宁德霞浦海上风电场 B 区项目

环境影响报告书

（公示稿）

厦门中集信检测技术有限公司

二 0 二四年八月

目 录

1 概述.....1
1.1 建设项目的背景.....1
1.2 环境影响评价工作过程.....2
1.3 分析判断相关情况.....2
1.4 项目主要环境问题及环境影响.....3
1.5 环境影响评价报告书主要结论.....6
2 总则.....7
2.1 报告书编制依据.....7
2.1.1 法律、法规依据.....7
2.1.2 规划、区划.....8
2.1.3 技术依据.....9
2.1.4 基础依据和资料.....9
2.2 环境影响要素识别及评价因子筛选.....10
2.3 环境功能区划.....11
2.4 评价内容.....13
2.5 评价工作等级.....14
2.5.1 大气环境评价等级.....14
2.5.2 声环境影响评价等级.....14
2.5.3 地表水环境影响评价等级.....14
2.5.4 海洋环境影响评价等级.....14
2.5.5 电磁环境评价等级.....15
2.5.6 环境风险影响评价等级.....15
2.5.7 陆域生态环境影响评价等级.....16
2.5.8 其他评价等级.....16
2.6 评价范围.....16
2.7 评价标准.....18
2.7.1 环境质量标准.....18
2.7.2 污染物排放标准.....20
2.8 环境保护目标.....21
2.9 评价工作程序.....29
3 建设项目概况与工程分析.....30
3.1 建设项目概况.....30
3.1.1 项目基本情况.....30
3.1.2 平面布置.....32
3.1.3 主要结构和尺度.....36
3.1.4 项目施工方案.....47
3.1.5 施工条件.....63
3.1.6“三场”设置及占地情况.....65
3.1.7 土石方平衡.....66
3.1.8 施工组织及进度.....67

3.1.9 依托工程概况.....69
3.2 工程分析.....70
3.2.1 施工期污染物产生分析.....70
3.2.2 运营期污染物产生分析.....75
3.2.3 本工程建设的非污染环境影响分析.....78
3.2.4 本项目清洁生产分析.....79
3.3 产业政策符合性分析.....80
3.4 与环境功能区划和区域相关规划的符合性分析.....81
3.4.1 与福建省国土空间规划的符合性分析.....81
3.4.2 与宁德市国土空间规划符合性分析.....81
3.4.3 与霞浦县国土空间总体规划符合性分析.....82
3.4.4 与《福建省“三区三线”划定成果》符合性分析.....83
3.4.5 与《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》的符合.....89
3.4.6 与《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》的符合性.....89
3.4.7 与《福建省湿地保护条例》的符合性.....90
3.4.8 与“三线一单”符合性分析.....90
3.4.9 与《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿）的符合性分析.....97
3.4.10 与《福建省生态公益林条例》的符合性.....98
3.4.11 与《福建省基本农田保护条例》的相符性.....99
3.4.12 与《福建省海岸带保护与利用规划（2016 -2020 年）》的符合性.....99
3.5 选址合理性分析.....102
3.5.1 选址合理性.....102
3.5.2 风电机组布置方案比选.....105
3.5.3 场区 35kV 海缆路由方案比选.....108
3.5.4 主路由方案比选.....110
3.5.5 海缆施工方案比选.....103
4 环境现状调查与评价.....105
4.1 环境现状调查与评价.....105
4.1.1 气候气象.....105
4.1.2 工程地质.....106
4.1.3 自然灾害.....115
4.2 资源分布与利用现状.....116
4.2.1 港口资源.....116
4.2.2 航道、锚地资源.....117
4.2.3 风能资源.....119
4.2.4 旅游资源.....132
4.2.5 鸟类资源.....133
4.2.6 岛礁资源.....143
4.2.7 渔业资源.....149
4.2.8 项目周边海域利用现状.....149
4.3 海洋水动力现状调查与评价.....156
4.3.1 潮位.....157
4.3.2 海流.....160
4.4 泥沙及冲淤环境现状.....205

4.4.1 泥沙.....205
4.4.2 海床稳定性分析.....210
4.5 海水水质环境质量现状调查与评价.....213
4.5.1 调查时间、站位布设.....213
4.5.2 监测项目与分析方法.....215
4.5.3 评价标准与评价方法.....216
4.5.4 海水水质检测结果与评价.....218
4.6 海洋沉积物环境质量现状调查与评价.....243
4.6.1 调查时间、站位.....243
4.6.2 监测项目与分析方法.....243
4.6.3 评价标准与评价方法.....243
4.6.4 沉积物监测结果与评价.....244
4.7 海洋生物质量调查与评价.....248
4.7.1 监测时间、站位.....248
4.7.2 调查项目与分析方法.....248
4.7.3 海洋生物监测结果与评价.....249
4.8 海洋生态环境质量现状调查与评价.....251
4.8.1 监测时间、站位.....251
4.8.2 调查项目与分析方法.....252
4.8.3 生物采集与评价方法.....252
4.8.4 海洋生态环境质量监测结果与评价.....254
4.9 环境空气质量现状调查与评价.....287
4.10 声环境质量现状调查与评价.....287
4.10.1 陆域声环境.....287
4.10.2 海域声环境.....289
4.11 电磁环境现状的调查.....307
4.11.1 陆域电磁.....307
4.11.2 海域电磁.....309
4.12 陆域生态.....310
4.12.1 调查方法与范围.....310
4.12.2 生态功能区划.....313
4.12.3 植被现状.....314
4.12.4 动物资源.....323
4.12.5 重要物种调查.....326
4.12.6 土地利用现状.....326
5 环境影响预测与评价.....328
5.1 海洋水动力与冲淤环境影响预测与评价.....328
5.1.1 数学模型概况.....328
5.1.2 模型计算区域及相关参数.....331
5.1.3 模型验证.....333
5.1.4 潮流场分析.....335
5.1.5 地形地貌与冲淤环境影响分析.....344
5.2 海水水质环境影响预测与分析.....346
5.2.1 施工期泥沙入海对海水水质的影响.....346

5.2.2 施工期污水排放对海域水环境的影响.....349
5.2.3 运营期水环境影响.....349
5.2.4 退役期水环境影响.....350
5.3 沉积物环境影响分析.....350
5.3.1 施工入海泥沙对海洋沉积物环境的影响分析.....350
5.3.2 施工期废水对海洋沉积物环境影响分析.....350
5.3.3 运营期海洋沉积物环境影响分析.....350
5.3.4 退役期海洋沉积物环境影响分析.....351
5.4 海洋生态环境影响预测与评价.....351
5.4.1 施工期海洋生态环境影响分析.....351
5.4.2 运营期海洋生态环境影响预测与分析.....355
5.5 项目建设对周边主要保护目标和开发活动的影响分析.....356
5.5.1 对生态红线区的影响.....356
5.5.2 对养殖区的影响.....356
5.5.3 对闽东诸河流域水土保持生态功能区的影响.....357
5.5.4 对基本农田的影响.....357
5.5.5 对湿地的影响.....358
5.5.6 对东冲半岛风景名胜区的影响.....358
5.5.7 对岸线的影响.....358
5.6.大气环境影响预测与分析.....358
5.6.1 施工期大气环境影响分析.....358
5.6.2 运营期大气环境影响分析.....359
5.7 声环境影响分析.....359
5.7.1 施工期声环境影响分析.....359
5.7.2 运营期声环境影响分析.....363
5.8 电磁环境影响分析.....368
5.8.1 海域电磁辐射类比监测分析.....368
5.8.2 陆域电磁辐射类比监测分析.....375
5.9 固体废弃物环境影响分析.....384
5.9.1 施工期产生的固体废弃物环境影响分析.....384
5.9.2 运营期产生的固体废弃物环境影响分析.....384
5.10 工程建设对鸟类的影响.....385
5.10.1 施工期对鸟类的影响.....385
5.10.2 运营期对鸟类的影响.....388
5.11 陆域生态环境影响分析.....393
5.11.1 施工期生态影响分析.....393
5.11.2 运营期陆域生态环境影响分析.....395
6 环境事故风险分析与评价.....396
6.1 环境风险源项分析.....396
6.2 船舶溢油事故环境风险分析.....398
6.2.1 溢油事故环境风险预测.....398
6.2.2 风险防范及对策措施.....410
6.2.3 溢油事故应急预案.....412
6.3 变压器漏油风险分析.....415

6.3.1 海上升压站变压器油泄漏分析.....415
6.3.2 陆域集控中心变压器漏油风险分析.....416
6.4 通航风险事故分析与评价.....416
6.4.1 主要问题及相关建议.....416
6.4.2 通航环境风险防范对策措施.....417
6.5 自然灾害风险分析.....419
6.5.1 雷击风险.....419
6.5.2 台风风险.....419
6.5.3 地震风险.....420
6.6 其它事故风险分析.....420
6.6.1 风机损坏及倒塌.....420
6.6.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险分析.....421
6.6.3 鸟类飞行碰撞风机风险分析.....421
6.6.4 海缆短路环境事故风险分析.....422
6.6.5 免维护铅酸电池破裂泄漏风险.....422
7 环境保护措施及及其可行性论证..... 423
7.1 施工期污染防治措施及可行性分析.....423
7.1.1 水污染防治措施.....423
7.1.2 大气污染防治措施.....425
7.1.3 噪声污染防治措施.....426
7.1.4 固体废物污染防治措施.....427
7.1.5 污染防治措施可行性分析.....427
7.2 运营期污染防治措施及可行性分析.....428
7.2.1 水污染防治措施.....428
7.2.2 噪声污染防治措施.....428
7.2.3 固体废物污染防治措施.....429
7.2.4 电磁环境保护措施.....430
7.2.5 污染防治措施可行性分析.....431
7.3 风险防范措施及可行性分析.....431
7.3.1 溢油事故风险防范及对策措施.....431
7.3.2 自然灾害风险防范对策措施.....431
7.3.3 其他事故风险防范措施.....432
7.3.4 环境风险防范措施可行性分析.....434
7.4 生态环境保护与修复对策措施及可行性分析.....434
7.4.1 施工期生态环境保护措施.....434
7.4.2 运营期生态环境保护措施.....438
7.4.3 生态修复措施.....439
7.4.4 生态环境保护与修复对策措施可行性分析.....440
8 环境影响经济损益分析.....441
8.1 项目经济社会效益评述.....441
8.1.1 经济效益.....441
8.1.2 社会效益.....441
8.2 环境损益估算.....441

8.2.1 环境效益.....441
8.2.2 环境损失.....442
8.2.3 环保设备与环保投资估算.....442
8.3 环境经济损益综合分析与评价.....442
9 环境管理与监测计划.....444
9.1 环境管理.....444
9.1.1 环境管理计划.....444
9.1.2 环境管理机构设置.....444
9.1.3 环境管理职责.....444
9.1.4 环境管理的主要内容.....447
9.2 环境监理.....448
9.2.1 环境监理组织.....448
9.2.2 环境监理程序.....448
9.2.3 环境监理组织机构及工作制度.....448
9.2.4 环境监理文件编制.....448
9.3 环境监测计划.....449
9.4 环保竣工验收.....450
9.5 污染物排放清单.....454
10 评价结论.....456
10.1 项目工程概况.....456
10.2 工程环境影响评价结论.....456
10.2.1 环境空气影响.....456
10.2.2 声环境影响.....457
10.2.3 固体废物环境影响.....458
10.2.4 海洋水文动力与冲淤环境.....459
10.2.5 海域水质环境影响.....460
10.2.6 海域沉积物环境影响.....462
10.2.7 海域生态环境影响.....463
10.2.8 项目建设对周边主要保护目标和开发活动的影响.....467
10.3 环境风险评价结论.....469
10.4 污染防治措施.....470
10.5 环保投资.....473
10.6 公众参与结论.....473
10.7 评价结论.....473
10.8 建议.....473
附件.....474
附表.....504

1 概述

1.1 建设项目的背景

风力发电是新能源领域中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。与陆上风电场相比，海上风电场具有风资源优越、环保、节约土地、规模大等优势，海上风电场建设将成为今后世界风电发展的重点。

福建省海域广阔、海岸线长，全省海域面积有 13.6 万 km^2，海岸线总长 6128km，风能资源丰富，风能理论蕴藏量大，开发海上风电具有得天独厚的条件。福建沿海受季风气候影响，风资源总体上丰富，其中闽江口以南至厦门湾部分位于台湾海峡中部，受台湾海峡“狭管效应”的影响，其年平均风速较大，风向稳定，是全国风资源最丰富的地区，厦门以南地区与闽江口以北地区近海风资源也较为丰富。福建省近海区域靠近电网负荷中心，接入线路短，施工交通条件较好，具有较好的海上风电场建设条件，适合大规模开发海上风电。2022 年，福建省政府办公厅印发《福建省“十四五” 能源发展专项规划》，规划要求，加大风电建设规模。积极推进规模化集中连片海上风电开发，在保障国防、海事、通航、生态等要求的前提下，科学组织海上风电开发建设。“十四五”期间有序择优推进《福建省海上风电场工程规划》内省管海域海上风电项目建设，新增开发规模 1030 万千瓦。

2017 年 3 月 2 日，国家能源局复函（国能新能〔2017〕61 号文）批复了福建省海上风电场工程规划报告，同意福建省海上风电规划总规模 1330 万 kW，包括福州、漳州、莆田、宁德和平潭所辖海域 17 个风电场。宁德霞浦海上风电场 B 区项目作为福建省海上风电场规划的 17 个规划场址之一，位于宁德市霞浦县四礵列岛东南部的外海区域，理论水深 19~23m，面积 53.8km^2，规划建设容量为 30 万 kW 。2018 年 1 月，福建省闽东电力股份有限公司委托福建水电院和福建永福电力设计股份有限公司（以下简称“永福电力”）承担宁德霞浦海上风电场工程 B、C、D 项目预可行性研究报告编制工作。福建水电院和永福电力接受任务后，开展了外业勘探、资料收集等工作，两个单位共同完成了报告编制工作，于 2018 年 5 月提交《宁德霞浦海上风电场工程 B、C、D 区项目预可行性研究报告》。后因通航问题，B 区风电场用海范围有所调整，将原布置 50 台 6MW 的风力发电机组，调整为 36 台 8MW 的风力发电机组，将用海范围向西侧调整，调整后场址规划面积约 47.5km^2。2021 年 11 月 26 日，福建省发展和改革委员会下发关于宁德霞浦海上风电场 B 区项目核准的批复。

本项目位于福建省霞浦东冲半岛以东海域，风能资源具有很好的开发价值，其开发建设不仅符合国家可再生能源中长期发展规划的要求，也符合福建省风电发展规划的要求。本项目装机容量 288MW，建设 36 台 8MW 海上风力发电机组、2 回 220kV 海缆送出，海缆在长春镇加竹村西侧海湾登陆，然后转架空线路接至陆上集控中心。

1.2 环境影响评价工作过程

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》及《福建省生态环境保护条例》相关规定，宁德霞浦海上风电场 B 区项目需进行环境影响评价；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目应编制环境影响报告书。为此，霞浦闽东海上风电有限公司委托厦门中集信检测技术有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司接受委托后，根据设计单位提供的资料，对项目进行了详细的现场踏勘、环境本底和现状调查，并收集有关资料，组织实施环评工作。在建设、设计及有关单位的协助配合下，我公司通过现场调查、理论分析和软件模拟计算，对项目建设过程以及建设后可能产生的环境问题和生态破坏进行分析论证，提出减轻或消除不利影响的环保措施和建议。按照《建设项目环境影响评价技术导则－总纲》等要求编制完成本项目的环境影响报告书。

1.3 分析判断相关情况

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目装机总容量为 288MW，属于“五十四 海洋工程”中的“151 海洋能源开发利用类工程”，总装机容量 5 万千瓦及以上的海上风电工程及其输送设施及网络工程，环评类别为报告书。

项目建设符合国家产业政策，项目选址符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》，工本项目位于“海洋开发利用空间”。工程建设符合所在海域海洋环境保护要求和海域使用管理要求，风电场场址不占用海洋生态红线区；项目建设符合《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》、《福建省生态公益林条例》。具体见表 1.3-1。

表 1.3-1 项目相关情况判定结果一览表

序号	类别	判定依据	判定结果
1	产业政策	《〈产业结构调整指导目录（2024 年本）〉》	符合
2	国空	《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》	符合
		《宁德市国土空间总体规划(2021 -2035 年)》	符合
		《霞浦县国土空间总体规划（2021 -2035 年）》	符合
3	三线一单	宁德市“三线一单”成果	符合
4	功能区划	《宁德市近岸海域环境功能区划	符合

		（2023-2025）》（征求意见稿）	
5	相关规划	《福建省“三区三线”划定成果》	符合
6		《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》	符合
7		《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》	符合
8		《福建省湿地保护条例》	符合
9		《福建省生态公益林条例》	符合
10		《福建省基本农田保护条例》	符合

1.4 项目主要环境问题及环境影响

（1）施工期

施工期风机基础施工与海缆埋设过程中扰动海床表层淤泥产生悬浮泥沙，直接造成工程区附近海域水体泥沙含量增加对海洋生态环境的影响；运输车辆引起的道路扬尘及挖掘机、自卸车等大型机械设备所排放的尾气对周围环境空气会造成一定的污染；风机基础打桩施工产生的水下噪声对海洋生物的影响。

①海水水质

悬浮泥沙增量浓度为 10mg/L 等值线的包络面积为 26.02km^2，增量浓度为 20mg/L 等值线的包络面积为 20.05km^2，增量浓度为 50mg/L 等值线的包络面积为 14.44km^2，增量浓度为 100mg/L 等值线的包络面积为 7.88km^2。悬浮泥沙在潮流场的作用下沿着路由向四周扩散，最远扩散距离为 0.146km。

②环境空气

施工过程需要运输车辆、施工船舶等，这些车船设备基本以柴油为燃料，所排放的发动机尾气中主要含有 NO_2、SO_2 等空气污染物，由于施工机车相对较为分散，加之地面开阔，在车辆及机械设备排气口加装废气过滤器，则废气污染的影响基本上可以接受。

施工单位在塔基开挖时，对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。对施工道路和施工现场定时洒水、喷淋，避免尘土飞扬。施工运输车辆采用密封、遮盖等。综上，项目施工对周边大气环境的影响较小。

③声环境

陆域电缆施工区域距加竹村最近距离约 35m，因此，在塔基及电缆施工过程中对加竹村存在一定影响，施工过程中应做好降噪工作。选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，尽量避免强噪声机械在同一区域内无序施工；车辆在行驶过程中，应缓行和禁鸣喇叭。

打桩施工所产生的水下噪声有效声源级为 224dB，传播损失为 TL=20lgD，计算单桩基础施工在 207dB、186dB 声压级下对应的距离分别为：7m、79m。因此，在打桩点 7m 范围内，可能导致石首鱼科鱼类死亡的危险，在离打桩点 7~79m 范围内可能导致石首鱼科鱼类产生物理损伤，在打桩点 79m 范围外，打桩的噪声可能引起石首鱼科鱼类出现了暂时性听力阈值改变，随着距离的增加打桩产生的噪声影响也将逐渐减弱。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，减小对石首鱼科鱼类的影响。

④海洋生态

悬浮泥沙作用导致一次性的鱼卵损失量为 12.66×10^6 粒，仔鱼损失 5.79×10^6 尾，游泳动物损失 1358.77kg。上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

项目占海总计生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），对于持续性生物资源损害实际影响低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年的损失额补偿，因此，本评价建议进行 20 倍赔偿用于生态修复。即入海泥沙补偿 3 倍，项目占海补偿 20 倍。根据计算，生态补偿总金额为 148 万元。

（2）运营期

运营期风机基础牺牲阳极锌离子析出对周围海洋生态产生一定影响；由于底流在风机基础周围产生涡流和局部冲刷，风机基础和升压站在一定程度上改变局部海床自然性状，其地形地貌也将有所改变，分别有局部冲刷和淤积产生；风电场产生的噪声等对周边海洋生物及鸟类的影响。

①水环境

根据工程设计及工程分析，单台风机每年进入海水中的锌为 12.88kg/a。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，对项目海域海水水质影响有限，不会对区域海水水质造成显著影响。

②水文动力与冲淤

由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大，所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限，主要的冲刷影响范围为风机桩基周围 500m 范围内，淤积强度增加程度最

大约 0.06m/a；每排风机之间的区域则呈现冲刷强度增加的现象，但增加幅度小于 0.05m/a，冲刷量变化很小。

③声环境

经预测单台风力发电机组衰减趋势及噪声衰减距离可知在距风力发电机组直线距离在 250m 处，噪声已衰减至低于 45dB，可满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类标准限值。

本项目营运期水下噪声对石首鱼科的最大影响距离定为（掩蔽效应）定为 40m，而本项目风电机组行间距 2100m，行内间距 682.5m，风电场内不同风机不会对石首鱼科的影响产生叠加影响，运营期水下噪声对石首鱼科的生存空间影响仅限于桩基周边 50m 范围内，对其生存的影响空间较小。

陆上集控中心的主变投运时，主变对厂界环境噪声的贡献值在33.2～35.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准要求

④电磁环境

通过类比监测结果分析预测，本工程投运后，220kV 海上升压站产生的工频电场强度、工频磁场强度在站界处和评价范围内远低于评价标准限值。对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物的影响在可以接受范围。

本工程电缆产生的工频电磁场相对于国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆更小。因此，可以预测工程 220 kV 海缆建成后工频电场强度和工频磁感应强度均能满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

通过类比结果可以预测，本项目陆域集控中心建成投产后，其围墙外产生的工频电磁环境影响能满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中频率为 0.05kHz 的公众暴露控制限制值要求，即电场强度 4000V/m、磁感应强度 100μT。

根据预测结果分析可知，本工程导线最近的环境保护目标电磁环境小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的规定频次 50Hz 的公众曝露控制限值（工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100μT），满足要求。

⑤鸟类

由于风电场施工区为海域，评价范围内鸟类主要为鸥类，属于广泛分布的种类，为常见物种，且多数属于受轻微干扰影响。因此，施工期人为活动对鸥类的觅食、活动将

产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动区域，但受影响程度为轻微影响，影响有限，项目区周边可以容纳其继续生存、觅食，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。加强对迁徙鸟类繁殖期的监测，根据监测结果制定相应的保护措施。项目施工期对鸟类迁徙影响较小。

1.5 环境影响评价报告书主要结论

本项目建设符合国家产业政策，符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》、《宁德市国土空间总体规划(2021 -2035 年)》、《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》等功能区划要求。建成后基本能满足环境功能要求。项目只要认真落实本报告书提出的各项环境保护措施，可以将环境影响降低到可接受的程度，从环保角度上来看，项目产生的环境影响是可以接受的，项目建设是可行的。

2 总则

2.1 报告书编制依据

2.1.1 法律、法规依据

（1）《中华人民共和国环境保护法》，全国人大，1989 年 12 月 26 日公布，自同日起实施；2014 年 4 月 21 日通过修订，2015 年 1 月 1 日起实施；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人大，2018 年 12 月 29 日通过修订，2018 年 12 月 29 日施行；

（3）《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023 年修订），全国人大，2023 年 10 月 24 日通过，自 2024 年 1 月 1 日起实施；

（4）《中华人民共和国水污染防治法》，全国人大，2017 年 6 月修订，2018 年 1 月 1 日施行；

（5）《中华人民共和国大气污染防治法》，全国人大，2018 年 10 月 26 日修订通过，自发布之日起施行；

（6）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，全国人大，2020 年 4 月 29 日修订通过，自 2020 年 9 月 1 日起施行；

（7）《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人大，2001 年 10 月 27 日通过，自 2002 年 1 月 1 日起施行；

（8）《中华人民共和国渔业法》（2013 年修订），全国人大，2013 年 12 月 28 日通过，2014 年 3 月 1 日起施行；

（9）《中华人民共和国清洁生产促进法》，全国人大，2012 年 2 月 29 日修订，自 2012 年 7 月 1 日实施；

（10）《中华人民共和国海上交通安全法》，全国人大，2021 年 4 月 29 日修订，自 2021 年 9 月 1 日起施行；

（11）《防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院，2018 年 3 月 19 日修订，自发布之日起施行；

（12）《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》，交通运输部令 2021 年第 24 号，自 2021 年 9 月 1 日起施行；

（13）《国家能源局 国家海洋局关于印发<海上风电开发建设管理办法>的通知》，

国能新能[2016]394 号，自 2016 年 12 月 29 日起实施；

（14）《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，2016 年 10 月 31 日；

（15）《海底电缆管道保护规定》，国土资源部令第 24 号，2004 年 3 月 1 日起实施；

（16）《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局，1992 年 8 月 26 日；

（17）《建设项目环境保护管理条例》，国务院，2017 年 6 月 21 日修订，自 2017 年 10 月 1 日起施行；

（18）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2020 年 11 月 5 日通过，2021 年 1 月 1 日期施行；

（19）《福建省生态环境保护条例》，福建省人大，2022 年 3 月 30 日修订，自 2022 年 5 月 1 日起施行；

（20）《水生生物增殖放流管理规定》，农业部令 20 号，2009 年 5 月 1 日；

（21）《关于全面建立实施海洋生态红线制度的意见》，国家海洋局，2016 年 6 月；

（22）《中华人民共和国湿地保护法》，中华人民共和国主席令第 102 号，2021 年 12 月 24 日；

（23）《福建省湿地保护条例》，福建省人民代表大会常务委员会，自 2023 年 1 月 1 日起施行。

2.1.2 规划、区划

（1）《福建省生态功能区划》，福建省人民政府，2010 年 1 月 27 日；

（2）《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》，2023 年 11 月；

（3）《宁德市国土空间总体规划（2021—2035 年）》，宁德市人民政府，2024 年 4 月；

（4）《霞浦县国土空间总体规划（2021—2035 年）》，霞浦县人民政府，2024 年 6 月；

（5）《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》，福建省生态环境厅等五部门，2022 年 2 月；

（6）《福建省海上风电场工程规划报告》，福建省发展和改革委员会 福建省水利水电勘测设计研究院，2017 年 2 月。

2.1.3 技术依据

（1）《建设项目环境影响评价技术导则—总纲》（HJ2.1-2016）；

（2）《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；

（3）《环境影响评价技术导则－大气环境》（HJ2.2-2018）；

（4）《环境影响评价技术导则－声环境》（HJ2.4-2021）；

（5）《环境影响评价技术导则－地表水环境》（HJ2.3-2018）；

（6）《环境影响评价技术导则－生态影响》（HJ19-2022）；

（7）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）；

（8）《环境影响评价技术导则－地下水环境》（HJ610-2016）；

（9）《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；

（10）《海上风电工程环境影响评价技术规范》，国家海洋局，2014 年；

（11）《水上溢油环境风险评估技术导则》JT/T1143-2017；

（12）《海洋调查规范》（GB-T12763-2007）；

（13）《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

（14）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；

（15）《船舶污染物海洋环境影响跟踪监测技术规范（试行）》（2011.9）；

（16）《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）；

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

（18）《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GBT18920-2020）；

（19）《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；

（20）《声学水下噪声测量》（GB/T5265-2009）；

（21）《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022）。

2.1.4 基础依据和资料

（1）《建设项目海洋环境影响评价委托书》，霞浦闽东海上风电有限公司，2023 年 6 月；

（2）《宁德霞浦海上风电场 B 区项目春季海洋环境调查与评价报告》，福建中凯检测技术有限公司，2022 年 7 月；

（3）《宁德霞浦海上风电场 B 区项目秋季海洋环境调查与评价报告》，福建中凯检测技术有限公司，2023 年 12 月；

（4）《宁德霞浦海上风电场 B 区项目鸟类评估报告》，福建海科勘察设计研究院有限公司，2023 年 5 月；

（5）《宁德霞浦海上风电场B区项目海域使用论证报告书（报批稿）》，福建海科勘察设计研究院有限公司，2023年11月。

2.2 环境影响要素识别及评价因子筛选

根据项目工程特点、规模及工程区域环境特征，本项目环境影响要素包含污染、非污染要素两个方面，环境影响因素识别见表 2.2-1。

表 2.2.1 环境影响因素和评价因子识别矩阵

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容与表征	影响程度
施工期	水环境	悬浮物	风机桩基施工和电缆铺设	-2S↑
		生活生产污水	船舶及陆上集控中心施工废水	-1S↑
	海洋沉积物	悬浮物	风机桩基施工和电缆铺设	-2S↑
		废水	船舶及陆域场地施工废水	
	海洋生态	潮间带及潮下带底栖生物	风机桩基施工和电缆铺设浮物排放影响，施工废水排放影响	-2S↑
		鱼卵仔鱼	风机桩基施工和电缆铺设浮物排放影响，施工废水排放影响	-2S↑
		浮游生物	风机桩基施工和电缆铺设浮物排放影响，施工废水排放影响	-2S↑
	海洋水动力与冲淤变化	潮流	风电场建设对工程区附近海域水动力和冲淤环境产生一定影响	-2L↑
	大气环境	TSP、PM_{10}、NO_2、SO_2	陆上集控中心施工扬尘、施工船舶机械尾气	-1S↑
	固体废物	建筑与生活垃圾、清淤过程污泥	施工船舶固废、施工人员生活垃圾、陆上集控中心建筑垃圾、桩基清孔弃渣	-1S↑
	声环境	噪声	施工船舶机械、陆上集控中心施工产生的噪声	-1S↑
	环境风险	溢油	船舶溢油事故	-2S↑
	陆域生态	植被面积、生物多样性	海缆登陆沿线、陆上集控中心	-1S↑
运营期	海洋水动力与冲淤变化	潮流、冲淤变化	风机与升压站影响对周边潮流与冲淤	-2L↑
	水环境	含油污水	风电机组设备日常维护	-1S↑
		生活污水	陆上集控中心	-1S↑

	固体废物	危险固废	风机机舱和轮毂更换的润滑油	-1S ↑
		含油锯末或棉纱	风电机组设备日常维护	-1S ↑
		生活垃圾	陆上集控中心	-1S ↑
	声环境	噪声	风机运转、海上升压站与陆上集控中心生的噪声	-1S ↑
	环境风险	溢油	船舶溢油事故	-2S ↑
	电磁环境	工频电磁场	电场输电电缆、海上升压站、陆上集控中心输变电设备	-1S ↑
退役期	水环境	悬浮物	风机拆除	-1S ↑
		生活生产污水	船舶施工废水	-1S ↑
	海洋沉积物	悬浮物	风机拆除	-1S ↑
		废水	船舶施工废水	-1S ↑
	海洋生态	潮间带及潮下带底栖生物	风机拆除影响，施工废水排放影响	-1S ↑
		鱼卵仔鱼	风机拆除影响，施工废水排放影响	-1S ↑
		浮游生物	风机拆除影响，施工废水排放影响	-1S ↑
	大气环境	TSP、PM_{10}、NO_2、SO_2	施工船舶机械尾气	-1S ↑
	固体废物	建筑与生活垃圾、清淤过程污泥	施工船舶固废、施工人员生活垃圾、桩基拆除固废	-1S ↑
	声环境	噪声	施工船舶机械	-1S ↑

注：+正面影响，-负面影响；0、1、2、3 依次为无影响、影响较小、中等、较大；L 长期影响、S 短期影响；↑可逆影响，↓不可逆影响。

2.3 环境功能区划

（1）宁德市近岸海域环境功能区划

根据《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿），本项目所在区域为二类近岸海域环境功能区。具体位置见图 2.3-1。

（2）福建省“十四五”海洋生态环境保护规划

根据《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》，本项目位于霞浦县东冲半岛东部岸段，具体位置见图 2.3-2。

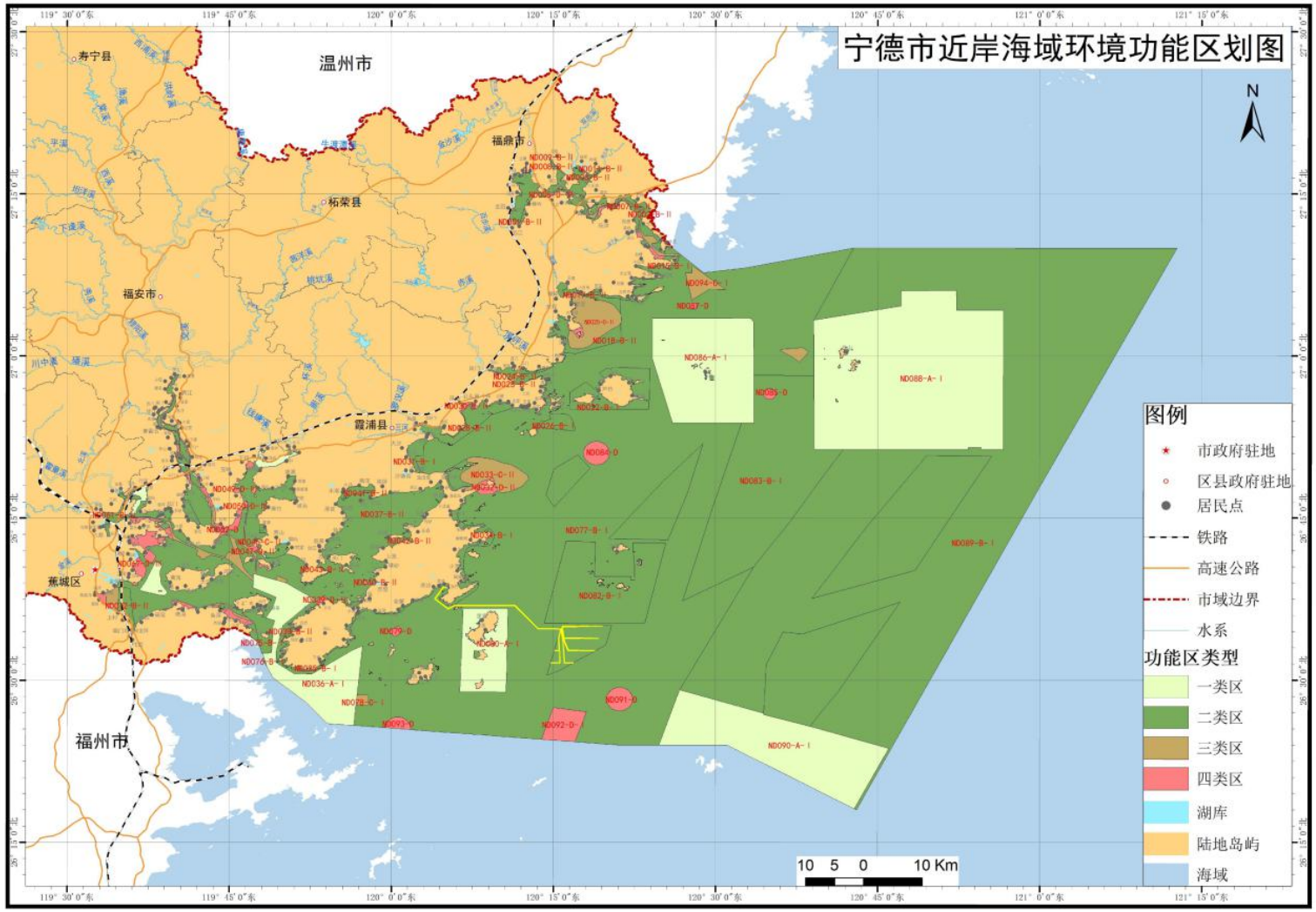


图 2.3-1 宁德市近岸海域环境功能区划图（项目区及周边）

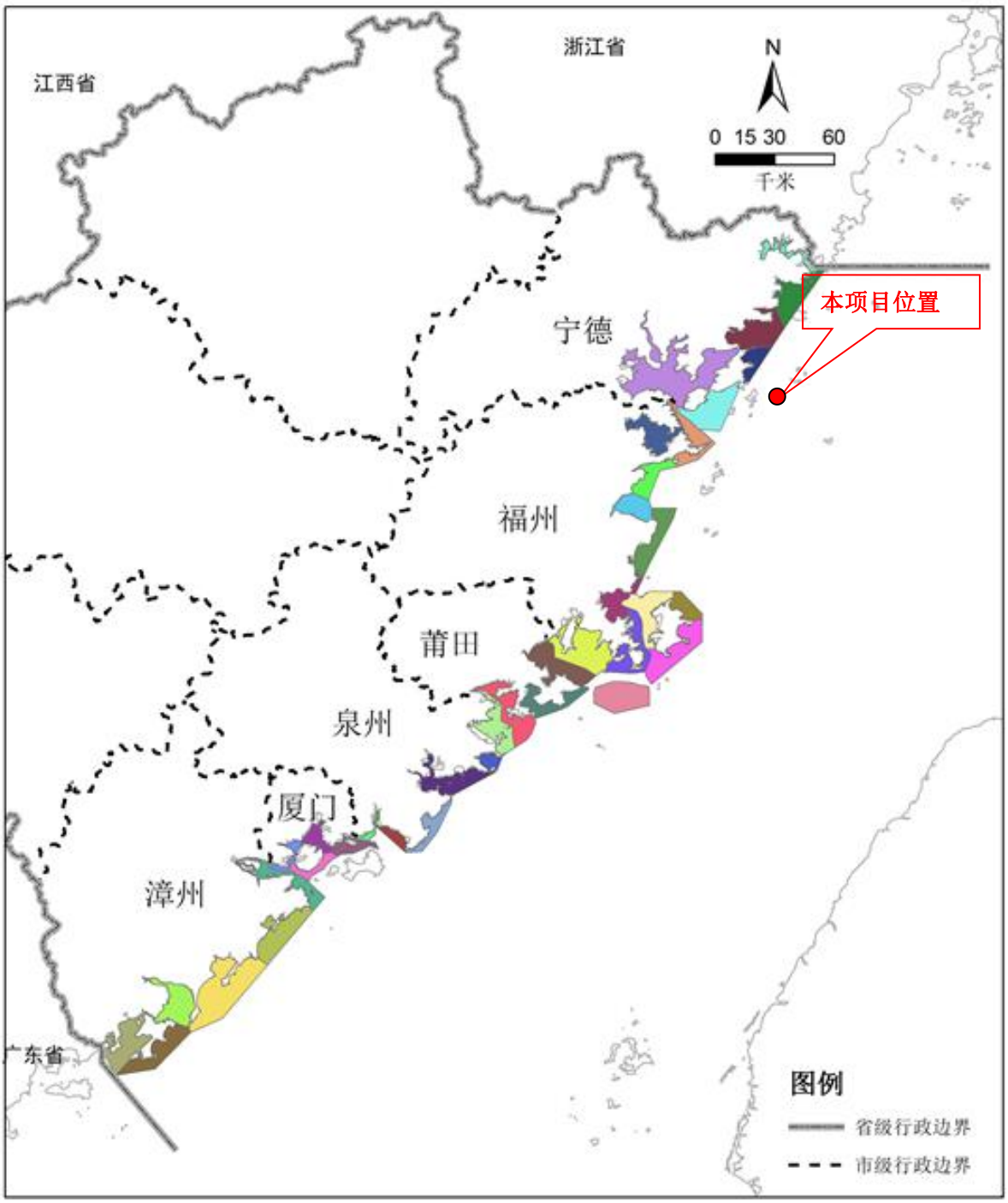


图 2.3-2 福建省“十四五”海洋生态环境保护规划（项目区及周边）

2.4 评价内容

根据项目特点综合考虑本项目海域部分建设内容，本次评价海洋工程部分选择海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态、鸟类生态、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境、声环境、电磁环境、环境风险作为评价内容。

本工程陆域部分工程内容主要为建设集控中心及登陆点到集控中心电缆，集控中心

内设置有电气控制楼等。根据陆上工程施工期及运营期的特点，选取电磁环境、声环境、地表水环境、大气环境和陆域生态环境作为评价内容。

2.5 评价工作等级

2.5.1 大气环境评价等级

本项目施工期主要大气污染物为施工机械排放的尾气，上述污染物排放源强较小，对周边环境空气的影响范围十分有限，且项目主要位于外海，有利于上述污染物的扩散；运营期废气为职工食堂油烟废气以及备用柴油发电机短期运转产生的废气。根据《环境影响评价技术导则－大气环境》（HJ2.2-2018），本项目大气环境影响评价评价为三级，仅对大气环境影响进行简要分析。

2.5.2 声环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ2.4-2021），建设项目所处的声环境功能区为GB3096规定的1类、2类地区的，评价价等级定为二级。本项目陆域集控中心及陆域电缆分布于村庄周边，所处声环境功能区为2类地区。因此，本项目声环境影响评价按二级评价。

2.5.3 地表水环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则－地表水环境》（HJ2.3-2018），陆上集控中心产生的废水全部回用于站内绿化，不外排，根据导则表1水污染影响型建设项目评价等级判定中间接排放方式评价等级为三级B，则本项目陆域地表水水环境影响评价等级为三级B。

2.5.4 海洋环境影响评价等级

本项目在海洋工程分类中海洋风力发电工程，总装机容量为288MW，工程总用海面积为337.9703hm^2，项目周边有浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区、南礵岛及周边海岛生态保护红线区，属于“海洋生态环境敏感区”，最近距离分别为520m、370m，因此，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014），并结合《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014年）确定本项目各单项海洋环境影响评价等级结果见表2.5-1。

表2.5-1 海洋环境影响评价等级判定结果

技术导则	工程类型和工程内容	工程规模	单项海洋环境影响评价等级				
			水文动	水质	沉积物	生态和	地形地

			力环境	环境	环境	生物资源环境	貌与冲淤环境
海洋工程环境影响评价技术导则	海洋风力发电	大型（≥100MW）	1	1	2	1	2
	海底管道、海底电（光）缆工程	长度100km~20km	2	1	2	1	2
海上风电工程环境影响评价技术规范	海上风电机组工程	100MW≤装机容量＜300MW	1	1	2	1	2
	海底电缆工程	20km≤长度＜100km	2	1	2	1	2
综合判定评价等级			1	1	2	1	2

2.5.5 电磁环境评价等级

项目风电机组输出电压为35kV，机组至海上升压站集电海缆电压等级为35kV，海上升压站主变为35/220kV，送出电压等级为220 kV，输电线路登陆点至集控中心段为架空电缆，1回220 kV架空线路接入系统变电站，架空线路接入系统段不在本次评价范围内，根据《电磁环境控制限制》，100 kV以下电压等级的交流输变电设施产生的电场、磁场、电磁场的设施属于免于管理范围，因此，本报告仅对升压站、220kV送出线路和集控中心电磁环境进行环境影响评价。

根据《环境影响评价技术导则 输变电》，同时参考《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014年）相关要求，海上输电线路和升压站电磁环境影响评价等级为三级，陆上工程输电线路电磁环境影响评价等级为二级，陆域集控中心电磁环境影响评价等级为二级。

2.5.6 环境风险影响评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018），环境风险评价工作等级划分依据详见表2.5-2。本工程海域主要环境风险为施工船舶碰撞溢油入海事故，施工期船舶总油量约6300t，与油类物质临界量(2500t)比值为2.52，1≤Q<10，其环境风险潜势为Ⅲ级，因此海域风险评价等级为二级；运行期海上升压站每台主变本体油量分别约54t，2台主变总油量约108t；与油类物质临界量(2500t)比值Q<1，其环境风险潜势为Ⅰ级；陆域主要环境风险为运营期集控中心变压油等危险源，3台户外变总油量约90t，与油类物质临界量（2500t）比值Q＜1，其环境风险潜势为Ⅰ级，综合以上评价等级取最高，因此，本项目环境风险评价等级为二级。

表 2.5-2 环境风险评价等级划分依据一览表

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析 a

a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明

2.5.7 陆域生态环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），陆域架空线缆为线性工程，可分段确定评价等级。项目评价部分段（北纬 26°39'17.48”，东经 120°05'53.81”~ 北纬 26°39'32.84”，东经 120°06'04.53”）约 500m 长度段内评价范围涉及生态保护红线（闽东诸河流域水土保持生态功能区）。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）第 6.1.2 中 c）：“涉及生态保护红线时，评价等级不低于二级”，故该部分生态评价范围为二级；其余路上部分为三级评价。

2.5.8 其他评价等级

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），海上风电项目鸟类生态和水下声环境影响评价工作不划定具体评价等级。

根据《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》（HJ964-2018），本项目土壤环境影响评价项目类别为Ⅳ类。Ⅳ类项目可不开展土壤环境影响评价。

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），本项目地下水环境影响评价项目类别为Ⅳ类。Ⅳ类项目不开展地下水环境影响评价。

2.6 评价范围

根据环境影响评价工作等级、工程对环境可能产生影响的范围、周边敏感点的位置、工程所在地周边环境特征等，确定环境影响评价范围。海域评价范围见图 2.6-1 各环境要素的具体评价范围见表 2.6-1。

表 2.6-1 评价范围确定情况一览表

名称	评价范围	确定理由说明
大气环境	无	《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018）中三级评价不需设置大气环境影响评价范围
声环境	水上声环境评价范围为场区周围 200m 范围内；水下声环境评价范围与海洋环境评价范围一致；陆域声环	《环境影响评价技术导则—声环境》(HJ2.4-2021)；《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）

	境评价范围为站界外 200m。	
地表水和海洋环境	项目区涉海施工区域向东、北、南向各 12km	《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)和《环境影响评价技术导则－地表水环境》（HJ2.3-2018），同时结合现状资料调查范围
环境风险	本次海洋环境风险评价范围与海洋环境评价范围相同，项目区涉海施工区域向东、北、南向各 12km	《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）
陆域生态	集控中心站场外 500m 内，架空线涉及生态敏感区部分向两侧外延 1000m，不涉及生态敏感区部分路向两侧外延 300m	《环境影响评价技术导则—生态影响》（HJ19-2022）
电磁环境	海上升压站站界外40m及海底电缆两侧边缘各外延 40m 范围；陆上集控中心站界外 40m，架空线路：边导线地面投影外两侧各 40m；	《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）
鸟类	工程边界线向外扩展 8km 区域	《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）

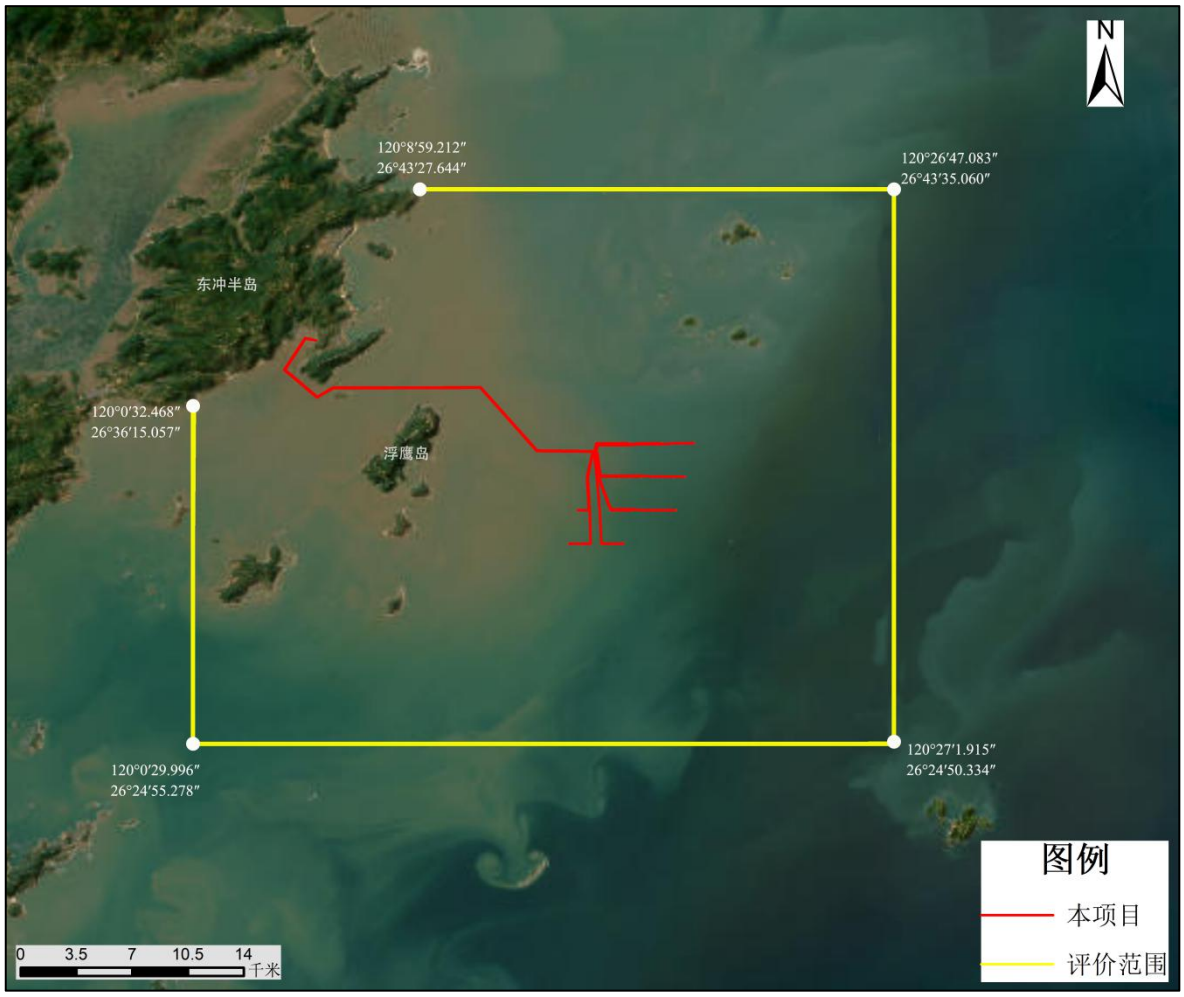


图 2.6-1 海域评价范围图

2.7 评价标准

2.7.1 环境质量标准

（1）环境空气质量标准

本项目所在区域为二类环境空气功能区，环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，见表 2.7-1。

表 2.7-1 环境空气质量标准一览表

污染物名称	二级标准限值(mg/m³)		
	日平均时间		1 小时平均
NO_2	24 小时平均	0.08	0.20
SO_2		0.15	0.50
PM_{10}		0.15	—
$PM_{2.5}$		0.075	—
CO		0.004	0.01
O_3	日最大 8 小时平均	0.16	0.20

（2）声环境质量标准

本项目主体施工位于海域，陆上集控中心位于宁德市霞浦县长春镇吕峡村（东冲半岛东侧沿海山地），根据《声环境质量标准》（GB3096-2008），周围村庄执行 2 类标准，见表 2.7-2。

表 2.7-2 环境噪声限值单位：dB(A)

标准类别	噪声限值	
	昼间	夜间
2 类	60	50

（3）海水水质标准

根据《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿），海水水质现状春季和秋季调查站位全部执行第一类海水水质标准，各水质标准详见表 2.7-3。

表 2.7-3 海水水质标准一览表

指 标	第一类	第二类	第三类
悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100
水温(℃)	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃
pH 值	7.8-8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8-8.8，同时不超过海域正常变动范围的 0.5pH 单位
溶解氧	>6	>5	>4
化学需氧量	≤2	≤3	≤4

无机氮（以N计）	≤0.20	≤0.30	≤0.40
活性磷酸盐(以P计)	≤0.015	≤0.030	≤0.030
石油类	≤0.05	≤0.05	≤0.30
铜	≤0.005	≤0.01	≤0.050
砷	≤0.02	≤0.03	≤0.050
汞	≤0.00005	≤0.0002	≤0.0002
铅	≤0.001	≤0.005	≤0.10
镉	≤.001	≤0.005	≤0.010
锌	≤0.020	≤0.050	≤0.010
总铬	≤0.05	≤0.10	≤0.20

注：除pH、水温外，其他单位均为mg/L。

（4）海洋沉积物质量标准

根据《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿），结合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的相关要求，评价海域执行第一类海洋沉积物标准具体见表2.7-4。

表2.7-4 海洋沉积物质量标准一览表（mg/kg）

项目	第一类
汞($\times10^{-4}$)	≤0.20
镉($\times10^{-4}$)	≤0.50
铅($\times10^{-6}$)	≤60.0
锌($\times10^{-6}$)	≤150.0
铜($\times10^{-6}$)	≤35.0
铬($\times10^{-4}$)	≤80.0
砷($\times10^{-6}$)	≤20.0
石油类($\times10^{-6}$)	≤500.0
硫化物($\times10^{-6}$)	≤300.0
有机碳($\times10^{-2}$)	≤2.0

（5）海洋生物质量标准

根据《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿），结合《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）中相关要求，评价海域执行第一类海洋生物质量标准，具体见表2.7-5。

表2.7-5 海洋生物质量标准值（鲜重）一览表（mg/kg）

项目	第一类
铜≤	10
铅≤	0.1
砷≤	1.0
镉≤	0.2
汞≤	0.05

锌≤	20
铬≤	0.5
石油烃≤	15

（6）工频电磁场

根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）控制限值，以 4kV/m 作为工频电场强度评价标准，以 0.1mT 作为工频磁感应强度评价标准。

2.7.2 污染物排放标准

（1）水污染物排放标准

工程施工期机修废水处理后循环使用或回用于道路洒水，执行《城市污水再生利用－城市杂用水水质》(GB18920-2020)，不外排；施工期海上施工船舶及运营期维护船舶污水由具有资质单位回收，不排放；运营期生活污水经地埋式污水处理设施处理达到《城市污水再生利用－城市杂用水水质》（ GB/T18920-2020）相应标准后用于集控中心绿化及道路浇洒，不外排，具体见表 2.7-6

表 2.7-6 污水城市污水再利用 杂用水水质标准（部分）

项目	冲厕、车辆冲洗	城市绿化、道路清扫、消防建筑施工
	6.0~9.0	
色度≤	30	
嗅	无不快感	
浊度（NTU）≤	5	10
BOD_5≤	10	10
氨氮≤	5	8
DO≤	2.0	

（2）大气污染物排放标准

施工期扬尘无组织排放的颗粒物及机械车辆废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB/16297-1996）表 2 中规定的最高允许排放浓度和无组织排放监控浓度限值，见表 2.7-7；本项目厨房油烟废气参照《饮食业油烟排放标准（试行）》（ GB18483-2001）执行，即油烟排放浓度≤2mg/m^3。

表 2.7-7 大气污染物排放标准

污染物名称	无组织排放监控浓度限值	
	监控点	浓度(mg/m^3)
氮氧化物	周界外浓度最高点	0.12
颗粒物	周界外浓度最高点	1.0
二氧化硫	周界外浓度最高点	0.40

（3）噪声控制标准

施工期陆上集控中心噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），具体见表2.7-8；运营期陆上集控中心厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008）中的2类标准，具体见表2.7-8。

表2.7-8 噪声排放限值 单位：dB (A)

时期	类别	昼间	夜间
施工期		70	55
运营期	2	60	50

（4）固体废弃物

一般工业固体废物满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中的相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；生活垃圾交由环卫部门处理；危险废物暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；危险废物转运执行《危险废物转移管理办法》相关要求。

2.8 环境保护目标

主要环境保护目标见表2.8-1~2.8-2，环境保护目标分布图见图2.8-1~图2.8-6。

表2.8-1 主要敏感目标一览表

序号	保护目标名称	与项目位置关系	敏感对象/敏感区概况
1	南礵岛及周边海岛生态保护红线区	位于项目场区北侧，距风电场区约370m	海岛生态系统、天然地貌景观、海洋生物资源
2	浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区	位于项目西侧，距最近一回海缆距离520m	海岛生态系统、渔业水域
3	高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区	位于项目西北侧，距最近一回海缆距离115m	基岩和沙滩自然岸线
4	东冲半岛海岸防护生态保护红线区	位于项目西侧，距最近一回海缆距离740m	基岩和沙滩自然岸线
5	养殖区	近岸段海缆穿越养殖区	主要养殖海带
6	闽东诸河流域水土保持生态功能区	位于陆域架空电缆西侧，最近距离约126m	水土保持
7	加竹村	位于登陆点东侧，距陆域架空电缆最近距离为10m	大气、声、电磁环境
8	基本农田	紧邻项目线路及集控中心	永久基本农田
9	霞浦县下岐湿地	近岸段下穿霞浦县下岐湿地	湿地生境
10	霞浦县罗浮土坪湿地	近岸段下穿霞浦县罗浮土坪湿地	湿地生境
11	东冲半岛风景名胜区	主体位于项目北侧，距集控中心最近距离345m	风景名胜区自然、文化资源和生态系统

表 2.8-2 本工程电磁环境保护目标情况一览表

序号	敏感目标		相对位置	规模	建筑特征	保护要求
	名称	功能				
1	加竹村	居住	边导线投影水平距离东侧约 10m	常住约 3 人	第一排 1 户、自建楼、2 层、平顶	满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）

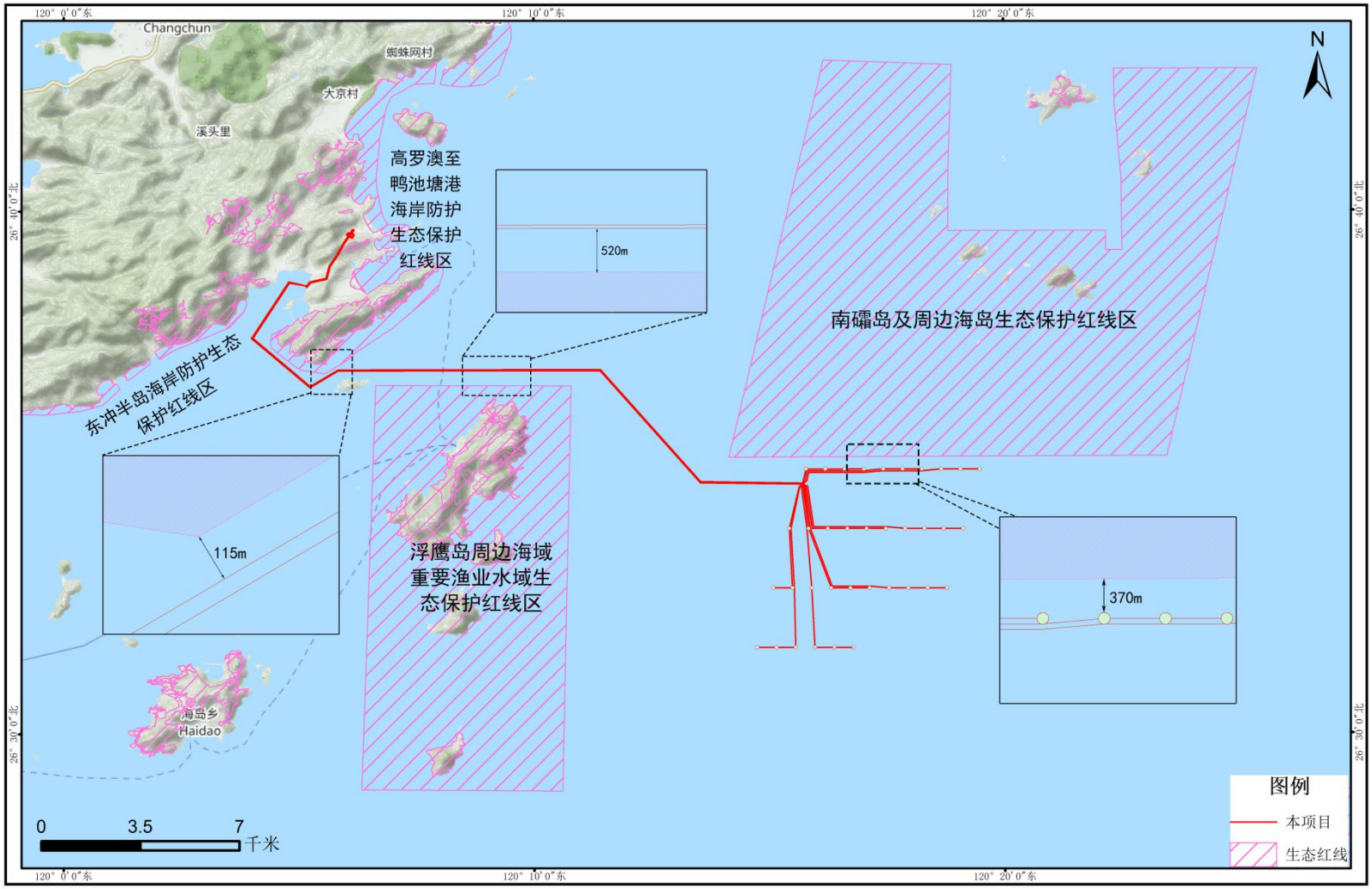


图 2.8-1 项目区海域敏感目标分布（大范围）

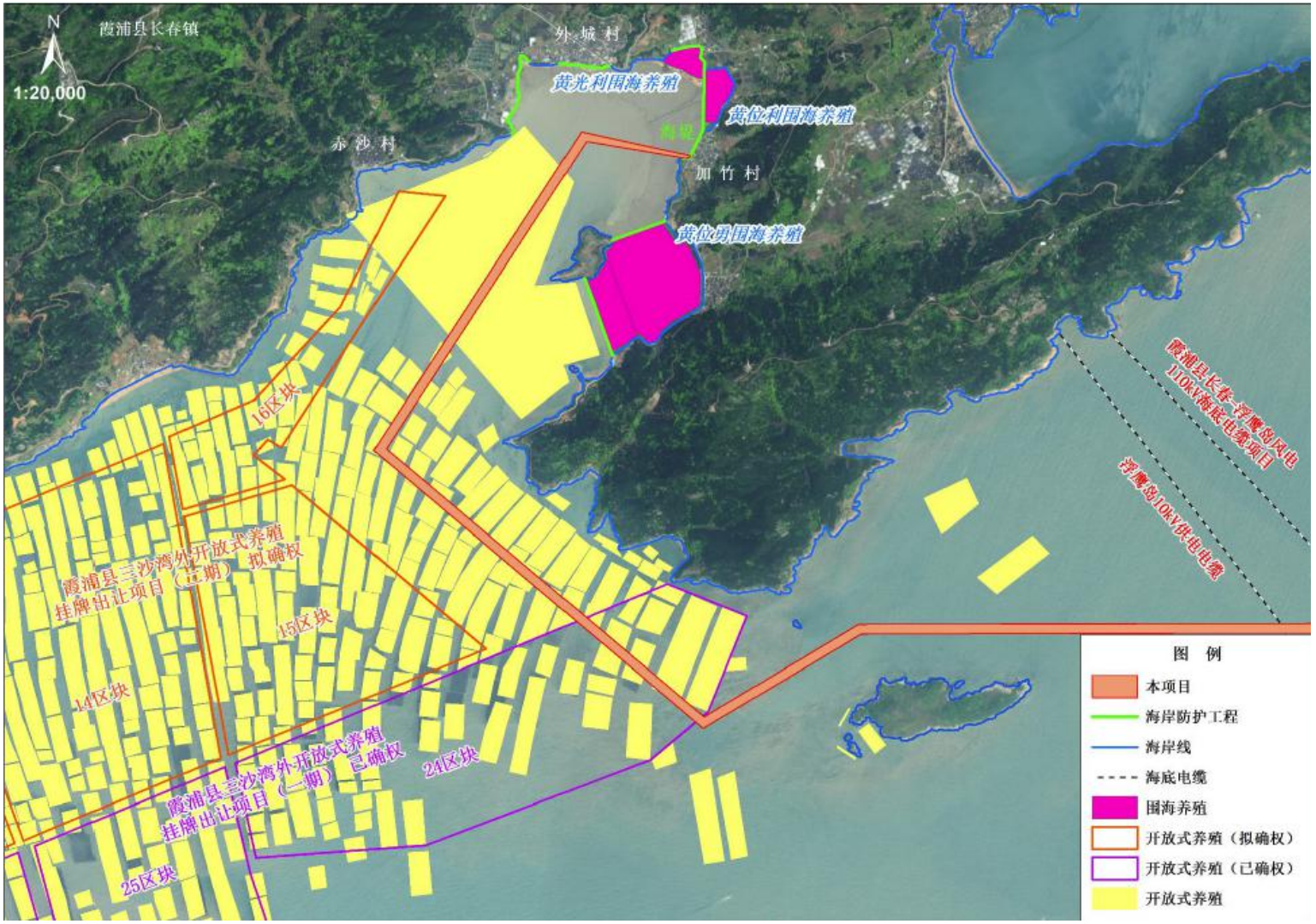


图 2.8-2 项目登陆点附近敏感目标分布

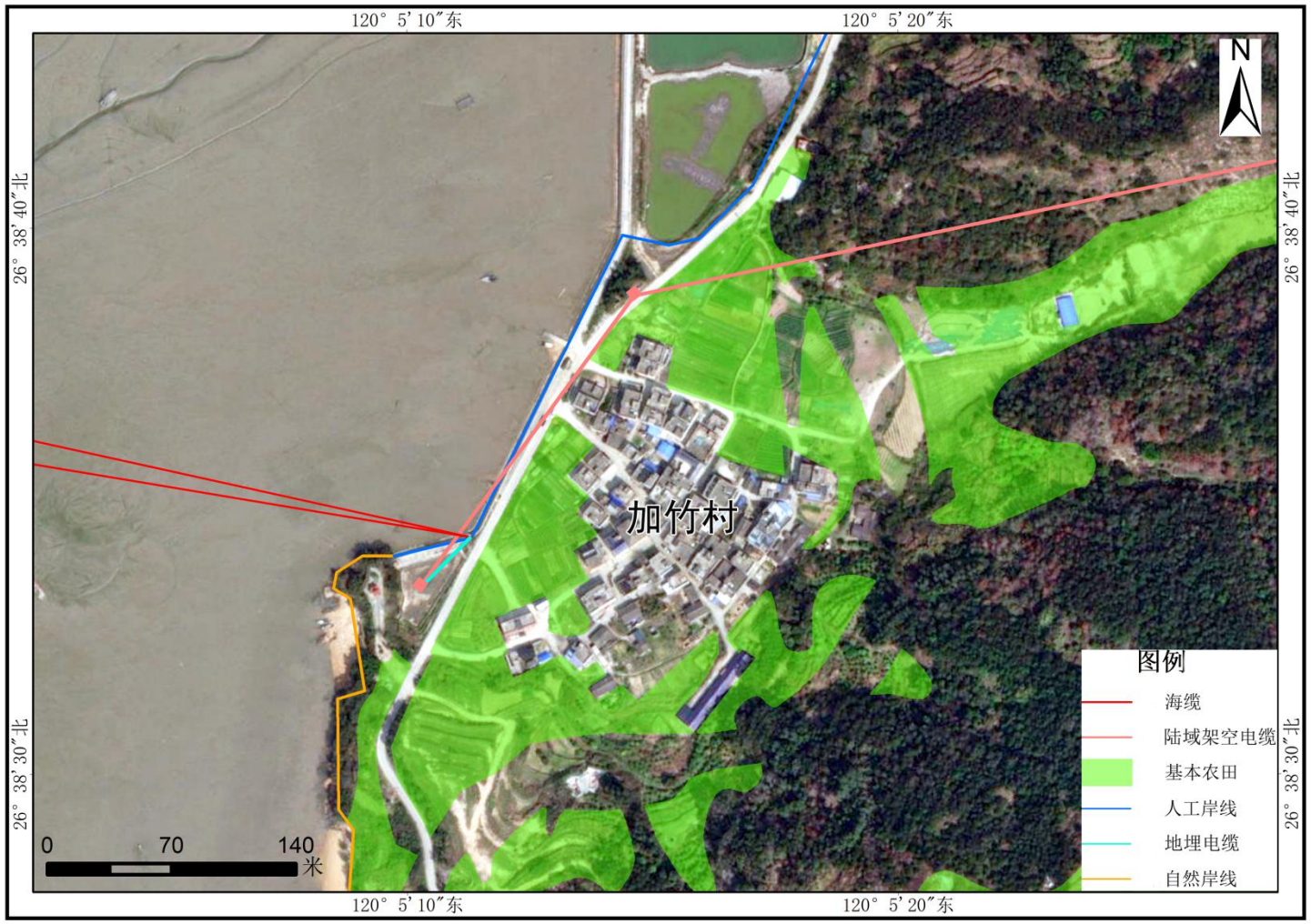


图 2.8-3 项目区登陆点敏感目标分布

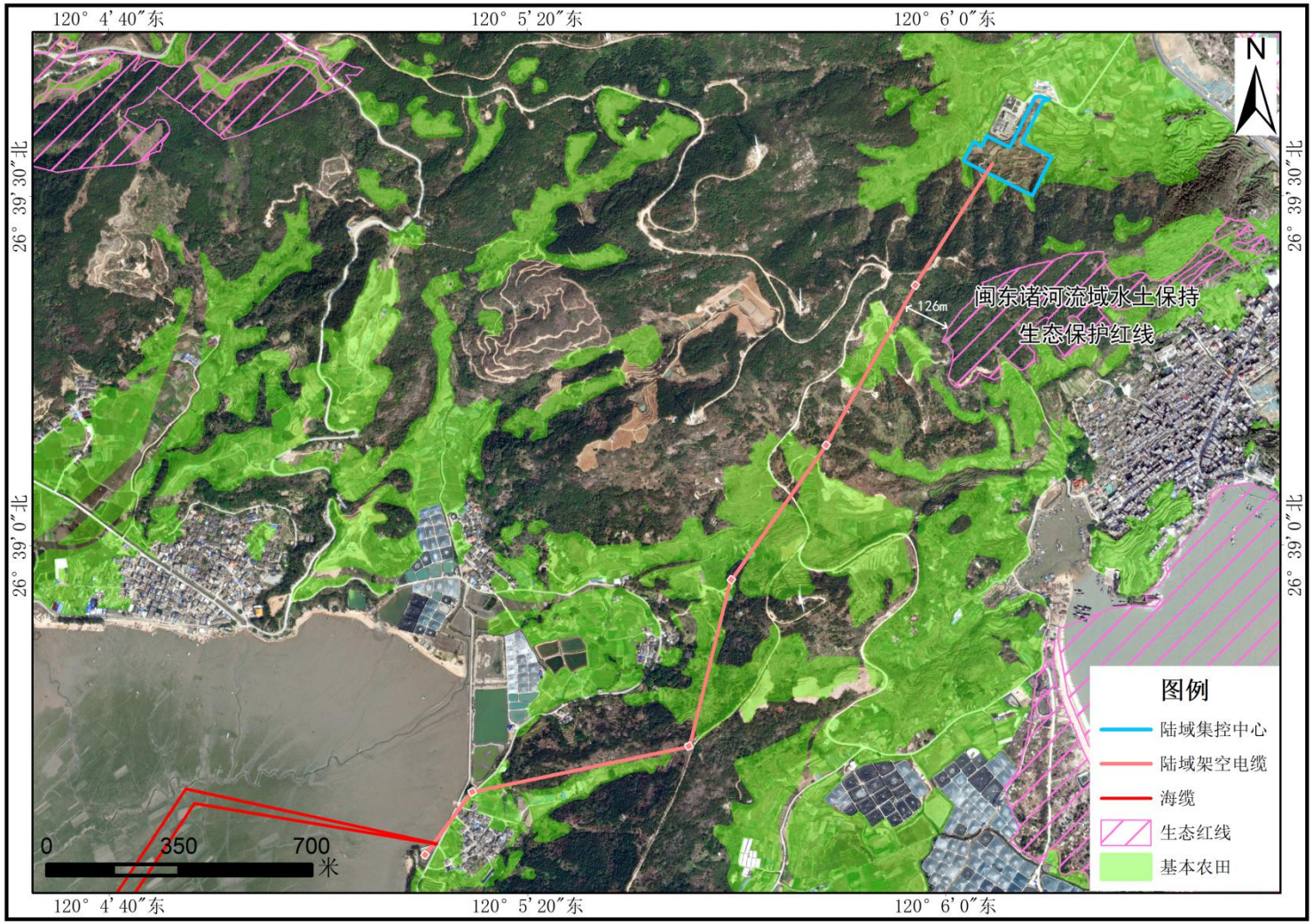


图 2.8-4 项目区陆域敏感目标分布



图 2.8-5 本项目与霞浦县湿地位置关系图

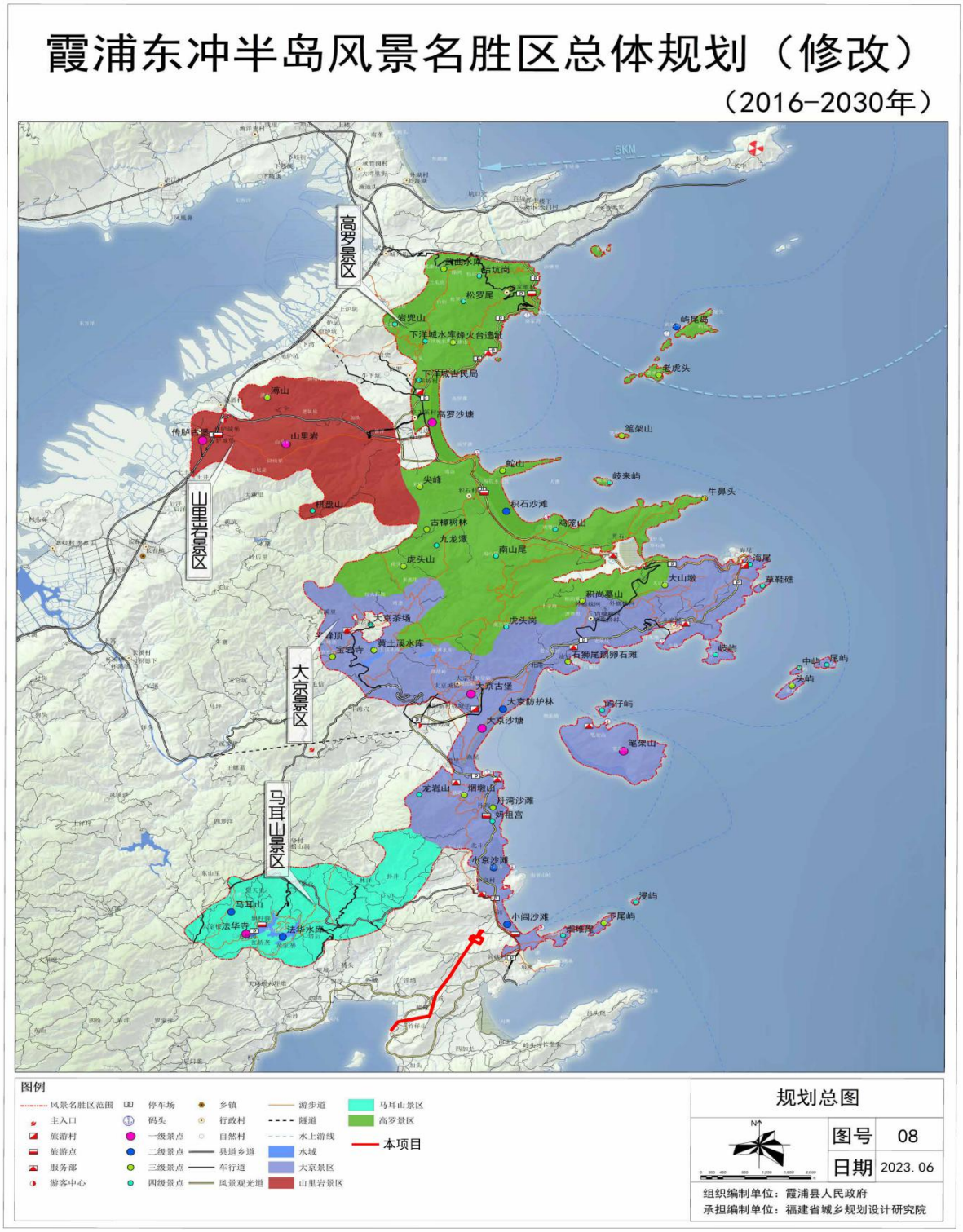


图2.8-6 本项目与霞浦东冲半岛风景名胜区位置关系图

2.9 评价工作程序

根据工程建设特征及环评导则的要求，针对项目施工期和运营期的特点、敏感性，结合现场调查、区域环境状况及资料收集整理结果，对本项目做出全面的评价。评价工作程序见图 2.9-1。

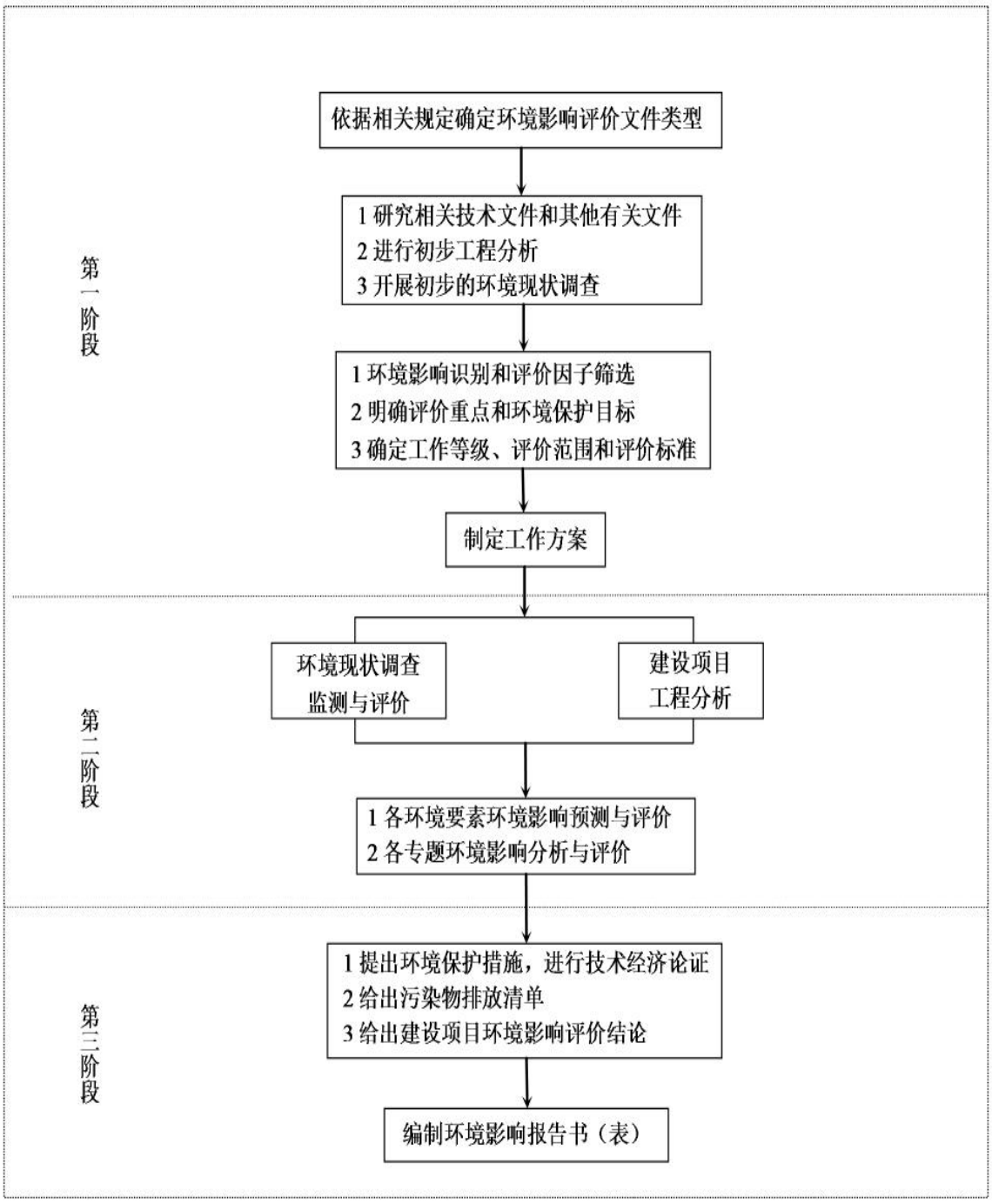


图 2.9-1 环境影响评价工作程序图

3 建设项目概况与工程分析

3.1 建设项目概况

3.1.1 项目基本情况

（1）项目名称：宁德霞浦海上风电场 B 区项目

（2）建设单位：霞浦闽东海上风电有限公司

（3）建设性质：新建

（4）地理位置：宁德霞浦海上风电场 B 区项目位于福建省霞浦东冲半岛以东、北礵岛南侧海域，项目概位见图 3.1-1；陆上集控中心位于宁德市霞浦县长春镇吕峡村（东冲半岛东侧沿海山地）。具体位置见图 3.1-2。



图 3.1-1 风电场概位图

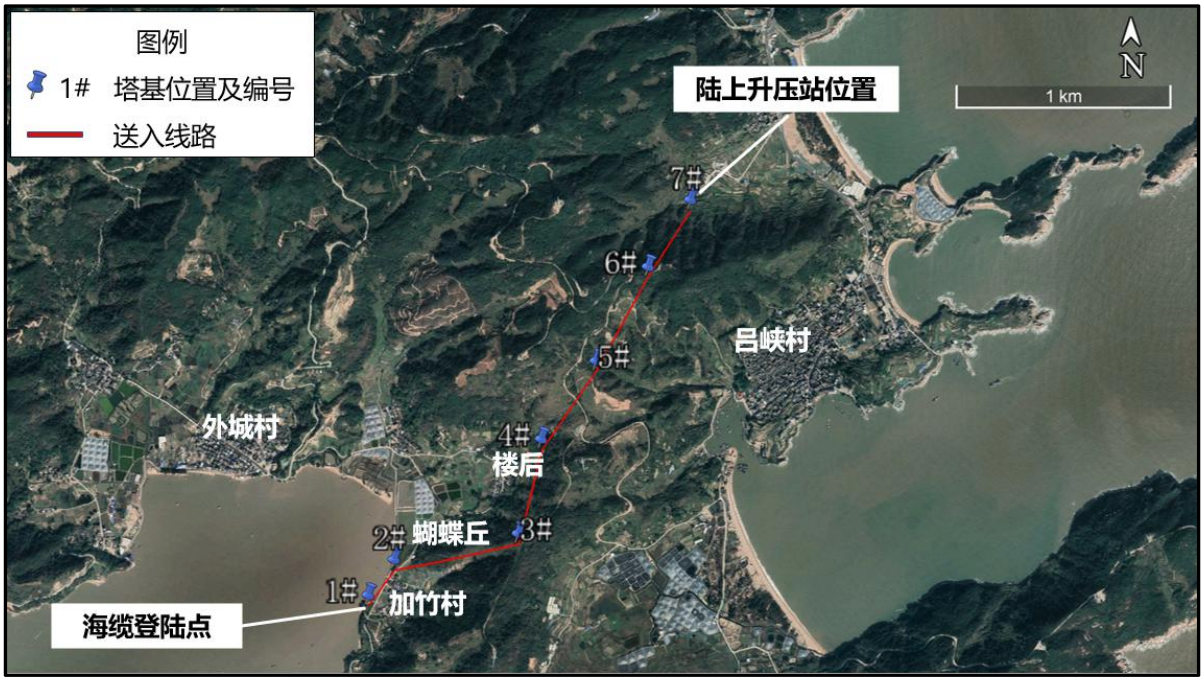


图 3.1-2 登陆点及陆上集控中心概位图

（5）建设内容与规模

本项目装机容量 288MW，建设 36 台 8MW 海上风力发电机组、2 回 220kv 海缆送出，风机电能经预装在塔筒内的变压器升至 35kV 后，由 35kV 海底电缆先接入布置工程区西北侧 B1#机位附近的海上升压变电站，升压至 220kV 后，再经 2 回 220kV 海底电缆由竹仔山登陆后转向东北方向，途经蝴蝶丘、楼后接入陆上 220kV 变电站，建设内容包括海上风机、海上升压站、海底电缆、陆上电缆铺设和陆上集控中心，工程组成内容一览表见表 3.1-1。建设总工期 24 个月，计划投资约 37.52 亿元。

表 3.1-1 工程组成内容一览表

工程内容		项目组成	项目建设内容
主体工程	海上工程	海上风机建设	建设 36 台 8MW 海上风力发电机组，装机容量 288MW
		35kV 海缆	10 回 35kv 海缆，长度 55.939km
		海上升压站	2×180MVA 主变，2 套 220kV GIS，1 台发电机，一座 80m^3 事故油罐
		220kV 海缆	2 回 220kV 海缆，2 回总长度 50.139km，在长春镇加竹村西侧竹仔山登陆
	陆上工程	陆上电缆	两回 220kv 陆上架空电缆，线路长度 2.5km
		陆上集控中心	场区面积约 22958m^2，场内布置主控楼、无功补偿装置楼、GIS 配电装置室、35kV 配电装置室、备品库、消防泵房、附属楼等；；3×80MVA 户外变，6×38MVar SVG，1 套 220kV GIS，1 台发电机，一个 50m^3 事故油池

配套工程	通信、消防、电气	风机组、海上升压站和陆上集控中心统一布置
临辅工程	施工供电、供水	海上依靠补给船和船体发电机
依托工程	陆域集控中心送出工程	1 回 220kV 架空线路接入 220kV 港区变，不在本次评价责任范围内
	施工交通	依托罗源湾港区可门作业区作业区进行物资转运
	运维码头	依托吕峡陆岛交通码头进行运维人员上下船舶
环保工程	废水处理	船舶生活污水、含油废水委托有资质单位接收处理
	固体废物处置	生活垃圾统一收集后定期运往附近垃圾厂集中处理

3.1.2 平面布置

（1）海上工程

①风电机组布置

风机单机容量为 8MW 的机型，风电机组垂直主导风向布置，沿列间距 3.9D、行间距 12D（D=175m）。根据风机布置，横向串联风机，36 台风机分设 10 回 35kV 集电线路将电能送至 220kV 海上升压站，，220kV 海上升压变电站位于风电场 B 区西北侧（B1#风机附近）。风机平面布置见图 3.1-3。

②海底电缆

风电场区设置 10 回 35kV 海缆，风机所发电能汇集到海上升压站 35kV 配电装置，经主变升压至 220kV 后通过 2 回 220kV 海缆送出，220kV 海缆自海上升压站向西延伸 3.6km 后折向西北，在"浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区"东北部约 1.2km 处折向西，绕过长草屿和"高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区"后于加竹村前海湾登陆。陆域部分拟利用挖沟直埋和高架方式将 220kV 海缆直接接入陆上集控中心。海底电缆布置图见图 3.1-3。

③海上升压站

根据电气布置需要，本项目拟在风电场 B 区西北侧（B1#风机附近）新建一座 220kV 海上升压变电站。海上升压变电站拟选用导管架平台结构形式。

220kV 海上升压变电站建筑为三层钢结构，其中一层平面尺寸为 24.0m×34.0m，二层和三层的平面尺寸为 38.0m×38.0m。一层布置有事故油罐、救生装置等设备并兼为电缆层，层高约 6m 左右；二层布置主变室、GIS 室、35kV 高压开关室、低压配电室、继电保护室、蓄电池室和备品间等，主变散热装置和本体分开布置，除主变室、GIS 室

层高 10m 外，其余房间层高均为 5.5m；三层布置有暖通机房、柴油机房、应急配电室、应急办公室、接地变及站用变室等，层高为 5.5m，顶层甲板布置一间水泵房，平面尺寸为 9.0m×8.0m，层高约 4.5m。

220kV 海上升压变电站一层设有两个通道，可以通过救生艇等逃生，二层、三层平台均设有两部疏散楼梯，楼梯宽度为 1.5m，满足疏散通道要求；220kV GIS 室、35kV SVG 变室等主要防火区域均设有两个出口，所有防火门均向疏散方向开启。对外露的钢结构梁、柱、楼板均采用防火涂层喷漆，内墙采用防火复合材料。

升压站主变室内、柴油发电机室等，均设置排油地漏，通过排油管路连接至一层的事故油罐。

（2）陆上工程

输电线路于竹仔山登陆后转向东北方向，途经蝴蝶丘、楼后接入陆上 220kV 变电站。

陆上集控中心拟选择在宁德市霞浦县东冲半岛东侧沿海山地，现有闾峡风电场集控中心南部，项目场地为耕地及旱地，处于低丘斜坡地貌单元上，场地地表标高约为 25m～50m。主要构筑物包括集控中心主要建、构筑物有主控楼、附属楼、无功补偿装置室、35KV 配电装置室、220KVGIS 配电装置室、主变、备品库、消防泵房及水池、事故油池及门卫室等。陆域集控中心平面布置见图 3.1-4。

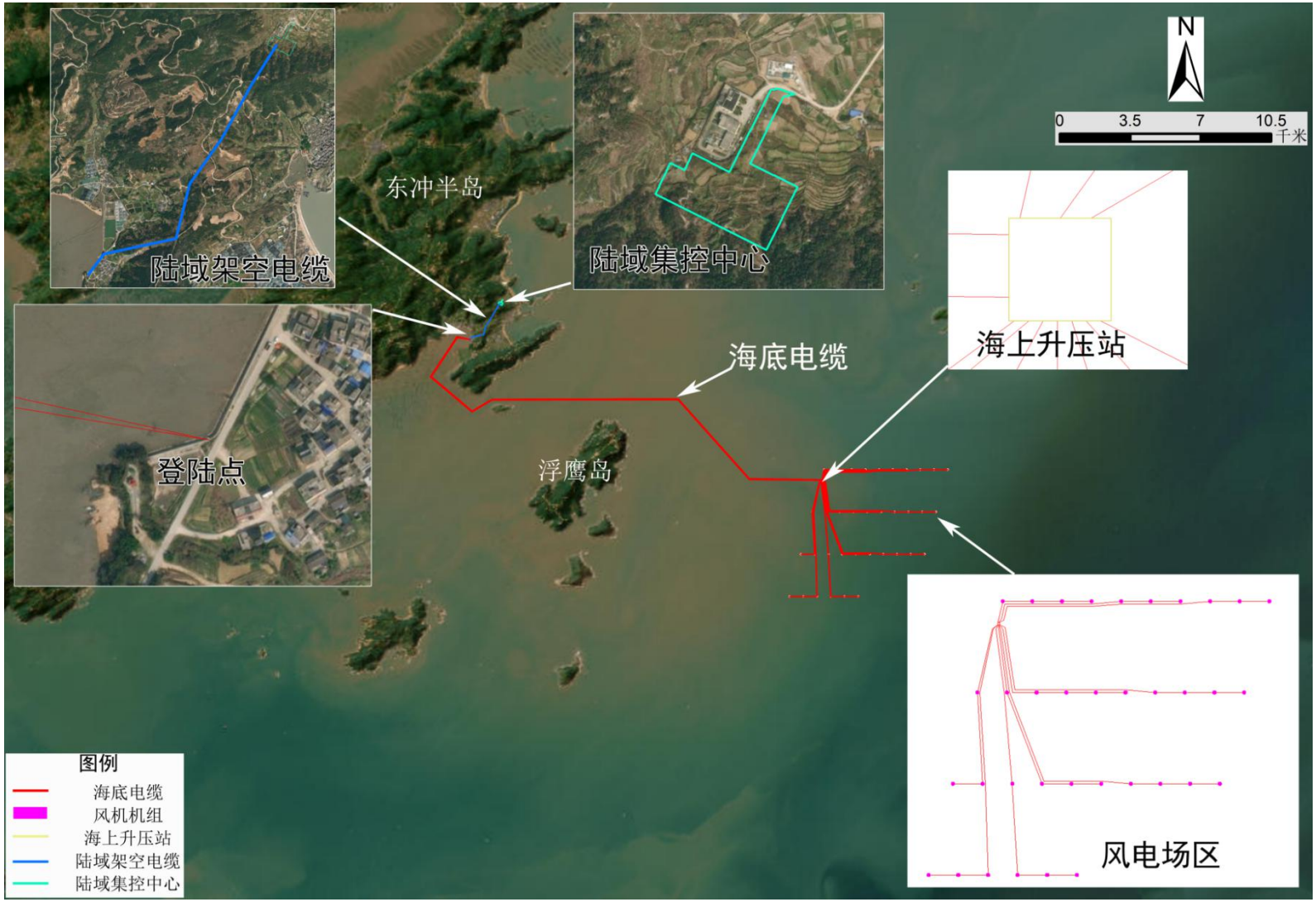

陆域架空电缆
东冲半岛
陆域集控中心
N
0 3.5 7 10.5
千米
海上升压站
海底电缆
登陆点
浮鹰岛
风电场区
图例
海底电缆
风机机组
海上升压站
陆域架空电缆
陆域集控中心

图 3.1-3 总平面布置图

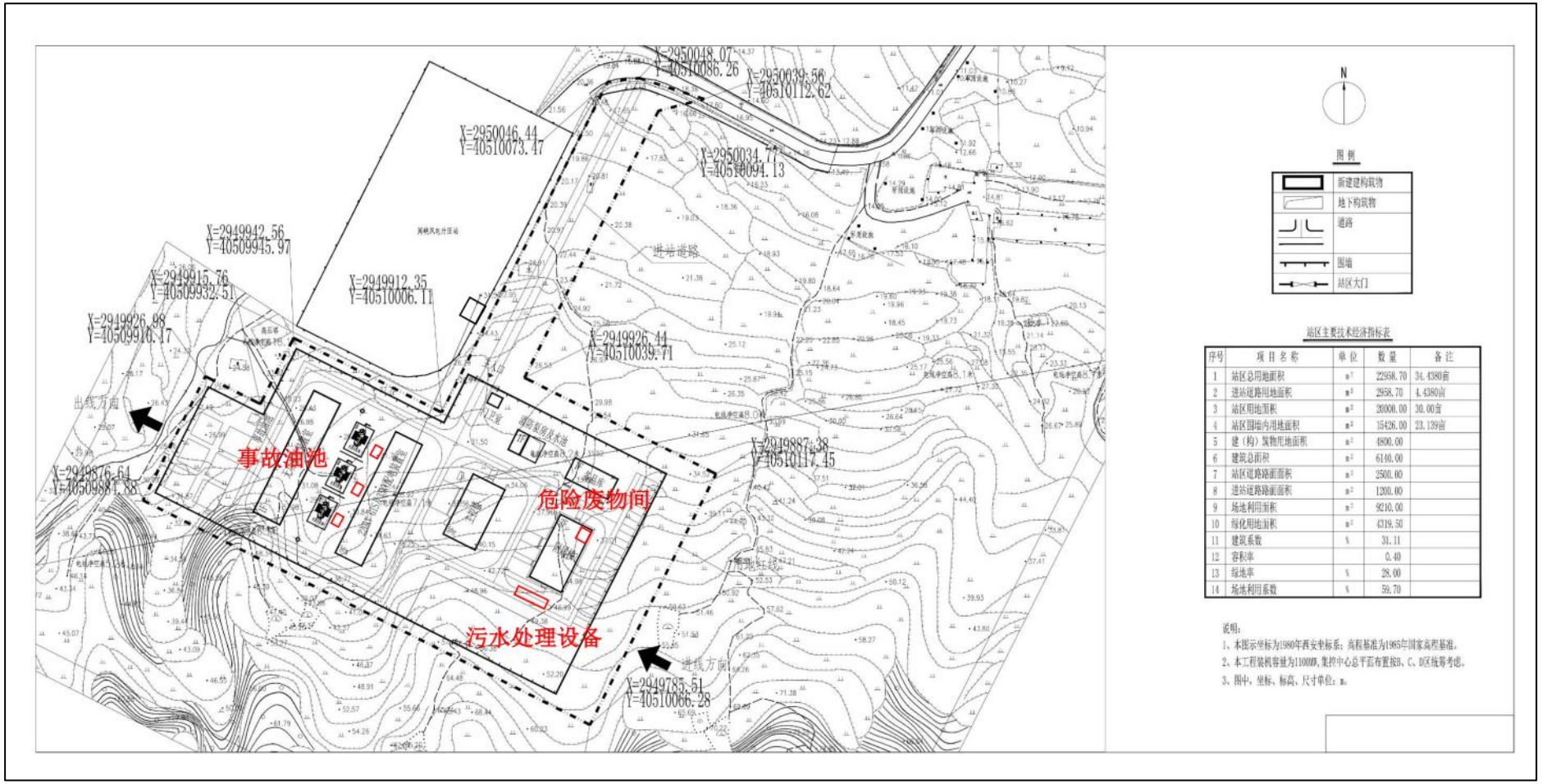


图 3.1-4 陆上集控中心平面布置图

3.1.3 主要结构和尺度

3.1.3.1 风机

（1）风机机型

本项目选定8MW单机容量风力发电机组。其主要技术参数如下：

表3.1-2 风机设备特征一览表

名称	数量	单位
单机容量	8	MW
风轮直径	175	m
轮毂高度	110	m
切入风速	3	m/s
切出风速	30	m/s
额定风速	11.5	m/s
安全风速	70	m/s

（2）风机基础

风电场36台风机基础均拟采用桩数为八桩的高桩承台基础。高桩承台基础采用圆柱体钢筋混凝土承台，支撑在基础钢管桩上，通过预埋的风机基础过渡段与上部风力发电机塔筒连接，过渡段顶高程为+18.9m。基础承台采用强度等级为C50的高性能海工混凝土。承台底标高取+3.20m，采用圆柱形结构形式，承台直径16.6m，承台高度为5.6m（含封底混凝土0.8m），顶部高程+8.80m。承台基础均采用钢管桩基础，桩基的平面布置形式为在承台底面以承台竖向中轴线为圆心，均布于直径12.6m的圆形轨迹曲线上。为使基础具有更高的水平刚度和整体稳定性，钢管桩采用斜桩，斜度5：1（1：0.2）。根据拟定机型的基础受力条件和场地内地质条件，风电场36台高桩承台基础拟采用端承摩擦桩，设计以粉质粘土、粉砂或中砂为持力层，采用8根直径2.1~3.1m的钢管桩，泥面以下约5.5m~13.3m为直径2.1m~3.1m钢管变径段，钢管变径坡度约为1:20，变径段以上至桩顶的桩径为2.1m，变径段以下至桩端的桩径为2.1m，钢管桩壁厚42~38mm，桩顶高程+5.80m，设计桩长114～124m。钢管桩内灌注微膨胀C40混凝土。灌注的顶高程为+5.80m，未布置靠船设施的钢管桩灌注底高程为+1.20m，布置靠船设施的钢管桩灌注底高程为-5.00m。钢管桩材质采用Q355NC。工作平台设在承台顶面，承台顶面外围设置护栏，其他设施如靠船设施、钢爬梯等附属结构物设在承台侧面。风机基础示意图见图3.1-5。

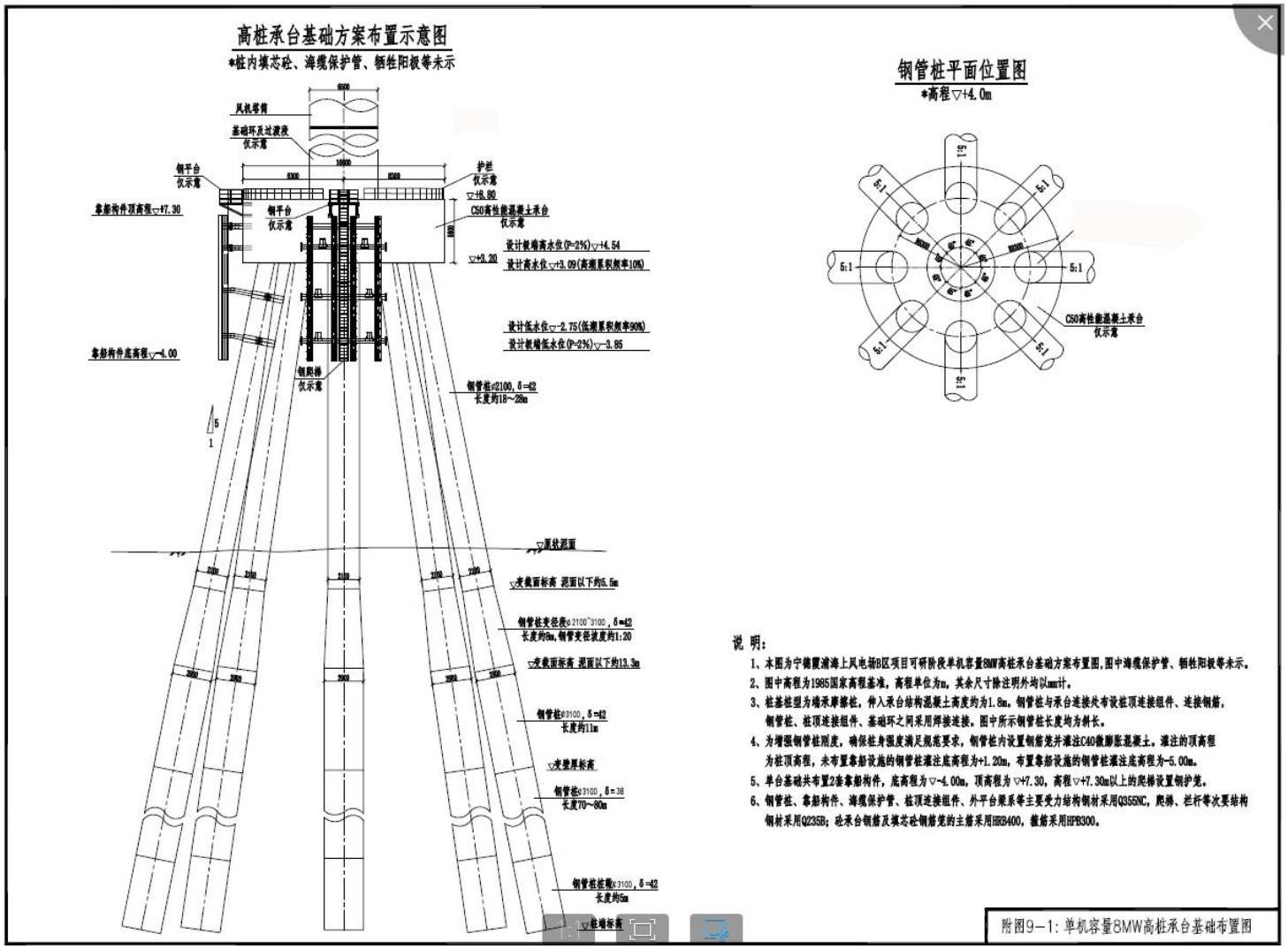


图 3.1-5 风机基础立面图

3.1.3.2 海上升压站

（1）升压站基础

升压站下部结构采用先桩法导管架基础型式，导管架基础采用四桩导管架基础型式。桩基采用钢管桩，均为直桩。根据导基础受力条件和场内地质条件，海上升压变电站导管架基础钢管桩拟采用端承摩擦桩，设计以粉质粘土、粉砂或中砂为持力层。设计桩长约 99m，桩径 3.2m，壁厚 40～60mmm，桩入泥约 91m。钢管桩泥面以上部分均位于导管架主导管内，通过灌浆形式与主导管相连。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。单根桩重约 401.5t，4 根桩总重约 1606t。

导管架由 4 根双斜竖向主导管、3 层斜撑导管及 2 层水平横撑导管组成，导管架顶部尺寸为 24m×24m。主导管采用双斜布置型式，表观斜度约 9:1，主导管直径 2.0~3.1m，壁厚 40mm，顶标高+15.90m，底标高-14.0m。导管架 4 个侧面的斜撑导管直径 1.5m，壁厚 30~40mm，上、下两层水平撑导管直径分别为 1.2m、1.5m，壁厚均为 30~40mm。导管架采用 DH36 钢材，局部节点采用 DH36-Z35 钢材加强。靠船构件、爬梯、牺牲阳极等附属构件结合主导管布置。导管架在工厂预制好以后整体运输到施工位置吊装。

在海上升压变电站两侧沿导管架分别布置 Φ325mm 的 35kV 海缆保护 J 型套管和 Φ508mm 的 220kV 海缆保护 J 型套管。海缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。

上部组块与导管架的连接采用焊接及灌浆方式。

导管架与桩基础连接采用灌浆方式。升压站基础见图 3.1-6。

（2）平面布置

海上升压变电站拟选用导管架平台结构形式。各层结构件图 3.1-7~3.1-8。

220kV 海上升压变电站建筑为三层钢结构，其中一层平面尺寸为 24.0m×34.0m，二层和三层的平面尺寸为 38.0m×38.0m。一层布置有事故油罐、救生装置等设备并兼为电缆层，层高约 6m 左右；二层布置主变室、GIS 室、35kV 高压开关室、低压配电室、继电保护室、蓄电池室和备品间等，主变散热装置和本体分开布置，除主变室、GIS 室层高 10m 外，其余房间层高均为 5.5m；三层布置有暖通机房、柴油机房、应急配电室、应急办公室、接地变及站用变室等，层高为 5.5m，顶层甲板布置一间水泵房，平面尺寸

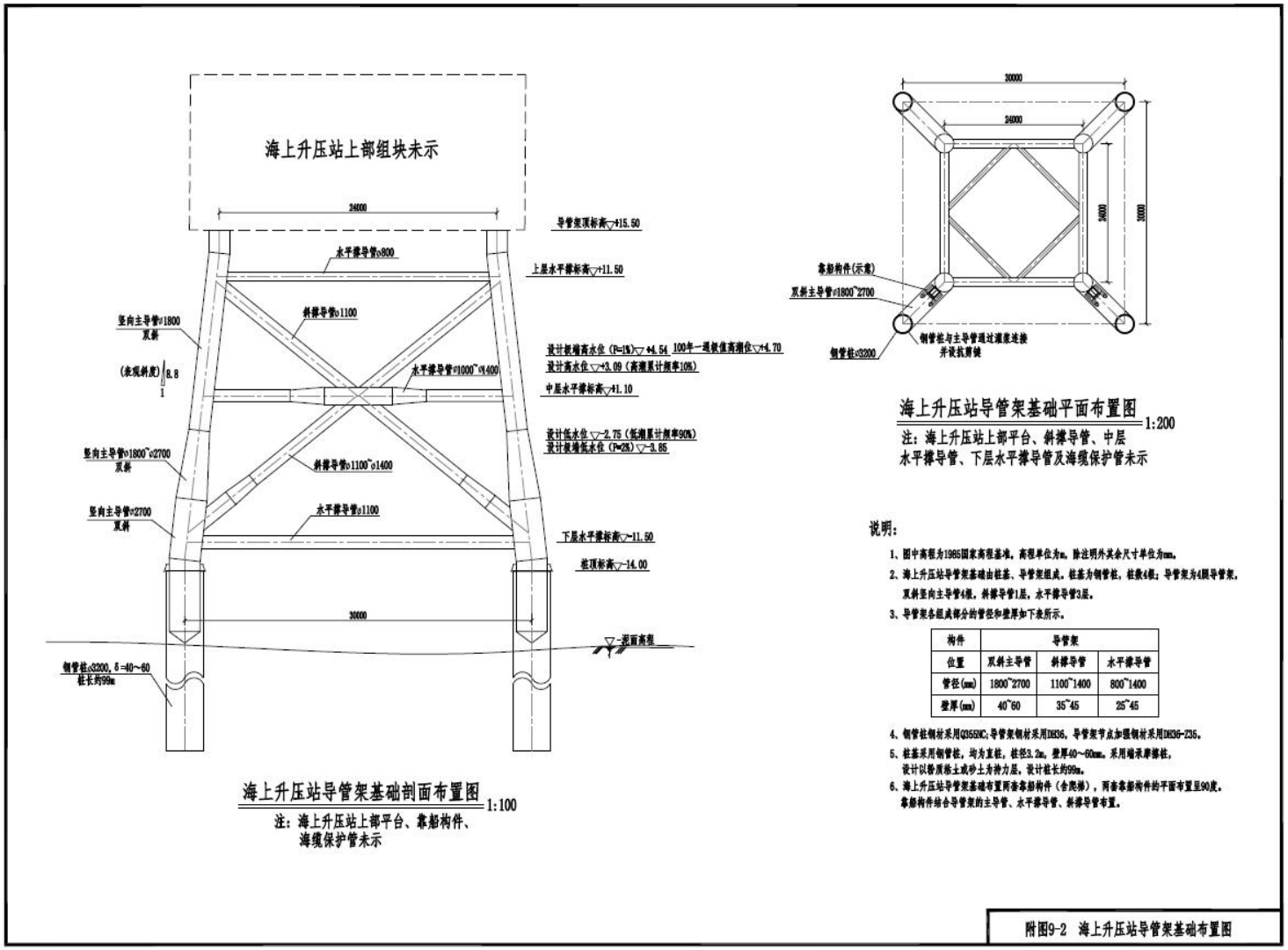


图 3.1-6 升压站基础剖面图

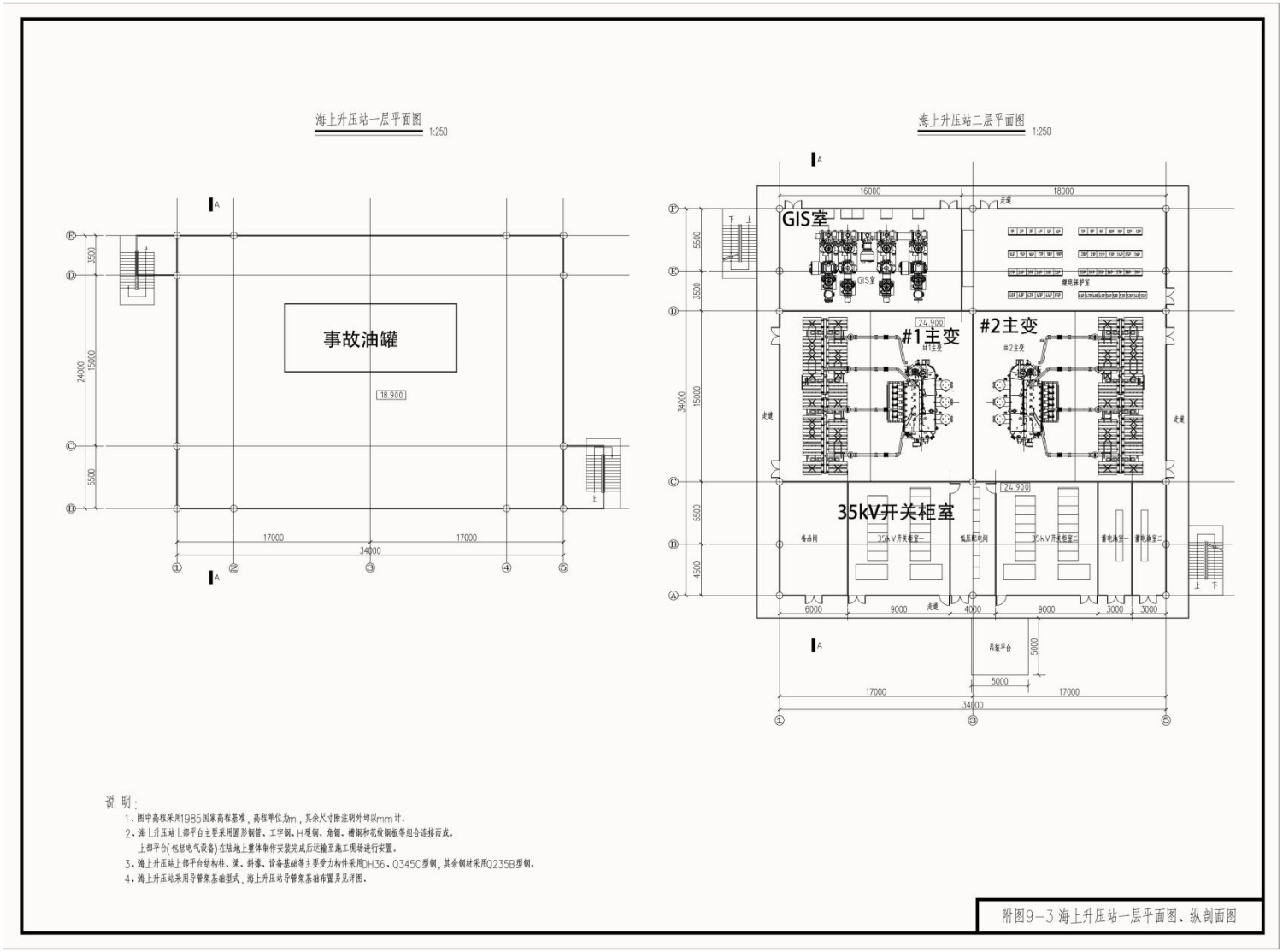


图 3.1-7 海上升压站一、二层平面图

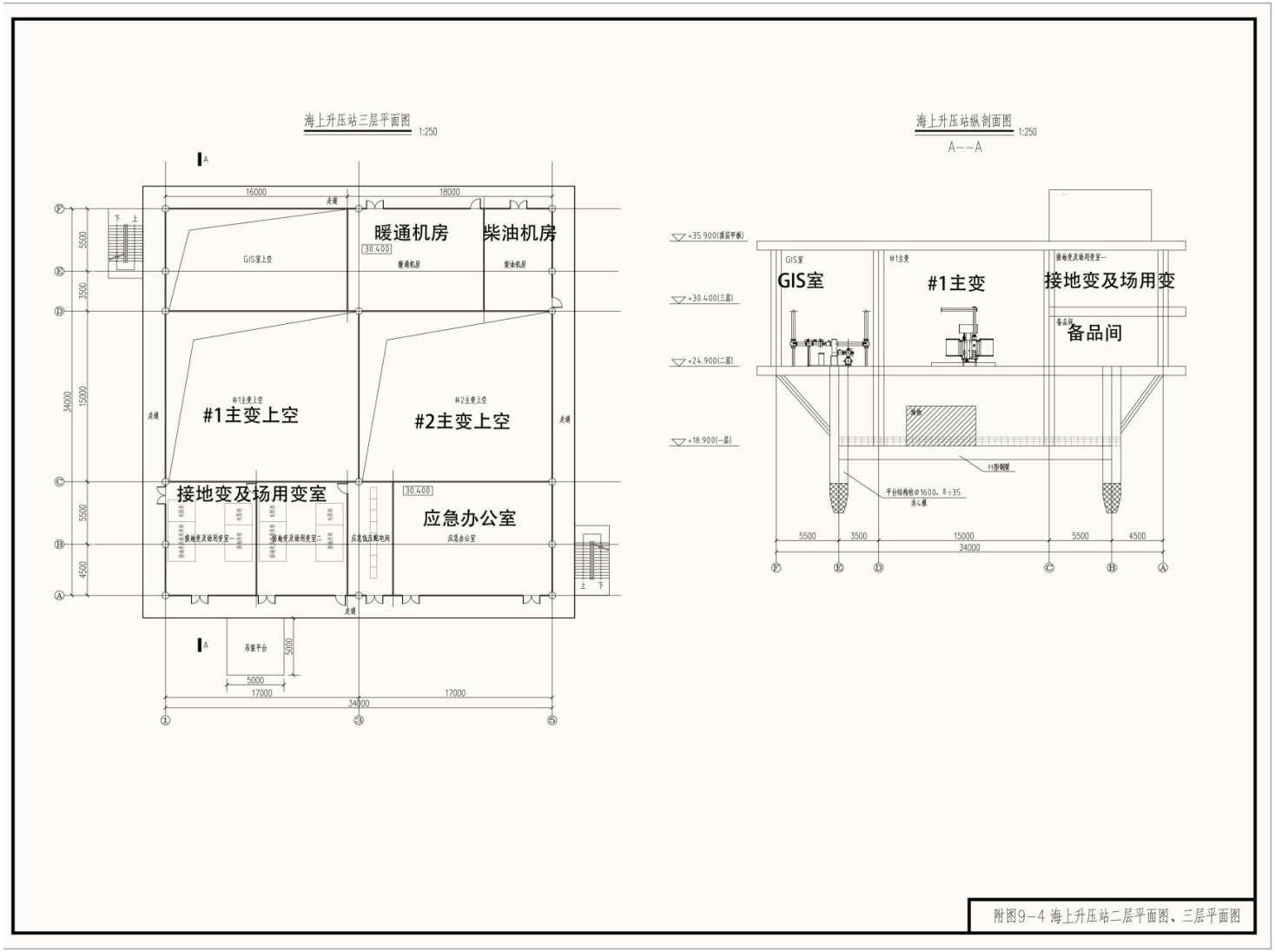


图 3.1-8 海上升压站三层平面及升压站纵剖面图

为9.0m×8.0m，层高约4.5m。

220kV海上升压变电站一层设有两个通道，可以通过救生艇等逃生，二层、三层平台均设有两部疏散楼梯，楼梯宽度为1.5m，满足疏散通道要求；220kV GIS室、35kV SVG变室等主要防火区域均设有两个出口，所有防火门均向疏散方向开启。对外露的钢结构梁、柱、楼板均采用防火涂层喷漆，内墙采用防火复合材料。

（3）电气设备

海上升压站布置有主变压器、柴油发电机组等设备。具体见表3.1-3。

表3.1-3 海上升压站电气设备一览表

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	220kV GIS	252kV，2500A，50kA			
		线路断路器间隔	个	2	
		桥断路器间隔	个	1	
2	主变压器	SFZ11-180000/220-37-37	台	2	
3	220kV变压器中性点接地保护装置		套	2	
4	接地变兼站用变柜	DKSC-37/1600-800 ZN，yn11 37±2×2.5%/0.4kV	台	2	
5	接地变柜	DKSC-37/800 ZN	台	2	
6	接地电阻柜	ZT-37/71.2	台	4	
7	柴油发电机组	400V 500kW	台	1	
8	低压配电屏	GCK-0.4kV	面	14	
9	低压动力箱（柜）	XL-21	面	12	
10	35kV绝缘铜管母线	JTMZ35kV/2000A	m	240	

3.1.3.3 海底电缆

机组配套升压变将风机出口电能升压至35kV，通过10回35kV海缆，汇集至海上升压站35kV母线，经海上升压站主变升压至220kV后由2回220kV三芯海底电缆送出，其型式为铜导体3芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装光纤复合海底电缆。

3.1.3.4 登陆点及陆缆

本项目登陆点位于长春镇加竹村西侧海湾登陆，本项目2回220（kV）海缆在竹村前海湾登陆后，就近转为二回220kV架空线路，途经蝴蝶丘、楼后接入陆上220kV变电站，海缆登陆时，采用定向钻施工方式穿越人工岸线。

登陆点周边现状见图3.1-9。



图 3.1-9 登陆点现状

（1）主要技术特征

主要技术特性一览表见表3.1-4。塔杆基础见图3.1-10。

表 3.1-4 主要技术特性一览表

线路电压	220kV
路径长度	双回路约 2.5km。
架线形式	同塔双回路双避雷线铁塔架空架设。
导线型号	导线采用 J JL/G1A-400/35-4817 钢芯铝绞线；避雷线采用铝包钢绞线 JLB40-100 型号和 OPGW 光缆。
架设高度	铁塔塔高在 36~52m 之间。
导线相序	从上到下 A、B、C 垂直排列，使用悬垂绝缘子串的最小垂直线间距离不小于 5.5m。
线间距	水平线间距离按设计规范根据档距和弧垂计算，双回路不同相导线间的水平距离在上述水平线间距离的基础上增加 0.5m。
额定输送容量	150MW/回
额定工况	满足海上风电场全部电能送出。
途经区域	宁德霞浦县

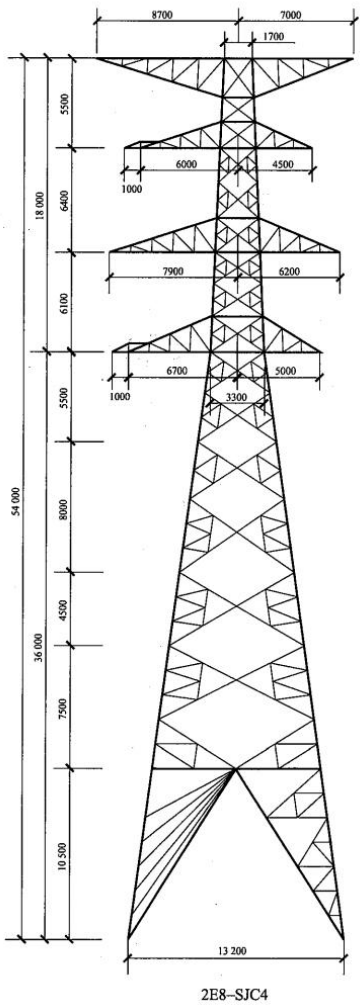


图 3.1-10 塔杆基础图

（2）塔基位置

线路工程塔基位置见表3.1-5。

表 3.1-5 塔基位置情况表

塔基序号	经度	纬度
1#	26°38'33.43"	120° 5'10.28"
2#	26°38'38.77"	120° 5'14.64"
3#	26°38'42.67"	120° 5'35.50"
4#	26°38'56.86"	120° 5'39.40"
5#	26°39'8.56"	120° 5'48.59"
6#	26°39'22.71"	120° 5'57.38"
7#	26°39'32.76"	120° 6'4.51"

3.1.3.5 集控中心

（1）集控中心主要构筑物

集控中心主要建、构筑物有主控楼、附属楼、无功补偿装置室、35KV 配电装置室、

220KV GIS 配电装置室、主变、备品库、消防泵房及水池、事故油池及门卫室等。集控中心平面布置见图 3.1-4。

主控楼：底层设门厅、蓄电池室、备品间、继保室，层高 4.2m；二层设接待室、办公室、电工试验室、会议室、主控室及卫生间等房间，层高 4.2m；三层设办公室、多功能厅、资料室及卫生间等房间，层高 3.6m。

无功补偿装置楼：一层为 SVG 连接电抗器室，层高 6.0m；二层为 SVG 装置室，层高 7.0m。

GIS 配电装置室：为单层建筑，建筑高度为 8.1m。

35kV 配电装置室：为单层建筑，建筑高度为 6.1m。

备品库：为单层建筑，建筑高度为 4.5m。

消防泵房：为单层建筑，建筑高度为 4.3m。

附属楼：底层设门厅、备餐间、餐厅、休息室及卫生间等

房间，层高 4.2m；二层设洗衣房、活动室、休息室等房间，层高 3.2m；三层设休息室（12 间），层高 3.2m。

门卫室：为单层建筑，建筑高度为 3.2m。

（2）集控中心电气设备

①主变压器

集控中心设计安装 3 台主变容量为 80MVA，电压等级为 220/35 双绕组油浸变压器。

②220kV 配电装置

主变高压 220kV 侧为双母线接线，采用 220kV SF6 气体绝缘金属封闭式组合电器（GIS），共设置有 14 个间隔，包括 3 个主变进线间隔，2 个母线设备间隔、1 个母联间隔、6 回海缆进线间隔及 2 回架空出线间隔。

③35kV 配电装置

主变低压 35kV 侧为单母线分段接线，安装 35kV 开关柜 18 台，分别为 6 回无功补偿装进线、3 回主变出线、2 回场用变进线、3 面母线设备柜，2 面分段断路器柜及 2 面分段隔离柜；选用真空开关柜。

④无功补偿装置

拟安装 6 套 38MVar SVG 型直挂水冷式动态无功补偿装置。实现对感性无功 0～228MVar，容性无功 0MVar～228MVar 的连续动态补偿。在下阶段设计工作中，可根据工程接入系统方案对无功补偿装置的设置容量及安装套数进行优化。

⑤接地系统

220kV 系统采用中性点直接接地的方式，主变压器 220kV 侧中性点采用经隔离开关直接接地或经避雷器、放电间隙接地。

⑥场用电系统

陆上集控中心场用电电压等级为380/220V，采用单母线分段的接线方式，采用 3 回电源进线供电， 2 回工作电源分别取自两台互为备用的场用变压器，一回备用电源建议由施工电源（施工完成后转化为风电场集控中心的备用电源）引接，施工电源考虑从集控中心附近 10kV 配网引接。

3.1.3.5 公用工程

（1）防腐工程

对于浪溅区和水位变动区等腐蚀较为严重的区域，另外预留 2~4mm 的腐蚀余量。根据结构所处环境条件和暴露条件的不同，结合国内外海洋钢结构防腐的设计和施工经验，整个基础结合大气区、浪溅区、水位变动区和水下区统一布置防腐蚀系统。高桩承台基础及海上升压变电站导管架基础在水位变动区及水下区的钢结构采用防腐涂料和牺牲阳极阴极保护措施。

（2）消防工程

本工程主变配置干粉及干砂用于灭火，在主变压器附近设置 2 具推车式干粉灭火器和 1 座消防砂箱(1m^3)，并配置 5 把消防铲及 5 个消防铅桶。

陆上集控中心建筑物按国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB50140－2005 及《电力设备典型消防规程》DL 5027-2015 中的规定配置移动式化学灭火器。其中主控楼、GIS 配电楼、35KV 配电楼、无功补偿装置楼配置手提式干粉灭火器和手提式二氧化碳灭火器；附属楼、备品库、消防水泵房均配置手提式干粉灭火器。

风机消防设计按照中国建设工程协会标准《风力发电机组消防系统设计规程》（CECS 391:2014）由风机供应商负责完成。本工程风电场风机及箱式变压器消防：在每台风机机舱及塔筒底部设置手提式磷酸铵盐干粉灭火器。另外，根据《电力设备典型消防规程》（DL5027-2015），750kW 以上的风机机舱内应设置无源型悬挂式超细干粉灭火装置，采用自身热敏感元件探测并自动启动。箱式变压器附近设置手提式磷酸铵盐干粉灭火器。

（3）防冲刷

工程区离海岸较远且海底表层淤泥层较厚，根据经验公式计算，在不设置防冲刷措

施时，高桩承台基础冲坑深度约6.7m，海上升压变电站导管架基础冲坑深度约6.3m。考虑到高桩承台基础和海上升压变电站导管架基础整体性均较好，基础刚度均较大，在基础结构分析计算时按预留冲刷深度考虑，基础不再采取其他专门的防冲刷措施，即高桩承台基础、海上升压变电站导管架基础计算泥面高程分别采用天然泥面冲刷6.7m、6.3m后的高程。

（4）靠泊和防撞

参考《港口工程荷载规范》JTS144-1-2010，工程区按无掩护海域考虑，系缆设施系缆力标准值按50kN，靠船防撞设施按500t级工作船舶法向靠泊速度0.50m/s设计。

本工程综合考虑防撞设施布置的造价和本风电场周边的通航情况，拟定采用以预防措施为主，即风机基础顶部侧面喷涂警示反光漆，海上升压变电站导管架基础及每座风机基础均设置警示灯和雷达应答器，除此之外不再设置专门的防护措施，在结构设计时考虑较小吨位船只的意外撞击。

（5）给排水工程

①给水

本工程陆上集控中心拟考虑采用附近市政水作为陆上集控中心供水水源，水源接口处供水压力不得小于0.25MPa。陆上集控中心用水主要为生活用水和消防补给水，本工程拟在附属楼屋顶设置一套2m^{3}不锈钢水箱（自冲洗式）及一套小型自动增压稳压设备，调节全站的日常生活用水。

②污水处理

污废水采用雨污分流制。室内污废水重力自流排入室外污水管，经地埋式污水处理装置处理达标后回用。屋面雨水经雨水斗和立管收集后，经雨水口就近排入场区的室外雨水管网，站区内的雨水经汇集后，再排至集控中心西南侧场外沟中。

（6）环保工程

变压器油坑排水经事故油管排至事故油池，有效容积为50m^3，在事故油池内设置隔油设施。建设单位应委托有资质单位及时处理含油废水。

（7）运营期交通

运维人员日常巡视、维护经由吕峡陆岛交通码头至项目现场。

3.1.4 项目施工方案

3.1.4.1 风机基础施工

根据本工程钢管桩特性，整根进行管桩的沉桩施工，一般不考虑接桩作业，以保证管桩的施工质量。对于大直径、超长钢管桩的施工，选择大型的专业打桩船是沉桩施工的关键。根据本工程钢管桩特性及地质条件，以及附近海域试桩经验，本项目选择 IHC S1200 型液压打桩锤。

导管架基础主要施工工序：钢管桩、导管架的制作→钢管桩、导管架的运输→安装辅助定位桩和沉桩导向平台→钢管桩沉桩→拆除导向架平台和辅助定位桩→导管架沉放→导管架与钢管桩间隙灌浆→基础施工完成。

（1）钢管桩运输

钢管桩制作完成后选择 6000t 级可自航甲板驳船运输到项目区。

（2）钢管桩沉桩施工

①辅助定位架安装

选用辅助工艺定位导向架作为导管架钢管桩沉桩的精度控制措施。导管架基础沉桩施工时，辅助工艺定位导向架采用两辅助桩+桁架结构形式，通过辅助桩固定在海床面上，定位架结构包含U型导向、喇叭口及导向套筒。套筒长度10m，设置液压定位装置，通过在辅助工艺定位导向架设置GPS定位系统及液压调调平装置来保证钢管桩的垂直度。

②钢管桩沉桩

钢管桩海上沉桩系统包括打桩船、运桩船、抛锚艇、拖轮与交通艇等船舶组合，其中以打桩船为主要施工设备。

a.起桩、翻桩

船舶进场驻位完成后待现场人员检查确认无误后，起重船主钩与副钩开始同步起吊，当桩完全离开运桩驳甲板大约0.5m时，暂停起吊，再次检查钢丝绳受力情况，无异常后继续起吊，当桩距离运桩驳甲板6～7m时运桩驳退出施工区域。

翻桩时，控制主、辅吊钩同步，保持桩身水平、平稳起升，尽可能选择风浪较小的平潮时段进行起吊。待桩起升约5m高度后，暂停起升，撤出桩驳后主吊机继续起升并变幅臂架角度，溜尾吊钩缓慢下降至桩刚接触泥面后保持吊机吨位，并旋转臂架配合跟进（必要时辅吊船绞锚移船跟进），使溜尾吊钩保持垂直。

主副钩相互配合完成竖桩。竖桩完成后副钩船继续下放吊钩，使钢丝绳不受力，翻身钳自动脱落。

b.插桩、稳桩

桩翻身竖直后，通过起重船臂架变幅、回转、绞锚移位，使钢管桩进入稳桩架龙口，进龙口后将龙口关闭并锁定。若桩尖入水，注意桩的行进路线要避开锚缆，确保锚缆不会绊桩。通过平台上上放样的测量控制点测量，利用液压油缸顶伸调整桩位，确保桩中心位置满足设计要求后钢管桩在自重作用下下沉，钢桩自沉阶段是控制垂直度的关键阶段，自沉过程中，利用稳桩架上液压扶正的装置调整垂直度，保持垂直下桩。

c.自沉

钢管桩达到竖直吊装姿态后，起重船通过绞锚，将钢管桩缓缓移动到稳桩平台的抱桩器中心，然后通过稳桩平台的开合油缸，将龙口合拢，插入固定销使液压缸与桩身紧密接触。桩身稳定后开始自沉。

d.安装桩顶替打法兰

为保护桩顶法兰，液压冲击锤进行沉桩时，不得直接作用在桩顶法兰上，工艺法兰的上部焊接有一段30cm长的钢圆筒，圆筒的外径、壁厚等尺寸应与钢管桩顶部一致。工艺法兰的法兰盘与钢圆筒的焊接制作标准与钢管桩制作标准一致。

d.锤击沉桩

钢管桩自沉稳定后，向前移船主钩挂好打桩锤。副钩挂打桩锤液压管线，老锚船甲板吊机配合起升液压管线。吊装船起升主钩，将打桩锤和液压管线吊起。

吊装船船调整跨距、船位，将打桩锤套锤至单桩顶。套锤过程应缓慢，单桩有可能因压锤继续下沉。下沉过程中，继续监测钢桩绝对位置、垂直度、方位角，若不满足要求，则通过千斤顶进行调整。压锤结束且单桩状态基本稳定后，开启打桩锤，进行打桩工作。钢管桩每下沉一段距离，进行测量并调整垂直度，保证打桩质量。如此反复打桩—调整，直至将钢管桩桩顶打至设计标高且垂直度在允许误差范围内。

③导管架沉放施工方案

导管架海上吊装流程：起重船、导管架运输船分别抛锚就位→竖直起吊连接段，运输船起锚驶出，工作船驶入、锚泊就位→工作船安装监控仪，起重船下放连接段→通过监控及工作船上揽风控制连接段位置，将导管架钢筒体插入钢管桩→验收合格后，完成导管架吊装。

导管架沉放时，首先下放水下监控仪器，实时获取水下视讯，指挥控制导管架安装动作，同时通过安装与导管架平台上的GPS定位设备观察导管架实时位置。水上通过设置于工作船上的缆风绳进行动作调整，将导管架下部锥体缓慢的插入对应钢桩内。

导管架安装到位后，使用水准仪对导管架桩顶法兰水面度进行复测及法兰面水平度

数据进行采集。测评合格后，完成导管架沉放工序。

④导管架灌浆施工

钢管桩与导管架之间环形空隙通过高强灌浆材料连接，其作用是使钢管桩与导管架连接均匀、可靠。钢管桩、导管架之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与桩管间的间隙后进行。灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。钢管桩、导管架之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与钢管桩之间的间隙后进行。

灌浆施工由甲板驳船上所载的灌浆泵高压泵送灌注专用的灌浆材料，灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。施工时，通过预埋在导管架上的灌浆孔采取自下而上的纯压式灌浆，采用灌浆分隔器与水下监控仪器控制灌浆的施工过程至设计标准。

3.1.4.2 风机机组安装

分体吊装方案主要包括码头吊装、风机专用运输船运输、海上分体吊装3个部分。本工程分体吊装方案采用罗源湾港区可门作业区作业区800t履带吊和160t汽车吊至风机专用运输船，运输至机位，由自升式平台船（800t主吊）吊装至机位安装完成。

风力发电机组吊装应在厂家技术人员的指导下进行。风力发电机吊装，首先分段吊装塔筒，安装完塔筒后吊装机舱，再吊叶轮。吊装风速不得超过7级风速（气象站标准）。

3.1.4.3 海上升压站施工

220kV海上升压站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。

（1）工艺流程

本工程海上升压平台导管架基础需安放在海底，为保证基础施工的可行性，根据基础的型式，采用先安放导管架后施打钢管桩方案。

主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作—→电气设备安装、调试—→钢管桩沉桩→导管架安放、灌浆—→上部平台整体安装—→电气设备联动调试。

（2）施工场地

本阶段海上升压站平台上部组块及基础钢结构拟在上海、南通等地沿海钢结构厂家中选择具有海上升压平台加工业绩的厂家加工制作。

（3）基础钢结构制作、运输和沉桩施工

海上升压平台钢管桩基础在钢结构厂家加工后可由6000t驳船运输，运桩驳船由2640HP拖轮拖至沉桩现场。基础导管架采用6000t驳船运输，4000HP拖轮拖航。

①钢管桩施工

升压平台主体基础钢管桩采用大型起重船配置1台IHC S1200液压锤进行沉桩，钢管桩沉桩施工采用“设置工艺辅助桩及工艺定位架、先采用振动锤进行钢管桩插桩及稳桩、再采用液压打桩锤沉桩”的施工方法。

②导管架沉放

由大型起重船起吊导管架到驳船上，导管架采用卧姿运输，架体与驳船上事先安置的垫墩接触，并做好临时固定措施。装运导管架的驳船由拖轮拖至现场，由大型起重船起吊导管架沉放并插入已施工钢管桩。

③灌浆施工

本工程导管架主导管与钢管桩连接灌浆施工采用高强化学灌浆材料，由多功能驳船进行灌浆。灌浆用水采用淡水（一般为饮用自来水），出海前将饮用自来水存储在灌浆施工用船的水舱内备用。

④防腐措施

对于钢结构防腐设计，在大气区采用防腐涂层方案；在飞溅区采用防腐涂层和预留腐蚀裕量的措施；水下区采用防腐涂层和牺牲阳极保护的措施。

⑤安装上部平台

导管架、钢管桩施工完成后进行上部钢结构平台的安装工作。为尽量减小现场的安装次数、避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时减少海上吊装的难度，考虑将上部钢结构平台与内部的变压器等电气设备组合形成整体，运输至工程区域后进行整体安装。

本工程选用的浮式起重船应具备4个吊钩，双排布置，以保证起吊过程中吊绳竖向夹角小于允许值，吊点水平拉力在允许值范围内。

3.1.4.4 海缆敷设工程施工

本项目陆缆采用地埋式和架控式结合方式进行敷设，其中海缆登陆后向西南侧采用地埋方式敷设40m，随后采用架空方式敷设至陆域集控中心，架空电缆单回长度2.5km，海缆采用定向钻的方式穿越海堤，登陆点至水深4m区域采用两栖挖掘机进行海缆敷设施工，开挖施工海缆长度约为3.7km，开挖深度约为2m，其余海缆部分均采用牵引式开沟犁的方式，电缆敷设深度约为3m，具体各段位置见图3.1-10。

（1）登陆段海缆施工

①将2台两栖式挖掘机运抵登陆点，两栖式挖据机以临时工作场地为基地，赶落潮期，根据表层泥砂开挖自稳的需求进行边坡开挖，并在其靠海一端根据敷缆船的船型尺



图3.1-10 电缆各段施工方式示意图

寸条件，拟挖出沟槽，便于敷缆船登陆点海域较长时间驻足停靠的要求。

②铺缆船赶高潮位就位于登陆段已开挖的沟槽内，并用起抛锚艇抛出4个工作定位锚。用船上工作艇将尼龙缆沿预挖缆沟从铺缆船牵向登陆点，并与拖缆绞车上钢缆联接，然后用铺缆船上的绞盘回绞尼龙缆绳，直到拖拉绞车钢缆被牵引至铺缆船尾，然后将钢缆与将铺设海底电缆拖拉网套连接。用登陆点绞车回卷钢缆，牵引海底电缆至登陆点设定位置。浮筒绑扎位置可使电缆呈往复弧状，以防止复合缆因涨潮浮出电缆沟。利用施工船上的牵引卷扬机及索具，通过设置在登陆路中轴线上的转向滑轮及导向滑轮，将海缆沿海滩设计路由牵引至岸上登陆点，并按照设计要求余留设计长度。电缆埋深2m。

（2）定向钻穿越海堤

本次海缆登陆施工为水平定向钻穿越“陆对海”登陆施工，涉及岸线类型为人工岸线，计划在陆地端安装钻机及其配套设备在内的主要施工设备，由陆地向海上进行导向孔穿越，海上使用船只进行辅助。管道在焊接完成后用船只拖到指定海域，从海上向陆地上回拖。

根据设计交底（桩号）与施工图纸放出钻机场地控制线及设备摆放位置线，确保钻机中心线与入土点、出土点成一条直线。现场租用可满足本工程需求的船只及进行该项工程的施工。定向钻施工工艺流程图如下：

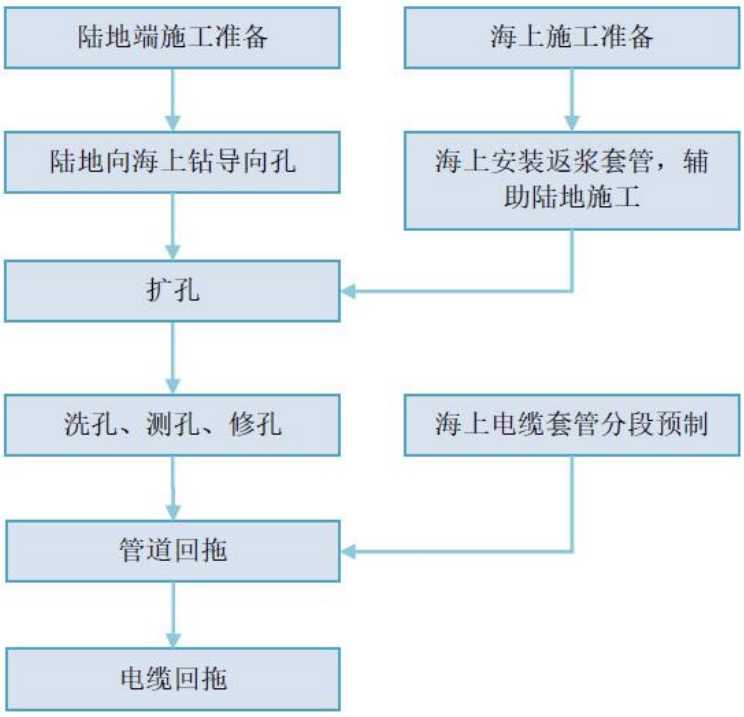


图3.1-11 定向钻施工工艺流程图

①导向孔施工

陆地端钻具组合：钻机(陆地)→ 钻杆→无磁钻铤→钻头

②扩孔、洗孔

a.扩孔

扩孔采用常规拉扩工艺，扩孔方向可由海上向陆地上扩，扩孔钻具组合如下：钻机(陆地)→ 钻杆→扩孔器→钻杆→辅助船只（海上）

本次穿越最终扩孔直径为920mm ，计划采用两级扩孔，扩孔时严格控制钻机参数，根据钻机参数及返浆情况调整泥浆参数，以便更好地使泥浆及时返出，减少扩孔阻力，避免事故发生，必要时需增加洗孔。

海上出土端，确保泥浆通过套管回流至辅助作业船上进行处理，避免流入海里造成污染。

b.洗孔

扩孔过程中，应随时监控扭矩的变化，如发现空转扭矩超过安全值，宜采取洗孔作业，洗孔结束后，再继续进行扩孔，扩孔结束后，如发现扭矩、拉力仍较大，可再进行洗孔作业。

在每级扩孔施工中，要认真观察扩孔情况。如果发生扩孔不顺畅等，则需进行一次洗孔，实际扩孔尺寸可根据现场情况进行调整。

③测孔、修孔

完成扩孔后进行测孔（也可随扩孔、洗孔同时进行），若测孔参数不满足设计文件及相关规范对回拖管线的曲率要求，根据测孔数据针对有问题的部位进行修孔，直到满足回拖曲率要求。

测孔作业钻具连接方式：

钻机（陆地）→钻杆→测孔器固定短节（含测孔器）→钻杆→船只（海上）

测孔器由传感器、数据处理、存储和电池舱几个部分组成，可在施工的任何阶段对孔的参数（倾角、方位角）进行测量，测孔器出土后与计算机进行数据通讯，由计算机分析测孔数据，对钻孔进行评定。

根据测孔数据，如果存在角度超调的现象，采取修孔措施，保证回拖前孔的平滑。修孔时，由钻机通过钻杆连接修孔器，修孔器到达孔内不满足曲率的位置时，在孔壁对扶正段的作用下，迫使修孔器切削头对孔壁进行切削，从而保证孔型满足回拖要求。

④管线预制及回拖

a.管线预制及回拖方式

根据工程情况，由陆地上钻机从海上向陆地回拖，管道在辅助船上分段预制。管道焊接采用多站焊接模式，船上可设置 4 个焊接工作站，其中一个组对和根焊工作站，3 个填充盖面工作站，每个工作站的工作时间不超过 20min 20min ，尽量缩短管道焊接作业时间，减小回拖过程中管道在洞内长时间停滞带来的抱管风险。

b.回拖时钻具组合方式

回拖时钻具组合方式：

钻机（陆地）→钻杆→回拖扩孔器→旋转接头→U 形环→预制管线（辅助船）

在管线回拖过程中要根据钻机显示回拖力的大小控制好回拖的速度，根据管线回拖过程中地质变化情况配制合适的泥浆。

⑤泥浆循环系统

泥浆系统由泥浆搅拌罐、泥浆泵、泥浆池、泥浆处理器几部分组成。

本次穿越施工为“陆对海”穿越，由于出土点位于海上，因此确保泥浆密闭循环，不造成泄露也是施工重点。

本次穿越施工中将根据施工经验、泥浆的现场和实验室实验结果，选用比重低、失水性低、携屑能力高、流动性高、护壁性高、受海水影响小，而且对海水无影响的环保型泥浆。

在本工程穿越工程施工前，泥浆工程师根据本工程的地层的特点、结构及土壤分类进行泥浆的配方研究，对于本工程的地质情况，应尽量减少钻进液对地层渗水，也就是降低泥浆的失水量以及增强井壁的岩土的抗水敏性，抑制分散是最为关键的问题。

穿越施工中应及时根据返屑情况调整泥浆性能，改变泥浆的流变性，提高剪切力，增加泥浆的携带性能，使泥浆克服“泥抱钻”的施工现象，从而使钻进产生的阻力减小，并使钻出的孔径畅通无阻，顺利完成推力、扭力的传递，有力的保障了下道工序的进行。

（3）浅水与滩涂海域施工

浅水与滩涂区域因水深条件有限，应利用高潮位时机尽量将铺缆船靠近岸边：浅水区、滩涂采用两栖挖掘机预先完成挖沟作业，铺缆船航行至电缆登陆点外海一定水深海域抛锚，电缆采用浮漂牵引登陆，岸上登陆点施工人员操作卷扬机，牵引电缆通过浮源、顶管、导轮至终端杆位置，牵引过程中牵引绳必须保持一定的张力和牵引速度的均匀，并对牵引张力进行监测；始端登陆完毕后，直埋部分沉入沟中进行回填保护，电缆沟部分上卡固定。浅水区海缆开挖深度约为 2m。开挖断面见图 3.1-12。

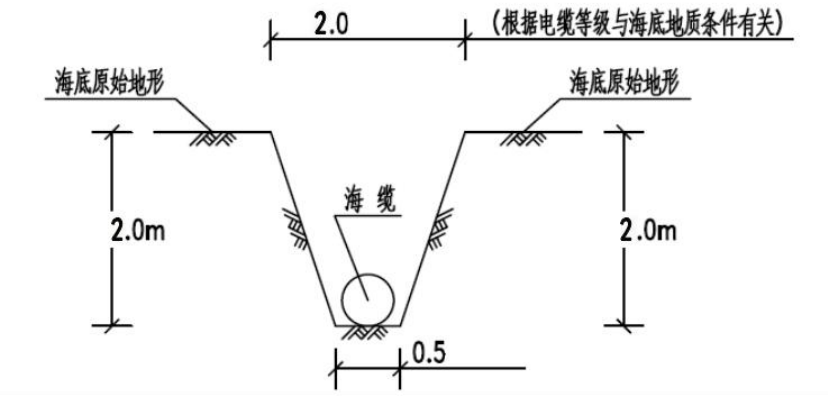


图 3.1-12 海浅水区开挖断图

（4）近海海域施工

水深 4m 以上的海底电缆为离岸段，离岸段管道采用铺缆船开沟铺缆的施工方法，电缆敷设深度约为 3m，通过陆上及海上运输设备运输电缆至铺缆船上，淤泥土、海泥、海砂开挖采用铺缆船自带开沟犁将管线两侧泥沙推向两侧，用气升式设备将其送到缆线周边地区，管道靠自重下沉。在敷设过程中，通过水下监视器和遥控车监视和调整，控制铺缆船的航行速度、电缆释放速度来控制电缆的入水角度以及敷设张力，避免由于弯曲半径过小或张力过大而损伤电缆。

采用专业海底电缆敷设船配备牵引式开沟犁进行敷埋施工，铺缆船队由铺设施工船、锚艇、工作交通艇组成，铺设施工船上布置有主要铺缆设备，根据电缆路由进行电缆的敷设施工，海缆埋深 3.0m，施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，敷设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测电缆张力和埋设深度。

施工过程中施工船位控制由施工船转推进器和全回转拖轮进行辅助控制，以实现对横向流速控制。海缆敷设断面见图 3.1-13。

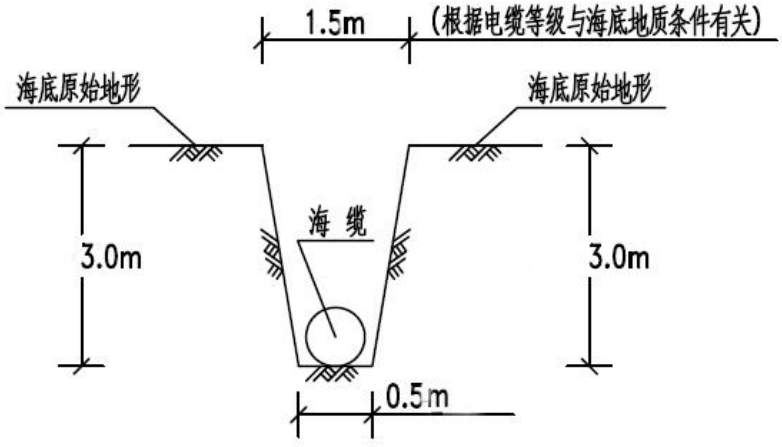


图 3.1-13 海缆敷设断面图

（4）海底电缆交越段施工

本项目附近分布有电缆管道用海，其中，霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程和霞浦县长春-浮鹰岛风电 110kV 海底电缆项目与本项目主海缆交越。为减少对已建海缆的影响，本项目在经过该处海缆时采用“预制混凝土压块”防冲刷方案进行敷设。施工过程不会对已建海缆进行开挖，直接在其上方通过铺设水泥压块的方式将交越电缆分隔开，减少了对已建海缆的影响，同时根据路由方案，采用海底电缆交越施工提现了集约节约用海的原则，有效减少了海底电缆的敷设长度，同时施工过程较短，对周边生态环境影响较小。

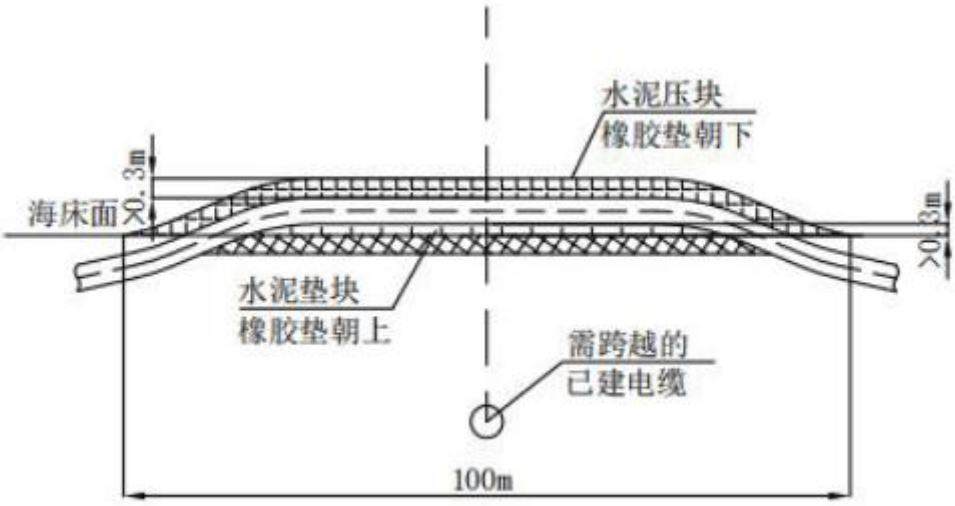


图 3.1-14 海缆交越段施工立面图

施工前，根据光缆坐标对交越缆线进行探测复核，准确探测交越点位置。同时准备好施工所用船机设备、人员等。

施工时，施工锚艇在光缆交越点上方在 DGPS 卫星导航系统的控制下抛四锚固定船位，利用船上的吊装设备将水泥压块起吊，按设计要求将水泥压块吊到被交越光缆路由正上方，然后将水泥压块排缓慢放入水中，由潜水员在水下进行位置校正和摆放，调整完成后再将水泥压块的吊架和吊钩释放收回。完成交越段底层混凝土连锁排安装后，则海缆施工船即可进行交越段缆线铺设施工。在施工时，在管线交越前后各 50m 处设置浮漂，以明确交越位置，交越作业采取跨越式交越法，在正常敷设至被交越缆线或管线前方 100m 处，停止埋深作业，起出埋设机，采用抛放作业的方式跨越交越点，待过交越点 100m 之后，再由潜水员确认水下情况安全，之后重新投放埋设机进行后续的敷埋作业。交越段海缆因明敷更容易受到水流影响，需额外考虑一定的防冲刷措施。预制混

凝土压块覆盖的区域厚度应不低于 0.3m 的厚度，宽度应以埋设深度的 1.5~2 倍来考虑，即 6-8m ，覆盖长度略长于明敷段电缆长度，即略大于 100m 。待完成交越处电缆敷设施工后，锚艇立即沿刚敷设的海缆路由在交越点处抛锚定位。平潮时潜水员下水探摸到已敷设的海缆，配合锚艇上的起重设备水下安装水泥压块。

3.1.4.5 架空线路敷设工程施工

线路工程施工主要有：施工准备、基础施工、塔基组立、放线架线、导线连接等几个阶段，采用机械施工和人工施工相结合的方法进行。

（1）基础施工

在基础施工中按照设计要求进行施工，特别注意隐蔽部位浇制和基础养护，专职质检员必须严把质量关，逐基对基坑进行验收。基础施工工艺流程图见图 3.1-15。

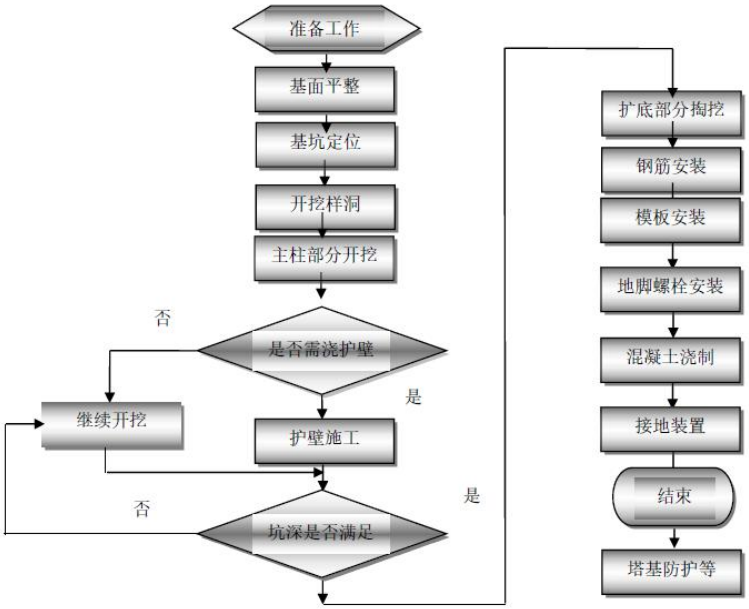


图 3.1-15 基础施工工艺流程图

①基面平整

塔位基面只需做单腿基面平整，以利于基坑开挖及混凝土浇筑施工为准。由于本线路个别塔位山势较陡，材料工具及土方堆放所需场地受限制，基面平整前，宜做适合单基塔位地形条件的场地使用规划，且应考虑基面的排水，排水方向以不冲刷基面边坡为宜。塔位上方若有可能危基础施工及今后铁塔安全的浮石应在基面施工前予以全部清除。

②基坑定位

基面施工完毕后，利用经纬仪在基面上准确定出各塔腿中心位置，并定好控制桩。

本工程分坑时要严格按照施工图控制基础坑开。基础对角半根开数值表示塔位中心桩至地脚螺栓中心的距离。

③开挖样洞

开挖基坑应从上到下逐层进行，先挖中间部分的土方，然后扩及周边，有效的控制开挖的截面尺寸。根据基础地质情况的不同，选取不同的开挖工具，对地表层的粉质粘土采用短柄铁锹、镐、钎等工具开挖，风化岩采用风镐、风钻等工具进行开挖。开挖样洞土方时，事先应清理坑口附近的浮土、杂物等，开挖出的弃土及时进行清理。

④基坑开挖弃土（渣）堆放

开挖现场，必须设专人安全监护，基坑开挖采用分段自上而下的方法。高低腿基础，先开挖高腿，再开挖低腿。山丘区通常以挖孔桩或掏挖基础为主，余土量较小，塔基余土搬运下山难度大、投资高。因此，山丘区塔基挖方可就近堆放在塔基区。若塔位所处地坡度较大，可在堆土下坡侧修建挡渣墙，防止余土顺坡溜滑。

施工时应在工期安排上合理有序，先设置拦挡措施，后进行工程建设，尽量减少对地表的扰动，除施工必须不得不铲除或碾压植被外，不允许以其他任何理由铲除植被，以减少对生态环境的破坏。临时堆土采取四周拦挡、下铺上盖的措施，回填后及时整平。施工中要严格控制临时占地，减少破坏原地貌、植被的面积。

⑤混凝土浇筑

购买成品混凝土或现场拌和的混凝土，需及时进行浇筑，浇筑应先从立柱中心开始，逐渐延伸至四周，避免将钢筋一侧挤压变形；当混凝土下料高度超过 2.0m 时，浇筑时采用专门加工的下料漏斗和下料圆桶（溜管、溜板、溜槽、串筒），防止或凝土离析。基础浇筑深度在 2m 以内时，混凝土可用铁锹往模板内浇筑，也可以将混凝土由搅拌板直接倒入坑槽内。

（2）组立塔施工

工程铁塔安装施工采用分解组塔的施工方法。在实际施工过程中，根据铁塔的形式、高度、重量以及施工场地、施工设备等施工现场情况，确定吊车组塔、300×300×16m 内悬浮组合拉线格构式钢管抱杆分解组塔、φ159 无缝钢管抱杆组立塔。

①吊车组塔

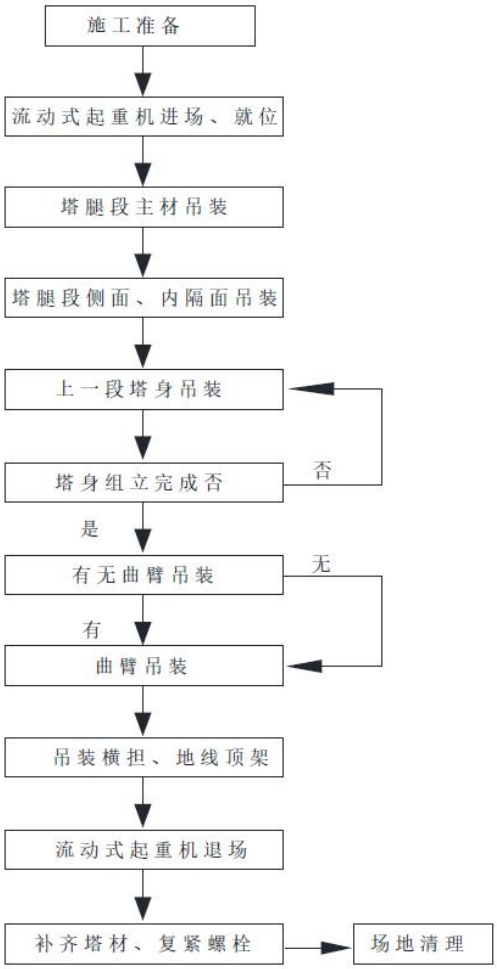


图 3.1-16 吊车吊装分解组塔施工工艺流程图

②内悬浮组合拉线方式分解组立塔

内悬浮式组合拉线抱杆分解组立方式施工，利用已组立好的塔段，通过承托系统和组合拉线系统使抱杆悬浮于塔身桁架中心来起吊待装的铁塔构件。

③附着式外拉先角钢组立塔

Φ159 钢管抱杆有着重量轻，使用方便灵活等特点。吊装顺序为塔腿—塔身—地线横担—导线横担，升抱杆时以腰箍控制杆身进行抱杆的提升。

（3）架线施工

线路架线采用张力架线方法施工，不同地形采取不同的放线方法，拟采用无人机架线，施工人员可充分利用施工道路等场地进行操作，不需新增占地，在线路穿越林地山区段，可免除或减少砍伐放线通道。施工方法依次为：导引绳展放、牵引绳展放、牵引绳展放、导地线展放、直线管压接、导地线锚线、导地线紧线、过轮临锚、附件安装等。

线路沿线设置牵张场，采用张力机紧线，一般以张力放线施工段作为紧线段，以直线塔作为紧线操作塔。紧线完毕后进行附件、线夹、防振金具、间隔棒等安装。

（4）无人机直升机场地选择

在每个架线牵张段附近选择面积通常不小于10m×10m的场地作为无人直升机的起降场地，场地应比较平整，周围的建筑物及树木等应满足其起降的水平安全距离要求。

（5）牵张场选择与设置

①牵张场地的选择

a、地形应相对平坦，牵、张机能直接运达到位，或道路、桥梁稍加修整加固后即可运达；桥梁载重能满足承载力不小于250kN的要求。

b、牵、张场地地形及面积满足设备、导线、地线及光缆布置及施工操作要求。

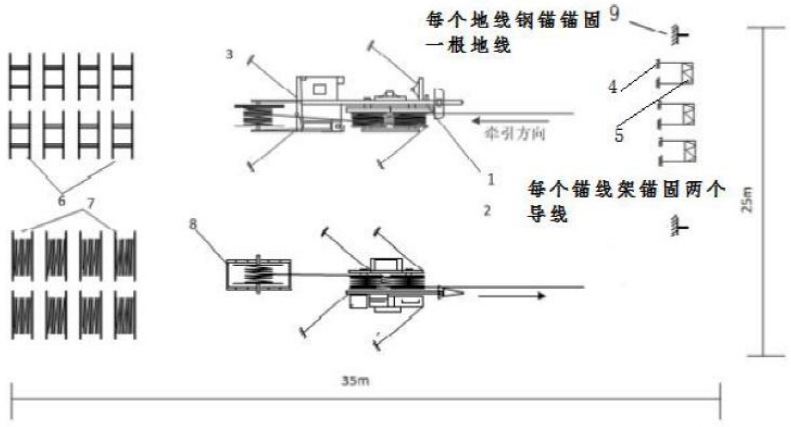
c、相邻直线塔（非直线转角塔）应允许作过轮临锚，并且过轮临锚的锚线对地夹角不大于25°，锚线及导地线压接无特殊困难，牵、张机出口与邻塔悬挂点间的高差不应超过15°，相邻直线塔间的档距内导地线允许接头。

d、导线升空无特殊困难：一般情况下，张力场不应转向布置；受地形限制，牵引场选场难以满足上述规定时，可通过转向滑车进行转向布置。

e、具有下列情况之一者，不宜选做牵、张场：

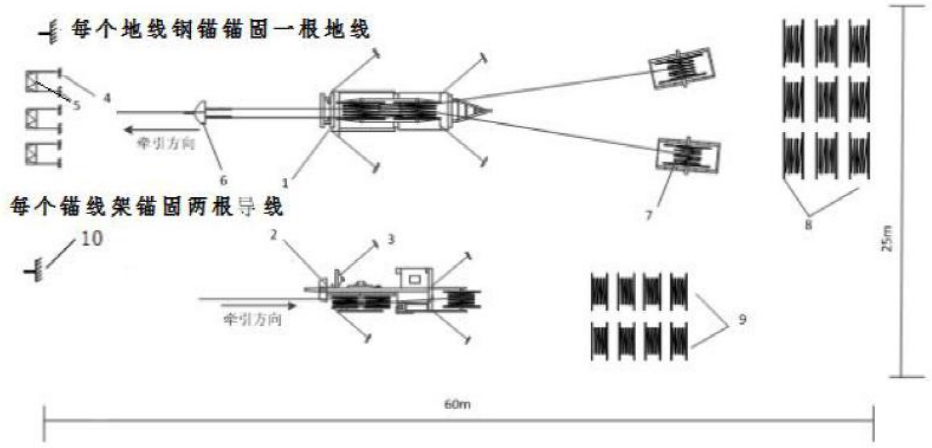
档内有重要交叉跨越或交叉跨越次数较多时；档内不允许有导地线接头时；需以直线转角塔作过轮临锚塔时；牵、张机进出口与邻塔悬挂点间的高差角大于15°，俯角大于5 度；主牵引机至邻塔的水平距离小于100m，主牵、张机出线方向与邻塔边导线的水平夹角大于5度；相邻铁塔不允许锚线时。

②牵、张场布置牵、张场的布置见下图。



1－主牵引机；2－小张力机；3－5t钢板地锚（6t葫芦）；4－10t锚线地锚；5－导线锚线架；6－牵引绳轴架；7－牵引绳（使用三角枕木固定）；8－小张力机尾车；9-5t地线锚线钢板地锚

图 3.1-17 一牵二牵引场平面布置示意图



1－主张力机；2－小牵引机；3－5t钢板地锚（6t葫芦）；4－10t导线锚线地锚；5－锚线架；6－走板；7－张力机尾车；8－导线（使用三角枕木固定）；9－牵引绳（使用三角枕木固定）；10-5t地线锚线钢板地锚

图 3.1-18 一牵二张力平面布置示意图

3.1.4.6 陆上集控中心施工

陆上集控中心主要建筑物有中控楼、辅助楼等，进场道路依托已建成的道路（闾峡风电场升压站进场道路）。

（1）基础施工

场地清理，采用推土机或挖掘机，人工配合清理。然后用 10t 振动碾，将场地碾平，达到设计要求。站内所有建筑物的基础开挖均采用小型挖掘机配人工开挖清理（包括基础之间的地下电缆沟），人工清槽后、经验槽合格方可进行后序施工。

基础混凝土浇筑和地下电缆沟墙的砌筑、封盖及土方回填施工。施工时要同时做好各种沟、管及预埋管道的施工及管线敷设安装，重点是高低压配电室、主控制楼的地下电缆、管沟等隐蔽工程。在混凝土浇筑工程中，应对模板、支架、预埋件及预留孔洞进行观察，如发现有变形、移位时应及时处理，以保证施工质量。混凝土浇筑后须进行表面洒水保湿养护 14 天。在其强度未达到 7 天强度前，不得在其踩踏或拆装模板及支架。所有建筑封顶后再进行装修。

集控中心设备基础的施工。先清理场地、碾压后进行设备基础施工。按设计图要求，人工开挖设备基础，进行钢筋绑扎和支模。验收合格后，可进行设备基础混凝土浇筑。混凝土浇筑后须进行表面洒水保湿养护 14 天。

（2）主控楼建筑施工

中控楼为三层框架结构。先进行钢筋绑扎、立模，然后浇筑板梁柱混凝土，当混凝土达到施工强度后，砖墙砌筑，二、三楼施工顺序相同。每层楼土建施工完成后，可安

装门窗，最后进行室内装修及安装工程。无功补偿装置楼为二层框架结构，施工顺序同主控楼一致。

（3）备品库、消防泵房及附属楼建筑施工

备品库、消防泵房为一层框架结构，附属楼为三层框架结构，其中附属楼设门厅、餐厅、备餐间、卫生间，休息室等房间，层高为4.20m；共设休息室（29间）和洗衣房（2间），二、三层高均为3.20m，建筑施工先进行钢筋绑扎、立模，然后浇筑板梁柱混凝土，当混凝土达到施工强度后，砖墙砌筑。

3.1.4.7 退役期拆除施工

叶片、机舱和塔筒将通过支腿船上的移动吊车被分别拆除并取下。基础将采用液压拆除剪刀进行现场拆除，基础切割至海底表4m以下，并进行收集分类整理后，将所有的部件和基础将被送往指定港口，其中部分部件将尽可能用于其他风机零部件，部分部件用于研究项目。风机叶片拆除后，由处置单位统一运至其场地进行拆解报废处理。。

3.1.5 施工条件

（1）场外交通运输条件

①陆上交通运输体系

本工程所涉及到的常规外来建筑材料和物资主要为钢材、水泥、木材、油料、砂石骨料、小型电气设备等，运输量小同时运输强度低，其对外运输方案的选择与制定，主要考虑灵活机动的公路运输。上述常规物资考虑从宁德、福州等区域的建材市场进行购买，物资来向相对单一，同时距离工程区域较近，依托周边发达的公路网络，可以选择公路运输的方式运送至罗源湾可门作业区码头。需要运输至海上施工现场的，由各港口码头采用驳船运输到海上施工现场。具体陆路运输路径为：各高速转宁德市内公路运输网至罗源湾可门作业区码头。

②海上交通运输体系

场内交通主要包括罗源湾港区可门作业区作业区至风电场。项目区内多年平均水深为19~23m。项目区可以满足施工船只的正常航行。场内交通运输主要通过自航船只和拖轮牵引航行。施工人员往返码头和施工区可采用小型船只或快艇。

钢管桩和导管架等由大型钢结构工厂加工完成后用3000t驳船运至施工海域风机机位。混凝土其骨料、水泥和外加剂由2000t驳船从三沙镇古镇码头运输至施工区，通过皮带机输送至100m^3/h搅拌船拌制后，由船上混凝土泵直接泵送至钢管桩浇筑。

根据本工程基础型式，采用分体吊装方案。风机分体吊装的风机机组采用罗源湾港区可门作业区租场800t履带吊和160t汽车吊至风机专用运输船，运输至机位。

海缆运输方案拟由海缆生产企业通过专用的运输船海运（或水运）至施工现场进行铺设。

（2）施工物资供应条件

施工现场生产、生活用水分为陆上、海上两部分，陆上施工现场生产、生活、消防用水可通过引入附近乡镇城市供水系统。海上施工用水通过淡水补给船，从本工程附近有10kV 农用电网，可引接10kV 线路，以架空线路进入现场，在施工工区设3 台315kVA 315kVA 变压器，降压至380V ，作为生产及生活用电源。海上施工用电由各船舶柴油发电机供应。

本工程所需物资材料主要为钢材、水泥、汽柴油等。材在福建省内有较可靠的供应来源，福建当地三明钢铁厂均有条件供给本工程进行使用；油料在工程周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买运输至本工程施工现场。福建省水泥厂家众多，产量质量均可满足要求，可以向福建水泥厂、三德水泥厂、南平武夷水泥厂和大田岩城水泥厂等厂家采购供应。

（3）场内交通运输

工作人员与生活用品运输水上交通运输应选用满足海事局要求的小型船只或快艇，经由罗源湾可门作业区码头至项目现场。

根据本工程基础型式，采用分体吊装方案。风机分体吊装的风机机组在罗源湾港区可门作业区8#~11#为通用码头泊位采用租场800t履带吊和160t汽车吊至风机专用运输船，运输至机位。运输路线见图3.1-19。



图 3.1-19 运输路线图

3.1.6“三场”设置及占地情况

（1）取土场

项目所需海工混凝土全部通过商业购买形式获得，后通过海运运输至现场，因此不设取土场。

（2）弃土场

陆域集控中心项目挖方量与填方量不平衡，剩余土方运往霞浦县建筑垃圾临时受纳场，无需设置弃土场。

（3）施工营地

在陆上集控中心附近布置施工营地，主要布置施工生活福利区、钢筋、木材加工厂、机械保养厂、材料仓库、设备仓库、施工机械设备临时堆场等。

（4）占地情况

陆域架空线路永久占地主要为塔基基础用地，架空线路塔基共7个，每个占地面积174.24m^2，永久征地共1219.68m^2。每个塔基除永久用地外需要考虑部分施工临时场地，每个塔基需要施工临时用地面积125m^2（其中7#塔基施工临时用地占用集控中心永久占地），塔基临时用地面积共750m^2；塔基附近均已有道路连通，仅需5塔基与现有道路连接临时施工便道，施工便道总长度约20m，便道临时用地面积共90m^2；本工程需布设1

个牵张场，占用集控中心永久占地；临时占地总计840m²。占地类型情况见表3.1-4。

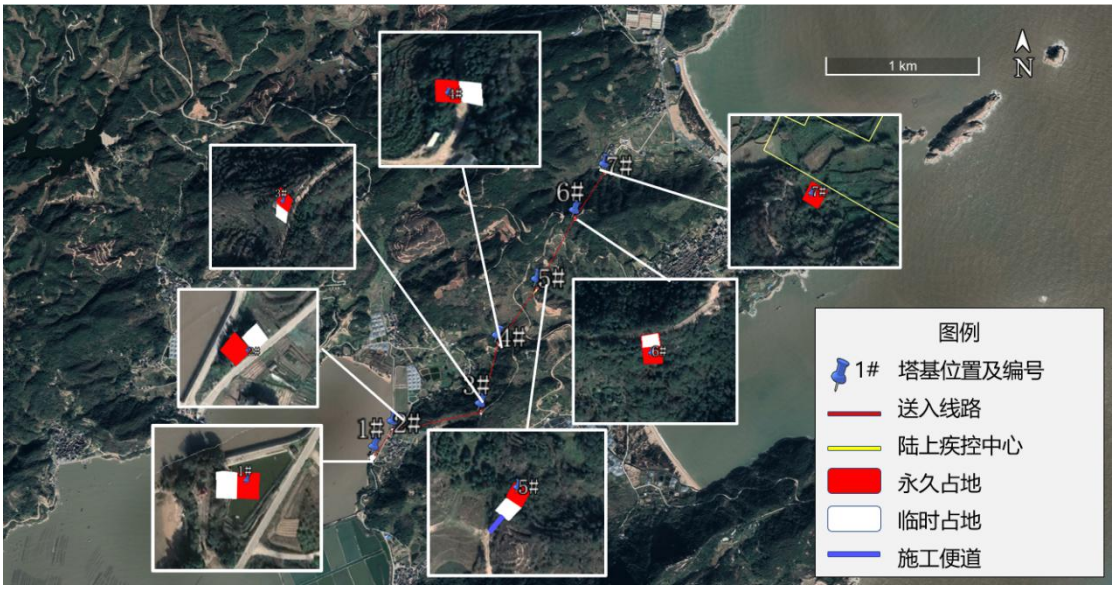


图3.1-20 工程占地总平图

表3.1-4 工程占地类型情况一览表（单位：hm²）

项目		永久占地	永久占地类型			临时占地
输电线路	塔基	0.121968	林地	居住用地	农用地	0.075
			0.034848	0.034848	0.052272	
	临时施工道路	\	\	\	\	0.009
	牵张场	\	\	\	\	\
合计		0.121968	0.034848	0.034848	0.052272	0.084

（5）“三场”设置合理性分析

本项目不涉及填方，不设置取土场；项目剩余土方运往霞浦县建筑垃圾临时受纳场进行综合利用，处置合理，对周边环境影响较小；陆上施工营地布置于陆域集控中心，施工便道大部分利用现有道路，有效减少了施工临时占地。本项目牵引场、张力场位置均采用顺线路方向布置，场地所在位置地形较为平坦，牵、张机能直接运达到位，位置合理。因此，总体来讲，“三场”设置是合理的。

3.1.7 土石方平衡

根据项目工程预可行性研究报告可知，钢管桩基础采用IHC S1200液压锤进行沉桩，施工期间无钻渣产生，同时高桩承台基础和海上升压变电站导管架基础无防冲刷防护垫层等措施，因此，本项目施工期间土石方主要涉及环节包括：海缆管沟开挖和混凝土填芯及浇筑，其中：

（1）海缆管沟开挖

海域管沟开挖完成后直接进行覆盖回填，没有多余土石方产生。

（2）海工混泥土浇筑

风机基础混凝土填芯及风机基础灌浆量为77227m³，所需海工混凝土全部通过商业购买形式获得。

（3）陆域施工

集控中心土石方开挖3.5万m³，本项目回填需1.4万m³，余方为2.1万m³；陆域架空线路7个塔基，每个塔基开挖25m³，共175方m³；定向钻钻渣产生量约为0.01万m³，项目总弃方量约2.03万m³，均运往霞浦县建筑垃圾临时受纳场。

3.1.8 施工组织及进度

（1）主要施工机械

本项目主要施工机械设备见表3.1-5。

表3.1-5 主要施工机械汇总表

序号	机械设备名称	型号及规格	单 位	数量
1	反铲挖掘机	1.0m³	辆	2
2	反铲挖掘机	0.5m³	辆	1
3	推土机	74kW	辆	1
4	双胶轮车		部	30
5	手扶拖拉机	1t	辆	10
6	自卸汽车	5-8t	辆	20
7	卷扬机	5t	台	2
8	平板车	100t	辆	2
9	履带吊	800t	辆	1
10	汽车吊	160t	辆	2
12	砼拌和机	0.8m³	台	1
13	柴油发电机	150kW	台	5
14	振动碾	10t	台	1
15	打桩船（需改装）	118m架高	艘	1
16	浮式起重船	吊机规格5000t及以上	艘	1
17	浮式起重船	吊机规格3000t及以上	艘	1
18	浮式起重船	吊机规格1000t及以上	艘	1
19	搅拌船	100m³/h	艘	1
20	搅拌船	500m³/h	艘	1
21	起重船	350t	艘	1
22	起重船	500t	艘	1
23	起重船旋转扒杆	800t		1
24	起重船旋转扒杆	350t		1

序号	机械设备名称	型号及规格	单 位	数量
25	驳船	6000t	艘	2
26	方驳	2000t	艘	2
27	多功能驳	3000t	艘	3
28	铺缆船	功率3825KW、载重3500t	艘	1
29	变压器	315KVA	台	2
30	液压打桩锤	IHC S1200	台	1
31	拖轮	2640HP	艘	1
32	拖轮	4000HP	艘	1
33	拖轮	1670HP	艘	4
34	分体安装船		艘	1
35	抛锚艇	700HP	艘	3
36	交通船	300HP	艘	8
37	快艇	200HP	艘	2

（2）施工进度安排

①施工准备从第一年1月1日开始，进行工程准备工作，主要有施工码头场地租用、场内外道路。首先进行水、电线线路安装，于第一年3月底完成。施工码头和场地租用平整的工作于第一年4月中旬完成。

②风力发电机组基础的施工是工期控制性工序。第一年3月风力发电机组基础开始施工。计划从第一年3月15日开始，第二年3月31日前完成。

③36台风力机组安装主要安装起吊设备根据水深条件采用自升式起重平台船，第一年安排8台、第二年安排28台。风力机组安装在基础验收合格后进行，拟从第一年7月初开始安装，至第二年11月中旬完成，完成风机安装，机组调试工作在每台机组安装完成后即可进行。机组安装完成后，进行系统联调，机组并网发电时间为12月底。

④220kV海上升压变电站的施工应在工程投入发电前完成，确保风力发电机组安装后能并网发电和调试。计划从第一年4月1日开始，第一年10月底前完成。

⑤陆上集控中心的建设应在工程投入发电前完成，土建部分从第一年5月15日开始至第一年9月底结束，电气及通讯设备安装调试于第一年10月1日开始至12月底结束。

本工程于第一年1月开工，第一年12月底首批8台风机发电，第二年12月底全部36台机组投产发电，总工期24个月。具体施工进度见图3.1-21。

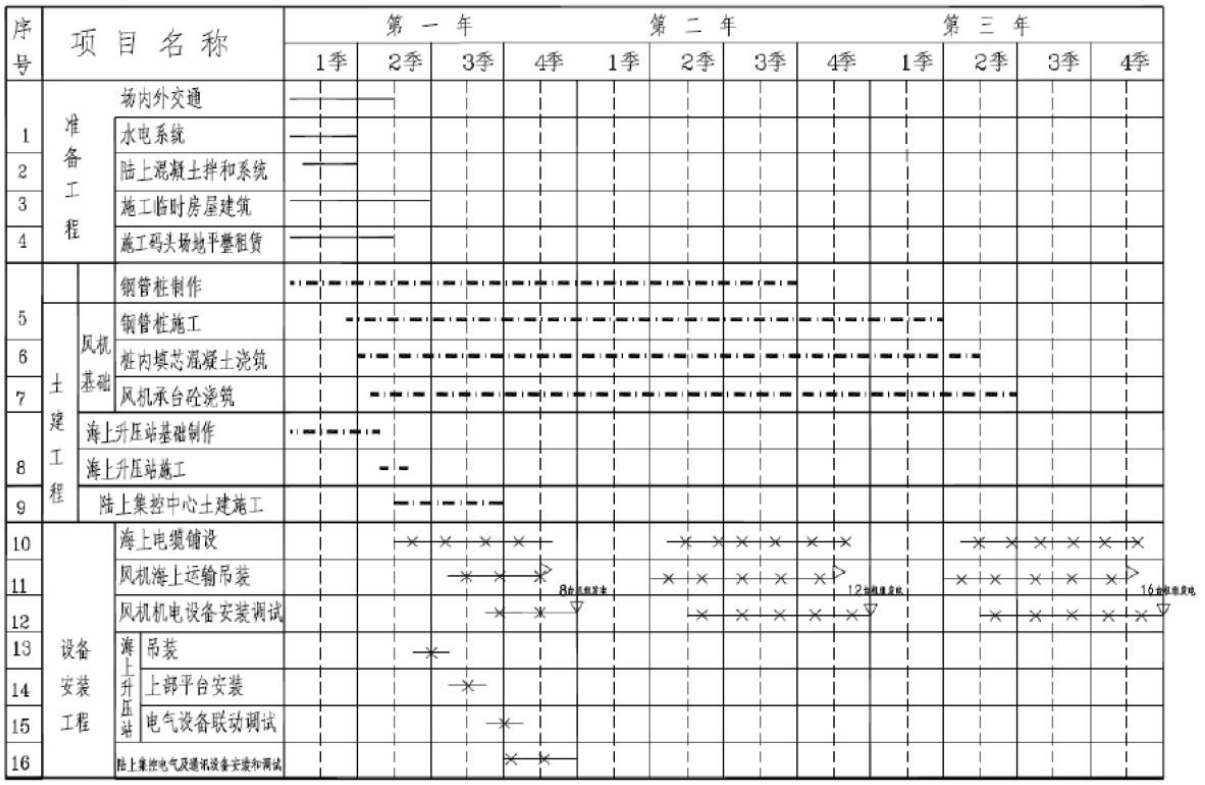


图 3.1-21 项目施工进度安排

3.1.9 依托工程概况

（1）罗源湾港区可门作业区

可门作业区属于深水港区，它具有深水、避风、避浪、规模大等特点，根据《福州港总体规划》，可门作业区为福州港的重要组成部分，是福州港国际集装箱、大型散杂货、大型矿建、能源运输的主要港区；福建省及省外腹地外贸物资运输任务的重要口岸；福建省对台“三通”的重要通道。

可门作业区自然岸线29 km，规划深水岸线8km，按照“统一规划、统筹兼顾、深水深用、可持续发展”的原则，主要分为干散杂货码头、液体散杂货码头、集装箱码头、通用码头等4个功能区，另建设船舶修造区、集装箱物流区、商贸仓储区等。根据《罗源湾港可门作业区总体规划》，可门作业区由东向西，规划建25个码头泊位，即1#~3#为罗源湾储煤基地码头泊位，4#、5#为福能集团储煤码头泊位，6#、7#为公用码头泊位，8#~11#为通用码头泊位，12#~14#为华电可门电厂码头泊位，15#~19#为通用码头泊位，西1~西6为通用杂货码头泊位。

可门电厂专用煤码头位于厂区东北侧海域，电厂一、二期工程建设1万吨级重件码头泊位1个（泊位编号12#，泊位长度164m）、5万吨级煤码头泊位1个（泊位编号13#，

泊位长度276m）。

（2）吕峡陆岛交通码头

码头位于霞浦县长春镇吕峡村祠南澳北部近岸海域，其为1000吨陆岛交通码头，设计货运量为8万吨/年，客运量为4万人次/年。码头泊位长度105m。

3.2 工程分析

3.2.1 施工期污染物产生分析

3.2.1.1 施工期污染要素分析

施工期污染环境影响主要表现为风机施工过程对海床底泥的扰动及悬浮泥沙入海对海水水质、海洋沉积环境和生态环境的影响，此外，还有施工扬尘、机械噪声、固体废物等方面的环境影响。

（1）对海水水质的影响：风机基础施工与海缆埋设过程中扰动海床表层淤泥产生悬浮泥沙，直接造成工程区附近海域水体泥沙含量增加；施工车辆设备日常维护产生的冲洗废水等排入海域会造成海域水质的污染；施工人员生活污水排放也会造成海域水质的污染。

（2）对环境空气的影响：运输车辆引起的道路扬尘及挖掘机、自卸车等大型机械设备所排放的尾气对周围环境空气会造成一定的污染。

（3）固体废物的影响：钢管桩清孔产生的弃渣及施工人员生活垃圾、粪便的产生也会对周边环境造成一定的影响。

（4）噪声的影响：打桩机等施工机械与施工船舶运行时产生的噪声。

3.2.1.2 污染因素源强分析

（1）风电场施工悬浮泥沙产生量分析

本项目悬浮泥沙主要发生在铺缆过程。工程海缆采用海床/海岸直埋方式，场区海域海床表层多为淤泥或细粉砂，普通段采用冲埋施工方法，由专用海缆施工船进行敷设，普通海域埋深约 3.0m；海岸直埋埋深 2.0m。

①近岸段

根据工可提供资料，水深 4m 以内的近岸段采用机械预开挖沟槽后采用人工敷设。

海缆开挖深度约 2.0m、沟槽宽 2.0m、开沟速度约 50m/h，工程区沉积物平均密度按 1250kg/m^3，悬浮物源强以施工土方量的 20％计，同时考虑施工时的超挖量，超挖系数按 1.2 计。

悬浮沙的产生速率如下：产生速率=搅动沉积物的横截面积×管线埋铺设的速度×沉积物密度×起沙率×超挖系数，根据以上公式计算可得，近岸段电缆埋设施工悬浮物释放强度为16.67kg/s。

②离岸段

根据工可提供资料，水深4m以上的离岸段由铺缆船开沟铺缆。

铺缆船施工时电缆敷设深度约3m，沟槽底宽0.5m，沟上顶宽1.5m。电缆正常铺设速度为1m/min，工程区沉积物平均密度按1250kg/m^3，单条电缆施工的悬浮物源强按开挖土方量的20%计，超挖系数按1.2计。

悬浮沙的产生速率如下：产生速率=搅动沉积物的横截面积×管线埋铺设的速度×沉积物密度×起沙率×超挖系数，根据以上公式计算可得，离岸段电缆埋设施工悬浮物释放强度为15.0kg/s。

③风机桩基和升压站桩基施工

风机桩基和升压站桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时振动导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。

风机导管架基础直径3.1m，根据设计要求，钢管桩泥下插入深度平均约109m，壁厚取42mm，悬浮物产生量按4%计算，表层底泥干重为1250kg/m^3，钢管桩插打时间约10h，桩基外壁扰动泥层宽度0.1m，则钢管桩插打产生悬浮泥源强约为：3.14×[（0.5×3.1+0.042+0.1）^{2}-（0.5×3.1+0.042）^{2}]×0.04×109×1250/10/3600=0.156kg/s。

工程海上升压站桩基直径3.2m，根据设计要求，钢管桩泥下插入深度平均约91m，壁厚取40mm，悬浮物产生量按4%计算，表层底泥干重为1250kg/m^3，钢管桩插打时间约9h，桩基外壁扰动泥层宽度0.1m，则钢管桩插打产生悬浮泥源强约为：3.14×[（0.5×3.2+0.040+0.1）^{2}-（0.5×3.2+0.040）^{2}]×0.04×91×1250/9/3600=0.149kg/s。

风机基础施工辅助桩直径2.0m，根据设计要求，钢管桩泥下插入深度平均约30m，壁厚为30mm，悬浮物产生量按4%计算，表层底泥干重为1250kg/m^3，钢管桩插打时间约2.5h，桩基外壁扰动泥层宽度0.1m，则钢管桩插打产生悬浮泥源强约为：3.14×[（0.5×2.0+0.030+0.1）^{2}-（0.5×2.0+0.030）^{2}]×0.04×30×1250/2.5/3600=0.113kg/s。

④辅助桩拔除

风机基础施工辅助桩拔取过程中产生的入海悬浮泥沙源强计算公式如下：

$$Q=\frac{\pi\bullet\left[\left(\frac{d}{2}+\varphi\right)^2-\left(\frac{d}{2}\right)^2\right]\bullet h\bullet\rho}{t}$$

其中：Q——悬浮泥沙发生量，kg/s；

d——辅助桩直径，稳桩平台辅助桩直径2m；

h——辅助桩泥下深度，平均取30m；

φ——辅助桩外壁附着泥层厚度，取0.2m；

ρ——平均密度，取1250kg/m^3；

t——拔桩时间取3.5h。

经计算，平台辅助桩拔除产生的悬浮泥沙源强约为4.11kg/s。

⑤导管架泥浆灌注

本项目导管架基础采用灌浆连接，单台灌浆量约280m^3，通过预埋在导管架上的灌浆孔采取自下而上的纯压式灌浆。

钢管桩基础灌浆量通过精确计算确定，且灌浆过程机械化自动控制，灌浆施工时有水下监控设备监控，一般情况下在灌浆臂提起的瞬间可能会产生少量泄漏，总体不会对水质造成明显影响。

⑤定向钻施工泥浆废水

根据工程量计算，定向钻开挖施工过程中产生约400m^{3}泥浆，泥浆主要是砂水混合物。本工程在定向钻施工场地内设有泥浆池(含沉淀池和干化池)，施工过程中的钻渣和泥浆混合物在沉淀池中分离，泥浆经沉淀后上清液仍回用于定向钻施工，待定向钻施工结束，泥浆水经经处理后回用于场地喷洒抑尘。

（2）施工期废水产生量分析

①施工船舶含油污水

根据工程机械表，在项目施工高峰期，同时施工船只最多有24艘，每艘船每天的含油废水产生量取0.5m^3/d，则施工高峰期施工船舶含油污水产生量为12.0m^3/d。根据有关资料，工程船舱含油污水中石油类浓度为2068mg/L、COD浓度212.3mg/L、SS浓度347mg/L。根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），同时结合本项目施工期间特点，施工船舶含油污水禁止直接外排，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，污水由有资质的单位进行接收处理。

②施工船舶生活污水

平均每艘施工船舶人员按15人计，施工人员用水按每人0.15m³/d计，污水排放系数取0.8，则施工高峰期施工船舶生活污水产生量为43.2m³/d。按经验值估算，生活污水处理前，COD浓度取400mg/L，BOD_5浓度取250mg/L，NH_3-N取40mg/L，SS浓度取200mg/L。施工船舶生活污水经收集后，由有资质的单位进行接收处理。

③施工营地机冲洗及修油污水

对施工运输车辆和流动机械冲洗主要集中在每日晚上进行1次，每次每辆（台）运输车辆和流动机械平均冲洗废水量约为0.8m³，则冲洗废水产生量总共为44m³/d，主要水污染物为COD、SS和石油类，SS浓度可达3000mg/L，石油类可达20mg/L。另外，机械设备在维护、检修过程中会产生洗涤机械部件和零件的清洗废水，废水量取0.5m³/辆，主要污染物为含有高浓度的石油类和杂质，石油类可达100mg/L。该部分废水全部回用。

④施工营地生活污水

项目施工营地高峰时约400人，生活污水产生量每人每天约0.12m³，污水排放系数取0.8，则施工营地高峰期生活污水总计为38.4m³，主要污染物为COD、NH_3-N。由于项目施工人员将租住于附近村庄中，并且利用居民区的化粪池处理，对海域水环境基本无影响。

（3）施工期废气产生量分析

施工期废气主要为施工扬尘、和施工机械产生的燃油废气。

①施工扬尘

根据分析，影响施工扬尘产生量的因素主要有：土壤或建筑材料的粒径大小，颗粒粒径越大，越不易飞扬；建筑材料的含水量，含水量高的材料不易飞扬；气候条件：风越大、湿度越小，越易产生扬尘，当风速大于3m/s时，就会有风扬尘产生；运输车辆和施工机械行使速度：行使速度越快，扬尘产生量越大。根据同类工地现场监测，施工作业场地附近地面扬尘浓度可达1.5~30mg/m³。

②施工机械燃油废气污染物

本工程在施工过程中所使用的施工机械、船舶和运输车辆均以柴油或汽油为燃料，施工机械和车辆运行会产生一定量废气，主要污染物质包括NO_x、CO、SO_2等。海域施工区，施工船舶和机械在运行中会排放一定量的废气，影响海上环境空气质量。

（4）施工期噪声源强分析

施工现场的各类机械设备包括装载机、挖掘机、打桩机，还有电气接线埋设等，这

类机械是最主要的海上施工噪声源。

施工中设备、材料运输将动用大量运输船只，这些运输船的频繁行驶经过和施工将对施工海域产生较大干扰。

冲击式水下打桩为海上风电场施工期间最大的水下噪声源强。其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串。本工程采用液压打桩锤进行施工，属于水下冲击打桩方式。桩基施工采用S-1200型液压打桩锤。

根据中船重工七0二研究所与2018年2月对江苏海域蒋家沙300MW海上风电场工程的三桩导管架基础（单根桩桩径2.2m）打桩冲击波噪声监测结果推算得出，其水下噪声源强为216dB。

根据上海海洋大学2021年10月24日对江苏大丰H8-2#300MW海上风电项目开展的施工期水下噪声监测可知，打桩噪声主要是114~178Hz频带内的低频信号，声源频带声压级为224dB。

本项目桩基施工方式属于水下冲击打桩方式，采用S-1200型液压打桩锤，单桩直径2.1~3.2m，上述两个项目与本项目桩基施工方式相同，单桩直径相似，具有可类比性，综合以上两个项目，源强取其中较大值，钢管桩打桩噪声源强为224dB。

（5）施工期固体废物产生量分析

项目施工期产生的固体废物主要包括施工营地及施工船舶人员生活垃圾。施工人员的生活垃圾产生量按每人每天1.0kg计算，总计为760kg/d。统一收集后定期运往附近垃圾填埋厂处理。项目总弃方量约2.03万m^3，均往霞运浦县建筑垃圾临时受纳场。

3.2.1.3 施工期污染清单一览表

本项目施工期污染物产生情况见表3.2-1。

表3.2-1 施工期主要污染物产生情况一览表

污染物种类	污染源	产生量	主要污染物	排放/处理方式
悬浮泥沙	桩基施工	风机：0.156kg/s 升压站：0.149kg/s 辅助桩：0.113kg/s 辅助桩拔除：4.11kg/s	SS	自然排放
	电缆铺设	近岸段：16.67kg/s 离岸段：15.0kg/s	SS	自然排放
污水	船舶含油污水	12.0m^3	石油类、COD、SS	由有资质的单位

				进行接收处理
	船舶生活污水	43.2m^3	COD、BOD_5、NH_3-N	由有资质的单位进行接收处理
	陆域车辆冲洗废水	44m^3	石油类、COD、SS	隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水
	机修废水	27.5m^3	石油类	
	施工营地生活污水	38.4m^3	COD、NH_3-N	利用居民区的化粪池处理
废气	施工扬尘	-	扬尘	间断排放
	施工机械、船舶废气	-	NOx、CO、SO_2	
固体废物	生活垃圾	760kg/d	生活垃圾	统一收集处理
	机械维护保养	-	油污	由有资质的单位进行接收处理
	土石方	2.03 万 m^3		往霞运浦县建筑垃圾临时受纳场
噪声	施工船舶、机械	70~90dB	-	自然排放
	陆域机械、车辆	83~108dB	-	
	桩基基础水下噪声	224dB	-	

3.2.2 运营期污染物产生分析

3.2.2.1 运营期污水

（1）油污水

运行期风电机组等设备每半年检修一次，使用小型船舶，平均船舶废油产量为2m^3/a。由有资质的单位进行接收处理。

风机日常维护涉及的油类物质由具备资质的专业处理单位收集回用。海上升压站运行期正常情况下，无漏油及油污水产生，当主变压器、高压电抗器检修或发生事故时产生主变油泄漏，主要污染物为石油类。

（2）生活污水

本项目运营期生活污水的主要来源于陆上集控中心运维人员，根据本项目可研，运维人员数为5人，日生活污水产生量约1.3m^3/d，生活污水经地埋式生活污水处理装置，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于绿化，不外排。

运行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活污水量约为

3m^3，船舶生活污水收集后上岸纳入陆域集控中心生活污水处理设施后回用。

（2）牺牲阳极锌释放

工程桩基基础采用合金牺牲阳极，广泛应用于海水介质中的船舶、机械设备、海洋工程和海港设施以及海水管道、船体、压水舱、储罐、钻井平台、海泥中管道、电缆等设施金属防腐蚀的阴极保护。根据项目工可提供资料，本工程阳极种类为铝-锌-铟-钛，总重量为372t，设计使用年限为25年。依据《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)，锌成份含量再2.2%~7.0%之间，本次计算按平均含量4.6%计算，假设锌在25年内以离子态形式全部析出，锌离子析出的速率相同并向周围水体均匀扩散，则单台风机每年进入海水中的锌为12.88kg/a。

3.2.2.2 运营期噪声

工程运行期主要噪声源为风力发电机组运行产生的噪声，本工程风力发电机组声功率级在100～110dB之间。220kV变电站选用低噪声变压器，室内布置，主变噪声在70dB(A)左右。

3.2.2.3 运营期固废

（1）一般固废

本工程运营期仅有少量运维工作人员，会产生少量生活垃圾，产生量约为7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环环卫部门及时处理。

运行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活垃圾量约为100kg，统一收集上岸后交由当地环环卫部门及时处理。

（2）危险废物

风电机组与集控中心设备每年检修两次，检修过程将产生油渣、油垢、机修废油等，含油废物产生量约为0.2t/a，含油废物属危险废物，统一收集后交由有资质的单位进行处理。

工程运行期间产生的固体废物主要为风机机舱和轮毂中更换的润滑油，润滑油约每3~5年更换一次，每台风机内部润滑油约1.4t。按每3年更换一次，风电场运行25年润滑油总产生量约560t，则平均每年更换量为22.4t/a。风电场风机维护工作由有资质的电力运营维护单位进行，维护完成后润滑油等废物由维护单位处理、处置，不在站内暂存。

事故排油经事故贮油池处理后，立即按照事故应急响应机制要求交由有资质的单位进行转移处理，不在站内暂存。运营期变压器与高压电抗器事故排油、油渣、废旧变压器属于危险固废，废物代码900-220-08、HW08（变压器维护、更换和拆解过程中产生

的废变压器油）。废旧变压器由专业厂家回收利用。

本项目采用免维护铅酸蓄电池作为系统后备电源，使用寿命约5年，共两组，当蓄电池需要更换时，建设单位提前通知年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置，并落实《危险废物转移管理办法》的要求，废铅蓄电池不在站内暂存。

3.2.2.4 运营期电磁环境

本项目新建220kV海上升压站1座，由于升压站电气设备均布置在室内，经过建筑物的屏蔽，通过类比监测结果分析预测，220kV升压站产生的工频电场强度、工频磁场强度在站界处和评价范围内远低于评价标准限值；风电场海底缆埋设于海底2.0m以下，海缆有加强铠装保护，敷设与海底有较好的屏蔽作用，根据类比结果，电缆敷设后对周围电磁环境影响很小。陆域线缆与集控中心对周边电磁环境较小。

3.2.2.5 运营期废气

本项目废气为职工食堂油烟废气，备用柴油发电机废气。项目食堂厨房炉灶以液化石油气为燃料，液化石油气是一种洁净、污染物含量很少的能源，在使用和消耗能源的过程中污染物的产生甚少，产生的烟气烟色透明，外排对周围环境空气不会产生明显的影响。

3.2.2.6 运营期污染清单一览表

本项目运营期污染物产生情况见表3.2-2。

表3.2-2 运营期主要污染物产生情况一览表

污染物种类	污染源	产生量	主要污染物	拟采取措施
废水	集控中心生活污水	1.3m^3/d	COD、NH_3-N	经地埋式生活污水处理装置处理后回用，不外排
	船舶含油废水	2m^3/a	油类	由有资质单位处理、处置
	船舶生活污水	3m^3/次	COD、NH_3-N、SS	纳入陆域集控中心生活污水处理设施后回用
海水	单台风机牺牲阳极	12.88kg	锌	-
废气	食堂油烟	-	-	-
固体废物	集控中心工作人员	7.5kg/d	生活垃圾	统一收集处理
	检修船舶生活垃圾	200kg/a	生活垃圾	
	油渣、油垢、机修	0.2t/a		由有资质单位处

	废油			理、处置
	风机更换润滑油	22.4t/a	-	由有资质单位处理、处置
	变压器事故排油、油渣	-	-	由有资质单位处理、处置
	废铅酸蓄电池	两组/5 年	-	由有资质单位处理、处置
噪声	风机	100～110dB	噪声	自然扩散
	变压器	70dB	噪声	选用低噪声变压器
电磁环境	海上升压站、海底电缆、陆域架空电缆、陆域集控中心	工频电磁场	-	-

3.2.3 本工程建设的非污染环境影响分析

3.2.3.1 施工期

（1）海洋生态环境影响

风机桩基及海底电缆施工过程中，产生的悬浮物将增大局部海域海水浑浊度，降低阳光投射率，从而减弱浮游植物的光合作用，降低海洋初级生产力，对海洋生态系统的平衡造成一定的冲击和破坏，并可能对附近渔业资源造成一定的影响。

（2）陆域生态环境影响

变电站、输电线路塔基施工需进行挖方、填方、浇筑等活动，会对建设区域附近的原生地貌和植被造成破坏，降低植被覆盖度；如果不进行必要的防护，可能会影响植物生长，加剧土壤侵蚀与水土流失，导致生产力下降和生物量损失。

张力牵张放线并紧线，需要牵张场地；施工和运行检修方便也会占用临时道路，这些临时占地将改变原有土地利用方式，使部分植被和土壤遭到短期破坏，导致生产力下降和生物量损失。

3.2.3.2 运营期

（1）海洋水文动力环境

本项目建成后，风机基础受涨落潮影响，风机基础在一定程度上改变局部海底地形，对项目海域的潮流场将产生一定影响，尤其是风机墩柱周围的流速可能发生变化。

（2）区域地形地貌与冲淤环境

由于底流在风机基础周围产生涡流和局部冲刷，风机基础和升压站在一定程度上改变局部海床自然性状，其地形地貌也将有所改变，分别有局部冲刷和淤积产生。

（3）海洋生态

风电场运行期对海洋生态的影响主要为运行期工程风机基础永久占用海域，将减少潮下带大型底栖生物的栖息面积，对其造成一定的不利影响；工程风机基础、海上升压站基础同时增加了栖息空间，对鱼类和海洋生物的增加带来一定积极影响。

（4）鸟类

风电场运行时，一方面会引起鸟撞的发生从而直接给鸟类带来影响，同时也可能影响到鸟类的觅食。

3.2.4 本项目清洁生产分析

清洁生产是指采用先进的工艺技术与设备，使用清洁能源和原料，实施“从摇篮到坟墓”全过程的环境管理，从源头减轻或消除对生态环境和人类健康的危害。从本质上来说，清洁生产就是对生产过程与产品采取整体预防的环境策略，减少或者消除它们对人类及环境的可能危害，同时充分满足人类需要，使社会经济效益最大化的一种生产模式。具体措施包括：不断改进设计；使用清洁的能源和原料；采用先进的工艺技术与设备；改善管理；综合利用；从源头削减污染，提高资源利用效率；减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放。清洁生产是实施可持续发展的重要手段。

3.3.5.1 施工期清洁生产分析

（1）施工工艺和过程控制的清洁生产分析

本项目海缆铺设采用开沟铺缆的方式，该种作业方式能有效减少悬浮泥沙的产生，从而减小对海洋环境的影响。

（2）施工设备的清洁生产分析

本项目拟采用招标的方式进行建设施工，选择具有设备先进、丰富管理经验、管理水平较高的施工队伍，可保证施工质量，为实施清洁生产奠定良好基础。

①施工机械、车辆和船舶

施工机械设备包括了打桩船、浮式起重船、分体安装船等，主要环境影响是船舶油污水、车辆检修冲洗废水、尾气、噪声和垃圾等。在招投标阶段，业主单位将与所有施工单位签署协议，并由监理单位负责监督，要求所有施工单位确保使用品质优良、环保型的施工车辆、船舶及各种机械设备，实现噪声和尾气排放达标，并确保施工设备始终处于良好的施工状态。严禁采用高噪声和高耗能的不合格设备施工，提高施工效率，从源头控制施工过程的环境污染问题。施工机械和车辆一律在施工营地进行维护和保养，

不得随意停靠、清洗和抛弃维修废弃物。施工营地需建设沉淀—隔油池，废水一律经沉淀隔油处理后循环回用，并实现达标外排，从而减缓施工期对海洋水质环境污染问题。

②噪声控制

对施工过程中所需的打桩船、浮式起重船、分体安装船等设备，一律采用国内外先进设备，主要施工设备的声源强度必须达到相关机械产品的噪声标准；施工阶段执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），控制施工作业时间，严禁在昼间12:00~14:00和夜间22:00~6:00从事高噪声作业；对进出施工场地的载重运输车规定其行驶路线，禁止鸣笛。

（3）原辅材料与能源消耗分析

◆施工期间能源消耗是一次性投入，主要是人力、物力的大量投入，存在着能源的直接消耗，重点是设计方案的优化。施工照明选用高效节能钠光灯源。施工期落实环保措施，合理安排施工时间，科学布置用电负荷，分工段制定节电方案，将节约用电措施落实到每一个施工环节。

◆在施工过程产生的废渣或石料，全部实行定点收集，然后因地制宜用于项目区内路面的平整等，提高工程建设的综合利用水平，基本上可以做到清洁生产，彻底避免向海岸、路边等地堆弃或倾倒。

◆加强施工计划管理，制定切实可行的施工计划，合理安排施工工序，尽量减少设备不必要的进退场和能源的浪费。

◆工程所需的汽油、柴油等燃料主要靠外购供应。为降低工程能耗量，在确保施工机械、车辆设备品质良好和定期保养的情况下，合理安排运输路线，从节能角度优化制定施工方案和节能目标，加以监督考核。

（4）员工

要求施工单位在环境管理方面加大宣传力度，做好人员培训，提高施工人员的环境意识，在生产实践中推动清洁生产的持续进行；进场伊始，就组织全体职工认真学习相关法律、法规，使每个参与建设的职工都懂法、守法、依法施工，自觉接受当地海洋和环保行政主管部门的监督和管理；项目部配备环境保护和清洁生产审核专职人员，制定清洁生产目标责任制，负责日常监督和考核实施。

3.3 产业政策符合性分析

根据《〈产业结构调整指导目录（2024年本）〉》，本项目建设属于属于鼓励类目录中第五部分“新能源”中的第1条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”项目，符合

国家产业政策。

3.4 与环境功能区划和区域相关规划的符合性分析

3.4.1 与福建省国土空间规划的符合性分析

根据《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目位于“海洋开发利用空间”，具体位置见图 3.4-1。海洋开发利用空间为允许集中开展开发利用活动的海域以及允许适度开展开发利用活动的无居民海岛，本项目建设不涉及无居民海岛，属于规划要求的开发利用活动范围内，因此，项目建设符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》。

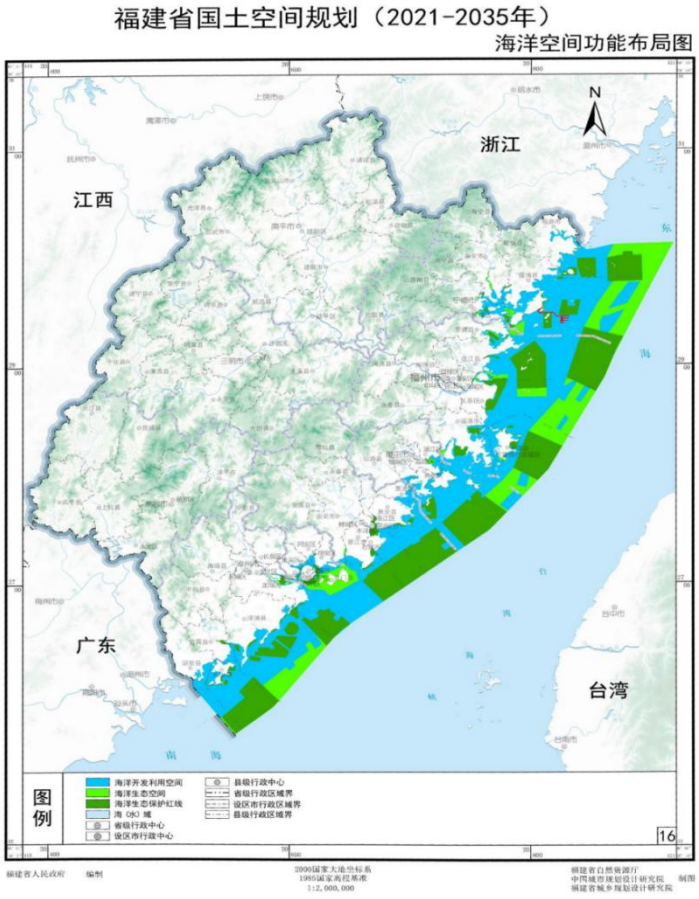


图 3.4-1 项目位于福建省国空位置图

3.4.2 与宁德市国土空间规划符合性分析

本项目涉及工矿通信用海区、渔业用海区与海洋生态控制区。其中，项目风机、海上升压站、35kV 海缆均位于工矿通信用海区。项目 220kV 海缆位于工矿通信用海区、渔业用海区与海洋生态控制区。具体位置见图 3.4-2。

渔业用海区的管控要求为：“严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定；保护产卵场、越冬场、索饵场和洄游通道等重要渔业水域。区域内有围填海历史遗留问题

图斑的，根据围填海历史遗留问题处理方案进行处理；涉及国家重大战略项目用海需求的，根据国家相关政策要求开展相关的海洋开发活动。”本项目220 kV海底电缆穿越渔业用海区，本项目不涉及重要渔业水域，项目的实施不会对产卵场、越冬场、索饵场和洄游通道等重要渔业水域造成影响。项目的实施不会影响渔业用海区主导功能的发挥。

工矿通信用海区的管控要求为：“严格控制在重要沙滩以外3.5 海里海域进行海砂开采活动：河口区域相关工程建设应保障泄洪通道畅通和防洪防潮安全；区域内的无居民海岛，执行海岛分类管控要求。优先保障国家和地方重大建设项目的用海需求，优先安排海洋工程装备、可再生能源、生物医药等战略性新兴产业用海。主导功能未利用，允许适度增养殖用海。”本项目涉及工矿通信用海区、渔业用海区。其中，项目风机、海上升压站、35kV 海缆和一部分220 kV 海缆均位于工矿通信用海区。本项目作为海上风电项目，属于可再生能源等战略性新兴产业用海，项目的实施符合所在工矿通信用海区的管控要求。

“海洋生态控制区”总面积为2227.48平方千米，其管控要求为原则上维持海域开发利用现状，在确保不影响周边其他功能区正常运行、不影响公共交通和国防军事安全的前提下，经科学论证后，可开展保障泄洪与城市景观水域、渔业资源自然繁育空间；兼容道路交通等重大基础设施建设用海，重点保护岛礁生态系统、湿地生态系统；兼容阶段性海域捕捞及零星分布的海洋旅游休闲活动。

本项目海底电缆敷设会引起附近海域水体中的悬沙含量增加，但其影响是暂时的，且施工时间较短，工程施工完成后悬浮物会在较短的时间内沉降；施工期生活污废水、施工废水收集后处理或回用，在本项目营运期不会产生污染物，不会对周边海域的环境质量造成影响。同时，基于安全防护和海底电缆保护考虑，风电场电缆保护范围内禁止船舶航行、锚泊，这些活动的禁止使本工程所处海域的水质更为清洁，张网、拖网捕捞等活动的终止，以及风机基础的鱼礁效应，为此处的海洋生物提供更具吸引力、更安全的生存环境，捕捞区内的渔业资源因此到更好的生长和养护，能够保障渔业自然繁育空间。

综上，本项目与《宁德市国土空间总体规划(2021 -2035 年)》相符。

3.4.3 与霞浦县国土空间总体规划符合性分析

本项目涉海工程位于四礵列岛南部海域和东冲半岛东侧海域，根据县域海洋空间规划分区图，本项目风机、升压站、35kV 海缆位于“工矿通信用海区”，项目220kV 海

缆位于“渔业用海区”。具体位置见图 3.4-3。

本项目为海上风电场项目，项目用海与“工矿通信用海区”相符。项目 220 kV 海缆位于“渔业用海区”，用海方式为海底管道用海，不改变海域自然属性，项目施工对周边海域的潮流、冲淤基本不会造成影响。施工中悬浮物扩散对水质和渔业资源影响较小，且影响在施工结束后短期内消失，总体影响是暂时且可逆的，可维持项目所在海域自然环境质量的现状，符合渔业用海区的管控要求。因此，本项目与《霞浦县国土空间总体规划（2021 -2035 年）》相符合。

3.4.4 与《福建省“三区三线”划定成果》符合性分析

据《福建省“三区三线”划定成果》，本项目不占用城镇开发边界线、永久基本农田保护红线和生态保护红线。本项目路由施工产生的悬沙将会扩散至生态保护红线，海缆登陆将占用人工岸线。

本项目场区距离南礵岛及周边海岛生态保护红线区最近为 0.35km，距离浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区最近为 6.27km。本项目主海缆距离浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区最近为 0.5km，距离高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区最近为 0.11km，距离东冲半岛海岸防护生态保护红线区最近为 0.77km。本项目的实施近施工阶段会产生部分悬浮泥沙，且悬浮泥沙扩散范围较小，仅限项目周边区域，且影响随施工的结束随即消失，对项目周边海域环境影响较小。

综上，本项目用海与福建省“三区三线"可相衔接。

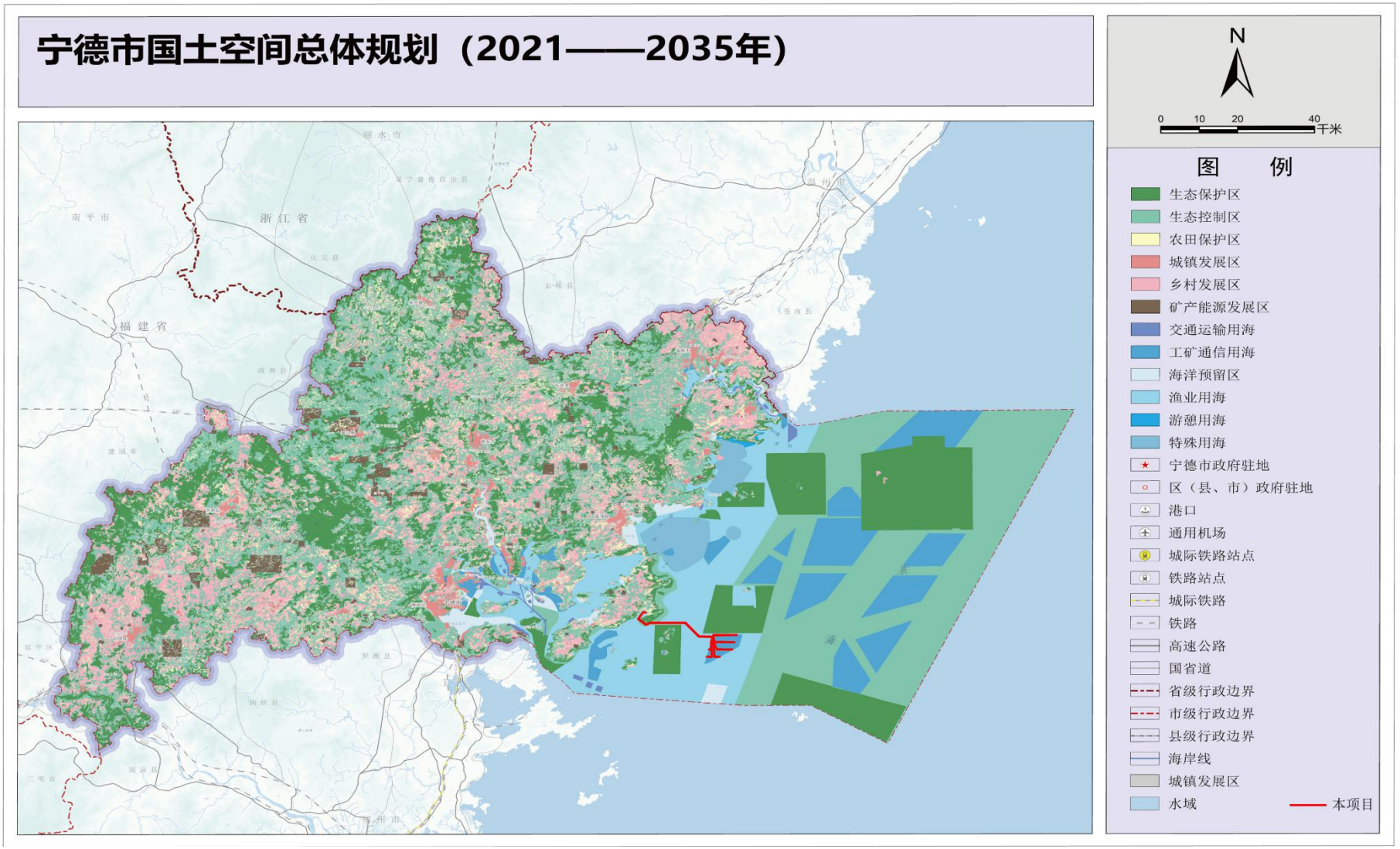


图 3.4-2 项目在宁德市国土空间总体规划中的位置

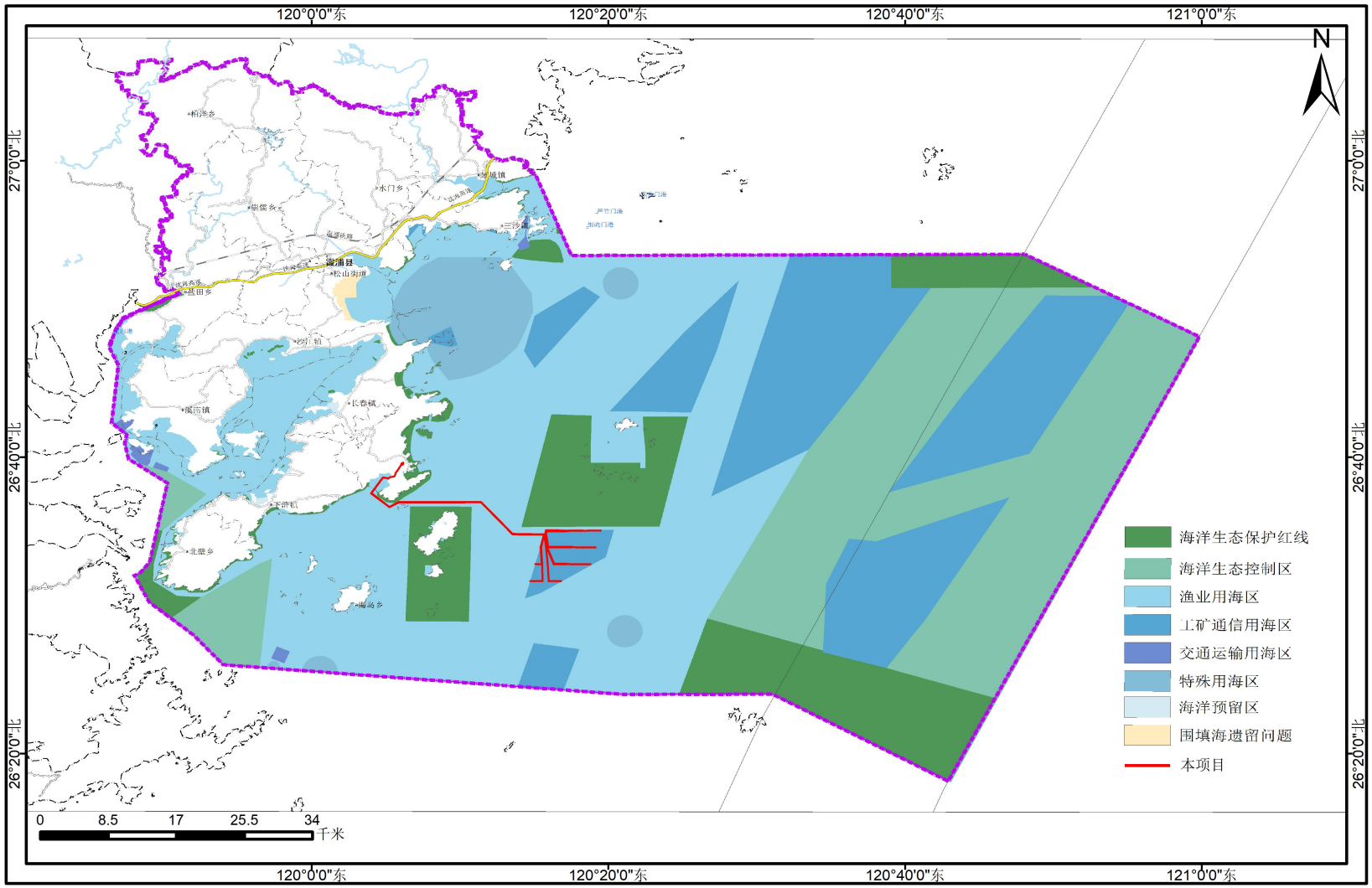


图 3.4-3 项目在霞浦县国土空间总体规划中的位置

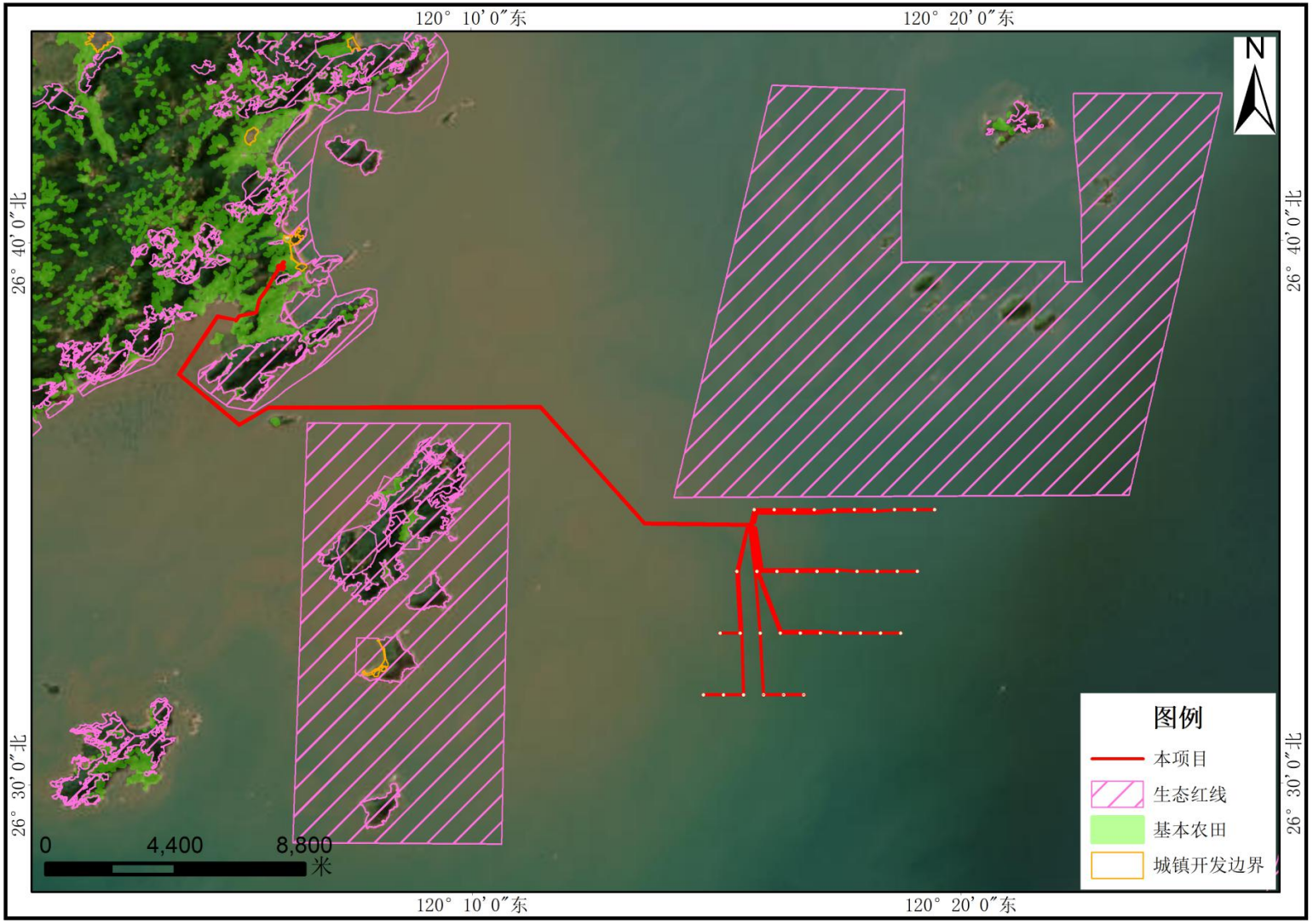


图 3.4-5 项目在福建省“三区三线”中的位置（一）

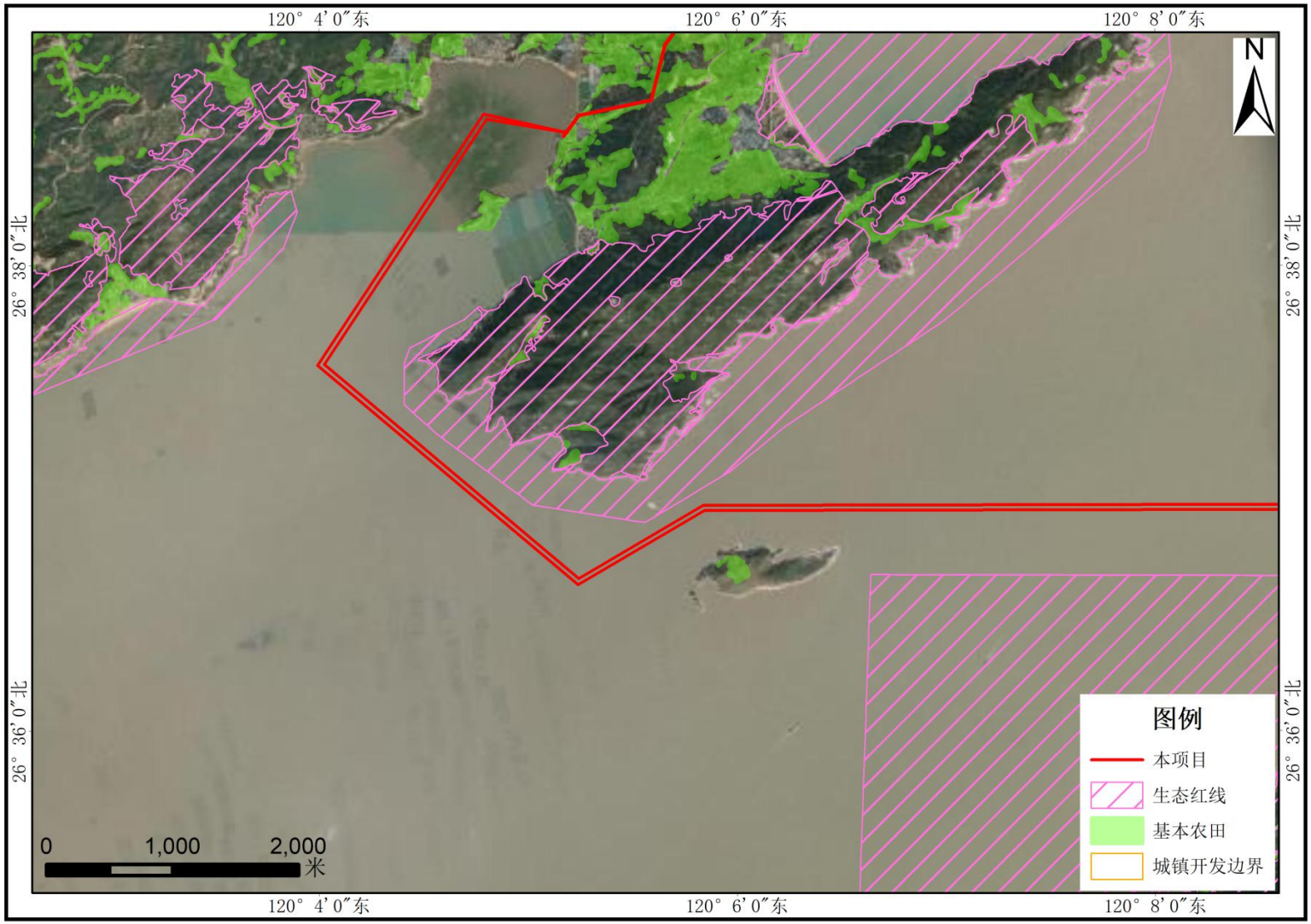


图 3.4-6 项目在福建省“三区三线”中的位置（二）

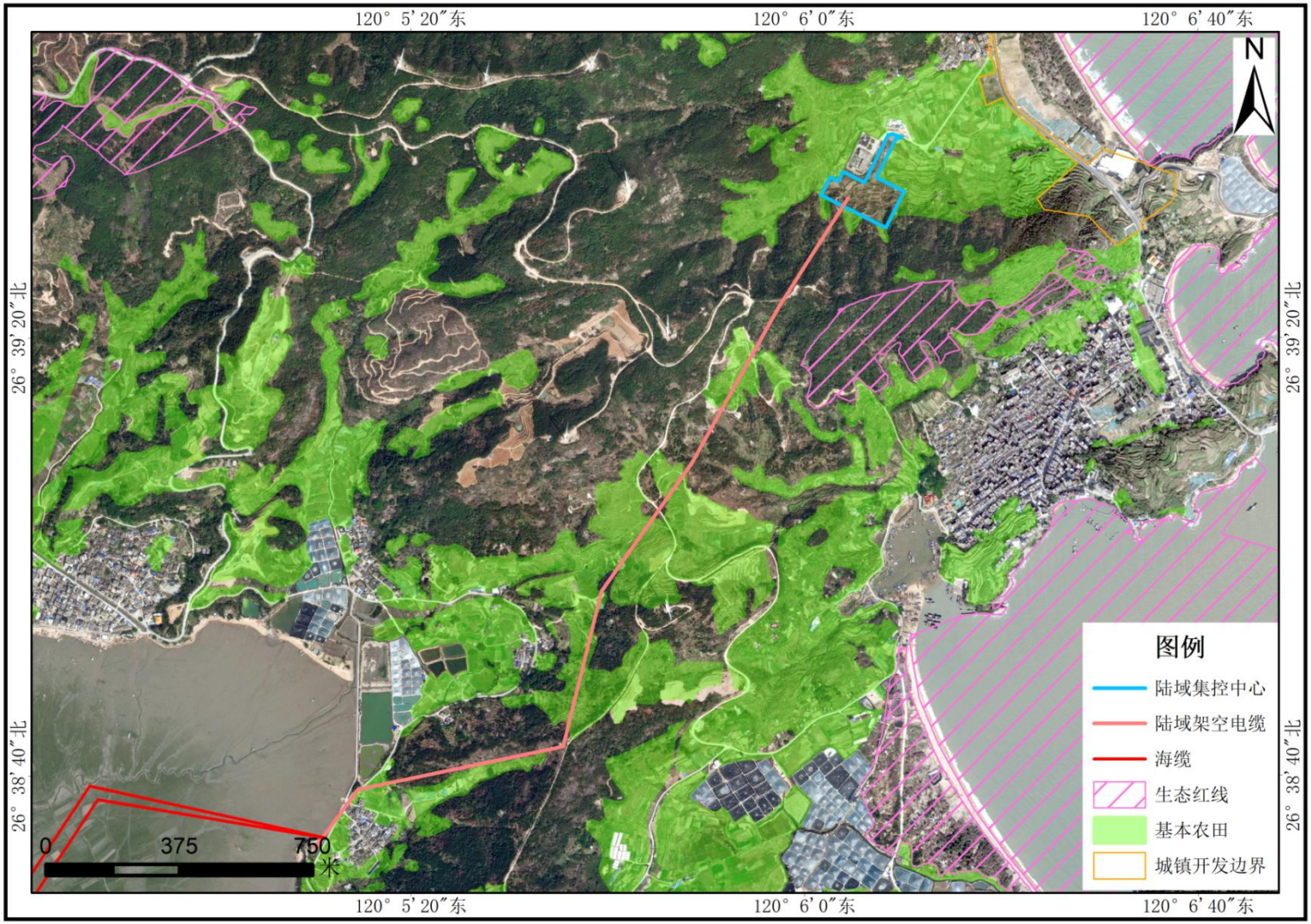


图 3.4-7 项目在福建省“三区三线”中的位置（三）

3.4.5 与《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》的符合

根据《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》，以生态优先绿色发展陆海统筹区域联动；问题导向，稳中求进；一湾一策，精准施策；上下联动，多方共治”为基本原则，按照“一湾一策”要求，对沿海设区市和平潭综合实验区各个主要海湾（湾区）“十四五”期间的重点工程项目和政策措施情况逐一作出规划部署，提出明确要求。全省建立以海湾(湾区)为载体和基础管理单元的海洋生态环境管控体系,共划分 35 个美丽海湾(湾区)管控单元,宁德市包括福鼎市沙埕港湾区、福鼎市东部岸段、霞浦县福宁湾岸段、霞浦县东冲半岛东部岸段、三沙湾湾区等 5 个管控单元。

根据《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》，本工程位于霞浦县东冲半岛东部岸段，，霞浦县东冲半岛东部岸段“十四五”重点任务包括岸滩和海漂垃圾治理、亲海空间环境综合整治和亲海空间拓展基础设施建设。

本项目区现有水质基本符合第二类海水水质标准（除无机氮和活性磷酸盐外）。项目桩基和海缆敷设施工扰动产生悬浮泥沙，悬浮物扩散对水质和渔业资源的影响较小，且在施工结束后短期内消失，项目用海基本可以维持海域自然环境现状。因此，项目用海可以满足《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》的要求。

3.4.6 与《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》的符合性

根据《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》，规划期间重点发展海洋信息、海洋能源、海洋药物与生物制品、海洋工程装备制造、邮轮游艇、海洋环保、海水淡化等七大新兴产业。其中对于海洋能源，规划中指出：拓展海上风电产业链，有序推进福州、宁德、莆田、漳州、平潭海上风电开发，坚持以资源开发带动产业发展，吸引有实力的大型企业来闽发展海洋工程装备制造等项目，不断延伸风电装备制造、安装运维等产业链，建设福州江阴等海上先进风电装备园区。规划建设深远海海上风电基地。支持建设智慧海电大数据中心，开放共享海上基础设施，形成覆盖全省的海上风电行业资源共享平台。

本项目位于霞浦海域，为海上风电场建设项目，属于海洋能源，项目的建设有助于海洋资源的开发利用，可促进海洋新兴产业的规模化发展。因此，本项目的建设符合《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》。

3.4.7 与《福建省湿地保护条例》的符合性

根据《福建省湿地保护条例》（2023 年 1 月 1 日实施），为了贯彻落实保护条例的具体措施，福建省发布了第一批省重点湿地保护名录，包括长乐闽江河口湿地国家级自然保护区重要湿地等 50 个。拟建风电场区使用的海域不在第一批省重点湿地保护名录范围内。本项目海底电缆近岸段施工期时临时涉及一般湿地，施工结束后生态系统逐渐得到恢复。

根据霞浦县湿地保护范围，本项目 220kV 海底电缆穿越霞浦县罗浮土坪一般湿地和霞浦县下岐一般湿地长度约为 5692m，穿越情况详见图 3.4-8，临时涉及的湿地类型为浅海水域，不会影响滨海湿地的生态功能，施工后生态系统可逐渐得到恢复。项目运营对湿地生态系统基本功能影响很小，且用海方式未改变湿地性质。项目业主已征求县级人民政府授权部门霞浦县林业局的意见，同意本项目的建设，具体见附件 4。

综上，项目建设与《福建省湿地保护条例》不冲突。



图 3.4-8 本项目与霞浦县一般湿地位置关系图

3.4.8 与“三线一单”符合性分析

（1）与生态红线的相符性分析

根据宁德市“三区三线”划定成果，本项目占地不涉及生态保护红线。陆域架空线路未占用的生态红线，项目6#塔基与生态红线毗邻（最近距离126m），该红线为闽东诸河流域水土保持生态保护红线。

（2）与环境质量底线的相符性分析

①大气：到2025年，中心城区PM2.5年平均浓度不高于23μg/m^3。到2035年，县级以上地区空气质量PM2.5年平均浓度不高于18μg/m^3。项目涉及的大气环境管控单元为大气环境一般管控区，其管控要求为：以乡镇生活空间、农业空间为主，人口密度相对低于受体敏感区；其管控要求以产业转型、污染减排为主；从产业准入要求来看，不宜大规模进行工业项目的开发建设。

项目为海上风电场项目，不产生大气污染物不会冲击大气环境质量底线，满足管控区的管控要求。

②地表水：根据宁德市“三线一单”成果，本项目涉及的水环境管控单元为水环境一般管控区，其管控要求为：水环境一般管控区以维持区域水质和水生态现状为基本目标，限制新建、扩建污染严重工业项目，引导工业企业向工业园区集聚发展。落实普适性治理要求，确保污染达标排放。2025、2030、2035年项目区水环境质量底线为Ⅲ类水质。

项目为海上风电场项目，不产生水污染物，不会冲击水环境质量底线，满足管控区的管控要求。

③土壤：根据宁德市“三线一单”成果，本项目路径跨越农用地优先保护区，占用一般管控区，一般管控区管控要求为：加强未利用地开发管理，禁止向未利用地非法排放有毒有害物质等行为。矿山等矿产资源开采活动中，禁止实施影响周边未利用地的土壤生态环境的行为。未利用地、复垦土地等拟开垦为耕地的，县级以上人民政府农业农村主管部门应当组织生态环境、自然资源主管部门进行土壤污染状况调查，符合耕地土壤生态环境要求的可以开垦为耕地。未利用地拟开发为建设用地的，县级以上人民政府自然资源主管部门应当会同生态环境主管部门进行土壤污染状况调查，依法进行管理。

本项陆域输电线路与集控中心不占用基本农田，项目运营期无土壤污染物，不会冲击土壤环境风险防控底线，满足管控区的管控要求。

（3）与资源利用上限的对照分析

资源利用上线包括水资源利用上线和岸线资源利用上线。

①水资源利用上线衔接水资源管理“三条红线”，土地资源利用上线衔接国土空间总体规划要求，能源资源利用上线衔接节能减排、能源规划等文件要求。

②岸线资源利用上线以岸线利用现状为基础，衔接生态保护红线划定成果、海洋功能区划、环境功能区划等成果中对于海岸线资源保护和利用的相关要求和规划，并综合考虑宁德市实际发展需求，在不影响沿岸生态环境及岸线安全的前提下，合理规划岸线资源管控分区，确定岸线资源利用上线。

项目为海上风电场项目，不属于水资源开发利用项目，主要利用资源为土地资源（项目为省重点项目，已纳入国土空间规划），项目属于减排的风电配套项目，运营期不需要消耗其他资源。项目不会突破区域资源利用上线要求。

（4）生态环境分区管控

本项目所在的环境管控单元为霞浦县一般生态空间-水土保持生态功能重要区域、霞浦县一般管控单元、宁德东部海域渔业用海区、宁德东部海域工矿通信用海区，具体位置见图3.4-9~图3.4-10，符合性分析见表3.4-3。



图 3.4-9 本项目与三线一单位置叠图（陆域）

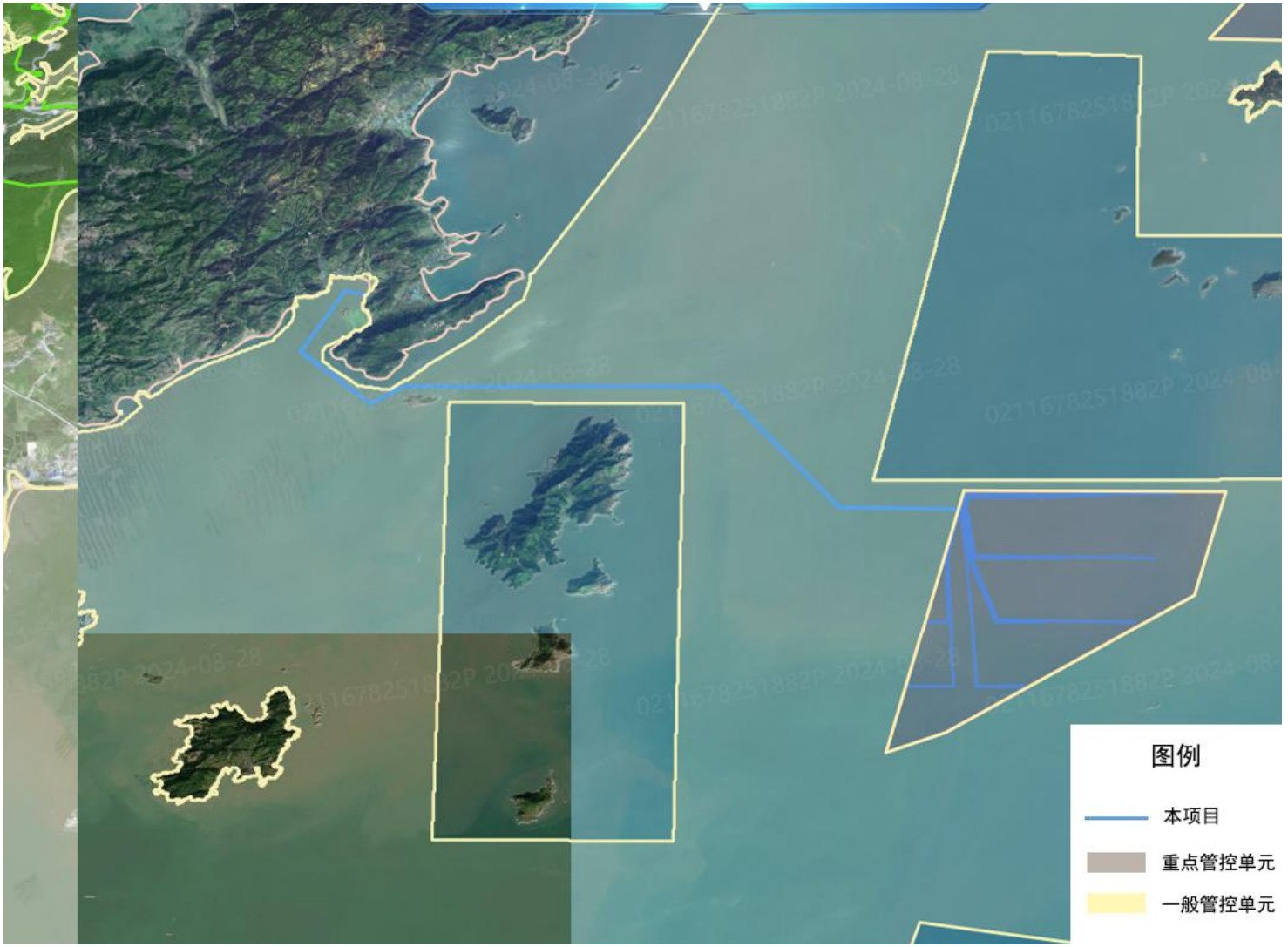


图 3.4-10 本项目与三线一单位置叠图（海域）

表 3.4-3 与环境管控单元的符合性分析一览表

环境管控单元名称	管控单元类别	管控要求		本项目符合性分析	是否符合
霞浦县一般生态空间-水土保持生态功能重要区域	优先保护单元	空间布局约束	除落实一般生态空间的管控要求外，依据《福建省水土保持条例》（2022 年）的相关要求进行管理。禁止行为：1.禁止在下列区域挖砂、取土、采石、挖土洗砂或者从事其他可能造成水土流失的活动：（1）小（1）型以上水库设计蓄水线以上、重要饮用水水源地一重山范围内的山坡地；（2）重点流域干流、一级支流两岸外延五百米或者一重山范围内；（3）铁路、公路两侧外延五十米范围内十度以上的山坡地。2.禁止在二十五度以上陡坡地和饮用水水源一级保护区的山坡地开垦种植农作物。3.禁止全坡面开垦、顺坡开垦耕种等不合理的开发生产活动。在水土流失重点治理区禁止皆伐和炼山整地。4.禁止开垦、开发、占用和破坏植物保护带。限制行为：1.在二十五度以上陡坡地种植经济林的，应当科学选择树种，合理确定规模，采取水土保持措施，防止造成水土流失。2.在水土流失重点预防区从事林业生产活动的，提倡实行择伐作业，控制炼山整地。	本项目为海上风电项目，陆域架空线路与集控中心建设不属于挖砂、取土、采石、挖土洗砂或者从事其他可能造成水土流失的活动；建设区域不涉及铁路、公路两侧外延五十米范围内十度以上的山坡地，施工建设未开垦、开发、占用和破坏植物保护带。	符合
霞浦县一般管控单元	一般管控单元	空间布局约束	1.一般建设项目不得占用永久基本农田，重大建设项目选址确实难以避让永久基本农田的，必须依法依规办理。严禁通过擅自调整县乡国土空间规划，规避占用永久基本农田的审批。2.禁止随意砍伐防风固沙林和农田保护林。3.保障核电配套设施用地（非生产性）。	本项目为海上风电项目，陆域集控中心用地不属于永久基本农田区域，未涉及防风固沙林和农田保护林，符合空间布局约束。	符合
宁德东部海域渔业用海区	一般管控单元	空间布局约束	1.严格落实海水养殖规划，优化养殖空间布局。2.保障养殖用海，严格限制改变海域自然属性。3.推进海上传统养殖设施改造升级，推广塑胶筏式吊养浮球、环保型全塑胶渔排和深水抗风浪网箱。4.严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定；保护产卵场、越冬场、索饵场和洄游通道等重要渔业水域。	本项目为海上风电项目，不涉及养殖活动。	符合
		污染物排放管控	1.严格控制养殖规模和密度，优化养殖结构和方式，实行生态养殖，防止养殖自身污染。2.强化养殖尾水处理和排放监管，禁止养殖尾水直接排放。3.海上养殖生产、生活废弃物应当回收上岸处置，不得弃置海域。	本项目施工期和运营期不排放污水。	符合
宁德东部海域工矿通信用海区	重点管控单元	空间布局约束	1.保障风电等可再生能源用海，需经专题论证确定其具体用海位置、范围、面积、规模，确保不影响毗邻海域功能区。2.禁止在海底管线内建设永久性构筑物，海上活动不得影响海底管线的安全。	本项目为海上风电项目，属于可再生能源用海，项目用海面积已经过科学论证，不影响毗邻海域功能区；风电场区建设内容不涉在海底管线内建设永久性构筑物，仅为风机与	符合

				升压站桩基施工、海缆敷设施工，经现状调查项目场区范围不存在海底管线，因此，本项目建设不会影响海底管线安全，项目申请用海年限为 30 年，退役期会对风机进行拆除。	

3.4.9 与《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿）的符合性分析

根据《宁德市近岸海域环境功能区划（2023-2025）》（征求意见稿），本项目所在功能区类型为二类近岸海域环境功能区，执行不低于第二类海水水质标准，第一类海洋沉积物质量标准，第一类海洋生物质量标准。

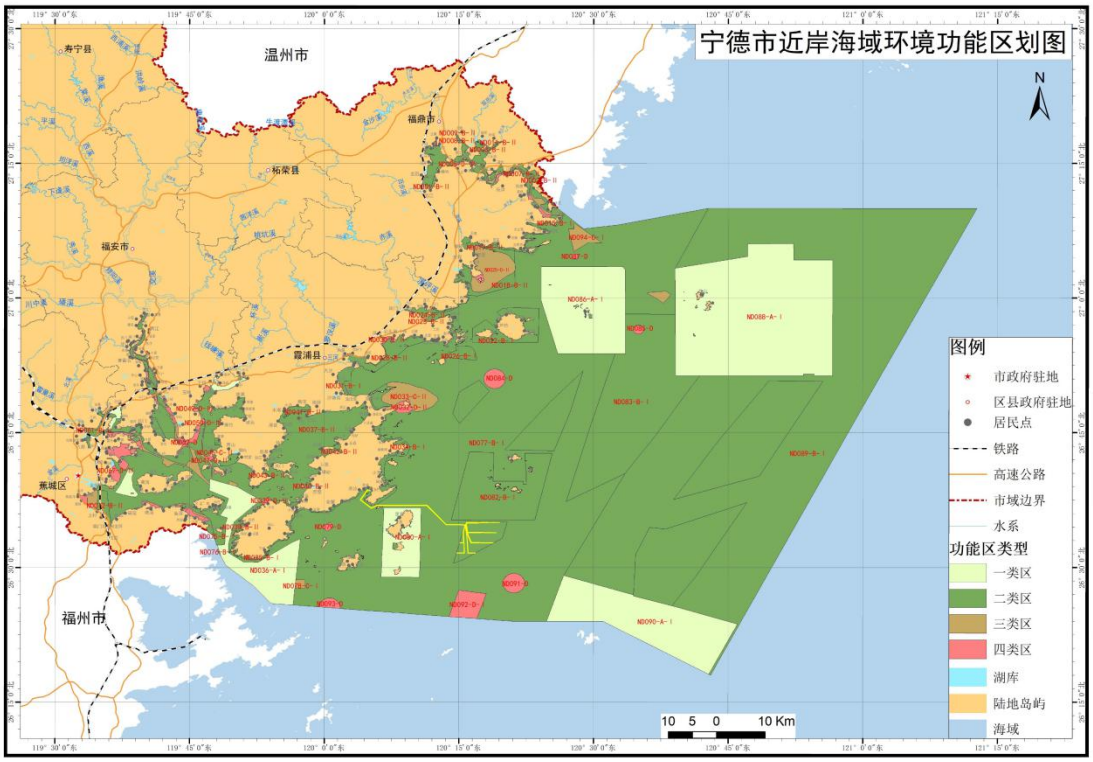


图 3.4-11 本项目在宁德市近岸海域环境功能区划图位置

涉及渔业用海的二类近岸海域环境功能区管控要求为保护水生生物增养殖赖以生存的海域环境，鼓励发展生态渔业，严格落实养殖水域滩涂规划，优化海水养殖布局，科学确定养殖规模、密度和品种，严格控制投饵型鱼类网箱养殖密度，实行生态养殖。本项目 220 kV 海底电缆穿越渔业用海区，本项目的建设为风机建设和海底电缆管线敷设，项目施工期间，悬浮泥沙扩散会对该区域的水质产生暂时的影响，但这种影响是有限的、暂时的，将随着施工的结束而结束，一旦施工结束，海水水质将恢复到原有的水平。项目的实施不会对产卵场、越冬场、索饵场和洄游通道等重要渔业水域造成影响。项目的实施不会影响渔业用海区主导功能的发挥。

涉及工矿通信用海区中可再生能源用海管控要求为保障风电等可再生能源用海，需

经专题论证确定其具体用海位置、范围、面积、规模，施工期和运营期采取必要的污染防治措施，不得影响破坏周边海域生态环境质量。本项目为可再生能源用海，已经专题论证确定了项目具体用海位置、范围、面积、规模。施工和运营期间，建设单位将按照环评报告要求严格控制施工污染和废水排放问题，加强海洋环境监测，严格落实环境保护要求，施工结束后海域水质得到恢复，项目建设不会导致周边水质质量下降。

综上，本项目建设符合宁德市近岸海域环境功能区划。

3.4.10 与《福建省生态公益林条例》的符合性

工程陆域架空线路选线在综合考虑地方规划、环境敏感区等多方限制性条件后，仍有一个塔基不能避让国家二级公益林，根据《福建省生态公益林条例》第三章第二十四条“二级保护的生态公益林除经依法批准的基础设施、省级以上的重点民生保障项目和公共事业项目之外，禁止开发”，根据《福建省发展和改革委员会关于印发2023年度省重点项目名单的通知》“能源类-237宁德霞浦海上风电场B区项目”，项目为福建省重点公共事业项目符合《福建省生态公益林条例》的要求，允许使用二级保护的生态公益林，项目在施工前，应当按照管理规定，编制建设项目使用林地可行性报告，办理建设项目使用林地手续。

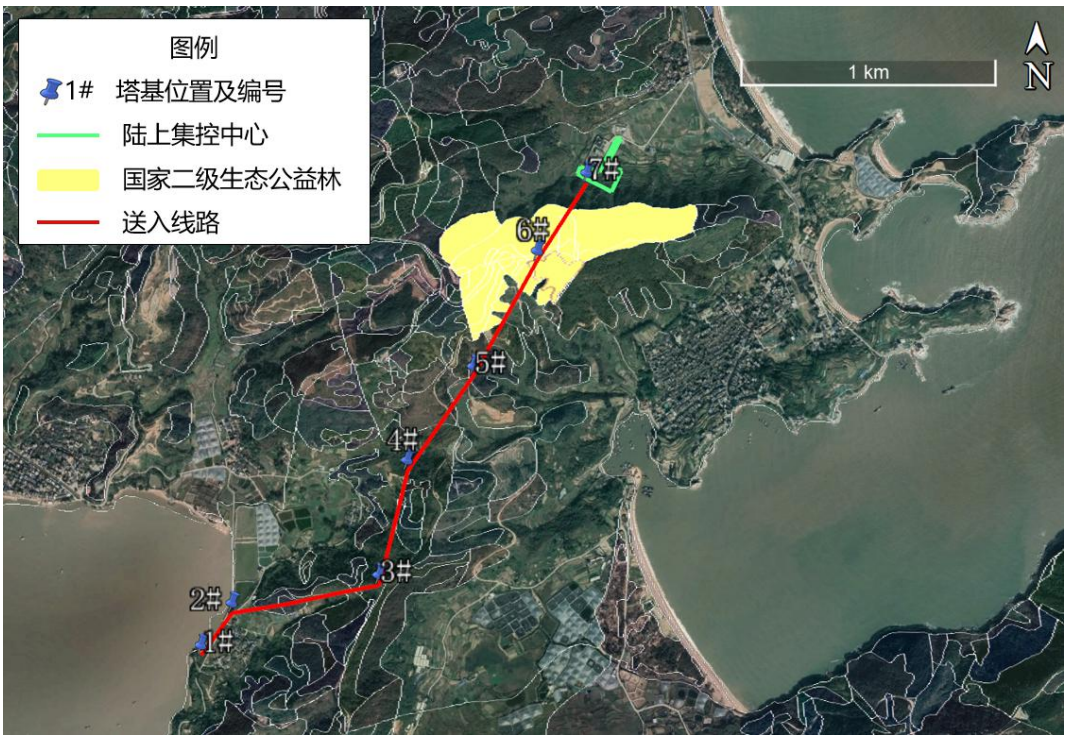


图3.4-12 项目与林地叠图

3.4.11 与《福建省基本农田保护条例》的相符性

本工程陆域选址选线不占用基本农田，具体位置见图3.4-13~图3.4-14。符合《福建省基本农田保护条例》：“第十八条严格控制各类非农业建设占用基本农田。”的规定。

3.4.12 与《福建省海岸带保护与利用规划（2016 -2020 年）》的符合性

《福建省海岸带保护与利用规划（2016 -2020 年）》主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。根据主体功能，在对自然本底条件、保护利用现状及开发建设增量需求进行单要素和综合集成评价的基础上，结合福建省海岸带特征、生态环境承载能力和发展基础，将海岸带空间划分为重点保护区、控制性保护利用区、重点建设区三类区域：

重点保护区。主要包括依法设立的自然保护区、森林公园、地质公园、饮用水源保护区、湿地公园、重要自然湿地、重点生态公益林和沿海防护林等区域以及部分生态脆弱区域，是严格进行生态保护红线管控和刚性约束的区域，主要功能是生态保护和水源涵养。

控制性保护利用区。主要包括耕地、渔业水域、部分林地、农村居住用地、具有旅游休闲及其他功能的区域。区内实施严格的指标控制，面积指标可实施占补平衡，是进行生态指标管控的限制性开发区域，主要功能是粮食、蔬菜、水果、水产品生产和旅游休闲。

重点建设区。主要包括现状城镇、工业、港口码头用地和2020 年前的规划建设用地、用海，是有一定经济基础、资源环境承载能力较高、发展潜力较大、具备进行规模化开发建设的城镇化和工业化区域，是重点开展工业和城市化建设的区域，主要功能是城镇建设、工业开发和港口物流。

本项目在“福建海岸带功能板块空间布局”中均位于“农业渔业板块”和“其他区域”，本项目海底电缆敷设施工期较短，产生悬浮泥沙较小，随施工期结束影响随即消失，项目的实施不改变海域自然属性，不会对所在海域主导功能发挥造成影响。因此本项目与《福建省海岸带保护与利用规划（2016 -2020 年）》可相衔接。

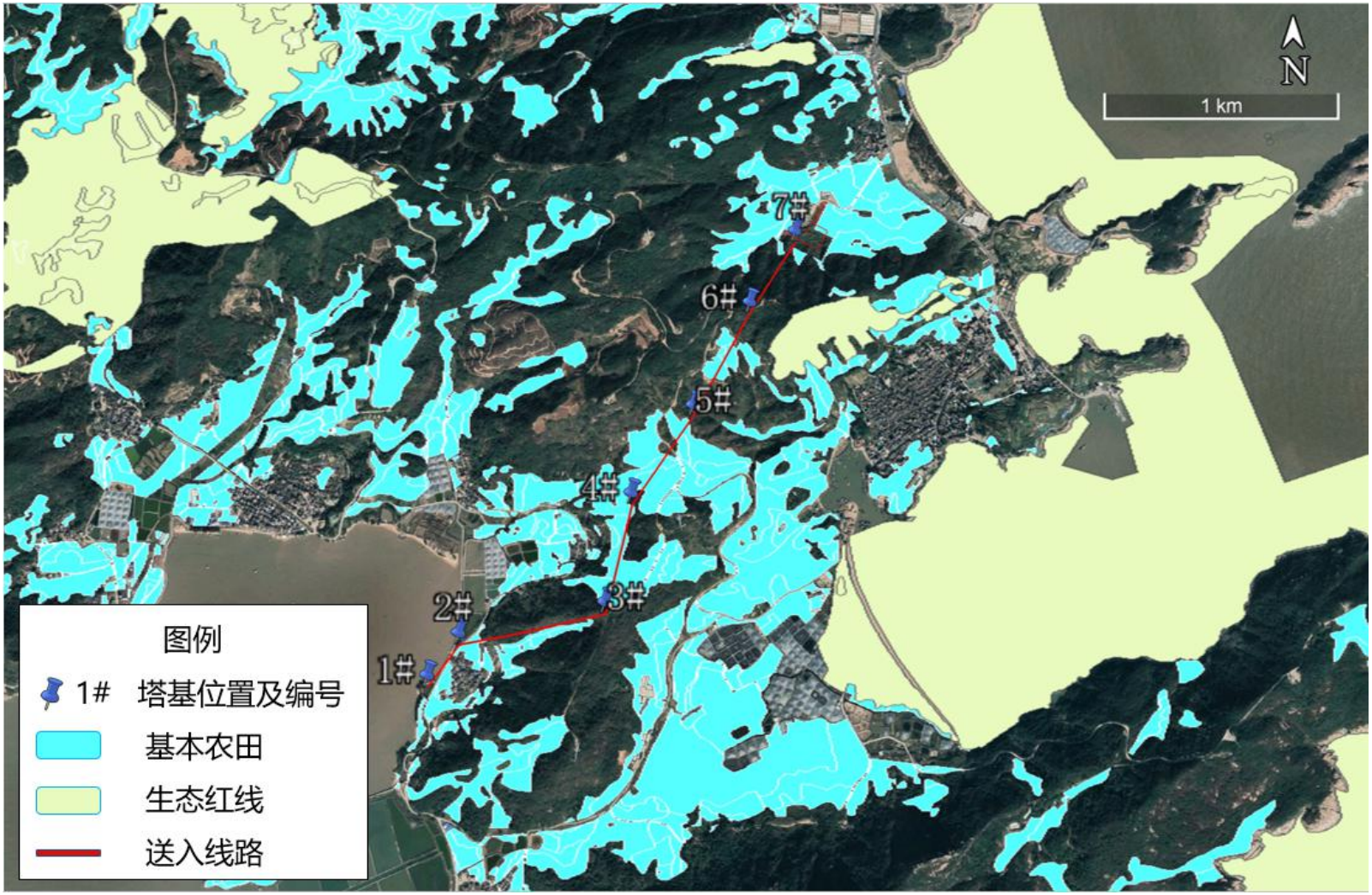


图 3.4-13 项目与基本农田相对位置图

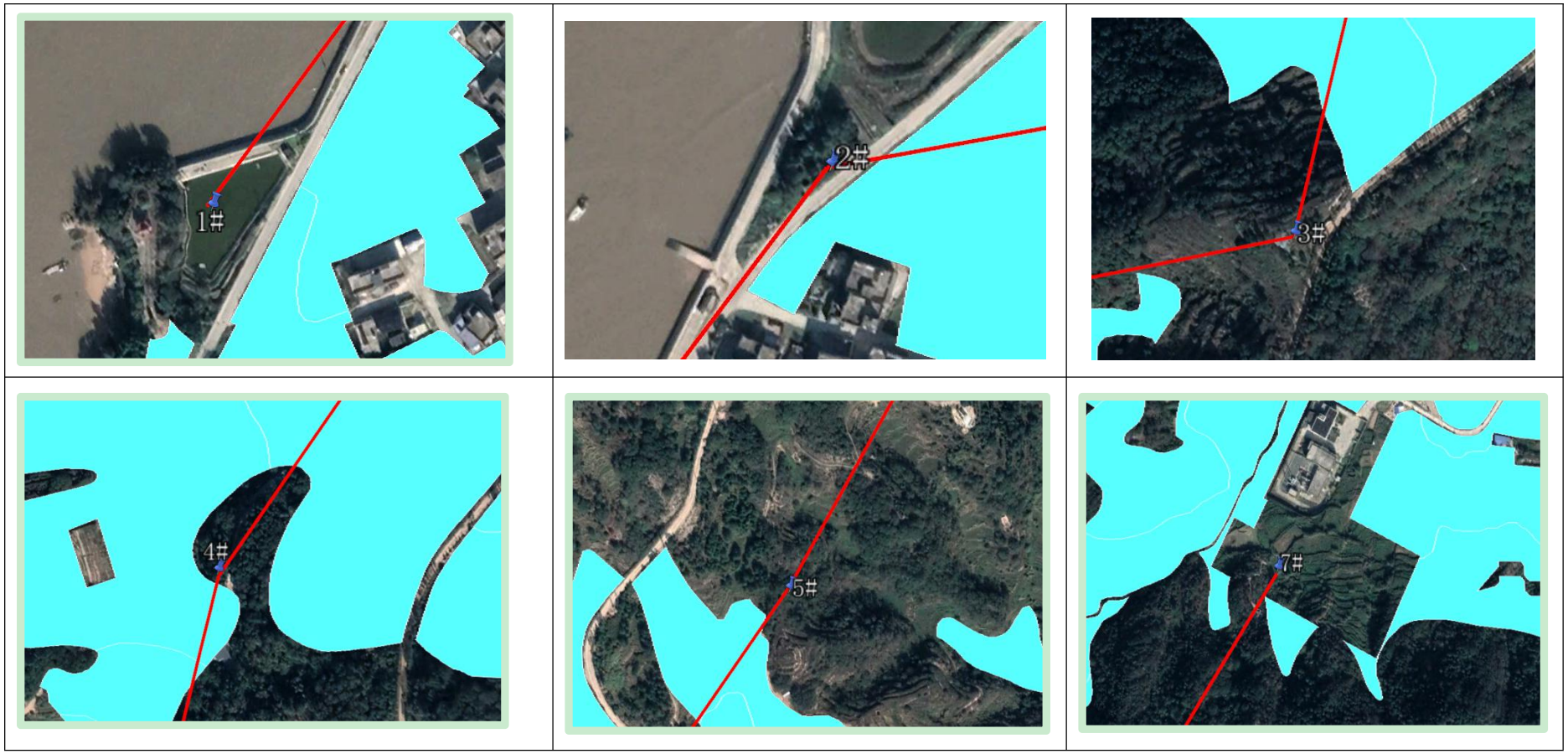


图3.4-14 项目与基本农田相对位置图（放大图）

3.5 选址合理性分析

3.5.1 选址合理性

（1）与区位、社会条件的适宜性

①社会经济条件

霞浦县地处福建省东北部，陆地面积1716km^2，海域面积2.89 万km^2。是中国东南沿海海峡西岸经济区东北翼港口城市。2022年，霞浦县全年实现地区生产总值353.70亿元，比上年增长13.6% 。其中，第一产业增加值85.40 亿元，增长1.7% ；第二产业增加值127.26 亿元，增长40.1% ；第三产业增加值141.03 亿元，增长3.2% 。第一产业增加值占地区生产总值比重为24.1% ，第二产业增加值比重为36.0% ，第三产业增加值比重为39.9% 。

由此可见，项目区域经济良好。

②对外交通运输条件

a.公路

霞浦海上风电场附近的霞浦县、宁德市区和罗源县公路交通便利，形成了以宁东高速（G15W3 G15W3 ）、沈海高速（G15 ）、国道G104 线、省道S201 S201 线交错环绕为主线，以诸多县乡道为干线的便利交通运输网络。

b.铁路条件

境内目前有温福高速铁路经过，温福铁路与福州既有的福马铁路连接，同时福厦铁路相接，系国家一级双线电气化铁路。

c.航道及港口条件

拟建工程风电场场址周边区域距离较近的有福州港等。福州港罗源湾港区、三都澳港区、白马港区、三沙港区和沙埕港区位于国际海运和国内沿海的主通道上，拥有便捷的集疏运网络，公路连接全省路网，并通过沈海高速、104 国道等与全国公路网相连，与我国沿海高速公路相连。这些为风电场的建设及运营提供了良好的水陆中转条件。

（3）与区域自然资源、环境条件的适宜性

①气象条件

霞浦站年平均气温为19.5℃。我国沿海在渤海及黄海北部地区受寒潮影响可能出现

海冰冰情，本工程位于我国南部海域基本不会出现零度以下的天气，因此风机布置区域没有海冰出现，所以气候条件不会对风电机组布置造成不利影响。

②风能资源

本风电场西北侧四礵列岛中的棺材礵岛上设立有1 座80m 高测风塔（9009# ，东经120 ° 18 '44.0" 、北纬26° 40 '0.3 "），所在位置高程27m，于2010年3月开始测风，收集到2010年3月23日至2012年6月14日、2016年5月17日至2017年3月31 日约4 年的测风数据。2019年6月，在霞浦B区海上风电场范围内设立的一座海上测风塔投入观测，测风高度100m，编号1901#、1902#。

测风塔测风年80m 高度年平均风速为8.33m/s，测风塔80m 高度代表年平均风速在8. 05 m/s ，年平均风功率密度508.4 W/m^2，数据表明本场址风能资源丰富，具有很好开发利用价值。根据9009# 测风塔风能资源分析成果，并利用WAsP软件模拟风电场场址风能资源情况，风电场风能资源丰富，具有良好的开发利用价值。测风塔代表年有效风速小时数为7351h（3～25m/s），占全年的83.9 %，有效平均风速为8.8m/s ，风能有效功率占全年的89.7%。风电场风向主要集中在NNE、NE ，占全部的48.25 %以上，风能主要集中在N、NNE、NE，占全部的71.26 % 以上。

由此可看出本风电场风能资源集中，有利于风能资源利用。

③地形地貌与地质条件分析

工程区大地构造位于华南褶皱带东缘，属福建省内一级大地构造单元，即闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎～云霄断陷带的东北部。新构造运动表现微弱，区域构造属于相对稳定区。场址区处于水下缓坡、水下堆积台地地貌，海底地形起伏不大。

拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱。本阶段勘察未发现海床冲刷沟、浅层气、海底塌陷、滑坡等等不良地质现象。区域构造属于相对稳定区，近代地震活动强度不大，频度不高，工程场地不存在地震边坡效应，可不考虑地表地震断层位错效应。场地稳定性属于基本稳定，适宜本工程建设。

工程区环境水按环境类型对混凝土结构具有中等腐蚀、按地层渗透性对混凝土结构具有微腐蚀，海水对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水下具有弱腐蚀、在干湿交替下具有强腐蚀性，海水对钢结构具有中等腐蚀。应依据相关规程规范采取相应的防腐蚀措施。机位及海上升压站场地表层存在软弱土，基本不具备天然地基条件。根据构筑物特

点及机位工程地质条件，建议构筑物基础选用桩基或其它基础型式。若选择桩基础，持力层在可选用⑤粉质粘土，桩型可采用钢管桩。

④水动力条件及冲淤环境适宜性分析

风电场建成后，仅在一定程度上改变了风机基础墩柱局部海底地形，但对海域附近的潮流场整体影响较小，工程前后海域的等流速线的分布几乎保持不变，仅墩柱基础周围的流速有较小变化，对附近海域断面的潮通量影响非常小，风机桩基基础对该海域潮位影响甚小。

工程后的淤积主要产生在风机基础周边水域，淤积强度变化幅度并不大。总体上，项目建设后工程区海域淤积强度的变化并不明显。随着时间的推移，在经过一段时间的重新调整适应后，泥沙冲淤强度将逐渐趋于减弱，并逐渐恢复到自然淤积状态。

⑤生态环境适宜性

风电场施工是逐步进行的，随着悬浮物的沉降每天的施工影响不会累积，因此其影响程度属于能被接受的范围内。风电场送出电缆施工采用直埋敷设方式，将电缆放入开挖好的电缆沟后随即利用旁边沙土填埋，仅暂时改变电缆沟沿线地貌，并引起少量潮间带生物（贝类、蟹类等常见种类）生物量的损失，但由于施工作业面较小，电缆敷设完成后基本不会改变沿线生境。

风电场工程运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基、海上升压站等永久设施占地周围区的底栖生物的生境遭到永久的破坏，在该范围内的底栖生物不可恢复。由于工程永久占地面积不大，因此工程占地对该区域的海洋生态环境影响有限。另外，风机基础有一定的表面积，为底栖生物提供了一个较好的附着场所，具有一定的鱼礁效应，在一定程度上可增加风电场及周边区域藻类、贝类和鱼类的生物多样性。项目建成后，对渔业生产影响有限，也不会对周围海域功能造成制约影响，在提高海域的利用率同时也节约了霞浦的岸线和土地资源。

（4）周边用海活动的适宜性

本项目海缆路由直接穿越霞浦县长春镇加竹村、外城村、赤沙村海带养殖（无海域使用权证）、霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块24 （海域使用权证号：2022D35092104994 ），本项目施工前，项目建设单位应提前与霞浦县长春镇加竹村、外城村、赤沙村、霞浦县溪南半岛建设开发有限公司协调：位于项目申请用海范围内的

和海底电缆保护范围（项目申请用海范围）内的养殖活动需退出该区域，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用，并且建设单位应和养殖活动使用者进行协商，给予其相应的拆迁补偿。同时建设单位应做好本项目海底电缆登陆点附近居民的宣传工作，在海底电缆保护范围内设置一个显眼的警示标志，确保海底电缆的安全。

项目主海缆将与霞浦县长春-浮鹰岛风电110kV海底电缆项目（霞浦县浮鹰岛风电有限公司）、霞浦东冲半岛-浮鹰岛10kV海缆工程（国网福建霞浦县供电有限公司）交越，项目建设单位应采取工程措施确保施工过程及运营过程均不会对现有海缆造成破坏。该穿越段工程措施需分别取得霞浦县浮鹰岛风电有限公司和国网福建霞浦县供电有限公司认可。

综上所述，本项目风电场建设与周边其他用海活动相适宜，可协调。

3.5.2 风电机组布置方案比选

在满足场址B区规划装机容量300MW基础上，根据场址风能资源主导方向、场址形状特点，安装列间距约3.9D、行间距12D （D=WTG4的风轮直径175m ）拟定三个布置方案：

方案一：风机沿场址边界布置；

方案二：风机沿垂直主风向布置（约15°）；

方案三：风机沿垂直主风向布置，根据场址边界调整部分风机布置。

不同布置方案见图3.5-1~图3.5-3，发电量计算成果见表3.5-1，从表中可看出，方案一平均尾流损失7.83% 、方案二平均尾流损失7.98% 、方案三平均尾流损失7.72% ，方案二平均尾流损失最大，方案一次之，方案三平均尾流损失最小；最大尾流损失方案二最大，方案一次之，方案三最小。发电量方面，方案三发电量最多，方案一次之，方案二最小。总体来说，三个方案尾流损失和发电量相差不大，但方案一风机布置比较集中，各方案中35kV海缆长度方案二最长，方案三次之，方案一最短。

综上，三个方案尾流损失和发电量相差不大，均可满足尾流控制要求，因此考虑涉海面积较小方案，方案一风机布置比较集中，35kV海缆长度最短，涉海面积最小，施工影响范围较小，对海洋环境影响相对较小，综合考虑，本项目风电机组布置推荐采用方案一。

表 3.5-1 风电场 B 区不同行列间距方案发电量计算成果表

方案	单位	方案一	方案二	方案三
单机容量	MW	8	8	8
台数	台	36	36	36
装机容量	MW	288	288	288
单机理论发电量	万kWh	3415.2	3414.9	3415.1
平均尾流损失	%	7.83	7.98	7.72
最大尾流损失	%	12.07	12.86	11.5
单机理论净发电量	万kWh	3147.6	3142.4	3151.3
单机上网电量	万kWh	2880	2875	2883
等效满负荷小时数	h	3600	3593	3604
35kV 路由长度	km	41.75	45.97	44.68

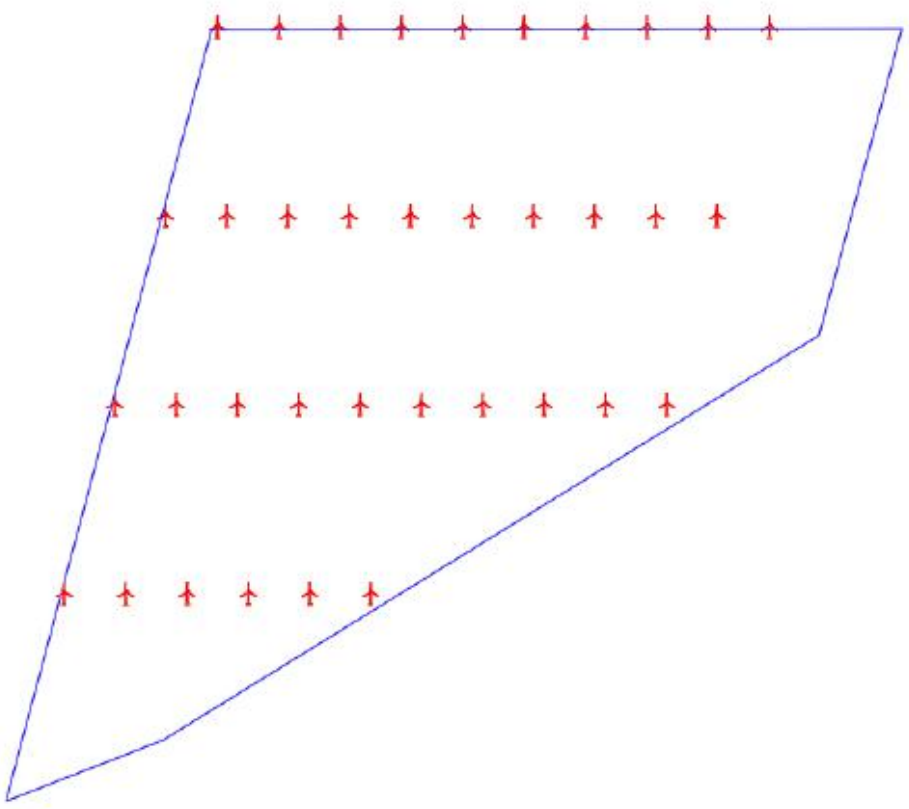


图 3.5-1 宁德霞浦海上风电场工程 B 区布置方案（方案一）

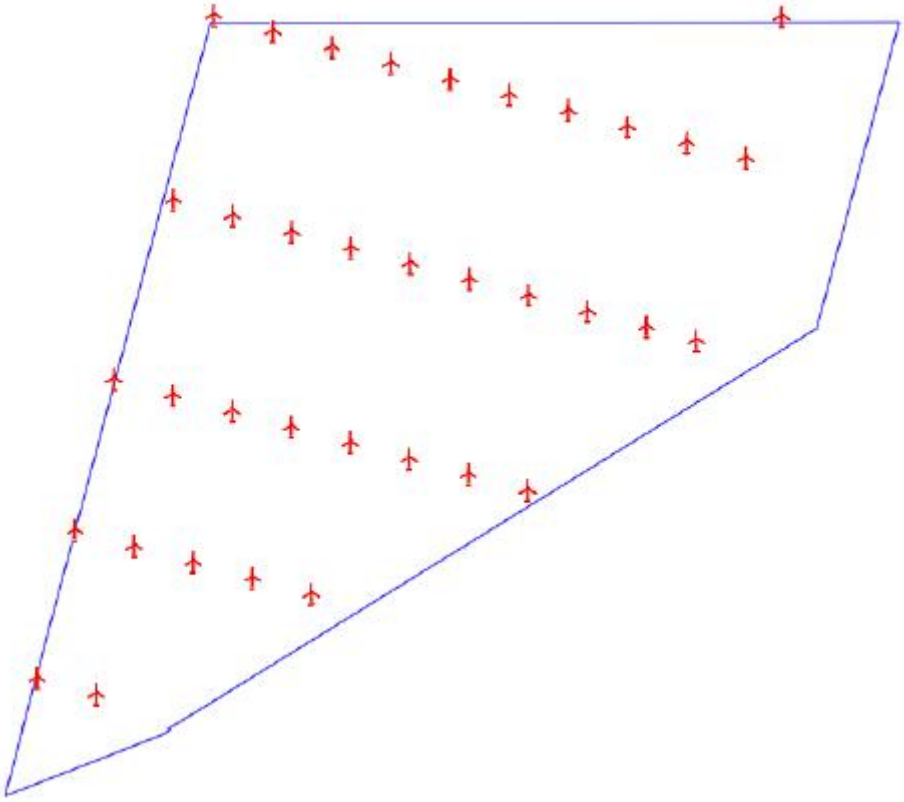


图 3.5-2 宁德霞浦海上风电场工程 B 区布置方案（方案二）

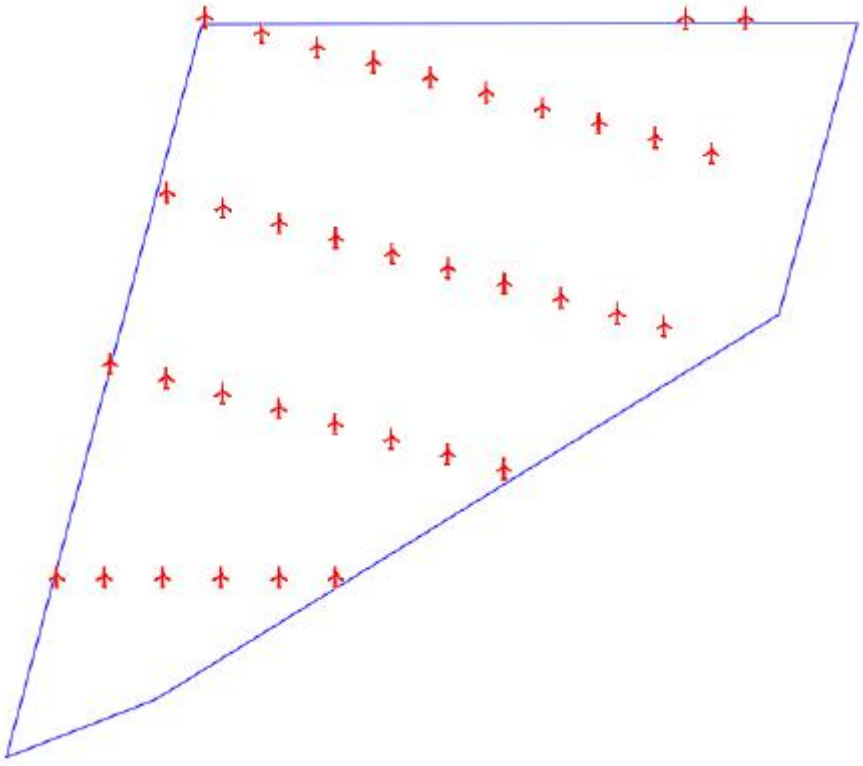


图 3.5-3 宁德霞浦海上风电场工程 B 区布置方案（方案三）

3.5.3 场区 35kV 海缆路由方案比选

风力发电机电压经机组变压器升压至 35kV 后用海缆接至升压变电站的 35kV 高压开关柜，机组变压器低压侧采用一机一变的单元接线方式，升高电压侧采用分段串接汇流接线方式。本风电场预选两个 35kV 海缆路由方案进行比选。

方案一根据风机布置，横向串联风机，共组成 9 个回路，升压站布置在风机方阵外，往陆上集控中心方向，路由详图见图 3.5-4；方案二根据风机布置，横向串联风机，共组成 9 个回路，升压站布置在风机方阵中心，路由详图见图 3.5-5。

由于比选的两个支路由方案均位于规划 B 区场区范围内布设，两个方案的海洋自然环境大尺度的地质、天气及海洋环境因素比选条件基本一致。因此，主要从海缆路由涉海面积和海缆路由造价两个方面进行比较。两个支路由海缆方案的项目投资性比较表见表 3.5-2。

由两个 35kV 海缆路由方案比较可知，从海缆路由造价方面比较，同时方案一海缆长度小于方案二，施工开挖长度较小，对海洋环境影响影响周期较短，方案一优于方案二，本项目 35kV 路由方案推荐方案一。

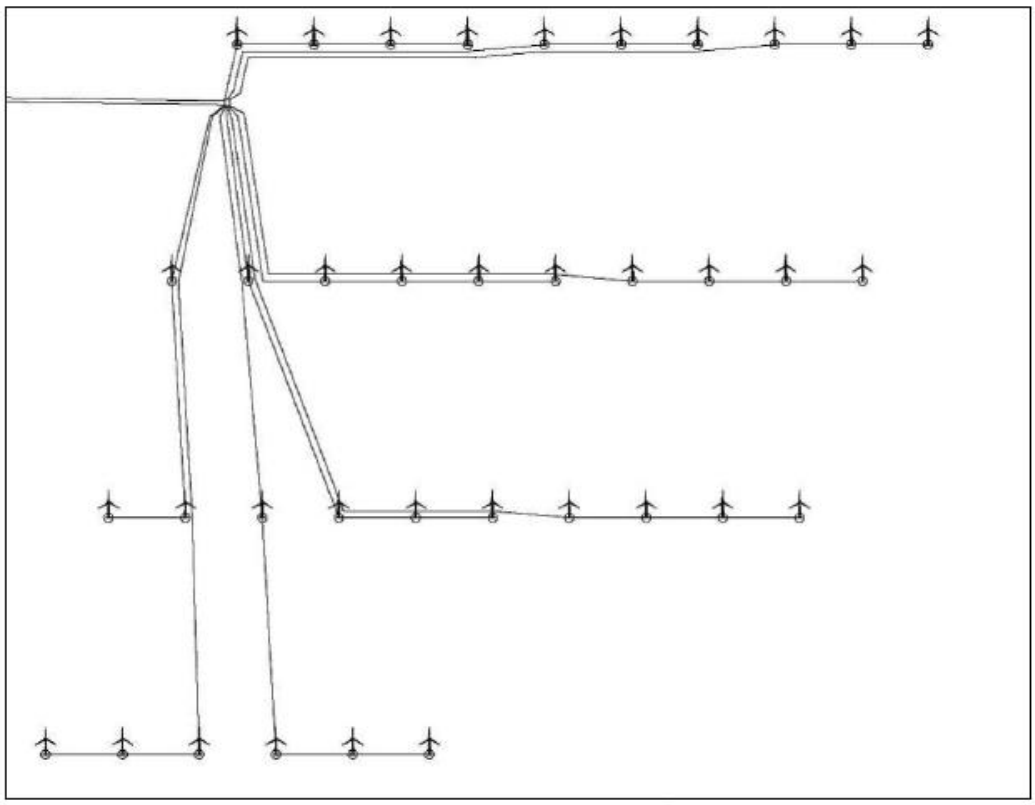


图 3.5-4 方案一路由布置图

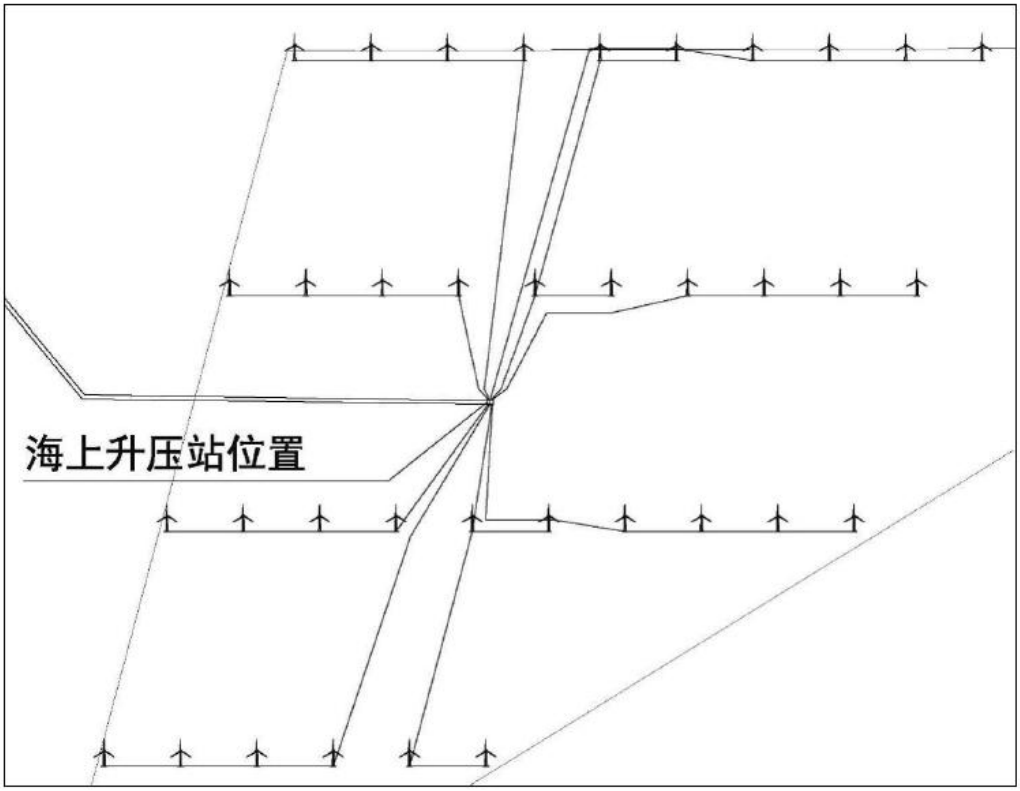


图 3.5-5 方案二路由布置图

表 3.5-2 各方案投资性比较表

序号	电缆型号		方案一			方案二		
			长度(km)	单价(万元)	总价 (万元)	长度(km)	单价(万元)	总价(万元)
1	海缆	HYJQF41—F26/353×70+SM48C	10.13	105	1063.65	10.04	105	1054.20
2		HYJQF41—F26/353×120+SM48C	12.56	129	1620.24	11.65	129	1502.85
3		HYJQF41—F26/353×240+SM48C	27.45	180	4941.00	6.36	180	1144.80
4		HYJQF41—F26/353×400+SM48C	22.55	230	5186.50	23.81	230	5476.30
5		HYJQF41-F127/220×500+3xSM36C	62.67	510	31963.61	70.50	510	35955.00
6	35kV 海缆敷设费用		72.69	40	2907.60	51.86	40	2074.40
7	220kV 海缆敷设费用		62.67	100	6267.38	70.50	100	7050.00
8	合计				53949.98			54257.55

3.5.4 主路由方案比选

（1）登陆点比选

登陆点预选考虑避开生态保护红线区，避免后续穿越特殊电缆，本项目周边海域及沿岸的环境限制条件详见图 3.5-6。本项目周边沿岸分布有东冲半岛南岸防护生态保护红线区、高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区和笔架山生态保护红线区等，沿岸不涉及生态保护区的区域较少，从图 3.5-6 可以看出赤沙村、外城村和加竹村沿岸不涉及生态保护红线区且距离风电场区较近，因此考虑在赤沙村、加竹村和外城村附近沿岸预选 3 个登陆点进行比选。

赤沙村、加竹村和外城村沿岸共有人工岸线 5 段，进行优先考虑，详见图 3.5-7。其中，由于人工岸线 1 段距离陆上升压站较远，后方集中居民区无法避让，不予考虑；人工岸 2 段为水利堤，后方敷设需要穿越较多水塘，选取 1 个代表点作为一个预选登陆点（3 号登陆点）；人工岸线 3 段为水利堤，水利堤后方是集中居民区，无法避让，不予考虑；人工岸线 4 段涉及围塘养殖密集区、集中居民区和水利堤，但南侧可避开围塘养殖密集区、集中居民区，仅穿越水利堤，因此，选取南侧 1 个代表点（1 号登陆点）作为比选登陆点。人工岸线 5 段为直立码头，不适宜作为登陆点，不予考虑。对于自然岸线段，可选择从砂质沙滩登陆，不破坏基岩，陆地施工尽量避让集中居民区，选择离陆上升压站较近距离，预选 2 号登陆点进行比选。

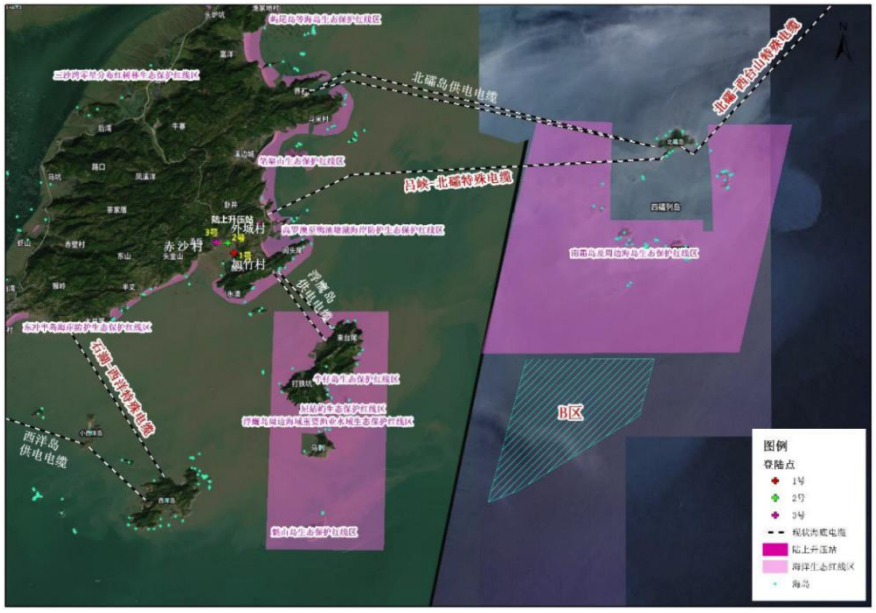


图 3.5-6 本项目周边海域及沿岸的环境限制条件图

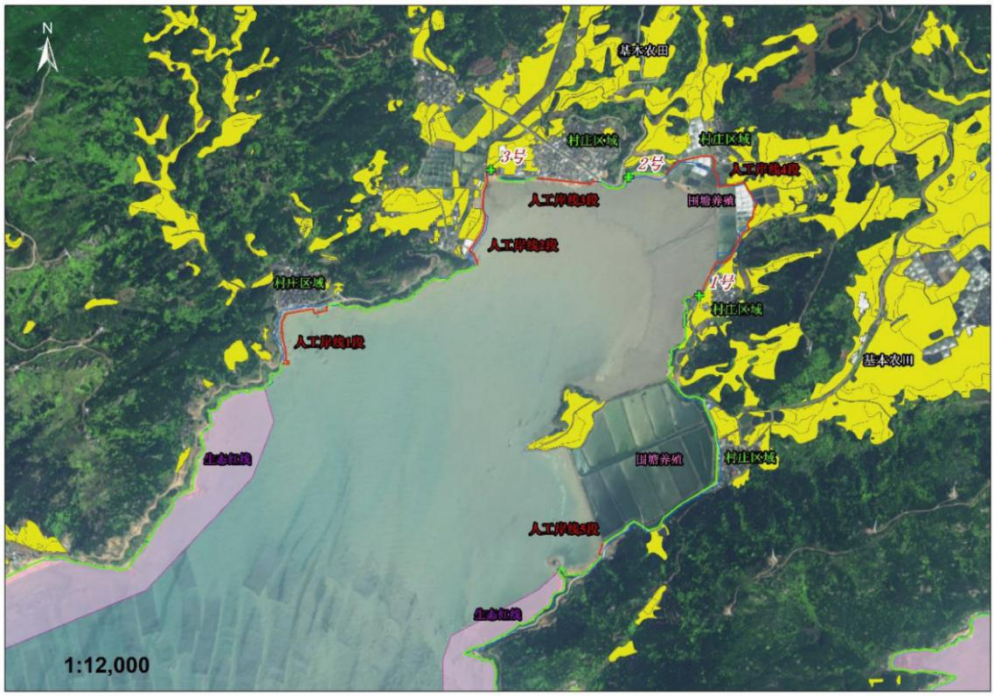


图 3.5-7 赤沙村、加竹村和外城村沿岸岸线情况图

预选登陆点方案具体情况如下：

登陆点1坐标为120°05'11.211"E，26°38'34.311"N，位于加竹村沿岸，登陆点登陆现状为海堤，向海一侧为泥滩，岸滩地势比较平坦。登陆点位置和现状详见图3.5-8。



图 3.5-8 登陆点 1 卫星影像图

登陆点2 坐标为120°04’ 58.72"E ， 26°38'53.39"N ， 位于外城村沿岸。登陆点地形

地貌为沙滩，沙滩长约72m，宽约12m，沙滩附近分布林地、农田和道路，后方林地坡度较为陡峭，坡度大于3°。登陆点位置和现状详见图3.5-9和图3.5-10。



图 3.5-9 登陆点 2 卫星影像图



图 3.5-10 登陆点 2 现状图

登陆点3坐标为120°04’32.85"E，26°38'55.28"N，位于外城村沿岸。登陆点登陆地形地貌为沙滩和人工海堤，登陆点3附近分布堤坝、建筑、农田、水塘和林地，周边环境

较为复杂。登陆点位置和现状详见图3.5-11 和图3.5-12。



图 3.5-11 登陆点 3 卫星影像图



图 3.5-12 登陆点 3 现状图

（2）路由方案

本项目主路由在避开生态保护红线区的情况下可从浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区北侧或南侧两个路径到达预选登陆点所在区域（详见图3.5-13），从走

北侧路径需跨越东冲-浮鹰岛10kV 海缆，已征求国网福建省电力有限公司霞浦县供电公司的意见，同意交叉通行。基于本项目路由从浮鹰岛周边海登陆点3域重要渔业水域生态保护红线区南侧到达预选登陆点所在区域明显路径过长，用海面积太大，本项目路由从浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区北侧到达预选登陆点所在区域结合预选的三个登录点，预选3个路由方案，详见图3.5-14。

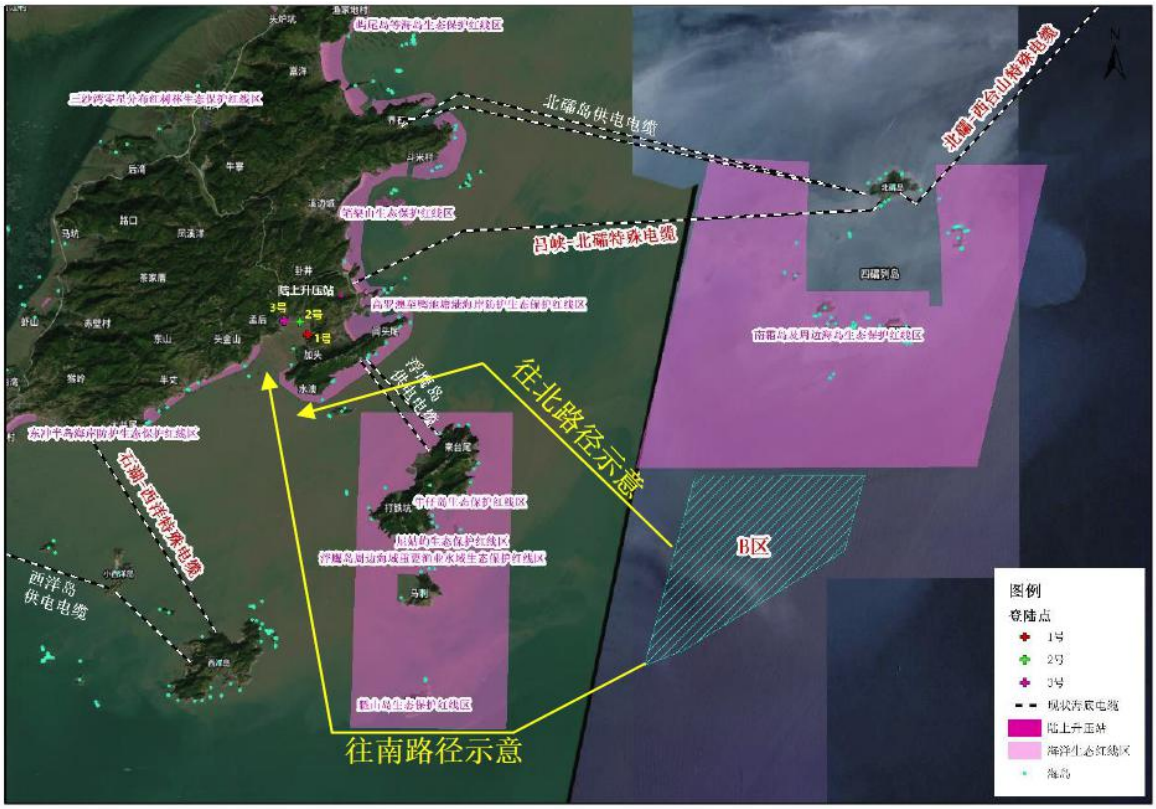


图 3.5-13 主路由可选路径方向

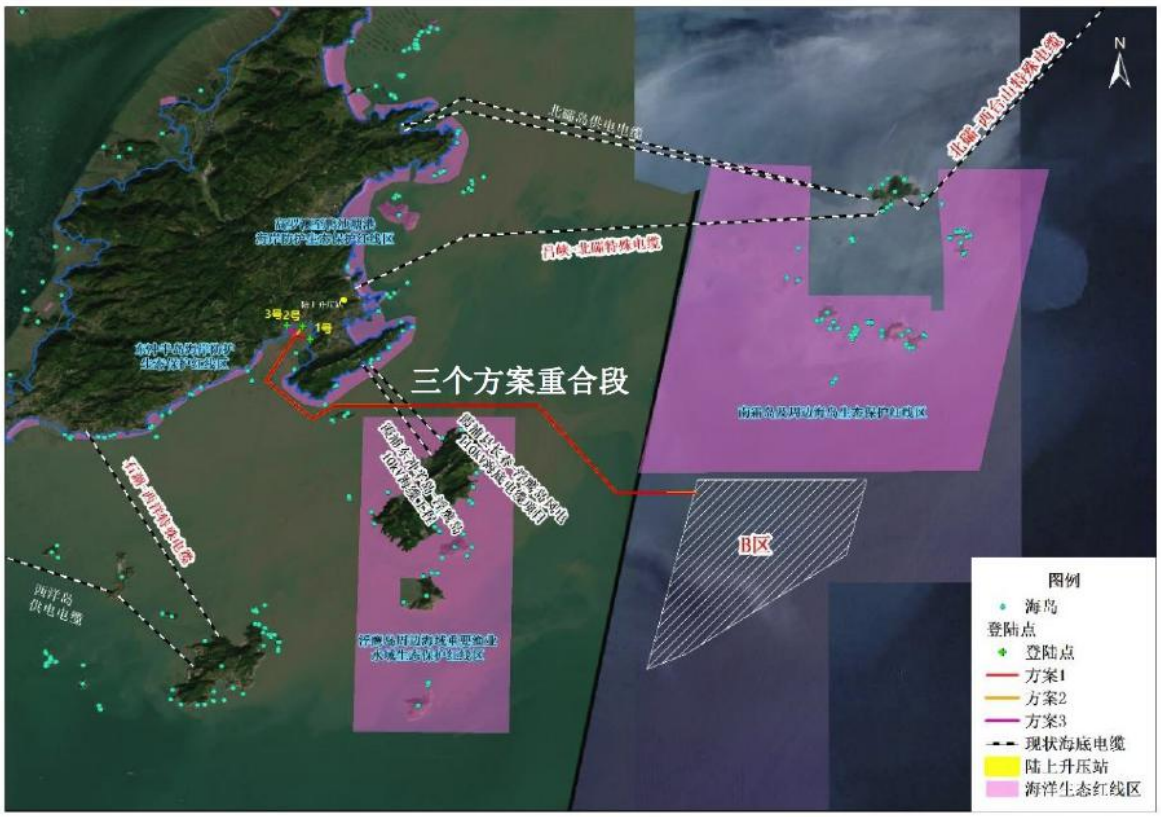


图 3.5-14 路由比选方案

（3）预选路由方案比选

本项目预选路由三个方案涉及的海洋功能区划、“三线三区”情况和海洋开发活动等条件一致，本次比选主要展开论述登陆点和涉海面积情况的比选。

①登陆点比选

从登陆点地形地貌比较，方案一和方案三登陆点为海堤，方案二登陆点为沙滩，方案一登陆点向海一侧为泥滩，方案二和方案三向海一侧为沙滩，3个方案均有条件接入海缆路由。

从周边开发活动情况比较，方案一登陆点现状为海堤，电缆利用穿管的方式穿越海堤登陆后设高架电缆至陆上集控中心。方案一陆缆主要沿路建设，可避开基本农田，不占用周边开发活动用地，征迁难度较易。方案二从沙滩登陆后，穿越林地、公路和农田再设高架电缆至陆上集控中心。方案三登陆点现状为海堤，电缆从海堤下方穿堤登陆后沿池塘和农田边道路铺设电缆，再设高架电缆至陆上集控中心，方案三需征收部分池塘和农田。

从登陆点与陆地升压站敷设条件比较，方案一海缆路由长度24.99 km，地埋式陆缆

总长度0.04km，高架电缆长度2.5km，陆缆可沿道路敷设，所经地形坡度平缓，敷设条件较好，敷设难度较低；方案二海缆路由长度24.97 km，陆缆总长度0.07km，高架电缆长度2.11km ，敷设条件适中；方案三海缆路由长度24.98km ，陆缆总长度0.27km，高架电缆长度2.63km，高架电缆长度较长，陆缆铺设需要破堤，并征收周边水塘和农田，敷设难度大。

总体分析，方案一和方案三登陆地形为海堤，方案二登陆点地形地貌为沙滩，三个方案登陆条件均较好。方案三高架电缆长度过长，且需要征收水塘和农田，对环境影响相对较大，施工难度较大。方案一和方案二均铺设陆缆和高架电缆，方案二造价更高。因此，登陆点方案比选中方案一优于方案二，优于方案三。

②集约节约用海分析

方案一海缆路由长度24.99 km ，方案二海缆路由长度24.97 km，方案三海缆路由长度24.98 km ，三条线路海缆在满足避让限制区域的情况下，均尽可能截弯取直敷设，均已体现集约节约用海。三个方案路由长度差异不大，方案二略优于方案三略优于方案一。

三个预选路由方案综合比较情况见表3.5-3。综上，根据风电场风机布设及陆上升压站位置，综合考虑220kV海缆和陆缆费用，登陆点地形，同时考虑集约用海，与周边开发利用活动可协调的前提下，充分考虑工程实施难度，本工程海缆推荐路由方案为预选海底电缆路由方案一。

表 3.5-3 路由预选方案对比表

评价内容		方案一	方案二	方案三	推荐程度
登陆点环境	岸线类型	人工岸线	自然岸线 砂质岸线	人工岸线	方案一、方案三优于方案二
	施工难度	登陆点登陆现状为海堤，定向钻穿越海堤登陆。	位于外城村沿岸，登陆点为沙滩，可采用开挖法施工。	登陆点登陆现状为海堤，电缆利用穿管的方式穿越海堤登陆。	方案二优于方案一和方案三
	周边开发活动	登陆后可不占用周边开发活动用地	登陆后需占用林地、公路和农田	登陆后需占用池塘和农田	方案一优于方案三优于方案二
与陆上升压站关系		地埋式陆缆总长度0.04km，高架电缆长度2.5km	地埋式陆缆总长度0.07km，高架电缆长度2.11km，造价较高。	地埋式陆缆总长度0.27km ，高架电缆长度2.63km ，造价较高。	方案一优于方案二优于方案三
220kV 海缆路由长度		约 24.99 km	约 24.97 km	约 24.98km	方案二优于方案三优于方案一，差别很小
与海洋功能区划的符合性		主路由跨越“东冲半岛农渔业区”和“长表保留区”，周边有“浮鹰岛海洋保护区”，符合《福建省海洋功能区划（2011 -2020 年》。	主路由跨越“东冲半岛农渔业区”和“长表保留区”，周边有“浮鹰岛海洋保护区”，符合《福建省海洋功能区划（2011 -2020 年》。	主路由跨越“东冲半岛农渔业区”和“长表保留区”，周边有“浮鹰岛海洋保护区”，符合《福建省海洋功能区划（2011-2020 年》。	一致
与“三线三区”的符合性		主路由与周边生态保护红线区预留合理的距离，符合“三线三区”要求	主路由与周边生态保护红线区预留合理的距离，符合“三线三区”要求	主路由与周边生态保护红线区预留合理的距离，符合“三线三区”要求	一致
海洋开发活动		主路由海缆穿越内航路、海底管线和开放式	主路由海缆穿越内航路、海底管线和开放式	主路由海缆穿越内航路、海底管线和开放式	一致

		养殖	养殖	养殖	
评价	优点	登陆点周边开发活动较少，施工条件较好，工程投资最少。符合海洋功能区划、不涉及海洋生态保护红线。岸线占用类型为人工岸线，对周边环境影响较小。	登陆点周边开发活动较少。符合海洋功能区划、不涉及海洋生态保护红线。	符合海洋功能区划、不涉及海洋生态保护红线。岸线占用类型为人工岸线，项目施工不会对自然岸线造成破坏。	综合比较，方案一优于方案三，优于方案二
	缺点	部分地埋式电缆涉及海堤。	部分地埋式电缆涉及农田。岸线占用类型为自然岸线，项目施工会对自然岸线造成一定影响。	高架式陆缆长度最长，工程投资最多，部分地埋式电缆涉及农田、水塘和海堤，涉及权属情况复杂，施工难度较大。	
推荐方案		方案一			

3.5.5 海缆施工方案比选

海底电缆敷设方式主要分开挖法、牵引式开沟犁和冲埋式埋设犁三种方法。

（1）开挖法

开挖法采用挖泥船进行开挖，开挖的深度由埋设深度所决定。开挖结束后，直接将海缆敷设下去，最后将泥土回填。此方法适合登陆段或露滩区域施工，水深较大海域施工难度加大。

（2）牵引式开沟犁

海缆施工船在布缆的同时，依靠其强大的牵引力拖曳埋设犁，使安装在埋设犁尾部的刀犁在海床上掘削出一条沟槽，然后将海缆埋入其中。其埋设深度由犁刀所决定，并可以通过控制系统调节埋设深度。在埋设犁的主体上，配备有调节犁的深度和宽度用的液压装置，监视埋设犁姿态、障碍物和海缆导入等状况的各种传感器及电视摄像机，还有向电视摄像机和埋设犁主体各组成部分发送控制信号，以及收集各种数据用的机上信号处理装置。此方法优点是所需的辅助船较少，抗风能力强，施工速度快，效率高，同时采用挖埋同步的施工方式，可有效减少泥沙入海源强，降低对周边海洋生态环境的影响。

（3）冲埋式埋设犁

此法进行海缆埋设作业时，依靠装设在埋设犁掘削部的喷嘴喷射出高压水流使海底泥沙流动形成沟槽，再将海缆埋于沟底。

施工方法的主要特点是：可在布缆的同时埋设海缆，也可埋设已铺设在海底的海缆；对海缆施工船的吨位大小和牵引力没有高要求，只需提供喷水所需动力；拖行张力比刀犁式埋设犁小，埋设深度大，最大埋深可以达到10m左右。此方法缺点是所需的辅助船较多，施工船吨位较小、抗风能力差，同时由于高压水流喷射作用，海底泥沙扰动剧烈，施工悬浮泥沙影响范围较牵引式有所增大。

（4）比选结果

由以上分析可知，开挖法只适合近岸段施工；冲埋式埋设犁埋设深度大，施工效率较牵引式开沟犁更高，但施工时产生的悬浮泥沙影响范围更大，所需的辅助船较多，施工船吨位较小、抗风能力差；牵引式开沟犁所需的辅助船较少，抗风能力强，施工速度

快，海缆敷设过程对海底扰动相对较小，悬浮泥沙影响范围小于冲埋式埋设犁。同时项目近岸段分布开放式养殖与围海养殖，结合海缆布设线路，从降低区域生态环境影响角度推荐开挖法与牵引式开沟犁结合的方式敷设项目海缆，即浅水与滩涂区域采用两栖挖掘机直接开挖法，要避开涨落潮发生期，其余段采用牵引式开沟犁进行海缆敷设，同时海缆敷设时应错开围海养殖换水时段，将对围海养殖区的影响降到最低。

4 环境现状调查与评价

4.1 环境现状调查与评价

4.1.1 气候气象

项目所在地区属中亚热带海洋性季风气候，四季分明，具有日照长、气温高、雨量充沛、无霜期长等特点。根据霞浦县气象站（位于霞浦县城关东门城楼，东经120°00′，北纬26°53′）1960~2010实测资料统计。

（1）气温

多年平均气温19.5℃，历年极端最高气温40.1℃，历年极端最低气温-1.0℃，7~8月平均气温28.2℃，1~2月平均气温9.0℃。

（2）降水

当地每年6月降水量最多，12月降水量最少。一年中春季有梅雨，夏末秋初受台风影响多暴雨，有一个月左右的短暂旱季，全年≥25mm降水日数多年平均为13.9天。平均年降水量1408mm，年最大降水量1925.5mm，年最小降水量783.7mm，一日最大降水量274.1mm。

（3）雾况

霞浦县多年平均雾日数5.2d。一年中，1月~5月为多雾季节，以4月份为最多，年最多雾日13d。

（4）相对湿度

在海洋性气候调节作用下，当地多年平均相对湿度为80％，6月份平均相对湿度最大，达86％，9月至翌年1月湿度较小，平均相对湿度为74％~79％。

（5）风况

多年平均风速1.8m/s，冬季多东北风（11月可占25％），12月最多风向为西南西，频率为24％，夏季7~8月份，风向最多为东北东，频率分别为15％和31％。最大风速为34m/s（1966年9月3日），风向为东。多年常风向为东南向，频率10％。全年＞6级风日数平均为8天，多出现在7~9月。根据霞浦县气象站1960~2010年22年统计资料，影响该地区的台风共出现67次，平均每年3次左右。

4.1.2 工程地质

4.1.2.1 区域地质

本区大地构造位于华南褶皱带东缘，属福建省内一级大地构造单元，即闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎～云霄断陷带的东北部。

区内主要构造体系由一系列北北东、北东走向的断裂带和火山喷发带组成，境内主要山脉、山岭和海岸线的布局均受其影响，循构造线展布。

区内明显断裂带有 1 条：福鼎秦屿-霞浦水门断裂带，由一组北北东向压性、压扭性断裂组成，北起福鼎巽城，南延霞浦城郊，断续出露约 40km。断裂带岩石受强烈挤压而破碎，花岗岩成为破碎花岗岩结构，局部地段糜棱岩化，该断裂带距离工程区约 50km。

4.1.2.2 地形地貌

本项目主路由比选方案均位于北礵岛南侧至长春镇加竹村海岸，B区场址区处于水下缓坡、水下堆积台地地貌，项目区水深见图 4.1-1。

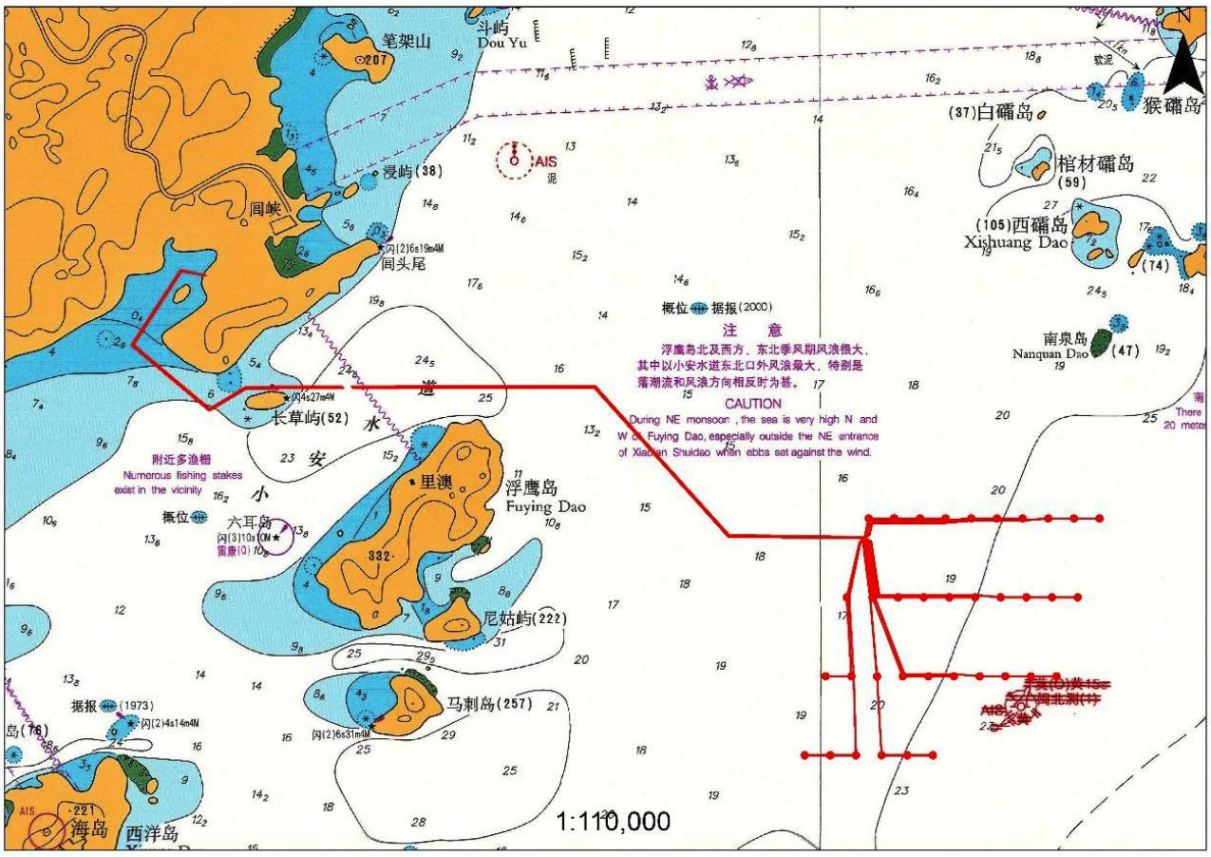


图 4.1-1 项目区水深图

项目所在区域海底地形比较简单，地形起伏不大，B区场址区地形比降约为1.5‰。由于本海区开发建设较少，所以区域内的水深资料较少，根据2015年4月中国人民解放军海军司令部航海保证部发行的1:15万海图（水深数据为1966年测量）分析，项目所在区域理论水深为0~25m。

4.1.2.3 工程地质

本节内容主要引用福建省水利电力勘测设计研究院2018年6月编制的《宁德霞浦海上风电场（B区）可行性研究阶段工程地质勘察报告》。项目地质钻孔平面位置见图4.1-2。场址区揭露的地层主要为：海积淤泥或淤泥质土、粉砂、粉质粘土或粘土等（具体钻孔柱状图见图4.1-3~4.1-7），拟建场地地层自上而下描述如下：

第①层: 淤泥（Q4mc），灰色，饱和，流塑，下部局部为软塑，稍有臭味，含少量有机质、粉砂、贝壳碎屑等，干强度高，捻面较光滑，韧性中，无摇震反应。该层在拟建场地广泛分布，揭露厚度14.20-20.80m。

第②层：粉砂（Q4mc），灰色，饱和，稍密～中密，颗粒均匀性较差，级配较好，中下部粉粘粒含量较多，局部过渡为粉土。该层在场区内广泛分布揭露厚度4.50-8.10m。

第③层：分为③-1淤泥质粉质粘土（Q4mc）和③-2粉质粘土（Q4mc）。

③-1淤泥质粉质粘土，灰色，饱和，软塑～可塑，切面较光滑，粘性一般～好，含少量贝壳碎，局部混少量细砂，底部含较多腐殖质。该层在场区内广泛分布，揭露厚度12.00～16.20m。

③-2粉质粘土，灰、灰黄色，饱和，硬塑，捻面光滑，干强度高，粘性大，韧性高，无摇震反应，粉砂含量约20%。该层在场区内广泛分布，揭露厚度0.5～13.90m。

第④层：粉砂（Q4mc），灰色，饱和，中密～密实，颗粒较均匀，级配较差，局部含少量泥。该层在场区内广泛分布，揭露厚度11.30-21.00m。

第⑤层：粉质粘土（Q4mc），灰、灰黄色，饱和，硬塑，捻面光滑，干强度高，粘性大，韧性高，无摇震反应，粉砂含量约20%。该层在场区内广泛分布，揭露厚度12.80-21.30m。

第⑥层：粉砂（Q4mc），灰色，饱和，密实，颗粒较均匀，级配较差，局部含少量泥。本层未揭穿，揭示厚度20.40m。

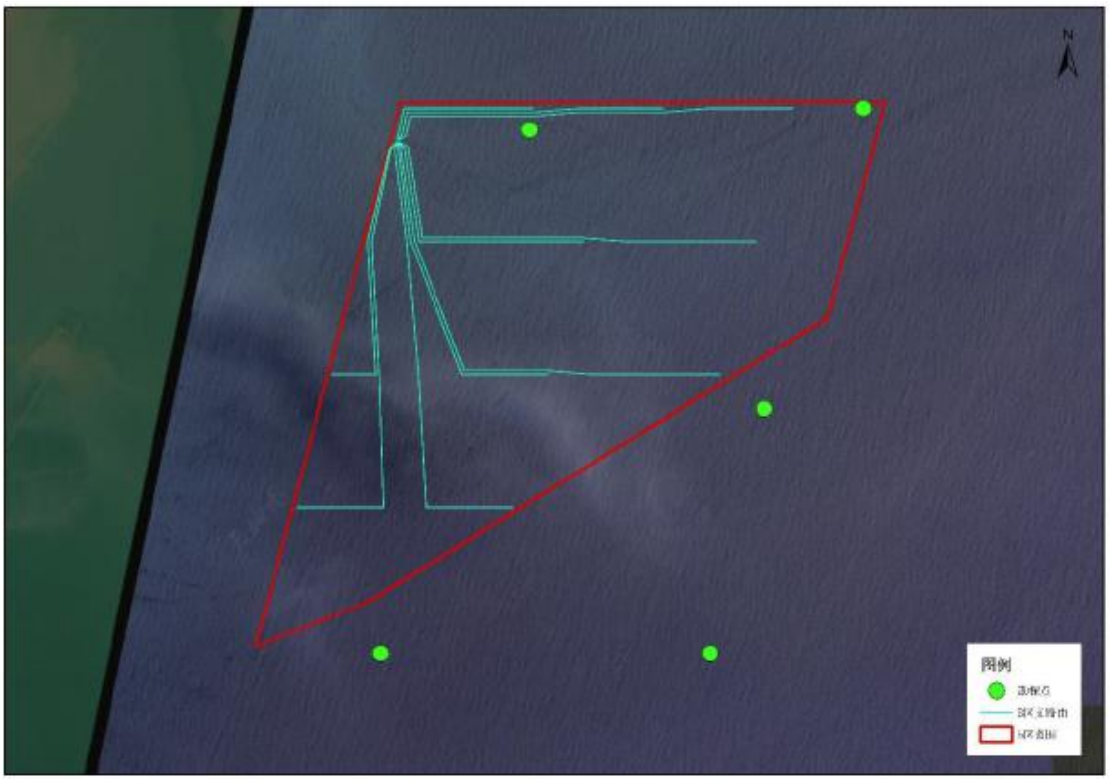


图 4.1-2　地质钻孔平面图

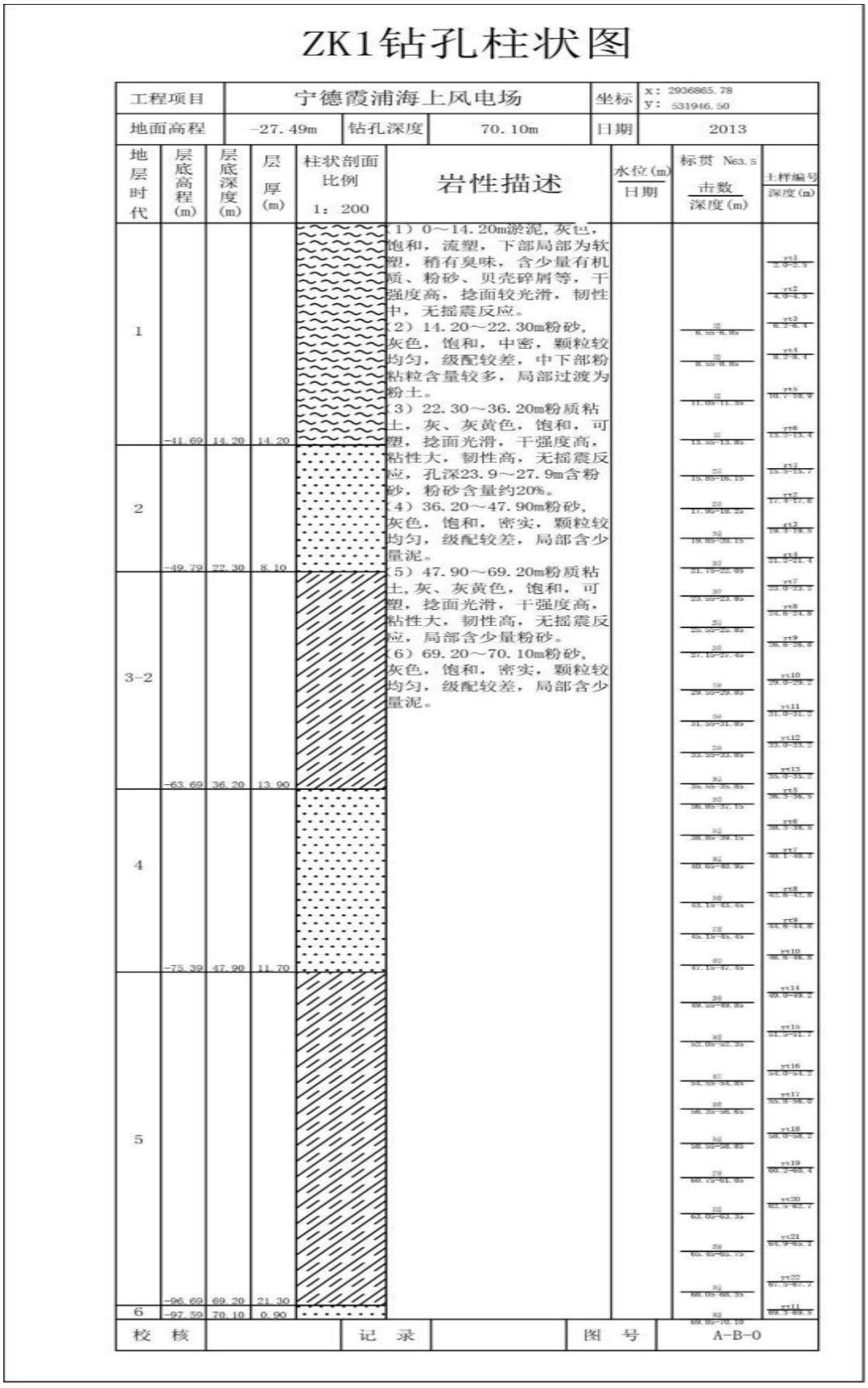


图 4.1-3 ZK1 钻孔柱状图

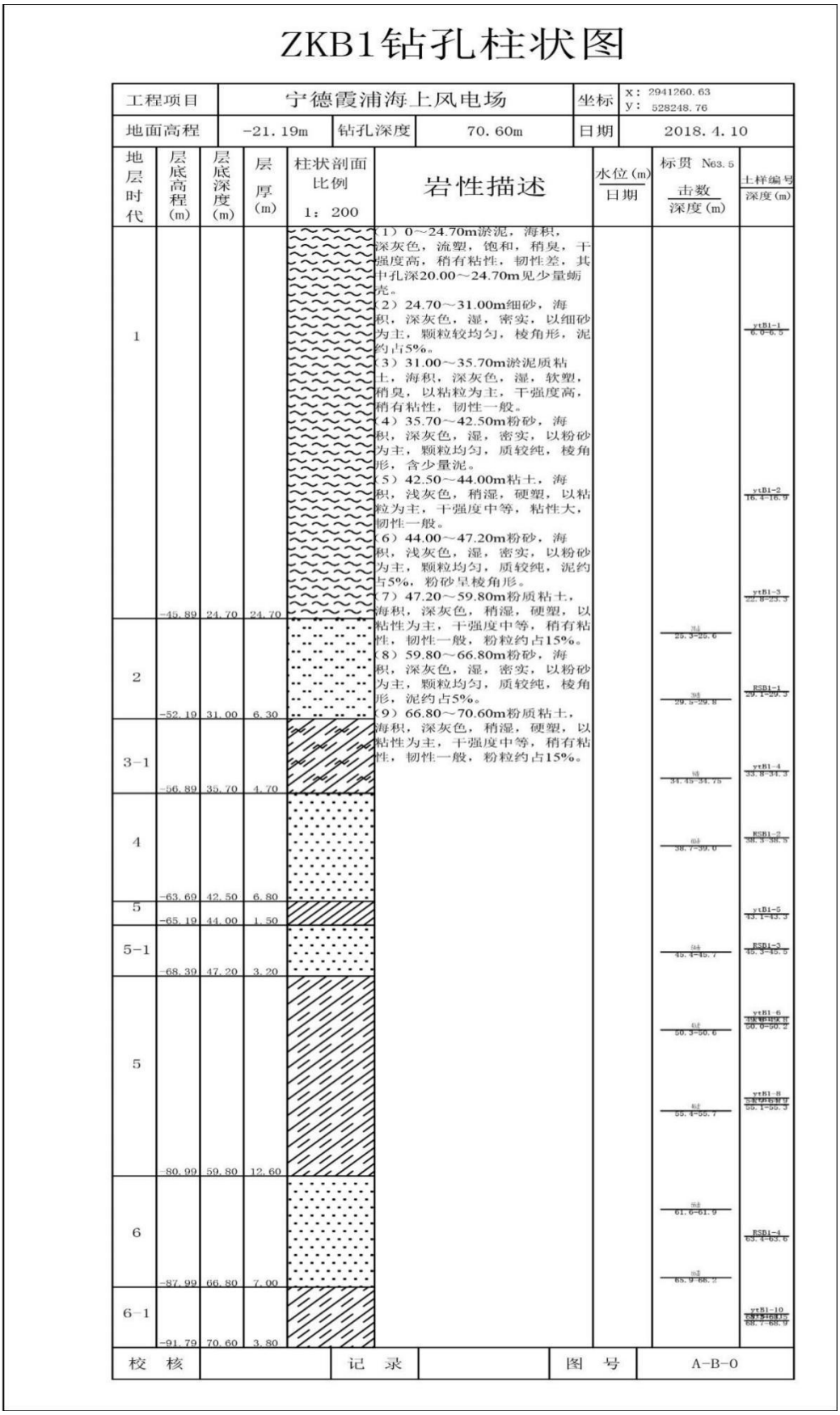


图 4.1-4 ZKB1 钻孔柱状图

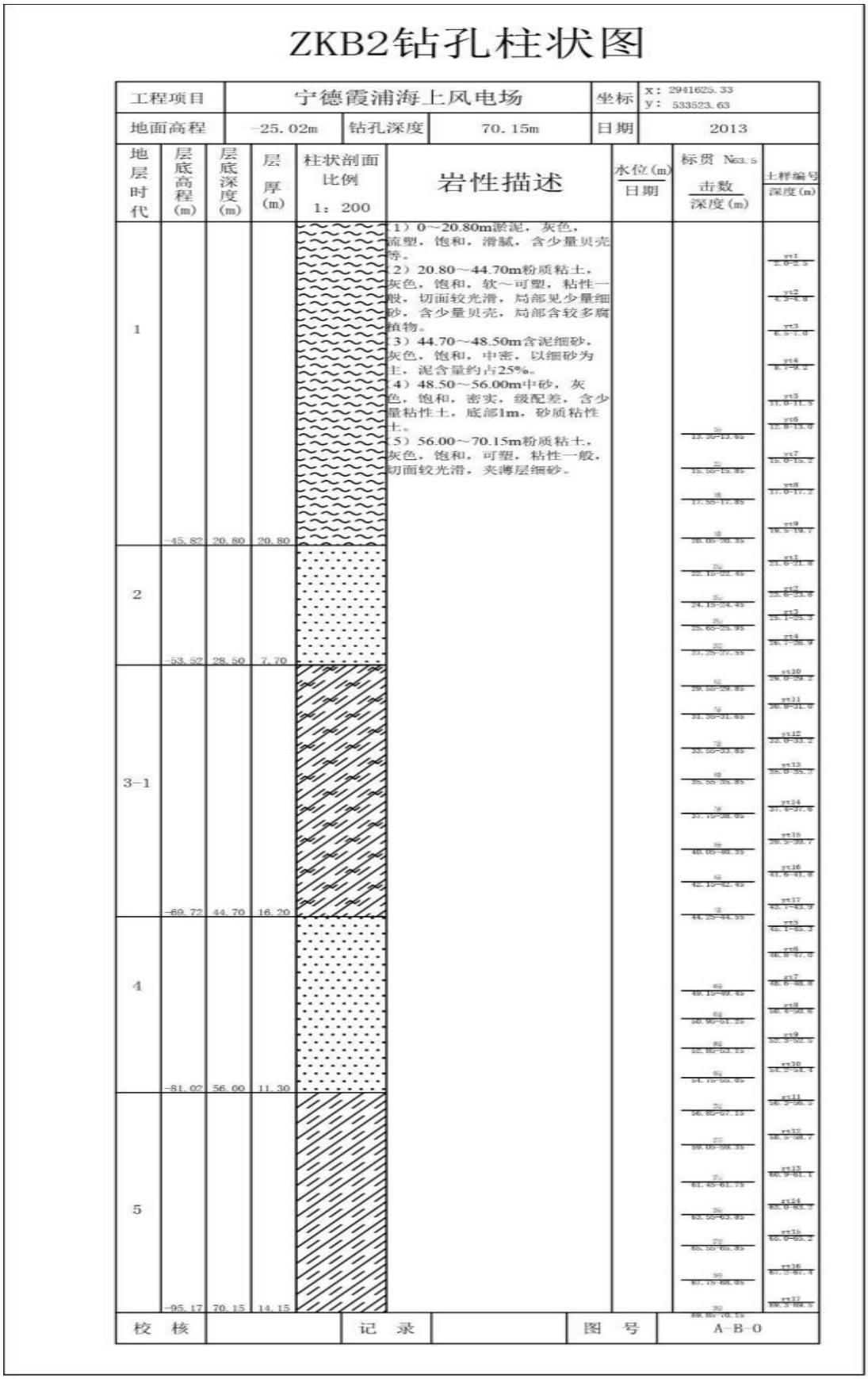


图 4.1-5 ZKB2 钻孔柱状图

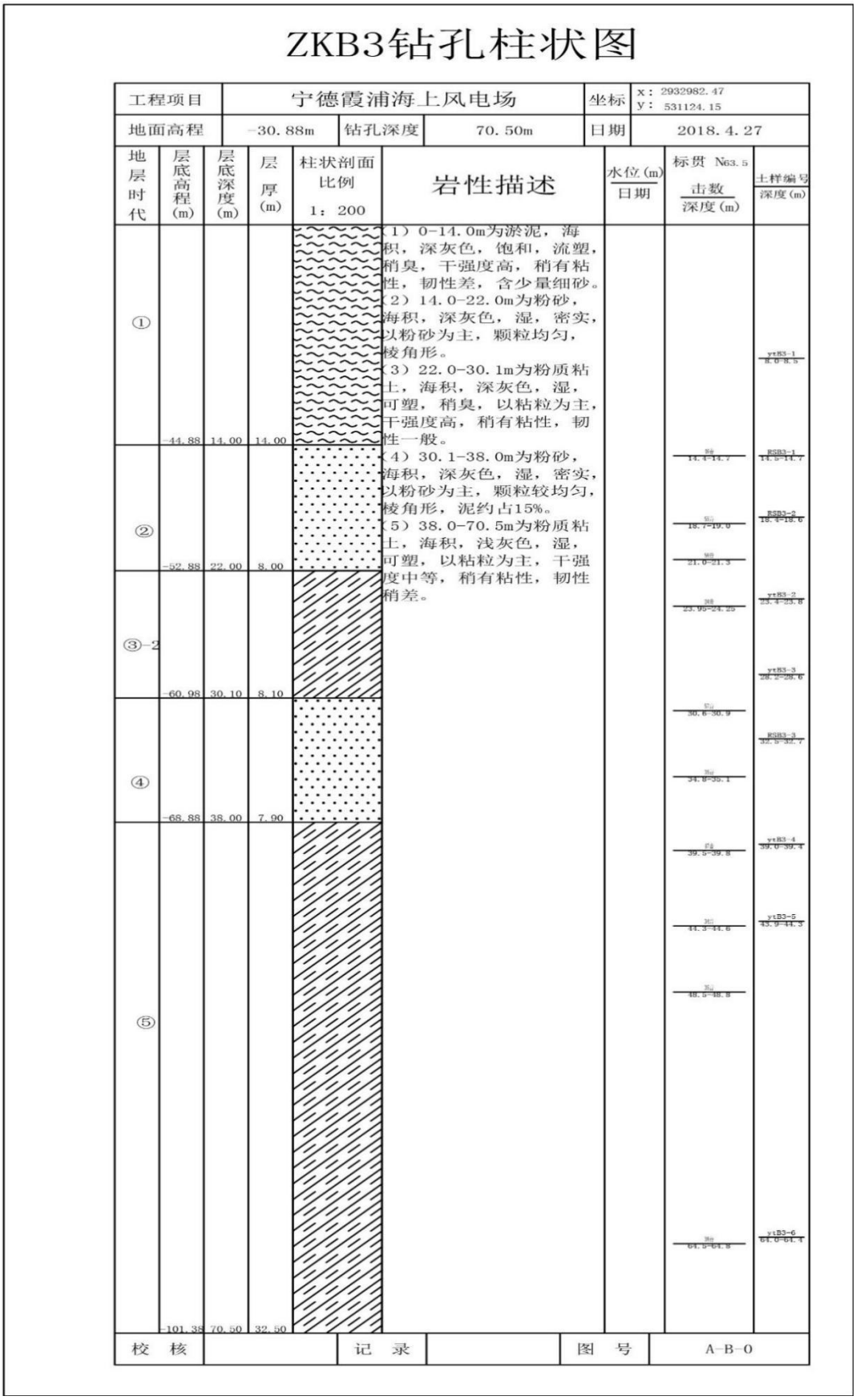


图 4.1-6 ZKB3 钻孔柱状图

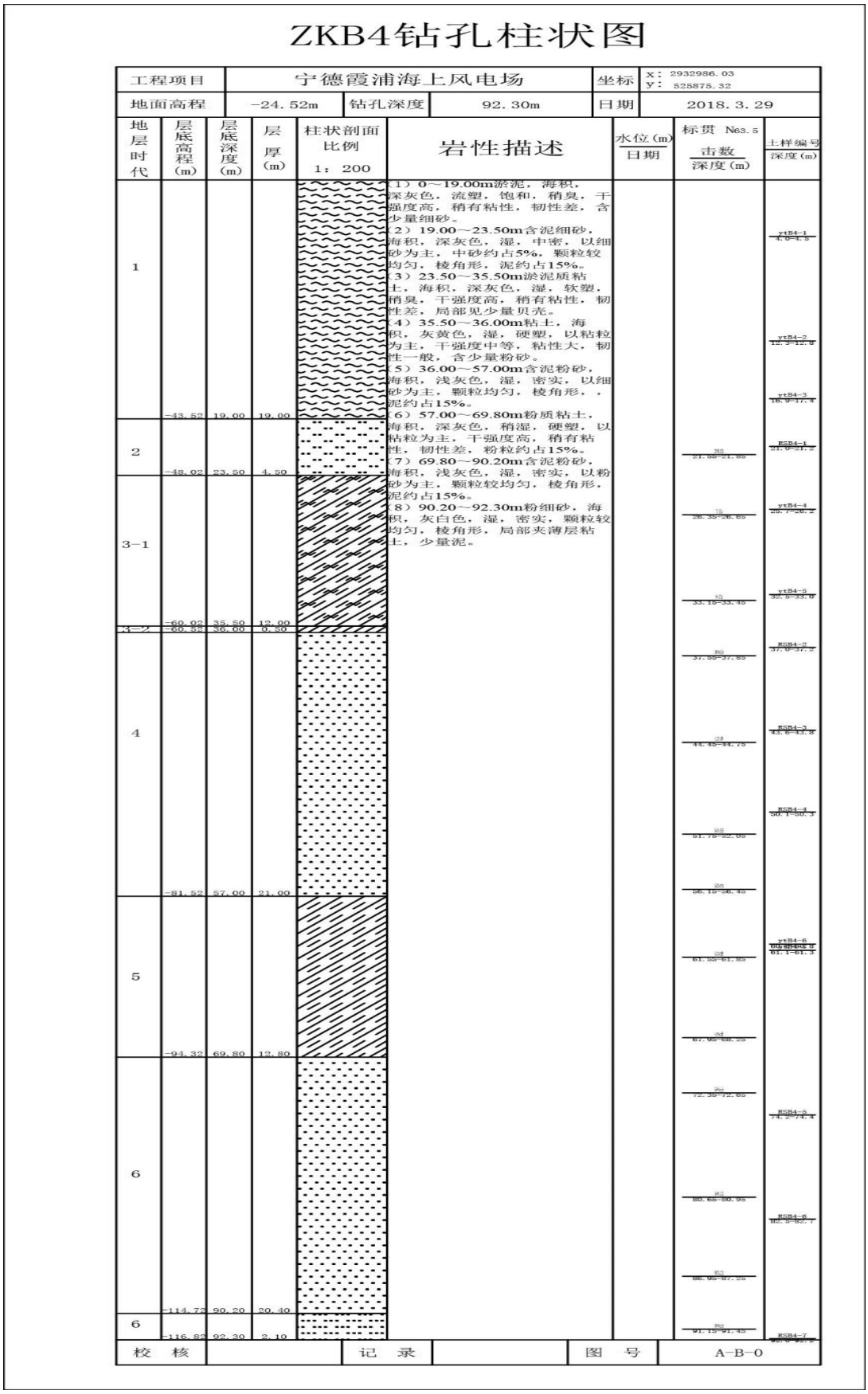


图 4.1-7 ZKB4 钻孔柱状图

4.1.2.4 地震

（1）历史地震

通过收集和分析历史资料，对拟建工程区影响较大的地震共2次，分别是：1604年12月29日泉州海外$7\frac{1}{2}$级地震，对拟建工程场地影响烈度达VI度；1918年2月13日广东南澳7.3级地震，该地震对拟建工程区影响烈度为V度。

（2）近年地震活动情况

近年来发生的地震基本上多以弱震为主，仅1997年5月3日永安小陶5.2级地震和2007年3月13日顺昌4.7级地震属于中强震。近年地震对拟建工程区影响烈度均小于V度。

4.1.2.5 小结

（1）工程区建场地类别为IV类，场地地震动峰值加速度为0.0625g，相应的地震基本烈度为VI度，场地基本地震动加速度反应谱特征周期为0.75s，设计地震分组为第二组。

（2）工程区大地构造位于华南褶皱带东缘，属福建省内一级大地构造单元，即闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎～云霄断陷带的东北部。新构造运动表现微弱，区域构造属于相对稳定区。

（3）场址区处于水下缓坡、水下堆积台地地貌，海底地形起伏不大。场址区揭露的地层主要为：海积淤泥、粉砂、粉质粘土或粘土等。

（4）工程区环境水按环境类型对混凝土结构具有中等腐蚀、按地层渗透性对混凝土结构具有微腐蚀，海水对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水下具有弱腐蚀、在干湿交替下具有强腐蚀性，海水对钢结构具有中等腐蚀。应依据相关规程规范采取相应的防腐蚀措施。

（5）机位及海上升压站场地表层存在软弱土，基本不具备天然地基条件。根据构筑物特点及机位工程地质条件，建议构筑物基础选用桩基或其它基础型式。若选择桩基础，持力层在可选用⑤粉质粘土、或⑥粉砂，桩型可采用钢管桩。

（6）拟建场区海洋水动力作用较强。拟建场区的表层地基土为软弱土层，在台风暴浪等较强的海洋水动力作用下易发生迁移和变形，对风机基础、海上升压站基础及海缆稳定不利。

（7）拟建陆上升压站各建(构)筑物地基分布的地层主要为②含砂粉土、③泥质中砂，基本具备天然浅基础条件，可做为升压站各构筑物基础的天然持力层。

4.1.3 自然灾害

4.1.3.1 台风

据1964～1979年资料统计，影响北礵海洋站台风共39次，年平均2.5次。受台风影响最多的是1969年，共4次，最少的1次，出现3年。影响北礵海洋站的台风，最早出现在6月，最晚出现在10月，其中出现在8月的占44%。

2010年10月23日，台风“鲇鱼”在漳州市漳浦县六鳌镇登陆，登陆时，台风中心气压975hPa（33m/s）。

2013年10月7日，台风“菲特”在宁德市福鼎市沙埕镇登陆14级，登陆时，台风中心气压955hPa（42m/s）。

2015年8月8日，台风“苏迪罗”在莆田市秀屿区山亭镇登陆，登陆时，台风中心气压980hPa（ 30m/s）。

2016年9月15日台风“莫兰蒂”在厦门市登陆，登陆时中心最大风力52m/s，宁德市九县（市、区）126个乡镇普遍受灾，受灾人口达11.448万人，累计经济损失3.7535亿元。

2018年7月11日，台风“玛莉亚”在连江沿海登陆，这是有历史记录以来，7月份登陆福建省的最强台风。造成宁德9个县(市)及东侨开发区的126个乡镇普遍受灾，受灾人口16.95万人，全市紧急转移安置7.06万人，直接经济损失9.5987亿元(其中霞浦县4.1253亿元)。

4.1.3.2 风暴潮

风暴潮是由于强烈大气扰动，如热带气旋(台风)、温带气旋等所引起的海面异常升高现象。风暴潮又称台风增水或气象海啸，但有时也会遇到相反的情况，长时间离岸大风导致岸边潮位骤降，暴露出大片海滩，引起“负风暴潮”，即台风减水，会严重影响港湾和航道船舶的正常通行和停泊。

闽东沿海是我省乃至全国的多发台风暴潮灾害的区域之一。处于该区域的霞浦县沿海及大箭山岛海域，每年夏秋两季，台风及台风暴潮屡犯。其中，尤以在闽江口至福鼎县一带沿海登陆的台风及其所诱发的台风暴潮，对本海域的危害更大。

据《福建省历史上自然灾害记录》及《霞浦县志》等有关史料记载，霞浦县沿海地区屡犯有咫风海潮危害。如(明)成化五年九月十九日(即 1469 年 10 月 23 日)出现“大风、海潮淹没民房庐”，以及光绪二十四年八月十五日(即 1898 年 9 月 30 日)出现的“飓风狂雨，昼夜不息，海水陡涨，滨海之村，受害尤烈”等。

4.2 资源分布与利用现状

4.2.1 港口资源

根据《福州港总体规划（2035 年）》，宁德市港口规划如下；

（1）三沙湾

三沙岸段长约 0.5km，规划为港口岸线，主要服务地方经济。现有宁德市港务有限公司所属通用件杂货泊位 1 个，德孚燃料码头 1 个，中石化古镇油库 3000 吨级成品油泊位 1 个、中石油天然气宁德霞浦加油站 1000 吨级成品油泊位，岸线已基本开发利用。

（2）三都澳

①城澳岸段：秋竹岐～长尾屿岸线长约 7.6km，规划为港口岸线，主要服务临港工业。已建万吨级多用途泊位 1 个、8000 吨级砂石临时泊位 3 个，5000 吨级滚装交战泊位 1 个，在建 40 万吨级矿石泊位和 5 万吨级散货泊位各 1 个，已开发利用岸线约 1.6km。

②漳湾岸段：沙塘头～官沪岛岸线长约 11.0km，规划为港口岸线，主要服务临港工业，已建漳湾作业区 7#-10#泊位 4 个，长约 816 米，漳湾作业区 1#-3#泊位，长约 600 米；在建漳湾作业区 18-20#、21#泊位；已开发利用岸线 3.0km。

③坪岗岸段：台角～佛头角岸线长约 2.1km，规划为港口岸线，主要服务临港工业。现有升港砂石 5000 吨级泊位 2 个，在建 4#、5#泊位 2 个，已开发利用岸线 1.4km。下白石兵工厂及船厂码头岸线已建 3000 吨级杂货泊位、3000 吨级滚装泊位各 1 个。

④湾坞半岛岸段：小屿～白马门口岸线长约 10.3km，规划为港口岸线，主要服务临港工业。现有 500 吨级陆岛交通泊位、大唐电厂 3000 吨级重件和 5 万吨级煤炭泊位各 1 个，马头造船厂和新远修造船厂占有部分岸线，已建 5#、6#、7#万吨级通用散货泊位 3 个，12#、13#、14#5 万吨级通用散杂货泊位 3 个，在建 1#5000 吨级、8#5 万吨级通用泊位 2 个，已开发利用岸线约 2.6km。

⑤溪南半岛岸段：鼻堡壁角~龙鼻村岸线长约 2.5km，尚未开发利用。

4.2.2 航道、锚地资源

4.2.2.1 航道

根据《福建沿海航行指南》，项目附近水域主要推荐航路有外航路、中航路、内航路以及从外航路、中航路和内航路进出罗源湾、三都澳港区的船舶推荐航路。

（1）内航路

推荐内航路距岸较近、水深较浅、可航水域宽度有限、转向点多，部分航段在岛屿间穿行，碍航物多，航路交叉多，水流情况复杂，但沿途助导航设施完备，能方便应用岛屿、灯塔、灯标等路标定位。通航船舶以5000 吨级以下船舶为主，船舶通航密度较大，尤其是大风浪期间船舶交通流较为集中，部分航段因航路水深、航路可航宽度受限仅供小型船舶航行。本航路未设定宽度，建议南下航行船舶沿航路西侧或北侧可航水域航行，北上航行船舶沿航路东侧或南侧可航水域航行，以减少会遇局面。

（2）中航路

中航路北自福建与浙江辖区沿海交界、台山列岛东侧，南至福建与广东辖区沿海交界。该航路是中型船舶过境福建沿海或前往福建沿海各主要港口的常用航路，船舶通航密度较大。航路顺直，海域开阔，转向点少，水深和通航净空高度不受限制，助导航设施完备，可满足中型及以上船舶航行。本航路未设定宽度，建议南下航行船舶沿航路西侧可航水域航行，北上航行船舶沿航路东侧可航水域航行，以减少会遇局面。

（3）外航路

外航路北自福建与浙江辖区沿海交界，南至福建与广大辖区沿海交界，海域开阔，航路顺直，转向点少，碍航物少，水深不受限。航路距岸较远，船舶航行受风浪影响大，可供定位的陆标较少。该航路可供大型船舶全天候航行，以及良好天气海况下中型船舶航行。该航路由相对分隔开的北向外航路和南向外航路组成，建议北上航行船舶沿北向外航路航行，南下船舶沿南向外航路航行。

4.2.2.2 锚地

工程附近的锚地主要分布在三都澳和罗源湾水域。三都澳目前设东冲口、鸡公山、灶屿、官井洋等处锚地。罗源湾现有可门口外1#锚地、可门口北锚地、可门口南锚地、岗屿南锚地、下屿化学品船专用锚地1和下屿化学品船专用锚地2。

（1）三都澳锚地

①三沙湾引航检疫锚地：以26°28′41.0″N/119°49′58.0″E为中心，半径926米水域内，底质为泥沙，为大型船舶引航、检疫锚地。

②三沙湾备用引航检疫锚地：以26°35′44.0″N/119°48′09.0″E为中心，半径555.6米水域内，底质为泥沙，备用引航、检疫锚地。

③三沙湾待泊锚地：A点(26°36′01.9″N/119°46′35.3″E)、B点(26°35′45.2″N/119°47′14.5″E)、C点(26°36′02.8″N/119°47′23.5″E)、D点(26°36′19.6″N/119°46′44.4″E)连线水域范围内，底质为泥沙，待泊锚地。

④三沙湾灶屿过驳锚地：以26°41′30.0″N/119°45′00.0″E为中心，半径550米水域内，底质为泥沙，过驳专用锚地。

⑤三沙湾官井洋锚地（避风锚地）。A点(26°39′37.4″N/119°47′56.1″E)、

B点(26°39′37.4″N/119°48′53.9″E)、C点(26°38′56.8″N/119°48′54.0″E)、D点(26°38′56.7″N/119°47′56.1″E)连线水域范围内，底质为泥沙，防台避风锚地。

（2）罗源湾锚地

①可门口北锚地：以26°27′22.9″N/119°51′11.7″E为圆心，半径560米的圆形水域范围内，设计底标高-18米，底质为淤泥，限5万吨级及以下船舶候泊使用。

②可门口南锚地：以26°25′40.5″N/119°51′39.3″E为圆心，半径640米的圆形水域范围内，设计底标高-23.7米，底质为淤泥，限20万吨级及以下船舶候泊使用。

③岗屿南锚地：以26°23′31.9″N/119°45′27.6″E为圆心，半径380米的圆形水域范围内，设计底标高-12米，底质为淤泥，限3.5万吨级及以下船舶避风使用。

④可门口外1号锚地：以26°24′40.7″N/119°56′53.3″E为圆心，半径800米的圆形水域范围内，设计水深29.6米，底质为淤泥，满足40万吨级散货船锚泊需求。

⑤下屿化学品专用锚地1：以MD2：26°23′18.1″N/119°45′24.9″E；MD3：26°23′38.3″N/119°45′09.0″E；MD4：26°23′24.0″N/119°44′46.6″E；MD7：26°23′03.9″N/119°45′02.5″E四点连线围成的水域范围内，设计底标高-9米，底质为淤泥，限1艘5000吨级化学品船候泊使用。

⑥下屿化学品专用锚地2：以MD4：26°23′24.0″N/119°44′46.6″E；MD5：26°23′10.9″N/119°44′26.0″E；MD6：26°22′50.7″N/119°44′41.8″E；MD7：26°23′03.9″N/119°45′02.5″E四点连线围成的水域范围内，设计底标高-8米，底质为淤泥，

限1艘3000吨级化学品船候泊使用。

4.2.3 风能资源

4.2.3.1 测风情况

宁德霞浦海上风电场B区项目位于宁德市霞浦县四礵列岛南部的外海区域，场址常年风速较大，风能资源丰富。

本风电场西北侧四礵列岛中的棺材礵岛上设立有1座80m高测风塔，编号9009#，该测风塔位于东经120°18'44.0"、北纬26°40'0.3"，所在位置高程27m，于2010年3月开始测风，收集到2010年3月23日至2012年6月14日、2016年5月17日至2017年3月31日约4年的测风数据。测风塔盛行方向上基本无阻挡，测风数据基本上可反映风电场风能资源情况，且测风塔已收集到2个年度以上测风数据，经分析测风资料完整可靠，可以满足本阶段风能资源评估要求。

9009#测风塔在10m、30m、55m、70m、80m高度各安装了1个风速传感器，在10m、80m高度各安装了1个风向传感器，在8m高度安装了温度传感器、气压传感器、电压传感器，测风塔概况见表4.2-1，地理位置见图4.2-1。

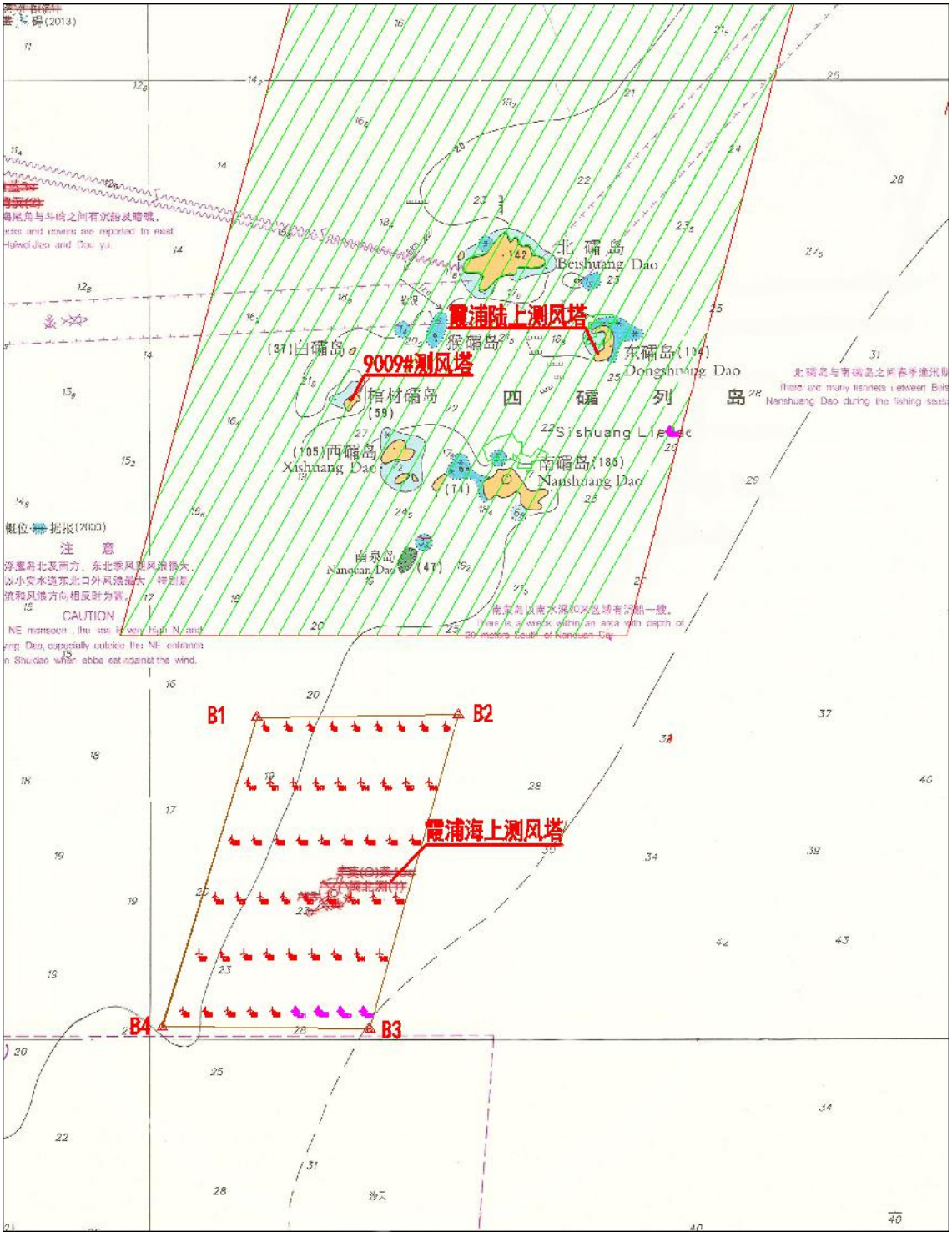


图 4.2-1 测风塔地理位置示意图

表 4.2-1 9009#测风塔基本情况一览表

海拔高度（m）	69
测风时段	2010.3.23～2012.6.14、 2016.5.17～2017.3.31
塔高（m）	80
安装高度	观测项目
80m	风速（m/s）、风向（°）
70m	风速（m/s）
55m	风速（m/s）
30m	风速（m/s）
10m	风速（m/s）、风向（°）
其他	温度
	气压
	电压

4.2.3.2 实测风速、风向数据统计

（1）逐月平均

根据测风塔 2016 年 5 月～2017 年 5 月月实测风速数据分析得测风年的逐月平均风速见表 4.2-2。由测风资料分析，测风塔测风年 80m 高度年平均风速为 8.33m/s。从测风塔 100m 高度实测风速表明本风电场风速较大，风资源较丰富。

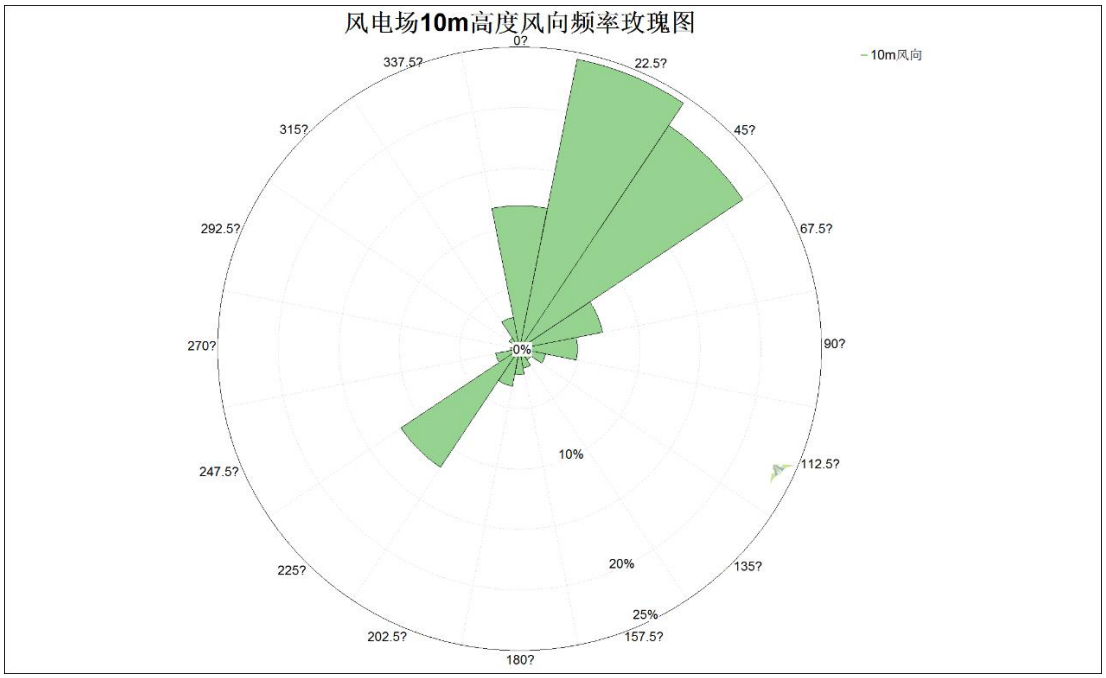
表 4.2-2 测风塔实测逐月平均风速

年份	月份	10m	30m	55m	70m	80m
2016	5	5.239	6.946	7.332	7.163	7.413
	6	5.086	6.763	7.420	7.477	7.653
	7	5.487	7.001	8.033	8.240	8.321
	8	4.283	5.086	5.518	5.502	5.520
	9	6.322	8.770	9.203	9.039	9.124
	10	7.504	10.318	10.706	10.490	10.645
	11	6.259	9.126	9.183	8.993	9.037
	12	6.279	9.729	10.088	9.934	10.039
2017	1	6.232	9.340	9.673	9.584	9.680
	2	5.831	8.566	8.773	8.692	8.752
	3	4.558	6.653	6.970	6.948	7.010
	4	5.224	6.795	7.085	5.727	7.068
	5	3.030	6.534	6.591	5.998	6.907
平均值		5.573	7.909	8.328	8.106	8.334

（2）风向

根据测风塔（2016.5～2017.5）的实测风向数据分析得测风年不同高度风向数据统计结果见表4.2-3，风向玫瑰见图4.2-2。

从测风资料来看，全年盛行风向为NNE、NE，占全部风向的53.24%，其次为SSW、SW，约占全部风向的17.8%。冬季盛行东北风，夏季多吹西南风，风向稳定。



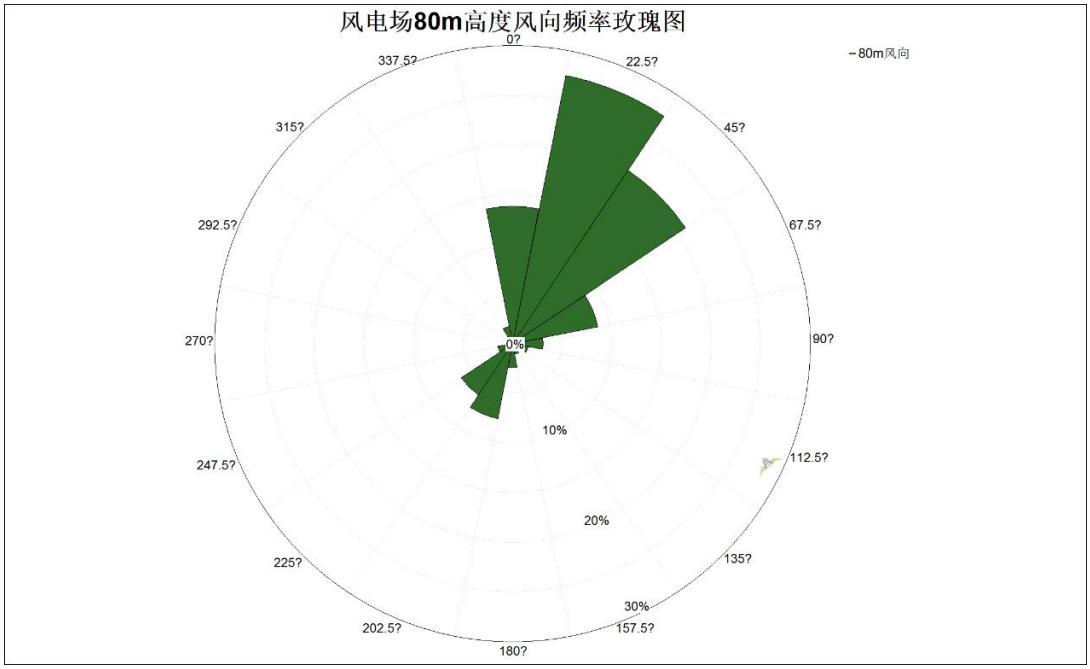


图4.2-2　测风塔不同高度风向频率玫瑰图

表4.2-3　测风塔实测风向频率统计表

年份	月份	10m	30m	55m	70m	80m
2016	5	5.239	6.946	7.332	7.163	7.413
	6	5.086	6.763	7.420	7.477	7.653
	7	5.487	7.001	8.033	8.240	8.321
	8	4.283	5.086	5.518	5.502	5.520
	9	6.322	8.770	9.203	9.039	9.124
	10	7.504	10.318	10.706	10.490	10.645
	11	6.259	9.126	9.183	8.993	9.037
	12	6.279	9.729	10.088	9.934	10.039
2017	1	6.232	9.340	9.673	9.584	9.680
	2	5.831	8.566	8.773	8.692	8.752
	3	4.558	6.653	6.970	6.948	7.010
	4	5.224	6.795	7.085	5.727	7.068
	5	3.030	6.534	6.591	5.998	6.907
平均值		5.573	7.909	8.328	8.106	8.334

（3）测风塔数据长期水平修正（代表年系列）

根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T18710-2002）标准，将风电场短期测风数据订正为代表年风况数据的方法如下：

①作风场测站与对应年份的长期测站各风向象限的风速相关曲线。

②对每个风速相关曲线，在横坐标轴上表明长期测站多年的年平均风速，以及与风电场测站观测同期的长期测站的年平均风速，然后在纵坐标轴上找到对应的风场测站的两个风速值，并求出这两个风速值的代表差值。

③风场测站数据的各个风向象限内的每个风速都加上对应的风速代表数差值，即可获得订正后的风场测站风速风向资料。

根据《风电场风能资源评估方法》对风电场测风数据进行订正，即根据风电场附近的中尺度数据，将验证后的风场测风数据订正为一套能够反映风电场长期平均水平的代表性数据，即代表年系列。

中尺度数据 1997.5～2017.5 多年平均风速为 5.446m/s，而测风年 2016.5～2017.5 中尺度长期测站年平均风速为 5.729m/s，需修正-0.283m/s。由此根据规程规范要求的“风速对应时刻”法，进行气象站与现场测风数据之间的相关分析，进而对现场测风数据进行修正，9009#测风塔 80m 高度各风向扇区风速修正成果见表 4.2-4。

4.2-4 9009#测风塔 80m 高度与气象站风速相关参数和各扇区修正值表

扇区	K 值	b 值	相关系数 R	分扇区修正值
N	0.9994	3.3139	0.64	-0.283
NNE	1.1241	2.4154	0.72	-0.318
NE	1.0513	2.7682	0.59	-0.298
ENE	0.9621	2.7441	0.59	-0.272

扇区	K值	b值	相关系数R	分扇区修正值
E	0.8493	2.2390	0.61	-0.240
ESE	0.8446	1.7969	0.56	-0.239
SE	0.4982	1.8575	0.34	-0.141
SSE	1.1215	0.5140	0.60	-0.317
S	1.0500	1.8823	0.47	-0.297
SSW	1.0217	4.0537	0.48	-0.289
SW	0.7186	4.1638	0.39	-0.203
WSW	0.8067	1.9281	0.50	-0.228
WSW	1.7150	-3.0648	0.73	-0.485
WNW	1.3623	-0.6929	0.65	-0.386
NW	1.4915	-1.0151	0.73	-0.422
NNW	1.1042	0.4834	0.63	-0.312

9009#测风塔年平均风速值为8.33m/s，修正后80m代表年平均风速值为8.08m/s，修正后代表年主要风况参数表见表4.2-5。

表4.2-5 风电场代表年主要风况参数表

风电场名称	宁德霞浦海上风电场B区项目				测风塔编号	9009
风场地点	霞浦东冲半岛以东，北礵岛南侧海域，					
测风塔位置	N26°40'0.3"、E120°18'44.0"				海拔高度（m）	27
完整年数据开始日期时间	2016.5.17				完整年数据截止日期时间	2017.5.16
相关长期数据名称	Merra数据				地点	四礵列岛附近
相关长期数据位置	E120°18′、N26°40				海拔高度（m）	60
相关长期数据与风电场直线距离（km）	36					
风场主要风况参数	测风高度				等级	
	80m	70m	55m	30m		
代表年平均风速（m/s）	8.05	7.8	8.0	7.6	5	
代表年风功率密度（W/m2）	508.4	467.2	502.9	427.8		
风切变指数（10～70m）	0.085					
主风向	NNE NE					
平均空气密度（kg/m3）	1.2021					
Iref /TI90%（80m高度TI15）	0.05/ 0.05					

4.2.3.3 代表年分析

（1）代表年逐月平均风速和风功率密度

根据80m高度代表年系列统计分析，风电场的风速、风功率密度缝补状况如表4.2-6和图4.2-3。

表4.2-6 测风塔80m高度逐月平均风速及风功率密度

时间（月）	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平

													均
风速（m/s）	9.0	8.4	6.7	6.8	6.6	7.5	8.1	5.2	8.9	10.3	8.7	9.7	8.1
风功率密度（W/m²）	731	594	302	309	285	409	528	142	704	1087	654	912	594

由图表可知，风电场年内各月平均风速及风功率密度变化较大。3～8 月风速及风功率密度较小，8 月风速及风功率密度最小；9 月～翌年 2 月风速及风功率密度较大。

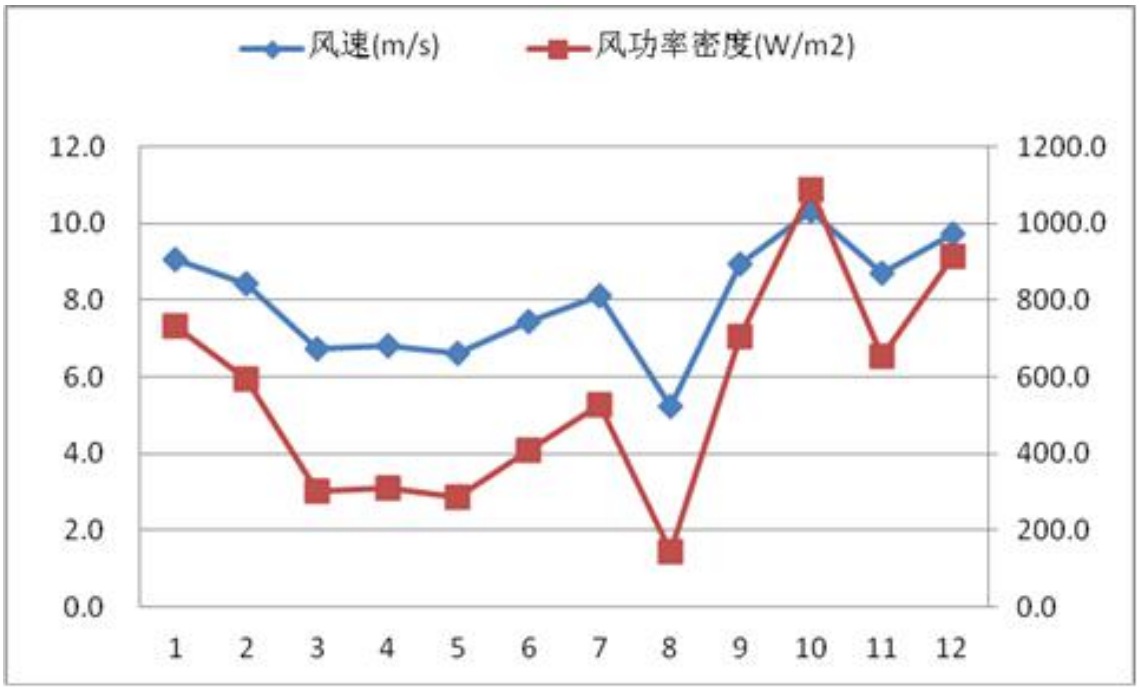


图 4.2-3 测风塔 80m 高度逐月平均风速及风功率密度曲线

（2）代表年逐时平均风速及风功率密度

测风塔 80m 高度全年逐时风速及风功率密度表 4.2-7 和图 4.2-4，测风塔 80m 高度各月逐时风速及风功率密度变化曲线图见图 4.2-5。

表 4.2-7 测风塔 80m 高度逐时平均风速及风功率密度

小时（h）	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风速（m/s）	7.97	7.94	7.73	7.67	7.60	7.54	7.55	7.53	7.58	7.51	7.57	7.69
风功率密度（W/m²）	499	493	456	444	433	422	424	421	430	419	428	449
小时（h）	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
风速	7.90	8.04	8.27	8.52	8.53	8.57	8.58	8.47	8.40	8.30	8.16	8.09

（m/s）												
风功率密度（W/m²）	487	513	558	610	613	620	623	599	584	565	537	522

由图表可知，规划风电场风速日变化较为平缓，呈周而复始的规律。日出前后风速较低，日出后，随着地表温度的逐渐上升，至午间风速逐渐加大，傍晚 18、19 时风速最高，之后，随着太阳辐射程度的减弱，风速开始慢慢下降。其风功率密度变化亦如此。

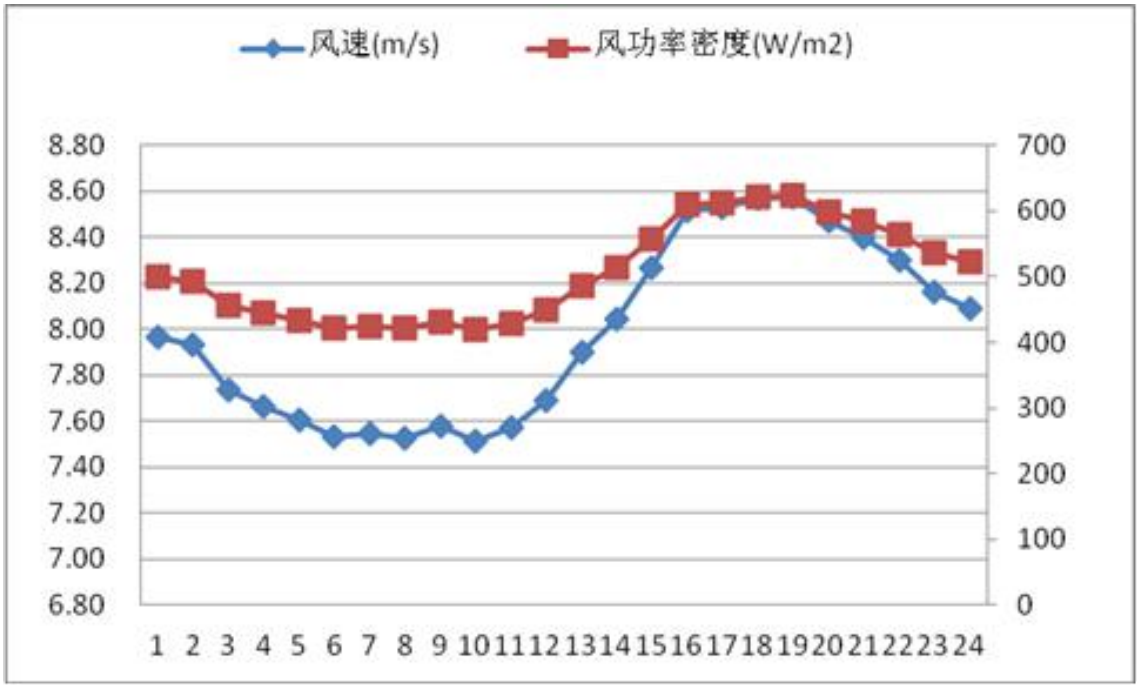


图 4.2-4　测风塔 80m 高度逐时平均风速及风功率密度变化曲线

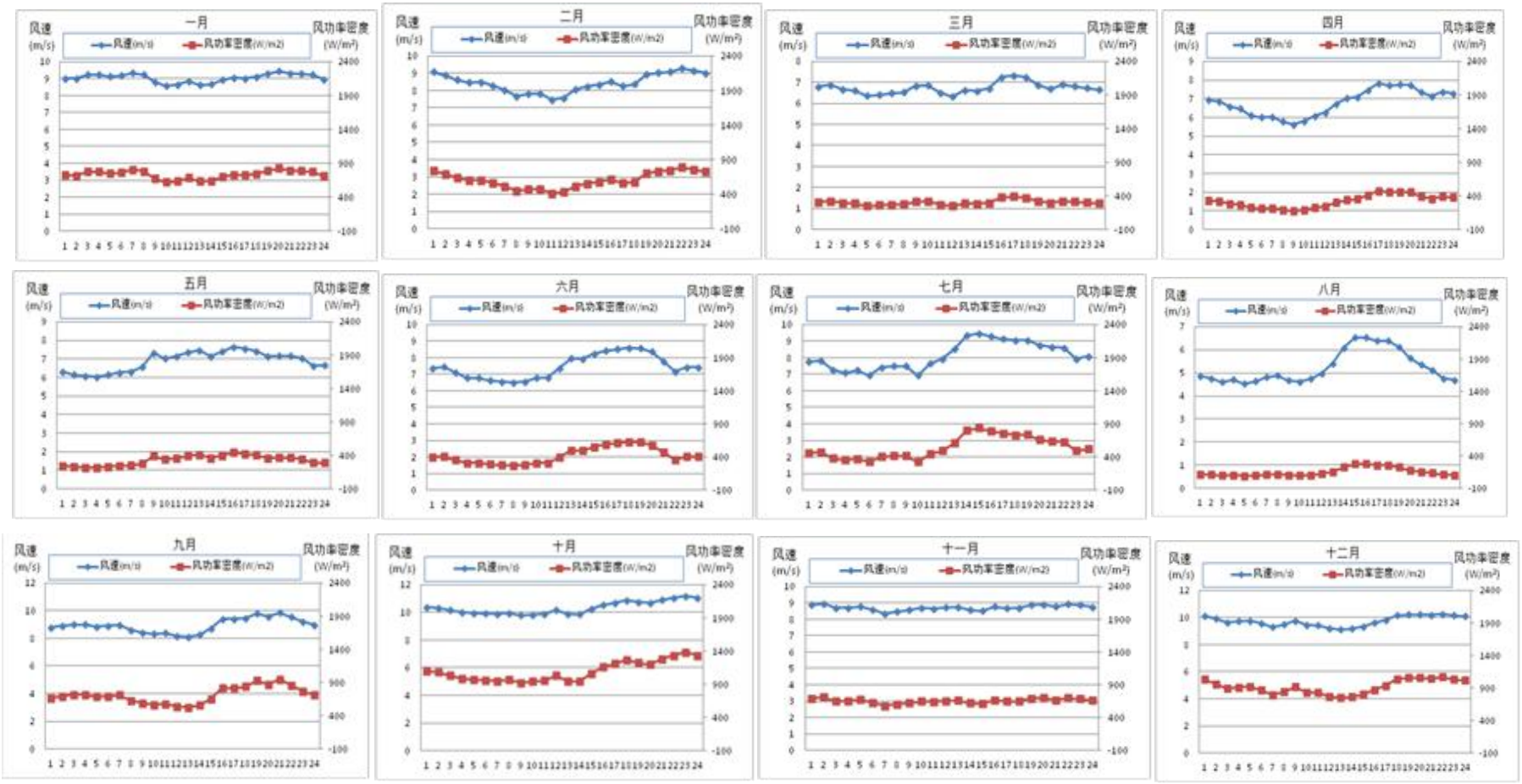


图 4.2-5　测风塔 80m 高度各月逐时平均风速及风功率密度变化曲线

（3）代表年风速和风能频率分布

测风塔 80m 高度风速频率分布见表 4.2-8，测风塔 80m 高度风速频率分布直方图见图 4.2-6。由图表分析，由图表分析，风速的众值出现在 2.0～12.0m/s 风速区间，占全部风速的 74.46%；风能的众值出现在 3.0～13.0m/s 风速区间，占全部风能的 74.8%。

表 4.2-8 测风塔 80m 高度风速频率分布

风速段（m/s）	0～0.5	0.5～1	1～2	2～3	3～4	4～5	5～6	6～7	7～8
风速频率（%）	1.70	1.14	3.53	5.62	7.19	8.01	8.33	8.57	8.29
风能频率（%）	0.96	1.08	2.99	5.11	6.61	7.84	8.12	8.69	8.28
风速段（m/s）	8～9	9～10	10～11	11～12	12～13	13～14	14～15	15～16	16～17
风速频率（%）	8.26	7.50	6.50	6.19	5.84	4.90	3.55	2.15	1.14
风能频率（%）	8.38	7.74	6.75	6.30	6.09	5.18	3.85	2.71	1.45
风速段（m/s）	17~18	18~19	19~20	20~23	23~26	26~29	29~32		
风速频率（%）	0.60	0.39	0.18	0.18	0.10	0.08	0.05		
风能频率（%）	0.73	0.49	0.21	0.19	0.10	0.08	0.05		

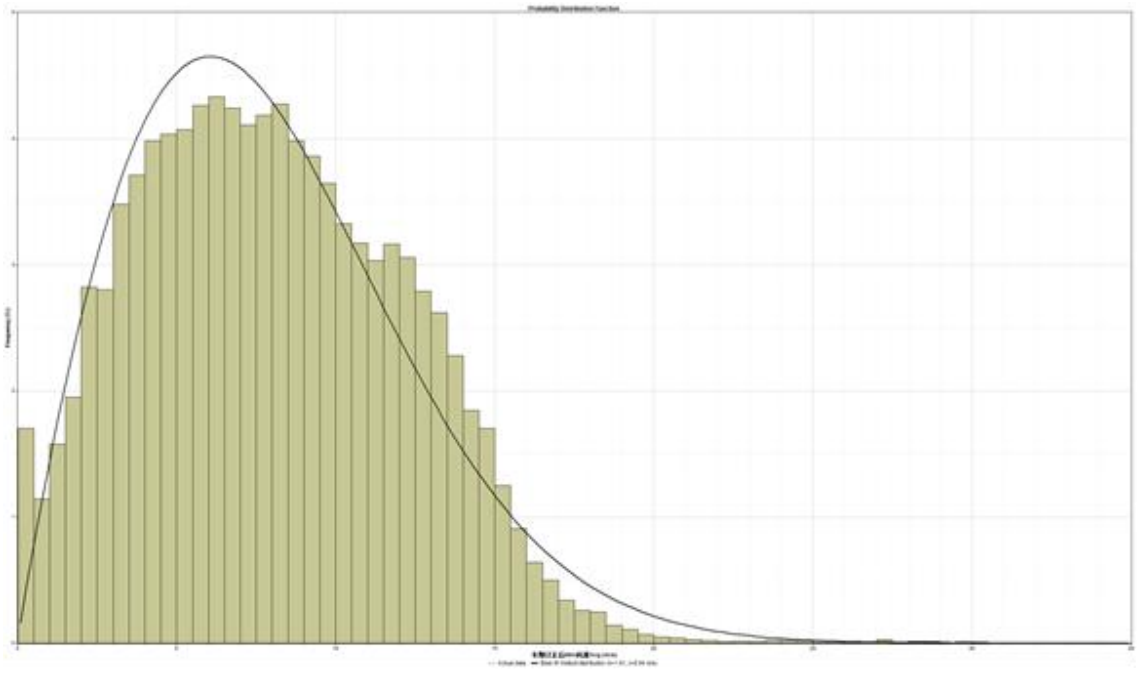


图 4.2-6 测风塔 80m 高度风速频率分布直方图

（4）代表年风向和风玫瑰图

风电场代表年全年风向、风能频率分布见表 4.2-9，全年风向、风能频率玫瑰图见图 4.2-7，各月风向、风能玫瑰图见图 4.2-8～图 4.2-9。

表 4.2-9 测风塔 80m 高度全年风向风能频率统计

单位：%

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
风向频率	13.84	27.37	20.88	8.77	3.15	1.67	0.87	1.14
风能频率	18.83	32.93	19.5	5.96	1.4	0.65	0.16	0.5
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
风向频率	2.48	7.96	6.30	1.59	0.66	0.57	0.94	1.80
风能频率	1.63	10.7	5.06	0.51	0.4	0.26	0.59	0.91

经分析，测风塔 80m 高度代表年风向主要集中在 NNE、NE，占全部风向的 48.25%，风能主要集中在 N、NNE、NE，占全部风能的 71.26%。由此可看出本风电场风能资源集中，有利于风能资源利用。

80m 高度风向频率玫瑰图　　80m 高度风能频率玫瑰图

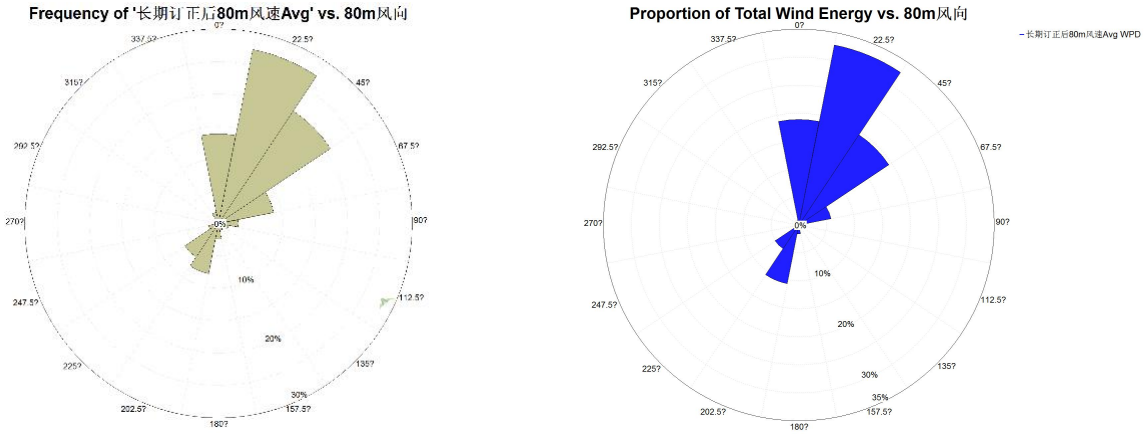


图 4.2-7 测风塔 80m 高度全年风向风能玫瑰图

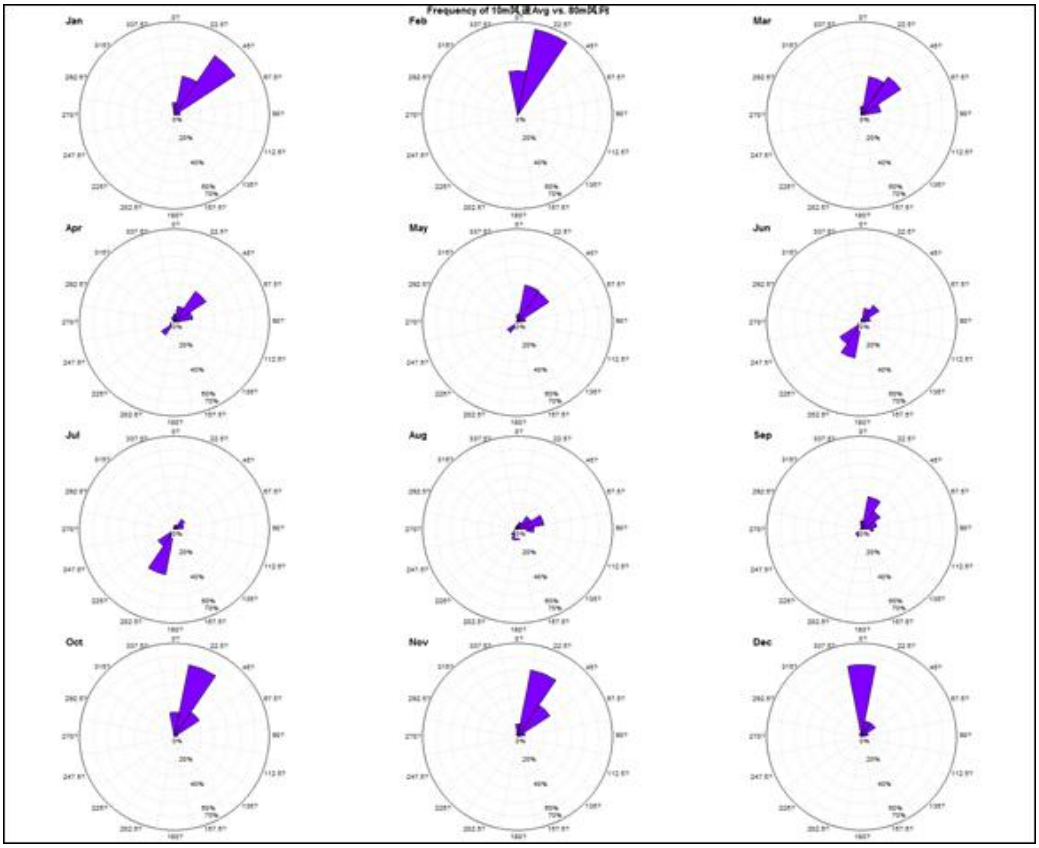


图 4.2-8　测风塔 80m 高度各月风向频率玫瑰图

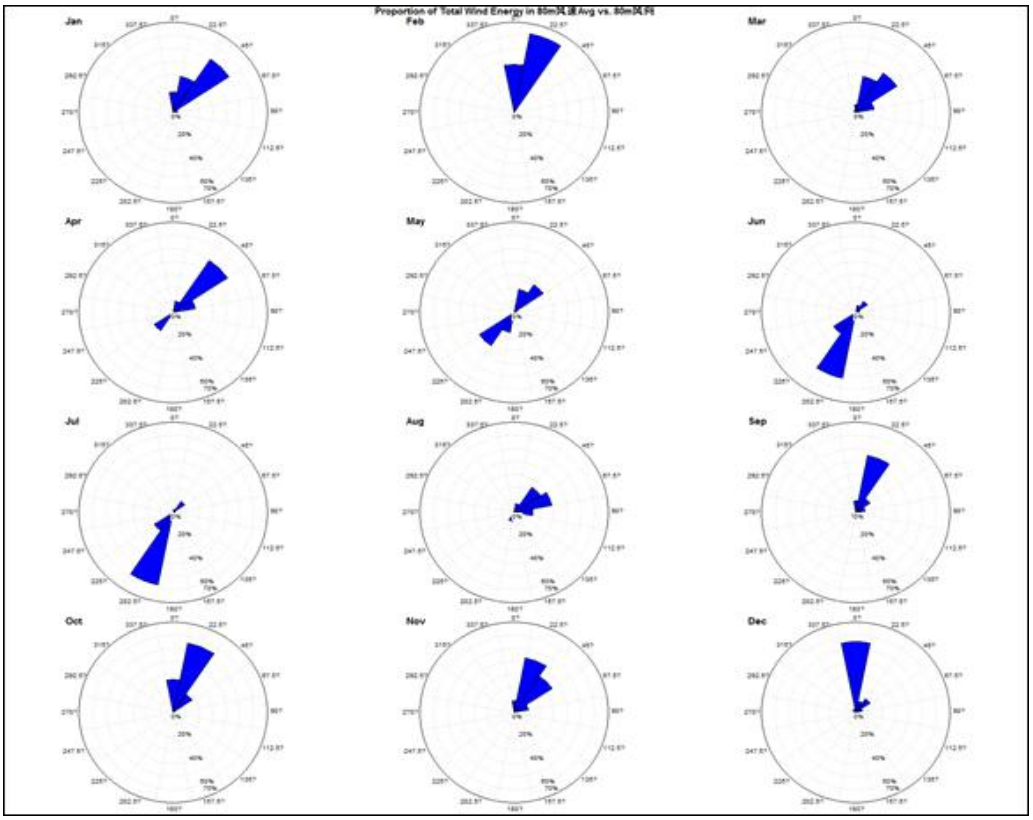


图 4.2-9　测风塔 80m 高度各月风能频率玫瑰图

（5）五十年一遇的最大风速

霞浦海上风电场以平潭气象站为参证站。对平潭气象站实测历年最大风速，组成长系列资料，分别用极值I型和P-III型两种方法进行50年一遇的最大风速进行分析计算，成果见表4.2-10，最大风速频率见图4.2-10。

表4.2-10 平潭气象站50年一遇最大风速成果表

实测年限	极值I型			P-III型		
	均值（m/s）	均方差S	50年一遇风速	均值（m/s）	C_v	50年一遇风速
1971-2010	18.0	4.03	29.9	18.0	0.27	29.6

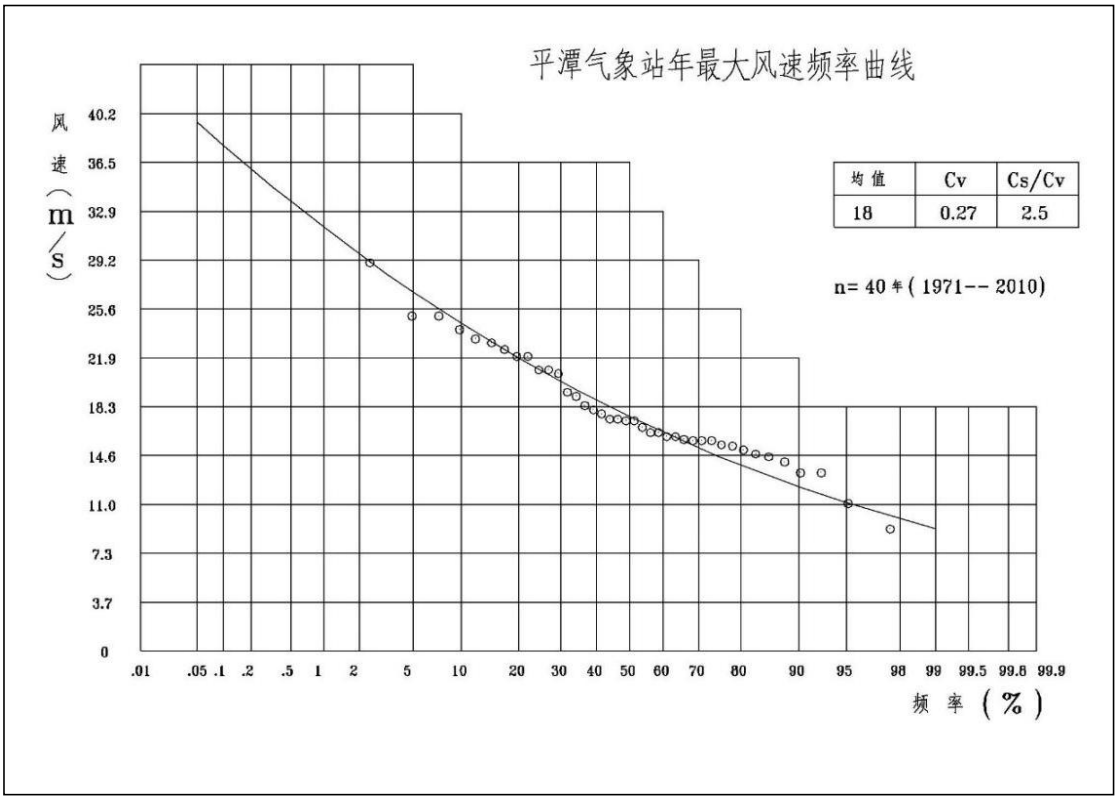


图4.2-10 平潭气象站最大风速频率曲线图

国家海洋局东海分局平潭东澳海洋站建于1965年，位于北纬25°28′，东经119°51′，地处平潭澳前镇东澳村附近的1个突出山包上，海拔36.1m，测风仪器安装高度为10.3m，台站周围环境几乎没有变化，风速、风向等资料齐全。根据平潭东澳海洋气象站1977～2006年连续30年观测到的年最大风速记录，采用极值I型的概率分布，推算50年一遇最大风速为44.3m/s，由经验公式换算得出50年一遇极大风速值为62.0m/s。再通过国家海洋局东海分局平潭东澳海洋站与霞浦海上测风塔附近中尺度数据的相关性公式推

算得霞浦海上风电场50年一遇最大风速为48.5m/s，由经验公式换算得出50年一遇极大风速值为67.9m/s。

4.2.2.4 风电场风能资源评价

（1）测风塔风能资源

测风塔测风年80m高度年平均风速为8.33m/s，测风塔80m高度代表年平均风速在8.05m/s，年平均风功率密度508.4W/m^2，数据表明本场址风能资源丰富，具有很好开发利用价值。

（2）风电场风能资源

根据9009#测风塔风能资源分析成果，并利用WASP软件模拟风电场场址风能资源情况，风电场风能资源丰富，具有良好的开发利用价值。

（3）有效风时数高

测风塔代表年有效风速小时数为7351h（3～25m/s），占全年的83.9%，有效平均风速为8.8m/s，风能有效功率占全年的89.7%。

（4）风向稳定，风能分布集中

风电场风向主要集中在NNE、NE，占全部的48.25%以上，风能主要集中在N、NNE、NE，占全部的71.26%以上。

（5）福建省是易受台风直接袭击的地区，风电场50年一遇10min最大风速为48.5m/s，极大风速为67.9m/s。考虑到风电场安全运行，依据IEC61400-1（第三版）标准，应选择IEC IC类（或S级）风机机组。

4.2.4 旅游资源

霞浦县海域广阔，海域面积达29592.6km^2，海岸带基本为东北—西南方向与主要地质构造相一致，东起牙城梅花，西到盐田，直线距离不过43km，而海岸带的曲扩长度达404km，曲折率为1:10，居全省之冠。且港湾众多，海岸带大小港沃接连不断，其中具有旅游价值的有：北兜沙滩、高罗沙滩、大京沙滩、吕峡沙滩、外浒沙滩和牙城湾、福宁湾、东吾洋、盐田港等。同时，还有大小岛屿196座，星罗棋布。岸上有奇岸巨石、断岩绝壁、古朴渔村、灯塔码头及众多的文化古迹、宗教寺庙、山川水景等，形成独具特色的山水相连、滩岛相映的海洋旅游资源，是观光游览、娱乐健身、休闲疗养之胜地。

三沙湾周边有着丰富的滨海旅游资源。主要的天然旅游景观有：“仙人画”、“礁溪

助站等公共服务设施建设为主导功能的无居民海岛。对于引进动植物进行种养殖试验的海岛，应严格遵守引种相关法律法规，防止外来物种破坏海岛生态系统；公共设施建设工程应防止可能造成海岛地形、岸滩、海岛生态和海洋环境的破坏。

根据调查分析，工程区周边海域岛礁较多，其中岛屿主要为无居民海岛。本项目220kV海底电缆距离最近的无居民海岛为中门礁岛，距离为158m，其余海岛距离均在270m以上。其岛礁分布见图4.2-14~图4.2-17。

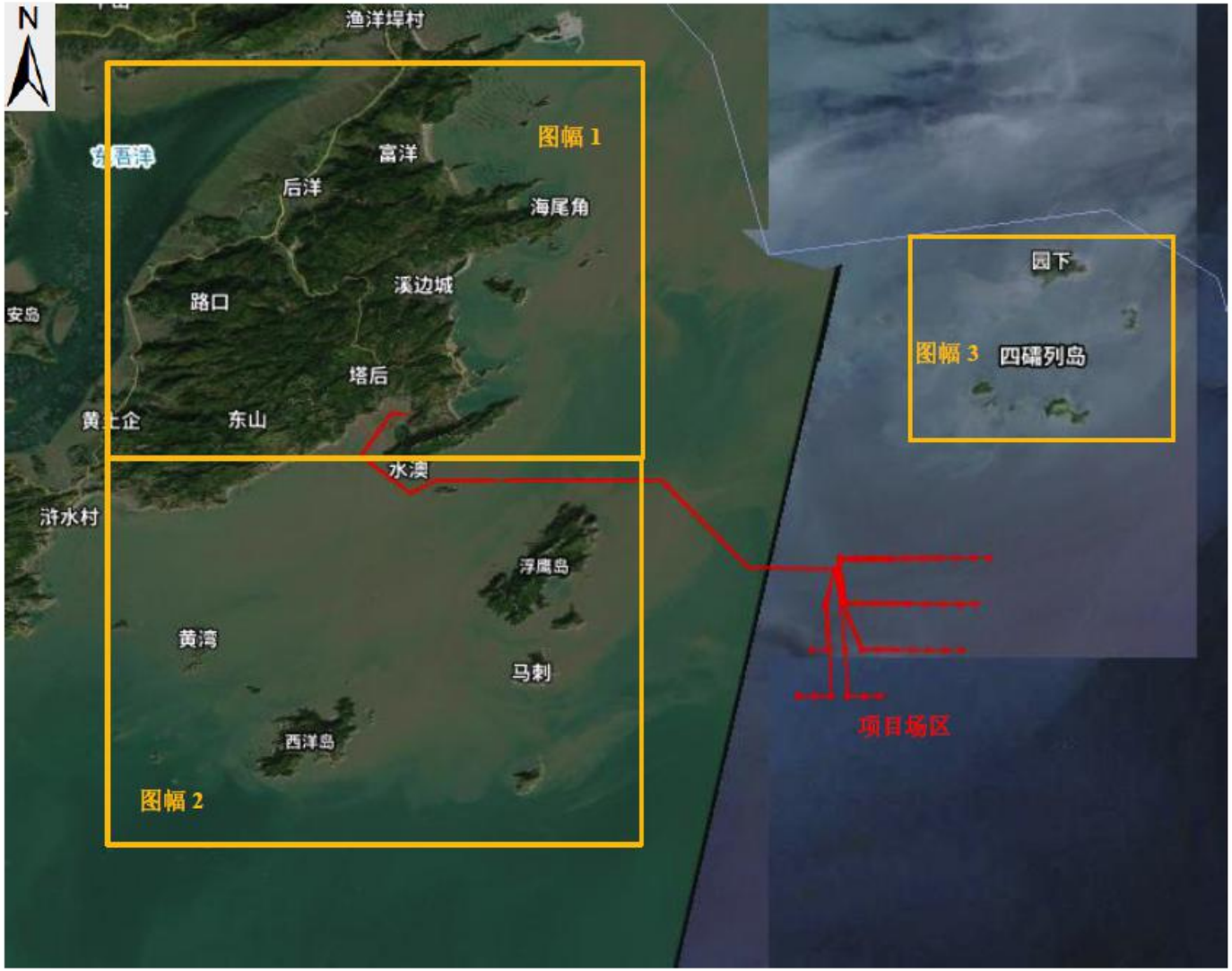


图 4.2-14　工程区及附近海域岛礁分布图

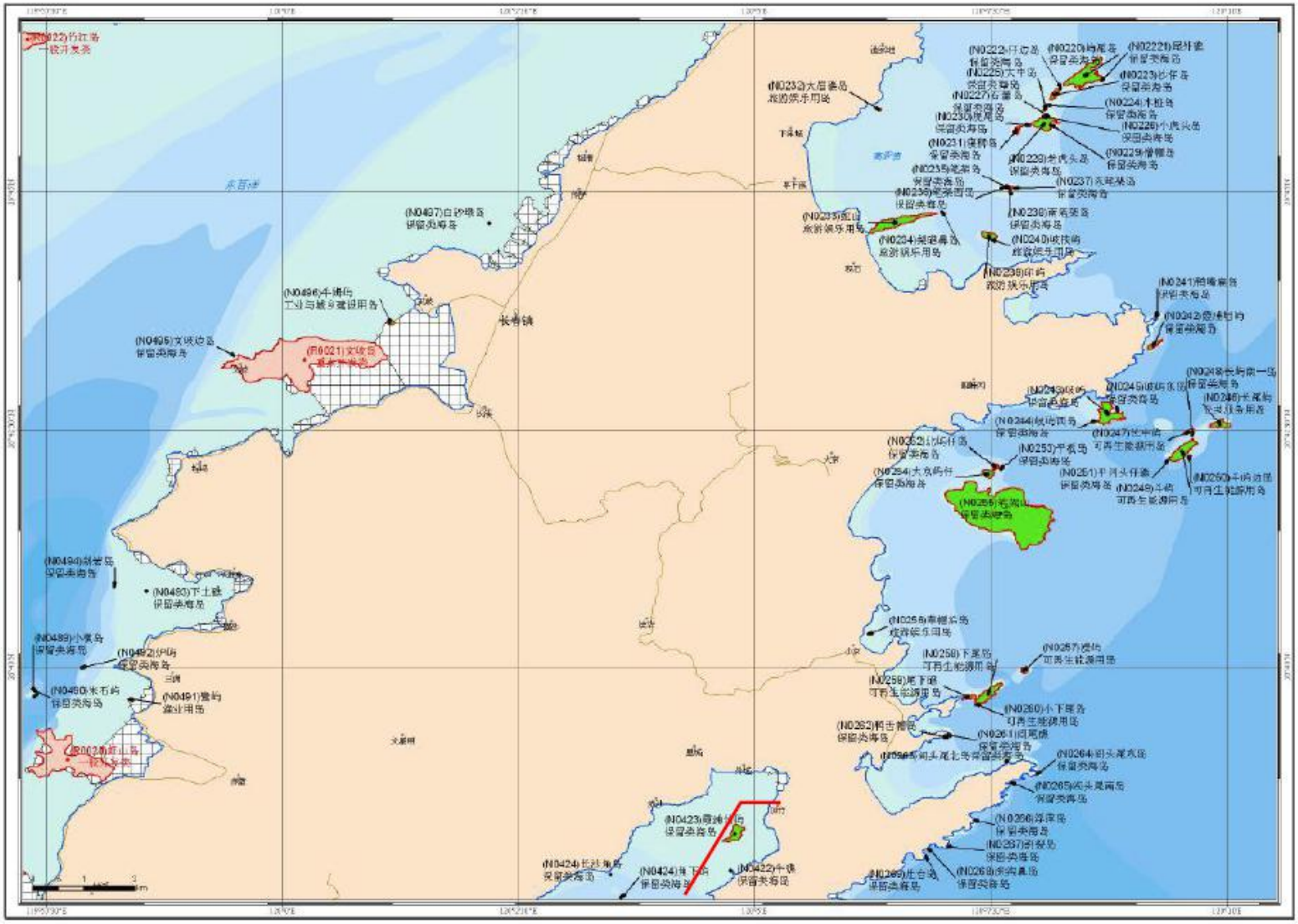


图 4.2-15　图幅 1 海岛分布状况

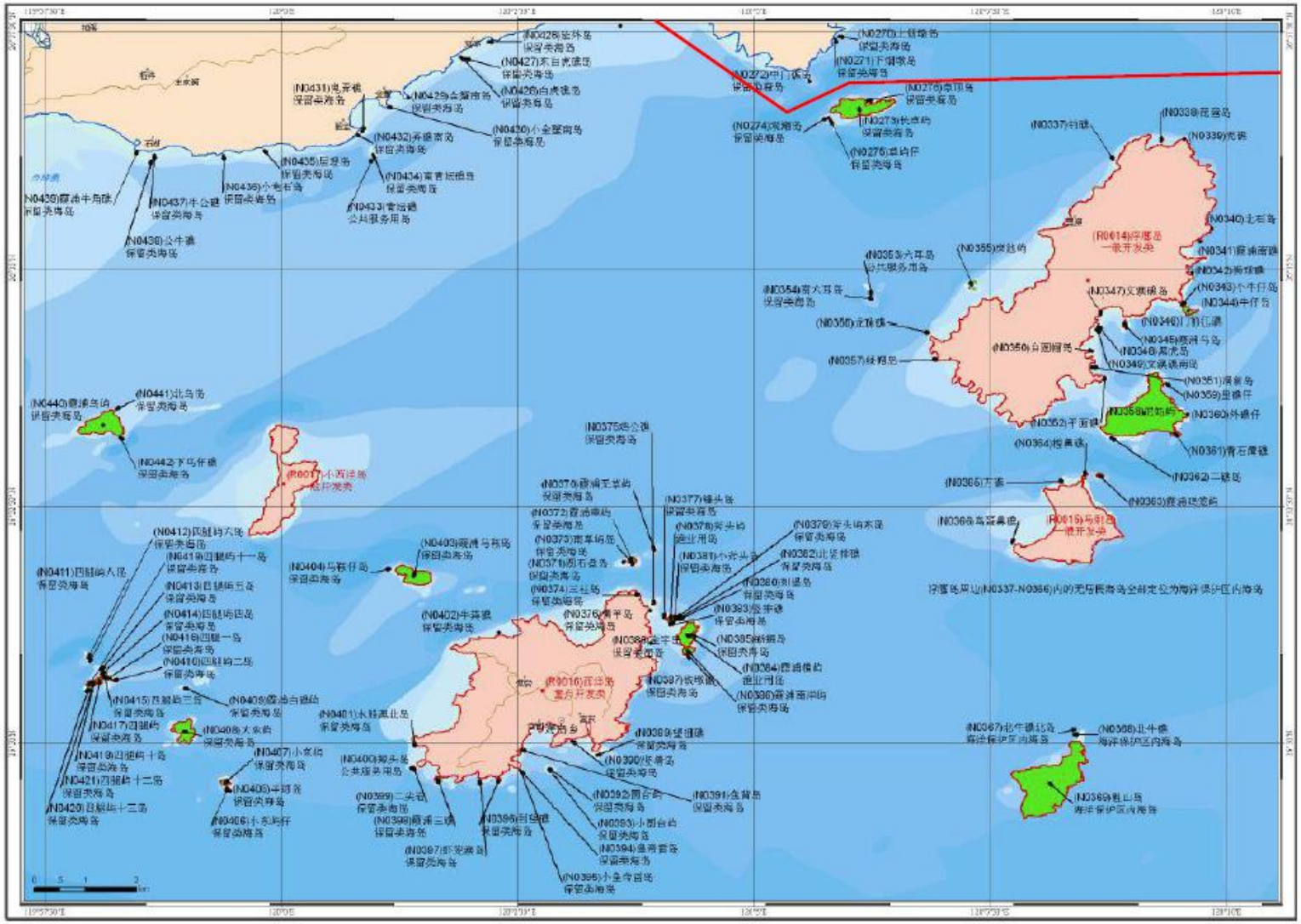


图 4.2-17　图幅 2 海岛分布状况



图 4.2-17　图幅 3 海岛分布状况

4.2.7 渔业资源

霞浦县海域面积29592.6km^2，其中滩涂面积6.96万hm^2。水产生物资源丰富，以海洋生物资源为主，有浮游生物、底栖生物、潮间带生物和游泳生物等，生物种类共700余种。据闽东渔场调查资料，作为捕捞对象的主要经济鱼虾类有大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鲳鱼、石斑鱼、鳗鱼、鳓鱼、毛虾、梭子蟹、墨鱼等500多种。浅海滩涂初步调查，主要有海带、紫菜、牡蛎、蛏、蛤、蚶、江瑶、鲍、海蚌、笋锥螺、东方螺等200多种生物。

4.2.8 项目周边海域利用现状

本项目工程区附近海域的海洋开发活动最主要有渔业用海、工业用海（电力工业用海）等。项目周边海域开发利用现状见表4.2-13，本项目用海与周边海域开发活动位置关系见图4.2-18。项目登陆点附近海域的开发活动主要为渔业用海（开放式养殖、围海养殖）、特殊用海（海岸防护工程用海），项目登陆点附近海域开发活动位置关系见图4.2-19。

4.2.8.1 渔业用海

（1）开放式养殖

本项目海底电缆近岸段东冲半岛东侧海域分布有大量开放式养殖，其中，已经确权的有霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）（24区块-30区块位于项目附近），海域使用权人为霞浦县溪南半岛建设开发有限公司，该项目24区块与本项目海缆用海范围重叠；霞浦县海岛乡浮鹰岛恒顺渔业有限公司网箱养殖项目，位于项目主海缆东侧4.2km，海域使用权人为霞浦县恒顺渔业有限公司，用海面积5.7727公顷；霞浦县海岛乡浮鹰岛武澳项目位于项目主海缆南侧2.9 km，海域使用权人为宁德市弘金海水产科技有限公司，用海面积7.1736公顷；毗邻霞浦县海岛乡烟台村筏式养殖项目位于项目主海缆南侧5.5km，海域使用权人为福建溢源海洋食品有限公司，用海面积7.5 公顷；正在进行海域确权的为霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（12 区块-16 区块位于项目附近），由霞浦县海域海岛收储中心组织海域使用权招拍挂前期工作，其中16区块距离本项目最近，位于本项目主海缆西北侧0.6 km ；其余未确权开放式养殖主要为长春镇外城村、加竹村、赤沙村养殖户，养殖品种主要为海带。与本项目近岸段主海缆用海范围存在重叠。

表 4.2-13 项目区附近海域开发利用现状一览表

序号	名称	使用人	使用面积（hm^2）	用海方式	与项目位置、最近距离
1	东冲半岛东侧海域开放式养殖	其中霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）已确权，海域使用权人为霞浦县溪南半岛建设开发有限公司；霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（二期）正在由霞浦县海域海岛收储中心组织确权前期工作；其余未确权养殖主要为长春镇个体养殖户。	/	开放式养殖用海	部分养殖与本项目交越，0km
2	霞浦县海岛乡浮鹰岛恒顺渔业有限公司网箱养殖项目	霞浦县恒顺渔业有限公司	5.7727	开放式养殖用海	主海缆南侧，2.9 km
3	霞浦县海岛乡浮鹰岛武澳项目	宁德市弘金海水产科技有限公司	7.1736	开放式养殖用海	项目主海缆南侧 5.5 km
4	毗邻霞浦县海岛乡烟台村筏式养殖项目	福建溢源海洋食品有限公司	7.5	福建溢源海洋食品有限公司	项目主海缆西南侧，7.5 km
5	黄光利围海养殖	黄光利	3.5491	围海养殖	项目主海缆北侧，0.5 km
6	黄位利围海养殖	黄位利	4.8111	围海养殖	项目主海缆北侧，0.3 km
7	黄位勇围海养殖	黄位勇	37.6276	围海养殖	项目主海缆东侧，0.4km
8	福建省霞浦县人工鱼礁二期工程	霞浦县水产技术推广站	16	人工鱼礁用海	主海缆东北侧，7.3km
9	霞浦县下浒金蟹三级渔港	霞浦县时代渔港建设有限公司	0.6594	渔业基础设施用海	项目主海缆西侧，4.8km
10	霞浦县长春-浮鹰岛风	霞浦县浮鹰岛风电有限公司	10.0672	电缆管道用海	项目主海缆交越，0k m

	电 110kV 海底电缆项目				
11	霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程	国网福建霞浦县供电有限公司	53.78	电缆管道用海	项目主海缆交越，0k m
12	东冲半岛至小西洋岛至西洋岛 10Kv 海底电缆项目	国网福建霞浦县供电有限公司	23.396	电缆管道用海	项目主海缆西南侧，11.8km
13	宁德霞浦海上风电场测风塔项目	福建闽东电力股份有限公司	0.4323	电力工业用海	项目风场东南侧，1.0km
14	霞浦县下浒金蟹三级渔港	霞浦县时代渔港建设有限公司	0.6594	渔业基础设施用海	项目主海缆西侧，4.8km
15	海堤	主管部门：霞浦县水利局	/	海岸防护工程	项目主海缆交越，0km
16	霞浦西洋岛（乌屿岛至西洋岛）渔业专用通道项目	霞浦县水产技术推广站	172.6263	航道用海	项目主海缆西南侧，11.6km
17	内航路 1（北关岛至闽江口）	主管部门：宁德海事局	/	航道用海	项目风场西北侧，距航道中心 11.7km；与项目主海缆交越，0km。
18	内航路 2（西台山至闽江口）	主管部门：宁德海事局	/	航道用海	项目风场西北侧，距航道中心 3.1km；与项目主海缆交越，0km。
19	罗源湾进港航路（沿外航路南下）	主管部门：宁德海事局	/	航道用海	项目风场东南侧，距航道中心 3.5km；项目主海缆东南侧，2.7km。

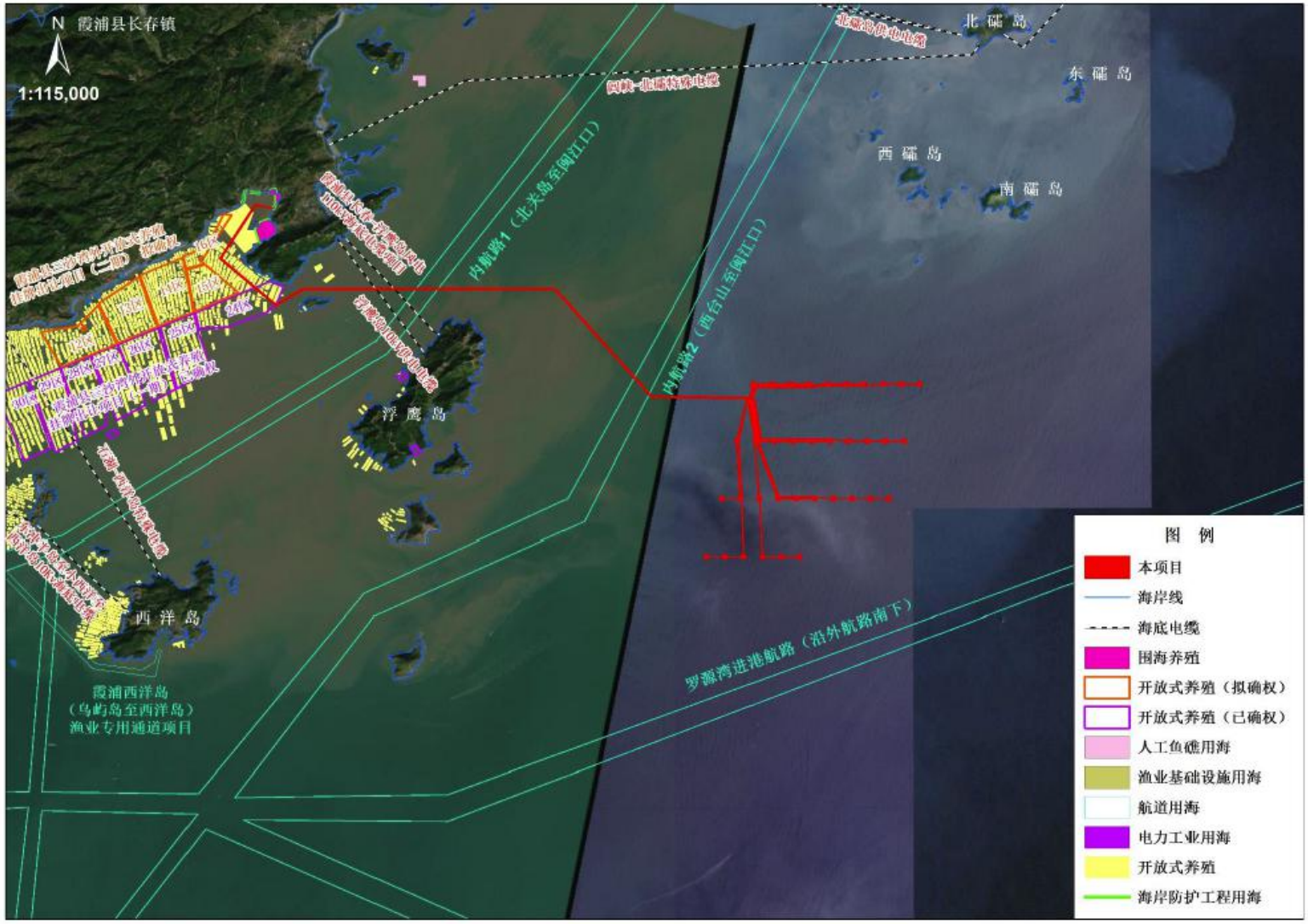


图 4.2-18 项目周边海域开发利用现状图

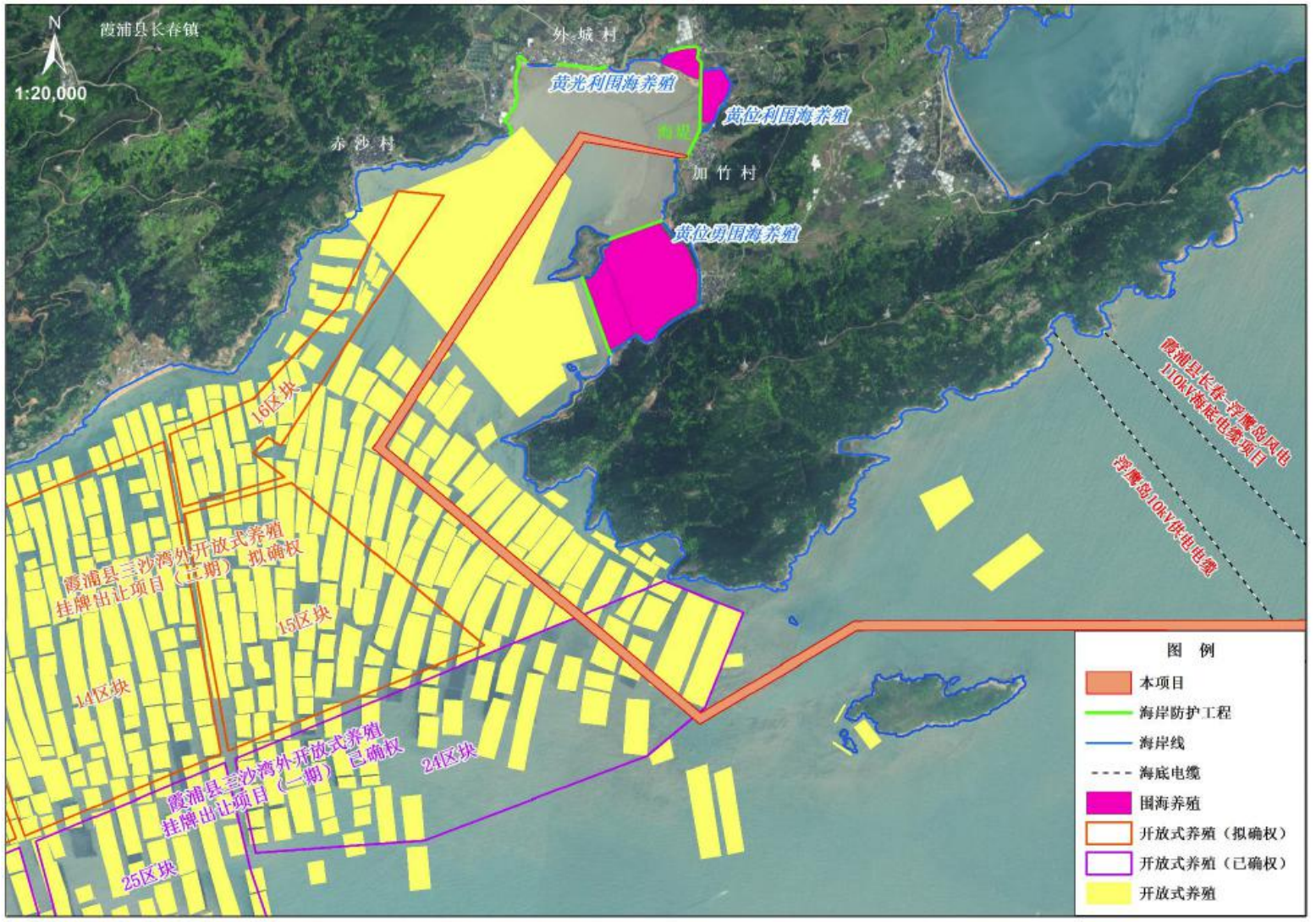


图 4.2-19 海域开发现状图 2（登陆点附近海域）

（2）围海养殖

本项目近岸段周边分布有围海养殖，主要有黄光利围海养殖、黄位利围海养殖等，均未取得有效期内海域使用权证书。其中，黄光利围海养殖位于项目主海缆北侧 0.5km，，养殖品种为虾；黄位利围海养殖位于项目主海缆北侧 0.3km，养殖品种为虾；黄位勇围海养殖位于项目主海缆东侧 0.4km，养殖品种为虾。围海养殖主要靠涨落潮进行蓄水、排水，冬季一般每 7 天进行一次换排水，夏季一般每 2-3 天进行一次换排水，换水时间集中在早晨或傍晚。

（3）渔业基础设施用海

霞浦县下浒金蟹三级渔港位于项目主海缆西侧 4.8km，用海主体为霞浦县时代渔港建设有限公司，用海面积 0.6594 公顷。

（4）人工鱼礁用海

福建省霞浦县人工鱼礁二期工程位于项目主海缆东北侧 7.3km，用海主体为霞浦县水产技术推广站，用海面积 16 公顷。

4.2.8.2 交通

1、港口现状

工程附近水域的港口主要为福州港的罗源湾港区和三都澳港区。其中， 罗源湾港区是福建省沿海港口重点规划建设的“两集两散”深水港区之一，港区水深条件较好，可全天候通航 30 万吨级船舶，是国家临时口岸开放海港，由淡头、碧里、牛坑湾、将军帽和可门等五个作业区组成。

三都澳港区福州港重要的工业港区，主要服务环三都澳区域临港工业和闽北、赣东、浙南等地区发展，以铁矿石、石油化工等大宗散货运输为主，兼顾城市物资运输和船舶修造服务，包括城澳、漳湾、溪南、湾坞、下白石、坪岗等六个作业区。

2、航道现状

福建沿海航路是中国沿海整体航路一部分，目前福建沿海主要是船舶习惯航路，包括外航路、中航路、内航路、海峡两岸间航路。本项目周边海域航道主要为内航路 1（北关岛至闽江口）、内航路 2（西台山至闽江口）和罗源湾进港航路（沿外航路南下）。

罗源湾港区深水航道主要可以分为：主航道航段、可门 4# 、5# 泊位 30 万吨级进港航段、南航道航段、北航道航段。

三沙湾港区航道：三沙湾形状似伸展的右手掌，湾内有三都、青山、长腰、斗帽、东安等岛屿，形成了许多纵横交错的水道，包括 5 个叉港，由一澳（三都澳）、三港(卢门港、白马港、盐田港)和三洋(东吾洋、官井洋、覆鼎洋)，船帕沿三都澳口门可进入主要港区航道。主要港区航道介绍如下：

(1) 白马港区(下辖湾坞、下白石、坪岗和赛岐四个作业区)

①三沙湾 5 万吨级航道为船舶进出三都澳港区、白马港港区主要水上通道，

主要分为：福建大唐宁德电厂五万吨级航道、白马支航道

②白马作业区 14# 泊位段至 1# 泊位航段

③交溪航道(白马作业区 1# 泊位至赛岐作业区)

(2) 三都澳港区(城澳、漳湾、溪南三个作业区)

三沙湾万吨级航道由城澳作业区万吨级进港航道、漳湾作业区进港航道组成。此外溪南作业区正在规划建设中。

3、锚地现状

工程附近的锚地主要分布在罗源湾和三沙湾水域，其中， 罗源湾附近的锚地主要有可门口北锚地和可门口南锚地，三沙湾附近的锚地主要有三沙湾引航检疫锚地、三沙湾待泊锚地、三沙湾灶屿过驳锚地和三沙湾官井洋锚地等。

可门口北锚地：以 26°27′22.9″N，119°51′11.7″E 为圆心，以 560 米为半径的圆形水域范围内，设计底标高-18m，底质为沙，并限 100000 吨级及以下船舶候泊使用。

可门口南锚地：以 26°25′49.89″N，119°51′32.37″E 为圆心，以 700 米为半径的圆形水域范围内,设计底标高-30m，底质为沙，限 300000 吨级及以下船舶候泊使用。

三沙湾引航检疫锚地： 以 26°28′41″N，119°49′58″E 为中心，半径 926 米，底质为泥沙，是大型船舶引航、检疫锚地。

三沙湾灶屿过驳锚地： 以 26°41'30"N，119°45'00"E 为中心，半径 550 米，底质为泥沙，是过驳专用锚地。

三沙湾待泊锚地： A 点(26°36′01.9″N， 119°46′35.3″E)， B 点(26°35′45.2″N，119°47′14.5″E)，C 点(26°36'02.8"N，119°47'23.5"E)，D 点(26°36'19.6″N，119°46'44.4"E)连线水域范围内，底质为泥沙，待泊锚地。三沙湾官井洋锚地：A 点(26°39'37.35"N，119°47'56.06"E)， B 点 (26°39'37.43"N ， 119°48'53.92"E) ， C 点 (26°38'56.82"N ，

5 环境影响预测与评价

5.1 海洋水动力与冲淤环境影响预测与评价

5.1.1 数学模型概况

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维正压潮流数值模型 MIKE 21，用以分析本项目风机的建设对周边海域潮流场、施工期悬沙扩散和泥沙冲淤环境的影响。所采用的模型采用非结构三角网格剖分计算域，能够较好的拟合陆地边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密，该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点，已在全球 70 多个国家得到应用，有上百例成功算例，计算结果可靠，为国际所公认。MIKE 21 FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

（1）基本方程

模型基于二维平面不可压缩雷诺（Reynolds）平均纳维埃-斯托克斯（Navier-Stokes）浅水方程建立，在该方程中采用了 Boussinesq 假设和静水压力假设，从而能够更加准确地对潮面曲线及潮流通量进行模拟计算。对水平动量方程和连续方程在 范围内进行积分后可得到下列二维深度平均浅水方程：

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

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

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

其中：

t：时间；

x,y：卡迪森（Cartesian）平面坐标；

η：潮面高程；

d：静水深度；

$h=\eta+d$：总水深；

$\overline{u},\overline{v}$：深度平均流速 x，y 方向的分量，$\overline{u}$，$\overline{v}$ 可按下式计算：

$$h\overline{u}=\int_{-d}^{\eta}udz$$

$$h\overline{v}=\int_{-d}^{\eta}vdz$$

f：科氏力系数，$f=2\Omega\sin\phi$，Ω 为地球自转角速度，ϕ 为地理纬度；

g：重力加速度；

ρ：水密度；

ρ：基准水密度；

$s_{xx},s_{xy},s_{yx},s_{yy}$：辐射应力张量分量；

T_{ij}：水质点侧向应力，包括粘滞摩擦力、紊流摩擦力、对流力等，在该模型中采用一个涡旋粘滞系数，根据垂直平均流速梯度场对上述几种力进行总和估计，可按下式计算：

$$T_{xx}=2A\frac{\partial\overline{u}}{\partial x}，\ T_{xy}=2A\left(\frac{\partial\overline{v}}{\partial x}+\frac{\partial\overline{u}}{\partial y}\right)，\ T_{yy}=2A\frac{\partial\overline{v}}{\partial y}$$

其中 A 为水平涡动粘滞力系数，可按下列各式计算：

$$A=c_s{}^2l^2\sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

$S_{ij}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$ （i，j=1，2），在该模型中通过输入c_s来确定 A 值，S_{ij}由系统自动计算捕获。

τ_{sx},τ_{sy}：海面风摩阻 x，y 方向分量；

τ_{bx},τ_{by}：海底摩阻 x，y 方向分量，可按下列各式确定：

$$\vec{\tau}_b=\left(\tau_{bx},\tau_{by}\right)$$

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0}=c_f\vec{u}_b\left|\vec{u}_b\right|$$

$$c_f=\frac{g}{\left(Mh^{1/6}\right)^2}$$

$M=\frac{25.4}{k_s^{1/6}}$，在该模型中通过输入曼宁数 M 值来实现对海底摩阻的模拟。

u_s, v_s：奇点（源）排水量的 x，y 向分量；

（2）初始条件

$$\begin{Bmatrix} h(x,y,0)=H \\ U_x(x,y,0)=0 \\ U_y(x,y,0)=0 \end{Bmatrix}$$

其中，H为计算开始时刻各个边界潮位的平均值。

（3）边界条件

对于半封闭海域，侧边界条件很简单。在固体侧边界，必须满足物质、动量、热量和湍流等通量为零。但是，在开边界，模式计算域外部分的影响必须以某一种形式给定。因为外部情况通常并不知道，所以开边界条件是最难给定的。如果在开边界有足够的观测数据或那里的情况可以从包括外部区域的另一个模式中得到，那么描述这个开边界将不成问题。然而这些情况很少被满足，需要给出最接近真实的各种近似。通常，模式结果受给定的侧边界条件影响，所以为了能获取有意义的结果，必须特别注意侧边界条件的给定。

在开边界，质量和动量条件的描述更为困难，因为它实际上是与模拟域以外未知区域相互作用的函数。尽管如此，入流和出流仍须给定为时间的函数。最重要的是要满足质量守衡条件。因此开边界条件必须被给定成在给定的时间周期区域内没有净质量通量。

对于潮（或斜压）计算，在边界上的自由面升高η(t)可以被给定。通常还可以使用Sommerfeld辐射边界条件

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\gamma\frac{\partial \phi}{\partial n}=0$$

其中ϕ是η、u_1、…等量中的任何一个，γ是源自计算域内部的近边界处扰动的位相速度。

在本次研究中的海域的开边界上，通过给定开边界水位驱动模式运行。在进行本次数值模拟时，由《渤海黄海东海海洋图集：水文》（海洋图集编委会，1993）给定本次数模的边界的调和常数，利用潮汐预报的方法算出进行水文观测的时间段的潮位和潮流，并通过实测资料对数值计算结果进行验证。

$$\eta = \sum_{i=1}^{m} R_i \cos(\sigma_i t + \theta_{i0} - \theta_i) \quad (9)$$

其中 η——海面相对未扰动海平面的起伏，即水位;

m——分潮总数;

R_i——i 分潮的振幅;

σ_i——i 分潮的角速度;

θ_{i0}——i 分潮的初相;

θ_i——i 分潮的相位滞后。

（4）干湿边界的处理

模型中对干湿边界的处理采用的是动边界技术，在计算过程中，系统会监视每一个单元的水深变化值，根据对干边界（dry），漫水区（flood）和湿水区（wet）预先所设定的不同水深值，实时判断出计算单元的水深类型，从而采取相应的处理方法。简单地说，如果监测到单元的水深值小于干边界值，则系统将把该单元从计算中移除，输入该单元的动量通量为 0。

5.1.2 模型计算区域及相关参数

（1）计算域设置

模型计算域选取北至宁德霞浦县三沙镇，南至三都澳湾口北侧之间的岸线及其与开边界围成的海域，模型网格分布图和开边界位置见图 5.1-1。模型中的岸线由 908 专项岸线修测成果结合卫星遥感图和开发利用现状确定，水深根据航保部海图确定，风电场区附近海域水深参考实测地形数据修正。模型计算坐标系采用北京 1954 坐标系，中央经线为 120°，高斯克吕格投影。模型采取的是无结构化三角形网格系统，在风电场区域进行了网格加密。经统计，整个模拟区域内由 11894 个三角形和个 6666 节点组成，在开边界处网格步长为 2000 m，在风电场区域进行局部加密。对风机桩基的处理，应用水动力模块中的 Structure 模块（模拟构筑物的模块），根据风机桩基设计尺度，将风机桩基基础概化为圆柱形管桩，以便提高计算速度的同时，兼顾反映出风机桩基对潮流场的影响。

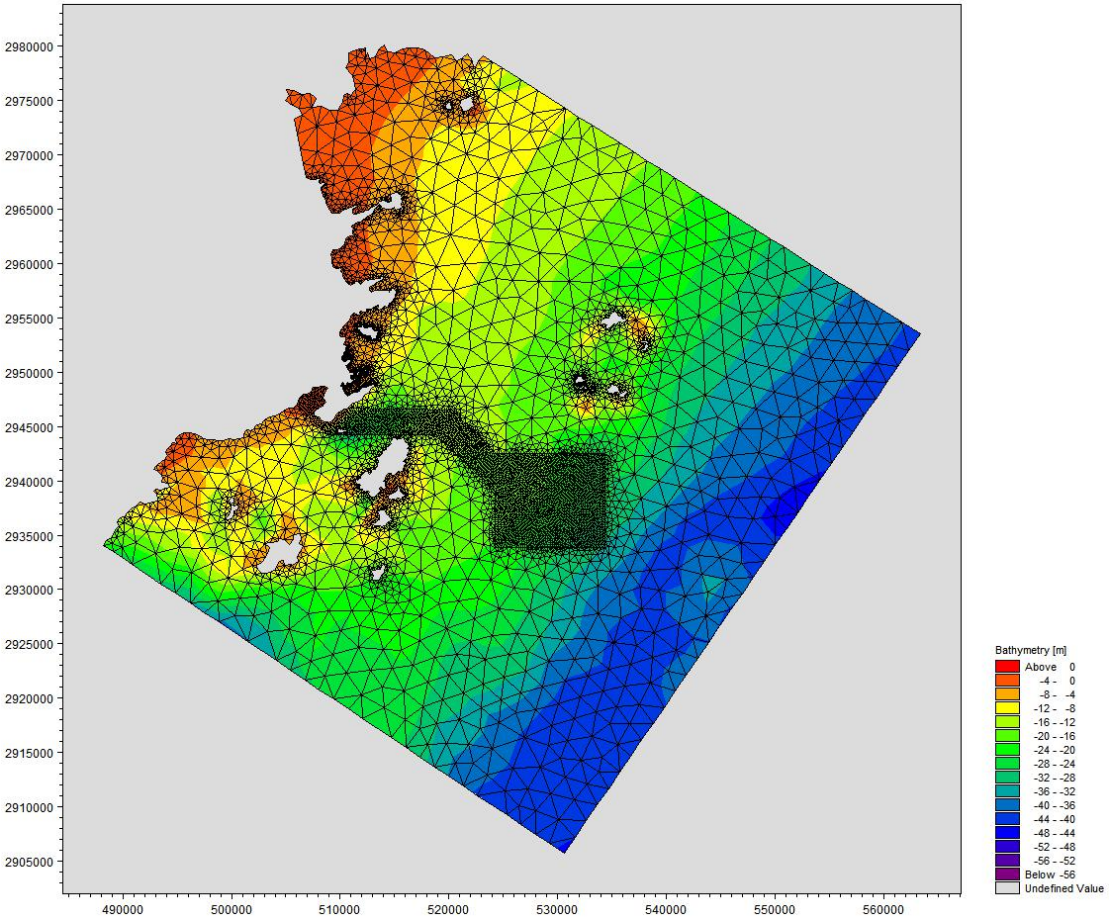


图 5.1-1 模型网格分布及水深图

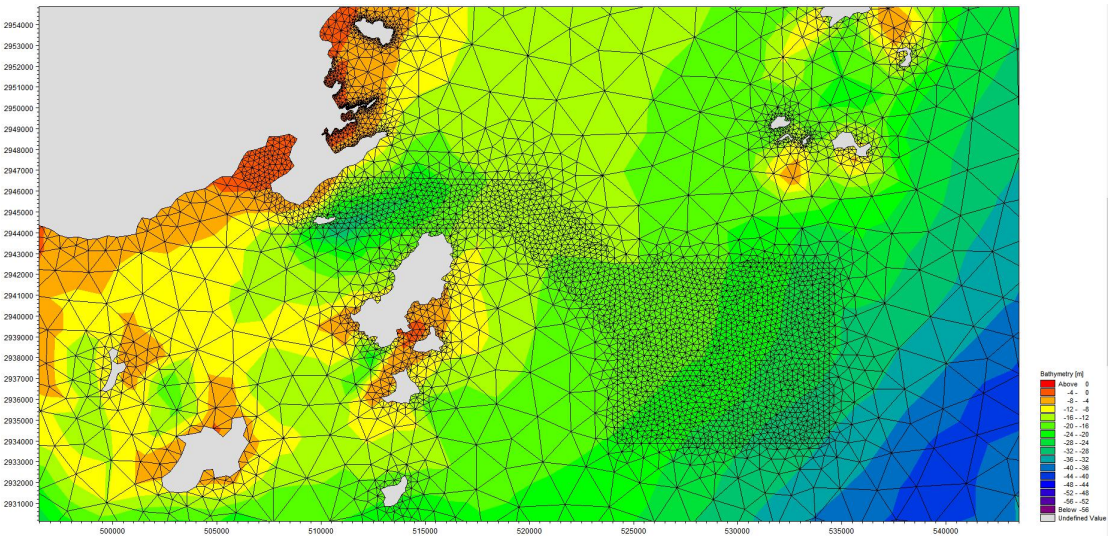


图 5.1-2 风电场区附近海域网格及水深图

（2）计算时间步长和底床糙率

a．水深地形

本次模型试验中水深主要根据工程所在海域海图及工程区实测水深来确定；岸线根

据海图数字化得到。

b．时间步长

在模型计算中，时间步长分为总时间步长和内部计算时间步长，其中总时间步长决定了结果输出的形式，同时在每个总时间步长点都对应着一个内部时间步长点，为满足计算稳定的要求，在总时间步长之间还会动态插入内部时间步长。

在该模型中最小时间步长取 0.2s，最大时间步长取 300s。

c．干湿边界值

陆地值：0.01m;

漫水区：0.05m；

湿水区：0.1m。

d． 涡粘系数

采用 Smagorinsky 常系数，取 Cs=0.28。

e． 海底摩阻

海底摩阻根据曼宁数确定，曼宁数取常系数 M=0.025。

f． 海面风摩阻

在该模型中不考虑风的影响。

5.1.3 模型验证

应用 2024 年福建岚启星检测技术有限公司在工程区的实测水文资料进行模型率定和验证。测量时间在 2024 年 4 月 1-11 日，共布设流速垂线 6 条，分别记为 V1，V2，V3，V4，V5，V6，潮位站为 Z1 站，应用测验成果对模型进行率定。以上潮位和潮流验证结果表明，相应验证点上潮位和潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料基本吻合，能够较好地反映用海区周边海域潮流状况。

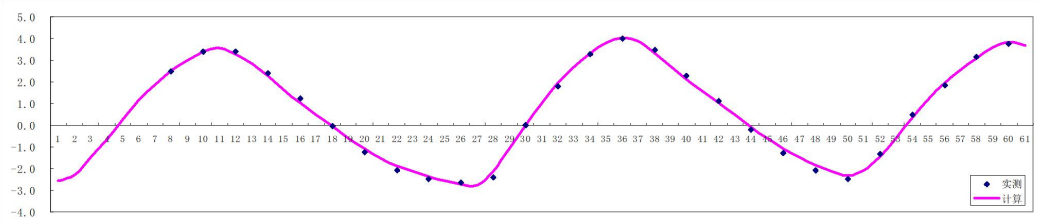


图 5.1-3 潮位验证图

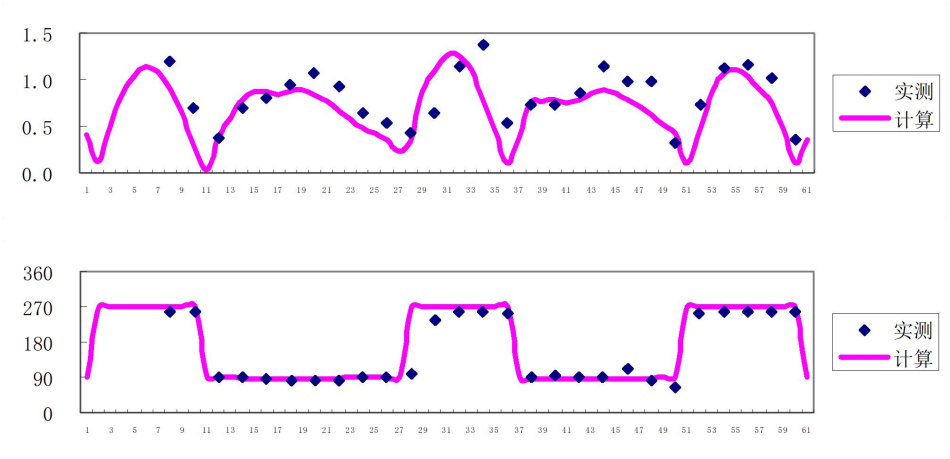


图 5.1-4　V1 测站流速流向验证图

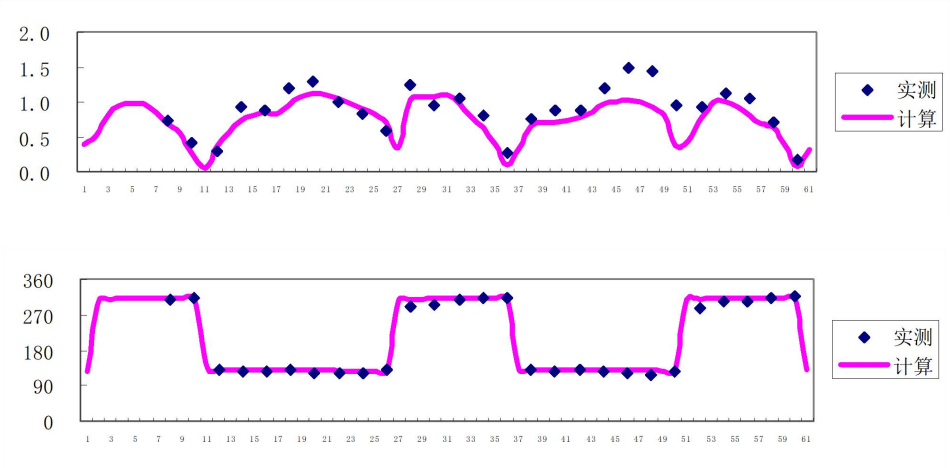


图 5.1-5　V2 测站流速流向验证图

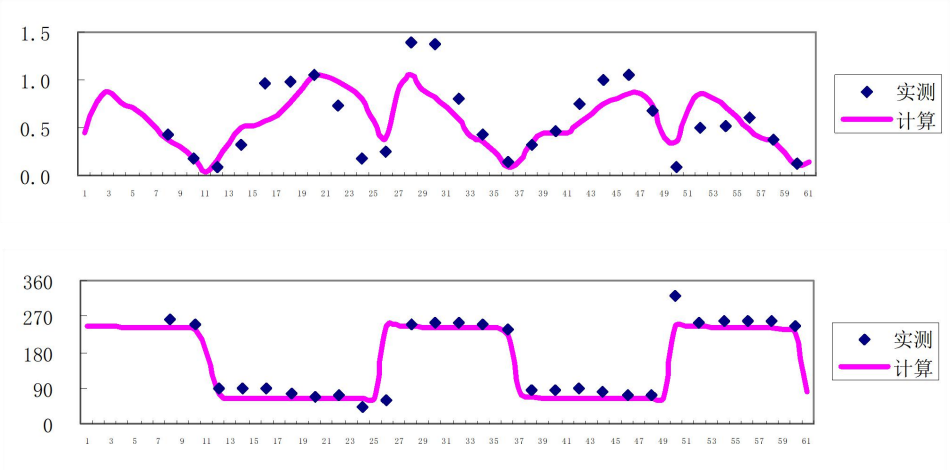


图5.1-6　V3测站流速流向验证图

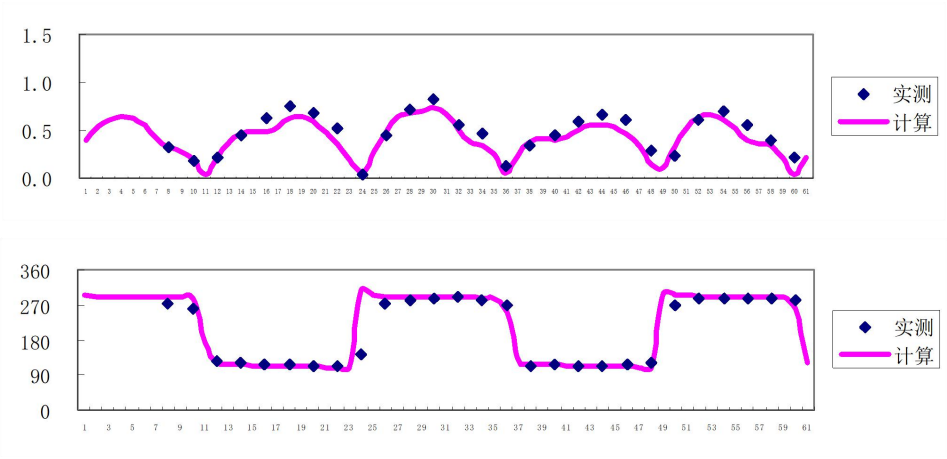


图5.1-7 V4测站流速流向验证图

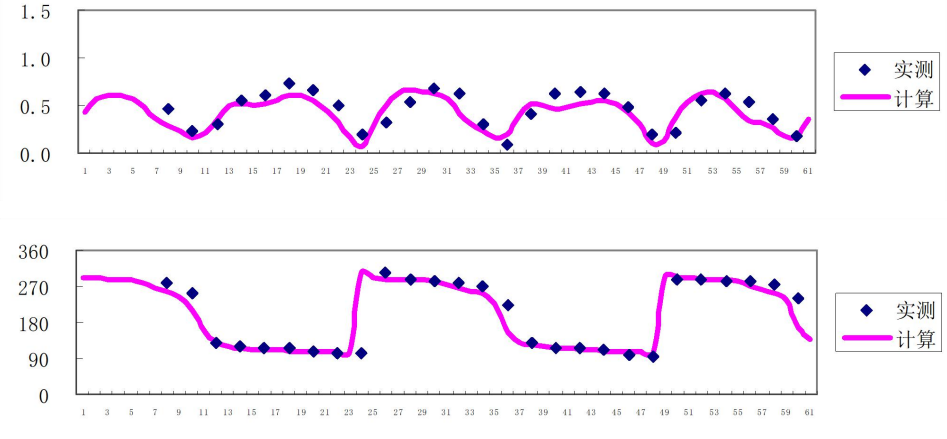


图5.1-8 V5测站流速流向验证图

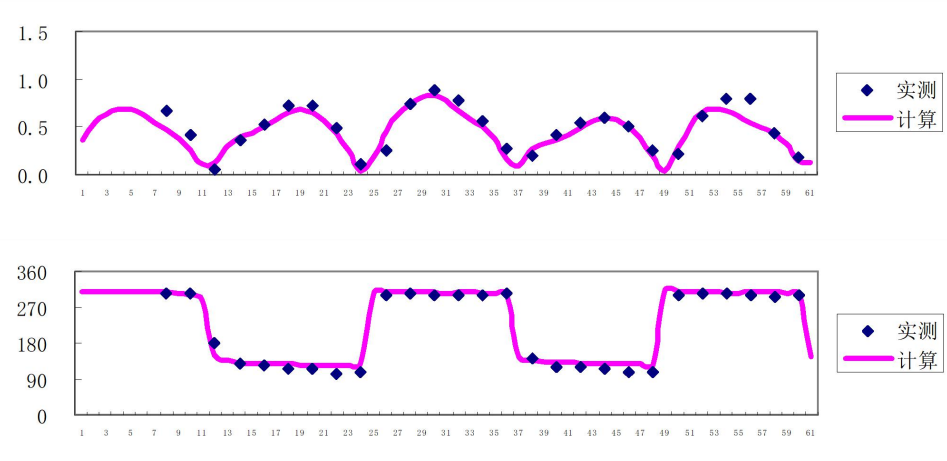


图5.1-9 V6测站流速流向验证图

5.1.4 潮流场分析

（1）工程前的潮流场

图5.1-10~5.1-13为计算海域风机建设前大潮期低潮、涨急、高潮和落急时刻潮流场分布图。由图可见，对于计算海域，外海潮流运动形式接近逆时针方向的旋转流，项目

附近以及项目以西的沿岸海域则基本为E-W向的往复流。

具体而言，涨潮时，外海潮流由E方向流向项目区及近岸，大致以本项目区为界，项目区以北海域流向略向NW偏转，以南海域则流向基本不变，仅浮鹰岛以西与岸线之间的海峡内潮流向SW偏转；落潮时流向基本相反，项目以北海域由NW方向流至项目附近后向E继续流向外海，以南海域沿E方向流至项目区后继续流向外海。

涨潮与落潮时，计算海域流速最大区均位于南部海域，这是因为该海域距离三都澳湾口较近，涨潮最大流速1.2~1.3m/s，落潮最大流速1.3~1.5m/s。经统计，风电场附近海域内涨潮平均流速与落潮平均流速基本一致，约为0.85m/s，涨潮最大流速约0.96m/s，落潮最大流速约0.91m/s。

（2）工程后潮流场

图 5.1-14~图 5.1-15 为风机建设后风电场附近海域大潮期涨急和落急时刻潮流场分布图。由图可以看出，风机建设后风电场附近海域的涨、落急流场形态与工程前趋于一致，风机桩基的建设对风电场附近的流场特征影响不大。

为充分评价风电场风机建设对周边海域潮流场的影响，本节选择大潮期风机建设前后的潮流场进行对比分析，图 5.1-16~图 5.1-17 分别为风机建设前后大潮期涨急和落急时刻流矢叠加图（图中黑色流矢代表工程前，红色流矢代表工程后）。由图可以看出，风机的建设对大范围潮流场的形态影响很小，但风机的建设对风机桩基局部流态的变化和流速大小存在一定影响，即风机的建设仅仅影响风机桩基周边局部的潮流场。

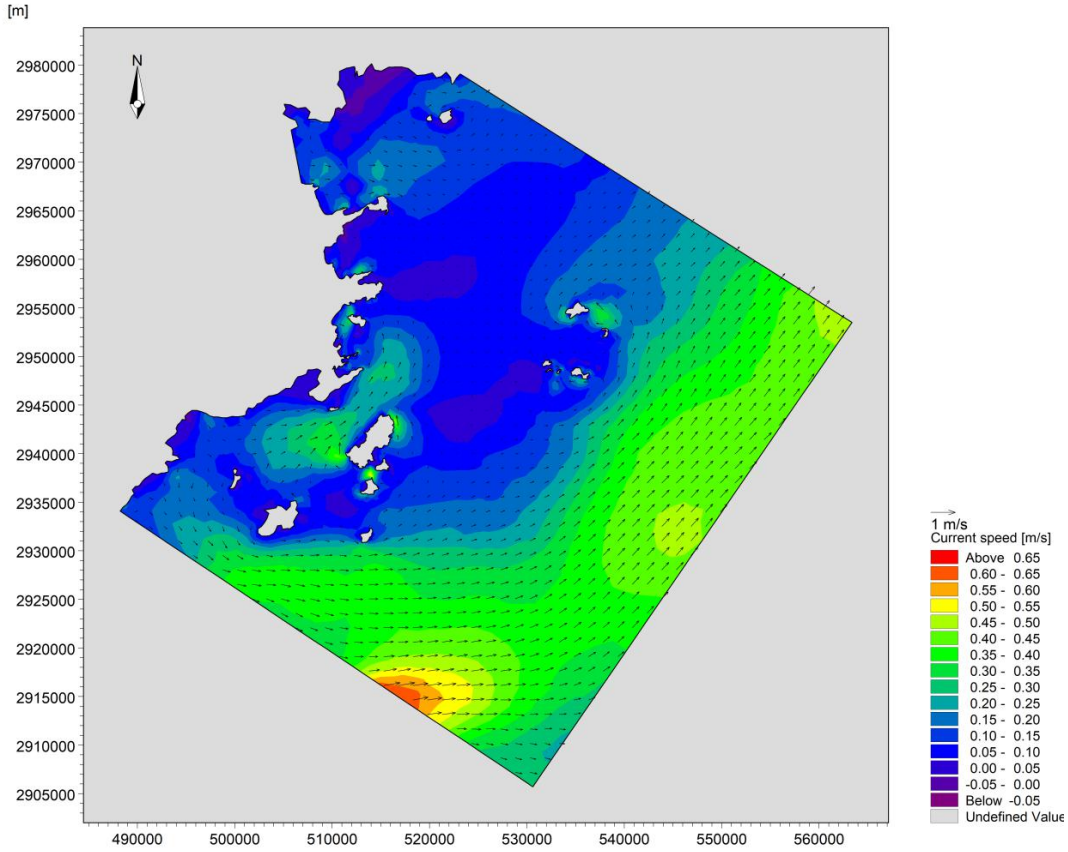


图 5.1-10 大潮期计算海域低潮时刻潮流场（工程前）

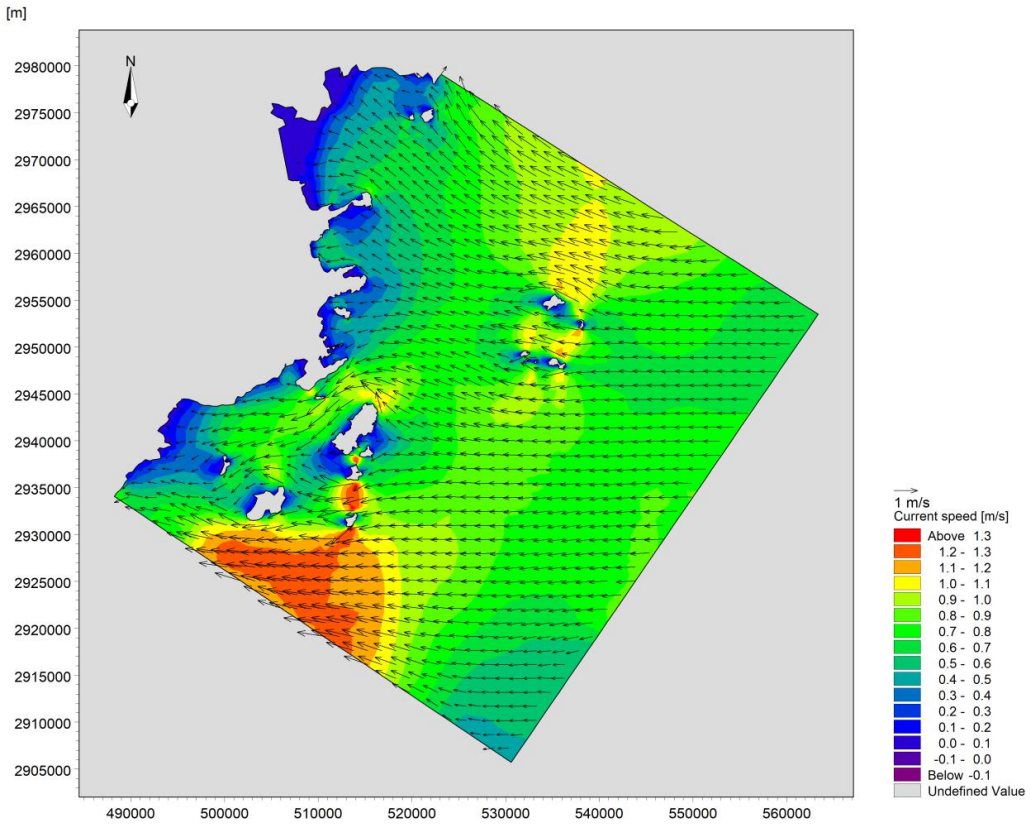


图 5.1-11 大潮期计算海域涨急时刻潮流场（工程前）

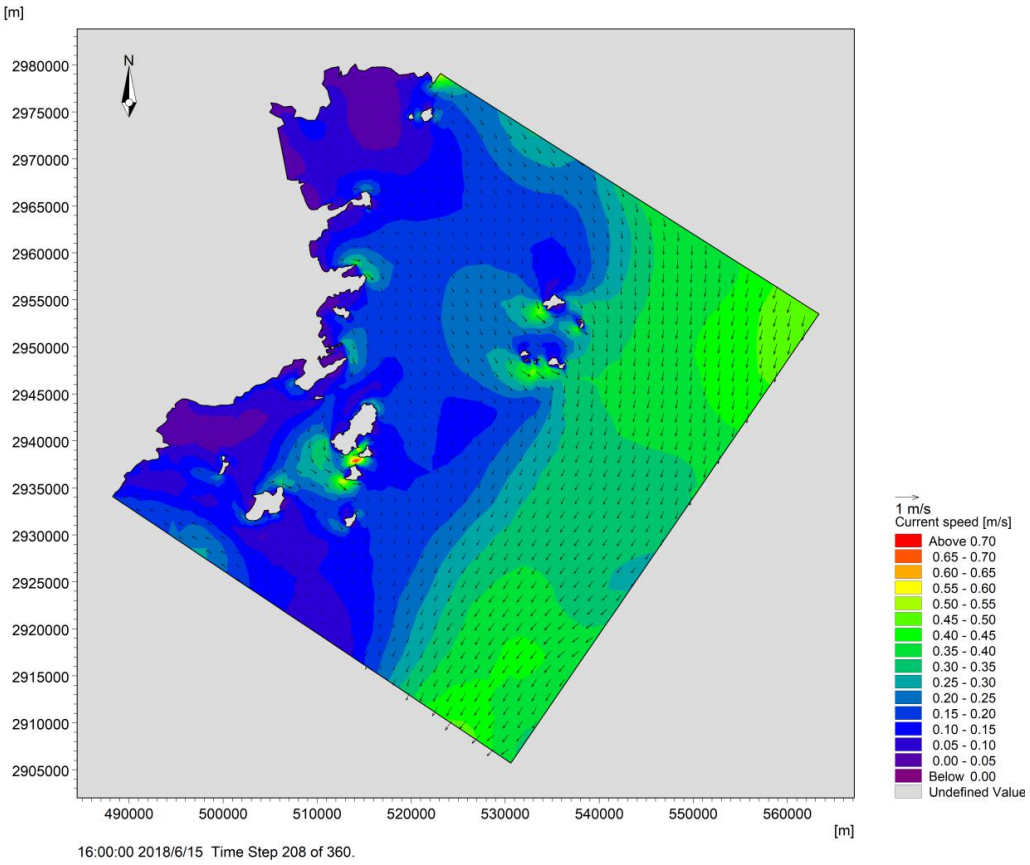


图 5.1-12 大潮期计算海域高潮时刻潮流场（工程前）

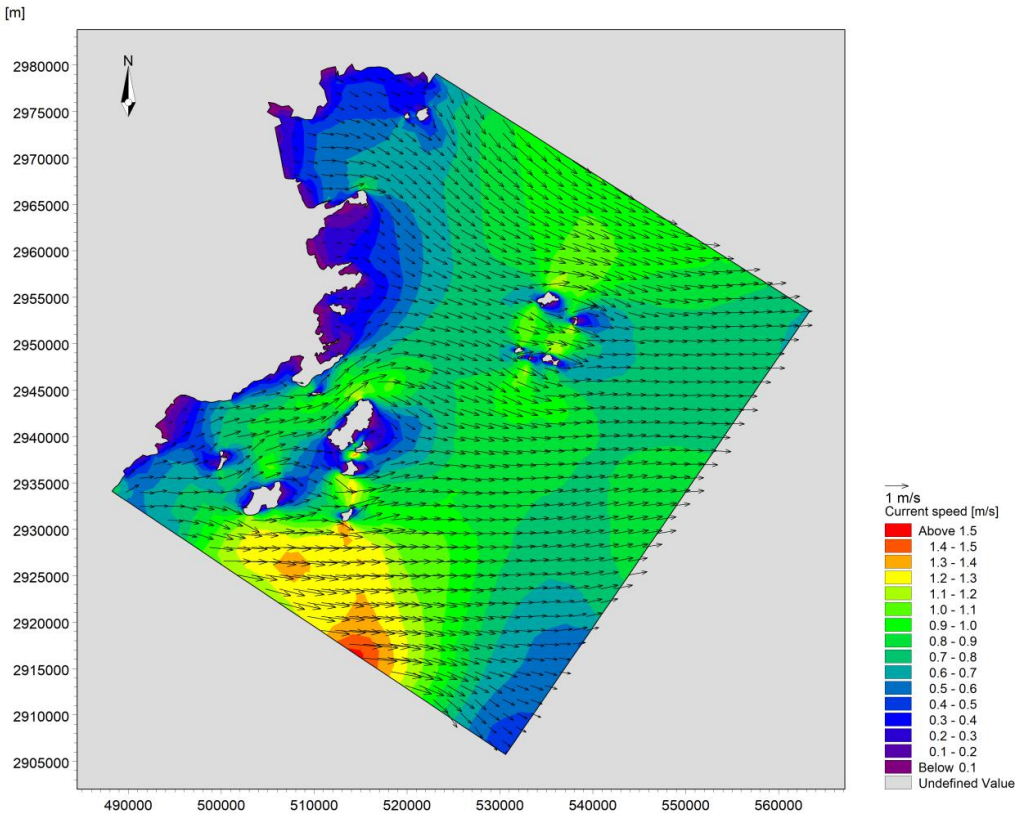


图 5.1-13 大潮期计算海域落急时刻潮流场（工程前）

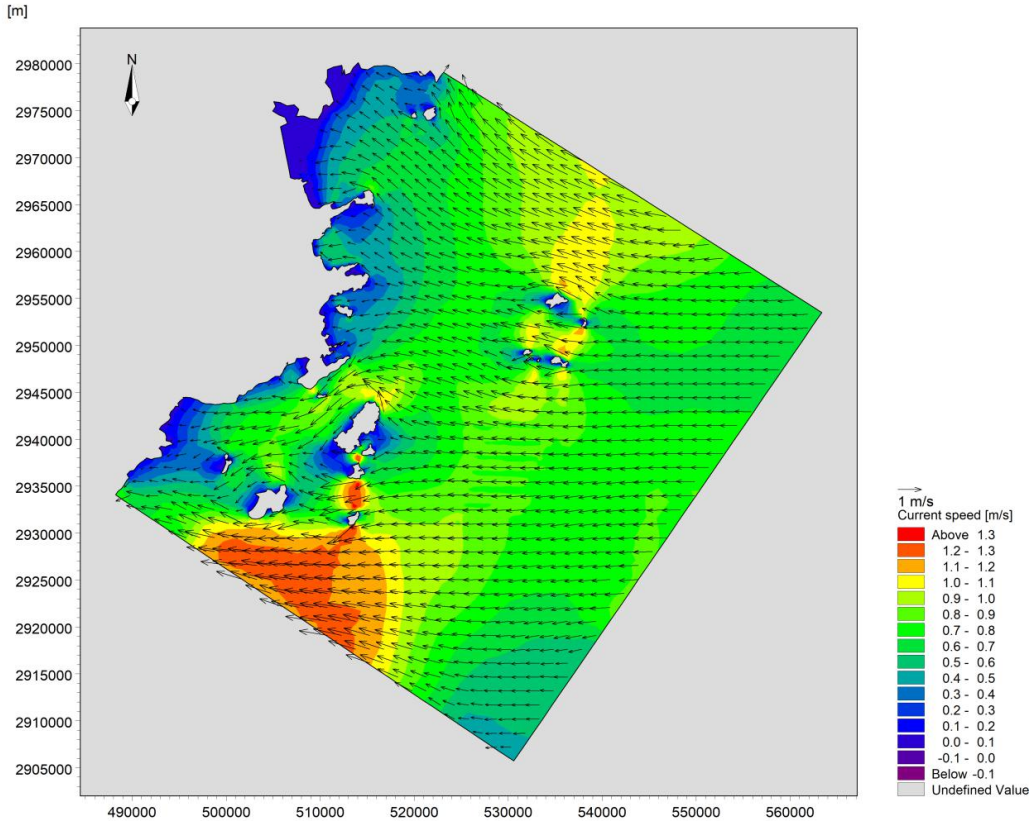


图 5.1-14 大潮期工程附近海域涨急时刻潮流场（工程后）

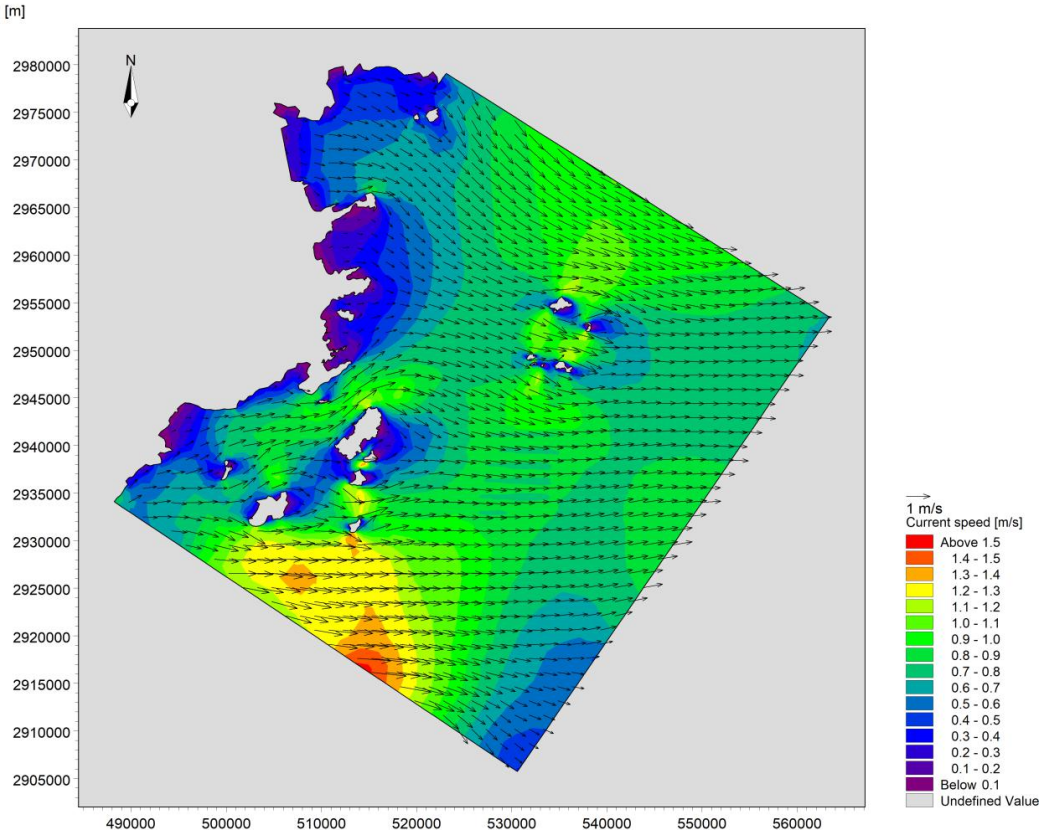


图 5.1-15 大潮期工程附近海域落急时刻潮流场（工程后）

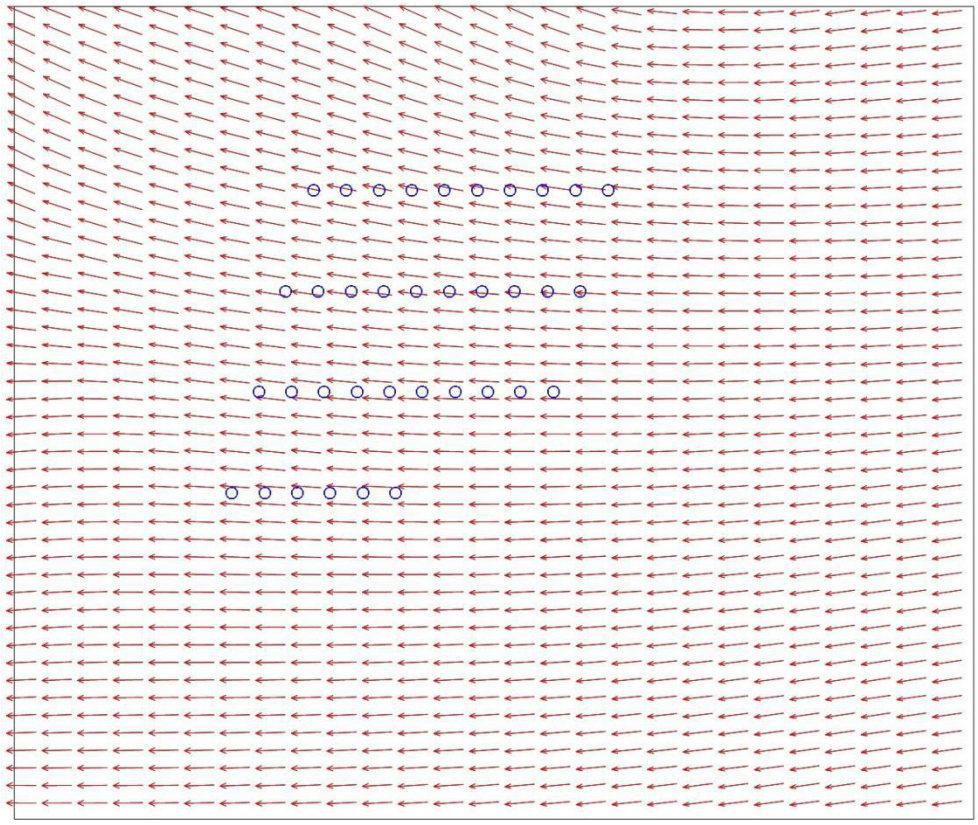


图 5.1-16 大潮期风电场附近海域涨急时刻潮流场变化图
（黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后）

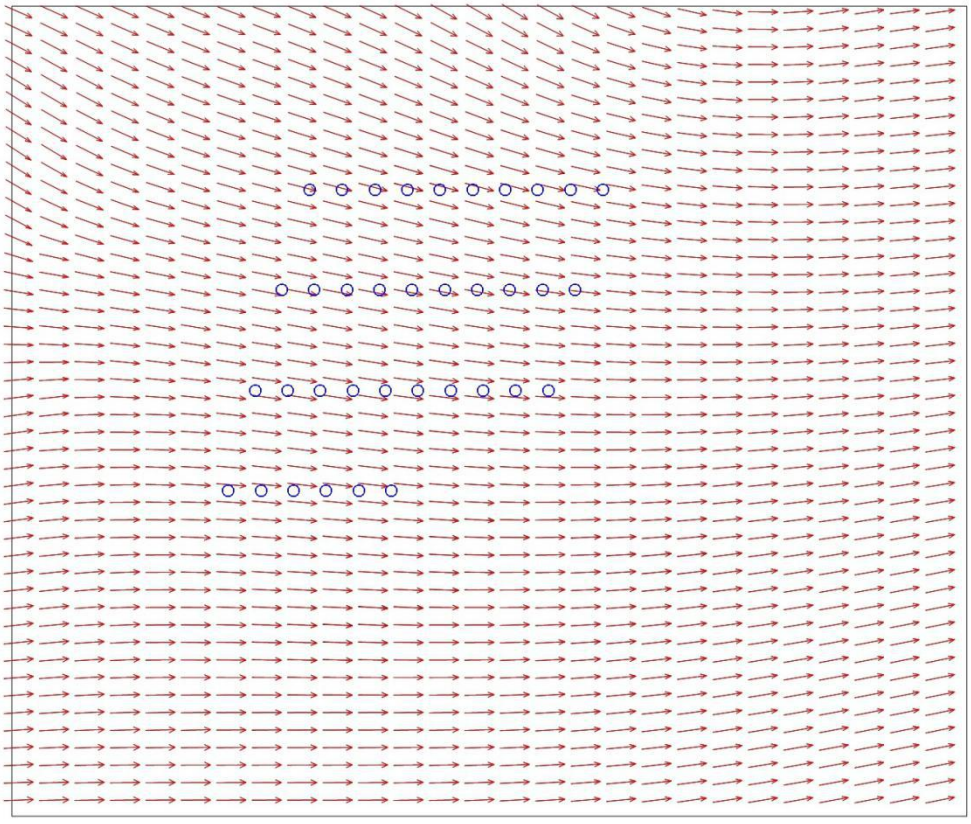


图 5.1-17 大潮期风电场附近海域落急时刻潮流场变化图
（黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后）

（4）工程建设对流场的影响

为进一步反映风机的建设对周边海域潮流场的影响，绘制了风机建设前后大、小潮期涨急和落急时刻流速变化等值线图。图 5.1-18~图 5.1-19 分别是风机建设前后大潮期涨急时刻和落急时刻流速变化图。

根据数模结果，由下图可见，风电场建成后，风机桩基对于流速的改变集中于风电场区附近海域。大潮期涨急时刻，由于风机建设较密集，且风机排列方向和涨潮流向基本一致，导致风机区以及其西侧海域流速有所减小，减小幅度约为 0.03~0.06m/s，最大不超过 0.1m/s；每排相邻风机之间以及风机区以南和以北海域的流速则略有增加，增加幅度约为 0.01~0.03m/s。大潮落急时刻，风机附近潮流场变化则基本相近，主要减小区域为成排的风机区，减小幅度约为 0.04~0.06m/s，每排相邻风机之间以及风电场区南北两侧局部海域的流速均有所增加，增加幅度最大约为 0.03m/s。因此，流速场的改变主要集中于风机桩基附近，且每排相邻风机之间涨落潮流速均有所增加。

总体上，工程前后涨、落潮流场变化较小，流速变化范围主要在风电场内风机附近。

为进一步分析风电场建设对工程区附近流场的影响，模型在风电场内、外附近选取 17 个特征点，位置见图 5.1-20。表 5.1-1 给出了工程实施前后特征点流速变化。由表可知，所选取的特征点处大、小潮期平均流速增减幅度约介于小于 0.01m/s，最大减小程度 0.06m/s，这与上文分析一致。因此，工程区附近大部分区域大、小潮期平均流速变化很小。

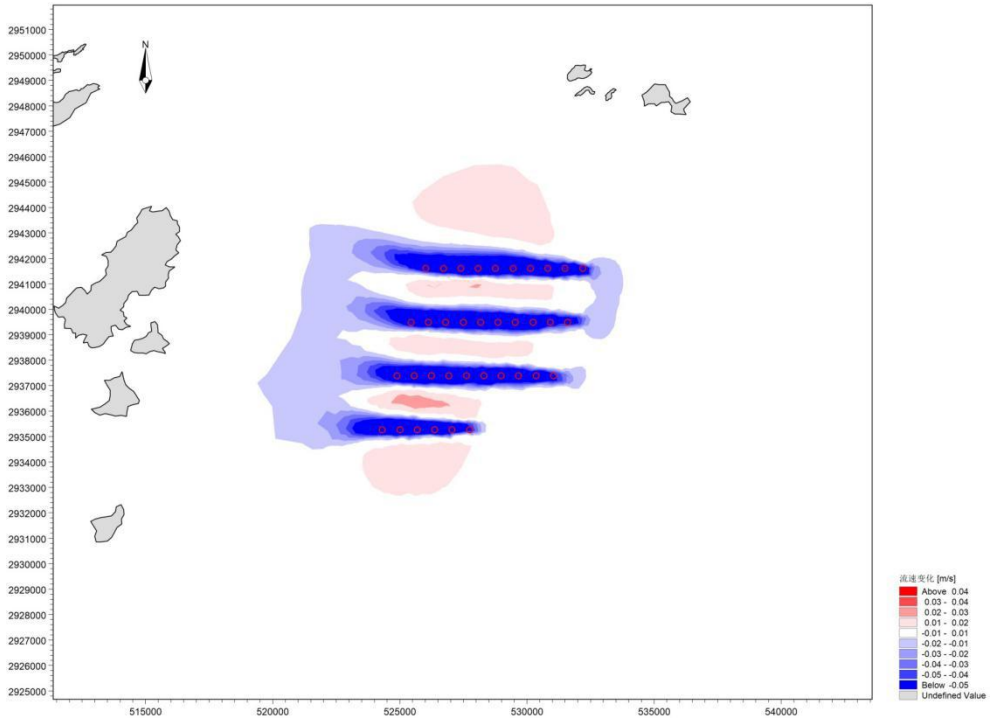


图 5.1-18 工程前后大潮涨急流速变化（单位：m/s）

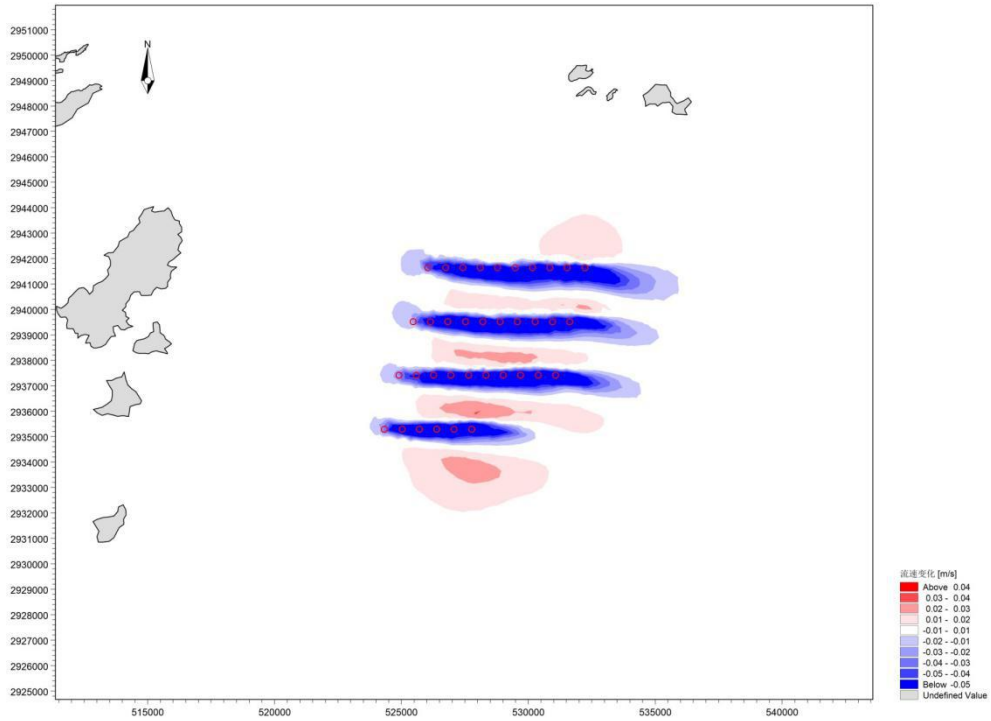


图 5.1-19 工程前后大潮落急流速变化（单位：m/s）



图 5.1-20　工程前后流速变化分析特征点位置

表 5.1-1 大潮期工程前后特征点流速变化（单位：m/s）

工况	工程建设前				工程建设后				改变量			
潮时	涨急		落急		涨急		落急		涨急		落急	
点号	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	0.797	288.35	0.782	110.71	0.797	287.54	0.779	110.38	0.000	-0.81	-0.004	-0.33
C2	0.926	287.99	0.966	116.24	0.938	288.07	0.973	115.70	0.012	0.08	0.007	-0.54
C3	0.846	264.18	0.835	85.29	0.844	264.44	0.838	85.59	-0.003	0.25	0.003	0.30
C4	0.823	267.30	0.878	86.54	0.819	267.52	0.870	86.99	-0.004	0.22	-0.007	0.45
C5	0.836	272.97	0.883	96.18	0.826	273.87	0.854	97.34	-0.010	0.90	-0.029	1.17
C6	0.891	279.11	0.882	104.93	0.810	280.48	0.858	103.99	-0.081	1.36	-0.024	-0.94
C7	0.842	281.69	0.823	104.75	0.798	280.50	0.809	104.22	-0.044	-1.19	-0.013	-0.52
C8	0.728	285.42	0.683	108.33	0.719	285.02	0.677	108.29	-0.010	-0.40	-0.006	-0.04
C9	0.737	278.29	0.714	97.82	0.727	278.26	0.706	98.01	-0.010	-0.02	-0.007	0.19
C10	0.850	276.73	0.845	99.89	0.840	276.15	0.831	99.94	-0.010	-0.58	-0.014	0.05
C11	0.841	273.96	0.840	98.01	0.860	273.76	0.855	98.22	0.019	-0.20	0.015	0.21
C12	0.806	270.26	0.833	92.05	0.797	270.24	0.824	91.57	-0.009	-0.02	-0.009	-0.48
C13	0.777	266.73	0.818	85.18	0.773	266.82	0.810	85.08	-0.004	0.10	-0.008	-0.10
C14	0.762	264.73	0.798	83.00	0.758	264.73	0.792	82.66	-0.004	0.00	-0.006	-0.34
C15	0.793	267.05	0.819	87.12	0.786	266.80	0.804	85.86	-0.007	-0.25	-0.015	-1.26
C16	0.822	270.28	0.832	93.29	0.731	269.88	0.738	94.25	-0.091	-0.40	-0.094	0.96
C17	0.853	275.26	0.865	97.52	0.811	276.23	0.851	98.22	-0.043	0.98	-0.014	0.70

C18	0.766	271.02	0.767	89.11	0.757	271.27	0.760	89.45	-0.010	0.25	-0.007	0.33
C19	0.863	268.68	0.887	86.75	0.854	269.38	0.882	87.20	-0.009	0.69	-0.005	0.45
C20	0.871	270.21	0.883	92.37	0.791	270.45	0.849	92.80	-0.080	0.25	-0.035	0.43
C21	0.828	268.87	0.845	91.48	0.821	269.00	0.788	93.45	-0.007	0.14	-0.057	1.96
C22	0.806	266.92	0.828	87.96	0.808	266.04	0.843	87.25	0.001	-0.89	0.015	-0.71
C23	0.768	264.17	0.795	83.33	0.765	263.89	0.798	82.23	-0.003	-0.28	0.004	-1.10
C24	0.733	262.95	0.750	82.03	0.732	262.80	0.752	81.68	-0.001	-0.15	0.002	-0.35
C25	0.766	264.77	0.796	86.21	0.767	264.51	0.804	85.86	0.002	-0.27	0.008	-0.35
C26	0.833	266.96	0.887	89.05	0.839	266.82	0.897	89.33	0.006	-0.14	0.011	0.28
C27	0.899	267.91	0.975	89.49	0.905	268.23	0.978	90.02	0.006	0.32	0.003	0.53
C28	0.931	269.24	1.019	88.53	0.933	269.68	1.018	88.89	0.001	0.44	-0.001	0.36

5.1.5 地形地貌与冲淤环境影响分析

5.1.5.1 简介

泥沙输运模型是在 Mike 21 HD 潮流模型中加入泥沙模块，用以模拟码头建设前后周边海域冲淤环境的变化。

泥沙的水动力模型采用前面进行潮动力模拟的模型。泥沙输运方程：

$$\frac{\partial DS}{\partial t}+\frac{\partial uDS}{\partial x}+\frac{\partial vDS}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}(DK_x\frac{\partial S}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(DK_y\frac{\partial S}{\partial y})+\alpha\omega(\beta S_*-S)$$

式中的 S 为含沙量，D=H+η，ω 为悬沙沉速，S_* 为水流挟沙力，β 为线性比例系数，α 为沉降机率，K_x 、K_y 分别为 X、Y 水平方向的扩散系数。

泥沙起动流速参照窦国仁公式：

$$\frac{V_c^{\ 2}}{gD}=\frac{(\gamma_s-\gamma)}{\gamma}(A_1+A_2\frac{h}{h_a})+(A_3+A_4\frac{h}{h_a})\frac{h_a\delta}{D^2}$$

$h_a\approx 10.3(m)$ 是用水柱高度表示的大气压力，$\delta=3\times10^{-8}$（cm）是水分子厚度。

挟沙力公式：

$$S_*=0.023\frac{\rho_w\rho_s}{\rho_s-\rho_w}[\frac{n^2(u^2+v^2)^{3/2}}{H^{4/3}w_s}+0.0004\frac{H_w^2}{HTw_s}]$$

式中 H_w 为平均波高，T 为波浪平均周期，w_s 为泥沙沉降速度，n 为海底粗糙率系数。

计算时沉速 w_s 采用刘家驹(水利水运科学研究，1988 年)提出、并经罗肇森应用检验的公式：

$$w_s = w_0 FD$$

$$w_0 = \frac{g}{18\mu}(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w})d^2$$

$$F = 0.00177 d_{50}^{-1.82}$$

$$D = (1 + 0.12\lg\frac{0.03}{d_{50}})\exp(1.1\times10^5 \times d_{50}^2 - 99)S$$

式中 d 为泥沙粒径，d_{50} 为泥沙中值粒径，w_0 为单个泥沙颗粒沉降速度，F 为絮凝因子，D 是衰减系数，S 盐度(‰)。μ为分子粘滞系数，ρ_s 为泥沙干容重，ρ_w 为海水密度，g 为重力加速度，在本次计算中：

w_s —单位为 mm/s；ρ_s —取 2.70g/cm^3；ρ_w —取 1.023g/cm^3；g —取 980cm/s^2；μ—取 1.01mm^2/s。

一些文献指出，絮凝体的沉降速度为 0.1-0.6mm/s，一般采用 w_s=0.4～0.5mm/s，经计算，w_s=0.4mm/s。

底床变形方程为：

$$\gamma_s \frac{\partial \eta}{\partial t} = -\alpha\omega(\beta S_* - S)$$

式中 γ_s 为泥沙容重，η 为底床冲淤厚度。

5.1.5.2 冲淤环境变化影响分析

根据数值模拟结果结果，风电场建成后，由于风机主要呈东西向排列形式，且排列方向与涨落潮流向基本一致，因此风机周边海域内主要在风机所在的局部海域沿涨落潮流方向发生淤积现象，而冲刷发生区域则主要为每排风机之间的区域，根据流速变化的分析，由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大，所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限，主要的冲刷影响范围为风机桩基周围 500m 范围内，淤积强度增加程度

最大约 0.06m/a；每排风机之间的区域则呈现冲刷强度增加的现象，但增加幅度小于 0.05m/a，冲刷量变化很小。随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年较小。

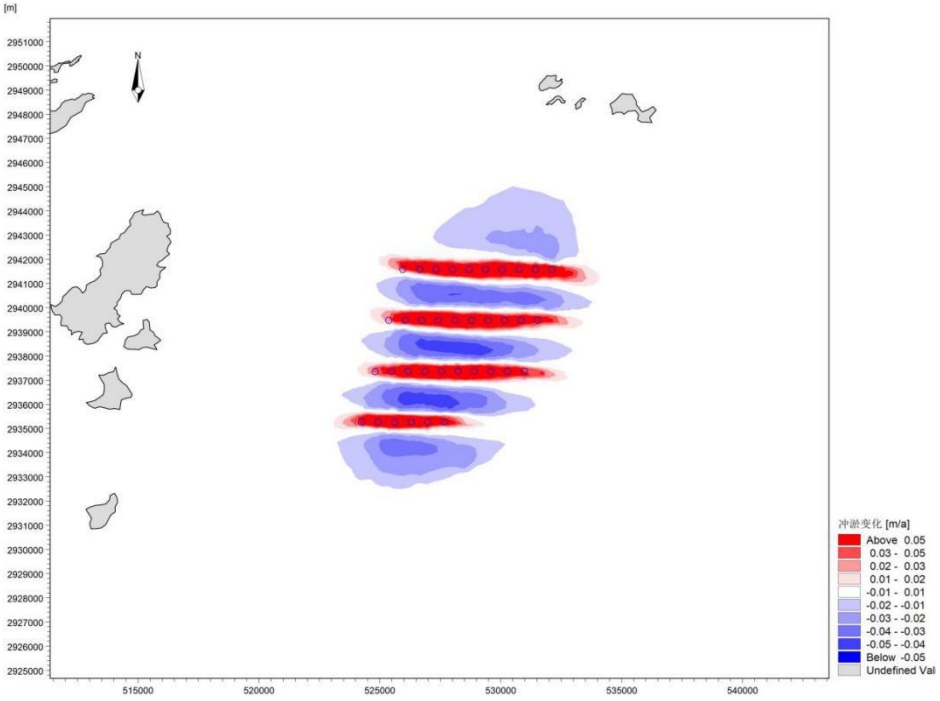


图 5.1-21 风电场建成后年冲淤变化图（单位：m/a）
（负值代表冲刷，正值代表淤积）

5.2 海水水质环境影响预测与分析

5.2.1 施工期泥沙入海对海水水质的影响

（1）悬浮泥沙影响预测模型

1）控制方程

鉴于工程海区水深较浅的特点，泥沙运动采用二维扩散方程：

$$\frac{\partial C}{\partial t}+u\frac{\partial C}{\partial x}+v\frac{\partial C}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial C}{\partial x})-\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial C}{\partial y})=S_c$$

其中源项：$S_c=\alpha W(\beta S_*-rc)$。

式中：W——泥沙颗粒沉速，可用 stocks 公式求得；

C——含沙量；

S_*——水流挟沙能力，采用下式计算：

$S_* = 0.0273^{\rho_s \frac{v^3}{gH}}$；

v——潮流速度；

ρ_s——泥沙比重；

采用不规则三角形网格对施工过程中悬浮物浓度增量进行预测。。

2）边界条件

在闭边界上没有物质通量，即 $\frac{\partial S}{\partial n} = 0$；

在开边界上满足 $\frac{\partial P}{\partial t} + V_n \frac{\partial P}{\partial n} = 0$，$P$ 为压强，n 为边界法线方向；

流入边界清洁水满足 $S(x, y, k, t) = 0$。

（2）悬浮泥沙源强

①风机及升压站桩基基础

根据本项目施工方案，风机及升压站桩基基础通过液压振动锤安装过程中，施工时导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，桩基打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加(>10mg/L)范围一般半径在 100m 内。风机桩基和升压站桩基施工悬浮物影响范围据此给出，不再进行预测。

②辅助桩拔除

根据工程分析，平台辅助桩拔除产生的悬浮泥沙源强约为 4.11kg/s。

③海底电缆施工

根据工程分析，近岸段海缆施工悬浮物释放强度为 16.67kg/s，离岸段电缆埋设施工悬浮物释放强度为 15.0kg/s。

④预测方案

考虑辅助桩拔除与海底电缆施工期叠加影响情景下悬浮泥沙最大影响范围，悬浮泥沙发生位置见图 5.2-1。

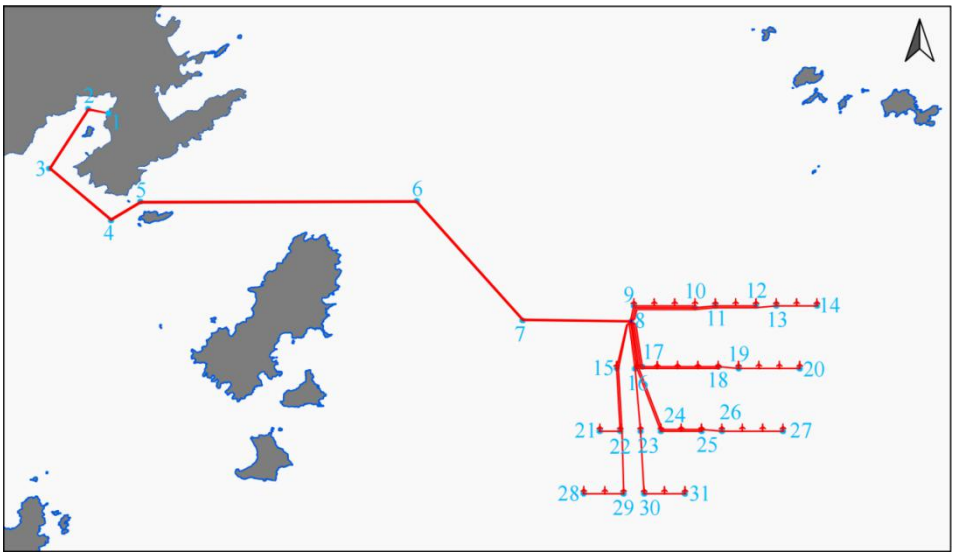


图 5.2-1 悬浮泥沙发生位置示意图

（2）悬浮泥沙扩散预测结果

图 5.2-2 各典型点相同浓度的扩散线连接形成工程最大悬沙发生包络线。悬浮泥沙增量浓度叠加之后各分区的扩散面积见表 5.2-1。

如图 5.2-2 所示，悬浮泥沙增量浓度为 10mg/L 等值线的包络面积为 26.02km^2，增量浓度为 20mg/L 等值线的包络面积为 20.05km^2，增量浓度为 50mg/L 等值线的包络面积为 14.44km^2，增量浓度为 100mg/L 等值线的包络面积为 7.88km^2。悬浮泥沙在潮流场的作用下沿着路由向四周扩散，最远扩散距离为 0.146km。

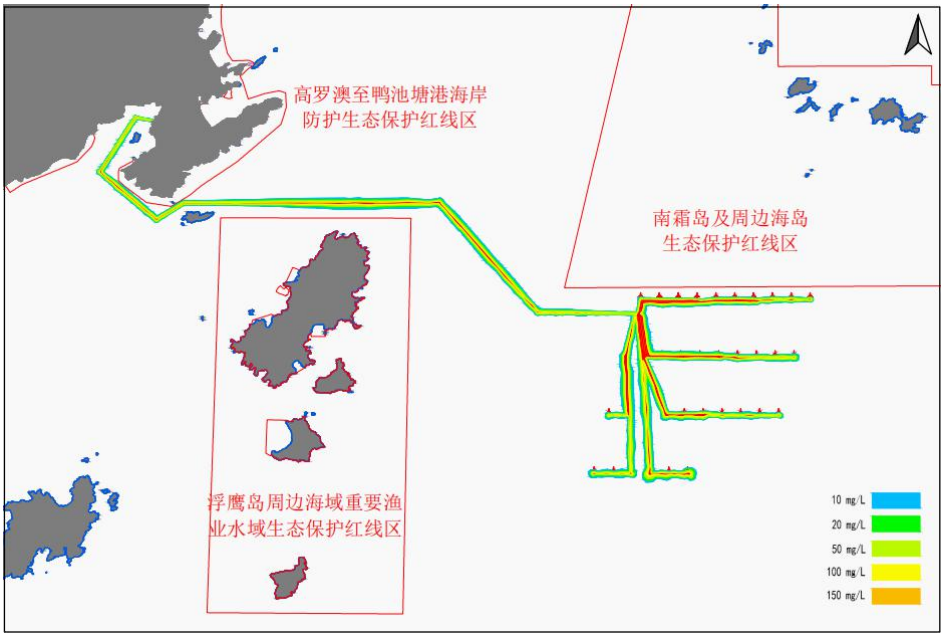


图 5.2-2 悬浮泥沙增量浓度最大影响范围包络线图

表 5.2-1 悬浮泥沙增量浓度各分区的扩散面积

悬浮泥沙增量浓度（mg/L）	>10	>50	>100
扩散面积（km^2）	26.02	14.44	7.88

5.2.2 施工期污水排放对海域水环境的影响

在项目施工高峰期，同时施工船只最多有 24 艘，每艘船每天的含油废水产生量取 0.5m^3/d，则施工高峰期施工船舶含油污水产生量为 12.0m^3/d。施工船舶生活污水产生量为 43.2m^3/d。施工船舶含油污水禁止直接外排，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，施工船舶生活污水经收集后，污水由有资质的单位进行接收处理。

项目施工高峰期施工营车辆冲洗废水产生量总计为 44.0m^3/d，机修废水产生量为 27.5m^3/d，以上废水收集后利用施工营地隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 48.0m^3，主要污染物为 COD、NH_3-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置，对海域水环境基本无影响。

总体而言，施工生产和生活污水排放量不大，各污染物排放量较小，对项目海域水质影响不大。通过加强施工过程的环境管理，认真实施污染控制措施，避免生产和生活污水直接排入施工海域，则能够将施工期废水排放对海洋水质环境的影响降低到最低程度。

5.2.3 运营期水环境影响

（1）油污水

本项目运营期生活污水的主要来源于陆上集控中心运维人员，根据本项目可研，日生活污水产生量约 1.3m^3/d，收集后统一排入地埋式生活污水处理装置处理，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于站区内绿化或道路喷洒，不外排。对周围水环境无影响。

（2）牺牲阳极锌释放

根据工程分析，本工程阳极种类为铝-锌-铟-钛，总重量为 372t，设计使用年限为 25 年。依据《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)，锌成份含量再 2.2%~7.0%之间，本次计算按平均含量 4.6%计算，假设锌在 25 年内以离子态形式全部析出，锌离子析出

的速率相同并向周围水体均匀扩散，则单台风机每年进入海水中的锌为 12.88kg/a。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，对项目海域海水水质影响有限，不会对区域海水水质造成显著影响。

5.2.4 退役期水环境影响

风电场运行达到设计年限后，将对风电场进行拆除施工，拆除工艺与建设工艺相反过程，风机吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会扰动海底造成局部海水悬浮物浓度升高，总体来说扰动范围较小，对周边海水水质影响较小。

5.3 沉积物环境影响分析

5.3.1 施工入海泥沙对海洋沉积物环境的影响分析

施工期的悬浮泥沙主要是由于风电场施工引起的，它们的环境背景值与工程区海域沉积物背景值相近或相同，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整。因此，施工期悬浮物对工程海域沉积物质量的影响很小，工程施工后，经沉淀后沉积物的性质基本不变，不会明显改变工程海域沉积物的质量，海域沉积物环境基本可以维持现有水平。

5.3.2 施工期废水对海洋沉积物环境影响分析

污染物排放入海，污染物质在上覆水相、沉积物相和间隙水相三相中迁移转化，可能引起沉积物环境的变化，特别是悬浮物质可能通过吸附水体营养物质以及有毒、有害物质，并最终沉降到沉积物表层，从而对沉积物环境造成影响。

本项目施工污水主要为施工生产废水。施工废水量较少，污染排放量较小，对海域水质的影响不大，对沉积物环境基本上没有影响。此外，施工中只要加强管理，并将施工生活垃圾和施工废弃物一同清运至垃圾处理厂处理，避免直接排入海域，对工程海域沉积物的质量影响很小。

5.3.3 运营期海洋沉积物环境影响分析

运行期，本工程对沉积物环境的不利影响主要来自风机基础防腐措施中用到的牺牲阳极装置中的重金属污染物释放。本工程采用高效铝合金牺牲阳极，其主要成分为 Al、Zn、In，溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中，部分沉积于桩基附近沉积物中。牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而持续累积，因此工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

5.3.4 退役期海洋沉积物环境影响分析

风电场运行达到设计年限后，将对风电场进行拆除施工，拆除工艺与建设工艺相反过程，风机吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会扰动海底会使海域内悬浮泥沙含量增大，工程搅动海底沉积物在 2 天内沉积海底，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

5.4 海洋生态环境影响预测与评价

5.4.1 施工期海洋生态环境影响分析

5.4.1.1 对浮游生物的影响

风机及海缆施工对浮游生物最主要的影响是水体中增加的悬浮泥沙影响了水体的透光性，悬浮泥沙对浮游生物的影响主要反映在对生长率的影响，对摄食率的影响以及对丰度、生产量及群落结构的影响。

类比长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物的毒性效应的试验结果，当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。

1990 年，Kirk 研究了悬浮物对轮虫和枝角类生长率及种群增长率的影响。结果发现悬浮粘土对枝角类的丰度、存活率及繁殖率等有显著影响，这种影响与悬浮粘土的浓度、粒径及浮游动物的饵料生物—浮游植物的浓度有关。对网纹蚤（*Cerdodaphnia*）的繁殖实验表明：当悬浮粘土浓度为 10mg/L 时，繁殖出了第二代，且无个体死亡；当浓度为 50mg/L 时，则第一代个体仅存活了 5d，且无第二代产生。

另外，Kirk 还研究了水中的无机颗粒对浮游动物摄食率的影响作用。结果表明，悬浮于水中的粗粘土大大降低了枝角类的摄食率，C＝50mg/L 时，摄食率下降 13%~83%，对轮虫则无影响。

Kirt 的研究结果显示，悬浮物的存在可以改变浮游动物的群落结构，当水中无悬浮物时，枝角类为优势种，当水中悬浮物浓度升高时，优势种则为轮虫。

总体来说，由于施工造成海域 SPM 浓度增大，从而对海域浮游生物造成的这种影响是不可避免的，但是该影响暂时的和有限的，一般情况下，施工停止 3~4 个小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质就可恢复到原来状态。根据鲍建国等的研究，浮游生物群落的重新建立所需时间较短，一般只需要几天到几周的时间，因此随着项目工程结束后，浮游生物很快就建立起新的群落，而悬浮泥沙对浮游生物造成的影响也随

之消失。

5.4.1.2 对底栖生物的影响

本工程海底电缆铺设过程中，海缆的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。除所占海域内的底栖生物完全被覆盖外，其外围周边海域的底栖生物也将受入海泥沙的影响。如果大量悬浮物的沉积将掩埋工程区两侧的底栖生物，可能引起底栖生物，特别是蛤、螺等双壳类动物水管受到堵塞致死，这种影响主要集中于工程区外围悬浮泥砂含量较高的局部区域内。

本工程 220kV 海缆长度约为 2 回 50.139km，场区 66kV 总长度约为 55.939km，考虑到海缆沟槽在开挖过程中堆向两侧的淤泥将会覆盖底栖生物生境，因此开沟作业对底栖生物的影响宽度取 4.5m,则临时影响底栖生物面积为 477351m^2，工程周边海域底栖生物量按平均 10.405g/m^2，工程电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。

根据工程分析，由于风机桩基永久占用海域，项目施工将导致桩基所在区域底栖生物的损失。桩基占地面积为 1934.5m^2，潮下带平均生物量为 10.405g/m^2，桩基施工导致的底栖生物损失量=1934.5m^2×10.405g/m^2=20.1kg。

5.4.1.3 渔业资源影响

施工期间由于悬浮泥沙入海会在一定程度上对施工区附近海域的渔业资源环境产生影响。由于海洋生物的“避害”反应，施工区外围海域自然生长的游泳动物将变少。泥沙悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先，悬浮微粒对鱼类的机械作用，水体中含有大小不同的，从几十微粒到十余微米的矿质颗粒，在悬浮微粒过多时将导致海水的混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长。其次，水中大量存在的悬浮物也会使鱼类造成呼吸困难和窒息现象，因为这些微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，将沉积在鳃瓣、鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且将隔断了气体交换的进行，甚至严重时导致窒息。不同鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量水平为 8×10^4mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量水平为 6000mg/L 时，最多能存活一周；若每天做短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物浓度达到 2300mg/L，则鱼类能存活 3-4 周。通常认为，悬浮物质的含量达到 200mg/L 以下及影响期较短时，不会导致鱼类直接死亡。并且，由于本工程施工水域相对较开阔，鱼类的规避空间大，因此泥沙入海对其的影响更多表现为驱散效应，鱼类受此影响较小。而虾蟹类因其本身的生活习性，大多对悬浮泥沙有较强的抗性，总的来说，施工产生的悬浮泥

沙对游泳生物的影响较小。

根据渔业水质标准要求，人为地增加悬浮物浓度大于 10mg/L，对鱼类生长将会造成影响。依据渔业资源调查结果，鱼卵、仔鱼和游泳动物生物量分别取工程周边海域春秋两季调查的平均值，依次为 0.035ind./m^3、0.016ind./m^3 和 251.02kg/km^2，平均水深以 30m 计，根据 5.2 一节海水中悬浮泥沙扩散的预测结果以及《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）中污染对各类生物的损失率，估算悬浮泥沙扩散造成的渔业资源的损失量，具体见表 5.4-1。

表 5.4-1 悬浮泥沙扩散造成的渔业资源生物一次损失量

生物类型	平均生物量	悬浮泥沙浓度范围	影响面积（km^2）	损失率	损失量	合计
鱼卵	0.035ind/m^3	10～50mg/L	11.58	35%	4.26×10^6	12.66×10^6粒
		50～100mg/L	6.56	50%	3.44×10^6	
		>100mg/L	7.88	60%	4.96×10^6	
仔鱼	0.016ind/m^3	10～50mg/L	11.58	35%	1.95×10^6	5.79×10^6尾
		50～100mg/L	6.56	50%	1.57×10^6	
		>100mg/L	7.88	60%	2.27×10^6	
游泳动物	251.02kg/km^2	10～50mg/L	11.58	15%	436.02	1358.77kg
		50～100mg/L	6.56	20%	329.34	
		>100mg/L	7.88	30%	593.41	

5.4.1.4 对区域生态环境的影响分析

根据上述预测分析，本项目的实施，由于风机桩基及海底电缆的施工造成悬浮泥沙入海，将对项目所在海区的浮游动植物、底栖生物、渔业资源等造成一定的影响；同时，工程将造成所占用海域范围内的浮游动植物、底栖生物和渔业资源的直接损失。

从整体而言，风机桩基及海底电缆施工产生的影响将随着施工结束，其功能均将迅速恢复，生物生境也将随之改善，对于整个评价海域而言，其生物种类、群落结构、生物多样性和生态系统服务功能的影响和变化很小，不会导致当地海洋生态结构和功能发生明显改变；此外，项目调查区未发现珍稀濒危野生动物，项目施工直接影响区不涉及海洋自然保护区、濒危海洋生物保护区、海洋生物苗种场等生态敏感区，因此，本项目的施工对区域海域生态群落结构的影响较小，对生态系统的功能和稳定性不会产生重大影响。

5.4.1.5 项目实施生态资源算还赔偿和补偿计算

（1）生态补偿金额

本项目风机与海上升压站桩基施工导致底栖生物损失量为 20.1kg，电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。悬浮泥沙作用导致一次性的鱼卵损失量为 12.66×10^6 粒，仔鱼损失 5.79×10^6 尾，游泳动物损失 1358.77kg。

◆鱼卵、仔稚鱼经济价值的计算

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。计算公式如下：

$$M = W \times P \times E$$

式中：M—鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元（元）；

W—鱼卵和仔稚鱼损失量，单位为个（个）、尾（尾）；

P—鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E—鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，单位为元每尾（元/尾）。按照目前平均为 1.0 元/尾。

经计算，入海悬浮泥沙造成鱼卵损失的经济价值为 12.6 万元，仔鱼损失 28.9 万元，损失总额为 41.5 万元。

◆潮下带底栖生物的经济价值的换算

底栖生物经济损失按下列公式计算：

$$M = W \times E$$

式中：M—经济损失额，单位为元（元）；

W—生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E—生物资源的价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算（如当年统计资料尚未发布，可按上年度统计资料计算），单位为元每千克（元/kg）。按照目前贝类的平均价格为 10 元/kg。

根据计算，项目占海造成的潮下带底栖生物损失的经济价值为 0.02 万元，项目海缆敷设造成的潮下带底栖生物损失的经济价值为 5.0 万元。

◆成体生物资源经济价值的计算

成体生物资源经济价值按下列公式计算：

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中：Mi——第 i 种类生物成体生物资源的经济损失额，单位为元（元）；

Wi——第 i 种类生物成体生物资源损失量，单位为千克（kg）；

Ei——第 i 种类生物成体生物资源的价格，成鱼价格按 20 元/kg 计。

经计算，入海悬浮泥沙造成游泳动物损失的经济价值为 2.7 万元。

则项目占海总计生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），对于持续性生物资源损害实际影响低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年的损失额补偿，因此，本评价建议进行 20 倍赔偿用于生态修复。即入海泥沙补偿 3 倍，项目占海补偿 20 倍。根据计算，生态补偿总金额为 148 万元。

（2）生态补偿方案

本工程主要采取增殖放流进行生态补偿，根据福建省海洋渔业厅印发的《福建省水生生物增殖放流工作规范》，对增殖放流提出以下建议：

①增殖放流工作建议在当地海洋与渔业主管部门的指导下进行。

②放流实施：根据不同苗种市场供应情况选择适当时机实施放流活动，在主管部门指导下实施。实施提前 15 个工作日向当地县级以上（含县级）海洋与渔业行政主管部门报告增殖放流的种类、数量、规格、时间和地点等事项，并接受监督检查，当地海洋与渔业行政主管部门应将其纳入当地、当年的增殖放流计划指标。增殖放流实施前 7 日，各级海洋与渔业执法机构根据当地海洋与渔业行政主管部门发布的禁渔通告，对放流水域实施执法检查，清除对放流苗种具有危害的施工船只、网具等物体。

③放流位置：根据潮时、水流、水温和气象等条件，选择适宜放流物种有较高存活率的位置进行放流。

④放流品种：放流品种应满足适宜当地海域生长、不造成生态危害、具有较高的经济价值等条件。必须经有资质的检验单位检测合格。增殖放流前，技术专家组应派出人员核查苗种供应单位的苗种检疫报告，并对放流苗种的亲本选择、种质鉴定、检验检疫及培育过程情况进行监督、检查，确保健康、优质、无特异性病原、无药物残留的苗种或亲体用于增殖放流，避免对放流水域生态造成不良影响。

⑤放流时间：放流时间为每年 5~6 月份。

5.4.2 运营期海洋生态环境影响预测与分析

海上风电场项目建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在造成部分生态系统服务功能的破坏或丧失。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人

类赖以生存的自然环境条件与效用。项目建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、养殖生产、污染净化等 3 个方面的主导功能。

①物种栖息地

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所。风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。但在运行期基本不受影响。

②养殖生产和捕捞作业

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。项目海域主要提共养殖和捕捞海产品。风机基础实际占用海域面积较小，且占用区域养殖较少，对养殖生产功能影响不大。

③污染物净化

海洋是一个巨大的净化器，对入海污染物具有一定的稀释、扩散、氧化、还原和降解的综合能力。项目建设施工期使海域悬浮泥沙增加,光合作用减弱，对污染物净化功能会产生一定影响，但影响时间短暂。在运行期，项目实施不会明显改变海域的潮流场特征，同时也不会改变海域污染物负荷，不会产生悬浮物，因此也不会对海域污染物净化功能造成明显改变。。

5.5 项目建设对周边主要保护目标和开发活动的影响分析

5.5.1 对生态红线区的影响

本项目海底电缆施工不会产生有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，根据预测可知施工引起的悬浮泥沙不会扩散至周边海上生态保护红线区，对周边生态红线区无影响。

5.5.2 对养殖区的影响

长春镇加竹村、外城村、赤沙村海带养殖（无海域使用权证）位于项目申请用海范围内的和海底电缆保护范围（项目申请用海范围）内的养殖活动面积约为 12.7272 公顷，需退出该区域，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用，并且建设单位应和养殖活动使用者进行协商，给予其相应的拆迁补偿，在项目申请用海的期限内不再布置、使用；建设单位应做好本项目海底电缆登陆点附近居民的宣传工作，在海底电缆保护范围内设置一个显眼的警示标志，确保海底电缆的安全。目前本项目建设已取得长春镇人民政府

的初步认可，具体见附件 6。

本项目施工期造成的悬浮泥沙将会对包括上述养殖及上述养殖周边 77.9169 公顷区域养殖活动造成影响（其中长春镇加竹村、外城村、赤沙村开放式养殖影响面积为 56.8282 公顷，霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块 24 影响面积为 21.0887 公顷），具体影响范围见图 5.5-1。同时近岸段海缆部分区域采用两栖挖掘机进行海缆敷设施工，施工作业区域随着挖掘机的开挖回填活动也会对上述养殖区域产生影响，因此在项目施工前，受施工影响的养殖活动由项目建设单位做好协调补偿工作，暂时退出养殖海域，将对周边养殖区的影响降到最低。

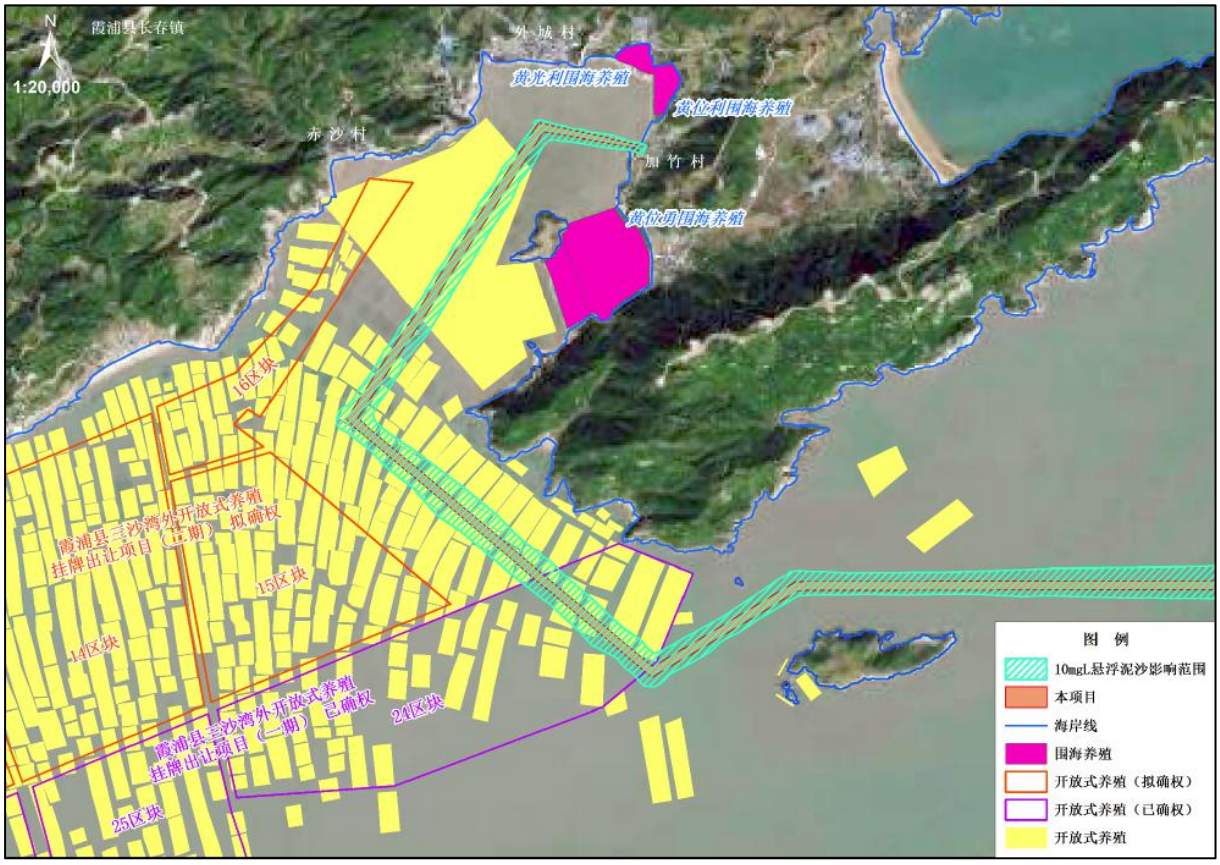


图5.5-1 10mg/L范围与周边养殖区叠置图

5.5.3 对闽东诸河流域水土保持生态功能区的影响

本项目陆缆周边分布闽东诸河流域水土保持生态功能区，本项目施工区域不涉及上述生态功能区，陆域架空线路与其最近距离为 130m，陆缆施工过程中要严格控制施工范围，禁止对闽东诸河流域水土保持生态功能区造成破坏。

5.5.4 对基本农田的影响

由工可及项目选址意见书可知，本项目建设不占用基本农田，但本项目设计范围紧

邻周边几处的基本农田，因此，施工过程中要严格划定施工作业区域，严禁在项目周边基本农田保护区范围内设置各类临时工程，施工废水及施工固废严禁向周边基本农田保护区范围内排放，保护项目周边基本农田的完整性。

5.5.5 对湿地的影响

本项目 220kV 海底电缆占用湿地总长度约为 5692m，通过开沟犁与开挖的施工方式将海底电缆埋设于海底泥面以下 2-3m，而后将海缆敷设入挖好的沟槽内，回填原土以作保护，完成后铺埋工作，海缆埋设过程的沟槽开挖和悬沙扩散对湿地生境具有暂时性影响，施工区域底质的特性未发生改变，同时由施工速度可知，涉及湿地段施工最快将在 4.5 天内敷设完成，施工时间较短，施工带来的影响是暂时，湿地生境在施工后一段时间可再生恢复，因此对湿地生态系统基本功能影响很小，同时根据数模预测，风电场施工和运营对周边海域水文动力、地形冲淤、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小，对湿地生态系统及其生物多样性水平影响较小，且用海方式未改变湿地性质。因此，本项目对湿地影响较小。

5.5.6 对东冲半岛风景名胜区的影响

本项目位于东冲半岛风景名胜区南侧，与其最近距离为 345m，项目施工区域不涉及上述风景名胜区，陆域施工过程中要严格控制施工范围，禁止对东冲半岛风景名胜区造成破坏。

5.5.7 对岸线的影响

本项目海底电缆将在加竹村前海堤登陆，项目占用岸线37.6 m，均为人工岸线。本项目登陆段施工工艺为通过定向钻从堤坝基础下方穿越海缆，施工过程无需破堤，不会对堤坝造成影响，且可维持现状岸线形态，也不会改变海流运动，破坏泥沙补给，造成海岸蚀退淤积等。因此本项目建设对岸线资源影响较小。

5.6.大气环境影响预测与分析

5.6.1 施工期大气环境影响分析

工程施工期产生的大气污染物主要包括施工场地扬尘、机械和船舶尾气等。

（1）施工尾气影响分析

施工过程需要运输车辆、施工船舶等，这些车船设备基本以柴油为燃料，所排放的发动机尾气中主要含有 NO_2、SO_2 等空气污染物，由于施工机车相对较为分散，加之地

面开阔，在车辆及机械设备排气口加装废气过滤器，则废气污染的影响基本上可以接受。

（2）施工扬尘影响分析

施工扬尘主要来自于装载车行驶时产生的路面二次扬尘以及陆域集控中心进行场地平整时产生的扬尘以及陆域输电线路的敷设。

根据施工的类比调查，扬尘量与土壤湿度、粒径、气候条件、施工方法、施工管理和产尘控制措施有关，一般在风速大于 3m/s 时容易产生起尘，施工扬尘源高度一般来说较低，颗粒度也较大，为瞬时源，污染扩散距离不会很远，一般可控制在施工场所 100m 范围之内，且危害时间短，主要对施工人员和施工区域一定距离内的敏感目标影响较大。

施工单位在塔基开挖时，对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。对施工道路和施工现场定时洒水、喷淋，避免尘土飞扬。施工运输车辆采用密封、遮盖等。综上，项目施工对周边大气环境的影响较小。

5.6.2 运营期大气环境影响分析

本项目废气为职工食堂油烟废气，备用柴油发电机废气。项目食堂厨房炉灶以液化石油气为燃料，液化石油气是一种洁净、污染物含量很少的能源，在使用和消耗能源的过程中污染物的产生甚少，产生的烟气烟色透明，外排对周围环境空气不会产生明显的影响。

5.7 声环境影响分析

5.7.1 施工期声环境影响分析

（1）海上噪声影响分析

施工期产生的水下噪声，类似于其他涉海活动，例如航道疏浚、港口、海底隧道、跨海桥梁建设等，近些年国内有自然资源部第三海洋研究所、厦门大学、上海海洋大学等单位进行了研究，并积累了一些数据。本报告基于本单位自身积累的相关监测数据并结合国内外相关研究成果，进行本工程施工期噪声研究分析。本工程施工产生的水下噪声源分为三大类：施工机械、施工船、桩基打桩，其中施工机械、施工船只产生的水下噪声强度较低，对海洋生物几乎没有影响，因此重点分析桩基打桩产生的水下噪声，本工程打桩涉及到风机基础的钢管桩施工。

水下打桩可分为冲击打桩和振动打桩两类，冲击打桩使用液压锤对桩施加冲击力将

桩沉入地下，振动打桩使用旋转偏心块对桩施加交变力，通过振动将桩沉入地下。冲击打桩是海上风电场施工期的典型噪声来源，其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串。桩芯材料与直径直接影响水下打桩单次冲击噪声声级。

水下打桩产生的水下噪声传播路径如图 5.7-1 所示。图中第 1 径为海面反射路径，撞锤冲击桩体产生的噪声经过海面反射后传至噪声接收端。第 2 径为水下直达路径，桩体产生的噪声通过该路径直接传至接收端。图中第 3 径为海底反射路径，噪声经过海底反射后传至接收端。第 4 径为海底传播路径，撞锤冲击桩体对海底施加冲击力产生压缩波和切变波在海底传播，其中部分噪声能量将传入水中。水下振动打桩的噪声传播路径与冲击打桩类似。

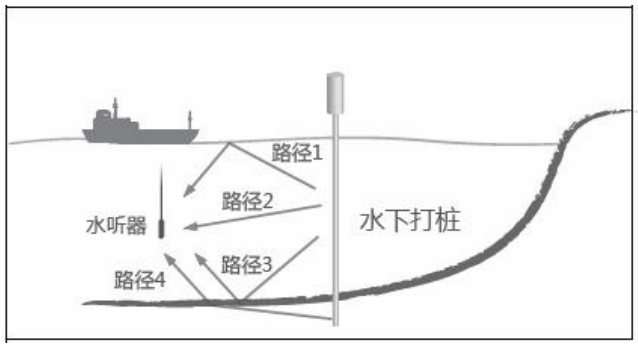


图 5.7-1 水下打桩噪声传播路径

根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》，鱼类依据听力分组分为无鱼鳔的鱼、有鱼鳔但鱼鳔与听力无关的鱼、有鱼鳔但鱼鳔与听力相关（与内耳物理隔离）的鱼、有鱼鳔但鱼鳔与听力相关（与内耳物理连接）的鱼、卵和幼体。鱼类听力分组及代表类群见表 5.7-2。

表 5.7-2 鱼类听力分组及代表类群

听力分组	特征	代表类群
无鱼鳔	对质点运动和窄带频率声压敏感	鲨鱼（侧孔总目）、比目鱼（鲽形目）
有鱼鳔，鱼鳔与听力无关	对质点运动和窄带频率声压敏感	鲑鱼（鲑科）、金枪鱼、鲭鱼（鲭科）
有鱼鳔，鱼鳔与听力相关，但与内耳物理隔离	对质点运动和声压都很敏感，并且具有更宽敏感频率范围，大约 500 Hz	鳕鱼（鳕科）、鳗鱼（鳗鲡科）、部分石首鱼（石首鱼科）
有鱼鳔，鱼鳔与听力相关，并且与内耳物理连接	主要对声压敏感，具有更宽的频率范围，并且通常表现出更高的声压敏感性	金鳞鱼（金鳞鱼科）、石首鱼（石首鱼科）、鲱鱼（鲱科）
卵和幼体	承受质点运动和声压能力差	——

海洋生物在不同的噪声环境下会产生行为响应、声掩蔽、暂时阈值漂移、永久阈值

漂移和物理损伤甚至死亡等现象。《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》将人为水下噪声对鱼类的影响阈值进行归纳分组，见表 5.7-3。

根据工程区渔业资源现状调查成果，工程区及附近海域存在对声敏感的石首鱼科。根据 HY/T 0341-2022 分类，石首鱼科属于有鱼鳔，鱼鳔与听力相关。本节以表 5.7-3 中有鱼鳔，鱼鳔与听力相关的鱼类听力分组为研究对象，预测评价工程打桩施工时产生的噪声的影响范围。

表 5.7-3 人为水下噪声对鱼类影响阈值

听力分组	致死或潜在致死	损害			行为响应
		物理损伤	TTS	声掩蔽	
无鱼鳔	219 dB SEL_{cum}[a] 或 213 dB SPL_{pk}	216 dB SEL_{cum} 或 213 dB SPL_{pk}	186 dB SEL_{cum}	(近) 中等	(近) 高
				(中) 低	(中) 中等
				(远) 低	(远) 低
有鱼鳔，鱼鳔与听力无关	210 dB SEL_{cum} 或 207 dB SPL_{pk}	203 dB SEL_{cum} 或 207 dB SPL_{pk}	186 dB SEL_{cum}	(近) 中等	(近) 高
				(中) 低	(中) 中等
				(远) 低	(远) 低
有鱼鳔，鱼鳔与听力相关	207 dB SEL_{cum} 或 207 dB SPL_{pk}	203 dB SEL_{cum} 或 207 dB SPL_{pk}	186 dB SEL_{cum}	(近) 高	(近) 高
				(中) 高	(中) 高
				(远) 中等	(远) 中等
卵和幼体	210 dB SEL_{cum} 或 207 dB SPL_{pk}	(近) 中等	(远) 中等	(近) 中等	(近) 中等
		(中) 低	(中) 低	(中) 低	(中) 低
		(远) 低	(远) 低	(远) 低	(远) 低
[a] SEL_{cum}宜按B. 4. 2计算。					

本项目桩基施工方式属于水下冲击打桩方式，采用 S-1200 型液压打桩锤，单桩直径 2.1~3.2m，根据类比，源强取其中较大值，钢管桩打桩噪声源强为 224dB。

②本工程桩基施工水下噪声影响预测水下噪声预测采用的声衰减计算公式为:

$$TL=Flog(D/R)$$

式中: TL 为传播损失，为声源级减去目标声级值(即保护阈值)的差，单位为 dB;

D 为目标声级值所在的位置与声源的距离，单位为 m；

R 为计算传播损失时的参考距离，根据声源级计算点与声源本身的距离而定。

F 是衰减因子，其值会随着海况(如水深、底质状况、海面宽阔程度)和打桩的工程参量(如桩的类型材质、以及桩机功率)而变化。一般的数值在 10-30 之间。

本工程风机基础取打桩施工所产生的水下噪声有效声源级为 224dB，传播损失为 TL=20lgD，计算单桩基础施工在 207dB、186dB 声压级下对应的距离分别为：7m、79m。因此，在打桩点 7m 范围内，可能导致石首鱼科鱼类死亡的危险，在离打桩点 7~79m 范围内可能导致石首鱼科鱼类产生物理损伤，在打桩点 79m 范围外，打桩的噪声可能引起

石首鱼科鱼类出现了暂时性听力阈值改变，随着距离的增加打桩产生的噪声影响也将逐渐减弱。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，减小对石首鱼科鱼类的影响。

（2）施工期噪声对经济鱼类“三场一通道”的影响

根据海洋出版社2018年出版的《东海区主要经济种类三场一通道及保护区图集》本项目位于大黄鱼的产卵场边缘，由前节分析可知在施工期在打桩点79m范围外，打桩的噪声可能引起石首鱼科鱼类出现了暂时性听力阈值改变，随着距离的增加打桩产生的噪声影响也将逐渐减弱。因此，要优化施工方案，减少桩基整体施工时间，同时，风电场区桩基施工时间要避开大黄鱼产卵期（4~5月），在非产卵期优先进行风电场区桩基及海缆施工作业，进一步减少施工活动对大黄鱼的影响，在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

（3）陆域施工噪声

工程施工期间的主要噪声为各种施工机械设备，为点声源，其噪声影响随距离增加而逐渐衰减，噪声衰减公式如下：

$$L（r）=L_0（r_0）-20\lg（r/r_0）$$

式中：L（r）——点声源在预测点产生的声压级；

$L_0（r_0）$——参考位置的的声压级；

r——预测点距声源的距离；

r_0——参考位置距声源的距离。

陆域施工噪声评价选取施工过程中的强点源进行噪声影响预测，利用上述模式计算，预测结果见表 5.7-2。

表 5.7-2 施工期噪声在不同距离的影响预测(单位: dB)

主要噪声源	距声源距离					
	5	10	20	40	80	160
推土机	90	82	76	70	64	58
挖掘机	86	80	74	68	62	57
装载机	83	77	71	65	59	83
打桩机	108	102	96	90	84	78

根据《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)，施工设备昼间噪声限值70dB(A)，夜间噪声限值为 55dB(A)，从表 5.7-2 中可以看出，陆域集控中心施工产生噪声昼间距离施工设备 40m 外的平均等效 A 声级均能满足《建筑施工场界环境噪声排放

标准》(GB12523-2011)；夜间距离施工机械 200m 外符合噪声限值要求。陆域集控中心施工区域距周边村庄最近距离大于 300m，因此集控中心施工噪声对周边村庄影响较小，但施工过程中应做好降噪工作，选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，尽量避免强噪声机械在同一区域内无序施工；车辆在行驶过程中，应缓行和禁鸣喇叭。

陆域电缆塔基施工区域距加竹村最近距离约 35m，因此，在塔基及电缆施工过程中对加竹村存在一定影响，施工过程中应做好降噪工作。选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，避免强噪声机械在同一区域内无序施工。

5.7.2 运营期声环境影响分析

（1）风机噪声影响分析

本工程运行期主要噪声为风机运行噪声。

海上风电场噪声属于户外噪声。辐射声波在传播过程中，其波阵面会随距离的增加而增大，声能量扩散，声压或声强随距离的增加而衰减。除此之外，空气吸收、地面吸收、阻挡物的反射或屏障等因素的影响，也会使噪声产生衰减。海上风电场部分声波在由空气传播到海水中，由于传播媒质的改变，使其产生一定的折射和散射，会使部分声能改变传播方向。

根据实测结果与点声源衰减模式预测结果的拟合，在距风力发电机组较近情况下，声源为一面源，同时受机械噪声等高频噪声的影响，其噪声不符合点声源的衰减规律；在风力发电机组较远情况下，计算点大于风力发电机组几何体 1 倍距离后，其噪声衰减规律与点声源模式的衰减规律基本一致。甚至在距离风力发电机组水平 50m 以外，噪声计算值与实测值衰减趋势就基本一致。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》附录 C 推荐的预测模式，风力发电机组影响预测公式如下：

即假定声音从一个点无衰减传播开来，则距离单台风机声源 r 处预测点 A 声级 $L_P(r)$计算公式为：

$$L_p(r) = L_W(r_0) - 10\lg(2\pi r^2)$$

式中：$L_P(r)$—单台风机声源 r 处预测点 A 声级， dB(A)

$L_W(r_0)$—单台风机声源 r_0 处 A 声级， dB(A)

N 台风轮机距离声音源 r 处的噪音水平总效应 $L_{P,total}(r)$计算公式为：

$$L_{p,\ total} = 10\lg\sum_{i=1}^{N}\left(10^{L_{p}1/10}\right)$$

经预测单台风力发电机组衰减趋势及噪声衰减距离见表 5.7-3，采用最大声功率 100dB 计算，可知在距风力发电机组直线距离在 250m 处，噪声已衰减至低于 45dB，即国家规定的《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类标准限值。

表 5.7-3 风电噪声衰减距离表

与轮毂直线距离(m)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000
噪声 dB(A)	52.0	48.5	46.0	44.1	42.5	41.1	40.0	39.0	38.0	36.5	35.1	34.0	32.0

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，多台风机间仅是影响范围的扩大，基本不增加影响程度。

本项目风电场附近最近的居民区距离为 11km，因此本项目运营期风机运行噪声不会对海岛居民产生影响。

（2）水下噪声影响分析

厦门大学对国内多个海上风电项目开展水下噪声类比监测，并对国外海上风电项目水下噪声进行了类比分析。研究结果如下：

风机在营运期中所产生的水下噪声级总体比较低，即使是在靠近运转风机测点上也只有少数特定频段(120Hz~1.5kHz)水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1 μPa，总体噪声谱级都在 120dB/1 μPa 以下。在这些特定频段上(120Hz~1.5kHz) 的噪声级提高并没有比因自然状况变化所带来的噪声级提高更多，如下雨噪声、动物自身的移动、船运噪声。

不同风速下，风机在水下产生的噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为 6m/s 和 13m/s）的风机在水下辐射的噪声强度不同，高风速（13m/s）时在低频段（63Hz 以下）风机噪声与海洋环境背景噪声相当（淹没在背景噪声中），高风速（13m/s）时在 125Hz 频点上比低风速(6m/s)的风机辐射水下噪声谱级高 10dB/1 μPa 左右，但总体都不高。

①运营期水下噪声对石首科的影响

本章节主要基于厦门大学对大黄鱼、黄姑鱼等的发声特性的研究评估营运期水下噪

声对石首鱼科行为的影响。

评估噪声对动物发声的掩蔽效应，通常要考虑动物发声信号的声学特征。发声信号首先要在相应频率上大于动物的听力阈值（HT），才能保证动物的发声可以被远处的同伴听到。Holt D. E.（2015）研究结果表明：对于纯音信号，在来自同一声源的噪声下，如果信噪比低于 20~25dB，鱼类将不能探测到该纯音信号；当噪声来自不同方向时，信噪比临界值变为 10~15dB。Holt 等人在研究交通噪声对迷人真小鲤的敲门声和咆哮声的掩蔽影响时，将信噪比的临界值定为 10dB。

本报告采用 10 dB 作为信噪比临界值，将 1/3 倍频程声压级作为对比标准，即当黄姑鱼发声信号与海上风电场营运水下噪声 1/3 倍频程声压级的差值小于 10 dB 时，视为风电场噪声对黄姑鱼接收同伴发声信号产生影响，也称掩蔽效应。

a.水下噪声对黄姑鱼发声影响距离

在估算影响距离时，以黄姑鱼自由状态发声信号最大 1/3 倍频程声压级对应的中心频率为研究频率，将风电场噪声在海域内的传播视为按球面波扩展，得到扩展损失 TL=20*lgR，由此可以得到风电场噪声的最大影响距离公式：

$$20 * lgR = N_{1/3OBSL}(f_p) - Sig_{1/3OBSL}(f_p) + 10$$

$$R = 10^{((N_{\frac{1}{3}OBSL} - Sig_{\frac{1}{3}OBSL} + 10)/20)}$$

根据厦门大学对黄姑鱼发声信号的监测分析，黄姑鱼自由状态发声信号与离风机 100m 处测得的风电场水下噪声的 1/3 倍频程声压级分布如图 5.7-2 所示。其中黄姑鱼自由状态发声信号的 1/3 倍频程声压级为 120 个发声信号分析样本的平均值。由图可知黄姑鱼自由状态发声信号最大 1/3 倍频程声压级对应的中心频率为 630Hz。在 630Hz 中心频率处黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声压级为 133dB；在中心频率 630 Hz100m 处风电场噪声的 1/3 倍频程声压级为 115dB，根据声传播损失按球面扩散规律估算公式，可得海上风电场噪声在中心频率 630Hz 距离 1m 处风电场噪声的 1/3 倍频程声压级为 155dB:115+20*lg100=155dBμPa/1m

由图 5.7-2 中可得，在离风机 100m 处海上风电场水下噪声中心频率 630 Hz 1/3 倍频程的声压级为 115dB，而黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声压级在 630Hz 中心频率为 133dB，已大于风电场噪声且差值大于 10dB，因此在离风机 100m 处的风电场水下噪声不会对黄姑鱼叫声产生影响。由公式（5.7-3）可以算出风机运行时水下噪声对黄姑鱼叫

声的影响距离：$R=10^{(155-133+10/20)}=40m$。

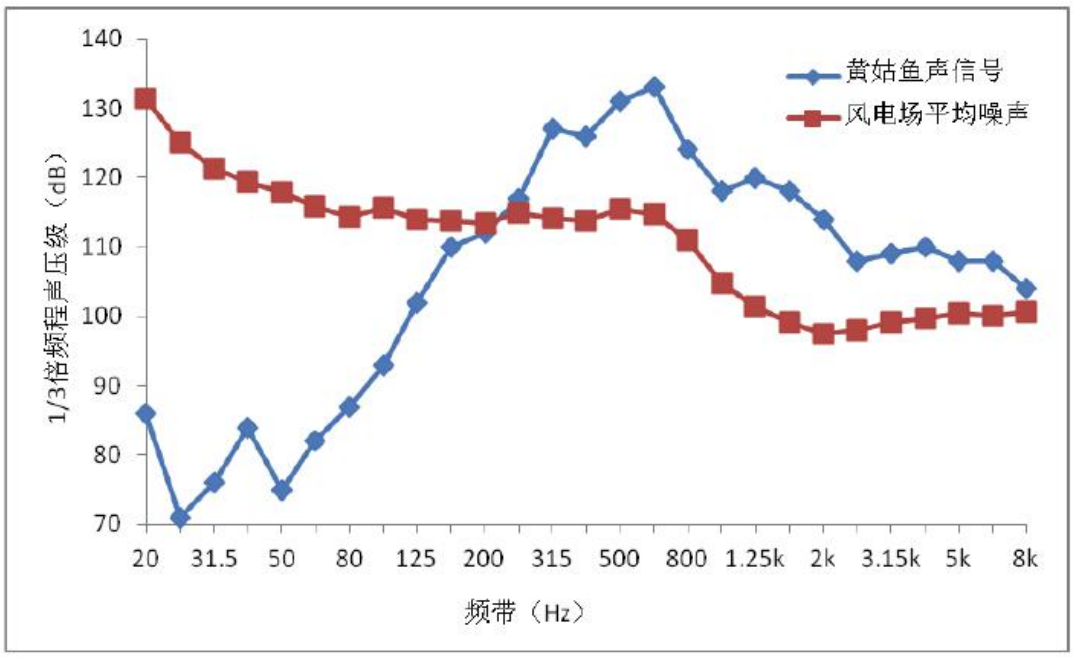


图 5.7-2 风电场噪声和黄姑鱼自由状态发声信号 1/3 倍频程声压级

b.风电场水下噪声对石首鱼科生存环境的影响

由上述分析可知，本项目营运期水下噪声对石首鱼科的最大影响距离定为（掩蔽效应）定为 40m，而本项目风电机组行间距 2100m，行内间距 682.5m，风电场内不同风机不会对石首鱼科的影响产生叠加影响，运营期水下噪声对石首鱼科的生存空间影响仅限于桩基周边 40m 范围内，对其生存的影响空间较小。

②运行期水下噪声对鱼卵仔鱼影响

水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响目前数据较少。目前噪声对鱼类产生影响的认识，仅限于成年鱼类，而噪声对于鱼卵和幼体的影响认识甚少。由于成年鱼类会主动远离噪声源，幼体是浮游生活且随海流而动，没有能力远离噪声源。因此，仔稚鱼与成熟阶段相比，可能会受到更多的水下噪声的影响。

挪威学者研究了使用空气枪和水枪作为地震声源，进行海洋三维地质调查中产生的水下强噪声对鳕鱼鱼卵和仔鱼的影响。他们把鳕鱼的鱼卵和仔鱼（鱼卵为在受精后 2，5，10 天；鱼幼体为在孵化后的 1，5，37，38，40，41，56，69，110 天）暴露于水下空气枪所产生的噪声场中，得出了在使用小强度的空气枪（声源级 222dB)声源级所产生的水下噪声对鳕鱼鱼卵的影响不明显的结论（JohnDalen, 1986)。

欧洲鳎分布在北海、地中海，向南到塞内加尔直至佛得角，栖息水深范围是 0～150m，在海底的底泥或沙子中埋栖生活。荷兰学者研究了海上风电场噪声对鳎鱼幼体（sole larvae）的影响。他们利用实际录到的打桩现场噪声（直径 4m 钢桩，水深 20m，峰值声压级最大值为 211dB）刺激鳎鱼幼体，根据鳎鱼幼体的身体发育程度，把鳎鱼幼体分为 4 个阶段的鳎鱼幼体，观测每个阶段鳎鱼的死亡率。结论是：在两个实验阶段中，不管何种噪声刺激何种发育阶段的鳎鱼幼体，与对照组相比（即未进行噪声刺激），鳎鱼幼体的存活率没有明显的差别，这表明这些鳎鱼幼体能够忍受峰值声压级高达 211dB 打桩噪声的刺激（Loes J.bolleet,al, 2012）。同时，他们分析指出鱼鳔是一种对声压敏感的器官，有鱼鳔的鱼比没有鱼鳔的鱼更容易受到噪声的影响。鳎鱼幼体发育期间只有部分阶段有一个鱼鳔。这可能是在第 1 阶段和第 2 阶段中，噪声对幼体无明显影响的原因。然而，对大菱鲆仔鱼的卵黄囊观察研究中发现，噪声对其的显著影响，且这时幼体并没有鱼鳔（Loes J.bolle et,al, 2012）。

③对其它海洋生物的影响

运营期水下噪声对虾蟹及贝壳等其它海洋生物的初步的实验结果分析，运营期水下噪声对其他的甲壳类、贝类等海洋生物的影响不明显。

综上，预测本项目营运期水下噪声对海洋动物的影响较小。

（3）集控中心噪声影响

集控中心运行噪声源主要来自于主变压器、电抗器等大型声源设备，一般情况下变电站运行期的主要噪声源来自主变压器。本项目采用低噪声变压器，变压器满负荷运行且散热器全开时，噪声级不超过 65dB(A)。宁德霞浦海上风电场 B 区陆上集控中心项目新建主变 3 台。

①变电站运行时厂界噪声预测模式

根据 HJ2.4-2021《环境影响评价技术导则 声环境》，集控中心项目噪声预测计算的基本公式为：

$$LA(r)=LA(r0)-(A_{div}+A_{atm}+A_{bar}+A_{gr}+A_{misc})$$

上式中：

LA(r)——距声源 r 处的 A 声级，dB；

LA (r0)——参考位置 r0 处的 A 声级，dB；

A_{div}——声源几何发散引起的 A 声级衰减量，dB；

A_{atm}——大气吸收引起的 A 声级衰减量，dB；

A_{bar}——屏障屏蔽引起的 A 声级衰减量，dB；

A_{gr}——地面效应引起的 A 声级衰减量，dB；

A_{exc}——其它的附加衰减量，dB。

点声源的几何发散衰减的基本公式为：

$$L(r)=L(r0)-20\lg(r/r0)$$

式中：L(r)——r 处的声级；

L(r0)——r0 处的声级。

对某一受声点受多个声源影响时，有：

$$L_p=10\lg\left[\sum_{i=1}^{n}10^{L_i/10}\right]$$

上式中：L_P为几个声源在受声点的噪声叠加，dB。

②变电站运行期噪声预测计算结果及分析

按照《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)的要求，其投运后的厂界噪声贡献值的贡献值由预测模式计算，预测结果见表 5.7-4。

表 5.7-4 项目运营期厂界噪声预测结果(Leq(dB(A)))

测点位置	时间	本期主变贡献	评价	超标
站址北侧(现状监测点 6)	昼	34.5	60	/
	夜		50	/
站址西侧(现状监测点 5)	昼	33.2	60	/
	夜		50	/
站址南侧（现状监测点 3）	昼	35.9	60	/
	夜		50	/

根据预测结果可知，陆上集控中心的主变投运时，主变对厂界环境噪声的贡献值在 33.2～35.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2 类标准要求。

5.8 电磁环境影响分析

5.8.1 海域电磁辐射类比监测分析

根据《宁德霞浦海上风电项目 B 区预可行性研究报告》，B 区项目海上风电场电磁辐射来源主要有两个部分：一座海上升压站以及海底电缆。

5.8.1.1 海上升压站电磁环境影响分析

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020），电磁环境影响采用类比评价的方法。

（1）类比对象选择的原则

升压站电磁环境影响包括运行时产生的工频电场及工频磁场对周围环境的影响。预测方法：利用已经运行、规模相同变电站的电磁环境现状监测资料，类比评价本工程升压站建成后运行产生的电磁环境影响。

（2）类比对象

选定的 220kV 菊城变电站，已经建成运行，全站主变容量为 3×240MVA。变电站规模及环境条件详见表 5.8-1。

表 5.8-1 本工程海上升压站与类比工程规模比较表

项目名称	海上升压站建设规模	220kV 菊城变电站（类比站）
电压等级	220kV	220kV
变压器规模	2×180MVA	3×240MVA
变压器形式	三相有载调压变压器	三相有载调压变压器
主变布置	户内布置	户内布置
总平面布置	矩形	矩型
地形	海上	陆域

由表 5.8-1 可以看出，220kV 菊城变电站情况均与本工程升压站较为相似，主变均为户内布置，变压器形式相同，电压等级相同，根据变电站工频电场强度产生的原理，其强度与电压等级有关，主变容量对工频电场强度基本无影响；工频磁感应强度与主变容量有关，本项目拟建升压站和 220kV 菊城变电站电压等级相。因此，选择 220kV 菊城变电站作为类比对象是可行的。

（3）电磁环境类比测试结果分析

工频电场、磁场测量结果见表5.8-2。

表5.8-2 菊城变工频电磁场监测结果一览表

序号	监测点位		电场强度（V/m）	磁感应场强度（nT）	备注
D1	南侧围墙外	5m	50.38	287.09	
D2		10m	33.88	269.16	
D3		15m	25.18	237.49	
D4		20m	26.32	217.69	
D5		25m	31.30	196.71	
D6		30m	36.96	182.91	
D7		35m	45.11	166.48	
D8		40m	51.77	161.21	
D9		45m	56.62	154.36	
D10		50m	58.80	153.04	
D11		55m	57.44	146.25	测点上方有220V 线路

D12	60m	40.72	150.08	
D13	南侧围墙外5m	181.45	283.35	靠近220kV 配电装置区
D14	南侧围墙外5m	460.28	361.50	
D15	西侧围墙外5m	33.60	62.77	
D16	西侧围墙外5m	25.84	54.56	
D17	北侧围墙外5m	11.35	31.35	
D18	北侧围墙外5m	10.77	35.70	
D19	东侧围墙外5m	9.36	57.07	
D20	东侧围墙外5m	11.45	58.63	受上方低压线路影响

由表可以看出，菊城变电站四周厂界的工频电场强度在 9.36~460.28V/m 之间，其中南侧围墙外 5m 处(220kV 配电装置区侧)电场强度值最高，达到 460.28V/m；磁感应强度在 31.35~361.5nT 之间，均低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）控制限值(工频电场强度≤4kV/m，工频磁感应强度≤0.1mT)。由于受 220kV 出线影响，菊城变围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

（4）变电站电磁环境影响评价

通过对已运行的菊城变电站的类比监测结果，可以预测本项目 220kV 升压站投运后产生的工频电场、工频磁场能够满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）表 1 中频率为 50Hz 所对应的公众曝露限值，即电场强度限值：4000V/m；磁感应强度限值：100μT。

（5）对海洋生物的影响

根据厦门大学在厦门大学生态场水池中开展了工频电磁环境对海洋生物短期影响的研究结果，即“强度在 0.3 mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48 h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著”。因此，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物的影响在可以接受范围。

5.8.1.2 送出海缆（220kV）电磁环境影响分析

工程送电线路均采用海底缆形式进行力输，由于经过外层遮蔽后工程送电线路均采用海底缆形式进行力输，由于经过外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平较小，本项目产生的工频电磁场强度水平较小，本项目 220kV 海缆通过类比监测已运行的国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目的 220kV 海底电缆线路进行分析。

（1）可比性分析

本风电场运行后，220kV 海底电缆磁场影响预测采用类比分析方法，对象为国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目的 220kV 海底电缆线路。可比性分析

见表 5.8-3。

表 5.8-3 本工程海底电缆可比性分析表

项目名称	本工程220kV海底电缆	国家电投山东半岛南海上风电基地V 场址500MW (类比电缆)
电压等级	220kV	220kV
电缆结构	铜导体3芯交联聚乙烯绝缘分相铅包粗钢丝铠装复合海底电缆	HYJQF41-127/220-3*630-F 2*36 芯光纤
电缆截面	3×500mm^2	3×630mm^2
敷设深度	泥面以下3.0m	泥面以下约2.0m
外围环境	海底	海底

国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目的 220kV 海底电缆线路在压等级、电缆截面与本项目一致。本工程 220kV 海底电缆埋深较深，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目埋深较浅，本工程电缆产生的工频电磁场相对于国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆更小。因此，选用国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆进行类比是合适的。

（2）监测时间及环境

监测单位：天津市生态环境监测中心

监测时间：2023 年 3 月 16 日

监测时，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆线路正常运行。

（3）监测点位

海底电缆正上方、距海底电缆正上方东侧 10m、20m、30m、40m、50m 处进行监测。

（4）监测结果分析

监测结果表表 5.8-4。

表 5.8-4 220kV 海底电缆工频电磁场类比监测结果

监测点位		工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
海底电缆正上方		10.24	0.3266
距海底电缆正上方东侧	10m	9.370	0.2506
	20m	8.103	0.1812
	30m	7.348	0.1614
	40m	6.589	0.1422
	50m	5.354	0.1012

由表 5.8-4 可以看出，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 5.354 V/m～10.24V/m 之间，远小于 4kV/m 的限值要求；工频磁感应强度在 0.1012 μT～0.0.3266 之间，远小于 100 μT 的限值要求。

总体而言，海上风电场 220 kV 电缆由于外保护层的遮蔽，产生磁场强度非常小，远低于标准限值(居民区工频电磁强度 4kV/m ，工频磁感应强度 0.1mT) 。

（5）本工程海底电缆影响分析

由类比分析可知，220kV 电缆线路由于外层遮蔽产生的磁场强度非常小，基本与背景值一致。本工程 220kV 海底电缆与国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目海底电缆电压等级及电缆截面一致，本工程 220kV 海底电缆埋深较深，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目埋深较浅，本工程电缆产生的工频电磁场相对于国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆更小。因此，可以预测工程 220 kV 海缆建成后工频电场强度和工频磁感应强度均能满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

5.8.1.4 电磁场对海洋生物的影响

目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还未有科学的定论，电磁环境对海洋生物的影响目前还在研究中。

俄罗斯研究已证实（Poddubny etc.1979），河流中的鱼类从电线下方通过时会有反应，他们猜测这是磁力的影响。Westerberg 和 Begout-Anras（2000）进行了一项遥测研究，对欧洲银鳗在穿越南波罗的海海底电缆时的洄游形式进行了监测。其结果与假设一致，即鳗鲡追随着一个持续的磁性罗盘航向，而并非一个强度相同的直线方向，此直线磁场方向推测是由电缆产生的地磁异常。由于这次跟踪的空间分辨率太低，因而无法得出一个关于磁场影响的肯定结论。实验还发现，环境水深和水流因素也应加以考虑。

Westerberg（1994）还从研究的角度直接考虑近岸风力发电场电磁辐射情况，测试了南波罗的海一座风力发电机附近的欧洲鳗鲡的洄游形式。遥测跟踪监测并未显示洄游形式发生任何改变，至少在不超过风力发电机周围 500 m 处。

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中，对 60 尾正在洄游的银鳗进行超声波标记，并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132 kV 交流电缆（AC）的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4 km 的间隔进行检测。电缆从间隔中

间横穿。通过校正水流引起的水平对流，可以发现鳗鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，但这种影响是很小的，从这些间隔通过引起了平均约 30 min 的延迟，根据调查结论，电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

同时为了进一步分析海上风电场电磁环境对海洋生物的影响，引用厦门大学在厦门大学生态场水池中开展了工频电磁环境对海洋生物短期影响的研究。



图 5.8-1 构建电磁实验

（1）材料与方法

生物材料：

大黄鱼：40 尾，购自漳州浯屿养殖渔排，为人工养殖群体，体重 320—380g，暂养在 12 m^3 的水泥池中 2 天，选取体型完整，潜于水底的个体 25 尾进行实验；

矛尾鰕虎鱼：40 尾，收集自厦门近海系渔民捕获的野生个体。重 127-207 g。与大黄鱼暂养在同一池中选取健康的个体。与大黄鱼暂养在同一池中选取健康的个体 25 尾

半滑舌鳎：40 尾，购买自东山某海水鱼苗种场，系人工育苗的稚鱼，体重 3.0-6.5 g，暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 尾进行实验；

口虾姑：70 尾，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海捕获的野生个体。体重 18.7-22.5 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 尾进行实验；

日本对虾：60 尾，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海捕获的野生个体。体重

10.5-20.3 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 尾进行实验；

菲律宾蛤仔：100 个，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海采集的放养个体。体重 9.6-11.3 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 个进行实验；

缢蛏：60 尾，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海养殖的成体。体重 8.3- 17.6 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 个进行实验。

（2）实验装置

实验在临海的厦门大学海洋与地球学院生态养殖场进行。实验动物置于 200L 的长方形聚乙烯（PE）塑料桶中，实验桶的规格为：750×600 mm，桶与桶之间的间距约 500 mm。实验桶置于木头架子之上，通过弹性填充材料使线圈紧贴在塑料桶下方线圈不直接接触养殖水体。养殖桶内加经过沙滤、沉淀的新鲜海水，盐度 23，温度 18-20℃。不间断充气。桶上覆盖遮阳网，避免外界干扰。每天吸底、更换海水 2 次，换水量为总量的一半。考虑到实验动物更换养殖条件时一般数天不进食，而且实验周期较短，为了保证水质，实验过程未投饵。

（3）交流电磁场构建

选用 0.8 mm 的铜质漆包线，缠绕在外框为 200 mm×400 mm 的长方形框架上。三个实验组的缠绕匝数分别为 200 匝，400 匝，600 匝。线圈的中部均匀的放置硅钢片，硅钢片的叠放厚度达 60 mm。实验组的三个线圈串联介入调压变压器两端，调节变压器的电压，使电流稳定在 0.38 A。采用特拉斯计（上海享通， HT208）测量交变磁场强度。

（4）死亡率

象不明显。鱼类未出现死亡。

对虾的死亡率分别为：对照组：0.36；强磁场（1.2 mT）：0.2；弱磁场（0.3mT）：0.23；其他生物未出现死亡。

（5）生化指标测量

生化指标测定选用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒。由于采用酶标仪对 96 孔板进行 OD 值的测量，所有的试剂用量都按比例缩减。

（6）实验结果

大黄鱼、半滑舌鳎、矛尾鰕虎鱼、口虾姑、日本对虾、菲律宾蛤仔、缢蛏等 7 种海洋生物在强度分别为 0.3 mT，0.6 mT，1.2 mT 交流电磁场的持续作用下 48 小时，测量

获得生物肌肉、肝脏、血液的碱性磷酸酶（AKP），酸性磷酸酶（ACP），超氧化物歧化酶（SOD）的活性，通过总结 SPSS 软件的单因素方差分析的结果可以得出以下结论：

①在以上提到的条件下，工频电磁场能够不同程度的提高大黄鱼、半滑舌鳎、矛尾鰕虎鱼、口虾姑、日本对虾、菲律宾蛤仔、缢蛏等的酸性磷酸酶（ACP）的活性水平，对甲壳动物（口虾姑，日本对虾）肌肉的影响明显强于对鱼类肌肉的影响，对鱼类肝脏的影响明显大于对鱼类肌肉的影响；

②在以上提到的条件下，工频电磁场对于 7 种海洋生物的碱性磷酸酶（AKP）的活性的影响都不及酸性磷酸酶的影响显著。甲壳类的碱性磷酸酶水平均无显著性变化，鱼类肌肉中该酶的活性亦有部分显著升高；

③在以上提到的条件下，工频电磁场对于 7 种海洋生物的超氧化物歧化酶（SOD）的活性的影响可以认为绝大部分都不显著。

通过实验结果可以判断：

①海洋生物能够感知强度为 1.0 mT 以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应，这种生理反应的持久性未进行进一步评估。

②强度在 0.3 mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48 h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著。

③磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有利还有害。若要进行利或害的判断，必须进行长期（几个月甚至是几个世代）、多因素（成活率，生长速度，抗逆性，繁殖力等）的综合考虑。

由于本项目 66 kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1 m 外，磁感应强度已降在 1 μT 以下。220kV 海底电缆，在距离电缆线 5 m 外，磁感应强度已降在 10 μT 以下。本项目电磁的影响范围和影响程度有限，因此本项目建设不会对海洋生物产生较大影响。

5.8.2 陆域电磁辐射类比监测分析

本次环评主要采用类比分析以及理论计算的方法预测本工程陆域集控中心以及线路产生的电磁环境影响。

5.8.2.1 陆域集控中心电磁环境影响分析

（1）类比变电站的选择

在选择类比变电站时，主要考虑主变容量和平面布置方式两方面的因素，本次选用

浙江省主变容量为 3×180MVA 的 220kV 凤凰变电站(户外变)作为类比对象。220kV 凤凰变电站位于杭州市萧山区新街镇，三台主变分别于 2003 年 12 月、2004 年 3 月、2007 年 6 月建成投产，目前，3 台主变均运行良好。220kV 凤凰变电站平面布置详见图 5.8-2，具体类比分析情况见表 5.8-5。

表 5.8-5 本项目与 220kV 凤凰变电站类比分析表

名称	本项目	凤凰变电站
布置方式	主变装置户外布置	主变装置户外布置
主变规模	本工程：3×80MVA	目前：3×180MVA
110KV 进线	本期：2 回	目前：3 回
110kV 配电装置	户外式	户外式
周边情况	南侧山地，北侧集控中心，东侧农田，西侧农田。	站址地形平坦，南北西三侧为农田和菜地，西北和东北侧为村庄

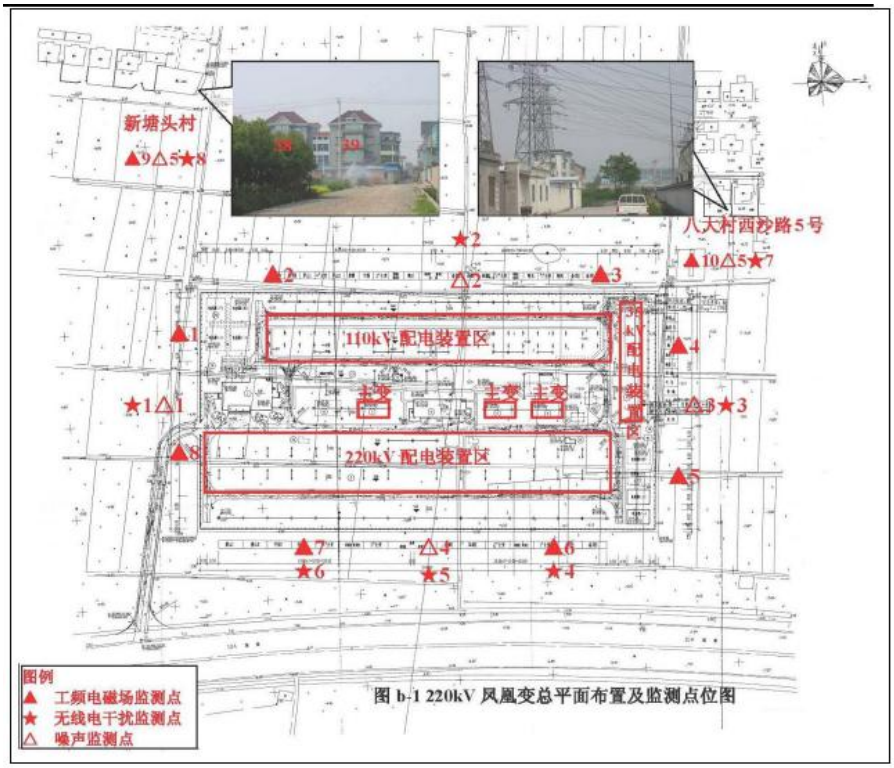


图 5.8-2 凤凰变电站总平面布置及监测点位图

（2）类比监测数据

本次评价类比监测数据采用 2008 年 4 月 28 日对 220kV 凤凰变的竣工环境保护验收监测资料。监测点位置见图 5.8-2，监测时 3 台主变正常运行，监测结果见表 5.8-6。

表 5.8-6 凤凰变电磁场监测结果一览表

测点	点位描述	工频电场强度 *E*(V/m)	工频磁感应强度 *B*(nT)	*备注*

1	西墙外 5m 北边		0.1074	0.00057	
2	北墙外 5m 西边		0.0992	0.000505	110kV 配电装置区侧
3	北墙外 5m 东边		0.431	0.000788	
4	东墙外 5m 北边		0.0062	0.001426	
5	东墙外 5m 南边		0.0046	0.001981	
6	南墙外 5m 东边		0.1642	0.003928	220kV 配电装置区侧
7	南墙外 5m 西边		0.0197	0.003237	
8	西墙外 5m 南边		0.3652	0.00039	
9	新塘头村	38 号	0.0083	0.000041	所西北 150m
		39 号	0.0084	0.000039	
10	八大村西沙路 5 号		0.0049	0.000174	所东北 50m

由表 5.8-6 可以看出，凤凰变电站站址周围的工频电磁场在 220kV 及 110kV 配电装置区总体较高。凤凰变电站围墙外及周围敏感点处的工频电场强度在 0.0046kV/m～0.431kV/m 之间，其中北面围墙外 5m 处(110kV 配电装置区侧)电场强度值最高，达到 0.431kV/m；凤凰变电站围墙外及周围敏感点处的磁感应强度在 0.00039mT～0.003928 mT 之间，其中最大值出现在靠近 220kV 配电装置区的南侧围墙外 5m 处，为 0.003928mT。

可见，凤凰变四侧围墙外的电磁场强度均低于导则推荐的居民区评价标准(电场强度 4kV/m、磁感应强度 0.1mT)。

（3）电磁环境影响预测

结合凤凰变电站围墙监测结果，预测上集控中心建成后，四周厂界外工频电场强度和工频磁感应强度值将基本维持在现有水平，均满足导则推荐的 4kV/m 和 0.1mT 的评价标准要求。

陆上集控中心工频电磁场评价范围外的小京村位于变电站东北侧，最近住户距离变电站西侧围墙约 370 米。据凤凰变电站监测结果，位于变电站西北侧 150m 处的新塘头村其高频电场强度在 8.3×10-3~8.4×10-3kV/m 之间，工频磁感应强度在 3.9×10-5~4.1×10-5mT 之间。因此，小京村居民点的工频电场强度和工频磁感应强度将基本维持在现有水平，能够满足导则推荐的 4kV/m 和 0.1mT 的评价标准要求。

5.8.2.2 陆域电缆电磁环境影响分析

新建架空线路电磁环境影响预测采用《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）的模型计算分析的方法。

（1）理论计算

本工程 220KV 架空输电线路的工频电场、工频磁场影响预测将参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）附录 C、D 推荐的计算模式进行。

①高压交流架空输电线路下空间工频电场强度的计算

a.单位长度导线上等效电荷的计算

高压输电线上的等效电荷是线电荷，由于高压输电线半径 r 远远小于架设高度 h，所以等效电荷的位置可以是在输电导线的几何中心。

设输电线路为无限长并且平行于地面，地面可视为良导体， 利用镜像法计算送电线上的等效电荷

多导线线路中导线上的等效电荷由下列矩阵方程计算：

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2m} \\ \vdots & & & \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \cdots & \lambda_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_m \end{bmatrix}$$

式中：U——各导线对地电压的单列矩阵；

Q——各导线上等效电荷的单列矩阵；

λ——各导线的电位系数组成的 m 阶方阵（m 为导线数目）。

[U]矩阵可由输电线的电压和相位确定，从环境保护考虑以额定电压的 1.05 倍作为计算电压。

[λ]矩阵由镜像原理求得。

b.计算由等效电荷产生的电场

为计算地面电场强度的最大值，通常取设计值最大弧垂时导线的最小对地高度。

当各导线单位长度的等效电荷量求出后，空间任意一点的电场强度可根据叠加原理计算得出，在（x， y）点的电场强度分量 Ex 和 Ey 可表示为：

$$E_x = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{m} Q_i\left(\frac{x-x_i}{L_i^2} - \frac{x-x_i}{(L_i')^2}\right)$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{m} Q_i\left(\frac{y-y_i}{L_i^2} - \frac{y+y_i}{(L_i')^2}\right)$$

式中：xi、yi——导线 i 的坐标（i=1、2、…m）；

m——导线数目；

L_i、L_i'——分别为导线 i 及镜像至计算点的距离，m。

由于接地架空线对于地面附近场强的影响很小，对 220kV 线路排列的几种情况计算

表明，没有架空地线时较有架空地线时的场强增加约 1%～2%，所以常不计架空地线影响而使计算简化。

②高压交流架空输电线路下空间工频磁场强度的计算

由于工频情况下电磁性能具有静态特性，线路的磁场仅由电流产生。应用安培定律，将计算结果按矢量叠加，可得出导线周围的磁场强度。和电场强度计算不同的是关于镜像导线的考虑，与导线所处高度相比这些导线位于地下很深的距离 d：

$$d = 660\sqrt{\frac{\rho}{f}}(\mathrm{m})$$

式中：ρ—大地电阻率，Ω.m；

f—频率，Hz。

在很多情况下，只考虑处于空间的实际导线，忽略它的镜像进行计算，其结果已足够符合实际，如图 3.2-1，不考虑导线 i 的镜像时，可计算在 A 点其产生的磁场强度：

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2 + L^2}}(A/\mathrm{m})$$

式中：I——导线 i 中的电流值，A；

H——导线与预测点的高差,m；

L——导线与预测点水平距离，m。

对于三相线路，由相位不同形成的磁场强度水平和垂直分量都应分别考虑电流间的相角，按相位矢量来合成，合成的旋转矢量在空间的轨迹是一个椭圆。

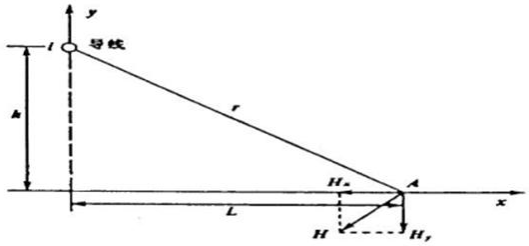


图 5.8-3 磁场向量图

本工程为三相线路， 水平和垂直场强分别为：

$H_x = H_{1x} + H_{2x} + H_{3x}$

$H_y = H_{1y} + H_{2y} + H_{3y}$

H_{1x}、H_{2x}、H_{3x}为各相导线的场强的水平分量；

H_{1y}、H_{2y}、H_{3y}为各相导线的场强的垂直分量；

H_x、H_y为计算点合成后水平分量和垂直分量（A/m）。

为了与环境标准相对应，需要将磁场强度转换为磁感应强度（mT）（一般也简称磁场强度），转换公式的单位为亨利， 换算为特斯拉用下列公式：

$$B = \mu_0 H$$

式中： B——磁感应强度（T）；

H——磁场强度（H）；

μ_0——常数，真空中相对磁导率（$\mu_0=4\pi\times10^{-7}$H/m）

（2）计算参数

预测杆塔型式的选取主要根据杆塔的代表性及数量、对敏感点的影响等方面考虑。本工程新建架空线路采用双回路架设。从环境不利条件考虑，选取水平相间距较小、垂直相间距较小的塔型（工频电磁场相对较大）作为本次预测塔型，本次双回塔 2E8-SJC4。导线参数见表 5.8-7；本工程杆塔（见图 5.8-4）计算参数见表 5.8-8。

表 5.8-7 线路导线计算参数一览表

工程 参数	220KV 海缆登陆点至陆上 220kv 变电站 220kv 输电线路
导线型号	JL/G1A-400/35-4817 钢芯铝绞线
线路电压	220kV
架设方式	双回，垂直排列
外径	26.8mm
导线截面积	452.24mm^2
底相导线对地最小距离（m）	25
线路计算电流（裸导线）	418A

注：线路计算电流选取裸导线的安全载流量（持续容许负荷 A）进行保守预测

表 5.8-8 塔杆计算参数一览表

导线排列方式	相序排列及相对坐标（以塔杆中心）（m）					
垂直	左回路			右回路		
		x	y		x	y
	A	-6	48.5	A	4.5	48.5
	B	-7.9	42.1	B	6.2	42.1
	C	-6.7	36	C	5	36

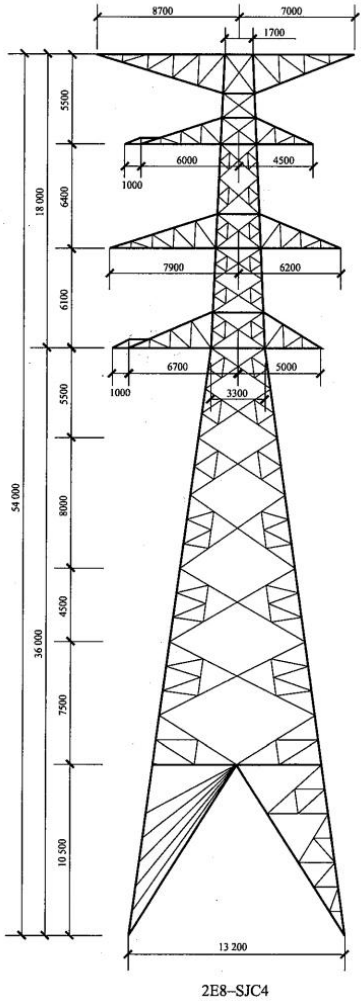


图 5.8-4 本预测选取典型杆塔图

（3）预测点设置

本次评价预测以输电线路走廊中心对应导线最大处的地面投影为起点，沿垂直于线路方向布设预测点。根据设计单位提供的资料，导线对地最低高度位为 15.3m，预测地面 1.5m 高处的电场强度、磁感应强度，同时预测线路沿线各环境敏感目标的电场强度及磁感应强度。

表 5.8-9 导线的对地距离情况一览表

序号	线路经过地区	导线对地最小距离（m）	备注
1	基本农田	18.5	最大弧垂 6m
2	居民区	26.8	
3	**全线路段对地最小**	**15.3**	

（4）预测结果

根据项目 220kV 架空输电线路电场强度、磁感应强度随距离变化预测结果见 5.8-10。

表 5.8-10 项目 220KV 架空输电线路电场强度和磁感应强度预测结果

中心线距离（m）	磁场强度（μT）	电场强度（V/m）	中心线距离（m）	磁场强度（μT）	电场强度（V/m）
0	3.71	768.61	16	2.65	1092.34
1	3.71	820.46	17	2.53	1010.66
2	3.71	877.73	18	2.42	924.33
3	3.70	939.85	19	2.30	836.37
4	3.69	1005.50	20	2.19	749.30
5	3.66	1072.50	25	1.72	379.12
6	3.62	1137.94	30	1.36	155.38
7	3.57	1198.37	35	1.09	131.76
8	3.51	1250.08	40	0.89	116.77
9	3.43	1289.45	45	0.73	112.99
10	3.34	1313.37	50	0.61	110.56
11	3.24	1319.64	60	0.44	105.67
12	3.13	1307.19	70	0.34	93.74
13	3.01	1276.29	80	0.26	82.12
14	2.89	1228.42	90	0.21	72.47
15	2.77	1166.06	100	0.17	64.82

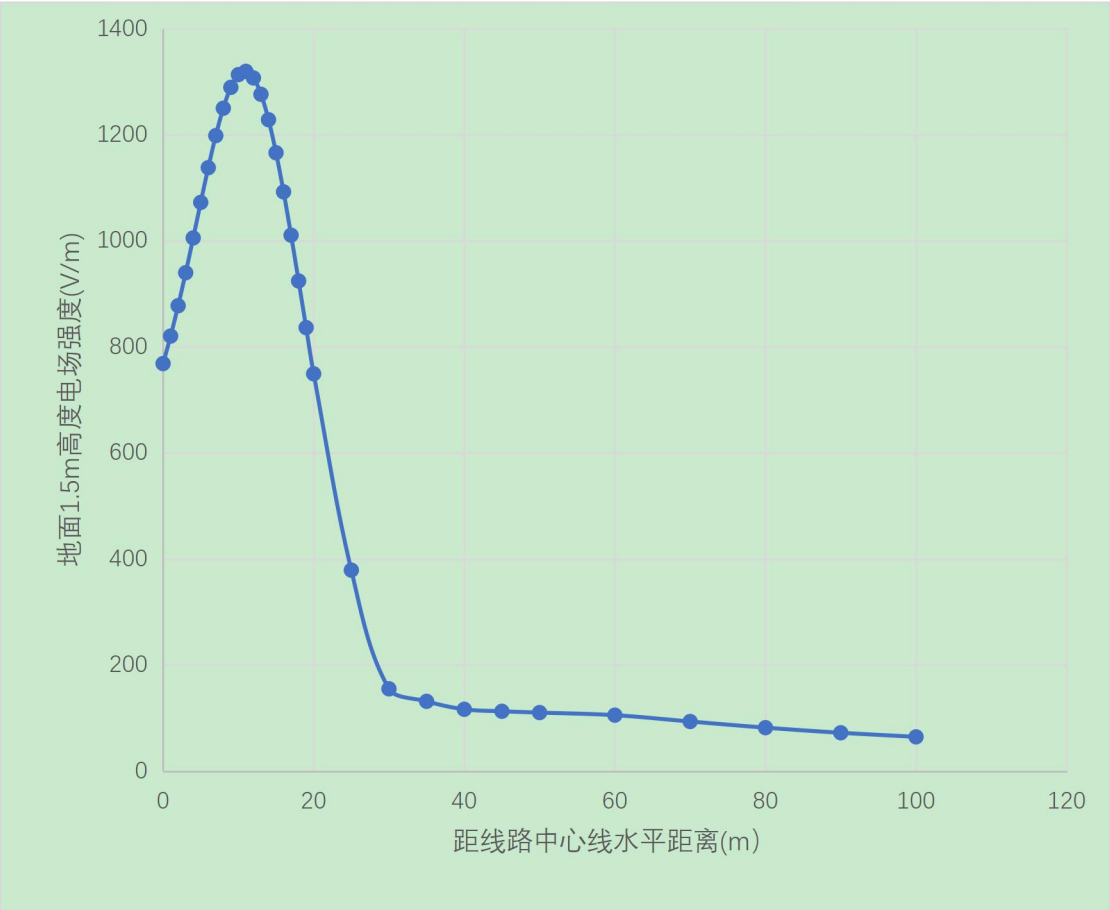


图 5.8-5 线路电场强度变化趋势图

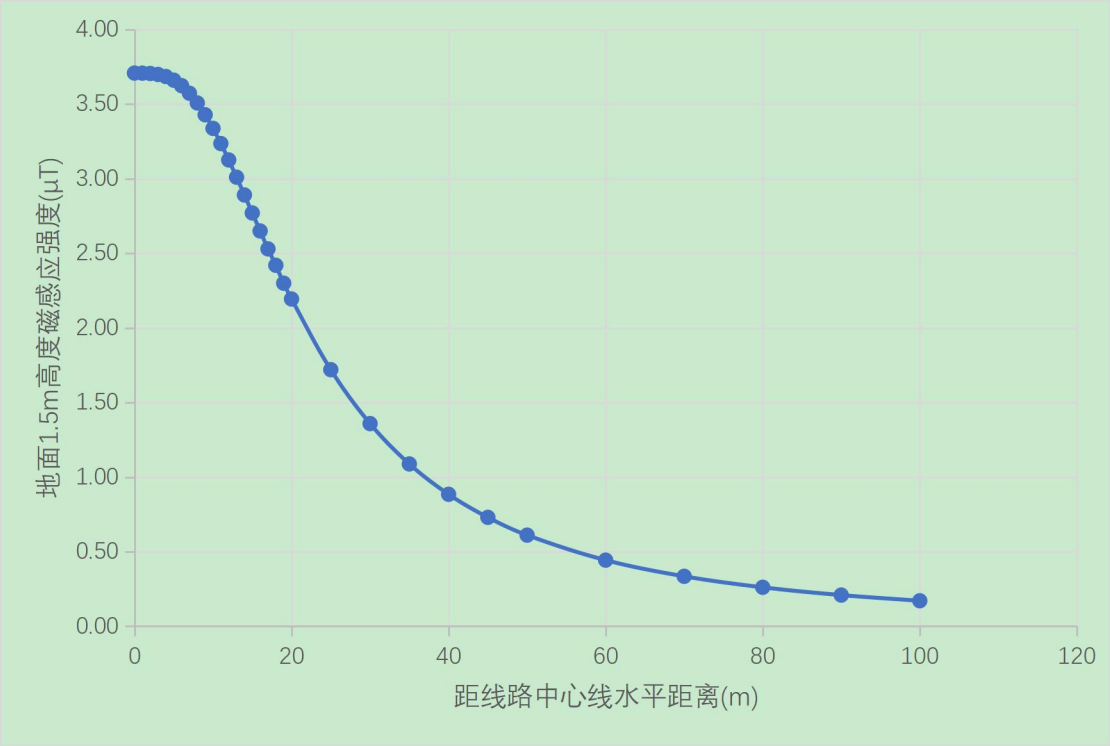


图 5.8-6 线路磁场强度变化趋势图

根据上文预测，当导线对地最低高度为 15.3m 时，地面 1.5m 高度处，项目 220kV 架空输电线路边导线附近工频电场强度最大值为 1319.64V/m，磁感应强度最大值为 3.71μT，线路产生的电磁环境影响能满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中规定的限值要求（工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100μT）。

（5）敏感目标电磁环境影响分析

根据本工程资料和现场踏勘，本工程沿线敏感点出环境影响分析结论及预测结果见表 5.8-11。

表 5.8-11 表敏感目标处环境影响分析结论及预测结果

序号	敏感点	距边线中心最近距离	建筑情况	预测点高度	对地最低线高	对屋顶最低线高	预测结果		评价结论
							工频电场强度（kV/m）	工频磁感应强度（μT）	
1	居民楼	水平 10；楼顶铅垂 19.8	2 层平顶，楼高约 7m	8.5m	26.8	19.8	1.076	2.39	满足标准
2	基本农田	\	\	1.5 m	18.5	\	1.150	2.93	

备注：居民楼预测位置为距离导线最近的二楼天台处。

根据上文预测结果分析可知，本工程导线最近的环境保护目标电磁环境小于《电磁

环境控制限值》（GB 8702-2014）中的规定频次 50Hz 的公众曝露控制限值（工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100μT），满足要求。

根据上文预测结果，电磁辐射预测结果最大值皆小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的规定频次 50Hz 的公众曝露控制限值（工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100μT），为 1319.64V/m 及 3.71μT，影响程度较小。建议线路周边 25m 内不要新建居民楼、学校及医院等建筑。

5.9 固体废弃物环境影响分析

5.9.1 施工期产生的固体废弃物环境影响分析

按每人每天产生量为 1.0kg 计，则施工人员生活垃圾产生量为 760kg/d。海上生活垃圾通过船舶清运至陆上，陆上生活垃圾通过垃圾桶收集，由当地环卫部门定时清运，对周围环境影响很小。

项目总弃方量约 2.03 万 m^3，均往霞运浦县建筑垃圾临时受纳场。施工结束后采取植被恢复等水土保持措施，对环境影响较小。

5.9.2 运营期产生的固体废弃物环境影响分析

（1）一般固废

因本工程运营期仅有少量运维工作人员，会产生少量生活垃圾，产生量约为 7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环环卫部门及时处理，不会对环境产生不利影响。运行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活垃圾量约为 100kg，统一收集上岸后交由当地环环卫部门及时处理。

（2）危险废物

风电机组与集控中心设备每年检修两次，检修过程将产生油渣、油垢、机修废油等，含油废物产生量约为 0.2t/a，含油废物属危险废物，统一收集后交由有资质的单位进行处理。

工程运行期间产生的固体废物主要为风机机舱和轮毂中更换的润滑油，润滑油约每 3~5 年更换一次，每台风机内部润滑油约 1.4t。按每 3 年更换一次，风电场运行 25 年润滑油总产生量约 560t，则平均每年更换量为 22.4t/a。风电场风机维护工作由有资质的电力运营维护单位进行，维护完成后润滑油等废物由维护单位处理、处置，不在站内暂存。

事故排油经事故贮油池处理后，立即按照事故应急响应机制要求交由有资质的单位

进行转移处理，不在站内暂存。运营期变压器与高压电抗器事故排油、油渣、废旧变压器属于危险固废，废物代码 900-220-08、HW08（变压器维护、更换和拆解过程中产生的废变压器油）。废旧变压器由专业厂家回收利用。

本项目采用免维护铅酸蓄电池作为系统后备电源，使用寿命约 5 年，共两组，当蓄电池需要更换时，建设单位提前通知年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置，并落实《危险废物转移管理办法》的要求，废铅蓄电池不在站内暂存。

5.10 工程建设对鸟类的影响

5.10.1 施工期对鸟类的影响

本项目施工期对鸟类主要影响因素有：风力发电机组基础施工、风力发电机组安装、船舶运输、海上电缆铺设等施工活动。各种施工机械如施工和运输船舶、风机高桩承台施工、海上分体组装与吊装、海上电缆铺设时两栖挖掘机挖沟和挖泥抛石船等施工活动所产生噪声、干扰，会对风电场施工区及周边的水鸟产生一定的影响。

（1）施工期对鸟类栖息和觅食影响

根据调查，项目评价区主要分布有鸥类、鸻鹬类、鹭类、普通鸬鹚等一些水鸟和鸠鸽类、雀形目鸟类。风电场及周边主要为海域和浅海水域、岩石海岸，风电场及周边分布有白额燕鸥、黑尾鸥等鸥类，其他鸟类较少。

根据鸟类生物学和生态学特性，结合对鸟类行为学研究实践，针对施工期对栖息和觅食的具体影响分析如下：

①游禽类：包括普通鸬鹚、白额燕鸥和黑尾鸥等游禽类，喜集群或单独活动，重度受人为活动干扰，黑尾鸥和普通鸬鹚在福建省沿海广泛分布，数量较大。在施工期，距离其 150-200m，就会对其活动产生影响，在距离 200m 以上，影响会明显减弱。项目评价区鸟类主要分布在北礵岛和南礵岛之间靠西一侧的无人小岛和附近海域，其中过门岛、猴礵岛、棺材礵岛、红礵岛和土河岛等岛屿这些鸟类数量较大。由于风机布置离鸟类分布区较远，离最近东礵岛 2km 以上，施工期对风电场施工区及周边觅食活动的白额燕鸥和黑尾鸥等鸥类产生影响较小，施工期活动虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但受影响程度为轻微影响，影响有限，项目区周边可以容纳其继续生存、觅食，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。

风力发电机组基础施工、机组安装及海底电缆铺设会破坏项目区的海洋底栖生物和鱼类的生境，使项目区的底栖生物和鱼类的种类和生物量减少，进而影响鸥类觅食。但

由于施工作业属短期行为，施工结束后，底栖生物和鱼类可在一定时间内得以恢复，同时施工影响范围仅限于风机周边，施工活动对水域的扰动影响有限，仅局部影响周围水域内水生生物的种类和数量，而且在风电场施工区的鸥类活动较少，因此项目建设对鸥类和普通鸬鹚产生较小影响。

②鸻鹬类：包括金眶鸻、环颈鸻、黑腹滨鹬等鸻鹬类，为冬候鸟，通常单独或者成群活动，中度或重度受人为活动干扰，在福建省沿海广泛分布，种群数量大。在施工期，距离其 100m 左右，就会对其活动产生影响。主要分布于北礵岛周边沿岸的沙石海滩和岩石海岸，由于项目评价区缺乏高潮位时停歇地，鸻鹬类等鸟类在项目评价区分布较少，为少量零星分布。距离风机超过 4km，施工活动对鸻鹬类基本无影响。

③鹭类：包括苍鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭、白鹭等鹭类，在福建省广泛分布，数量大，主要分布在项目评价区沿岸及水产养殖场，通常集群栖息，分散活动觅食，项目评价区只是少量零星分布，轻度或中度受人为活动干扰。在施工期，距离其 20-50m，才会对其活动产生影响。鹭类分布区域离风电场施工区 4km 以上，在风电场施工区无鹭类分布，风电场施工对鹭类影响很小。

④伴人居和农田鸟类：主要有八哥、家燕、白鹡鸰、云雀、麻雀、等，通常单独活动或者集群，在农田或者村庄附近活动，中度或轻度受人为活动干扰。伴人居和农田鸟类对人的适应性强，对人类干扰不敏感，而且分布范围广，普遍分布。在项目评价区主要分布在东礵岛、南礵岛、西礵岛、北礵岛等 4 个大的岛屿和周边的棺材礵岛，离风机施工区距离远 4km 以上，施工活动对伴人居和农田鸟类的栖息环境基本不影响，施工期基本不会对伴人居和农田鸟类造成影响。

综上所述，由于风电场施工区为海域，鸟类主要为鸥类，除了鸥类数量有 3000 多只外，其它鸟类的种类和数量较少，属于广泛分布的种类，为常见物种，且多数属于轻微或者中度受干扰的种类。施工期虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但项目建设区距鸥类停歇的部分岛屿较远，受项目建设影响的物种及其数量也有限，项目区周边可以容纳其继续生存，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。

但鉴于风电场施工期会对鸥类产生一定影响，为尽量减轻施工对风电场施工区周边鸥类的影响，建议项目施工时还应合理安排施工时间，离鸥类分布较近的风机施工尽量避开夏季鸥类栖息期施工，避免施工对鸥类的影响，同时合理布置施工船舶运输路线，

减小施工期对鸥类的影响。通过施工期监测，若有白额燕鸥等燕鸥类在项目评价区繁殖，则应加强对燕鸥类繁殖活动的影响监测，及时采取相应保护措施。

（2）施工期对鸟类迁徙影响

由于项目区域缺乏适合鸻鹬类、鹭类等涉禽类栖息的潮间带滩涂。施工区不涉及鸟类鸻鹬类、鹭类等涉禽类栖息地，同时项目评价区不是水鸟主要迁徙路线，因此施工时对鸻鹬类、鹭类等涉禽类迁徙基本上无影响。

项目评价区域迁徙鸟类主要为鸥类等游禽类，在评价区分布的种类和数量较少，属于广泛分布的种类。施工时仅涉及少量的涉禽类活动区域，而且在此区域活动鸥类等游禽类数量较少，同时项目建设区距离福宁湾和三都湾鸟类迁徙主要越冬地和迁徙路线 30km 以上项目评价区不是迁徙鸟类主要迁徙路线，对偶尔在上空迁徙路过的鸟类影响很小。因此，施工期对鸥类等游禽类迁徙影响较小。

综上所述，项目建设区距离福宁湾和三都湾鸟类迁徙主要越冬地和迁徙路线 30km 以上，而项目评价区不是迁徙鸟类主要迁徙路线，项目建设施工期对迁徙鸟类影响较小。

（3）施工期对鸟类繁殖影响

截至目前实地调查情况看，未发现项目评价区有白额燕鸥等鸥类集中繁殖的区域，在北礵岛、南礵岛、西礵岛、红礵岛、猴礵岛和观音礵岛等岛陆生境上的鸟类主要是鸥类和一些伴人居和农田鸟类，主要有黑尾鸥、白额燕鸥、普通燕鸥、八哥、家燕、麻雀、池鹭、白鹭等，通常单独活动或者集群，在农田或者村庄附近活动，中度或轻度受人为活动干扰。伴人居和农田鸟类对人的适应性强，对人类干扰不敏感，而且分布范围广，普遍分布。在项目评价区北礵岛、西礵岛、南礵岛等岛屿以及周边小岛屿沿岸，离风机施工区超过 4km 施工期不会对繁殖鸟类造成影响。但应加强监测，及时关注对燕鸥类活动的影响，并制定相应保护措施。

（4）陆上集控中心和升压变电站施工对鸟类影响

施工期陆上集控中心基础土石方开挖的运输车辆、推土机、混凝土搅拌机、振捣棒等施工机械产生较强的噪声，虽然这些施工机械属非连续性间歇排放，但由于噪声源相对集中，且多为裸露声源，故其辐射范围和影响程度较大，对陆上集控中心及周边的鸟类产生一定的影响。

陆上集控中心项目区周边鸟类是以伴人居和农田鸟类为主，主要有八哥、家燕等伴人居和农田鸟类，通常单独活动或者集群，中度或轻度受人为活动干扰。在施工期，距

离其 10-40m，会对其活动产生影响，少量会受影响的鸟类会远离项目区活动，到附近其他区域活动，使该区域鸟的种类减少、种群数量降低，待施工结束后，其影响可以消除。这些鸟类在福建省普遍分布，数量多。因此，施工期对陆上集控中心分布的鸟类影响较小。

海上升压变电站未发现鸟类分布，施工对海上升压变电站周边鸟类基本不产生影响。

5.10.2 运营期对鸟类的影响

（1）陆上集控中心和升压变电站对鸟类影响分析与评价

运营期陆上集控中心、升压变电站对鸟类的影响主要是陆上集控中心项目区及周边陆鸟的影响。主要影响因素是运营时噪声、人为活动、电磁辐射以及灯光等对项目区的鸟类产生影响，促使一部份鸟类如云雀等不能在项目区活动，远离项目区，到周边类似生境区域活动。但是如麻雀、鹊鸲、白头鹎和八哥等鸟类，还能在项目区栖息、觅食等活动。

随着陆上集控中心、升压变电站建设完成后，项目区内的生境等消失，项目区的陆鸟数量和种类减少。但由于周边的生境适合这些鸟消失，项目区的陆鸟数量和种类减少。但由于周边的生境适合这些鸟类生存，不会导致这些鸟类死亡或灭绝，而且陆上集控中心、升压变类生存，不会导致这些鸟类死亡或灭绝，而且陆上集控中心、升压变电站项目区没有珍稀鸟类分布，未发现国家重点保护鸟类。因此，运电站项目区没有珍稀鸟类分布，未发现国家重点保护鸟类。因此，运营期陆上集控中心、升压变电站对鸟类影响小。营期陆上集控中心、升压变电站对鸟类影响小。

（2）运营期对鸟类觅食的影响分析与评价

①对冬候鸟觅食的影响分析与评价

根据调查，项目评价区冬候鸟有普通鸬鹚、白鹭、苍鹭、大白鹭、环颈鸻、黑腹滨鹬、西伯利亚银鸥等，是项目评价区主要的迁徙越冬候鸟，但这些冬候鸟种类数量均较少，仅有约 9 种 50 只左右，且是常见、广泛分布的物种，这类鸟类主要是在北礵岛和南礵岛之间靠西一侧的无人小岛沿岸的岩石海岸和附近海域觅食或停歇。风电场距离鸻鹬类和鹭类觅食地超过 2km，运营期对其觅食没有影响由于在项目评价区分布冬候鸟游禽水鸟的数量较少，离风机距离大于 3km 运营期对鸥类和普通鸬鹚会产生较小影响。

由于风电机在运转过程中会产生叶片扫风噪声和机械运转噪声，多数风机轮毂处的

噪声可达 100dBA）以上。由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，与风机近距离的接触将使鸟类难以适应，在该噪声环境条件下，风机转动存在对鸟类驱赶作用，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围，使水鸟放弃风电场区域作为觅食地。风电场分布水鸟主要是鸥类、普通鸬鹚，偶尔在此飞翔和觅食。另外，候鸟在迁移途中觅食时，飞行高度一般低于 200m，而风机叶片旋转高度约为 22-198m。因此，风机运行将直接对风电场内的鸟类觅食产生影响，直接影响部分鸟类在风电场范围内的觅食飞行，所以风电场范围将不适宜作为鸟类的栖息觅食场所。鸟类对栖息地大都有记忆，一旦生境破坏或改变，鸟类将避开原觅食地，这种影响将是长期的、不可逆的。

项目评价区海上风电场建成后将使风电场区域鸟类觅食的范围基本不影响，在风电场邻近海域能够满足水鸟觅食需求，不会导致风电场附近海域水鸟种群密度降低，同时由于风机的转动噪音将影响海域中鱼类的活动规律和分布，但是对水鸟的食物量影响有限。

但是，鸟类对噪声具有较大的忍耐力，对于稳定的噪声很快就会适应。德国曾在 1994 年～1999 年在 30 台风力发电机附近，研究风机噪声对鸟类的影响，结果发现，距离鸟类的栖息地 250m 以上，风力发电机组噪声对鸟类正常的栖息、觅食的影响较小。

虽然风电场理论占用水鸟可能的觅食地，但是由于项目评价区海上风电场周围海域分布的水鸟种类少，在此活动的水鸟数量也少，风电场及周边海域不是候鸟迁徙途中的主要觅食地。而且被风机占用区域周边海域水生生物分布受到影响小，原有底栖生物的生境没有改变，不会使冬候鸟的觅食环境受到大的影响。因此，风电场对冬候鸟觅食地食物量影响小，对冬候鸟觅食造成影响很小。

而且本项目为海上风电场，不占用沿岸滩涂、水产养殖场等冬候鸟的觅食地，项目评价区岛上和沿岸滩涂等水鸟的主要觅食地未受影响。鸻鹬类和鹭类主要分布在项目评价区岛上和沿岸滩涂，风机不会对鸻鹬类和鹭类等涉禽的觅食造影响。因此，风电场对项目评价区鸻鹬类和鹭类等越冬水鸟的觅食影响很小。综上所述，风电场运营期主要是风电场对水鸟觅食范围和食物量产生较小的影响，对冬候鸟觅食的影响程度较小。

②对留鸟觅食活动的影响分析与评价

项目评价区留鸟有白头鹎、八哥、鹊鸲、麻雀等留鸟，这些留鸟主要是分布于项目评价区岛上以及陆上集控中心，陆上集控中心及周边有分布，陆上集控中心占用留鸟的活动场所及觅食资源。由于陆上集控中心人为干扰以及环境改变、食物匮乏，这些留鸟

大多数鸟类会选择回避，减少进入该区域活动，甚至可能放弃这里作为觅食地，使得陆上集控中心区域适宜鸟类停歇、觅食的范围减小，从而影响陆上集控中心鸟类觅食，使鸟类在邻近区域重新选择觅食地。

虽然陆上集控中心对这些鸟类的栖息、觅食产生一定的不利影响，但是由于这些留鸟为福建省广泛分布的鸟类，觅食范围广泛，周围也是其觅食地，陆上集控中心对这些留鸟觅食影响较小。在短暂的活动范围调整之后，这些留鸟很快就会适应周边新的环境。海上风电场建设区域在海上，不是项目评价区留鸟栖息地，风电场海上建设对留鸟没有影响。

海上风电场建设区域在海上，不是项目评价区留鸟栖息地，风电场海上建设对留鸟没有影响。

③对夏候鸟觅食的影响分析与评价

根据调查，调查评价范围夏候鸟有鸥类（黑尾鸥、白额燕鸥、褐翅燕鸥、黑枕燕鸥）、鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）、白腰雨燕、黑卷尾、家燕等 11 种。项目评价区夏候鸟鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕等，主要分布在岛屿的沿岸滩涂和附近海域附近，项目评价区的白鹭、牛背鹭等鹭类觅食主要是在沿岸潮间带随着潮水的涨退而进行迁移，觅食地距离风电场 4km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场对家燕和鹭类等夏候鸟觅食基本无影响。

根据观察鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕几乎不会进入风电场区域觅食，不会到风机周围活动，风电场区域夏候鸟觅食基本不受影响，而且整个项目评价区周边范围大，附近其他区域也是其觅食地，完全能够满足池鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕觅食需求。因此，风电场风机的运转对鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕等夏候鸟觅食的影响很小。

项目评价区是夏候鸟游禽鸥类（黑尾鸥、白额燕鸥、褐翅燕鸥）繁殖区，但未发现有鸥类在评价区内集群繁殖，且不是其主要觅食区。

综上所述，宁德霞浦 B 区海上风电场工程仅占用少量鸟类的觅食地，而且风电场距离项目评价区鸟类主要觅食地较远，风电场对冬候鸟、留鸟和夏候鸟觅食影响小。

（3）运营期对鸟类迁徙的影响分析与评价

①风机高度对迁徙鸟类的影响

宁德霞浦 B 区海上风电场虽然处于东亚—澳大利西亚候鸟迁徙大的通道上，鸻鹬

类、鸥类和普通鸬鹚水鸟为项目评价区鸟类的优势种，也是主要的迁徙鸟类。通过鸟类相关文献及历史资料可知鸟类迁徙路线主要集中于近岸湿地及滩涂范围内，本项目风电场区离岸距离约 15km，水深 17-23m，距离湿地及岸线较远，风电场区并非迁徙鸟类主要的迁徙路线。

鸻鹬类、鸥类和普通鸬鹚类的迁飞主要在高空中依靠气流来带动飞行，鸻鹬类、鸥类和普通鸬鹚迁徙大多是高空迁飞，这些候鸟迁飞高度超过 300m 项目评价区海上风电场的风机轮毂中心高度 110m，叶片直径 175m，总高度 198m，本项目风机叶片旋转的范围在离地面 22-198m 之间，鸟类迁飞的高度远超过风机的轮毂和叶片的高度。因此，风电场风机对水鸟迁徙影响很小。

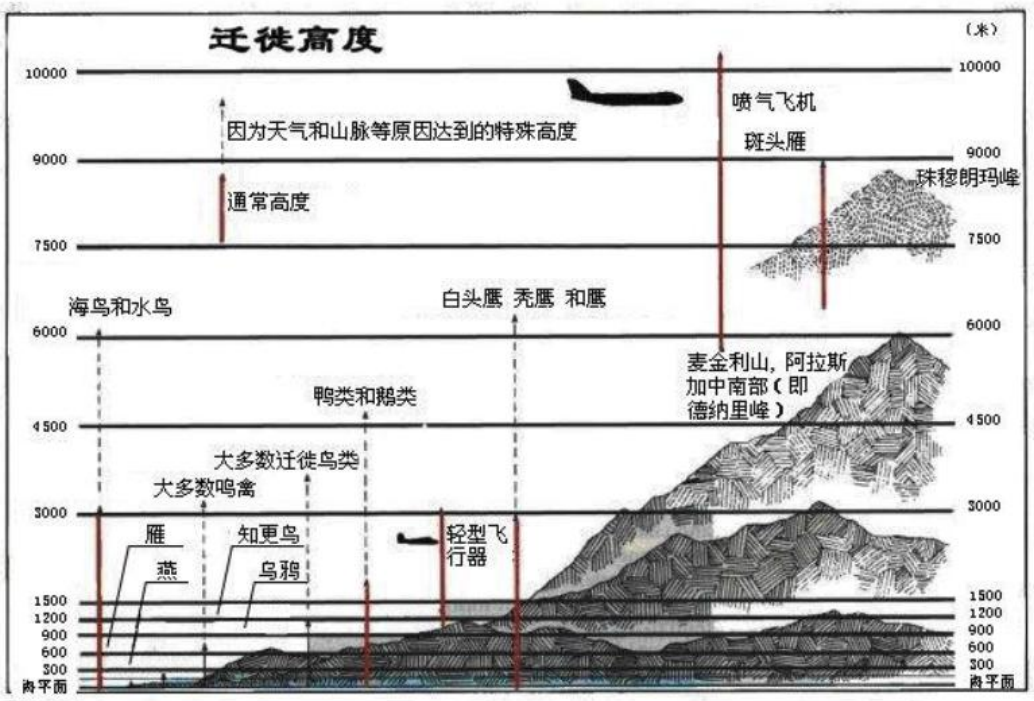


图 5.10-1 不同鸟类类群的飞行高度示意图

据美国审计署统计，雀形目鸟类是与风机撞击更多的鸟类，占撞击死亡鸟类的 80%左右。小型鸣禽如往返于休息地与觅食地、饮水地等的迁徙活动中，都是低空飞行，飞行高度大都低于 100m，尤其在鸟类迁徙密集区域撞机风险更大，碰撞塔架或风机叶片造成伤亡。但是同撞飞机、汽车、建筑物、通讯塔、架空电线等鸟类死亡的数量相比，死于风电场风机下的鸟数量是很少的，海上风电场对于鸟类撞击死亡的影响比较小。风机主要对少数飞行高度较低的小型鸣禽迁徙构成威胁，但是这些鸣禽迁徙路线在陆地上，没有经过海面，本项目海上风电场不存在风机对小型鸣禽迁徙的影响。

②风机转动速度对迁徙鸟类的影响

根据目前的研究监测资料，鸟撞风机与一系列因素相关，如鸟的种类、数量、行为、地形地貌、天气状况、风力电场的地理位置等。当风电场位于或靠近鸟类迁徙通道或鸟类局部大量集聚的区域时，鸟撞发生的概率会大大增加。鸟类在捕食时要降低飞行高度，更容易与风机相撞。

由于鸟类与风机发生撞击而造成死亡通常与风机的转速呈一定的相关关系，一般变速的风机对鸟类的影响较大。据统计，有 80%以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤。

根据我们对周边已建的风电场观察，并未发现有鸟类撞风机死亡的现象。但是，为了更好地解决项目评价区风能资源开发和候鸟资源保护之间的矛盾，建议长时期对鸟类进行连续观测，并在风电场周围建立鸟类观测站，加强对风电场区域鸟类生活习性（栖息、觅食、迁飞）的观察。

（4）对鸟类繁殖的影响分析与评价

陆上集控中心附近夏候鸟和留鸟主要是家燕、白头鹎、棕背伯劳、八哥、鹊鸲和麻雀等鸟类，分布数量较少，在项目评价区范围内发现黑尾鸥在红礵岛和棺材礵岛集群繁殖，访问到历史有白额燕鸥、普通燕鸥和褐翅燕鸥等燕鸥类在长鸟岛及周边岛屿集群繁殖，但 2023 年未发现燕鸥类在此区域集群繁殖。

海上风力发电场风机运转时发出的噪音以及风力发电场的工作人员的活动对风电场和周围的繁殖鸟类也会造成一定的干扰，使这些鸟类远离风电场活动。而且在繁殖期育雏期间，飞行频繁而且风机的叶片运转所产生的噪音和气流干扰可能会改变觅食地区鱼类等水生生物的活动格局，会对繁殖鸟类的觅食和繁殖生态造成影响，导致繁殖鸟类繁殖成功率下降。但是，项目评价区海上风电场风机离项目评价区东礵岛岸边最近距离大于 4km，风电场不是黑尾鸥和燕鸥类的主要觅食地，风机运转产生的噪音经过衰减，在距风机直线距离 4km 处已衰减至 32dB 以下，因此，风电场运用其噪声对鸟类繁殖影响很小。

（5）对鸟类栖息地的影响分析与评价

项目评价区主要是岛屿、岩石海岸和海域，分布的鸟类主要为鸥类、鸻鹬类、鹭类以及普通鸬鹚等，离风电场 5km。

本项目为海上风电场，距离北礵岛等岛屿 5km 以上，风电场对水鸟以及陆地的鸟类栖息、觅食产生的影响相对较小，而且分布在风电场周围的鸟类相对较少，对鸟类栖息

地总体影响小。

项目建成后，风电场可能对本区鸟类活动的影响主要表现在两个方面：一是风电机组桨叶的运动，风机运行时，风轮机转动对低飞的鸟起到驱赶和惊扰的作用；主要是对留鸟产生影响，对候鸟和旅鸟影响不大，所以运行期产生的噪声对项目评价区迁徙候鸟的影响较小，项目评价区海上风电场范围内未发现有留鸟分布，不存在风电场对留鸟的影响。二是风电机组的噪声，风电机组的噪声超过 100dB，主要是气流与风机叶片作用产生的，属于比较稳定持续的噪声，该噪声对鸟类的有一定影响。根据相似环境的已建成的风电场调查资料，由于整个风电场海上布置，鸟类对噪声的敏感性，在风电场及其周边候鸟栖息将不可避免地受到某种程度的影响，从而远离风电场，在风电场周边海域上停歇或栖息的候鸟将有所减少，同时风电场的建立占用一定面积的鸟类生境，从而迫使栖息在风电场范围内的鸟类迁移到别处，重新选择适宜的生境。风力发电机组噪声、风机以及气流干扰等会影响鸟类正常的栖息环境。

选择类似风电场作为参照物。根据对风电场的周边鸟类调查监测，参照营运期对鸟类种群、数量与分布的影响，结合本项目评价区鸟类及生境现状的调查，分析本项目营运期对鸟类影响可知项目区 400m 以内的鸟类种类和数量较少，风电场的建设占用的面积较小，且风电场建设后，鸟类仍可以停留在项目区。因此风电场建设后，对当地鸟类的栖息地影响较小，项目的建设对鸟类的栖息地影响在可接受范围。

5.11 陆域生态环境影响分析

5.11.1 施工期生态影响分析

（1）土地占用

本项目工程占地分为永久占地和临时占地。

输电线路塔基永久占地将改变其现有性质，根据建设单位提供资料，塔基永久占地面积约为 0.122hm^2，其中永久占用林地面积约为 0.034848hm^2。每个塔基需要施工临时用地面积 125m^2（其中 7#塔基施工临时用地占用集控中心永久占地），塔基临时用地面积共 750m^2；塔基附近均已有道路连通，仅需考虑部分塔基与现有道路连接临时施工便道，施工便道总长度约 200m，便道临时用地面积共 900m^2；本工程需布设 1 个牵张场，占用集控中心永久占地；临时占地总计 1650m^2。

临时占地：施工道路就近选择现有乡道及村道，施工场地和牵张场应选择现有空地，本项目仅有集控中心站址及塔基涉及永久占地，在项目建设过程中，临时占地只发生在

项目施工期间。但项目结束后，临时占地均可恢复原有土地利用功能，土地利用类型不会发生改变。合理安排在征地范围内，采用钢板铺设牵张场，施工结束后及时拆除，重新疏松土地，可恢复原有土地功能。通过严格控制施工占地，合理安排施工工序和施工场地，及时清理并恢复临时占地原貌及原有使用功能，施工期临时占地影响较小。

（2）对植被的影响

线路塔基开挖、平整、土石料临时堆放等将造成植被面积的减少。但由于输电线路塔基开挖面积相对较小，直接造成土石方开挖量和植被破坏面积小，施工结束后及时对塔基及周边进行绿化，恢复植被种类选择原有物种。工程永久占地对其影响只是植被面积和覆盖度的减少且覆盖面积较少（约为 0.121968hm^2），不会对植物物种多样性产生影响。

为保护自然环境，减少植被受损和水土流失，本工程所有塔型均设计了全方位长短腿，塔腿级差设计为 1.5 或 1.0m。各塔四条腿可根据实际地形自由调节组合，并配合高低基础使用以适应塔位原地形，这样基本上不需降低基础的施工基面，改善了以往工程中根据根开大小平整一块场地而造成大量土石方开挖和水土严重流失的情况，使送电线路铁塔施工对塔位附近植被的损坏程度降到最低。

线路跨越集中林区，尽量利用现有道路，施工材料由人力、畜力运至塔位处，以减少修建临时施工便道等临时占地。由于临时施工占地面积小、干扰程度较轻、干扰时间短，施工结束后对临时施工占地扰动区域及时进行恢复，可以有效降低施工对生态系统功能的损害。

线路跨越集中林区应根据地形合理选择铁塔，采用增高铁塔直接跨越方式，不砍伐线路通道，跨越高度按林木自然生长高度确定，对部分危害线路运行安全的植被进行去顶及修枝。在选择塔位时，应根据现场实际情况，合理布置铁塔位置，将塔基布置在林木较少地区，以减少塔基处的林木砍伐，工程施工后，输电线路塔基处土方开挖和植被的清除，永久性改变了土地利用方式，在一定程度上降低了生态环境的生态效能。但由于输电线路塔基开挖面积相对较小，直接造成土石方开挖量和植被破坏面积小，施工结束后及时对塔基及周边进行绿化，植被恢复选用灌草结合的方式进行，植被种类选择原有物种，本工程对其影响只是植被面积和覆盖度的减少，不会对植物物种多样性产生影响。因此，工程建设使用的永久占地对区域生物多样性的影响可以接受。

树木砍伐后在林内形成林窗，使塔基周围处的微环境如光辐射、温度、湿度、风等

因素发生变化，但由于项目砍伐造成的林窗数量少，因此不会对原有林地造成系统性破坏，不会促使演替的逆向发展，同时少量林窗的形成有利于实生苗的更新，促进林下喜光植物的定居、生长，一定程度上可能会增加物种多样性。因此本工程跨越林区的线路建设不会造成大幅度的森林面积和生物量的减少，不会造成原有植被逆向演替。

综上，项目建设对植被影响较小。

（3）对动物的影响

本线路建设施工期对野生动物的影响主要表现为施工人员活动、施工机械、车辆的噪声对野生动物的短暂惊吓和干扰，影响动物的正常活动。受施工影响，这些野生动物会产生规避反应，远离施工区域，待施工结束后会陆续返回至附近，不会造成区域动物种类和数量的减少。沿线动物主要为鸟类、蛇类及鼠类等常见物种，线路评价范围内未发现珍稀及受保护的野生动物。由于输电线路施工方法为间断性的，施工时间短、施工点分散，而大多野生动物生性机警，易受惊扰，施工噪声及人为干扰会使其迅速远离施工现场，施工结束后仍可在塔基附近活动。此外，由于输电线路单塔占地面积小、占地分散，且为空中架线，两塔之间距离较远，因此项目建成后不会造成动物栖息生境的破碎化。因此，项目施工期对动物多样性和数量的影响很小，随着施工期结束，影响将小时。工程施工过程中应尽量避免伤及野生动物，如无意中伤及，应及时向有关部门报告，并在条件允许的情况下采取紧急救援措施。

（4）水土流失

集控中心与输电线路施工期对水土流失的影响主要是基面、基坑开挖破坏地表植被所造成。本工程不存在大开挖，设计时采用掏挖式基础，可减少基础土方量的开挖，基础开挖土待基础施工完成后都可作为回填土，无弃土产生。工程施工结束后及时对塔基周围进行植被恢复，也可有效降低水土流失发生的可能性。施工材料堆放场地等临时占地应选择现有空地，减少对植被的破坏。

施工便道恢复。施工临时进场公路在施工结束后无使用要求，应恢复原有植被；山地施工人抬便道在施工结束后尽快恢复自然植被，保持原有生态环境。

5.11.2 运营期陆域生态环境影响分析

本项目各项污染物均能达标排放，且周边无珍稀濒危物种，本项目的建设不会对周边动植物的生产影响，对周边生态系统的结构与功能影响很小。

6 环境事故风险分析与评价

6.1 环境风险源项分析

根据建设项目的性质、施工作业流程、施工方式、运营过程等，结合项目所在地区的自然环境特征，对本项目的环境风险进行识别如下：

（1）船舶溢油事故

本工程为海上风力发电项目，主体工程本身不涉及易燃易爆、有毒有害物品。施工期主要溢油风险为施工船舶碰撞溢油事故。油料是由各种烷烃、环烷烃和芳香烃组成的混合物， 大部分为液态烃，伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97%～98%，同时含有少量硫、氧、氮等，化学组分因产地不同有所差异。

根据交通部海事部门有关统计资料，我国 1990 年～2010 年各类等级的溢油事故分档统计见表 6.1-1。由于船舶溢油事故 50t 以下的数据不够完整，该表对一般船舶污染事故不做统计。

表 6.1-1 我国 1990 年～2010 年船舶、码头溢泊事故分档统计表

年份	较大船舶污染事故		重大船舶污染事故		特别重大船舶污染事故	
	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t
1990	1	100	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0
1992	2	430	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0
1994	3	300	0	0	0	0
1995	5	1367	1	700	0	0
1996	3	785	2	1532	0	0
1997	3	490	0	0	1	1000
1998	2	392	0	0	0	0
1999	0	0	2	1089	0	0
2000	1	230	0	0	0	0
2001	1	200	0	0	1	2000
2002	4	825	1	900	0	0
2003	2	650	1	670	0	0
2004	1	100	0	0	2	3268
2005	2	571	1	950	0	0
2006	2	664	0	0	0	0
2007	2	350	0	0	0	0

2008	0	0	0	0	0	0
2009	2	532	1	500	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
总计	36	7986	9	6341	4	6268

1990～2010 年期间，共发生船舶溢油事故（溢油量≥50t），71 起，其中我国海域发生较大船舶溢油污染事故 36 起，发生频率为 1.71 次/a，所占比例 50.7%；发生重大船舶溢油事故 9 起，发生频率为 0.43 次/a，所占比例为 12.7%；发生特别重大船舶溢油污染事故 4 起，发生频率为 0.19 次/a，所占比例为 5.6%。根据分析结果可知，发生较大船舶溢油污染事故的频率较高，应引起重视。

船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装/卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故，包括违章故意排放。海损性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、船体损坏、火灾爆炸等引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究［J］》，对于溢油量在 1t 以下的船舶溢油事故，其原因主要是操作性事故。对于溢油量在 7t 以上的船舶溢油事故，原因则主要是海损性事故。从图 6.1-1 对船舶溢油的事故原因分析可以看出，7 种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因，共发生溢油事件 42 起，其发生次数占总溢油次数的 59.15% ，其导致的溢油总量也最高，占所有溢油事故溢油总量的 44.35%；其次是触礁/搁浅而引起的船舶溢油事故，共发生溢油事件 14 起，占总船舶溢油事件次数的 19.72%，其溢油总量为 6564t，占所有溢油事故溢油总量的 29.79%。由操作性原因和船体倾覆所导致的船舶事故次数最低，都为 2 起，占总船舶溢油事故的 2.82%。

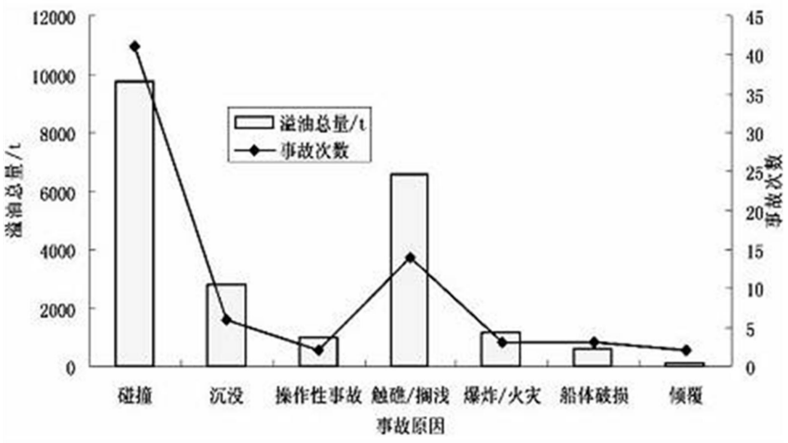


图 6.1-1 我国船舶溢油事故原因分析

（2）通航环境风险

工程施工期间和投产后存在通航安全风险。

（3）变压器漏油风险

运营期变压器油的泄漏会导致周围环境受到污染，处理不当甚至可能发生火灾等事故。

（4）自然灾害风险事故

施工期间遭到雷击、台风、地震等气象灾害时的风险；

（5）其他风险事故

包括：风机损坏、倒塌风险；海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险；鸟类飞行碰撞风机风险；海缆短路环境事故风险；免维护铅酸电池在老化状态下工作，可能会导致电池过热、破裂泄露等问题，电解液泄露易对水环境造成影响。

6.2 船舶溢油事故环境风险分析

6.2.1 溢油事故环境风险预测

6.2.1.1 预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流和湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散，这两种过程总是同时存在，通常称为“平流—扩散”问题。本报告主要采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为。这种方法采用随机方法模拟扩散过程，用确定性方法模拟平流过程。

（1）动力学过程

在环境动力模型提供的环境动力参数的基础上，采用欧拉--拉格朗日追踪方法，进行油膜中心轨迹的预测。油膜中心漂移速度，取决于海面风速与表层流，是空间和时间的函数，其值用油膜中心点所在网格点上的速度内插而得。空间每个网格节点上的 x、y 方向上的速度在某时刻为：

$$\begin{cases} V_x = V_{rx} + \alpha V_{wind} \sin(180 + \theta_0 + \theta) \\ V_y = V_{ry} + \alpha V_{wind} \cos(180 + \theta_0 + \theta) \end{cases}$$

其中V_{rx}、V_{ry}为网格点上表层流速的 x、y 方向分量，皆由环境动力学模型求出。Vwind

网格点上的风速,α为风因子，计算时取 0.03；θ_0 为风向，θ为油粒子受风影响的漂移偏角。θ的取值与风速的大小有关，公式为：

$$\theta=\begin{cases}40-8\sqrt{V_{wind}} & 0\le V_{wind}\le 25m/s\\ 0 & V_{wind}\ge 25m/s\end{cases}$$

油粒子漂移轨迹计算公式为：$\vec{S}=\vec{S}_0+\int_t^{t+\Delta t}V_l(x(t),y(t),t)dt$；

其中：S0 为初始时刻，S 为油膜中心点所在位置，$V_l(x(t),y(t),t)$为拉格朗日追踪速度，$V_l=\sqrt{V_x^2+V_y^2}$。

由于空间和时间不同，流况不同，有时风速、风向也不同，所以在不同地点、不同时刻发生溢油后所追踪到的油膜中心运移轨迹就不同。

剪流和湍流引起的扩散过程属于随机运动，可用随机走动法实现模拟。由于每个粒子的随机运动而导致整个粒子云团在水体中的扩散过程。对于水体表面随机扩散过程可用下式描述:

ra'=R(6kαΔt)1/2

其中：ra'为α=(x,y,z)方向上的湍动扩散距离； R 为[-1，1]间均匀分布随机数。kα为α方向上的湍流扩散系数，Δt 为时间步长。

溢油的漂移是平流过程，扩散过程，风共同作用的结果。第 i 个粒子在Δt 时段内的位移可表示为：

xi=uiΔt+rx′

yi=viΔt＋ry′

其中：ui=u 流+u 风+u 环；vi=v 流+v 风+v 环；rx′,ry′为在 x,y 方向上的随机移动距离；u 流、u 风、u 环、v 流，v 风、v 环皆由环境动力学模型求出。

由于每个粒子代表一定的油量，根据标识粒子所在的位置和所代表的油量可计算溢油的扩展面积和油膜厚度。

（2）非动力学过程

蒸发：蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F=(1/C)\left[\ln P_0+\ln\left(K_m AvtC/RTV+1/P_0\right)\right] \qquad (2)$$

F：蒸发部分；V：溢出体积(m^3)； R：空气常数

C：常数；A：溢油面积(厚部分)(m^2)；T：海表温度(ºK)；v=摩尔体积；t：时间；Km：质量输运系数，与 U0.78 成比例，U 为风速；P0=Crexp(1-T0/T)；Cr 为常数 T0 为油的沸点(ºK)。

薄的部分：$R_{eva} = C_{eva}(t/t^c_{\max})$

R_{eva}：蒸发率；C_{eva}：系数

$t^c_{\max}$ 蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

乳化作用：

计算乳化物含水量的公式（Mackay 等 1980）为：

$$Y_W = \frac{1}{K_B}(1 - e^{-K_A K_B (1+U_W)2t}) \quad (3)$$

其中，Y_W 为乳化物的含水量（%），K_A=4.4×10-6，U_W 为风速，

$K_B = \frac{1}{Y_W^F} \approx 1.25$，$Y_W^F$ 是最终含水量，t 为时间。

密度变化：

油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_W)[(0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0] + Y_W \rho_W \quad (4)$$

粘性变化：

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp\frac{2.5 y_w}{1 - 0.654 y_w}$$

其中，η 乳化后油的运动粘性系数，η^{oil} 乳化前油的运动粘性系数，y_w 乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算公式为：

$$\eta^{oil} = \eta_0{}^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (5)$$

C_4 =油中无量纲量[wt%]

F_e =油蒸发的部分

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt}=C_4\eta_0{}^{oil}\frac{1}{V_{oil}^0}\frac{dV_e}{dt}+\frac{2.5\eta^{oil}}{(1-y_w^{\max}y_w)^2}\frac{dy_w}{dt} \quad (6)$$

6.2.1.2 溢油预测条件

本项目溢油事故风险主要为施工船、渔船舶碰撞或者施工船、渔船燃油意外泄露。

（1）溢油地点

风电场区内及路由线路各设置一个溢油点。

（2）油种和溢油量

根据施工规划，本工程施工期风机从厂家运输至施工厂址采用 6000t 驳船，无补给油轮，油品为柴油。柴油又称油渣，是石油提炼后的一种油质的产物。它由不同的碳氢化合物混合组成。它的主要成分是含 10 到 22 个碳原子的链烷、环烷或芳烃。它的化学和物理特性位于汽油和重油之间，沸点在 170℃至 390℃间，比重为 0.82~0.845kg/l。参照《水上溢油环境风险评估技术导则》附录 C.6 中散货船燃油舱数量关系，单舱载油量约 50t，因此，本项目以溢油 50 吨作为最大可信事故的预测源强，对工程溢油环境影响进行预测。假设工程船舶施工期或运行期发生碰撞或倾翻事故，按最大溢油量计，考虑在 1 个小时内泄漏入海。

（3）风况

由于风场和气温场对溢油的挥发影响较大。对风速的取值，主要考虑静风情况，夏季 SSW 风向、8.4m/s；冬季 NNE 风向、9.1m/s；不利风向 SE、8.6m/s。

（4）潮时段

选择低潮、高潮、涨急、落急 4 个特征时刻作为溢油初始时间。

对事故时的预测风向和潮时进行组合，共多种预测方案。

表 6.2-1 预测溢油漂移扩散计算方案

油种	溢油量	风况	初始潮时
柴油	50t/次，1h 泄漏完	静风	低潮/高潮
		SSW，8.4m/s	低潮/高潮
		NNE，9.1m/s	低潮/高潮
		SE，8.6m/s	低潮/高潮

6.2.1.3 溢油模拟结果

海上溢油的运动及变化受其物理、化学和生物等过程的影响，而这些过程又与油品的性质、海洋水动力环境及海洋气象环境等密切相关。这些过程包括：水平对流、湍流

扩散、表面扩展、蒸发、溶解、乳化、沉降以及浮油和海岸线的相互作用。

由下图可看出，溢油发生后对周边海域的水质环境会造成较大的影响，其中以路由区和场区 NNE 风作用下的高潮时和低潮时溢油影响面积较大（72h 内），会对水质环境会受到很大影响。

从场区和路由区的溢油影响来看，场区溢油主要是对南礵岛及周边海岛生态保护红线区和浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区产生不利影响，而路由区发生溢油主要是对浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区产生不利影响。对不同风况，在风电场区和路由区的溢油扫海面积估算，如表 6.2-2 所示。

表 6.2-2 溢油扫海面积

72 h		场区内溢油扫海面积（km^2）	路由区内溢油扫海面积（km^2）
静风	高潮	32.9	36.3
	低潮	50.6	47.2
NNE	高潮	73.4	53.7
	低潮	92.7	62.7
SE	高潮	32.8	35.5
	低潮	34.6	40.6
SSW	高潮	38.4	32.7
	低潮	35.1	32.4

表 6.2-3 场区溢油对周边生态保护红线区影响统计汇总

72 h		南礵岛及周边海岛生态保护红线区	浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区	高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区	东冲半岛海岸防护生态保护红线区
静风	高潮	2.4	-	-	-
	低潮	-	-	-	-
NNE	高潮	-	1.3	-	-
	低潮	-	-	-	-
SE	高潮	5.2	-	-	-
	低潮	-	1.9	-	-
SSW	高潮	6.9	-	-	-
	低潮	1.4	2.3	-	-

表 6.2-4 路由溢油对周边生态保护红线区影响统计汇总

72 h	南礵岛及周边海岛生态保护红线区	浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保	高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态	东冲半岛海岸防护生态保护红线

			护红线区	保护红线区	区
静风	高潮	-	27.6	-	-
	低潮	-	19.2	-	-
NNE	高潮	-	42.7		-
	低潮	-	37.3	-	-
SE	高潮	-	16.5	-	-
	低潮	-	13.8	-	-
SSW	高潮	-	20.7	-	-
	低潮	-	10.9	-	-

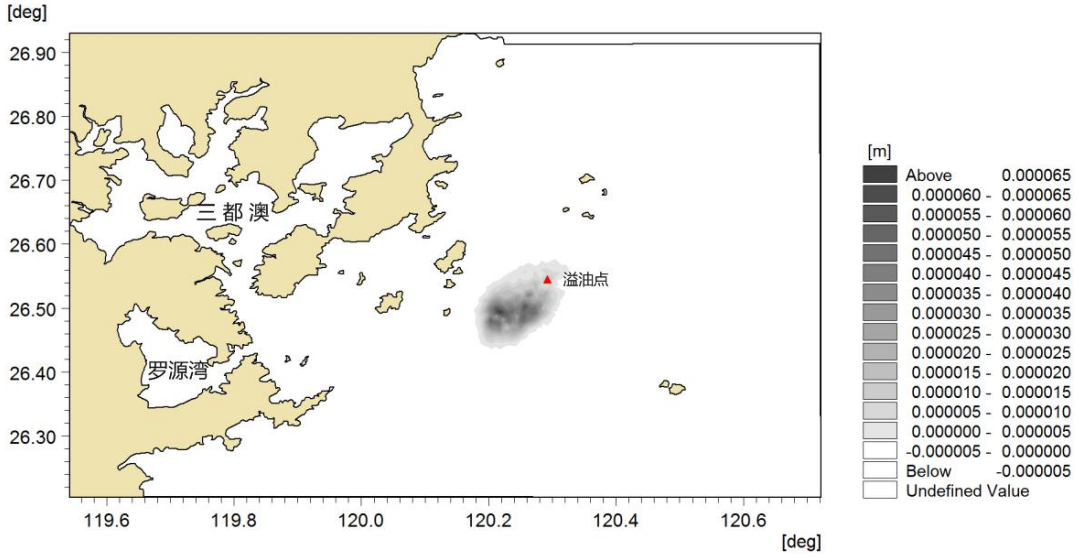


图 6.2-1 场区静风低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

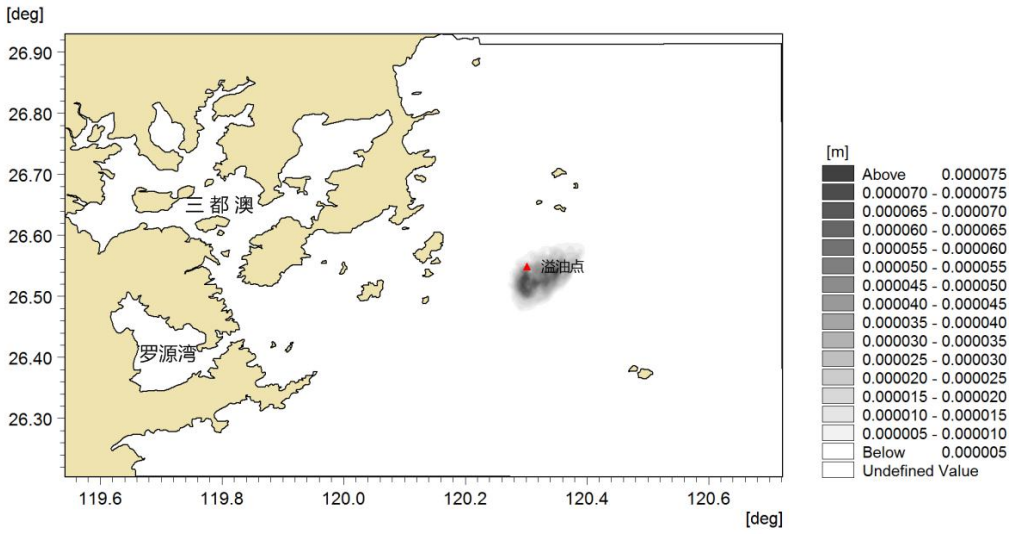


图 6.2-2 场区静风高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

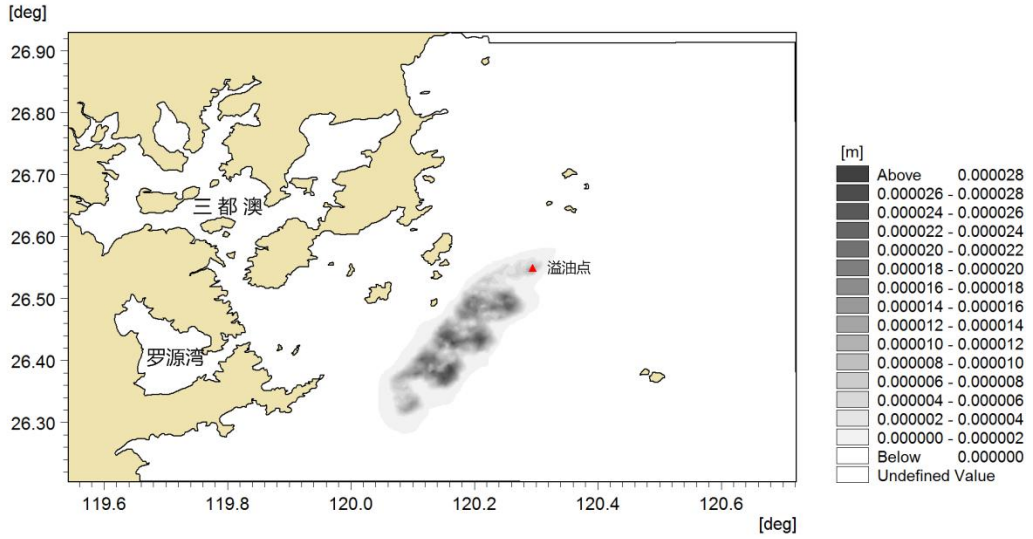


图 6.2-3 场区 NNE 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

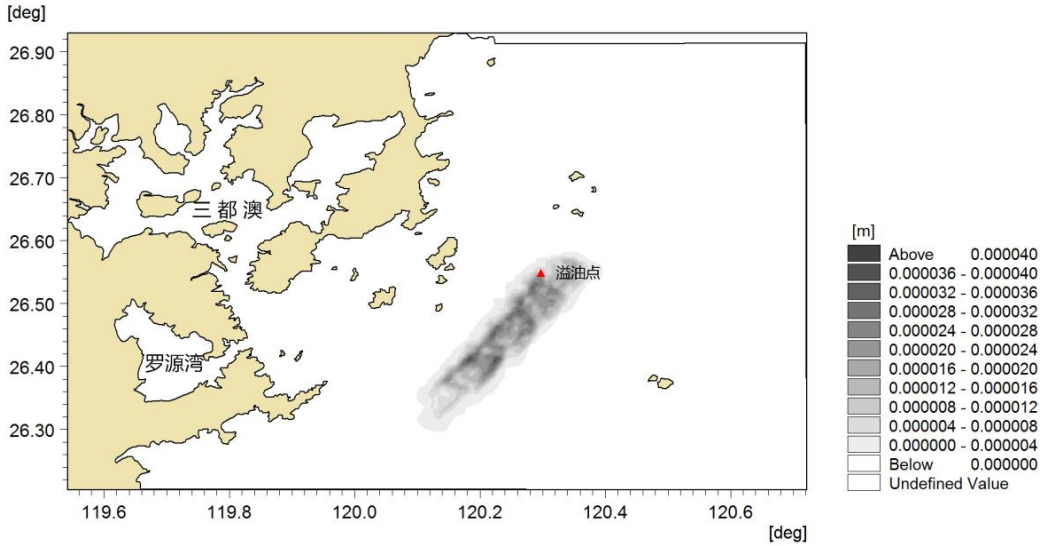


图 6.2-4 场区 NNE 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

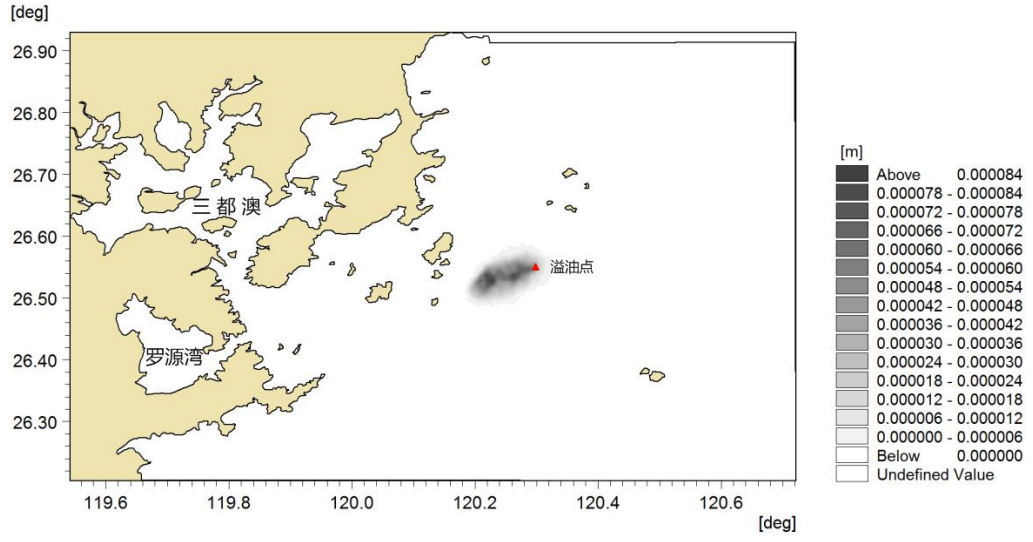


图 6.2-5 场区 SE 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

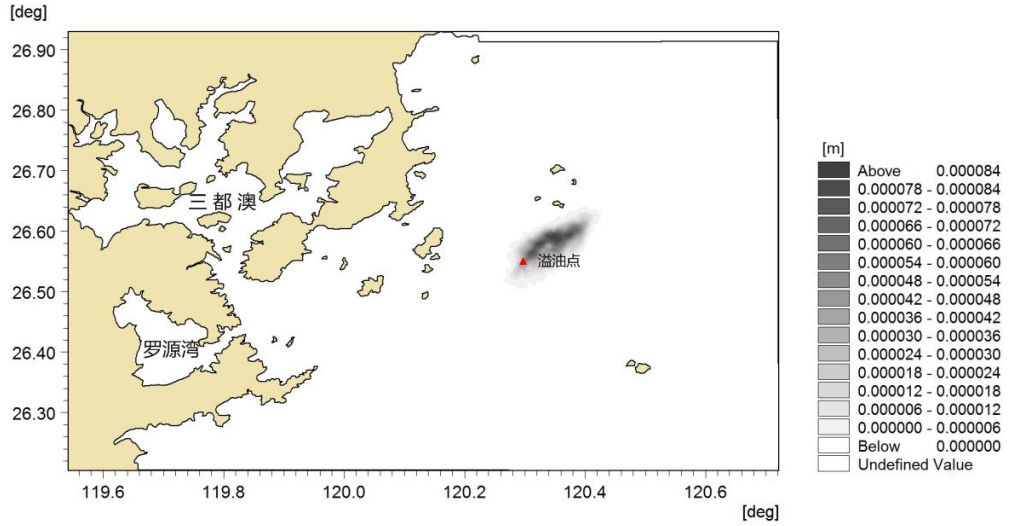


图 6.2-6 场区 SE 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

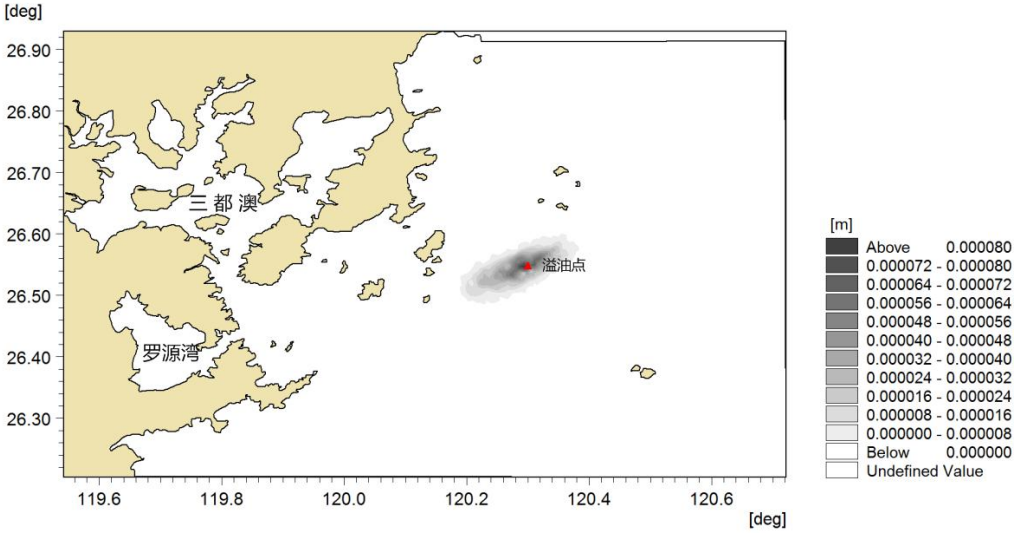


图 6.2-7 场区 SSW 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

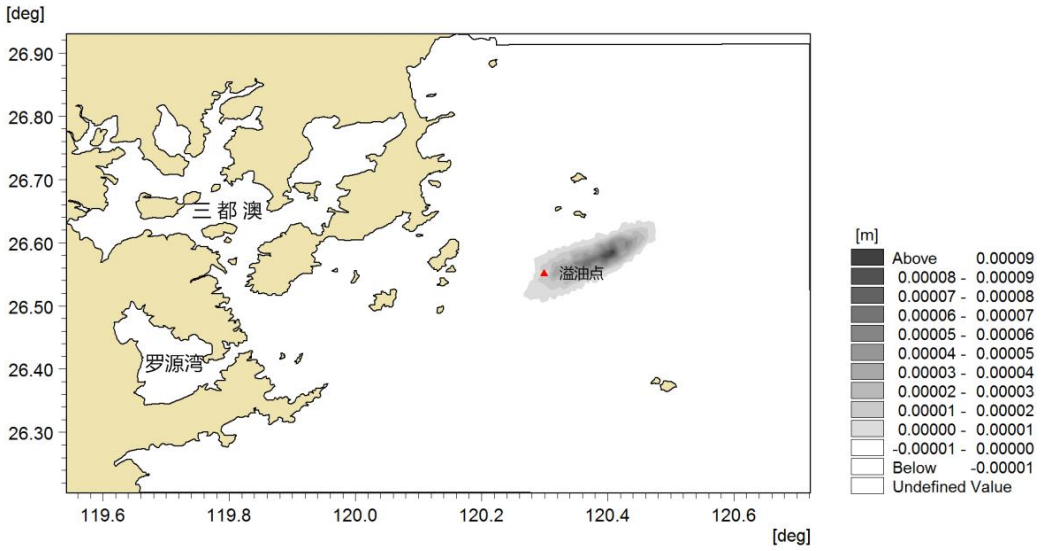


图 6.2-8 场区 SSW 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

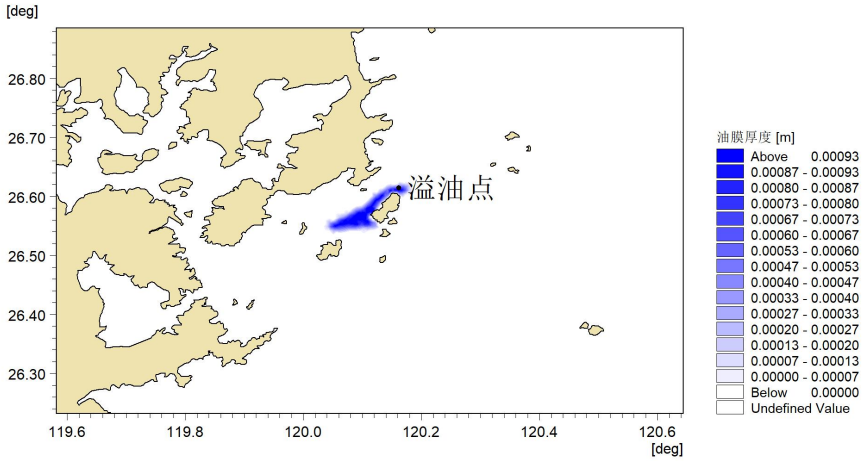


图 6.2-9 路由区域静风低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

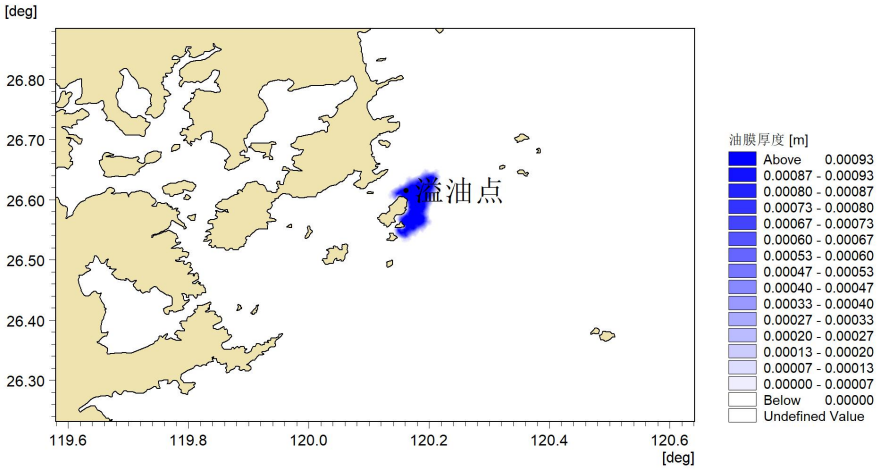


图 6.2-10 路由区域静风高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

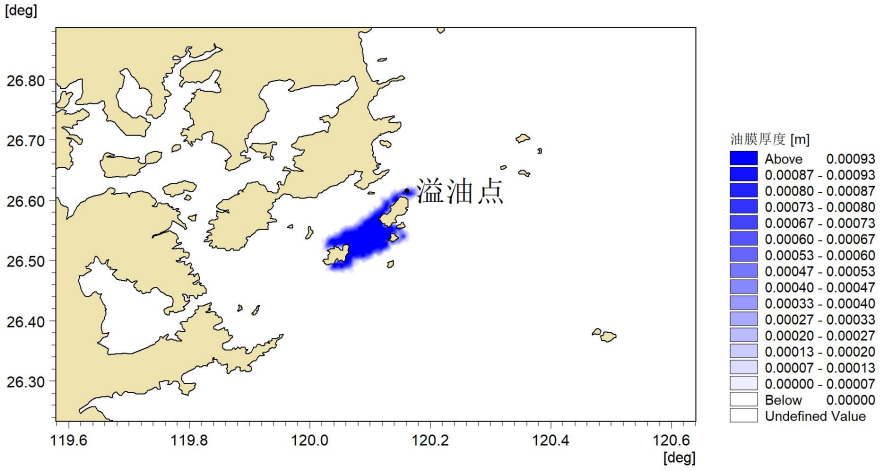


图 6.2-11 路由区域 NNE 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

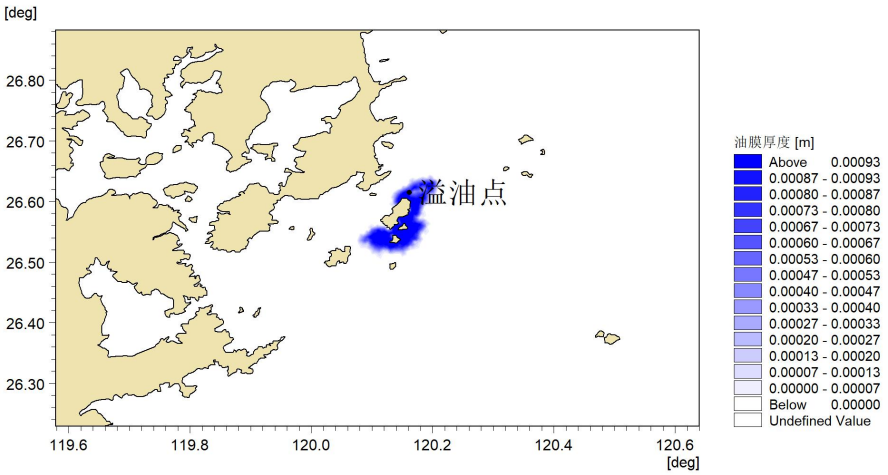


图 6.2-12 路由区域 NNE 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

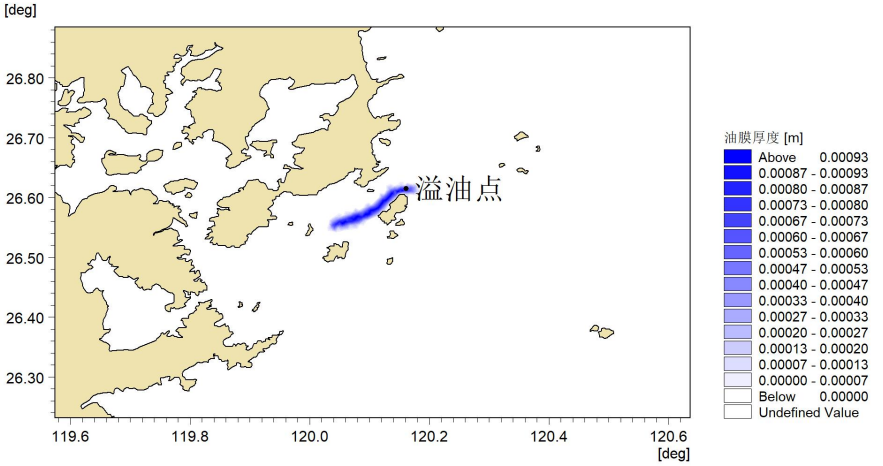


图 6.2-13 路由区域 SE 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

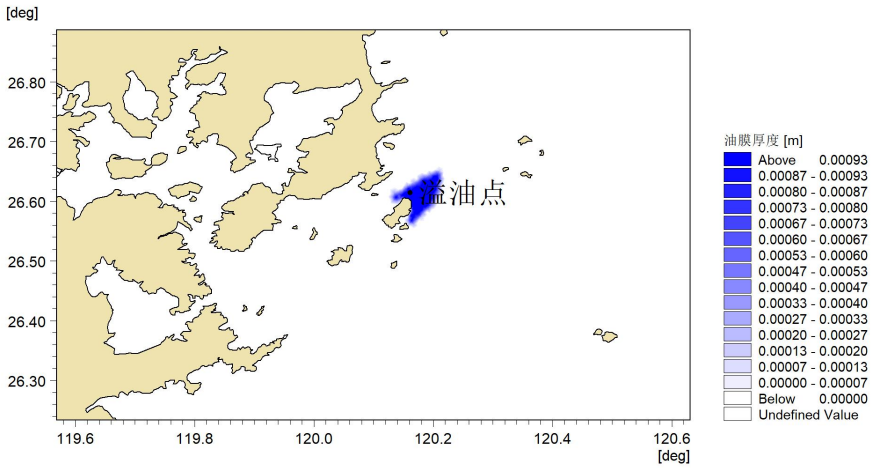


图 6.2-14 路由区域 SE 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

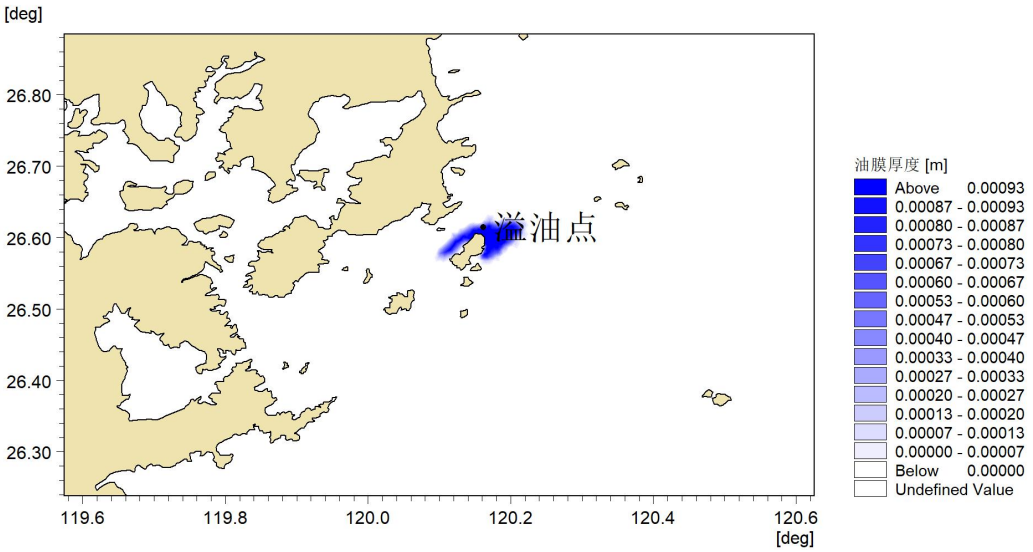


图 6.2-15 路由区域 SSW 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

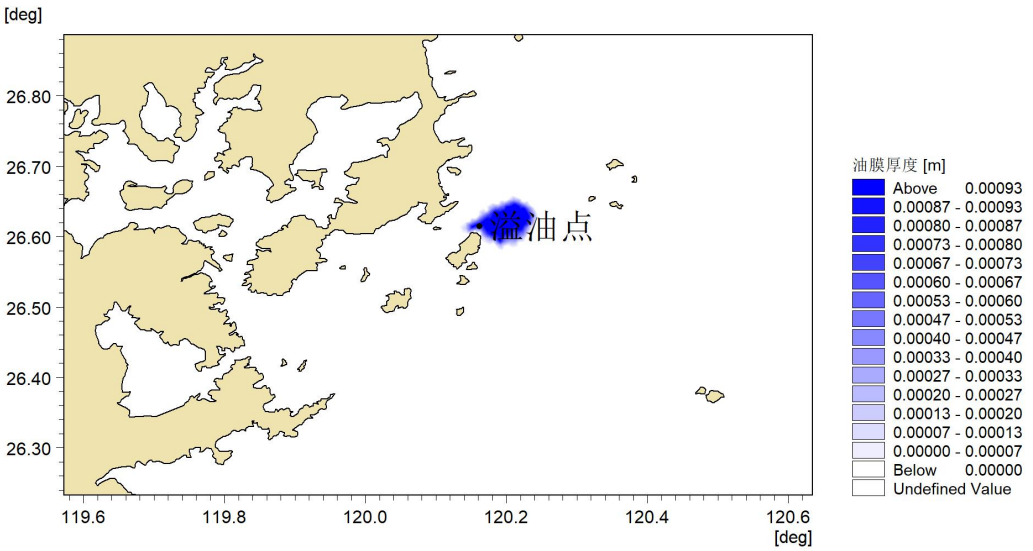


图 6.2-16 路由区域 SSW 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

6.2.1.4 溢油风险对海洋环境影响分析

（1）对浮游生物的影响

溢油事件发生后，油膜会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍他们的光合作用。破坏程度取决于油类物质的类型，浓度及浮游植物的种类。根据国内外毒性实验结果，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各种油类的耐受能力都很低。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的种类，

油浓度低于 0.1mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。表 6.2-3 和表 6.2-4 列举了油污染对一些海洋生物的影响情况。

表 6.2-3 石油产品对海洋生物的致死浓度(1)

生物种类	2 号燃料油或煤油	废油(ppm)
海洋植物	<100μL/L	10
鳍鱼	50μL/L	1700
幼体和卵	0.1μL/L	1.25
浮游甲壳动物	5～50PPm	15～20
底栖甲壳动物	0.56mg/L	

表 6.2-4 石油产品对海洋生物的致死浓度(2)表

种类	石油产品种类	浓度(ppm)	亚致死反应
普通小球藻	精制萘	1	抑制生长
硅藻、双鞭毛藻	油	0.1～0.0001	抑制或减缓细胞分裂
日本星杆藻	煤油	3～38	降低生长速度
海胆幼体	船用燃油的萃取物	0.1～1	影响受精卵发育
大西洋鳕鱼幼体	BP1002	0～10	破坏捕食行为
大 虾	原油、煤油	10	影响化学感受捕食行为
贻贝	原油	1	加快呼吸、减少捕食
滨螺	BP1002	30	明显抑制生长

（2）对游泳生物的影响

鱼类是海洋中主要的游泳生物，它们对油污染的抵抗能力比其他生物较强，但是，1mg/L 的油浓度也会引起鱼类的中毒反应，而对于幼小的鱼苗，它们的敏感程度比成熟的鱼高 100 倍，而且它们不能象成体那样避开被油污染的水域。

（3）对底栖生物的影响

底栖生物随种类的不同而产生对石油浓度适应的差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在2.0～15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小些。软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm的石油则可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。某些底栖甲壳类动物幼体（无节幼虫）当海水中石油浓度在0.1～0.01ppm 时，对藤壶幼体和蟹幼体有明显的毒效。

（4）对其它海洋生物的影响

对于哺乳动物类、鸟类等这样大型的海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机物的同化作用下，能以各

种不同方式富集于它们的食物链中，尤其在鱼类、软体类动物体内的富集，使这些动物受到污染。渔业生产也会受到油污染的影响。一方面可能降低渔业产量，另一方面因造成肉质带有油味而降低其商业价值，因而造成较大的经济损失。

综上所述，一旦发生大规模溢油事故，受污染区域内的海洋生物环境将会受到较严重的破坏。因此，杜绝溢油事故发生，或者是当发生溢油事故后，及时采取应急抢险措施，最大限度降低溢油事故对生态环境的影响。

6.2.2 风险防范及对策措施

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，加之项目工程位于近海农渔业区，如一旦发生施工船舶碰撞、倾翻等突发性事件容易诱发海上溢油事故，将对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

6.2.2.1 施工期船舶事故防范措施

施工期的事故风险主要发生于施工船舶与施工船舶、过往渔船以及货运船舶之间事故碰撞而产生的燃油外溢及油舱破裂而造成油渗漏。所以施工期的风险防范措施要从海上施工的各个环节加以控制。施工船舶要严格遵守《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》（2010 年 3 月）的有关规定，加强管理和监督，积极采取预防措施：

（1）施工通告及对外界运输条件的要求：施工前应通过海事局发布施工航行通告；施工期间应注意与过往船只的相互避让，防止船舶碰撞；船舶进出应实施引航员制度和锚泊制度，以防船只拖锚、碰撞、挤压、搁浅、触礁等事故发生；施工船舶应实施值班、了望制度；在大雾、大风等不利气象条件下应按要求停止作业。

（2）加强教育，提高意识，施工前制定切实有效的安全管理措施和突发性事故的应急预案，并由建设单位负责组织对海域施工人员的安全环保教育培训，特别针对施工船舶航线安全进行专业培训，同时加强设备的维护和管理，提高施工人员的安全防范意识，切实贯彻“安全第一，预防为主”的方针，预测溢油事故的发生。

（3）施工单位应根据海事部门划定的桩基、电缆铺设水域界限、施工作业区域、通航区域进行施工。保证施工期间主航道内船舶能安全通行。严格遵守施工区域与航线之间的关系，以最大可能地降低船舶碰撞风险发生的可能性。施工期间做好施工作业区防护措施，可通过设置隔离带严禁捕鱼船只靠近施工作业区。

（4）施工船舶的要求：施工船舶进行水上水下施工等作业活动的，应当遵守相关

操作规程，并采取必要的安全和防治污染的措施；施工人员应当具备相关安全和防治污染的专业知识和技能。根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交海发[2007]165号），施工船舶污水不得向沿海海域排放油类污染物，船舶产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。

（5）对船舶驾驶员的业务技术要求：对所用船舶驾驶员及其他船上工作人员应进行严格培训，制定严格的操作规程，提高溢油危害的认识和安全运输的责任感，明确所应承担的防止船舶溢油的责任和义务，切实落实《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》规定的防治污染有关措施。

（6）在靠近南礵岛及周边海岛生态保护红线区、浮鹰岛周边海域重要渔业水域生态保护红线区的区域施工时，建设单位应提前通知风险应急处置单位，使应急处置船于待命的状态，一旦有溢油事故发生应急处置船在第一时间开往事故地进行处置，尽量减小溢油事故对保护区的影响。

（7）认真落实施工船舶防污染措施，做好船舶垃圾、残油、含油污水等污染特、废弃物的接收和处置工作。施工船舶一旦发生污染水域事故，应尽力采取控制和消除污染的措施，同时向海事主管机关报告，接受调查处理。

（8）施工作业附近，应安排一艘拖轮停泊待命，以便随时出动进行应急抢救等救助工作。

（9）要加强对施工作业船舶的安全管理。参加施工作业的船舶必须经过相关的安全检查，有关人员必须经过水上作业的相关安全培训和教育，并认真落实施工作业的安全措施和发生突发情况的应急措施。

6.2.2.2 施工期船舶溢油事故应急生态保护措施

（1）施工船舶事故的溢油应急处理应纳入溢油应急体系；

（2）船舶发生溢油等造成海域污染事故时，应立即作出溢油应急处理的响应，及时上报所在海域溢油应急指挥中心，尽快启动应急预案；

（3）船舶在发生油污事故或违章排油后，不得擅自使用化学消油剂。如必需使用时，应事先用电话或书面方式向港务监督申请，说明消油剂的牌号、计划用量和使用地点，经批准后，方可使用。

（4）积极配合相关行政主管部门做好相关应急工作。施工营地应配备有海面溢油和污油回收器材，包括围油栏、撇油器、吸油材料、消油剂及喷洒消油剂的设备等。

6.2.3 溢油事故应急预案

船舶发生溢油等造成海域污染事故时，应立即做出溢油应急处理的响应，及时上报所在海域溢油应急指挥中心，尽快启动应急预案。根据《中国海上船舶溢油应急计划》和《国家突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本报告书提出以下溢油事故应急预案。

（1）应急预案主要内容

本工程应急计划区主要为风电场区和电缆路由铺设附近海域。应急事件包括船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

（2）应急组织机构、人员

应急总领导机构由海事主管部门承担，统一领导突发公共事件的应急处置工作，其他各相关部分负责协助工作。

现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。具体见图 6.2-9。

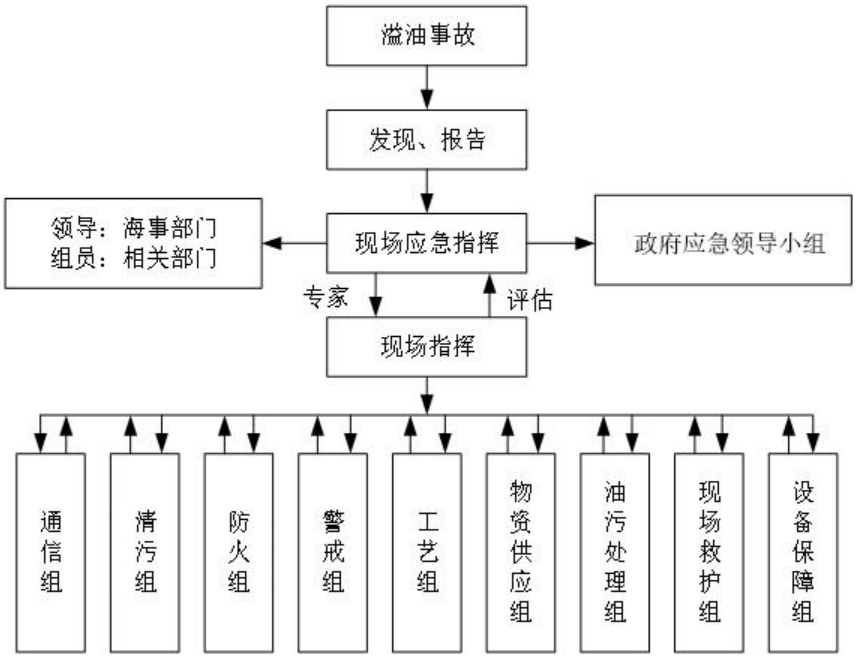


图 6.2-9 溢油事故应急指挥组织机构

（3）应急对策措施

本项目溢油应急反应行动图见图 6.2-10。

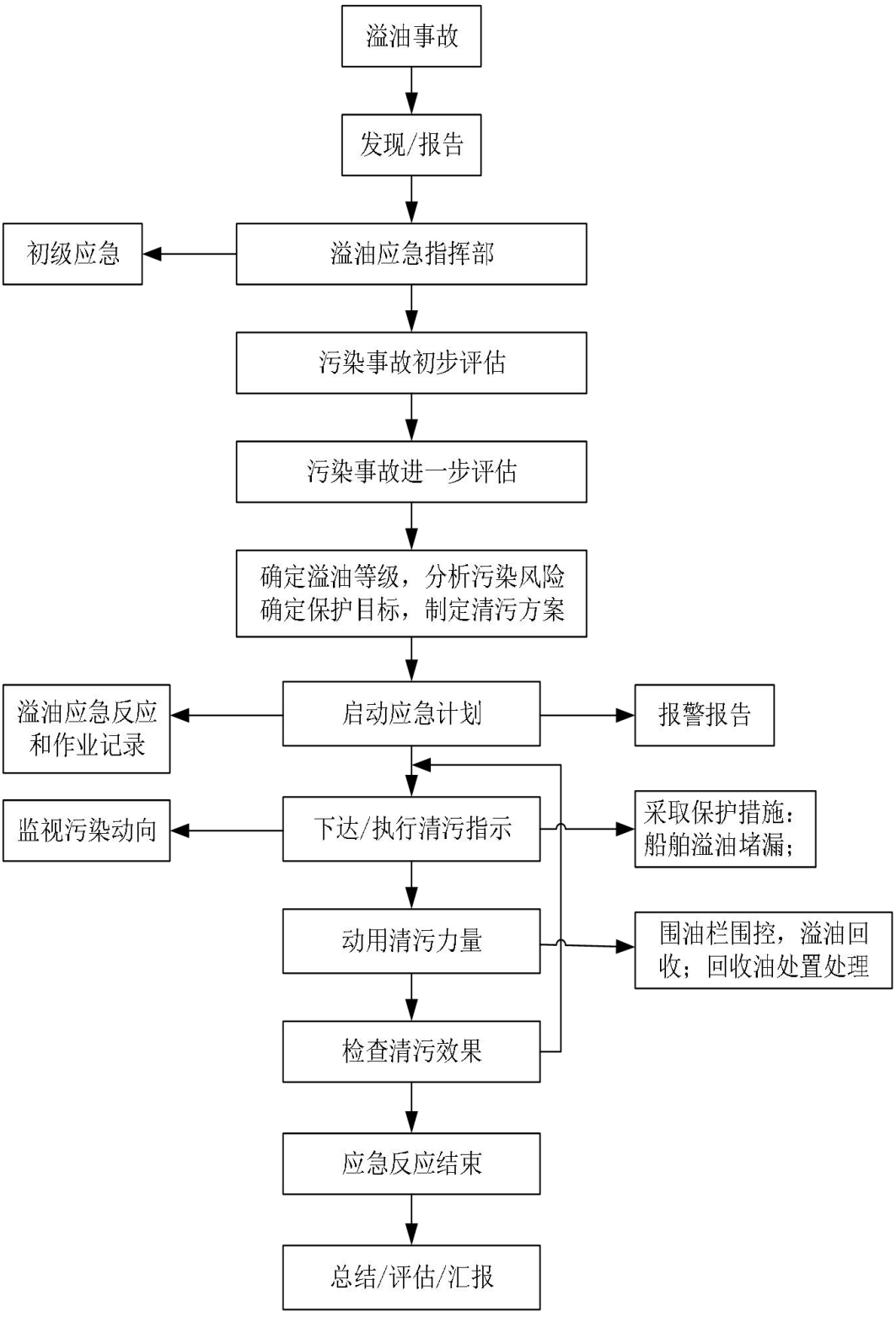


图 6.2-10 溢油应急反应行动图

1）启动分级应急响应程序

本项目施工（或维护）船舶溢油发现溢油事故后，应立即通知相关操作人员， 并

采取一切办法切断事故源，并做出判断，启动分级应急响应程序发出警报。现场抢险组等各组在组长指挥下立即按各自的职责实施事故救援，各专业救援队伍迅速赶往事故现场。

同时，立即通知利益相关单位的管理部门，做好对溢油漂移的应急防范，避免或减缓不利影响。船舶在发生油污事故后，不得擅自使用化学消油剂。如必需使用时，应事先用电话或书面向港务监督申请，说明消油剂的牌号、计划用量和使用地点，经批准后，方可使用。

2）消除泄漏的措施方法

迅速查明事故发生的源点、泄漏部位和原因。初步判断船舶破损情况，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求如下：

◆必要时，由船舶清污单位组织救捞人员进行水下探摸。采取各种可能的方法，尽力封堵破损。

◆将残油驳至其他燃油舱或可接收油的油轮、油驳及油囊中。过驳时须严格遵守安全和防污染操作规程，注意不断调整各舱油量，保持船体平稳上升。

◆为保证两船安全并靠，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动式球形碰垫。过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况。

3）溢油的围控

船舶溢油时，事故现场的海况（波高、流速、风速等）符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在海上进行定位围控；在现场围油不可能的情况下，可用围油栏将溢油诱导至利于进行清除作业且对环境敏感区影响较小的水域，再进行清除作业；当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时，需在敏感区周围布设围油栏，减少污染损害。

4）海域海岸溢油清除

溢油被限制在一定的水域之后，应及时对其进行回收、处理，根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速确定围油方向和面积，缩小围圈，用吸油毡最大限度地回收流失的油，然后加分散剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。水面溢油回收后的应急储存也很关键，除了利用当地储油设施和调动油船外，还应使用水上应急储油装置如浮动油囊，以顺利完成水面溢油回收后的处理。

（4）本工程溢油应急设备和材料

为进一步提高本工程区域溢油事故应急处理能力，建议本工程配备溢油应急设备，

应急设备点可设在本工程区，本工程应急设备点配备的设备见表 6.2-5。

表 6.2-5 本工程溢油应急设备配备

序号	设备名称	规格型号	单位	数量
1	围油栏	应急型	m	330
2	收油机	20m^3/h	个	1
3	吸油材料	-	t	1.5
4	溢油分散剂	-	t	1.5
5	拖油网	4m^3	套	2
6	分散剂喷洒装置	0.19t/h	套	1
7	储油装置	20m^3	个	3

6.3 变压器漏油风险分析

6.3.1 海上升压站变压器油泄漏分析

（1）风险分析

运营期海上升压站变压器油的泄漏会导致周围海洋环境受到污染，处理不当甚至可能发生火灾等事故。根据国内变电站电气设备运行情况和经验，除非设备年久失修老化，变压器发生事故并产生漏油的概率极小。另外变压器一般情况下 3~5 年左右检修一次，且在进行检修时有专用工具收集并贮存在预先准备好的容器内，在检修工作完毕后，再将油回放至主变压器内，因此基本不会发生矿物油泄漏。

海上升压站设事故油罐 1 个，单油罐设计，布置于升压站一层，事故油池有效容积约 80m^3；事故油罐贮油量按最大一台含油设备油量的 100%设计，海上升压站主变含油量约为 54t，变压器油密度为 0.895t/m^3，按事故油池容量不小于最大单台设备油量的 100%计算，60.3m^3 的事故油罐即可满足规范要求。本工程已设计容积为 80m^3 的事故油罐，其容积符合规范要求，能够满足本期工程需求。根据《国家危险废物名录(2021 年版)》，变压器冷却油为矿物油，因其而产生的废弃沉积物、油泥属危险废物。为避免可能发生的变压器因事故漏油或泄油而产生的废弃物污染环境，进入事故油池中的废变压器油、废弃沉积物、油泥等危险废物不得随意处置，须交由有资质的单位处置、利用。

在严格遵循例行维修和事故状态检修废油处理处置操作规程的前提下，海上升压站变压器漏油风险处于可控状态，产生的风险影响较小。

（2）防范措施

①主变室安装海上风机监视系统随时掌握主变室运行动态。并配置有效的通讯设备，与海事主管部门随时保持通讯联系，以在发生突发事件时能及时获得海事主管机的

应急援助。

②定期对海上升压站事故油罐及相关管路进行维护检查，保持管路通畅。

③海上升压站变压器加装安全防护设施：如油箱密封件、油位报警装置等，提高变压器的密封性和安全性。

④事故变压器油、含油废水等贮存于事故油罐内，交由有相关资质的单位处置。

6.3.2 陆域集控中心变压器漏油风险分析

本项目陆域环境风险事故隐患主要为变电站主变压器维修或事故时可能发生的油泄漏，漏油如不安全收集处置会对环境产生影响。陆域集控中心正常运行状态下无油外泄，只有在变压器维修或故障时才会有少量含油废水产生。

站内设事故油池 1 座，布置于集控中心降变压器西侧，事故油池有效容积约 50m^3；事故油池贮油量应考虑变压器最大一台含油设备油量的 100%设计，集控中心主变含油量约为 30t，变压器油密度为 0.895t/m^3，按上述要求，则 33.5m^3 的事故油池即可满足规范要求。本工程已设计容积为 50m^3 的事故油池，其容积符合规范要求，能够满足收集本工程陆域集控中心变压器与高压电抗器同时泄露油量的要求。根据《国家危险废物名录(2021 年版)》，变压器冷却油为矿物油，因其而产生的废弃沉积物、油泥属危险废物。为避免可能发生的变压器因事故漏油或泄油而产生的废弃物污染环境，进入事故油池中的废变压器油、废弃沉积物、油泥等危险废物不得随意处置，须交由有资质的单位处置、利用。

在严格遵循例行维修和事故状态检修废油处理处置操作规程的前提下，陆域集控中心变压器漏油风险处于可控状态，产生的风险影响较小。

6.4 通航风险事故分析与评价

本节内容均引用福建省海事技术协会编制的《宁德霞浦海上风电场工程 B 区项目通航安全分析报告》（送审稿）中相关内容。

6.4.1 主要问题及相关建议

1、本工程风电场 B 区位于福建沿海推荐中航路、内航路之间，并紧挨中航路和外航路进出罗源湾港区的船舶推荐航路。通过交通流量分析得：在工程水域范围内，存在船舶航迹穿过拟建风电场场区，日均流量约 60 艘次，且以 60m 以下的船舶为主，存在

一定的通航安全隐患。

2、工程区域属于闽东渔场，且与四礵列岛渔区较近，渔船可能会有在工程区域通航的习惯。捕鱼旺季将会显著增加风电场水域内的船舶交通量，使得通航形势变得复杂。

3、水上导助航标志

（1）由于建设需要设置风机警示标志和必要的水上导助航标志，从而增加了水域的复杂性。

（2）增设一定数量的新的风机警示标志，导致驾驶人员利用物标导航定位的方法和习惯发生变化，会一定程度地影响船舶驾驶人员的了望和定位，这种情况可能在风电场建成营运初期显得较为突出；

（3）夜间航行时，因风机警示标志导致船舶驾驶人员视觉上的错乱，从而增加驾驶人员的心理负担，从而影响航行安全。

（4）另外风机对助航标志的遮挡也会一定程度地影响船舶驾驶人员的了望和定位。

4、小型渔船或其他小型船舶在风电场中穿行容易与风机、海上升电站发生碰撞，造成事故。

5、渔船在海缆铺设区内捕捞或船舶在海缆铺设区域抛锚、沉没，都可能对海底电缆造成破坏。

6、本工程风电场 B 区北部距四礵列岛重要渔业区域，并属于闽东渔场范围内。在捕鱼及养殖旺季，风电场周围的船舶交通量会对拟建工程风机的正常运营构成较大威胁；大量渔船可能会在工程风电场 B 区区内或附近进行捕捞作业，存在与风机碰撞的危险，影响风电场的安全。

另外，渔船在风电场 B 区附近捕鱼时，渔网可能挂在风电场 B 区机组的承台基础上，造成一定影响。

7、营运期运维船在风电场中航行、维护，易与在风电场中航行的小型船舶、小型渔船发生碰撞；运维船在遭遇大风大浪时或锚链断裂时，发生漂移，易与风机发生碰撞。

6.4.2 通航环境风险防范对策措施

为保证项目安全和最大程度降低对附近海域航行的不利影响，给出如下建议：

（1）按照相关管理规定及本工程的特点设置足够的导助航设施。

（2）风电场风机机柱上应涂有醒目的警示色，夜间需采用灯光照射的办法；或在最外排的风机连线外布置一排黄色航行警示标，以警示航行船只进行有效避让。

（3）安装海上风机监视系统，随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配备有效的通讯设备，与海事主管部门联系保持通畅，以在发生突性事件时能及获得海事部门的应急援助。

（4）加大相关风机等抗风、流、浪的能力，并做好相关设施防撞配件的安装和维护，以防止附近船舶由于恶劣天气可能导致撞击风机的事故发生。

（5）做好对环境的预测，对气象水文资料的收集，便于预测重大的险情，比如台风、海浪等严重威胁风电场及船舶安全的恶劣自然环境。

（6）风电场建成后应及时发布航行通告，通知相关船舶管理部门，并设置禁航区和导助航设施。

（7）建议建设单位注意处理好与渔业部门的沟通和协调，积极争取渔业管理部门和渔业生产单位的配合，加大对渔船的宣传力度，确保渔业生产不会对本工程风电场 B 区的建设、运营造成影响。

（8）风电场营运期建议禁止渔船在风电场水域范围内进行捕捞作业。

（9）禁止总吨超过 500 吨或水面以上高度超过 26m 的船舶在风电场水域范围内航行，并需与风电场保持一定的安全距离，以保障风机设备和船舶自身的安全。

（10）建议建设单位在施工前在风电场范围线外围设置助航标志灯，并在风电场场界适当位置设置海上风电场专用警示标志，做好警示工作。

（11）为减少碰撞危险，建议本工程风电场在建设时，适当考虑在承台台身设置橡胶护舷等防撞设施，以提升风电场 B 区本身的防撞能力和等级，建议外围风机防撞等级按照 1.5 万吨级货船进行设计。

（12）建议在风电场 B 区投入运营前期，派遣至少 1 艘警戒船对风电场 B 区附近水域进行警戒和守护，引导过往船舶及时避开风电场 B 区，待过往船舶熟悉通航环境后，逐步减少警戒和守护频次。

（13）完善并严格遵守各类情况的应急预案，将事故的影响将到最低。

（14）为保障通航安全，建议在风电场场区内适当位置增设雷达应答器、AIS 航标等。并建议建设单位委托专门机构就本工程风电场 B 区导助航设施配置和维护方案进行专题研究，最终方案应取得航标主管机关的认可。

（15）风电场营运开始就向相关部门进行报备，在海图上进行标注。

6.5 自然灾害风险分析

6.5.1 雷击风险

的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块刃割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运行带来危害的主要是云地放电，带负电荷的云层向下靠近地面时，地面的凸出物、金属等会被感应出正电荷，随着电场的逐步增强，雷云向下形成下行先导，地面的物体形成向上闪流，云和大地之间的电位差达到一定程度时，即发生猛烈对地放电。雷电一般具有：冲击电流大；持续时间短；雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。通常雷击有三种形式，直击雷、感应雷、球形雷。

风机设备遭受雷击受损通常有下列 4 种情况：

①风机直接遭受雷击而损坏，主要指叶片件遭感应雷和球形雷破坏叶尖甚至整个叶片；

②雷电脉冲沿与设备相连的信号线、电源线或其他金属管线侵入使设备受损；

③设备接地体在雷击时产生瞬间高电位形成地电位“反击”而损坏；

④设备安装的方法或安装位置不当，受雷电在空间分布的电场、磁场影响而损坏。

6.5.2 台风风险

本项目位于东南沿海，影响本路由的海洋灾害主要为热带气旋。

福建省沿海热带气旋影响频繁，灾害严重，4~11 月均有台风影响，7~9 月是台风影响频繁期，约占总数的 72%，其中 8 月最多，1990~2008 年间 8 月份共有 30 个台风登陆或影响福建。台风影响持续时间一般 2~3 天，最长 7 天左右。

温带气旋风暴潮多发生在春、秋季节，对于我国东部沿海地区来说，此类型的风暴潮增水幅度比台风增水小，成灾机会也小。

台风是强烈的热带气旋，是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到 12 级以上的暖性低压强烈天气系统。台风蕴涵的巨大自然能量将给风电机组造成破坏，其破坏机理主要是对设备结构施加静载荷和动载荷叠加效应。

台风、风暴潮对风电场的可能造成的损害包括：

①台风、风暴潮夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面，轻则影响叶片气动性能，产生噪音，严重的将破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度。

②台风、风暴潮带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

③台风、风暴潮破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏。

④台风、风暴潮施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

⑤台风、风暴潮等灾害天气作用下，可能使海上风机倒塌，将导致风机内部油品泄漏，对周围海洋环境造成影响。

6.5.3 地震风险

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区II类场地基本地震动峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为VI度，II类场地基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，主要表现为断块差异升降，地壳运动相对稳定。近代地震活动强度不大，频度不高，区域构造属于相对稳定区。根据本次勘探成果，场址区揭露的地层主要为：海积淤泥或淤泥质土、粉砂、粉质粘土或粘土等。

工程区位于闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎~云霄断陷带的东北部，区内构造方向以 NE 向为主。拟建场地未发现较大规模的构造行迹，属构造简单区。勘察结果表明，拟建场地地质构造以构造裂隙及风化裂隙为主。

从区域地质来看，本厂区远离活动断裂，无破坏性地质灾害，区域构造稳定。除存在海底沉船等地下障碍物，海上礁石、暗礁，及局部海底泥面坡度较陡且分布的软弱土层，未发现其它不良地质作用发育，故本场地适宜风电场的建设。

6.6 其它事故风险分析

6.6.1 风机损坏及倒塌

海上风电不像陆上风电有成熟的装备和施工技术，故也具有一定试验性和不确定性。兆瓦级新型风电机组产品投入规模化生产运行后，质量和运行可靠性还未在海上得到充分检验。同时，从历史气象、海洋水文观测资料看，本项目风电场区海域台风、风暴潮发生几率较为频繁，台风、风暴潮等恶劣天气会对风机产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和

塔架的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

6.6.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险分析

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能。对比工程建设后风机所在海域的冲淤状态，紧邻风机海域淤积强度有所增加，最大增幅为0.06m/a，成排风机间海域冲刷强度有所增加，增加幅度小于 0.05m/a，可视作对周边海域的冲淤环境未造成显著影响，海床整体较为稳定，因此项目建成后电缆泥沙淘空风险较小。

此外，考虑工程海域可能遭受风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆局部冲刷，威胁基础稳定和海缆安全。在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，减小局部冲刷，同时应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，在接入风机 J 型管时采用预留长度余量，减缓潮流冲刷影响，确保海缆安全。

为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

6.6.3 鸟类飞行碰撞风机风险分析

根据相关研究，大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的白天，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，避免与风机发生撞击。在飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击，目前的研究总体结果表明概率较低。

从国内外对此问题的研究成果和其它已运行风电场对鸟类影响的观测资料看，鸟类能够顺利避开塔柱和旋转的叶片，其数量的增减只与食物的供给量有关，与风电场关系不大，并可合理布置风电机组，为候鸟留出安全飞行带，并在风机上加设灯光，采用色彩搭配等以减少候鸟撞击可能。同时，为减轻施工对周边鸥类的影响，应合理安排施工时间，尽量避开鸟类觅食活动时段，同时合理布置施工船舶运输路线。并且迁徙鸟类数

量密度低，碰撞风机的几率不高，总体项目对迁徙鸟类的影响不大。

6.6.4 海缆短路环境事故风险分析

若电缆制造时存在隐患、电缆运行过负荷、过热等原因使电缆老化，绝缘强度降低等原因引起电缆相间或相对地击穿短路；过电压使电缆击穿短路。安装不当、电缆铺设时曲率半径过小，致使绝缘损坏。同时还存在场区来往船只等对电缆施加的外力，则可能发生电缆短路事故。

若发生电缆短路事故，可能会对工程附近的渔业资源造成一定影响，发生死鱼现象。为减少三相短路和单相短路事故产生的强电流危害影响，66kV 海缆线路配置过流保护装置，用于在海缆发生断路时断开本进线断路器，并配置电路保护装置。保护动作时间约 1 至 2s，可将短路产生危害降到最小。

6.6.5 免维护铅酸电池破裂泄漏风险

本项目海上升压站采用免维护铅酸蓄电池作为系统后备电源，使用寿命约 5 年，共两组，经过一定的充放电循环后，电池容量会逐渐下降，电池在老化状态下工作，可能会导致电池过热、破裂泄露等问题，电解液泄露易对水环境造成影响。本项目运营期定期对海上升压站铅酸电池进行检查，发现破损及时进行更换。同时在铅酸电池下方设置托盘或漏液收集装置，可有效防止铅酸电池破损状态下漏液污染环境。

7 环境保护措施及及其可行性论证

7.1 施工期污染防治措施及可行性分析

7.1.1 水污染防治措施

7.1.1.1 海域水环境保护措施

（1）施工单位在施工过程中，应充分考虑附近海域环境特征、气象条件等，避免在极端天气情况下进行施工作业，桩基沉桩与导管架灌浆尽量避开涨潮及落潮发生期，控制海缆铺设速率，以减少悬浮物影响范围，确保施工作业对海域环境质量的影响降低到最小程度。

（2）施工期间，施工船舶生活污水产生量约为 43.2m^3/d，经船舶统一收集，靠岸后统一处置；施工船舶含油污水产生量约为 12m^3/d，船舶所产生的石油类污水禁止向海域排放，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，然后由有资质的单位进行接收处理。

（3）施工期使用的船舶应严格执行《防治船舶污染海洋环境管理条例》和《船舶污染物排放标准》。大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油。

（4）加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，施工船舶甲板上机械出现设备漏、冒油时，应立即停机处理，使用吸油棉及时吸取，并迅速堵塞泄水口，防止油污水入海，减少海水受污染的可能性。

（5）施工船舶甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。船舶靠泊后，注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的港务监督局报告。

（6）海底电缆工程施工必须严格制定施工规划，近岸段、登陆段施工避开涨潮及落潮发生期。

（7）建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的港务监督局报告。

（8）施工船舶应配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资，以防止发生船舶的小范围溢油事故的发生，同时制定事故预防和溢油应急计划。

（9）风机和升压站桩基打桩过程中，根据场址区地质情况精确定位桩基位置，选用高效的桩基施打设备，确保管桩平稳、快速贯入，减小对海床的扰动。合理控制工艺桩拔除强度，防止拔桩时桩体倾斜刮擦海床或拔除力过大造成局部掀沙。

（10）导管架连接灌浆作业过程中，工作人员应严格根据灌浆方案确定灌浆量，通过视频监控或潜水员配合，精确把控溢浆时间和溢浆量，灌浆结束后，灌浆设备和管理系统清洗废水收集在工作船上，严禁排海造成海水污染。

（11）优化施工方案，针对近岸两栖挖掘机开挖施工段按照潮流条件科学划定干地施工作业带及浅水施工作业带，并合理安排施工进度，尽量选择低潮位露滩时段干地施工，避免大量泥沙随潮流入海。

（12）严格控制两栖施工设备及人员作业范围，施工机械按照电缆铺设路线行驶，禁止任意穿行，禁止超出作业带作业，可减小施工扰动造成的滩涂表层泥沙流失。

（13）电缆沟槽开挖产生的沙土应在电缆入沟槽后及时回填夯实，防止沙土随潮流入海。

（14）海缆敷设时应错开围海养殖换水时段，将对围海养殖区的影响降到最低。

7.1.1.2 陆域水环境保护措施

（1）项目施工高峰期施工营地冲洗废水产生量总计约为 44.0m^3/d，冲洗废水收集后利用施工营地现有隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 27.5m^3/d，主要污染物为 COD、NH_3-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置。

（2）施工现场使用带油料的机械器具，应采取措施防止油料跑、冒、滴、漏，防止对土壤和水体造成污染

（3）严格管理检查施工机械设备工作状况，加强施工设备的管理与养护，严禁使用出现问题以及排放超标的施工机械设备。

（4）施工期间禁止向水体排放、倾倒垃圾、弃土、弃渣。

（5）物料集中堆放并用土工布挡护，避免雨季受雨水冲刷排入周边水域。

（6）施工期含油废水主要是由机械修配、汽车保养等产生，因废水性质相似，可集中统一处理。废水中主要含有石油类，修理和保养过程中其浓度可达 10~20mg/L。沉淀和隔除含油废水中的泥沙和浮油。隔除的浮油送至有资质单位处理。

（7）施工期应避开暴雨期，并采取临时拦、截、排及护坡措施。

7.1.2 大气污染防治措施

本项目施工期大气污染物主要为施工船舶尾气、施工机械尾气和施工扬尘。具体环保措施如下：

（1）为减少施工船舶设备排放发动机尾气产生的污染，施工单位必须严格控制船舶设备的品质，尽量采用清洁型燃料，并在机械设备排气口加装废气过滤器。

（2）加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，始终保持发动机处于良好状况，降低尾气中有害成分的浓度，满足尾气排放标准。禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

（3）施工船舶按照 《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号）的相关要求，应使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，降低舶硫氧化物、氮颗粒和挥发性有机等大气污染物的排放。

（4）各施工区应设置洗车平台，完善排水设施，防止泥土粘带。施工期间，应在物料、渣土运输车辆的出口内侧设置洗车平台，车辆驶离工地前，应在洗车平台清洗轮胎及车身，不得带泥上路。工地出口处铺装道路上可见粘带泥土的范围不得超过 10m，并应及时清扫冲洗。

（5）施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料堆场等应定点定位，并采取适当的防尘措施。陆域施工场地定期洒水，防止土方表面浮尘产生，在大风日加大洒水量及洒水次数。施工过程中使用水泥、石灰、沙石、涂料、铺装材料等易产生扬尘的建筑材料，应采取密闭存储、防尘布苫盖或设置围挡或堆砌围墙。

（6）施工单位在塔基开挖时，应对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。

（7）施工过程中，建设单位应当对裸露地面进行覆盖；暂时不能开工的建设用地超过三个月的，应当进行绿化、铺装或者遮盖。

（8）进出工地的物料、渣土、垃圾运输车辆，应按照批准的路线和时间进行物料、渣土、垃圾的运输，应尽可能采用密闭车斗，并保证物料不遗撒外漏，尽可能减少运输扬尘对运输路线居民的影响。各施工区应设置洗车平台，完善排水设施，保证物料、渣土运输车辆不带泥上路。

（9）加强施工人员的环保培训，提高施工人员环保意识，文明施工。

（10）合理安排工期，对土层扰动大的作业期避开干燥大风天气，以减轻扬尘源强。

（11）施工现场禁止将包装物、可燃垃圾等固体废弃物就地焚烧。

7.1.3 噪声污染防治措施

施工期噪声主要来源于各种施工机械设备作业产生的噪声，具体环保措施如下：

（1）加强对机械设备的维护保养和正确操作，保证在良好的条件下使用，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放，减少运行噪声。

（2）尽量采用低噪音机械设备，施工船舶应有效控制主辅机噪声。船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱布置消声器，限制汽笛等突发性高噪声。日常应注意对船舶、设备的维修保养，使各种机械、装置保持良好的运行状态。

（3）各施工现场进行合理规划，合理布置施工机械设备，尽量将噪声大的设备布置在对周围环境影响较小的位置，增大噪声源头与周围敏感区域的距离，严格按照《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）中的有关规定执行。

（4）陆域施工噪声主要来自运输车辆，陆域临时施工应注意物料运输时间，合理安排施工作业时间和施工车辆进出场地的行驶线路，场区内限速行驶，不高音鸣号，避免车辆拥堵而增加周边地区的交通噪声。需加强车辆的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。

（5）加强施工管理、文明施工，减少施工期不必要的人为噪声对周围人群的影响。施工人员在强噪声环境工作时，应佩带耳罩和防声头盔；当噪声超过 90dB（A）无防护措施时，应按有关规定减少接触时间。

（6）建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷。

（7）在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

（8）采用低噪声施工机械设备，在登陆点施工区域设置围挡，控制设备噪声源强，减少施工噪声对加竹村的影响。

（9）优化施工方案，减少桩基整体施工时间，同时，风电场区桩基施工时间要避开大黄鱼类产卵期（4~5 月），在大黄鱼非产卵期优先进行风电场区桩基及海缆施工作

业。

（10）控制大黄鱼产卵期（4~5 月）项目海域施工船舶的数量，减少各类施工噪音对大黄鱼的影响。

7.1.4 固体废物污染防治措施

（1）施工船舶人员生活垃圾禁止随意倾倒入海，应在船舶上设置统一回收的垃圾桶和垃圾箱，将风机安装产生的少量废弃材料、设备包装物等海域产生的固体废弃物统一回收运至陆上统一处置，对散落在水体内的固体废弃物，尤其是短期内不易沉入水底的漂浮物，施工单位应尽力打捞回收。

（2）施工船舶垃圾不得随意倒入海域，靠岸后生活垃圾倾倒入陆域生活垃圾处理设施，与陆域生活垃圾一并送入垃圾场统一填埋处理；施工船舶机械保养产生的固体废弃物，其中部分可回收使用，其余由于含有高浓度的油污和少量重金属等污染物，需要经收集后委托有资质单位进行统一接收处理。

（3）陆域施工场地生活垃圾应加强管理，分片、分类设置垃圾收集箱，并委托环卫部门定期清运。施工中产生的固体废弃物应由施工单位负责及时清理处置。施工结束时，需做好施工现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面有明显的固体废弃物残留。

（4）施工过程产生的各类建筑垃圾尽可能的通过回收加以使用，不得随意丢弃，不可利用的建筑垃圾统也应由施工单位负责及时清理处置。

（5）对于塔基开挖暂时不能回用的多余土方在塔基施工区附近的空地上集中堆放，开挖的表土和深层土分开堆放，施工后期剥离的表土用于绿化覆土和复耕，其余临时弃土平铺于塔基连梁内，工程结束后及时进行回填并压实。

（6）项目产生的弃渣严禁随意丢弃，应根据周边地形、地势和植被分布情况合理选择弃渣堆放点，并及时采取植被恢复和水土保持措施。

7.1.5 污染防治措施可行性分析

施工期水、大气、噪声和固体废物的防治措施，均采用从源头防控的方法，先从源头上减少污染物产生，然后考虑末端治理，对风机桩基施工及海底电缆施工时避免在雨天、台风等不利天气情况下施工作业等措施均可有效的减少入海悬浮泥沙的产生。同时，海域施工与陆域电缆施工还应结合施工过程控制的方法，对施工车辆冲洗污水、施工扬

尘和噪声等污染源进行严格把控和妥善处置，通过严格管理和落实目标责任制，可有效减缓施工期对周围环境影响，因此，施工期污染防治措施是可行的。

7.2 运营期污染防治措施及可行性分析

7.2.1 水污染防治措施

（1）本项目运营期间，需要对风机及其相关设备进行维护，在维护过程中要防止润滑油等油类的跑、冒、漏、滴，废油统一收集至废油箱中，靠岸后委托有资质的单位进行处理回用。

（2）含油废物（抹布、废滤网）也要统一妥善保管，不得随意丢弃，维护结束后，应将废油、含油废物等一并交由有资质的单位处理，避免污染项目海域生态环境。

（3）对于升压站维修产生的油污水，统一收集至运维船上，待船舶靠岸后交由海事部门指定的有资质的单位进行接收处理，每半年清运一次。

（4）运行期的生活污水主要来自陆上集控中心管理人员。生活污水经化粪池处理后进入成套污水处理设备（施工期建设）经处理后达到排放标准后用于站区绿化，不外排。

7.2.2 噪声污染防治措施

（1）本项目运营期噪声主要来源于机械和结构噪声、空气动力噪声。机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，在定期对风机进行维护，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，避免或减少撞击和摩擦的情况下，这部分噪声是能够控制的。建议可在机舱内表面贴附阻尼材料，为降低风机结构噪声。

（2）对于海上升压站噪声，选用低噪声变压器，保证主变噪声小于 70dB。建议升压站主变压器与底座之间衬隔振垫进一步减少噪声产生。

（3）集控中心营运期的噪声主要来源于设备运行噪声和电磁噪声，主要噪声源有 220kV 变压器、高压电抗器等，在主变压器及高压电抗器设备选型时，提出噪声源强要求。

（4）加强绿化并设置围墙，以尽量衰减降低运行噪声影响。对导线和金具等要求具有较高的加工工艺，防止由于导线缺陷处或毛刺处的空气电离产生的电晕，降低输电线路运行时产生的可听噪声水平。

（5）加强变压器与高压电抗器的维护、保养，确保设备的完好性，针对长时间运

行导致的设备内外紧固件出现松动的问题，要安排定期检查。

（6）高压电抗器采用高硬度的主磁路间隙材料，降低其伸缩震动的频率。

（7）散热片布置建议采用独立的四周散热片布置方式，遮挡声波传播，降低噪声强度。

（8）在设备定购时，选取导线表面光滑，毛刺较少的设备，以减小线路在运营期时产生的噪声。

7.2.3 固体废物污染防治措施

（1）一般固体废物

集控中心生活垃圾产生量约为 7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环环卫部门及时处理。运行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活垃圾量约为 100kg，统一收集上岸后交由当地环环卫部门及时处理。废风机叶片拆除后，由处置单位统一运至其场地进行拆解报废处理。运营期间根据《固体废物分类与代码目录》分类，建立固体废物管理台账。

（2）危险废物

风电场运行期间，风机更换润滑油等工作由有资质的电力运营维护单位进行；事故排油经事故油池或事故油罐统一收集后交由有资质的单位进行转移处理，不在站内暂存；废弃铅蓄电池有由年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置；风电机组与集控中心设备每年检修两次，检修过程将产生少量油渣、油垢、机修废油等，含油废物产生量约为 0.2t/a，含油废物属危险废物，统一收集后交由有资质的单位进行处理。综上，风电场运营期间只有少量危险废物需在危险废物暂存间储存，基于此，需在陆域集控中心附属房设有危险废物暂存间，主要暂存检修过程将产生油渣、油垢、机修废油等。

危险废物暂存间面积及要求：危废暂存间需满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求，满足防风、防雨、防晒、防渗等要求。对混凝土中间伸缩缝、缩缝和实体基础的缝隙，可采用黏土、抗渗混凝土或其他防渗性能等效的材料；因危废较少，危废暂存间面积设置为 10m^2，能够满足运营期危废暂存需求。危险废物及处置去向基本情况如表 7.2-1。

表 7.2-1 项目危废物及处置去向基本情况一览表

序号	名称	类别	代码	危险特性	去向	产生量	贮存周期
1	油渣、油垢、机修	HW08	900-200-08	毒性、易燃性	集控中心东侧危险废物	0.2t/a	不超过 6 个月

	废油				暂存间		
2	废变压器油	HW08	900-200-08	毒性、易燃性	不贮存	-	由有资质的单位进行转移处理
3	废润滑油	HW08	900-214-08	毒性、易燃性	不贮存	22.4t/a	有资质的电力运营维护单位处置
4	废铅蓄电池	HW31	900-052-31	毒性、腐蚀性	不贮存	两组/5年	由年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置

（3）危险废物环保管理制度

为加强公司生产经营活动过程中产生的机修废油、废铅蓄电池等危险废物的管理，防止污染环境，促进经济和社会的可持续发展，依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等有关规定，对有关废油、废铅蓄电池处置等做出如下要求：

运维单位应负责定期检查和维护事故油池，做好运行维护记录，保证其正常投用，确保不发生油渗漏或溢流。电网设备检修和运行维护过程中，防止油污抛撒地面。

应委托具有相应资质的专业机构回收处理机修废油、废铅蓄电池等。

在转移机修废油、废铅蓄电池前，必须按照国家有关规定，向生态环境主管部门申报转移计划，填写危险废物转移联单。未经批准的，不得转移。运输危险废物，必须采取防止污染环境的措施，并遵守国家有关危险货物运输管理的规定。

运维单位应建立机修废油、废铅蓄电池回收档案，物资部门应建立机修废油废铅蓄电池处置档案。

机修废油、废变压器油管理单位必须按照国家有关规定，制定危险废物管理计划，并向所在地县级以上地方人民政府生态环境主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、处置等有关资料。

7.2.4 电磁环境保护措施

（1）保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。

（2）变电站内金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等均做到表面光滑，尽量避免毛刺的出现。

（3）加强运行期的海底电缆冲刷检测监控，保证海底电缆一定的埋深，避免海底

电缆外露造成的电磁影响增加。

（4）安装高压设备时，应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免间隙性放电。

7.2.5 污染防治措施可行性分析

运营期水污染处理方案符合项目实际情况，且可操作性较强。噪声做好相应防范措施下也能得到良好的控制，固体废物污染防治措施可信。因此，运营期污染防治措施是可行的。

7.3 风险防范措施及可行性分析

7.3.1 溢油事故风险防范及对策措施

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，加之周边海域存在养殖区，如一旦发生施工船舶碰撞、倾翻等突发性事件容易诱发海上溢油事故，将对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

具体防范措施详见第六章 6.2.3 一节。

7.3.2 自然灾害风险防范对策措施

（1）防雷措施

风机的防直击雷保护是利用风机叶轮装设风机的防直击雷保护装置。根据《风力发电机组装配和安装规范》（GB/T 19568-2004）要求，风机机组接地电阻要求在任何季节均不大于 3.5Ω。风机的接地是在塔筒内设置集中接地板供塔筒内设备接地用，集中接地板通过软铜辫与风机基础钢管桩连接后，利用其基础钢管桩作为自然接地体可靠接地。

（2）防台风措施

为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理及相关工程研究，本报告提出下列防范措施：

①装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

②推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

③加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。

7.3.3 其他事故风险防范措施

7.3.3.1 风机损坏风险防范措施

1）应急措施

①风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

②风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

③若风机发生倒塌事故，应及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，对外发布预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响；风电场业主将及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆地处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

2）应急预案

为使本项目发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险应急预案，并定期进行演习。

①应急指挥组织

结合本项目特点，项目运行管理机构可联合安全、电网部门组成风险应急指挥部。指挥部对各部门和人员的职责有明确分工，具体到职责、分工、协作关系，做到人人心中有数。经过应急事故处置培训的人员要轮流值班，并建立严格交接班制度。

②信息收集和报告

根据对风机的日常运行与维护状况，一旦发现风机损坏或可能引起风机损坏情况，应及时向风险应急指挥部报告。

③应急响应和行动

发现风机损坏情况，应根据损坏程度和是否引起安全事故，采取相应措施，包括停止风机运行、对风机塔架进行维护等。

④应急培训和演习

对项目管理人员进行应急响应培训，同时对项目周边人员进行应急响应知识的宣传。进行演练准备、组织和训练， 一旦遇到突发风险事故，可迅速展开应急抢险，及时控制事态发展和蔓延，降低风险损失。

7.3.3.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险防范措施

受长期泥沙冲刷的影响，在风电场海底电缆和海床之间有形成掏空的可能。本项目部分海底线缆路由埋设于潮间带浅滩，根据数值模拟结果，风电场建成后，风机周边海域内主要在风机迎水面和背水面沿涨落潮流方向发生淤积现象，而冲刷发生区域则主要为风机两侧的区域，根据流速变化的分析，由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大，所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限。随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年较小，因此项目建成后桩基和电缆泥沙淘空风险较小。但为避免电缆掏空风险，在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，以防止海区内较为强劲的潮流和风量作用造成局部冲刷现象；对于基础局部冲刷的保护则应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，并在运行期开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

此外，为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，铺设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。铺设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告，并根据海底电缆保护规定要求禁止在电缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。鉴于本项目路由穿越内航路，建设单位应加强宣传和管理，避免生产、作业渔船等对电缆产生危害，生产季节渔船数量较多、活动没有规律，建议业主单位申请渔政部门加强对渔船的管理，必要时设置守护船进行现场警戒。

7.3.3.3 鸟类碰撞风机防范措施

为减少鸟撞风机给风电场带来的损失，提出下列防范措施：

①避开鸟类迁飞季节施工。在迁徙强度大的季节，严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，应该停止施工。在鸟类非迁徙季节竖立和组装风电机。

②风机叶片涂装警示色。风力发电机机组叶片应涂装成橙红与白色相间颜色鲜艳的警示条带，对附近鸟类起到警示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，防止鸟类撞上风机转动的叶片而死亡。

③建议在风机上适当的位置安设不同色彩的闪烁灯光，并用紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面，以增加鸟类对风电机的可见度，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。

④应在风电场区域建立鸟类观测站，加强风电场区域鸟类活动特征（如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等）以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在输电线路上栖息情况的观测，合理调整运行及防范措施。将风电场对鸟类的影响防范工作纳入区域发展规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

⑤尽可能选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰。根据项目评价区鸟类的生活习性，合理安排施工期尽可能避开候鸟迁徙高峰期。

7.3.3.4 免维护铅酸电池破裂泄漏防范措施

①定期对海上升压站铅酸电池进行检查，发现破损及时进行更换。

②铅酸电池下方设置托盘或漏液收集装置，防止铅酸电池破损状态下漏液污染环境。

7.3.4 环境风险防范措施可行性分析

本项目的风险防范措施均采用成熟的工艺措施，从技术角度上可行，且符合项目经济合理的要求，因此，本项目的环境风险防范措施是可行的。

7.4 生态环境保护与修复对策措施及可行性分析

7.4.1 施工期生态环境保护措施

（1）潮间带生物、滩涂底栖生物保护措施

①在满足施工技术要求的前提下尽可能减少两栖施工设备对滩涂压占范围，划定两栖设备的作业施工行驶带，禁止两栖设备在行驶带外穿行。

②海缆铺设过程中要严格划定施工作业区域，准确按照设计路线铺设海缆，控制作业面宽度，禁止随意扩大施工范围，禁止施工人员越界施工对高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区造成破坏。

③优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间，减少海缆施工对下岐湿地和罗浮土坪湿地的影响时间。

④施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免施工中电缆铺设等产生的悬浮物在不利天气下大量扩散入海。

⑤海底电缆和登陆段的海底电缆应适当深埋，可增加海底电缆的使用安全和有利于生态环境的自我修复。

⑥对海缆施工方案进行合理优化，选择科学合理的施工方法和顺序，减少施工对海洋环境的影响。

⑦施工机械、设备和人员产生的所有污染物禁止在滩涂上随意排放和丢弃，应收集至陆域处理，减少对周边水体环境影响。

⑧在施工现场，设置明显的警示牌，警示施工人员保护岸滩环境及高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区、下岐湿地与罗浮土坪湿地。

⑨对施工人员做好培训，禁止遗弃施工废物和生活废物等在高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区与下岐湿地内；检查施工器械，不得出现润滑油或燃料油跑、冒、滴、漏于登陆段施工区域。

（2）渔业资源和渔业生产保护措施

①优化施工进度安排，涉及悬浮泥沙产生的海缆铺设、风机基础施工工段尽量错峰施工，控制悬浮泥沙叠加影响的周期。

②对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞、养殖作业活动的范围、时间。同时严格划定施工作业区域，控制施工船舶在鱼类产卵场高峰期进入生态保护红线区的数量，减少对红线区生物的影响。

③施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查，及时了解项目施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

④施工期对在项目海域从事养殖和捕捞作业的渔民造成收入下降的，建设单位应与当地渔业主管部门及渔民协商，落实补偿措施。

⑤加强施工期污废水管理，统一收集集中处理，严禁污废水直接排海。

⑥在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

⑦施工船舶驻锚泊时，根据施工作业需求和海况条件，由专业人员精准确定锚泊点，

避免反复抛减少不必要的拖作业，降低对底栖生物损害程度。

⑧在设计、工程施工时，严格遵守有关设计和相关规定，完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性涉海污染事故，应及时采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

⑨优化施工方案，减少桩基整体施工时间，同时，风电场区桩基施工时间要避开大黄鱼类产卵期（4~5 月），在大黄鱼非产卵期优先进行风电场区桩基及海缆施工作业，同时为了进一步减少施工活动对鱼类的影响，在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

⑩加强海缆及风机桩基施工过程监管，严格控制施工范围，重点关注施工高峰期悬沙对周边养殖及保护区的影响，增加施工高峰期跟踪监测频率。

⑪加强大黄鱼产卵期（4~5 月）施工船舶废水与施工固体废物监管，严禁施工废水与废物排海。

（3）鸟类及其生境保护措施

①做好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀。

②施工应尽量避开常见动物繁殖季节，采用噪声小的施工机械，合理组织施工行为。

③严格施工管理，减少施工机械设备油类的跑、冒、滴、漏；施工中废油、生活污水、渣土等合理处置，避免污染滩涂生态环境。

④施工期间生活垃圾等固废要求各施工单位负责处理，不得随意抛弃或填埋，以免污染环境，传播疾病，使鸟类误食而致病。建设单位应在施工招标文件中提出相应的处置和处罚条款。

⑤尽量减少森林植被的砍伐，尽量减少施工道路的规模和数量。

⑥尽可能选用低噪声设备，减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰，合理安排施工期尽可能避开候鸟迁徙高峰期。

⑦加强鸟类监测。组织专业人员，开展风电场区域鸟类种类和数量监测。每年春季 3 月～4 月、秋季 10 月～11 月候鸟大规模迁徙期间，以及每年 5 月～8 月加强燕鸥类繁殖地及繁殖鸟的监测，要密切观测候鸟动向，做好观测记录，在遇到大群候鸟路过或经监测发现影响主要鸟类繁殖行为时，应当停机，并及时制定相应的保护措施。风电场的

鸟类监测应作为监测计划中一部分。

⑧特殊情况下的风电场运行管理。在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，尤其在迁徙强度大的季节，应停止运行风机，以减少鸟的撞机伤亡。

（4）植被保护措施

①林木砍伐要求：线路走廊中的林木原则上不砍伐，为保护自然环境，减少林木砍伐量，减少水土流失，线路设计时应实测树木高度，并增加跨越高度设计。本工程砍树主要集中在杆、塔基位置，只有在个别地形不连续、高差较大等地段，杆塔高度无法满足自然地势的要求砍伐零星树木；

②统筹规划施工布置，减少施工临时占地，尽可能选择植被稀疏处，并禁止施工人员随意砍伐施工场地外的林木。对于临时占地所破坏的植被，施工完毕后采用覆土绿化、植被恢复等措施；在施工过程中尽量减少人员对绿地及耕地的践踏，施工时合理堆放弃石、弃渣，以免土石滚落对植物造成伤害；严格控制塔基周围的材料堆场范围，尽量在塔基征地范围内进行施工活动；

③对输电线路的施工临时占地和塔基未固化的部分，根据原占地类型进行生态恢复，尽量保持与周围环境一致。

④塔基施工时应将塔基开挖时处的上层熟土和下层生土分开堆放、保存，回填时应按照原土层的顺序回填，缩短植被恢复时间和增加恢复效果；

⑤牵张场应选择地势平坦的未利用地或植被覆盖率低的地块进行布置，尽量不占用林地，避免对沿线植被产生破坏，施工结束后，占地区应按照原有土地利用类型进行恢复；

⑥施工便道应尽量利用沿线现有道路，包括乡道、田埂及林间小道等。

⑦植被恢复时，应根据当地土壤和气候条件，选择当地乡土植物进行恢复，杜绝采用外来物种。

（5）土地利用保护措施

①施工料场、牵张场尽量选择周边现有空地或地势平缓、交通便利的地方，牵张场地铺垫钢板，施工结束后及时拆除牵张场钢板，重新疏松土地，恢复原有土地功能，禁止在基本农田设置施工料场和牵张场等施工用地，尽量避免在水土保持生态保护红线内设置施工料场及牵张场等施工用地。

②施工人员生活优先采取租住周边民房；施工材料运输应充分利用现有道路等，减

小施工场地占地。

③项目施工期临时用地应永临结合，优先利用荒地、劣地。

④施工占用农用地、林地和草地，应做好表土剥离、分类存放和回填利用。

⑤施工结束后，应及时清理施工现场，因地制宜进行土地功能恢复。

⑥优化工程方案，应尽量收缩陆域电缆与集控中心施工范围，远离周边基本农田保护区。

（6）水土保持措施

①施工期应注意选择适宜的施工季节，尽量避免在雨季施工，并准备一定数量的遮盖物，遇突发雨天、台风天气时遮盖挖填土的作业面。

②土方工程应集中作业，缩短作业时间。松散土要及时清运，或回填压实。雨天前应及时采取碾压等措施，减少作业面松散土量。

③严格按照设计控制开挖量和开挖范围，塔基开挖应采用分层剥离，分层回填的方式；填埋时分层填埋，并将剥离的表土最后填埋，并进行植被恢复，防止水土流失。

④塔基施工结束后，应对塔基区及周围临时用地按照原有土地利用类型进行植被恢复，提高林草植被覆盖率；植被恢复可采用灌、草结合的方式，植被种类选用本地物种，施工临时占地及时采取措施恢复原貌和原有使用功能。

⑤通过加强对施工期的管理，并切实落实以上的措施，施工期及时进行植被恢复可有效的减少水土流失。

7.4.2 运营期生态环境保护措施

（1）海洋生态和渔业资源生物保护措施

本项目实施不可避免地对海洋生态和渔业资源造成直接损害。为减少项目建设对海洋生态和渔业资源的影响，项目建成后应采取以底栖潮间带生物增殖及鱼类放流为主的生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种或经济价值高的种类。放流品种、规格和数量可根据本工程所在地的环境特征和工程特征执行，具体应在当地渔业主管部门指导下，按照当地海洋功能区划，鱼类产卵场位置确定，并与放流计划同步，便于增殖流的组织和管理。

（2）陆域生态

运行期应严格控制输电线下方树木的修剪或砍伐。根据设计规范进行砍伐树木，220kV 输电线走廊内自然生长高度不超过 2m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离（考

虑树木自然生长高度）大于 4.5m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离大于 4.0m 的果树、经济作物不砍伐。这样可以最大程度地保护走廊内植被，不会对区域植物资源造成系统性影响。

7.4.3 生态修复措施

本项目施工产生的悬沙和桩基占用海域不可避免地对海洋生态和渔业资源造成直接损害。为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的综合影响，实施以增殖放流为主的生态修复措施。

（1）生态修复目标

本项目生态修复目标为：“损害什么，修复什么；损害多少，修复多少”。

（2）生态修复内容

施工过程造成的鱼卵、仔鱼、游泳生物资源损失以渔业资源增殖放流方式来补偿。开展渔业资源增殖放流，选择适合本地放流的海域进行增殖放流工作，投入金额为 148 万元。

（3）增殖放流原则

根据《中国水生生物资源养护行动纲要》精神及农业部《水生生物增殖放流管理规定》的要求，人工增殖放流应遵循以下工作原则：

①依法规范原则。人工增殖放流工作应按照国家和地方有关法律法规的规定及有关政策的要求执行，相关操作须符合相应的工作和技术规范。

②因地制宜原则。人工增殖放流应根据项目区区及其周边水域生态环境和生物群落结构特点，使放流工作取得最佳效果。

③科学有序原则。以人工增殖放流为主要手段的水域生态环境修复是一项长期、系统的工作，要科学论证、有序推进，确保放流工作成效。

④突出重点原则。人工增殖放流既要兼顾全局，更要突出重点，选择合适的地点、适宜的种类，按照科学论证的实施方案执行。

（4）增殖放流方案

放流物种主要依据农业农村部发布《关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发[2022]1 号），文件对项目海域的增殖放流推荐物种见表 7.4-1。选择生态修复增殖放流的水生生物物种时，应综合考虑项目区海洋生态调查结果、工程所在海域的生物资源特点与损失的生物资源种类。

表 7.4-1 农业农村部“十四五”增殖放流推荐物种

所属海区	重要放流海域	行政区域	面积（km^2）	适宜放流物种
福建东部海区	沙埕港海域	福建宁德	87	黄姑鱼、长毛对虾、日本对虾、拟穴青蟹、三疣梭子蟹、大黄鱼、真鲷、黑鲷、黄鳍鲷、花鲈、点带石斑鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼、斜带髭鲷、鲻、曼氏无针乌贼
	三沙湾	福建宁德	727	

7.4.4 生态环境保护与修复对策措施可行性分析

生态环保措施从技术层面来看是切实可行，同时其措施操作简单，只要施工单位切实落实本报告书提出的各项生态环境保护措施，对影响海域进行生态补偿，可以起到较好的生态保护效果，因此，本项目的生态环境保护与修复对策措施是可行的。

8 环境影响经济损益分析

8.1 项目经济社会效益评述

8.1.1 经济效益

风力发电是新能源中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。本工程经济效益主要为风力发电收入。本工程装机容量 288MW，设计年平均上网发电量 923.70GW.h。项目的风力发电收入计算方法如下:

发电收入=上网电量×上网电价

上网电量是指在设计电量中扣除各项损耗之后的电量。

根据新出台的《中华人民共和国可再生能源法》，风能发电上网电价由国务院价格主管部门根据不同类型可再生能源发电的特点和不同地区的情况，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则确定，并根据可再生能源开发利用技术的发展适时调整。项目经营期年均发电利润约 20458.01 万元/a。

8.1.2 社会效益

项目利用福建省霞浦县海域资源，开发宝贵的风能资源具有显著的社会效益。本项目的建设增加了可再生能源在电网中的份额，对缓解电力供需矛盾和改善电源结构有重要的意义。建设该项目是贯彻落实国家的可持续发展战略和大力开发风力资源的政策，对全省风电事业有积极地推动作用。另外，本项目拟采用大容量机组进行示范，通过本项目的建设及运行，可为大容量风电机组的开发利用积累宝贵经验，可带动省内大容量海上风电产业链的快速发展。

8.2 环境损益估算

8.2.1 环境效益

风电的节能效益主要体现在风电场运行时不需要消耗其他常规能源，环境效益主要体现在不排放任何有害气体和不消耗水资源。风电和火电相比，在提供能源的同时，不排放烟尘、二氧化硫、氮氧化合物和其他有害物质。二氧化硫和氮氧化合物在大气中形成酸性物质，造成酸雨，危害植物和水生生物，破坏生态，二氧化碳是影响全球气候变暖的温室效应气体。

本项目装机规模为 288MW，项目建成后年上网电量为 923.70GW.h。按照《国家能源局 2022 年全国电力工业统计数据》和《中国电力行业年度发展报告 2022》数据，与相同发电量的常规燃煤火电机组相比，每年可节约标煤约 27.8 万 t，相应可减少废气排放量：$CO_2$76.1 万 t，此外，还可节约淡水、减少相应的废水排放和温排水等。可见风电场建设有十分显著的环境效益。

8.2.2 环境损失

本项目主要环境损失为陆域集控中心与电缆施工造成的水土流失及风机基础施工缆铺设产生的悬浮泥沙对海洋生态产生的影响。

根据海洋生态影响分析可知，本项目风机与海上升压站桩基施工导致底栖生物损失量为 20.1kg，电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。则项目桩基占海生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。经计算，需进行生态补偿总金额为 148 万元。

8.2.3 环保设备与环保投资估算

本项目环境保护投资主要包括水环境保护、固废处理、渔业资源修复和鸟类保护、环境监测及海洋生态补偿等，环保投资总计 783 万元，具体详见表 8.2-1。

表 8.2-1 环保投资概算表

项目	治理内容	费用（万元）	备注
施工期	施工生产、生活污水收集处理	118	包含污水处理设备及委托处理费用
	环境空气保护	25	施工营地定期洒水降尘等
	固体废弃物处理	30	固废收集装置及清运处置费用
	陆域生态修复	55	绿化修复
	海洋生态资源修复	148	生态补偿
	施工期跟踪监测	130	包含噪声、大气、海洋生态、鸟类观测、电磁、冲淤观测等监测
	环境监理	80	/
	竣工环保验收调查	50	/
运营期	运营期跟踪监测	70	
	环境管理	25	
	固废及生活污水处置	52	
合计		783	占工程总投资 37.52 亿元的 0.2%

8.3 环境经济损益综合分析与评价

综上所述，本项目具有明显的环境效益，节约能源原材料消耗等，减少温室气体等污染物的排放：同时还具有一定社会效益，缓解电力供需矛盾和改善电源结构，并促进

国内制造业等的发展。本项目在建设过程中会造成渔业资源和海洋生态等方面的环境损失，但其主要发生在施工期，且可通过补偿措施进行恢复。

从环境经济损益综合分析，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。因此，该项目从环境经济损益的角度来说是可行的。

9 环境管理与监测计划

9.1 环境管理

9.1.1 环境管理计划

工程环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

外部管理是指国家及地方海洋环境保护行政主管部门依法对工程建设进行管理。

内部管理是指建设单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。

建设单位应联合施工单位和施工监理单位设立宁德霞浦海上风电场 B 区项目的环境管理机构和专职人员，负责施工期环境管理和监督，施工单位应配备环保员，按有关法律法规对工程环境保护工作进行监督、管理环保措施的实施。

9.1.2 环境管理机构设置

为保证环境管理人员的顺利实施，建设范围的法定负责人，是控制环境污染、保护环境的法律责任者。此外，建设单位应该设立专门的环保机构和专职负责人，负责本项目的建设期的环境管理工作。管理机构需在各级环境保护主管部门及相关部门的监督管理和指导下负责项目各项环保措施的落实。施工期负责监督检查承包商就施工区环保措施的实施情况及质量，并接受有关部门的监督和管理；运行期负责风电场的环境管理工作，检查运行期环保措施，确保环保设施的正常运行和落实运行期环境监测。

环境管理机构及人员的设置见表 9.1-1。

表 9.1-1 环境管理机构及人员设置

部门	人员设置	职责
建设单位	霞浦闽东海上风电有限公司	总负责
	专职环保专业技术管理人员 2 名	负责全面环境管理
施工单位	环境管理人员 1~2 名	负责所承包工程范围内地施工环境管理工作

9.1.3 环境管理职责

9.1.3.1 施工期

（1）施工期的资源环境监控措施

本工程在进行风机基础建设、海底电缆铺设等施工过程中。为使施工产生的声波、悬浮物扩散及施工废水和生活污水的排放对周边海洋功能区、养殖活动和保护区的影响减小到最低程度，需采取以下相应的环境监控措施。

1）海域污水处理与防治措施

根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》及交通部海事局对限制船舶油类污染物排放专项铅封行动要求，需铅封船舶排污管路的阀门，除发生危及船舶、人命和财产安全紧急情况外，未经海事管理机构允许，任何人不得擅自启封。禁止施工船舶直接向海域排放生活污水、船舶的洗舱水、油污水及丢弃生活垃圾等。对含油的机舱水和污染严重的压舱水，离岸施工船应配备油水分离设施，经处理达标后直接排海。船舶在海域施工期间，现场人员的施工营地主要在铺缆船和起重作业船上，每天将产生一定量的生活污水，生活污水处理应按照海上施工作业规范及相关法规、规范、标准要求处理达标后排放。同时，需加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

2）海域固体废弃物污染处理与防治措施

本项目施工期产生的固体废弃物主要包括临时设施拆除产生的废渣、结构施工废弃材料和施工人员生活垃圾三部分。

本项目包含若干焊接作业，在焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业电配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上，交由有资质的固体废物堆放场统一处置。

对能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。施工期产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。

禁止任意向海洋中抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类固体废弃物散落抛入海中。对施工场所的固体废弃物，在施工结束撤离时，必须做好现场的清理和固体废弃物的处置工作，不得在施工场地遗留固体废弃物。

（2）施工期的海洋生态环境保护措施

项目建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，将海洋生态环境保护纳入工程方案设计过程中，使海上施工作业对海洋生态环境带来的不利影响降到最低程度。

1）减小水下施工对海域底栖生物影响的措施

优化施工方案，加强科学管理，在确保施工质量的前提下，尽可能缩短水下作业时间。划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶进入施工区，避免任意扩大施工范围，以

尽量减小施工作业对底栖生物的影响范围和影响程度。水下施工应避开恶劣天气，既可保障施工安全，又可减小悬浮物扩散范围。当风机桩基和电缆铺设完成后，应修复水生生物栖息地，以加快生态修复。

2）减小水下施工对渔业资源和渔业生产影响的措施

春、夏季（4～6 月）是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，工程施工应尽量避开海洋鱼类产卵高峰期。施工海域应设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞、养殖作业活动的范围与时间。

3）减小水下施工对鸟类及其生境影响的措施

合理安排水下施工计划，施工尽量避开鸟类迁徙、集群的高峰期，以减少水下施工对鸟类及其生存环境的影响。

抓好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。施工单位应加强对施工人员的生态环境保护宣传和教育工作，提高施工人员对生态环境保护意识，严禁施工人员捕捉、猎杀鸟类。

4）减小水下施工对鱼类影响的措施

春、夏季（4～6 月）是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，电缆铺设应避开海洋鱼类产卵高峰期。

9.1.3.2 运行期

项目实施不可避免地对海洋生态和渔业资源带来一定的影响，为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的综合影响，业主应采取相应的减缓海洋生态影响和修复措施：加强风电场运营管理，保证各项工程设施完好、确保安全生产是海洋生态环境保护最基本的措施。同时，根据海域环境特征，在风电场附近海域设立长期监测点，对海洋生物资源（包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（鱼卵、仔鱼）、游泳生物、潮间带生物、潮下带底栖生物和渔业资源）进行定期监测。并分析叶绿素 a 含量、分布与季节变化；浮游植物的种类组成、丰度、生物量与季节变化；浮游动物（鱼卵、仔鱼）和游泳生物的种类组成、数量、生物量及季节变化、主要优势种和经济种类；潮间带生物的种类组成、栖息密度和生物量及其季节变化和潮下带底栖生物的种类组成、生物量和栖息密度及季节变化、主要优势种和经济种类。

风电场建成后应采取以底栖和潮间带生物增殖及鱼类增殖放流为主的生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种或经济价值高的种类，具体

增殖放流应在当地海洋渔业主管部门指导下，按照当地海洋功能区划，鱼类产卵场位置确定，并与当地放流计划同步，便于增殖放流的组织和管理。

风电场运行期，对风机及相关设备进行维护需用一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴，废油应储存在专设的废油箱中。含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将废油、含油废物等一并送交有资质单位回收处理，尽量减小对海域水质和沉积物环境的影响。

9.1.3.3 拆除期

本工程的主体工程，即风电机组设计正常运行期为 25 年，届时将实施退役，对风电场进行拆除。风电场营运单位在风电场退役前，应按照风电场退役的相关环境保护规定，编制环境影响报告书报环境保护行政主管部门审查。因此，宁德霞浦海上风电电机组的退役拆除方案的制订及环境影响评价将在风电机组退役阶段开展。

9.1.4 环境管理的主要内容

（1）在加强工程建设管理的同时，必须加强环境管理，提高环境保护意识，制定行之有效的环境保护规章制度，并且在工程承包合同中给予明确和体现。

（2）设立环保管理监测机构，按照国家和地方政府颁布的有关环境保护法令、法规以及所制定的规章制度，在当地海洋行政主管部门的监督下，负责实施有关海洋环境保护措施，落实执行情况。

（3）严格按照施工工艺和工序，以减少施工过程泥沙入海对海域环境的影响。

（4）施工单位应根据工程区附近海域的环境和生态现状，合理安排施工机械设备的数量、位置，减少对底泥的扰动强度和范围。

（5）避免在暴雨、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。

（6）监督施工机械、船舶的含油废水、施工机械冲洗废水和生活污水要合理处置；固体废物不得外排，需要合理外运处置。

（7）施工注意使用清洁燃油，尽量降低机械废气对周围大气环境的影响。

（8）加强施工期的环境监理工作。建设单位应联合施工单位和施工监理单位制定工程施工期海域水质、生态环境监控计划，并组织监测计划的实施。

（9）做好海域环境状况及污染物排放监测数据的统计与存档，定期向主管部门汇报，发现问题及时处理。

9.2 环境监理

9.2.1 环境监理组织

（1）施工期环境监理是在项目施工期实施的环境保护措施。施工期由工程监理单位兼做环境监理工作，负责施工期的环境管理与监督。

（2）环境监理单位应成立环境监察工作小组，实施环境监察审核具体工作。

（3）环境监理工作小组应根据环评报告书中环境监理内容及项目建设实际情况，提出环境监理工作计划，并报送相应环境管理部门和建设单位。

9.2.2 环境监理程序

（1）环境监理范围：为风电工程项目建设区与工程直接影响区域，包括风电主体工程、临时工程的施工场地、临时堆土场等区域。

（2）环境监理内容：生态保护、水土保持、地质灾害防治、绿化、污染物防治以及社会环境等环境保护工作的所有方面。

9.2.3 环境监理组织机构及工作制度

本工程设立环保总监（由总监兼任），主管工程环境监理工作；环监办（由总监办兼）负责组织实施，各环监代表处（由总监代表处兼）和环监驻地办（由驻地办兼）具体承担监理任务。现场环境监理工程师由驻地办的风电场、集控中心工程以及实验专业监理工程师兼任。

工程环境监理的工作制度主要包括：环境监理会议制度、环境监理记录与报告制度、人员培训制度、函件来往制度、环境监理奖惩制度及环境监理资料归档制度。

9.2.4 环境监理文件编制

（1）环境保护监理计划编制

环境保护监理计划是环境保护监理单位接受业务委托之后，监理单位应根据合同、环评要求、施工计划及工程的实际情况，制定本工程环境保护监理计划，明确环境保护监理工作范围、内容、方式和目标。

（2）环境保护监理实施细则编制

环境保护监理实施细则是在环境保护监理规划的基础上，由项目环境保护监理机构的专业环境保护监理工程师针对建设工程单项工程编制的操作性文件。本工程应根据工程实际情况及环评要求编制环境保护监理实施细则。

（3）环境保护监理总结报告编制

环境保护监理工作完成后，项目环境保护监理机构应及时进行监理工作总结，向建设单位提交监理工作总结，主要内容包括：委托监理合同履行情况概述，监理任务或监理目标完成情况评价。

9.3 环境监测计划

施工中的环境影响，主要是桩基施工过程产生的悬浮物（SS）对海水水质和海域生态的影响及陆域电缆施工过程中产生的固体废物等。环境监测计划包含固体废物监测计划及噪声、固废监测计划。

根据风电场环境特征及工程特征，同时结合《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）制定环境监测计划一览表，见表 9.3-1。

表 9.3-1 环境监测计划一览表

监测期	监测内容	监测项目	监测站位	监测点布设与监测频率	监测实施机构
施工期	海水水质	pH、悬浮物、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、石油类	20 个	风电场区及路由区域布设监测点位；施工期高峰期春、秋季度各监测 1 次。	委托有资质的监测单位
	沉积物	有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉	10 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工前增加一次环境本底值监测，施工期高峰期春、秋季度各监测 1 次。	
	生物质量	总汞、铜、铅、镉、锌、石油烃	3 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工期高峰期春、秋季度各监测 1 次。	
	海洋生态	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	12 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工期高峰期春、秋季度各监测 1 次	
	渔业资源	游泳动物	12 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工期高峰期春、秋季度各监测 1 次	
	鸟类	鸟类种类和数量，迁徙活动情况，栖息觅食情况，鸟类撞机情况等	场区及登陆点周边	施工高峰年春、夏、秋、冬四季观测，每季度一次，每次 3 天。	
	水上、水下噪声	水上噪声：Leq 水下噪声：频带声压级、声压谱[密度]级	9	风电场区布设监测点位；施工期高峰期年监测 1 次	
	陆域噪声	施工场界噪声、加竹村	5	施工期高峰期监测 1 次监测一次	
运营期	海水水质	pH、悬浮物、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、石	10 个	风电场区布设监测点位；运营第一年监测 1 次；运营三年后春、秋监测 1 次。	委托有资质的监测单位

		油类			
	集控中心生活污水	COD、SS、氨氮等	1 个	污水处理设施回用水收集池	
	沉积物	有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉	3 个	监测点位结合海水水质站位布设；运营第一年监测 1 次；运营三年后春、秋监测 1 次。	
	生物质量	总汞、铜、铅、镉、锌、石油烃	1 个	监测点位结合海水水质站位布设；运营第一年监测 1 次；运营三年后春、秋监测 1 次。	
	海洋生态	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	6 个	监测点位结合海水水质站位布设；运营第一年监测 1 次；运营三年后春、秋监测 1 次。	
	渔业资源	游泳动物	6 个	监测点位结合海水水质站位布设；运营第一年监测 1 次；运营三年后春、秋监测 1 次。	
	鸟类	鸟类种类和数量，迁徙活动情况，栖息觅食情况，鸟类撞机情况等	场区及登陆点周边	风电场区及附近海岛；运行初期 5 年内，前 2 年每年每季度 1 次，后三年根据跟踪监测情况适时调整跟踪监测计划	
	电磁辐射	工频电场、工频磁场	/	风电场区、海上升压站、陆域集控中心四周及海底电缆设置监测点，验收时监测 1 次	

9.4 环保竣工验收

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（国环规环评〔2017〕4号，有关规定，自2020年9月1日由企业自主全面开展建设项目竣工环境保护验收。建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督。本项目竣工环境保护验收的主要内容见表9.4-1。

表 9.4-1 项目竣工环境保护验收一览表

内容		主要环境保护措施	验收要求
验收项目		“三同时”落实情况	按环评报告及设计部门提出的要求验收
施工期	海水水质	（1）船舶舱底含油污水交由有资质单位进行处理。 （2）船舶生活污水经船舶统一收集，靠岸后统一处置，不外排。	委托协议，否有污水收集装置
	陆域水环境	（1）施工机械冲洗油污水收集入隔油——沉淀池处理达标后回用于场地洒水。 （2）陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置，对海域水环境基本无影响。 （3）物料集中堆放并用土工布挡护，避免雨季受雨水冲刷排入周边水域。	不外排，验收措施是否落实
	施工废气	（1）施工单位必须严格控制船舶设备的品质，尽量采用清洁型燃料，并在机械设备排气口加装废气过滤器。 （2）施工场地定期洒水，防止土方表面浮尘产生，在大风日加大洒水量及洒水次数。 （3）施工单位在塔基开挖时，应对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。 （4）各施工区应设置洗车平台，完善排水设施，保证物料、渣土运输车辆不带泥上路。 （5）施工船舶按照《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号）的相关要求，应使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，降低舶硫氧化物、氮颗粒和挥发性有机等大气污染物的排放。	执行《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值
	噪声污染	（1）选用低噪声设备。 （2）定期检查维护保养。 （3）各施工现场进行合理规划，合理布置施工机械设备，尽量将噪声大的设备布置在对周围环境影响较小的位置，增大噪声源头与周围敏感区域的距离，严格按照《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）中的有关规定执行。	执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
	固体废物	（1）施工船舶垃圾不得随意倒入海域，靠岸后生活垃圾倾倒入陆域生活垃圾处理设施，与陆域生活垃圾一并送入垃圾场统一填埋处理。 （2）陆域施工场地生活垃圾应加强管理，分片、分类设置垃圾收集箱，并委托环卫部门定期清运。 （3）施工船舶机械保养产生的固体废弃物，其中部分可回收使用，其余由于含有高浓度的油污和少量重金属等污染物，需要经收集后委托有资质单位进行统一接收处理。	验收是否落实措施

		（4）对于塔基开挖暂时不能回用的多余土方在塔基施工区附近的空地上集中堆放，开挖的表土和深层土分开堆放，施工后期剥离的表土用于绿化覆土和复耕，其余临时弃土平铺于塔基连梁内，工程结束后及时进行回填并压实。 （5）项目产生的弃渣严禁随意丢弃，应根据周边地形、地势和植被分布情况合理选择弃渣堆放点，并及时采取植被恢复和水土保持措施。	
	生态环境	（1）在满足施工技术要求的前提下尽可能减少两栖施工设备对滩涂压占范围，划定两栖设备的作业施工行驶带，禁止两栖设备在行驶带外穿行。 （2）严格划定施工作业范围，禁止非施工设备和车辆机械进入，避免任意扩大施工范围。 （3）塔基施工时应将塔基开挖时处的上层熟土和下层生土分开堆放、保存，回填时应按照原土层的顺序回填，缩短植被恢复时间和增加恢复效果。 （4）施工便道应尽量利用沿线现有道路，包括乡道、田埂及林间小道等。 （5）植被恢复时，应根据当地土壤和气候条件，选择当地乡土植物进行恢复，杜绝采用外来物种。 （6）优化施工方案，针对近岸两栖挖掘机开挖施工段按照潮流条件科学划定干地施工作业带及浅水施工作业带，并合理安排施工进度，尽量选择低潮位露滩时段干地施工，避免大量泥沙随潮流入海。 （7）优化施工方案，减少桩基整体施工时间，同时，风电场区桩基施工时间要避开大黄鱼类产卵期（4~5月），在大黄鱼非产卵期优先进行风电场区桩基及海缆施工作业。 （8）尽可能选用低噪声设备，减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰，合理安排施工期尽可能避开候鸟迁徙高峰期。 （9）项目在施工前，应当按照管理规定，办理建设项目使用林地手续。 （10）项目施工涉堤部分方案需报水行政主管部门审批后，方可实施。	验收是否落实措施
运营期	水质	（1）本项目运营期间，需要对风机及其相关设备进行维护，在维护过程中要防止润滑油等油类的跑、冒、漏、滴，废油统一收集至废油箱中，靠岸后委托有资质的单位进行处理回用。 （2）对于升压站维修产生的油污水，统一收集至运维船上，待船舶靠岸后交由海事部门指定的有资质的单位进行接收处理。 （3）运行期的生活污水主要来自陆上集控中心管理人员。生活污水经化粪池处理后进入成套污水处理设备（施工期建设）经处理后达到排放标准后用于站区绿化，不外排。	委托协议
	噪声污染	（1）定期对风机进行维护，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，避免或减少撞击和摩擦的	陆上集控中心厂界噪声执行《工业企业

		情况下，这部分噪声是能够控制的。建议可在机舱内表面贴附阻尼材料，为降低风机结构噪声。 （2）加强绿化并设置围墙，以尽量衰减降低运行噪声影响。对导线和金具等要求具有较高的加工工艺，防止由于导线缺陷处或毛刺处的空气电离产生的电晕，降低输电线路运行时产生的可听噪声水平。 （3）在设备定购时，选取导线表面光滑，毛刺较少的设备，以减小线路在运营期时产生的噪声。	厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008）中的2类标准；验收是否落实措施
	固体废物	（1）集控中心生活垃圾在集控中心统一收集后交由当地环环卫部门及时处理。 （2）事故排油经事故油池或事故油罐统一收集后交由有资质的单位进行转移处理，不在站内暂存。 （3）运行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活垃圾量约为 100kg，统一收集上岸后交由当地环环卫部门及时处理。废风机叶片拆除后，由处置单位统一运至其场地进行拆解报废处理。运营期间根据《固体废物分类与代码目录》分类，建立固体废物管理台账。 （4）废弃铅蓄电池有由年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置。	一般工业固体废物满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中的相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；生活垃圾交由环卫部门处理；危险废物暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；危险废物转运执行《危险废物转移管理办法》相关要求。
	生态	（1）设立海洋生态环境跟踪监测系统，对海域的环境质量等进行定期监测。 （2）运行期应严格控制输电线下方树木的修剪或砍伐。根据设计规范进行砍伐树木，220kV 输电线走廊内自然生长高度不超过 2m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离（考虑树木自然生长高度）大于 4.5m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离大于 4.0m 的果树、经济作物不砍伐。	验收是否落实措施
	电磁环境	（1）保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。 （2）安装高压设备时，应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免间隙性放电。	验收措施是否落实，电磁环境满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）控制限值要求
	鸟类	（1）在风电场区域建立鸟类观测站，加强风电场区域鸟类活动特征（如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等）以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在输电线路上栖息情况的观测，合理调整运行及防范措施。 （2）采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼	验收是否落实措施

		图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。	
	环境风险	（1）编制突发环境事件应急预案与船舶事故溢油风险应急预案，并配置与之配套的事故预防设施。 （2）定期对海上升压站铅酸电池进行检查，发现破损及时进行更换。 （3）铅酸电池下方设置托盘或漏液收集装置，防止铅酸电池破损状态下漏液污染环境。 （4）定期对海上升压站事故油罐及相关管路进行维护检查，保持管路通畅。	检查是否落实措施，查阅船舶事故溢油风险应急预案与突发环境事件应急预案
环境管理	环境管理情况	按报告书要求进行管理，设专职人员对风电场环境保护工作统一管理。	验收是否落实措施
	环境监测	水土保护、海洋生态、渔业环境、电磁环境、海水水质及鸟情观测施工期环境监测与监理计划落实情况，并建立营运期环境监测方案。	验收是否落实措施
	其他	环保措施设计，三同时落实情况。	验收是否落实措施

9.5 污染物排放清单

项目运营期污染物排放包括运维人员生活污水、生活垃圾以及风电场运维产生的废矿物油等，详见下表。

表 9.5-1 项目营运期污染物排放清单

类别	污染物	主要参数废水量 t/a	污染物	浓度 mg/L	产生量 t/a	排放量 t/a	执行标准	污染防治措施	备注
废水	集控中心生活污水、运维船舶生活污水	0.48	COD	300	0.14	/	《城市污水再生利用 杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准	回用于场区绿化用水	
			NH_3-N	40	0.02	/			
			SS	250	0.12	/			
	运维船舶油污水	0.002	石油类	2000	0.004	/	船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）	铅封后污水由有资质的单位进行接收处理。	
类别	污染源	污染物	废物代码		产生量	排放量 t/a	执行标准	污染防治措施	备注
一般固废	运维人员	生活垃圾	/		2.74t/a	/	/	交由当地环环卫部	

							门及时处理	
危险废物	风电场运维	油渣、油垢、机修废油	900-200-08	0.2t/a	/	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）	由有资质单位处理、处置	
		风机更换润滑油	900-214-08	22.4t/a	/	《危险废物转移管理办法》	由有资质单位处理、处置	
		废铅酸蓄电池	900-052-31	两组/5 年	/		由年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置	

10 评价结论

经过对宁德霞浦海上风电场工程 B 区项目建设过程中的各类环境问题解析，及可能产生的环境影响进行预测与评价后，根据各专题的评价结果，从该项目的工程分析、环境质量现状、环境影响预测、项目污染防治措施、环保投资等方面给出项目在环境保护方面的可行性结论。

10.1 项目工程概况

本项目装机容量 288MW，建设 36 台 8.0MW 海上风力发电机组、2 回 220kV 海缆送出，海底电缆由长春镇加竹村西侧海湾登陆，登陆后转向东北方向，途经蝴蝶丘、楼后接入陆上 220kV 变电站。工程建设总工期为 24 个月。风电场总投资 37.52 亿元。

10.2 工程环境影响评价结论

10.2.1 环境空气影响

（1）环境保护目标

本项目施工期对大气环境影响主要表现为陆域施工机械、车辆及施工船舶的尾气、地面扬尘、施工机械的燃料废气等，主要保护目标为项目施工区周围的大气环境。

（2）施工期环境空气影响

施工过程需要运输车辆、施工船舶等，这些车船设备基本以柴油为燃料，所排放的发动机尾气中主要含有 NO_2、SO_2 等空气污染物，由于施工机车相对较为分散，加之地面开阔，在车辆及机械设备排气口加装废气过滤器，则废气污染的影响基本上可以接受。

根据施工的类比调查，扬尘量与土壤湿度、粒径、气候条件、施工方法、施工管理和产尘控制措施有关，一般在风速大于 3m/s 时容易产生起尘，施工扬尘源高度一般来说较低，颗粒度也较大，为瞬时源，污染扩散距离不会很远，一般可控制在施工场所 100m 范围之内，且危害时间短，主要对施工人员和施工区域一定距离内的敏感目标影响较大。

施工单位在塔基开挖时，对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。对施工道路和施工现场定时洒水、喷淋，避免尘土飞扬。施工运输车辆采用密封、遮盖等。综上，项目施工对周边大气环境的影响较小。

（3）运营期

本项目废气为职工食堂油烟废气，备用柴油发电机废气。项目食堂厨房炉灶以液化石油气为燃料，液化石油气是一种洁净、污染物含量很少的能源，在使用和消耗能源的过程中污染物的产生甚少，产生的烟气烟色透明，外排对周围环境空气不会产生明显的影响。

10.2.2 声环境影响

（1）环境保护目标

本项目声环节主要保护目标为项目施工区周边声环境质量。

（2）声环境质量现状

监测表明：集控中心声环境噪声昼间值 46～52dB，夜间值 44～47dB；架空线路沿线环境噪声昼间值 42～45dB，夜间值 41～43dB，昼间和夜间 LAeq 值均符合声环境质量标准中 2 类功能区标准限值(昼间 LAeq 值≤60dB，夜间 LAeq 值≤50dB)的要求。

风电场区季不同站位的水上噪声等效连续声级主要在 55.8~62.8dB 之间，秋季不同站位的水上噪声等效连续声级主要在 48.6~65.2dB 之间。水下噪声整体上两个季节的水下背景噪声水平相接近。

（3）施工期声环境影响

陆域集控中心施工产生噪声昼间距离施工设备 40m 外的平均等效 A 声级均能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；夜间距离施工机械 200m 外符合噪声限值要求。陆域集控中心施工区域距周边村庄最近距离大于 300m，因此集控中心施工噪声对周边村庄影响较小，但施工过程中应做好降噪工作，选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，尽量避免强噪声机械在同一区域内无序施工；车辆在行驶过程中，应缓行和禁鸣喇叭。

陆域电缆施工区域距加竹村最近距离约 35m，因此，在塔基及电缆施工过程中对加竹村存在一定影响，施工过程中应做好降噪工作。选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，尽量避免强噪声机械在同一区域内无序施工；车辆在行驶过程中，应缓行和禁鸣喇叭。

打桩施工所产生的水下噪声有效声源级为 224dB，传播损失为 TL=20lgD，计算单

桩基础施工在 207dB、186dB 声压级下对应的距离分别为：7m、79m。因此，在打桩点 7m 范围内，可能导致石首鱼科鱼类死亡的危险，在离打桩点 7~79m 范围内可能导致石首鱼科鱼类产生物理损伤，在打桩点 79m 范围外，打桩的噪声可能引起石首鱼科鱼类出现了暂时性听力阈值改变，随着距离的增加打桩产生的噪声影响也将逐渐减弱。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，减小对石首鱼科鱼类的影响。

（4）运营期声环境影响

①风机噪声影响分析

经预测单台风力发电机组衰减趋势及噪声衰减距离可知在距风力发电机组直线距离在 250m 处，噪声已衰减至低于 45dB，可满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类标准限值。

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，多台风机间仅是影响范围的扩大，基本不增加影响程度。

本项目营运期水下噪声对石首鱼科的最大影响距离定为（掩蔽效应）定为 40m，而本项目风电机组行间距 2100m，行内间距 682.5m，风电场内不同风机不会对石首鱼科的影响产生叠加影响，运营期水下噪声对石首鱼科的生存空间影响仅限于桩基周边 50m 范围内，对其生存的影响空间较小。

②陆域集控中心噪声影响分析

根据预测结果可知，陆上集控中心的主变投运时，主变对厂界环境噪声的贡献值在 33.2～35.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2 类标准要求。

10.2.3 固体废物环境影响

（1）施工期固体废物环境影响

施工人员生活垃圾的产生量按每人 1kg/d，则本工程施工期生活垃圾日平均产生量

为 760kg。海上施工人员产生的生活垃圾统一收集上岸后与集控中心施工生活垃圾一起交由环卫部门及时处理。项目总弃方量约 2.03 万 m^3，均往霞运浦县建筑垃圾临时受纳场。

（2）运营期固体废物环境影响

因本工程运营期仅有少量运维工作人员，会产生少量生活垃圾，产生量约为 7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环环卫部门及时处理，不会对环境产生不利影响。

运行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活垃圾量约为 100kg，统一收集上岸后交由当地环环卫部门及时处理。

风电机组与集控中心设备每年检修两次，检修过程将产生油渣、油垢、机修废油等，含油废物产生量约为 0.2t/a，含油废物属危险废物，统一收集后交由有资质的单位进行处理。

工程运行期间产生的固体废物主要为风机机舱和轮毂中更换的润滑油，润滑油约每 3~5 年更换一次，每台风机内部润滑油约 1.4t。按每 3 年更换一次，风电场运行 25 年润滑油总产生量约 560t，则平均每年更换量为 22.4t/a。风电场风机维护工作由有资质的电力运营维护单位进行，维护完成后润滑油等废物由维护单位处理、处置，不在站内暂存。

事故排油经事故贮油池处理后，立即按照事故应急响应机制要求交由有资质的单位进行转移处理，不在站内暂存。运营期变压器与高压电抗器事故排油、油渣、废旧变压器属于危险固废，废物代码 900-220-08、HW08（变压器维护、更换和拆解过程中产生的废变压器油）。废旧变压器由专业厂家回收利用。

本项目采用免维护铅酸蓄电池作为系统后备电源，使用寿命约 5 年，共两组，当蓄电池需要更换时，建设单位提前通知年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置，并落实《危险废物转移管理办法》的要求，废铅蓄电池不在站内暂存。

10.2.4 海洋水文动力与冲淤环境

（1）敏感目标

工程建设可能引起的海洋水文动力与冲淤环境变化，保护目标为工程区海域。

（2）水动力与冲淤环境现状

春夏两季潮汐特征值均小于 0.5，海区潮汐类型为正规的半日潮海区。两季整体上

含沙量均较小，在垂向上，含沙量基本呈现表层<中层<底层的趋势。

（3）水动力与冲淤环境影响评价

由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大，所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限，主要的冲刷影响范围为风机桩基周围 500m 范围内，淤积强度增加程度最大约 0.06m/a；每排风机之间的区域则呈现冲刷强度增加的现象，但增加幅度小于 0.05m/a，冲刷量变化很小。

10.2.5 海域水质环境影响

（1）敏感目标

海域水质保护目标为项目区周围一带海水水质。

（2）海水水质环境质量现状

2022 年春季调查海域各测站海水中 pH、石油类、汞、铜、铅、锌、镉、砷、总铬、挥发酚含量均符合相应海水水质标准，表层海水中有 4.55%测站溶解氧超过第一类海水水质标准，45.45%测站化学需氧量超过第一类海水水质标准，13.64%测站无机氮超过第一类海水水质标准，13.64%测站活性磷酸盐超过第一类海水水质标准；底层海水中有 45.45%测站化学需氧量超过第一类海水水质标准，13.64%测站活性磷酸盐超过第一类海水水质标准。调查区域西侧靠近东冲半岛与浮鹰岛等近岸海域，人为活动频繁，海水水质超标可能受陆源污染与项目周边海水养殖活动等因素的综合影响。

2022 年秋季调查海域各测站海水中 pH、溶解氧、石油类、汞、铜、铅、锌、镉、砷、总铬、挥发酚含量均符合相应海水水质标准，表层海水中有 4.55%测站化学需氧量超过第一类海水水质标准，45.45%测站无机氮超过第一类海水水质标准，31.82%测站活性磷酸盐超过第一类海水水质标准；底层海水中有 4.55%测站化学需氧量超过第一类海水水质标准，40.91%测站无机氮超过第一类海水水质标准，18.82%测站活性磷酸盐超过第一类海水水质标准。海水中超标站位大部分位于场区靠近陆域一侧或岛屿周边，可能受季节变化与项目周边海水养殖活动、陆源污染等因素的综合影响。

（3）水环境影响预测与评价

①悬浮泥沙入海环境影响分析

悬浮泥沙增量浓度为 10mg/L 等值线的包络面积为 26.02km^2，增量浓度为 20mg/L

等值线的包络面积为 20.05km^2，增量浓度为 50mg/L 等值线的包络面积为 14.44km^2，增量浓度为 100mg/L 等值线的包络面积为 7.88km^2。悬浮泥沙在潮流场的作用下沿着路由向四周扩散，最远扩散距离为 0.146km。

②施工期污水排放对海域水环境的影响

在项目施工高峰期，同时施工船只最多有 24 艘，每艘船每天的含油废水产生量取 0.5m^3/d，则施工高峰期施工船舶含油污水产生量为 12.0m^3/d。施工船舶生活污水产生量为 43.2m^3/d。，施工船舶含油污水禁止直接外排，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，施工船舶生活污水经收集后，污水由有资质的单位进行接收处理。

项目施工高峰期施工营车辆冲洗废水产生量总计为 44.0m^3/d，机修废水产生量为 27.5m^3/d，以上废水收集后利用施工营地隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 48.0m^3，主要污染物为 COD、NH_3-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置，对海域水环境基本无影响。

总体而言，施工生产和生活污水排放量不大，各污染物排放量较小，对项目海域水质影响不大。通过加强施工过程的环境管理，认真实施污染控制措施，避免生产和生活污水直接排入施工海域，则能够将施工期废水排放对海洋水质环境的影响降低到最低程度。

③运营期水环境影响

a.生活污水

本项目运营期生活污水的主要来源于陆上集控中心运维人员，根据本项目可研，日生活污水产生量约 1.3m^3/d，收集后统一排入地埋式生活污水处理装置处理，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于站区内绿化或道路喷洒，不外排。对周围水环境无影响。

行期风电机组等设备半年检修一次，检修船舶每次检修产生的生活污水量约为 3m^3，船舶生活污水收集后上岸纳入陆域集控中心生活污水处理设施后回用。

b.牺牲阳极锌释放

根据工程设计及工程分析，单台风机每年进入海水中的锌为 12.88kg/a，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，对项目海域海水水质影响有限，不会对区域海水水质造成显著影响。

10.2.6 海域沉积物环境影响

（1）敏感目标

保护目标为项目施工区海域沉积物环境。

（2）沉积物质量现状

有机碳、石油类、硫化物、汞、铅、锌、镉、铬、砷等 9 个项目均符合第一类海洋沉积物质量标准，有 2 个站位铜含量（占比 17%）超出第一类海洋沉积物质量标准，其余站位均符合第一类海洋沉积物质量标准。

（3）沉积物环境影响分析

①施工入海泥沙对海洋沉积物环境的影响分析

施工期的悬浮泥沙主要是由于风电场施工引起的，它们的环境背景值与工程区海域沉积物背景值相近或相同，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整。因此，施工期悬浮物对工程海域沉积物质量的影响很小，工程施工后，经沉淀后沉积物的性质基本不变，不会明显改变工程海域沉积物的质量，海域沉积物环境基本可以维持现有水平。

②施工期废水对海洋沉积物环境影响分析

污染物排放入海，污染物质在上覆水相、沉积物相和间隙水相三相中迁移转化，可能引起沉积物环境的变化，特别是悬浮物质可能通过吸附水体营养物质以及有毒、有害物质，并最终沉降到沉积物表层，从而对沉积物环境造成影响。

本项目施工污水主要为施工生产废水。施工废水全部回收处置不外排，对海域水质的影响不大，对沉积物环境基本上没有影响。此外，施工中只要加强管理，并将施工生活垃圾和施工废弃物一同清运至垃圾处理厂处理，避免直接排入海域，对工程海域沉积物的质量影响很小。

③运营期海洋沉积物环境影响分析

牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而持续累积，因此工程运营对区域海洋沉积物环境无明显

不利影响。

10.2.7 海域生态环境影响

（1）敏感目标

项目区周围海域海洋生物。

（2）海洋生态环境现状

1）叶绿素 *a* 及初级生产力

2022 年春季调查期间，调各站位叶绿素 a 测值变化范围为 0.91 μg/L～8.43 μg/L 之间，均值为 4.00 μg/L。初级生产力估值变化范围为 65.08 mgC/m^2•d～386.10 mgC/m^2•d 之间，均值为 180.72 mgC/m^2•d。

2022 年秋季调查期间，各站位叶绿素 a 测值变化范围为 1.79～5.48 μg/L 之间，均值为 3.91 μg/L。初级生产力估值变化范围为 71.2～443.2 mgC/m^2•d 之间，均值为 212.8 mgC/m^2•d。

2）浮游植物

2022 年春季调查，共鉴定浮游植物 65 种，其中硅藻门 38 种，甲藻门 26 种，蓝藻门 1 种，浮游植物细胞密度范围为 2.00×10^6～12.96×10^6 cells/L，其均值为 5.98×10^6 cells/L，本次调查浮游植物种类多样性指数（*H'*）均值为 0.18（0.06～0.52），均匀度（*J*）均值为 0.04（0.01～0.13），丰富度（*d*）均值为 0.76（0.61～0.93），优势度（D_2）均值为 0.99（0.96～1.00）。总体上，本次调查浮游植物的多样性水平较低，优势种优势显著。

2022 年秋季调查，共鉴定浮游植物 75 种，其中硅藻门 59 种，甲藻门 14 种，蓝藻门 2 种，浮游植物细胞密度范围为 1.90×10^3～14.74×10^3 cells/L，其均值为 5.78×10^3 cells/L。本次调查浮游植物种类多样性指数（*H'*）均值为 2.03（0.73～3.01），均匀度（*J*）均值为 0.49（0.18～0.79），丰富度（*d*）均值为 1.33（0.86～1.76），优势度（D_2）均值为 0.73（0.48～0.93）。总体上，本次调查浮游植物的多样性水平较一般，优势种优势明显。

3）浮游动物

2022 年春季调查，共鉴定浮游动物 44 种，游动物的生物量范围为 22.67～733.73 mg/m^3，其均值为 210.08 mg/m^3，本次调查浮游动物种类多样性指数（*H'*）均值为 2.65

（1.87～3.35），均匀度（*J*）均值为 0.80（0.62～0.95），丰富度（*d*）均值为 2.65（1.45～3.79），优势度（D_2）均值为 0.56（0.39～0.77），总体上本次调查浮游动物的多样性水平中等，各调查站间的种类和个体数量存在一定差异，优势种优势一般，S5 和 S16 站位多样性水平较好。

2022 年秋季调查，共鉴定大型浮游动物 32 种，大型浮游动物的生物量范围为 6.37～47.63 mg/m^3，其均值为 21.40 mg/m^3，本次调查大型浮游动物种类多样性指数（*H'*）均值为 2.92（2.16～3.74），均匀度（*J*）均值为 0.81（0.70～0.92），丰富度（*d*）均值为 3.62（2.27～5.70），优势度（D_2）均值为 0.53（0.34～0.69），总体上本次调查浮游动物的多样性水平中等，各调查站间的种类和个体数量存在一定差异，优势种优势一般，S16 站位多样性水平较优。

4）潮下带底栖生物

2022 年春季调查，共鉴定大型底栖生物 41 种，大型底栖生物的生物量范围为 0.32～123.36 g/m^2，其均值为 19.21 g/m^2，本次调查大型底栖生物种类多样性指数（*H'*）均值为 2.33（1.50～3.12），均匀度（*J*）均值为 0.95（0.90～1.00），丰富度（*d*）均值为 0.95（0.50～1.50），优势度（D_2）均值为 0.53（0.30～0.75）。总体上本次调查大型底栖生物的多样性水平中等，S5 站位和 S7 站位多样性较好。。

2022 年秋季调查，共鉴定大型底栖生物 51 种，大型底栖生物的生物量范围为 0.12～8.44 g/m^2，其均值为 1.60 g/m^2，本次调查大型底栖生物种类多样性指数（*H'*）均值为 2.61（0.95～3.49），均匀度（*J*）均值为 0.78（0.60～0.89），丰富度（*d*）均值为 1.36（0.34～2.14），优势度（D_2）均值为 0.59（0.36～0.93），总体上本次调查大型底栖生物的多样性水平中等，S10 站位和 S15 站位多样性较好。

5）潮间带底栖生物

2022 年春季调查，共鉴定潮间带生物 39 种，各站位生物量平均为 9.94 g/m^2（变幅为 0.32～26.24 g/m^2），T1 断面中潮区站位的生物量最大，为 26.24 g/m^2。T1 断面潮间带生物平均生物量最大，为 11.21 g/m^2，T2 断面最小，为 8.69 g/m^2。潮间带生物平均生物量垂直分布大小依序为中潮区（21.33 g/m^2）>低潮区（7.26 g/m^2）>高潮区（1.23 g/m^2）。本次调查潮间带生物的多样性水平中各断面的中潮区均较好。

2022 年秋季调查，共鉴定潮间带生物 36 种，各站位生物量平均为 40.36 g/m^2（变

幅为 0.08～125.16 g/m^2），潮间带生物平均栖息密度垂直分布大小依序为高潮区（52.00 个/m^2）>中潮区（44.00 个/m^2）>低潮区（16.00 个/m^2）。潮间带生物平均生物量为 40.36 g/m^2（变幅为 24.00～53.97 g/m^2）（以断面计）。T2 断面潮间带生物平均生物量最大，潮间带生物平均生物量垂直分布大小依序为高潮区（64.00 g/m^2）>中潮区（56.55 g/m^2）>低潮区（0.52 g/m^2）。本次调查潮间带生物的多样性水平中各断面的中潮区均较好。

6）鱼卵和仔稚鱼

2022 年春季调查，本次垂直拖网调查 14 个站位共采集鱼卵 2 粒，仔稚鱼 2 尾。经种类分析鉴定，垂直拖网采获鱼卵 1 种：鲱科未定种，仅在 S5 和 S18 站位采获，密度分别为 0.42 ind./m^3、0.15 ind./m^3；采获仔稚鱼 2 种：日本竹筴鱼和康氏小公鱼，仅在 S13 站位采获，密度为 0.28 ind./m^3。

2022 年秋季调查，本次垂直拖网调查 14 个站位共采集鱼卵 2 粒，仔稚鱼 1 尾。经种类分析鉴定，垂直拖网采获鱼卵 2 种：灯笼鱼科未定种，仅在 S4 站位采获，密度为 0.21 ind./m^3，大黄鱼，仅在 S13 站位采获，密度为 0.21 ind./m^3；采获仔稚鱼 1 种：短尾大眼鲷，仅在 S22 站位采获，密度为 0.17 ind./m^3。

7）游泳动物

2022 年春季调查 14 个站位共鉴定游泳动物 53 种，重量资源密度范围为 64.92～393.74 kg/km^2，其均值为 197.44 kg/km^2，总体上看，S4、S18 和 S21 站位的多样性水平较好。

2022 年秋季共鉴定游泳动物 67 种，游泳动物重量资源密度范围为 65.96～634.04 kg/km^2，其均值为 304.60 kg/km^2，总体上看，S10、S18 和 S19 站位的多样性水平较好。

8）海洋生物质量

2022 年春季调查海域各测站各生物体体内铜、锌、镉和砷含量均存在不同程度的超标，其中 S4 测站泥蚶中铜、锌、镉和砷含量均超第一类海洋生物质量标准，S5 测站扇贝锌含量超第一类海洋生物质量标准；T2 断面厚壳贻贝锌含量超第一类海洋生物质量标准。

2022 年秋季调查海域各测站各生物体体内铜、铅、锌、铬和砷含量均存在不同程度的超标，其中 S2 测站泥蚶中铜、铅、锌、铬和砷含量均超第一类海洋生物质量标准，

T1 断面厚壳贻贝铅、锌含量超第一类海洋生物质量标准；T2 断面紫贻贝铅、锌含量超第一类海洋生物质量标准。

（3）施工期海洋生态环境影响预测与分析

1）对渔业资源的影响

悬浮泥沙作用导致一次性的鱼卵损失量为 12.66×10^6 粒，仔鱼损失 5.79×10^6 尾，游泳动物损失 1358.77kg。上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

2）对浮游生物的影响

风机及海缆施工对浮游生物最主要的影响是水体中增加的悬浮泥沙影响了水体的透光性，由于施工造成海域 SPM 浓度增大，从而对海域浮游生物造成的这种影响是不可避免的，但是该影响暂时的和有限的，一般情况下，施工停止 3~4 个小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质就可恢复到原来状态。根据鲍建国等的研究，浮游生物群落的重新建立所需时间较短，一般只需要几天到几周的时间，因此随着项目工程结束后，浮游生物很快就建立起新的群落，而悬浮泥沙对浮游生物造成的影响也随之消失。

3）对底栖生物的影响

本工程海底电缆铺设过程中，海缆的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。其外围周边海域的底栖生物也将受入海泥沙的影响。如果大量悬浮物的沉积将掩埋工程区两侧的底栖生物，可能引起底栖生物，特别是蛤、螺等双壳类动物水管受到堵塞致死，这种影响主要集中于工程区外围悬浮泥砂含量较高的局部区域内。

本工程 220kV 海缆长度约为 2 回 50.139km，场区 66kV 总长度约为 55.939km，考虑到海缆沟槽在开挖过程中堆向两侧的淤泥将会覆盖底栖生物生境，因此开沟作业对底栖生物的影响宽度取 4.5m,则临时影响底栖生物面积为 $477351m^2$，工程周边海域底栖生物量按平均 $10.405g/m^2$，工程电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。

根据工程分析，由于风机桩基永久占用海域，项目施工将导致桩基所在区域底栖生物的损失。桩基占地面积为 $1934.5m^2$，潮下带平均生物量为 $10.405g/m^2$，桩基施工导致的底栖生物损失量=$1934.5m^2\times10.405g/m^2$=20.1kg。

4）生态补偿金额

项目占海总计生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海

悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），对于持续性生物资源损害实际影响低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年的损失额补偿，因此，本评价建议进行 20 倍赔偿用于生态修复。即入海泥沙补偿 3 倍，项目占海补偿 20 倍。根据计算，生态补偿总金额为 148 万元。

（4）运营期海洋生态环境影响预测与分析

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所。风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。但在运行期基本不受影响。

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。项目海域主要提共养殖和捕捞海产品。风机基础实际占用海域面积较小，且占用区域养殖较少，对养殖生产功能影响不大。

10.2.8 项目建设对周边主要保护目标和开发活动的影响

（1）对生态红线区的影响

本项目海底电缆施工不会产生有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，根据预测可知施工引起的悬浮泥沙不会扩散至周边海上生态保护红线区，对周边生态红线区无影响。

（2）对养殖区的影响

长春镇加竹村、外城村、赤沙村海带养殖（无海域使用权证）位于项目申请用海范围内的和海底电缆保护范围（项目申请用海范围）内的养殖活动面积约为 12.7272 公顷，需退出该区域，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用，并且建设单位应和养殖活动使用者进行协商，给予其相应的拆迁补偿，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用；建设单位应做好本项目海底电缆登陆点附近居民的宣传工作，在海底电缆保护范围内设置一个显眼的警示标志，确保海底电缆的安全。目前本项目建设已取得长春镇人民政府的初步认可。

本项目施工期造成的悬浮泥沙将会对包括上述养殖及上述养殖周边 77.9169 公顷区域养殖活动造成影响（其中长春镇加竹村、外城村、赤沙村开放式养殖影响面积为

56.8282 公顷，霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块 24 影响面积为 21.0887 公顷）。同时近岸段海缆部分区域采用两栖挖掘机进行海缆敷设施工，施工作业区域随着挖掘机的开挖回填活动也会对上述养殖区域产生影响，因此在项目施工前，受施工影响的养殖活动由项目建设单位做好协调补偿工作，暂时退出养殖海域，将对周边养殖区的影响降到最低。

（3）对海底电缆管道的影响

本项目主海缆将与霞浦县长春-浮鹰岛风电 110kV 海底电缆项目（霞浦县浮鹰岛风电有限公司）、霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程（国网福建霞浦县供电有限公司）交越。目前海缆交越技术已相对成熟、在国内也已有较多案例，本项目在经过交越海缆时采用“预制混凝土压块”防冲刷方案进行敷设，该措施科确保施工过程及运营过程均不会对现有海缆造成破坏。因此，建设单位应采取相应工程措施，保障施工和运营过程对现有海底电缆不会造成破坏。

（4）对岸线的影响

本项目海底电缆将在加竹村前海堤登陆，项目占用岸线37.6 m，均为人工岸线。本项目登陆段施工工艺为通过定向钻从堤坝基础下方泥面穿越海缆，施工过程无需破堤，不会对堤坝造成影响，且可维持现状岸线形态，也不会改变海流运动，破坏泥沙补给，造成海岸蚀退淤积等。因此本项目建设对岸线资源影响较小。

（5）对湿地的影响

本项目220kV海底电缆占用湿地总长度约为5692m，通过开沟犁与开挖的施工方式将海底电缆埋设于海底泥面以下2-3m，而后将海缆敷设入挖好的沟槽内，回填原土以作保护，完成后铺埋工作，海缆埋设过程的沟槽开挖和悬沙扩散对湿地生境具有暂时性影响，施工区域底质的特性未发生改变，同时由施工速度可知，涉及湿地段施工最快将在4.5天内敷设完成，施工时间较短，施工带来的影响是暂时，湿地生境在施工后一段时间可再生恢复，因此对湿地生态系统基本功能影响很小，同时根据数模预测，风电场施工和运营对周边海域水文动力、地形冲淤、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小，对湿地生态系统及其生物多样性水平影响较小，且用海方式未改变湿地性质。因此，本项目对湿地影响较小。

10.3 环境风险评价结论

（1）溢油风险

本项目溢油事故风险主要为施工船、渔船舶碰撞或者施工船、渔船燃油意外泄露。

对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

（2）通航风险

由于建设需要设置风机警示标志和必要的水上导助航标志，从而增加了水域的复杂性。增设一定数量的新的风机警示标志，导致驾驶人员利用物标导航定位的方法和习惯发生变化，会一定程度地影响船舶驾驶人员的了望和定位，这种情况可能在风电场建成营运初期显得较为突出。

（3）台风、风暴潮环境风险

本项目位于东南沿海，是受台风风暴潮威胁较严重的海域，台风增水影响明显，影响本路由的海洋灾害主要为热带气旋。因此，工程施工应尽量避开台风季节；同时，做好防台风袭击的各项应急预案和措施；加强工程质量管理，确保基础处理、相关防护工程严格按设计方案进行施工，将发生工程质量事故的可能性减少到最低程度等。

（4）地质灾害风险

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为Ⅵ度，Ⅱ类场地基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，主要表现为断块差异升降，地壳运动相对稳定。近代地震活动强度不大，频度不高，区域构造属于相对稳定区。根据本次勘探成果，场址区揭露的地层主要为：海积淤泥或淤泥质土、粉砂、粉质粘土或粘土等。

工程区位于闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎~云霄断陷带的东北部，区内构造方向以 NE 向为主。拟建场地未发现较大规模的构造行迹，属构造简单区。勘察结果表明，拟建场地地质构造以构造裂隙及风化裂隙为主。

（5）海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能。对比工程

建设后风机所在海域的冲淤状态，紧邻风机海域淤积强度有所增加，最大增幅为0.06m/a，成排风机间海域冲刷强度有所增加，增加幅度小于 0.05m/a，可视作对周边海域的冲淤环境未造成显著影响，海床整体较为稳定，因此项目建成后电缆泥沙淘空风险较小。

（6）鸟类飞行碰撞风机风险

根据相关研究，大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的白天，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，避免与风机发生撞击。在飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击，目前的研究总体结果表明概率较低。

10.4 污染防治措施

根据项目施工期和运营期可能产生的环境影响，其主要环保措施和风险防范措施见表 10.4-1。

表 10.4-1 环保措施一览表

时段	环保措施
施工期	①施工单位在施工过程中，应充分考虑附近海域环境特征、气象条件等，避免在极端天气情况下进行施工作业，桩基沉桩与导管架灌浆尽量避开涨潮及落潮发生期，控制海缆铺设速率，以减少悬浮物影响范围，确保施工作业对海域环境质量的影响降低到最小程度。 ②海底电缆工程施工必须严格制定施工规划，近岸段、登陆段施工避开涨潮及落潮发生期。海缆敷设时应错开围海养殖换水时段，将对围海养殖区的影响降到最低。 ③项目施工高峰期施工营地冲洗废水产生量总计约为 44.0m^3/d，冲洗废水收集后利用施工营地现有隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 27.5m^3/d，主要污染物为 COD、NH_3-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置。 ④施工期含油废水主要是由机械修配、汽车保养等产生，因废水性质相似，可集中统一处理。废水中主要含有石油类，修理和保养过程中其浓度可达 10~20mg/L。沉淀和隔除含油废水中的泥沙和浮油。隔除的浮油送至有资质单位处理。 ⑤为减少施工船舶设备排放发动机尾气产生的污染，施工单位必须严格控制船舶设备的品质，尽量采用清洁型燃料，并在机械设备排气口加装废气过滤器。 ⑥施工单位在塔基开挖时，应对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。

⑦采用低噪声施工机械设备，在登陆点施工区域设置围挡，控制设备噪声源强，减少施工噪声对加竹村的影响。

⑧各施工现场进行合理规划，合理布置施工机械设备，尽量将噪声大的设备布置在对周围环境影响较小的位置，增大噪声源头与周围敏感区域的距离，严格按照《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）中的有关规定执行。

⑨施工船舶垃圾不得随意倒入海域，靠岸后生活垃圾倾倒入陆域生活垃圾处理设施，与陆域生活垃圾一并送入垃圾场统一填埋处理；施工船舶机械保养产生的固体废弃物，其中部分可回收使用，其余由于含有高浓度的油污和少量重金属等污染物，需要经收集后委托有资质的单位进行统一接收处理。

⑩对于塔基开挖暂时不能回用的多余土方在塔基施工区附近的空地上集中堆放，开挖的表土和深层土分开堆放，施工后期剥离的表土用于绿化覆土和复耕，其余临时弃土平铺于塔基连梁内，工程结束后及时进行回填并压实。

⑪导管架连接灌浆作业过程中，工作人员应严格根据灌浆方案确定灌浆量，通过视频监控或潜水员配合，精确把控溢浆时间和溢浆量，灌浆结束后，灌浆设备和管理系统清洗废水收集在工作船上，严禁排海造成海水污染。

⑫优化施工方案，减少桩基整体施工时间，同时，风电场区桩基施工时间要避开大黄鱼类产卵期（4~5 月），在大黄鱼非产卵期优先进行风电场区桩基及海缆施工作业。

⑬海缆铺设过程中要严格划定施工作业区域，准确按照设计路线铺设海缆，控制作业面宽度，禁止随意扩大施工范围，禁止施工人员越界施工对高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区造成破坏。

⑭优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间，减少海缆施工对下岐湿地和罗浮土坪湿地的影响时间。

⑮对施工人员做好培训，禁止遗弃施工废物和生活废物等在高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区与下岐湿地内；检查施工器械，不得出现润滑油或燃料油跑、冒、滴、漏于登陆段施工区域。

⑯做好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀

⑰统筹规划施工布置，减少施工临时占地，尽可能选择植被稀疏处，并禁止施工人员随意砍伐施工场地外的林木。

⑱塔基施工时应将塔基开挖时处的上层熟土和下层生土分开堆放、保存，回填时应按照原土

	层的顺序回填，缩短植被恢复时间和增加恢复效果。
运营期	①本项目运营期间，需要对风机及其相关设备进行维护，在维护过程中要防止润滑油等油类的跑、冒、漏、滴，废油统一收集至废油箱中，靠岸后委托有资质的单位进行处理回用。 ②集控中心生活污水收集后统一排入地埋式生活污水处理装置处理，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于站区内绿化或道路喷洒，不外排。 ③集控中心营运期的噪声主要来源于设备运行噪声和电磁噪声，主要噪声源有 220kV 变压器、高压电抗器等，在主变压器及高压电抗器设备选型时，提出噪声源强要求。 ④在设备定购时，选取导线表面光滑，毛刺较少的设备，以减小线路在运营期时产生的噪声。 ⑤保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。 ⑥运行期应严格控制输电线下方树木的修剪或砍伐。根据设计规范进行砍伐树木，220kV 输电线走廊内自然生长高度不超过 2m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离（考虑树木自然生长高度）大于 4.5m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离大于 4.0m 的果树、经济作物不砍伐。。 ⑦加强运行期的海底电缆冲刷检测监控，保证海底电缆一定的埋深，避免海底电缆外露造成的电磁影响增加。 ⑧运营期间根据《固体废物分类与代码目录》分类，建立固体废物管理台账。
风险防范措施	①装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。 ②风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警。 ③铺设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。铺设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告，并根据海底电缆保护规定要求禁止在电缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。 ④建议在风机上适当的位置安设不同色彩的闪烁灯光，并用紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面，以增加鸟类对风电机的可见度，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。 ⑤施工通告及对外界运输条件的要求：施工前应通过海事局发布施工航行通告；施工期间应注意与过往船只的相互避让，防止船舶碰撞；船舶进出应实施引航员制度和锚泊制度，以防船只拖锚、碰撞、挤压、搁浅、触礁等事故发生；施工船舶应实施值班、了望制度；在大雾、大风等不利气象条件下应按要求停止作业。

10.5 环保投资

为有效保护项目所在区域的海洋环境，建设项目需用于污染防治和环境保护方面的投资约 783 万元，占工程总投资的 0.2%。主要包括废水和垃圾的收集处理、生态补偿等，以及对环境质量的跟踪监测。

本项目的生态补偿总费用为 148 万元，一次补偿。增殖放流时间应选择在 5-6 月。放流品种应满足适宜当地海域生长、不造成生态危害、具有较高的经济价值等条件，实施前应向海洋主管部门报备，并在海洋主管部门现场监督下实施。

10.6 公众参与结论

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》要求，以网络平台、报纸刊登、现场张贴公告等方式为主，进行了本项目的公众参与调查。

项目于 2023 年 6 月 5 日在福建环保网网站（http://www.fjhb.org/）对本项目建设信息进行第一次公示，公示期间，未收到任何单位或个人的电话、传真、信件或邮件；于于 2024 年 6 月 20 日在福建环保网网站（http://www.fjhb.org/）发布了本项目环境影响评价征求意见稿公示，公示期间，未收到任何单位或个人的电话、传真、信件或邮件；于 2024 年 7 月 23 日在福建投资集团（https://www.fidc.com.cn/）发布环境影响评价报告全本及公众参与说明公示，公示期间，未收到任何单位或个人的电话、传真、信件或邮件。

10.7 评价结论

本项目建设符合国家产业政策，符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》、《宁德市国土空间总体规划(2021 -2035 年)》、《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》等功能区划要求。建成后基本能满足环境功能要求。项目只要认真落实本报告书提出的各项环境保护措施，可以将环境影响降低到可接受的程度，从环保角度上来看，项目产生的环境影响是可以接受的，项目建设是可行的。

10.8 建议

（1）建议建设单位委托相关专业单位开展实验室生物行为学研究，对噪声和电磁辐射进行实验室模拟，开展在不同噪声级及电磁辐射强度下海洋生物反应的敏感性测试及阀值测定。