功率调整

主要是在风机招标阶段，未招标到 12MW 风机，且 11MW 风机招标数量不够，因此总装机容量减少。调整后虽然净发电量和年上网电量均减少，但单位用海面积的年上网电量增加，容量系数更高，单位千瓦投资额减少，经济效益相对更优。

2) 集电海缆平面布置调整

施工调整后，风电场装机容量、风机机型均发生变化，集电线路相应发生变化，由 10 回 66kV 海底电缆调整为 8 回 66kV 海底电缆。调整后，因单个风机的容量发生变化，每回集电线路可承载的风机数量更多，因此集电线路回路变少，调整后的平面布置方案可满足项目建设需求，海底电缆的长度和用海面积均减少，施工范围相应变少。

3) 送出海缆平面布置调整

施工调整后，项目 220kV 主海缆宏观选址未发生变化，因施工定位误差和施工误差，微观选址发生微调。本报告在 220kV 主海缆微观选址方案已确定的基础上讨论其平面布置合理性。

本项目为两回三芯 220kV 海底电缆，原布置方案为两回电缆平行布置，每回电缆之间间隔 50m 的安全距离，但在近岸段根据水深情况，间距逐步缩小。

在实际施工过程中，为更好集约节约用海，尽可能减少用海面积，本项目 220kV 主海缆尽可能减少两回海缆之间的间距，但在近岸段施工时，由于受到海流及波浪影响，实际施工时发生一定偏移，偏移最大约为 7m（拐点处），但仍在批准的用海范围之内。

在实际施工过程中，尽可能减少两回海缆之间的间距，220kV 海底电缆的用海面积减少。从集约节约用海角度考虑，施工调整后的 220kV 海底电缆的平面布置方案合理。

4) 升压站平面布置调整

本次调整后，海上升压站平面布置方案和位置发生微调。主要是平台长边由正北偏西 22.5°方向调整为正北偏西 30°方向，平台尺寸由 42m×39m（不包括外挑部分）调整为 40.15m×37.7m（不包括外挑部分）。

海上升压站分上部结构和下部基础。下部基础的平面布置方案考虑到波浪的影响，上部结构的平面布置方案考虑到风向的影响。

本项目海上升压站的平面布置方式能尽量减少下部基础受波浪冲刷的影响，更有利于减少上部结构受风能冲击的影响，平面布置方式合理。

综上所述，本工程项目的调整用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.3 海洋资源概况

项目所在海域港口资源、岸线资源、海岛（礁）资源、旅游资源、航道锚地资源与原论证报告书一致，本补充论证报告书不作分析。

仅更新渔业资源、矿产资源、鸟类资源、风能资源、矿产资源以及保护区资源与珍稀濒危海洋生物。

3.1.1 风能资源

规划场址风资源评估结论如下：

1) 根据场址附近海上测风塔测风周年的观测资料统计，海上测风塔在测风年不同高度年平均风速在 7.60~8.64m/s，年平均风功率密度在 442~614W/m² 之间。经长年代订正分析，测风塔代表年 100m 高度的年平均风速为 8.71m/s，平均风功率密度约为 627W/m²。轮毂高度年平均风速为 8.76m/s 和 8.78m/s，平均风功率密度为 636W/m² 和 642W/m²。根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T18710-2002）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) 风电场有效风速利用小时高

根据测风塔代表年轮毂高度风速统计，全年各高度的有效小时（风速在 3~25m/s 之间）约 7986h，约占全年小时数的 91%。表明风电场区域的可利用有效风速小时数高。

3) 风向较为稳定

测风塔轮毂高度 120m 的主导风向为 ENE，风向频率为 35.1%，次主导风向为 NE，频率为 15.2%；风能主导方向 ENE，频率为 51.0%，次方向为 NE，频率为 20.9%。轮毂高度 127m 主导风向为 ENE，风向频率为 35.2%，次主导风向为 NE，频率为 15.2%；风能主导方向 ENE，频率为 51.0%，次方向为 NE，频率为 20.9%。可见，风向与风能相对集中，有利于风电场机组的总体布置。

3.1.2 矿产资源

项目所在区位于南海北部陆架，北侧靠近韩江，受到陆源物质的持续输入，

形成了一定的矿产资源带，以锆石、磁铁矿、钛铁矿、独居石矿产为典型代表：锆石呈片状大面积分布于南海东北部陆架，在选划区内及台湾浅滩中均有分布。磁铁矿分布与锆石类似，在南海北部区域以块状、斑点状形态分布，高度集中于台湾岛西部海域。钛铁矿在调查区内呈点状分布，少数点位出现高丰度站位，但其在南海北部区域主要分布于台湾浅滩内。独居石在南海东北部区域呈现出斑点状零散分布。在南海北部陆架区域出现的矿物主要来自韩江及台湾岛西南水系输入的陆源物质，因此其分布范围主要集中出现于韩江水下三角洲及台湾浅滩区域。

3.1.3 渔业资源

3.1.3.1 2022 年春季渔业资源

结果略。

3.1.3.2 2024 年秋季渔业资源

结果略。

3.1.4 鸟类资源

结果略。

3.1.5 保护区资源

3.1.5.1“三场一通道”分布

3.1.5.1.1 南海中上层鱼类产卵场

本项目风电场与部分送出海缆位于产卵场内。南海中上层鱼类产卵场主要包括蓝圆鲹、鲈鱼和竹荚鱼产卵场。产卵期为 12 月~翌年 7 月。

3.1.5.1.2 南海底层、近底层鱼类产卵场

本工程风电场不位于南海底层、近底层鱼类产卵场（产卵期为 11 月至翌年 8 月）内。

3.1.5.1.3 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸-40m 等深线水域。该保护区的保护期为每年 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目在南海北部幼鱼繁育场保护区内。

3.1.5.1.4 南海国家级及省级渔业品种保护区

本项目在南海区幼鱼幼虾保护区内。

3.1.5.2 保护区

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，以及结合最新的“三区三线”矢量与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，可知，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。

广东省新版生态红线于 2022 年 10 月公布后，调整了保护区的边界，并将前詹海洋保护区列为前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区，将神泉海洋保护区列为神泉珍稀濒危物种分布区生态保护区。因此，现阶段保护区范围以生态保护红线边界为准。

3.1.6 珍稀濒危海洋生物

3.1.6.1 文昌鱼

文昌鱼，是文昌鱼目文昌鱼科文昌鱼属脊索动物，主要分布于中国，日本、托雷斯海峡、加里曼丹、新加坡、斯里兰卡以及非洲东海岸一带沿海也有分布，依赖水流带来浮游生物及硅藻、植物供其食用，5-7 月为文昌鱼生殖季节，一生中可繁殖 3 次。文昌鱼是珍稀名贵的海洋野生头索动物，被中国列为二类重点保护对象。

白氏文昌鱼生活在水深 8m~15m、水质澄清、潮流缓慢、底质为沙的海区，营潜居生活；潜沙时，倒卧潜入疏松的沙质滩里，然后再把前端露出滩面。游泳能力弱，钻沙本领强，移动范围不大。盐度低于 15 时不能正常生活，适宜生长的盐度为 21.0~31.6。植物食性，摄食硅藻，主要种类有圆筛藻、小环藻、舟形藻等。以过滤方式取食。

3.1.6.2 鲨

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

根据《广西北部湾地区圆尾鲨与中国鲨生物学研究》（广西大学硕士学位论文论

文刘伟茹)：在整个生命周期中，鲨的生长与其生活环境条件息息相关。成鲨会在繁殖季节到来时，成对地爬至潮间带高潮线附近的沙滩挖沙产卵，体外受精后就在沙滩内孵化。而后，孵化的1龄幼鲨就会被水流带动至潮间带的泥滩内。幼鲨随后就在滩涂地带定居，以底栖生物为食，经过多次蜕皮后长大。长大的幼鲨逐渐离开滩涂并在性成熟后迁徙到浅水区，繁殖季节到来时就成对地游到岸边潮间带高潮线附近沙滩进行繁育。不同物种的鲨所需环境不同，Li的研究显示中国鲨较喜欢有细沙的阴凉处，但圆尾鲨更喜欢泥质沉积物。而不同的发育阶段也需要有不同的生活环境。美洲鲨将卵产在靠近高潮线附近的沙滩，幼鲨一段时间内(6天左右)就可顺利孵化，而后即在海底定居。尽管幼鲨在自由游动时期漫游范围很广，但大多数美洲鲨幼鲨均定居在孵化沙滩潮间带的浅水区，而性成熟后就从浅滩迁徙至深水区。中国鲨也将卵产在高潮线附近的沙滩，但幼鲨孵化后短时间内仍在孵化的沙滩上生活，而且经常在其孵化和繁育的巢内过冬。而后在春、夏季离开巢穴在孵化点附近生活，而且研究表明中国鲨幼鲨在含沙或泥的海水比在普通海水中生长发育的情况更好。圆尾鲨在高潮期到沙滩上，而后随着涨潮从河口处游到上游进行产卵。南方鲨则恰好相反，在沙滩上产卵。这样，与南方鲨共生区内的圆尾鲨不得不穿过南方鲨的产卵区到上游产卵。这些产卵行为与孵化场地的差异也决定了不同鲨物种栖息地的不同。

3.1.6.3 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，主要位于前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区，本次调查中未发现龙虾。

3.1.6.4 海龟

海龟是高度洄游物种，能进行长距离跨洋际洄游。通过对美国和中国台湾对蠍龟的洄游路线卫星追踪情况，以及2001-2010年中国大陆对11头绿海龟和3头蠍龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道，具有全球性意义。汕头-台湾海域地处台湾海峡南端喇叭口，是东、南两海交汇处，海底浅滩广袤，岛屿众多，岛上砂质海滩条件良好，饵料生物丰富，是海龟栖息、觅食和产卵的理想海域。

本项目工程所占海域不是海龟的主要活动区域。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气象气候

本项目风电场址海区位于粤东揭阳外海，本次收集了邻近海域业务化海洋站2019年~2023年的气温、气压、相对湿度、风等观测资料进行统计，以了解项目工程海域气象气候特征。

3.2.1.1 气温

根据海洋站气温资料统计，累年平均气温为22.7℃。极端最高气温为35.4℃，出现在2019年8月24日。极端最低气温为6.1℃，出现在2020年12月31日。受太阳辐射和地球公转影响，1月、2月为最冷月，7月为最热月，月平均气温超过20℃的月份为4月~11月。

3.2.1.2 气压

根据海洋站气压资料统计，本海域多年平均气压为1013.3hPa，年最高气压为1032.7hPa，出现在2023年12月22日，年最低气压为984.5hPa，出现在2021年8月5日。月平均气压呈现冬季高、夏季低的特征。最低月平均气压为1005.5hPa，出现在8月，最高月平均气压为1020.6hPa，出现在1月。

3.2.1.3 相对湿度

根据海洋站相对湿度资料统计，累年平均相对湿度为80%。年最低相对湿度为19%，出现在2023年3月6日。月平均相对湿度最高为6月的89%，最低为10月和12月的72%。

3.2.1.4 降水

根据海洋站降水资料统计，本海域年降雨量为1072.9mm。日最高降水量为236.5mm，出现在2023年6月15日。全年降水多集中在5月~8月，6月月平均降水量最大，为221.9mm，月平均降水日数为15.4d。11月月平均降水量最少，为8.8mm，平均月降水日数为1.8d，年平均降水天数为90.4d。

3.2.1.5 风

本海域风存在明显的季节变化，6月和7月盛行风向为西南风向，其他月份盛行东北风或偏东风。累年平均风速3.3m/s，8月、9月的月平均风速最低，均为2.9m/s，10月月平均风速最大，为3.8m/s。

本海域经常出现的风向是E、ESE、NE，其中最多风向为ESE，其出现频率

为 21.5%，其次为 E；最小频率为 NW、NNW，其出现频率为 0.9%。

3.2.2 水文动力环境

3.2.2.1 潮汐及水位

(1) 基面换算关系

根据本项目场址附近海域周年潮位观测资料计算调和常数。图 3.2.2-1 给出了平均海面、理论深度基准面和 1985 国家高程之间的基面转换关系。平均海面为 0.56m，最高天文潮位为 152cm，最低天文潮位为-53cm。除特殊说明外，本小节一律采用 1985 国家高程系。

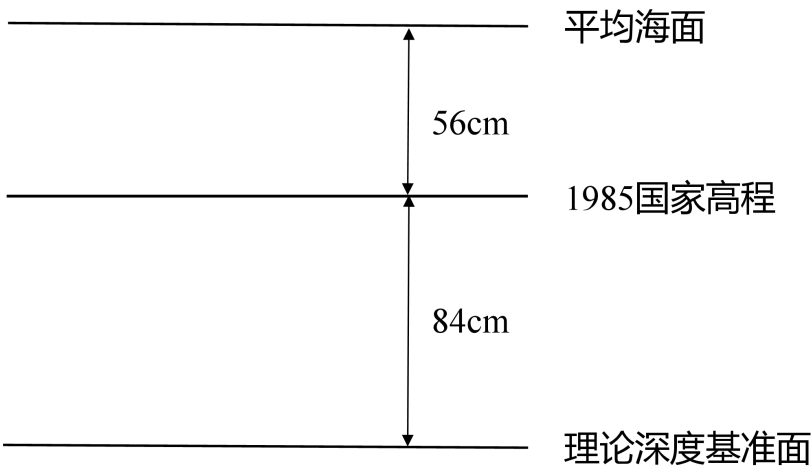


图 3.2.2-1 基面换算关系

(2) 潮型

本项目风电场址处无长期水文观测站，场址北侧约 66km 有海门潮位站，以及东北侧约 100km 有云澳海洋站，两站均为长期站，其中云澳海洋站观测项目有潮位、表层水温、盐度等。

以海门潮位站（116°37'E，23°11'N）为参证站进行潮汐分析，海门站所处位置属于不正规半日潮型，由 1955～2016 年的实测潮位资料统计分析，得特征值如下：

实测最高潮位：	3.44m
实测最低潮位：	-0.98m
多年平均高潮位：	0.93m
多年平均低潮位：	0.14m
多年平均潮位：	0.50m
实测最大潮差：	2.68m

实测最小潮差:	0.01m
多年平均潮差:	0.79m
多年平均涨潮历时:	6h48min
多年平均落潮历时:	5h55min

(3) 特征潮位及设计水位

各设计潮位如下（起算基面为理论深度基准面）：

百年一遇高潮位:	4.27m
百年一遇低潮位:	-0.45m
五十年一遇高潮位:	3.93m
五十年一遇极端低潮位:	-0.43m
设计高潮位:	2.02m
设计低潮位:	0.39m

3.2.2.2 海流

原论证报告海流资料引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目冬季全潮水文观测报告》和《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目夏季全潮水文观测报告》。

本补充论证报告实测海流资料引用自《粤东海上风电基地 2-1 项目夏季全潮水文观测报告》和《粤东海上风电基地 2-1 项目冬季全潮水文观测报告》。

在项目所在海域及附近海域布设周日连续观测站 9 个，编号为 H1~H9，分别在各测站进行海流、水温、盐度、悬沙质量浓度等项目连续观测。

3.2.2.2.1 夏季海流观测结果分析

(1) 表、中、底层流速流向统计

1) 各层最大流速的特征值

因各测站所处具体位置受岸线与地形的影响不同，故实测最大流速所对应的流向也不尽相同；大潮期间强势流流向主要为东偏东南方向，中潮期间强势流流向主要为东北偏北至东南偏南方向，小潮期间强势流流向主要为东北偏东方向。实测最大流速的垂直分布：实测最大流速的垂直分布，多为表层流速较大，向下逐层减小，而至底层为最小的特征。

2) 流向统计

总体来说，实测海域受洋流影响较明显，潮流特征表现不明显。表层和垂线平均流向基本在某一扇形范围内变化，流向主要集中在 NE~SE 之间变化。0.6H 和底层流向较为分散的分布，略呈现旋转流性质，流向主要集中在 NE~E、E~ESE 之间变化。

3.2.2.2.2 冬季海流观测结果分析

(1) 表、中、底层流速流向统计

1) 各层最大流速的特征值

实测最大流速的垂直分布：实测最大流速的垂直分布，多为表层流速较大，向下逐层减小，而至底层为最小的特征。

2) 流向统计

总体来说，实测海域受洋流影响较明显，潮流特征表现不明显。表层和垂线平均流向基本在某一扇形范围内变化，流向主要集中在 NE~SE 之间变化。0.6H 和底层流向较为分散的分布，略呈现旋转流性质，流向主要集中在 NE~SE 之间变化。

3.2.2.3 含沙量

3.2.2.3.1 夏季全潮观测结果

(1) 含沙量的平面分布特征：

实测海域水体含沙量各测站差距不大。

(2) 含沙量的垂直分布特征：

实测海域水体含沙量垂直分布，总趋势呈自表层至底层逐层增大的分布趋势，水体含沙量的垂向梯度。

3.2.2.3.2 冬季全潮观测结果

(1) 含沙量的平面分布特征：

实测海域各测站垂线平均含沙量平均值各测站差距不大。

(2) 含沙量的垂直分布特征：

实测海域水体含沙量垂直分布，总趋势呈自表层至底层逐层增大的分布趋势，水体含沙量的垂向梯度各站差距不大。

3.2.2.4 盐度

3.2.2.4.1 夏季全潮观测结果

(1) 盐度的平面分布特征:

实测海域海水平均盐度以 H6 测站较大, H5 测站相对较小, 实测海域海水盐度, 各测站呈由西向东逐渐增加的特征。

(2) 盐度的垂直分布特征:

实测海域各测站海水盐度垂直分布总趋势皆呈自表层至底层逐层增大的趋势。水体含沙量的垂向梯度, 大潮和小潮较大, 中潮较小。

3.2.2.4.2 冬季全潮观测结果

(1) 盐度的平面分布特征:

实测海域海水盐度, 各测站呈由西向东逐渐增加的特征。

(2) 盐度的垂直分布特征:

实测海域各测站海水盐度垂直分布总趋势皆呈自表层至底层逐层增大的趋势。水体含沙量的垂向梯度, 大潮和小潮较大, 中潮较小。

3.2.2.5 水温

3.2.2.5.1 夏季全潮观测结果

(1) 水温的平面分布特征:

总体来看, 实测海域海水水温, 各测站呈由西向东依次降低的特征。

(2) 水温的垂直分布特征: 实测海域水温垂直分布, 由于受太阳辐射的影响, 导致表层水温与底层水温差异较大, 各测站总趋势自表层至底层逐层降低, 垂向上梯度较大。

3.2.2.5.1 冬季全潮观测结果

(1) 水温的平面分布特征:

总体来看, 实测海域海水水温, 各测站呈由西向东依次降低的特征。

(2) 水温的垂直分布特征: 实测海域水温垂直分布, 由于受太阳辐射的影响, 导致表层水温与底层水温差异较大, 各测站总趋势自表层至底层逐层降低, 垂向上梯度较大。

3.2.2.6 悬沙颗粒分析

3.2.2.6.1 夏季全潮观测结果

样品分析结果表明，实测海域各测站所取悬沙的物质为粉砂（T）和砂质粉砂（ST）。各测站的中值粒径在 0.0217mm~0.03382mm 之间变化，平均为 0.0262mm。

3.2.2.6.2 冬季全潮观测结果

大、中、小潮样品分析结果表明，实测海域大潮期各测站所取悬沙的物质为砂（S）和砂质粉砂（ST），各测站的中值粒径在 0.0238~2.241mm 之间变化，平均为 0.5726mm；实测海域中潮期各测站所取悬沙的物质为粉砂质砂（TS）和砂（S），各测站的中值粒径在 0.0481~0.2345mm 之间变化，平均为 0.1606mm；实测海域小潮期各测站所取悬沙的物质为砂（S）和粉砂质砂（TS），各测站的中值粒径在 0.1064~0.2019mm 之间变化，平均为 0.1791mm。

3.2.2.7 表层沉积物

按照现场测验的技术要求，在工区布采集表层底质样，进行粒径分析，场址内采样点序号为 7~20、27~40、47~60、66~89 共 66 个点。

3.2.2.7.1 沉积物类型

从分析结果看，各采样点表层沉积物类型基本为砂（S），只有 2 个点为砂质粉砂、2 个点为粘土质砂。

3.2.2.7.2 中值粒径分布

从分析结果看，各采样点的中值粒径在 0.0169~0.4326mm 之间，均值为 0.3288mm。

3.2.2.7.3 分选程度分布

从分析结果看，各采样点的分选系数基本在 0.35 以下，分选极好。

3.2.2.8 波浪

本海域 2021 年最大波高 $H_{\max}$ 、十分之一大波波高 $H_{1/10}$ 、三分之一大波波高 $H_{1/3}$ 、平均波高 H_{AVE} 分别为 920cm、710cm、570cm、390cm，发生在秋季的 10 月。年平均 $H_{1/3}$ 为 158cm。本海区全年较大波高主要发生在 10 月~次年 2 月，月平均波高最大值出现在 12 月，为 254cm，月平均波高最小值出现在 5 月，为 82cm。本海区全年波向主要集中在 NE（常浪向）、ENE（次常浪向）和 SSW 向，出现频率分别为 35.96%、18.12%和 10.01%。5 月~8 月海区波向集中在 SW 和 SSW，

9 月~次年 4 月波向集中在 NE。

3.2.3 区域地质概况

3.2.3.1 区域地质构造

项目所在海域区域大地构造与原论证报告书一致，本补充论证报告书不作分析。

3.2.3.2 工程地质

略。

3.2.4 海底地形地貌

3.2.4.1 地形

3.2.4.1.1 路由区地形

本项目海缆路由区地形整体比较平坦。登陆点附近整体地势较平缓，北部高南部低，坡度 5%~10%。最大高程在测区北侧林区约 14m，登陆点周围高程约 6.8m。海上路由区近岸区地形变化平缓，坡度在 1°~6°，其余区域地形坡度约为 1°，地形变化在 0m~36.8m，平均水深为 27.5m。路由区地形适合海缆铺设施工。

3.2.4.1.2 风场区地形

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，水深最大区域约 38.6m，场区平均水深约 35.9m。

3.2.4.2 地貌

项目风场所在区海域宽阔，海床较为平坦，未见岛屿、河道、沉船等障碍物。区域内水深变化在 34m~39m 间变化，总体水深自岸向海逐步加深。根据相关资料，项目所在区属冲海积地貌单元，区域内沉积物主要依靠陆源沉积物搬运堆积形成，沉积物以砂、粉砂为主。

3.2.5 海床冲淤活动分析

(1) 整个场区海床地形较平坦，距风机中心半径 25m 范围内，冲坑深度和

范围相对较小，冲刷现象不明显。

(2)海上升压站基础相对本次勘查测量海底平均高程，距基础中心半径 30m 范围内，最大坑深为 0.705m。

3.2.6 海洋自然灾害

本项目场址由于靠近南海东北部海域，热带气旋较多。同时地处华南暴雨中心，年降雨量大且集中。本海域海洋灾害主要有热带气旋、雷暴、风暴潮和地震等。

3.2.6.1 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）。

统计显示，1949 年~2023 年共有 122 个热带气旋中心影响工程海域，其中强热带风暴 32 个，台风 25 个，强台风 16 个，超强台风 20 个。影响该海域的热带气旋多发生在 6~9 月，8 月最多，为 37 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。

3.2.6.2 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。近年来场址所在海域北侧的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。

3.2.6.3 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。

台风风暴潮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 3.2.6-3 所示。

3.2.6.4 地震及海啸

论证区域范围内记录到 $M_s \geq 4.7$ 破坏性地震 24 次，其中 7.0~7.9 级地震 2 次，6.0~6.9 级地震 8 次，5.0~5.9 级地震 8 次；4.7~4.9 级地震 6 次。区域范围内的地震活动表现出东北强西南弱的分区特征，以练江平原为界，西南地区地震活动较弱，仅有零星中强地震分布，东北地区是区域内破坏性地震主要分布区，且相对集中分布于潮汕盆地中的韩江和榕江平原地区以及滨海断裂上。现代微震震中分布显示与强震活动同样特征。根据地震统计成果，距场址 40 公里外地震活动水平较高，但厂址 25km 范围内地震活动较弱。

根据《中国海洋灾害公报》公布的历年海啸灾害统计结果，2006 年~2022 年期间我国未发生过海啸灾害。

3.2.7 海水水质、沉积物、海洋生物质量现状调查与评价

3.2.7.1 2022 年春季海水水质现状调查

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。

3.2.7.2 2024 年秋季海水水质现状调查

所有站位的 DO、COD、无机氮、活性磷酸盐、锌、镉、铜、汞、砷、总铬、硒、镍、挥发性酚及石油类等指标均符合所在海洋功能区水质标准，pH 和铅有不同程度的超标。W16 站位 pH 出现了超标，W2、W4 等 16 个站位的铅均超标，超标率为 80%，超标站位均执行第一类海水水质标准。

3.2.7.3 2024 年秋季海洋沉积物现状调查

所有站位的海洋沉积物要素均符合所在海洋功能区海洋沉积物质量标准，且均符合海洋沉积物质量一类标准。。

3.2.7.4 2022 年春季海洋生物质量现状调查

所有站位的生物体中铅、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%，超标样品均为 14 号站位的栉江珧（双壳贝类），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

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%,超标样品分别为2号站位的口虾姑(甲壳类)、3号站位的拥剑梭子蟹(甲壳类)、12号站位的红星梭子蟹(甲壳类)、13号站位的拥剑梭子蟹(甲壳类)、18号站位的逍遥馒头蟹(甲壳类)和14号站位的栉江珧(双壳贝类)。在此次调查中海洋生物体质量总体情况良好。

3.2.7.5 2024年秋季海洋生物质量现状调查

所有站位的生物体中锌、镉、铅、铜、汞、石油烃等6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,表明此次调查中海洋生物体质量情况良好。

3.2.8 2022年春季海洋生态环境调查

3.2.8.1 叶绿素 a 和初级生产力

各站位表层海水中的叶绿素 a 含量为 $(0.61\sim 4.67)\text{mg}/\text{m}^3$,均值为 $1.58\text{mg}/\text{m}^3$;中层海水中的叶绿素 a 含量为 $(0.58\sim 2.84)\text{mg}/\text{m}^3$,均值为 $1.43\text{mg}/\text{m}^3$;底层海水中的叶绿素 a 含量为 $(0.39\sim 2.62)\text{mg}/\text{m}^3$,均值为 $1.21\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3.2.8.2 浮游植物

(1) 种类数

调查中,共鉴定出4门71种(含变种、变型),详见附录I。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。

(2) 浮游植物种类数

调查中,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。

(3) 细胞密度

调查中,各站位浮游植物细胞密度的变化范围为 $(2.31\sim 23230.58)\times 10^3\text{cell}/\text{m}^3$,平均每个站位的浮游植物细胞密度为 $2446.74\times 10^3\text{cell}/\text{m}^3$,最大值出现在13站位,最小值出现在16站位。

(4) 优势种

调查结果显示:浮游植物优势种仅 1 种,为细弱海链藻(*Thalassiosira subtilis*)。

(5) 生态参数及生物多样性分析

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。

3.2.8.3 浮游动物

(1) 种类组成

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,详见附录 II。

(2) 种类数

调查中,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。

(3) 密度

调查中,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。

(4) 优势种

计算同浮游植物。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(Copepod larvae)为第一优势种。

(5) 生物量

调查中,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。

(6) 生态参数及生物多样性分析

调查中,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。

3.2.8.4 底栖动物

(1) 种类组成

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

(2) 生物量和栖息密度

调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为 1.83g/m²，组成以环节动物、节肢动物为主。

(3) 优势种

计算同浮游植物。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。

3.2.8.5 潮间带生物

(1) 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 4 门 11 种，详见附录 IV。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。

(2) 生物量和栖息密度

定量调查中，平均生物量为 25.77g/m²，节肢动物最高，为 17.65g/m²，软体动物为 7.80g/m²，环节动物为 0.32g/m²。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。

(3) 种类数和数量

定性调查中，监测区域潮间带生物共采获生物 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。

(4) 优势种

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 (*Latonacuneata*) 为该调查区域第一优势种。

(5) 生态参数及生物多样性分析

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。

3.2.9 2024 年秋季海洋生态环境调查

3.2.9.1 叶绿素 a 和初级生产力

各站位表层海水中叶绿素 a 含量为 (0.44~1.43) mg/m^3 ,均值为 0.87 mg/m^3 ;各站位中层海水中叶绿素 a 含量为 (0.44~1.44) mg/m^3 ,均值为 0.79 mg/m^3 ;各站位底层海水中叶绿素 a 含量为 (0.39~1.46) mg/m^3 ,均值为 0.82 mg/m^3 。各站位初级生产力范围为 (23.1~663.9) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,均值为 204.9 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

3.2.9.2 浮游植物

(1) 种类组成

调查中,共鉴定出 3 门 87 种(含变种、变型)。其中,硅藻种类最多,73 种,占总种类数的 83.9%;甲藻 12 种,蓝藻 2 种。

(2) 浮游植物种类数

调查中,浮游植物种类数的变化范围为 (24~46) 种,均值为 32 种。

(3) 细胞密度

调查中,浮游植物细胞密度的变化范围为 (7.56~100.24) $\times 10^3 \text{cell}/\text{m}^3$,均值为 25.67 $\times 10^3 \text{cell}/\text{m}^3$ 。

(4) 优势种

调查结果显示:浮游植物优势种共 3 种,均为硅藻。菱形海线藻 (*Thalassionemanitzschoides*) 为调查海区第一优势种。

(5) 生态参数及生物多样性分析

调查海域浮游植物单纯度的变化范围为 0.08~0.42,均值为 0.25;多样性指数的变化范围为 2.11~4.34,均值为 3.05;均匀度的变化范围为 0.42~0.81,均值为 0.61;丰富度的变化范围为 1.56~3.20,均值为 2.20。

3.2.9.3 浮游动物

(1) 种类组成

浮游动物经鉴定共有 78 种（包括属以上），分类学上隶属于 12 个类群，详见附录 II。。

(2) 种类数

调查中，各站位浮游动物种类数的变化范围为（14~41）种，平均每个站位的种类数为 30 种。

(3) 密度

调查中，各站位浮游动物总密度的变化范围为（10.00~58.06）ind./m³，平均每个站位的浮游动物密度为 28.21ind./m³。

(4) 生物量

调查中，各站位浮游动物生物量的变化范围为（5.56~132.75）mg/m³，均值为 63.43mg/m³。

(5) 优势种

浮游动物优势种共 12 种（类）。其中，桡足类 4 种，浮游幼体和毛颚类各 3 种，枝角类和水母类各 1 种。亚强次真哲水蚤（*Subeucalanus subcrassus*）为调查海区第一优势种。

(6) 生态参数及生物多样性分析

调查中，各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.06~0.16，均值为 0.10；多样性指数的变化范围为 3.39~4.24，均值为 3.88；均匀度的变化范围为 0.70~0.97，均值为 0.81；丰富度的变化范围为 2.46~8.56，均值为 6.15。

3.2.9.4 底栖动物

(1) 种类组成

在定量和定性样品分析中，调查海域共获底栖生物 6 大类 32 种，详见附录 IV。其中，节肢动物 15 种，软体动物 8 种，环节动物 5 种，棘皮动物 2 种，刺胞动物和脊索动物各 1 种。

(2) 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，平均栖息密度 8ind./m²，组成以环节动物为主，其中，环节动物>脊索动物>节肢动物>软体动物>刺胞动物。平

均生物量为 1.51g/m^2 ，组成以软体动物和刺胞动物为主，其中软体动物=刺胞动物>环节动物>脊索动物>节肢动物。

(3) 优势种

计算同浮游植物。定性样品分析中，监测海域底栖生物优势度大于 0.02 的共 9 种。其中，节肢动物 6 种，软体动物 3 种。红星梭子蟹(*Portunussanguinolentus*) 为该调查区域的第一优势种。

(4) 生态参数

定性样品分析中，调查海域各站位底栖生物单纯度的变化范围为 0.10~0.16，均值为 0.13；多样性指数的变化范围为 2.73~3.45，均值为 3.15；均匀度的变化范围为 0.88~0.98，均值为 0.93；丰富度的变化范围为 1.82~2.80，均值为 2.26。

3.2.9.5 潮间带生物

(1) 种类组成

本次潮间带生物监测定性和定量样品经鉴定共有 2 门 3 种，其中软体动物 2 种，节肢动物 1 种，详见附录 V。

(2) 生物量和栖息密度

定量调查中，生物量为 53.41g/m^2 ；垂直分布上，潮间带各断面生物栖息密度、生物量均表现为低潮带>中潮带>高潮带。

(3) 优势种

计算同浮游植物。定性调查中，监测区域潮间带生物的优势种仅 1 种。痕掌沙蟹(*Ocypodestimpsoni*) 为该调查区域绝对优势种。

(4) 生态参数

定性调查中，潮间带生物各断面单纯度的均值为 0.53，多样性指数的均值为 1.07，均匀度的均值为 0.86，丰富度的均值为-0.32。

3.2.10 噪声调查

3.2.10.1 水上噪声测量结果分析

本次水上噪声监测结果评价符合 GB3096-2008《声环境质量标准》2 类标准，海上浪、流等海洋背景噪声对水上噪声的监测有一定的影响，海上升压站、

风机的水上噪声水平低于参考限值，趋于自然噪声水平，通过监测结果可以得出风电场运营期的水上噪声水平对本工程海域的海洋生物基本上不会产生明显的影响。

3.2.10.2 水下噪声测量结果

由 2024 年 7 月海下声环境现状调查结果可知，该深水风电场区产生的水下背景噪声强度比较低，总体噪声谱级都在 130dB/1μPa 以下，已与海洋背景噪声相当。因此，该场区水下噪声对本工程海域的海洋生物基本上不会产生明显的影响。

由 2024 年 9 月海下声环境现状调查结果可知，该深水风电场区产生的水下背景噪声强度比较低，总体噪声谱级都在 135dB/1μPa 以下，总声级噪声水平较低，该海域内的噪声水平已与海洋背景噪声相当。因此，该场区水下噪声对本工程海域的海洋生物基本上不会产生明显的影响。

总体来说，本次秋季监测海域的水下噪声水平状况整体趋于背景噪声水平，基本符合所属功能区的管理要求。

3.2.11 电磁辐射监测

本次电磁监测结果评价符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）标准，海上升压站、风机、海底电缆以及陆域埋地电缆的电场强度和磁感应强度趋于自然电磁辐射水平，因此运营期电磁辐射对本工程海域的海洋生物基本上不会产生明显的影响。

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），本项目论证等级为一级，应开展生态评估。

4.1.1 重点和关键预测因子确定

本项目为海上风电项目，在海上建设风电机组、海上升压站和海底电缆，根据项目用海特征和所在海域资源生态基本特征分析，结合项目用海周边的资源生态敏感目标的保护管理要求，分析所在海域主要资源生态要素的重要性如下：

（1）水动力环境、地形地貌与冲淤环境：本项目部分海底电缆靠近大椎尾等海岛，海底电缆穿越多处航道航路，海缆敷设施工过程，将引起工程区及附近水动力的变化，进而导致周边地形地貌与冲淤环境的变化，此外风机桩基阻水影响，风机桩基处必然会产生淤积或冲刷。因此水动力环境关键预测因子为流速、流向，地形地貌与冲淤环境关键预测因子为淤积强度和淤积量。

（2）水质环境：本项目风电场址在本工程位于南海北部幼鱼繁育场保护区、南海幼鱼、幼虾保护区和南海中上层鱼类产卵场内，海底电缆与距离前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区最近距离为 200m，距离神泉珍稀濒危物种分布区距离为 5.2km。施工过程产生的悬浮泥沙会对周边海域的水环境产生影响，同时影响鱼卵、幼鱼、养殖等海洋生物的生存环境。因此水质环境关键预测因子为悬浮物浓度增量及扩散范围。

4.1.2 用海方案工况设计

本项目以批复方案内容与实际建设方案内容进行对比。

表 4.1.2-1 两方案工程内容对比

序号	项目	单位	批复方案	建设方案
1	海上升压站	座	1	1
2	风机数量	台	50	50
3	220kV 海底电缆	回/公里	2/56.68	2/56.61
4	66kV 集电线路	回/公里	10/111.95	8/91.73

5	风机功率	MW	40 台 11MW 10 台 12MW	34 台 11MW 16 台 8MW
6	总装机容量	MW	560	502

4.1.3 水动力影响预测与评价对比分析

总体上看，本项目调整后，由于风机桩基础改变，可能会影响风机局部水动力变化情况，但是风电场项目对整体水动力条件产生影响仍较小。

4.1.4 地形地貌及冲淤环境影响预测与评价对比分析

根据《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测（5 年）项目地形地貌及冲淤环境专题报告（2024 年秋季航次）》中地形地貌及冲淤环境专题结论，（1）整个场区海床地形较平坦，距风机中心半径 25m 范围内，冲坑深度和范围相对较小，冲刷现象不明显。（2）海上升压站基础相相对本次勘查测量海底平均高程，距基础中心半径 30m 范围内，最大坑深为 0.705m。

可知，本项目在开阔海域内建设风电场，工程建设对冲淤的影响主要集中在桩基周边及升压站前后，桩基改变对局部冲淤可能存在一定影响，但是从项目整体来看的话，风机位置与升压站位置未变化，对项目整体的冲淤环境影响不大。

4.1.5 水质影响预测评价对比分析

建设方案悬沙扩散面积相对批复方案较小。

4.1.6 用海方案推选

根据上述的水动力、地形地貌与冲淤、水质环境等方面的关键预测因子的预测对比分析，批复方案和建设方案对资源生态影响的比选见表 4.1.6-1。

两个方案水动力和地形地貌与冲淤环境的影响差异不大；建设方案的悬沙影响范围（增量浓度大于 10mg/L）较小，施工造成的生物量损失相对较小，总体上建设方案对资源生态影响较小，因此推选建设方案。

表 4.1.6-1 用海方案对资源生态影响比选

关键预测因子		对资源生态影响比较	评价
水动力	流速	两个方案流速差异不大	两方案差异不大
	流向	两个方案流向差异不大	两方案差异不大

	水动力 影响范围	两个方案对水动力影响范围差异不大	两方案差异不大
地形地貌与冲淤	冲淤变化	两个方案的冲淤影响差异不大	两方案差异不大
水质	悬沙扩散	建设方案施工引起增量浓度大于 10mg/L的悬沙扩散范围较小	建设方案较优

4.2 资源影响分析

4.2.1 对岸线资源的影响

依据 2022 大陆批复岸线与《广东省严格保护岸段名录》，本项目登陆点位于揭阳市惠来县严格保护岸段，岸线分类一级类为自然岸线，二级类为砂质岸线。本项目空间利用范围与海岸线相接。采用定向钻的方式下穿岸线，占用自然岸线长度 20.9m，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5m，出、入土点距海岸线分别为 109m 和 26m。项目采用定向钻下穿的方式穿越海岸线，不会破坏砂质岸线的结构，不会影响自然岸线的稳定性，对岸线的自然属性、地形地貌、生态功能和现有构筑物结构稳定亦无影响。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。

根据《海底电缆管道保护规定》的要求划定保护范围，并按照规定设立显著标志，海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，是对岸线资源的有序利用和保护，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。

因此，对岸线资源影响较小，且可控。

4.2.2 对海岛资源的影响

本项目海底电缆路由周边分布多个海岛，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。距离本项目最近的海岛为大堆尾岛，仅 84m。

施工期应严格划定施工范围，产生的废水、固废均得到妥善处理，不向海域内排放。项目的建设可能对周边海域冲淤环境产生影响，控制好施工范围，缩短施工时间，避免破坏芒仔岛的自然地形地貌。做好相关措施后对海岛生态系统无影响。

4.2.3 对港口航运资源的影响

本项目登陆点位于前詹作业区东侧，约 550m；未位于该作业区规划的港口岸线内。

建议按照通航安全影响报告中的要求落实相关安全保障和维护措施，可消除项目不利影响和风险，本项目建设不影响港口的建设和港口功能的发挥，项目建设单位应与港口作业区管理部门进行协调后再进行空间利用。

综上，项目建设不会对周边的港口航运资源产生明显影响。

4.2.4 对渔业资源的影响

4.2.4.1 施工期影响分析

（1）施工期间产生悬浮泥沙对渔业资源的影响

悬浮物对鱼类和其他水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮固体在水中的影响，一类是悬浮固体沉降到水底后产生的影响。

欧洲大陆渔业咨询委员会（EIFAC，1965）评价了悬浮固体对鱼类的影响。把悬浮固体对鱼类和鱼类饵料生物种群所产生的不良影响分成四种方式：直接影响鱼类在有悬浮固体的水体中游泳，造成鱼类死亡或者是降低鱼类的生长速率，对疾病的抵抗力等等；妨碍鱼卵和幼体的良好发育；限制鱼类的正常运动和洄游；使鱼类得不到充分的食物。

覆盖在水底的沉淀物会损害无脊椎生物种群，堵塞产卵的砾石层，而且如果有有机物的话，还会消耗其上面水体的溶解氧。当沉淀固体堵塞了鱼类产卵的砾石层时，鱼卵就会大量死亡。无机悬浮物的增加还会妨碍光线向水体的投射，结果减少了透光层深度，从而减少了初级生产量并减少了鱼类的饵料。美国科学院和美国工程科学院联合委员会建议，光透射深度不得减少 10%（美国科学院，NAS，1974）。同时，由于颗粒物吸收了较多的热量，从而使水体趋于稳定，阻止了上下水混合，致使近表层水被加热，上下水混合程度的减少，也减少了溶解氧和营养物向水体下部的扩散。长期生活在高浑浊水中的海洋生物，其鳃部会被悬浮物质充满而影响呼吸和发育，甚至引起窒息死亡。此外，水中悬浮物质长期过量会妨碍海洋生物的卵及幼体的正常发育，破坏其栖息环境，并抑制水生生物的光合作用，减少海洋动物的饵料。

水域悬浮物含量超标，对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍与水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游生物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。Bonvicinipagliai 等人曾研究意大利卡格里亚海湾一次大规模挖掘对周围海洋环境和生物的影响。结果表明，在所观察的非生物参数中，除有机碳外，都没有明显的影响，但大型底栖生物却丧失殆尽；Erman 和 Mahoney 曾研究悬浮物对鱼类和无脊椎动物的影响，其结果表明，水体中悬浮物浓度升高会减少鱼类和无脊椎动物的生物量和多样性。1990 年在深圳蛇口海区曾因疏通航道挖掘底泥使海水污浊，水质变异，海水中悬浮物浓度升高，从而导致周围养殖的牡蛎死亡；

1993 年大亚湾东山珍珠养殖场附近因推土填海造成大量黄泥水在潮汐等作用下扩散至养殖场水域，导致养殖水体浑浊、悬浮物浓度升高、大量珍珠贝死亡；1994 年广东电白县博贺文蛤养殖场，因其近旁有人抽沙，大量污泥浊水排入文蛤养殖区，导致 2500 亩养殖文蛤死亡。

总而言之，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浑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打桩作业及作业船舶过于频繁，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，建议海上施工尽量避开这一季节。

4.2.4.2 运营期对渔业生产的影响

本项目建成后,风机及海上升压站桩基等永久设施占用海域会使压占的底栖生物的生境遭到永久的破坏,海缆敷设区底栖生物将逐渐恢复,风机底座防护抛石将原来的泥质底栖环境变为石块底栖环境,为恋礁型底栖生物提供了一个较好的附着场所,在一定程度上可以起到聚鱼作用,为鱼类提供良好的栖息环境和索饵场,有利于渔业资源量的增加。

海上风电场运行噪声主要受海风、海浪声影响较大,受风机转动影响较小。运营期风机运转产生的噪声通过结构振动经塔筒、风机桩基等不同路径传入水中,根据预测及类比分析,风机噪声与海洋背景噪声相当,对海洋动物的影响较小;由于电缆外层遮蔽产生的电磁场强度非常小,已接近环境本底值,不会对海洋生物产生不利影响。

4.2.5 对旅游资源的影响

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 对鸟类资源的影响分析

本项目所选场址为离岸较远海域,鸟类经过几率较低,评价区域内的鸟类主要集中分布在近岸,通过对项目区域的全面调查和对比分析,神泉二海上风电场址距离鸟类重要栖息地超过 60km,距离最近海岸也超过 21.4km,远大于鸟类沿岸飞行活动所需的 5km 飞行通道距离,总体上对近岸鸟类活动影响很小。

项目在施工期间产生的影响主要为噪声、光、污染等干扰,其影响在施工结束后可以消除。在营运期的影响包括直接和间接影响,同时因周边还有多个邻近风电场,需考虑长期性和叠加性影响。其中直接影响包括噪声、光污染和碰撞效应;间接影响主要指栖息地面积损失和质量下降,减少食物资源等。

本项目主要影响高度为 20m~300m,夜间和晨昏容易发生鸟撞事故,鸟类迁徙期(3-5 月、9-10 月)在不良天气期间碰撞概率上升。此外,风机排布方式与鸟类迁徙主要方向不一致时,将会在一定程度上减少海面飞行鸟类的活动范围。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。

重点需要加强对鸥科鸟类和海洋性鸟类等喜在海面飞行的鸟类的关注，另由于多种鸬鹚类和鹭类的迁徙期飞行路线会越过海面，需要通过进一步观测加以确认。建议在风电场区设立雷达和视频观测系统，并定期开展人工观测，建立长期系统的连续观测体系。施工期间严格管理各类污染排放，合理安排施工时间，合理布置施工运输路线，减小对鸟类的影响；营运期建议对风机叶片进行涂警示色、加灯光等处理，根据候鸟迁徙节律调节运行时间，并设立鸟类观察救助站，积极与当地野生动物保护管理部门沟通合作，加强鸟类日常活动监测和迁徙高峰预警。

4.2.7 对海洋生物资源的影响

依据《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目环境影响报告书》。海洋生物资源损失量的计算主要依据为悬沙扩散面积以及海底电缆长度。与原批复方案相比，建设方案主要变化为 66kV 集电线路海底电缆用海面积减少 20km。66kV 集电线路海底电缆造成的生物影响主要是海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物量的损失。按照环评报告中生物量的损失计算方法，海缆敷设造成的底栖生物生境破坏面积减少了 12%（主要与压占底栖生物相关，包括文昌鱼），海缆敷设大于 10mg/L 悬沙扩散面积减少了 6.2%。

4.2.8 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。

4.2.9 对保护区资源的影响分析

广东省新版生态红线于 2022 年 10 月公布后,调整了保护区的边界,并将前詹海洋保护区列为前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区,将神泉海洋保护区列为神泉珍稀濒危物种分布区生态保护区。因此,现阶段保护区范围以生态保护红线边界为准。

本工程附近海域的保护区有前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区与神泉珍稀濒危物种分布区生态保护区。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,正常营运期不会对保护区产生不利影响。

1、前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区

根据报告书分析,本工程施工 10mg/L 悬浮泥沙会扩散至该区域,但依据本项目此次调查资料,未在调查期间发现龙虾、海龟与蜃等保护动物,且本项目送出海缆部分施工时间较短,随着施工作业结束,将较快恢复海域本底水平,不会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。且该前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区明确,在符合生态保护红线管控的前提下,可兼容海底电缆管道用海。

2、神泉珍稀濒危物种分布区生态保护区

根据报告书分析,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。

4.2.10 对珍稀海洋生物的影响分析

4.2.10.1 文昌鱼

白氏文昌鱼生活在水深 8m~15m、水质澄清、潮流缓慢、底质为沙的海区,营潜居生活;潜沙时,倒卧潜入疏松的沙质滩里,然后再把前端露出滩面。游泳能力弱,钻沙本领强,移动范围不大。盐度低于 15 时不能正常生活,适宜生长的盐度为 21.0~31.6。植物食性,摄食硅藻,主要种类有圆筛藻、小环藻、舟形藻等。以过滤方式取食。

项目建设对该海域的水文动力和冲淤环境影响局限在风机桩基根部很小范围内，不会大范围影响到文昌鱼的栖息环境。项目施工期主要污染物悬沙和噪声排放对文昌鱼的影响程度和范围有限，且影响时间仅限于施工期，运营期对海洋生物基本无影响。

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，形成实质上的禁捕区，对海域珍稀濒危及主要经济将有良好的保护作用，又发挥一定的人工鱼礁功能，有利于保护幼鱼幼虾、文昌鱼等珍稀濒危海洋生物、增殖渔业资源。

本项目建设会对文昌鱼产生一定的影响，但通过增殖放流等措施可对损失进行一定的补偿。

4.2.10.2 鲎

南方鲎栖息地一般喜欢选择在泥泞的河流，河口沼泽和红树林，喜欢居住于盐度较低的河口。海域自然条件优越，具有优良气候、水质、生物饵料和优良的港湾、沙滩，是南方鲎爬行、抱合、产卵、孵化、摄食、洄游、生栖的优良场所。秋季在本水域调查时未发现南方鲎。本项目距离该保护区还有一定距离，风电场与送出海缆所占海域不是鲎的主要活动分布区域。本项目施工期间悬浮物对鲎的产生的影响较小，影响程度和影响范围有限。南方鲎对盐度具有一定的要求，对水温也很敏感。工程建设不会改变海水的盐度和水温，不会改变南方鲎的生活环境。

运营期对鲎的影响主要为风机水下噪声和电磁辐射的影响。根据噪声预测分析结果，风机在不同风速下产生的水下噪声强度变化不明显，与海洋背景噪声相当。除了在离桩基 50m 范围内对石首鱼科的通讯距离会产生掩蔽效应影响外，对一般的鱼类和海洋哺乳动物的影响在可以接受范围内。根据电磁环境影响预测分析结果，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显，磁场在海域介质中的衰减较快，对该海域中哺乳动物的影响在可以接受范围。综上，工程运营期对鲎的影响较小。

4.2.10.3 龙虾

龙虾栖息于几米、十几米深的岩礁缝隙、石堆和珊瑚丛中。工程评价范围内主要分布在前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区，在本水域调查时未发现

龙虾。

本项目施工过程中，产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥沙会扩散至前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区。本项目送出海缆施工期较短，约为 3 个月，施工作业完成后，悬浮泥沙的影响也将消失，不会对龙虾产生明显的不良影响。本项目应采取控制电缆敷设路径，严禁超范围施工，控制施工期电缆沟开挖强度，加强施工期间的跟踪监测，以减少项目施工对龙虾造成的影响。

4.2.10.4 海龟

海缆施工造成工程区海域悬浮物增量及影响范围会扩散至红线区，且施工期间海龟会改变自身的游泳模式和方向，因此不会对海龟的洄游及觅食造成影响。

但是施工以及运营期间可能间接会造成一些干扰，包括水体变化、地貌变化以及饵料变化，甚至于电磁变化等，都可能会对海龟的活动区域产生影响。因此，风机营运噪声对海龟的影响仍需进一步监测研究。

施工期间若发现海龟应停止施工，驱逐，并上报有关部门，加强对施工人员的教育，禁止捕杀海龟等珍稀生物。

4.3 生态影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为建设方案，因此对建设方案开展生态影响分析。

4.3.1 对水文动力环境影响

本项目调整后，由于风机桩基础改变，可能会影响风机局部水动力变化情况，但是风电场项目对整体水动力条件产生影响仍较小。

4.3.2 对地形地貌冲淤环境影响

本项目在开阔海域内建设风电场，工程建设对冲淤的影响主要集中在桩基周边及升压站前后，桩基改变对局部冲淤可能存在一定影响，但是从项目整体来看的话，风机位置与升压站位置未变化，对项目整体的冲淤环境影响不大。

4.3.3 对水质环境的影响

4.3.3.1 施工期对水质环境影响

(1) 施工悬浮物扩散影响

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 $>10\text{mg/L}$ ）平均影响面积相对于批复方案有所减少，相应的生物损失量也有所减少。

悬沙影响主要出现在施工点附近海域，这种影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

(2) 施工期污水影响

本工程海上施工期间会产生一定量的生活污水，生活污水中含有较高浓度的 N、P 等物质，未经处理直接排放，则会在一定程度上加重海域的富营养化程度，恶化工程附近海域的水环境。本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置，生活污水和船舶含油污水均收集贮存于船上，定期运回陆地交具有处理资质的单位接收后统一处理，正常施工对工程海域水质带来的影响是很小的，一旦施工结束，影响即可消除。风机承台混凝土采用水泥与粉煤灰拌和制作，无废水排放，对工程海域水质无污染影响。

4.3.3.2 运营期对水质环境影响

项目运营期间对海水水质的影响主要为海上升压站储油、风机维修的废油和风机、升压站基础防腐。项目运营期间海上升压站储油罐提供柴油补给，保证柴油发电机能够不间断使用，本项目设置事故油罐，正常情况柴油泄漏不会对海域水质产生影响；检修期间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、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，维护结束后送交有资质单位进行妥善处置；本工程采用外加电流阴极保护方法对风机、升压站基础进行防腐，不会将金属离子释放到环境中。因此，项目运营期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

因此，项目建设对所在海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的，一

旦施工结束，影响即可消除。

4.3.4 对沉积物环境影响分析

4.3.4.1 风机基础施工对沉积物环境的影响分析

根据本次沉积物环境现状调查的结果，风机桩基基础附近沉积物环境质量状况良好，符合评价海域目标沉积物质量要求。风机桩基基础施工建设有少量施工悬沙扩散属于清洁沉积物，不会对附近海域沉积物环境质量造成不利影响。

施工期众多大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生一定数量的含油废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区域海域沉积物环境质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。本工程将设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，基本不会对所在海域的沉积物环境造成影响。

4.3.4.2 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，并没有混入其他污染物，不会影响海底沉积物质量。

4.3.4.3 运营期对沉积物环境的影响分析

运营期，本工程对沉积物环境的不利影响主要来自风机基础、升压站基础防腐，防腐措施使用物理防护与电化学保护的联合保护方式。本工程采用外加电流阴极保护方法，不会将金属离子释放到环境中，因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会产生影响。

4.3.5 对海洋生物的影响

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，随着新的底栖生物的进入而产生新的栖息环境。

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 10mg/L~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,根据有关资料,水中悬浮物质含量的增加,对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官,尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时,这种危害特别明显。在悬浮物质中,又以黏性淤泥的危害最大,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

悬浮物对鱼类和其他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休养生息，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。

4.3.6 噪声环境影响分析

风机基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，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，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。在鱼类产卵期建议尽量降低施工强度，以减少施工对渔业资源的影响。

营运期水下噪声强度对仅对缢蛏的碱性磷酸酶活性（AKP）、酸性磷酸酶（ACP）活性有显著影响，对其它物种（大黄鱼、卵形鲳鲷、花尾胡椒鲷、真

鲷、斜带石斑鱼、凡纳滨对虾、武士螯、口虾蛄）的作用不显著。

营运期水下噪声对 5 种鱼类（大黄鱼、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、真鲷、斜带石斑鱼）血液中去甲肾上腺素的质量浓度影响不明显，除了斜带石斑鱼的对照组和营运期水下噪声之间差异显著，其余各组之间的差异不显著。

4.3.7 电磁辐射环境影响分析

本项目电磁辐射环境影响分析引用《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目环境影响报告书》。

本工程的主要建设内容包括 50 台海上风机组、风电场内 66kV 和风电场外 220kV 的海底电缆、1 座 220kV 的海上升压站。电磁环境影响主要来自海底电缆。

4.3.7.1 电磁环境类比分析

从现有资料分析，对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在 10^{-5} T 以下。据厦门大学课题组在厦门大学生态场水池中开展的工频电磁环境对海洋生物短期影响的研究结果表明，海底电缆电磁对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、矛尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）基本上无影响。因此，综合类比实验分析可得，本项目电磁辐射对该海域中主要的海洋生物的影响不明显。

4.3.8 项目建设回顾性影响分析

将施工期 2022 年 11 月及运营期 2024 年 7 月水质监测结果与施工前 2021 年 11 月水质监测结果进行比对，未发现工程施工对周边海域海水水质产生明显影响；虽然在不同时期水质不同监测因子的监测结果相对施工前出现了上升或下降，但整体变化幅度均不大，施工期及运营期均与施工前的水质变化不大。

对比施工前，施工期和运营期工程监测海域的各监测因子与施工前相比不同的站位持平、升高或降低的情况均有，但整体变化幅度均不大，以基本持平为主，与施工前的沉积物质量变化不大。

施工期及运营期相对施工前，不同生态指标监测结果对比有所升降，但总体浮动不大，且建设单位通过增殖放流对生态环境进行补偿，有助于改善海域的生态环境。

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

略。

5.1.2 海域开发现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目风电场所在及周边海域开发利用活动较多，分布有海上风电场、习惯航路、航道、锚地、港口作业区等。

5.1.2.1 海上风电场项目

本项目周边共有 4 个海上风电场址，为 XX 项目、XX 项目、XX 项目和 XX 项目。其中 XX 项目与本项目距离最近，海底电缆最近距离约 400m，风机间最小距离约 2.1km，该项目与本项目同属于揭阳前詹风电有限公司。XX 项目场址距本项目风电场距离约 14.5km，XX 项目距本项目场址距离约 13.0km，XX 项目距本项目较远，距离大于 20km。

5.1.2.2 航运

（1）航路

根据广东海事局于 2023 年 8 月 15 日发布的广东沿海主要公共航路，本项目附近的航路有揭阳港进出港航路、广东沿海近岸航路、广东沿海内航路和广东沿海外航路。其中揭阳港进出港航路、广东沿海近岸航路、广东沿海内航路与本项目 220kV 送出路由发生交越。本项目风电场最东侧 1 台风机位于揭阳港进出港航路内，距航路中心约 7.2km。

（2）港口作业区

根据《揭阳港总体规划（2035 年）》，项目登陆点位于惠来沿海港区，惠来沿海港区是揭阳港规模化、综合性港区，以油气化工品、散货、件杂货运输为主，兼顾 LNG、集装箱运输和旅游客运，包括南海、神泉、前詹、资深、靖海 5 个作业区。

本项目距前詹作业区距离最近，约 500m，其余作业区离本项目较远。

目前 XX 工程、XX 工程和 XX 工程均位于前詹作业区内。

(3) 航道

根据广东省航道规划图、《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》和《广东省沿海航道等级规划研究》，项目周边共有航道 6 条，本项目 220kV 海底电缆穿越海甲航道，前詹作业区航道离本项目较近，距离小于 2.0km。

(4) 锚地

根据《揭阳港总体规划（2035 年）》，项目周边共有锚地 7 个，其中距本项目 220kV 海底电缆距离较近的锚地有 2 个，分别为粤东 LNG 锚地、#4 锚地，其中粤东 LNG 锚地离本项目最近距离约 2.0km，#4 锚地距本项目约 3.9km。

5.1.2.3 国际光缆

根据相关资料显示，项目风电场内存在海底光缆 1 条，该海底光缆从香港连接福州，目前该光缆已被废弃。

5.1.2.4 养殖场

本项目 220kV 送出海底电缆登陆点位于前詹镇南部，根据自然资源部海域海岛动态监管系统的遥感影像分析，本项目登陆点附近有较多的鲍鱼养殖场，咨询养殖工人得知鲍鱼养殖场通过埋设管道于海床取水，每天 24h 不间断取水，排水采用管道直接排水；鲍鱼养殖从鲍鱼苗一半成品一成品需一年以上时间，养殖场半成品主要销往福建，用于海上吊养，成品销往全国各地。

根据惠来县前詹镇赤沃村民委员会查询到的资料，登陆点附近为 XX 等人已建运营的鲍鱼养殖场。登陆点正方向有村庙一座。

5.1.2.5 渔业生产与海洋捕捞

依据《南海渔场作业图集》（广东省地图出版社），本项目位于粤东渔场。

5.1.2.6 保护区

项目周边海洋保护区有前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区和神泉珍稀濒危物种分布区生态保护区。距离前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区最近距离为 200m，距离神泉珍稀濒危物种分布区距离为 5.2km。

5.1.2.7 海岛

项目周边共有无居民海岛 5 个，均为基岩岛，分别为南心仔、大椎尾、山礁、山礁外岛和山礁内岛。其中大椎尾与本项目 220kV 送出路由之间距离最近，约

90m。

5.1.2.8 倾倒区

根据《2021 年全国可继续使用倾倒区名录》，本项目周边倾倒区为揭阳前詹南临时性海洋倾倒区，该倾倒区属于南海区可继续使用倾倒区中的近岸倾倒区。本项目位于揭阳前詹南临时性海洋倾倒区西侧约 500m。

5.1.3 海域使用权属现状

略。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 对港口作业区的影响分析

本项目 220kV 海底电缆登陆点位于《揭阳港总体规划》的“前詹作业区”附近，最近距离约 500m，在项目运营过程中，维护船只出入作业区周边海域会一定程度上增加海上运行压力，但作业区所在区域为本项目登陆段，该区域为送出海底电缆，维护不频繁，因此对作业区海上交通的影响有限。来往作业区的船只如果抛锚不准和航线运行不准，可能对电缆造成破坏。

5.2.2 对锚地的影响分析

本工程海底电缆距离 XX 锚地（LNG 锚地）最近约 2.0km，距离#4 锚地最近距离约 3.9km，本项目风机机组距#5 锚地最近距离约 9.3km。后续运营过程中，本项目在 XX 工程锚地（LNG 锚地）区域为海底电缆穿越广东沿海近岸航路段，埋深为 4.0m，满足《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目航道通航条件影响评价报告》中应急抛锚入土深度要求，对锚地功能没有影响。

5.2.3 对通航的影响分析

本项目 220kV 送出路由穿越海甲航道、揭阳港进出港航路、广东沿海近岸航路和广东沿海内航路。根据《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目航道通航条件影响评价报告》中的通航结论：本项目穿越航路、航道区域埋深为海床以下 4m，满足通航论证中要求。本项目没有穿越港口岸线，对揭

阳港总体规划布置影响较小。海缆埋深满足规划航道等级标准要求，通过在输电线管设置警示标志等安全措施，通航安全是有保障的。

本项目风电场东侧 1 台风机位于揭阳港进出港航路边缘，距航路中心约 7.2km，由于该航路信息于 2023 年 8 月 15 日由广东海事局发布，本项目于 2022 年 12 月 28 日已完成全容量并网，因此本项目建设早于该航路信息公布。此外，本项目总体位置与原批复位置基本一致，未扩大风电场用海面积。

风电场位于航路边缘会增加船只碰撞几率，存在海上航行安全隐患。但本项目距航路中心距离约 7.2km，航路总宽度为 8 海里（约 14.5km），且各种航路指南中的航路仅为推荐习惯航路，实际中船舶不一定按推荐习惯航路航行，过往商船实际在拟定计划航线时，可根据自身情况作调整。但风电场占用的海域范围相对较大，风电场所在海域原本是一片开阔的、航行条件优良的通航水域，从实际航迹来看是有过往商船实际航线接近风电场海域的。因此，本风电场运营对过往商船正常航行有一定的影响，会改变部分船舶习惯航法，需要绕航/避航，使航行时间加长，燃油消耗增大，给船舶营运带来一定的经济损失。

5.2.4 对周边海上风电的影响分析

本项目与 XX 项目均已完成建设，两风电场间距约 2.0km，运营过程中，维护船只的作业可能会为该风电场区域带来一定海上航行压力，但两个项目同属于同一权属人，维护计划内部做好相关协调工作，可避免维护船只在风电场区域带来的风险。本项目与 XX 项目和 XX 项目距离相对较远，因此运营过程中相互的影响较小。

5.2.5 对渔业的影响分析

5.2.5.1 对渔业资源的影响分析

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），本工程位于南海北部幼鱼繁育场保护区、南海幼鱼、幼虾保护区和南海中上层鱼类产卵场内。根据《南海及毗邻海域渔区图》，本项目位于粤东渔场内。

项目后续运营阶段，海缆敷设于底土之下，不占用渔业资源空间，风机桩基和升压站基础会占用一定的空间，但占用面积相对较少，并且业主将开展增殖放流等措施进行生态补偿，因此项目运营对渔业资源的影响是可以接受的。

5.2.5.2 对渔业捕捞的影响分析

项目运营对渔业活动的影响分析主要包括：捕捞范围影响和渔船安全通行影响。

1) 捕捞范围影响分析

本项目风电场范围涉海面积较大，该海域内渔业活动频繁，风电场桩基占用了捕捞海域，导致捕捞作业范围减小。

2) 渔船安全通行影响分析

项目运营期间风电机组占用大面积通航区域，存在船舶碰撞事故的风险。项目运营期需要采取相应的安全维护措施，比如在风电场边界适当位置设置相应的监控设施、助航标志和警示标志。

5.2.6 对保护区的影响分析

本项目未穿越该保护区，不会改变该保护区自然属性，本项目施工期间悬浮泥沙扩散至该保护区，对保护区内保护物种造成一定影响，但悬浮泥沙的扩散会随着施工结束，短时间内便可恢复正常水平，对保护区的影响有限。项目运营阶段，海缆未穿越保护区，且布设于底土之下，对保护区不造成影响。且该前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区明确，在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。

5.2.7 对海岛的影响分析

本项目周边共有无居民海岛 5 个，均为基岩岛，与本项目最近的无居民海岛为大椎尾，离海缆最近距离约 90m。本项目海缆登陆施工方式为定向钻，大椎尾距本项目定向钻出土点最近距离约 96m，定向钻深度为 5.0m。由于海底电缆埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，运营过程中，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此海缆路由对潮流动力不产生影响，对周围海床冲淤变化也不产生影响，因此项目不会对附近海岛海域环境产生明显影响。

5.2.8 对近岸鲍鱼养殖场的影响分析

本项目定向钻入土点周边分布有鲍鱼养殖场，登陆段施工时已完成相关养殖户的协调工作。

根据现场调研结果，鲍鱼养殖取水为管道取水方式，即取水管布设于海床上，抽水机发动时，海水通过过滤装置后进入取水管，通入养殖场，再通过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，可以避免由于恶劣天气等导致的海水浑浊。项目后续运营过程中不开展新的登陆段工程施工，不会产生新的悬沙扩散，不影响养殖户的取水生产。

5.2.9 对海底光缆的影响分析

根据相关资料显示，本项目周边海底光缆为废弃海底光缆，因此项目的运营不会对现存海底光缆产生影响。

5.2.10 对倾倒区的影响分析

揭阳前詹南临时性海洋倾倒区距本项目送出海底电缆距离约 500m，距风电场最近距离约 3.5km。本项目未穿越倾倒区，对倾倒区的基本功能不造成影响。

5.3 利益相关者与需协调部门界定

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。

《原论证报告》中界定的利益相关者为有关鲍鱼养殖场养殖户，需协调部门为航道、海事主管部门。目前本项目已并网发电，建设前已完成相关协商工作，取得相关书面意见（附件 9），因此本报告仅考虑项目后续运营过程中所涉及的利益相关者与相关管理部门。根据本报告 5.2 节项目建设对周边开发活动的影响

分析，界定本项目无新增利益相关者；协调部门有航道、海事部门和渔业管理部门。详见表 5.3.1-1。

表 5.3.1-1 利益相关者与需协调部门表

序号	项目	权利人	与项目方位关系	影响因素	是否为利益相关者/需协调部门
1	附近海域船舶航行	揭阳市/广东省海事局、揭阳市/广东省交通运输局	风机占用航道	通航安全	需协调部门
2	渔业生产与捕捞活动	揭阳市/广东省农业农村局	位于产卵场	施工期悬沙影响，海域空间占用，文昌鱼影响	需协调部门

5.3.1 与航道、海事部门的协调

项目建设前建设单位已取得广东海事局、广东省交通运输厅的意见（见附件 9）。

项目建设阶段，建设单位已严格按照《原论证报告》中要求与海事部门开展相关协调工作，施工前向海事部门办理相应手续，通过海事部门发布预警信息（附件 10），在施工海域周边设置巡逻船只，禁止施工无关的船只进入施工区域，加强施工人员的宣传教育，禁止进行捕捞活动。

项目建设结束后，建设单位已将海上风电场水域范围、安全警示标志、风机数量、海底电缆线路布设等有关通航安全的技术参数报海事管理机构备案，已开展通航要素勘测与海图更新扫测工作（附件 10）。

风电场投产运营后，由于风机占用部分航路，业主单位需与航道、海事部门进一步协调，做好相关警示和信息更新工作。并且业主单位应制定相应的日常检查养护制度，定期检查风机基础的安全状况，对风机标志灯进行监控和日常维护，灯光出现故障时要及时维修，并通知相关主管机关。特别是在恶劣天气以后应及时检查风机基础、设备的安全状况及专用航标的工作状况，防止影响通航安全的因素发生。

业主经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知相关主管部门，申请发布相应的航行警（通）告；发现存在安全隐患时及时处理，并向相关主管机关报告。

5.3.2 与渔业主管部门的协调

本项目已在揭阳市农业农村局组织下开展增殖放流方案评审（附件 11），且计划于 2025 年 6 月与 8 月实施增殖放流，以补偿本项目施工和运营等因素对海洋渔业资源造成的损失。

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 项目用海与国土空间规划符合性分析

原论证报告阶段分析了项目与《广东省海洋功能区划》（2011-2020）以及《广东省海洋生态红线》（2017），根据最新政策文件管理要求，本次补充论证报告补充分析了以下相关规划。

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

6.1.1 《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》

本项目位于海洋开发利用空间内，送出海缆位于交通运输用海区、渔业用海区中，风电场位于工矿通信用海区。

6.1.2 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》

经与规划图件叠加分析，本项目位于靖海湾砂质海岸—防护林保护修复区内。

6.1.3 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》

2025 年 1 月 23 日，经广东省人民政府同意，《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》印发。

6.1.3.1 规划分区

依据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》规划分区，本项目位于海洋发展区中的前詹西部交通运输用海区，惠来近海渔业用海区以及汕尾-揭阳南部工矿通信用海区。

6.1.3.2 岸线分类

此外，规划将全省大陆海岸线划分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类，实行分类分段精细化管理。

本项目登陆点位于揭阳市惠来县严格保护岸段。

6.1.4 《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

本项目送出海缆位于海洋发展空间内的交通运输用海区、渔业用海区。风电场位于工矿通信用海区。

6.1.5 《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

本项目风电场位于海洋发展区中的工矿通信用海区。

6.1.6 生态保护红线

通过将项目与“三区三线”成果中的生态保护红线叠加分析，本项目送出海缆没有位于生态红线区，项目论证范围内的生态保护红线为前詹珍稀濒危物种分布区以及前詹海岸防护物理防护极重要区，最近距离分别为 210m 和 556m，距离惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场距离为 2.52km，神泉珍稀濒危物种分布区距离为 5.26km。

6.2 对所在海域国土空间规划分区的影响分析

6.2.1 对《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》的影响分析

本项目不影响渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影响渔业用海区主导功能的用海类型，位于渔业用海区部分的送出路由位于底土之下，不改变海域自然属性，虽然项目可能会引起一部分的悬沙扩散，但是施工完毕后很快消失，项目的污废水由专人收集上岸处理，对水质影响不大。项目建成之后，为保护海底电缆的安全运行，该海域将禁止底托网、抛锚等，形成实质上的禁捕区，又发挥了保护水生生物的作用，在一定程度上有利于鱼类的繁殖与生长，有利于保护幼鱼幼虾等。项目总体不影响渔业资源的可持续发展，因此与渔业用海管控要求不冲突。

本项目不影响港口用海区和航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境，工程选用加强铠装的海缆，以提高海缆的机械强度，同时加强对渔船及周边通航船只的警示和管理，虽然与航道交越，但通过加大埋深可以尽量避免后期航道疏浚的影响，此外，本项目用海前已与航道航路管理部门进行协调，尽量减少对通航的影响。经过严格实施相关措施后，本项目与交通运输用海区管控要求也不冲突。

6.2.2 对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的影响分析

依据 2022 大陆批复岸线与《广东省严格保护岸段名录》，本项目登陆点均位于揭阳市惠来县严格保护岸段，岸线分类一级类为自然岸线，二级类为砂质岸线。本项目空间利用范围与海岸线相接。采用定向钻的方式下穿岸线，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5m，出、入土点距海岸线分别为 109m 和 26m。项目采用定向钻下穿的方式穿越海岸线，不会破坏砂质岸线的结构，不会影响自然岸线的稳定性，对岸线的自然属性、地形地貌、生态功能和现有构筑物结构稳定亦无影响。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。

因此，与靖海湾砂质海岸—防护林保护修复的管控要求不冲突，不影响该生态保护修复项目的实施。

6.2.3 对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的影响分析

6.2.3.1 规划分区

依据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》规划分区，本项目位于海洋发展区中的前詹西部交通运输用海区，惠来近海渔业用海区以及汕尾-揭阳南部工矿通信用海区。

前詹西部交通运输用海区

分析：本项目送出海缆为该区域兼容的工业、海底电缆管道等用海，且在该区域海域立体分层设权，确权层为底土，符合交通运输与海底电缆管道等用海空间可立体利用；且本项目不影响该保障临港产业园重大用海需求。

本项目埋深于底土，不改变海域自然属性，也不影响进出港航道，不影响港区原有的水动力和泥沙冲淤环境，海缆登陆采用保护了严格保护岸线（砂质岸线）的定向钻工艺，且在登陆后尽量恢复原状，有利于保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低。且本项目已经施工完毕，未影响无居民海岛资源。

惠来近海渔业用海区

分析：本项目送出海缆为该区域允许的海底电缆管道等用海，且在该区域海域立体分层设权，确权层为底土，符合海底电缆管道海域立体分层设权。

本项目埋深于底土，不改变海域自然属性，也不影响河口防洪纳潮功能，不影响港区原有的水动力和泥沙冲淤环境，海缆登陆采用保护了严格保护岸线（砂质岸线）的定向钻工艺，且在登陆后尽量恢复原状，有利于保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低。且本项目已经施工完毕，未影响无居民海岛资源。

汕尾-揭阳南部工矿通信用海区

分析：本项目风电场为该区域允许的允许可再生能源、海底电缆管道等用海，且送出海缆在该区域海域立体分层设权，确权层为底土，符合海底电缆管道海域立体分层设权，本项目也属于该区域要求的保障海上风电等重点项目用海需求。

本项目为海上风电项目，海底电缆深埋于底土，风机与海上升压站采用透水式构筑物，不改变海域自然属性，且本项目跟踪监测已涵盖海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。

6.2.3.2 岸线分类

本项目登陆点位于揭阳市惠来县严格保护岸段，岸线分类一级类为自然岸线，二级类为砂质岸线。本项目空间利用范围与海岸线相接。采用定向钻的方式下穿岸线，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5 米，出、入土点距海岸线分别为 109 米和 26 米。项目采用定向钻下穿的方式穿越海岸线，不会破坏砂质岸线的结构，不会影响自然岸线的稳定性，对岸线的自然属性、地形地貌、生态功能和现有构筑物结构稳定亦无影响。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。

项目属于可在严格保护岸线保护范围内实施的项目（底土穿越的海底隧道和海底电缆管道）。

根据《海底电缆管道保护规定》的要求划定保护范围，并按照规定设立显著标志，海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，是对岸线资源的有序利用和保护，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。

6.2.4 对《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的影响分析

本项目于海洋发展区中的海洋发展空间内的交通运输用海区与渔业用海区。该规划中相应的用海指引如下。

项目建设对交通运输用海区与渔业用海区的影响分析与 6.2.1 一致。

6.2.5 对《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的影响分析

本项目属于工矿通信用海区中提到的海上风电+电缆管道的用海类型用海项目。符合该项目的用海准入条件。

此外，本项目坚持节约集约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形的影响。施工固液废物等集中收集，一并送交有资质单位处理，避免污染项目海域生态环境。因此，总体上对《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中工矿通信用海区无影响。

6.2.6 对生态保护红线的影响分析

符合性分析：本项目 220kV 海缆海底电缆建设对红线区的影响体现在施工时产生的悬浮泥沙对海洋生物及其生境的影响，电缆建设时间短，电缆直径小，对海洋生物及其生境影响范围小。海缆埋设过程中产生的悬浮泥沙等对区域生态环境产生的影响会随着施工结束而消失，同时海缆在正常运营期间埋设于海床之下，不会影响红线区的生态功能。

海底电缆施工后很快就可恢复海洋环境原状，满足红线区管控措施和环境保护要求，故海底电缆对周边的红线区影响有限。且该红线保护区明确，在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本工程是属于海上风电开发项目，属于推动海上风电由近浅海向深远海发展的重点风电场项目。项目属于清洁能源，建设和运营对于减少石化资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，对促进当地旅游业、带动地方经济快速发展，提高风电场近区供电能力都有着重要的意义。

综合以上分析，项目建设符合《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及生态保护红线。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

施工调整后，项目风机和集电线路仍然位于原规划范围之内，220kV 海底电缆送出工程和海上升压站选址总体未发生变化，项目宏观选址未发生变化。

且原论证报告已对选址合理性有较为完善的分析，本次补充论证不做讨论，仅引用结论：

风电场宏观选址是对一个较大地区的气象条件、风能、湍流、电网、交通、地质、周围环境等多种因素和条件进行综合考察后，选择一个风能资源丰富，且最有利用价值的小区域的过程。海上风电场选址应以相应规划为基础，结合地区海域海洋开发现状及规划的具体情况，根据选址区域的风能资源、接入系统条件、交通运输和施工安装条件、装机规模、海洋水文和地质条件、社会经济和环境保护要求等多方面因素进行综合考虑。根据《近海风电场工程规划报告编制办法》，海上风电场选址基本原则如下：

- 1、场址区域具有丰富的风能资源；
- 2、场址区域具有较好的海洋水文、地质、接入系统、交通运输等建设条件；
- 3、场址满足国土空间规划要求；
- 4、场址符合环境和生态保护要求，尽量减少对鸟类、渔业和自然保护区的影响；
- 5、场址应避开航道、锚地、禁航区，尽量减少对航路的影响；
- 6、场址应避开通信、电力、油气等海底管线的保护范围；
- 7、避开军事设施涉及的范围；
- 8、侧重规模化开发。

本项目海上风电场场址宏观选址在《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193 号，2018 年 4 月）中布局，规划布局原则主要考虑到风能资源条件良好、满足“双十”要求、集约节约用海、避开重要、敏感、脆弱生态区域以及划定的海洋生态红线限制区域、规模化开发和并网条件较好。本项目风电场场址选址符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》，场区容量调整已取得揭阳市发改局的支持性意见（见附件 7），选

址具有唯一性。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 风机平面布置对比

调整前拟建设 40 台 11MW 风机和 10 台 12MW 风机，调整后实际建设 16 台明阳 8MW 风机和 34 台上海电气 11MW 风机。调整前后风机的位置未发生变化。

风电机组用海平面布置合理性分析与原论证报告书一致。以下内容主要介绍方案调整前后发电效率情况。

7.2.1.1 批复方案风机平面布置

考虑到规划海域的风资源情况、风机间相互影响和尾流损失，本次调整前 50 台风机分 8 列布置。风机总体布置为不规则多边形，风机与主导风向呈 45 度夹角，阵列行距在 10~14 倍叶轮直径，行内间距约为 3 倍叶轮直径。

7.2.1.2 施工调整后风机平面布置方案

施工调整后，风机的平面布置未发生变化，仍然是 50 台风机分 8 列布置，风机的桩基础由四桩导管架调整为单桩基础后，单个风机的用海面积变小。调整后，阵列行距在 10~14 倍叶轮直径，行内间距约为 3 倍叶轮直径。

7.2.1.3 方案对比

项目在实际施工过程中，因风机设备招标的原因，未招标到 12MW 风机，11MW 风机的数量亦不足，因此风机选型由 10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机调整为 16 台 8MW 风机和 34 台 11MW 风机，总装机容量由 560MW 调整为 502MW，装机容量变化已取得揭阳市发展和改革局的支持性意见。

本次调整的原因主要是在风机招标阶段，未招标到 12MW 风机，且 11MW 风机招标数量不够，因此总装机容量减少。调整后虽然净发电量和年上网电量均减少，但单位用海面积的年满发小时数增加，容量系数更高，尾流损失减少，单位千瓦投资额减少，经济效益相对更优。

在风机招标受限的情况下，本补充论证报告书认为施工调整后的风机平面布置方案合理。

7.2.2 海上升压站平面布置对比

本项目海上升压站的平面布置方式能尽量减少下部基础受波浪冲刷的影响，更有利于减少上部结构受风能冲击的影响，平面布置方式合理。

7.2.3 220kV 送出路由平面布置比选

施工调整后，项目 220kV 主海缆走向选址未发生变化，因施工定位误差和施工误差，微观选址发生微调。本报告在 220kV 主海缆微观选址方案已确定的基础上讨论其平面布置合理性。

本项目为两回三芯 220kV 海底电缆，原布置方案为两回电缆平行布置，每回电缆之间间隔 50m 的安全距离，但在近岸段根据水深情况，间距逐步缩小。

在实际施工过程中，为更好集约节约用海，尽可能减少用海面积，本项目 220kV 主海缆尽可能减少两回海缆之间的间距，但在近岸段施工时，由于受到海流及波浪影响，实际施工时发生一定偏移，偏移最大约为 7m（拐点处），但仍在批复用海范围之内。

在实际施工过程中，尽可能减少两回海缆之间的间距，220kV 海底电缆的用海面积由 198.2253 公顷变为 114.2077 公顷，用海面积减少 84.1599 公顷。从集约节约用海角度考虑，施工调整后的 220kV 海底电缆的平面布置方案合理。

7.2.4 66kV 集电海缆排布对比

施工调整后，风电场装机容量、风机机型均发生变化，集电线路相应发生变化，由 10 回 66kV 海底电缆调整为 8 回 66kV 海底电缆。

在风力发电机组及海上升压站位置确定的情况下，集电系统平面布置方案主要考虑拓扑布局形式。在拓扑布局上，主要有链形，环形，星形三种形式。由于链形布局投资少，结构简单，能够满足可靠性要求，在国内外工程中应用最多。在本工程中推荐此方案。

调整前，集电海底电缆采用 66kV 三芯电缆，根据风电机组布置及考虑每条 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡和 66kV 海缆的材质特点，每回路布设 5 台风机。风电场共设置 10 回 66kV 集电海底电缆，海上部分总长度约为 111.95km，

总用海面积 211.2199 公顷。

调整后，集电海底电缆仍采用 66kV 三芯电缆，根据风电机组布置及考虑每条 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡和 66kV 海缆的材质特点，每回路布设 5~8 台风机。风电场共设置 8 回 66kV 集电海底电缆，海上部分总长度约为 91.73km，总用海面积 165.6971 公顷。

调整后，因单个风机的容量发生变化，每回集电线路可承载的风机数量更多，因此集电线路回路变少，调整后的平面布置方案可满足项目建设需求，海底电缆的长度和用海面积均减少，施工范围相应变少。

在风机招标受限的情况下，本补充论证报告书认为施工调整后的集电线路平面布置方案合理。

7.2.5 项目调整前后对海洋环境的影响对比分析

施工调整后，本项目由 560MW 增容至 502MW 后，在风机总数不变的情况下，单个风机桩基础结构用海面积、海上升压站平台尺寸、2 回 220kV 海底电缆的间距、66kV 海底电缆的回数及长度总体上均变小，用海面积均变小。海底电缆长度变少，海底电缆铺设施工和桩基础打桩施工总体上产生的悬浮泥沙扩散范围将小于调整前的平面布置方案，调整后对海洋生态环境的影响相对更小。

7.2.6 小结

综上所述，本项目在实际施工过程中已充分考虑到了集约节约用海的原则。在风机招标受限的情况下，实际施工的风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 主海缆经过了充分设计和优化，能充分利用海域的空间资源和风能资源，产生最优的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海；海底电缆经过优化后，提高了项目的用海合理性，对海洋生态环境的影响相对更小。因此，本报告书认为施工调整后的项目用海平面布置方案合理。

7.3 项目用海方式的合理性

批复方案与建设方案的用海方式未发生变化，因此用海方式合理性不变，具体分析见原论证报告。仅介绍风机基础前后变化与对比。

调整前后风机基础的用海方式均为构筑物用海（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均为其他用海方式（一级类）中的海底电缆管道（二级类）。调整后的用海方式仍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；仍能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；仍能最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；仍能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 风机基础对比

施工调整后，项目风机基础推荐仍采用钢管桩基础，但桩基础结构由四桩导管架结构调整为单桩结构。

1)单桩基础

单桩基础是目前海上风机基础较为常用的形式，在欧洲和国内沿海地区有许多已实施的案例。早期的单桩受制于钢材加工和施工船机的能力，桩径较小，一般为 4~6m，对风浪荷载的抵抗力较差，因此多用于水深较浅、风机装机容量较小的场址项目。近年来，随着国内钢材制造与施工机具的不断发展，加上国内单桩设计水平的提高，单桩基础在国内海上风电项目的使用愈加广泛，目前，国内已实施的海上风电项目中已出现了桩径超过 9m 的超大直径单桩基础。从目前了解到的信息，国内已经具备桩径超过 10m 的超大直径单桩的建造施工能力。广东沿海为多发台风区域，作业窗口期短，而单桩基础具有结构型式简单，施工期短的显著优点，因此，本项目将单桩基础作为重点比选方案。

2)四桩导管架基础

导管架基础源于海上石油平台，是一种受业界认可且广泛应用的基础形式。导管架基础是采用钢管相互连接形成的空间四边形棱柱结构，基础的主导管与桩基础通过灌浆相连。由于其整体刚度较大，一般采用较小的管径和壁厚可满足刚度要求，同时较小的管径也可减小结构受到的波浪作用，因此适合用作水深较深区域的风机基础。导管架结构可设计成三腿、四腿，也有采用三腿加中心桩、四腿加中心桩结构。结合本项目的特点和工程经验，采用四桩导管架作为比选方案。

表 7.2.1-1 单桩基础与导管架基础综合比较

	单桩基础	导管架基础
--	------	-------

结构型式	结构型式简单，施工周期短，在作业窗口紧张的广东海域具有优势；对冲刷较敏感	结构整体刚度好；节点较多，焊接工作量大；
施工可行性	目前国内的施工船机设备已经足以支撑 9.2~10.4m 桩径的超大直径单桩建造施工	施工工艺成熟，但水下灌浆对工艺要求较高
经济性	结构制作简单，整体用钢量略少	整体用钢量略大

分析：综合考虑两种基础形式的数值分析结果（详见风机基础设计专题），单桩基础和四桩导管架基础方案的结构应力、桩基承载力、桩身应力、结构变形、疲劳强度、地震工况下基础的强度、基础变形均能满足设计与规范要求。

从整体用钢量上，单桩主体用钢量 1940t~2460t，略优于四桩导管架方案。

超过 9m 大直径单桩已经在国内海上风电场中有应用。对于本工程桩径 9.2~10.4m 的超大直径单桩，根据本工程施工组织专题的调研内容，国内也已经具有完善的加工制造以及海上施工能力。相对导管架基础而言，大直径的单桩基础的制作与施工成本低，加工周期也具有优势；并且，大直径单桩基础的海上施工周期短，尤其针对广东省海域这种作业窗口期较短的海域，单桩基础可以最大程度保证施工周期按计划执行。

四桩导管架基础在广东的珠海桂山、三峡沙扒等海上风电项目中已有应用，目前国外的应用日渐增多，采用先桩法设计，导管架基础的施工技术比较成熟。但是导管架基础的节点数量多，建造工作量大，单位建造成本比单桩基础高；导管架基础由于打桩数量多，对位安装难度大，灌浆施工的准备工作的多，工序相对复杂，灌浆施工施工较长等，因此整个导管架施工周期长，对海上施工窗口期要求相比大直径单桩要高很多。

因此，单桩建造施工效率最高，能最大程度上满足本项目的工期要求。

综上所述，两基础型式方案都具有施工可行性。但综合考虑施工难度、施工可行性，施工造价，施工周期，海上施工窗口期，施工风险及本项目场址的特点等，推荐单桩基础作为最优推荐方案。

7.4 项目占用岸线合理性分析

7.4.1 项目用海范围占用的岸线

依据 2022 大陆批复岸线与《广东省严格保护岸段名录》，本项目登陆点均位于揭阳市惠来县严格保护岸段，岸线分类一级类为自然岸线，二级类为砂质岸

线。本项目空间利用范围与海岸线相接。采用定向钻的方式下穿岸线，采用定向钻的方式下穿岸线，占用自然岸线长度 20.9m，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5 米，出、入土点距海岸线分别为 109 米和 26 米。项目采用定向钻下穿的方式穿越海岸线，不会破坏砂质岸线的结构，不会影响自然岸线的稳定性，对岸线的自然属性、地形地貌、生态功能和现有构筑物结构稳定亦无影响。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。

7.4.2 项目占用岸线的必要性

本项目风电场区位于场址位于揭阳市惠来县神泉镇南面海域，场区发出电能升压后通过 2 回 220kV 海底电缆输送，在惠来县前詹镇登陆后，接入陆上集控中心，再经 1 回 220kV 架空线路送至华湖站。220kV 海底电缆登陆时势必产生对岸线的占用，因此，项目占用岸线是必要的。

7.4.3 项目占用岸线的合理性

2025 年 1 月 23 日，经广东省人民政府同意，《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》印发。

《规划》对海岸线进行精细化管控。首先，分类分段管控，将海岸线分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类。严格保护类岸线，要确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括空中跨越的跨海桥梁和透水构筑物；底土穿越的海底隧道和海底电缆管道。

本项目登陆点位于严格保护类岸线，属于可在严格保护类岸线内实施的项目。采用定向钻的方式下穿岸线，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5 米，出、入土点距海岸线分别为 109 米和 26 米。项目采用定向钻下穿的方式穿越海岸线，不会破坏砂质岸线的结构，不会影响自然岸线的稳定性，对岸线的自然属性、地形地貌、生态功能和现有构筑物结构稳定亦无影响。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。根据《海底电缆管道保护规定》的要求划定保护范围，并按照规定设立显著标志，海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或

者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，是对岸线资源的有序利用和保护，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。

依据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：海岸线占补是指项目建设占用海岸线导致岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现岸线占用与修复补偿相平衡。《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〔2023〕149号》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。参考此通知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。

因此本项目底土穿越式占用岸线，也无需进行岸线占补。

7.5 用海面积合理性分析

项目申请用海总面积为 450.1690 公顷，其中透水构筑物用海面积 170.2642 公顷（海上升压站 0.3669 公顷，36 台风机 169.8973 公顷），海底电缆管道用海面积 279.9048 公顷（66kV 集电海缆 165.6971 公顷，220kV 送出海缆 114.2077 公顷）。

表 7.5.1-1 各单元申请用海情况比较表

用海单元	用海类型	用海方式	用海面积(公顷)
风机	可再生能源用海	透水构筑物	169.8973
海上升压站			0.3669
66kV 海底电缆		海底电缆管道	165.6971
220kV 海底电缆			114.2077
总面积			450.1690

7.5.1 用海面积合理性分析

7.5.1.1 项目用海面积是否满足用海需求

（1）风机用海需求

根据自然资源部 2024 年 12 月 30 日印发《关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界”。

因此，8MW 风机叶轮直径为 193m，11MW 风机叶轮直径为 208m，本次统一取值为 208m，即风中心点至叶片投影最外缘点的距离取 104m，即 104 为半径的圆即为单个风机基础的申请用海范围，单个风机基础用海面积 $\pi \times 104\text{m} \times 104\text{m} = 3.397946$ 公顷，50 台风力发电机组的总基础用海面积是 169.8973 公顷。

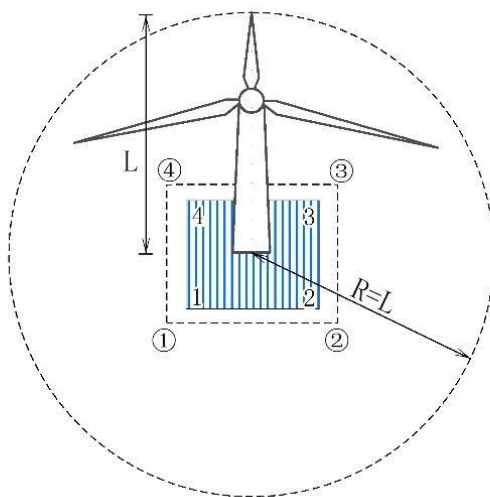


图7.5.1-1单个风机用海范围界定示意图

(2) 升压站用海需求

本项目海上升压站采用四桩导管架结构，根据设计要求，海上升压站采用整体式布置，分上部结构和下部结构，上部结构共三层，根据本报告 2.2.3 节的介绍，上部结构最大投影尺寸为 40.15m×41m，投影范围已包括桩基础桩的投影范围，因此以上部结构的投影尺寸为 40.15m×41m 为海上升压站垂直投影的外缘线。

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，有安全防护要求，外扩 10m 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 10 m 形成的区域。

因此，海上升压站占海面积为 $60.15\text{m} \times 61\text{m} = 0.3669$ 公顷。

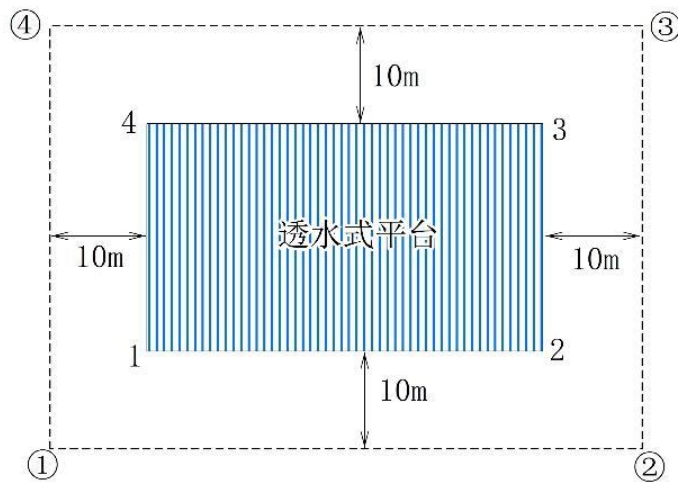


图 7.5.1-2 海上升压站透水平台用海界定示意图

(3) 海底海缆用海需求

根据《海籍调查规范》5.4.2.5 节 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”。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：即风机基础与海上升压站用海优先，海底电缆次之，扣除风机用海、海上升压站与海底海缆重叠面积。

66kV 海底电缆三芯集电电缆宽度取 17cm，220kV 海底电缆宽度取 26cm。则 66kV 海底电缆外扩后宽度为 20.17m。220kV 海底电缆外扩后宽度为 20.26m。

海底电缆用海空间层为底土，可进行立体分层设权，设权范围为海上升压站外扩 10m 之后的用海面积以外至海岸线处，220kV 海底电缆用海立体设权部分面积为 114.2077 公顷。

依据《XX 公司在国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目涉嫌非法占用海域面积测量技术报告》（2024.12）对本项目集电海缆实际敷设路由的走向，计算得出 66kV 集电海缆拟申请用海面积 165.6971 公顷。

综上，项目海缆拟申请用海面积 279.9048 公顷能够满足项目用海需求。

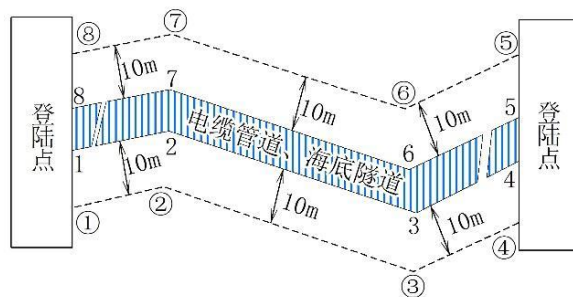


图 7.5.1-3 海缆用海界定示意图

本工程的用海面积是在建设单位提供的初步设计报告、实际施工坐标基础上根据规范确定，用海面积能满足本工程的建设需求。

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

自然资源部 2024 年 12 月 30 日印发了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（以下简称“《通知》”），严格用海选址要求明确：“属于新增海上风电项目的，应在离岸 30 千米以外或水深大于 30 米的海域布局；近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。离岸距离按照海上风电场外包络线与大陆（含海南岛本岛和县级及以上人民政府驻地的海岛）海岸线最近距离计算，水深以最新海图所示风电场内的最浅水深为准。”本项目风电场所在区域水深 33~39m，离岸距离约 21.4km，符合水深大于 30m 的海域布局要求，以及近岸区域水深超过 30 米的离岸距离不少于 10km 的要求。

《通知》明确“通知印发前已受理海域使用（含用海预审）申请或已批准海域市场化出让方案的海上风电项目可按原有相关规定继续办理用海手续。”本项目 2022 年 6 月取得海域使用权，2022 年底完成项目建设。

因此本项目如继续执行《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）。本项目的水深和离岸距离均符合国海规范〔2016〕6 号文中“双十”的要求：本项目风电场外包络线面积约 55.07 平方公里，实际装机容量为 502MW，每 10 万千瓦包络海域面积为 11.0 平方公里，符合“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”的集约节约用海要求。本项目风电场场址及周边 10 公里范围海域内没有海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区，风电场场址不属于重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地，不涉及鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，未占用海洋生态红线区。

如按照《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024.12）的相关要求，在海上风电项目用海申请书和宗海图中，还应说明海上风电场实际影响海域范围和面积（即风电场外包络线范围，为风电场最外侧风机扇叶投影切线连接形成的区域）。以该新规定的计算风机包络线范围则为 57.22km²。此外，要求严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求。海上风电项目用海节约集约控制指标详见表 7.5.1-1，经分析，本项目各项均符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024.12）中节约集约用海管控要求。

表 7.5.1-1 海上风电项目用海节约集约控制指标

《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024.12）

序号	指标名称	指标值			是否符合（本项目总装机容量 502MW，共 50 台风机，因此平均单机容量为 10.04MW，参考指标为单机容量 8-12MW）
		单机容量 ≤8MW	单机容量 8-12MW	单机容量 ≥12MW	
1	离岸距离和水深	离岸 30 千米，或水深大于 30 米。			项目风电场所在区域水深 33~39m，离岸距离约 21.4km，符合水深大于 30m 的海域布局要求，以及近岸区域水深超过 30 米的离岸距离不少于 10km 的要求。
2	单位装机容量风电场面积（公顷/兆瓦）	≤13	≤14	≤15	11.4%符合
3	海域利用率	≥10%	≥7%	≥6%	7.87% 符合
4	投资强度（万元/公顷）	≥600	≥700	≥800	1527.4 符合

备注	1.近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。离岸距离按照海上风电场外包络线与大陆（含海南岛本岛和县级及以上人民政府驻地的海岛）岸线最近距离计算，水深以最新海图所示的风电场内最浅水深为准。 2.单位装机容量风电场面积=风电场外包络线面积（公顷）/风电场装机容量（兆瓦）。其中，风电场外包络线面积指风电场最外侧风机扇叶投影切线连接形成的区域面积。 3.海域利用率=风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷）/风电场外包络线面积（公顷）×100%。 4.投资强度=固定资产总投资（万元）/项目用海确权面积（公顷）。其中，固定资产总投资包括风电项目及复合利用项目的建筑安装工程、设备工器具购置以及固定资产建造和购置过程中发生的其他费用；项目用海确权面积包括海上风电项目和复合利用设施的用海确权面积。 5.海上风电项目含多种单机容量机型混合布置的按照平均单机容量计算。其中，平均单机容量=风电场总装机容量（兆瓦）/风机总台数。 6.离岸距离和水深、单位装机容量风电场面积为约束性指标，不能满足的，需调整项目用海方案；海域利用率、投资强度为鼓励性指标，不能满足的，需在海域使用论证报告中阐明不能满足的原因。
----	--

（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，本项目设计等现行有关行业标准，确定了各项技术指标的。设计中同时考虑国家通用规范、行业规范对本工程进行论证分析，确保结构安全、经济、适用并满足安全性、抗灾害性等要求。因此项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范。

（3）与《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》相符合

本项目用海类型为可再生能源用海，用海方式为透水构筑物 and 海底电缆管道。依据 7.5.1.1，本项目的宗海面积确定方式与《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》相符合。

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，并以尽可能在风电场规划范围内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，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、锚地、保护区等开发利用现状的用海需求，设计单位对本项目的平面布置做了优化（见报告书第 7.2 节），施工单位在施工过程中通过尽量减少 220kV 海底电缆回路的间距，尽量少用海。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

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，自然资源部南海调查中心负责进行本项目海域使用测量。

7.5.2.2 宗海图的绘制

本项目宗海图根据《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）绘制，采用 CGCS2000 坐标系，高程基准为 1985 国家高程基准，深度基准为当地理论最低潮面，高斯-克吕格投影，中央经线 116.5°E。

（1）宗海位置图的绘制方法

宗海位置图是以中国人民解放军海军司令部航海保证部和中国航海图书出版社发行的 15100 汕头港至碣石湾为底图绘制。该海图图式采用 1998 年版海图图式，投影为墨卡托投影、坐标系为 CGCS2000 世界大地坐标系；比例尺为 1:400000。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。

（2）宗海平面布置图的绘制方法

宗海位置图是以国家公布的领海线、航道航路等矢量数据，广东省政府 2022 年批准海岸线，海域动态管理系统下载的周边用海矢量等为底图，根据委托方提供的项目平面布置图、海缆路由铺设图、竣工图等，按照《海籍调查规范》（HY/T124-2009）的规定确定本项目各用海单元的用海范围，并绘制成用海面图斑。将本项目各用海单元的平面布置和位置关系反映至图面，并综合按照《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）和《自然资源部办公厅关于印发〈海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）〉的通知》（2023 年 11 月 7 日）的要求绘

制宗海平面布置图。

(3) 宗海界址图绘制的绘制方法

宗海界址图采用国家公布的领海线、航道航路等矢量数据，广东省政府 2022 年批准的海岸线，海域动态管理系统下载的周边用海矢量等作为宗海界址图的底图，利用委托方提供的项目平面布置图以及竣工图作为宗海平面图的基础数据，利用 Arcmap 软件绘制成图。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，并综合按照《宗海图编绘技术规范》(HY/T251-2018) 和《自然资源部办公厅关于印发〈海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）〉的通知》（2023 年 11 月 7 日）的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) 界址点坐标的计算方法

界址点在 Arcmap 的软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化空间利用平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用 Arcmap 软件的坐标换算工具，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、116.5°为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

(2) 面积的计算方法

风机面积采用圆面积计算方法。

海缆与升压站空间利用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 Arcmap 的软件计算功能直接求得面积。

面积量算直接采用该软件面积量算功能，其算法与坐标解析法原理一致。即对于有 n 个界址点的空间利用内部单元，根据界址点的平面直角坐标 x_i , y_i (i 为界址点序号)，计算空间利用面积 S (m^2) 并转换为公顷。面积计算公式如下：

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

(3) 界址点确定依据

表 7.5.2-1 界址点确定依据表

单元	界址点	界定依据
----	-----	------

风机	1~50	界址点 1~50 为风机塔架中心点，再外扩 104m 形成的圆形范围
海上升压站	51~54	海上升压站平台外缘线的外接矩形外扩 10m
220kV 海底电缆	55~443	220kV 海缆外缘线向两侧外扩 10m 的范围，包括与法定海岸线和升压站用海范围的交点
66kV 海底电缆	444~735	66kV 海缆外缘线向两侧外扩 10m，与风机用海范围或升压站用海范围的交点

(4)宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 450.1690 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，其中透水构筑物用海包括风机和海上升压站两种用海单元，用海面积分别为 169.8973 公顷和 0.3669 公顷，海底电缆管道用海包括 220kV 海底电缆和 66kV 海底电缆两种用海单元，面积分别 114.2077 公顷和 165.6971 公顷。

7.6 用海期限合理性分析

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

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

本次调整后，项目申请的用海期限与批准用海期限一致，至 2049 年 5 月 31 日止。调整后，项目基础设计防腐安全时间为 30 年，风电场安全工作年限为 25 年，申请用海期限可与项目设计年限相衔接。符合《中华人民共和国海域使用管理法》第六条的规定。期满后，如有需要将再行申请续期。

因此，项目用海期限是合理的。

7.7 立体设权合理性分析

7.7.1 海域空间分层利用情况

根据 2023 年 11 月 13 日《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号），“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外，其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。完全改变海域自然属性的填海，排他性较强或具有安全生产需要的海砂开采等开发活动不予立体分层设权。”

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号），“用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权。可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。完全改变海域自然属性的填海，排他性较强或具有安全生产需要的海砂开采、油气开采等海底矿产资源开发活动以及军事用海等特殊用海，不予立体设权”。

依据自然资源部 2023 年 11 月公布的《海域立体分层设权宗海范围界定指南》（试行）以及广东省自然资源厅公布的《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范》（试行），海底电缆管道的用海立体空间层为海床或底土，高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。

本项目 220kV 海底电缆空间利用范围内目前无权属项目，定向钻底土埋深 5m 穿越自然岸线，此外海域航道航路交越，交越处埋深 4m，其他段是 3m。海底电缆管道埋设于底土，不影响水体和水面的开发利用，不影响交越段航路的运营，因此，根据自然资规〔2023〕8 号文件和粤自然资规字〔2023〕5 号要求，

可进行立体分层设权，空间利用层为底土，普通海域段海缆埋设为海床以下 3 米，管道宽度为 0.26 米，即埋设范围为（3 米~3.26 米）；航道航路段海缆埋设于海床以下 4 米，即埋设范围为（4 米~4.26 米）；定向钻段海缆埋设为海床以下 5 米，即埋设范围为（5 米~5.26 米）。

7.7.2 立体设权必要性分析

本项目建设符合国家及广东省风电建设政策与规划，是广东省“新旧动能转换”和“建设广东省海洋强省”战略的具体行动，有利于广东省风电产业发展，能够有效促进地方经济，具有良好的社会效益和环境效益。项目所在海域风能资源较丰富，项目建设海上风电项目，与陆地风电场相比发电量更高，对环境及景观负面影响较小，有利于经济与环境的协调发展。

本项目规划总装机容量为 502MW，在揭阳市以南海域进行建设，能够充分利用该地区丰富空间资源，实现海域资源的有效利用。项目的建设不影响交越段航道的建设和运营，可利用不同层次的海域空间，所产生的电力并入当地电网。

海域是三维立体空间，多数海域使用是使用海域垂直方向的部分范围，对海域进行立体化确权管理是集约利用海域资源的必然趋势。根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）和《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号），“鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权”。以及根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》规划分区前詹西部交通运输用海区管控要求：探索推进海域立体分层设权，交通运输与海底电缆管道等用海空间可立体利用。惠来近海渔业用海区管控要求：探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。汕尾-揭阳南部工矿通信用海区管控要求：探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。

本项目立体设权符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

综合以上分析，本项目采取立体设权方式用海，具有必要性。

7.7.3 立体设权可行性分析

7.7.3.1 空间分层利用的合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含 4 个层次。同时规定，海域使用是指“使用特定海域 3 个月以上的排他性用海活动”。

本项目 220kV 海底电缆用海立体空间层为底土，普通海域段埋深 3 米，航路交越段埋深 4 米以深，用海范围内目前无权属项目，与后续用海项目的海床和水体用海空间不冲突。

本项目 220kV 送出路由穿越海甲航道、揭阳港进出港航路、广东沿海近岸航路和广东沿海内航路，对航道航路而言，用海立体空间层为水体。本项目海底电缆为线性工程，与航道交越处施工作业不会停留太久，且项目所在海域水深较深，通航船舶如遇施工作业，周边海域有足够空间供过往船舶操作避让。本项目海底电缆管道在航道下的底土中进行穿越，用海立体空间层为底土，不影响水体航道航路中船舶的航行，且海底电缆埋深在底土 4 米以深，铺设完成后不影响水体和水面的开发利用，与航道用海空间不冲突。

综合以上分析，本项目与航道航路在同一海域空间利用不同空间层，具有良好的适宜性，空间利用方式可行。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值，进行立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，对不同层面的海域进行确权，提高了海域空间资源的产权效率。

7.7.3.2 空间分层利用的利益相关者协调分析

本项目用海范围内无已确权的用海项目，220kV 海缆与海甲航道、揭阳港进出港航路、广东沿海近岸航路和广东沿海内航路交越。目前，项目已完成建设，原协调方案可行，建设单位与利益相关者和需协调部门均已协调到位，项目建设过程中无发生任何利益冲突。因此，项目立体设权的利益相关者已具有较好的可协调性。

8 生态用海对策措施

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资源部 2023 年 11 月），本项目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），用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。项目底土穿越式占用岸线 20.9 米。项目建设对海洋生物资源、海洋生态造成了一定的损害，项目实施压缩了近海海域生物资源生存空间，改变了局部海域自然属性和海洋生物的生存环境，造成海洋生物资源一定程度的损失。

8.1 生态用海对策

因本项目施工完毕，因此本项目施工期与营运期生态保护对策与落实情况引用《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目建设项目竣工环境保护验收调查报告》。

8.1.1 施工期生态保护对策

8.1.1.1 海上污水处理与防治措施调查

（1）施工单位分别与 XX 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、油污水等船舶废弃物处理均委托 XX 公司予以服务及接收，未发生施工船舶含油废水、生活垃圾向在施工海域排放的情况发生。

（2）施工船舶上配置有棉纱，甲板上出现的废油用棉纱、破布等吸净，含油的棉纱、破布均在收集后委托 XX 公司接收处置。

（3）XX 公司为本工程提供施工作业水域防污应急服务，从本质上控制垃圾处理流程，确保项目海域不受污染。施工期及运营期未发生过污染事故。

8.1.1.2 海上固体废物污染防治措施

（1）施工船舶垃圾的处置

施工船舶配有垃圾桶，施工单位与 XX 公司签订了“防污染应急待命及船舶污染物接收协议”，施工船舶产生的生活垃圾均委托 XX 公司接收处置。

（2）扫海清障固体废弃物的处置

海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，在施工船舶上设置收集装置，

打捞出海后统一收集后由 XX 公司接收。

（3）废弃包装处置

每个风机及升压站施工现场设置废料回收桶，对拆卸下来的废弃材料设备包装物进行收集，在施工船舶上分类收集后由 XX 公司接收。

（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，海缆登陆段采用顶管施工，不涉及吸泥。

（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，剩余的灌浆料由供货商回收。

8.1.1.3 施工期海洋生态保护措施调查

（1）底栖生物保护措施

①本项目在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。实际海上施工时间约 7 个月，比施工前预计海上施工 12 个月时间缩短。

②开展了海域使用论证，办理了用海手续，严格控制施工区域和用海范围，没有任意扩大施工范围，减小了施工作业对底栖生物的影响范围。

（2）渔业资源和渔业生产保护措施

①对施工作业时间进行了科学、合理的安排，在鱼类产卵高峰期（5~7 月）对打桩、电缆铺设等施工工作降低了强度。

②施工前在海事部门办理相应手续，通过海事部门发布预警信息（见附件 7）。在施工海域周边设置巡逻船只，禁止施工无关的船只进入施工区域，加强施工人员的宣传教育，禁止进行捕捞活动。

③风机基础施工时采用噪声较低的液压打桩机，打桩时预先轻轻敲打几下，以驱赶桩基周围的鱼类，以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。

④为减轻海缆施工对生态岸线的影响，海缆登陆敷设采用定向钻施工技术。

⑤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。

⑥已与因项目影响的养殖户签订补偿协议（附件 9）。

8.1.1.4 海域其他污染防治措施

- (1) 对施工船舶加强保养，确保其良好性能，未出现突发性高噪声。
- (2) 对施工船只加强管理，施工区域未出现船舶拥堵情况发生。

8.1.2 营运期生态保护对策

8.1.2.1 污废水防治措施调查

项目运营后会产生生活污水、生产污水等，环评报告具体措施要求及落实情况见表 8.1.2-1。

表 8.1.2-1 污废水处理措施落实情况

类别	环评措施	实际落实
生活污水	运维船舶产生的生活污水集中收集，随运维船舶送至岸上，委托具有相应能力的单位定期清运处置	目前还未有运维船舶工作，后期风电场运行后，运营单位将会与相关单位签订处置合同。
生产废水	对风机检修产生的少量漏油和油污水进行集中收集，随运维船舶送至岸上，委托具有相应能力的单位定期清运处置	设备检修时会产生的少量漏油和油污水，主要污染物为石油类，由维修厂家将油污水带走处理。
升压站事故油污水	对海上升压站检修产生的少量漏油和油污水进行集中收集，委托具有资质的单位定期清运处置。	升压站检修所产生的少量漏油和油污水等均交由 XX 公司进行处理。

(1) 生活污水

根据调查可知，海上升压站日常无人值守，设置了卫生间供维修人员使用，产生的生活污水经污水处理设施处理后储存在收集箱内，目前还未有人员于升压站工作，后期将签订相关协议。

(2) 生产废水

升压站对设备检修时会产生的少量漏油和油污水，主要污染物为石油类，升压站配备了油污水收集桶进行收集，由维修厂家带走处理。

(3) 升压站事故油污水

针对事故状态下油污水以及主变压器事故排油的需求，升压站在主变下设有事故油罐，在突发事故或机组检修时产生的废油经事故油管排至 110m³ 的事故油罐，油污水由 XX 公司外运处理。

8.1.2.2 噪声防治措施调查

(1) 机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，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音。叶片扫风时的气动

噪声是整机噪声的主要声源，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。

(2) 海上升压站噪声防治方面：将主变、GIS 等设备布置于升压站中央。升压站各设备连接牢固，减少振动噪声。本工程 220KV 升压站位于海上，周边无声环境敏感目标，根据主体工程设计，主变压器室的内外墙采用岩棉、复合岩棉板材料，可以起到防火绝缘和隔声的综合作用。

8.1.2.3 电磁环境保护措施调查

(1) 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减少电磁场对周围环境的影响。

(2) 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，减少因接触不良而产生的火花放电。电力线路的绝缘子和金属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。

8.1.2.4 固体废物处置措施调查

运营期主变压器或风机机组检修时所产生的诸如包括废油(润滑油、液压油、变压器油)、废油抹布、机滤、废油漆桶、铅酸蓄电池等处置等，均委托 XX 公司进行接收处置。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。

8.1.2.5 风险事故应急措施

为避免变压器油泄漏对环境产生影响，本项目按照环评要求做到以下防护措施：变压器检修及处理渗漏时，选择耐高温、耐油性能良好的密封件；选择质量高的蝶阀；对于变压器因铸造留下来的气孔、砂眼，焊缝、焊点出现的虚焊、脱焊、裂纹者，用电焊进行堵漏；严格规范密封件更换工艺及安装工艺水平，杜绝因安装方法不当造成的渗漏。此外，针对事故状态下排油的需求，升压站设置了 110m³ 的集油罐，高于环评要求的 105m³。主变压器事故排油时，通过排油管道排至事故集油罐，油罐中废油由 XX 公司运走处理。

运营单位已按照环评要求制定了突发事件应急预案，本预案采用前詹风电应急预案。企业突发事件应急预案正在征求意见，后期将通过相关部门进行备案。

8.1.2.6 对通航、鸟类影响的减缓措施

1、主要措施

(1) 在风机叶片上涂抹红色警示色,降低鸟类撞击风险。在风电机组叶片的叶尖部位涂红白相间的反光漆涂料可减少反射阳光对雀鸟的影响。

(2) 风机及海洋升压站设置投光灯、照明灯、航空警示灯等。

(3) 按本工程生态补偿方案计划开展增殖放流,以增加鸟类觅食和栖息的几率;在工程运行初期开展鸟类观测工作,以确定工程运行对鸟类及其栖息地的影响。

(4) 本工程规划风电场选址阶段,已避开海上主要航线航路,同时,风电场已经完成风电场场址的征海工作,在风电场外围设置航标灯及雷达警示装置,禁止过往船只进入风电场。

(5) 安装了海上风电场的监视系统,可随时掌握电场设施水域周围的船舶航行动态。

2、鸟情和栖息地监测

在项目运营期长期跟踪监测项目建设对鸟类的影响,获得第一手材料,以评估采取对鸟类减缓措施的有效性,为进行科学的保护与管理提供可靠的依据,及时采取对策措施。

国家海洋局南海调查技术中心已于 2024 年 7 月和 2024 年 11 月进行夏季和秋季鸟情及栖息地观测,监测结果显示监测区域具有丰富的鸟类多样性,可见施工完成后在采取各种鸟类影响减缓措施后,对鸟类的影响可接受。项目运营后国家海洋局南海调查技术中心将继续对鸟情进行监测,以评估生境变化对鸟类的影响。

综上,建设单位在工程运行阶段,认真落实了设计文件、环评报告书以及环评核准文件中提出的各项污染防治措施,各类环保设施处理能力和处理效果有效,能够满足环境影响评价和审批意见中所提出的要求。

8.1.3 环境保护措施落实情况

本工程落实了环境影响评价和环保“三同时”管理制度,在工程建设过程中开展了有效的环境保护工作,环境影响报告及批复文件中对本工程提出的环境保护措施基本得到了落实。

8.1.3.1 施工期环境保护措施落实情况

(1) 海域污染防治措施落实情况

施工单位分别与 XX 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、油污水等船舶废弃物处理均委托 XX 公司予以服务及接收。施工过程中加强了施工设备的管理与养护，没有发生石油类物质泄漏造成海水污染的情形。

（2）陆域污染防治措施落实情况

本工程实际施工过程中大型钢结构制作均在厂家制作完成，施工材料及制作完成大型钢结构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，因此没有陆域环境影响。

（3）海洋生态保护措施

优化施工方案，加强科学管理，合理安排施工作业时间，恶劣天气期间不施工，保障了施工安全并避免了悬浮物的剧烈扩散。在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。严格控制施工区域和用海范围，没有任意扩大施工范围，减小了施工作业对底栖生物的影响范围。施工前在海事部门办理相应手续，通过海事部门发布预警信息。在施工海域周边设置巡逻船只，禁止施工无关的船只进入施工区域，禁止进行捕捞活动。风机基础施工时采用噪声较低的液压打桩机，打桩时预先轻轻敲打几下，驱赶桩基周围的鱼类，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。

8.1.3.2 运营期环境保护措施落实情况

（1）海域污染防治措施实施情况

海上升压站日常无人值守，正常运行时不产生废水。海上升压站维护人员生活污水经污水处理设施处理后储存在收集箱内，需要外运时委托 XX 公司进行外运处置；升压站设备检修时产生的少量漏油和油污水，由维修厂家将油污水带走处置；升压站设置有 110m³ 的事故油罐，产生事故油污水由 XX 公司外运处理。

运营期升压站运维人员和运维船舶生活垃圾送交予 XX 公司进行处理。升压站内设备和风机检修过程中会产生油渣、油垢、废油、机械棉纱、废旧蓄电池等收集后，由 XX 公司运走处理。

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音。叶片扫风时的气动噪声是整机噪声的主要声源，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。将主变、GIS 等设备布置于升压站中央。升压站各设备连接牢固，减少振动噪声。

（2）鸟类保护措施

在风机叶片上涂抹红色警示色，降低鸟类撞击风险。在风电机组叶片的叶尖部位涂红白相间的反光漆涂料可减少反射阳光对雀鸟的影响。风机及海洋升压站设置投光灯、照明灯、航空警示灯等。按本工程生态补偿方案计划开展增殖放流，以增加鸟类觅食和栖息的几率；已与国家海洋局南海调查技术中心签订了五年期的生态监测项目合同，包含鸟类监测，确保本项目运营期间不会对鸟类迁徙及栖息造成影响。

（3）环境风险控制措施

本项目施工及运营期间没有环境风险事故。运用前詹公司的突发事件应急预案，本应急预案由《综合应急预案》《专项应急预案》《现场处置方案》组成。《综合应急预案》已在国家能源局南方监管局备案。

揭阳前詹风电有限公司已与揭阳惠来海事处签订《船舶污染海洋环境联防承诺书》，发生溢油等突发事件第一时间向海事部门报告，防止事件继续扩大，惠来海事处提供必要的技术支持与指导，协助海事调配相关资源参与应急，可最大程度降低本项目相关海域内发生的突发环境事件对环境的影响。

8.1.4 跟踪监测

施工期跟踪监测引用《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目建设项目竣工环境保护验收调查报告》。

运营期跟踪监测分为两部分，一部分为满足环保竣工验收需求。于 2024 年 7 月对工程海域海洋水质、生态环境影响、声环境、电磁辐射环境、鸟类开展了调查。也引自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目建设项目竣工环境保护验收调查报告》。

另一部分为符合 640 号文跟踪监测要求，依据自然资办函〔2022〕640 号文的要求，对国家电投揭阳神泉二海上风电场项目运营期用海区域海洋环境跟踪监测，环境监测的内容包括：声环境监测、电磁辐射、鸟情及其栖息地观测、水文监测、地形地貌及冲淤环境、海水水质及沉积物环境监测、生态及渔业资源调查等，监测周期为 5 年，通过跟踪监测评价其影响范围和影响程度，定期出具海洋环境监测报告。引自《揭阳慈航风电有限公司神泉二风场运营期海洋环境监测服务（5 年）项目实施方案》。

8.1.4.1 施工期跟踪监测

8.1.4.1.1 监测站位、监测项目及监测频次

(1) 监测站位

共设海水水质、沉积物、海洋生态、渔业资源站位 7 个，潮间带断面 2 条。

(2) 监测项目

①海水水质监测项目

pH、汞、铜、铬、铅、镉、锌、砷、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、总氮、总磷、水温、盐度、透明度、水深、悬浮物。

②海洋沉积物监测项目

pH、铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷、石油类、有机碳。

③海洋生态监测项目：

叶绿素 a、浮游生物生态（浮游植物、浮游动物）、底栖生物(包括文昌鱼)、潮间带生物、鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布；渔获物种类组成；渔获物生物学特征；优势种分布；渔获量分布和现存相对资源密度。

(3) 监测频次

2022 年 5 月，2022 年 8 月，2022 年 11 月，2022 年 12 月开展了水质与沉积物调查。

海洋生态于 2023 年 5 月、2023 年 8 月、2023 年 11 月进行三次监测。

2022 年 8 月进行声环境质量环境现状调查。

8.1.4.1.2 监测结论

略。

8.1.4.2 运营期跟踪监测（2024 年 7 月环保验收）

揭阳慈航风电有限公司委托国家海洋局南海调查技术中心开展夏季运营期海洋环境监测，以满足环保竣工验收需求。对工程海域海洋水质、生态环境影响、声环境、电磁辐射环境、鸟类开展了调查。

8.1.4.2.1 水质、沉积物及生态环境监测

(1) 监测站位

本次调查共设海水水质、沉积物站位 7 个，生物生态站位 7 个，潮间带断面 2 条。

(2) 监测项目

海水：pH、汞、铜、铬、铅、镉、锌、砷、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、总氮、总磷、水温、盐度、透明度、水深、悬浮物，共 20 项。

海洋沉积物：pH、铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷、石油类、有机碳、硫化物，共 11 项。

生物生态：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物，共 5 项。

渔业资源：因国家法律法规要求休渔期无法开展渔业资源监测。故渔业资源未在夏季进行监测，本次运营期渔业资源于 2024 年 9 月进行调查。

（3）监测时间及频次

海水水质、沉积物、水生生物于 2024 年 7 月均进行一次监测，由于在夏季封海期，渔业局不允许进行拖网调查，故未进行海洋渔业资源监测。

（4）监测结果

略。

8.1.4.2.2 声环境及电磁环境监测

见本报告 3.2.10 与 3.2.11 章节。

8.1.4.2.3 鸟类观测结果与评价

见本报告 3.1.4 章节。

8.1.4.3 运营期跟踪监测（执行 640 号文方案）

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目环境影响报告书》和《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）中的要求，对国家电投揭阳神泉二海上风电场项目运营期用海区域海洋环境跟踪监测，环境监测的内容包括：声环境监测、电磁辐射、鸟情及其栖息地观测、水文监测、地形地貌及冲淤环境、海水水质及沉积物环境监测、生态及渔业资源调查等，监测周期为 5 年。

为了解项目运营期间海域海水、海洋沉积物的污染状况，评价运营期水质、沉积物质量是否满足海水水质、海洋沉积物质量标准；了解和掌握工程运营期间海域生物生态、渔业资源的现状；了解本项目风机噪声影响，加强对区域鸟情及其栖息地变化、鸟类与风机撞击情况的观测研究，了解和掌握项目建设对局部流

场的影响,和海上升压站基础、风机墩柱局部冲刷情况,确保海上升压站和风机运行安全,及时提出合理化建议和对策、措施,为运营期环境管理提供依据,最终达到保证工程安全顺利运营和保护周围海域生物多样性的目的。

8.1.4.3.1 生态、渔业资源监测

(1) 监测范围和站位布设

见 3.2.7 章节。

(2) 监测内容

见 3.2.7、3.2.9 与 3.1.3 章节。

(3) 监测方法

见 3.2.7、3.2.9 与 3.1.3 章节。

(4) 监测频率与时间

1.海洋生态:专项服务期开始五年内,前 2 年每年开展 2 次监测,春、秋季各开展 1 次监测,秋季调查在当年 11 月开展。之后根据前期监测分析结果,每年选择秋季作为具有代表性的一季开展 1 次监测。海洋生态跟踪监测期间重点关注文昌鱼出现的状况。

2.渔业资源:专项服务期开始五年内,开始前 2 年每年开展 2 次监测,选择春、秋季各开展 1 次,秋季调查在当年 11 月开展,与海洋生态监测同步。运行 2 年后根据前期监测分析结果,监测频次调整为每 2 年监测一次,监测时间选择秋季作为具有代表性的一季开展。

3.生物质量:专项服务期五年内,每年选择秋季作为具有代表性的一季开展跟踪监测。

8.1.4.3.2 海水水质、沉积物环境监测

(1) 监测范围、站位布设、监测内容、监测方法

见 3.2.7 章节。

(2) 监测频率与时间

专项服务期开始五年内根据季节情况,前 2 年每年开展 2 次监测,在春季和秋季各开展 1 次跟踪监测。之后根据前期监测分析结果,每年选择秋季作为代表性一季开展 1 次跟踪监测,拟计划在当年的 11 月开展。

8.1.4.3.3 噪声监测

见本报告 3.2.10 章节。

8.1.4.3.4 电磁辐射监测

见本报告 3.2.11 章节。

8.1.4.3.5 鸟情及其栖息地观测

见本报告 3.1.4 章节。

8.1.4.3.6 水文观测

(1) 监测范围及站点布设

海洋水文监测范围及站点布设选择风场区、路由及其周边海域 5 处位置。

海流站：5 个，同时进行温度、盐度和悬浮泥沙观测，其中 2 个站还进行风速风向观测；

潮位站：2 个。

(2) 监测内容

监测内容：海流流速、流向、温度、盐度、悬浮泥沙、潮位和风速风向。

(3) 监测方法

海流、温盐依据《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T12763.2-2007），悬沙依据《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》（GB/T12763.8-2007），气象依据《地面气象观测规范风向和风速》（GB/T35227-2017），《水位观测标准》（GBJ138-2010），潮位依据《水位观测标准》（GBJ138-2010），水深依据《海洋观测规范第 2 部分：海滨观测》（GB/T14914.2—2019）《水运工程测量规范》（JTS132-2015）。

(4) 监测时间和频率

工程运行后 4 年内每 2 年监测 1 次，共 2 次，时间统一选在夏季大潮或冬季大潮期间。

8.1.4.3.7 地形地貌及冲淤环境

见本报告 3.2.5 章节。

8.2 生态保护修复措施

因本项目施工完毕，因此本项目生态保护修复措施中的增殖放流措施引用《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目环境影响报告书》；

增殖放流措施落实情况引用《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增

容项目建设项目竣工环境保护验收调查报告》。

8.2.1 增殖放流措施

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。

农业部渔业局组织有关专家经过调研和广泛征求意见，对于加强渔业资源增殖放流工作达成了共识，发出《关于加强渔业资源增殖放流的通知》，以提高各地对渔业资源增殖的认识。

放流前后需进行现场管理，一是时间的选择，放流工作将安排在定置张网禁渔和伏季休渔期间。二是放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，保护区内禁止的作业除了国家规定禁止的作业类型及伏季休渔禁止的拖网、帆张网等作业之外，禁止在 10 米等深线以外的定置作业，同时禁止在沿岸、滩涂、潮间带等 10 米等深线以内的定置作业、迷魂阵、插网、流网、笼捕作业等小型作业；三是在渔区广为宣传，便于放流品种的回捕、保护、管理等工作的顺利开展。放流后的现场管理由渔政渔港监督管理部门组织有关渔政力量加强放流区域的管理，并落实监督、检查措施。

从已有的渔业资源的人工增殖放流的成功经验来看，在本工程海域附近有选择地实施人工增殖的生态恢复措施在技术上还是资金投入上均是可行的。以下增殖放流方案可供参考，具体流放时间及流放品种应按照有关规定办理。

（1）增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

（2）增殖放流备选品种

根据《农业部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》中南海增殖放流分水域适宜性评价表及项目所在区域海洋生物及其栖息环境的实际情况，项目海区适宜增殖放流的备选品种包括：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、文昌鱼等。

根据要求，增加增殖放流品种文昌鱼。

（3）增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 2.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5cm 以上；文昌鱼鱼苗长应在 1cm 以上。放流苗种应当来自有处理能力的生产单位、检验机构认可。

（4）增殖放流计划

根据实际情况实施海洋生物增殖放流，增殖放流的期限为 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（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。文昌鱼的增殖放流需在主管部门的监督下，在文昌鱼适宜生存的生境放流不少于 94131 条。

（5）增殖放流前后的管理

放流前后的现场管理主要由渔政管理部门承担。放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

8.2.2 增殖放流措施落实情况

2025 年 6 月、8 月休渔期内分别进行一次增殖放流。具体时间安排如下：

①2024 年 8 月下旬前完成本底调查、生态补偿实施方案编制；

②2024 年 9 月上旬完成实施方案的专家评审；

③2024 年 9 月中旬至下旬上报揭阳市农业农村局备案；

④2025 年 6 月、8 月休渔期内分别进行一次增殖放流；

⑤2025 年 9 月份内开展第一次跟踪监测，2025 年 11 月份内开展第二次跟踪监测。2026 年 1 月内开展第三次跟踪监测；2026 年 4 月份内开展第四次跟踪监测。

⑥2026 年 8 月 31 日前，完成上述总计 4 次的放流效果跟踪监测，并提供监

测报告，由业主单位进行验收。

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

本项目为大型海上风电新建项目，调整后，项目建设 1 座海上升压站、34 台 11MW 风机、16 台 8MW 风机、三芯二回共二条 220kV 连陆海底电缆、三芯 8 回共 8 条 66kV 风机间集电线路海底电缆、一座陆上集控中心，总装机容量 502MW。项目涉海建设内容包括海上升压站、海上风机、海底电缆。项目用海类型为工矿通信用海中的可再生能源用海，用海方式有构筑物用海-透水构筑物用海、其他用海方式-海底电缆管道用海。

调整后，本项目风电场外缘边线包络海域面积约 55.07 平方公里，项目总申请用海面积用海总面积为 450.1690 公顷，其中透水构筑物用海面积 170.2642 公顷，海底电缆管道用海面积 279.9048 公顷，用海总面积减少 44.3871 公顷。占用岸线长度约 20.9m，无需岸线占补。项目申请的用海期限与批准用海期限一致，至 2049 年 5 月 31 日止。

9.1.2 项目用海调整必要性结论

本项目的建设是适应新常态下我国能源革命形势、优化能源结构的需要，符合国家能源发展战略和规划的要求；是广东省能源结构调整、提升全省能源生产供应能力的需要；是改善环境质量，促进广东节能环保、可持续发展的需要；有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展；有利于开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展；有利于缓解揭阳市电力负荷需求，提高本地电源出力。本项目用海调整的原因主要是，项目在实际施工过程中，因风机设备招标的原因，未招标到 12MW 风机，11MW 风机的数量亦不足，因此风机选型由 10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机调整为 16 台 8MW 风机和 34 台 11MW 风机，总装机容量由 560MW 调整为 502MW，在实际施工过程中亦发生施工误差，进而导致项目的用海情况发生变化。

此外，本次调整是对国家提出集约节约用海、生态文明建设的响应，也有助于提升施工安全，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分析结论

本项目调整后，由于风机桩基础改变，可能会影响风机局部风电场项目对整体水动力条件产生影响仍较小。本项目在开阔海域内建设风电场，工程建设对冲淤的影响主要集中在桩基周边及升压站前后，桩基改变对局部冲淤可能存在一定影响，但是从项目整体来看的话，风机位置与升压站位置未变化，对项目整体的冲淤环境影响不大。

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。在桩基施工和电缆沟冲埋影响范围内（悬浮物浓度 $>10\text{mg/L}$ ）平均影响面积相对于批复方案有所减少，相应的生物损失量也有所减少。针对该影响，建设单位委托技术单位编制了《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目水生生物资源保护和补偿增殖放流实施方案》，放流品种为长毛对虾，在 2025 年 6 月、8 月休渔期内分别进行一次增殖放流。

根据建设单位介绍，本项目建设施工过程中产生的污废水、固体废弃物均未在海区排放，施工过程中采取了有效的生态保护修复措施和污染防治措施，实际施工过程未对海域海洋生态环境造成明显不利影响。

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，本项目海底电缆在施工时已避开相关岛礁，正常营运不会对岛礁产生不利影响。

项目用海风险主要有通航事故风险，船舶碰撞事故溢油风险，自然灾害风险、其他风险等。根据建设单位介绍，本项目在实际施工过程中未发生通航事故，未发生溢油事故。建议建设单位在运营过程中要加强突发事件的风险防范和应急处置能力建设，积极化解和防范风险。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

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：XX 工程、XX 工程、XX 工程、XX 项目、揭阳港进出港航路、广东沿海近岸航路、广东沿海内航路、前詹作业区、揭阳港#4 锚地和废弃的海底光缆。

本项目的需协调部门为航道、海事主管部门，利益相关者为有关鲍鱼养殖场养殖户。建设单位施工前已与利益相关者和有关主管单位进行协商，取得协调意见，本报告补充渔业主管部门作为需协调部门，并进行相应的协调分析。

9.1.5 项目用海与国土空间规划及相关规划符合性分析结论

本项目位于《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》本项目位于海洋开发利用空间内，送出海缆位于交通运输用海区、渔业用海区中，风电场位于工矿通信用海区。依据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》规划分区，本项目位于海洋发展区中的前詹西部交通运输用海区，惠来近海渔业用海区以及汕尾-揭阳南部工矿通信用海区，符合所在海洋分区管控要求。

本项目未穿越生态保护红线，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）》《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《揭阳港总体规划（2021-2035）》等规划，符合国家产业政策。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本工程风电场场址区位于揭阳市惠来县南部海域，建设场地已在《广东省海上风电发展规划（2017—2030 年）》考虑。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的场地要求；项目选址符合海洋功能区划；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。

本工程的风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 主海缆经过了充分设计和多次优化，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；海底电缆经过优化后，用海面积和铺设施工对资源环境的影响相对较小，提高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，符合国土空间规划的管理要求，用海方式合理。

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和海底电缆管道，用海方式能满足本项目的使用功能，符合有关规范的规定，符合国土空间规划的管理要求，符合生态保护红线的管控要求，项目用海方式合理。

项目设计符合相关行业标准和规范，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。

本项目登陆点位于严格保护类岸线，属于可在严格保护类岸线内实施的项目。采用定向钻的方式下穿岸线，从陆域向海域钻，定向钻钻深为 5 米，出、入土点距海岸线分别为 109 米和 26 米。占用岸线宽度为 20.9m，本项目底土穿越式占用岸线，也无需进行岸线占补。

结合国家对项目用海年限的规定，调整后项目申请用海期限与原批复用海期限保持一致，截止至 2049 年 5 月 31 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揭阳及粤东地区经济增长；项目所在地的地质条件适宜，交通较便利，风能资源较好，资源环境能满足本项目建设需要；项目容量调整已取得主管部门同意；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；在做好有关安全防范和对策措施的前提下，项目风险可控；项目用海的利益相关者已协调；符合国土空间规划和相关规划；项目用海选址适宜，用海方式符合有关规范的规定，平面布置方案经过多次优化后布置合理，有利于集约节约用海；项目宗海图按照规范绘制，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。

在项目建设方做好本报告书提出的相关对策措施的前提下，本报告书认为国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目用海调整可行。