

华能山东半岛北 L 场址海上风电项目
环境影响报告书
(公示稿)

建设单位：华能山东发电有限公司烟台发电厂

编制单位：青岛浅海海洋工程研究院有限公司

2023 年 9 月

公示稿删除内容说明

依据《中华人民共和国政府信息公开条例》规定，对报告中涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私等信息不能全文公开。

本次公示稿删除内容如下：

- 1、大海域的环境敏感目标和开发利用现状图表；
- 2、带水深的地理位置图；
- 3、设计波要素等内容；
- 4、沉积物类型图、冲淤对比等、工程地质和水深地形只保留结果；
- 5、冲淤模拟图件、数模部分只保留结果；
- 6、悬浮泥沙与开发利用现状叠至图；
- 7、溢油模拟的图表；
- 8、调查资料中调查站位坐标表和图删除，结果只保留分析结果；
- 9、删除了涉及其他单位附件。

目 录

1 概述	1
1.1 项目由来	1
1.2 环境影响评价过程	3
1.3 项目分析判定情况	4
1.4 主要环境问题及环境影响	5
1.5 环境影响评价结论	5
2 总则	7
2.1 编制依据	7
2.2 评价目的及评价重点	11
2.3 环境影响要素识别与评价因子筛选	12
2.4 评价标准	14
2.5 评价等级	19
2.6 评价范围	25
2.7 环境敏感区及环境保护目标	30
3 工程概况	41
3.1 建设项目概况	41
3.2 平面布置	45
3.3 工程水工结构方案	55
3.4 工程相关设计	63
3.5 配套工程	67
3.6 临时工程	69
3.7 环保工程	70
3.8 工程施工方案、工程量及进度	71
3.9 工程管理及运行维护生产工艺	94
4 工程分析	96
4.1 生产工艺与过程分析	96
4.2 污染物源强核算	100

5 环境现状调查与评价	111
5.1 自然环境概况	111
5.2 海洋环境质量现状与评价	127
5.3 环境空气质量现状与评价	146
5.4 声环境质量概况	147
5.5 陆域生态环境现状调查与评价	151
5.6 鸟类及栖息地概况	158
6 环境影响预测与评价	162
6.1 地表水（海洋）环境影响评价	162
6.2 声环境影响预测与评价	170
6.3 电磁影响预测与评价	190
6.4 固体废物环境影响分析	196
6.5 大气环境影响分析	199
6.6 生态环境影响分析	200
6.7 对鸟类资源的影响分析	214
6.8 对环境敏感目标的影响	218
7 环境风险评价	228
7.1 评价依据	228
7.2 环境敏感目标分布	228
7.3 环境风险识别	228
7.4 环境风险分析	229
7.5 环境风险防范措施及应急要求	233
7.6 分析结论	239
8 环境保护措施及可行性论证	241
8.1 环境保护措施	241
8.2 环境保护措施的可行性论证	252
9 环境影响经济损益分析	254
9.1 环境保护投资	254

9.2 项目经济损益分析	254
9.3 环境经济损益综合评价	256
10 环境管理与环境监测	257
10.1 环境管理	257
10.2 环境监测计划	259
10.3 污染物排放清单及管理要求	264
10.4 污染物排放总量控制	264
10.5 “三同时”验收计划	265
11 项目建设合理性分析	268
11.1 项目的产业政策符合性分析	268
11.2 项目与“三区三线”和“三线一单”符合性分析	268
11.3 与相关规划的符合性分析	273
11.4 工程选址合理性分析	290
12 环境影响评价结论	297
12.1 评价结论	297
12.2 建议	302
附件	303

1 概述

1.1 项目由来

习近平总书记指出：“提高海洋资源开发能力，着力推动海洋经济向质量效益型转变；要保护海洋生态环境，着力推动海洋开发方式向循环利用型转变；坚持集约节约用海，提高海域资源使用效率”。山东省是海洋强省，海洋资源得天独厚，海上风电作为海洋经济的重要组成部分，在提供清洁能源，促进能源结构调整，改善国民膳食结构和推动供给侧结构性改革和新旧动能转换等方面具有重要意义。

《山东省十四五能源发展规划》明确指出，到 2022 年，全省开工建设海上风电装机规模达到 300 万千瓦左右。统筹海洋能源开发利用，科学布局海上风电、滩涂光伏发电、潮流能、波浪能等海洋能发电利用项目。大力推动海洋新能源示范应用，加强配套装备研发。构建大型可燃冰开采技术仿真模拟系统，建设综合性可燃冰技术研发基地。做好全省海上风电发展规划修编工作，加快开展黄海和渤海不同类型海域离岸海上风电与海洋牧场融合发展试验，健全海上风电产业技术标准体系和用海标准，在水深超过 10 米、离岸 10 公里以外的海域科学有序开发海上风电。加强 6 兆瓦、8 兆瓦、10 兆瓦及以上大功率海上风电设备研制及使用，突破离岸独立发电装置、漂浮式载体、海底电缆、发电装置防腐蚀等关键技术。在山东省开展海上风能资源的开发和利用，是推动山东省“新旧动能转换”和“建设山东海洋强省”战略的具体行动，不但可以提供清洁能源，改善山东省能源结构，还可以推动技术创新，改善配套产业布局，促进地方经济的协调发展，同时使山东省走在践行“海洋强国战略思想”的前列，为推动海洋能源的综合开发夯实基础。

《山东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中提出，要加快优化能源结构。大力发展可再生能源，加强风电统一规划、一体开发，规划布局千万千瓦海上风电和陆上风电装备产业，开展海洋牧场融合发展试点：《山东省能源发展“十四五”规划》明确提出要加快能源结构调整步伐，实施可再生能源倍增行动，风电方面，以海上风电为主战场，积极推进风电开发，加快发展海上风电。

2022 年 3 月 3 日，山东省委、省政府印发《海洋强省建设行动计划》，在“四、推进海洋新兴产业壮大行动”中提出“13.海洋新能源。统筹规划实施山东省海上风电建设。建立与央企深度合作机制，推动海上风电全产业链发展。支持烟

台建设海上风电母港，推动威海、东营等市发展海上风电装备产业，青岛实施多能互补供电、海水源供冷供热、海水淡化、海水制氢等工程。探索推进海上、海岛分布式能源试点。依托滨州、潍坊、东营加快建设盐碱滩涂地千万千瓦级风光储一体化基地。加快海上风电、光伏发电发展布局，探索推动潮流能、波浪能等海洋能试点项目建设，构建海上能源综合供应体系。”

2022 年 6 月 23 日，山东省政府印发《能源保障网建设行动计划》，提出打造山东半岛海上风电基地，聚焦渤中、半岛南、半岛北三大片区，以省管海域为重点，加快启动首批千万千瓦海上风电项目建设，逐步推动海上风电向深远海发展。探索推进海上风电军民融合发展新模式。2022 年，海上风电开工 500 万千瓦，建成 200 万千瓦左右。到 2025 年，开工 1200 万千瓦，建成 800 万千瓦；到 2030 年，建成 3500 万千瓦。

根据《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》，山东省海上风电共规划 3 个大型海上风电基地，根据所在海域的位置分为渤中基地、半岛北基地和半岛南基地，其中半岛北基地共规划了 6 个海上风电场，规划风电场场址总面积 1280 平方公里，规划容量 850 万 kW。其中规划的场址 L 装机规模为 100 万千瓦，水深在 51~53m 之间，场址中心离岸距离约 70km。原规划场区部分位于辽宁省管海域范围内，经与主管部门、规划编制单位沟通后，暂保留辽宁省管海域行政区域界线以南的场区，且考虑场区与周边成山角至大连航路、威海至大连航路的安全距离，对场区进行调整，调整后的场址东西长约 6.5km，南北宽约 12.9km，场址面积 58.6km²，规划装机容量 50 万 kW。

华能山东发电有限公司烟台发电厂拟在山东半岛北部海域建设半岛北基地建设华能山东半岛北 L 场址海上风电项目，共建设 42 台 12MW 的风机，总装机容量 50.4 万 kW。

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》和《中华人民共和国海洋环境保护法》，本项目需开展环境影响评价工作，华能山东发电有限公司烟台发电厂委托青岛浅海海洋工程研究院有限公司承担华能山东半岛北 L 场址海上风电项目的环境影响评价工作。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目建设海上风电项目，属于“五十四、海洋工程”中的“151 海洋能源开发利用类”，项目

装机规模 50.4 万 kW，属于分类中的“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”，应编制环境影响报告书。

1.2 环境影响评价过程

根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院[2017]682 号令）、《中华人民共和国环境影响评价法》等，该项目需进行环境影响评价。因此，华能山东发电有限公司烟台发电厂委托青岛浅海海洋工程研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。我单位在接受委托后，进行了调查研究，搜集和分析了有关资料，对本项目进行初步的工程分析，同时开展初步的环境状况调查。识别本项目的的环境影响因素，筛选主要的环境影响评价因子，明确评价重点和环境保护目标，确定环境影响评价的范围、工作等级和评价标准，最后制订工作方案。再进一步工程分析，环境现状调查、监测并进行环境影响预测及评价，提出减少环境影响的环境管理措施和工程措施，从环境保护的角度确定项目建设的可行性，给出评价结论和提出进一步减缓环境影响的措施，并最终完成《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目环境影响报告书》的编制。

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》进行公示，2023 年 4 月 29 日在烟台之窗网 <http://www.yantaizhichuang.cn/xinwen/3795669.html> 进行了第一网络公示。2023 年 7 月 9 日，在烟台之窗网进行了第二网络公示（<http://www.yantaizhichuang.cn/xinwen/4228746.html>），7 月 10 日在项目周边进行了现场公示，并于 2023 年 7 月 11 日和 7 月 13 日在今日牟平报纸上进行了 2 次报纸公示，公示期间未收到公众反馈意见。

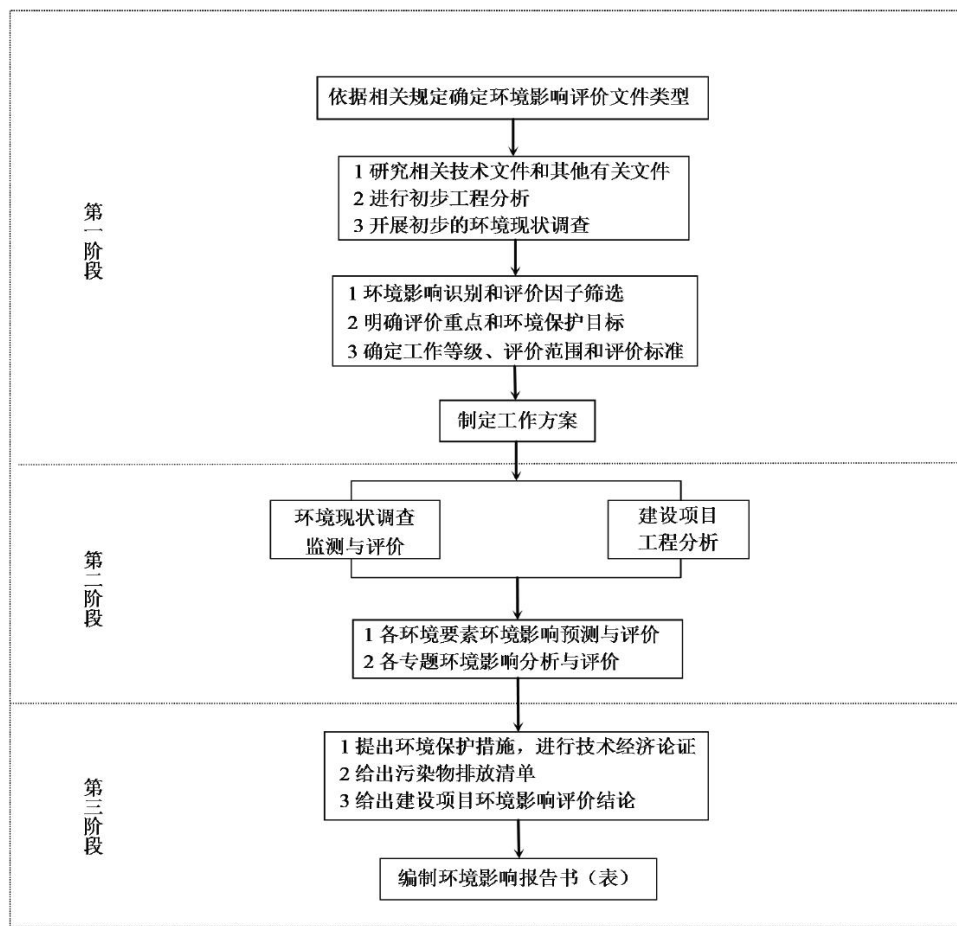


图 1.2-1 建设项目环境影响评价工作程序图

1.3 项目分析判定情况

（1）产业政策符合性分析

本项目为海上风电场建设项目，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）中的第一类鼓励类的第五节第 12 条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”，符合国家产业政策。

（2）选址、规划符合性分析

本项目风电场区位于山东半岛的北部海域，登陆点位于烟台市牟平区养马岛东的岸滩处，根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目部分 220kV 海缆穿越烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）、牟平-威海农渔业区（A1-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17），项目用海与所在海洋功能区的用途管制不冲突，符合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《省海洋功能区划编制技术要求》（海管字[2010]83 号）。

陆上运维中心位于烟台市牟平区大窑街道南菖城村的西侧，目前已取得规划选

址意见及用地预审意见，陆上运维中心用地符合烟台市牟平区土地利用总体规划，已纳入牟平区“十四五”国土空间规划，项目用地符合当地土地利用规划的要求。陆缆和陆上运维中心均不占用生态保护红线区和永久基本农田。

项目建设符合《全国海洋功能区划》《山东省海洋主体功能区规划》、《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》、《海上风电开发建设管理办法》、《烟台港总体规划》《牟平区土地利用规划》等相关规划。

（3）“三线一单”符合性分析

表 1-1 项目“三线一单”符合性分析

内容	符合性分析
生态保护红线	本项目 220kV 海缆登陆段部分位于海洋生态红线区，本项目对生态红线区无法避让，通过采取严格的生态保护措施，可将项目对红线的影响减缓到较低程度，项目用海符合《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》相关要求，并取得烟台市人民政府关于项目符合生态保护红线内允许的有限人为活动的初步认定意见。
环境质量底线	经现状调查，本项目调查海域海水存在局部超标现象，所有站位的沉积物质量均符合相应的沉积物质量标准要求；项目区内海洋生态环境整体较好。陆域空气和声环境质量较好。 项目不会对用海区域水文动力环境、地形地貌与冲淤环境产生明显影响。施工期及运营期产生的少量污染物均有合理的处置措施，不排海，不会对海水水质、沉积物质量、海域生态环境造成明显不利影响。项目建设不会对陆域大气、声等环境质量产生不利影响。项目建设符合环境质量底线的要求。
资源利用上线	风机、海上升压站及海缆位于海域范围内，不占用土地资源；陆上运维中心占用土地资源，但是面积有限，且符合用地规划。项目利用风能发电，属清洁能源类项目，不属于高耗能、高耗电、高耗水行业。项目的建设利于海上风能资源的有效利用。项目建设符合资源利用上限要求。
生态环境准入清单	本项目从空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控方面，符合“烟台市环境管控单元生态环境准入清单”、“烟台市生态环境准入总体清单”的要求。

1.4 主要环境问题及环境影响

本次评价关注的主要环境问题包括：工程建设与海洋功能区划和相关规划的符合性；风机基础、电缆铺设施工对海洋环境、生态及渔业资源的影响；风机产生的水下噪声对海洋动物的影响；风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；工程建设对环境敏感区以及其它海洋环境保护目标的影响；溢油环境事故风险分析评价。

1.5 环境影响评价结论

本项目符合国家产业政策及相关规划的要求，所采用的污染防治措施技术经济可行，能保证各种污染物稳定达标排放，污染物的排放符合总量控制的要求，预测

表明该项目的实施对周围环境的影响在可接受范围内。项目建设得到公众的普遍支持；在充分落实本报告书提出的各项工程环保措施、风险控制措施及环境监督管理措施，从环保角度分析，拟建项目建设具有环境可行性。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律法规

(1) 全国人大常委会，《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，2014.4.24 修订通过，2015.1.1 施行；

(2) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国环境影响评价法》，2018.12.29 修订通过，2018.12.29 施行；

(3) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017.11.4 第三次修订，2017.11.5 施行；

(4) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海域使用管理法》，2001.10 发布，2002.1 施行；

(5) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国渔业法》，2017.11.4 修正，2017.11.5 施行；

(6) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国渔业法实施细则》，2020.3.27 修订施行；

(7) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国水污染防治法》，2017.6.27 第二次修正，2017.6.27 施行；

(8) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国大气污染防治法》，2018.10.26.修订，2018.10.26.施行；

(9) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2021.12.24 修订，2022.6.5 施行；

(10) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020.4.29 修订，2020.9.1 施行；

(11) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012.2.29 修订，2012.7.1 施行；

(12) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海上交通安全法》，2021.4.29 修订，2021.9.1 施行；

(13) 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国土壤污染防治法》，2018 年 8 月 31 日通过，2019 年 1 月 1 日施行；

(14) 全国人民代表大会常务委员会,《中华人民共和国突发事件应对法》,2007.8.30 公布,2007.11.1 施行。

2.1.2 条例规定

(1) 中华人民共和国国务院,《建设项目环境保护管理条例》,2017.6.21 修订,2017.10.1 施行;

(2) 中华人民共和国国务院,《防治船舶污染海洋环境管理条例》,国务院令 698 号,2018.3.19 修订,2018.3.19 施行;

(3) 中华人民共和国国务院,《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》,2018.3.19 修订,2018.3.19 施行;

(4) 中华人民共和国国务院,《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》,2018.3.19 修订,2018.3.19 施行;

(5) 中华人民共和国国务院,《中华人民共和国海洋倾废管理条例》,2017 年 3 月 1 日修订;

(6) 中华人民共和国国务院,《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》(国发〔2018〕24 号),2018 年 7 月 14 日;

(7) 中华人民共和国发展和改革委员会,《产业结构调整指导目录(2019 年本)》,发改委令第 21 号,2020.1.1 实施,2021 年修订;

(8) 中华人民共和国生态环境部,《环境影响评价公众参与办法》,2018.4.16 发布,2019.1.1 施行;

(9) 中华人民共和国原环境保护部与原农业部,《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价的通知》,环发[2013]86 号,2013 年 8 月;

(10) 中华人民共和国国家海洋局,《风暴潮、海浪、海啸和海冰灾害应急预案》,2015 年 6 月发布,2015 年 6 月实施;

(11) 中华人民共和国交通运输部,《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》,2010 年第 7 号令,2010.11.16 发布,2011.2.1 施行;

(12) 中华人民共和国交通运输部,《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》,2011 年第 4 号令,2011.1.27 发布,2011.6.1 施行,2018.9.27 修订;

(13) 生态环境部,《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版),2021.1.1.实施;

(14) 《固定污染源排污许可分类管理名录(2019 版)》，2019 年 12 月 20 日发布实施；

(15) 《国家危险废物名录(2021 年版)》，2021 年 1 月 1 日起实施；

(16) 《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》，自然资办公函[2022]640 号；

(17) 山东省人民代表大会常务委员会，《山东省海洋环境保护条例》，2016.3.30 修订，2016.3.30 施行；

(18) 山东省人民政府，《山东省扬尘污染防治管理办法》，2018 年 1 月 24 日修订；

(19) 中华人民共和国国务院，《山东省海洋功能区划(2011-2020 年)》，国函〔2012〕165 号，2012 年 10 月 10 日施行；

(20) 山东省人民政府，《山东省海洋主体功能区规划》，鲁政发〔2017〕22 号，2017 年 8 月 25 日；

(21) 《自然资源部办公厅关于北京等省(区、市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资源部办公厅，2022 年 10 月；

(22) 交通运输部，《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；

(23) 《山东省生态环境厅关于做好海洋工程建设项目施工期环境影响跟踪监测监管工作的通知》(鲁环函〔2019〕408 号)；

(24) 烟台市人民政府，《烟台市人民政府关于印发烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》(烟政发〔2021〕7 号)；

(25) 烟台市人民政府，《烟台市扬尘污染防治管理办法》，烟台市政府令第 152 号，2022 年 2 月 1 日；

(26) 烟台市人民政府办公室，《烟台市海岸带保护条例》，2020 年 3 月 1 日起施行；

(27) 烟台市人民代表大会常务委员会，《烟台市海洋生态环境保护保护条例》，2022 年 12 月 1 日起施行。

2.1.3 技术规范

(1) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；

(2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；

(3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ/T 2.3-2018)；

- (4) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；
- (8) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (9) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；
- (10) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）；
- (11) 《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS 105-2021）；
- (12) 《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）；
- (13) 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；
- (14) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；
- (15) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；
- (16) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002 年 4 月 30 日实施；
- (17) 《海水水质标准》（GB 3097-1997）；
- (18) 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）；
- (19) 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；
- (20) 《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)；
- (21) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (22) 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）；
- (23) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（1986 年）；
- (24) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程（第二分册）》，1997 年；
- (25) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012），2016.1.1.实施，2018 年 8 月修改；
- (26) 《声环境质量标准》（GB3096-2008），2008.10.1.实施；
- (27) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；
- (28) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；
- (29) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- (30) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；
- (31) 《建设项目危险废物环境影响评价指南》，2017 年 10 月 1 日起施行；
- (32) 《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）；
- (33) 《污染源源强核算技术指南 准则》（HJ 884-2018）；

- (34) 《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》，2021 年 6 月 11 日印发；
- (35) 《海底电缆输电线路工程设计规范（报批稿）》；
- (36) 《海底光缆工程设计规范》（GB/T51154-2015）；
- (37) 《海上风电开发建设管理办法》；
- (38) 《国家电网公司输变电典型设计电缆敷设分册》2006 年版；
- (39) 《城市工程管线综合规划规范》（GB50289-2016）。

2.1.4 项目基础资料

- (1) 《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目可行性研究报告》，华东勘测设计研究院有限公司，2023 年 5 月；
- (2) 《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目水下噪声及电磁辐射对海洋生物影响专题研究》，中国科学院声学研究所北海研究站，2022 年 10 月；
- (3) 《华能山东半岛北海上风电基地项目（L 场址）鸟类生态环境现状调查与影响评价报告》，山东大学，2022 年 10 月；
- (4) 《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目海底电缆路由桌面研究与勘测方案》，华能山东发电有限公司烟台发电厂，2023 年 5 月；
- (5) 《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人为活动论证报告》，烟台市环保工程咨询设计院有限公司，2023 年 3 月；
- (6) 《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目通航安全影响研究报告》，大连海事大学，2023 年 4 月。

2.2 评价目的及评价重点

2.2.1 评价目的

- (1) 通过对项目所在地环境现状调查及监测，结合环境历史资料，分析项目所在区域环境现状质量。
- (2) 通过工程分析核实主要污染物排放源强，选择适当模式，预测分析该项目对生态环境影响范围和程度，提出环境和生态保护对策措施。
- (3) 依据国家有关环境标准，论证拟采用的污染源治理措施的合理性、可行性和可靠性，经治理后的污染源是否能够满足稳定达标排放的要求。以最大限度减少项目对环境的不利影响。对项目分析中发现的环境保护问题提出改进措施或污染防治对策措施和建议。
- (4) 从环境保护的角度，明确项目建设是否可行的结论，为项目的审批和环境管理

提供科学依据。

2.2.2 评价重点

根据工程特点和周围环境状况，本次评价的重点为：工程建设与海洋功能区划和相关规划的符合性；风机基础、电缆铺设施工对海洋环境、生态及游泳动物的影响；风机产生传导至水下的噪声对海洋动物的影响；风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；工程建设对环境敏感区以及其它海洋环境保护目标的影响；溢油环境事故风险分析评价；陆上运维中心建设对陆域生态环境影响。

2.3 环境影响要素识别与评价因子筛选

2.3.1 环境影响要素识别

1、施工期

(1) 水环境影响

施工期海缆管沟开挖、桩基打桩等环节产生的悬浮泥沙对海洋水质环境造成影响，施工场地产生的生活污水、机修含油废水，施工船舶产生的生活污水及含油废水。

(2) 大气环境

施工机械设备、车辆、船舶产生的尾气；施工过程中施工车辆、机械的作业处、施工产生的扬尘。

(3) 声环境

施工船舶、机械、设备、车辆等作业过程产生的噪声。

(4) 固体废物

施工期间陆域产生的生活垃圾、建筑垃圾；海上施工船舶产生的生活垃圾，定向钻产生的土石方。

2、运营期主要污染环境影响因素识别

(1) 声环境影响

风机、海上升压站、陆上运维中心的变压器产生的噪声。

(2) 电磁辐射和干扰影响

升压站、陆上运维中心、输电线产生的电磁辐射影响。

(3) 废气

陆上运维中心的食堂油烟；维修船舶产生的废气。

(4) 废水

风机和设备维护及检查期间产生的工作船生活污水、含油污水。

陆上运维中心日常工作中产生生活污水。

(5) 固体废物

陆上运维中心产生的生活垃圾、污水处理设施的废污泥；维修船舶生活垃圾；海上升压站、风机及陆上运维中心检修过程中产生的危险废物。

3、非污染要素

施工期对海洋生物的影响，鸟类生态栖息环境的影响、海域通航环境影响、海洋渔业生态环境影响、陆域生态环境影响，风机和升压站建设造成的水文动力条件改变和对地形地貌和冲淤环境的影响等。运维中心占地对陆域生态环境的影响。

工程各阶段环境影响因素识别见表 2.3-1。

表 2.3-1 项目环境影响因素识别一览表

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋生态	底栖生物	管沟开挖、构筑物建设	+++
		鱼卵、仔鱼	悬浮泥沙扩散	++
		浮游生物	悬浮泥沙扩散	++
	陆域生态	植被、水土流失	工程占用、施工开挖	+
	海水水质	SS	管沟开挖、打桩产生悬浮物	+++
		石油类	船舶作业	+
		COD、氨氮等	施工人员	+
	海洋水文动力	潮流	海上构筑物影响	+++
	海洋沉积物	底质	悬浮物扩散	++
	海洋地形地貌与冲淤	冲淤环境	海上构筑物影响	+++
	噪声环境	噪声	船舶、车辆和机械作业	+
	大气环境	TSP	材料堆放、车辆运输	+
		SO ₂ 、NO ₂	船舶作业、车辆运输	+
	固体废弃物	生活垃圾、船舶垃圾、建筑垃圾	作业船舶、施工人员、陆域施工场地	+
运营期	水环境	石油类	机修含油污水、工作船含油污水	+
		COD、氨氮、总氮、总磷	陆上运维中心生活污水	+
	噪声环境	噪声	风机运转及升压站噪声	++
	大气环境	油烟	运维中心食堂油烟	+
		SO ₂ 、NO ₂ 、CO	维修维护船舶的尾气	+
	电磁环境	工频电场	升压站、输电线路	+
		工频磁感强度		
	固体废弃物	生活垃圾	运维中心工作人员、工作船舶	+
		废污泥	生活污水处理设施	
		废铅蓄电池、废油、含油渣等危险废物	海上升压站、风机及陆上运维中心检修产生	+
	生态环境	鸟类的栖息、迁徙及生境	风场对鸟类的影响	++

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
	陆域生态	植被	运维中心占地	+
	其它	通航	风场建设	+

+ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要的分析与影响预测；
 ++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；
 +++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

2.3.2 评价因子筛选

根据建设项目环境影响因素识别和特征污染因子识别结果，结合本区环境状况筛选评价因子及总量控制因子见表 2.3-2。

表 2.3-2 评价因子一览表

类别	环境要素	评价因子
环境质量现状评价因子	大气	SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、臭氧、CO
	海域	水质：水温、悬浮物质、pH、DO、COD、无机氮（以 N 计）、活性磷酸盐（以 P 计）、石油类、镉、铜、锌、铅、总铬、汞、砷 沉积物：汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类 生物体质量：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃
	区域噪声	昼、夜等效 A 声级 Leq /L n
	区域电磁辐射	等效连续 A 声级 LAeq
环境影响评价因子	废气污染源	颗粒物
	废水污染源	COD、NH ₃ -N、总氮、总磷、石油类、SS
	海洋环境影响分析	SS
	噪声污染源	等效连续 A 声级 LAeq
	电磁辐射	工频电场、工频磁感强度
	固废污染源	生活垃圾、危险废物
总量控制因子	废水污染物	COD、氨氮
	废气污染物	无

2.4 评价标准

2.4.1 项目附近环境功能区划

(1) 环境空气

根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单，项目评价范围内属于二类大气环境功能区。

(2) 声环境

根据《烟台市区环境噪声功能区划分方案》，项目陆上运维中心位于烟台市牟平区南吕城村附近，所在区域声环境功能区为 3 类区。陆缆部分位于 1 类区，部分位于 3 类区；风电场场区位于海上，无声环境功能区划，陆域电缆位于 1 类区的参考 1 类标准执行，位于三类区执行三类标准。

图 2.4-1 项目陆域部分所在的声环境功能区

(3) 海域

根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》，本项目位于烟台-威海北近海盐业养殖区（SD101B II）、牟平-威海盐业养殖区（SD123B II）、养马岛旅游娱乐区（SD122CIII）。

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目 220kV 海缆穿越 3 个功能区，分别为烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）、牟平-威海农渔业区（A1-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17）。

项目所在区域的环境功能属性见表 2.4-1。

表 2.4-1 项目所在区域环境功能属性一览表

序号	功能区名称	评价区域所属的类别
1	大气环境功能区划	根据《环境空气质量功能区划分规定》，项目所在区域环境空气属二类功能区
2	声环境功能区划	根据《烟台市区环境噪声功能区划分方案》，陆上运维中心所在区域声环境功能区为 3 类区，陆缆部分位于 1 类区，部分位于 3 类区；风电场场区位于海上，无声环境功能区划
3	近岸海域环境功能区划	本工程位于烟台-威海北近海盐业养殖区（SD101B II）、牟平-威海盐业养殖区（SD123B II）、养马岛旅游娱乐区（SD122CIII），分别执行《海水水质标准》(GB/T14848-2017)二类标准、二类标准和三类标准
4	海洋功能区划	本项目 220kV 海缆穿越 3 个功能区，分别为烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）、牟平-威海农渔业区（A1-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17）
5	生活饮用水源保护区	否
6	基本农田保护区	否
7	自然保护区、风景名胜保护区	否
8	生态功能保护区、生态红线区	是
9	历史文化保护区、文物保护单位	否
10	是否在城市市政污水处理厂的集水范围内	否

2.4.2 环境质量标准

（1）大气环境质量标准

项目所在区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单中的二级标准。具体标准值见表 2.4-2。

表 2.4-2 环境空气质量评价标准表

污染物	浓度限值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）			标准来源
	1 小时平均	日平均	年平均	
SO ₂	500	150	60	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单二级标准
NO ₂	200	80	40	
PM ₁₀	/	150	70	
PM _{2.5}	/	75	35	
TSP	/	300	200	

CO	10000	4000	/	
O ₃	200	160	/	

(2) 声环境质量标准

本项目位于 1 类区的陆缆执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 1 类标准，位于 3 类区的陆缆和陆上运维中心执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 3 类标准，标准值见表 2.4-3。

表 2.4-3 声环境质量标准值

标准名称	类别	等效声级 L_{Aeq} : dB	
		昼间	夜间
《声环境质量标准》	1	55	45
	3	65	55

(3) 海洋环境质量标准

根据《山东省海洋功能区划》（2011-2020 年）及《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》中对工程所在及临近功能区水质保护目标从严要求。

1) 海水水质标准

位于农渔业区、旅游休闲娱乐区以及超出山东省管辖海域区域的水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的第二类标准。详见表 2.4-4。

表 2.4-4 海水水质执行标准

单位: mg/L, pH 除外

项目 标准类别	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	铜
一类	7.8~8.5	>6	≤2	≤0.20	≤0.015	≤0.05	≤0.005
二类	7.8~8.5	>5	≤3	≤0.30	≤0.030	≤0.05	≤0.010
三类	6.8~8.8	>4	≤4	≤0.40	≤0.030	≤0.30	≤0.050
四类	6.8~8.8	>3	≤5	≤0.50	≤0.045	≤0.50	≤0.050
项目	锌	镉	铬	汞	砷	铅	
一类	≤0.020	≤0.001	≤0.05	≤0.00005	≤0.020	≤0.001	
二类	≤0.050	≤0.005	≤0.10	≤0.0002	≤0.030	≤0.005	
三类	≤0.10	≤0.010	≤0.20	≤0.0002	≤0.050	≤0.010	
四类	≤0.50	≤0.010	≤0.50	≤0.0005	≤0.050	≤0.050	

2) 海洋沉积物

位于农渔业区、旅游休闲娱乐区以及超出山东省管辖海域区域的沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类标准。

表 2.4-5 海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）

序号	项目	标准值		
		一类	二类	三类
1	汞 ($\times 10^{-6}$) ≤	0.20	0.50	1.00
2	镉 ($\times 10^{-6}$) ≤	0.50	1.50	5.00

3	铅 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	60.0	130.0	250.0
4	锌 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	150.0	350.0	600.0
5	铜 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	35.0	100.0	200.0
6	铬 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	80.0	150.0	270.0
7	砷 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	20.0	65.0	93.0
8	有机碳 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	2.0	3.0	4.0
9	硫化物 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	300.0	500.0	600.0
10	石油类 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0
11	六六六 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.50	1.00	1.50
12	滴滴涕 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.02	0.05	0.10
13	多氯联苯 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.02	0.20	0.60

3) 海洋生物质量标准

贝类评价标准采用《海洋生物质量》(GB 18421-2001)中的标准值,鱼类、甲壳类评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程(第二分册)》中的标准值。

表 2.4-6 海洋生物体质量标准(鲜重)(单位: mg/kg)

项目	贝类×× 一类标准	贝类×× 二类标准	贝类×× 三类标准	软体动物*	甲壳类*	鱼类*
铬 $\leq$	0.5	2.0	6.0	5.5×	2.0×	2.0×
铜 $\leq$	10	15	50	100×	100×	200×
锌 $\leq$	20	50	100	250×	150×	40×
砷 $\leq$	1.0	5.0	8.0	10×	8×	5×
镉 $\leq$	0.2	2.0	5.0	5.5×	2.0×	0.6×
汞 $\leq$	0.05	0.10	0.30	0.3×	0.2×	0.3×
铅 $\leq$	0.1	2.0	6.0	10×	2.0×	2.0×
石油烃	15	50	80	20×××	20×××	20×××

×引用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的标准;

××引用《海洋生物质量》(GB18421-2001)中的标准;

×××引用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中的标准值。

2.4.3 污染物排放标准

(1) 大气污染物排放标准

施工期扬尘厂界监控点浓度执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表 2 中无组织排放监控浓度限值。运营期食堂油烟执行《饮食业油烟排放标准》(GB 18483-2001)的表 2 中的排放浓度。大气污染物排放执行标准详见表 2.4-7。

表 2.4-7 大气污染物排放标准 (mg/m³)

污染物	无组织排放监控浓度限值标准	备注
扬尘	1.0	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)
油烟	2.0	《饮食业油烟排放标准》(GB 18483-2001)

(2) 废水

项目废水主要为包括陆上运维中心生活污水、船舶生活污水和船舶油污水。船舶生活污水和船舶油污水委托具有船舶污染物接收资质的单位进行处理。陆上运维中心生活污水现阶段经生活污水处理设施处理，处理后均用于场区绿化和洒水抑尘，处理后水质标准执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工的标准。

表 2.4-8 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）

序号	项目	公厕、车辆冲洗	城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工
1	pH	6.0~9.0	6.0~9.0
2	色度，≤	15	30
3	嗅	无不快感	无不快感
4	浊度/NTU	5	10
5	BOD ₅ （mg/L）≤	10	10
6	氨氮（mg/L）≤	5	8
7	阴离子表面活性剂（mg/L）≤	0.5	0.5
8	铁（mg/L）≤	0.3	—
9	锰（mg/L）≤	0.1	—
10	总溶解固体（mg/L）≤	1000（2000） ^a	1000（2000） ^a
11	溶解氧（mg/L）≤	2.0	2.0
12	总氯（mg/L）≤	1.0（出厂），0.2（管网末端）	1.0（出厂），0.2 ^b （管网末端）
13	大肠埃希氏菌	无 ^c	无 ^c
注：“—”表示对此项无要求。 a 括号内指标值为沿海及本地水源中溶解性固体含量较高的区域的指标。 b 用于城市绿化时，不应超过 2.5mg/L。 c 大肠埃希氏菌不应检出。			

（3）噪声

施工期厂界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的噪声排放限值；营运期陆上运维中心厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的 3 类标准。

表 2.4-9 建筑施工厂界环境噪声排放标准 单位：dB（A）

噪声限值 dB(A)		标准来源
昼间	夜间	
70	55	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523—2011）

表 2.4-10 工业企业厂界环境噪声排放标准 单位：dB（A）

时段	标准名称	类别	昼间	夜间
营运期	工业企业厂界环境噪声排放标准	3	65	55

（4）固体废物

固体废弃物排放执行《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求。

（5）船舶、机械污染物

船舶污染物：执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；

船舶废气：执行《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）；

施工机械和装卸机械：执行《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、四阶段）》（GB20891-2014）。

（6）电磁控制标准执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中 220kV 变电站控制限值：工频电场强度 $\leq 4\text{kV/m}$ ，工频磁感应强度 $\leq 100\mu\text{T}$ 。

2.5 评价等级

2.5.1 海洋环境

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）和《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）判定海洋环境评价等级。项目建设海上风电场，装机容量为 504MW，8 回场内 66kV 海底电缆总长约 60.45km，2 回 220kV 海缆总长度 2×89.6km，海缆总长度 150.05km；项目 220kV 海缆登陆段穿越海洋生态红线区，项目所在海域属于生态环境敏感区。结合本项目工程特点及周边开发利用情况，采用“就高不就低”的原则，最终确定单项海洋环境影响评价等级为：水文动力环境 1 级，水质环境 1 级，沉积物环境 1 级，生态和生物资源环境 1 级。

表 2.5-1 各单项海洋环境影响评价等级

工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
潮汐发电，波浪发电，温差发电，地热发电，海洋生物能等海洋能源开发利用、输送设施及网络工程；海洋风力发电，太阳能发电及其输送设施及网络工程；海洋空间能源（资源）利用工程；需要填海的火电站工程	大型（ $\geq 100\text{MW}$ ）	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其它海域	2	2	2	2
	中型（ $>20\text{MW}-<100\text{MW}$ ）	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其它海域	2	2	3	2
	小型（ $\leq 20\text{MW}$ ）	生态环境敏感区	2	2	2	2
		其它海域	3	3	3	3
海上和海底电（光）缆等工程；海上和海底输水管道工程；无毒无害	长度大于 100km	生态环境敏感区	1	1	1	1
		其它海域	2	2	2	1
	长度（100~20）km	生态环境敏感区	2	1	2	1

工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
物质输送管道工程；海洋电（光）缆废弃、拆除工程；一般管道废弃、拆除工程	长度（20~5）km	其它海域	3	2	3	2
		生态环境敏感区	2	2	2	1
		其它海域	3	3	3	2
本项目评价等级			1	1	1	1

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），本项目申请用海总面积 589.4225hm²，超过表 2.5-2 中 50×10⁴m² 范畴，因此，地形地貌与冲淤环境影响评价等级为 1 级。

表 2.5-2 海上风电项目海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据

评价等级	工程类型
1	海上风电项目所有工程类型总占海面积超过 50×10 ⁴ m ² 以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目
2	海上风电项目所有工程类型总占海面积在（50~30）×10 ⁴ m ² 的或较严重改变岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目
3	海上风电项目所有工程类型总占海面积在（30~20）×10 ⁴ m ² 的或有改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻微冲刷、淤积的工程项目

2.5.2 环境空气

（1）大气环境评价因子识别

本工程施工期作业会产生扬尘，主要污染物为颗粒物；施工机械和船舶产生少量尾气，主要污染物为 SO₂、NO_x、CO 等。运营期风力发电及电力输送过程中均无废气产生；检修船舶产生少量的尾气，该部分污染物主要成分为 SO₂、NO_x、CO，陆上运维中心食堂产生少量油烟。

（2）大气环境评价等级判定

运营期检修船舶产生少量的尾气，产生量少，无组织排放；食堂产生少量油烟，产生量较少，通过油烟净化器排放，参考《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），大气评价等级为三级。

2.5.3 地表水环境

根据《建设项目环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），项目涉及污染影响和水文要素影响。项目运营期的陆上运维中心的生活污水由污水处理站处理后回用，船舶生活污水和船舶含油污水委托有资质单位进行处理，均不外排，水污染影响型评价等级为三级 B。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本次风机（ 4.6294hm^2 ）、海上升压站（ 0.2472hm^2 ）和海底电缆（ 47.6596hm^2 ）总计扰动水底面积 $52.5361\text{hm}^2 > 0.5\text{km}^2$ ，风机和海上升压站垂直投影面积 $4.8766\text{hm}^2 < 0.15\text{km}^2$ ，确定本项目水文要素影响的评价等级为二级（见表 2.5-4）。

表 2.5-3 水污染影响型建设项目评价等级判定表

评价等级	判定依据	
	排放方式	废水排放量 $Q/(\text{m}^3/\text{d})$ ； 水污染物当量数 $W/(\text{量纲一})$
一级	直接排放	$Q \geq 20000$ 或 $W \geq 600000$
二级	直接排放	其他
三级 A	直接排放	$Q < 200$ 且 $W < 6000$
三级 B	间接排放	—

表 2.5-4 水文要素影响型建设项目评价等级判定表

评价等级	受影响地表水域
	工程垂直投影面积及外扩范围 $A1/\text{km}^2$ ；工程扰动水底面积 $A2/\text{km}^2$
	入海河口、近岸海域
一级	$A1 \geq 0.5$ ；或 $A2 \geq 3$
二级	$0.5 > A1 > 0.15$ ；或 $3 > A2 > 0.5$
三级	$A1 \leq 0.15$ ；或 $A2 \leq 0.5$

2.5.4 声环境

本项目陆上运维中心位于烟台市牟平区南吕城村的西侧，根据《烟台市区环境噪声功能区划分方案》，陆上运维中心所在区域声环境功能区为 3 类区，陆缆部分位于 1 类区，部分位于 3 类区；根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中第 5.1.3 条“建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 1 类、2 类地区，按二级评价”、5.1.4 条“建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 3 类、4 类地区，按三级评价”和 5.1.5 条“在确定评价等级时，如果建设项目符合两个等级的划分原则，按较高等级评价”，本项目陆缆位于地下，建成后无噪声产生，陆上运维中心位于 3 类区，周边无敏感目标，陆域声环境参考三级进行评价。风电场场区位于海上，无声环境功能区划。因此确定噪声环境影响评价等级为三级。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），海上风电项目水下噪声环境影响评价工作不划定具体评价等级。

2.5.5 生态环境

本项目涉及海上风电场建设、陆地电缆敷设和陆上运维中心建设。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中第 6.1.4 条“建设项目同时涉及陆生、水生生态影响时，可针对陆生生态、水生生态分别判定评价等级”和 6.1.7 条“涉海工程评价等

级判定参照 GB/T 19485”。

本项目陆上运维中心占地面积约为 33314m²，不涉及国家公园、自然保护区、生态红线区等敏感区域，本项目陆域生态评价等级为三级。海洋生态评价等级为一级（见报告书 2.5.1 节）。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影响评价工作不划定具体评价等级。

2.5.6 地下水环境

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）附录 A 地下水环境影响评价行业分类表，本项目属于“E 电力、34 其他能源发电”的风力发电项目，该类项目地下水环境影响评价类别属于 IV 类。根据地下水评价导则 HJ610-2016 中 4.1 节，“IV 类建设项目不开展地下水环境影响评价”。故本项目不开展地下水环境影响评价。

2.5.7 土壤环境

根据《环境影响评价技术导则 土壤》（HJ964-2018）附录 A 土壤环境影响评价项目类别表，本项目属于“电力热力燃气及水生产和供应业——其他”，项目类别属于 IV 类。根据 HJ964-2018 导则 4.2.2 “IV 类建设项目可不开展土壤环境影响评价”。因此本项目不开展土壤环境影响评价。

2.5.8 电磁环境

本项目陆上运维中心和陆缆的电磁辐射单独评价，本报告不考虑该部分内容。

本项目海上拟配套建设一座 220kV 海上升压站和 220kV 陆上运维中心，风电机组发出电能通过 66kV 海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆接入陆上运维中心。陆域部分的电磁辐射单独评价，不在本次评价范围内。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），本工程海上升压站为 220kV 户内式，电磁环境评价等级为三级，66kV/220kV 输电线路为海底电缆，电磁环境评价等级为三级，综合分析，电磁环境评价等级为三级。

表 2.5-5a 海上风电项目电磁环境影响评价等级判据

电流类型	电压等级	工程类型	条件	评价工作等级
交流电	110kV	输电线路	海底电缆	三级
			边导线投影外 10m 范围内有电磁环境敏感目标的架空输电线路	二级
			边导线投影外 10m 范围内无电磁环境敏感目标的架空输电线路	三级
		升压变电站	户外式	二级
			户内式、地下式	三级
	220~330kV	输电线路	海底电缆	三级
			边导线投影外 15m 范围内有电磁环	二级

			境敏感目标的架空输电线路	
			边导线投影外 15m 范围内无电磁环境敏感目标的架空输电线路	三级
		升压变电站	户外式	二级
			户内式、地下式	三级
	500kV 及以上	输电线路	海底电缆	二级
			边导线投影外 20m 范围内有电磁环境敏感目标的架空输电线路	一级
			边导线投影外 20m 范围内无电磁环境敏感目标的架空输电线路	二级
		升压变电站	户外式	一级
			户内式、地下式	二级
直流电	+400kV 及以上	--	--	一级
	其它	--	--	二级

表 2.5-5b 《环境影响评价技术导则 输变电》电磁环境影响等级判定依据

分类	电压等级	工程	条件	评价等级
交流电	220~330kV	变电站	户内式	三级
		输电线路	1.地下电缆 2.边导线地面投影外两侧各 15m 范围内无电磁环境敏感目标的架空线	三级

2.5.9 环境风险

(1) 施工期

本项目施工期涉及的危险物质有施工船用燃料油，据统计本项目施工期共投入各种船舶 23 艘。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）附录 C 相关要求，船舶燃油量依据船型而不同，按保守考虑，所有船舶同时施工作业，则施工期船舶载油总量为 2473t。

表 2.5-6 施工期船舶载油量统计表

序号	船机设备名称	型号	数量	载油量 (m³/艘)	载油量 (t)
1	浮式起重船	1000t	1	50	40
2	全回转浮式起重船	2400t	1	104.64	83.7
3	浮式起重船	5000t	1	218	174.4
4	浮式起重船	5000t	1	218	174.4
5	自航驳船	10000t	1	595	476
6	自航驳船	5000t	2	198	316.8
7	自航驳船	4000t	1	158.4	126.7
8	甲板驳船	2000t	1	79.2	63.4

9	拖轮	2000HP	1	87.2	69.8
10	拖轮	3000HP	3	130.8	313.9
11	抛锚艇	<500t	3	50	120
12	补给船	<500t	2	50	80
13	交通艇	<500t	2	50	80
14	自升式起重平台船	>1000t	1	50	40
15	1 号铺缆船	3000t	1	130.8	104.6
16	2 号铺缆船	6000t	1	261.6	209.3
合计			23		2473

表 2.5-7 施工期建设项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存在量 q_n/t	临界量 Q_n/t	该种危险物质 Q 值
1	船用燃料油	/	2473	2500	0.99
项目 Q 值 Σ					0.99

施工期危险物质与临界量比值（Q）小于 1，本项目环境风险潜势为 I，因此本项目环境风险等级为简单分析。

（2）运营期

本项目运营期涉及的危险物质有日常维护维修船舶燃料油、海上升压站的变压器油和陆域运维中心的变压器油。维护维修船舶为 1 艘小型船舶，载油量较小，按 50t 计算；海上升压站 2 台变压器，每台变压器油量为 50t，2 台高压电抗器，每台高压电抗器油量为 25t，合计油量约为 150t；陆上运维中心 2 台变压器，每台变压器油量为 25t，2 台高压电抗器，每台油量为 25t，合计油量约为 100t；单台风机润滑油为 1700L，项目共 42 台风机，风机润滑油量为 57.12t。危险物质均为油类物质，临界量为 2500t，Q 值计算见表 2.5-6。

表 2.5-6 运营期建设项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存在量 q_n/t	临界量 Q_n/t	该种危险物质 Q 值
1	船用燃料油	/	50	2500	0.1428
2	海上升压站的变压器油	/	100		
3	海上升压站的高压电抗器油	/	50		
4	陆上运维中心的变压器油	/	50		
5	陆上运维中心的高压电抗器油	/	50		

6	风机润滑油（每台风机 润滑油 1700L）	/	57.12		
项目 Q 值Σ					0.1428

本项目危险物质与临界量比值（Q）小于 1，本项目环境风险潜势为 I，因此本项目环境风险等级为简单分析。

2.5.10 评价工作等级小结

综上，海洋环境影响评价等级中水文动力环境 1 级、水质环境 1 级、沉积物环境 1 级、生态和生物资源环境 1 级、地形地貌和冲淤 1 级，大气环境评价等级为三级，声环境评价等级为三级，地表水环境影响评价中水污染影响型评价等级为三级 B、水文要素影响评价等级为二级，陆生生态评价等级为三级，地下水环境和土壤环境评价为不开展评价，环境风险评价等级为简单分析。

表 2.5-7 项目单项评价等级表

项目		评价等级
大气环境影响评价		三级
声环境影响评价		二级
地下水环境影响评价		不开展
土壤环境影响评价		不开展
地表水环境影响评价		水污染型三级 B 水文要素型二级
电磁环境		三级
生态环境影响评价		陆生生态：三级 海洋生态：1 级
海洋环境	海水水质	1 级
	沉积物	1 级
	水动力	1 级
	海洋生态	1 级
	地形地貌和冲淤	1 级
环境风险评价		简单分析

2.6 评价范围

2.6.1 海洋评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），确定水动力环境、水质环境、沉积物环境的调查和评价范围。

（1）水动力环境评价的范围

水文动力环境的 1 级评价，范围垂向距离一般不小于 5km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

（2）水质环境评价范围

水质环境评价等级为 1 级评价，评价范围应能覆盖建设项目的环境影响所及区域，并能充分满足水质环境影响评价与预测的要求。根据上述原则，确定水质环境评价范围与水文动力环境影响评价范围保持一致。

（3）海洋沉积物环境评价范围

沉积物环境评价等级为 1 级评价，评价范围应将建设项目可能影响海洋沉积物的区域包括在内，并能充分满足环境影响评价和预测的需求，一般情况下，沉积物环境评价范围应与海洋水质、海洋生态和生物资源的评价范围保持一致。根据上述原则，确定沉积物环境评价范围与水文动力环境影响评价范围保持一致。

（4）海洋生态环境评价范围

海洋生态环境的调查评价范围，主要依据被评价区域及周边区域的生态完整性确定。本工程为 1 级生态环境评价，确定以工程区向两侧各延伸 8~30km 范围作为调查和评价范围。根据上述原则，确定海洋生态环境评价范围与水文动力环境影响评价范围保持一致。

（5）地形地貌与冲淤环境评价范围

地形地貌与冲淤环境评价等级为 1 级评价，评价范围应包括工程可能的影响范围，一般应不小于水文动力环境影响评价范围，同时应满足建设项目地貌与冲淤环境特征的要求。根据上述原则，确定地形地貌与冲淤环境评价范围与水文动力环境影响评价范围保持一致。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范（2014）》，海洋水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响评价范围主要依据评价区域及周边区域生态完整性确定；以主要评价因子受影响方向的扩展距离确定，1 级评价海上风电项目所有工程外缘线为起点向外扩展一般应分别不小于 15km，海底管线沿垂直海底管线路由方向从管线外缘向两侧扩展不少于 15km。海洋环境评价范围为 2377.78km²。

2.6.2 其他评价范围

（1）大气环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），大气环境影响三级评价评价无需设置评价范围。

（2）声环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），声环境影响评价范围为风电场区、陆域施工区、登陆点及海上施工作业区周边 200m。

(3) 生态环境

陆上运维中心厂界，陆域电缆中心向两侧外延 300m。

(4) 电磁辐射评价范围

参照《海上风电工程环境影响评价技术规范（2014）》要求，电磁环境影响评价范围为电缆两侧边缘各外延 40m（水平）、220kV 海上升压站站界外 40m。

(5) 鸟类

鸟类评价范围为风电场区边界线向外扩展 8km 区域。

(6) 环境风险。评价范围

本项目环境风险评价等级为简单分析，无需设置评价范围。

2.6.3 小结

项目的总评价范围应覆盖各单项评价范围，综合以上分析，确定本项目海洋环境评价范围以风场区外缘线为起点，向四周外扩 15km；以路由区海底电缆为中心向两侧外扩 15km，评价范围面积约 3751.2km²。陆上运维中心向四周各外扩 200m，陆域地下输电线路向两侧各外扩 300m。评价范围如图 2.6-1 中所示，控制点见表 2.6-2。

表 2.6-1 评价范围表

评价内容	评价范围
大气	无需设置评价范围
噪声	风电场区、陆域施工区、登陆点及海上施工作业区周边 200m 范围内
地表水/海洋环境	海上风电场工程外缘线为起点向外扩展 15km
生态影响	陆域：陆上运维中心厂界，陆域电缆中心向两侧外延 300m； 海域：与海洋环境评价范围一致
电磁辐射	海缆两侧边缘各外延 40m（水平）、220kV 海上升压站站界外 40m
鸟类	风电场区边界线向外扩展 8km 区域
环境风险	无需设置评价范围

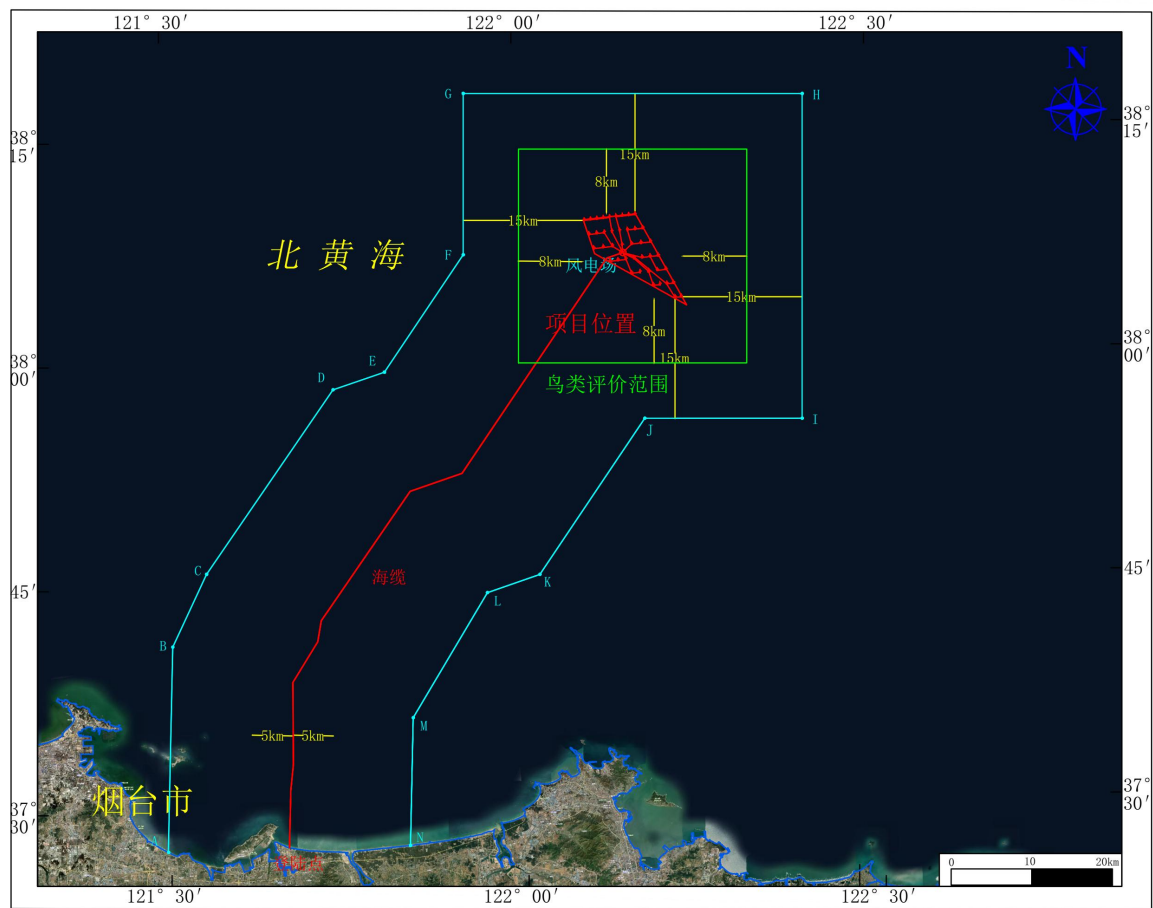


图 2.6-1a 评价范围图



图 2.6-1b 评价范围图（陆域）

表 2.6-2 评价范围控制点（坐标系：CGCS2000）

拐点	北纬	东经	拐点	北纬	东经
A	37° 27' 24.845"	121° 29' 44.123"	H	38° 17' 21.844"	122° 24' 39.544"
B	37° 41' 09.911"	121° 30' 22.933"	I	37° 55' 36.592"	122° 23' 56.724"
C	37° 46' 00.122"	121° 33' 20.217"	J	37° 55' 52.135"	122° 10' 37.788"
D	37° 58' 12.627"	121° 44' 17.660"	K	37° 45' 34.075"	122° 01' 27.854"
E	37° 59' 19.932"	121° 48' 40.202"	L	37° 44' 25.771"	121° 57' 00.266"
F	38° 07' 05.626"	121° 55' 33.641"	M	37° 36' 08.606"	121° 50' 32.284"
G	38° 17' 53.850"	121° 55' 50.750"	N	37° 27' 35.682"	121° 50' 05.683"

2.7 环境敏感区及环境保护目标

2.7.1 海域环境敏感区

本项目位于山东半岛北部海域，项目周边环境敏感区有烟台崆峒列岛自然保护区、烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区和海洋生态保护红线区，项目周边的海洋环境敏感区分布见图 2.7-1 和表 2.7-1。

图 2.7-1a 项目周边环境敏感区分布图

图 2.7-1b 项目周边海域敏感区分布图（登陆段）

表 2.7-1 工程环境敏感目标一览表（海域）

环境敏感目标			相对本项目的方位及最短距离（km）		保护对象	执行标准		
						海水水质标准	海洋沉积物质量	海洋生物体质量
保护区	崆峒列岛省级海洋自然保护区（烟台崆峒列岛特别保护海岛生态保护红线）	核心区	W	12.64	岛屿生态系统与海洋生态系统	一类	一类	一类
		缓冲区	E	9.76		一类	一类	一类
		实验区	W	3.35		一类	一类	一类
	烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区（烟台牟平沙质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线）		E	9.74	海砂资源、海洋生物栖息地等	一类	一类	一类
生态红线区	养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线		穿越		/	一类	一类	一类
	牟平区养马岛重要滩涂及浅海水域生态保护红线		W	0.54	/	一类	一类	一类
	金山港重要河口生态保护红线		E	6.35	/	一类	一类	一类
	烟台逛荡河东砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线		W	13.34	/	一类	一类	一类
	山东沁水河口重要河口生		W	1.76	/	一类	一类	一类

	态保护红线						
--	-------	--	--	--	--	--	--

2.7.1.1 保护区

本项目周边的保护区包括崆峒列岛省级海洋自然保护区、牟平砂质海岸国家级海洋特别保护区。

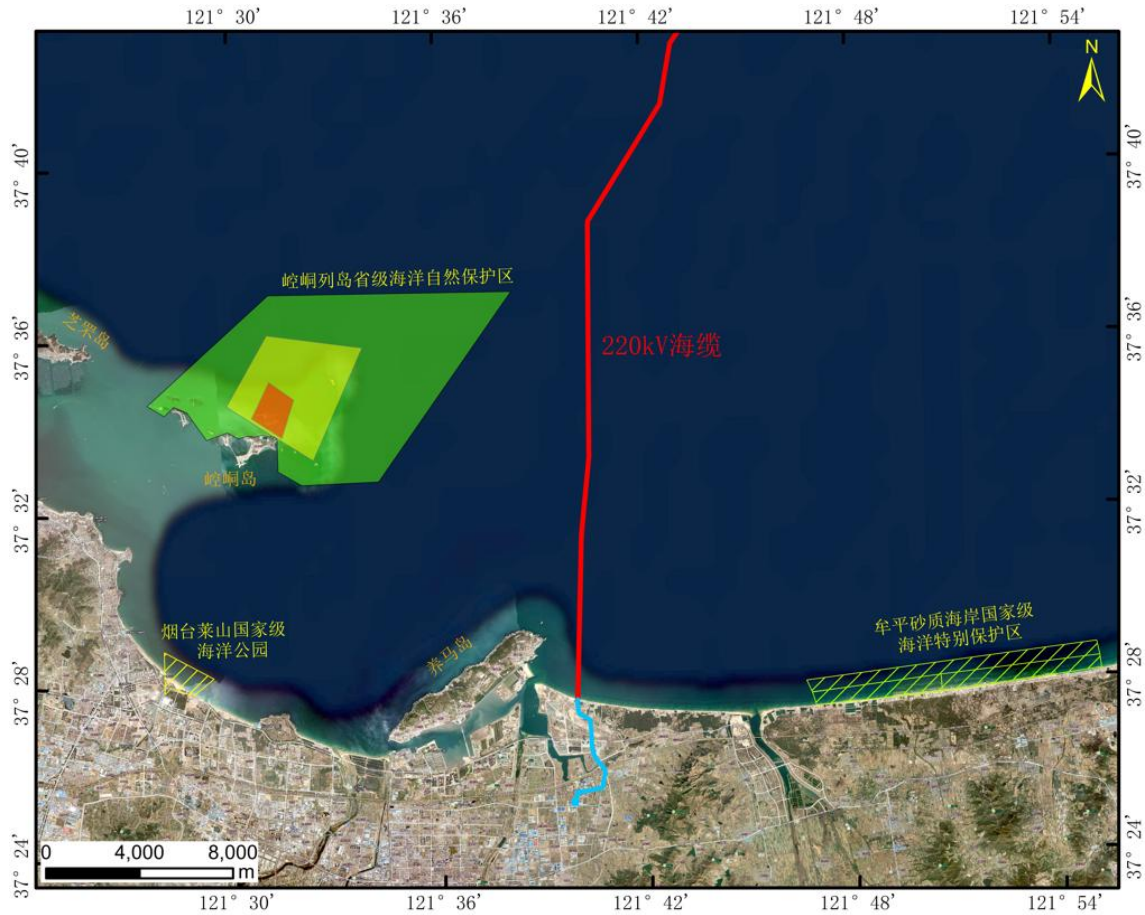


图 2.7-2 项目周边的保护区分布图

(1) 崆峒列岛省级海洋自然保护区

崆峒列岛省级海洋自然保护区位于本项目西侧 4.1km。

2003 年 3 月 4 日，山东省人民政府批准建立烟台崆峒列岛省级自然保护区（鲁政字[2003]80 号），2019 年 11 月 4 日，省政府发布了关于调整烟台崆峒列岛省级自然保护区范围和功能区的批复（鲁政字[2019]205 号）。调整前后保护区总面积和各功能区面积不变。保护区总面积 7690 公顷，核心区面积 240 公顷，缓冲区面积 1570 公顷，实验区面积 5880 公顷。

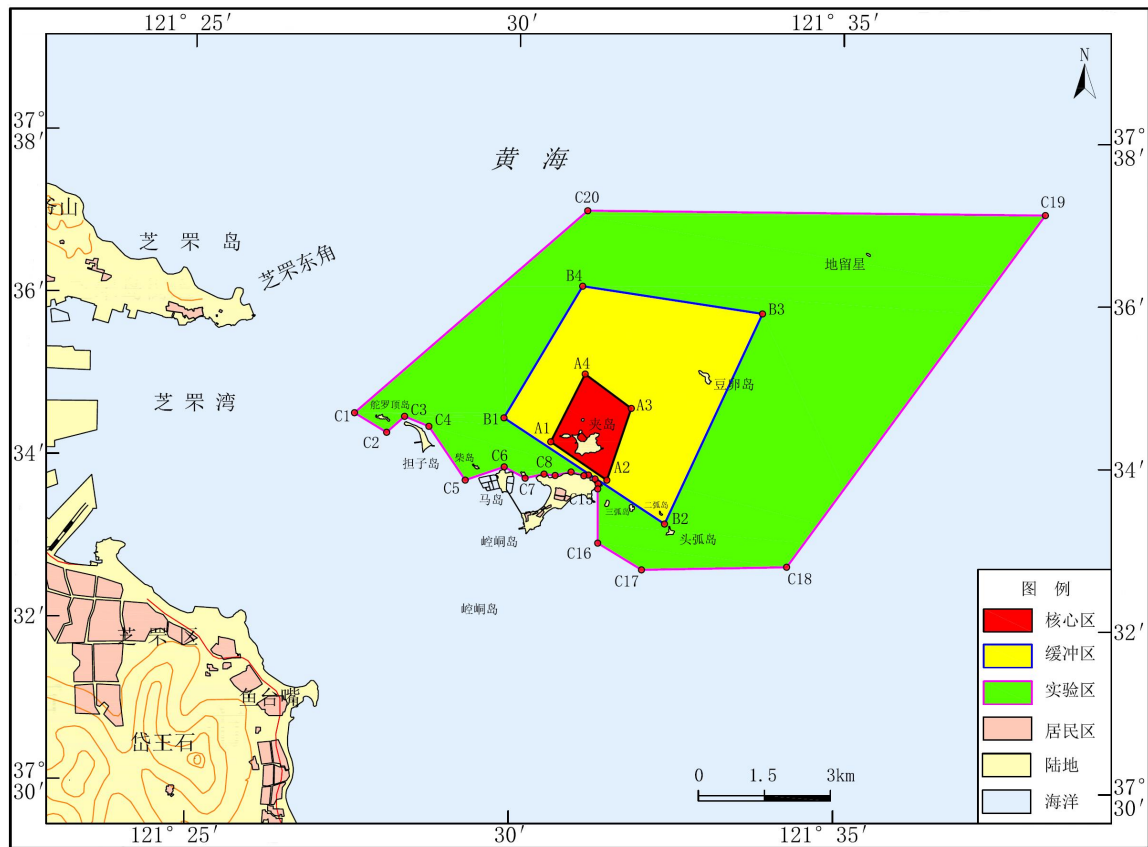


图 2.7-3 崆峒列岛省级自然保护区功能区划图

崆峒列岛省级自然保护区主要保护对象为岛屿生态系统与海洋生态系统。烟台崆峒列岛是我国北方具有特色的岛屿，具有典型的海洋自然景观，岛屿生态系统与海洋生态系统复杂，生物多样性丰富。列岛周围海域广阔，水质清澈，水生动、植物资源丰富，海产藻类植物 45 种，主要浅海滩涂经济动物 80 种，是刺参、皱纹盘鲍和紫石房蛤等野生种质资源的集中产地，也是省级刺参原种基地。区内生物的遗传、物种和生态系统具有较高的科研价值和保护价值，其中夹岛植被繁盛，覆盖率达 90%，植物种类多达 167 种（包括国家一级重点保护植物水杉），鸟类近百种（包括白尾海鸥、白肩雕、苍鹰等国家重点保护动物）。岛上腹蛇种群数量达 2000 条，系山东省蛇岛之一。

（2）烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区

烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区位于本项目登陆段东侧 9.45km。

烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区成立于 2010 年，位于烟台市牟平区东北部浅滩，由沙质海岸及毗连 1000 米以内水深在 0m~10m 之间的海域，总面积为 1465.20hm²，占用岸线长约为 12.21km，分为重点保护区、适度利用区及生态与资源恢复区三个功能区。区域内金山港湾有汉河和广河汇流于此，其外沿及附近海域为砂质海底，饵料丰富，盐度适宜，该区域是多种海洋经济生物的栖息、繁衍地，具有典型的河

口生态系统。保护区主要保护对象为海砂资源、海洋生物栖息地等。保护区坐标范围： $121^{\circ} 46' 34.21'' \sim 121^{\circ} 55' 08.04'' \text{E}$ ， $37^{\circ} 27' 22.28'' \sim 37^{\circ} 28' 45.23'' \text{N}$ 。



图 2.7-4 烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区

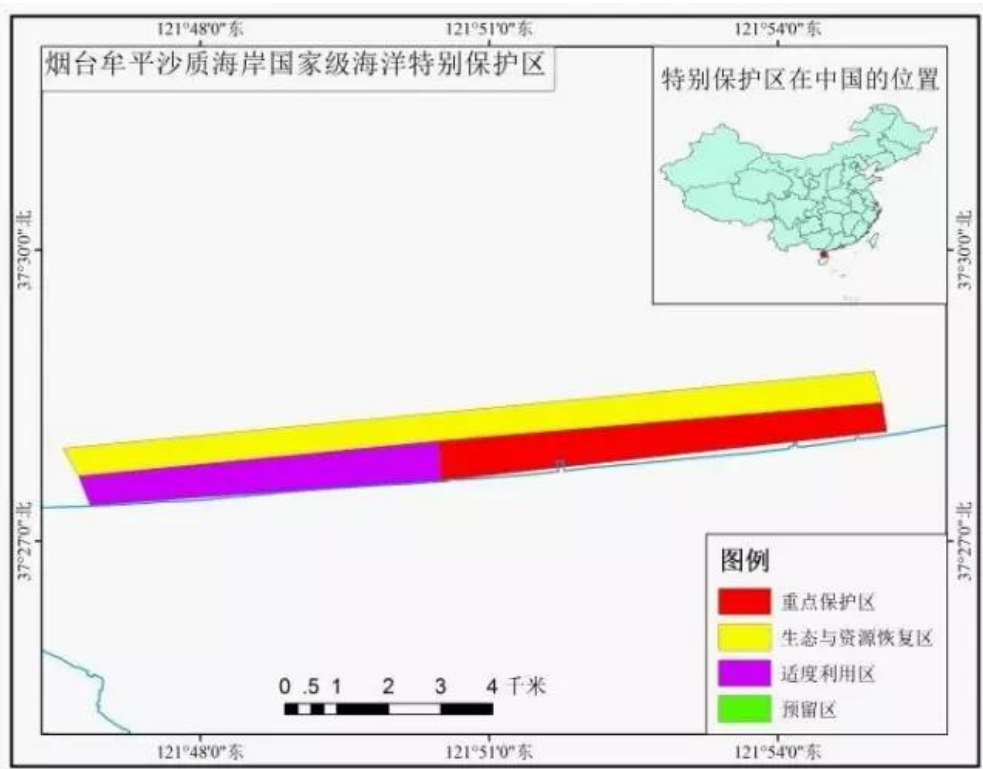


图 2.7-5 烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区功能分区图

2.7.2 海域其他环境保护目标

项目海洋评价范围内其他环境保护目标主要包括养殖区、海岛、航道、电力工业用海等，其他环境敏感目标的分布见图 2.7-6 和表 2.7-2。

图 2.7-6a 项目周边海域其他敏感目标分布图

图 2.7-6b 项目周边海域其他敏感目标分布图（中部）

图 2.7-6c 项目周边海域其他敏感目标分布图（南部）

2.7.2.1 海岛

工程近岸海域有多个岛屿，分别是养马岛、崆峒岛、芝罘岛、里蹦岛和小象岛等。



图 2.7-7 项目周边海岛分布图

养马岛，素有“中国北方商务休闲第一岛”之称。地处黄海之中，总面积约 13.52km²，距烟台市区 30km。岛上丘陵起伏，草木葱茏，山光海色，秀丽如画，海岛呈东北西南走向，地势南缓北峭，岛前海面宽阔，风平浪静，岛后群礁嶙峋，惊涛拍岸；东端碧水金沙，优良浴场。西端水深浪小，天然良港。岛上气候宜人，冬无严寒，夏无酷暑，年平均气温 11.8℃，素有“东方夏威夷”之美称。岛四周盛产海参、扇贝、鲍鱼、对虾、牡蛎、天鹅蛋等海产品，久负盛名。

崆峒岛位于烟台芝罘区东北部海域，距离海岸线 9.5 公里，是距离烟台市区最近的海岛。崆峒列岛包括主岛崆峒岛以及围绕其周围的卧佛岛、担子岛、柴岛、马岛（也称文曲岛）、崆峒岛、玄武岛（也称龟岛、蛇岛）、元宝岛、天鹅岛等十几处小岛和礁群，群岛错落有致，形状各异，如众星捧月般簇拥着主岛。其中，陆地总面积为 1.58 平方公里，海区面积 46 平方公里，主岛崆峒岛面积约 0.99 平方公里，海岸线长 6.3 公里，是烟台市区第一大海岛。岛上山脉呈东西走向，长 1500

米，呈“一”字形立于岛的最北面，筑成一道天然屏障。山后暗礁遍布，山之西端为西广咀，其延伸礁石与西临的马岛（也称文曲岛）东礁相距数百米，阻挡风浪，形成一个天然港湾。岛多海蚀岩洞，北面矗立着陡峭的礁石。

芝罘岛，又称芝罘山，古称转附、之罘，当地俗称北山。位于山东省烟台市北部芝罘区北部的海面，以连岛沙坝与大陆相连，岛上为丘陵低山地，主峰老爷山海拔 298 米，东西长约 9 公里，宽约 0.50—1.80 公里，是中国最大的、最典型的陆连岛。芝罘岛阳坡苍翠欲滴，风景如画，背面怪石嶙峋，崖壁陡峭，是良好的旅游资源；人文历史深厚，岛上主祀的阳主（古齐地的八神之一，又称梁王）是春秋战国时齐国及秦以后历代奉祀的神。也是传说中秦始皇三次登临的地方，也是烟台市古地名“芝罘”的起源地。芝罘岛是烟台市重要的渔业基地、航运基地、造船工业基地，烟台港、烟台市打捞局位于岛东南芝罘湾内，中集来福士在此设有生产基地。

里蹦岛，位于养马岛看牛山东南海中，距陆地约 0.5km，南北长 400m，东西约 250m，海岸线长约 1.5km，总面积 82hm²，其中森林 7.2hm²，主要树种是黑松林。以森林为中心周边分布海滩地带。南边 25.7hm²，东边 5.8hm²，西边 3.3hm²，海拔 8m。此岛尽管在海中，但地下却有淡水。有海神娘娘小瀛洲之称。因为这个小岛周围多产蛤蚌，故以蚌字谐音名里蹦岛。岛上多为细沙，夹有泥土，过去长期荒芜。由于这些年来垦殖护林，如今林木茂盛，是许多鸟类栖息的好地方，成为海上绿洲，百鸟乐园。

小象岛，东西长 115m，南北长 28m，海拔 19m，整个小岛由岩石构成，表层有少量泥沙，生有稀疏的野草，无水源。岛上石壁陡峭，峭壁间隙，有野鸽和海鸟栖息，鸽子盘旋飞翔，海鸟群集长啼，为海岛增加了生气。

2.7.2.2 养殖区

养马岛北部及东部养殖区位于养马岛东部及北部、烟威航道南，海域辽阔，水质清澈，营养盐丰富，沙泥底质为主，主要养殖品种有扇贝、贻贝、海带、魁蚶、刺参、红螺。养马岛西、北部沿海岩礁分布面积较大，营养盐丰富，藻类丛生，适合刺参、盘鲍等海珍品增殖，为养马岛底播养殖区。烟威近岸航道以南，养马岛港航道以东 20m 等深线以内海域为马岛东浅海养殖区，已部分使用（含定置网场），水体交换能力强，营养盐丰富，初级生产力较高，泥沙底质，适合贝、藻类筏式养殖。

养马岛南部养殖区位于牟平城区以北、养马岛南部、养马岛东坝以西。该养殖区已使用多年，是传统围池养殖区，海水清洁，营养盐丰富，海水溶解氧含量高，pH 值 7.0-8.0，泥沙质池底。

牟平区内筏式养殖大部分位于离岸 8000m 以内，分养马岛航道西侧、养马岛后海、养马岛东航道至酒馆航道间及酒馆航道以东四部分组成，海域面积约 260000 亩；定置网大部分设置在离岸 2500m 以内，金山港以东至酒馆航道间设置在离岸 4000m 以内，涉及海域面积 84000 亩；岩礁护养海域面积 4600 亩；海水池塘 15000 亩；盐池面积 5700 亩。

距离项目 220KV 海缆较近的威海养殖区为开放式养殖区，主要养殖方式为筏式养殖，养殖品种为牡蛎和扇贝。风电场周边无养殖活动。

2.7.2.3 港口航运业

本项目周边的港口航运业主要包括位于项目西侧最近 25.0km 的芝罘湾港区、西南侧最近 8.5km 的牟平港区及周边的航道、锚地等。

图 2.7-8 项目周边的港口、航道、锚地分区图

(1) 芝罘湾港区

芝罘湾港区是烟台港历史最为悠久的港区，芝罘湾北部为芝罘岛，西侧是连岛沙坝和海积冲积平原，南岸烟台山和东炮台山伸入湾内，湾口外有崆峒岛等岛屿为屏障，湾内基本没有泥沙来源，水动力条件较弱，常年不冻不淤，是十分难得的优良港湾。芝罘湾港区位于烟台市区，历年来港口吞吐量都占到烟台港的一半以上，在烟台港十个港区中处于主导地位，是烟台港的主要港区之一。规划芝罘港区今后以功能调整为主，保留客货滚装、铁路轮渡、集装箱、旅游生活等功能，将煤炭、矿石等大宗干散货以及化肥、钢铁、商品汽车等通用货类逐步调整至西港区，与城市中心距离较近的部分老码头逐步退出货运功能。远期集装箱运输功能调整至西港区。规划芝罘湾港区码头岸线总长 10.4km，陆域总面积 6.2km²，可整合形成各类码头泊位 35 个，年综合通过能力 640 万 TEU、450 万辆、810 万人。

(2) 牟平港区

牟平港区位于烟台市东部养马岛南岸与大陆岸线之间，水域宽度在 250~300m 之间。牟平港区向南连接滨海路和烟威高速公路，南距牟平区中心约 6km，西距烟台市芝罘区 26km，水路至烟台港 10.7 n mile，至威海港 25 n mile，至大连港 103 n

mile。牟平港码头总长 198m，拥有 5000 吨级泊位 2 个，库场面积 $5 \times 10^4 \text{m}^3$ ，油库总储量 $85 \times 10^4 \text{m}^3$ ，16 吨门机 3 座。牟平港区地理坐标为：37°26'30"N/121°34'47"E，主要从事汽柴油、石油液化气等液体化工品的中转、贮存以及砂石、粮食、煤炭等散杂货的进出口业务，服务范围为烟台市和威海市部分地区。根据全区发展规划，今后将结合城市发展需要逐步调整取消液体散货运输功能，全力发展游艇、游船等旅游客运。

(3) 航道

风电场附近分布有成山角~老铁山水道、威海~大连航路、成山角~大连航路。项目 220kV 海缆穿越航路有：成山角~老铁山水道、威海~大连航路、成山角~长山水道、烟威航路、烟威近岸航路、养马岛东航道。

烟威近海航路：为烟台和威海之间的主航道，从烟台港经崆峒岛南、养马岛北至威海，自然水深 9m 以上，近海 3000 吨以下小型船舶进出烟台、养马岛、威海等港口的便捷通道；牟平港进出港航道：位于养马岛西部，水深 6m，航道宽 1700m，乘潮水深满足 5000 吨级船舶需要，是牟平港进出的主要通道；养马岛东航道（渔船习惯航路）：位于养马岛东侧，是当地渔船进出的主要通道；酒馆航道：位于烟台和威海海上分界线以西，是当地渔船进出的主要通道。

(4) 锚地

烟台港锚地包括引航、联检、候潮、待泊、避风、应急等锚地，芝罘湾港区规划锚地包括烟台港第一引航检疫锚地、烟台港第二引航检疫锚地、烟台港第三引航检疫锚地、港游轮过驳锚地和避风锚地，牟平港区规划 1#锚地。

2.7.2.4 渔业基础设施（养马岛中心渔港）

养马岛中心渔港位于养马岛西端，西靠烟台市区，东接威海，北与大连隔海相望。目前养马岛中心渔港码头长度 1008m，泊位 18 个，其中能够停靠大型远洋作业渔船和渔政执法船舶的深水码头达到 460m。防波堤长度 110m，护岸 226m，港池有效防护面积 $70 \times 10^4 \text{m}^2$ ，港口陆域面积 $22 \times 10^4 \text{m}^2$ ，渔港防灾减灾能力达到五十年一遇以上。能够停靠大中小渔船 1200 艘，年水产品卸港量 8 万吨，是一个集靠泊、避风、装卸、旅游休闲观光为一体的综合公益性港口。

2.7.2.5 海底电缆

牟平区海域离岸 7~9km 位置，从芝罘湾东南部经崆峒岛南至威海海域存在一条烟威海底通信电缆，主要连接威海和烟台。

2.7.2.6 跨海桥梁

养马岛跨海大桥是烟台市第一座下承式柔性系杆钢管混凝土拱桥。该桥北连养马岛，南接牟平区，长约 2km，海底电缆和管线的保护区宽度为两侧各 50-200m。养马岛跨海大桥作为养马岛风景区和陆地连接的主要通道，为养马岛社会经济和旅游事业的发展提供了更为便利的交通条件，使烟台山、会展馆广场、月亮湾、东炮台公园、体育公园等沿海景点有机联系在一起，如丝线串珠成链，从而成为烟台市一条观光旅游大通道。

2.7.2.7 滨海旅游业

烟台市区滨海风景观光旅游区西起市区烟台山，东至牟平养马岛的滨海路两侧，全长 25km。本区域景色秀丽，旅游设施齐全，适宜开发海滨休闲度假，现已建有烟台山、东炮台公园、APEC 广场、黄海游乐城等景点，元亨园、五星级假日酒店、栈桥等旅游设施。

养马岛度假旅游区包括养马岛全岛，1984 年，养马岛被列为山东省重点旅游开发区，1991 年又被国家定为 84 个旅游景点之一。1995 年 1 月被山东省政府正式批准为省级旅游度假区。2009 年 1 月份被国家旅游局 A 级景区评审委员会评定为国家“AAAA”级旅游风景区。现建成融体育、娱乐与海滨度假于一体的综合性旅游胜地。已建设各类宾馆、休养中心 40 多座，赛马场、海滨浴场、海上世界、御笔苑等大中型综合娱乐景区点 13 处。岛上有神奇的“一岛三滩”自然景观，岛东金沙滩是天然海水浴场，岛北礁石滩是观涛赏景的好去处，岛南黑泥滩是拾贝捉蟹的海趣园。岛上有养马岛休闲体育公园内的 18 洞高尔夫球场和养马岛深海温泉。多年来，养马岛度假区立足本地实际，坚持以招商引资为突破口，推动了旅游业的快速发展，形成了以海滨娱乐、度假休养为主，辅以观光浏览秦汉文化的综合性旅游度假胜地，每年吸引着几十万人次的中外游客来岛观光、旅游。

2.7.2 陆域环境保护目标

根据环境影响评价等级及评价范围，陆域声环境影响评价等级为二级，评价范围为项目边界向外扩展 200m 范围内；陆缆的陆生生态评价范围为陆上运维中心厂界、陆域电缆中心向两侧外延 300m。

由图 2.7-9 可以看出，陆上运维中心附近主要分布有工厂、耕地和空地；海缆登陆点至陆上运维中心之间的陆缆主要沿已有道路、绿化带敷设，陆缆两侧 300m 范围内主要分布有工厂、居民小区（恒大御海天下）、旭瑞·海澜湾、办公楼（海

洋创业服务大厦）、耕地、养殖池、石头河等。

因此，项目陆域评价范围内的陆域环境敏感目标主要包括居民小区（恒大御海天下）、居民小区（旭瑞·海澜湾）和海洋创业服务大厦，陆缆穿越的石头河。

表 2.7-2 项目附近陆域环境敏感区及环境保护目标

名称	保护对象	保护人数	功能区划	方位	相对本项目陆缆的距离(m)
恒大御海天下	居民	450 户	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，《声环境质量标准》中 1 类标准	E	25
旭瑞·海澜湾	居民	/		E	215
北莒城村	居民	约 240 户		E	30
南莒城村	居民	约 600 户		SE	215
大窑街道沟东诊所	工作人员	/		SE	219
海洋创业服务大厦	办公人员	/		W	85
石头河	水质	/	/	底部穿越	/
小水沟	水质	/	/	底部穿越	/



图 2.7-9 陆域环境敏感目标图

3 工程概况

3.1 建设项目概况

(1) 项目名称

华能山东半岛北 L 场址海上风电项目。

(2) 项目性质

新建项目。

(3) 地理位置

项目位于山东省半岛北部海域，风电场离山东省海岸线最近距离约 57km，距离登陆点直线距离约 83km，水深范围在 51m~53m，风场区地理坐标范围为：东经 $122^{\circ} 05' 47.55'' \sim 122^{\circ} 14' 24.63''$ ，北纬 $38^{\circ} 03' 24.36'' \sim 38^{\circ} 09' 35.48''$ 。登陆点位于烟台市牟平区养马岛东部航天员海上训练基地西侧约 200m 处沙滩附近，陆上运维中心位于烟台牟平区大窑街道南吕城村的西侧，化工路的东侧，陆上运维中心的中心点坐标为：东经 $121^{\circ} 39' 54.04''$ ，北纬 $37^{\circ} 24' 52.52''$ 。



图 3.1-1a 项目地理位置图



图 3.1-1b 项目地理位置图



图 3.1-1c 陆上运维中心及陆缆地理位置图

(4) 建设内容及规模

本项目主要建设内容包括 42 台海上风电机组、1 座海上升压站、66kV 场内集

电电缆、220kV 送出海缆、陆缆、陆上运维中心等工程项目。

项目拟安装 42 台单机容量 12MW 的风电机组，总装机容量为 504MW，配套建设 1 座 220kV 海上升压站和 1 处陆上运维中心。风电机组发出电能通过 8 回 66kV 集电海底电缆（60.45km）接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆（89.6km*2 回）登陆，登陆后通过陆缆接入陆上运维中心，经陆上运维中心就近接入电网系统。本项目接入系统方案已与国网山东公司沟通，征得同意后，正在编制接入系统报告，计划 9 月份完成初稿编制，10 月份通过国网烟台公司预审，11 月份取得国网山东公司批复，满足项目年底开工要求。

本项目风电场年理论发电量为 226645 万 kWh，年设计发电量为 209531 万 kWh，年上网电量为 163434 万 kWh，年等效满负荷小时数为 3243 h，平均尾流影响系数为 7.55 %。

工程总投资 692682 万元，其中环保投资合计 1686.125 万元，占工程总投资的 0.24%，项目工期为 12 个月。

（5）占地（占海）面积

1）永久占地（用海）

本项目风机、海上升压站及海缆用海总面积约 589.4225hm²，其中，风机采用导管架桩基础，用海面积为 69.9510hm²；升压站采用导管架结构，用海面积为 0.4863hm²，海底电缆用海面积 518.9852hm²。项目目前正在办理用海手续。项目登陆段海底电缆利用岸线 25.65m，项目建成后不形成新的人工岸线。

陆上运维中心位于烟台市牟平区大窑街道南吕城村的西侧，总占地面积约为 33314m²。目前已取得规划选址意见及用地预审意见（见附件 3）。

2）施工临时用地

本项目共设置两个施工临时布置区，1#施工布置区设置在烟台港蓬莱港区，总建筑面积 5000m²，占地面积 30000m²；2#施工布置区设置在陆上运维中心附近的平坦区域，总建筑面积 2250m²，占地面积 5500m²。

（6）年运行时间

陆上运维中心工作时间为 365d/年，海上风电场日常维护检修频率为 1~2 次/月。

表 3.1-1 本项目组成一览表

工程类别	主要内容	规模或能力
------	------	-------

主体工程	海域工程	风电机组工程	42 台单机容量为 12MW 的风力发电机组
		66KV 海缆	总长约 60.45km，连接风机至风机、风机至海上升压站，共 8 回
		220KV 海缆	总长约 86.6km，海上升压站至登陆点，2 回
		海上升压站	1 座，布置 2 台容量为 270MVA 的主变压器 ，升压站输出电压 220 kV
	陆域工程	陆上运维中心	1 处，呈长方形布置，用地面积为 33314m ²
		220kV 陆缆	长度约为 6.226km，登陆点至陆上运维中心
临时工程	1#施工布置区		采取租借烟台港蓬莱港区码头的方式使用，在租用范围内建设各工程设施。
	2#施工布置区		陆上运维中心用地范围。
辅助工程	防腐蚀		大气区、浪溅区、内部区采用涂层防腐，水下区采用涂层+外加电流联合防腐的方式
	防冲刷		预留一定冲刷深度，风电场运行后加强监测，及时进行局部的冲坑填补
	靠船和防撞		在导管架基础设置靠泊装置，设置警示、通航标志
	监测设计		风机基础监测、海上升压站基础监测
	导航标志		风电场最外侧风机连线以外 300m，布置黄色航行警示标；风机塔架上做好明显的警示标志，涂上醒目的警示色及夜间采用灯光照射等
配套工程	通信、消防、电气		风机机组和运维中心统一布置
公用工程	给水		运维中心采用市政管网，从附近村庄市政管网引接一回引水管线至运维中心；海上升压站采用船运淡水的供水方式。
	排水		陆上运维中心生活污水经一体化污水处理设备处理达标后回用；船舶生活污水、含油废水委托有资质单位接收处理。
环保工程	废水处理		生活污水经陆上运维中心新建的污水处理设备（处理水量 0.5m ³ /h）进行处理，处理后用于绿化和洒水；船舶生活污水和油污水依托船舶污染物接收单位接收处理
	废气		食堂油烟经油烟净化装置净化后排放
	噪声		选用低噪设备，风机增加阻尼材料
	固体废物		船舶生活垃圾委托有资质单位处理；陆域生活垃圾由当地环卫部门收集处理；陆上运维中心设置危废暂存间 30m ² ，危废暂存后委托有资质单位处理
	环境风险		海上升压站底层甲板层主变下布置事故油罐（100m ³ ）；陆上运维中心设 1 座事故油池（18m ² ，地下）

3.2 平面布置

3.2.1 总平面布置

本项目包括海上风力发电机组、220kV 海上升压站和海底电缆（场内 66kV 电缆、220kV 送出海底电缆）及陆上运维中心。

本工程风电场场址外缘线离岸距离约 57km 左右，场区面积约 58.6km²，海上风电场布置 42 台风机，海上升压站位于 A20、A21、A27、A28 风机之间，风机之间、风机与升压站之间铺设 66kV 海缆，长度约 60.45km。海上升压站以 2 回 220kV 海缆登陆并转 1 回 220kV 陆缆后送入陆上运维中心，海底电缆登陆点位于陆上运维

中心北侧约 4.3km，220kV 海底电缆长度 179.2km，220kV 陆缆长度 6.3km。陆上运维中心位于烟台市牟平区南吕城村附近，总用地面积 33314m²。工程总平面布置图如图 3.2-1。

图 3.2-1 项目平面布置图

3.2.2 风机平面布置

本项目风电场区主要风能风向相对集中分布在 N、NNW 方向。根据布置原则及制约因素，结合场区形状、海床的稳定性、主要风能风向，在规划风电场范围内进行风机布置。风电场共安装 42 台单机容量 12MW 的风电机组，总装机容量 504MW，风场区面积约为 58.6km²。充分考虑场址边界范围，按照东西成行布置 7 排，风电机组行间距为 1798m，行内间距为 794-1066m。风电机场平面布置见图 3.2-2。

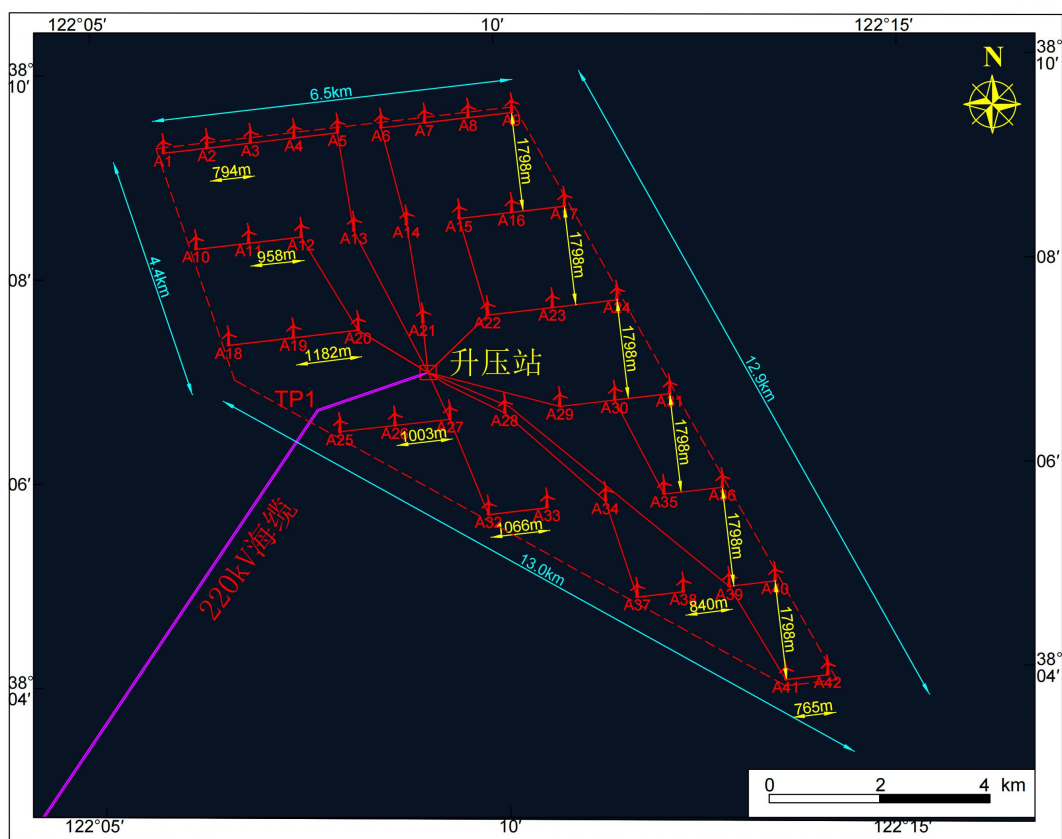


图 3.2-2 风电机组布置图

3.2.3 海上升压站平面布置

本项目新建一座 220kV 海上升压站，考虑到尽量减少 220kV 海缆长度，本项目海上升压站布置在场区偏西侧方向。综合考虑风机布置，海上升压站布置在 A20、A21、A27、A28 风机之间的位置，距海岸线距离约 80km，该海域海底高程为 -54m 左右。海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。海上升压站平面布置见图 3.2-3。

海上升压站上部结构为三层（含甲板层）布置，上部平台平面尺寸为 48m×51.5m，结构安全等级为一级，设计使用年限 50 年。

一层（甲板层）平面尺寸为 $39.5\text{m} \times 41.00\text{m}$ ，布置事故油池、临时休息室、水泵房、油罐室及楼梯间等，同时一层有 220kV 和 66kV 电缆穿越。靠近甲板边缘处布置有救生设备，同时一层也作为电缆层，取层高为 6.5m。

二层平面尺寸为 $51.5\text{m} \times 41.00\text{m}$ ，本层中间位置布置 2 台主变，与平台最外缘间距约为 10m，主变下布置事故油罐（ 100m^3 ），主变散热器布置在主变室两侧平台上；两主变之间布置楼梯间和工具间；主变一侧布置开关柜室、低压配电室、应急配电室；主变另一侧布置高压电抗器及其散热器、220kV GIS 室、二次设备室等，二层层高取 5.5m。主变和高抗均属于室内式。

三层平面尺寸为 $41\text{m} \times 41.5\text{m}$ ，本层主要为主变上空区域、高抗上空区域、220kV GIS 室上空区域、通信继保室、中控室、蓄电池室、暖通机房、柴油机房、工具间、楼梯间等，三层层高 5.0m。

220kV 海上升压站屋顶层设置空调室外机、气象观测站、避雷针、通讯天线及检修孔等，布置额定吊重为 5t 的悬臂吊。

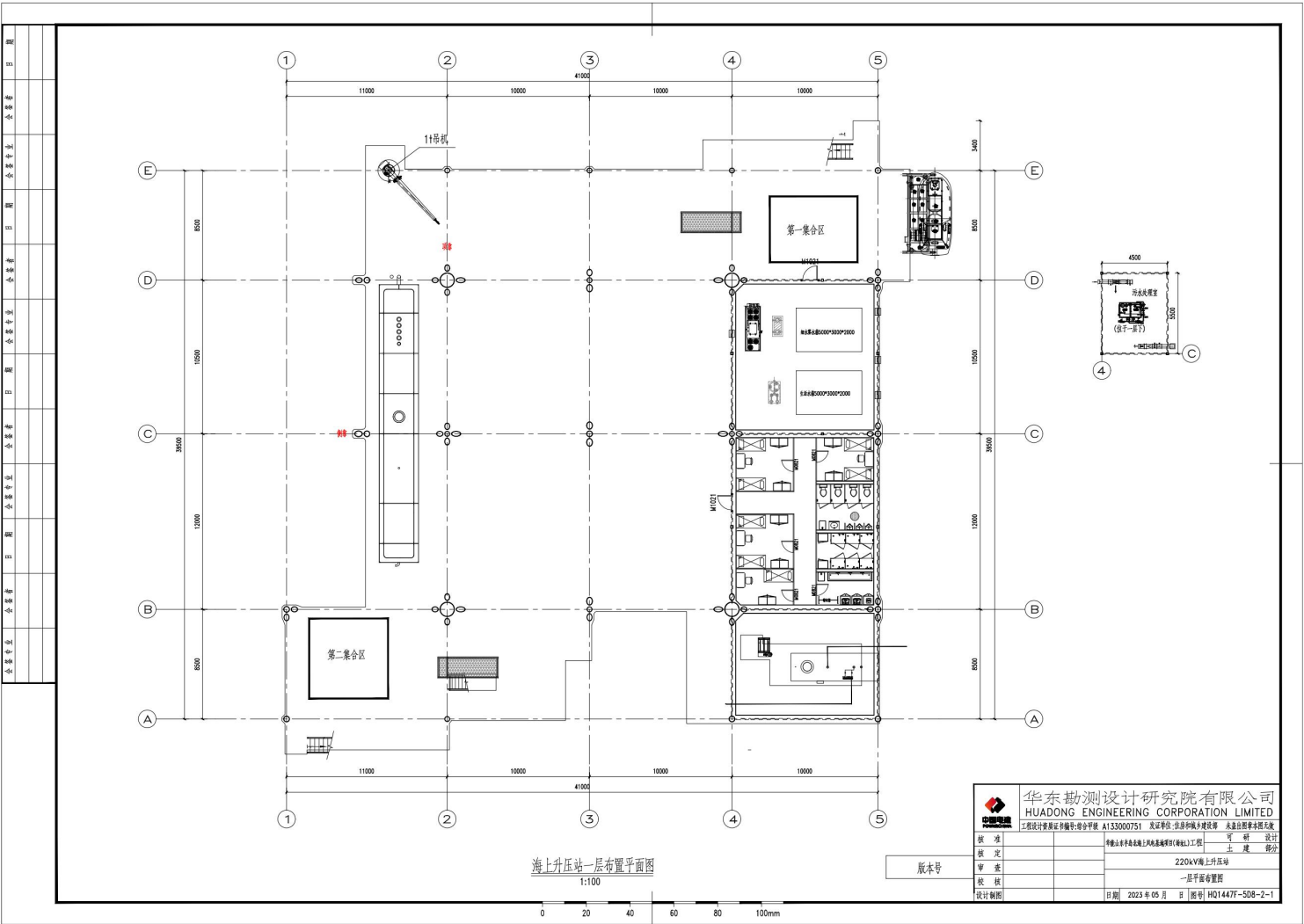
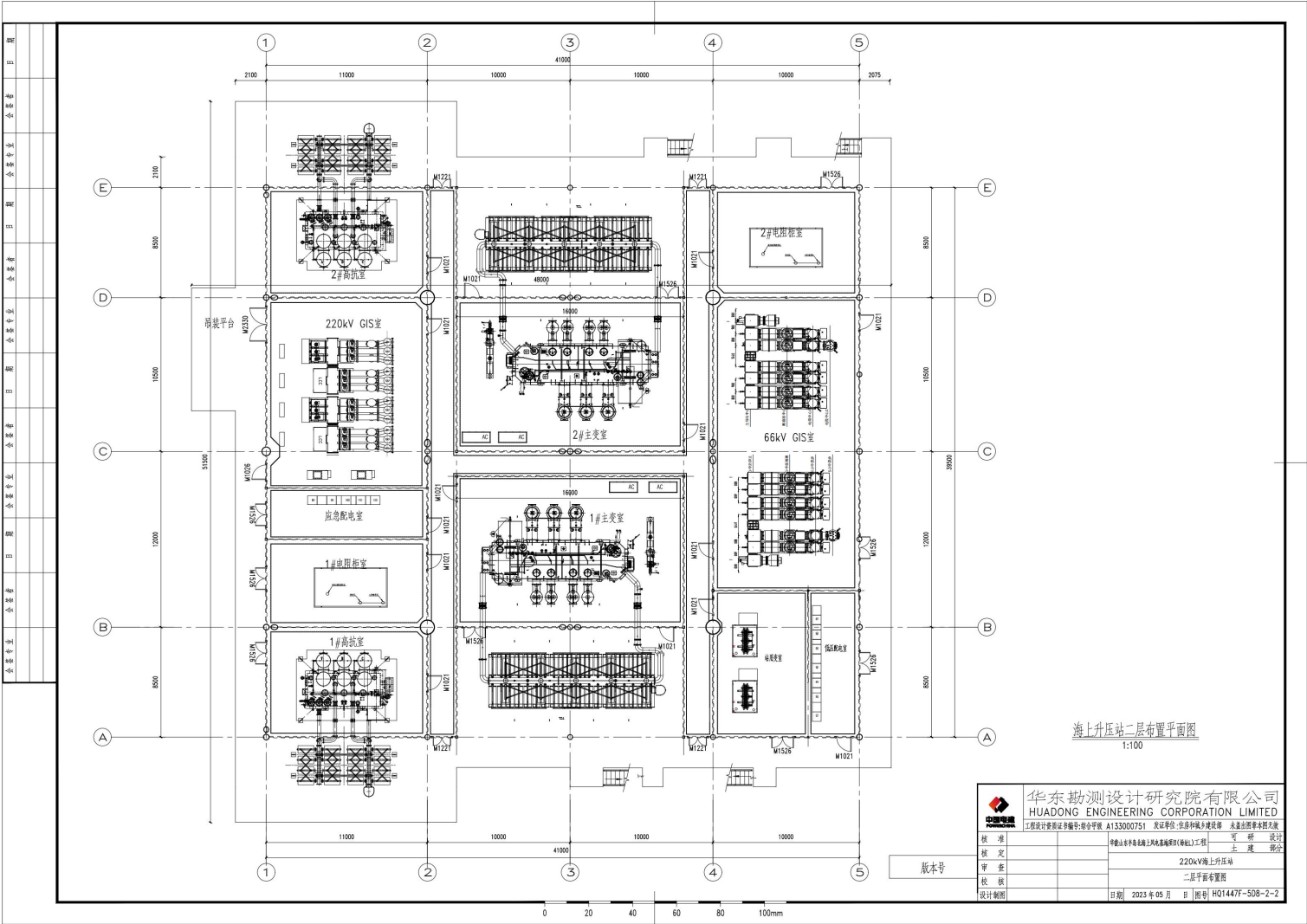


图 3.2-3a 海上升压站一层布置图



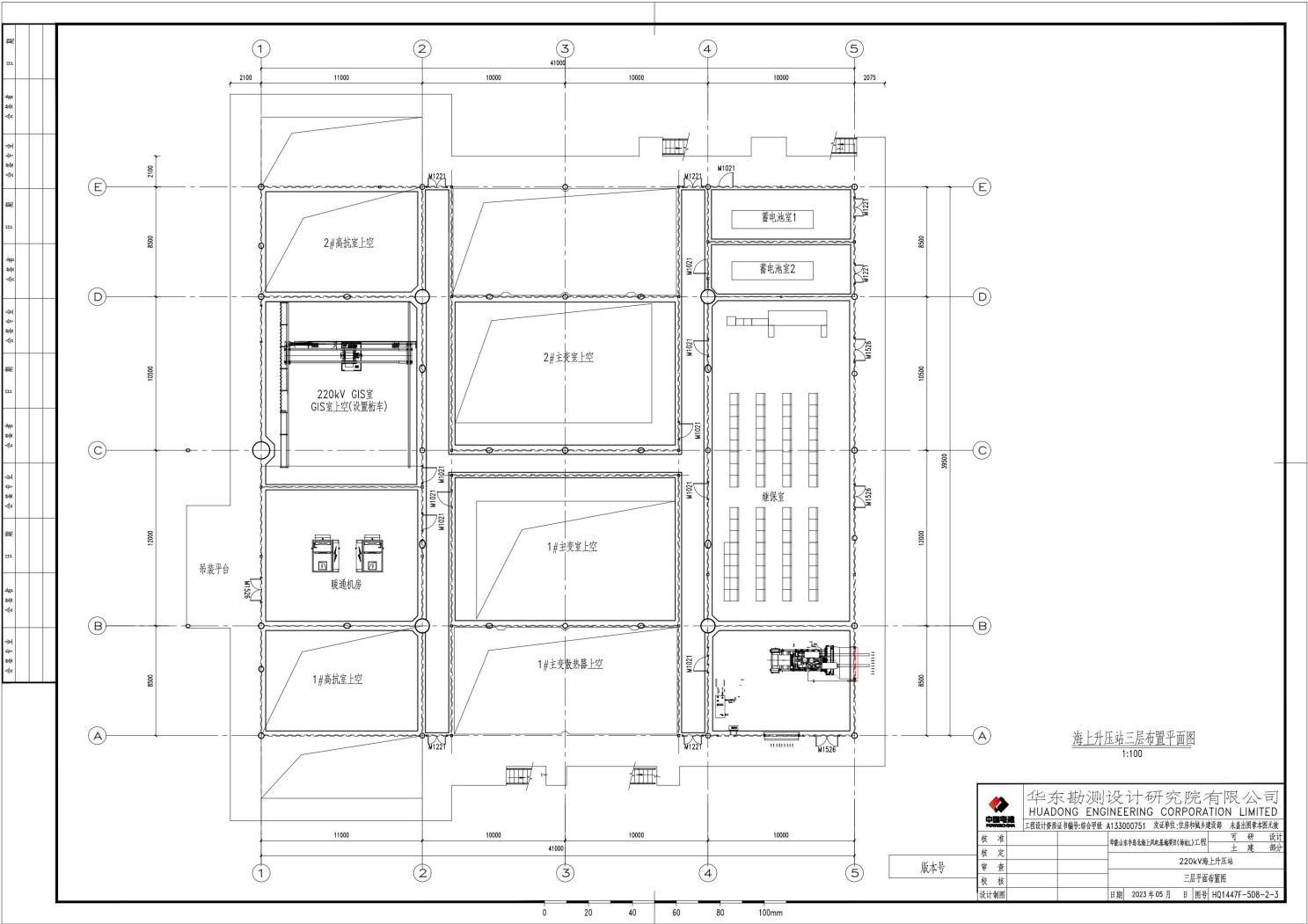


图 3.2-3c 海上升压站三层布置图

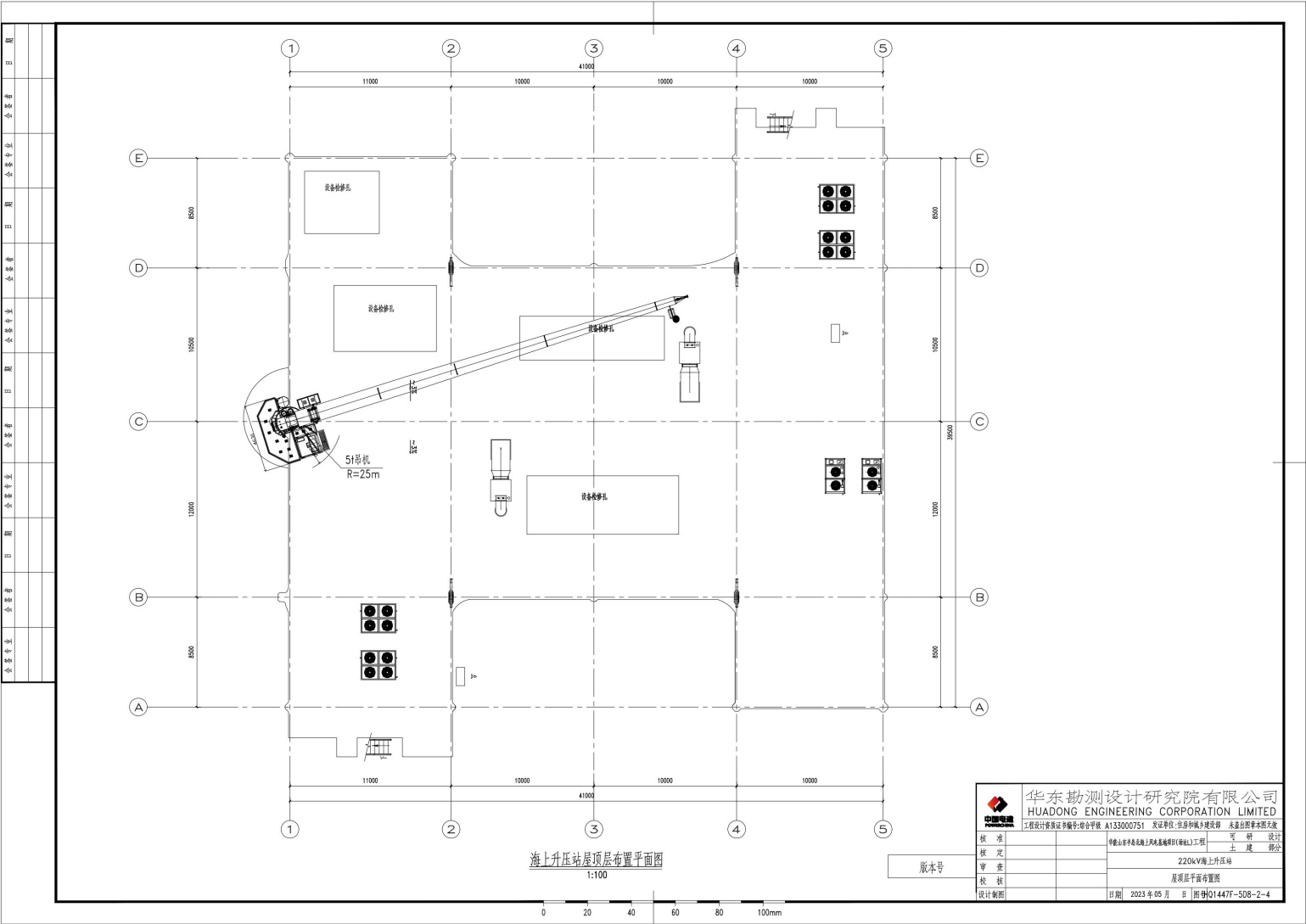


图 3.2-3d 海上升压站顶层布置图

3.2.4 海底电缆布置

本工程海底电缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 集电线路海底电缆；海上升压站至登陆点之间的 220kV 海底电缆。海底电缆埋深为 3m，航道交越段为 3.5m。

(1) 66kV 电缆

风场内 66kV 海底电缆沿风机之间及风机与海上升压站之间的连线布置敷设，42 台风机共分为 16 组，每组 2~3 台风电机组组合成一个联合单元，66kV 集电线路按风机间的直线距离进行布置，对相邻回路的集电线路，并行敷设，路径总长度 60.45km。

(2) 220kV 海缆

8 回 66kV 集电线路接入 1 座海上升压站，通过 220kV 升压站升压后经 2 回 220kV 交流三芯海底电缆（ $3 \times 630\text{mm}^2$ 127/220kV+3×36 芯光缆，单回海缆长度约为 89.6km）送出，220kV 海缆沿海上升压站向西南方向前进 32km，避开半岛北 6# 场址，继续向西南前进约 28.9km，然后避让海洋倾倒区后继续向西南前进约 5.9km，随后折向南穿越 5 宗开放式养殖区，随后沿养马岛东航道（约 20.4km）布设至登陆点，220kV 海缆总长度 89.6km。海缆登陆后转陆缆送入陆上运维中心。

3.2.5 陆上运维中心布置

本项目陆上运维中心位于烟台市牟平区南吕城村附近，距离登陆点约 4.3km，占地面积约为 33314m²。

场内布置综合楼、生产辅助楼、220kV GIS 楼、无功补偿楼、附属楼等辅助建筑(构) 筑物，并预留储能用地。综合楼为二层建筑，建筑面积为 1048.22m²，一层布置会议室、备品间、工具间等，层高 4.8m，二层布置办公室、中控室、继保室等，层高 4.8m。生产辅助楼为二层建筑，建筑面积为 986.6m²，一层布置备件间、餐厅、活动室等，层高 4.8m，二层布置值班室、阅览室、洗衣房等，层高 3.9m；无功补偿楼为一层建筑，建筑面积为 620.53m²，布置 SVG 室、开关柜室等，层高 6.9m；220kV GIS 楼为一层建筑，建筑面积为 558.32 m²，布置 GIS 室等。污水处理设施位于综合楼的南侧，事故油池位于生产辅助楼和无功补偿楼的中间区域。

升压站场区南侧设置出入口，大门宽度为 12.0m。站内道路为城市型，主干道宽 4.5m，转弯半径为 9m，道路呈环形布置，消防车可直达站内各建筑物。站内道路两侧进行配景设计以增强美化站区。

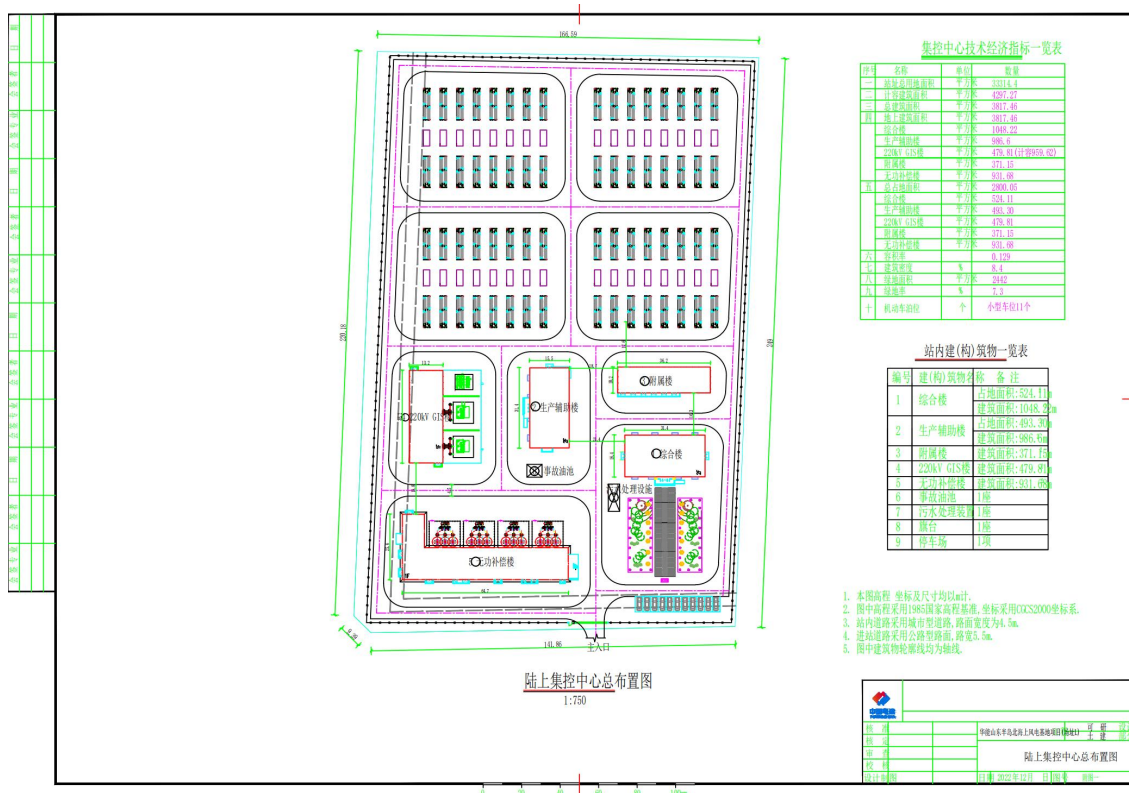


图 3.2-4 陆上运维中心总平面布置图

本工程陆上运维中心需考虑储能接入，初拟按风电场容量 20%配置储能装置，考虑到储能装置参与调峰的能力，储能出力时间暂按 2h 考虑，即考虑储能系统容量为 100MW/200MWh。本工程推荐使用磷酸铁锂电池作为储能电源。为了减少损耗，减低建设成本，本项目储能系统采用 1500V 系统。

3.2.6 陆缆布置

本项目登陆点位于牟平区养马岛东里蹦岛公园东侧沙滩上，海缆登陆点距离陆上运维中心北侧约 4.3km。登陆点周边底质以粉砂质砂为主，底质较硬，海滩宽阔平坦，没有礁石等影响海缆登陆的不利条件。登陆后陆缆采用电缆沟铺设的方式接入运维中心，陆缆总长度 6226m。

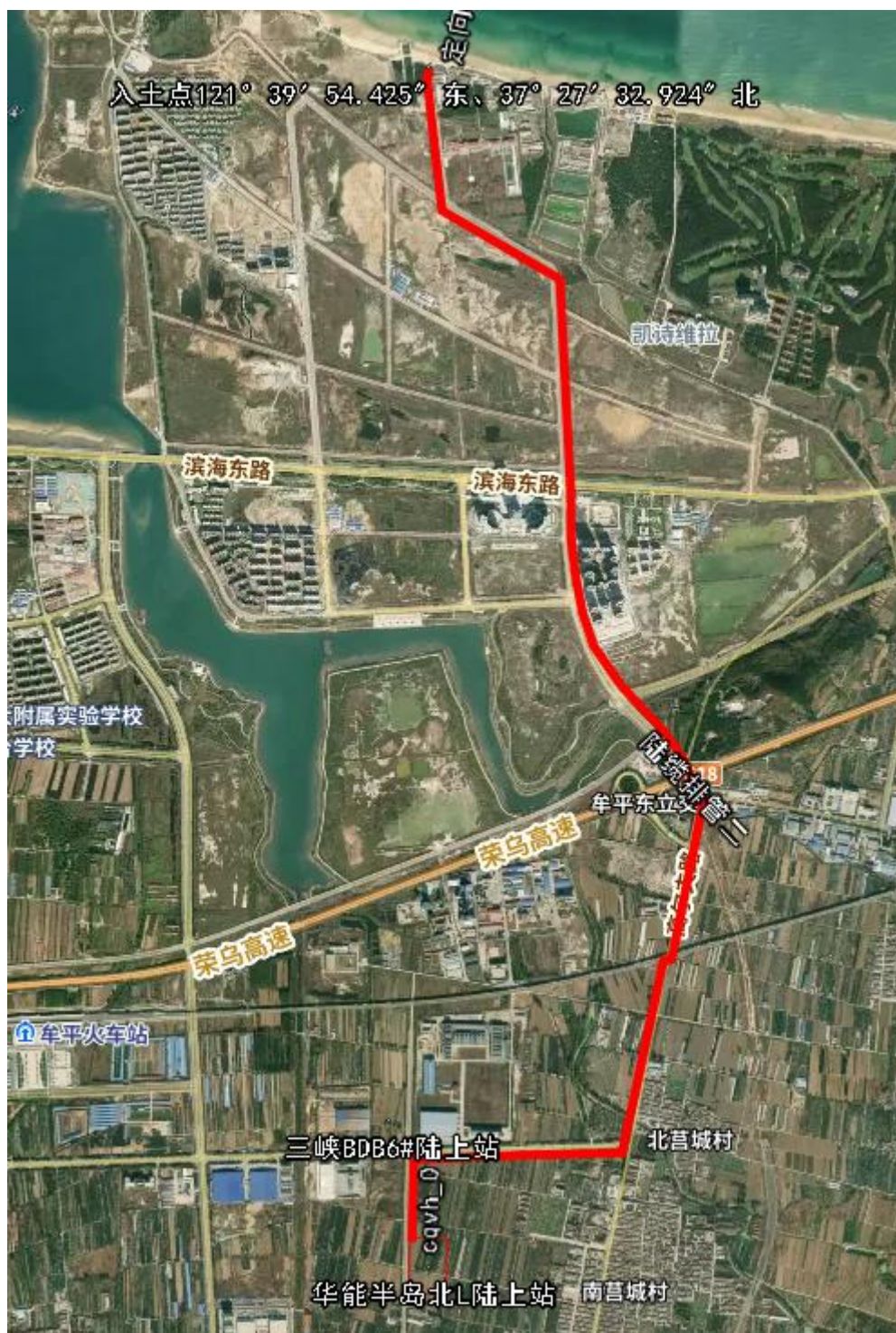


图 3.2-5 陆缆路径示意图

3

3.3 工程水工结构方案

3.3.1 风机结构形式

(1) 风机基础结构形式

风机基础海况设计标准（包括潮位）按重现期 50 年考虑。本工程风机地基基础设计级别为甲级，风电机组基础结构安全等级为一级。风机基础结构设计寿命为

25 年。

从基础结构特点、适用自然条件、海上施工技术与经验、施工工期与经济性进行比较，本工程推荐采用导管架桩基础作为风电机组基础形式。

本工程风电机组基础采用四桩导管架基础，其结构型式为 4 根钢管桩呈正四边形均匀布设，导管架底部跟开为 30.0m，桩径为 3.20m，壁厚 32~60mm，桩顶高程为-50m，平均桩长约 98m，以⑦ -1 粉质黏土层作为持力层，桩端高程约-148m。

桁架式导管架采用预打桩方案，桁架主撑与钢管桩之间通过灌浆连接，将结构组成整体。桁架式导管架承受上部风电机组塔架荷载、波浪、水流等环境荷载及自重，并将合荷载通过桁架式导管架传递给 4 根垂直打入海底的钢管桩。

上部导管架为四边形空间桁架结构，桁架顶部尺寸为 16.0m×16.0m，底部跟开为 30.0m×30.0m。桁架竖向主撑钢管直径为 1.24~2.71m，壁厚为 50~80mm，主撑钢管之间用直径 0.71m~0.98m 的交叉钢管连接。导管架基础顶设置工作平台，平台高程为 14.0m，平台底部设置过渡段箱梁加强整体结构刚度，组成桁架式导管架结构。

导管架基础立面图见图 3.3-1。

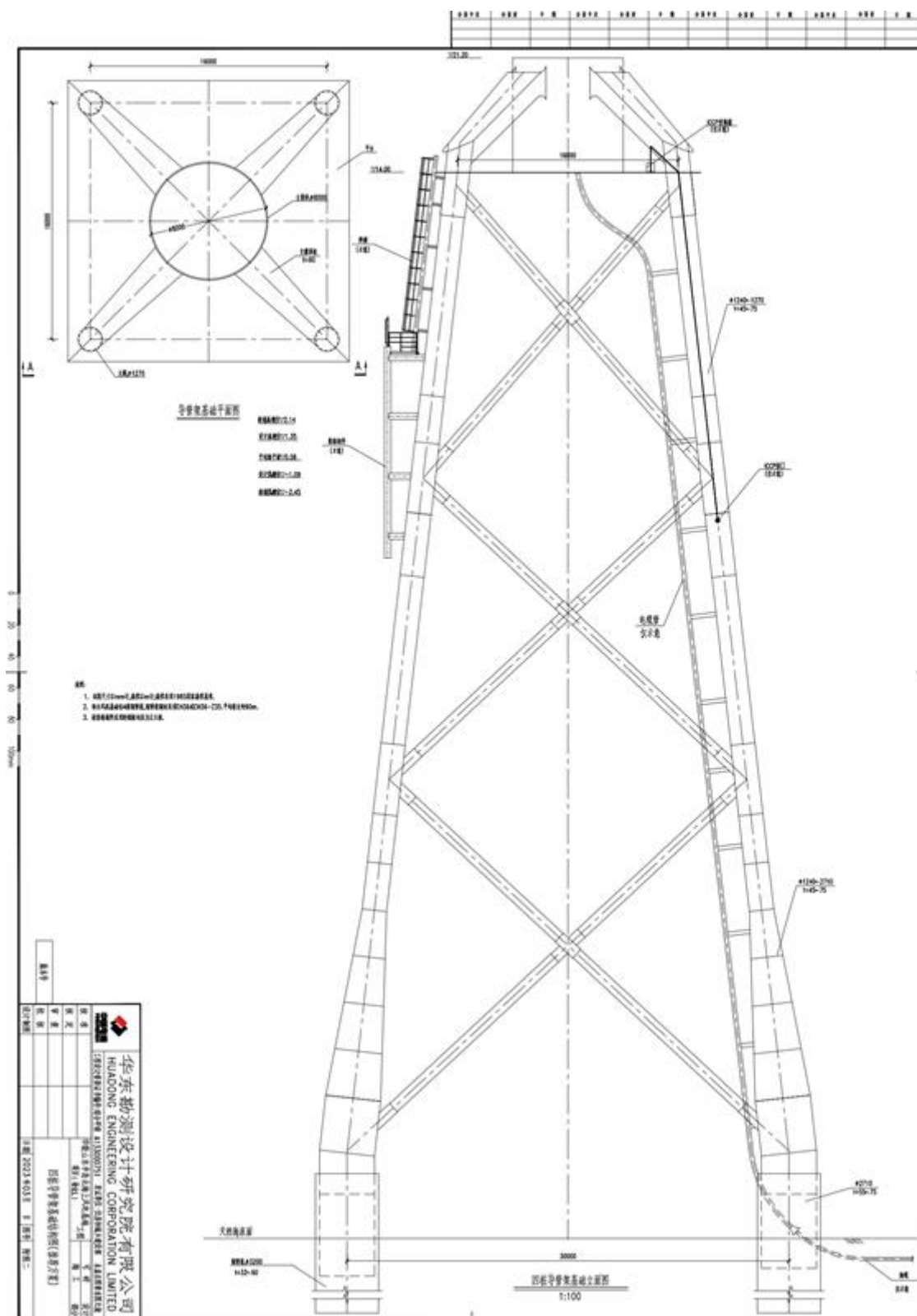


图 3.3-1 导管架立面图、平面图

(2) 风机上部结构

本项目选定单机容量为 12MW 的风力发电机组，风轮直径 252m，轮毂高度约 151m。其主要参数见表 3.3-1，各部件重量见表 3.3-2。风力发电机主要包含风轮、

机舱和塔杆三部分，在塔杆底部一般还配备有箱式变压器。机舱是风力发电机组的核心部分，内部主要有发电机、齿轮箱等组成。

表 3.3-1 风电机组主要参数表

名称	参数
额定功率 (MW)	12
风轮直径 (m)	252
轮毂高度 (m)	151
切入风速 (m/s)	3.0
额定风速 (m/s)	11.2
切出风速 (m/s)	25.0

表 3.3-2 风电机组各部件尺寸及重量表

部件	重量 (t)
机舱重量 (含发电机)	254
叶片重量(单根)	44
叶轮重量	200

3.3.2 海上升压站

本工程海上升压站海况设计标准（包括潮位）的重现期按照 100 年考虑，海上升压站建筑物结构级别为 1 级，结构安全等级为一级，设计使用年限为 50 年。海上升压站拟采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用导管架型式，并设置 4 根钢管桩。上部结构拟整体安装，即整个升压站包括其内部的电气设备在陆上建造、组装后整体运输和安装。

（1）基础结构

本工程海上升压站基础采用导管架结构，导管架拟采用 4 桩导管架型式，导管架 4 个面的斜度约为 10:1，导管架由主立柱、撑杆和桩套筒组成，主立柱采用直径为 1800/1500mm、壁厚 45~60mm 的钢管，撑杆采用直径为 610~1016mm、壁厚 20~36mm 的钢管，套筒采用直径为 3200mm，壁厚 60mm。导管架上设置靠船构件、登船平台、J 型管等。导管架重约 3105t。

钢管桩拟采用 $\Phi 2800$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 40~60mm，桩长约为 65m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。单根桩重约 315t，4 根桩重约 1250t。

在海上升压站两侧沿导管架分别布置 $\Phi 325$ mm 的 66kV 海缆保护 J 型套管和 $\Phi 508$ mm 的 220kV 海缆保护 J 型套管。66kV 海缆和 220kV 海缆沿 J 型套管登入、

登出海上升压站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下部伸到泥面处。

（2）上部组块结构

220kV 海上升压站上部组块共四层，上部平台平面尺寸为 48m×51.5m，高约 16.0m。舾装后单个升压站上部组件总重量约为 3900t。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1000、H800，其余次梁采用热轧 H 型钢 HN600、HN500、HN400、HN300 等。立柱采用 $\phi 1500$ 、 $\phi 1200$ 、 $\phi 610$ 、 $\phi 406$ 、 $\phi 356$ 钢管，两层主甲板间斜撑采用 $\phi 406$ 、 $\phi 356$ 、 $\phi 273$ 钢管，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用具有 Z 向性能的钢材加强。上部结构在陆上工厂制作，完成焊接、涂装、电气设备安装调试等工序后运输至现场安装。

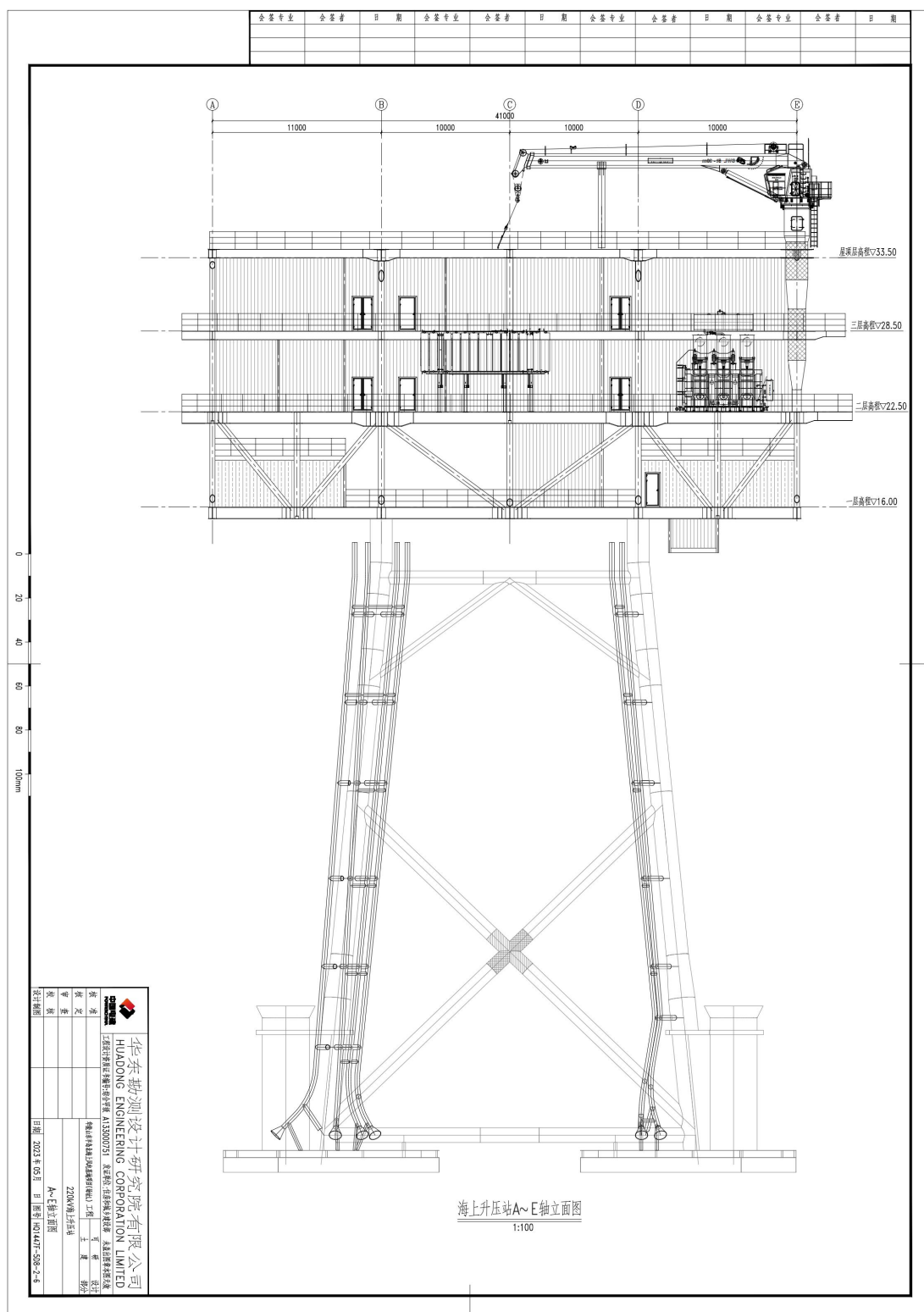


图 3.3-2a A~E 轴结构立面图

本项目场内 66kV 电缆为风电场内连接各风机及风机与海上升压站电缆。66kV 场内电缆拟选用铜导体 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，选用 66kV 海底电缆本阶段推荐选用 $3 \times 95 \sim 630$ 38/66kVXLPE 绝缘电缆。其中连接 1 台风机的电缆采用 3×95 38/66kV，连接 2 台风机的电缆采用 3×150 38/66kV，连接 3 台风机的电缆采用 3×240 38/66kV，连接 4 台风机的电缆采用 3×400 38/66kV，连接 5 台风机的电缆采用 3×630 38/66kV。每根海缆进 J 型管处设中心夹具和弯曲限制器。

电缆全程埋设于海底，埋设深度约为 2~2.5m（局部 3m）。长度总计 60.45km（共 8 回）。

（2）220kV 电缆

本项目 220kV 电缆为连接海上升压站至登陆点的电缆。220kV 海底电缆拟选用交联聚乙烯海底电缆，采用 2 根 XLPE- $3 \times 630+2 \times 36$ 芯光缆 127/220kV 电缆。长度总计 89.6km（共 2 回）。

电缆结构断面见图 3.3-3。

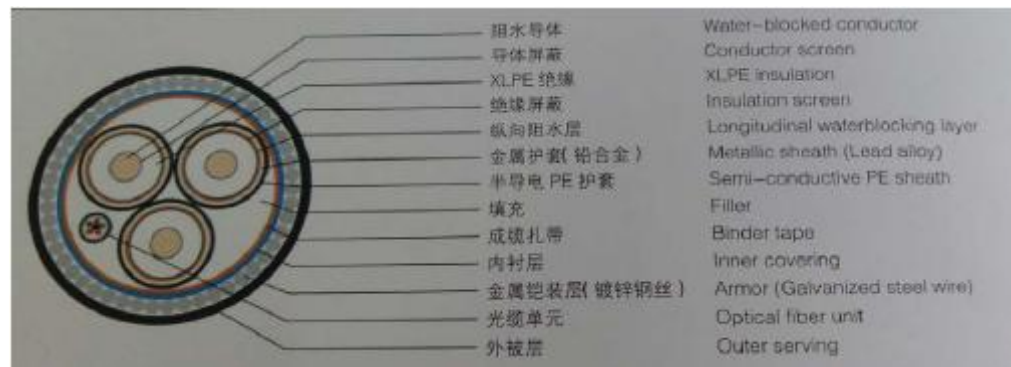


图 3.3-3a 220kV 三芯海底电缆结构断面示意图



图 3.3-3b 66kV 三芯海底电缆结构断面示意图

3.3.4 陆缆

220kV 海缆在登陆点附近转 220kV 陆缆至陆上升压站，陆缆型号为阻燃 A 类

XLPE-1×630 127/220kV。采用双层排管方式敷设，局部为拉管方式敷设，电缆沟上采用回填土夯实。设计宽度为 1.15m，埋管顶埋深约 0.7m。本项目排管敷设方案，考虑与 BDB6#项目陆缆/电缆沟的最小间距不小于 2.5m。

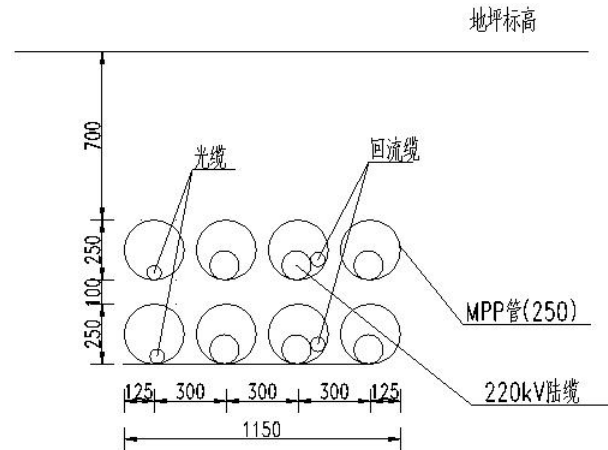


图 3.3-4 排管典型断面图

3.4 工程相关设计

3.4.1 防腐蚀设计

本工程风机基础设计使用年限 25 年，考虑风场建设期，防腐蚀年限按照 26 年考虑。

海上风机基础及海上升压站耸立于海洋环境中，所处环境腐蚀性较强为强电解质，且受波浪、水流等环境影响，海水表面供氧充分，腐蚀问题突出，针对不同的防腐分区采用对应的防腐蚀措施。本项目大气区、飞溅区、水下区采用涂层防腐，泥下区采用外加电流的阴极保护方式进行防腐。

表 2.3-6a 本项目防腐蚀保护方案

腐蚀分区	防腐蚀 部位	防腐蚀措施
大气区	钢结构	主要采用物理防护的保护方式，以长寿命防腐涂料：环氧富锌底漆、高固态环氧漆和聚氨酯面漆进行防腐，漆膜干膜厚度 800μm~1000μm。
飞溅区及水位变动区	钢结构	主要采用物理防护的保护方式，以长寿命重防腐涂料双层改性环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度 800μm~1000μm。
全浸区	钢结构	采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，辅以长寿命重防腐涂料 双层改性环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度不低于 600~800μm。
泥下区	钢管桩	采用外加电流的阴极保护方式进行防腐。

表 2.3-6b 本项目防腐蚀保护方案

防腐区域	防腐蚀方案与措施	漆膜厚度	阴极保护
大气区	改性环氧重防腐涂层外加聚氨酯面漆	600μm	/

浪溅区、 水位变动 区	双层改性环氧重防腐涂层外加聚氨酯面 漆	1000 μ m	/
水下区	改性环氧重防腐涂层	600 μ m	/
泥下区	改性环氧重防腐涂层(泥面下 10m)	600 μ m	外加电流阴 极保护

3.4.2 防冲刷设计

对于导管架基础，由于其桩径相对较小，基础冲刷有限，通过预留 3m 的冲刷深度保证基础的安全。对于海缆而言，基础冲刷坑形成后，电缆管及其末端海缆处于悬空摇摆状态，在波流的长期作用下，易发生疲劳破坏。本阶段采用在电缆管末端海缆设置弯曲限制器保护装置的方案对电缆管末端海缆进行保护。

在风电场建成后，加强巡视与测量，了解风机基础周边冲刷情况，并做好记录，若发生基础冲刷程度超过预期的情况应及时采取措施进行防冲刷保护处理。

3.4.3 靠船和防撞设计

本工程风机基础的靠泊防撞设计主要考虑工程运行维护期间的船舶停靠，风机基础采用导管架基础，风电场建设完成后，将在风电场外围设置警示标志，引导船舶通航。同时考虑到风机设备运行、检修的需要，在风机基础上设置防撞钢管并在外侧设置橡胶护舷的防撞系统方式，进一步确保船舶的安全停靠，降低船舶撞击力。

根据海上风电场在风机设备调试、运行和检修工作的需要，参照附近已建风电场的设计经验，本工程选择日常工作船按 20~500t 计。参考《海上风电场工程风电机组基础设计规范》，系缆设施系缆力标准值按 50kN 考虑，靠船防撞设施按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.45m/s。

本工程风机基础靠船防护系统按照日常运行维护船舶停靠设计，对于偏离航道误闯入风电场区的大中型船只，则主要通过警戒标示、航标灯、AIS 系统等导助航设施予以警戒引导。

3.4.4 监测设计

(1) 风机基础及上部塔架监测设计

本工程共 42 台 12MW 风机基础。选择 5 台风机作为重点监测风机，其余 37 台风机作为常规监测风机。重点监测风机主要布置有风机基础倾斜及不均匀沉降、钢结构应力、风机基础振动、塔架倾斜及塔架振动、基础腐蚀电位监测；常规监测风机则主要布置有基础与塔筒的倾斜及不均匀沉降、基础振动等监测项目。

①不均匀沉降监测

在所有机位的导管架顶平台桩顶表面对称布置 4 个几何水准点，按一等水准测量要求施测，以监测基础的不均匀沉降，共计布置 168 个。

②倾斜监测

在每台风机（包括所有典型、普通监测机位）的基础顶部布置 1 套双轴倾角计（水平 X、Y 向），通过监测结构的倾角，推算出结构的变位，从而了解风机基础的倾斜、相对不均匀沉降情况，共计 42 套。

同时，5 台典型监测机位的塔筒设置 3 层倾斜监测断面，每个断面布置 1 套双轴倾角计（水平 X、Y 向），以测量塔筒结构的倾角，推算出塔筒结构的变位，从而了解塔筒的倾斜情况，共计 15 套。

以上共计布置 67 套双轴倾角计。

③振动监测

在典型机位的基础顶部桩体内壁（基础内平台位置附近）布置 1 套二向加速度计，以监测风机基础的振动加速度情况，共计 5 套。

另外，在 5 台典型监测机位的沿高度方向设置 3 层加速度监测断面，每个断面布置 1 套二向加速度计，以监测塔筒整体的振动加速度情况，共计 15 套。

以上共计布置 20 套二向加速度计。

④钢结构应力监测

在 5 台典型监测机位受力较大部位设置钢板应力监测，以监测钢结构应力应变，每台风机布置 20 支钢板应力计，共布置 100 支钢板应力计。

⑤腐蚀电位监测

考虑到 iccp 系统可实时监测反馈腐蚀数据，可不单独设置腐蚀电位监测。

⑥冲刷监测

主要监测内容为海上升压站基础和 42 台风机基础周边 50m 范围内海底底质及冲刷沟发育情况，确定海底冲刷沟的位置、规模、深度及冲刷沟内底质类型，并结合前期监测结果分析海底冲刷变化情况及冲刷沟的演变情况。

监测频率：海上升压站基础和各台风机基础各监测三次，分别在基础建成后的 3 个月、半年和 1 年各一次。

（2）海上升压站监测设计

1）不均匀沉降监测

对海上升压站需进行单独的不均匀沉降观测。基础施工时，在海上升压站平台上均匀设置 4 个几何水准点，1 套静力水准仪。

2) 结构倾斜监测

在海上升压站上部组块的底层和顶层平台各立柱（一层平台共 4 根立柱）上各选择两根主立柱布置 1 套双轴倾角仪，进行海上升压站运行期倾斜（水平 X、Y 向）监测，共计布置 4 套双轴倾角仪。

3) 基础应力应变监测

根据结构计算成果，在升压站导管架、上部结构主要的斜撑、主腿、主立柱、主梁等部位设置钢板应力监测，监测结构应力，共计布置钢板应力计 16 支。

4) 结构振动监测

在海上升压站上部组块的底层和顶层平台各立柱（一层平台共 4 根立柱）上各选择两根主立柱布置 1 套三向加速度计，以监测升压站平台的振动加速度情况。以上共计布置 4 套三向加速度计。

5) 海上升压站阴极防护系统的腐蚀电位监测

在海上升压站的桩身及导管架布置 3 个腐蚀电位测点，测点分布在泥面和极端低水位之间、极端低水位和设计低水位之间（1 个测点）、设计低水位和平均海面之间（1 个测点）。

(3) 安全监测自动化系统

除冲刷监测外，本工程其余监测项目均需实现自动化。在海上升压站和 42 台风机上分别布置数据采集装置，通过陆上控制室内的监控主机完成监测数据的实时采集和存储，通过陆上控制室内的监控主机监测信息管理系统完成监测数据的管理、分析和整编。同一风机、海上升压站的各数据采集装置采取总线串联，并最终连接到风机、海上升压站网口上，接入风场局域网络。厂家提供的设备接口应与风机、海上升压站预留的通讯柜接口相匹配，并负责完成整个系统的安装调试工作。

3.4.5 导航标志

由于本风电场海域周边有航线较近，为了风机的安全运行，防止船舶以外撞击，在风电场最外侧风机连线以外 300m，布置黄色航行警示标，以警示航行船舶进行有效避让。风机塔架上做好明显的警示标志，涂上醒目的警示色及夜间采用灯光照射等，以避免船只或飞行物对风机塔架或叶片的撞击。

鉴于风场南侧边缘距离既定航道较近，在风场边缘尤其是靠近航道一侧加密布

置航行警示标志，并配置远程高清摄像探头，设置基于 AIS 系统的海上电子围栏系统，增强对附近过往船只的监视、警示。

3.5 配套工程

3.5.1 电气工程

本项目规划布置 42 台 12MW 风电机组，总装机容量为 504MW，风力发电机组采用一机一变单元制接线方式，经箱式变压器升压至 66kV，经 66kV 场内集电线路汇集后接至 220kV 海上升压站 66kV 母线，经 2 台主变升压至 220kV 后，通过 2 回 220kV 海缆登陆后通过陆缆接至陆上运维中心，经陆上运维中心就近接入电网系统。

(1) 风电机组升压

本工程风电机组单机容量 12MW，风电机组出口电压为 1140V，通过配套的升压设备将出口电压升压至 66kV。风电机组需配套设置一套 66/1.14kV 升压设备，拟在塔筒内部单独设置一层设备平台，升压设备布置在该专用平台上，变压器可将风电机组出口电压升高至 66kV。风电机组-升压变拟采用“1 机 1 变”单元接线方式。

(2) 风电场集电线路

根据风电场场内风机布置，42 台风机共分为 16 组，每组 2~3 台风电机组组成一个联合单元。集电线路电缆全部采用 66kV 海缆，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) 海上升压站接线方式

本工程 220kV 海上升压站采用 2 台 270MVA 的主变压器，主变容量适中，主变型式推荐采用低压双分裂变压器。2 台主变低压侧各接两段 66kV 母线，66kV 侧采用单母线分段接线。

海上升压站 66kV 配电装置共 16 回风机进线、2 回接地变兼站用变进线、2 回接地变、4 回主变出线，采用两组单母线分段接线，两段母线分别连接不同主变低压侧。

3.5.2 通信

(1) 风电机组与海上升压站之间信息传输通道设计

本工程海上升压站与风电机组各回集电线路之间建设单回三芯海底光电复合缆，各复合 1×36 芯光纤，作为海上升压站与风电机组之间的主要信息传输通道。

(2) 海上升压站及陆上升压站信息传输通道设计

本工程海上升压站至陆上升压站建设 2 回三芯海底光电复合缆，各复合 3×36 芯 G.652 光纤，单根长度约 98km。光纤通道应满足系统通信、场内各监控系统及继电保护等功能的需要；通过 SDH 光通信工作站与 PTN 设备，光纤通道作为海上升压站平台与陆上升压站之间的主要信息传输通道。

考虑海上升压站平台到陆上升压站传输通道的可靠性，传输路由应多重冗余设计，设计卫星通信(VSAT)通道作为备用传输路由。

(3) 海上升压站内及陆上升压站内通信

本工程在陆上升压站室内设置行、调合一程控交换机一套(128 用户 16 中继)，作为风电场内生产调度、行政通信之用。

海上升压站平台内电话通信由陆上升压站放号，经光通信工作站转发。在海上升压站平台内需要处设置电话机，实现场内通信及对外通信。

考虑海上风电场分布偏远的特点，在海上升压站各处及每台风机塔筒和机舱内各设置一部 IP 网络电话，用于风机间、风机与海上升压站、陆上升压站及风机对外通信用。

(4) 海上升压站内无线通信及应急通信

考虑海上升压站海洋作业的特点，根据相关规范，设置两套 VHF-FM 船用无线电系统(一用一备)，一套装载有数字选呼功能(DSC)，配置 10 部便携式无线电话，用来提供海上升压站与各风机之间作业人员之间、海上升压站与陆上升压站、海上升压站人员对外、海上升压站对船之间的语音通信。满足 GMDSS 的相关要求，亦可用做海上升压站的备用语音通信线路。考虑到海上运维需求，在海上升压站设置一套通信基站，用于运维人员间的手机语音通信。

另外，在海上升压站设置应急通讯系统 1 套，包括 5 部双向无线对讲机、3 个搜救雷达应答器、1 台卫星紧急示位标、25 套个人定位信标和 5 部海事卫星通信手机。

3.5.3 消防工程

(1) 风电机组

每台风电机组配备 4 只 MF/ABC4 手提式磷酸铵盐干粉灭火器，分别放置在第一节塔筒和机舱内，机舱内及风力发电机组升压变安装自动灭火系统。

(2) 海上升压站

主变压器、柴油发电机等容易引发 B 类火灾的设备及其设置场所均采用高压

细水雾灭火系统。400V 主配电盘及场变、应急配电盘、继电保护装置、40.5kV 高压开关、接地变及电阻柜、泵组控制柜等柜式设备中使用火探管式气体灭火系统。

在每层甲板、所有设备用房出口处，按规范要求，配置一定数量的移动式灭火器具。根据规范，海上升压站配备一定数量的安全逃救生装置。

海上升电站的事故排油系统，主要是主变和高压电抗器的事故排油，主变压器和高压电抗器消防灭火时产生的油水混合物排入事故油罐，根据要求配置排油管路及阀门。

（3）陆上升压站

陆上升压站平面布置满足消防设计要求，通过中心内道路可以直达各建筑物。运维中心内各建筑物间距及建筑物的平面布置均满足防火设计要求。站内设置火灾报警系统。

3.6 临时工程

本项目共设置两个施工临时布置区，本工程选择烟台港蓬莱港区作为风机拼装及堆存的施工基地，和物资水路运输的到岸码头，同时承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能，称为 1#施工生产区；主要布置机械保养场、电气设备专用仓库、综合仓库、风机设备临时堆存场、临时生活办公区，总建筑面积 5000m²，占地面积 40000m²；尽量以租用码头现有的设施，具体布置根据现场实际施工情况调整，初步平面布置见图 3.7-1。

陆上运维中心工程施工临时设施布置在陆上运维中心附近的平坦区域，为 2#施工生产区，主要布置机械保养场、综合加工厂、电气设备专用仓库、综合仓库、临时生活办公区，总建筑面积 2250m²，占地面积 5500m²，布置见图 3.7-2。3#施工生产区主要为海上风电机组及海底电缆的施工作业区，其施工作业区域均在海上，故不需要布置施工临时设施。

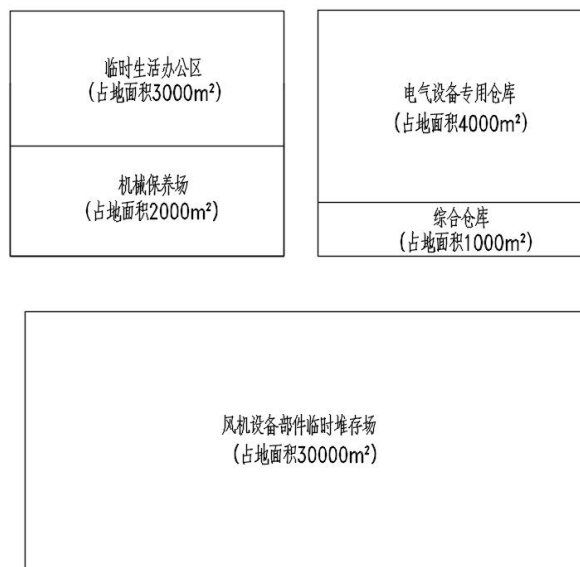


图 3.7-1 1#施工基地布置示意图

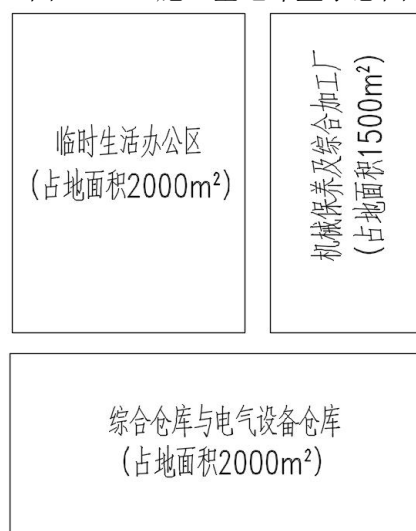


图 3.7-2 2#施工基地布置示意图

3.7 环保工程

3.7.1 水环境保护工程

本项目陆上运维中心生活污水经一体化污水处理设备处理达标后回用，污水处理设施处理能力不小于 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

施工期和运营期的船舶生活污水、检修船含油污水委托有资质单位接收处理。

3.7.2 环境空气保护工程

陆上运维中心食堂油烟由油烟净化装置进行处理。

3.7.3 噪声防治措施

施工时在机械选型中要考虑选用低噪声设备，加强机械的日常维护和保养，避免其非正常状态运行产生的噪声。

为降低风机噪声源强，建议在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构噪声传递，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

3.7.4 固体废物处置

(1) 陆域施工产生的生活垃圾等固体废弃物统一收集后由市政垃圾处理厂处理，海域施工产生的垃圾收集后委托有资质单位进行接收处理。

(2) 运营期陆域生活垃圾和污水处理设施的污泥经收集后，由市政环卫部门负责处理，船舶垃圾委托有资质单位进行处理。危险废物在危险废物暂存间进行贮存，委托有资质单位进行处理。

3.7.5 环境风险

海上升压站底层甲板层主变下布置事故油罐（100m³），海上升压站共布置 2 台主变，2 台高抗，变压器油量为 50t/台，高压电抗器油量为 25t/台，合计 150t，油罐可完全容纳单台变压器或单台高压电抗器的全部油量。陆上运维中心设 1 座事故油池（18m²，地下，不小于 30m³）、一座贮油坑（贮油坑容量 8m³），运维中心变压器油量为 25t/台，高压电抗器油量为 25t/台，贮油坑可容纳 20%变压器油，事故油池可完全容纳事故油。事故油池按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求进行了防渗处理。运营期检修船舶配置足够数量的吸油毡和围油栏，海上升压站配置一定数量的溢油应急设施。

3.8 工程施工方案、工程量及进度

3.8.1 施工方案

本项目工程施工主要项目有大型钢结构制作、风机基础施工、风机机组安装、海上升压站施工、66kV 场内海缆敷设、220kV 送出海缆敷设以及陆上运维中心施工等。现结合工程条件及特点，针对海上风电场的主要施工项目的施工方案进行介绍说明。

3.8.1.1 风机基础施工

本工程风机采用导管架基础，共 42 台，桁架式导管架采用预打桩方案，桁架主撑与钢管桩之间通过灌浆连接，将结构组成整体。

四桩桁架式导管架基础施工工艺流程为：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。

(1) 基础钢管桩、导管架制作及运输

管桩与导管架属于大型钢构件，在山东区域内的大型钢结构制造企业进行加工制作，通过海运至工程施工现场。

根据对本工程钢管桩运输要素的分析，选择 5000t 级以上自航驳船；按照导管架的运输要求，选择 10000t 级及以上自航甲板驳船。



图 3.8-1a 钢管桩运输实景



图 3.8-1b 导管架运输

（2）钢管桩沉桩施工

本工程拟采用整根管桩沉桩施工的方式，参考国内外相关工程经验，采用起重船吊打的方式进行钢管桩的沉桩施工。

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。本项目吊高 98m 以上，起重量在 228.75t 以上的浮式起重船起吊钢管桩，采用 S-1200 型液压打桩锤进行沉桩施工。四桩导管架基础沉桩施工时设置 4 根工艺辅助桩，工艺辅助桩顶部设置整体式工艺定位导向架，采用型钢与四个定位桩套筒制作，套筒内径比设计钢管桩直径大 10cm，同时在导向架的上、下层设置液压定位系统。

1) 吊桩

主起重船的主钩吊桩上部吊点，辅吊船溜尾，缓慢吊起钢桩并转至竖直状态。

2) 插桩

钢桩缓缓进入定位架后，经 GPS 测量定位系统精确定位，在扶正导向装置的作用下，保持钢管桩处于竖直状态，慢慢下放。

3) 稳桩及沉桩

在桩基的自重作用下，桩基下沉至泥面以下一定深度后停滞下沉，此时测量钢管桩垂直度，并通过定位架上的双层千斤顶来调节钢管桩的垂直度，使其满足设计要求。然后起吊液压锤进行压锤，压锤完成开始锤击沉桩，视钢桩贯入难易程度，锤击能量逐渐增大。在液压的连续锤击下，桩基下沉，直至桩底到达设计标高。

4) 垂直度控制

在上述整个工艺过程（特别在下桩稳桩阶段）中，应反复检查桩基的垂直度。如发现桩基垂直度误差超过要求，及时纠偏扶正，以确保沉桩的垂直度。

本项目采用辅助工艺定位导向架作为钢管桩沉桩精度控制配套构件。辅助工艺定位导向架上需设置扶正、导向装置，以调整大直径钢管桩的垂直度，稳桩平台的安装位置决定了以后钢桩沉桩的桩位，必须严格控制稳桩平台的测量放样定位的准确度，特别要控制下桩龙口的定位精度。

沉桩完成后，进行测量、验收。

(3) 导管架海上安装

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。

本项目拟采用 2400t 级及以上浮式起重船吊装施工。导管架运输至机位处后，由 2400t 级及以上浮式起重船进行吊装。首先测量定位，确定钢管桩位置，下放水下监控仪器，全程实时获取水下视讯，指挥控制导管架安装动作。导管架上系结缆风绳，在工作船上进行动作调整，配合接收的水下视讯信息，防止导管架体与基础钢管桩发生碰撞，并最终将导管架下部桩尖锥体插入钢桩内。导管架水下安装过程中，全程测评合格后，导管架初步固定，完成导管架安装。

(4) 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。

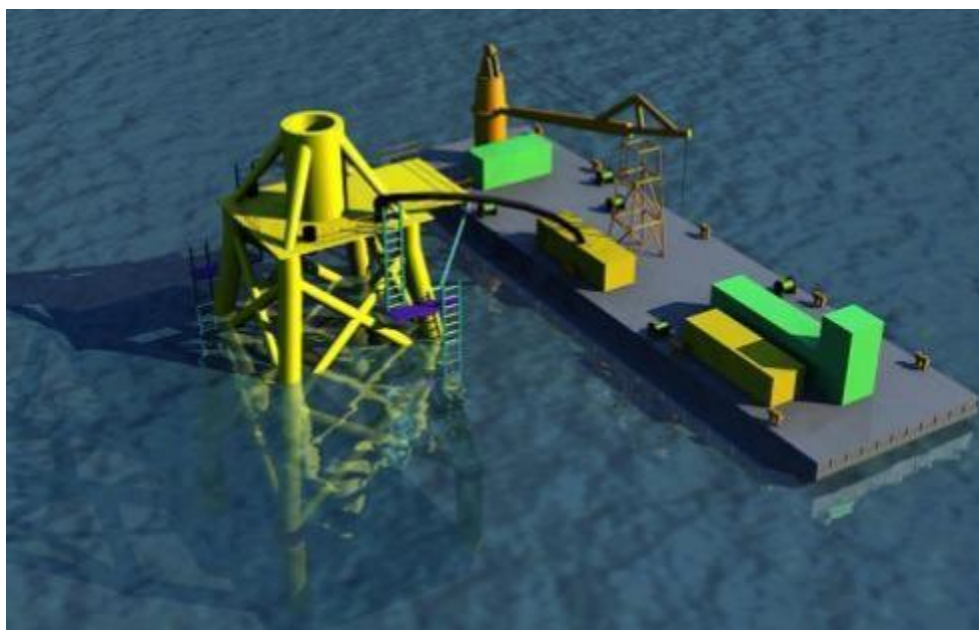


图 3.8-2 灌浆船舶管线布置示意图

表 3.8-1 基础施工主要船机设备配置表(单工作面，高峰期需 3~4 个工作面)

序号	船机设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	浮式起重船	1000t 级及以上 (起重能力)	艘	1	钢管桩沉桩，配置S-1200型液压打桩锤，S-1800型液压打桩锤作为备选，吊重与桩架高度满足植桩要
2	全回转浮式起重船	2400t级及以上 (起重能力)	艘	1	导管架沉放
3	自航驳船	5000t级及以上	艘	2	钢管桩运输
4	自航驳船	10000t级及以上	艘	2	导管架运输船，灌浆施工船
5	拖轮	3000HP及以上	艘	1	拖运、移位船舶
6	交通艇		艘	2	接送人员
7	抛锚艇		艘	2	甲板驳、起重船等起抛锚
8	补给船		艘	2	淡水与生活物资补给
9	辅助定位架		套	2	
10	泥浆泵		台	2	吸泥

3.8.1.2 风电机组安装

风电机组安装采用自升式平台船为承载体的综合性起重设施进行风机设备分体安装。自升式起重平台形成稳定的操作平台，进行风机各零散设备的组装工作，风机吊装顺序为：下段塔筒→中下段塔筒→中上段塔筒→上段塔筒→机舱（机舱+轮毂）→叶片。



图 3.8-3 自升式船舶进行风机安装

(1) 风电机组组件预拼装

风电机组底节塔筒及内部电气设备在码头预组装。

(2) 风电机组部件场内运输

预拼装部件（机舱+轮毂、叶片和塔筒）及其他散件采用 5000t 级驳船运输至拟安装风机机位。

(3) 风电机组安装

自升式起重平台到达拟安装机位处后，完成桩腿预压、入泥下沉、顶升、平稳等工序后，船舶上升至海面以上形成稳定的操作平台，进行风机各零散设备的组装工作，风机吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→风机机舱+轮毂→叶片。在风力发电机组安装方面，风速是影响风力发电机组安装的主要因素之一，当风速超过 12~14m/s 时，不允许安装风力发电机。在与当地气象部门密切联系的同时，现场设置风力观测站，以便现场施工人员做出可靠判断，确保风力发电机组安装顺利进行。

1) 安装船先由拖轮拖至机位附近临时锚泊，选择平潮流速较缓时段进点定位，校核定位误差，确保船位与主水流方向平行，主吊基座中心与风机基础中心距离满足吊装要求，然后开始插腿、压载。插腿、压载完成后采用 GPS 复核甲板面标高，甲板面抬升至安装标高。安装船插腿抬升的同时，定位船开始进点定位。定位进点完成后，风机部件运输船进点至定位船旁靠泊，定位船绞锚靠近安装船。

2) 施工人员做好塔筒安装前的准备工作，验收合格后开始安装施工；采用安

装船上的两台吊机双机抬吊对塔筒进行翻身作业；将第一节塔筒套入 SU 平台。

3) 剩余塔筒安装。

4) 采用安装船主钩吊起机舱、发电机、轮毂吊装专用吊具，与机舱内部吊点连接，拉紧吊带，拆除部分工装螺栓。待机舱与塔筒对接完成后安装剩余的双头螺栓。施工人员进行轮毂吊具螺栓拆除。关闭所有的机舱门窗，安装轮毂内导流罩。所有安装作业完成并经验收合格后，移去施工设施，进行风力发电机组调试工作。

5) 根据同类型风机安装施工经验，叶片吊装采用单叶片夹具，主要步骤为：i) 将叶片吊至安装船甲板面预先安装的支架上；ii) 先安装“正 Y 型”上方两支叶片，最后安装“正 Y 型”下侧叶片；iii) 安装垫圈和螺母；连接叶片内防雷电缆；iv) 紧固叶片螺栓。



图 3.8-4 叶片吊装图

6) 主体机械安装的同时，可进行塔筒内电气电缆的施工、接地系统施工、电缆敷设、中间接头和终端接头制作。根据国家规范标准和风机厂家要求做好相关电气试验。

表 3.8-2 风机分体安装方案主要施工设备配置表 (单工作面，高峰期需 3 个工作面)

序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	自升式起重平台	1000t级及以上	艘	1	预估吊高为120m及以上的全回转起吊设备，桩腿110m及以上
2	履带式起重机	800t级及以上	台	1	风机组件现场转运装船
3	自航驳船	5000t级	艘	2	风电设备组件运输
4	拖轮	3000HP及以上	艘	2	拖运船舶
5	交通艇		艘	2	接送施工人员及工作面转换
6	抛锚艇		艘	3	甲板驳、起重船等抛锚
7	补给船		艘	2	淡水与生活物资补给

3.8.1.3 海上升压站施工

220kV 海上升压站由下部基础（包括导管架、桩基础）、上部组块组成。

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→下部导管架沉放→钢管桩沉桩施工→上部组块整体安装→电气设备联动调试。

（1）钢管桩、导管架与附属构件的制作、运输

海上升压站作为大型钢结构，可以分为三个部分，钢管桩、导管架以及上部组块，钢管桩通过导管架结构与上部的钢平台进行连接，上部钢结构平台采用型钢组合拼装。海上升压站基础采用 $\Phi 2000$ 开口变壁厚钢管桩，桩长为 70m，钢管桩在陆上加工制作，4 根桩总重 1250t。上部组块尺寸约为 $54.15\text{m} \times 47.25\text{m}$ ，重量约 3900t，导管架重量约 3150t，尺寸约 $31.5 \times 36.5 \times 46\text{m}$ 。

钢管桩、导管架等基础物资在山东省及周边区域内的大型钢结构加工企业或船厂类企业中进行加工制作完成后，即装船运输，直接运抵工程场区施工。配套选择 5000t 级自航驳船；导管架选择 10000t 级自航驳船进行场内外运输。

（2）导管架沉放施工

在导管架运输至指定位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。本工程导管架结构重约 3150t，导管架结构安装选择起重能力 5000t 级以上的浮式起重船进行吊装。

为适应区域表层地质承载力较小的情况，本工程导管架设计时已采取在导管架与地基表层接触区域设置防沉板等措施来保证导管架的初步沉放精度达到控制要求。



图 3.8-5 海上升压站导管架沉放示意图

（3）钢管桩沉桩施工及连接段灌浆

钢管桩沉桩采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。根据国内海上升压站导管架施工经验，采用起重船吊打的方式进行钢管桩的沉桩施工。本项目采用起重能力 5000t 及以上的浮式起重船起吊钢管桩，配置 S-800 型液压打桩锤（S-1200 型液压打桩锤作为备选）沉桩。

打桩的步骤为将钢桩吊起，旋转吊臂进行翻身作业，直至翻身成竖直状态。提起钢桩旋转至导管架护管对应的位置处，将钢桩插进导管架护管内，钢桩自沉入泥停止后，液压锤锤击沉桩。当钢管桩全部吊装完成后，旋转吊臂至打桩锤放置处，使用浮吊将打桩锤提起，套在钢管桩上面，由于增加锤重量后，钢管桩会继续贯入一段距离，当贯入停止后启动打桩锤开始打入作业，直至达到钢管桩设计深度，钢管桩打入工作停止，将打桩锤从钢桩上提起，套在下一根钢管桩的端部，启动打桩锤将下一根钢管桩进行打入，直至全部钢管桩全部打入。

导管架调平作业贯穿于插桩、打桩整个作业中，即在每次插桩作业之后、打桩作业之前进行一次导管架水平度测量。然后确定调平方案和打桩顺序。如果测量数

据超出规定标准，利用浮吊对导管架位置进行调平，直至满足精度要求。

钢管桩、导管架套管之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与桩间的间隙后进行。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。

(4) 海上升压站上部组块制作安装

海上升压站上部组件在沿海大型钢结构生产厂家建造并整体组装，上部平台平面尺寸为 48m×51.5m，重量约 3900t。海上升压站舾装后海上整体运输，本项目选用 10000t 级自航驳船进行上部组块的运输，5000t 级及以上浮式起重船进行组合体的整体安装工作。

上部组件施工流程为：

①运输驳与大型浮吊在升压站机位附近抛锚定位。抛锚后，要收紧锚缆，确保每口锚状态良好，如果有锚溜动，应重新抛锚。

②起吊前拆除上部组块绑扎工装，安装好吊装吊索具。

③起升大型浮吊主钩头，抬起升压站上部组件，浮吊通过绞锚和起升调节臂架，将升压站上部组件吊装至导管架上方。

④将升压站立柱根部插入导管架竖管内，环形空间灌浆。

⑤完成上部组件的安装。

表3.8-3220kV海上升压站主要施工设备配置表

序号	船机设备名称	型号规格	单位	数量	用途
1	浮式起重船	5000t级及以上 (起重能力)	艘	1	基础沉桩施工与导管架安装，配置S-800型液压打桩锤作为首选桩锤，S-1200型液压打桩锤作为备选桩锤
2	浮式起重船	5000t级及以上	艘	1	上部组合体安装
3	甲板驳船	2000t级及以上	艘	1	钢管桩、上部组块与导管架灌浆施工
4	自航驳船	10000t级及以上	艘	1	导管架及上部组块运输
5	自航驳船	4000t级及以上	艘	1	钢管桩运输
6	拖轮	2000HP及以上	艘	1	拖运船舶
7	抛锚艇		艘	2	打桩船、起重船等抛锚
8	交通艇		艘	2	
9	补给船		艘	1	淡水与生活物资补给

3.8.1.4 海底电缆施工

电缆铺设主要为海底电缆敷设。66kV 电缆敷设共 8 回，总长度约 60.45km，采用深海铺缆船，上风机段电缆敷设采用卷扬机牵引；220kV 海缆共 2 回，长度约 89.6km。

由于海床为淤泥或淤泥质粘土，根据锚重与投入淤泥层深度的关系，电缆埋深选择为泥面 3.0m 以下。铺缆正常施工海况条件为六级以下风力，施工船受横流小于 2.5 节。施工进度正常铺设速度为 3~8m/min。根据海缆敷设区域海洋环境和施工工作面的不同，可将海缆敷设分为以下两个部分进行：

根据电缆敷设区域海洋环境的不同，将电缆敷设区分为以下 2 个主要区域进行：

- (1) 始端登陆段 220kV 海缆施工；
- (2) 近海海域 220kV 至海上升压站，风机之间 66kV 所经过的近海区域。

3.8.1.4.1 220kV 海缆敷设方案

1、敷设准备

(1) 登陆点调查

现场确认登陆点位置和登陆段电缆路由，复查施工区域的水文气象情况，特别是根据流向流速、潮高、潮时等来计算确定施工船施工时就位的最佳位置和最佳时间。

(2) 路由扫海

路由扫海主要是为施工船施工时清除电缆路由上的一切障碍物，如渔网、废缆、绳索等。路由扫海一般用锚艇在船首或船尾部系扫海设备，沿电缆路由往返扫海一次。扫海施工时，采用 DGPS 系统精确定位导航，控制范围为海缆路由范围内左右 50m 之内。在对主干海缆路由扫海中，应特别注意对深水沟槽的了解，便于施工时采取相应措施。

(3) 其他准备工作

- a. 施工前，敷设船必须进行模拟试航及试敷设，以保证施工的顺利进行；
- b. 在施工前，必须收集施工期间的潮汐水文预报资料，根据潮汐风讯编制施工方案；
- c. 施工前，通报有关部门，发航海通告以及施工期间的封航通告。

(4) 电缆装船

首先将施工船以及电缆运输船都稳妥的靠泊在码头上，而后利用码头吊机或大型浮吊将电缆吊装至施工船上。

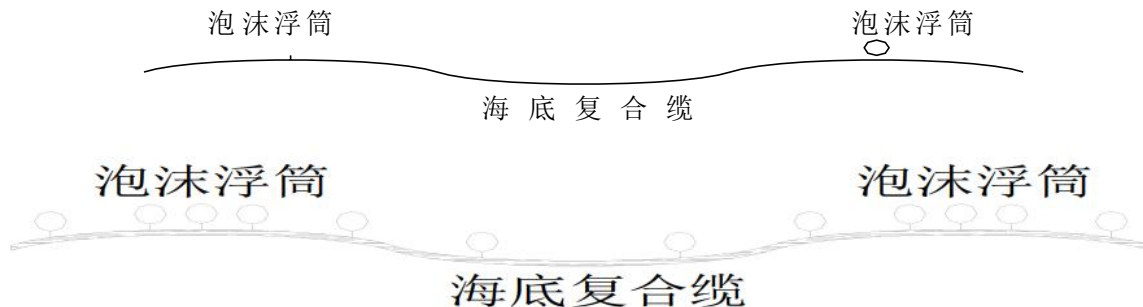
2、电缆始端登陆

220kV 海缆路由近岸区部分穿越浅水区域，敷设船需乘潮进入，在拖轮及锚艇辅助下抛设“八”字定位锚锚泊，收绞定位锚缆，使船舶尽量向岸边靠近。

a. 电缆始端登陆前，在高潮位时将施工船锚泊就位在靠近登陆点附近，以减小登陆距离，并利用 DGPS 测量系统定位于路由轴线上，抛“八”字开锚锚泊固定。

b. 在始端登陆点处设置 1 台 3 吨绞磨机。登陆时，电缆头从缆盘内通过退扭架拉出，从船头通过入水槽入海，水面段在电缆下方每隔 2m 垫以充气内胎进行助浮，充气内胎与电缆利用白棕绳绑扎固定；利用预先设置在始端登陆点处的绞磨机牵引电缆浮运登陆。在电缆牵引至滩涂处，人工解除助浮充气内胎，将电缆搁置在预先设置在电缆登陆路由的滚轮上方滚动或滑动，减少电缆牵引的阻力。

c. 完成电缆始端登陆施工后，小艇沿登陆段电缆逐个拆除浮运电缆的轮胎，将电缆沉放至海床上。



(a) 海缆泡沫浮筒绑扎位置示意图



(b) 海缆绑扎泡沫浮筒敷设示意图

图3.8-6 海缆泡沫浮筒绑扎位置示意图

d.定向钻孔施工

考虑到对于岸线的保护以及避免海缆受波浪冲击，本工程 220kV 海缆登陆拟采用定向钻的非开挖方式，入土点在陆域侧，出土点在海侧。

定向钻孔施工方案：成孔施工设备布置与操作均在陆域侧的施工场地内进行，通过定向钻导首先从陆域向海域侧沿设计路径进行先导孔的钻设施工，在海域侧内先导孔出海底泥面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成设计断面，完成海缆定向钻施工。

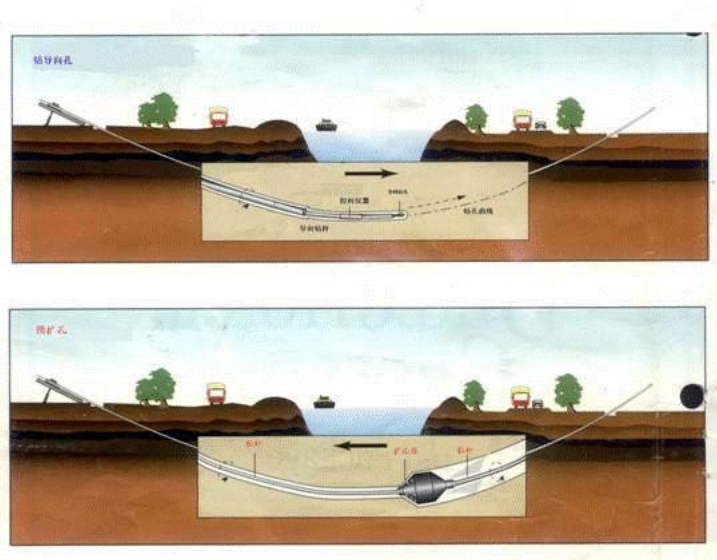


图 3.8-7a 定向钻孔施工示意图

本次穿越为电缆套管陆海定向钻穿越施工，电缆套管规格为 $\Phi 610 \times 12\text{mm}$, L360M PSL1 直缝高频电阻焊钢管，220kV 电缆定向钻入土点为 $121^\circ 39' 54.425''$ 东、 $37^\circ 27' 32.924''$ 北，入土角 10° ，220kV 电缆定向钻出土点为 $121^\circ 39' 58.792''$ 东、 $37^\circ 28' 16.489''$ 北，出土角 6° ，穿越段总长度约 1352m，见图 8-3，具体由现场踏勘决定。定向钻水平段埋深为 15m。

套管穿越完成后，从套管内回拖牵引海缆登陆。考虑到电缆套管施工与海底电缆施工时间不同步，采用预先在电缆套管内穿放钢丝绳，待海底电缆施工时，使用钢丝绳牵引海底电缆在电缆套管中穿放就位，海底电缆在电缆套管中牵引时采用聚氨酯护套保护。

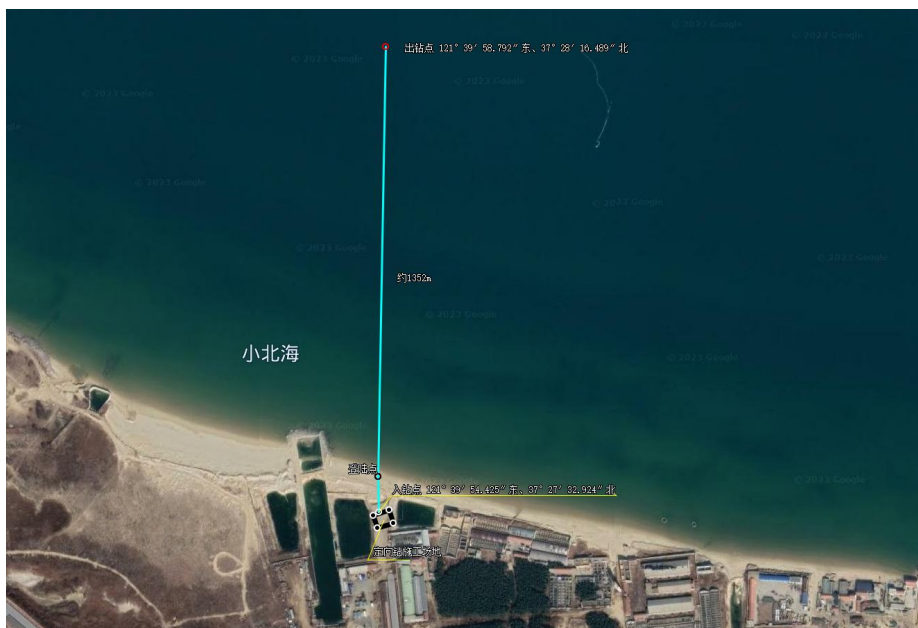


图 3.8-7b 定向钻段平面图

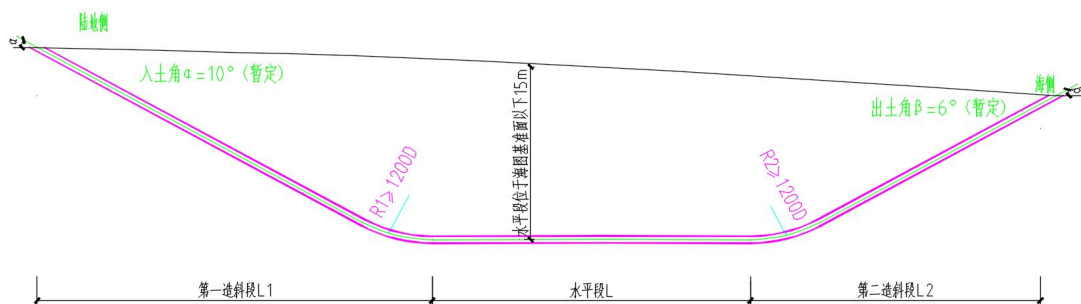


图 3.8-7c 定向钻穿越海底剖面图

3、深水海域敷设

在海底电缆登陆铺设结束至海底电缆结束端上升压站平台铺设过程中，海域水深条件相对较好，满足铺缆船正常航行所需要的水深条件，同时也满足射水挖沟犁高压射水挖沟所需要的水压条件，铺缆船进入海底电缆正常铺设状态。

施工步骤：埋深施工船锚泊就位→缆盘内电缆提升→电缆放入甲板入水槽→电缆放入埋设机腹部→投放埋设机至海床面→牵引施工船敷埋电缆。

a.在铺缆船船尾将海底电缆装入电缆挖沟犁头内，用铺缆船自身的吊机将电缆挖沟犁吊离甲板，慢慢放入水中，然后潜水员下水检查海底电缆及电缆挖沟犁姿态，如果海底电缆及电缆挖沟犁姿态正常，则进入正常铺缆状态。

b.在潮水位置满足铺缆船可移动的深度条件下，开启电缆挖沟犁的射流泵，同时铺缆船向前移动铺缆。

c.电缆正常铺设过程中，埋设机姿态仪随时反映出埋设机的姿态。

d.海缆埋深按不小于 3.0m 控制，穿越航道处埋深暂按不小于 4.5m 考虑，在施

工能力满足情况下，尽量埋深。

e.铺缆船铺缆时，高压水冲击联合作用形成初步断面(可能形成的断面见附图)，在淤泥坍塌前及时铺缆，一边开沟一边铺缆，开沟与铺缆同时进行，电缆敷设时采用 GPS 定位系统进行定位，牵引钢缆的敷设精度控制在拟定路由±5m 范围内。

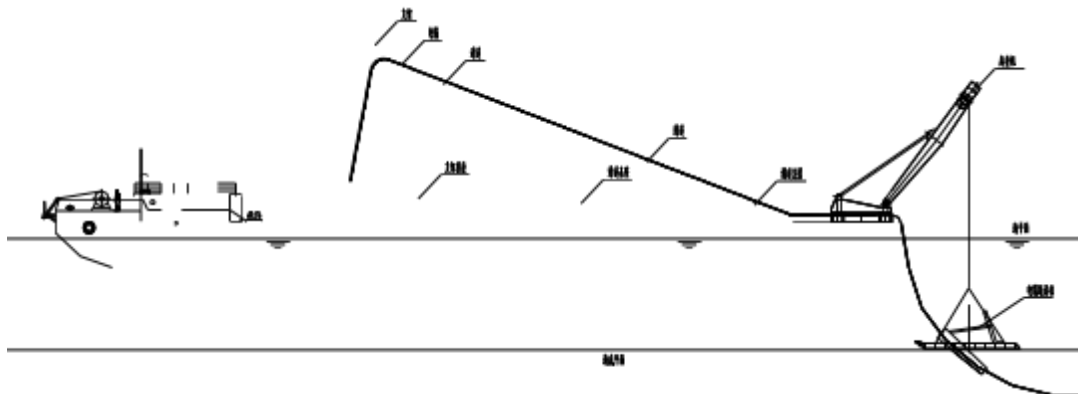


图3.8-8 正常敷设施工示意图



图3.8-9 常规射水挖沟犁设备

5、登升压站平台

(1) 电缆登陆平台施工

海底电缆在升压站/换流站平台的登陆，需穿过和桩基固定的“J”形管，登陆前应由潜水员将海床面以下 2.5m 深度的“J”形管口冲出，将钢丝绳置换管子内部预先设置牵引绳索，用船上绞车将电缆由海底通过“J”管口牵引登陆至升压站平台预定位置，登陆过程中由潜水员在水下监护电缆。其作业步骤如下：

①测量电缆登陆所需长度。施工员准确测量船舶与平台的距离、水深和平台高度以及电缆余量，计算出所需长度。在船上用测绳量取电缆长度和确定切割位置。

②切割电缆。使用切割机在缆盘内将电缆切断，将切割后的两端电缆头密封。

③盘绕登陆段电缆。使用布缆机将电缆从退扭架中牵引出，把电缆呈“8”字形盘置在甲板上，直至牵引出电缆头。

④牵引钢丝绳和电缆头连接。将电缆头与平台上通过转向滑车的钢丝绳、钢丝绳网套可靠连接。启动船上牵引绞车，将电缆由水下的 J 形管口牵引至平台上预定位置，然后将施工船上电缆沉放至海床。

⑤平台处的盘余。根据设计要求，将一定余量的电缆盘放在平台上，一般在 15m 左右，作为接续及备用。记录电缆登陆长度。

⑥220kV 海底电缆引出 J 型管后，经锚固装置固定，并对铠装层进行接地，而后经电缆支架引上至电缆桥架，最终敷设至 252kV GIS 海缆间隔下方，引上与 GIS 设备连接。

⑦220kV 海缆穿越锚固装置后，至终端前应全程缠绕防火包带，并进行防火阻隔处理。

(2) “J”形管口电缆的保护施工

海缆登陆平台后，“J”形管口至回收埋设机处由潜水员进行水下冲埋，整个“Ω”形段电缆的冲埋深度为 2.5m，长度约 30m。由于在风机基础钢管桩附近海流流速较大，容易形成涡流，海床面易受到冲刷，不稳定，影响“J”形管口处的电缆安全，因此电缆敷设时预留“Ω”余量，避免海缆架桥悬空；另，采取在“J”形管口处抛填水泥沙浆袋的技术措施，对海缆加强保护。

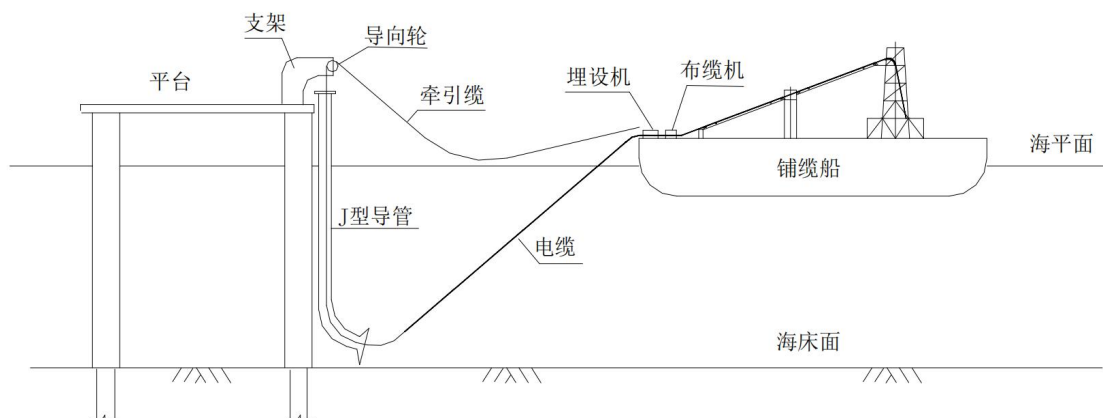


图3.8-10 电缆起始端上平台/风机铺设施工示意图

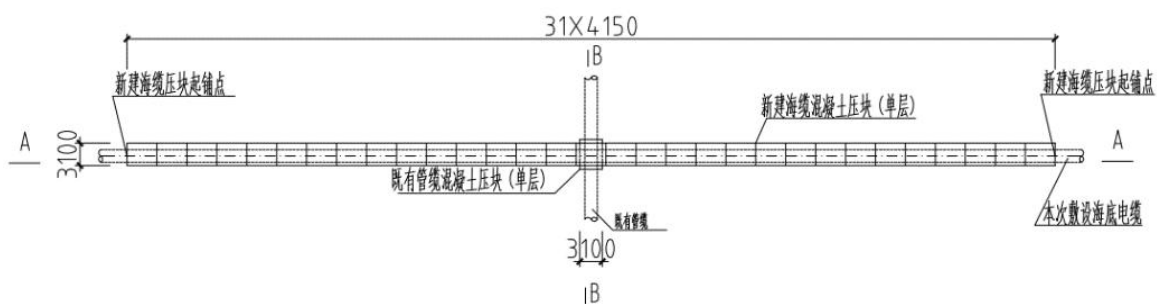
6、与已建海底通信电缆交越施工

本项目与海底通信电缆采用上交越的方案。在交越点附近采用磁力仪和浅地层剖面仪检测已建海底电缆管道，对电缆管道的埋设深度与走向进行测量，获得管线的精确坐标后，潜水员携带高压水枪清除已有管线上方土体，进行实际探摸，无误

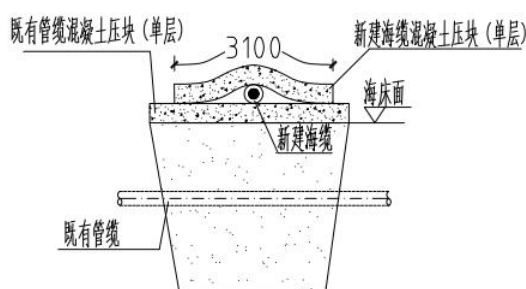
后标记已建管线的位置，在路由区清理障碍物，达到铺设的条件。

交越点处理的施工方案为：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。

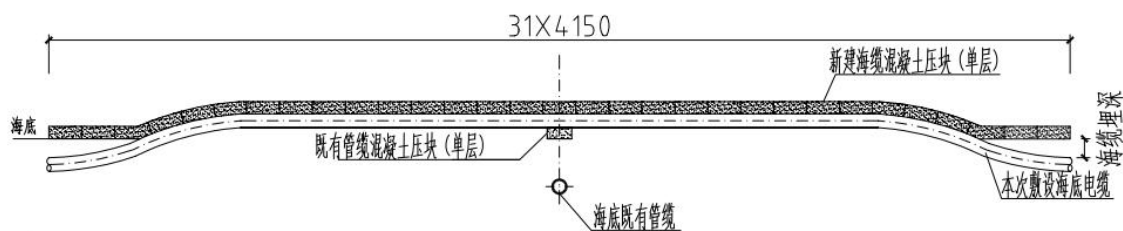
根据现行行业标准《海底管道系统》(SYT10037)-7，交越的两管线必须是分离的，且要永久保持不少于 0.3m 的垂直距离，因此要在交越点位置原有管道和新敷电缆之间采用带橡胶垫的预制混凝土垫块对原有管道进行覆盖保护，以此隔离原有管道及新敷缆线，避免运营时产生相互影响。在原有海底电缆管道上方放置水泥压块（单个规格：长 4.15m、宽 3.1m、高 30cm）；之后铺管船航行于路由上，在其上方铺设新建管缆，由辅助工程船在新建电缆上方再铺设水泥压块进行防护，一般交越处铺单层水泥压块。



(a) 平面布置示意图



(b) 横断面布置示意图



(c) 纵断面布置示意图

图 3.8-11 与海底电缆管道交叉处敷设保护断面示意图



图 3.8-12 交越保护用垫块

3.8.1.4.2 66kV 海底电缆敷设施工方案

66kV 海缆是对风机与风机、风机与海上升压站进行连接。

(1) 海底电缆风机之间海域、风机至海上升压站近海深水海域正常敷设

风电场区海域水深条件相对较好，满足铺缆船正常航行所需要的水深条件，同时也满足射水挖沟犁高压射水挖沟所需要的水压条件，因此在风机与风机之间、风机与海上升压站中间段电缆铺设过程中，同样进入海底电缆正常铺设状态，敷设方案同 220kV 海缆深水海域敷设方案，采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压射水埋设机进行敷埋施工，施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设。铺缆船铺缆时，开沟犁和高压水联合作用形成初步断面，在淤泥坍塌前及时铺缆，一边开沟一边铺缆。

(2) 海底电缆结束端上平台/风机铺设

a.当海底复合缆被铺设到终点平台（或风机）附近后，将电缆挖沟犁吊放到甲板上，铺缆船调整前行方向，用船上吊机抽放海底电缆，当到达设定的电缆截止点后，用电砂轮将海底电缆截断，并将海底电缆头做好绝缘和水密，绑扎好海底电缆拖网(CableStoper)，再用吊机将电缆头吊放到电缆护管底部（同时在海底电缆吊放过程中，在海底电缆上绑扎适当的浮袋）。

b.在终点平台（或风机）J 型护管上端出口正上方安装一个导向滑轮，潜水员在 J 型护管下端喇叭口检查方向，另外需要检查是否有海洋生物阻塞喇叭口。

c.在电缆护管上部喇叭口处，将备好的电缆拖拉钢缆与铁球/其它重物相联接，然后将铁球/其它重物放入电缆护管内，靠铁球/其它重物的重力将电缆拖拉钢缆带到电缆护管底部，同时潜水员下水，到电缆护管底部将已到电缆护管底部的铁球/其它重物与电缆拖缆解掉，然后把由电缆拖拉钢缆与弃到海底的电缆拖拉网头联接。

d.通过电缆护管上部的导向滑轮将拖拉缆绳引回铺缆船上，通过船上锚机，并在潜水员水下指挥下，慢慢拖拉海底电缆穿过电缆护管登上终点平台（或风机）。

电缆敷设施工船机配置见表 3.8-4。

表3.8-4 海缆施工主要船机配置表

序号	船机设备名称	型号规格	单位	数量	用途
1	带埋设机的铺缆船	6000t 及以上载缆量	艘	1	220/kV 海底电缆铺设
2	带埋设机的铺缆船	3000t 及以上载缆量	艘	2	66kV海底电缆铺设
3	卷扬机		台	2	电缆牵引
4	拖轮	3000HP	艘	3	铺缆船拖航及稳定性控制
5	抛锚艇		艘	2	铺缆船抛锚
6	两栖挖掘机		辆	2	
7	交通艇		艘	2	

3.8.1.5 陆上运维中心施工

本项目在陆域建设 1 座陆上运维中心。

（1）建立测量控制网

水准点和坐标控制点是站区内场地及道路标高和位置确定的基础，在充分了解设计意图，认真核对施工图纸，掌握总体布置、定位依据、定位条件以及设计测量精度的要求后，必须对控制点加以反复引测，并做好水准点和坐标点的标桩和标记，并对移交的测量控制网进行复测加密，妥善绘制出测量成果图。

（2）土石方开挖

边坡开挖前，先进行截水沟施工，应自上而下逐层开挖，可采用反铲削坡，人工配合修整。开挖至场平或边坡设计基面以上时，预留 20cm 厚的保护层，采用人工开挖、整平，以保护地基原状土不受扰动。

(3) 一般建（构）筑施工

运维中心内主要是控制楼、办公生活楼、配电装置楼等建筑物的施工。施工流程包括基础开挖、砌体施工、脚手架工程、钢筋工程、混凝土工程、内外装修等。

(4) 道路施工

站内道路的主要工艺流程为测量放线→垫层摊铺→碾压→基层摊铺→碾压→混凝土面层→切缝机切缝→填缝材料→养护→路面清扫。

(5) 电气安装与调试

陆上运维中心电气设备安装及电缆敷设均应符合国家相关规定，电缆管的加工敷设，电缆敷设及电缆终端头的制作等均应符合《电气设置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB50168)的有关规定和施工图纸要求，主变压器及 GIS 等电气设备的安装应在厂家指派工程师及安装说明书指导下进行，并应符合《电气装置安装工程高压电气施工及验收规范》（GB50147)等有关规范的规定和施工图纸的要求。

陆上运维中心主要施工设备见下表：

表 3.8-5 陆上运维中心施工主要设备配置表

序号	设备	单位	数量	备注
1	平板运输车	辆	6	
2	1m ³ 挖掘机	台	2	
3	0.5m ³ 挖掘机	台	2	
4	装载机	台	2	
5	74kW 推土机	台	4	
6	12~15t 振动碾	台	4	
7	蛙式打夯机	台	6	
8	建筑塔机	台	2	10t
9	插入式振捣器	套	6	
10	10t 自卸汽车	辆	3	
11	IS80-50-250 水泵	台	1	
12	对焊机	台	2	
13	钢筋切断机	台	2	
14	钢筋弯曲机	台	2	
15	电焊机	台	8	
16	30kW 柴油发电机	台	2	
17	300t 汽车吊	台	1	主变吊装

3.8.1.6 陆缆施工

陆地段 220kV 陆缆采用排管敷设方式，主要施工流程：中线放样→沟槽开挖

→浇筑底层混凝土→排管安装→浇筑包封混凝土→砂砾回填；穿越小河采用拉管方式敷设，采用非开挖定向钻施工方式，在成孔内敷设保护管，电缆敷设在保护管内。

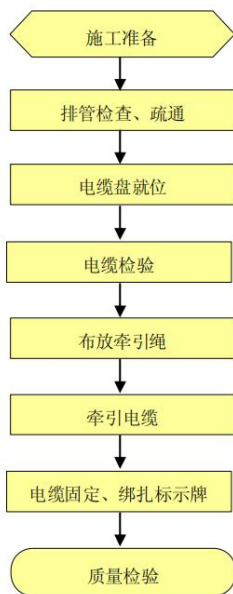


图 3.8-13 排管电缆敷设施工工艺流程图

主要施工流程及工艺

①施工准备

技术准备：根据该项目设计要求和实际路径确定每盘电缆长度及接头位置。并计算电缆牵引力制定牵引方向及牵引方式。

根据工程量的大小配备足够施工人员。施工现场明确施工负责人、技术负责人、质检员、安装施工作业人员组织到位。

施工人员须先熟悉和做好上述“技术准备”的资料和要求。特种作业人员必须持证上岗。

材料及工器具准备

施工电源和安装的机械设备、文明施工用具应齐备，机械设备应调试完好。

②排管检查、疏通

对所有管孔进行疏通检查，清除管道内可能漏浆形成的水泥结块或其他残留物，并检查管道连接处是否平滑，必要时应用管道内窥镜探测检查。在疏通检查过程中，如发现排管内有可能损伤电缆护套的异物，必须清除。

清除工具可以用疏通器、钢丝刷、铁链等。排管中每一管道都应双向畅通。疏通完毕后，将排管临时封堵。

③电缆盘就位

用起重机或人工将电缆盘放置指定位置。

人工滚动电缆盘，滚动前应检查盘是否牢固，并将内外出线头扣牢，将电缆盘沿着盘上指示的滚动方向(电缆不松散的方向)推到所需要位置。电缆放线架应放置稳固，钢轴的强度和长度应与电缆盘重量和宽度相配合。

④电缆检验

电缆盘和电缆外护层应无明显机械损伤，电缆内外两个封端无破损。

电缆敷设前应测量电缆绝缘电阻，绝缘电阻应符合交接试验标准要求。

对电缆质量有怀疑时，应取样检验或测试，并做好详细记录。

⑤布放牵引绳

在设计要求进行敷设的管道布放牵引绳。如果设计没有指定电缆管道，布放牵引绳应按从下向上，从两侧到中间顺序进行布放。为了便于敷设电缆，先施放引导管，然后通过引导管将牵引绳引至电缆盘及牵引机。牵引绳布放经过管道时，应防止把杂物带进管道内。电缆网套与牵引绳间必须加装防捻器。

⑥牵引电缆

牵引电缆应满足牵引强度要求，机械敷设电缆的方式通常采用钢丝拉套形式，电缆进入排管前，可在其表面涂上润滑物。管道口应套以光滑的喇叭管，井坑口应装有适当的滑轮。在电缆牵引头、电缆盘、卷扬机、过路管口、转弯处及可能造成电缆损伤的地方应设有专人负责检查，检查人员相互之间应配备通信设备，保证敷设过程中信息通畅。

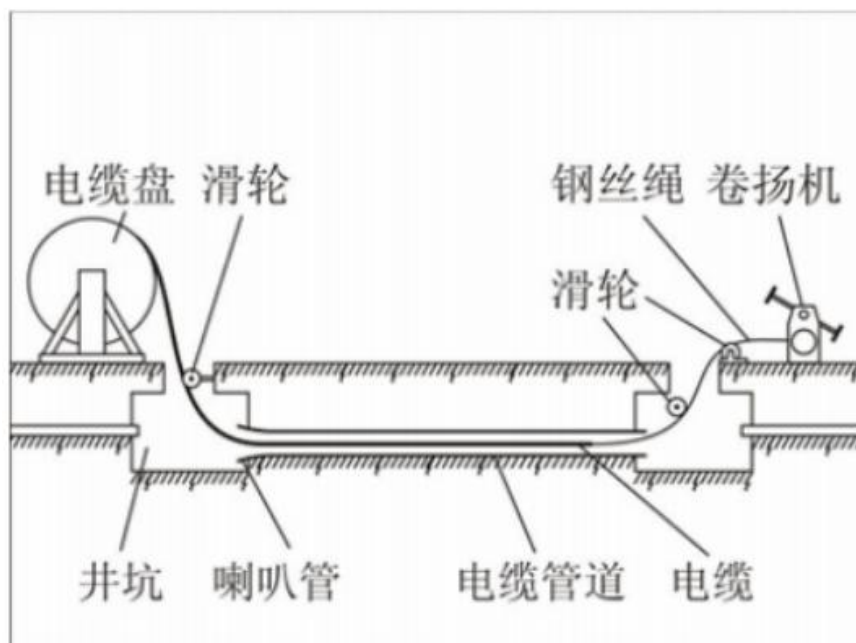


图 3.8-14 排管牵引电缆剖面示意图

⑦电缆固定、绑扎标示牌、测试

电缆施放完毕后，应按设计要求将工井电缆按设计要求放置在支架位置上。并在管口两端、井口、终端等位置上绑扎标示牌，并进行封堵、测试。

3.8.2 主要工程量

表 3.8-6a 单台风机桁架式导管架基础主要工程量

序号	项目	单位	工程量
1	钢管桩(含牛腿、抗拔、抗压等桩身附件)	t	915.00
2	导管架及过渡段	t	1251.85
3	基础顶法兰	套	1
4	吊耳、牛腿	t	/
5	集成式附属构件及内平台	t	/
6	附属构件(靠船构件、平台、栏杆、爬梯、J 形电缆管)	t	126
7	钢管桩重防腐涂层	m ²	5000
		m ²	2500
		m ²	450
8	附属构件重防腐涂层	m ²	510
9	灌浆管线	t	44.62
10	外加电流 ICCP 系统	套	1
11	固化土	m ³	/
12	高强灌浆料	m ³	80
13	灌浆封隔器	套	4
14	桩内清淤	m ³	190.21
15	剪力键	t	4.1

表 3.8-6b 风机基础工程量汇总表

序号	项 目	规格	单位	总量
桁架式导管架基础工程(59 台)				
1.1	钢管桩	EH36/EH36-Z35	t	53985
1.2	导管架及上部过渡段	EH36N、EH36N-Z35	t	73859.15
1.3	基础顶法兰	单重约 15~20t	套	59
1.4	附属构件(靠船构件、平台、栏杆、爬梯、J 形电缆管)	Q355NE、Q235C	t	7434
1.5	钢管桩及导管架重防腐涂层	1000μm	m ²	295000
		800μm	m ²	147500
		600μm	m ²	26550
1.6	附属构件重防腐涂层	800μm	m ²	30090
1.7	外加电流	ICCP 保护系统	套	59
1.8	高强灌浆料		m ³	4720
1.9	灌浆封隔器		套	236
1.10	灌浆管线	Q355C	t	2632.58
1.11	桩内清淤		m ³	11222.39
1.12	剪力键	HRB400	t	241.9
合计	钢 材		t	138152.63
	高强灌浆料		m ³	4720

3.8.3 施工进度

工程准备期主要包括规划的生产生活临时设施建设、风电场场内扫海、施工供水、施工供电、施工通信等准备工程建设。工程准备工作完成以后，开展主体工程的施工。本工程计划于 2023 年 10 月开工，2024 年 10 月底工程完工，总工期 12 个月。各主要施工项目的进度目标见表 3.8-7。

表 3.8-7 施工总进度

序号	项 目 名 称	施工起止时间
1	项目开工	第 1 月
2	施工准备工作(施工用水、电、场地等临时设施)	第 1 月-2 月底，共 2 个月
3	主体工程施工(风机机组基础、电缆施工、	第 3 月初-第 12 月中，共 9.5 个月
4	首批机组到现场	第 4 月初
5	全部机组安装完毕，投产发电	第 12 月底

3.9 工程管理及运行维护生产工艺

(1) 运营期主要生产工艺

风电场运营期间主要工艺为海上风电机组利用风力带动风车叶轮旋转，将风能转化为机械能，发电机再将机械能转化为电能，然后电能通过 66kV 集电线路输送到风电场海上升压站，升压后再由 220kV 海缆输送至陆域运维中心，后通过陆缆输送到电网。

(2) 运维管理方案

当风电场的电气设备和机械设备进入稳定运行状态后，本项目海上风电场采用风电场区无人驻守、少人在运维中心值守的方式管理。风电场运行人员定员 15 人。工作人员直接在办公楼通过人机对话对风电场的风力发电机组进行远方监视、控制。风电机组大修可外委有能力有资质单位进行，以减少风电场的定员。

- 1) 年运营天数：365d；海上升压站采用无人值班、少人值守方式；
- 2) 海上日常维修次数：1~2 次/月；
- 3) 陆上运维中心作业班制及日昼夜小时数：3 班/日，24 小时/日；
- 4) 作业人数：风电场运行人员定员 15 人。海上维修维护人员 2 人。

4 工程分析

4.1 生产工艺与过程分析

4.1.1 施工期

本项目包括海上施工部分及陆上施工部分，施工现场覆盖范围较广，周边条件复杂。结合工程条件及施工条件，本工程施工期间分为海上施工作业区及陆上施工作业区，其中陆上设置两个施工临时布置区，1#施工布置区设置在烟台港蓬莱港区，2#施工布置区设置在陆上运维中心附近的平坦区域。

海上风电项目施工期间海上施工主要涉及的施工作业内容主要有风机基础施工与吊装、海上升压站建设和电缆敷设，在施工过程中可能对周围海域产生一定的环境影响；陆上施工作业主要为陆上运维中心建设及陆缆施工等，风机、海上升压站、桩基等委托外单位制作，外单位制作及陆上运输过程不属于本报告环评责任。产污环节分析如下：

1、风机施工

（1）施工顺序

导管架基础施工流程为：基础钢管桩、导管架制作及运输→钢管桩沉桩施工→安装导管架→导管架与钢管桩间隙灌浆。

风机机组采用自升式平台船为承载体的分体安装方案，施工流程为：风电机组组件预拼装——风电机组部件场内运输——风电机组安装。

（2）产污环节分析

风机基础施工与安装施工工序和产污环节见图 4.1-1。

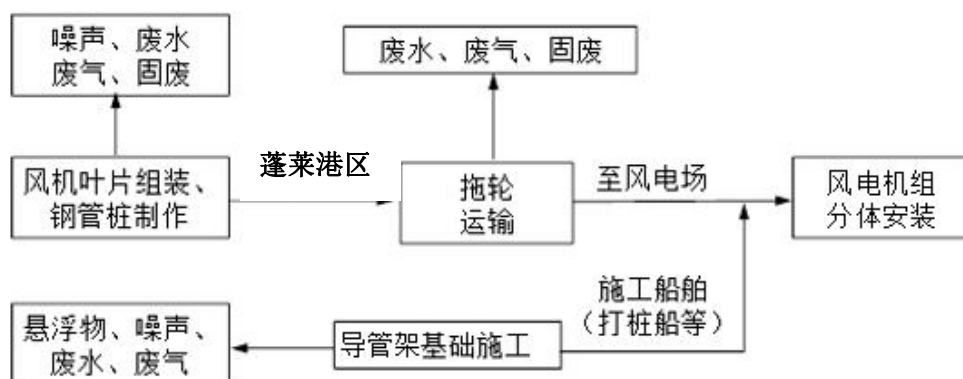


图 4.1-1 风机基础施工与安装施工工序和产污环节图

由图 4.1-1 可知，风机基础施工与安装过程中海域主要污染环节为打桩时产生的悬浮物、施工船舶产生的废水、废气以及固体废弃物等，其中废气主要为施工机械燃油

废气，废水为施工船舶污废水，固体废弃物主要为施工人员生活垃圾以及施工废料等；陆域主要污染环节为施工废料、陆域施工人员产生的生活垃圾以及生活污水等。

2、海上升压站施工

(1) 施工顺序

钢结构加工与制作→电气设备安装、调试→下部导管架沉放→钢管桩沉桩施工→上部组块整体安装→电气设备联动调试。

(2) 产污环节分析

海上升压站施工工序和产污环节见图 4.1-2。

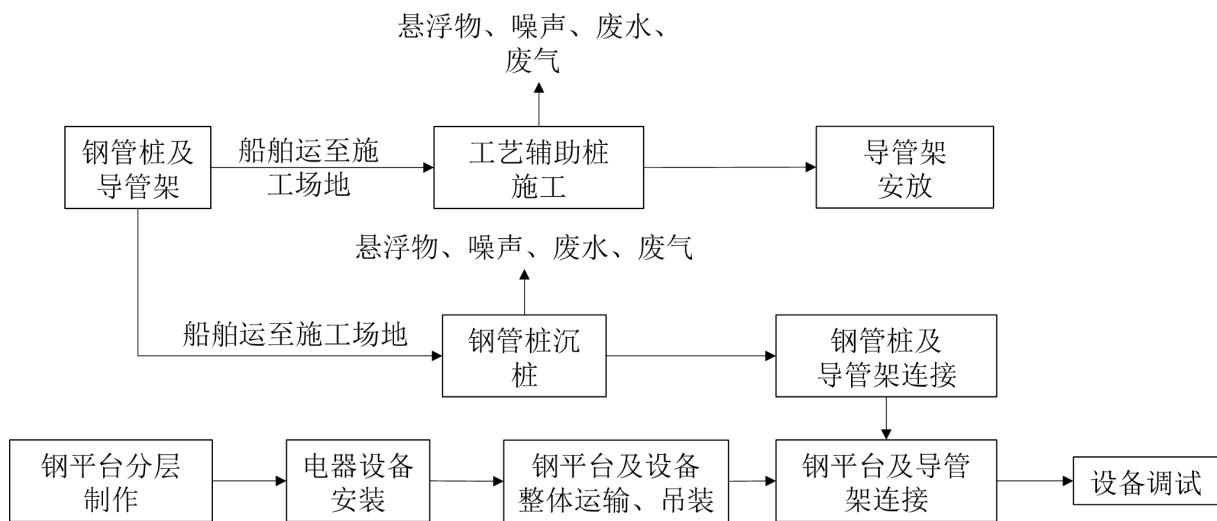


图 4.1-2 海上升压站施工工序和产污环节图

由图 4.1-2 可知，海上升压站施工过程中海域主要污染环节为打桩时产生的悬浮物、施工船舶产生的废水、废气以及固体废弃物等，其中废气主要为施工机械燃油废气，固体废弃物主要为施工人员生活垃圾以及施工废料等。

3、海缆施工

海底电缆施工工序和产污环节见图 4.1-3。

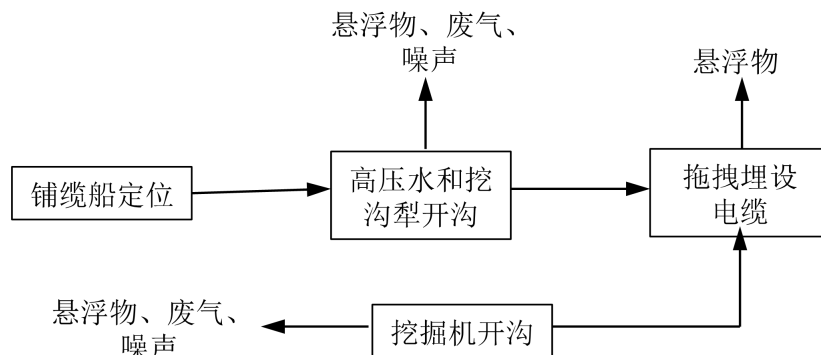


图 4.1-3 海底电缆施工工序和产污环节图

由图 4.1-3 可知，海底电缆施工过程中海域主要污染环节为挖沟犁开沟过程中以及埋设电缆过程中产生的悬浮物，其中废气主要为施工机械燃油废气。此外，由于施工多在海上进行，因此还包括施工船只、运输船只的燃油废气、噪声、含油废水等；同时施工人员有生活污水、生活垃圾排放。

4、陆上运维中心施工

陆上运维中心施工工序和产污环节详见图 4.1-4。

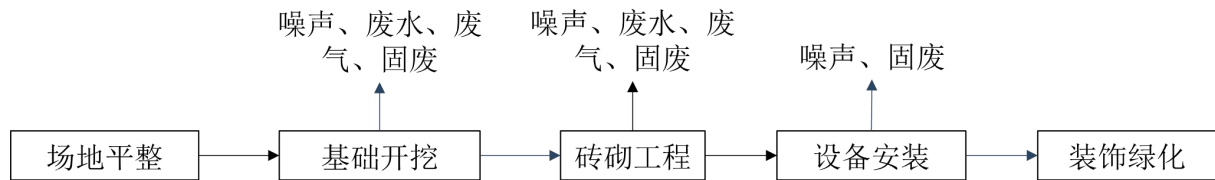


图 4.1-4 陆上运维中心施工工序和产污环节图

由图 4.1-4 可知，陆上运维中心施工不涉及海域，主要污染环节为基础开挖、土建以及设备安装等。运维中心属于常规的城市房屋建设工程，施工所用混凝土采用外购商品混凝土，施工污染主要包括机修含油废水、施工机械噪声、施工人员产生的生活污水和生活垃圾。

5、陆缆施工



图 4.1-5a 陆缆（排管）施工工序和产污环节图

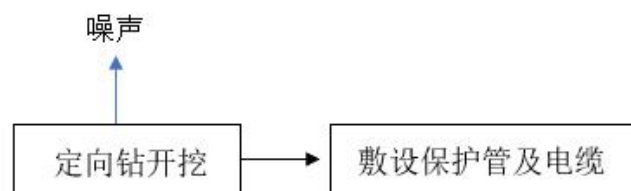


图 4.1-5b 陆缆（拉管）施工工序和产污环节图

陆缆施工过程对陆域生态产生一定影响，施工污染主要为施工机械噪声、扬尘。

4.1.2 运营期

风电场运营期间主要工艺为海上风机发电，风电机组发出电能通过 66kV 海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆接入陆上运维中心；后通过陆上运维中心电抗器、主变器和 SVG 设备等设施进行调节电能质量，然后并入电网。

（1）风机结构及工作原理

风力发电机组是把风能转化为电能的装置。其工作原理是利用空气流动经过叶片，形成叶片正反面压力差，带动风轮旋转并不断横切空气流体，由风轮转动带动发电机，将机械能转化为电能并输出。

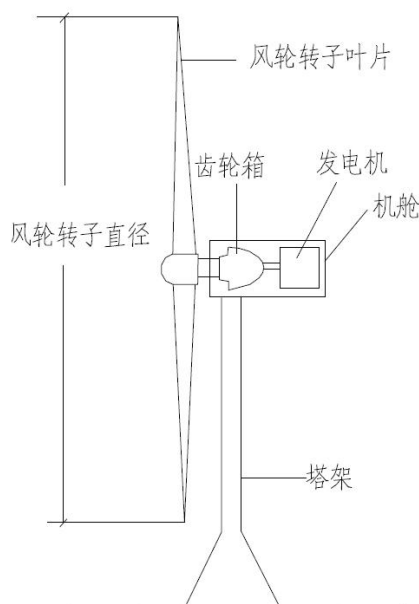


图 4.1-6 风力发电机组结构图

（2）产污环节分析

运营期仅是风能向电能的转化过程，该转化过程本身不产生污染物。运营期风电场主要环境污染因素包括风机机组运行噪声等。海上升压站则有主变噪声、工频电磁场，海底电缆有工频电磁场。另外，风机运行维护船舶将产生少量的船舶污水、船舶废气和噪声影响，以及风机维护维修的少量废油和海上升压站主变压器、高压电抗器检修或发生事故时产生少量的油污水。

陆上运维中心产生的噪声、工频电磁场，以及工作人员产生的生活污水、生活垃圾。

风电场运营期间主要流程及产污环节见图 4.1-7。

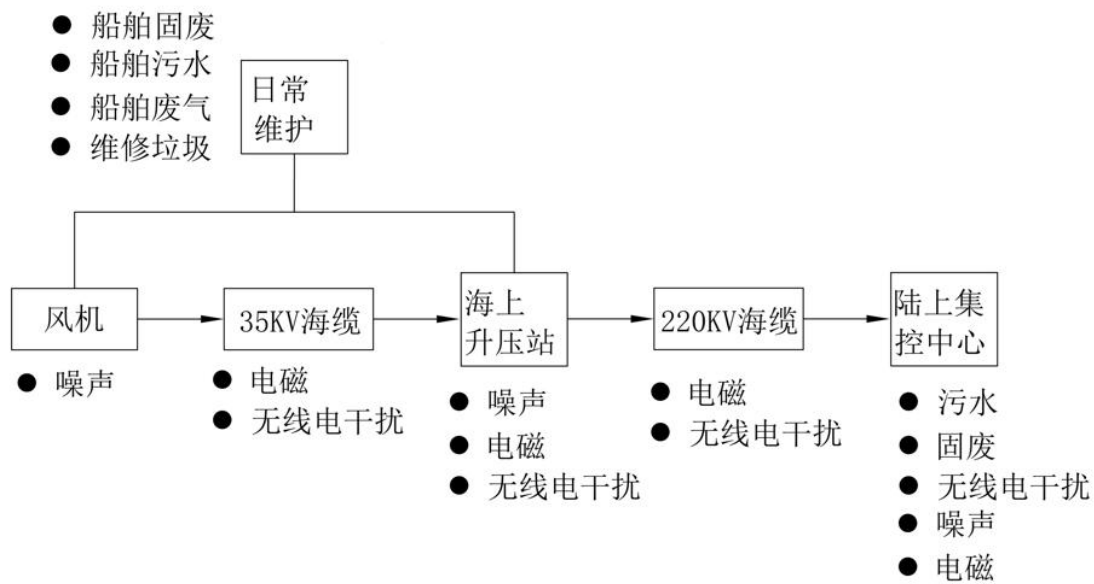


图 4.1-7 风电场运营期运行工序及产污环节示意图

4.2 污染物源强核算

4.2.1 施工期污染因素及源强核算

(1) 施工期废水污染物

1) 船舶含油污水

施工期间船舶含油污水主要来自机舱油污水，据统计本项目施工期共投入各种船舶 25 艘。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶舱底油污水产生量依据船型而不同，具体统计情况见表 4.2-1。

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）要求，舱底油污水含油量按实测资料确定，无实测资料时，可取 2000～20000mg/L，计算时取中间值 11000mg/L，按保守考虑，所有船舶同时施工作业，则施工期船舶含油污水产生量为 18.15m³/d，施工期按每年 300 天计，石油类污染物产生量为 59.9t/a。船舶含油污水统一收集后，委托有资质单位接收处理。

表 4.2-1 主要施工船机设备及油污水产生量统计表

序号	船机设备名称	型号	数量	舱底油污水产生量 (m³/·艘)	油污水产生量 (m³/d)
1	浮式起重船	1000t	1	0.27	0.27
2	全回转浮式起重船	2400t	1	0.65	0.65
3	浮式起重船	5000t	1	1.39	1.39
4	浮式起重船	5000t	1	1.39	1.39
5	自航驳船	10000t	1	2.80	2.80
6	自航驳船	5000t	2	1.39	2.78
7	自航驳船	4000t	1	1.08	1.08

8	甲板驳船	2000t	1	0.54	0.54
9	拖轮	2000HP	1	0.54	0.54
10	拖轮	3000HP	3	0.81	2.43
11	抛锚艇	<500t	3	0.14	0.42
12	补给船	<500t	2	0.14	0.28
13	交通艇	<500t	2	0.14	0.28
14	自升式起重平台船	>1000t	1	0.27	0.27
15	1 号铺缆船	3000t	1	0.81	0.81
16	2 号铺缆船	6000t	1	1.68	1.68
17	水陆两栖挖掘机	500~1000t	2	0.27	0.54
合计			25		18.15

2) 陆域机修含油污水

工程机械设备大修主要委托当地相关修配企业承担。陆域施工区布置机械保养场主要承担保养维护工作，含油废水生产量平均约 $0.15\text{m}^3/\text{d}$ ，年产生量约 $45.0\text{m}^3/\text{a}$ 。污染物石油类含量约 2000mg/L 。机修油污水由维修企业负责委托资质单位接收处理。

3) 船舶生活污水

本项目施工期按照每艘施工船配置 10 人考虑，高峰时船舶上工作人员数量可达 250 人，根据《国内航行海船法定检验技术规则》，生活污水按照每人每天 70L 计算，则船舶工作人员生活污水产生量为 $17.5\text{m}^3/\text{d}$ 。船舶施工工作日按 300 天计算，则施工期船舶工作人员生活污水产生量为 $5250\text{m}^3/\text{a}$ 。船舶生活污水主要污染物浓度按 COD 350mg/L 、BOD 150mg/L 、SS 350mg/L 、氨氮 40mg/L 计，则污染物产生量为 COD 1.84t/a 、BOD 0.79t/a 、SS 1.84t/a 、氨氮 0.21t/a 。船舶生活污水统一收集后，委托有资质单位接收处理，禁止随意排放。

4) 施工场地生活污水

本项目施工期陆域施工人员高峰时按照按 50 人计。参考《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中的“生活源产排污核算系数手册”表 2-1 农村生活污水排放系数及污染物产污强度，项目所在的山东省烟台市的农村生活污水排放系数及污染物产污强度，生活污水排放系数按 $39.46\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，COD、氨氮、总氮、总磷的产污强度分别按 $34.10\text{g}/\text{人}\cdot\text{d}$ 、 $1.47\text{g}/\text{人}\cdot\text{d}$ 、 $2.28\text{g}/\text{人}\cdot\text{d}$ 、 $0.16\text{g}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，年施工作业天数按 300d，施工期陆域生活污水的产生量为 591.9t/a (1.97t/d)，工程施工期间 COD、氨氮、总氮和总磷的产生量分别为 511.50kg/a 、 22.05kg/a 、 34.20kg/a 、 2.40kg/a 。施工现场无市政污水管网，施工现场产生的生活污水由施工单位负责统一收集后，由槽车送至市政污水处理单位处理。

5) 悬浮泥沙

施工期间产生悬浮泥沙的施工环节主要为桩基基础施工与海缆敷设。

1) 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。

风机采用四桩导管架基础，用 4 根钢管桩定位于海底，4 根桩呈正方形均匀布设，上部导管架结构插入到钢管桩里，通过水下灌浆，构成组合式基础。四桩导管架基础桩径 2.50m，钢结构最大厚度约为 95mm，入土深度约为 64m，再悬浮泥沙占挤压泥土的 1%计，泥沙密度取 1500kg/m^3 ，施工时间单次按 8h 算，则风机基础钢管桩的施工源强为 0.024kg/s 。

海上升压站基础采用 $\phi 2200$ 开口变壁厚钢管桩，壁厚取为 55mm，桩入泥约 68m，再悬浮泥沙占挤压泥土的 1%计，泥沙密度取 1500kg/m^3 ，施工时间单次按 8h 算，升压站桩基施工源强为 0.013kg/s 。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加 ($>10\text{mg/L}$) 范围一般半径在 100m 内。

2) 海缆敷设产生的悬浮泥沙

大于 2.5m 水深区域敷设电缆采用的埋设犁埋设速度 $3\sim 6\text{m/min}$ ，电缆海底 ($\Phi 30\sim \Phi 200\text{mm}$) 最大埋深约 2.0m，开沟犁宽约 0.3m。

本项目海底电缆埋深按 2m 计，开沟宽按 0.3m 计，海底电缆铺设速率以埋设犁埋设速度按 6m/min 计，埋设犁施工过程不进行任何挖掘工作，仅在海底临时切割出一条管沟，光缆立刻嵌入到管沟中。埋设犁经过该区域后，海底沉积物将管沟掩埋，而不需要填埋工作。

起沙率以施工土方量的 7% 计，管线铺设悬浮沙的产生速率计算公式如下：

产生速率 = 搅动沉积物的横截面积 $\times$ 设备移动的速度 $\times$ 沉积物密度 (干密度) $\times$ 起沙率
 $= 2\text{m} \times 0.3\text{m} \times 6\text{m/min} \times 60\text{min/h} \times 1500\text{kg/m}^3 \times 7\% = 22680\text{kg/h} = 6.3\text{kg/s}$ 。

(2) 环境空气污染

施工期废气主要包括陆上运维中心施工扬尘及陆缆沟槽开挖过程产生扬尘污染、运输道路扬尘，施工机械、船舶及汽车产生的尾气。

1) 陆上运维中心基础开挖及陆缆沟槽开挖过程产生的扬尘污染、运输道路扬尘

本项目陆上运维中心基础开挖及陆缆沟槽开挖过程产生扬尘污染。相关研究结果

表明（杨全、舒麒麟，《施工扬尘污染及防治措施》，2012 年），在无任何防尘措施的情况下，污染范围约 150m，受影响区域的 TSP 浓度平均值为 $0.491\text{mg}/\text{m}^3$ ，相当于大气环境质量的 1.6 倍，下风向 TSP 最大浓度可达到对照点的 6.39 倍；而在有防尘措施（围墙）的情况下，污染范围降至 50m，最高浓度是对照点的 4.04 倍。由此可见，在有防尘措施的情况下，施工扬尘影响较大的区域一般在施工现场 50m 以内，在施工现场 50m 以外基本上满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

项目陆上运维中心及陆缆工程涉及土石方运输，类比相关工程，在土石方运输线路两侧 20~25m 的 TSP 增加量为 $0.072\sim 0.158\text{mg}/\text{m}^3$ ，可见扬尘污染范围在道路两侧约 30m 范围内。施工单位应落实《山东省扬尘污染防治管理办法》（山东省人民政府令第 311 号，2018 年修订）、《烟台市扬尘污染防治管理办法》等要求采取设置围挡、篷布覆盖、洒水降尘等一系列污染控制措施，减少道路扬尘污染。

2) 施工机械、船舶及汽车等产生的尾气

施工机械、船舶及汽车产生的尾气，尾气自然排放，主要污染物为氮氧化物和二氧化硫，由于产生量较少，且施工区域为开阔海域，对环境影响较小。项目应加强施工车辆和非道路移动机械污染防治措施，严格落实《山东省非道路移动机械排气污染防治规定》。落实《非道路移动机械污染防治技术政策》（生态环境部 2018 年第 34 号）、《山东省非道路移动机械排气污染防治规定》等要求，非道路移动机械经当地县级生态环境部门检验合格后方可使用，使用达到国三及以上非道路移动机械，禁止使用高排放、检测不达标设施，施工车辆及非道路移动机械使用符合国六标准的汽柴油等。施工期采取相应措施后可减轻环境空气影响。

（3）环境噪声

本工程施工噪声源主要包括以下几类：

1) 施工机械

施工现场的各类机械设备包括装载机、两栖挖掘机、打桩机，还有电气接线埋设噪声等，这类机械是最主要的施工噪声源，噪声在 70-90dB 之间。

2) 运输船只

施工中土石方调配，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。

3) 桩基打桩噪声

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。桩基施打的水下噪

声源强主要取决于桩柱管径、重锤敲击能量等。

项目布置 42 台单机容量为 12MW 风电机组，采用四桩导管架基础结构，导管架基础桩径 3.20m，桩中心距为 30m，入泥深度约 75.5m。根据噪声专题计算结果，项目打桩噪声源强约 236dB re1 μ Pa-m。

各施工环节主要施工机械设备产生的噪声源强情况见表4.2-2。

表 4.2-2 施工机械噪声源强

序号	机械设备名称	单位	数量	噪声源强（距声源 10m），dB（A）
1	锤击系统	台	2	102
2	液压锤	台	1	95
3	卷扬机	台	2	80
4	两栖挖掘机	台	2	82
5	1m ³ 挖掘机	台	2	85
6	0.5m ³ 挖掘机	台	2	85
7	装载机	台	2	75
8	74kW 推土机	台	4	76
9	12~15t 振动碾	台	4	85
10	蛙式打夯机	台	6	90
11	建筑塔机	台	2	78
12	插入式振捣器	套	6	75
13	对焊机	台	2	85
14	钢筋切断机	台	2	75
15	钢筋弯曲机	台	2	70
16	电焊机	台	8	85
17	300t 汽车吊	台	1	75
18	IS80-50-250 水泵	台	1	70
19	10t 自卸汽车	辆	3	82
20	平板运输车	辆	6	70
21	混凝土搅拌车	台	5	75

（4）固体废物

施工期高峰时船舶上工作人员数量可达 250 人，陆域施工场地工作人员数量可达 50 人。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），港作船船舶生活固体废物发生量为 1.0kg/人·d，陆域生活垃圾量按照 1.50kg/人·d，年施工天数按照 300d 计，则施工期船舶生活垃圾产生量为 75.0t/a（250.0kg/d），陆域生活垃圾产生量为 22.5t/a（75.0kg/d）。

登陆段采用定向钻施工，长度 1352m，电缆套管规格为 $\Phi 610 \times 12\text{mm}$ ，双回海缆定向钻施工产生土石方量约 790m³，（定向钻施工土石方=1352m*（ $\pi * 0.61^2 / 4$ ）

*2) 土石方运至陆域运维中心用于基础施工，不得随意丢弃。

陆上运维中心施工时产生建筑垃圾，建筑垃圾分类收集，集中存放，将其中可作为原材料再生利用的成分进行回收再利用，其他成分外运至垃圾处理厂处理。

施工期污染物排放状况见表 4.2-3。

表 4.2-3 施工期主要污染物产生及排放情况一览表

环境要素	污染源		发生情况	主要污染物	排放/处理方式
水环境	含油污水	船舶含油污水	18.15m³/d	石油类	资质单位接收
		机修含油污水	45.0m³/a		
	生活污水	船舶生活污水	5250m³/a (17.5m³/d)	COD、BOD、 氨氮、SS	资质单位接收
		陆域生活污水	1.97m³/d	COD、氨氮、 总氮、总磷	施工单位负责 收集处理
	悬浮泥沙	桩基施工、 海缆铺设	11.25kg/s	SS	自然排放
声环境	施工船舶行驶、机械作业		70~90dB	噪声	自然传播
	打桩水下噪声		220dB		
	陆域施工、陆域加工、车 辆运输		70~90dB		
大气环境	陆域施工场地		0.491mg/m³	扬尘	间断排放
	车船废气		少量	NOx、SO₂、 CO	自然排放
固体废物	船舶生活垃圾		75.0t/a (250.0kg/d)	固废	资质单位接收
	陆域生活垃圾		22.5t/a (75.0kg/d)	固废	环卫部门接收 处理
	定向钻土石方		790m³	固废	陆域运维中心 基础填埋
	建筑垃圾		/	固废	进行综合回收 利用

4.2.2 运营期污染因素及源强核算

(1) 运营期废水污染物源强估算

运营期水环境污染因素主要为陆域生活污水、船舶生活污水、运维船舶的油污水。

1) 生活污水

①陆域生活污水

本项目建成后陆上运维中心工作人员为 15 人，参考《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中附 3 生活源中表 2-1 农村生活污水排放系数及污染物产污强度，项目所在的山东省烟台市的农村生活污水排放系数及污染物产污强度，生活污水排放系数按 39.46L/人*d，COD、氨氮、总氮、总磷的产污强度分别按 34.10g/人*d、1.47g/人*d、2.28g/人*d、0.16g/人*d 计，年运营天数按 365 天计，估算运营期生活污水的产生

量为 216.04t/a (0.59t/d)，COD、氨氮、总氮和总磷的产生量分别为 186.70kg/a、8.05kg/a、12.48kg/a、0.876kg/a。生活污水产生量按用水量 80% 计，则生活污水用水量为 270.05t/a。陆域生活污水由运维中心内新建的生活污水处理设施（处理能力为 0.5m³/h）处理后满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）相关标准后用于厂区绿化、洒水抑尘等。

②船舶生活污水

运营期海上风电场采用风电场区无人驻守、少人在运维中心值守的方式管理，仅巡视和检修时有人员进出，每月巡检 1~2 次。按每次巡检人数 2 人及 4 名船员共计 6 人计，生活污水按照每人每天 70L 计算，则船舶工作人员生活污水产生量为 0.42m³/d。按照每年工作天数按 24 天计（每月 2 次），则巡检人员生活污水年产生量为 10.08m³/a，船舶生活污水主要污染物浓度按 COD 350mg/L、BOD 150mg/L、SS 350mg/L、氨氮 40mg/L 计，则污染物产生量为 COD 3.53kg/a、BOD 1.51kg/a、SS 3.53kg/a、氨氮 0.40kg/a。船舶生活污水收集后交由船舶污染物处理资质单位接收。

2) 含油污水

参考《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），工作船舱底油污水产生量为 0.14m³/d·艘，工作船每月巡检 1~2 次，每年工作天数最多为 24 天，含油污水产生量为 3.36m³/a，舱底油污水含油量取 11000mg/L，石油类污染物产生量为 36.96kg/a。含油污水在船舶上密封储存，到港后交由资质单位接收处理。

本项目年供水平衡分析见图 4.2-1。

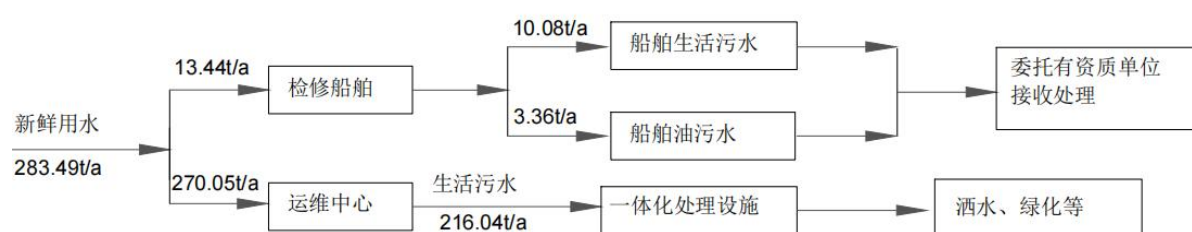


图 4.2-1 项目水平衡图

(2) 运营期废气污染物源强估算

海上风场运营期主要是风力发电，工艺过程无废气产生。

检修船舶产生的尾气自然排放，主要污染物为氮氧化物和二氧化硫，产生量较少，对环境影响较小。海上升压站设置 1 台柴油发电机组作为事故紧急备用电源，平时不运行。运行时柴油将作为发电机的能源，内燃后会产生 NO_x、SO₂ 及 CO 等少量废气，全部为无组织自然排放，对大气环境影响较小。

陆上运维中心职工食堂产生的少量餐饮油烟经油烟净化器处理后排放。

(3) 运营期噪声

1) 风机噪声分析

本工程运行期主要噪声源为风力发电机组工作过程中在风及运动部件的激励下，叶片及机组部件产生了较大的噪声，其噪声源主要有：

①机械噪声及结构噪声

a. 齿轮噪声。啮合的齿轮对或齿轮组，由于互撞和摩擦激起齿轮体的振动，而通过固体结构辐射齿轮噪声。

b. 轴承噪声。由轴承内相对运动元件之间的摩擦和振动及转动部件的不平衡或相对运动元件之间的撞击引起振动辐射产生噪声。

c. 周期作用力激发的噪声。由转动轴等旋转机械部件产生周期作用力激发的噪声。

d. 电机噪声。不平衡的电磁力使电机产生电磁振动，并通过固体结构辐射电磁噪声。

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，而且对人的烦扰度最大。这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，如提高加工工艺和安装精度，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件等。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

②空气动力噪声

空气动力噪声由叶片与空气之间作用产生，它的大小与风速有关，随风速增大而增强。处理空气动力噪声的困难在于其声源处在传播媒质中，因而不容易分离出声源区。

③通风设备噪声

散热器、通风机等辅助设备产生的噪声。

④单台风机噪声

风机运行过程中产生的噪声主要由有机械及结构噪声和空气动力噪声组成，空气动力噪声主要由叶片快速转动从而形成气流湍流扰动形成，因此叶片转速越高造成的空气动力噪声越强。

参考相关数据，本项目所用风机为 3 个叶片、12MW，在风机轮毂处的最大声功率级取 110dB/re20μPa。根据浙江省环境监测中心、华东勘探设计院风电场噪声研究，对

近年来国内浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风力发电机组噪声水平进行的多次实测结果表明：监测值的平均值范围为 38.7~65.8dB，经过点声源衰减模型反推，国产风力发电机组轮毂处的最大声功率级一般在 95~106dB 之间。因此，综合国内外风机厂家资料和国内实测推算数据，本工程风力发电机组噪声源以取值 110dB/re20μPa 作为评估分析。

2) 海上升压站噪声分析

工程采用低噪声变压器，变压器满负荷运行且散热器全开时，其外壳 1.0m 处的噪声级不大于 70dB (A)。变压器属于固定噪声源，经采用无指向性点声源的几何发散衰减公式预测，变压器产生的噪声在距离其 50m 处已经衰减到 36dB (A)，能确保厂界噪声达到《工业企业厂界噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准。

3) 水下噪声

营运期的水下噪声主要由风机运转而产生，尤其是低频噪声通过结构振动经塔筒、风机桩基等不同路径传入水中而产生了水下噪声。根据厦门大学实测东海大桥海上风电场风机水下噪声，风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似，总体强度随频率增加而明显较小，在 1~20kHz，中功率谱级分布在 140dB/1μPa 到 65dB/1μPa 之间，在 120 到 1.5kHz 有一较宽的裙带状谱，强度增加为 10~20dB/1μPa。

4) 陆上运维中心产生的噪声

陆上运维中心的噪声主要来源于电气设备运行产生的噪声，如变压器、高抗器等通电运行时产生的噪声，噪声源强为 65dB (1.0m 处)。

(4) 运营期固体废物

1) 生活垃圾

检修船产生的生活垃圾，每次巡检人数 6 人，按照每人 1kg/d 的产生量估算，则垃圾产生量为 6kg/d。工作船每月巡检 1~2 次，每年工作天数最多为 24 天，则巡检人员生活污水年产生量为 0.14t/a。检修船生活垃圾收集后委托有资质单位接收处理。

本项目陆上运维中心工作人员约 15 人，生活垃圾按照每人 1.5kg/d 的产生量估算，年工作天数按照 365 天计，陆上运维中心工作人员生活垃圾产生量约 22.5kg/d，年产生量约 8.21t/a。生活垃圾收集后交由市政环卫部门接收处理。

经估算，陆上运维中心污水处理设施产生的污泥约为 50kg/a，收集后交由市政环卫部门处理。

2) 危险废物

工程运行期间产生的危险废物主要有海上升压站变电设备运行产生的废铅蓄电池，检修过程中产生的油渣、油垢、废油等，风机日常维护产生的少量含油抹布。

①废铅蓄电池：海上升压站和陆上运维中心的变电设备运行过程产生废铅蓄电池，产生量约 30kg/a。

②废油：主变压器定期检修，一般每年检修一次，检修过程将产生油渣、油垢、废油等，产生量为 35kg/a。

③含油抹布：风机日常维护也将产生少量含油抹布，根据陆上同类工程类比情况，维护产生含油抹布的量约为 50kg/a。

表 4.2-4 危险废物类别及特性一览表

序号	危险废物名称	废物类别	危险废物代码	产生量 (吨/年)	产生工序 及装置	形态	有害成分	危险特性
1	机修含油抹布	HW49 其他废物	900-041-49	0.05	日常检修	固态	油类	T,I
2	废油	HW08 废矿物油与含矿物油废物	900-214-08	0.035	日常检修	固、 液态	油类	T,I
3	废铅蓄电池	HW31 含铅废物	900-052-31	0.030	日常检修	固态	重金属	T,C

项目海上升压站设置事故油池，陆上运维中心设有危废暂存间，项目海上产生的废油收集于废油收集罐，含油抹布、废铅蓄电池、废油等危险废物运往陆上运维中心危废暂存间，统一委托有资质单位接收处置。

(5) 电磁辐射影响

本项目海上风电场电磁环境来源主要有：1 座海上 220kV 升压站、风电场内 66kV 和风电场外 220kV 的海底电缆、陆上运维中心。国外实例证明，已经建成的海上风电场的风机系统、升压站和输电线路对船舶、包括维修船和直升机等，均未造成通信干扰。

由于升压站电气设备均布置在室内，经过建筑物的屏蔽，电气设备室外工频场强值基本与周围环境本底值接近，故升压站对电磁环境影响很小。

风电场输电电缆埋设于海底 2.0m 以下，海缆有加强铠装保护，敷设于海底后有较好的屏蔽作用，电磁影响很小。

类比监测数据显示，220kV 升压变电站接入运行后，其工频电场强度在 9.36V/m~460.28V/m 之间，磁感应强度在 31.35nT~361.5nT 之间，均远低于导则推荐的居民区评价标准（工频电场强度 $\leq 4\text{kV/m}$ ，工频磁感应强度 $\leq 0.1\text{mT}$ ）。

综上，运营期污染物排放状况见下表 4.2-5。

表 4.2-5 运营期主要污染物产生及排放情况一览表

环境要素	污染源	产生量	主要污染物	排放/处理方式
水环境	陆域生活污水	216.04 m ³ /a	COD、氨氮、总氮、总磷	污水处理设施处理后回用
	检修船舶生活污水	10.08m ³ /a	COD、BOD、SS、氨氮	委托有资质单位接收处理
	检修船含油污水	3.36m ³ /a	石油类	委托有资质单位接收处理
声环境	风机噪声	110dB	噪声	自然排放
	升压站噪声	70dB	噪声	自然排放
大气环境	检修船舶废气	—	SO ₂ 、NO _x	自然排放
	食堂油烟	—	油烟	经油烟净化装置后排放
固体废物	船舶生活垃圾	0.14t/a	生活垃圾	委托有资质单位接收处理
	陆上运维中心生活垃圾	8.21t/a	生活垃圾	交由市政环卫部门处理
	生活污水处理设施废污泥	50kg/a	/	
	废铅蓄电池、油渣、含油抹布等危险废物	115kg/a	危废	陆上运维中心危废暂间暂存，委托有资质单位处置
电磁环境	电缆、升压站、陆上运维中心	—	工频电场和工频磁感强度	加强铠装保护、海底/地下埋设

4.2.3 工程各阶段非污染环节与环境影响分析

(1) 施工期

工程施工期非污染环节的影响主要是桩基施工可能造成的沉积物环境的影响，以及对浮游动植物等造成损失；项目占用和破坏海洋生物资源的栖息环境，将会对海洋生态资源造成损害，导致海洋生物量的损失；施工噪声对海洋生物产生一定的惊扰。

(2) 运营期

工程运营期生态影响环节主要是工程用海使得周边海域潮流场发生变化，改变了周边海域的水文水动力环境和地形地貌冲淤环境，风机基础和海上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，产生局部的冲刷或淤积。项目建设对鸟类的迁徙产生一定的影响。项目建成后对周边的通航产生一定的影响。

5 环境现状调查与评价

5.1 自然环境概况

5.1.1 气候气象

牟平区为北温带季风型大陆性气候。因受海洋调节，表现出春冷、夏凉、秋暖、冬温，昼夜温差小、无霜期长，大风多、湿度大等海洋性气候特点。季风进退和四季变化均较明显。

牟平气象站位于 121°25'E，37°23'N，台站类别属一般站。据调查，该气象站周围地理环境与气候条件与项目所在地周围基本一致，且气象站距离拟建项目较近，该气象站气象资料具有较好的适用性。

(1) 气温

根据牟平气象站多年长期观测资料统计，多年平均气温为 12.4℃，极端最高气温和极端最低气温分别为 40.4℃（2005 年）和-15.6℃（2003 年）。

(2) 降水

多年平均降水量 650mm，降水集中在 7、8 月份，约 320mm，占全年的 50%；4、5 月份为少雨季节。年最大降水量 1149.1mm（1975 年）；年最小降水量 257.1mm（1986 年）。

(3) 雾况

本区主要是辐射雾，次为平流雾，多发生在春夏季，秋季较少，历年平均雾日数 28 天，能见度小于 1000m 的大雾平均每年出现 18 天。

(4) 风况

烟台地区夏季盛行 SSE 向风，冬季盛行 NW 向风。常风向为 SSE 向，频率为 11%，次常风向为 NNW 向，频率为 10%，强风向为 NW，次强风向为 SSE 向。

历年年平均风速 5.6m/s，最大风速为 40m/s。月平均风速 11 月至翌年 1 月最大，其中尤以 11 月为最大，为 6.6 m/s，夏、秋季最小，其中尤以 9 月份为最小，为 4.5m/s，6-9 月各月平均风速均不大于 5m/s。春季平均风速较秋季为大。

牟平近 20 年各风向频率见表 5.1-1，图 5.1-1 为牟平近 20 年风向频率玫瑰图。

表 5.1-1 牟平气象站近 20 年（1993~2012 年）各风向频率

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
平均	6.6	6.6	6.1	2.2	1.5	1.5	3.8	9.9	14.5	8.4	5.3	3.3	4.2	3.5	5.3	6.8	10.7

5.1.2 海洋水文

(1) 潮汐

1) 基面关系

根据老虎滩海洋站和成山头海洋站 2016-2021 年的潮位资料，其平均海平面分别为 6.7、9.2cm（85 高程基准），考虑本工程场区位于 2 个测站之间，在此取 2 个站平均值作为工程海域海平面，即工程海域平均海平面在 85 国家高程基准之上 8.0cm，理论深度基准面亦取 2 个站均值，在平均海平面之下 129cm。工程海域基面关系见图 3.1-2。

2) 潮汐特征

①潮汐类型

项目场址位于山东和辽宁海域之间的北黄海中部，周边海洋站包括老虎滩海洋站、芝罘岛海洋站、成山头海洋站等正规海洋站。根据同潮图可知，老虎滩海洋站、芝罘岛海洋站为正规半日潮汐，成山头海洋站属于不正规半日潮汐，工程位置位于正规半日潮和不正规半日潮分界线附近，适宜综合 3 个海洋站资料来综合分析工程海域潮汐特征。

②潮汐特征值

由 1980-2019 年资料统计分析得出：老虎滩站平均高潮位为 329cm，平均低潮位。

3) 设计水位

表 5.1-2 设计高、低水位统计表

(2) 波浪

工程场区专用波浪站观测尚未满年，本阶段参考工程场区场址西北侧 85km 老虎滩海洋站、东南侧 89km 成山头海洋站、西南侧 82km 芝罘岛海洋站共 3 个海洋站波浪统计资料来介绍场址波浪概况。

(3) 海流

芝罘湾的潮流受成山头 M2 旋转潮波系统以及渤海海峡 K1 旋转潮波系统的共同影响，潮流性质比较复杂，存在规则半日潮流、不规则半日潮流、规则全日潮流和不规则全日潮流四种性质的潮流。

芝罘湾潮流涨潮至半潮面附近时，涨潮流最强，涨潮主流向 SW，涨潮时水体由芝罘湾北湾口进入，逆时针转向东并由东湾口流出，涨至高潮前后，流速最小，随后水位下降，流速增加，水位在半潮面时落潮流速最强，落潮主流向 NE，然后流速逐渐减

弱，低潮时流速最小，落潮流水体由北湾口流出，与涨潮流相反。

芝罘湾湾口附近潮流运动形式以往复流为主，湾内多是顺时针方向的旋转流，椭圆长轴方向基本与岸线平行。

5.1.3 区域构造

工程区位于山东半岛北部，以牟平—即墨断裂带（F2）为界，其北西属于华北板块南缘，南东为秦岭—大别—苏鲁造山带。两个 I 级构造单元进一步划分为胶辽隆起区（II 级）之胶北隆起（III 级）和胶南—威海隆起（II 级）之威海隆起（III 级），详细划分情况见图 5.1-6。

区内总体构造线以北东向为主，北北东次之，北西向较少。其应力场以扭性和亚扭性为主。从不同时代的深成侵入岩及变质岩分布情况来看，区域内经历了多期构造叠加及中深层次的韧性变形。主要断裂在中更新世以后活动性不强，该区地质构造较稳定。

图 5.1-6 区域构造示意图

5.1.4 地质地貌

（1）地形地貌

烟台市北濒黄海，地形南高北低，各岛、山及沿岸的岩层是古代的芝罘系变质岩，主要是各种片麻岩、石英岩和片岩，近海基岩埋入深度由陆向海逐渐加深，近海海域分陆相、海相两大沉积层。崆峒岛系构造断裂而形成基岩岛，四周岩石裸露，属石英岩，含磁铁、电气石、白云母，底层含石英达 95%。工程附近海域沉积物为浅灰色黏土质粉砂，下部沉积物较硬，粉砂含量较高，且含有少量贝壳碎屑。

芝罘湾南岸为胶东丘陵，西岸是芝罘岛连岛沙坝，北岸为芝罘岛，湾口有崆峒岛。湾内海底平缓，向东缓倾，并以东、北水道与黄海相连。湾内海岸地貌类型丰富，包括：海蚀崖、海蚀洞穴、海蚀平台、海蚀柱、连岛沙坝和沙咀、冲海积平原和海滩，近些年来随着烟台市海洋经济的快速发展，芝罘湾海洋开发利用规模不断扩大，修建了多处沿岸人工建筑，例如：码头、堤坝等，构成了芝罘湾内的人工海岸地貌。芝罘湾低潮线以下，海底地貌自西向东倾斜。根据底质水深特点，结合水动力条件分析，其湾内海底地貌可归纳为：水下岸坡，浅海平原以及水下洼池。芝罘湾海底大部分属于水下岸坡，除近岸较陡外，其它海底较平缓；浅海平原一般分布在水下岸坡的外围，水动力较弱，地势平坦，向外海缓倾，底质较细；水下洼地位于芝罘湾口

门附近，处于涨落潮流的强流区，是潮流长期冲刷海底形成的凹槽负地形，底质较周围海底粗。

（2）风电场区工程地质

本项目风电场区工程地质资料引自可行性研究报告，共布置 7 个钻孔，钻孔平面布置图见图 5.1-7，工程地质剖面图见图 5.1-8。

图 5.1-7 风电场区钻孔平面布置图

根据场区钻孔揭露的地层结构、岩性特征、埋藏条件及物理力学性质，结合区域地质资料，钻探揭露土层均为第四系沉积物，勘探深度内场区土按地质时代、成因类型及工程特性，可分为 8 大层 10 个亚层，上部①~③层为第四系全新统(Q4)冲海相粉土、粉砂，下部为上更新统(Q3)陆相、滨海相沉积物。

风电场区位于山东半岛北部海域，受不规则半日潮影响，海水为微混浊的微咸水、咸水。

根据地下水的赋存条件与水理、水力特征，场区地下水类型有第四纪松散土层内孔隙潜水和孔隙承压水。

场区浅层地下水属孔隙性潜水，主要分布于①-2 层粉砂夹粉土、②-2 层粉土夹粉砂、②-3 层粉砂，水位受潮汐涨落控制明显，动态变化大。③-3 层粉砂、⑥-1 层粉砂中地下水属孔隙承压水，含水量较丰富，根据工程经验，孔隙承压水对本工程桩基施工影响较小。

3）不良地质作用与特殊性岩土

本场地位于山东半岛北部海域，为滨海相沉积地貌单元，海底滩面较平缓，未发现海底滑坡、地面沉陷、海底障碍物等不良地质作用。但场区位于近海海域，海水涨潮时，风机位置受海浪冲刷。基础设计时需考虑潮水冲刷影响。

本场地特殊性岩土主要为软土，①层淤泥，其天然含水量高、呈流变性，其承载力低、压缩性高、抗剪强度低，渗透性低。

4）场地稳定性与适宜性评价

本场地不良地质作用不发育。周边区域性断裂较发育，场区内无活动性区域断裂通过。场区存在部分软弱土层，属对建筑抗震一般地段。工程场区位于近海海域，基础易受海浪冲刷。故本工程场地稳定性差，适宜性差。采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

建议本工程风机基础可选择适当埋深的④-1 层粉质粘土夹粉砂、⑥-1 层粉砂、⑥-2 层粉质粘土夹粉土、⑦-1 层粉质粘土作为桩基持力层，但需考虑软可塑状④-2 层粉质粘土夹粉砂软弱夹层的影响。

（2）路由段工程地质

本项目路由段工程地质资料引自《三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）地质勘察报告》（中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司，2019 年 12 月），共布置 5 个钻孔（ZK34，ZK25，ZK01，ZK35，ZK36），钻孔平面布置图见图 5.1-9，钻孔柱状图见图 5.1-10。

2）水文地质条件

场区地表水为海水，潮汐性质属不规则半日潮区。场区内的地下水主要赋存于②a 层、③a 层粉土、③2 层粉细砂、④3 层粉砂及以下的砂层中。

3）不良地质作用

本场区位于北黄海西南侧海域，场址为海积平原，海底自然地形较平缓，未发现滑坡、地面沉陷、浅层气等不良地质作用。

拟建风场内表层为淤泥质粘土，场址内连续分布，土体呈流塑~软塑状，层厚 15.0m~20.3m，软弱土层度较大，分布广泛，本工程设计应考虑场址厚层软弱土的对风机设计的不利影响。

4）场地稳定性与适宜性评价

工程场地地质构造复杂，断裂构造发育，风场区及邻近场区无活动断裂通过，场址区域构造稳定性较好。拟建场地海底地貌单元较单一，地势较平坦，场址区未发现浅层气、海底塌陷、滑坡等不良地质作用；建筑场地上部分布有较厚的软弱土层，属对建筑抗震不利地段；场区岩土种类较多，地层整体上软下硬，中下部土体物理力学性质相对较好，分布基本稳定。采取合适的基础型式和工程处理措施，可进行本工程建设。

(4) 登陆段工程地质

项目登陆段地质资料引自养马岛西侧渔人码头以东海域相关资料，大连海云慧发展有限公司于 2021 年 11 月在该海域进行地质勘测。根据场地钻探、现场鉴定和原位测试结果，该场区主要为海相沉积淤泥质粉质粘土、淤泥质黏土、冲洪积粉质黏土等地层组成；基底岩石为古元古界粉子山群岗嵒云母片岩(Pt1fG2)，现自上而下分述如下：

①淤泥质粉质黏土（Q4m）

场区普遍分布。灰黑色，流塑状态，含有机质、贝壳，有微臭味，无摇晃反应，韧性中等，干强度中等，切面有光泽，局部夹粉细砂薄层。厚度：7.00~8.50m，平均 7.88m；层底标高：-17.70~-16.50m，平均-17.18m；层底埋深：7.00~8.50m，平均 7.88m。

②淤泥质黏土（Q4m）

场区普遍分布。灰黑色，流~软塑，偏流塑状态，含有机质、贝壳，有微臭味，无摇晃反应，韧性、干强度较高，切面光滑，局部夹粉细砂薄层。厚度：2.50~3.00m，平均 2.70m；层底标高：-20.20~-19.30m，平均-19.88m；层底埋深：9.80~11.00m，平均 10.58m。

③粉质黏土（Q4al+pl）

场区普遍分布。黄褐色，软塑~可塑，可塑为主，含少量姜石，主要显粉质黏土性质，无摇晃反应，韧性中等，干强度中等，切面有光泽。厚度：1.00~3.50m，平均 2.43m；层底标高：-23.70~-21.00m，平均-22.30m；层底埋深：12.00~14.00m，平均 13.00m。

④强风化云母片岩（Pt1FG2）

场区仅在 1#钻孔附近揭露，黄褐色，鳞片变晶结构，层状构造，岩芯呈砂状~扁饼状。结构大部分破坏，主要成分为云母、石英，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，结构面具铁质渲染，上部岩块手捏易碎，下部岩块手可折断，具滑腻感，水浸易软化，岩体破坏，易击碎。该层岩石坚硬程度等级为极软岩，岩体的完整程度等级为极破碎，岩体基本质量等级为V级。该层未穿透，最大揭露厚度 4.00m。

调查结论：

1) 本调查区域地质稳定性相对较高，未明确发现不良地质作用。

2) 浅地层均具有水平层理和斜层理, 表层沉积物约在海面以下 8.4-9.5m 左右。

3) 根据样品外观及样品分析, 调查区的底质类型为粘土质粉砂。

4) 根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011) 第 5.2.5 条款对各站位的地基承载力特征值进行计算。调查区承载力特征值不低于 46kPa 8 号站位地基承载力最高, 为 66.7kPa。

5.1.5 海床演变

收集了工程海域及附近海图(11900, 1: 25 万, 1959-1969 年测深)、2008 年实测水深资料, 通过不同时期水深对比, 研究工程海域及附近海底冲淤变化情况。

本场址处于北黄海浅海平原, 等深线非常稀疏, 海底平坦, 场址区水深 52-53m。上世纪 60 年代至 2008 年期间, 工程海域附近东侧 50m 等深线向海移动, 海底略有淤浅; 其他海域海底局部有冲有淤, 总体水深变化小, 主要表现为工程区附近 50m 等深线走势不变, 局部位置略有调整(图 5.1-11)。

图 5.1-11 工程及附近海域(1959-1969)年~2008 年等深线对比

由水深对比可知, 工程场址区上世纪 60 年代至 2008 年近 50 年间海底冲淤变化总体较小, 海底有冲有淤, 50 年间冲淤变化幅度均小于 2m, 总体略有侵蚀。场址区大部分海域有约 0- 1m 的侵蚀, 中东部局部海域蚀深略大, 为 1-2m, 西北部局部海域有约 0.5m 左右的淤浅(图 5.1-12)。

图 5.1-12 工程海域(1959- 1969)年~2008 年海底冲淤变化(m)

5.1.6 水深地形

L 场址

本项目风电场位于山东半岛北部海域, 风电场区的海底高程在-53m~-55m 之间(1985 高程, 2022 年 9 月测), 海缆区水深由近岸段 0m 至风场区 50m, 见图 5.1-13。

图 5.1-13a 工程海域海底高程(1985 国家高程基准)

图 5.1-13b 工程周边水深地形(海图水深)

5.1.7 地震

根据国标《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015），本工程场区邻近陆域 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，相当于地震基本烈度为 VII 度，设计地震分组为第一组。工程场址区地面下 20m 范围内以流塑状淤泥质土为主，依据国家标准《建筑抗震设计规范》（GB 50011）（2016 年版），场地地下 20m 范围内土层等效剪切波速小于 150m/s，场地覆盖层厚度大于 80m，场地类别为 IV 类，场地特征周期为 0.65s。

5.1.8 海洋灾害

烟台沿海地区自然灾害主要有寒潮、台风、风暴潮、海冰、暴雪、赤潮等。

（1）寒潮

据多年资料统计，烟台市每年 11 月至翌年 3 月为寒潮出现季节，平均每年 3.2 次，受寒潮影响本海区出现偏 N 向大风，风速可达 9~10 级，且有偏 N 向的大浪，持续时间可达 3~4d。

（2）台风

台风（含热带风暴，下同）主要出现在夏季和初秋，统计 1982-2001 年资料，影响烟台的台风共有 36 次，未出现台风的年份占总年份的 25%，台风最多的年份是 1961 年为 5 次，一般年份为 1.3 次。台风中心穿过半岛的多出现在 7、8 月份，8~12 级狂风暴雨并形成风暴潮，危害很大。台风边缘穿过半岛的时间一般在 7 月下旬~10 月上旬。

（3）风暴潮

风暴潮是一种灾害性的自然现象，它是由台风、热带风暴、温带气旋、强寒潮等天气系统的强风暴雨或气压骤变引起的海面异常升降现象。风暴潮多见于夏秋季节，它的特点是来势猛、速度快。

山东省沿海是风暴潮多发区域，影响我省的风暴潮除台风风暴潮外，还有温带风暴潮。据统计 1898~1997 年的近百年时间内，影响山东沿海的台风近 130 个，平均每次 1.3 个，7~9 月份占总个数的 80%左右，其中 8 月份最集中。在山东登陆的年平均次数为 0.2 次/年，一般情况下，主要是受台风外围或近中心影响。

依据《中国海洋灾害四十年资料汇编》（1949-1990 年）所载资料统计，烟台沿海地区 40 年内发生轻度以上风暴潮灾害 64 次，除 11 次为台风风暴潮灾害外，其余绝大多数为发生在渤海沿岸的温带系统风暴潮灾害。

烟台市黄海沿岸的较重风暴潮灾害发生后，低洼地区海水漫溢纵深一般仅为数

里，特重者有 30 里之记录。渤海沿岸较重风暴潮灾害发生时，海溢纵深一般可达十数里，特重者可达 50~60 里，造成经济损失数十亿元。虽然烟台发生风成增水的几率相对较少，但由于造成的灾害损失不可低估。2007 年 3 月 3 日至 3 月 5 日，受北方强冷空气和黄海气旋的共同影响，渤海湾、莱州湾发生了一次强温带风暴潮过程，烟台遭受近 40 年来最大风暴潮袭击，虽然各地紧急启动了“防风暴潮预案”，但由于风大浪急、潮位太高，全市沿海渔业损失严重，部分渔船损坏、许多海坝和虾池被冲毁，海洋灾害直接经济损失达 40.65 亿元。

（4）海冰

正常年份无海冰出现，1960-1979 年 20 年间仅有 6 年冰情出现，6 年中，海冰多出现于 1 月上旬至 2 月下旬。特殊年份如 1969 年曾出现特大冰情，冰厚为 5-15cm；一般年份由于冰期短，冰量少，消失快。

（5）暴雪

2005 年 12 月份，烟台连续三次遭受强降雪袭击，时间集中在 3~7 日、10~18 日和 20~21 日，累计降水量 80.3mm。而 1951 年以来，烟台市的降水量为历年同期的最大值，即历史极值为 1997 年的 46.7mm。此次雪灾由于降雪持续时间长、强度大，给烟台群众生活和工农业生产带来了严重的影响，造成巨大经济损失。

（6）赤潮

赤潮是近海水域中一些浮游生物爆发性繁殖或高密度聚集而引起水色异常和水质恶化的一种自然现象。赤潮发生会造成海域大面积缺氧，导致水生动植物大量死亡。近年来，烟台市沿海海域赤潮时有发生，给养殖和捕捞生产造成巨大的经济损失。1998 年烟台市区北部沿海发生了大范围的赤潮现象，面积达 200km²，造成养殖生产经济损失达 1.07 亿元。

5.1.9 风电场区风能资源

5.1.9.1 区域气象及风能资源概况

（1）参证气象站概况

根据风电场区域的地理位置特点，本次选取距离场区相对较近的牟平气象站作为参证站进行分析，风电场场址范围及气象站地理位置示意图见图 3.3-2。

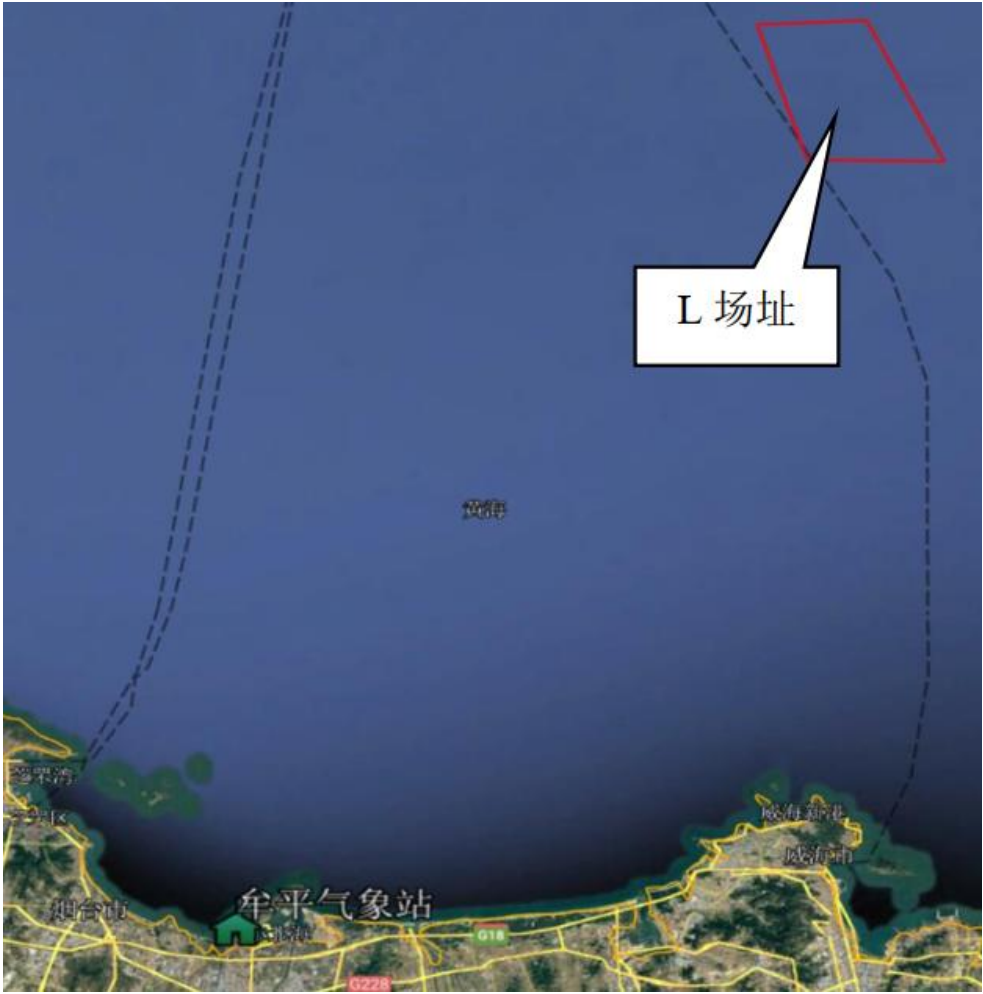


图 5.1.9-1 风电场场址范围及气象站位置示意图

牟平气象站始建于 1971 年 2 月 1 日，现位于牟平县城东郊，地理坐标为北纬 37° 26'，东经 121° 35'，观测场拔海高度 10.5m。1999 年 1 月 1 日迁至牟平区政府大街 378 号，观测场拔海高度 10.5m；2003 年 1 月 1 日迁至牟平区政府大街 515 号，观测场拔海高度 10.5m，测风仪器由 EL 型测风仪器更换为风杯 EC9-1 型测风仪器，2006 年 5 月 1 日由风杯 EC9-1 型测风仪器更换为风杯 ZQZ-TF 型测风仪；2014 年 1 月 1 日迁至牟平区宁海街道办事处烟墩山，观测场拔海高度 39.1m，测风仪器由风杯 ZQZ-TF 型测风仪器更换为风杯 ZQZ-TF 型测风仪器，2014 年 11 月 5 日由风杯 ZQZ-TF 型测风仪器更换为风杯 ZQZ-TFH 型测风仪器。气象站基本情况见表 3.3-1。

表 5.1.9-1 牟平气象站基本情况一览表

时间	经度(E)	纬度(N)	地址	地理环境	测场海拔高度(m)	风观测仪器型号	风仪高度(m)
1971.2~1971.12	121°25'	37°23'	牟平县城东郊	郊外	10.5	EL 型电接风向风速计	7.6
1972. 1~1978.3							10

1978.3~1981.6						11.5
1981.7~1989.2						17.2
1989.3~1997.4						17.1
1997.4~1998.12						11
1999. 1~2000.4						11
2000.4~2002.12						30.1
2003. 1~2006.5						30
2006.6~2013.12						
2014.1~2014.11	121°35'	37°26'	牟平区宁海街道办事处烟墩山	市区	39.1	10.5
2014.11 至今						

注：统计时段为 1987~2016 年

(2) 气象要素统计

根据牟平气象站多年长期观测资料统计，多年平均气温为 12.4℃，多年平均气压为 1015hPa，多年平均水汽压为 12.1hPa。多年平均风速为 2.9m/s，多年主导风向为 S。多年平均降水量 691.1mm，多年平均雷暴天数 22.1d，平均结冰天数为 75d，平均扬沙日 0.9d，平均浮尘日 4.1d。气象站多年气象要素统计表见表 3.3-2。

表 5.1.9-2 气象站多年气象要素统计表

项 目		单 位	指 标	说 明
气 温	多年平均	℃	12.4	
	多年极端最高	℃	40.4	
	多年极端最低	℃	- 19.8	
气 压	多年平均	hPa	1015	
水汽压	多年平均	hPa	12.1	
降水量	多年平均	mm	691.1	
风 向	多年主导		S	
风 速	多年最大	m/s	20	1983 年 3 月 17 日
	多年平均	m/s	2.9	
其 他	平均雷暴	日	22.1	
	平均扬沙	日	0.9	
	平均浮尘	日	4.1	
	平均结冰	日	75	

(3) 区域风况分析

根据收集到的参证气象站资料，气象站 1987 年~2016 年逐月平均风速统计成果见

表 5.1.9-3。风速年际变化直方图见图 5.1.9-3。气象站风速年内变化直方图见图 5.1.9-4。多年风向玫瑰图见图 3.3-5。

从风速年际变化来看，由于牟平气象站于 1999 年、2003 年、2014 年经历多次搬迁，期间还经历多次仪器更换，气象站年平均风速起伏较大。1997 年~1999 年因测风仪安装高度降低，风速较小，统计时段风速最小出现于 1999 年，约 2.30m/s；2002 年后测风仪由 EL 型电接风向风速计更换为 EC9-1 型风杯风速传感器，风速呈增大趋势；2003 年~2013 年风速变化相对稳定；由于海拔升高、搬迁后位于近海海港区域，气象站于 2014 年迁址后风速有明显增大趋势，统计时段风速最大出现于 2014 年，约 3.84m/s。

从 1987 年~2016 年风速年内变化来看，风速年内季节性变化较明显，春季风速较大，其中 4 月为大风月，风速约 3.66m/s；夏末、秋初风速较小，其中 8 月为小风月，风速约 2.46m/s。

根据气象站多年实测风向频率统计，牟平区域主导风向为 SSW，占 16.3%，其次是 S，占 15%。

5.1.9.2 现场测站分析

本项目场区内有一座漂浮式激光雷达，位于场址中心，分别在 50m、90m、100m、110m、120m、130m、140m、150m、180m、200m 高度开展风速风向观测，并在观测平台设机械式风速风向计及小型气象站，开展气温、气压、湿度观测，现阶段收到激光雷达 2022 年 5 月 25 日至 2023 年 2 月 28 日的测风数据，测风时长 9 个月。

图 5.1.9-6 风电场场址范围及激光雷达地理位置示意图

激光雷达目前积累实测数据 9 个月，本阶段根据测风数据与 MERRA 再分析数据相关关系，延长为一个完整年，相关延长后各高度风速统计成果见表 3.3-4。

表 5.1.9-4 半岛北 L 激光雷达插补后逐月风速统计表 (m/s)

年	月	200	190	180	150	140	130	120	110	100	90	50
2022	3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	7.2
	4	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.6	8.6	8.5	7.6
	5	8.7	8.7	8.7	8.6	8.6	8.5	8.5	8.4	8.3	8.2	7.1
	6	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9	7.8	6.8
	7	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	6.0
	8	7.0	7.0	7.0	6.9	6.9	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	5.7
	9	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	6.0
	10	7.5	7.5	7.5	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.3	6.7
	11	8.6	8.6	8.5	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.2	8.2	7.6
	12	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.0
2023	1	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.6	8.6	8.6	8.6	8.5	7.2
	2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	7.9	6.6
2022.3~2023.2		8.16	8.15	8.14	8.10	8.08	8.05	8.02	7.98	7.94	7.89	6.97

根据代表测风塔整编数据统计各月平均风功率密度，见表 3.3-5。

 表 5.1.9-5 半岛北 L 激光雷达插补后逐月风速统计表 (W/m²)

年	月	200	190	180	150	140	130	120	110	100	90	50
2022	3	578	575	573	565	560	555	549	543	536	527	394
	4	612	610	608	599	594	588	581	573	564	553	407
	5	696	689	685	666	656	643	629	612	594	571	384
	6	583	587	588	585	578	570	559	543	524	500	323
	7	427	425	423	413	406	399	389	379	367	351	232
	8	379	374	369	354	349	343	336	328	320	309	213
	9	496	492	488	474	469	464	458	452	445	438	366
	10	617	615	614	607	604	601	598	594	589	584	492
	11	720	713	707	683	675	666	657	648	638	627	532
	12	922	919	917	908	905	900	894	888	881	872	732
2023	1	721	717	715	709	706	699	696	689	680	671	482
	2	626	622	619	608	604	599	693	586	578	569	418
2022.3~2023.2		615	612	609	598	592	586	578	569	560	548	415

5.1.9.3 特殊气候对风电场的影响

(1) 概况

本风电场位于山东半岛北侧海域，影响本风电场安全运营的特殊天气主要为热带气旋和低温。本次主要针对热带气旋和低温对风电场的影响进行初步分析。

(2) 热带气旋

统计本项目场址及周边区域的热带气旋的路径，见图 5.1.9-7。

1953~2019 年期间，影响本次统计海域的热带气旋平均每年 0.2 个，在统计时段中，最多年份可达 2 个(1953 年、1994 年)，经过统计海域热带气旋频数统计见图 3.3-8。

1953~2019 年期间，每年热带气旋影响本次统计海域的时间在 6 月~8 月。影响集

中期分别是 8 月，7 月，6 月，月际频数分别为 6 次，4 次，1 次，见图 3.3-9。

图 5.1.9-8 1953~2019 年经过统计区域热带气旋年际频数

图 5.1.9-9 1953~2019 年经过统计区域热带气旋月际频数

(3) 实测最大风速分析

根据实测数据，激光雷达测风期间实测最大风速为 24.5m/s，相应风向为 SE，发生于 2022 年 7 月 12 日。

(4) 50 年一遇最大风速分析

结合本区域热带气旋的影响特征以及周边项目最大风速计算结果，本场区可选用 IEC III 类及以上风电机组。建议继续收集气象站数据后复核相关结论。

5.1.9.3 代表年分析

本次采用 MERRA-2 再分析数据进行代表年分析，再分析数据与测风塔同期风速相关性，相关系数约 0.776 左右，相关性较好。

根据再分析数据统计结果（表 3.3-6），代表测风年（2021 年 10 月 26 日~2022 年 10 月 25 日）平均风速为 7.14m/s，近 10 年、20 年、30 年、40 年长系列平均风速分别为 6.71m/s、6.73m/s、6.76m/s、6.76m/s，见表 2.6-1，初步判定为偏大风年。

本次以近 30 年长系列为依据，进行代表年调整，按分象限相关关系进行代表年调整，调整 150m 高度年平均风速为 7.71m/s，151m 高度年平均风速为 7.71m/s。

表 5.1.9-6 MERRA 再分析数据不同时段风速统计表（单位：m/s）

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
2012-10-26~2022-10-25 (近 10 年)	7.5	7.2	7.2	7.4	7.4	6.0	5.7	5.2	5.2	6.4	7.4	7.9	6.71
2002-10-26~2022-10-25 (近 20 年)	7.6	7.3	7.2	7.5	7.2	5.9	5.6	5.1	5.2	6.4	7.6	8.0	6.73
1992-10-26~2022-10-25 (近 30 年)	7.7	7.3	7.2	7.5	7.1	5.9	5.7	5.1	5.4	6.5	7.7	8.1	6.76
1982-10-26~2022-10-25 (近 40 年)	7.7	7.3	7.1	7.5	7.1	6.0	5.7	5.2	5.4	6.5	7.7	8.0	6.77
2021-10-26~2022-10-25 (测风年)	7.7	7.3	7.1	7.5	7.2	6.0	5.7	5.2	5.4	6.6	7.6	8.1	6.78

5.1.9.4 风能资源评价

(1) 山东半岛北 L151m 高度代表年平均风速为 7.71m/s，年平均风功率密度为 533W/m²；参考《海上风力发电场设计标准（GB / T51308-2019）》，风功率密度等级为 3 级。

(2) 本项目所在场区 146m 高度主要风向分别为 N、SSW，相应频率分别为 10.96%、9.97%；主要风能方向分别为 N、NNW，相应频率分别为 20.56%、13.4%。

(3) 根据湍流强度及 50 年一遇最大风速分析，本风电场可选用 IECIII C 类及以上风电机组。

(4) 场内激光雷达观测数据时段仅 9 个月，本次以再分析相关插补延长为一个完整年。由于场内激光雷达观测时间尚短，以其进行插补延长存在较大不确定性，建议待观测满年后，需对相关评估成果进行复核。

5.1.10 水文动力环境现状调查

5.1.10.1 调查站位及内容

水动力环境资料引自《华能山东发电有限公司半岛北海上风电基地 L 场址海洋水文观测报告》，2022 年 4 月和 10 月~11 月青岛海洋工程勘察设计院有限公司分别对工程海域布置了 6 个全潮水文测站和 2 个临时潮位站。

调查站位布设见图 5.1-14，调查站位坐标及内容见表 5.1-6。

表 5.1-6 水文观测站位及内容一览表

站位	北纬	东经
H1		
H2		
H3		
H4		
H5		
H6		
L1（成山头）		
L2		

图 5.1-14 海流观测站位布设图

5.1.10.2 潮汐

青岛海洋工程勘察设计院有限公司于春季（2022 年 4 月 16 日至 2022 年 5 月 16 日）和秋季（2022 年 10 月 21 日至 11 月 20 日），对 2 个临时潮位站进行为期 30 天的潮位观测。通过春秋季潮汐特征值对比（表 5.1-7）发现，春秋季差异较小，观测站位潮汐类型均为不规则半日潮，整体潮差较小。

表 5.1-7a L1 站潮汐特征值对比

表 5.1-7b L2 站潮汐特征值对比

5.1.10.3 海流

工程海流流速整体较小，基本小于 40cm/s。春季大潮期间各站平均涨潮垂向平均流速在 7cm/s 至 18cm/s 之间，平均落潮垂向平均流速在 8cm/s 至 16cm/s 之间；中潮期间各站平均涨潮垂向平均流速在 9cm/s 至 19cm/s 之间，平均落潮垂向平均流速在 11cm/s 至 19cm/s 之间；小潮期间各站平均涨潮垂向平均流速在 7cm/s 至 13cm/s 之间，平均落潮垂向平均流速在 11cm/s 至 31cm/s 之间。

秋季大潮期间各站平均涨潮垂向平均流速在 15cm/s 至 20cm/s 之间，平均落潮垂向平均流速在 13cm/s 至 26cm/s 之间；中潮期间各站平均涨潮垂向平均流速在 9cm/s 至 17cm/s 之间，平均落潮垂向平均流速在 11cm/s 至 16cm/s 之间；小潮期间各站平均涨潮垂向平均流速在 9cm/s 至 21cm/s 之间，平均落潮垂向平均流速在 13cm/s 至 19cm/s 之间。

5.1.10.4 潮流状况

观测海区潮流性质为半日潮流，H2~H6 号站潮流运动形式为旋转流，H1 号站潮流运动形式偏往复流，各站各层潮流运动方向均为逆时针。

春季各站可能最大流速在 28.2cm/s~67.5cm/s 之间，最大值出现在 H6 站表层，最大可能速度由表至底逐渐变小。各站可能最大运移距离在 4606.8~9807.5m 之间。

秋季各站可能最大流速在 29.8cm/s~73.2cm/s 之间，最大值出现在 H6 站表层，最大可能速度由表至底逐渐变小。各站可能最大运移距离在 5158.2~12508.1m 之间。

5.1.10.5 悬浮泥沙

(1) 观测海区离岸较远，水深较深，含沙量整体较小。含沙量的垂线分布基本符合一般规律，下层海水含沙量较大。

春季大潮期，各站各层含沙量变化范围在 1.4~14.3mg/L，平均含沙量变化范围在 5.6~8.7mg/L；中潮期，各站各层含沙量变化范围在 1.0~10.2mg/L，平均含沙量变化范围在 2.9~7.4mg/L；小潮期，各站各层含沙量变化范围在 1.2~10.4mg/L，平均含沙量变化范围在 4.5~6.3mg/L。

秋季大潮期，各站各层含沙量变化范围在 1.4~13.8mg/L，平均含沙量变化范围在 4.4~7.7mg/L；中潮期，各站各层含沙量变化范围在 2.2~20.1mg/L，平均含沙量变化范围在 5.1~10.8mg/L；小潮期，各站各层含沙量变化范围在 1.3~10.2mg/L，平均含沙量变化范围在 3.2~5.0mg/L。

(2) 调查水域粉砂和砂是悬浮体主体，含有少量的粘土，不含砾石成分。

(3) 春季大潮期悬沙中值粒径在 0.01~0.88mm 之间, 平均值为 0.10mm。中潮期悬沙中值粒径在 0.02~1.48mm 之间, 平均值为 0.50mm。小潮期悬沙中值粒径在 0.01~1.05mm 之间, 平均值为 0.09mm。

秋季大潮期悬沙中值粒径在 0.01~1.42mm 之间, 平均值为 0.25mm。中潮期悬沙中值粒径在 0.01~1.31mm 之间, 平均值为 0.24mm。小潮期悬沙中值粒径在 0.02~1.56mm 之间, 平均值为 0.44mm。

5.2 海洋环境质量现状与评价

5.2.1 海水水质现状调查结果与评价

5.2.1.1 调查时间与站位布设

中国海洋大学于 2022 年 5 月在工程附近海域布设了水质调查站位 30 个、沉积物和生物生态调查站位 17 个。

中国海洋大学于 2022 年 9 月在工程附近海域布设了水质调查站位 30 个、生物生态调查站位 18 个, 调查站位详见图 5.2.1-1~5.2.1-2、表 5.2.1-1。

5.2.1.2 调查分析项目

水质调查分析项目: 盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、悬浮物、重金属(铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬)和石油类。

5.2.1.3 调查分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB12763-2007)中的相关规定执行。

各调查项目分析方法如表 5.2.1-2 所示。

表 5.2.1-2 调查海区水样的分析方法

项目	分析方法	检出限 (mg/L)
pH	探头式多参数水质仪测定法	—
盐度	探头式多参数水质仪测定法	—
溶解氧	探头式多参数水质仪测定法	0.042mg/L
COD	碱性高锰酸钾法	—
活性磷酸盐	抗坏血酸还原的磷钼蓝法	0.62×10^{-3}
硝酸盐	镉柱还原法	—
亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	—
硝酸盐-氮	锌-镉还原法	—
氨-氮	次溴酸盐氧化法	—
铵盐	次溴酸盐氧化法	—
铜	无火焰原子吸收分光光度计法	0.2×10^{-3}
铅	无火焰原子吸收分光光度计法	0.03×10^{-3}

锌	火焰原子吸收分光光度计法	3.1×10^{-3}
镉	无火焰原子吸收分光光度计法	0.01×10^{-3}
总铬	无火焰原子吸收分光光度计法	0.4×10^{-3}
石油类	紫外分光光度法	3.5×10^{-3}
温度	探头式多参数水质仪测定法	—
砷	原子荧光法	0.5×10^{-3}
汞	原子荧光法	0.007×10^{-3}

5.2.1.4 评价标准

以海水水质监测中各监测项目作为评价因子（除温度、盐度、SS 外），采用单站单因子质量指数法进行评价。

（1）评价标准

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的海洋环境保护要求以及《海水水质标准》（GB3097—1997）的水质分类要求，保护区水质评价执行第一类标准，农渔业区水质评价执行第二类标准，港口航运区（航道、锚地）水质评价执行第三类标准，港口航运区（港口区）水质评价执行第四类水质标准，保留区要求海水水质保持现状。各类水质标准值见表 5.2.1-3。

表 5.2.1-3 海水水质标准（GB3097-1997）（单位：mg/L，除 pH 值外）

项目	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	铜	铅
一类	7.8~8.5	>6	≤2	≤0.20	≤0.015	≤0.05	≤0.005	≤0.001
二类	7.8~8.5	>5	≤3	≤0.30	≤0.030	≤0.05	≤0.010	≤0.005
三类	6.8~8.8	>4	≤4	≤0.40	≤0.030	≤0.30	≤0.050	≤0.010
四类	6.8~8.8	>3	≤5	≤0.50	≤0.045	≤0.50	≤0.050	≤0.050
项目	锌	镉	总铬	总汞	砷	挥发酚	硫化物	
一类	≤0.020	≤0.001	≤0.05	≤0.00005	≤0.020	≤0.005	≤0.020	
二类	≤0.050	≤0.005	≤0.10	≤0.0002	≤0.030	≤0.005	≤0.050	
三类	≤0.10	≤0.010	≤0.20	≤0.0002	≤0.050	≤0.010	≤0.100	
四类	≤0.50	≤0.010	≤0.50	≤0.0005	≤0.050	≤0.050	≤0.250	

（2）评价方法

①一般水质因子采用标准指数法进行评价，按下列公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项评价因子的标准指数； C_i —— i 项评价因子的实测浓度； S_i —— i 项评价因子的评价标准值。

②溶解氧（DO）采用下式计算：

$$I_i(\text{DO}) = |\text{DO}_f - \text{DO}| / (\text{DO}_f - \text{DO}_s) \quad \text{DO} \geq \text{DO}_s$$

$$I_i(\text{DO}) = 10 - 9\text{DO} / \text{DO}_s \quad \text{DO} < \text{DO}_s$$

$$\text{DO}_f = 468 / (31.6 + t)$$

式中： $I_f(\text{DO})$ ——溶解氧标准指数

DO_f ——现场水温及氯度条件下，水样中氧饱和浓度（mg/L）

DO_s ——溶解氧标准值（mg/L）

T——现场温度

③pH

pH 有其特殊性，根据国家海洋局 2002 年颁布的《海水增养殖区监测技术规程》，其计算式为：

$$\text{SpH} = |\text{pH} - \text{pH}_{\text{sm}}| / \text{DS}$$

其中： $\text{pH}_{\text{sm}} = (\text{pH}_{\text{su}} + \text{pH}_{\text{sd}}) / 2$

$$\text{DS} = (\text{pH}_{\text{su}} - \text{pH}_{\text{sd}}) / 2$$

式中： SpH ——pH 的污染指数；pH——pH 调查实测值*；

pH_{su} ——海水 pH 标准的上限值，根据《海水水质标准》取 8.5；

pH_{sd} ——海水 pH 标准的下限值，根据《海水水质标准》取 7.8。

5.2.1.5 海水水质监测结果

2022 年 5 月的水质监测结果见表 5.2.1-5，2022 年 9 月的水质监测结果见表 5.2.1-6。

5.2.1.6 海水水质评价结果

各调查站位所在功能区及执行评价级别见下表 5.2.1-4。

表 5.2.1-4 春季调查站位所在功能区及执行标准一览表

功能区名称	代码	涉及站位	水质标准	沉积物标准	生物质量标准
烟台崆峒列岛海洋保护	A6-24	1	第一类	第一类	第一类
牟平-威海农渔业区	A1-16	2	第二类	第一类	第一类
烟台-威海北近海农渔业区	B1-1	3、4	第二类	第一类	第一类
超出山东省管辖海域	—	5、6、7、8、9、 10、11、12、13、 14、15、16、17、 18、19、20、21、 22、23、24、25、 26、27、28、29、 30	第一类	第一类	第一类

(1) 2022 年 5 月海水水质评价结果

2022 年 5 月水质调查评价结果见表 5.2.1-7。

评价结果表明，除 11 号站位石油类超第一类海水水质标准，符合第三类海水水质标准；23 号站位无机氮超过第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准外，其余

各站位各评价因子均符合相应的海水水质标准。

(2) 2022 年 9 月海水水质评价结果

2022 年 9 月水质调查评价结果见表 5.2.1-8。

评价结果表明，除 6、7、11、18、23、25 号站位石油类超第一类海水水质标准，符合第三类海水水质标准外，29 号站位磷酸盐超过第一类海水水质标准，符合第二类海上水质标准，10、17、24、25 号站位无机氮超过第一类海水水质标准，符合第二类海上水质标准，17 号站铅超过第一类海水水质标准，符合第二类海上水质标准，其余各站位各评价因子均符合相应的海水水质标准。石油类超标可能与调查区域存在多条航线、过往船舶量较多有关。

5.2.2 海洋沉积物现状调查结果与评价

5.2.2.1 调查时间和站位布设

为了解工程附近海域的沉积物质量状况，中国海洋大学于 2022 年 5 月在工程附近海域进行了 17 个站位的沉积物调查，调查站位见图 5.2.1-1、表 5.2.1-1。

5.2.2.2 调查分析项目

沉积物调查分析项目：砷、汞、铜、铅、锌、镉、铬、石油类、硫化物、有机碳等 10 项。

5.2.2.3 调查分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB12763-2007）中的相关规定执行（表 5.2.2-1）。

表 5.2.2-1 沉积物监测项目和分析方法

项目	分析方法	检出限	项目	分析方法	检出限
有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法		锌	火焰原子吸收分光光度法	6×10^{-6}
硫化物	碘量法	4×10^{-6}	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}
石油类	紫外分光光度法	3×10^{-6}	汞	原子荧光法	0.002×10^{-6}
铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.5×10^{-6}	铬	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	1×10^{-6}	砷	原子荧光法	0.06×10^{-6}

5.2.2.4 评价标准

（1）评价方法

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020）》的海洋环境保护要求和《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），各调查站位所在功能区及执行评价级别见表 5.2.2-2。本次沉积物调查均执行一类标准。

表 5.2.2-2 海洋沉积物评价标准

项目	一类标准	二类标准	三类标准	项目	一类标准	二类标准	三类标准
石油类（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 500.0	≤ 1000.0	≤ 1500.0	锌（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 150.0	≤ 350.0	≤ 600.0
硫化物（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 300.0	≤ 500.0	≤ 600.0	镉（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 0.50	≤ 1.50	≤ 5.00
有机碳（ $\times 10^{-2}$ ）	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 4.0	汞（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 0.20	≤ 0.50	≤ 1.00
铜（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 35.0	≤ 100.0	≤ 200.0	铬（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 80.0	≤ 150.0	≤ 270.0
铅（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 60.0	≤ 130.0	≤ 250.0	砷（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 20.0	≤ 65.0	≤ 93.0

（2）评价方法

评价方法采用标准指数法。

其中单因子污染指数法按以下公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i ——第 i 种污染物的污染指数；

C_i ——第 i 种污染物的实测浓度；

S_i ——第 i 种污染物的评价标准。

I_i 是无量纲量，其大小描述被测样品的质量状况。比值 1.0 是评价因子的基本界限，当评价因子大于 1.0 时，表明该项污染因子已超过评价标准，海域受到该评价因子的污染。

5.2.2.5 海洋沉积物环境监测结果

2022 年 5 月调查海域海洋沉积物监测结果见表 5.2.2-3。

5.2.2.6 海洋沉积物环境质量评价结果

2022 年 5 月调查海域沉积物质量评价结果见表 5.2.2-4。

本次调查工程周边及附近海域沉积物各调查站位各监测因子均符合所在功能区的海洋沉积物质量标准要求，沉积物质量良好。

5.2.3 海洋生态现状调查结果与评价

2022 年 5 月，中国海洋大学在工程附近海域进行了海洋生态调查，布设调查站位 17 个，调查内容包括：叶绿素 a 、浮游植物、浮游动物、底栖生物。调查站位详见图 5.2.1-1、表 5.2.1-1。

2022 年 9 月，中国海洋大学对工程周边海域进行了海洋生态调查，布设调查站位 18 个，调查内容包括：叶绿素 a 、浮游植物、浮游动物、底栖生物。调查站位详见图 5.2.1-2、表 5.2.1-2。

5.2.3.1 生物采集与分析方法

(1) 调查方法

1) 叶绿素 a

取叶绿素 a 样品水样 1000mL，经孔径 0.45 μ m 的滤膜过滤后，干燥冷藏保存，采用分光光度法进行分析，按 Jeffrey-Humphrey 的方程式计算叶绿素 a 的含量。

2) 浮游植物

样品用浅水 III 型浮游生物网自底至表垂直拖曳获得，经碘液固定、保存，显微镜下观察进行种类鉴定，个体记数。

3) 浮游动物

样品用浅水 I 型浮游生物网自底至表垂直拖取获得，经 5% 福尔马林海水溶液固定、保存，显微镜下进行种类鉴定，个体记数，挑去杂质，称其湿重并计算湿重生物量。

4) 底栖生物

样品的采集、保存和运输按《海洋调查规范》（GB12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）中的规定进行。采用 0.05m² 的曙光型采泥器进行采样，每站采 5 斗。所获泥样经孔径为 0.5mm 的筛子冲洗后，放入样品瓶内，再用 75% 的酒精固定。样品运回实验室后，在显微镜下进行种类鉴定并用感量为 0.001g 的天平称重。生物密度和生物量分别换算成个/m² 和 mg/m²。

(2) 评价方法

根据各站位的生物密度，分别计算底栖生物的多样性指数、均匀度指数和丰富度指数，计算公式如下：

1) 香农-威纳（Shannon-Wiener）多样性指数

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

式中：H'——生物多样性指数

S——样品中的种类数量

P_i——第 i 种的个体数与总个体数的比值

2) 均匀度指数

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

式中：J——均匀度指数

H'——多样性指数

H_{max}——log₂S，表示多样性指数的最大值

S——样品中的种类数量

3) 优势度指数

$$D = \frac{N_1 + N_2}{N_T}$$

式中：D——优势度指数

N₁——样品中第一优势种的个体数-

N₂——样品中第二优势种的个体数-

N_T——样品的总个体数

4) 丰度指数

$$d = \frac{S-1}{\log_2 N}$$

式中：d——丰度指数

S——样品中的种类数量

N——样品中的生物个体总数

5.2.3.2 叶绿素 a

(1) 春季

2022 年 5 月，调查海域叶绿素 a 的变化范围在 0.47~2.27μg/L，平均值为 1.14μg/L。本次调查中调查海域叶绿素 a 浓度正常。

(2) 秋季

2022 年 9 月，调查海域叶绿素 a 的变化范围在 0.54~12.66μg/L，平均值为 4.23μg/L。本次调查中调查海域叶绿素 a 浓度正常。

5.2.3.3 浮游植物

(1) 春季

①种类组成

调查中共鉴定出浮游植物 57 种，分别隶属于 2 门（名录见表 5.2.3-3），其中硅藻门 54 种，占总种数的 94.7%；甲藻门 3 种，占总种数的 5.3%。

本次调查优势种为翼根管藻印度变型、中华根管藻和斯氏几内亚藻。

②浮游植物的细胞数量

本次调查海域浮游植物细胞数量在 1.57×10^5 个/m³~ 1.52×10^6 个/m³之间，平均为 6.57×10^5 个/m³。最高值出现在 YT-04 号站，最低值出现在 YT-27 号站。

(2) 秋季

①种类组成

调查中共鉴定出浮游植物 40 种，分别隶属于 2 门（名录见表 5.2.3-6），其中硅藻门 26 种，占总种数的 65.0%；甲藻门 3 种，占总种数的 35.0%。

本次调查优势种为旋链角毛藻和浮动弯角藻。

②浮游植物的细胞数量

本次调查海域浮游植物细胞数量在 3.99×10^6 个/m³~ 3.49×10^7 个/m³之间，平均为 1.53×10^7 个/m³。最高值出现在 YT-18 号站，最低值出现在 YT-13 号站。

5.2.3.4 浮游动物

(1) 春季

调查中共鉴定出浮游动物 14 种（名录见表 5.2.3-9），其中节肢动物 7 种，种类最多，占种类组成的 50%；浮游幼虫类 4 种，占种类组成的 28.7%；原生动物 1 种、毛颚动物 1 种，浮游被囊类 1 种，分别占种类组成的 7.1%。

该海域浮游动物的种类组成主要以暖温带沿岸低盐广温种占主导地位，优势种为夜光虫、腹针胸刺水蚤和鱼卵。

(2) 秋季

①种类组成

调查中共鉴定出浮游动物 32 种（名录见表 5.2.3-12），其中浮游幼虫 12 种，种类最多，占种类组成的 37.5%；节肢动物 11 种，占种类组成的 34.4%；腔肠动物 6 种，占种类组成的 18.8%；原生动物 1 种、毛颚动物 1 种，浮游被囊类 1 种，分别占种类组成的 3.1%。

该海域浮游动物的种类组成主要以暖温带沿岸低盐广温种占主导地位，优势种为夜光虫、强壮箭虫和异体住囊虫。

5.2.3.5 底栖生物

(1) 春季

①种类组成

调查海域共采集到底栖生物 61 种（种类名录见表 5.2.3-15），其中多毛类 33 种，种类最多，占种类组成的 54.1%；软体动物 16 种，占种类组成的 26.3%；甲壳类 6 种，占种类组成的 9.9%；棘皮动物 3 种，占种类组成的 4.9%；腔肠动物 1 种、腕足动物 1 种、纽形动物 1 种，各占种类组成的 1.6%。

(2) 秋季

①种类组成

调查海域共采集到底栖生物 62 种（种类名录见表 5.2.3-18），其中多毛类 37 种，种类最多，占种类组成的 59.7%；软体动物 9 种，占种类组成的 14.5%；甲壳类 13 种，占种类组成的 21.0%；棘皮动物 2 种，占种类组成的 3.2%。

②数量分布

秋季调查海域底栖生物数量平均 797 个/m²，范围 225~1475 个/m²。

5.2.3.6 潮间带生物

(1) 春季

2022 年 5 月，中国海洋大学对工程海域进行了潮间带现状调查，调查共设 3 条断面。调查站位见表 5.2.1-1，图 5.2.1-1。

①种类组成

潮间带监测断面共采集到潮间带生物 13 种，隶属于软体动物、多毛类动物、甲壳类动物 3 个动物门。其中多毛类动物出现的种类数最多，共 7 种，占种类组成的 53.8%；软体动物 3 种，甲壳类动物 3 种，分别占种类组成的 23.1%。

②栖息密度和生物量分布特征

潮间带生物平均生物量为 $10.1\text{g}/\text{m}^2$ 。各断面相比，01-1 断面最高，为 $30.5\text{g}/\text{m}^2$ 。01-3 断面生物量最低，为 $0.1\text{g}/\text{m}^2$ 。

潮间带生物栖息密度平均为 $386\text{个}/\text{m}^2$ 。各断面相比 03-3 断面密度最高， $864\text{个}/\text{m}^2$ 。01-3 断面密度最低，为 $48\text{个}/\text{m}^2$ 。

(2) 秋季

2022 年 9 月，中国海洋大学对工程海域进行了潮间带现状调查，调查共设 3 条断面。调查站位见表 5.2.1-2，图 5.2.1-2。

①种类组成

潮间带监测断面共采集到潮间带生物 15 种，隶属于多毛类动物、软体动物、甲壳类动物 3 个动物门。其中多毛类动物出现的种类数最多，共 9 种，占种类组成的 60.0%；软体动物 4 种，占种类组成的 26.7%；甲壳类动物 2 种，占种类组成的 13.3%。

②栖息密度和生物量分布特征

潮间带生物平均生物量为 $22.8\text{g}/\text{m}^2$ 。各断面相比，02 断面最高，为 $44.05\text{g}/\text{m}^2$ 。01 断面生物量最低，为 $2.71\text{g}/\text{m}^2$ 。

潮间带生物栖息密度平均为 $402\text{个}/\text{m}^2$ 。各断面相比 03 断面密度最高， $592\text{个}/\text{m}^2$ 。01 断面密度最低，为 $141\text{个}/\text{m}^2$ 。

5.2.4 渔业资源现状调查结果与评价

5.2.4.1 调查时间和站位布设

2022 年 4 月，中国海洋大学在工程海域附近设 16 个拖网调查站位。调查站位详见图 5.2.4-1、表 5.2.4-1。

2022 年 9 月，中国海洋大学在工程海域附近设 19 个拖网调查站位。调查站位

详见图 5.2.4-2、表 5.2.4-2。

5.2.4.2 调查评价项目

(1) 鱼卵仔稚鱼

调查项目包括：鱼卵、仔稚鱼的种类组成、数量分布和优势种。

(2) 游泳动物

调查项目包括：渔获物种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和现存绝对资源密度。

5.2.4.3 调查方法

调查方法按照《海洋调查规范》和渔业资源拖网调查按《海洋水产资源调查手册》中的有关技术进行。现场调查和样品分析简述如下。

渔业资源采样及样品分析均按《海洋调查规范（GB/T 12763.6-2007）》进行。鱼类种类名称及分类地位以《海洋生物分类代码（GB/T 17826-1999）》和《中国海洋生物名录》为依据。调查网具为单船底拖网，网具规格 600 目×1.2 寸。拖曳时，网口宽度约 6 m。每站拖曳 1 h，平均拖速 3.0-3.5 kn。渔获物现场分类并记录种类，样本冰冻保存带回实验室详细测定生物学数据。生物学测定采用随机取样法收集各种类的样品，超过 50 ind 的种类，随机抽取 50 ind 进行生物学测定，不足 50 ind 则测定全部样品，生物学测定内容包括体长、体重、胃饱满度、性腺成熟度等生物学特性。依据调查海域物种分布和经济种类等情况，本次调查海域渔获物主要分为鱼类、虾类、蟹类和头足类 4 大类群进行分别描述，其中，口足目的口虾蛄归入虾类。

5.2.4.4 评价方法

由于各种游泳动物的生态习性不同，对网具的反应也不一样，网具对不同种类的捕获效率不同。同时，各站位拖网时间和拖速也无法完全一致，需对调查数据进行标准化处理。以调查网具拖速 3.0 kn、拖网时间 1 h 为基准，根据各站位扫海面积（网口宽度×平均拖速×拖网时间）对调查数据进行标准化处理。

(1) 渔业资源密度计算

资源密度的计算采用扫海面积法，基本原理是通过拖网时网具扫过的单位面积内捕获的游泳动物的数量，计算单位面积内的资源密度。公式如下：

$$\rho = D / (p \cdot a)$$

式中： ρ 为资源密度； D 为相对资源密度，即平均渔获量； a 为网次扫海面积； p 为网具捕获率。

捕获率表示网具对鱼类等的捕捞效率，在网具规格选定的情况下，它主要取决于不同鱼类对网具的反应，各种鱼类等的生态习性不同，对网具的反应也不一样。根据鱼类等的不同生态习性，把网具的捕获率大体上分为如下 3 类：中上层鱼类和头足类（枪乌贼）， p 取 0.3，近底层鱼类、虾类和头足类（长蛸、短蛸）， p 取 0.5，底层鱼类和蟹类， p 取 0.8。

（2）生态优势度

相对重要性指数（Index of Relative Importance，简称 IRI ）从各种类在数量、重量中所占比例和出现频率 3 个方面进行优势度的综合评价，判断其在群落中的重要程度，即：

$$IRI=(N+W) \cdot F \quad (1-1)$$

式中： IRI 为相对重要性指数； N 为数量百分比； W 为重量百分比； F 为出现频率。

鱼卵仔稚鱼无重量数据，采用上述公式的变形：

$$IRI=N \cdot F \quad (1-2)$$

式中 IRI ， N 和 F 同公式（1-1）。以 $IRI \geq 1000$ 的种类为优势种， $100 \leq IRI < 1000$ 的种类为重要种， $10 \leq IRI < 100$ 的种类为常见种， $IRI < 10$ 的种类为少见种。

（3）多样性

物种多样性指数是度量生物多样性高低及空间分布特征的数值指标，它包括物种丰富度和均匀度两个生态学参数，被广泛应用于群落结构变化以及生态系统环境质量评价等研究中。

Simpson 多样性指数（ D ）计算公式为：

$$D=(S-1)/\ln N$$

式中： D 为物种 Simpson 多样性指数； S 为种类数； N 为总尾数。

Shannon-Weaver 多样性指数（ H' ）计算公式为：

$$H'=-\sum P_i \ln P_i$$

式中： H' 为物种多样性指数； P_i 为 i 种类的数量（或重量）比例。

物种 Pielou 均匀度指数（Pielou）：

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

式中： J' 是为物种 Pielou 均匀度指数； H' 为物种多样性指数； S 为种类数。

5.2.4.5 调查结果分析

(1) 2022 年 4 月调查结果

1) 鱼卵仔稚鱼

① 种类组成

2022 年春季调查所获鱼卵 8 种，包括斑蓝点马鲛姑鱼、鲈鱼、鳀、鳊、白姑鱼、斑鳊和鲮；所获仔稚鱼 3 种，包括平鲈属、多鳞鳊、鳀和虾虎鱼科。

本次调查共捕获鱼卵 1959 粒， $6.77 \text{ 粒}/\text{m}^3$ ，其中鳀 1873 粒，占总卵数的 96.1%，蓝点马鲛、黄姑鱼、鲈鱼等鱼卵占 3.9%。

调查期间共捕获仔稚鱼 11 尾， $0.038 \text{ 尾}/\text{m}^3$ ，其中鳀 1 尾，占总数的 9.09%；虾虎鱼 7 尾，占总数的 63.64%；多鳞鳊 3 尾，占总数的 27.27%。

2) 渔业资源

① 种类组成

本次春季调查共捕获游泳动物 56 种（表 5.2.4-5），其中鱼类 37 种，占总种类数的 66.07%；甲壳类 15 种，占总种类数的 26.79%；头足类 4 种，占总种类数的 7.14%。

③ 优势种

本次调查优势种有 2 种，为日本褐虾和黄鳊鳊，重要种有 8 种，有口虾蛄、方氏锦鲷、绵鲷、鳀、赤鼻棱鳀、大泷六线鱼、钝吻黄盖鲷和细纹狮子鱼。

重量比例超过 1% 的种类共 11 种，占全部渔获物重量的 89.95%。重量组成比例超过 10% 的种类 2 种，为日本褐虾 10.73% 和黄鳊鳊 56.95%；重量组成比例在 5~10% 之间的种类 1 种，为口虾蛄 5.36%；重量组成比例在 1~5% 的种类 6 种，依次为方氏锦鲷 3.67%、绵鲷 3.65%、鳀 2.96%、赤鼻棱鳀 2.05%、大泷六线鱼 1.61%、钝吻黄盖鲷 2.97%；其余种类重量组成比例低于 1%。

数量比例超过 1% 的种类共 8 种，占全部渔获物重量的 89.25%。数量组成比例超过 10% 的种类 1 种，为日本褐虾 67.10%；数量组成比例在 1~10% 之间的种类 7 种，依次为口虾蛄 4.00%、方氏锦鲷 4.19%、绵鲷 4.37%、鳀 2.93%、赤鼻棱鳀 3.62%、大泷六线鱼 1.56% 和细纹狮子鱼 1.50%；其余种类数量组成比例低于 1%。

(2) 2022 年 9 月调查结果

1) 鱼卵仔稚鱼

①种类组成

2022 年 9 月秋季调查未捕获鱼卵，调查期间捕获仔稚鱼 9 尾，其中鳀 5 尾、鲛 1 尾、绵鳚。

2) 渔业资源

①种类组成

本次秋季调查共捕获游泳动物 52 种（表 5.2.4-11），其中鱼类 35 种，占总种类数的 67.30%；甲壳类 14 种，占总种类数的 26.90%；头足类 3 种，占总种类数的 5.80%。

③优势种

本次调查优势种有 5 种，为口虾蛄、黄鲛鰵、枪乌贼、六丝钝尾虾虎鱼和蓝点马鲛，重要种有 16 种，有三疣梭子蟹、斑鰵、青鳞小沙丁鱼、长蛸、长蛇鲻、短蛸、矛尾虾虎鱼、绯鲷、许氏平鲉、鳀、细条天竺鲷、鲷、日本鼓虾、高眼鲷、鹰爪虾和赤鼻棱鳀。

重量比例超过 1%的种类共 15 种，占全部渔获物重量的 89.97%。重量组成比例超过 10%的种类 3 种，为口虾蛄 28.51%、枪乌贼 25.26%和六丝钝尾虾虎鱼 16.83%；重量组成比例在 1~10%的种类 12 种，依次为黄鲛鰵 1.27%、蓝点马鲛 2.45%、斑鰵 1.41%、青鳞小沙丁鱼 1.1%、短蛸 1.45%、矛尾虾虎鱼 1.97%、绯鲷 2.05%、鳀 1.85%、细条天竺鲷 1.8%、日本鼓虾 1.68%、鹰爪虾 1.22%、赤鼻棱鳀 1.12%；其余种类重量组成比例低于 1%。

数量比例超过 1%的种类共 14 种，占全部渔获物重量的 87.52%。数量组成比例超过 10%的种类 3 种，为口虾蛄 18.07%、黄鲛鰵 30.10%、蓝点马鲛 11.51%；数量组成比例在 1~10%之间的种类 11 种，依次为枪乌贼 4.69%、六丝钝尾虾虎鱼 4.27 %、三疣梭子蟹 4.14%、斑鰵 2.31%、青鳞小沙丁鱼 2.35%、长蛸 2.95%、长蛇鲻 2.46%、短蛸 1.81%、许氏平鲉 1.99%、鲷 1.62%和高眼鲷 1.24%；其余种类数量组成比例低于 1%。

5.2.4.6 主要经济种类的“三场一通道”

受调查时间及调查站位的限制，渔业资源现状调查资料不足以阐明渔业资源洄游分布特征，根据历史资料对山东周边海域重要经济种类的“三场一通道”分布特征进行概述。

1、蓝点马鲛

蓝点马鲛 (*Scomber morus niphonius*) 隶属于鲈形目 (*Perciformes*)、鲭科 (*Scombridae*)、马鲛属 (*Scomber morus*)，俗称：鲅鱼 (辽宁、河北、山东)，马加、马鲛 (福建、浙江、江苏)，燕鱼 (江苏以南)。属暖水性中上层鱼类，分布于印度洋及太平洋西部水域，在渤、黄、东、南海以及日本海均有分布，是重要的经济鱼类。

(1) 种群与洄游

山东近海群系的蓝点马鲛越冬场在黄海东南部 ($32^{\circ}00'\sim 33^{\circ}40'N$ ， $124^{\circ}00'\sim 127^{\circ}15'E$)，底质为泥沙和细沙，水深 60~80 m。4月下旬，蓝点马鲛由越冬场经大沙渔场，进入海州湾和山东半岛南部各产卵场，产卵期在 5~7 月。主群则沿 $122^{\circ}30'N$ 北上，首批鱼群 4 月底越过山东高角，向西进入烟威近海产卵场以及渤海的莱州湾、渤海湾等主要产卵场，产卵期为 5~7 月。在山东高角处，从主群分出的另一支群体继续北上，抵达黄海北部的又一产卵场海洋岛，产卵期为 5 月中到 6 月初。产卵之后，亲鱼和幼鱼均在产卵场附近海域分散索饵。8 月下旬随着近岸水温下降，鱼群陆续向较深水域行适温洄游，并继续强烈摄食，生长育肥，渤海蓝点马鲛幼鱼开始外泛，主群于 9 月上旬至 10 月上旬前后抵达烟威渔场西部水深 20~30 m 水域。10 月上、中旬，表层水温降至 $12^{\circ}C\sim 13^{\circ}C$ 时，黄、渤海的蓝点马鲛主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼群在 11 月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外及江外渔场越冬。

(2) 产卵场与产卵期

蓝点马鲛的主要产卵场在山东近海包括渤海湾、莱州湾、烟威近海、乳山近海和海州湾，密集区分布在渤海湾南端、乳山外以及日照-胶南外海。产卵期 5~7 月，由南至北相应推迟。其中，莱州湾和渤海湾的产卵期为 5 月下旬至 7 月上旬，以 5 月下旬至 6 月中旬为产卵盛期，产卵个体 (性腺成熟度为 Va 和 Vb 期) 占 10.1%~41.5%。烟威近海产卵期为 5 月中旬至 7 月上旬，以 5 月下旬至 6 月中旬为产卵盛期，产卵个体占 10.2%~30.1%。乳山近海产卵期为 5 月上旬至 6 月下旬，以 5 月中旬至 6 月上旬为产卵盛期，产卵个体占 10.4%~12.0%。海州湾产卵期为 5 月中旬至 6 月中旬，产卵盛期在 5 月中旬至 6 月上旬，产卵个体占 10.1%~34.4%。

(3) 索饵场与索饵期

每年 6~7 月，蓝点马鲛稚鱼在莱州湾、烟威近海、乳山近海、海州湾等产卵场浅水区索饵，8 月当年生蓝点马鲛幼鱼以分布于产卵场的幼鳀为食，9 月蓝点马鲛

幼鱼开始进入产卵场外侧较深水处索饵。10 月后，渤海的蓝点马鲛陆续经渤海海峡进入黄海北部，在此索饵。随着气温继续下降，此部分蓝点马鲛会同烟威渔场的蓝点马鲛进入石岛渔场、连青石渔场索饵，至 1 月基本到达黄海中部的越冬场索饵。

图 5.2.4-11 蓝点马鲛“三场一通道”分布示意图

2、小黄鱼

小黄鱼（*Larimichthys polyactis*）隶属于鲈形目（*Perciformes*），石首鱼科（*Sciaenidae*），黄鱼属（*Larimichthys*）。俗称黄花鱼。属暖温性、底层鱼类，广泛分布于渤海、黄海、东海。是我国最重要的海洋渔业经济种类之一，历史上与小黄鱼、带鱼和墨鱼并称“四大渔业”，在我省近海其它 3 种渔业已经衰退情况下，小黄鱼仍维持较高捕捞产量。

（1）种群与洄游

小黄鱼广泛分布于黄、渤海。黄、渤海的小黄鱼基本上划分为三个群系，即黄海北部—渤海群系、黄海中部群系、黄海南部群系。我省捕获的小黄鱼主要为黄海北部—渤海群系和黄海中部群系，主要分布于黄海 34°N 以北黄海北部和渤海水域。黄海北部—渤海群系和黄海中部群系小黄鱼越冬场在黄海中部，水深 60~80 m，底质为泥砂、砂泥或软泥，底层水温最低为 8℃，盐度为 33~34，越冬期为 1—3 月份。之后，随着水温的升高，小黄鱼从越冬场向北洄游，经成山头分为两群，一群游向北，另一群经山东半岛北部海域进入渤海，在渤海沿岸、鸭绿江口等海区产卵。产卵期主要为 5 月，产卵后鱼群分散索饵，在 10—11 月随着水温的下降，小黄鱼逐渐游经成山头以东，124°E 以西海区向越冬场洄游。

（2）产卵场与产卵期

主要产卵场有烟威近海、乳山外海、海州湾产卵场。产卵期为 5~7 月，产卵盛期为 5 月下旬至 6 月上旬。

小黄鱼主要产卵期为 4~5 月，由南向北略为推迟，产卵场一般都分布在河口区和受入海径流影响较大的沿海区，底质为泥砂质、砂泥质或软泥质，产卵场的主要范围一般都分布在低盐水与高盐水混合区的偏高温区（刘效舜，1990）。小黄鱼在产卵期昼夜 24 小时均产卵，主要产卵时间为 17~22 时，以 19 时为产卵高峰。实验室内卵子孵化的最低水温为 9.8℃，最高为 20.4℃，水温 11—17℃，19—20℃

对小黄鱼孵化都是合适的，水温低于 10°C ，对孵化不利。小黄鱼产卵场的表层水温为 $17\text{—}22^{\circ}\text{C}$ （刘效舜，1990）。

根据历史资料，目前小黄鱼重要产卵场在烟威近海、乳山近海和海州湾，而莱州湾出现小黄鱼的鱼卵和仔稚鱼均很少，已不成为小黄鱼的重要产卵场。

（3）索饵场与索饵期

每年 7~8 月，当年生小黄鱼幼鱼主要分布在莱州湾、烟威近海、乳山近海、海州湾等产卵场。9~10 月，渤海的小黄鱼幼鱼主要在渤海中部索饵育肥。10 月下旬至 11 月，渤海的小黄鱼幼鱼陆续经渤海海峡进入黄海北部，会同在烟威近海索饵育肥的小黄鱼幼鱼经石岛外海陆续向位于黄海西南部深水区。12 月以后又移动到济州岛东南的越冬场。

图 5.2.4-12 小黄鱼产卵场、越冬场及洄游路线分布示意图

3、银鲳

黄、渤海银鲳越冬场位于济州岛西南侧海区及济州岛与五岛列岛之间的对马渔场，水深 60-100m，此外，在 $34\text{--}37^{\circ}\text{N}$ 、 $122\text{--}124^{\circ}\text{E}$ 的黄海洼地西部，水深约 60m 的海域，也有部分银鲳越冬。每年 12 月至翌年 3 月为银鲳的越冬期。秋末，当黄、渤海沿岸水温下降到 $14\text{--}15^{\circ}\text{C}$ 时，在沿岸河口索饵的银鲳群体开始向黄海中南部海区集结，沿黄海暖流南下。12 月，银鲳主要分布于 $34\text{--}37^{\circ}\text{N}$ ， $122\text{--}124^{\circ}\text{E}$ 的连青石渔场和石岛渔场南部海区，1 月至 3 月，越冬银鲳主群体南移至济州岛西南海区和対马渔场，水温为 $15\text{--}18^{\circ}\text{C}$ ，盐度为 33-34 的越冬场，3-4 月，银鲳开始由越冬场沿黄海暖流北上，向黄、渤海沿岸的产卵场洄游，当洄游至大沙渔场北部 $33\text{--}34^{\circ}\text{N}$ 、 $123\text{--}124^{\circ}\text{E}$ 海区时，分出一路游向海州湾产卵场，另一路继续北上到达成山头附近，又分支，分别向海洋岛渔场和渤海各渔场洄游。5-7 月为黄、渤海银鲳种群的产卵期，产卵场分布在沿海河口浅海混合水域的高温低盐区，水深一般为 10-20 余 m，底质以泥砂质和砂泥质为主，水温为 $12\text{--}23^{\circ}\text{C}$ ，盐度为 27-31。主要产卵场均位于海州湾，莱州湾和辽东湾等水域的河口区。黄海南部的吕泗渔场为我国最大的银鲳产卵场，在此产卵的银鲳群体属东海银鲳种群。7-11 月为银鲳的索饵期，索饵场与产卵场基本重叠，到秋末随着水温的下降，在沿岸索饵的银鲳向黄海中南部集群，沿黄海暖流南下越冬。

图 5.2.4-13 银鲳产卵场、越冬场及洄游分布示意图

4、渔场

工程区附近渔场主要是其风电场东北部的烟威渔场，烟威渔场位于山东半岛北部的 38°30'N 以南海域，面积约 7200nmile²，是进入渤海产卵和离开渤海越冬的鱼类过路渔场。目前，主要鱼类有鲷鱼、细纹狮子鱼、小黄鱼、绒杜父鱼等。

图 5.2.4-14 黄渤海渔场分布图（★为项目风电场位置）

5.2.5 海洋生物体质量现状调查结果与评价

5.2.5.1 调查时间与站位布设

2022 年 4 月，中国海洋大学在工程附近海域进行的 16 个站位生物体质量调查资料，调查站位详见图 5.2.4-1 和表 5.2.4-1。

2022 年 9 月，中国海洋大学在工程附近海域进行的 19 个站位生物体质量调查资料，调查站位详见图 5.2.4-2 和表 5.2.4-2。

5.2.5.2 采样及分析方法

（1）调查项目

调查内容为经济生物体质量（体内的铜、锌、铅、镉、铬、砷、总汞、石油烃）。

（2）样品制备

鱼、虾类用现场海水冲洗干净，冰冻保存；贝类选择大小相近的个体约 2.5kg，现场海水冲洗干净后放入聚乙烯袋中，冷冻保存；生物体样品采集后，确保样品在冷藏条件下运输，样品由专人负责送回实验室保存。用于生物质量检测的生物体样品保存在-20℃以下的冰柜中。

（3）分析方法

监测项目包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃等，样品的分析依据《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析》（GB17378.6-2007）的相关规定执行。具体分析方法、仪器及检出限见表 5.2.5-1。

表 5.2.5-1 生物体质量分析方法和检出限

项目	分析方法与技术依据	仪器设备	检出限
铜	无火焰原子吸收分光光度法	AA-7000 原子吸收分光光度计	0.4×10 ⁻⁶
铅	无火焰原子吸收分光光度法		0.04×10 ⁻⁶
锌	火焰原子吸收分光光度法		0.4×10 ⁻⁶
镉	无火焰原子吸收分光光度法		0.005×10 ⁻⁶
铬	无火焰原子吸收分光光度法		0.04×10 ⁻⁶
汞	原子荧光法	Mercur 测汞仪	0.005×10 ⁻⁶

砷	原子荧光法	PF6-2 原子荧光光度计	1×10^{-6}
石油烃	分子荧光分光光度法	RF5301 荧光分光光度计	1×10^{-6}

5.2.5.3 评价标准与方法

(1) 评价方法

评价方法与水质评价方法相同，均采用标准指数法和超标统计法。其中单因子污染标准指数法，按下列公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项污染物的质量指数； C_i —— i 项污染物的实测浓度； S_i —— i 项污染物评价标准。

I_i 是无量纲量，其大小描述被测样品的质量状况。当评价因子大于 1.0 时，表明海域已超过评价标准，受到该评价因子的污染。

(2) 评价标准

贝类生物质量评价采用《海洋生物质量》（GB1842-2001）中规定的标准值，结合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，农渔业区执行第一类生物质量标准，港口航运区（航道、锚地）执行第二类生物质量标准，港口航运区（港口区）执行第三类生物质量标准，保留区要求保持现状。评价标准见表 5.2.5-2。

鱼类和甲壳类的生物质量评价采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的海洋生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准，见表 5.2.5-3。

评价方法采用单因子标准指数法。

表 5.2.5-2 海洋生物质量（GB1842-2001）评价标准（单位：mg/kg）

项目	第一类	第二类	第三类
镉 $\leq$	0.2	2.0	5.0
铅 $\leq$	0.1	2.0	6.0
铬 $\leq$	0.5	2.0	6.0
砷 $\leq$	1.0	5.0	8.0
铜 $\leq$	10	25	50（牡蛎 100）
锌 $\leq$	20	50	100（牡蛎 500）
总汞 $\leq$	0.05	0.1	0.3
石油烃 $\leq$	15	50	80
注：以贝类去壳部分的鲜重计。			

表 5.2.5-3 生物质量评价项目及其评价标准（单位：mg/kg）

生物种类	铜 $\leq$	锌 $\leq$	铅 $\leq$	镉 $\leq$	铬 $\leq$	砷 $\leq$	汞 $\leq$	石油烃
鱼类	20	40	2.0	0.6	1.5	5.0	0.3	20
甲壳类	100	150	2.0	2.0	1.5	8.0	0.2	20

软体类	100	250	10.0	5.5	5.5	10	0.3	20
-----	-----	-----	------	-----	-----	----	-----	----

5.2.5.4 调查结果分析

(1) 调查结果

2022 年 4 月春季海洋生物体质量监测结果见表 5.2.5-4。

2022 年 9 月秋季海洋生物体质量监测结果见表 5.2.5-5。

(2) 评价结果

①2022 年 4 月评价结果

春季海洋生物体质量评价结果见表 5.2.5-6。

2022 年 4 月海洋生物质量调查中，除了 8 号和 16 号站位贝类的铅含量超标外，其余各站位生物体内污染物含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准值。

②2022 年 9 月评价结果

秋季海洋生物体质量评价结果见表 5.2.5-7。

2022 年 9 月海洋生物质量调查中，各站位生物体内污染物含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准值。

5.3 环境空气质量现状与评价

根据《2022年烟台市环境空气质量状况》（烟台市生态环境局，2023年1月发布），2022年，国控点位五项主要污染物同比四项改善一项恶化，其中SO₂、NO₂达到环境空气质量一级标准，PM₁₀、PM_{2.5}、O₃达到环境空气质量二级标准：细颗粒物（PM_{2.5}）平均浓度为24微克/立方米，同比改善11.1%；可吸入颗粒物（PM₁₀）平均浓度为46微克/立方米，同比改善13.2%；臭氧（O₃-8h）第90百分位浓度为157微克/立方米，同比恶化4.7%；二氧化硫（SO₂）平均浓度为8微克/立方米，同比改善11.1%；二氧化氮（NO₂）平均浓度为19微克/立方米，同比改善29.6%；空气质量综合指数为3.19，同比改善10.9%；优良率为86.3%，同比减少0.3个百分点。项目运维中心所在地市为达标区。

根据《二〇二二年十二月烟台市牟平区环境空气质量主要污染物现状及改善情况》，2022 年牟平区 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃ 达到环境空气质量二级标准，项

目所在区域为达标区。

表 5.3-1 牟平区环境空气年均浓度（2022 年）

污染物	年累计均值 (ug/m3)	环境空气质量二 级标准(ug/m3)	评价结果	是否达标
SO2	9	60	0.15	达标
NO2	18	40	0.45	达标
PM10	45	70	0.64	达标
PM2.5	23	35	0.66	达标
O3	152	160	0.95	达标

项目风电场位于烟台市牟平区北部海域，场址中心离岸位置约50km，附近无重大污染源且周边海域开阔，项目所在海域空气质量较好。

5.4 声环境质量概况

为了解工程海域声环境质量现状，中国科学院声学研究所北海研究站组于 2022 年 9 月 29 日对项目所处海域进行了工程海域水上、水下声环境的现场调查。

5.4.1 海域声环境质量概况

5.4.1.1 监测点位

在工程海域共设置 7 个噪声调查站点（各站点均开展水上、水下声测量），调查点位详见图 5.4.1-1，各站点经纬度坐标见表 5.4.1-1。

表 5.4.1-1 声环境调查站位坐标

编号	北纬	东经
#1		
#2		
#3		
#4		
#5		
#6		
#7		

图 5.4.1-1 项目海域声环境监测点位示意图

5.4.1.2 水上声环境现状

（1）监测内容

共监测 7 个点，每个监测点连续监测时间均为 10min 以上。

水上声环境监测内容包括：

- ①等效连续声级；
- ②最大声级；
- ③给出在 20Hz~20kHz 频率范围内的 1/3 倍频程的频带声压级分布。

(2) 监测条件

监测期间天气晴，海况 3-4 级，工程海域布设各站点在进行水上、水下声环境调查时的环境条件见表 5.4.1-2。

表 5.4.1-2 各站点开展声环境调查时的环境条件

站点编号	水深(m)	海况(级)	天气	水温(10m)(°C)
#1	52	3-4	晴	21.3
#2	51	3-4	晴	21.5
#3	53	3-4	晴	21.4
#4	56	3-4	晴	21.7
#5	49	3-4	晴	21.5
#6	53	3-4	晴	21.3
#7	52	3-4	晴	21.0

(3) 监测结果

工程海域水上声环境监测结果见表 5.4.1-3。

海上声环境时-频图如图 5.4.1-2a~图 5.4.1-2g 所示。

表 5.4.1-3 工程海域水上声环境质量调查结果（无计权）单位：dB/20uPa

编号	噪声源	最大声级 (dB)	等效连续声 级 (dB)	累计百分声 级 L10 (dB)	累计百分声 级 L50 (dB)	累计百分声 级 L90 (dB)
#1	海上声环境	62.3	59.3	60.2	51.8	42.6
#2	海上声环境	62.4	57.3	59.3	53.5	40.2
#3	海上声环境	61.2	52.7	56.0	50.2	39.1
#4	海上声环境	60.4	54.2	59.7	51.7	47.0
#5	海上声环境	69.2	61.9	63.8	54.7	50.2
#6	海上声环境	64.5	57.7	52.5	54.8	53.0
#7	海上声环境	68.3	54.2	57.9	49.5	39.3

(4) 监测结果评价

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声等效噪声级（A 计权）主要分布在 52~62dB 之间；最大声级的算术平均值为 65.0dB；在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级的最大动态范围为 40dB。

5.4.1.3 水下声环境现状

(1) 监测内容

水下声环境监测内容为频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。根据各站点不同的海域深度，设置 2 个水层深度：10m、18m，进行同步测量，测量记录时间均为 2min 以上。

(2) 调查结果

1) 峰值声压

水下噪声结果详见表 5.4.1-4。

表 5.4.1-4 各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级

编号	测点深度 (m)	峰值声压 (dB/1uPa)	全频带累积声压级 L_p (dB/1uPa)		
			各测点	各站点平均值	调查海域平均值
#1	10	164	124	127	125
	18	162	129		
#2	10	164	126	126	
	18	165	127		
#3	10	165	125	124	
	18	164	124		
#4	10	165	124	124	
	18	164	125		
#5	10	164	124	125	
	18	162	126		
#6	10	164	126	127	
	18	162	129		
#7	10	164	125	125	
	18	164	126		

2) 工程海域频带声压级和声压谱级

调查结果详见表 5.4.1-5、表 5.4.1-6。

3) 各站点的时域波形、频带声压级和声压谱级图

图中各物理量说明如下：

①时域图：直观显示各站点噪声声压幅度随时间的变化情况；

②频带声压级：通过不同带宽的滤波器从一个能量连续分布的随机噪声中提取出该带宽内的噪声声压级，用符号 L_{pf} 表示，本报告中的频带声压级 L_{pf} 采用 1/3oct 频谱分析；

③声压谱级：也称为功率谱级，定义为噪声通过带宽 1Hz 的理想滤波器后的声压级，用符号 L_{ps} 表示。

站点 1：

5.4.1.4 结论

(1) 水上噪声环境调查结论

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声等效噪声级（A 计权）主要分布在 52~62dB 之间；最大声级的算术平均值为 65.0dB；在

20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级的最大动态范围为 40dB。

(2) 水下噪声环境调查结论

调查海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，全频带累积声压级为 125dB，噪声谱级的总动态变化范围是 94dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 40dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 88dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 76dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 68dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 48dB 以下。

5.4.2 陆域声环境质量现状

5.4.2.1 调查站点

陆域声环境质量现状资料引自《三峡山东牟平 BDB6# 一期（300MW）海上风电项目环境影响报告书（报批稿）》，山东丹波尔环境科技有限公司于 2022 年 9 月 29 日对项目陆域声环境进行了监测，调查站点图见图 5.4-10，站位点坐标见表 5.4-4。

图 5.4-10a 陆地上噪声调查站位分布图

5.4.2.2 调查结果

选取陆缆周围的 8 个位置对环境噪声进行监测，测量结果见表 5.4-4。

表 5.4-4 陆地声环境质量调查质量结果 dB (A)

点位 编号	点位描述	检测结果	
		昼间	夜间
A1		44.6	41.5
A2		43.5	41.4
A3		49.5	44.8
A4		50.8	44.8
A5		53.2	48.6
A6		53.4	48.2
A7		53.8	49.0
A8		53.6	47.3
范围		43.5~53.8	41.4~49.0

5.4.2.3 调查结果评价

由陆地声环境现场调查结果可知，该陆地环境噪声无计权等效噪声级昼间主要分布在 43.5~53.8dB 之间，夜间主要分布在 41.4~49.0dB 之间。

A1、A2 号站位声环境质量满足昼间 55dB、夜间 45dB 的 1 类声环境质量标

准；其他站位声环境质量满足昼间 65dB、夜间 55dB 的 3 类声环境质量标准。

5.5 陆域生态环境现状调查与评价

本项目拟建陆上运维中心位于烟台市牟平区大窑街道南吕城村西侧化工路东侧，项目区为耕地，西侧为化工路，北侧、南侧和东侧为耕地。

由卫星遥感图可以看出，项目区及周边区域主要为耕地，2012 年后，项目区左侧及化工路东侧建设有厂房，2021 年项目区为空地。

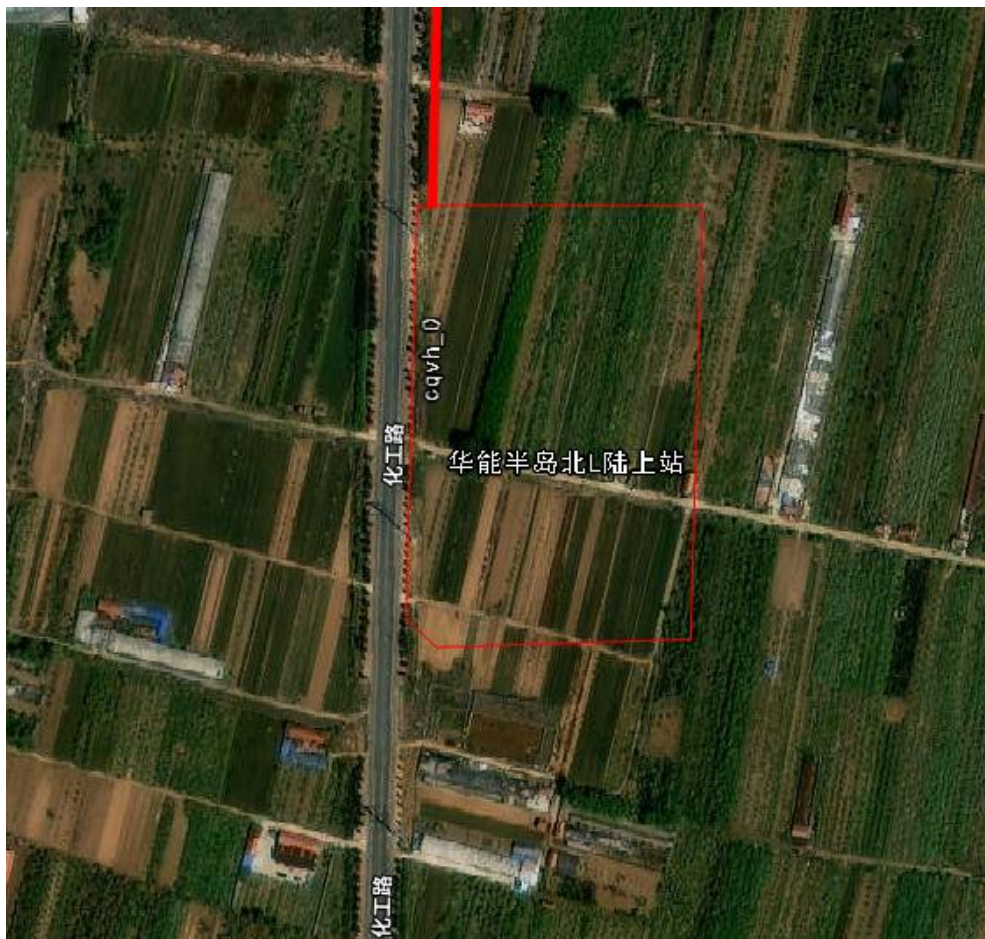


图5.5-1 2022年运维中心遥感图

海缆登陆点至陆上运维中心之间的陆缆主要沿已有道路、绿化带敷设，陆缆两侧主要分布有工厂、住宅区（恒大·御海天下和旭瑞·海澜湾）、办公楼（海洋创业服务大厦）、耕地、石头河等。



图5.5-2 陆缆周边现状图

5.5.1 生态环境相关区划与规划

(1) 项目位置在《山东省生态功能区划》（2004 年）中的定位

根据《山东省生态功能区划》（2004 年），本项目位于蓬黄掖水土保持与生物多样性保护生态功能区。

表5.7-1 项目所在位置的生态功能特点及发展方向一览表

生态区	生态亚区	生态功能区	主要生态环境问题	主要生态系统服务功能	产业发展方向
辽东-山东丘陵落叶阔叶林生态区	胶东半岛低山丘陵农业-森林-渔业生态亚区	蓬黄掖水土保持与生物多样性保护生态功能区	局部地区流失严重，近海生态系统功能有退化趋势	生物多样性保护，水土保持	保护基本农田，稳定粮食生产面积发展花生生产，加强花生基地建设，喷灌面积，发展浅海滩涂的鱼贝养殖，向高产、优质、多品种发展

陆上运维中心位于烟台市牟平区大窑街道仙坛街与化工路交叉口东南侧，项目区不占用基本农田，不会对烟台市的粮食生产造成不利影响。

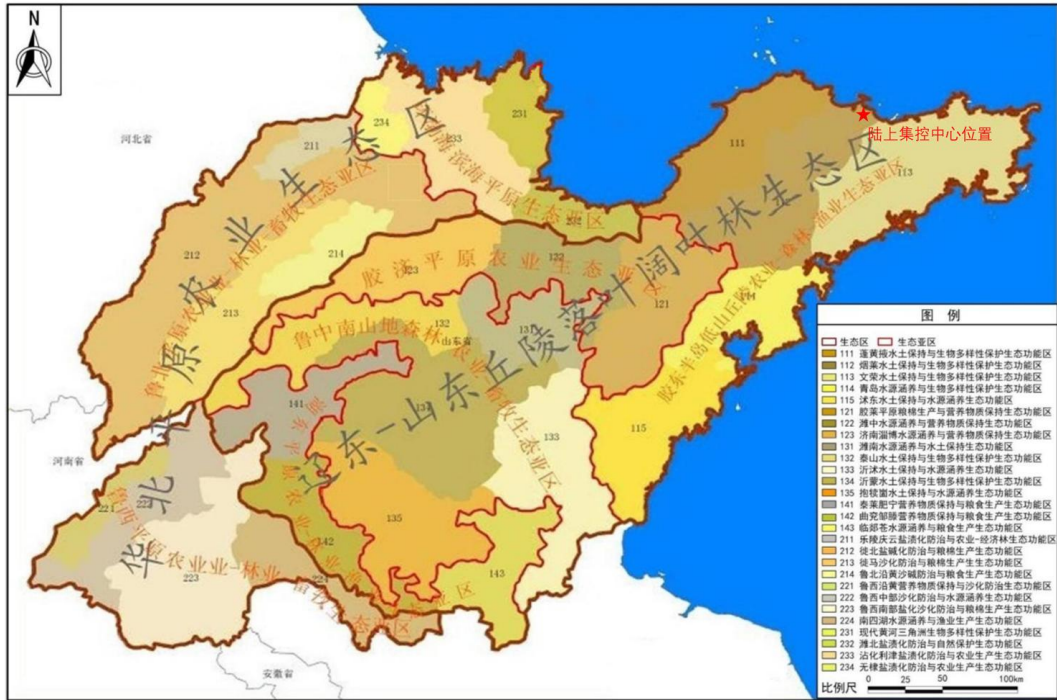


图5.5-3 山东省生态功能区划图

(2) 项目位置在《山东省主体功能区规划》中的定位

根据《山东省主体功能区规划》（2013 年 1 月 15 日），项目所在的牟平区为优化开发区域，项目不在限制开发区域和禁止开发区域范围内。



图 5.5-4 山东省主体功能区规划图

该区域的功能定位：黄河中下游地区对外开放的重要门户和陆海交通走廊，国际竞争力较强的先进制造、高新技术和海洋经济等高端产业聚集区，全国重要的特色产业基地和高效生态经济示范区，具有国际先进水平的海洋经济发展示范区和我国东部沿海地区重要经济增长极，东北亚地区国际航运中心。

（3）其他

项目区不涉及饮用水水源保护区、水功能一级区的保护区和保留区、自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园、重要湿地、生态脆弱区等区域。

5.5.2 生态系统类型与特点

经现场调查，项目所在区域土地部分为耕地、部分开发为工业用地。评价区生态系统主要有人工建筑生态亚系统、农田生态亚系统、草地生态亚系统等。

（1）人工建筑生态亚系统

该系统为人工生态系统，为评价区内主要的生态系统。评价区内人工建筑生态亚系统主要包括工厂、住宅、办公楼等人工建筑。该类生态系统中作为生产者的绿色植被覆盖率极低，消费者主要是住宅中居民，办公楼及企业职工。该生态亚系统以居住和经济活动为主体，呈小块状独立分布于评价区内。评价区内人工建筑生态亚系统的典型特征是相对独立、分布稀疏。

（2）农田生态亚系统

农田生态亚系统是评价区内次要的生态系统，呈块状分布。此类拼块属于引进拼块中的种植拼地，主要分布在项目区北侧及陆缆沿线部分区域。在农田生态环境中，初级生产者主要是农作物、蔬菜等，主要消耗者为家畜、家禽及人类本身，也包括农业有害生物。分解者主要是农田微生物和土壤动物等。评价区农田生态系统基本上是单种栽培的人工生态系统，不同的农田生态系统其初级生产力差别很大，主要取决于当地的环境条件、社会经济和科技发展水平，以及种植的作物种类。评价区农田作物主要为冬小麦、玉米等，熟制为一年一熟。蔬菜作物以一年两作为主。

（3）草地生态亚系统

草地是畜牧生产的基地。草地生态亚系统是以草地和畜牧为主体构成的一类特殊生物生产系统。草地包括天然草地以及附带利用草地等。评价区草地为荒草地，主要分布在道路两侧，农田区四周等，以盐地芦苇草甸、獐毛草甸群系为多。

5.5.3 植被现状调查

项目位于烟台市牟平区大窑街道，评价范围内植物主要为木本植物及草本植物，木本植物主要为人工种植作为绿化带的黑松、紫叶李、悬铃木，草本植物主要为自然生产的狗尾草、灰藜、牵牛花、芦苇等。现场踏勘期间，项目评价范围内未见《国家重点保护野生植物名录》（2021 年 9 月 7 日）中重点保护野生植物及中国濒危珍稀植物，也没有古树名木分布。



图 5.7-4 陆上运维中心航拍图

5.5.4 动物现状调查

（1）野生动物资源现状调查

牟平区常见的野生动物主要有以下几种：

1) 兽类

常见兽类主要有黄鼠狼、野兔、小家鼠等。

2) 鸟类

常见鸟类主要有灰斑鸠、山斑鸠、大斑啄木鸟、灰喜鹊、喜鹊、大嘴乌鸦、小嘴乌鸦、大山雀、家麻雀、山麻雀等。

3) 昆虫类

昆虫类主要有蝴蝶、蜻蜓、螳螂、蝈蝈、蝉、蟋蟀、蚊虫等。

4) 爬行类

常见爬行类主要有蛇等。

5) 两栖类

两栖类主要有花背蟾蜍、金线蛙等。

由于项目所在区域人类活动频繁，项目所在区域野生动物分布较少，这些野生动物大多数为广布种，分布在项目区及周边的农田和草地内。

(2) 野生动物资源现状评价

项目所在区域人类活动频繁，由于人类对生态环境的破坏和干扰使得项目区自然条件有所变化，野生动物种类也在不断减少。区域内野生动物多为常见的广布物种，区域动物已基本对人类活动产生适应性。

现场调查期间，项目评价范围内未见《国家重点保护野生动物名录》（2021年2月1日）、《国家重点保护水生野生动物名录》中的重点保护野生动物和中国濒危珍稀动物。

5.5.5 土地利用现状调查

根据现场调查，陆域评价范围内土地利用现状主要为农用地、建设用地和未利用地。本项目陆上运维中心所占用土地利用现状为耕地，不占用永久基本农田。

5.5.6 土壤侵蚀现状

根据《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》（2013年8月12日），项目所在位置不属于国家级水土流失重点预防区和重点治理区。根据《山东省水利厅关于发布省级水土流失重点预防区和重点治理区的通告》（鲁水保字[2016]1号）、《山东省水土保持规划（2016~2030年）》，项目所在位置属于山东省省级水土流失重点预防区。

图 5.5-5 山东省国家级、省级重点防治区分布图

评价范围内土壤侵蚀现状为无明显侵蚀，土壤侵蚀级别以微度为主，轻度侵蚀主要体现在建设用地中土地平整过程。

5.5.7 小结

项目运维中心位于烟台市牟平区大窑街道，项目评价范围内生态系统类型为农田生态亚系统、草地生态亚系统、人工建筑生态亚系统。

项目陆域评价范围内无生态保护红线区，无《国家重点保护野生植物名录》（2021年9月7日）中重点保护野生植物及中国濒危珍稀植物，也没有古树名木分布；现场踏勘期间，项目评价范围内未见《国家重点保护野生动物名录》（2021

年 2 月 1 日)、《国家重点保护水生野生动物名录》中的重点保护野生动物和中国濒危珍稀动物。项目所在位置位于山丘区,评价范围内土壤侵蚀级别以微度为主,轻度侵蚀主要体现在建设用地上土地平整过程、无植被覆盖区域。

5.6 鸟类及栖息地概况

鸟类及栖息地现状调查与评价引自《华能山东半岛北海上风电基地项目（L 场址）鸟类生态环境现状调查与影响评价报告》（山东大学，2022 年 10 月）。

5.6.1 调查内容和方法

5.6.1.1 调查评价范围和资料来源

由于本海上风力发电场的边界距离最近的海岸 57km，边界 8km 内全为海域，没有任何形式的陆地存在。因此，调查单位除对项目所在区域进行调查外，适当增加了一些鸟类集中分布区，并对工程建设期间材料运输可能经过的地方进行了取样调查。调查取样范围主要涵盖了项目区域以南海岸线的主要生境类型（山东烟台市及威海市部分海岸线）以及项目所在地附近海域。

历史资料来源主要有《山东省鸟类分布名录》（赛道建和孙玉刚主编，2013 年，科学出版社），《山东省鸟类志》（赛道建，2017，科学出版社），中国观鸟记录中心的历史数据，同时参考了邻近地区已发表的相关学术文献。

除了现场调查及历史资料外，调查单位还对当地渔民进行了走访，对常见鸟类的分布情况进行了询问调查。

5.6.1.2 调查时间和调查方法

（1）调查时间

鸟类有不同的活动规律，从居留型上来讲有留鸟、夏候鸟、冬候鸟、旅鸟以及迷鸟之分，因此需要在不同季节进行多次调查，以便更可能的调查到足够的鸟类数量。按照以下标准对季节进行了划分：其中三月至五月为春季，六月至八月为夏季，九月至十一月为秋季，十二月至隔年二月为冬季。每个季节进行了两次调查，相邻两次调查的时间间隔为至少一个月，每个季节调查时间 3-5 天。

表5.6-1 调查时间表

调查时间	调查内容
2019年10月27日-10月28日	秋季鸟类调查
2019年12月31日-2020年1月2日	冬季鸟类调查
2020年5月10日-5月12日	春季鸟类调查
2020年6月15日-6月16日	夏季鸟类调查
2020年8月2日-8月4日	夏季鸟类调查
2021年5月1日-5月3日	春季鸟类调查
2021年10月5日-10月7日	秋季鸟类调查
2022年1月1日-1月3日	冬季鸟类调查

（2）调查路线

本海上风电场工程距离海岸线 60km，对应的海岸地区的景观类型主要为礁石海岸、沙质沙滩和河流入海口为主，多被开发成了旅游景区。仅存少量的泥质滩涂于养马岛大桥两侧，面积较小。

根据上述风力发电场及周边的生境类型，共设置 9 条样线，其中 7 条样线位于海岸上，分布在烟台养马岛到威海鸡鸣岛之间，覆盖了沿途主要生境。1 条样线位于项目所在区域内，1 条样线位于威海港至项目所在区域途中。

注：（红色边框为风电场边界，黄色为样线设置）

图 5.6-1 调查样线设置示意图

表 5.6-2 各调查样线起止坐标及样线长度

（3）调查方法

1）直接计数法

调查方法根据《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》，2019 年 10 月—2022 年 1 月期间（表 5.6-1），采用以直接计数法进行调查，直接记录物种种类，计数调查区域中水鸟的绝对数量，统计数量以观察记录到最多一次的个体数量为准，在调查区域调查以步行为主，而在比较开阔、生境均匀的大范围区域借助汽车进行调查；在调查海域时以船只（轮渡、渔船及快艇等）调查为主。

记录所有观察到的鸟类种类、数量以及分布，观察记录后，对个别种类进行摄影记录。所有调查均在天气状况良好，无大风的条件下进行。陆上调查时的行进速度 1-2km/h，部分鸟类分布集中区停留时间会适当延长。

2）访问法和收集历史资料法

在调查过程中结合对当地的村民、养殖户等进行访问调查，以补充野外调查的不足。收集历史资料，主要对 2012 年以来调查评价范围及周边春季、秋季迁徙期和越冬期候鸟调查进行收集和整理。

主要参考《山东省鸟类志》以及中国鸟类记录中心 2016 年以来的数据（表 5.6-3）。

表 5.6-3 中国观鸟记录中心数据基本情况汇总

时间	记录编号	地点	鸟种数量
2022年3月27日	2022032700468	烟台市牟平区滨海东路与沁水西河大桥交叉口	13
2022年3月29日	2022032900317	烟台市牟平区中科院海岸带所牟平海岸带环境综合试验站	4
2022年1月1日	2022010100846	同上	5
2021年7月17-18日	2021071800071	同上	6

2021年6月10日-12日	2021061300251	烟台市牟平区养马岛	28
2020年5月13日	2020051500035	同上	10
2022年8月25日	2022082500201	威海市环翠区海上公园	10
2022年5月2日	2022060600071	同上	5
2021年4月4日	2021041100311	同上	13
2021年3月7日	2021040300402	同上	7
2021年1月10日	2021011000332	同上	16
2020年4月3日	2020101600051	同上	12
2021年10月13日	2021101300108	威海市环翠区九龙湾公园	3
2019年2月13日	2019021500039	威海市环翠区刘公岛	8
2022年7月21日	2022072200009	威海市荣成市海驴岛	7
2016年8月7日-8日	2016091400006	同上	12
2020年7月26日	2020092000034	威海市荣成市鸡鸣岛	7
2019年9月30日	2019101500003	同上	9

(4) 调查设备

调查工具设备采用单筒望远镜、双筒望远镜、GPS、参考资料为《中国鸟类野外手册》、《中国鸟类图鉴》和《东亚鸟类图鉴》、潮汐表，交通工具为汽车、轮渡、快艇和渔船等。

5.6.2 现状调查结果与评价

(1) 鸟类种类及区系组成

根据现场调查的结果结合以往的调查资料，在项目区及邻近海岸线分布的鸟类约有 73 种，其中现场调查到 65 种，来自文献的记录 8 种。按居留型划分，其中留鸟 17 种，占比 23%；夏候鸟 18 种，占比 25%；冬候鸟 4 种，占比 5%；旅鸟 34，占比 47%。

按生态类群划分，其中游禽 13 种，占比 18%；涉禽 40 种，占比 55%；猛禽 3 种，占比 4%；攀禽 1 种，占比 1%；陆禽 4 种，占比 6%；鸣禽 12 种，占比 16%。在上述鸟类中，没有属于国家一级保护的种类，属于国家二级保护的有 8 种，属于“三有”名录的有 64 种。除此之外，上述鸟类中属于《中日候鸟保护协定》的有 44 种，属于《中澳候鸟保护协定》的有 30 种。

(2) 主要保护鸟类及习性介绍

项目邻近海岸区域内分布的国家重点保护鸟类一共有 8 种，均为二级保护，无一级保护种类。这 8 种鸟类中，有 5 种为鸻鹬类涉禽，其余 3 种均为猛禽。5 种涉禽分别是小杓鹬、白腰杓鹬、大杓鹬、翻石鹬、阔嘴鹬，在本地区均为旅鸟，主要在沿海滩涂活动，捕食滩涂地带的水生动物。其中小杓鹬在实际调查过程中并无发现，仅在《山东鸟类志》及《山东鸟类分布名录》中有记录；红隼、黑鸢、雀鹰均

为猛禽，主要在沿海地区的丘陵及湿地生境中活动，以捕食其他鸟类和小型哺乳动物为食。

上述鸟类中 5 种鹬类的觅食和栖息所在的水体生境可能在风电场的海缆铺设及材料运输过程中会受到一些影响，但其主要分布在养马岛大桥周边的滩涂生境，非本项目海缆铺设及材料运输的途经地，几乎不受风电场建设的影响。

（3）优势鸟类及习性分析

根据调查数据及以往的历史资料，我们按照遇见率和种群数量对鸟类的常见程度进行了评级。其中水鸟最常见的有黑尾鸥、红嘴鸥、苍鹭和白鹭，这些水鸟中除黑尾鸥、红嘴鸥外，几乎都在滩涂及河流入海口中活动，分布多集中于河流入海口，受风电场影响的概率很低；陆地活动的鸟类最常见的有珠颈斑鸠、喜鹊、麻雀、家燕、金腰燕和白鹡鸰等，主要见于海岸，几乎不受风电场的影响。

（5）项目运营区鸟类

由于项目运营区为海域，在项目运营区活动的鸟类种类和数量很少，本次调查中仅有红嘴鸥、黑尾鸥等少量鸥类偶尔在项目运营区上空飞过，或者追随渔船觅食。本地区的主要鸟类活动区在沿岸的滩涂、水产养殖场和部分农田及丘陵地带，距离运营区最近边界近 60 km。尽管有鸥类出现，项目运营区不是鸥类集中分布区，也不是其主要觅食区域。

6 环境影响预测与评价

6.1 地表水（海洋）环境影响评价

6.1.1 项目建设对海洋水文动力环境的影响

6.1.1.1 控制方程

采用平面二维数值模型来研究工程海域的潮流场运动及海域污染物扩散影响，采用非结构三角网格剖分计算域，三角网格能较好的拟合陆边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密。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。

6.1.1.2 计算域和网格设置

（1）计算域设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围见图 6.1.1-1，即为图中 A（辽宁大鹿岛）、B（山东鸡鸣岛）两点以及岸线围成的北黄海及渤海海域，计算域坐标范围为北纬 $37^{\circ}04'14.22'' \sim 40^{\circ}58'08.25''$ ，东经 $117^{\circ}29'33.27'' \sim 123^{\circ}46'28.99''$ 。

模拟采用三角网格，用动边界的方法对干、湿网格进行处理。整个模拟区域内由 19024 个节点和 34664 个三角单元组成，最小空间步长约为 6.0m。为了清楚地反映本工程对其附近海域水动力环境的影响，模拟中将工程周边海域进一步加密，数值模拟计算域及用海区附近海域网格分布分别见图 6.1.1-1 和图 6.1.1-2。模拟区内潮位验证点见图 6.1.1-1 和表 6.1.1-1，用海区附近潮流验证点见图 6.1.1-1 和表 6.1.1-1。

表 6.1.1-1 潮位和潮流验证点坐标

图 6.1.1-1 数值模拟计算域网格分布及潮位、潮流验证点位置图

图 6.1.1-2 工程周边海域计算域网格分布及潮流验证点位置图

（2）水深和岸界

6.1.1.4 潮流计算结果分析

（2）工程海域现状潮流场

图 6.1.1-6a、b 为工程建设前工程附近涨急时和落急时现状潮流场。

涨急时风电场区流向自东向西，流速在 0.30m/s-0.40m/s 之间；路由段流速在 0.10m/s-0.35m/s 之间。

落潮中间时风电场区流向自西向东，流速在 0.25m/s-0.36m/s 之间；路由段流速在 0.10m/s-0.32m/s 之间，流速由岸向风场区递增。

图 6.1.1-6b 工程建设前现状潮流场（涨急时）

图 6.1.1-6b 工程建设前现状潮流场（落急时）

（3）工程建设对潮流场影响分析

图 6.1.1-7a、b 为大潮期一个潮周期（含一个涨潮流段和一个落潮流段）工程前后的平均流速变化等值线，从图中可以看出，工程建设对潮流场的影响主要集中在工程风机桩柱周围，风机桩柱和升压站变化趋势基本一致。

整体来看，风机东西两侧流速整体减小，南北两侧局部略有增加；单个桩柱来看，桩柱东西侧约 300m、南北侧约 120m 以外区域流速减小大于 3cm/s；工程建设对潮流场的影响主要集中在桩柱周边小范围内，对外围其他区域的影响较小。

图 6.1.1-7 工程建成后流速变化等值线图

6.1.2 项目建设对地形地貌与冲淤环境的影响

利用沉积物取样分析、海流观测等方法，结合水深地形、工程地质、波浪资料，运用冲淤模型模拟潮流、波浪作用条件下工程周围海域海底地形的演化。

6.1.2.3 冲淤模拟结果分析

（1）工程建设前冲淤现状

工程建设前，工程附近海域冲淤变化较为稳定，以微淤积为主，年淤积量一般在 0.10cm~0.20cm 之间。工程建设前年冲淤效果如图 6.1.2-1 所示。

图 6.1.2-1 工程建设前年冲淤效果图

（2）工程建成后冲淤状况

图 6.1.2-2 为工程建设后年冲淤效果图、图 6.1.2-3a、b 为工程建设前后年冲淤变化图，从图中可以看出，工程建成前后冲淤变化不大，桩柱周边冲刷量有所增加，年最大淤积增加量约为 0.4cm，年淤积量增加大于 0.1cm 的区域位于桩柱周边最远约 100m 范围内，工程建设对冲淤环境的影响主要集中在桩柱周边小范围内，对外围其他区域的影响较小。

6.1.3 项目建设对水质环境影响预测与评价

6.1.3.1 施工期悬浮泥沙水质影响预测

6.1.3.1.1 水质预测模型

潮流是海域污染物进行稀释扩散的主要动力因素，在获得可靠的潮流场基础上，通过添加水质预测模块（平面二维非恒定的对流—扩散模型），可进行水质预测计算。

6.1.3.1.2 悬浮泥沙源强及发生点位置

（1）入海悬浮泥沙发生点位置

施工期间产生悬浮泥沙的施工环节主要为海缆敷设、桩基施工。桩基施工与海底电缆埋设管沟开挖位置重叠，源强小于海缆敷设，只对海缆敷设开挖进行悬浮泥沙扩散范围预测；根据施工环节的施工位置和特点，模拟中选取代表点进行模拟预测，施工环节泥沙发生点位置见图 6.1-11。

图 6.1-11 悬浮泥沙发生点位置图

（2）入海悬浮泥沙源强

1) 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。

风机采用四桩导管架基础，用 4 根钢管桩定位于海底，4 根桩呈正方形均匀布设，上部导管架结构插入到钢管桩里，通过水下灌浆，构成组合式基础。四桩导管架基础桩径 2.50m，钢结构最大厚度约为 95mm，入土深度约为 64m，再悬浮泥沙占挤压泥土的 1%计，泥沙密度取 1500kg/m^3 ，施工时间单次按 8h 算，则风机基础钢管桩的施工源强为 0.024kg/s 。

海上升压站基础采用 $\phi 2200$ 开口变壁厚钢管桩，壁厚取为 55mm，桩入泥约 68m，再悬浮泥沙占挤压泥土的 1%计，泥沙密度取 1500kg/m^3 ，施工时间单次按 8h 算，升压站桩基施工源强为 0.013kg/s 。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加 ($>10\text{mg/L}$) 范围一般半径在 100m 内。

2) 海缆敷设产生的悬浮泥沙

大于 2.5m 水深区域敷设电缆采用的埋设犁埋设速度 $3\sim 6\text{m/min}$ ，电缆海底 ($\Phi 30\sim \Phi 200\text{mm}$) 最大埋深约 2.0m，开沟犁宽约 0.3m。

本项目海底电缆埋深按 2m 计，开沟宽按 0.3m 计，海底电缆铺设速率以埋设犁埋设速度按 6m/min 计，埋设犁施工过程不进行任何挖掘工作，仅在海底临时切割出一条管沟，光缆立刻嵌入到管沟中。埋设犁经过该区域后，海底沉积物将管沟掩埋，而不需要填埋工作。

起沙率以施工土方量的 7% 计，管线铺设悬浮沙的产生速率计算公式如下：

产生速率=搅动沉积物的横截面积×设备移动的速度×沉积物密度（干密度）×起沙率=2m×0.3m×6m/min×60min/h×1500kg/m³×7%=22680kg/h=6.3kg/s。

6.1.3.1.3 预测悬浮泥沙浓度增量分布

海缆敷设施工环节中产生的悬浮泥沙扩散范围见图 6.1.3-2。

工程周边流场主要为往复流，主流向近 E-W 向，施工期间 10mg/L 悬浮泥沙主要在工程东-西方向扩散，向西最大扩散距离为 2300m，向东最大扩散距离为 2400m。悬浮泥沙超二类水质标准范围（10mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 43524hm²，悬浮泥沙超三类水质标准范围（100mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 9270hm²，悬浮泥沙超四类水质标准范围（150mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 3770hm²。

表 6.1.3-1 悬浮泥沙各分区浓度面积一览表

序号	分区浓度	面积(hm ²)	面积(hm ²)
1	10-20mg/L	11237.2	34254.325
2	20-50mg/L	11023.04	
3	50-100mg/L	11994.08	
4	100-150mg/L	5500.204	5500.204
5	>150 mg/L	3769.611	3769.611



图 6.1.3-2 悬沙最大扩散范围

6.1.3.2 其他污染影响分析

(1) 施工期

施工期对水环境的影响主要包括船舶含油污水、机修含油污水、船舶生活污水和施工人员生活污水、陆域施工废水。

项目施工期船舶含油污水和生活污水统一收集后，运回陆域，委托船舶污染物

处理资质的单位接收处理，不向海域排放。陆域生活污水通过槽车运送至市政环卫部门进行处理，陆域施工产生的废水，污染物为 SS，在经过沉淀后，进行施工洒水抑尘，不对外排放。

(2) 营运期

营运期间对地表水环境产生影响的主要因素为陆域生活污水、船舶生活污水、检修船含油污水。本项目风机采用外加电流的阴极保护方式进行防腐，正常情况下不会产生重金属锌。

目前陆上运维中心所在区域还未接入市政污水管道，在污水管网实施之前，陆域生活污水经一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水等；污水管网实施后，生活污水经一体化污水处理设备处理后通过潜水泵排放至市政污水管网系统。检修船舶油污水经收集后委托有资质单位处理，不会对周边水环境产生影响。

在采取上述环保措施后，正常情况下本项目营运期废水不会对地表水环境产生不利影响。

6.1.3.3 小结

施工期海缆敷设施工产生的 10mg/L 浓度悬浮泥沙最大扩散距离为 2400m，扩散范围的面积为 435.24km²，项目施工期较短且悬浮泥沙的影响时间较短，随着施工的结束而结束，施工产生的悬浮泥沙对水质的影响较小。施工期产生的生活污水、含油污水妥善收集、处理，不外排放。

运营期生活污水经污水处理设施处理满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）后的相关标准后用于厂区绿化或者洒水抑尘等，不对外排放；船舶油污水经收集后委托有资质单位处理，不会对周边水环境产生影响，本项目地表水自查表见表 6.1-3。

表 6.1-3 地表水环境自查表

工作内容		自查项目	
影响识别	影响类型	水污染影响型 ☒ ；水文要素影响型 ☒ ；	
	水环境保护目标	饮用水水源保护区 ☐ ；饮用水取水口 ☐ ；涉水的自然保护区 ☒ ；涉水的风景名胜區 ☐ ；重要湿地 ☐ ；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 ☐ ；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道 ☐ ；天然渔场等渔业水体 ☐ ；水产种质资源保护区 ☐ ；其他 ☐	
	影响途径	水污染影响型 ☒	水文要素影响型 ☒
		直接排放 ☐ ；间接排放 ☐ ；其他 ☒	水温 ☐ ；径流 ☒ ；水域面积 ☐
	影响因子	持久性污染物 ☐ ；有毒有害污染物 ☐ ；非持久性污染物 ☐ ；pH 值 ☐ ；热污染 ☐ ；富营养化 ☐ ；其他 ☒	水温 ☐ ；水位（水深） ☐ ；流速 ☒ ；流量 ☐ ；其他 ☐

评价等级		水污染影响型		水文要素影响型	
		一级□；二级□；三级 A□；三级 B☑；		一级□；二级☑；三级□	
现状调查	区域污染源	调查项目		数据来源	
		已建□；在建□；拟建□；其他□	拟替代的污染源□	排污许可证□；环评□；环保验收□；既有实测□；现场监测□；入河排放口数据□；其他□	
	受影响水体水环境质量	调查时期		数据来源	
		丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□；春季☑；夏季□；秋季☑；冬季□		生态环境保护主管部门□；补充监测□；其他☑	
	区域水资源开发利用现状	未开发□；开发利用 40%以下□；开发利用 40%以上□			
	水文情势调查	调查时期		数据来源	
现状评价		丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□；春季□；夏季☑；秋季□；冬季☑		水行政主管部门□；补充监测□；其他☑	
补充监测	监测时期		监测因子	监测断面或点位	
	丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□；春季□；夏季□；秋季□；冬季□		/	监测断面或点位个数 (/) 个	
评价范围	河流：长度 () km；湖库、河口及近岸海域：面积 (2377.78) km ²				
评价因子	(水温、pH、SS、COD、DO、石油类、无机氮(包括硝酸盐、亚硝酸盐和氨盐)、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷)				
评价标准	河流、湖库、河口：I类□；II类□；III类□；IV类□；V类□ 近岸海域：第一类☑；第二类☑；第三类☑；第四类☑ 规划年评价标准 ()				
影响预测	评价时期	丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□ 春季☑；夏季□；秋季☑；冬季□			
	评价结论	水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标情况：达标□；不达标☑ 水环境控制单元或断面水质达标情况：达标□；不达标□ 水环境保护目标质量状况：达标□；不达标□ 对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况：达标□；不达标□ 底泥污染评价☑ 水资源与开发利用程度及其水文情势评价□ 水环境质量回顾评价□ 流域(区域)水资源(包括水能资源)与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况□ 依托污水处理设施稳定达标排放评价□		达标区□；不达标区☑	
	预测范围	河流：长度 () km；湖库、河口及近岸海域：面积 (2377.78) km ²			
	预测因子	(流速、流向、冲淤、悬浮物)			
	预测时期	丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□ 春季□；夏季□；秋季□；冬季□ 设计水文条件☑			
	预测情景	建设期☑；生产运行期☑；服务期满后□ 正常工况☑；非正常工况□			

		污染控制和减缓措施方案□ 区（流）域环境质量改善目标要求情景□			
	预测方法	数值解 ☒ ；解析解□；其他□ 导则推荐模式□；其他 ☒			
影响评价	水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价	区（流）域水环境质量改善目标□；替代削减源□			
	水环境影响评价	排放口混合区外满足水环境管理要求□ 水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标□ 满足水环境保护目标水域水环境质量要求□ 水环境控制单元或断面水质达标□ 满足重点水污染物排放总量控制指标要求，重点行业建设项目，主要污染物排放满足等量或减量替代要求□ 满足区（流）域水环境质量改善目标要求□ 水文要素影响型建设项目时应包括水文情势变化评价、主要水文特征影响评价、生态流量符合性评价 ☒ 对于新设或调整入河（湖库、近岸海域）排放口的建设项目，应包括排放口设置的环境合理性评价□； 满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求 ☒			
	污染源排放量核实	污染物名称 （ ）		排放量 （0）	排放浓度/（mg/L） （/）
	替代源排放情况	污染源名称 （ ）	排污许可证 编号 （ ）	污染物名称 （ ）	排放量 （ ）
	生态流量确定	生态流量：一般水期（ ）m ³ /s；鱼类繁殖期（ ）m ³ /s；其他（ ）m ³ /s； 生态水位：一般水期（ ）m；鱼类繁殖期（ ）m；其他（ ）m；			
防治措施	环保措施	污水处理措施 ☒ ；水温减缓措施□；生态流量保障措施□；区域削减□；依托其他工程措施□；其他 ☒			
	监测计划			环境质量	污染源
		监测方式		手动 ☒ ；自动□；无监测□	手动 ☒ ；自动□；无监测□
		监测点位		（20个） （生活污水设施出水口）	
		监测因子		（水温、pH、SS、COD、DO、石油类、无机氮（包括硝酸盐、亚硝酸盐和氨盐）、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷）	（COD、氨氮、总氮、总磷等）
	污染物排放清单	施工期：悬浮物 运营期： /			
评价结论		可以接受 ☒ ；不可以接受□			
注：“*”为勾选项，可打“P”，“（ ）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容					

6.1.4 项目建设对沉积物环境影响预测与评价

（1）施工悬沙对海底沉积物影响

本项目海缆敷设管沟开挖、桩基施工等施工过程中会使海域内悬浮泥沙含量增

大，悬浮泥沙粒径小、粘度大，沉降到海底后使海底表层沉积物粒径变小，粘性变大。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。

（2）施工期及运营期污染物排放对海底沉积物影响

施工期风电场及海缆路由周边海域由于大型施工船舶在此集结，将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水和污染严重的压舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物及其他、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。项目施工期应加强管理，施工船舶应设置废水及垃圾收集设施，在船上密封储存后送至陆域进行处理，不得在海域范围内排放，在严格做好施工期管理、监理和监测的工作的前提下，不会对海洋沉积物环境造成污染影响。

6.2 声环境影响预测与评价

本节噪声影响分析主要引自《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目水下噪声及电磁辐射对海洋生物影响专题研究报告》（中国科学院声学研究所北海研究站，2022.10）中相关结论。

6.2.1 海域噪声影响

6.2.1.1 施工期噪声分析

6.2.1.1.1 施工期水下主要噪声源

本工程施工噪声源主要包括以下几类：

（1）施工机械

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，这类机械工程噪声是主要的海上施工噪声源。

（2）运输船只

施工中土石方调配、设备、材料等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噪声。船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小，船舶噪声

主要为机械噪声。在高速情况下，螺旋桨噪声成为船舶噪声的主要成分。螺旋桨噪声的来源包括螺旋桨叶片振动以及螺旋桨空化。

(3) 桩基打桩噪声

水下打桩可分为冲击打桩和振动打桩两类，冲击打桩使用水锤泵(Hydraulicram)对桩施加冲击力将桩沉入地下，振动打桩使用旋转偏心块(RotatingEccentricWeights)对桩施加交变力，通过振动将桩沉入地下(Blackwell,S.B.,2004)。水下冲击打桩是海洋工程的典型主要强噪声来源，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。

6.2.1.1.2 工程施工打桩噪声源强评估

厦门大学本课题组 2018 年 9 月对大连庄河 III 期(300MW)海上风电场所采用的大直径(6.5m)单桩施工打桩噪声进行了水下噪声的现场监测。根据监测分析结果：该海域水深 18-24m，在钢管桩桩径为 6.5m 时进行的打桩施工，所产生的水下噪声均方根声源级为 242dB_{re1μPa-m}，声传播扩展损失系数约为 23。

根据厦门大学对福建莆田平海湾一期海上风点场高桩承台基础(钢管桩直径 2.0m)的海上打桩噪声现场监测进行声源强评估，该海域在钢管桩桩径为 2.0m 时，均方根声源级为 228dB_{re1μPa-m}，声传播扩展损失系数为 21~23。

本评估同时参考厦门大学对港珠澳大桥直径 2.0m 钢管桩在珠海海域类似浅海水下施工中的噪声监测结果，打桩噪声(钢管桩直径 2.0m)均方根声源级约为 230dB_{re1μPa-m}；在厦门五缘湾浅海域中小型桩(钢管桩管径 70cm)声源级约 200dB_{re1μPa-m}等相关水下打桩施工所产生的噪声声源级来进行预测评估。

类比课题组在其他海域对打桩施工所产生的水下噪声现场监测结果，参考国外文献资料，结合本风电场区水深在 51~53m 之间，场区为滨海相沉积地貌单元，风电场位置水下滩面地形较平缓。工程场址区地面下内均为淤泥质土，对水下噪声传播的衰减较大等特点，评估本工程打桩施工所产生的水下噪声源强和 underwater 噪声传播损失。

本工程 42 台风机，对本工程四桩导管架基础、直径 3.2m 的钢管桩施工，所产生的均方根声源级取 235/uPa-mdB，并以此来估算打桩施工时的水下噪声影响范围。

6.2.1.2 运营期噪声分析

6.2.1.2.1 风机噪声

本工程运行期主要噪声源为风机运行产生的噪声。

(1) 风机噪声源

风力发电机组工作过程中在风及运动部件的激励下，叶片及机组部件产生了较大的噪声，其噪声源主要有：

1) 机械噪声及结构噪声

①齿轮噪声。啮合的齿轮对或齿轮组，由于互撞和摩擦激起齿轮体的振动，而通过固体结构辐射齿轮噪声。

②轴承噪声。由轴承内相对运动元件之间的摩擦和振动及转动部件的不平衡或相对运动元件之间的撞击引起振动辐射产生噪声。

③周期作用力激发的噪声。由转动轴等旋转机械部件产生周期作用力激发的噪声。

④电机噪声。不平衡的电磁力使电机产生电磁振动，并通过固体结构辐射电磁噪声。

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，而且对人的烦扰度最大。这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，如提高加工工艺和安装精度，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件等。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

2) 空气动力噪声

空气动力噪声由叶片与空气之间作用产生，它的大小与风速有关，随风速增大而增强。处理空气动力噪声的困难在于其声源处在传播媒质中，因而不容易分离出声源区。

3) 通风设备噪声

散热器、通风机等辅助设备产生的噪声。

(2) 噪声源强

参考相关数据，本项目所用风机为 3 个叶片、12MW，在风机轮毂处的最大声功率级取 110dB/re20 μ Pa。根据浙江省环境监测中心、华东勘探设计院风电场噪声研究，对近年来国内浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风

力发电机组噪声水平进行的多次实测结果表明：监测值的平均值范围为 38.7～65.8dB，经过点声源衰减模型反推，国产风力发电机组轮毂处的最大声功率级一般在 95～106dB 之间。因此综合国内外风机厂家资料和国内实测推算数据，本工程风力发电机组噪声源以取值 110dB/re20 μ Pa 作为评估分析。

6.2.1.2.2 运营期水上噪声影响分析

风力发电机组在运转过程中产生的噪声来自于叶片扫风产生的噪声和机组内部机械运转产生的噪声，其中以机组内部的机械噪声为主。

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。

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：

假定声音从一个点源无吸收衰减传播，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：

$$L_p(r) = L_w(r_0) - 10 \lg(2\pi r^2) \quad (6.2.1-1)$$

式中： $L_p(r)$ 为单台风机声源 r 处预测点 A 声级，单位 dB(A)

$L_w(r_0)$ 单台风机声源 r_0 处 A 声级，单位 dB(A)

经过声源衰减模式（6.2.1-1）的反推，风力发电机组轮毂处的最大功率级一般在 95～110dB 之间。

N 台风轮机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 为：

$$L_{p,total}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{\frac{L_{p,i}}{10}}) \quad (5-2)$$

本工程风力单台风力发电机组噪声采用最大声功率 110dB (A) 计算。经预测

多台风机之间噪声的叠加仅是影响范围的扩大，基本不增加强度，总体上风机组的叠加噪声影响较小。

项目运行期主要噪声源为风机运行噪声。风机运行噪声源强取决于叶片转速，参考相关风机生产商提供的产品资料，所采用风机运行噪声源强最大约为 105~110dB。以某风机的额定转速以最高声功率级 110dB 为例，在距离轮毂 100m 处（距桩基水平距离 44m），风机运行噪声影响为 59dB(A)；随距离衰减至 300m 处（距桩基水平距离 286m）时，噪声影响为 49.5dB(A)；当衰减至 500m（距桩基水平距离 492m）处时，噪声影响为 45.0dB(A)，可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准要求；当衰减至 1000m 处时，噪声影响仅 39dB(A)。

表 6.2.1-1 风机噪声随距离衰减表 单位：dB(A)

与轮毂的距离 (m)	100	300	500	1000	1500
风机噪声 (dB)	59	49.5	45	39	31

图 6.2.1-1 所有风机运营期间水上噪声分布
风机叶片噪声对鸟类影响分析

有研究显示，环境噪声对鸟类的影响主要体现在两方面，一是噪声宽带声强的影响，导致鸟类发声强度随着环境噪声水平的提高而增强的现象(Lombard 效应)，当环境噪声强度高于 40dB 时，该区域内栖息的鸟类数量明显降低；二是噪声中的谐波成分可能干扰鸟类的通信信号，导致鸟类交流受限。

该海上风电场址附近不存在鸟类栖息地，鸟类在风电场内的活动只是短期飞行通过，不是长期生活；另外数值分析显示，风电场运营期间，风机噪声衰减至 1000m 处时，噪声影响仅 39dB，在距离风机大于 1000 米的区域，风机噪声对鸟类影响较小；风机叶片的周期性转动使风机噪声中存在低频谐波成分，而大多数鸟类的主要通信频段在高频；综上所述，该场址海上风电运营期风机叶片噪声对鸟类影响较小。

6.2.1.2.3 运营期水下噪声类比分析

1、国内海上风电场运营期水下噪声类比监测

(1) 厦门大学监测结果

近几年，国内陆续建成多个海上风电场，厦门大学团队对莆田平海湾一期海上风电场、中广核江苏如东海上风电场等运营期水下噪声进行监测，监测结果表明：总体水下噪声由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的

海洋环境背景噪声场相近。

(2) 相似风电场营运期水下噪声类比分析

1) 总体情况

中国船舶重工集团公司第七〇二研究所 2017 年 3 月 14 日对正在运行的江苏滨海北 H1#100MW 海上风电场工程附近海域进行了水下及水上声环境监测，滨海北 H1#风电场布置 25 台 4.0MW 风力发电机组，目前已建成运行。具体监测站位详见表 6.2.1-2 和图 6.2.1-2，现场监测环境详见表 6.2.1-3。类比监测时，风力发电机组正常运行。

表 6.2.1-3 测试海区环境条件

序号	测点	测试时间	即时风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	风向	流速 (kn)	海况	波高 (m)	天气	水深 (m)
1	YA5	15:12	3.8	3.2	东北	3.5	3 级	0.2	阴	15.3
2	YA4	15:29	2.0	1.8	东北	2.5	2 级	0.2	阴	13.5
3	YA3	15:45	2.0	1.4	东北	1.2	1 级	0.1	阴	13.8
4	YA2	15:59	2.0	1.3	东北	2.0	1 级	0.1	阴	13
5	YA1	16:16	2.0	1.8	东北	1.9	2 级	0.2	阴	13.6
6	Z1	16:35	1.6	1.4	东北	2.0	2 级	0.1	阴	11.7

2) 可比性分析

本风电场运行后，风电场区运行期噪声影响预测采用类比分析方法，滨海北 H1#风电场位于江苏省海域海面上，周边没有其它工程，与本工程外围环境基本相同；尽管滨海北 H1#风电场采用的是 4MW 风力发电机组，但根据国外风机厂家资料和国内实测推算数据，风力发电机组噪声声功率级 105dB，与本工程风力发电机组源强(106dB)差别不大。同时类比工程轮毂高度为 90m，本工程轮毂高度为 151m，离海面更高，因此综上，可以将滨海北 H1#风电场作为本工程运行期风机噪声影响评价的类比对象。

3) 类比监测结果

测试海域海洋环境噪声总声级在 108.5dB~138.6dB（20Hz~20kHz）之间，最大谱级在 88.1dB~127.3dB 之间，峰值声压在 138.5dB~167.2dB 之间。海面上环境等效噪声级主要分布在 52.1dB~58.4dB 之间，最大等效连续声级约为 58.4dB。

表 6.2.1-4 工程海域水下噪声峰值声压

测点编号	测点水深	总声级（20Hz-20kHz）(dB)	峰值声压 Lpeak(dB)
YA 1	1m	131.7	165.3

测点编号	测点水深	总声级 (20Hz-20kHz) (dB)	峰值声压 Lpeak(dB)
	3m	133.5	161.9
	5m	138.6	163
	7m	119.1	148.8
	9m	119.9	152.2
	11m	121.6	152.5
YA 2	1m	128.8	162.3
	3m	130	159.3
	5m	133.2	163.5
	7m	121.5	157.7
	9m	123.8	154.8
	11m	125.3	153.3
YA 3	1m	122.3	156
	3m	124.2	156.7
	5m	127.7	153.2
	7m	122.2	155.1
	9m	121.6	152
	11m	122.3	156.7
YA 4	1m	117.3	151.5
	3m	118.5	155.4
	5m	119.4	150.9
	7m	128.4	161.8
	9m	129.2	158.9
	11m	133.2	167.2
YA 5	1m	127.3	164.1
	5m	127.5	160.1
	7m	131.3	164.6
	9m	123.3	153.8
	11m	123.7	155.4
	13m	125.5	156.1
Z1	1m	108.5	138.5
	3m	110	139.4
	5m	109.2	139
	7m	118	142.9
	9m	120.2	149.5
	11m	120.1	142.9

4) 类比分析

由类比监测结果分析，尽管监测点位 YA1、YA2 距离运行风机相对较近，但其等效连续 A 声级仍低于离风机较远的 YA3 监测点位，由此可见海上风电场运行噪声主要受海风、海浪声影响较大，受风机转动影响较小。

在相同深度不同水平距离监测点上监测表明：6 个监测点在相同水深处的噪声谱级变化不大，距运行风机最近的 YA1 不同水深水下噪声峰值声压级为 148.8～165.3dB，距风机最远(4km)的 YA5 不同水深水下噪声峰值声压级为 153.8～164.6dB，变化不大。

6 个监测点在 3m 水深处的噪声谱级变化不大，基本上与原有的环境背景噪声级相当，频率 100Hz 以上的噪声谱级均在 106dB 以下。总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

根据分析，本工程和类比对象位置均在开阔海域，海域环境相似，且根据国外风机厂家资料和国内实测推算数据，风力发电机组噪声声功率级较为接近。风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似，总体强度随频率增加而明显较小，在 1~20kHz 中功率谱级分布在 140dB/1 μ Pa 到 65dB/1 μ Pa 之间，在 120 到 1.5kHz 有一较宽的裙带状谱，强度增加为 10~20dB/1 μ Pa。因此本工程风机在运行后，对水下噪声环境影响较小。

2、国外海上风电场营运期水下噪声类比分析

由于拥有丰富的浅海域风资源，目前海上风力发电开发主要集中在欧洲，丹麦、瑞典、荷兰、英国是最早进行海上风电开发的国家，海上风力发电研究始于上世纪 80 年代，对海上风电场所引起的水下噪声研究也进行了较早、较多的研究。图 6.2.1-4 为英国 2003 年建成的 NorthHoyle 海上风电场营运期水下噪声监测结果（J.R.Nedwelletal, 2007）。图中的 9 条不同颜色曲线分别为从风场外到内，在不同距离上的水下噪声监测结果，在离风机最近 227m 距离上，测出的风机营运水下噪声在 300Hz 左右声压谱级达到最大值，为 100dB，随后强度随频率增加而减少。

图 6.2.1-5 为英国 2004 年建成的 ScrobySands 海上风电场营运期水下噪声监测水下噪声时域图，在整个测量时间内风电场内外的声压级是 122-147dB。ScrobySands 海上风电场机组总容量 60MW，风机台数 30，水深约 21m，单桩基础类型。

图 6.2.1-6 为 ScrobySands 海上风电场营运期水下噪声监测声压谱级（J.R.Nedwelletal,2007）。他们共进行了 5 次测量，距离风电场 3 次为半海里，2 次为一海里。测点的水深都是 20m，5 次噪声测量的声压谱级见图 5-9 中各颜色曲线表示（并给出了平均的噪声谱）。

图 6.2.1-7 为对英国的 KentishFlats 海上风电场营运期的水下噪声测量结果。KentishFlats 海上风电场于 2005 年建成，机组容量为 90MW，风机台数为 30 台，水深较浅（5m），风机类型 3MW，单桩。测量时从离 A3 风机处漂流向外，最近距

离 105m，最远 2km。从噪声声压谱级可见在 10-300Hz 有些明显的线谱信号，300Hz 至 10kHz 有宽带噪声，但强度基本上已与背景噪声相当。

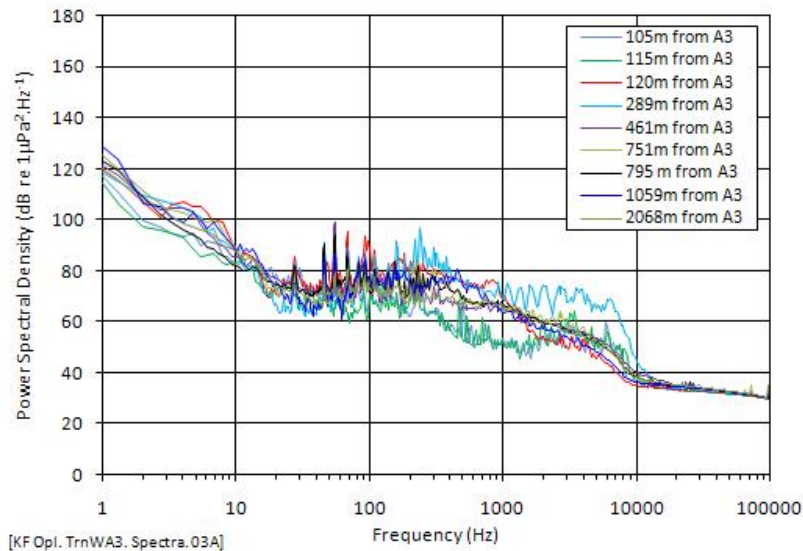


图 6.2.1-7 英国的 KentishFlats 海上风电场运营期的水下噪声声压谱级

R.Nedwell 等（J.R.Nedwelletal,2007）在 2003 年总结了约 500 次单独测量的浅水风电场运营期水下噪声，在频率 10Hz-120kHz 上 NorthHoyle 的水下噪声平均值约为 116dB re 1μPa，变化范围为 90-158dB；而对于 ScrobySands 所测结果是水下噪声平均值为 120dB，变化范围为 100-135dB。这结果与两个项目在建设前期所测量的海洋背景噪声级相符。同时还注意到，即使是十分靠近一个正在运行的风机，其噪声也没有比背景噪声高出 20dB。虽然测试结果反映出风机营运中在水下产生了一些噪声，但是测试结果中风机噪声的特征并不明显，也没有对较远处的背景噪声产生影响。频谱分析结果未显示有机械或电机式的噪声特征成分存在。

6.2.1.3 工程噪声对海洋生物的影响评估

6.2.1.3.1 海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

由于水下打桩噪声的强声源特点及对海洋中各类生物所产生的危害，自上世纪 90 年代，美国和欧洲等海洋国家就开始了针对水下打桩噪声的监测和研究。1997 年，美国高能源地质勘探组织专家小组，针对海洋哺乳动物可能遭到海上地质勘探中水下空气枪所发出的脉冲噪声伤害而进行了噪声暴露的估测分析，最后认定 180dB RMS re 1μPa 为“超过该声级则可能具有行为、生理及听力影响的潜在危害”；同时也表明视不同的动物，该阈值可能有上下 10dB 的浮动。而后，美国国家海洋渔业局(NMFS)继续采用该门限值作为“不可逾越”的最高声级；随后又对鳍足类调整

至 190dB；而 160dB 的行为影响门限则是基于早期 80 年代对鲸类遭到脉冲噪声所产生反应的观察结果（SouthallBL；2007）。表 9-1 为美国国家海洋渔业局现行采用的（过渡性）保护门限值（NOAA Fisheries Northwest Regional Office，2012）。

表 6.2.1-5 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB 危险级)	基于暂时性听力阈值提升(TTS)和保守估计的永久性听力阈值提升(PTS)伤害门限	鳍足类：190dBRMS 鲸豚类：180dBRMS
B 级 (120~180dB,警告级)	脉冲式噪声(如冲击打桩)可对动物产生行为妨害的门限	160dBRMS
B 级 (<120dB,安全级)	非脉冲式噪声(如钻孔)可对动物产生行为妨害的门限	120dBRMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值(适用于所有鱼)：206dB	累积暴露级(CumulativeSEL)： 对质量大于等于 2 克的鱼体： 187dB 对质量小于 2 克的鱼体： 183dB

目前在水下噪声对海洋哺乳动物和鱼类影响相关阈值判断中，根据水下工程噪声对海洋生物影响的危害性程度进行分级。其中声源级高于 180dB 的水下噪声为危险级，可能会对海豚的听觉系统造成伤害，主要有打桩噪声和 underwater 爆破噪声；声源级在 120~180dB 范围的水下噪声为警告级，可能会对海豚行为产生影响，主要有施工船舶噪声以及钻孔噪声和疏浚噪声；声源级低于 120dB 的水下噪声强度基本接近海洋环境噪声，因此评定为安全级。目前我国尚未颁布海洋噪声对海洋哺乳动物或鱼类可承受的噪声声压级标准。

不同鱼类对声压的忍受力不同，其中石首科鱼类对声压最为敏感。本报告以对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼为研究对象，以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。课题组对大黄鱼声学实验表明：大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB/re1μPa 时幼苗对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB/re1μPa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB/re1μPa 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB/re1μPa，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB/re1μPa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并

在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。强噪声对鱼类的影响程度有：

(1) 改变鱼的行为模式，包括：摄食、捕获，规避和离开某个区域；遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

(2) 损害物种的耳朵听觉细胞。

(3) 大黄鱼的发声强度分别大约为（大鱼：140dB、中鱼 130dB、小鱼 110dB）。施工期水下噪声当超过这些强度后，也将会影响大黄鱼之间的交流。

6.2.1.3.2 施工期水下噪声对海洋生物影响评估

6.2.1.3.2.1 施工期海洋生物安全距离要求

风机基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。但项目所在区不占用重要渔业种质资源的产卵场及洄游通道，风机打桩形成的噪声对渔业资源的影响在可接受范围之内。

根据国外工程经验，小型桩施打时 1km 处实测水下声压 135~145dB re 1μPa，折算源强值为 190~200dB re 1μPa@1m，大型桩施打时噪声源强可达 225~236dB re 1μPa@1m。本工程风机桩基属于大型桩，噪声源强取最大为 236dB re 1μPa@1m。

采用的声衰减计算公式为：

$$TL = F \log(D/R) \quad (9-1)$$

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，按照通用标准惯例通常取 1m；

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。而衰减因子 F 依据施工海域水深较浅，声传播衰减较大，一般的数值在 10~30 之间。本工程海域海底为淤泥质软土，声传播衰减较大，本工程评估中的扩展系数 F 取 23，该衰减因子适用于浅海声传播的较近距离的球面扩展损失。

由公式可算出在保护阈值为 190dB、180dB 和 160dB 时（对海洋生物保护阈值的要求依据美国 NOAA 噪声工程“声阈值导则”中的标准），对单个风机桩基所对应的的影响距离分别为 100m、272m、2015m。

表 6.2.1-6 打桩水下噪声影响预测

项目海域鱼类声源级保护阈值	风机单桩基础施工（236dB）
190dB（对鳍足目，如斑海豹，听力保护范围）	100m
180dB（对鲸豚目，如江豚，听力保护范围）	272m
160dB（对海洋哺乳动物行为干扰）	2015m
155dB（小黄鱼、黄姑鱼、白姑鱼成鱼）	3325m
150dB（小黄鱼、黄姑鱼、白姑鱼幼鱼）	5484m

由于施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间较短，无多声源叠加等特点。风机单桩基础打桩施工确立在距离桩基最大 2015m 范围内为警告区域（对海洋哺乳动物行为产生干扰）。项目海域有小黄鱼、黄姑鱼等石首鱼科鱼类，根据实际海域环境鱼类可以游开远离噪声干扰区，分别以 155dB、150dB 将对石首鱼科成鱼、幼鱼产生伤害影响为阈值，可算出单桩基础打桩下，与施工风机的相应最大距离分别为 3325m、5484m。不同噪声级门限下的海洋生物安全距离见表 9-2。

6.2.1.3.2.2 施工噪声对海洋生物影响距离评估

（1）施工噪声对一般海洋鱼类影响距离

对本工程所采用的桁架式导管架基础施工，在钢管桩直径风机基础水下打桩施工时，应确立在离打桩施工中心点 **272m** 范围内为危险区域，在离打桩施工中心点 **2.01km** 范围内为警告区域。

当多台桩体同时施工，危险区域和警告区域应相应扩大。

（2）对石首鱼类的影响

该海域存在石首鱼科鱼类（如黄姑鱼、小黄鱼等），在海域中存在石首科鱼类时，考虑鱼群在海域中游动性，以 **155dB** 作为对石首鱼如黄姑鱼、大黄鱼等产生行为影响为阈值，可算出对本工程所采用的大直径单桩风机基础施工风机基础打桩施工时，与施工风机基础对应的保护距离为 **3.4km**。

（3）施工噪声对经济鱼类“三场一通道”的影响

本工程风电场处于近海中上层鱼类和底层鱼类“三场”和洄游通道产卵场内边缘地带，但根据渔业资源调查结果，该海域存在有黄姑鱼、大黄鱼等石首鱼类。根据厦门大学对石首鱼科大黄鱼幼鱼（出生 1 个月左右）水下噪声影响实验结果表明：大黄鱼幼鱼对声音较为敏感，发声信号微弱，当声源级为 150dB 时，就出现幼鱼游动避开声源等明显的行为变化现象。本报告以 **150dB** 作为石首鱼科幼鱼的影响阈

值，可算出在大直径单桩打桩施工中，对其保护的离施工打桩桩基 **5.5km**。因此，在项目建设过程中必须高度重视**石首鱼科幼鱼**的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。

(4) 其他施工活动的影响

本工程的其他水下施工噪声，如施工船舶噪声噪声声源级可达到 150~170dB，可能对该海域中的石首鱼科幼鱼等的行为产生某些干扰；而一般的水下噪声，如抛沙抛石等所产生的水下噪声，噪声声压级已低于 120dB，基本上已和海洋环境噪声相当，对鱼类等海洋生物的影响在可接受范围内。

(5) 施工期水下噪声对海洋生物的累加影响

虽然相关测量数据及研究表明中小幅度的撞击式桩基施工不会对一定距离外(如 200m 左右)的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋生物的累积效应可能造成慢性影响。这些慢性影响包括：遮蔽效应和听力损失，行为模式改变和紧张等。

水下打桩施工噪声可能会对鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，施工船将会对在这一带水域活动的鱼类、特别是石首科鱼类造成滋扰，受影响的鱼类将因回避而离开施工区。但当环境滋扰消失或较少时这些鱼类会恢复其原来的生活状态，如当航道施工作业完成或滋扰减少时，部分海洋生物会恢复其原来的活动范围，迁移到较远水域的个体一般还会回迁。

丹麦国家环境研究所研究了海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（SvendTougaard,etal, 2006），研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和营运期下的水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹又恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期甚至没有见到斑海豹；但营运期风机的运转并没有对斑海豹产生影响。

风机基础打桩作业对该海域中的渔业资源将产生一定的影响，在打桩作业中应采取**“软启动”**方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。

6.2.1.3.3 营运期水下噪声对海洋生物的影响

已有的海上风电在营运期的监测结果初步表明：风机运行中水下噪声的频谱级

基本上都相似，总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点在没有风机运行的下测量到的背景噪声相近；风机在水中不同风速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）运转下的风机在水下辐射噪声时，高风速 13m/s 时在低频段（63Hz 以下）风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当（即淹没在背景噪声中），在 125Hz 频点上风机在高风速（13m/s）比低风速(6m/s)下在水中辐射的水下噪声谱级高 10dB/re1μPa 左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。

6.2.1.3.3.1 营运期水下噪声对石首鱼科（黄姑鱼、大黄鱼）的影响

基于厦门大学对已测量的大黄鱼、黄姑鱼等的发声特性来评估本海上风电场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。HoltD.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（*Cyprinellavenusta*）的敲门声和咆哮声（growl）（两者都是脉冲型信号）的掩蔽影响时，将信噪比的临界值定为 10dB。

本专题研究报告采用 10dB 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 10dB 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。

（1）水下噪声对黄姑鱼发声影响距离预测

在估算影响距离时，我们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 $TL=20*\lg R$ ，由此可以得到风电场噪声的最大影响距离公式：

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

$$R = 10^{((N_{1/3OBSL} - Sig_{1/3OBSL} + 10)/20)} \quad (9-1)$$

其中， f_p 为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，

$N_{1/30BSL}$ 和 $Si g_{1/30BSL}$ 分别为风电场噪声和黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声源级。

根据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 6.2.1-10 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 630Hz100m 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：

$$115+20*\lg 100=155\text{dB}\mu\text{Pa}/1\text{m} \quad (6.2.1-2)$$

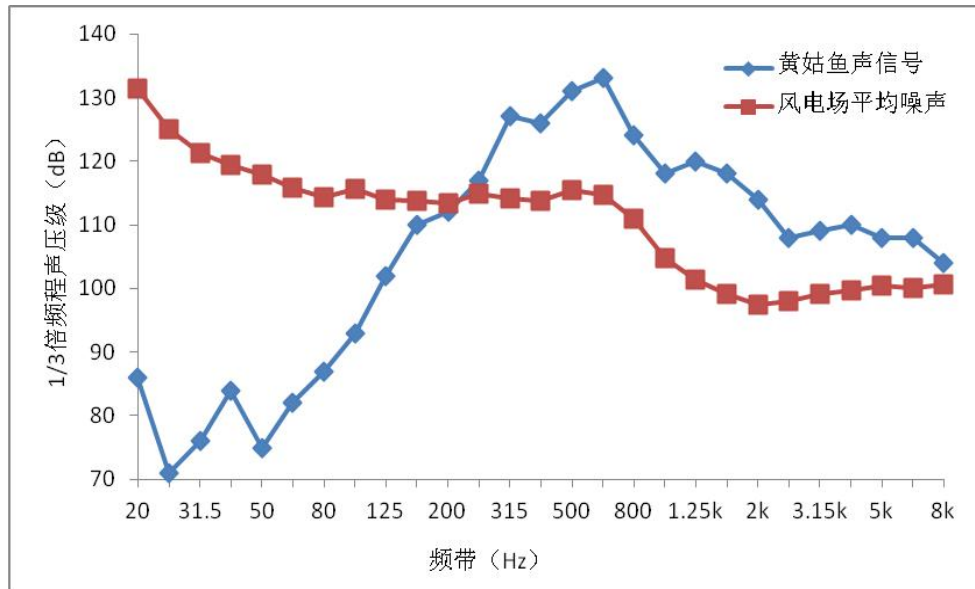


图 6.2.1-10 风电场噪声和黄姑鱼自由状态发声信号 1/3 倍频程声压级

由图 6.2.1-10 中可得，在离风机 100m 处海上风电场水下噪声中心频率 630Hz1/3 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 6.2.1-3 可以算出风机运行时水下噪声对黄姑鱼叫声的影响距离：

$$R=10^{((155-133+10)/20)} = 40 \text{ m} \quad (6.2.1-3)$$

可知海上风电场营运中的水下噪声对黄姑鱼叫声影响的距离为 40m。

(2) 风电场营运期水下噪声对大黄鱼的影响距离预测

根据厦门大学对不同年龄大黄鱼发声信号的研究结果，在大黄鱼的叫声中，幼鱼、小鱼和成鱼的发声的最高声压谱级（630Hz）分别为 110dB/re1 μ Pa、125dB/re1 μ Pa、140dB/re1 μ Pa。根据频带声压级和声压谱级的关系，1/3 倍频程声压级为声压谱级加上 1/3 倍频程滤波器频带宽度 $10\lg\Delta f$ ，对中心频率 630Hz 的 1/3 倍频程频带声压级，即为声压谱级加上 21.6dB，可得三种不同大小大黄鱼在 630Hz 中心频率处黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声压级为 131.6dB/re1 μ Pa、146.6dB/re1 μ Pa 和 161.6dB/re1 μ Pa。

由公式（6.2.1-3）可分别算得：海上风电场在营运期中水下噪声对幼鱼大黄鱼叫声的影响距离为 46.7m，对 6 个月的大黄鱼叫声的影响距离为 8.3m，而对成鱼大黄鱼叫声基本上没有影响。

因此，本工程营运期水下噪声对石首鱼科的影响距离（掩蔽效应）定为 50m。

6.2.1.3.3.2 营运期水下噪声对一般成鱼的影响

结合海上风电场营运期水下噪声测量结果，同时根据本课题对几种实际鱼种所做的水下噪声实验，在综合分析对噪声较为敏感的石首鱼科小黄鱼声学特性后，可以得出：风电场营运期总体的水下噪声强度比较低，与原海洋环境背景噪声基本上相当。

本项目地处陆域边缘和海域交回处，水深较浅，噪声在水下传播衰减较快等特点，可得出本工程对海洋鱼类等生物的行为基本上不会带来明显影响，即鱼类等海洋生物对海上风电场营运噪声做出行为响应的可能性不大。

虽然风机营运期在 120Hz~1.5kHz 的某些特定频段上，出现强度高于背景噪声 10~20dB 的现象，有些功率谱幅度达到 130dB，但对成年的石首鱼科等的鱼种影响不明显，属于可以接受的范围。

6.2.1.3.3.3 营运期水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响

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(solelarvae)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(LoesJ.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(LoesJ.bolleet,al,2012)。

水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的不同鱼类目前研究不多,因此在营运期水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的鱼类影响还有待进一步深入的研究。

6.2.1.3.3.4 营运期不同风速水下噪声海洋生物影响

风机在不同风速下产生的水下噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比,不同风速(风速分别为 6m/s 和 13m/s)运转下的风机在水下辐射噪声时,高风速 13m/s 时在低频段风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当(即淹没在背景噪声中),在 125Hz 频点上风机在高风速(13m/s)比低风速(6m/s)下在水中辐射的水下噪声谱级高 10dB/re1μPa 左右,但总体都不高,与海洋背景噪声相当。除了在离桩基 50m 范围内对石首鱼科的通讯距离会产生掩蔽效应影响外,对一般的鱼类和海洋哺乳动物的影响在可以接受范围内。

由于不同海洋生物种群间由于个体差异较大,特别是本项目实验的时间和鱼种数量有限,实际上需要对这些海洋生物的声学特性进行深入、系统的研究,还需要了解海洋鱼类的听阈特性,进行长时间周期的投入研究和大量的基础数据的获取。

噪声对底栖生物的研究多数集中在 20 世纪 90 年代对养殖塘内各种虾、鳎等的

噪声实验研究，研究结果虽然显示部分底栖生物对噪声和振动较为敏感，且低频噪声可能引起虾类心跳减速、生长繁殖率减少、进食量减少等。但并没有直接的证据表明风机运行噪声会对底栖生物造成有害影响。

6.2.1.4 结论

(1) 施工期水下噪声影响

1) 本海上风电场采用的风机基础在钢管桩撞击施工所产生的水下冲击波噪声将对周围海域的海洋渔业资源带来一定的影响。对于冲击式的非连续性水下脉冲噪声，目前国际导则要求对海洋哺乳动物的声压阈值超过 180dB/μPa 为危险级。

对于桁架式导管架基础钢管桩撞击施工，水下打桩噪声在离施工桩基中心距离 272m 的距离范围内为危险级（噪声将损伤海洋生物的听觉，引起听阈改变）；在离桩中心距离 2.01km 的距离范围内为警告级（噪声将干扰海洋生物行为等）。在这些距离内，施工打桩等水下噪声将对海洋生物造成一定影响。应对鱼类等海洋生物活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

2) 该海域如存在石首鱼科鱼类（如叫姑鱼、白姑鱼、大黄鱼等），考虑鱼群在海域中游动性，以 155dB 作为对石首鱼科行为影响的噪声阈值，可算出对本工程在单桩风机基础施工时，与施工风机距离为 3.4km。因此，当施工海域存在石首鱼类时，针对本工程不同单桩风机基础的施工方式，应确立在离桩基 3.4km 的距离范围外为安全距离。

3) 风机打桩施工水下噪声将对该海域石首鱼科幼鱼将产生一定的影响。本报告以 150dB 作为石首鱼科幼鱼的影响阈值，可算出在针对打桩施工中，对其保护的距離为离施工桩基 5.5km。因此，在项目建设过程中必须高度重视石首鱼科幼鱼的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。

4) 水下噪声的累加效应影响：虽然相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工不会对一定距离外的鱼类等海洋生物造成直接的影响，但长时间较高声压水平（160dB 以上）的桩基施工对海洋生物特别是石首科鱼类可能造成慢性影响；长时间暴露于水下噪声对海洋哺乳动物、海洋鱼类等海洋生物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。水下打桩等的弱重复冲击波，可使鱼类等海洋生物的损伤呈现累积效应，其表现在：损伤的发生率升高，阈值降低和程度加重，导致不可逆转性损伤。且随着暴露次数增加，不仅损伤的发生率升高，而且损伤的阈值降低，程度加重，机体的潜在性病变等对致伤更为敏感。

5) 施工期其他一般施工活动如水下施工和海上运输活动将使水下噪声级在某些低频段上有所提高。不同船型及运行速度产生的船舶噪声强度不同,但船运噪声主要在较低频率上,且噪声随着传播距离增大而逐渐衰落。根据目前国际上对连续存在的水下噪声可能对海洋生物的行为干扰的安全级阈值设定 120dB 的导则要求,本工程所采用的一般水下施工等活动基本上不会对海洋生物带来影响。

6) 由于施工期相对时间较短,同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区,在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间,另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。需要特别强调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,到达一定距离外的安全海域。

(2) 营运期水下噪声影响

1) 海上风电场在营运期总体的水下噪声强度比较低,即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段(120Hz~1.5kHz)上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1μPa,总体噪声谱级都在 120dB/1μPa 以下,已和海洋背景噪声相当。因此,营运期水下噪声对本工程海域的海洋生物基本上不会带来明显的影响。

2) 根据本课题所开展的不同强度的水下噪声对鱼类等海洋生物的海上现场和实验室模拟实验,同时结合本项目海域,海底地质以粉土、粉砂、及粉质粘土为主,噪声传播衰减较快等特点,可得出营运期水下噪声强度对海域中典型鱼类、甲壳类、贝类等影响不明显。

3) 基于对石首鱼科的发声特性研究,本专题研究报告采用 10dB 作为发声动物掩蔽效应的信噪比临界值,将 1/3 倍频程声压级作为对比标准,可算出本工程营运期水下噪声对石首鱼科幼鱼的影响距离(掩蔽效应)为 50m。

4) 要深入研究风电场对水下噪声的影响除了必须对实际海上风电场的水下噪声频谱进行实测,更需要调查区域海洋鱼类的听阈值,海洋生物对声信号的敏感性研究等方面需要长周期的投入,需要进行大量的基础数据调查和实验。

5) 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。

6) 对于项目海域优势养殖物种—牡蛎, 已有试验结果表明海上风电场运营期水下噪声在短期内对其碱性磷酸酶活性、酸性磷酸酶活性无显著影响。此外, 目前未查阅到噪声对牡蛎产生影响的相关文献, 要深入研究风电场运营期水下噪声对牡蛎的影响, 需要对风电场运营中的水下噪声及附近养殖场牡蛎生长情况进行长周期监测, 开展大量的基础数据调查和研究。

6.2.2 陆域噪声影响分析

陆域电缆位于地下, 没有噪声产生, 陆缆建成后对沿线后续建成后的住宅区、办公楼的声环境无影响。

(1) 施工期噪声

工程施工期陆域噪声污染源主要是挖掘机、压路机等施工机械设备和产生的噪声, 工程施工期选用优质低噪声设备、对主要噪声源采取减震等措施以减轻噪声对周边环境的影响。

表 5.10-1 工程施工期主要施工机械噪声随距离的衰减情况表单位: dB (A)

序号	设备名称	不同距离处的噪声值									
		5m	10m	20m	40m	50m	60m	80m	100m	150m	200m
1	自卸车	84	78	72	66	64	63	60	58	55	52
2	挖掘机	86	80	74	68	66	65	62	60	57	54
3	压路机	90 (1m)	70	64	58	56	55	52	50	47	44
4	起重机	70 (5m)	67	64	61	59	58	55	53	50	47

一般施工现场均为多台机械同时作业, 它们的声级相互叠加, 根据以上常用施工机械的噪声声压级, 多台机械同时作业的声压级叠加值将增加 1~5dB (A)。陆域工程主要在昼间进行施工。由表 5.10-1 可知, 工程施工期间, 距离工程 40m 的施工噪声贡献值均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中昼间 70db (A) 的限值要求。

与本项目 220kV 陆缆距离最近的声环境敏感目标为居民小区 (恒大御海天下) 村庄 (北莒城村) 和海洋创业服务大厦, 本项目陆缆距离恒大御海天下 25m、北莒城村 30m, 距离其他陆域敏感目标均较远, 陆缆为线性工程, 仅挖电缆沟期间挖掘机的噪声较大, 由于电缆沟施工期较短, 对声环境的影响期较短, 施工期应采取降噪措施 (选用低噪声设备、合理规划作业时间, 避免夜间施工), 减少施工对周边村庄和社区居民的影响。

运营期陆域噪声污染源主要是陆上运维中心的变压器等设备产生的噪声, 本项目运维中心变压器噪声源强为 70dB (1.0m 处)。预测时, 保守考虑, 不计算运维

中心围墙隔声、绿化等衰减，仅计算距离衰减，运营期厂界噪声贡献值见表 6.2-3，昼间和夜间均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类声环境功能区的要求。工程陆上运维中心周边 200m 范围内无声环境敏感目标，项目建设对周边声环境影响较小。

表 6.2-2 工程运营期主要机械噪声源一览表

污染源	最大声级 dB (A)	数量	测点距离 (m)	最近距离			
				东厂界 (m)	西厂界 (m)	南厂界 (m)	北厂界 (m)
变压器	70	1	1	100	20	60	125

表 6.2-3 运营期厂界噪声预测值

东厂界 dB (A)	西厂界 dB (A)	南厂界 dB (A)	北厂界 dB (A)	限值标准 dB (A)	
				昼	夜
30	44.0	34.4	28.1	65	55

表 6.2-4 声环境影响评价自查表

工作内容		自查项目					
评价等级与范围	评价等级	一级□ 二级☑ 三级□					
	评价范围	200m□ 大于 200m□ 小于 200m☑					
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级☑ 最大 A 声级□ 计权等效连续感觉噪声级□					
评价标准	评价标准	国家标准☑ 地方标准□ 国外标准□					
现状评价	环境功能区	0 类区□	1 类区☑	2 类区□	3 类区☑	4a 类区□	4b 类区□
	评价年度	初期□		中期□		近期☑ 远期□	
	现状调查方法						
	现状评价	达标百分比			100%		
噪声源调查	噪声源调查方法	现场实测□ 已有资料☑ 研究成果□					
声环境影响预测与评价	预测模型	导则推荐模型□ 其他：					
	预测范围	200m□ 大于 200m☑ 小于 200m☑					
	预测因子	等效连续 A 声级☑ 最大 A 声级□ 计权等效连续感觉噪声级□					
	厂界噪声贡献值	达标☑ 不达标□					
	声环境保护目标处噪声值	达标☑ 不达标□					
环境监测计划	排放监测	厂界监测☑ 固定位置监测□ 自动监测□ 手动监测☑ 无监测□					
	声环境保护目标处噪声监测	监测因子：（等效连续 A 声级）		监测点位数（海上 9 个点，陆域 4 个点）		无监测□	
评价结论	环境影响	可行☑ 不可行□					
注：“□”为勾选项，可√；“（ ）”为内容填写项。							

6.3 电磁影响预测与评价

本项目陆上运维中心辐射专题单独评价，本节只分析海上工程电磁影响。

6.3.1 海底电缆电磁环境影响分析

(1) 220kV 送出线路

采用类比分析的方法分析 220KV 海缆的影响，根据《华能山东半岛南 4 号海上风电项目竣工环境保护验收调查报告》（华能山东电力设计有限公司，2022 年 6 月），国家海洋局青岛海洋环境监测中心站 2022 年 3 月 3-4 日对海底电缆进行电磁环境检测，监测站位见图 6.3-1。结果见表 6.3-1。

图 6.3-1 检测点位示意图

表 6.3-1 工频电场强度、工频磁感应强度检测结果

监测结果表明：海底电缆各监测点位的工频电场强度为 0.293~0.365V/m、工频磁感应强度为 0.0305~0.0395 μ T，远低于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)的控制限值(工频磁场控制限制 4kV/m、工频磁感应控制限制 0.1mT)。

华能山东半岛南 4 号海上风电项目 2021 年 12 月全容量并网发电，其海缆选择 2 回三芯 3 $\times$ 500mm 220KV XLPE 绝缘海底电缆送出，两回海底电缆平行敷设，路径长度 2 处 38.3km，敷设深度为土面下 2.0m，与本工程海底电缆电压等级、敷设深度等相似。因此，选用华能山东半岛南 4 号海上风电项目配套 220kV 电缆线路进行类比分析是可行的。

综上，可以预测本风电场工程 220kV 海底电缆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。

(2) 风电场 66kV 海缆

根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），100kV 以下电压等级的交流输电设施产生的电场、磁场、电磁场的设施属于免于管理范围，故本次仅对 220kV 海缆进行分析，风电场 66kV 海缆不在分析。

6.3.2 海上升压站电磁环境影响分析

海上升压站运行后，电磁环境影响类比分析采用相似的华能山东半岛南 4 号海上风电项目 220kV 海上升压站的电磁辐射监测进行类比分析。表 6.3-2 为变电站可比性分析表。

表 6.3-2 变电站可比性分析

变电站		半岛南 4 号海上升压站	本项目海上升压站
电压等级		220kV	220kV
主变压器	容量	2 $\times$ 180MVA	本期 2 $\times$ 270MVA
	形式	三相有载调压变压器	三相有载调压变压器

电气布置形式	220kV 电气布置	户内 GIS 布置	户内 GIS 布置
站区地形		海上	海上

引用《华能山东半岛南 4 号海上风电项目竣工环境保护验收调查报告》的电磁调查结果，国家海洋局青岛海洋环境监测中心站于 2022 年验收期(1 月 20 日)对海上升压站进行验收期电磁辐射检测，电磁场监测结果见表 6.3-3。

图 6.3-2 检测点位示意图

表 6.3-3 工频电场强度、工频磁感应强度检测结果

监测结果表明：海上升压站各监测点位的工频电场强度在 0.226~0.400V/m、工频磁感应强度在均 0.0726~0.1275 μ T，满足控制限值标准的要求(工频磁场执行 4kV/m、工频磁感应 0.1mT)。

根据类比分析，华能山东半岛南 4 号海上风电项目海上升压站外电场强度最大值 0.4V/m，远低于《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中标准（4KV/m）的要求；磁感应强度最大为 0.1275 μ T，220kV 海上升压站最大磁感应强度将远小于《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中评价标准(0.1mT)要求。本工程 220kV 海上升压站主变容量为 2×270MVA，主变容量略高于华能山东半岛南 4 号海上风电项目海上升压站，两个项目的升压站且位于海上，电磁扩散损失条件更好，所产生的电场强度及工频磁感应强度与华能山东半岛南 4 号海上风电项目变电站类比监测结果相类似，因此，可以预测，220kV 海上升压站的最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

6.3.3 国内电磁环境对海洋生物影响类比实验研究

研究表明磁场能够影响某些鱼类在生理、繁殖、生存等方面的能力，有些鱼类的体内具有磁性物质，用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。这些鱼类对磁场特别敏感，因此放置在海底地面的电缆将破坏洄游鱼类的地磁模式，影响其定位。在所有重要的硬骨鱼体内都有少量的磁性物质；在软骨鱼类（鲨鱼、鳐科鱼类）中发现了一种与硬骨鱼类不同的磁场感应机制，软骨鱼类通过探测海流运动以及鱼类本身穿过地球磁场活动所产生的磁场获取空间信息，在它们头部、嘴周围以及身体沿线通常都有敏感的电磁感受器。

厦门大学研究了不同强度（0.3mT，0.6mT，1.2mT）交流电磁场持续作用（48 小时）对大黄鱼、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 种海洋生物的影响，评价指标包括生物肌肉、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，通过单因素方差分析有以下结论：

1) 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、口虾蛄、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 (口虾蛄，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) 无论是工频电磁场还是噪声对于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) 无论是工频电磁场还是噪声对于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。

因此可以发现海洋生物能够感知强度为1.0mT以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应，强度在0.3mT以下的交流电磁场对海洋生物作用48h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。但是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益还是有害。

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没有科学的定论。

行为学研究显示鱼类是能够感觉到电场的，但是目前所知这种影响是较小的。Formicki等(2004年)人对很多种鱼进行研究发现，如鲈鱼(*Perca fluviatilis*)、白斑狗鱼(*Esox lucius*)、拟鲤(*Rutilus rutilus*)、红眼鱼(*Scardinius erythrophthalmus*)、鲷科鱼东方欧鳊(*Abramis brama*)和鲈科鱼梅花鲈(*Gymnocephalus cernuus*)等都趋于选择镶有磁铁的长袋网。但这些研究都是以淡水鱼类为研究对象，因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。在Nishi、Kawamura和Matsumoto(2004)的研究中发现，无论是在海水中、淡水中还是在养殖区域的日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 均会对12663nT~192473nT的磁场变化产生反应。以上科研成果为实验研究的结论，仅能说明特定鱼类可能对磁场产生反应。

Westerberg和Begout-Anras(2000)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遥测研究。研究表明，鳗鲡随着持续的磁性罗盘航向迁移，并没有受到电缆产生的电磁异常影响。此外，Westerberg(1994)从研究的角度测试了南波罗的

海近岸风力发电机附近的欧洲鳗鲡的洄游形式，在风力发电机500m范围内，鳗鲡的洄游形式没有发生任何改变。

在Westerberg和Lagenfelt的一项未发表的研究中，将60尾正在洄游的银鳗放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的132kV交流电缆(AC)北部。其洄游速度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。

本项目海上升压站占地面积小，电磁影响范围有限，海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本项目海底电缆上方1m(中心处)工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值0.1mT，基本可以判定本项目产生的电磁对场址附近的海洋生物影响较小。

6.3.4 电磁环境对海洋生物的影响分析

(1) 磁场与鱼类行为

行为学研究显示鱼类是能够接收磁场强度的。很多鱼类如鲈鱼（*Perca fluviatilis*）、白斑狗鱼（*Esox lucius*）等都趋于选择镶有磁铁的长网袋。洄游鱼类可能会利用磁场进行空间定位。Walker(1984)发现，黄鳍金枪鱼（*T. alacares*）能够在两个磁场间进行辨识。由于鳗鲡是需要洄游至远方产卵的，因此在进行鱼类行为与磁力学的研究中对其予以特别的关注。在 Nishi, Kawamura 等（2004）对鳗鲡洄游线性的研究中发现，洄游数千千米进行产卵的日本鳗鲡（*Anguilla japonica*）对12.663 μ T 的磁场变化会产生反应。但 McCleave, Rommel, Catchart 等(1971,1973)在对美洲鳗鲡进行的磁场变化条件测试时所得出的结果却不很明确，Karlsson, Tesch, Wendt 等（1985,1992）在对欧洲鳗鲡（*A. Anguilla*）进行的实验展示了其对磁场的敏感性。

(2) 磁场与鱼类生理学

鱼类的生理方面也与磁场有关。例如，在溪红点鲑（*Salvelinus fontinalis*）的磁场暴露研究中发现，鱼体内激素水平发生了改变（Lerchl. A, et al, 1998）；另一项研究显示，磁场暴露能够延缓鲑鱼（*Salmo trutta*）和虹鳟（*O. mykiss*）的胚胎发育，并能改变虹鳟晶胚以及梭鱼（*Esox lucius*）和鲤（*Cyprinus carpio*）等的循环运动（Formicki, K. and Winnicki, A, 1998）。Krzemieniewski 等(2004)在一项实验室实验中

发现，当欧洲鲇鱼（*Silurus glanis*）暴露于一个磁场强度持续为 0.4~0.6T 的磁场中时，其生物量下降，死亡率升高，但与之相反的是，幼体鳊鱼（*Plathichthys flesus*）在受到强度为 3.7mT 的静电磁场影响几个星期时并未受到影响（Bochert, Rea et al., 2004）。

(3) 风电场电磁场对鱼类影响研究

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。

文献研究表明（A. J. Kalmijn, 1982；A. B. Gill, 2012，P. K. Adair, 1998；Centre for Marine & Coastal Studies, 2003；A. B. Gill, 2005；H. Westerberg, 2008），某些海洋生物对海底电缆比较敏感，海底高压传输电缆产生的电磁环境可能对海洋生物或生态系统造成影响。比如，软骨鱼类中的鲨鱼(*sharks*)、鳐鱼(*skates*)、魟鱼(*rays*)，主要采用电和/或磁信号进行定位、觅食、寻找伴侣等活动；洄游性的鱼类，比如大西洋鲑鱼(*salmon*)或者欧洲鳗鱼(*eel*)，对环境中的磁场(如地球的大地磁场)会有反应（A. B. Gill, 2012），这些鱼类能够检测到的磁场强度均在电缆电磁辐射强度的范围之内。其它海洋生物，如鲸豚类(鲸鱼、海豚等)对大地磁场在 30~60nT 变化比较敏感(地球的大地磁场大概在 50 μ T 左右)，在具体的磁场强度上还需要更加精细的区分。

俄罗斯研究已证实(Poddubny et al., 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，即鳗鱼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鱼的洄游形式。遥测跟踪监测并未显示洄游形式发生任何改变，至少在不超风力发电机周围500m处。

在Westerberg和Lagenfelt[53]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132kV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4km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30min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。**

6.3.4 结论

(1) 风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 220kV 海底电缆，磁感应强度将降为 10uT 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。

(2) 据本项目实验室模拟实验，风电场电磁环境对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄等）受风电场影响在可接受范围内。

(3) 由于实验的时间、规模、经费等均有限，海洋生物对磁场的这种生理反应的持久性尚需要进一步评估。建议相关单位进一步开展此方向的研究，并在项目运营期进行海底电缆等电磁环境的跟踪监测。

(4) 风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 220kV 海底电缆，磁感应强度将降为 10uT 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。经超过 10 米海水介质的进一步衰减，传至海面的磁感应强度几乎可以忽略，目前尚无明确的证据表明鸟类会受到电磁场的影响。

6.4 固体废物环境影响分析

根据山东省环保厅《关于进一步加强建设项目固体废物环境管理的通知》（鲁环办函[2016]141 号）和《建设项目危险废物环境影响评价技术指南》的要求，本次评价对工程固体废物的产生、处置情况及环境影响进行分析论证。

6.4.1 施工期固体废物环境影响分析

工程施工期产生的固体废物主要为陆域和海域施工人员产生的生活垃圾和陆域施工过程产生的建筑垃圾。陆域生活垃圾统一收集交由市政环卫部门进行清运，海域生活垃圾收集后交由有资质单位处理，均不向环境排放；建筑垃圾分类收集，集中存放，将其中可作为原材料再生利用的成分进行回收再利用，其他成分外运至垃圾处理厂处理。本工程施工期产生的固体废物均妥善处理，不会对环境造成明显影响。

6.4.2 运营期固体废物环境影响分析

6.4.2.1 运营期固体废物的产生及处置情况

本项目产生的固废主要有运维中心工作人员和检修船舶工作人员的生活垃圾，生活污水处理设施的污泥，日常维修产生的含油抹布、废铅蓄电池、废油。

(1) 生活垃圾

本项目陆域工作人员 15 人，生活垃圾的产生量约为 8.21t/a，产生的生活垃圾集中定点收集后由当地环卫部门及时上门清运。检修船舶生活垃圾产生量为 0.14t/a，交由有资质单位处理。

(2) 废污泥

陆上运维中心生活污水处理设施产生的污泥，产生量约 50kg/a，设置污泥收集装置，经收集后由市政垃圾处理场处理。

(3) 危险废物

本项目产生主要的危险废物为日常检修产生的废铅蓄电池、废油、含油抹布，产生量分别为 30kg/a、35kg/a、50kg/a。

表 6.4-1 危险废物产生及处理情况

序号	危险废物名称	危险废物代码	产生量 (吨/年)	产生工序及 装置	形态	有害 成分	危险 特性	污染防治 措施
1	机修含 油抹布	900-041- 49	0.05	日常检修	固态	油类	T,I	委托 处置
2	废油	900-214- 08	0.035	日常检修	固、 液态	油类	T,I	委托 处置
3	废蓄电 池	900-052- 31	0.03	日常检修	固态	重金 属	T,C	委托 处置

6.4.2.2 运营期固体废物环境影响分析

(1) 生活垃圾和一般固废

工程运营期产生的生活垃圾经和废污泥分类收集后交由环卫部门进行处理，不向环境排放。本工程产生的固体废物不会对环境造成影响。

(2) 危险废物

1) 危废收集与暂存

陆上运维中心设置 1 座 15m² 的危废暂存间，作为本项目危险废物暂存和调节场所。海上升压站和风机检修产生的危险废物由检修船舶运至陆域运维中心，暂存于陆域运维中心。

危险废物暂存库能够满足防风、防雨、防晒、防渗漏的要求，并按照规定设置警示标识。在临时贮存过程中，各类危险废物采用专用容器盛装并按照要求进行密封，防止泄漏以及有机废气的挥发，并根据各类危险废物的特性分类放置。产生的危险废物尽量做到即产即清，不长期贮存。

采取上述措施后，可最大限度的降低危险废物暂存过程中对周围环境的影响。

2) 外委处置

本项目产生的危险废物类别为 HW08、HW49、HW31，含油抹布、废油、废蓄电池委托有资质单位进行处理，不会对周围环境产生不良影响。

外委处置的危险废物的运输均由委托的废物处置单位自行负责，运输单位应具有危险废物运输资质（具有《中华人民共和国道路危险货物运输许可证》）。

对危险废物运输的管理，除要依据危险废物处置的相关法规外，还需配合《道路危险货物运输管理规定》、《汽车危险货物运输规则》、《道路运输危险货物车辆标志》等相关道路运输法规来规划。应按指定的运输路线运输危险废物，避开人群稠密区及高峰时间，每批次按照规定办理危险废物转移联单。因此，在正常情况下，危险废物的运输过程不会对环境造成危害。

表 6.4-2 建设项目危险废物贮存场所（设施）基本情况

序号	贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	含油抹布	HW49 其他废物	900-041-49	危废暂存间	2m ²	暂存	0.5t	<1 年
2		废油	HW08 废矿物油与含矿物油废物	900-214-08		2m ²	暂存	0.5t	<1 年
3		废蓄电池	HW31 含铅废物	900-052-31		2m ²	暂存	0.5t	<1 年

6.4.2.3 危险废物管理

本项目危险废物分类收集后暂存于现有危废暂存间内，建立危险废物台账，详细记录存放时间、存储量、存放位置、转移时间、转移单位等相关信息，危险废物分区分类存放，于容器外粘贴危险废物标签，标签上记录危险废物类别、主要成分、存放时间、产生工序等相关信息；对危废暂存间加强日常维护；危废转移时填写转移联单，报相关部门备案。危废暂存间应当根据《环境保护图形标志—固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）的要求，设立专用标志。

6.4.3 小结

综上所述，本项目产生的固体废物均得到妥善管理和合理处置，对外环境影响

较小。

6.5 大气环境影响分析

6.5.1 施工期环境空气影响评价

施工期对大气环境的主要污染是施工船舶和施工机械尾气、陆域施工扬尘。施工过程中机械和船舶无组织排放的尾气，主要的氮氧化物，二氧化硫碳氢化合物等。在本项目建设过程中，柴油机烟气排放将造成局部的大气污染，其影响持续时间较短，且项目施工区域比较开阔，随着项目施工结束，所产生的污染也会随之消失。本项目施工码头临时场地主要堆放风机、桩基基础等大件物品，无大气污染物产生。陆域施工现场采取围挡、洒水抑尘等措施，有效降低施工扬尘，对大气环境影响不大。

项目施工期对环境空气的影响较小。

6.5.2 运营期环境空气影响评价

(1) 环境影响分析

本项目建设海上风场，运营期主体工程不产生废气，对大气环境无影响。

项目运营期废气主要为陆上运维中心的食堂油烟及检修船舶产生少量尾气。食堂油烟通过油烟净化装置后，排放至空气中。检修船舶会产生 NO_x 、 SO_2 及 CO 等少量废气，船舶采用符合标准的燃油，并加强船舶发动机的保养，尾气量较少，且为开阔海域，对环境空气影响较小。

另外海上升压站设置 1 台柴油发电机组作为事故紧急备用电源，正常工况时不运行，运行时会产生 NO_x 、 SO_2 及 CO 等少量废气，产生量较少，全部为无组织自然排放，对大气环境影响较小。

本项目大气评价等级为三级，无需进行进一步预测和评价。

(2) 大气环境保护距离

本项目无需设置大气环境保护距离。

大气环境影响评价自查表详见表 6.5-1。

表 6.5-1 环境空气影响评价自查表

工作内容		自查项目		
评价等级与范围	评价等级	一级 ☐	二级 ☐	三级 ☒
	评价范围	边长 50km ☐	边长 5~50km ☐	边长=5km ☐
评价因子	SO_2 及 NO_x 排放量	$\geq 2000\text{t/a}$ ☐	500~2000t/a ☐	$< 500\text{t/a}$ ☒
	评价因子	基本污染物 (CO 、 O_3 、 SO_2 、		包括二次 $\text{PM}_{2.5}$ ☐

		NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5}) 其他污染物 (无)			不包括二次 PM _{2.5} ☒					
评价标准	评价标准	国家标准 ☒		地方标准 ☐		附录 D ☐		其他标准 ☐		
现状评价	评价功能区	一类区 ☐			二类区 ☒			一类区和二类区 ☐		
	评价基准年	(2022) 年								
	环境空气质量现状调查数据来源	长期例行监测标准 ☐			主管部门发布的数据标准 ☒			现状补充标准 ☐		
	现状评价	达标区 ☒					不达标区 ☐			
污染源调查	调查内容	该项目正常排放源 ☒ 该项目非正常排放源 ☐ 现有污染源 ☐			拟替代的污染源 ☐		其他在建、拟建项目污染源 ☐		区域污染源 ☐	
大气环境影响预测与评价	预测模型	AER MOD ☐	AD MS ☐	AUSTAL 2000 ☐	EDMS/A EDT ☐		CALPUF F ☐	网格模型 ☐	其他 ☐	
	预测范围	边长≥50km ☐			边长 5~50km ☐			边长=5km ☐		
	预测因子	预测因子 ()					包括二次 PM _{2.5} ☐ 不包括二次 PM _{2.5} ☐			
	正常排放短期浓度贡献值	C 该项目最大占标率≤100% ☐					C 该项目最大占标率>100% ☐			
	正常排放年均浓度贡献值	一类区		C 该项目最大占标率≤10% ☐		C 该项目最大占标率>10% ☐				
		二类区		C 该项目最大占标率≤30% ☐		C 该项目最大占标率>30% ☐				
	非正常 1h 浓度贡献值	非正常持续时长 () h		C 非正常占标率≤100% ☐			C 非正常占标率>100% ☐			
	保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值	C 叠加达标 ☐					C 叠加不达标 ☐			
	区域环境质量的整体变化情况	k≤-20% ☐			k>-20% ☐					
环境监测计划	污染源监测	监测因子: (油烟)			有组织废气监测 ☒ 无组织废气监测 ☐			无监测 ☐		
	环境质量监测	监测因子: ()			监测点位数 ()			无监测 ☒		
评价结论	环境影响	可以接受 ☒ 不可以接受 ☐								
	大气环境防护距离	距 (/) 厂界最远 (/) m								
	污染源年排放量	SO ₂ : (/) t/a		NO _x : (/) t/a		颗粒物: (/) t/a		VOCs: (/) t/a		
注: “□”, 填“√”; “()”为内容填写项										

6.6 生态环境影响分析

6.6.1 对海洋生态环境的影响分析

6.6.1.1 对海洋生态系统的影响分析

6.6.1.1.1 施工期对海洋生态系统的影响分析

本项目为海上风电项目, 对生态环境的影响主要体现在施工期桩基基础和海底

电缆敷设施工作业产生的直接影响和施工作业产生的悬浮泥沙扩散对海洋生态环境的影响，其中：施工区及其附近水域的底栖生物和鱼卵、仔鱼由于施工作业部分甚至全部死亡；施工作业产生的悬浮泥沙不同程度影响施工区周围的生物，附近的游泳生物被驱散，浮游动、植物的生长受到影响。工程附近海域不存在典型海洋生态系统以及珍稀濒危动植物物种，没有主要经济鱼类集中分布，不存在重要经济鱼类的洄游路线、索饵场、产卵场或育幼场所等。

1、对底栖生物的影响分析

风机塔架基础结构采用导管架桩基、升压站采用导管架结构，以上桩基的填埋及砂被的铺设将直接导致底栖生物的死亡；海缆埋设过程中挖沟及填埋搅动海底，均会造成底栖生物位移，施工结束后底栖生物得到恢复，不会对底栖生物产生明显影响。

施工过程中产生的悬浮泥沙扩散会使周围海域水质变浑浊，影响底栖生物的呼吸和摄食；降低海水中溶解氧的含量，影响对海水中溶解氧要求比较高的生物；泥沙的沉降会掩埋底栖生物，改变它们的栖息环境。当悬浮物覆盖厚度超过 2cm 时，还会对底栖生物造成致命性损害。悬浮物的沉积，可能引起贝类动物的外套腔和水管受到堵塞而致死。悬浮物的沉积主要影响工程区附近海域的底栖群落，施工结束后一段时间内，受影响的底栖生物群落会逐渐被新的群落所替代。

2、对浮游生物的影响分析

（1）对浮游植物影响分析

工程风机及海上升压站桩基基础施工，海底电缆铺设施工都会引起海底泥沙再悬浮，在施工作业点周围水体中产生大量的悬浮物，形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，从而引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响，而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响。根据 4.1.3 节施工期悬沙数值模拟结果分析可知，本项目施工悬沙超 50mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围面积为 20687.28hm²，项目施工会对该区域的浮游植物产生影响。

（2）对浮游动物的影响

施工期悬浮泥沙扩散将对浮游动物的生长率、摄食率造成一定影响。根据有关研究资料，水中悬浮物质含量的增多，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑

制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在其含量水平达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。但由于悬浮泥沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束，其影响将会逐渐消失。

（3）对生物质量的影响分析

项目施工作业会造成水体中悬浮物质浓度增高，可能造成沉积物中的重金属等有毒（害）物质进入水体中，对水体产生二次污染。这些有毒（害）物质将会通过水生生物的新陈代谢，导致其在生物体内积累，从而对生物本身及食物链上一级生物产生毒害作用。

（4）施工噪声对海洋生态的影响

施工噪声主要来自风机桩基施打、施工船舶航行、设备和机械等产生的噪声。海域中某些海洋生态对噪声较敏感，可能因高强度噪声产生的震动能量而受到较大影响甚至死亡。

6.6.1.1.2 运营期对海洋生态系统的影响分析

（1）运营期对底栖生物的影响

运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基、海底电缆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。另外，风机桩基可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、贝类鱼类的生物多样性。

（2）风机噪声对海洋生态的影响

风机运行过程中产生的噪声主要由机械及结构噪声和空气动力噪声组成，风机运行产生的噪声到达海面时衰减为 55dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合生存的栖息地。而风机底桩基对鱼类有一定的聚集作用，会进一步减弱噪音对鱼类的影响。

因此，风机运行期产生的噪声对周围环境影响很小。

（3）电磁对海洋生态的影响

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。且根据类比陆上电缆线路可知，电缆管廊由于电缆外层遮蔽产生的电磁场强度非常小，已接近环境本底值。因此，本工程海底电缆建成运行

后，电磁场对海洋生物影响很小。

6.8.5.6 对“三场一通道”的影响分析

本工程风电场处于近海中上层鱼类和底层鱼类“三场”和洄游通道产卵场内边缘地带，水生生物洄游时可避开风机基础，对水生生物影响不大；施工时避开鱼类产卵期，施工期对鱼类产卵场、索饵场影响不大，运营期在工程周边较近区域内可能对鱼类产卵造成一定影响，但影响范围有限。工程在施工期及运行期仍应采取加强施工管理、跟踪观测、增殖放流等措施减缓对海洋生态环境的影响，并协调好与海域渔业生产的关系。工程施工期，运营期均采取措施防范溢油风险。项目建设对周边鱼类“三场一通道”的影响较小。

6.6.1.2 对渔业资源影响分析

1、施工期对渔业环境影响分析

(1) 施工期间产生悬浮泥沙对渔业资源的影响

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

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

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

水域悬浮物含量超标，对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍与水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游生物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。

Bonvicinipagliai 等人曾研究意大利卡格里亚海湾一次大规模挖掘对周围海洋环境和生物的影响。结果表明，在所观察的非生物参数中，除有机碳外，都没有明显的影响，但大型底栖生物却丧失殆尽；Erman 和 Mahoney 曾研究悬浮物对鱼类和无脊椎动物的影响，其结果表明，水体中悬浮物浓度升高会减少鱼类和无脊椎动物的生物量和多样性。1990 年在深圳蛇口海区曾因疏通航道挖掘底泥使海水污浊，水质变异，海水中悬浮物浓度升高，从而导致周围养殖的牡蛎死亡；1993 年大亚湾东山珍珠养殖场附近因推土填海造成大量黄泥水在潮汐等作用下扩散至养殖场水域，导致养殖水体混浊、悬浮物浓度升高、大量珍珠贝死亡；1994 年广东电白县博贺文蛤养殖场，因其近旁有人抽沙，大量污泥浊水排入文蛤养殖区，导致 2500 亩养殖文蛤死亡。

总而言之，悬浮泥沙对鱼类和水生生物的影响主要包括：

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

（2）施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。在拟建工程附近海域未发现珍稀和濒危物种。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议海上施工尽量避开这一季节。

2、运营期对渔业资源的影响分析

(1) 对渔业生产的影响分析

根据《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令 第 24 号），海湾等狭窄海域电缆两侧各 100m 范围内属于海底电缆管道保护区，“保护区内将禁止在从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。”本项目建成后，在该保护区范围内将禁止捕捞、养殖等渔业活动，对渔业生产产生一定影响。

本项目建设海上风电场，风机基础和冲刷保护区有一定的人工鱼礁效应。工程风机基础采用透水构筑物，随着时间的增长，可以起到人工鱼礁的作用。风电场建成后在迎流面产生一定程度的壅水，在背流面产生涡流。壅水的形成促使工程附近水体垂直交换，海底的营养盐被翻起和扩散，壅水不断将底层海水带至表层，为海洋生物带来饵料，可能引起浮游生物的增加，使该区域成为鱼类的聚集地。塔基附近海域由于上下层水体的充分交换，形成可供鱼类选择的不同水流条件，为鱼类提供了优良的饵料场、繁殖场和栖息场所，海洋生物资源因此得到更好的生长和保护。

(2) 对鱼类洄游的影响分析

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对电场具有强烈的屏蔽作用，根据历史研究资料，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。场区无重要洄游通道分布，海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生明显不利影响。

因此，风电场区和海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生明显不利影响。

6.6.1.3 对海洋生态系统服务功能的影响

我国近海生态系统服务功能划分为供给功能、调节功能、文化功能和支持功能四大类（见图 6.6-1）。

根据工程分析，本工程建设对海洋生态系统服务功能的影响表现为对供给功能的食品生产和支持功能中初级生产力、物种多样性造成影响。

(1) 工程建设对食品生产功能的影响

食品生产功能是指海洋生态系统提供给人类的贝类、鱼类、虾蟹、海藻等海产品的功能。海洋是一个巨大的食物库，从藻类到鱼虾贝类数十万种生物在其中繁衍生息。海洋是全球蛋白质的重要来源。工程建设产生的悬浮泥沙会对贝类、鱼类、

虾蟹、海藻造成影响，从而对海洋的食品生产功能产生影响，但随着施工结束，悬浮泥沙对海域影响将随之消失。

（2）工程建设对初级生产力的影响

初级生产：通过浮游植物、其它海洋植物和细菌生产固定有机碳，为海洋生态系统提供物质和能量来源。本项目施工期间工程建设会对浮游植物和其它海洋生物造成影响，从而影响海洋服务系统的支持功能。

（3）工程建设对物种多样性的影响

物种多样性维持：海洋不仅生活着丰富的生物种群，还为其提供重要的产卵场、越冬场和避难所等庇护场所。本工程所在海域不是重要的产卵场、越冬场，在工程区内也没有发现需保护的珍稀海洋生物；由工程建设引起丧失的各种底栖生物种类，在当地的广阔海域均有大量分布。因此工程建设不会造成物种多样性降低的生态问题。

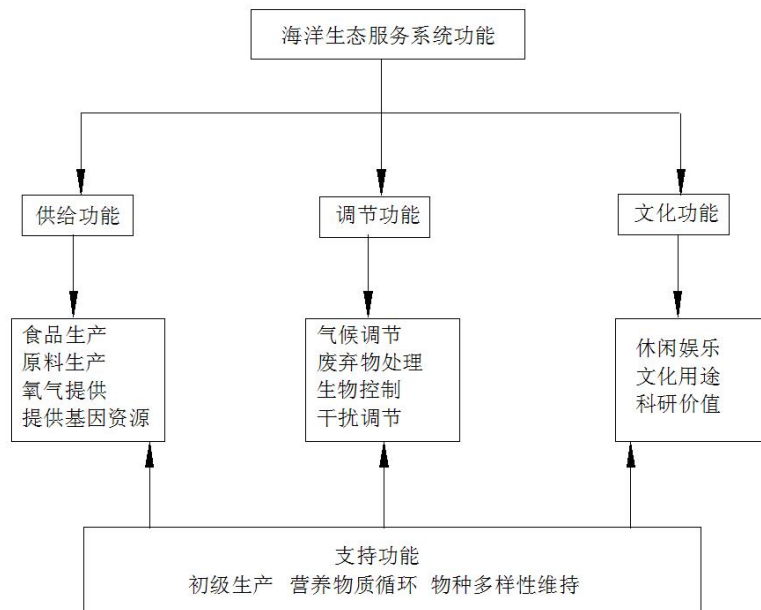


图 6.6-1 海洋生态系统功能

6.6.1.4 生物资源损失及生态补偿

本工程为海上风电场建设项目，生物损失主要由风机、海上升压站管桩建设及海缆敷设占用海域和施工产生的悬浮泥沙扩散造成。本报告生物资源损失量按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中规定的有关方法计算。

（1）评估方法

1) 悬沙造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于15天，因此按一次性平均受损量评估。

悬浮泥沙对海洋生物资源损害，按公式4.3-1计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \dots\dots\dots (6.6-1)$$

式中：

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

D_{ij} ——某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某一污染物第*j*类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij} ——某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；生物资源损失率取值参见表6.6-1。

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

表 6.6-1 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标 倍数 (Bi)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi ≤ 1 倍	5	< 1	5	5
1 < Bi ≤ 4 倍	5 ~ 30	1 ~ 10	10 ~ 30	10 ~ 30
4 < Bi ≤ 9 倍	30 ~ 50	10 ~ 20	30 ~ 50	30 ~ 50
Bi ≥ 9 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

注：
 1.本表列出污染物 i 的超标倍数(Bi)，指超《渔业水质标准》或超Ⅱ类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标倍数最大的污染物为评价依据。
 2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
 3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
 4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

2) 占用水域造成的生物资源损失

工程建设需要占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。各种类生物资源损害量评估按公式6.6-2计算：

$$W_i = D_i \times S_i \dots\dots\dots (6.6-2)$$

式中：

W_i ——第*i*种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第*i*种类生物资源密度，单位为尾（个）/每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）/每立方千米[尾（个）/km³]、千克/每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第*i*种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

（2）项目用海区域生物资源密度

本工程生物损失主要由项目建设占用海域、施工产生的悬浮泥沙扩散造成。项目占用海域主要造成浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵和仔稚鱼、渔业资源的生物量损失；水体中悬浮泥沙扩散主要造成浮游植物、浮游动物、鱼卵和仔稚鱼、渔业资源的生物量损失。

生物资源密度采用2022年4月和2022年9月两次调查结果中对应生物的生物资源密度数据的平均值；2022年4月鱼卵调查中，8号站位检出鱼卵1560粒，明显高于周边站位及历史调查结果，为异常值，因为计算生态损失量时，将该站位剔除，取其它15个站位的均值1.47ind./m³为2022年4月份的取值。

表 6.6-2 工程影响海域生物资源密度

类别	生物资源密度				取值来源
	单位	春季	秋季	取值	
浮游植物	个/m ³	6.57×10 ⁵	1.53×10 ⁷	7.98×10 ⁶	春季（2012.5）、秋季（2022.9）平均值
浮游动物	mg/m ³	1751.7	1139	1445.35	
底栖生物	g/m ²	39.86	5.08	22.47	
鱼卵	ind./m ³	1.47	0	0.735	春季（2022.4）修正数据、秋季（2022.9）平均值
仔稚鱼	ind./m ³	0.038	0.026	0.032	春季（2022.4）、秋季（2022.9）平均值
游泳动物	kg/km ²	189.15	396.78	292.965	

（3）损失评价结果

1) 占用海域造成的海洋生物损失

①管桩占用海域造成的海洋生物损失

本项目风机、海上升压站的用海方式为透水构筑物，因此采用透水构筑物实际占用海域面积进行生物损失量计算。根据3.2.2节、3.2.3节风机、海上升压站的平面布置及结构方案，风机采用导管架基础，导管架底部跟开为30.0m，桩径为3.20m，桁架竖向主撑钢管直径为1.24~2.71m，主撑钢管之间用直径0.71m~0.98m的交叉钢管连接，按底部桩基直径保守计算，42台风机的桩基面积为1351m²；海上升压站下部结构采用导管架型式，主立柱采用直径为1800/1500mm、壁厚45~60mm的钢管，撑杆采用直径为610~1016mm、壁厚20~36mm的钢管，套筒采用直径为3200mm，

按，升压站按套筒直径保守计算，升压站桩基占用海域面积为32.2m²。

本项目风电场区水深为51~53m（海图），按52m计。220kV海缆长度为89.6km，双回，登陆段采用定向钻施工，长度约1.3km，定向钻位于泥面15m以下，不会造成底栖生物资源的损失，66kV海缆总长度为60.45km，开沟犁宽约0.3m，经计算，海缆施工占用海域面积为7.1115hm²，项目占用造海域成的生物损失量见表6.6-4。

表 6.6-3 本项目构筑物基础占用海域面积一览表

内容	计算依据		占用海域面积 (m ²)
	尺度	数量	
风机基础	钢管桩基础直径为 3.2m	42*4	1351
海上升压站	套筒采用直径为 3200mm	4	32.2
海底 电缆	66kV 海缆	总长度	60.45km
	220kV 海缆	总长度（扣除定向钻）	88.3km
			18135
			52980

表 6.6-4a 风机和海上升压站占用海域造成的生物资源损害评估

种类	资源密度	水深 (m)	占用海域面积 (m ²)	损失量
浮游植物	7.98×10 ⁶ 个/m ³	52	1383.2	5.74×10 ¹¹ 个
浮游动物	1445.35mg/m ³	52	1383.2	103.96kg
底栖生物	22.47g/m ²	/	1383.2	31.08kg
鱼卵	0.735 粒/m ³	52	1383.2	53866 粒
仔稚鱼	0.032 尾/m ³	52	1383.2	2302 尾
游泳动物	292.965kg/km ²	/	1383.2	0.405kg

表 6.6-4b 海底电缆造成的生物资源损害评估

种类	资源密度	水深 (m)	占用海域面积	损失量
底栖生物	22.47g/m ²	/	7.1115hm ²	1597.95kg

工程占用海域共造成浮游植物损失量为5.74×10¹¹个，浮游动物损失量为103.96kg，底栖生物损失量为1629.03kg，鱼卵损失量为53866粒，仔稚鱼损失量为2302尾，游泳动物损失0.405kg。

2) 悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损失

悬沙扩散范围取自表6.1-2中相关数据。悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于15天，因此按一次性平均受损量评估，根据表6.6-5，生物损失按各超标倍数对应的平均生物损失率计算，大于9倍时按50%。

施工期主要由海缆敷设开挖和打桩施工作业产生悬沙，悬浮泥沙由海底底部产生，仅在海水底层扩散，计算悬沙造成生物资源损失的水深按5m计。项目施工产生

的悬浮泥沙扩散造成的生物损失量见表6.6-6。

表 6.6-5 不同计算区域的计算参数值

项目	类型	悬浮泥沙扩散范围带划分			
		10~20mg/L	20-50mg/L	50-100mg/L	>100mg/L
面积 (hm ²)	悬沙扩散范围	11237.2	11023.04	11994.08	9269.815
损失率 (%)	鱼卵与仔稚鱼	5	17.5	40	50
	浮游动物	5	20	40	50
	浮游植物	5	20	40	50
	成体	1	5	15	20

表 6.6-6 悬浮泥沙扩散造成的生物损失

种类	资源密度	损失率 (%)	受损面积 (hm ²)	水深 (m)	损失量	总计
浮游植物	7.98×10 ⁶ 个/m ³	5	11237.2	5	2.242×10 ¹⁴ 个	4.87×10 ¹⁵ 个
		20	11023.04		8.796×10 ¹⁴ 个	
		40	11994.08		1.914×10 ¹⁵ 个	
		50	9269.815		1.849×10 ¹⁵ 个	
浮游动物	1445.35mg/m ³	5	11237.2	5	40.60t	881.59t
		20	11023.04		159.3t	
		40	11994.08		346.7t	
		50	9269.815		334.95t	
鱼卵	0.735 粒/m ³	5	11237.2	5	2.07×10 ⁷ 粒	4.38×10 ⁸ 粒
		17.5	11023.04		7.09×10 ⁷ 粒	
		40	11994.08		1.76×10 ⁸ 粒	
		50	9269.815		1.70×10 ⁸ 粒	
仔稚鱼	0.032 尾/m ³	5	11237.2	5	8.99×10 ⁵ 尾	1.91×10 ⁷ 尾
		17.5	11023.04		3.09×10 ⁶ 尾	
		40	11994.08		7.68×10 ⁶ 尾	
		50	9269.815		7.42×10 ⁶ 尾	
游泳动物	292.965kg/km ²	1	11237.2	/	0.329t	12.646t
		5	11023.04		1.615t	
		15	11994.08		5.271t	
		20	9269.815		5.431t	

工程施工悬浮泥沙扩散共造成浮游植物损失量为 4.87×10^{15} 个，浮游动物损失量为881.59t，鱼卵损失量为 4.38×10^8 粒，仔稚鱼损失量为 1.91×10^7 尾，游泳动物损失12.646t。

3) 小结

综上所述，工程建设共造成浮游植物损失量为 4.87×10^{15} 个，浮游动物损失量为881.69t，底栖生物损失量为1629.03kg，鱼卵损失量为 4.38×10^8 粒，仔稚鱼损失量为 1.91×10^7 尾，游泳动物损失12.647t。

(4) 生物资源损失补偿金额计算

本节生态补偿金按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中规定的有关方法计算。

1) 计算方法

①价值估算

a.底栖生物经济损失按公式 (4.3-3) 计算:

$$M = W \times E \dots\dots\dots (4.3-3)$$

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)。

b.鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵、仔稚鱼经济价值按公式 (4.3-4) 计算:

$$M = W \times P \times E \dots\dots\dots (4.3-4)$$

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)。

c.成体生物资源经济价值按公式 (4.3-5) 计算:

$$M_i = W_i \times E_i \dots\dots\dots (4.3-5)$$

式中:

M_i ——第 i 种类生物成体生物资源的经济损失额, 单位为元 (元);

W_i ——第 i 种类生物成体生物资源损失的资源量, 单位为千克 (kg);

E_i ——第 i 种类生物的商品价格, 单位为元/千克 (元/kg)。

②损害赔偿和补偿年限 (倍数) 的确定

各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的, 其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算。本工程风机及海上升压站建设对水域生态系统造成不可逆

影响，补偿年限按 20 年计。

一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍。工程施工期间搅动的悬浮泥沙对海洋生物资源的损害为一次性损害，施工结束后这种影响随之消失，因此，悬浮泥沙扩散对生物资源的损害按一次性损害额的 3 倍计。

④生物资源价格

参考当地市场价格：底栖生物的平均价格按 1.0 万元/t 计；商品鱼苗价格以 0.6 元/尾计，则鱼卵的平均价格按 0.006 元/粒计，仔鱼的平均价格按 0.03 元/尾计；游泳动物的平均价格按 30 元/kg 计。

3) 生态补偿金计算

项目风机、海上升压站和海缆占用海域的生态损失补偿金额为 33.3775 万元，基础施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙造成的生态损失补偿金额为 1074.2475 元；生态补偿金总额为 1107.6250 万元。详见表 6.6-7。

表 6.6-7a 占用海域造成生态损失补偿金额

生物种类	损失量	单位	单价	单位	补偿年限	补偿金额（万元）
底栖生物	1.629	t	1	万元/t	20	32.5807
游泳动物	0.405	kg	30	元/kg		0.0243
鱼卵	53883	粒	0.006	元/粒		0.6344
仔稚鱼	2346	尾	0.03	元/尾		0.1381
占用海域生物资源损失生态补偿金						33.3775

表 6.6-7b 悬浮泥沙造成的生态损失补偿金额

悬浮泥沙扩散造成的生态补偿金额						
生物种类	损失量	单位	单价	单位	补偿倍数	补偿金额（万元）
游泳动物	12646.12	kg	30	元/kg	3	113.8151
鱼卵	438186100	粒	0.006	元/粒		788.7350
仔稚鱼	19077490	尾	0.03	元/尾		171.6974
悬浮泥沙扩散生物资源损失生态补偿金						1074.2475

4) 生态修复补偿措施

建设单位作为生态补偿的责任主体，应采取生态修复和补偿措施，缓解和减轻工程对所在海域生态环境的不利影响。

项目单位计划将 1107.6250 万元生态补偿金采用海洋生物资源增殖放流的补偿措施，进行海洋生物资源的恢复与补偿，在相关部门的指导下在适宜海域投放适宜生长的本地苗种，以提高海域生物多样性和海洋生物资源、改善项目周边海域生态环境质量。初步计划选择在烟台市牟平区北部海域进行增殖放流，共分三年进行。选择烟台市常见的经济种作为增殖放流的品种，包括对虾、黑鱼、三疣梭子蟹和文

蛤等。

6.6.2 陆域生态环境影响

6.6.2.1 施工期生态环境影响分析

(1) 土地利用影响分析

本项目陆上运维中心占地面积约为 3.3314m^2 ，运维中心的建设将改变用地范围内的土地使用功能，为不可逆影响。工程占地面积相对评价范围总面积较小，对区域土地利用格局影响在可接受范围内。

(2) 植被影响分析

陆上运维中心区域及东侧、南侧、北侧现状均为耕地，在农作物收获后进行建设。陆域电缆沟敷设区域主要为道路周边的绿化带，有少量植物，项目的建设将植被挖除，因植被分布不多，且均为当地常见物种，因此项目建设不会对植被类型、数量产生明显影响。

建设单位应在施工前明确施工边界，重视并保存好表层土壤，以减少对周边生态环境影响。建筑基础开挖将局部改变局部原地貌，建成后将对场内及施工临时占地进行覆土绿化。

(3) 动物影响分析

施工机械噪声、运输噪声等会对动物活动产生干扰，噪声对动物产生驱赶作用。本工程施工范围小，施工时间短，所在地区的动物数量少。故项目施工对所在区域的动物总体影响不大，动物对生活环境具有一定适应能力，因此建成后对其影响较小。

(4) 水土流失影响分析

本工程施工期间，建筑物基础的开挖和土方临时堆放，基础开挖的土石方由于雨水的冲刷和侵蚀，会引起一定的水土流失。

在施工过程中，施工单位应采取一定的水土流失防治措施，主要包括：动土工程尽量避开雨天，工程建设过程中的开挖土方在回填之前，做好临时的防护措施，集中堆放，并注意堆放坡度，做好施工区内的排水工作；加强管理，对于容易流失的建筑材料集中堆放，堆料堆土表面采用密目网苫盖，避免施工对周围环境产生影响。

6.6.2.2 运营期生态环境影响分析

项目建成后，将对场地进行绿化和地面硬化，减少水土流失。陆上运维中心占

地将改变原有土地生态，该区域将由耕地将向人工生态转变。工程海上风电运行过程本身不产生废水、固体废物，陆上运维中心及检修船舶运行期间废水、固体废物均妥善处理。本工程对生态环境的影响主要在施工期，在施工结束后即可恢复，运行期间不会对地区的生态环境造成影响。

表 6.6-8 生态影响评价自查表

工作内容		自查项目
生态影响识别	生态保护目标	重要物种 ☐ ；国家公园 ☒ ；自然保护区 ☒ ；自然公园 ☐ ；世界自然遗产 ☐ ；生态保护红线 ☒ ；重要生境 ☐ ；其他具有重要生态功能、对保护生物多样性具有重要意义的区域 ☐ ；其他 ☐
	影响方式	工程占用 ☒ ；施工活动干扰 ☒ ；改变环境条件 ☐ ；其他 ☐
	评价因子	物种 ☒ （数量） 生境 ☐ （ 生物群落 ☐ （ 生态系统 ☐ （ 生物多样性 ☐ （ 生态敏感区 ☐ （ 自然景观 ☐ （ 自然遗迹 ☐ （ 其他 ☐ （
评价等级		海洋生态：一级 ☒ 二级 ☐ 三级 ☐ 生态影响简单分析 ☐ 陆域生态：一级 ☒ 二级 ☐ 三级 ☒ 生态影响简单分析 ☐
评价范围		陆域面积：（3.6）km ² ；水域面积：（2377.78）km ²
生态环境现状调查与评价	调查方法	资料收集 ☒ ；遥感调查 ☐ ；调查样方、样线 ☐ ；调查点位、断面 ☒ ；专家和公众咨询法 ☐ ；其他 ☐
	调查时间	春季 ☒ ；夏季 ☐ ；秋季 ☒ ；冬季 ☐ 丰水期 ☐ ；枯水期 ☐ ；平水期 ☐
	所在区域的生态问题	水土流失 ☐ ；沙漠化 ☐ ；石漠化 ☐ ；盐渍化 ☐ ；生物入侵 ☐ ；污染危害 ☐ ；其他 ☐
	评价内容	植被/植物群落 ☐ ；土地利用 ☐ ；生态系统 ☐ ；生物多样性 ☐ ；重要物种 ☐ ；生态敏感区 ☐ ；其他 ☐
生态影响预测与评价	评价方法	定性 ☐ ；定性和定量 ☒
	评价内容	植被/植物群落 ☐ ；土地利用 ☒ ；生态系统 ☐ ；生物多样性 ☐ ；重要物种 ☐ ；生态敏感区 ☒ ；生物入侵风险 ☐ ；其他 ☒
生态保护对策措施	对策措施	避让 ☐ ；减缓 ☒ ；生态修复 ☐ ；生态补偿 ☒ ；科研 ☐ ；其他 ☐
	生态监测计划	全生命周期 ☐ ；长期跟踪 ☐ ；常规 ☒ ；无 ☐
	环境管理	环境监理 ☐ ；环境影响后评价 ☐ ；其他 ☐
评价结论	生态影响	可行 ☒ ；不可行 ☐
注：“ ☐ ”为勾选项，可√；“（）”为内容填写项。		

6.7 对鸟类资源的影响分析

本节参考《华能山东半岛北海上风电基地项目（L 场址）鸟类生态环境现状调查与影响评价报告》（山东大学，2022 年 10 月）。

6.7.1 施工期对鸟类的影响分析

(1) 风电场施工对鸟类影响分析

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、海上升压站建设、船舶运输等施工活动。各种施工机械如施工和运输船舶、风机基础承台施工、海上整体吊装、海上电缆开挖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。

本海上风力发电场所在区域水深较深，且距离海岸和滩涂很远，仅有少量鸥类在此活动，项目建设期间的噪音较大，可能会影响施工区内鸟类的正常觅食。另一方面，建设期间将会暂时性对海洋底栖生物和鱼类造成影响，进而影响鸟类的食物链，影响鸟类的正常觅食。但由于本项目的施工属于短期行为，建成后的影响仅限于风机周边，对水域的扰动影响有限。另外，由于鸟类有规避性，可以通过主动规避来选择其他地点觅食。因此，海上风机建设期间对鸟类的影响总体非常小。

对于生活在其他区域内的绝大多数鸟类，比如鸬鹚类、鹭类、猛禽和雀形目鸟类等，由于其栖息和觅食的地点远离海上风电场的建设区域，因此不受海上风电场建设的影响。

(2) 海上升压站建设对鸟类的影响分析

本项目的海上升压站位于风电场内，其建设的影响和风电场建设对鸟类的影响比较一致，即仅对极少数鸥类的觅食会有影响，但总体非常小，对其他鸟类没有影响。

(3) 海缆铺设对鸟类的影响分析

本风电场的海缆主要分为两部分：其中一部分为各发电机组至海上升压站，另一部分为海上升压站至陆地运维中心。第一部分的施工位于风电场的运行区域内，因此对鸟类的影响和风电场施工的影响一致，影响不大。陆地运维中心所在位置非鸟类繁殖地及重要栖息地，对鸟类影响微乎其微。

6.7.2 运营期对鸟类的影响分析

欧洲风能协会（European Wind Energy Association, EWEA）（2009）的报告表明，风电场的存在均会造成水禽、鸥类和雀形目等鸟类不同程度的死亡。项目建成后，风电场对鸟类的影响将仅局限于风电场和海上升压站所在海域，对于远离该海域的鸟类并没有影响。而该海域内没有鸟类繁殖和栖息，因此，不会对鸟类的繁殖和栖息地造成影响。对鸟类的影响主要体现在两个方面：觅食和迁徙。

（1）对鸟类觅食的影响

建成后，本项目对鸟类的影响将主要局限于海洋生境中，此刻的影响主要来自风力发电机组的运营。风机叶片运转和产生的噪声可能会对鸟类的正常觅食活动产生一定影响，甚至不排除发生风机与鸟类碰撞的可能性。由于鸟类本身有趋避行为，风机对其影响相对比较有限。但根据对山东滨州和东营沿海地区陆地风电场的鸟类调查结果，同样生境下，有风机和无风机区域的鸟类种类组成及数量并无显著差异（石婷婷等 2019）。

由于鸟类与风机发生撞击取决于多种因素：鸟类种类、数量、行为特点、天气状况等（Furness et al. 2013）。通常来说，翼展较大的鸟类撞击风险更高（Brown et al. 1992），恶劣天气下撞击风险更高（Larsen and Clausen 2002）。结合本地区鸟类的生活习性、时空分布特点以及风电场的实际位置，有着较大撞击风险的主要为一些大型且飞行相对较缓的鸥类，对其他鸟类没有影响。其中西伯利亚银鸥、黑尾鸥、红嘴鸥等受影响的可能性较大，且存在一定的撞击风险。这几种鸟类的翼展都超过一米，会在海洋生境中觅食。根据观察，上述鸥类在觅食期间的飞行高度大多在距离海面 30 m 以内，而风力发电机组的叶片旋转的高度多在 15~245 m 之间，因此鸟类有一定的概率会撞到风力发电机的叶片。但由于该海域并不是鸟类的主要觅食区且鸟类本身能主动规避这些区域，因此对鸟类觅食的影响将会非常小。

鸟类视觉极为敏锐，反应机警，能够发现并躲避障碍物，在飞行途中遇到障碍物都会在大约 100~200 m 的距离下避开。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞风电机的概率极小。根据在山东潍坊、滨州和东营沿海地区已建成的陆上风电场观察，鸟类在通过风电场区域时，会主动规避，从风机叶片影响不到的范围内飞过，并未发现有鸟类撞风机死亡的现象（石婷婷等 2019，张欠欠 2019）。但是，为了更好地解决调查评价范围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。

（2）对鸟类迁徙的影响

鸟类迁徙路线上的风电场会给鸟类迁徙带来巨大威胁，白天迁徙的鸟类往往需要飞得更高以躲避风力发电涡轮机组，而当它们绕开或飞跃山峰时往往会距离山顶很近，从而更容易接近风力发电场（Duchamp 2003），增加了发生碰撞的机率。Everaert（2003）在比利时佛兰德斯风电场的研究发现，风力发电塔造成鸟类死亡

的数量与当地候鸟迁徙路线密切相关，风电塔越接近迁徙通道，鸟类死亡数量越多。另外，风电场对鸟类迁徙的威胁不仅在于碰撞造成的直接死亡，风力涡轮机的存在给鸟类的飞行造成阻碍。无论风力涡轮机是否旋转，鸟类都会避免飞进风电场区域，并且减慢飞行速度（Osborn et al. 1998）。鸟类改变迁徙路线或回避障碍物会造成不必要的能量损失（Langston et al. 2003），进而影响其迁徙路线上停歇地和取食地的选择、换羽以及区域间的固有联系，造成潜在的不利影响（Drewitt et al. 2006）。

夜间能见度低，迁徙鸟类甚至可能无法看清风力涡轮机的扇叶，从而发生碰撞。Erickson 等（2001）在美国 31 处风电设施的研究中发现，风力涡轮机造成死亡的鸟类中大约一半为夜晚迁移的雀形目种类。在春秋迁徙季节，雀形目鸟类是与风力涡轮机碰撞风险最大的类群（Higgins et al. 1996, Osborn et al. 1998），因此，风电场的建设应尽量避免鸟类迁移路线。但鸟类的迁徙通道一般较为宽阔，而且许多鸣禽的夜间迁徙路线并不为人所知（Langston et al. 2003），因此实际操作上相当困难。

对位于鸟类迁徙通道附近的风电场来说，其光源也是影响鸟类安全的重要因素。夜间迁徙鸟类，遇上大雾、降雨、强逆风的夜晚时，容易受到迁徙通道旁的光源吸引，从而向着光源飞行而与光源周围的障碍物发生碰撞。有研究表明，海上风电场的灯光比陆地的影响更大，同时其指出鸟类不易受到红色光源的吸引（赵雪冰等 2019）。目前，关于噪音是否会增加迁徙鸟类与涡轮机碰撞概率的研究较少。虽然有假说认为具有鸣笛声的涡轮机应能减少发生鸟类碰撞的机率，但是尚未得到验证。

在本项目场址及其周边邻近地区中，有 56 种鸟类（旅鸟、夏候鸟和冬候鸟）存在迁徙习性，可能会途经本风电场所在的区域。但根据目前的研究，项目区域内并不位于重要的鸟类迁徙通道上，猛禽和雀形目鸟类主要经大连—长岛路线迁徙，距离项目所在区域 80 km 以上，因此几乎不受项目的影响。而鸬鹚类的迁徙大多经渤海湾、莱州湾和胶州湾，距离风机所在区域更远，因此也几乎不受本项目的影 响。但鉴于仍有可能会有少量鸟类在迁徙过程中途经项目区域，建议通过合理的增设红色警示灯光将有效地降低撞击风险，将其对鸟类迁徙的影响降到最低。

（3）对鸟类繁殖的影响

鸟类繁殖是指鸟类繁衍后代的一系列过程，包括筑巢、产卵、孵卵和育雏等环

节。本风电场建成后，运营区域位于海上，远离陆地，并不占用和影响鸟类的繁殖地，没有鸟类在此繁殖。仅有可能对繁殖期来此觅食的黑尾鸥有所影响，但觅食多发生在白天，鸟类对于风机有很好地规避行为，因此对鸟类繁殖没有影响。

（4）对鸟类栖息地的影响

由于本风电场建成后，运营区域位于海上，水深超过 8 m，不属于湿地的范畴，因此对湿地没有影响。另外，由于风电场所在的边界距离海岸的距离在 60 km 以上，因此也不属于传统的海洋栖息地中鸟类的觅食区域，因此总体上本风电场建成后对鸟类栖息地没有影响。

6.7.3 鸟类影响综合评估结论

综上，本项目所在海域不是鸟类迁徙的主要通道，项目本身对其所在海域的鸟类迁徙、繁殖和觅食等生态行为影响较小或几乎没有影响。项目对邻近海域及沿海地区（调查评价范围）鸟类的综合影响亦较小，属于完全可接受的范围。建设单位在严格执行相关环保法规制度的前提下严格落实鸟类保护措施，可将施工及运营期对鸟类的不利影响降低到最小程度，其影响是完全可接受的。

6.8 对环境敏感目标的影响

工程附近区域主要敏感目标包括：生态红线区、自然保护区、养殖区、海岛等；其他开发活动主要包括旅游娱乐用海、工业用海、港口用海等。根据悬浮泥沙扩散数值模拟结果，10mg/L 悬浮泥沙扩散范围与敏感目标的叠置关系见图 6.8-1。

图 6.8-1 施工悬浮泥沙与周边开发利用活动叠置图

6.8.1 对保护区的影响分析

（1）对崆峒列岛省级海洋自然保护区的影响分析

崆峒列岛省级海洋自然保护区位于本项目西侧 4.1km。

2003 年 3 月 4 日，山东省人民政府批准建立烟台崆峒列岛省级自然保护区（鲁政字[2003]80 号），2019 年 11 月 4 日，省政府发布了关于调整烟台崆峒列岛省级自然保护区范围和功能区的批复（鲁政字[2019]205 号）。崆峒列岛省级自然保护区总面积 7690 公顷，核心区面积 240 公顷，缓冲区面积 1570 公顷，实验区面积 5880 公顷，主要保护对象为岛屿生态系统与海洋生态系统。

项目距崆峒列岛省级海洋自然保护区实验区、缓冲区、核心区分别为 3.33km、9.71km、12.64km，根据图 6.8-1，本项目施工期悬浮泥沙扩散范围较小，不会进入

崆峒列岛省级海洋自然保护区，不会对其水质及生态环境造成不利影响；海底电缆的敷设对附近海域的水动力和冲淤环境基本无影响，项目建设过程产生的污水、固废妥善处理、不外排，不影响周边海域生态环境。项目施工单位加强管理，仅在项目区域施工，禁止进入自然保护区，避免对其产生不利影响。

因此，项目建设不会对崆峒列岛省级自然保护区产生不利影响。

（2）对烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区的影响分析

烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区位于本项目登陆段东侧。烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区成立于 2010 年，位于烟台市牟平区东北部浅滩，由沙质海岸及毗连 1000 米以内水深在 0m~10m 之间的海域，总面积为 1465.20hm²，占用岸线长约为 12.21km，分为重点保护区、适度利用区及生态与资源恢复区三个功能区。区域内金山港湾有汉河和广河汇流于此，其外沿及附近海域为砂质海底，饵料丰富，盐度适宜，该区域是多种海洋经济生物的栖息、繁衍地，具有典型的河口生态系统。保护区主要保护对象为海砂资源、海洋生物栖息地等。

本项目 220kV 海底电缆登陆段距烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区最近距离为 9.74km，海底电缆整体距保护区较远，悬浮泥沙不会扩散进入该保护区。项目建设不会对保护区主要保护对象为海砂资源、海洋生物栖息地等产生影响，项目建设不会对烟台牟平沙质海岸国家级海洋特别保护区造成不利影响。

6.8.2 对养殖区的影响分析

项目周边养殖区主要为筏式养殖和底播养殖。

（1）占用养殖区的影响分析

本项目风机和风场区电缆不占用养殖区。本项目 220kV 海底电缆占用烟台山海农牧渔合作社底播养殖区（989）、养马岛中原兴运海尚生态渔业底播养殖区、烟台兴运海尚养马岛底播养殖区（696）、养马岛北部海域曹洪玲筏式养殖区（10）、牟平区英才海产品大窑北部海域筏式养殖区（1005）、烟台龙洋养马岛底播养殖区、烟台孔记海珍品西山北头筏式养殖区（885），共 7 个养殖用海项目。其中烟台山海农牧渔合作社底播养殖区（989）、养马岛中原兴运海尚生态渔业底播养殖区、烟台兴运海尚养马岛底播养殖区（696）、烟台龙洋养马岛底播养殖区 4 个项目从事底播养殖，养殖品种为菲律宾蛤仔、文蛤、紫石房蛤等海洋贝类，根据贝类的生长情况和市场需求分区域轮捕，采捕时采用渔船拖带耙子进行采捕；养马岛北部海域曹洪玲筏式养殖区（10）、牟平区英才海产品大窑北部海域筏式养殖区

（1005）、烟台孔记海珍品西山北头筏式养殖区（885）3 个项目从事筏式养殖，养殖品种为虾夷扇贝、牡蛎等，采捕期采用渔船人工进行采捕。

220kV 海底电缆建成后埋于泥面以下，不影响养殖，但是若在输电线路区内开展养殖捕捞活动，张网作业及采捕存在损坏海底电缆的可能性，因此从保护海底电缆的角度看，海底电缆区域内需限制渔业活动。因此本项目的建设导致海缆穿越区域的 7 宗开放式养殖活动无法正常开展。

（2）施工悬浮泥沙的影响

根据本项目施工工艺及数值模拟的悬浮泥沙扩散情况可知，本项目施工时悬浮泥沙会扩散进入 95 宗养殖区，该 95 宗养殖区的养殖方式包括底播养殖、筏式养殖和插网养殖，其中底播养殖品种以菲律宾蛤仔、文蛤为主，筏式以扇贝、牡蛎为主，均属于贝类生物。施工期产生的悬浮泥沙会对养殖品种产生不利影响，对正常养殖活动的开展产生一定的影响，随着施工的结束，悬浮泥沙的影响将不复存在，养殖活动可继续开展。

6.8.3 对海岛的影响分析

工程附近海域分布有养马岛、小象岛、崆峒岛、芝罘岛等多个海岛。

项目不占用海岛，距离最近的为西侧 1.55km 的小象岛、西侧 1.65km 的养马岛。该段的电缆采用两栖式挖掘机进行电缆敷设施工，两栖挖掘机敷设精度较高，只在用海区域内作业，不会影响周边海岛的稳定性；海缆建成后埋于泥面以下，对周边海域水文动力、冲淤环境基本无影响，项目建设对海岛无不利影响。

6.8.4 对通航安全影响分析

本节引自《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目通航安全影响研究报告》（大连海事大学，2023 年 4 月），该报告于 2023 年 4 月 11 日通过专家评审，专家意见见附件 5。

6.8.4.1 与附近港口功能的适应性分析

（1）与附近港口航路适应性分析

拟建风电场距离附近威海港及航路约为 33 海里，距离烟台约 48 海里，距离大连约为 47 海里。因此，本项目距离周边港区航道码头均较远，对附近港口码头、航道影响较小。

图 6.8.4-1 本工程与附近港区关系图

（2）与附近锚地的适应性分析

如图 6.8.4-2 所示，本工程风电场距离附近港口锚地最近距离在 30 海里。依据交通部海事局 2021 年 12 月 6 日发布了“海通航函[2021]1608 号”关于《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》的通告（以下简称“技术指南”），按照《海上风力发电场设计标准》要求，考虑船舶无动力漂移距离，海上风电场与锚地的距离按照不小于 1000 米和代表船型的 3 倍至 5 倍船型长度（按锚地设计船型长度）控制。

图 6.8.4-2 项目与锚地的距离

表 6.8.4-1 海上风电场与锚地安全距离建议表

序号	锚地与海上风电场选址相对方位	距离控制
1	锚地位于海上风电场东侧、东北侧或东南侧	1000 米或 5 倍船长（取大值）
2	锚地位置存在指向海上风电场的海流流向，或最大潮流流速的流向	1000 米或 4 倍船长（取大值）
3	其他	1000 米或 3 倍船长（取大值）

对于锚地底质条件较差，水流较大等容易发生走锚事故的水域，相对安全距离可参照如下取值：

《海港锚地设计规范（JTS/T 177-2021）》对海港锚地设计阶段与风电设施的距离作出了相关规定：锚地边线至海上油气平台、风电设施的净距不宜小于 2 nmile；本工程风电场与附近锚地距离均较远，根据技术指南及海港锚地设计规范等相关要求，对锚地的影响较小。

6.8.4.2 拟建工程对附近船舶航路的影响

本工程风电场附近航路主要有：（1）成山角至老铁山船舶航路，（2）成山角至大连船舶航路（3）威海至大连船舶航路。

本工程风电场与成山角至老铁山船舶航路距离 2860m，与成山角至大连航路以及与威海至大连航路边界距离为 2600m。风电场距离上述航路边界的距离大于“技术指南”中参考安全距离要求，项目在专家评审后，根据专家评审意见对 L 场址范围又进行进一步调整，使得场址边界与成山角至大连增大至 1.5 海里、成山角至老铁山水道航路边界达到 1.8 海里，从而将安全距离风险调整至中等风险以下接近低风险。调整后最终 L 场址面积约为 58.6km²，在业主采取一定安全保障措施后，可以满足通航安全需要。

根据 AIS 主交通流分布情况可知，对于绝大多数船舶，上述航路充足的航路宽度可以为过往船舶提供更多选择空间，风电场建成后可根据自身船舶尺度均可选择距离风电场较大距离通过。通过采取相应的安全保障措施，能够减小或规避风电场与船舶航行的安全风险。

6.8.4.3 拟建工程对附近船舶习惯航线的影响

根据附近商船实际 AIS 交通流轨迹聚合可知，工程水域附近存在的主要船舶习惯航线有：（1）本工程 L 场址的船舶航线（2）成山角至老铁山船舶航线（3）成山角至大连习惯航线（4）威海至大连船舶航线。

在该部分交通流中，从成山角分道通航外至老铁山方向的船舶可能在本工程 L 场址或从 L 场址南侧边缘通过。这部分大型船舶习惯航路交通流总量为 9456 艘次。L 场址建设对该部分交通流影响较大。

（2）与附近其他习惯航线的影响

如图所示，除了 L 场址习惯交通流或 L 场址南侧边缘的大型船习惯航路交通流以外，附近其他习惯航线主要为成山角至老铁山水道习惯航线、成山角至大连习

惯航线及威海至大连习惯航线，上述习惯航线基本航迹均能够控制在报告中所示航路内，根据“技术指南”，附近航路与 L 场址距离的风险等级为中风险。

综上，本工程的建设对部分成山角至老铁山航路外，走习惯航路的大型船舶影响较大。风电场的建设改变了该部分船舶航法，L 场址建成后该部分船舶将提前汇入成山角至老铁山航路（汇入进出成山角外分道通航制船舶习惯航线），或沿 L 场址北侧保持安全距离通过 L 场址，通过相应的安全保障措施，本工程整体风险为中风险等级。

6.8.4.4 与渔船活动的相互影响

渤海湾、黄海附近水域存在较多的渔港，渔船等小船活动无规律，且船员水平有限。拟建项目建成后，由于风电场水域跨度大，如果渔船在风电场内航行或从事捕捞活动，增加了渔船碰撞风电设施的风险，帆张网作业还因其依靠锚具固定网具，存在损坏海底电缆的可能性，因此从保护风电场和海底电缆的角度看，仍然有限制渔业活动的必要，需要针对风电场的特殊情况制定水域管理方案。

（1）建议建设单位在风电场投入营运前，向海事主管部门申请，将风电场划定为海上禁航区，做好风电设施的防撞和警示，并发布相应航行通、警告，禁止除日常维护船舶外的其他一切船舶进入风电场区，以避免发生船舶与风机基础、及海上升压站基础发生碰撞。

（2）建议业主单位在风电场内构建 CCTV 监控平台，监控风电场海域及附近渔船的动态，发现渔船拟进入风电场区，立即通过甚高频或广播系统告知该渔船令其离开；

（3）禁止渔船在风电基础上系靠。由于拟建风电场占用海域面积较大，禁止渔船进入风电场区，渔船均需从风电场海区外绕行，给附近渔船的海上航行必然带来较大影响。这些渔船船员不一定使用新版海图，也不一定会及时接受航行通警告。因此，建议建设单位采取多种手段，广泛宣传，让渔船船员知悉风电场为禁航区，禁止渔船进入该海区。

（4）加强与渔政部门的联系，依托渔政部门对风电场区及附近水域的渔船进行管理，确保安全。

6.8.5 对海域其他开发活动的影响分析

6.8.5.1 对港区的影响分析

（1）港区

根据项目周边海域开发现状，项目周边港口工程主要是海缆西侧 25km 的芝罘湾港区和登陆点西南侧 8.5km 的牟平港区。

1) 对芝罘湾港区影响

规划芝罘湾港区今后以功能调整为主，保留客货滚装、铁路轮渡、集装箱、旅游生活等功能，将煤炭、矿石等大宗干散货以及化肥、钢铁、商品汽车等通用货类逐步调整至西港区，与城市中心距离较近的部分老码头逐步退出货运功能。远期集装箱运输功能调整至西港区。

风电场距离芝罘湾港区较远，项目施工期需注意加强施工船舶的调度和管理，并与港区管理部门充分做好沟通，已保证港区进出港船舶安全和项目顺利施工。

2) 对牟平港区的影响分析

牟平港区紧邻养马岛城市旅游休闲区，由于烟台市城市发展战略调整，牟平今后将大力发展旅游业，规划牟平港区逐步退出货运功能，发展旅游客运。

项目登陆点距离牟平港区约 8.5km，施工期依托牟平港进行其他零星建筑材料装运、施工人员上下驳及其他常规物资的转运，营运期采用小型船只对风机进行维修和养护，需经牟平港区上下船。项目单位与港区管理部门做好沟通协调，对港区影响不大。

(2) 对航道的影响

本工程风电场与成山角至老铁山船舶航路距离 2860m，与成山角至大连航路以及与威海至大连航路边界距离为 2600m。项目施工期和运营期船舶均在风电场区内活动，对规划航道内船舶通航不会产生明显影响。

项目近岸段海缆需穿越烟台港至威海港近岸航路、烟台港至威海港航路，海缆在航道交越段埋深 3m，海缆埋设于泥面以下，不影响航道通航。施工时建设单位应与航道管理部门做好沟通，及时告知项目施工时间、位置，做好施工船舶和港区船舶的管理和调度，充分保证港区和航道的通航安全，减少对港区船舶通航的影响。

(3) 对锚地的影响

根据图 5.8-2，本项目风电场区周边无锚地分布，220kV 海缆距离最近的牟平港区 1#锚地 7.0km，距离烟台港第三引航检疫锚地（规划）7.6km。

交通部海事局 2021 年 12 月 6 日发布了“海通航函[2021]1608 号”关于《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》的通告（以下简称“技术指南”），

根据该“技术指南”，海上风电场与港外锚地的距离按照不小于 1000 米和代表船型的 3 倍至 5 倍船型长度（按锚地设计船型长度）控制（取大值）。

根据《烟台港总体规划》中“附录 4 到港代表船型主尺度”中到港代表船最长的船舶长度为 346m，按 5 倍船长计，锚地与风电场址距离至少为 1730m。本工程风电场、220kV 海缆与附近锚地距离均较远，根据技术指南及海港锚地设计规范等相关要求，对锚地的影响较小。

6.8.5.2 对养马岛中心渔港的影响分析

养马岛中心渔港位于本项目路由西南侧 8.3km，因距离较远，项目不影响港区的运营。项目 220kV 海缆铺设过程中施工船舶应注意避让进出渔港的渔船，避免发生碰撞事故。海缆铺设完成后，埋于海底，对渔船航行无影响。

6.8.5.3 对养马岛东航道（渔船习惯航路）的影响分析

本项目 220kV 海底电缆登陆段位于养马岛东航道（渔船习惯航路）内，海缆在航道段埋深 3m，敷设后电缆不影响航道通航。项目海底电缆施工时施工船舶需穿越该航道进行电缆敷设，施工期应做好警示工作，避免发生船舶碰撞事故。

6.8.5.4 对烟威海底通信电缆的影响分析

项目 220kV 海底电缆穿越烟威海底通信电缆，海缆交越段采用上交越法敷设，220kV 海缆与已有通信电缆之间净距不小于 0.5m，且采用“在已有通信电缆与本工程 220kV 海缆之间铺设一层混凝土连锁排作为垫层，在本工程 220kV 海缆上方（海缆轴线两侧各 4.5m，长 50m 范围内）压覆一层混凝土连锁排作为上保护层，交越点两侧海缆各 10m 范围内采用球墨铸铁关节套管保护”的海缆交越保护方案。

项目的建设符合《海上风力发电场设计标准》中海底电缆“应减少与其他海底管道、光缆和电缆的交越，当交越布置时，应采取安全保护措施，最小净距不应小于 0.3m。”的规定。且符合《海上风电场交流海底电缆选型敷设技术导则》（NB/T 31117-2017）中“5.5.7 海底电缆与已有管线的交越施工，宜采用上交越的施工工艺，交越范围为已有水下管线交越点两侧 50m~100m 的区域，在交越范围段应采取保护措施。”的相关要求。

6.8.5.5 对滨海旅游业的影响分析

本项目周边的旅游用海活动主要是西侧的养马岛度假旅游区及养马岛西侧的滨海路两侧，距离本项目最近约 1.65km。风电场离岸较远，220kV 海缆建成后埋于

泥面以下，不影响周边海域的自然景观。

工程施工期间产生的悬浮泥沙扩散不会进入旅游区，项目建设不会改变周边旅游用海活动的海水水质和水动力冲淤环境，不会改变旅游区地貌环境；施工和运营期间的污水、固废、大气污染物和噪声等环境污染要素均不会对周边旅游资源产生明显影响。

6.8.6 对沙滩、岸线的影响分析

本项目风电场布置与海岸线最近距离约 57km 的远海海域，风电场建设不占用岸线。项目登陆段海缆采用定向钻的施工方式进行敷设，登陆后陆缆采用电缆沟。定向钻起点（图 6.8.6-1 中入土点）位于陆域、距离海岸线约 89m，定向钻终点（图 6.8.6-1 中出土点）位于海域、距离海岸线 1263m，项目 220kV 海缆从泥面下穿越海岸线，穿越段泥面之上无施工活动。

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）中有关海底电缆管道工程用海的规定：“5.4.5.1 电缆管道用海：以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。在 220kV 海缆登陆点处，亦将由登陆点向两侧各外扩 10m 为海缆用海范围。本项目共布置 2 根 220kV 海缆，登陆点出海缆间距 12m，与西侧的三峡牟平半岛北 6#海上风电项目的用海范围间距 2m，因此项目 220kV 海缆西侧申请用海范围至 6 号风电场的边界，东侧为电缆向东外扩 10m 的界线，220kV 海缆用海范围与山东省海岸线交界线即为项目利用的岸线（图 8.2-1），该交界线长度为 25.65m，为自然岸线。故本项目 220kV 海缆登陆将穿越 25.65m 的自然岸线。

考虑对登陆点附近沙滩的保护，海底电缆敷采用定向钻的方式设于沙滩以下，项目建设破坏岸线的自然形态，且定向钻施工段长度 1352m，钻入点位于陆域，钻出点距离岸线较远，不影响海岸的生态功能。

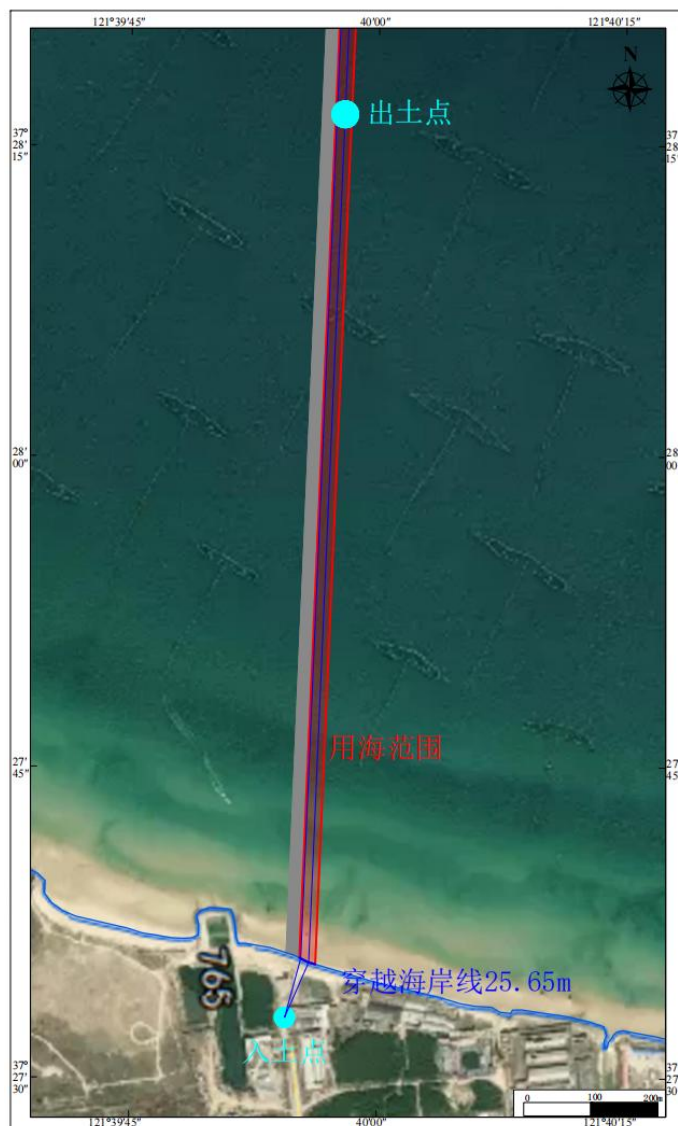


图 6.8.6-1 项目穿越岸线情况

项目 220kV 海缆的建设施工不会破坏沙滩，不改变海岸线自然属性；220kV 海缆建成后埋设于泥面以下，不改变自然岸线的形态和自然特征，对自然岸线无直接不利影响。根据《山东省海洋局关于建立实施自然岸线占补制度的通知》（鲁海发[2023]4 号）中占补制度的要求：“自然岸线占补是指项目用海用岛范围内涉及自然岸线或生态恢复岸线，在项目实施后将损害海岸地形地貌，改变海岸自然属性或影响海岸生态功能，导致海岸线类型，位置发生变化，要进行岸线整治修复，按要求将人工岸线恢复为自然岸线或生态恢复岸线”，本项目不会破坏自然岸线，对自然岸线无影响，无需进行占补平衡。

7 环境风险评价

环境风险评价就是以突发性事故导致的危险物质环境急性损害防控为目标，对项目的环境风险进行分析、预测和评估，提出环境风险预防、控制、减缓措施，明确环境风险监控及应急建议要求，为项目环境风险防控提供科学依据。

7.1 评价依据

本项目施工期涉及的危险物质有施工船用燃料油，运营期涉及的危险物质有日常维护维修船舶燃料油、海上升压站的变压器油和陆域运维中心的变压器油。根据 2.5.9 节，施工期船舶载油量合计为 2473t；运营期合计油量约为 300t。危险物质均为油类物质，临界量为 2500t。

表 7.1-1 危险物质识别

序号	阶段	物质名称	CAS 号	临界量 /t	最大存在量 t
1	施工期	油类物质（矿物油类、如石油、汽油、柴油等；生物柴油等）	/	2500	2473
2	运营期		/	2500	300

参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B.1 突发环境事件风险物质及临界量，油类物质临界量为 2500t，施工期 $Q=0.99 < 1$ ，运营期 $Q=0.12 < 1$ 。

表 7.1-2 建设项目 Q 值确定表

阶段	危险物质名称	CAS 号	最大存在总量 t	临界量 t	危险物质 Q 值
施工期	油类物质	/	2473	2500	0.99
	项目 Q 值Σ				0.99
运营期	油类物质	/	357	2500	0.14
	项目 Q 值Σ				0.14

因此，根据附录 C.1.1 危险物质数量与临界量比值（Q）判定为本项目环境风险潜势为 I，根据表 1 评价工作等级划分判定本项目风险评价等级为简单分析。

7.2 环境敏感目标分布

本项目周边的环境敏感目标包括自然保护区、海洋公园、养殖区、海岛和周边的海洋生态红线区等，敏感目标的分布见图 2.7-1、图 2.7-2。

7.3 环境风险识别

（1）主要危险物质及分布情况

海域：施工期主要危险物质为施工船舶的燃料油，施工期船舶最大油量为

2473t；运营期主要危险物质为检修船舶的燃料油、海上升压站的变压器油、风机润滑油和运维中心的变压器油等；燃料油位于日常检修船舶的油仓内，检修船最大载油量为 50m³，变压器油位于海上升压站的变压器，单台变压器油量约为 50t，单台风机润滑油量为 1.7m³，运维中心变压器油量为 50t，高抗油量为 25t。

陆域：主要危险物质为变压器油，位于陆域运维中心的变压器和 GIS 设备。

表 7.2-1 代表物质的危险特性

物料名称	物态	硫含量%不大于	爆炸极限 (Vol%)	毒性刺激	闪点 (°C) 不低于	自燃点 (°C)	火灾危险性类别
燃料油	液态	1.5	/	/	66	400~530	丙
柴油	液态	0.2	0.5~4.1	LD ₅₀ :7.5g/kg	55	528	丙

(2) 可能影响环境的途径

①海上升压站上变压器油泄漏对海洋环境的影响。

②假如发生风机倒塌事故时，风机润滑油泄漏入海，可能会给周边海洋环境造成一定影响。

③施工期船舶和运营期日常巡检船舶燃料油泄漏对海洋环境的影响。

④陆域运维中心变压器油泄漏对土壤环境和地下水环境的影响。

7.4 环境风险分析

7.4.1 海洋环境影响

7.4.1.1 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、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。本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。

7.4.1.3 溢油预测结果

(1) 溢油发生点 1

1) NW 风情况下

低潮发生溢油时，油膜主要向东南方向扩散，2 小时后扩散至东南侧开放式养殖区，扩散过程中会对开放式养殖区造成持续影响，21 抵达烟台牟平沙质海岸海洋特别保护区，24 小时后抵岸，24 小时扩散距离为 21.0km。溢油轨迹如图 7.4-2a 所示，11 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-2b 所示。

高潮发生溢油时，油膜主要向东南方向扩散，5 小时后扩散至东南侧开放式养殖区，扩散过程中会对开放式养殖区造成持续影响，26 小时后抵岸，26 小时扩散距离为 22.9km。溢油轨迹如图 7.4-2c 所示，22 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-2d 所示。

2) SE 风情况下

低潮发生溢油时，油膜主要向西北方向扩散，1 小时后扩散至西北侧开放式养殖区，10 小时抵达崆峒列岛省级自然保护区，72 小时扩散距离为 50.2km。溢油轨迹如图 7.4-3a 所示，72 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-3b 所示。

高潮发生溢油时，油膜整体向西北方向扩散，1 小时后扩散至西北侧开放式养殖区，8 小时后对崆峒列岛省级自然保护区造成影响，72 小时扩散距离为 47.3km。溢油轨迹如图 7.4-3c 所示，5 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-3d 所示。

3) SW 风情况下

低潮发生溢油时，油膜主要向东北方向扩散，1 小时后扩散至西北侧开放式养殖区，72 小时扩散距离为 59.0km。溢油轨迹如图 7.4-4a 所示，72 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-4b 所示。

高潮发生溢油时，油膜先向北扩散然后向东北扩散，1 小时后对北侧开放式养殖区造成影响，72 小时扩散距离为 60.5km。溢油轨迹如图 7.4-4c 所示，39 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-4d 所示。

扫海面积和残油量见表 7.4-2。

表 7.4-2 溢油范围影响统计表

风况	潮时	溢油持续时间(h)	扫海面积(km ²)	残油量(t)	备注
NW 风 10.8m/s	低潮时	24	32.65	9.1	抵达海岸
	高潮时	26	34.69	8.4	抵达海岸
SE 风 10.8m/s	低潮时	72	87.65	4.6	
	高潮时	72	86.38	4.6	
SW 风 10.8m/s	低潮时	72	143.18	3.5	
	高潮时	72	131.45	3.8	

(2) 溢油发生点 2

1) NE 风情况下

低潮发生溢油时，油膜主要向西南方向扩散，72 小时未扩散至保护区和养殖区，72 小时扩散距离为 55.4km。溢油轨迹如图 7.4-5a 所示，72 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-5b 所示。

高潮发生溢油时，油膜主要向西南方向扩散，51 小时后扩散至西南侧开放式养殖区，扩散过程中会对开放式养殖区造成持续影响，72 小时扩散距离为 55.9km。溢油轨迹如图 7.4-5c 所示，22 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-5d 所示。

2) SE 风情况下

低潮发生溢油时，油膜主要向西北方向扩散，72 小时未扩散至保护区和养殖区，72 小时扩散距离为 62.9km。溢油轨迹如图 7.4-6a 所示，72 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-6b 所示。

高潮发生溢油时，油膜主要向西北方向扩散，72 小时未扩散至保护区和养殖区，72 小时扩散距离为 55.4km。溢油轨迹如图 7.4-6c 所示，5 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-6d 所示。

3) SW 风情况下

低潮发生溢油时，油膜主要向北偏东方向扩散，72 小时未扩散至保护区和养殖区，72 小时扩散距离为 54.0km。溢油轨迹如图 7.4-7a 所示，72 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-7b 所示。

高潮发生溢油时，油膜主要向北偏东方向扩散，72 小时未扩散至保护区和养殖区，72 小时扩散距离为 58.7km。溢油轨迹如图 7.4-7c 所示，39 小时后的油膜扩散范围如图 7.4-7d 所示。

扫海面积和残油量见表 7.4-3。

表 7.4-3 溢油范围影响统计表

风况	潮时	溢油持续时间(h)	扫海面积(km ²)	残油量(t)	备注
NE 风 10.8m/s	低潮时	72	148.68	3.3	
	高潮时	72	155.03	3.1	
SE 风 10.8m/s	低潮时	72	183.43	2.8	
	高潮时	72	155.84	3.1	
SW 风 10.8m/s	低潮时	72	161.98	3.0	
	高潮时	72	177.00	2.9	

7.4.1.4 溢油风险对海洋环境影响分析

(1) 溢油对海洋生态系统的影响

溢油进入海洋以后，一般以三种形式存在于海洋环境之中。一是飘浮在海水表面，形成油膜；二是溶解或分散在海水之中，形成溶解和乳化状态；三是形成凝聚态残余物，漂浮在海面或沉积在海底。

油膜在海面停留时间较长，它将影响海水与大气之间的物质交换和热交换，

使海水中氧含量、化学需氧量、温度等因素发生变化，并影响生物的光合作用及生理生化功能。溶解分散于水体中的石油组份使海水中的油含量急剧增加，改变了海洋的环境质量，因而会对海洋生物产生直接的影响或危害。溶解在海水中的石油毒性与其组份性质及其分散程度有关，芳香类化合物的毒性较大，且芳环的数目越多，毒性越大。漂浮的颗粒态石油残余物焦油球是进入海洋的石油风化产物。焦油球挥发和溶解作用缓慢，焦油球为半固态，不会对海洋生物产生明显的影响，但它的存在改变了海水的环境质量，破坏了海洋景观。

在溢油影响区，进入水体的油类对水生生物产生严重影响。首先，在油膜扩散的低浓度区域，由于油膜的隔离，阻碍了海水—大气界面上的物质与能量交换，水层光照减弱，作为食物链中基础营养层次的浮游植物生长受到抑制，初级生产力下降：稍高浓度的水中油，可造成贝类大量死亡：在繁殖季节里，海水的油污染会使鱼虾蟹类回避迁移，使产卵场育幼场消失，或产下的卵子不能孵化，或幼体发育不良而死亡，进而影响到附近海区生态系统鱼虾蟹类的生产力和生物量。

（2）溢油对渔业资源的影响

油污染破坏海洋环境给渔业带来的损害是对方面的。油类可以引起鱼类的摄食方式、洄游路线、种群繁殖改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致畸变死亡。以对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为 3mg/L 时，其胚胎发育便受到影响，在 3.1～11.9mg/L 浓度下，大部分孵出仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为 3.2mg/L 时，真鲷胚胎畸变率较对照组高 2.3 倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达 22.7%，当含油浓度增到 1mg/L 时，孵化仔鱼死亡率达 84.4%，畸变率达 96.6%。Linden 的研究认为原油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。此外，溢油会对捕捞渔业造成直接损失。溢油漂移期间，这些渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获鱼类也可因沾染油污而降低市场价值。

据黄海水产研究所对虾活体实验，油浓度低于 3.2mg/L 时，无节幼体变态率与人工育苗的变态率基本一致，但当油浓度大于 10mg/L 时，无节幼体因受油污染影响而致变态率明显下降。对虾的蚤状幼体对石油毒性最为敏感。浓度低于 0.1mg/L

时，蚤状幼体的成活率和变态率基本一致，即无明显影响。当浓度达到 1.0mg/L 时，蚤状幼体便不能变态，96hL50 值为 0.62~0.86mg/L，安全浓度为 0.062~0.086mg/L。浓度大于 3.2mg/L 时，可致幼体在 48h 内死亡。入海溢油随风、流漂移，如遇合适风向，溢油会在短时间内搁浅，侵入养殖区，或随潮流在海岸带往复振荡，长期滞留。含乳化油、浮油的海水随虾池换水进入虾池。如在早期育苗阶段，当育苗池海水含油超过 1.0mg/L 时，蚤状幼体已不能变态；如养虾处于后期发育阶段，养池海水中的乳化油破乳后会粘附于虾鳃上而形成“黑鳃病”，引起对虾的呼吸困难和其他病变，轻者体质下降，重者窒息死亡。

（3）溢油对海岸带贝类资源的影响

一旦发生溢油，在适当的风速风向条件下，溢油团可能会影响搁浅漫滩，养殖区会受到致命冲击。溢油一旦搁滩，在大量原油覆盖的滩面，固着性生物如贝类、甲壳类生物和藻类会窒息死亡。在油膜蔓延的滩面上，幼贝发育不良，产量下降，成贝会因沾染油臭而降低市场价值。这些滤食性双壳类、在摄食时也同时摄入海水中的悬浊油分（乳化油滴）。进入蛤类胃中的乳化油滴破乳后结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验，当油浓度达到 1.0mg/L 时，可使胎贝产生呼吸加快，捕食减少的致死效应。兰蛤和四角蛤的耐污能力尚不及贻贝，沉积在底质孔隙中的油浓度过高，会引起贝类大量死亡。此外，由于作为对虾饵料的贝类大量减少，对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育，降低产量。值得注意的是，溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐涨落在附近周期性摆动，面积逐渐扩大，在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境；潮下带溢油也会由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。在此期间，会使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

7.4.2 土壤和地下水影响

陆域变压器油一旦发生泄漏，其淋滤和下渗可能造成地下水受到石油污染，直接或间接对地下水环境造成危害。

7.5 环境风险防范措施及应急要求

7.5.1 风险防范措施

1、施工期风险防范措施

在本项目施工过程中，为防止施工船舶相互碰撞发生溢油污染风险事故工程施工中对船舶管理应采取以下措施：

（1）建设业主、施工作业单位应向所在辖区的海事机构申请办理水上水下施工作业许可。经海事机构审批同意，划定施工作业水域，核发《水上水下施工作业许可证》后，并发布航行通（警）告后方可施工。在施工过程中，施工作业者应严格按海事机构确定的安全要求和防污染措施进行作业，并接受海事机构的现场监督检查，做到既要保证施工顺利进行，又要保证施工水域通航安全。

（2）船舶驾驶员的业务技术应符合要求。

（3）应实施值班、了望制度。

（4）做到有序施工，施工船在预先规定的区域内作业，严禁乱穿乱越。

（5）施工单位根据作业需要，须划定与施工作业相关的安全作业区时，应报经海事机构核准、公告；设置有关标志，严禁无关船只进入施工作业海域，并提前、定时发布航行公告。

（6）实施施工作业的船舶、排筏、设施须按有关规定在明显处昼夜显示规定的号灯、号型；在现场作业船舶上应配备有效的通信设备。

（7）避开在雾季、台风季节和冬北季风期间施工，在遇到不利天气时及时安排施工船舶避风，禁止在能见度不良和风力大于 6 级的天气进行作业。

（8）施工船舶以船为单位、以船长为组长组成各船的安全小组，负责本单位的安全宣传、教育，制定安全生产措施以及日常的安全监督、检查等，执行安全领导小组的决定，落实安全措施，分解安全责任落实到人。

（9）成立安全生产组织，设立安全员，负责日常安全生产的工作，监督水上作业人员全部穿好救生衣，佩戴安全帽。

（10）发生船舶交通事故时，应尽可能关闭所有油仓管系统的阀门、堵塞油舱通气孔，防止溢油。由于在设计中对航行、监控、通信与警告等设备设施已有了明确的规划，且码头主要用于电厂接卸设备，其使用频次和强度较小，因此如果严格遵守相关环保措施和设计方案，船舶溢油风险损失会很小。

此外，还应加强与气象部门联系，在恶劣天气到来之前做好事故防范，确保船舶和人员的安全。

2、运营期风险防范措施

为防止变压器油泄漏对环境产生不利影响，采取以下措施：

(1) 海上升压站底层甲板层主变下布置事故油罐（100m³），海上升压站共设置 2 台主变和 2 台高抗，单台变压器油量为 50t，单台高抗的油量为 25t。根据《高压配电装置设计规范》（DL/T 5352-2018）“屋内单台电气设备的油量在 100g 以上时,应设置挡油设施或储油设施。挡油设施的容积宜按容纳设备油量的 20%设计,并应有将事故油排至安全处的设施，排油管的内径不宜小于 150mm,管口应加装铁栅滤网;当不能满足上述要求时，应设置能容纳设备全部油量的储油设施”，本项目海上变压器和高抗均为室内式，升压站上的事故油罐 100m³可容纳 80t 油，能够完全容纳单台变压器或单台高抗的全部油量。

(2) 陆上运维中心设 1 座事故油池（18m²，地下，不小于 30m³）、一座贮油坑（贮油坑容量 8m³）。运维中心变压器油量为 25t，事故油池（不小于 30m³）可完全容纳事故油，容量 8m³的贮油坑（6.4t）可容纳 20%变压器油（5t），满足《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）“户外单台油量为 1000kg 以上的电气设备，应设置贮油或挡油设施，其容积宜按设备油量的 20%设计，并能将事故油排至总事故贮油池。总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定，并设置油水分离装置。”的相关要求。

(3) 加强对设备的维修维护，防止发生漏油事故。

(4) 收集场所采取防雨、防渗、防漏措施。

(5) 本工程风电场中心离岸约 70km，应急设施到达需要一定的时间，可能会影响救援效果，为此，必须配备一定的应急设施，建设单位配备以下应急设备与辖区资源进行联动配合。

表 7.5-1 本项目船舶溢油防范应急设施设备一览表

序号	设备名称	类型	规格	数量
1	围油栏	海湾型	QW1500	1000m
2	收油机	转盘式	100m ³ /h	2 台
3	收油机	动态斜面式	60m ³ /h	1 台
4	吸油材料	纤维类	—	1t
5	消油剂	烃类	—	1t
6	油拖网	可密封起吊型	容量>30m ³	3 套
7	储油罐	小型	30m ³	5 个
8	浮动油囊	—	30m ³	5 个

7.5.2 应急预案

1、溢油风险事故应急预案

溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地做出溢油应急反应，对于控制污染、

减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。根据国家环保局(90)环管字 057 号文的要求，通过对污染事故的风险评价，各有关企业单位应制定防止重大环境污染事故发生的工作计划，消除事故隐患的实施及突发性事故应急处理办法等。为使码头在施工和营运期对于一旦发生的溢油事故能快速做出反应，最大限度的减少溢油污染对附近水域和敏感点的损失，建设单位应在工程开工前制定一份可操作的溢油应急预案，本项目溢油污染事故应急预案主要内容见表 7.5-2。

表 7.5-2 突发事故应急预案主要内容

序号	项 目	内 容
1	总则	
2	危险源概况	详述危险源船舶事故溢油事故泄漏
3	应急计划区	项目及邻近海域
4	应急组织	应急救援指挥部—负责现场全面指挥； 应急小组—负责事故控制、救援、善后处理
5	应急状态分类及应急响应程序	规定事故的级别及相应的应急分类响应程序
6	应急设施、设备与材料	生产装置： 1.防火灾、爆炸事故应急设施、设备与材料，主要为消防器材；2.防海上溢油、扩散，主要是围油栏、吸油材料等
7	应急通讯、通知和交通	规定应急状态下的通讯方式、通知方式和交通保障、管制
8	应急环境监测及事故后评估	由专业队伍负责对事故现场进行侦察监测，对事故性质、参数与后果进行评估，为指挥部门提供决策依据
9	应急防护措施、清除泄漏措施方法和器材	事故现场：控制事故、防止扩大、蔓延及连锁反应。清除现场泄漏物，降低危害，相应的设施器材配备； 邻近区域（包括海域）：控制防火区域，控制和清除污染措施及相应设备配备
10	应急撤离组织计划、医疗救护与公众健康	事故现场：现场及邻近人员撤离组织计划及救护； 码头邻近区（包括海域）：受事故影响的邻近区域人员及公众撤离组织计划及救护
11	应急状态终止与恢复措施	规定应急状态终止程序； 事故现场善后处理，恢复措施；邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
12	记录和报告	设置应急事故专门记录，建立档案和专门报告制度，设专门部门和负责管理
13	附件	与应急事故有关的多种附件材料的准备和形成

溢油会对海域环境造成严重污染，溢油事故发生后，能否迅速作出事故应急响应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为了将事故造成的损害降低到最低限度，监理快速科学有效的海上污染防治和应急反应体系是非常必要的。建立船舶溢油事故的应急监视系统，即通过监视手段及时发现船舶溢油及其它海上事故，迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等，为应急反应对策措施及方案的选择提供依据。

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。

本项目可依托南侧芝罘港区及牟平港区，建设单位应在相关主管部门的指导下，根据本工程的实际情况，尽快制定快速、有效的应急预案，配备充足的应急救援人员和设备设施，将事故造成的损害降低到最低限度。应急预案应包括以下内容：

- (1) 工程所在海域的环境和资源状况
- (2) 可能发生溢油事故的可能性分析、发展趋势及后果预测
- (3) 事故报告制度及程序
- (4) 事故现场人员应采取的初步应急行动
- (5) 动员临近的其它港区及地方力量协同防治污染的程序
- (6) 应急领导小组
- (7) 应急组织及成员职责分工和应采取的行动
- (8) 通讯联络
- (9) 信息发布
- (10) 应急设备设施
- (11) 应急人员培训、演习和计划的修改等
- (12) 应急组织，包括应急指挥中心、现场指挥小组

当发生污染事故时，应该按照要求，向上级主管部门报告。当发生重大污染事故，港区所有设备及人员无法控制污染时，由总指挥确认港口应急计划失效，污染应急人员及为溢油事故而配备的设备、设施服从上一级应急预案指挥部门的统一指挥。

本工程应急预案应与烟台港区应事故应急预案、烟台市突发性环境污染事故应急处置预案、及其它有关应急预案实现有效对接，建立预警和预防机制。

2、溢油风险事故应急设备配备

船舶燃料油发生泄漏，应根据泄漏量的大小，扩散方向、气象及海况条件，迅速调整围油方向和面积，缩小围油栏的包围圈，利用收油机最大限度地回收流失的油品，然后加消散剂对余油进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。

(1) 围油栏

围油栏是防止油品或类油性化学品扩散，缩小泄漏扩散面积，配合溢油回收的有效工具，是使用最广泛，需量最大的防污器材。

（2）人工回收

人工回收是在泄漏量较小，海况条件适宜的情况下，组织人员利用舢板、小船、拖轮等，使用网具、撇油器、吸附材料等回收处理的方法。

（3）机械回收

机械回收就是用油回收船、吸油装置、油拖把装置、网袋回收装置等来回收海上的泄漏物。

（4）吸附材料

吸附材料要求吸附性能好，吸附量至少应在自身重量的 10 倍以下，而且不易变质，弹性和韧性好，能够反复使用。目前，应用最多的是以聚丙烯和聚氨脂高分子材料制成的吸油材料。吸附材料在使用时通常是直接向泄漏面上散布，吸附饱和时，用人力或船拖带网袋方式回收。也可把吸附材料装在长形网袋中，形成一条围油栏形状，用拖船拖带。

（5）消散剂

消散剂使用最多的是乳化分散型，消散剂一般是在大部分泄漏物回收后，处理残余油膜时使用。当消散剂喷洒在浮油上面时，经搅拌或波浪作用，将油膜分散成微小颗粒，从而加速其在海水中的扩散，达到清洁海面的目的。

3、溢油风险事故应急措施

（1）应急反应程序从现场事故源出现开始启动；当任何人发现船损、溢油、火灾等意外事故时，应立即采取有效措施通知主管部门及消防队，报告事故发生的时间、地点、性质及程度等，并立即通知溢油可能对其产生影响的单位，加强观测，做好防范准备。建设单位指定的现场指挥者应立即赶赴现场，同时组织紧急处置，迅速拟定出消除溢油的方案，提出所需的人力和设备；

（2）确认事故的责任方，责令其采取可能做到的应急措施，尽最大可能地减缓油类的泄漏速度，减少油类的泄漏数量；

（3）采取措施防止溢油继续溢漏和可能引发的火灾，如采取堵漏、驳油、拖浅、防火、灭火等措施；

（4）接到事故报告后，要迅速采取营救措施，同时派专业人员赶赴现场，调查了解事故区域、污染范围，可能造成的危害程度等情况。该人员需以最快速度向指主管部门做出报告；

（5）根据溢油源的类型、数量、地点、原因，评价溢油事故的规模确定反应

方案；调度应急防治队伍和应急防治船舶、设备、器材以及必要的后勤支援；可能发生火情时，立即通知有关方面启动消防应急预案；派遣船舶对溢油源周围实施警戒，并监视溢油在水上的扩散；根据溢油区域的气象、风向、水流、潮流等情况，控制溢油扩散方向；对溢油进行跟踪监测，以掌握环境受污染情况，获取认证资料，供领导决策及事故处理；

（6）根据现场实际情况，制定相应应急反应对策方案，调动溢油应急防治队伍和应急防治船舶、设备、器材等以及必要的后勤支援；竭尽全力对污染物采取围油栏围油、污油吸附材料（吸油毡）等，必要时在海事部门同意的前提下，使用消油剂，防止及控制油品污染水域；

（7）对溢油和溢油周围水域、沿岸进行监测和监控，及时疏散附近船舶、维持正常的通航秩序；如碰撞的船舶受损严重可能沉没，应立即通知拖轮、工程船赶往现场施救，将遇难船舶拖离到安全水域或合适地点进行搁滩；受损船舶如沉没，应准确测定船位，必要时按规定设标，并及时组织力量打捞清障。

7.6 分析结论

本项目涉及的主要危险物质为油类物质，存在的风险为施工期和运营期船舶碰撞溢油事故、陆域运维中心变压器油泄漏。本项目新建海上事故油罐（100m³）1座和陆上运维中心事故油池 1 座，检修船舶自备吸油毡、围油栏等应急设施，同时制定详细的应急预案。

在严格落实各项事故风险防范措施和应急预案情况下，本项目运行过程中的环境风险可以防控。环境风险自查表见表 7.6-1。

表 7.6-1 环境风险简单分析内容表

建设项目名称	华能山东半岛北 L 场址海上风电项目				
建设地点	（山东）省	（烟台）市	（牟平）区	（/）县	（/）园区
地理坐标（风场）	经度	122° 08′ 47.55″		纬度	38° 06′ 24.36″
地理坐标（运维中心）	经度	121° 39′ 54.04″		纬度	37° 24′ 52.52″
主要危险物质及分布	陆域：变压器油 海域：巡检船舶燃料油，海上升压站变压器油				
环境影响途径及危害后果	①海上升压站上变压器油泄漏对海洋环境的影响。 ②日常巡检船舶燃料油泄漏对海洋环境的影响。 ③陆域运维中心变压器油泄漏对土壤环境和地下水环境的影响				
风险防范措施要求	制定施工期和运营期应急预案并在环保部门进行备案 海上升压站设置事故油罐 陆域运维中心设置事故油池				
填表说明： 本项目涉及的主要危险物质为油类物质，主要为海上升压站变压器油、陆上运维中心变压器油					

和检修船舶燃料油，项目采用相应的环境风险防治措施，且发生溢油事故的概率较小，项目环境风险可以防控。

8 环境保护措施及可行性论证

8.1 环境保护措施

8.1.1 施工期环境保护措施

8.1.1.1 施工大气污染防治措施

施工期空气污染的主要环节有施工场地的扬尘、施工机械船舶废气等，建议采取的环保措施主要有：

（1）根据《山东省扬尘污染防治管理办法》、《烟台市场扬尘污染防治管理办法》，工程施工单位应当建立扬尘污染防治责任制，采取遮盖、围挡、密闭、喷洒、冲洗、绿化等防尘措施，施工工地内车行道路应当采取硬化等降尘措施，裸露地面应当铺设礁渣、细石或者其他功能相当的材料，或者采取覆盖防尘布或者防尘网等措施，保持施工场所和周围环境的清洁。

（2）加强施工船只管理，船舶使用符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案》等国家标准要求及地方大气污染防治排放要求的船用燃油；船舶使用的柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》中氮氧化物排放限值要求。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区，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。

8.1.1.2 施工期水污染防治措施

（1）污水处理与防治措施

①水上施工应获得有关部门的航行许可。本项目水上作业时，禁止直接向海域水体排放油污水和其它废水。

②海域现场施工人员每天产生一定量的生活污水，经船舶统一收集，委托有资质单位接收处理；陆域施工人员的生活污水经槽车运送至市政污水处理厂进行处理。

③施工船舶严格落实《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》要求，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；含油废水经收集后运至岸上交由有资质单位处理，由施工单位负责，不得在海域内排放。

④注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械维修产生的含油污水委托有资质单位接收处理。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，并向就近的管理部门报告。

⑤加强施工设备的管理与养护，杜绝油类泄漏，避免发生水污染事件。

⑥陆域施工现场道路保持通畅，排水系统处于良好的使用状态，使施工现场不积水。

⑦陆域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。

⑧陆上运维中心施工时设置沉淀池，施工产生废水，经沉淀后用于施工期洒水抑尘。

(2) 降低施工悬沙相关措施

①近岸段海缆铺设选择落潮段施工，减少施工期悬沙扩散范围和影响区域，降低对周边养殖区的影响。

②深水区施工应选择 6 级风以下施工，主要施工内容应在潮水平缓阶段，即在流速较低的高平潮或者低平潮附近时刻施工，降低施工期悬沙扩散范围。

8.1.1.3 施工期噪声环境保护对策措施

(1) 施工单位应选择低噪声设备，对噪声较高的施工设备采取降噪措施，禁止使用不符合国家噪声排放标准的施工机械设备。

(2) 定期维护和保养施工机械，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的异常噪声。

(3) 加强施工管理、文明施工，减少施工期不必要的噪声影响，尽可能减少产生噪声的夜间施工作业。

(4) 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，打桩、电缆铺设应避开海洋鱼类产卵高峰期。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩，以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类及其他海洋生物，为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声对鱼类的影响。

8.1.1.4 施工期固体废物处置措施

(1) 施工船舶生活垃圾统一收集后委托有资质单位接收处理。

(2) 施工区内设置垃圾箱和卫生责任区，并确定责任人和定期清扫的周期。陆域施工产生的生活垃圾、建筑垃圾等固体废弃物统一收集后送市政垃圾处理厂处理，不得随意抛弃或填埋。

(3) 定向钻施工产生的土石方运送至陆域运维中心进行基础施工，不得随意

抛弃。

8.1.1.5 施工期生态环境保护措施

1、海洋生态环境保护措施

(1) 潮间带生物、底栖生物保护措施

- ①采用定向钻的形式穿越近岸沙滩段，减少对潮间带生物的影响。
- ②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。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。
- ③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免施工中土方开挖和回填、电缆铺设等产生的悬浮物在不利天气下大量扩散入海。
- ④施工机械、设备和人员产生的所有污染物禁止在海域随意排放和丢弃，应收集至陆域处理，减少对周边水体环境影响。

(2) 渔业资源和渔业生产保护措施

- ①优化施工进度安排，电缆铺设应选择海况良好的时间施工，尽量避开大风天气施工，以减少悬浮泥沙扩散对渔业资源的影响。
- ②从减缓对渔业资源影响的角度出发，工程施工高峰期应尽量避免春、夏季海洋鱼类产卵高峰期。
- ③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。尤其禁止施工人员在鱼类产卵高峰期抓捕鱼类。
- ④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。

(3) 长岛海域的斑海豹通常每年 3 月下旬至 4 月下旬是斑海豹迁徙的集中期，4 月下旬逐渐减少，5 月初陆续游出渤海向东迁徙进入黄海。建议施工期避开斑海豹的集中迁徙期（3 月下旬至 5 月上旬）。

2、鸟类及其生境保护措施

(1) 合理规避鸟类繁殖地点

建筑材料和器械运输过程中，可能会途经一些鸟类的繁殖地点，受影响的鸟类主要为一些在地面营巢的鸟类如燕鸥、环颈鸻，以及一些在树上营巢的鹭类和雀形目鸟类，这一日期主要集中在 5 月下旬至 8 月中旬，需要特别注意。

在此期间施工时要注意避免过早和过晚施工，尤其是应减少夜间施工，避免过多的噪音和灯光污染。运输过程中如需对道路改变，尽量选择已有路线，避免占用

自然生境，尤其是沿海滩涂。

（2）合理规避鸟类觅食地

建议本项目的陆地工程施工期间，尽量利用已经被人为开发过的区域，避免占用自然生境等鸟类的觅食地。总体而言，该项目陆地工程的建设规划中并没有占用到鸟类觅食地，施工期间严格遵循建设规划即可。

（3）加强对施工人员的管理，严格按照施工计划施工，避免进入候鸟集中飞行、觅食和停歇的时间和区域进行施工，明确禁止包括施工人员在内的人员进入鸟类的繁殖、觅食等集中分布区域，加强对施工人员的生态环境保护宣传和教育工作，严禁施工人员捡拾鸟蛋和猎捕鸟类等。

（4）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。

（5）严格执行施工操作规程，使工区的排尘排放量控制在最低水平，烟气达标排放。施工机械设备应有消声减振措施，避免对鸟类造成惊吓，保护鸟类生境。

（6）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，避免污染潮间带生态环境。

（7）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。

（8）合理规划施工作业时间，尽量避免在鸟类迁徙的高峰期进行工区全面铺开作业，建议分区域施工，宜以电缆回路为单元进行分区，避免施工区域多点零散施工，并尽可能缩短日施工时间，避免夜间施工，以减少对鸟类栖息、觅食等的影响。

（9）施工结束后，应及时拆除施工临时设施，尽可能恢复潮间带原貌，为当地海洋生物资源的自然恢复创造有利条件。

3、陆域生态保护措施

（1）严格控制施工作业范围，避免对陆域周边生态环境造成不利影响。

（2）陆上运维中心基础和陆缆的电缆沟开挖过程中，应将可利用的表土单独保存，并加以覆盖。施工结束后，将表土回填，及时进行绿化。

（3）由于项目陆域运维中心现状为耕地，建设完成后变为工业用地，建设单

位应在用地报批前落实补充耕地的费用，按照“数量项目、质量相当”的要求落实耕地的占补平衡。

8.1.1.6 施工期其它环保措施

(1) 建设单位应加强施工管理，提高工程施工效率、缩短施工时间，做到文明施工，有序作业，从而缩短施工的影响时间。

(2) 施工单位应加强施环保教育，重视保护环境的问题，做好施工设备日常维修工作，以保证各种设备正常运行。

(3) 施工期通航安全措施：

1) 按照相关法规要求，本项目海上风电施工前应编制施工期通航安全保障方案（包括作业方案、作业保障实施方案、应急预案等）。

2) 建设单位、施工总承包单位、施工单位间应签订安全生产管理协议，将参与施工作业的和为施工作业提供服务的船舶、设施、人员纳入海上交通安全管理体系。

3) 施工单位应建立海上风电建设期海上交通安全管理制度，建设单位、施工总承包单位应定期对施工单位海上交通安全管理制度落实情况进行检查。

4) 风电场建设单位、施工单位应当落实安全生产管理主体责任，对出海人员按照船员、海上风电作业人员和临时性出海人员进行分类和管理，明确和细化出海人员的管理要求。

5) 建设单位、施工单位应建立海上紧急情况报告制度，当海上发生涉及船舶、人员安全及海洋环境污染等方面的紧急情况时，船舶和人员能够通过有效途径向海事管理机构、海上搜救中心以及单位岸基管理部门报告。

6) 本工程施工位置距离陆地较远，为了保障紧急情况下的应急救助，施工前取得地方政府搜救应急相关部门的意见。

8.1.2 运营期环境保护措施

(1) 运营期水环境保护对策措施

本项目陆上运维中心产生的生活污水由运维中心内新建的生活污水处理设施（处理能力为 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ）处理，并配套建设 1 座中水池或中水储罐（不小于 80m^3 ），生活污水经处理后用于厂区绿化或洒水抑尘等。

检修船舶产生生活污水、油污水通过船舶储罐进行收集，运回陆域（或依托码头）委托有资质单位进行处理。

（2）运营期大气环境保护措施

本工程陆上运维中心产生的大气污染物主要为食堂油烟，经过油烟净化装置后通过食堂顶部 1.5m 高排气筒排放。

海域大气污染来自检修船舶的废气，运营期加强船舶机械的维修保养，选用符合国标的燃油，有效的控制装卸机械设备尾气的产生量。

（3）运营期噪声处理措施

1) 从噪声源头进行控制，在风机机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构噪声传递，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

2) 海上升压站设备采用隔声减震措施。

3) 加强检修船舶的日常维护和保养，避免其非正常状态运行产生的噪声。

4) 加快水下噪声研究

建设单位先期委托技术单位进行了噪声电磁辐射环境影响专题工作，但鉴于时间、经费等因素的考虑，关于水下噪声对海洋生物的影响的相关工作还需在后续的工作中继续开展，应重点关注：

①海洋鱼类及哺乳动物的听阈值和声信号的敏感性研究；

②对海洋鱼类生物生活、生长和发育的影响；

③对海洋鱼类及哺乳动物的通讯影响。

（4）运营期固体废物处理措施

陆上运维中心设固定分类垃圾箱，生活垃圾和一般固废（废污泥）由市政环卫部门负责处理；危险废物分类暂存于危废暂存间，定期委托有资质单位进行处理。

（5）运营期生态环境保护措施

①项目实施对海洋生态和渔业资源造成一定的损害。项目建设单位应根据对生物造成的损失量，选用当地的渔业品种进行增殖放流。

②对陆上运维中心内进行绿化，绿化率应达到审批用地要求的指标。

③建设单位应与当地渔业主管部门和渔民协商，落实对经济损失的渔民的补偿措施，制定切实可行的补偿计划，落实补偿费用，以经济手段减轻项目实施对渔民的影响，以取得渔民的理解、支持和配合。

（6）运营期鸟类保护措施

①风机叶片涂装警示色

鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为了降低迁飞时发生鸟撞的可能

性，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，也可以考虑给风机叶片涂抹紫外涂料，进一步降低撞击风险。

②在风机上适当的位置安设警示灯和雾灯

警示灯光有助于夜间迁徙鸟类产生趋避行为，可以降低撞击风险。警示用灯光的选取建议以红色光源为主。另外还需要在风机上增设雾灯，提高其在能见度不好条件下的醒目程度。

（7）通航环境保护措施

运营期通航环境措施主要引自《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目通航安全影响研究报告（报批稿）》（大连海事大学，2023 年 4 月）。

（1）风电场安全设施

1）工程建成后应配置有效的助航标志，助航标志的设置应通过主管机构的专项论证。建议建设单位应根据相关规定和要求委托专门机构开展风机和风电场航标的设计和设置工作，并报主管机关批准。

2）为保证风电场风机的安全，防止航行船舶和渔船碰撞风机，建议在图像监视及安全警卫系统基础上设置风电场监控系统，如设置雷达、AIS、VHF 和远程控制的 CCTV 系统，并通过 CCTV、相关警告设备和广播等监视和警告系统对风电设施进行监控。

3）海上风电场建设应同步设计、建设并投入使用海上风电通航安全自主安全监控平台，平台相关数据并接入海事管理机构的信息化监管系统，并做好数据安全防护。

（2）风电场安全管理

1）业主通过申请发布航海通告等手段及时公布本工程所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让风电场。对于超大型船舶如距离风电场过近，可能对风电场及船舶航行安全可能存在一定风险隐患。因此，对于大型船舶，除了船舶自身在航线选择时需要值得注意，业主还可通过风电场自主监控的方式提醒附近大型船舶安全通过距离。

2）业主应对施工船舶严格管理。加强施工和运输船舶人员的安全培训，确保施工期间施工船和航行于工程附近的船只都要严格遵守相关规定，采取必要的措施，确保施工正常进行和过往船只的航行安全。

3）在附近水域进行相关水工作业规划时，应当与本工程保持有足够的安全距

离。

4) 项目施工完成并经海事局对涉及通航安全的部分验收后, 及应第一时间报请海事局和中国人民解放军海军司令部航海保证部及时更新航海图书资料, 并发布相应《航海通告》, 改正使用中的航海图书资料。

5) 综合考虑本工程的工作条件要求和海域情况, 确定风电场必须要求的安全施工水域, 报请海事部门批准、尽量保证渔船不进入施工安全区。

6) 由于风电场设置在海上且高度较高, 受风、浪、流和冰等因素的影响较大, 对风电场本身的安全必须严密监控, 防止由于倾倒或断裂形成水下障碍物。对助航标志用灯进行监控和日常维护; 在灯光出现故障时要及时维修, 并报告主管机关。

8.1.3 环境保护措施的具体实施内容

建设项目的环境保护设施和对策措施如下表:

表 8.1-1 主要环保对策措施及相应设备、工具一览表

时间	保护要素	主要环保对策措施	投入主要设备和工具						
			规模/型号	数量	处置效果	实施地点	实施时间	责任主体	运行机制
施工期	水环境	海上船舶油污水铅封上岸处置	油污水收集装置	各施工船自配	全部收集	船体	施工期	施工单位	建设单位委托施工单位进行环境保护相关工作的开展，由建设单位和监理单位负责监督
		船舶生活污水禁止随意排放，委托接收处理	污水收集装置	各施工船自配	全部收集	船体	施工期	施工单位	
		陆域生活污水委托市政污水处理厂进行处理委托接收处理	污水收集装置	1套	全部收集	运维中心施工区	施工期	施工单位	
	生态环境	优化施工方案，加强科学管理	管理措施、方法，配套装置等		减少生态环境影响	施工区域	施工期	委托单位、施工单位及建设单位	
		严格划定施工作业范围，科学规划施工时间							
		登陆钻采用定向钻施工，避免对沙滩和自然岸线的影响							
		施工高峰期应尽量避免春、夏季海洋鱼类产卵高峰期							
		开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查							
	固体废物	禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，船舶垃圾收集后委托有资质单位接收处理	垃圾桶	施工船舶自配	全部收集	船体	施工期	施工船	
		建筑垃圾不得随意倾倒，应运至制定垃圾处理点进行处理	垃圾运输车	1辆	定期清理	陆域施工区		施工单位	
		定向钻产生的土石方运至陆域运维中心，用于基础施工	自卸卡车	1辆	定期清理	定向钻入土点			
		设置废料回收桶，收集废弃物	垃圾桶	10个	定期清理	陆域施工区			
		设立施工人员生活垃圾收集点，定期清运交由环卫部门处理	垃圾中转点	1处	定期收集清理	陆域施工区			
		声环境	选择低噪声设备	配套设施、管理措施和方法		减噪、降噪	施工区域	施工期	
	定期维护和及时修理施工机械								
	加强施工管理								
	以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类								
	通航环境	加强对施工作业的安全管理	管理措施和方法		保证通航安全	海上施工区域	施工期	施工单位和建设单	
		施工期间水上交通安全维护方案							

时间	保护要素	主要环保对策措施	投入主要设备和工具						
			规模/型号	数量	处置效果	实施地点	实施时间	责任主体	运行机制
								位	
	大气环境	施工工区周围设立简易隔离围屏	隔离围屏	>1km	隔离施工区	陆域施工区	施工期	施工单位	
		加强对施工机械，运输车辆维修保养	管理措施方法		施工区				
		施工场地、道路、土方堆场应定期洒水	洒水车	1 辆	定期洒水	陆域施工区	施工期	施工单位	
		施工单位应加强施工区的规划管理	管理措施、方法		减少大气环境影响				
运营期	生态环境	增殖放流为主的生态修复补偿措施	管理措施方法		减少生态环境影响	用海区域	运营期	建设单位和委托相关单位	建设单位内部设立专门的环境保护管理部门，对各生产运行环节环保工作进行管理和监督及具体工作的协调处理。
		生态跟踪监测和修复效果评估	管理措施方法			用海区域			
		场区绿化	/			陆上运维中心内			
	鸟类	风机上适当的位置安设闪烁灯光	闪烁灯	每个风机一个	降低对鸟类影响、积累数据	风机	运营期	建设单位	
		紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面	紫外光涂料	每个风机一套		风机			
		加强区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况的观测	/			风机		委托相关单位	
		开展风电场对鸟类的影响研究							
	声环境	风机机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动	配套装置和材料	每个风机	隔音、吸音、减噪、减震	风机	运营期	风机及升压站设计制造单位	
		减少撞击和摩擦，使风机齿轮和轴承保持良好的润滑状态							
		升压站设备的底部与承重基础间加垫隔振材料							
		升压站采用自然通风方式进行冷却，不设风扇							
		升压站主变压器室内墙体敷设外壳为铝合金的吸音板							
	固体废物	危险废物收集后运回陆地，委托有资质单位接收处理	收集罐	配套	及时收集	使用地点	运营期	建设单位	
		危险废物暂存于危废暂存间，委托有资质单位接	危废暂存间	1 套	临时贮存	运维中心			

时间	保护要素	主要环保对策措施	投入主要设备和工具						
			规模/型号	数量	处置效果	实施地点	实施时间	责任主体	运行机制
		收处理							
		陆域站内设置一定数量的垃圾收集箱（桶），收集后交由环卫部门处理	垃圾桶	10 个	定期收集清理	陆上运维中心			
		维修、监测及养护期间产生的船舶固废、生活垃圾收集后委托资质单位接收处理	船舶垃圾桶	维护船自配	全部收集	维护船			
	通航环境	设置足够的导助航设施	导航设施	对应设施进行配备	保证通航安全	风机、升压站	运营期	建设单位和设计单位	
		风机机柱上应涂有醒目的警示色	警示标志						
		安装海上风机监视系统	监视系统						
		相关设施防撞配件的安装和维护	防撞装置						
		及时发布航行通告	管理措施方法			用海区域			
	环境风险	配置足量的溢油应急物资，编制溢油应急预案	/		一旦发生溢油事故，1 小时内响应	用海区域	运营期	建设单位	
	水环境	船舶生活污水收集送有资质单位处理	污水收集装置	船体自配	全部收集	维修船	运营期	建设单位	
		运维中心生活污水经污水处理设备处理后回用	污水处理设备	1 套	满足城市杂用水水质标准后回用	运维中心	运营期	建设单位	
			中水池（中水储罐）	1 座					

8.2 环境保护措施的可行性论证

8.2.1 施工期环境保护措施可行性

工程施工期船舶生活污水、船舶含油废水、船舶生活垃圾等全部收集上岸，委托资质单位进行处理，不向海域排放；工程施工过程中加强船舶的管理和施工工艺的控制，尽量降低悬浮泥沙产生浓度和扩散范围；陆域生活污水收集后交由污水处理站处理。施工期水污染物均得到妥善处理，水污染防治措施可行。

选用符合国家标准施工船舶机械，加强施工机械船舶保养工作，选用符合国家标准燃料油，从源头控制船舶机械尾气的排放浓度，陆域施工区域采用围挡、洒水抑尘等粉尘防治措施，有效降低扬尘产生量，环境空气污染防治措施可行。

选取低噪声设备、加强设备检修维护等措施降低施工噪声对环境的影响。

施工期的船舶生活垃圾委托有资质单位进行处理，陆域生活垃圾交由环卫部门处理，定向钻施工的土石方用于陆域运维中心建设，施工废料回收再利用，均不向环境排放，施工期的固体废物得到妥善处理，固废防治措施可行。

施工期采取相应的工程管理措施，避免对施工区域外产生不利影响，采取渔业和鸟类的保护措施，减小对生态环境的影响。

综上所述，工程施工期环保措施可行。

8.2.2 运营期环境保护措施可行性

(1) 水环境保护措施的可行性分析

本工程陆上运维中心拟建的生活污水处理设施的处理量为 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，采用一体化生活污水处理设施，是常用的生活污水处理设施，生活污水处理设施位于陆域运维中心，办公区的生活污水可通过下水管直接进入生活污水处理设施。根据本项目工程分析，项目生活污水的产生量约为 288.06t/a (0.79t/d)，本项目新建生活污水处理设施处理能力能满足项目需要。

项目生活污水处理后暂存于中水池内，中水池（或中水储罐）体积 80m^3 。项目所在的烟台市牟平区，冬季较冷，不宜进行洒水抑尘，每日生活污水产生量约 0.79m^3 ，中水池体积 80m^3 ，可满足冬季 3 个月中水贮存。

综上所述，本项目拟建生活污水处理设施处理能力能满足项目需要，项目中水池能够满足中水贮存，船舶生活污水和油污水得到妥善处理，项目水环境保护措施可行。

(2) 大气环境保护措施可行性分析

运营期加强检修船舶的维修保养，选用符合国标的燃油，有效的控制船舶尾气的产生量。食堂安装油烟净化装置，能有效减少油烟排放量。

（3）运营期声环境保护措施可行性

工程运营期间声环境污染源主要是风机运行产生的噪声。在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构噪声传递，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。同时开展水下噪声对海洋生物的影响，运营期声环境保护措施可行。

（4）运营期固体废物处理措施可行性

工程运营期设固定分类垃圾箱，生活垃圾和废污泥统一收集由市政垃圾处理厂进行处理，废油、废蓄电池、含油抹布等暂存于危废暂存间内，由于项目危险废物产生量较少，拟建危废暂存间 15m²，足够容纳本项目的危险废物暂存，危险废物委托有资质单位进行处理。运营期产生的固体废物得到妥善处理，不向环境排放，工程运营期固体废物处理措施可行。

（5）运营期生态环境保护措施可行性

工程运营期产生的废水、固体废物等均不向周边环境排放，运营期制定了周边海域内海水水质环境、沉积物环境、海洋生态环境的监测工作计划，及时掌握环境变化，以采取有效的保护措施；制定了完善的环境风险应急措施，一旦发生船舶溢油事故，及时处理，以尽量减少溢油对海洋生物、水质及沉积物的影响。

运营期采用增殖放流的方式对施工造成的生态损失进行补偿，在风机上喷涂颜色和安装警示灯以减少鸟类碰撞风机的风险。工程运营期生态环境保护措施合理。

8.2.3 小结

工程在施工期和运营期采取的污染防治和生态保护措施可行，便于操作实施，处理效果较好，从经济和技术方面考虑，工程的污染防治和生态保护措施可行。

9 环境影响经济损益分析

9.1 环境保护投资

环境保护投入包括为预防和减缓建设项目不利环境影响而采取的各项环境保护措施和设施的建设费用、运行维护费用，直接为建设项目服务的环境管理与监测费用以及相关科研费用均列为环境保护投入。

本项目工程投资 692682 万元，环保投资合计 1686.125 万元，占工程总投资的 0.24%。环保投资估算见表 9.1-1。

表 9.1-1 环保投资估算一览表

阶段	项目		单价（万元）	数量	金额（万元）
施工期	大气扬尘	施工围挡、喷洒除尘设施	/	/	10.0
	废水处理	船舶生活污水和油污水处理	/	/	30.0
		陆域生活污水收集处理	/	/	5.0
	固体废物	船舶垃圾委托处理	/	/	10.0
		陆域生活垃圾委托处理	/	/	2.0
	环境监理、环境监测	施工期环境监理	/	/	80.0
		施工期环境监测	/	/	260.0
运营期	大气环境	油烟净化设施	1	1 套	1
	废水处理	陆上运维中心生活污水处理设施	10.0	1 套	10.0
		中水池（或储罐）	1	1 座	1
	噪声	选用低噪声设备，风机舱内表面贴附阻尼材料等隔声降噪措施	/	/	10.0
	固废处理	垃圾收集箱	0.1	5 套	0.5
	危险废物	危废暂存间	/	1 间	6.0
	生态	厂区绿化	/	1 宗	20.0
		海洋生物资源修复补偿	/	分三年实施	1107.6250
	环境风险	海上升压站事故油罐	20	1 座	20.0
		陆域升压站事故油池	13	1 座	13.0
		溢油应急物资配置	50	1 宗	50.0
不可预见费用					50.0
合计					1686.125

9.2 项目经济损益分析

9.2.1 经济效益分析

项目位于烟台市牟平区北部海域，本项目建成后，正常运行期年上网电量为 163434 万 kW·h。经济效益主要体现在清洁能源发电替代传统煤炭、石油发电。

根据本项目工程可行性研究报告，总投资收益率为 2.68%，相应投资回收期(税后)为 15.2 年，项目资本金净利润率为 4.55%，同时本项目具有一定的财务抗风险能力。

9.2.2 社会效益分析

社会影响效果分析主要指项目的建设及运营活动对项目所在地可能产生的社会影响和社会效益。本项目影响的范围主要为烟台市及其周边地区。

项目位于山东半岛的北部海域，利用近海风能资源，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。同时，建设本项目对贯彻落实国家的可持续发展战略和大力开发风力资源、提高风机本地化率的政策，对我国风电事业有积极地推动作用。

本项目的建设促进直接和间接就业人员的增加，对提高当地居民收入，促进城市化进程具有积极的影响。

9.2.3 环境效益分析

9.2.3.1 环境损失

环境经济损失是指采取相应环保措施后，项目仍然造成的环境损失。本项目的建设对环境产生一定的影响，如局部水域水质混浊（短时间），对区域水质及海洋生物的影响，施工现场水上水下噪声的影响等。在工程设计和施工方案中采取必要的措施，使其对环境的不利影响控制在国家允许的限值以内，以致不影响周围环境使用功能要求，以实现项目建设、国民经济的可持续发展。

工程桩基占用部分海域，占用了海洋生物的生存空间。工程施工过程会增加海水中悬浮物含量，导致海水透明度和光照强度的下降，对浮游生物、游泳生物会造成一定程度的影响。本项目建设会破坏底栖生物的栖息环境，造成底栖生物的损失，还在一定程度上干扰了作业区域海生生物的正常栖息。根据计算，工程建设共造成工程建设共造成浮游植物损失量为 4.87×10^{15} 个，浮游动物损失量为 881.69t，底栖生物损失量为 1629.03kg，鱼卵损失量为 4.38×10^8 粒，仔稚鱼损失量为 1.91×10^7 尾，游泳动物损失 12.647t。

9.2.3.2 环境效益

本项目施工期和运营期各项环保工程措施，包括直接投资的环保设施和属于管理范畴的工程措施，其环境经济效益主要体现在：通过各项环保工程措施的落实，使环境保护的整体战略在施工期和运营期全过程得到有效贯彻，从而确实有效的保护生态

环境，并创建区良好的环境，达到社会经济建设和环境资源保护的协调发展。

本工程装机容量为 504MW，项目建成后，每年可为电网提供清洁电能 18 亿 kWh，按火力发电标煤消耗量 300g/kWh 计算，每年节约标煤 55.8×10^4 t，相应每年可减少多种大气污染物的排放，其中减少二氧化硫(SO₂)排放量约 10730t、一氧化碳(CO)排放量约 145.3t、碳氢化合物(CnHn)排放量约 60.6t、氮氧化物(以 NO₂ 计)排放量约 6097.4t、二氧化碳(CO₂)排放量约 132.7×10^4 t、灰渣排放量约 17.2×10^4 t，项目减排效益明显。可见，建设本项目不仅可以减少化石资源的消耗，且有利于缓解环境保护压力，实现经济与环境的协调发展，项目节能和环保效益较好。

项目拟投入 1686.125 万元落实各项环保措施，可通过必要的污染治理有效减缓工程建设过程中各环境污染因子对环境造成的影响，采取以增殖放流为主的生态修复措施，恢复项目建设造成的海洋生物资源的损失，施工期和运营期污染防治措施的设置及运行、环保人员工资等投入，从财务角度看利润是负值。但环保投入的间接经济效益是显著的，可以减少废气、污水、噪声、固体废弃物对环境的污染，防范、减小事故对海域的污染，保护环境的同时对区域经济的可持续发展意义重大。

9.3 环境经济损益综合评价

综合分析项目的建设的经济损益，项目建设带来的环境资源的损失及负面影响有限，并通过投入环境保护投资进行了减缓与预防。项目建设带来的环境效益和社会效益是十分显著的。因此，项目可以实现经济效益、社会效益与环境效益的协调发展。

10 环境管理与环境监测

建设单位应针对自身生产特点制定严格的环境管理与环境监测计划，并以扎实的工作保证企业各项环保措施以及环境管理与环境监测计划在项目施工期和运行期得以认真落实，才能有效地控制和减轻污染，保护环境；只有通过规范和约束企业自身的环境行为，才能使企业真正实现社会、经济和环境效益的协调统一，走可持续发展的道路。本环评对项目提出环境管理与环境监测的计划和建议。

10.1 环境管理

10.1.1 环境管理机构设置

(1) 建设单位环境管理机构设置

建设单位应建立环保安全管理部门，分管公司的安全环保手续、建设项目“三同时”实施的监督检查、与环保部门的协调工作。

环境管理计划的制定要贯穿项目各个阶段，要具有针对性和可操作性。本项目针对不同阶段、不同污染物的环境管理工作计划见表 10.1-1

表 10.1-1 各阶段环境管理工作计划

企业环境管理总要求	根据国家建设项目环境保护管理规定，认真落实各项环保手续。 (1) 委托评价单位进行环境影响评价工作； (2) 履行“三同时”手续； (3) 进行环保设施竣工验收； (4) 生产运行阶段，定期请当地环保部门监督、检查，协助主管部门作好环境管理工作。对不达标装置及时整改； (5) 配合当地环境监测站搞好监测工作，及时缴纳排污费。
阶段	环境管理工作计划的具体内容
竣工验收阶段	(1) 建设单位应提出环境监测方案，编制竣工验收监测报告，进行自主验收，验收合格后，项目投入方可进入正常运行。
运营阶段	(1) 严格执行各项生产及环境管理制度，保证码头正常运营。 (2) 定期对环保设施进行检查维护，做到勤查、勤记、勤养护。建立危险废物管理台账。 (3) 按照监测计划定期组织的污染源监测，不达标装置立即寻找原因，及时处理。 (4) 生产操作与污染控制很大程度上取决于操作工人的经验意识和技术水平，企业应让职工享有环境知情权，使职工切身理解操作不当和环境污染给自己身心健康带来的影响，积极主动的学习技术和环保知识。 (5) 企业应不断给职工提供去先进企业学习的机会，加强技术培训，强化环保意识，提高操作水平，减少因人为因素造成的非正常生产状况。 (6) 重视群众监督作用，提高全员环境意识，鼓励职工、附近居民和其它技术人员就环境问题提出意见，积极采纳其合理要求。 (7) 积极配合环保部门的检查、验收。 (8) 定期总结数据，寻找规律，不断改进生产操作，降低排污。

(2) 施工单位环境管理机构设置

施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员、岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常运行，各项环境保护措施的落实。

施工单位环境管理内容主要为：

1) 负责监督、落实有关环境保护管理规章制度，实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

2) 及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目施工有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

3) 按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

10.1.2 环境影响评价制度与排污许可制度的衔接

环境影响评价制度是建设项目的环境准入门槛，排污许可制是企事业单位生产运营期排污的法律依据，必须做好充分衔接，实现从污染预防到污染治理和排放控制的全过程监管。根据《环境保护部关于印发<“十三五”环境影响评价改革实施方案>的通知》（环环评[2016]95号）、《关于印发<排污许可证管理暂行规定>的通知》（环水体[2016]186号，2016年12月23日）、《国务院办公厅关于印发控制污染物排放许可制实施方案的通知》（国办发[2016]81号）及环保部《关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》（环办环评[2017]84号）中的相关要求，按行业分步实现对固定污染源的排污许可全覆盖。项目应在获得环评审批文件后，按照国家环境保护相关法律法规以及排污许可证申请与核发技术规范要求申请排污许证。

本项目为海上风电项目，为电力生产行业，不属于《固定污染源排污许可分类管理名录（2019年版）》中的“95 电力生产 411”中需进行“重点管理”和“简化管理”的类型，该类项目也无需进行登记管理，因此本项目无需申请排污许可。

10.1.3 企业台账管理要求

1) 记录监测期间主要生产设施运行状况（包括风机、海上升压站）、污染治理设施主要运行状态参数、用水量等。

2) 固体废物（含危险废物）产生与处理状况

记录运营期间各类固体废物和危险废物的产生量、综合利用量、处置量、贮存量、倾倒丢弃量，危险废物还应详细记录其具体去向。

3) 建设单位委托其它有资质的检(监)测机构开展环境监测,应对检(监)测机构的资质进行确认。

4) 做好运营期跟踪监测记录

a) 监测方案内容: 包含监测站位、监测指标、调查分析时间等,如发生调整变化情况,明确变更原因;

b) 监测期间天气、海况等基本信息,主要生产设施运行情况等。

c) 各监测点、各监测指标全年监测次数、超标情况、浓度分布情况;

d) 自行监测开展的其他情况说明。

10.2 环境监测计划

根据有关法规并结合本项目建设特点制定相应的环境监测计划,环境监测计划中应包括污染物排放监测和环境质量监测及应急监测等内容。

10.2.1 海洋环境监测计划

为了及时了解和掌握本工程建设对海洋环境的影响,评价其影响范围和影响程度,及时发现并解决本工程建设引起的海洋环境问题。根据《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》(自然资办公函[2022]640号)、《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等有关规定,并结合本项目建设特点制定相应的环境监测计划。环境监测可委托有相应资质的环境监测单位实施,监测单位应提交有效的计量检测认证的成果。

(1) 施工期环境监测计划

1) 海水水质

①监测位置: 风场区附近设 16 个监测站位,海底电缆两侧设置 4 个监测站位。

②监测时间及频次: 施工期监测 2 次,在施工高峰年的春、秋两季实施,验收时监测 1 次。

③监测项目: pH 值、COD、DO、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞。

2) 沉积物质量

①监测位置: 风场区附近设 8 个监测站位,海底电缆两侧设置 2 个监测站位。

②监测时间及频次: 验收时监测 1 次。

③监测项目: 铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞、石油类、硫化物、有机碳

3) 海洋生态

①监测位置：风场区附近设 10 个监测站位，海底电缆两侧设置 2 个监测站位。

②监测时间及频次：施工期监测 2 次，在施工高峰年的春、秋两季实施，验收时监测 1 次。

③监测项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

4) 渔业资源

①监测位置：风场区附近海域设 10 个监测站位，海底电缆两侧设置 2 个监测站位。

②监测时间及频次：施工期监测 1 次，选择施工高峰时段。

③监测项目：鱼类、头足类、甲壳类及鱼卵仔鱼。

5) 鸟类

①监测位置：布设 12 个站位。监测位置设在海缆登陆点周边区域、风电场周边海域。

②监测时间及频次：施工期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：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。

6) 海洋生物质量

①监测位置：设 3 个监测站位。

②监测时间及频次：施工期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃。

7) 水下噪声

①监测位置：布设 9 个站位。

在风机基础施工期间，从施工期开始及时跟踪监测施工所产生的水下噪声特别是在施工期的第 1 个月，在风电站内安装的各类基础，至少应进行一次完整的水下噪声测量。在距离风机基础结构 300-1000m 处、不同的水层深度处（水听器离海面 1-3m，垂直阵一般应布设到靠近海底）实时监测风机桩基打桩时产生的水下噪声。

②监测时间及频次：施工期监测 1 次。

③监测内容：

打桩施工所产生的最大声压级 L_{peak} (dB re 1 μ Pa)；

噪声频带有效声压级 (dB re 1 μ Pa)；

噪声声压谱（密度）级；

(2) 运营期

1) 海水水质

①监测位置：风场区附近设 16 个监测站位，海底电缆两侧设置 4 个监测站位。

②监测时间及频次：运营期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：pH 值、COD、DO、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞。

2) 沉积物质量

①监测位置：风场区附近设 8 个监测站位，海底电缆两侧设置 2 个监测站位。

②监测时间及频次：运营期每年监测 1 次。

③监测项目：铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞、石油类、硫化物、有机碳。

3) 海洋生态

①监测位置：风场区附近设 10 个监测站位，海底电缆两侧设置 2 个监测站位。

②监测时间及频次：运营期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

4) 渔业资源

①监测位置：风场区附近海域设 10 个监测站位，海底电缆两侧设置 2 个监测站位。

②监测时间及频次：运营期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：鱼类、头足类、甲壳类及鱼卵仔鱼。

5) 鸟类

①监测位置：布设 12 个站位。监测位置设在海缆登陆点周边区域、风电场周边海域。

②监测时间及频次：运营期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：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。

6) 海洋生物质量

①监测位置：设 3 个监测站位。

②监测时间及频次：运营期每年春季或秋季监测 1 次。

③监测项目：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃。

7) 地形地貌与冲淤

①监测位置：工程外扩边界 15km 范围。

②监测时间及频次：工程运营期前 5 年内，每年监测 1 次，遇灾害性天气加密监测，5 年之后根据前期监测分析结果，可 2-3 年监测 1 次。

③监测项目：水深地形。

9) 水下噪声

①监测位置：布设 9 个站位。

在海上风电场运营期，必须在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行水下噪声测量。在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下辐射噪声。同时应在距离风电场外部界限 3-4km 处进行水下背景噪声和风电噪声的综合测量。

②监测时间及频次：运营期每年测量 1 次。

③监测内容

噪声频带有效声压级(dB_{re}1μPa)；

噪声声压谱（密度）级。

10) 电磁辐射

①监测位置：在 220kv 海上升压站和 220KV 海底电缆周边布设 7 个站位。

②监测时间及频次：验收时监测 1 次，运营期选择风机及升压站正常工作时间每年测量 1 次。

③监测内容：工频电场、工频磁感强度。

表 10.2-1 海洋环境监测计划一览表

监测内容	监测位置	监测时间、频率	监测项目
水质	20 个站位：风场区附近设 16 个监测站位，海底电缆两侧设 4 个监测站位	施工期监测 2 次，在施工高峰年的春、秋两季实施；验收时监测 1 次；运营期每年监测 1 次	常规项目
沉积物	10 个站位：风场区附近设 8 个监测站位，海底电缆两侧设 2 个监测站位	验收时监测 1 次；运营期每年 1 次	常规项目
海洋生态	12 个站位：风场区附近设 10 个监测站位，海底电缆两侧设 2 个监测站位	施工期监测 2 次，在施工高峰年的春、秋两季实施；验收时监测 1 次；运营期每年监测 1 次	常规项目
渔业资源	12 个站位：风场区附近设 10 个监测站位，海底电缆两侧设 2 个监测站位	施工期监测 1 次，选择施工高峰时段；运营期每年监测 1 次。	鱼类、头足类、甲壳类及鱼卵仔鱼
鸟类	在海缆登陆点周边区	施工期每年监测 1 次；	鸟类种类和数量，迁徙活

	域、风电场周边海域 设 12 个站位	运营期每年监测 1 次。	动情况，栖息觅食情况， 鸟类撞机情况等
海洋生物质量	设 3 个监测站位	施工期每年监测 1 次； 运营期每年监测 1 次。	常规项目
地形地貌与冲淤	工程外扩边界 15km 范围	运营期前 5 年内，每年监测 1 次， 遇灾害性天气加密监测，5 年之后 根据前期监测分析结果，可 2~3 年监测 1 次	水深地形
水下噪声	施工区、风机基础外 缘不同距离设 9 个站 位	施工期 1 次；运营期每年 1 次（三 种运行工况）	声压级、密度
电磁辐射	220kv 海上升压站和 220KV 海底电缆外缘 设 7 个监测站位	验收时监测 1 次；运营期选择风机 正常工作时间每年测量 1 次	工频电场、工频磁场（水 平分量和垂直分量）

图 10.2-1a 海洋环境监测站位布设示意图

图 10.2-1b 海域电磁辐射监测站位布设示意图

（3）生态补偿效果评估

对项目建设造成的海洋生态损失，建议采取人工放流的生态恢复和补偿措施，缓解和减轻工程对所在海域生态环境的不利影响。初步计划选择在烟台市牟平区北部海域进行增殖放流，共分三年进行。选择烟台市常见的经济种作为增殖放流的品种，包括对虾、黑鱼、三疣梭子蟹和文蛤等。具体的放流时间、数量和品种应当与当地海洋渔业部门协商后，在当地相关部门的指导下进行。

10.2.2 陆域环境监测方案

（1）废气排放监测

监测内容：食堂油烟

监测频次：1 次/年

监测点位：油烟净化装置排气口

执行标准：《饮食业油烟排放标准》（DB37/597-2006）表 2 中最高允许排放浓度限值

（2）厂界环境噪声监测

监测内容：等效 A 声级

监测频次：1 次/季度

监测点位：厂界外 1m

执行标准：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的 3 类标准

(3) 废水

监测内容：pH、COD、氨氮、总氮、总磷、BOD₅、大肠埃希氏菌等

监测频次：1 次/年

监测点位：生活污水处理设施出水口

表 10.2-3 陆域环境监测项目与监测频率

监测类型	监测点位	监测指标	监测频次	执行排放标准
废气	油烟净化装置排气筒	油烟	委托有监测资质单位；每年 1 次	《饮食业油烟排放标准》（DB37/597-2006）表 2 中最高允许排放浓度限值
噪声	厂界噪声	等效 A 声级	委托有监测资质单位；每年 1 次	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的 3 类标准
废水	生活污水处理设施出水口	pH、氨氮、嗅、化学需氧量、浑浊度、溶解性总固体、溶解氧、色度、BOD ₅ 、阴离子表面活性剂、总氯、大肠埃希氏菌	委托有监测资质单位；每年 1 次	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工的要求

10.3 污染物排放清单及管理要求

根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）要求，对项目运营产生的污染物进行源强核算。污染源源强核算方法采用《污染源源强核算技术指南 准则》（HJ884-2018）具体规定。本项目污染物排放清单见表 10.3-1。

10.4 污染物排放总量控制

(1) 基本原则

国家提出的“总量控制”是区域性的，当局部不可避免地增加污染物排放时，应对同行业或区域内进行污染物排放量消减，使区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定的数量内，使污染物的受纳水体、空气等环境质量可达到规定的环境目标。

实施污染物排放总量控制是考核各级政府和企业环境保护目标责任制的重要指标，也是改善环境质量的具体措施之一。目前，国家实施污染物排放总量控制的基本原则是：由各级政府层层分解、下达区域控制指标，各级政府再根据辖区内企业发展和污染防治规划情况，给企业分解、下达具体控制指标。对扩建和技改项目，必须首先落实现有工程的“三废”达标排放，并以新带老，尽量做到增产不增污。对确实需要增加排污总量的新建或扩建项目，可经企业申请，由当地政府根据环境容量条件，从区域控制指标调剂解决。

(2) 控制对象及指标

根据《国务院关于印发“十三五”节能减排综合工作方案的通知》（国发[2016]74号）文件和《山东省生态环境保护“十三五”规划》，大气污染物总量控制的项目为二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和 VOCs，水污染物总量控制的项目为化学耗氧量和氨氮两个指标。

结合本项目特点和工程分析，运营期检修船舶产生的二氧化硫、氮氧化物为无组织排放，无需申请总量控制指标，生活污水通过生活污水处理设施处理后进行回用，因此无需申请废水污染物总量指标。

因此，项目无需申请总量控制。

10.5 “三同时”验收计划

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。项目“三同时”验收一览表见表 10.5-1。

表 10.3-1 本项目污染源排放清单表

环境要素	污染源	产生量	主要污染物	排放量	拟采取的对策措施
水环境	检修船舶生活污水	10.08m³/a	COD、BOD、SS	0	委托有资质单位接收处理
	检修船含油污水	3.36m³/a	石油类	0	委托有资质单位接收处理
	陆域生活污水	216.04t/a	COD、氨氮、总氮、总磷	0	污水处理设施处理后回用
声环境	风机噪声、升压站噪声等	70~110dB	噪声	/	自然排放
大气环境	食堂油烟	——	油烟	/	经油烟净化装置后排放
固体废物	检修船舶生活垃圾	0.14t/a	生活垃圾	0	委托有资质单位接收处理
	陆上运维中心生活垃圾	8.21t/a	生活垃圾	0	
	污水处理设施废污泥	50kg/a	--	0	
	废铅蓄电池、油渣、含油抹布等危险废物	115kg/a	危废	0	委托有资质单位接收处理
电磁环境	电缆、升压站	——	工频电场和工频磁场	——	加强铠装保护、海底/地下埋设

表 10.5-1 “三同时”验收一览表

类别	项目	主要措施	设施数量	处理效果	验收监测因子	验收标准
废气	食堂油烟	油烟净化装置	1 套	达标	油烟	《饮食业油烟排放标准》（DB37/597-2006）表 2 中最高允许排放浓度限值
废水	陆域生活污水	生活污水处理和中水池	1 套	达标	pH、COD、氨氮、总氮、总磷、BOD ₅ 、大肠埃希氏菌等	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工的要求
	船舶含油污水	委托有资质单位处理	含油污水收集桶	--	--	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
	船舶生活污水		生活污水收集桶	--	--	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
噪声	陆域运维中心设备噪声	选用低噪设备，厂区绿化等	--	厂界达标	Leq（dBA）	《工业企业厂界环境噪声排放标准》3 类区标准（GB12348-2008）
	海域风机噪声	加强风机保养，机舱内安装阻尼材料等	--	--	Leq（dBA）	无
固体废物	陆域生活垃圾	交由市政垃圾处理厂处理		项目区卫生、整洁	--	--
	一般固废（废污泥）	交由市政垃圾处理厂处理	--	妥善处置	--	--
	船舶生活垃圾	委托处理		妥善处置不外排		落实接收单位
	危险废物	委托有资质单位接收处理	新建危废暂存间 1 间（15m ² ）	危险废物妥善处置	--	落实危险废物接收单位
生态	厂区绿化	绿化	--	--	--	--
	海洋生态修复	增殖放流	--	--	--	制定合理的生态修复方案，有合适的方案实施保证措施
环境风险	风险防范设施	事故，完善应急预案	新建海上事故油罐 1 座，陆上事故油池 1 座	--	--	完善应急预案

11 项目建设合理性分析

11.1 项目的产业政策符合性分析

本项目主要建设 504MW 的海上风电场，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》的规定，本项目属于第一类“鼓励类”中第五项“新能源”中第 12 条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”，符合国家产业政策要求。

本项目属于鼓励类的建设项目，符合我国国家产业政策。

11.2 项目与“三区三线”和“三线一单”符合性分析

11.2.1 与山东省“三区三线”划定成果的符合性分析

根据山东省“三区三线”划定成果中生态保护红线，本项目 220kV 海缆穿越养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线，穿越距离合计约 1272.68m，该红线类型为“海岸防护物理防护极重要区”，如图 11.2-1 所示。陆上运维中心和陆缆的布置均不占用生态保护红线区和永久基本农田，陆缆穿越部分城镇开发区域，由于陆域电缆位于地面以下，走向沿道路进行布置，基本不会影响后续城市开发建设。

本项目已开展生态保护红线内允许有限人为活动论证，根据《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人为活动论证报告》（烟台市环保工程咨询设计院有限公司，2023 年 3 月），结论如下：

项目选线综合考虑路由海域渔业用海分布、航道航线位置、生态红线保护区及施工地质等因素，需避开底播养殖渔业用海，考虑到集约节约用海，同时兼顾陆上运维中心位置，方便线路并入电网，确定本项目海缆路径已是最合理选线。根据山东省“三区三线”划定成果中生态保护红线范围，项目确实无法采取工程措施避让生态保护红线区。

根据自然资源部、生态环境部及国家林业和草原局《关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动，华能山东半岛北 L 场址海上风电项目，该项目为海上风电场建设及海底电缆铺设项目，海底输电电缆采用“海底电缆管道”的用海方式，基本不改变海域自然属性，不改变自然岸线的属性，属于第 6 条中“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船

船舶航行、航道疏浚清淤等活动”。

养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线的重点保护目标为“保护河口生态系统、沙滩”。

项目施工期采用定向钻的形式穿越生态保护红线区，根据设计方案，定向钻位于泥面 15m 以下，出土点和入土点均不在生态保护红线内，不会破坏现状沙滩，不破坏生态保护红线的底栖生态环境，施工结束后恢复海域原状，施工范围小、速度快，对海域生态影响较小；施工期定向钻位于泥面以下，仅出土点产生少量悬浮泥沙，相对电缆沟开挖产生的悬浮的量较少，且施工的悬沙影响较小，随着施工的结束而消失。项目施工期的污水和固体废物不向海域排放，不会对生态保护红线产生不利影响。

本项目建成运行后进行电缆输电，不产生污染物，不会对海域水质、大气环境、声环境及生态系统等造成影响，海底电缆敷设于海底，不会改变路由海域海底地形地貌，也不会改变海域水文动力与地形冲淤环境，正常运行情况下不会对生态保护红线区造成影响。项目建成后，通过加强监管管理，完善电缆破裂等风险防控措施，运行期的生态环境影响是可以接受的。

本项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染，对于促进地区新能源产业，带动地方经济快速发展将起到积极作用。在符合法律法规的前提下，在落实各项生态保护措施后，华能山东半岛北 L 场址海上风电项目穿越生态保护红线是可以接受的。

11.2.2 与《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析

根据《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》（烟政发[2021]7 号），本项目风电场区和 220kV 海缆位于海域环境管控单元中的优先保护单元和一般管控单元，海域优先保护单元“重点维护生态系统健康和生物多样性”，海域一般管控单元“重点以维护海洋生态环境质量为导向，执行海洋生态环境保护的基本要求，合理控制开发强度”；陆上运维中心及陆缆位于陆域环境管控单元中的重点管控单元，陆域重点管控单元“重点推进产业布局优化、转型升级，提高资源利用效率，加强突出生态环境问题治理、污染物排放控制和环境风险防控。”

（1）环境管控单元

本项目风电场区超出三线一单管控方案外，大部分 220kV 海缆位于海域环境管控单元的一般管控单元，项目利用风能发电，属于海洋新能源项目，施工期及运营期检

修过程产生的污水、固废妥善处理、不排海，不会对海洋生态环境质量产生不利影响，符合海洋生态环境保护的相关要求，符合一般管控单元的总体要求；本项目 220kV 海缆登陆段位于海域环境管控单元的优先保护单元，220kV 线缆埋设于泥面以下，不改变海域自然属性，对海洋生态系统影响较小，符合优先保护单元的要求；陆上运维中心符合当地用地规划，产生的污染物妥善处理、不外排，运营期制定了环境风险防范措施，符合所在的陆域重点管控单元的管理要求。

（2）环境质量底线符合性

经现状调查，本项目调查海域海水存在局部超标现象，所有站位的沉积物质量均符合相应的沉积物质量标准要求；项目区内海洋生态环境整体较好。陆域空气和声环境质量较好。

本项目风电场区及 220kV 海缆位于海域范围内，风机及海上升压站采用透水构筑物、海缆采用海底电缆管道用海方式，不会对用海区域水文动力环境、地形地貌与冲淤环境产生明显影响。施工期及运营期产生的少量污染物均有合理的处置措施，不排海，不会对海水水质和沉积物质量造成不利影响，不会对所在海域生态环境造成明显不利影响。

陆上运维中心位于陆域范围内，符合当地牟平区土地利用规划（见附件 3），项目运营过程产生的污染物妥善处理，危废暂存间等采取防渗措施，不会对土壤环境产生不利影响。

综上，项目建设符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线符合性

风机、海上升压站及海缆位于海域范围内，不占用土地资源；陆上运维中心占用土地资源，但是面积有限，不占用永久基本农田，且符合用地规划。项目利用风能发电，属清洁能源类项目，不属于高耗能、高耗电、高耗水行业。项目的建设利于海上风能资源的有效利用。项目建设符合资源利用上限要求。

（4）生态环境准入清单符合性

根据图 11.2-1，本项目陆上运维中心及陆缆位于陆域环境管控单元中的重点管控单元，属于大窑街道重点管控单元，项目与烟台市环境管控单元生态环境准入清单符合性见表 11.2-2，项目与烟台市市级生态环境准入总体清单中的相关要求符合性分析见表 11.2-3。

表 11.2-2 本项目与烟台市环境管控单元生态环境准入清单符合性

环境管控单元	重点管控单元准入要求		本工程	符合性
大窑街道重点管控单元	空间布局管控要求	1.生态保护红线执行《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》要求。一般生态空间严格按照《自然生态空间用途管制办法（试行）》执行，原则上按照限制开发区域管理。 2.烟台市沿海防护林省级自然保护区执行《中华人民共和国自然保护区条例》要求、烟台卢山地方级森林自然公园执行《森林公园管理办法》要求、山东沁水河口国家湿地自然公园执行《湿地保护管理规定》《山东省湿地保护办法》要求。 3.自然保护区内禁止新建排放大气污染物的工业项目，现有工业大气排放源（燃煤锅炉、工业炉窑等）限期关闭。 4.在满足产业准入、总量控制、排放标准等管理制度要求的前提下，实行工业项目进工业园、集约高效发展。	本项目陆上运维中心及陆缆不占用该重点管控单元的生态保护红线，不位于烟台市沿海防护林省级自然保护区、自然保护区。	符合
	污染物排放管控要求	建立溢油风险防控方案与突发溢油灾害应急处理预案	项目建立完善的海上溢油风险事故防范机制，项目环境风险可控。	符合
	环境风险防控要求	1.重污染天气应急减排清单中企业制订重污染天气应急减排“一厂一策”实施方案。园区及生产、使用、储存、运输环境风险物质的企业编制突发环境事件应急预案，并定期开展应急演练，对重大危险源每年进行一次应急演练。	本项目陆缆及陆上运维中心位于该功能区内，；陆上运维中心设 1 座事故油池（18m ² ，地下），制定完善应急预案。	符合
	资源开发效率要求	1.土壤：执行烟台市市级生态环境准入清单资源开发效率土地资源利用要求。 2.自然保护区内禁止使用煤、煤矸石、燃料油（重油和渣油）、石油焦、污染物含量超过国家限值的柴油、煤油等高污染燃料。	本项目陆上运维中心用地不涉及受污染耕地、工矿用地、矿山；陆上运维中心及陆缆不位于自然保护区。	符合

表 11.2-3 烟台市市级生态环境准入清单（本项目涉及清单）

管控维度	清单编制要求	准入要求	项目情况	符合性
空间布局约束	禁止开发活动的要求	1.对《市场准入负面清单（2019 年版）》禁止准入事项，市场主体不得进入，行政机关不予审批、核准，不得办理有关手续。	项目不属于《市场准入负面清单（2019 年版）》中的禁止准入事项	符合
		20.禁止使用报废、淘汰或者不符合标准的船舶航行作业。禁止违规实施冲滩拆解船舶。	本项目施工船舶及运营期检修船舶均选择符合国家标准要求的船舶；本项目不涉及拆解船舶。	符合
		24.在海岸带严格保护区内，除国防安全需要外，禁止构建永久性建筑物、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。	项目陆上运维中心不位于海岸带严格保护区。	符合
		25.海岸建筑退缩线范围内，除国防安全、防灾减灾等建设需要外，不得新建、改建、扩建建筑物。除国家重大项目外，全面禁止围填海。围填海活动应当执行法律、法规和国家有关规定。	项目陆上运维中心不位于海岸建筑退缩线范围；项目不涉及围填海。	符合
		26.除必需的公共服务设施外，禁止改变沙滩自然属性建设建筑物、构筑物；禁止擅自圈占沙滩和礁	项目陆上运维中心不位于海岸建筑退缩线范围；项目不	符合

		石。	涉及围填海。	
		28.禁止严重过剩产能以及高耗能、高污染、高排放项目用海，推动海域资源利用方式向绿色化、生态化转变；调整完善海洋倾倒入布局，禁止倾倒除海上疏浚物外的废弃物。	本项目利用海上风能发电，为清洁能源、绿色能源项目，符合绿色化、生态化的海域资源利用方式	符合
		31.生态保护红线内，自然保护区核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，主要包括：零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖；因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查；自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动；经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动；不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设；必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设、防洪和供水设施建设与运行维护；重要生态修复工程。	根据“三区三线”最新划定成果，本项目 220kV 海底电缆登陆段部分位于养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线，本项目 220kV 海缆登陆段对生态保护红线无法避让，项目用海符合“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设”，项目已取得烟台市人民政府出具的符合生态保护红线内允许有限认为活动的初步认定意见	符合
	限制开发建设活动的要求	7.在海岸带限制开发区内，严格控制改变海岸带自然形态和影响生态功能的开发利用活动，预留未来发展空间，严格海域使用审批	220kV 登陆段海缆埋设于泥面以下，不改变海岸带自然形态，不影响海域生态功能。	符合
		8.在海岸带优化利用区内，应当节约利用海岸带资源，保持海岸线的自然形态稳定，集中布局确需占用海岸线的建设项目，严格控制占用岸线长度，合理控制建设项目规模	本项目 220kV 海缆登陆段利用岸线 25.65m，本项目海缆敷设于泥面以下，采用定向钻的施工方式进行敷设，登陆后陆缆采用电缆沟。项目的建设不改变自然岸线的属性，对自然岸线无直接不利影响。	符合
		12.实施最严格的岸线开发管控，对岸线周边生态空间实施严格的用途管制措施，实施海岸建筑退缩线制度，严格控制在海岸线向陆 1 公里范围内新建建筑物；除国家重大战略项目外，禁止新增占用严格保护岸线的开发建设活动，通过岸线修复不断增加自然岸线（含整治修复后具有自然海岸形态特征和生态功能的岸线）长度和保有率。	项目陆上运维中心位于海岸线向陆 1 公里范围之外，项目 220kV 海缆登陆段利用岸线 25.65m，但不改变海域自然属性，利用岸线的方式利于岸线的保护。	符合
	不符合空间布局要求活动退出要求	3.新建有污染物排放的工业项目，除在安全生产等方面有特殊要求的以外，应当进入工业园区或者工业集聚区。	本项目为海上风电项目，施工期及运营期无污染物外排，不属于需要进入工业园区或者工业集聚区的工业项目。	符合
污染物排放管控	污染物允许排放量	14.禁止船舶向水体排放有毒液体物质及其残余物或者含有此类物质的压载水、洗舱水或者其他混合物。 16.产生危险废物的单位，应当按照国家有关规定和环境保护标准要求贮存、利用、处置危险废物，不得擅自倾倒、堆放。 17.严格执行污染物入海排放标准，严查各类偷排漏排行为，杜绝入海排污口超标排海。 19.禁止倾废作业船舶不到位倾倒，禁止有毒有害废弃物倾倒。	项目施工期及运营期产生的油污水、固废（生活垃圾、一般工业固废、危险废物）妥善收集、合理处置，不外排入海。	符合

		23.禁止向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和高、中水平放射性废水。严格限制向海域排放低水平放射性废水；严格控制向海域排放含有不易降解的有机物和重金属的废水。 24.含有机物和营养物质的工业废水、生活污水，应当严格控制向海湾、半封闭海及其他自净能力较差的海域排放。向海域排放含热废水，必须采取有效措施，避免热污染对水产资源的危害。 25.禁止在海上焚烧废弃物。禁止在海上处置放射性废弃物或者其他放射性物质。 27.依法报废超过使用年限的船舶，限期淘汰不能达到污染物排放标准的船舶，严禁新建不达标船舶并进入运输市场。禁止各类船舶直接向海域排放水污染物、压载水和船舶垃圾，严格控制在渤海海域内从事船舶原油过驳、单点系泊等高污染风险作业。 28.推进垃圾分类，严厉打击向海洋倾倒垃圾的违法行为。严格控制向海洋倾倒废弃物，定期对海洋倾倒区开展监视监测，严厉打击非法倾废行为。		
环境风险防控	联防联控要求	12.加强海上溢油风险防控，建立沿岸原油码头、船舶等重点风险源专项检查机制，严厉打击环境违法行为。配合省里做好近岸海域和海岸的溢油污染治理责任主体确定，提升油指纹鉴定能力，完善应急响应和指挥机制，配置应急物资库。	项目建立完善的海上溢油风险事故防范机制，项目环境风险可控。	符合
资源开发效率要求	土地资源利用要求	1.到 2030 年，受污染耕地安全利用率达到 98%以上，污染地块安全利用率达到 95%以上。 2.到 2022 年，人均城镇工矿用地控制在 141 平方米以内。 3.到 2022 年，全市大、中型矿山绿色矿山建成率均达到 95%以上，“三区两线”可视范围内历史遗留矿山地质环境治理率达到 90%以上。	本项目陆上运维中心用地不涉及受污染耕地、工矿用地、矿山。	符合
	海洋资源利用要求	严厉打击涉渔“三无”船舶，全面取缔“绝户网”等违规渔具。严格执行伏季休渔制度，逐步恢复渔业资源。	本项目不涉及渔船。	符合

可以看出，本项目从空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控方面，符合“烟台市环境管控单元生态环境准入清单”、“烟台市生态环境准入总体清单”的要求。

综上，本项目符合《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》相关要求。

11.3 与相关规划的符合性分析

11.3.1 与主体功能区划的符合性分析

11.3.1.1 与《山东省海洋主体功能区划》的符合性分析

本项目风电场区及部分 220kV 海缆（北段）位于国管海域，部分 220kV 海缆（南段）位于《山东省海洋主体功能区规划》中的烟台市牟平区海域，属重点开发区。

牟平区海域属于重点开发区域中海洋渔业保障区：功能定位是山东半岛蓝色经济区建设的主战场，“一带一路”建设的重要节点，新亚欧大陆桥经济带崛起的引航区，支撑我国海洋经济增长的重要增长极，促进区域协调发展的重要支撑点。重点规划建

设烟台东部海洋经济新区。突出高技术海洋经济特色，重点培育海洋高端装备制造业。重点建设金山港生态城，以休闲体验、国际生态颐养、滨海旅游、居住等为主体，打造一个宜居怡人的滨海旅游商务居住区。近岸海域发展休闲体验渔业，离岸海域发展优质生态养殖业，海域内岛屿重点发展现代渔业、海岛旅游等。保护养马岛、金山港等海岛、海湾生态环境，做好牟平砂质海岸省级海洋特别保护区的保护工作，保护优质沙滩、滨海湿地等优质海岸资源。

本项目部分 220kV 海底电缆（南段）位于牟平区海域。本项目为海洋风电项目，是山东省大力发展海洋经济、修复海洋环境需要，是推动山东省“新旧动能转换”和“建设山东海洋强省”战略的具体行动。项目建设有利于带动区域海上风电装备制造业发展。项目不占用养马岛等海岛，登陆点处采用定向钻的方式穿越沙滩，海缆埋设在海底以下不会对砂质海岸产生不利影响。

因此，项目建设与《山东省海洋主体功能区规划》要求相协调。

11.3.1.2 与《山东省主体功能区划》的符合性分析

本项目部分 220kV 海底电缆（南段）位于牟平区海域，陆上运维中心及陆缆位于牟平区陆域。根据《山东省主体功能区划》烟台市牟平区属于山东半岛国家级优化开发区域，该区域的功能定位：黄河中下游地区对外开放的重要门户和陆海交通走廊，国际竞争力较强的先进制造、高新技术和海洋经济等高端产业聚集区，全国重要的特色产业基地和高效生态经济示范区，具有国际先进水平的海洋经济发展示范区和我国东部沿海地区重要经济增长极，东北亚地区国际航运中心。

本项目建设海上风力发电场，属于新能源项目，利于促进风电事业的发展，促进沿海经济的发展，项目建设符合《山东省主体功能区规划》的要求。

11.3.2 与海洋功能区划的符合性分析

11.3.2.1 与《全国海洋功能区划（2021-2020 年）》符合性分析

根据《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》，本工程位于山东半岛东北部海域，该海域的主要功能为渔业、港口航运、旅游休闲娱乐和海洋保护。蓬莱角至平畅河海域重点发展滨海旅游、海洋渔业；套子湾西北部、芝罘湾海域重点发展港口航运；烟台市区至成山头近岸海域主要发展滨海旅游与现代服务业。区域应协调海洋开发秩序，维护成山头水道、烟威近岸航路等港口航运功能。严格禁止近岸海砂开采和砂质海岸地区围填海活动。重点保护崆峒列岛、长岛、依岛、成山头、牟平砂质海岸、刘公岛等海洋生态系统。开展芝罘湾、威海湾、养马岛、金山港、双岛湾等海域综合整

治。

项目位于山东半岛东北部海域，登陆点位于烟台市牟平区。登陆段海缆采用定向钻施工，海缆位于泥面以下，不会对滨海旅游产生不利影响。项目所在位置风电场离岸较远，开发条件较好，风电场区不占用成山头水道、烟威近岸航路，对区域港口航运的功能发挥没有明显影响；项目距离崆峒列岛、长岛、依岛、成山头、牟平砂质海岸、刘公岛等均较远，不会影响其周边海洋生态系统。项目登陆点处采用定向钻的方式穿越沙滩，不会对砂质海岸产生不利影响，且项目不涉及海砂开采，符合“严格禁止近岸海砂开采和砂质海岸地区围填海活动”。项目为海上风电场建设项目，利用风能发电，为清洁能源建设项目，有利于缓解海域综合整治保护压力。因此，项目用海不会影响山东半岛东北部海域主要功能的发挥。

综上，项目用海符合《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》。

11.3.2.2 与《山东省海洋功能区划》（2011-2020 年）符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目风电场区位于山东省功能区划外，项目 220kV 海缆穿越 3 个功能区，分别为烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）、牟平-威海农渔业区（A1-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17），工程区周边海域的功能区有烟台港口航运区（A2-12）、烟台港外近海特殊利用区（B7-2）、蓬莱-烟台近海港口航运区（B2-1）、烟台港近海特殊利用区（B7-1）、烟台崆峒列岛海洋保护区（A6-24）、烟台山北头村特殊利用区（A7-13）、牟平沙质海岸海洋保护区（A6-26）等。项目用海与周边海洋功能区的位置关系见表 11.3-1，本项目所在海域及周边海域的功能区划登记表见表 11.3-2。

表 11.3-1 项目用海与周边海洋功能区的位置关系

序号	海洋功能区划	与本项目位置关系	功能区类型
1	烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）	占用	农渔业区
2	牟平-威海农渔业区（A1-16）	占用	农渔业区
3	养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17）	占用	旅游休闲娱乐区
4	烟台港口航运区（A2-12）	W 侧 6.9km	港口航运区
5	烟台港外近海特殊利用区（B7-2）	W 侧 6.4km	特殊利用区
6	蓬莱-烟台近海港口航运区（B2-1）	W 侧 7.7km	港口航运区
7	烟台港近海特殊利用区（B7-1）	W 侧 10.6km	特殊利用区
8	烟台崆峒列岛海洋保护区（A6-24）	W 侧 7.7km	海洋保护区
9	烟台山北头村特殊利用区（A7-13）	E 侧 2.9km	特殊利用区
10	牟平沙质海岸海洋保护区（A6-26）	E 侧 9.8km	海洋保护区

11.3.2.2.1 与所在功能区的符合性分析

本项目部分 220KV 海缆穿越烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）、牟平-威海农渔业区（A1-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17），其余海底电缆、升压站、风机未在山东省海洋功能区划规划范围内。

（1）与烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）的符合性分析

1) 用途管制要求符合性分析

用途管制要求：本区域基本功能为农渔业功能。适宜开发贝类底播增养殖和筏式养殖，允许发展海水养殖业和捕捞业。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。军事区内禁止养殖。

本项目在烟台市北部海域建设风电场，位于该功能区的 220kV 海缆采用海底电缆管道的用海方式，海缆通过深埋方式敷设于海底土层 3m 以下，建设完成后海底将恢复原状，海缆建设基本不改变泥面上的海域现状及海域属性，不影响海水及海面的自然属性，不会影响所在功能区基本功能的发挥。

根据《省级海洋功能区划编制技术要求》（海管字[2010]83 号），“海上风能资源分布广泛，目前尚未完全调查清楚，且海上风电场与部分用海兼容。现阶段可在基本不损害海洋基本功能的前提下，通过科学论证，选择合适海域进行海上风电场建设，故不对海上风电场划定专门的海洋基本功能区”。《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的规划文本中指出：“涉及公共利益、国防安全、交通运输安全、海洋能源（包括再生能源）、海洋新兴产业及生态安全的用海应在不影响海域基本功能与环境保护要求的条件下优先保障。海上风能属于海洋能源中的再生能源。”——本项目建设海上风电场，利用风能发电，为可再生清洁能源建设项目，属于国家优先保障项目；项目的建设不影响海域基本功能与环境保护要求，应优先保障。

2) 用海方式符合性分析

用海方式要求：严格限制改变海域自然属性，鼓励开发开放式用海，允许小规模以透水构筑物形式用海。

位于该功能区的 220kV 海缆的用海方式为海底电缆管道，海缆位于泥面以下，项目用海方式对海域自然属性影响较小，符合所在功能区的“严格限制改变海域自然属性，鼓励开发开放式用海，允许小规模以透水构筑物形式用海”的要求。

3) 海域整治符合性分析

海域整治要求：控制养殖密度，严格执行休渔制度。

本项目建设风力发电场，属于清洁能源项目，位于该功能区的海缆建设不影响区域内的养殖活动，项目建设不会影响该功能区海域整治要求。

4) 生态保护重点目标符合性分析

生态保护重点目标：传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等；刺参、紫石房蛤、皱纹盘鲍及其产卵场；烟台地留星岛刺参资源；苏山岛石鲷、宽体舌鳎、石花菜、羊栖菜、牡蛎、刺参等种质资源。

本项目建设海上风电项目，风机间距较大，海底电缆均敷设于海底土层以下，风机及电缆的布置均不会切断三场一通道；运营期，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，电磁对海洋生物的影响有限，因此，项目建设不会对该功能区的传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道及种质资源等生态保护目标产生不利影响。

5) 环境保护要求符合性分析

环境保护要求：加强海域污染防治和环境质量监测。水产种质资源保护区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均执行一类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量均执行一类标准。

本项目为海上风电场项目，鉴于项目特点，对该功能区的影响主要为施工期产生的悬浮泥沙对海水水质的影响等，项目施工期悬浮泥沙为短期临时性影响，仅施工点局部海水水质超过第二类水质标准，且在施工结束后较快恢复到海水本底水质环境，不属于海水水质的长期污染。海底电缆建成后埋于海底面以下，运营期不外排污染物，项目建设及运营过程产生的污染物均妥善处理，不外排，不会对功能区内海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生影响。本项目制定了相应的施工环境管理监测计划，加强海洋环境监测。因而符合该功能区的环境保护要求。

因此，项目建设符合烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）的管理要求。

（2）与牟平-威海农渔业区（A1-16）的符合性分析

1) 用途管制要求符合性分析

用途管制要求：本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。军事区内禁止养殖。

本项目建设海上风电场，位于该功能区的 220kV 海缆采用海底电缆管道的用海方式，主要通过深埋方式敷设于海底土层以下，建设完成后海底将恢复原状，基本不影

响海域基本功能；电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对电场具有强烈的屏蔽作用，项目建设对周边养殖及鱼类等生物影响较小；项目施工期和运营期产生的污染物不外排，不会对周边海洋环境产生影响；因此项目建设不影响所在功能区基本功能的发挥。

根据《省级海洋功能区划编制技术要求》（海管字[2010]83 号），“海上风能资源分布广泛，目前尚未完全调查清楚，且海上风电场与部分用海兼容。现阶段可在基本不损害海洋基本功能的前提下，通过科学论证，选择合适海域进行海上风电场建设，故不对海上风电场划定专门的海洋基本功能区”。《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的规划文本中指出：“涉及公共利益、国防安全、交通运输安全、海洋能源（包括再生能源）、海洋新兴产业及生态安全的用海应在不影响海域基本功能与环境保护要求的条件下优先保障。海上风能属于海洋能源中的再生能源。”——本项目建设海上风电场，利用风能发电，为可再生清洁能源建设项目，属于国家优先保障项目；项目的建设不影响海域基本功能与环境保护要求，应优先保障。

2) 用海方式符合性分析

用海方式要求：严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海，水面空间可进行筏式养殖。

本项目 220kV 海底输电电缆的用海方式为海底电缆管道，项目用海方式对海域自然属性影响较小，不改变所在海域的自然属性，符合所在功能区的用海方式要求。

3) 生态保护重点目标符合性分析

生态保护重点目标：威海小石岛刺参种质资源。

本项目位于该功能区的西侧，属于牟平区海域，不是威海小石岛刺参种质资源的主要分布区域。位于该功能区的海缆建设施工时产生悬浮泥沙，对局部区域的水质环境产生短期影响，随着施工结束而影响消失，不会对威海小石岛刺参种质资源的生存环境产生持续不利影响；电缆外层的屏蔽层及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，电磁对海洋生物的影响有限，项目建设不会对该功能区的生态保护目标“威海小石岛刺参种质资源”产生明显不利影响。

4) 环境保护要求符合性分析

环境保护要求：加强海域污染防治和监测。水产种质资源保护区、捕捞区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

本项目为风电发电设施建设，鉴于项目特点，对该海域生态环境的影响主要为施工期产生的悬浮泥沙对海水水质的影响，项目施工期悬浮泥沙为短期临时性影响，施工结束后影响消失，水质较快恢复到海水本底水平。施工期及运营期产生的污水、废物均妥善处置，不排海，不会对海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生不利影响，符合该功能区的环境保护要求。

因此，项目建设符合牟平-威海农渔业区（A1-16）的相关要求。

（3）与养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17）符合性分析

1）用途管制要求符合性分析

用途管制要求：本区域基本功能为旅游休闲娱乐功能，兼容农渔业等功能。经严格论证可适度进行城镇建设。如要建设保护区可依法设置。控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。保障河口行洪安全，河口区域围海造地应当符合防洪规划。

位于该功能区的 220kV 海底电缆采用海底电缆管道的用海方式，海缆敷设于泥面以下，不影响泥面上海域自然属性及海面上自然景观，基本不影响所在海域旅游休闲娱乐功能的发挥；登陆段采用定向钻施工，不改变自然岸线属性，不会对沙滩造成不利影响，因此项目建设不会影响所在功能区基本功能的发挥。

根据《省级海洋功能区划编制技术要求》（海管字[2010]83 号），“海上风能资源分布广泛，目前尚未完全调查清楚，且海上风电场与部分用海兼容。现阶段可在基本不损害海洋基本功能的前提下，通过科学论证，选择合适海域进行海上风电场建设，故不对海上风电场划定专门的海洋基本功能区”。《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的规划文本中指出：“涉及公共利益、国防安全、交通运输安全、海洋能源（包括再生能源）、海洋新兴产业及生态安全的用海应在不影响海域基本功能与环境保护要求的条件下优先保障。海上风能属于海洋能源中的再生能源。”——本项目建设海上风电场，利用风能发电，为可再生清洁能源建设项目，属于国家优先保障项目；项目的建设不损害、不影响海域基本功能与环境保护要求，应优先保障。

2）用海方式符合性分析

用海方式要求：严格限制改变海域自然属性；科学编制旅游开发规划，保护好旅游生态环境和旅游资源；加强水质监测，合理控制旅游开发强度，严格论证基础设施建设。

本项目海底输电电缆的用海方式为海底电缆管道，用海方式均不改变海域的自然属性，220kV 海缆埋于海底，不影响所在功能区旅游生态环境，不占用旅游资源，符

合所在功能区的用海方式的要求。

3) 海域整治符合性分析

海域整治要求：优化海岸和海洋工程景观设计，改善其自然生态功能。

本项目位于该功能区内的海底电缆位于海底，不影响该海域自然生态功能，符合海域整治要求。

4) 生态保护重点目标符合性分析

生态保护重点目标：海岛与海湾生态系统、沙滩。

本项目海底电缆登陆段采用定向钻的方式施工，避免对沙滩产生破坏；海缆埋深为 3m，海缆的铺设不改变周边海域的水文动力条件及海底地貌，对海岛与海湾生态系统没影响。

5) 环境保护要求符合性分析

环境保护要求：加强海洋环境质量监测。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。妥善处理生活垃圾，避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。本海域文体休闲娱乐区海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准；风景旅游区海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。

本项目施工期产生的悬浮泥沙对局部区域产生短时影响，施工期和运营期产生的其他污染物均妥善处理，不外排，不会对功能区内海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生影响，符合所在功能区的环境保护要求。

因此，项目建设符合养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17）的管理要求。

11.3.2.2.2 对周边功能区的影响分析

（1）与港口航运区的符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目周边的港口航运区为烟台港口航运区（A2-12）、蓬莱-烟台近海港口航运区（B2-1）。各功能区的用途管制要求、用海方式要求、生态保护重点目标、环境保护要求等见表 11.3-2。

本项目距烟台港口航运区（A2-12）约 6.9km，距蓬莱-烟台近海港口航运区（B2-1）约 7.7km，因距离较远，不会对其水深地形等产生影响，不改变其海域自然属性，不会影响其港口航运功能，不会对其用途管制、用海方式等管理要求产生不利影响。

（2）与特殊利用区的符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目周边的特殊利用区为烟台港

外近海特殊利用区（B7-2）、烟台港近海特殊利用区（B7-1）、烟台山北头村特殊利用区（A7-13）。各功能区的用途管制要求、用海方式要求、生态保护重点目标、环境保护要求等见表 6.2-2。

项目距离最近的特殊利用区为东侧 2.9km 的烟台山北头村特殊利用区（A7-13），海底电缆的铺设不会改变该功能区的海域自然属性，不影响其海洋自然生态系统及水动力条件，项目加强管理，污染物妥善处置不排海，不会对特殊利用区产生不利影响。

（3）与海洋保护区的符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目周边的海洋保护区为烟台崆峒列岛海洋保护区（A6-24）、牟平沙质海岸海洋保护区（A6-26）。各功能区的用途管制要求、用海方式要求、生态保护重点目标、环境保护要求等见表 6.2-2。

项目距离烟台崆峒列岛海洋保护区（A6-24）、牟平沙质海岸海洋保护区（A6-26）分别为 7.7km、9.8km，距离较远，海底电缆施工产生的悬浮泥沙不会扩散至该功能区内，不改变该海域的自然属性，不会对其生态系统及生态环境产生不利影响。

11.3.2.2.3 小结

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目部分 220kV 海缆穿越烟台-威海北近海农渔业区（B1-1）、牟平-威海农渔业区（A1-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17），其余海底电缆、升压站、风机未在山东省海洋功能区划规划范围内。本项目建设海上风电场，利用风能发电，属海洋资源，为可再生清洁能源建设项目，属于国家优先保障项目，项目的建设不影响海域基本功能与环境保护要求，应优先保障。因此，项目用海与所在海洋功能区的用途管制不冲突，符合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《省海洋功能区划编制技术要求》（海管字[2010]83 号）中的用海方式和环境保护要求。

11.3.2.3 与《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》符合性分析

根据《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》，本工程部分 220kV 海底电缆位于烟台北近海养殖区（B1-1-1）、牟平近海养殖区（A1-16-1）、牟平风景旅游区（A5-17-3）内，其余海底电缆、升压站、风机未在烟台市海洋功能区划规划范围内。

（1）与烟台北近海养殖区（B1-1-1）、牟平近海养殖区（A1-16-1）符合性分析

烟台北近海养殖区（B1-1-1）用途管制要求：“本区域基本功能为养殖功能。兼容增殖功能。适宜开发贝类底播增养殖，允许发展海水养殖业和捕捞业。在船舶习惯

航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。允许人工鱼礁建设。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。”用海方式要求：“严格限制改变海域自然属性，鼓励开发开放式用海，允许小规模透水构筑物用海。”整治修复要求：“控制养殖密度，严格执行休渔制度。”生态保护重点目标：“传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等；水产种质资源。”环境保护要求：“加强海域污染防治和环境质量监测。水产种质资源保护区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均执行一类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。”

牟平近海养殖区（A1-16-1）用途管制要求：“本区域基本功能为养殖功能，兼容增殖、文体休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。允许人工鱼礁建设。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。”用海方式要求：“严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海，水面空间可进行筏式养殖。”生态保护重点目标：“水产种质资源。”环境保护要求：“加强海域污染防治和监测。水产种质资源保护区、捕捞区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。”

符合性分析：项目为海上风电场建设，利用风能发电，为清洁能源建设项目，不进行围填海建设，项目营运期不会海域排放废水等污染物；位于烟台北近海养殖区（B1-1-1）、牟平近海养殖区（A1-16-1）的为 220kV 海底电缆，主要通过深埋方式敷设于海底土层以下，建设完成后海底将恢复原状；电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对电场具有强烈的屏蔽作用，本项目建设对周边养殖及鱼类等生物影响较小，不会影响养殖区主体功能的发挥，因此项目建设符合该功能区的用途管制。

本项目海底输电电缆的用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”，用海方式对周边海域影响较小，基本不改变海域的自然属性，符合所在功能区的用海方式的要求。

本项目为风电发电设施建设，鉴于项目特点，对该功能区的影响主要为施工期产生的悬浮泥沙对海水水质的影响等，项目施工期悬浮泥沙为短期临时性影响，仅施工点局部海水水质超过第二类水质标准，且在施工结束后较快恢复到海水本底水质环境，不属于海水水质的长期污染。项目施工期产生的生活污水、含油污水均有合理的处置措施，不排海。项目营运期不向海域排放废水等污染物，不会造成海水水质、海

底沉积物、海洋生态环境质量的降低，对周边生态保护重点目标影响较小，符合该功能区的环境保护要求。

（2）与牟平风景旅游区（A5-17-3）符合性分析

牟平风景旅游区（A5-17-3）用途管制要求：“本区域基本功能为风景旅游功能，兼容养殖、增殖等功能。允许渔业和旅游基础设施建设。控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。保障河口行洪安全，河口区域围海造地应当符合防洪规划。”用海方式要求：“严格限制改变海域自然属性；科学编制旅游开发规划，保护好旅游生态环境和旅游资源；合理控制旅游开发强度，严格论证基础设施建设。”整治修复要求：“保护砂质岸线，对侵蚀岸段、河口湿地进行合理整治，逐步恢复自然生态环境。”生态保护重点目标：“沙滩。”环境保护要求：“加强海洋环境质量监测。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。妥善处理生活垃圾，避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。本海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。”

符合性分析：本项目为海上风电场建设，利用风能发电，为清洁能源建设项目，位于牟平风景旅游区（A5-17-3）内的为 220kV 海底电缆，海缆建设完成后海底将恢复原状，不会对风景旅游、养殖、增值功能产生影响，不会影响该功能区功能的发挥，因此项目建设符合功能区的用途管制。

本项目海底输电电缆的用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”，项目用海方式不改变海域的自然属性，符合所在功能区的用海方式的要求。

本项目海底电缆登陆段采用定向钻的方式施工，海缆建设不改变周边海域的水文动力条件及海底地貌，不会对沙滩资源造成明显影响。

本项目为风电发电设施建设，鉴于该功能区内海缆施工特点，项目建设对该功能区的影响主要为施工期产生的悬浮泥沙对海水水质的影响等，项目施工期仅施工点局部海水水质超过第二类水质标准，且在施工结束后影响消失。施工期及运营期产生的污水、废物均有合理的处置措施，不排海，对海水水质、海底沉积物、海洋生态环境质量无不利影响，符合所在功能区的环境保护要求。

综上，项目用海不影响《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》的主体功能，符合用海方式和环境保护的要求。

11.3.2.4 与《烟台市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《烟台市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目的风场区和部分

220KV 海缆位于国管海域，部分 220KV 海缆位于烟台牟平渔业用海区和生态红线区；渔业用海区的主要用途为渔业用海，开发利用方式为严格限制改变海域自然属性。禁止填海造地，限制非透水构筑物的规模；本项目海缆穿越农渔业区，位于海面以下，不改变海域自然属性，不影响周边海域渔业功能的发挥，符合农渔业区的开发利用方式要求。华能山东半岛北 L 场址海上风电项目已列入规划中的重点建设清单，见附件 11。项目海缆穿越生态保护区，根据 11.2.1 节分析，项目符合生态保护红线内允许的有限人为活动。

综上所述，项目符合《烟台市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

11.3.3 与《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划（修订版）》符合性分析

《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划（修订版）》中提出要促进海洋产业减污降碳，其中推进绿色能源发展方面：加快构建清洁低碳的现代能源体系。按照统筹规划、分步实施原则，聚焦渤中、半岛北、半岛南三大片区，推进海上风电集中连片、深水远岸开发，加快海上风电基地建设。探索推进“海上风电+海洋牧场”综合利用新模式，支持海洋清洁能源与深远海养殖、海洋观测等融合发展。积极有序发展沿海核电”。

本项目位于山东半岛东北部海域，属于风电基地中的半岛北片区，该区域风资源丰富，项目利用风能建设海上风电场，为海洋新能源的开发，属于海洋清洁能源项目，可推动绿色能源的发展。因此项目建设符合“推进绿色能源发展。加快构建清洁低碳的现代能源体系。按照统筹规划、分步实施原则，聚焦渤中、半岛北、半岛南三大片区，推进海上风电集中连片、深水远岸开发，加快海上风电基地建设。”的要求。项目建设符合《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划（修订版）》。

11.3.4 与《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》符合性分析

根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》，本工程位于烟台-威海北近海盐业养殖区（SD101B II）、牟平-威海盐业养殖区（SD123B II）、养马岛旅游娱乐区（SD122C III）。其中烟台-威海北近海盐业养殖区（SD101B II）、牟平-威海盐业养殖区（SD123B II）为二类环境功能区，执行《海水水质标准》（GB3097）中的二类水质标准（其中水产种质资源保护区、捕捞区内水质执行一类水质标准）；养马岛旅游娱乐区（SD122C III）为三类环境功能区，执行《海水水质标准》（GB3097）中的三类水质标准。

表 11.3-3 《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》

序号	功能区代码	地市	名称	地理位置	面积 (平方公里)	功能类别	水质保护目标	备注
101	SD101B II	烟台-威海	烟台-威海北近海盐业养殖区	蓬莱东部至荣成成山头北部近海海域 四至： 120°59'20.88"-- 122°42'0.33";37°27'35.79"--38°0'17.52"	2449.24	B	II	其中水产种质资源保护区、捕捞区内水质执行 I 类标准
123	SD123B II	烟台-威海	牟平-威海盐业养殖区	烟台沁水河至威海小石岛近岸海域 四至： 121°33'21.61"-- 121°59'50.56";37°27'28.75"--37°36'49.41"	323.04	B	II	其中水产种质资源保护区、捕捞区内水质执行 I 类标准
122	SD122C III	烟台	养马岛旅游娱乐区	养马岛至金山港 四至：121°34'26.1"-- 121°47'32.85";37°24'38.45"--37°29'48.16"	53.77	C	III	

根据 5.2.1 节，本项目场区监测海域海水中除个别站位石油类超标外，海水中其他评价因子总体符合所在功能区水质标准要求。本项目施工期和运营期产生的污染物均妥善处理，不外排，不会对功能区内海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生影响，不会对周边海域的环境质量产生明显影响。因此，工程建设符合《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》。

11.3.5 与《山东省“十四五”海洋经济发展规划》的符合性分析

根据《山东省“十四五”海洋经济发展规划》，本项目位于山东省构建的“一核引领、三极支撑、两带提升、全省协同”的发展布局中的“三极支撑”中的一极，提出：“三极支撑。以烟台、潍坊、威海市为骨干，以提高产业核心竞争力为目标，建设优势互补、各具特色的海洋经济高质量发展增长极。”其中——烟台市，发挥新旧动能转换综合试验区核心城市作用，重点发展现代海洋渔业、海工装备制造、海洋生物医药、海水淡化、海洋文化旅游、海洋交通运输、**海洋新能源**等产业，建设国际海工装备制造名城、国际仙境海岸文化旅游城市、国家海洋牧场建设示范城市、国家海洋生态文明建设名城。

并在**发展壮大海洋新兴产业**中提出发展**海洋新能源**。加强海洋能资源高效利用技术装备研发和工程示范，支持海上风电、潮汐能等海洋能规模化、商业化发展，打造海洋新能源示范引领高地。**按照统筹规划、分步实施原则，谋划推进海上风电基地建设，聚焦渤中、半岛北、半岛南三大片区，推进海上风电集中连片、深水远岸开发应**

用示范，打造千万千瓦级海上风电基地和千亿级山东半岛海洋风电装备制造产业基地。加强关键核心技术独立创新、联合创新，实现风电装备生产本地化、高端化，打造“立足山东，辐射沿海”集研发设计、智能制造、工程总承包、运维服务等于一体的风电装备产业集群。探索推进“海上风电+海洋牧场”、海上风电与海洋能综合利用等新技术、新模式，积极推广“渔光互补”模式，支持海洋清洁能源与海水淡化、深远海养殖、海洋观测等融合发展。探索开展多种能源集成的海上“能源岛”建设”。

本项目在山东半岛北部海域建设海上风电场，位于“千万千瓦级风电基地”的半岛北片区，海上风电属海洋新能源产业，项目的建设可以推进海上风电集中连片开发，打造千万千瓦级海上风电基地，有利于持续壮大海洋新能源等海洋新兴产业规模，项目建设符合《山东省“十四五”海洋经济发展规划》。

11.3.6 与《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》的符合性分析

根据《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》，山东省海上风电总规划三大海上风电基地：渤中基地 950 万千瓦、半岛北基地 850 万千瓦、半岛南基地 1700 万千瓦，共计 25 个风电场。本项目位于半岛北风电基地的风电场址 L 内，场址 L 规划装机 100 万 kW。考虑场区与周边成山角至大连航路、威海港至大连航路的安全距离，且南侧成山角至老铁山水道的影响，场址由东西两侧向中间压缩，场址向东南方向外沿，最新调整后的场址部分超出规划的原场址 L，调整后的场址东西场约 6.5km，南北长约 12.9km，场址面积 58.6km²，本项目拟安装 42 台单机容量 12MW 的风电机组，拟装机容量 50.4 万 kW，山东省能源局已出具相关意见（鲁能源新能函[2023]77 号），支持半岛北 L 场址的调整。

本项目的建设可以推动海上风电的建设，项目建设是落实山东省千万千瓦级风电基地的重要举措，是积极推动海上风电项目建设的需要，项目用海符合《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》。

11.3.7 与《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》的符合性分析

2018 年 9 月，山东省人民政府印发了《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》，规划提出要培育壮大 5 大产业集群，其中之一为海上风电制造与应用产业集群：以青岛、烟台、东营、潍坊、威海、日照、滨州等市为重点，围绕海洋强省战略组织实施和“千万千瓦级海上风电基地”规划建设，加快推进 6 兆瓦、8 兆瓦及以上大功率海上风电设备研制及使用，带动相关配套装备产业发展，建设高端海上风电装备制造基地。支持蓬莱争取国家级海上风电检测基，带动风机制造、海洋装备、技术研

发等全产业链协同发展。按照试点先行、有序推进的原则，科学推动海上风电开发建设，支持海上风电与海洋牧场、波浪能、潮流能等融合发展，形成产业发展与推广应用相互配套、协同发展的建设格局。

规划指出：“加快新能源推广应用：风电。按照“统筹规划、陆海并举”的原则，围绕山东半岛东部、北部沿海、海上风电带以及鲁中、鲁西南内陆山区风电带，科学有序推进风电规模化发展，打造海陆“双千万千瓦级风电基地”。海上，按照海上风电开发与海洋功能区划、海洋主体功能区规划、重点海域海洋环境保护规划、沿岸经济建设、产业布局等统筹协调的总体要求，开展好海上风电规划修编工作。按照整体规划、分布实施、集约节约原则和统一资源配置、统一开发建设思路，科学有序推进海上风电开发建设，重点支持海上风电项目与海洋牧场等其他开发利用活动融合发展，最大限度发挥海域资源效益。陆上，在现有工作基础上，适度有序推进风电项目建设。到 2022 年，全省风电装机容量达到 1700 万千瓦左右；到 2028 年，全省风电装机容量达到 2300 万千瓦左右。”

本项目布置 42 台单机容量 12MW 的风电机组，项目施工期采用环保的科技和工程建设手段，开发环境友好的新型风电场，项目建设推动了风电产业的发展；本项目建设海洋风电场，属于清洁型能源，项目的建设是落实“千万千瓦级风电基地”的重要举措，利于推进海上风电开发建设的发展，有利于加快新能源的推广应用；同时，项目的建设利于带动海上风电制造相关产业的发展，有利于培育壮大海上风电制造与应用产业集群。

综上所述，项目建设符合《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》。

11.3.8 与《山东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析

2021 年 8 月，山东省人民政府印发了《山东省能源发展“十四五”规划》，规划指出：“实施可再生能源倍增行动。以风电、光伏发电为重点，以生物质、地热能、海洋能等为补充，因地制宜推动可再生能源多元化、协同化发展。到 2025 年，可再生能源发电装机规模达到 8000 万千瓦以上，力争达到 9000 万千瓦左右”。其中“风电。以海上风电为主战场，积极推进风电开发。加快发展海上风电。按照统一规划、分步实施的总体思路，坚持能建尽建原则，以渤中、半岛南、半岛北三大片区为重点，充分利用海上风电资源，打造千万千瓦级海上风电基地，推进海上风电与海洋牧场融合发展试点示范，加快启动平价海上风电项目建设，推动海上风电规模化发展，科学布局陆上风电.适度有序推进陆上风电开发建设，重点打造鲁北盐碱滩涂地千万千瓦级风

光储输一体化基地。到 2025 年，风电装机规模达到 2500 万千瓦。”

本项目位于烟台市牟平区北部海域，该区域风资源丰富，项目利用风能因地制宜的建设海上风电场，根据本工程的可行性研究报告，本项目安装 42 台单机容量 12MW 的风电机组，年上网电量可达 163434 万千瓦，项目建设可使再生能源风能规模达到千万千瓦，可有助于实施可再生资源倍增行动；本项目位于半岛北风电基地，项目利用风能建设海上风电场，充分利用海上风电资源，打造千万千瓦级海上风电基地，项目建设可积极推进风电开发。

综上所述，项目建设符合《山东省能源发展“十四五”规划》。

11.3.9 与《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（国务院，2021 年 10 月 25 日）的符合性分析

《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中指出：“大力发展绿色低碳产业。加快发展新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等战略性新兴产业。”同时提出：“积极发展非化石能源。实施可再生能源替代行动，大力发展风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热能等，不断提高非化石能源消费比重。坚持集中式与分布式并举，优先推动风能、太阳能就地就近开发利用。因地制宜开发水能。积极安全有序发展核电。合理利用生物质能。加快推进抽水蓄能和新型储能规模化应用。统筹推进氢能“制储输用”全链条发展。构建以新能源为主体的新型电力系统，提高电网对高比例可再生能源的消纳和调控能力。”

本项目位于山东半岛北部海域，建设风电场，属于新能源新兴产业，项目的建设可以推动绿色低碳产业的发展；项目利用风能发电，可大力发展当地风能资源，推动风能的开发利用，项目的建设可以提高电网对高比例可再生能源的消纳和调控能力，促进非化石能源的发展。因此，项目建设符合《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》。

11.3.10 与《烟台市海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《烟台市海洋生态环境保护“十四五”规划》于 2021 年 12 月经烟台市生态环境局印发，规划在“三、促进减污降碳，建设绿色海洋”中提出要加快海洋新能源开发“以丁字湾双碳智谷、烟台 3060 创新区、北方风电母港为主要载体，布局海洋新能源重点发展区域，引导研发、设计、示范、测试、施工、运维等上下游相关机构集聚发展，培育具有自主知识产权的海上风电、LNG 利用、新式能源开发技术与装备。打造

海上风电基地，加快渤中、半岛北、半岛南三大海上风电场开发……”

本项目位于半岛北海上风电基地 L 场址，为新能源项目，有利于较少传统能源消耗，减少污染物排放，属于烟台市加快海洋新能源开发，打造海上风电基地的重要内容之一。根据现状调查结果，本项目所在海域海水中除个别站位 DO、石油类超标外，海水中其他评价因子总体符合所在功能区水质标准要求；海洋沉积物各评价因子基本符合所在功能区的海洋沉积物质量标准。本项目施工期和运营期产生的污染物均妥善处理，不外排，不会对功能区内海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生影响，不会对周边海域的环境质量产生明显影响。

因此，项目建设符合《烟台市海洋生态环境保护“十四五”规划》。

11.3.11 与《烟台港总体规划》的符合性分析

根据烟台港总体规划，烟台港将形成“一港十区”的总体格局，其中，西港区、芝罘湾港区、龙口港区是提升全港专业化现代化水平和保障可持续发展的重点港区，主要服务腹地运输，兼顾发展临港工业；栾家口港区、蓬莱东港区、长岛港区、蓬莱西港区、海阳港区、牟平港区主要服务地方经济发展，兼顾临港工业和陆岛运输。

项目不在港区规划范围内，距离烟台港芝罘港区、牟平港区分别约 24km、6.7km。

本项目风电场区及海底海缆距离芝罘湾港区和牟平港区较远，项目建设不会影响芝罘湾港区功能发挥，但是鉴于项目施工依托蓬莱港区，项目的建设对港区的通航环境与通航安全存在的影响，业主单位应充分认识到通航环境和安全生产有着密切的联系，并与相关部门建立有效的联系和协调，处理好与附近通航环境的关系，保障项目施工、风电设施和通航安全。

根据《烟台港总体规划（2016-2030）》，项目不占用锚地，项目风电场区距离最近的烟台港第三引航检疫锚地（规划）6.8km，项目 220kV 海缆距离牟平港区 1#锚地约 7.0km，距离烟台港第二引航检疫锚地约 12.7km，符合《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》中“海上风电场与港外锚地的距离按照不小于 1000 米和代表船型的 3 倍至 5 倍船型长度（按锚地设计船型长度）控制（取大值）”的要求；项目近岸段海缆需穿越烟台港至威海港近岸航路、烟台港至威海港航路，海缆在航道交越段埋深 3m，海缆埋设于泥面以下，不影响航道通航。施工时建设单位应与航道管理部门做好沟通，充分保证港区和航道的通航安全，减少对港区船舶通航的影响。

综上分析，项目建设不影响港区发展，不影响港区船舶正常的通航，项目建设与

《烟台港总体规划》相衔接。

11.4 工程选址合理性分析

11.4.1 项目海缆路由方案比选分析

本节引自《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目海底电缆路由桌面研究与勘测方案》，项目预选路由共两种方案，如图 11.4-1 所示。

图 11.4-1 项目路由比选方案

(1) 区域自然环境

预选路由 2 个方案位于同一海域，方案所在海域的区域地质构造、地形地貌、工程地质、海洋水文、气象及海洋自然灾害等情况基本一致。

(2) 集约节约用海

路由方案 1 附近有 BDB6#一期风电场址，且与 N2 风电场登陆路由和 BDB6#一期风电场登陆路由共用廊道铺设直至登陆。路由方案 2 与 N2 风电场登陆路由发生 1 处交错。从集约用海角度分析，方案 1 优于方案 2。

(3) 开发利用现状

1) 渔业用海

路由方案 1 穿越 6 宗渔业用海项目，路由 1.0km 范围内另有 74 宗渔业用海项目。路由方案 2 穿越 7 宗渔业用海项目，路由 1.0km 范围内另有 21 宗渔业用海项目。根据预选路由与养殖区的关系，方案 2 优于方案 1。

2) 港口航运

路由方案 1 穿越 5 条航道航路，与锚地和港口的距离较远。路由方案 2 穿越 4 条航道航路。根据以上分析，方案 1 与方案 2 优劣相当。。

3) 特殊用海

路由方案 1 附近有 2 宗特殊用海项目（科研教学用海项目），方案 2 远离特殊用海项目。根据以上分析，方案 2 优于方案 1。

(4) 禁止抛锚和捕捞区

2 个路由方案均穿越禁止抛锚和捕捞区。方案 1 与方案 2 优劣相当。

(4) 利益相关者

路由方案 1 的利益相关者共 74 个，涉及 84 宗项目（穿越 6 宗渔业用海项目，1km 范围内另有 74 宗渔业用海项目，2 宗特殊用海项目，1 宗海上风电项目，1 处禁止抛锚

和捕捞区)。

路由方案 2 的利益相关者共 18 个, 涉及 29 宗项目 (穿越 7 宗、1km 范围内另有 21 宗, 1 处禁止抛锚和捕捞区)。

根据以上分析, 方案 2 优于方案 1。

(5) 海洋功能区划符合性

2 个路由方案用海均符合《全国海洋主体功能区规划》(国发〔2015〕42 号), 符合《全国海洋功能区划(2011-2020 年)》、符合《山东省海洋主体功能区规划(2017 年)》。

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020 年)》, 方案 1 近岸部分位于烟台-威海北近海农渔业区、牟平-威海农渔业区、养马岛旅游休闲娱乐区之内。方案 2 近岸部分位于烟台-威海北近海农渔业区、牟平-威海农渔业区、双岛湾外旅游休闲娱乐区之内。根据以上分析, 方案 1 与方案 2 优劣相当。

(6) 生态红线

路由方案 1 海缆穿越养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线, 陆缆不穿越生态红线区, 方案 2 海缆穿越威海市双岛湾砂质海岸海岸防护物理防护区极重要区生态保护红线, 陆缆穿越烟台牟平山昔山-昆嵛山-大沽夹河-沁水河生物多样性维护生态保护红线区。方案 1 优于方案 2。

(7) 路由长度和经济效益

方案 1 海缆长度约 89.6km, 陆缆长度约 5.0km, 方案 2 海缆长度约 76.2km, 陆缆长度约 28.5km。根据长度和经济效益比较, 方案 1 略优于方案 2。

根据以上讨论, 影响路由方案比选的主要因素和比选结果见表 11.4-1。

表 11.4-1 升压站至登陆点海底电缆路由方案比选分析表

影响因素	重要性		路由方案		备注
	重要	一般	方案 1	方案 2	
区域地质环境	●		条件较好	条件较好	2 个方案一致
断裂和地震	●		条件较好	条件较好	2 个方案一致
海底地形地貌		●	条件较好	条件较好	2 个方案一致
气象和水文		●	条件较好	条件较好	2 个方案一致
登陆段环境条件		●	敏感目标较少	敏感目标较少	2 个方案一致
集节约用海评价	●		与 BDB6# 一期项目和半岛北 N2 风电项目共用路由廊道(48.5km)和登陆点	不与其他项目路由共用廊道	方案 1 优

影响因素	重要性		路由方案		备注
	重要	一般	方案 1	方案 2	
功能区划评价	●		符合	符合	2 个方案一致
生态红线评价	●		海缆穿越，陆缆不穿越	海缆穿越，陆缆穿越	方案 1 优
港口航运评价	●		穿越 5 条航道航路	穿越 4 条航道航路	2 个方案一致
利益相关者评价	●		74 个	18 个	方案 2 优
路由长度和经济效益评价		●	89.6km 海缆+5.0km 陆缆	76.2km 海缆+28.5km 陆缆	方案 1 略优

通过以上分析，综合考虑路由长度、投资成本和用海安全，并参考管理部门的要求，认为路由方案 1 虽然涉及的利益相关者较多，但是与已有海底电缆管道共用路由廊道，满足集约节约用海要求，便于管理部门的统一管理，因此最终确定方案 1 优于方案 2，推荐方案 1 作为华能山东半岛北 L 场址海上风电项目海底电缆路由。推荐路由的登陆点位于航天员海上训练基地西侧约 200m 的沙滩上，海底电缆路由自升压站经 9 个拐点至登陆点，全长 89.6km。

推荐路由平面布置图见图 11.4-2，关键点坐标统计表见表 11.4-3。

表 11.4-2 登陆电缆路由关键点坐标统计表（CGCS2000，TM 投影，中央经线 120° E）

路由名称	关键点	北坐标(m)	东坐标(m)	纬度 (N)	经度 (E)
L 场址升压站至登陆点海底电缆路由	升压站	4222648.375	688700.323	38° 07' 00.419"	122° 09' 06.147"
	TP1	4221962.107	686700.691	38° 06' 39.672"	122° 07' 43.468"
	TP2	4195270.605	668753.374	37° 52' 27.165"	121° 55' 04.617"
	TP3	4193049.115	662315.676	37° 51' 19.359"	121° 50' 39.548"
	TP4	4176995.500	651296.793	37° 42' 45.719"	121° 42' 56.964"
	TP5	4174386.392	650861.990	37° 41' 21.388"	121° 42' 37.276"
	TP6	4169345.758	647772.834	37° 38' 39.773"	121° 40' 27.571"
	TP7	4159244.290	647837.121	37° 33' 12.229"	121° 40' 22.853"
	TP8	4155949.079	647512.658	37° 31' 25.578"	121° 40' 07.258"
	TP9	4151556.693	647412.448	37° 29' 03.224"	121° 40' 00.011"
	登陆点	4148855.437	647352.557	37° 27' 35.676"	121° 39' 55.630"

11.4.2 用海选址合理性分析

11.4.2.1 区域社会条件满足项目需求

(1) 区位条件适宜性

本工程山东省半岛北部海域，登陆点位于烟台市牟平区。山东省烟台市地处山东

半岛东北部，东连威海，西接潍坊、青岛，南邻黄海，北濒渤海，与辽东半岛对峙，与大连隔海相望。烟台市大陆岸线长度约为 798.65 千米，海岛岸线长度约 272.54 千米，海岸线总长度为 1071.19 千米，濒临渤海、黄海，有岛屿 63 个。烟台市属温带季风气候，与同纬度内陆地区相比具有雨水适中、空气湿润、气候温和的特点，冬无严寒、夏无酷暑。烟台市为低山丘陵区，交通条件便利。烟台市是海上风电的战略要地，拥有丰富的生态资源和优势。海洋资源丰富，风资源丰富且稳定，同时可向四周边放射互通送电上岸。

综上所述，项目用海选址区位条件适宜。

（2）社会条件适宜性

本项目所在区域公路、铁路交通便利，本工程选择蓬莱港区作为风电机组到港码头，码头及堆场承载力基本满足本项目要求，如部分超重件超过承载力，可采用道板等进行加固；选择距离本工程施工海域距离较近的牟平港进行其他零星建筑材料装运、施工人员上下驳及其他常规物资的转运。

项目区供电、供水、消防、通信及交通等基础设施完善，可以保证工程的顺利实施。

综上分析，项目所在区域具有优越的地理位置，项目所在区域的基础设施条件能够满足项目建设的需要，区位条件优越、社会条件良好，项目选址此处合理。

11.4.2.2 选址区域的自然资源、环境条件满足项目用海要求

（1）自然资源适宜性

1) 气候条件的适宜性分析

本项目位于山东半岛北部海域，属温带季风气候，四季分明，光照充足。根据观测资料本项目所在场区 146m 高度主要风向分别为 N、NNW，相应频率分别为 10.96%、9.97%；主要风能方向分别为 N、NNW，相应频率分别为 20.56%、13.4%。L 场址 151m 高度代表年平均风速约为 7.71m/s，年平均风功率密度为 533W/m²；参考《海上风力发电场设计标准(GB / T51308-2019)》，风功率密度等级为 3 级，风能资源丰富，具备开发价值。

2) 地形地貌条件的适宜性分析

本项目风电场区不良地质作用不发育。周边区域性断裂较发育，场区内无活动性区域断裂通过。场区存在部分软弱土层，属对建筑抗震一般地段。工程场区基础易受海浪冲刷，采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。本项目采用四桩导管架

结构，风电场地质满足工程的建设条件。

3) 海洋水文动力环境适宜性分析

根据现状调查，工程所在海域的潮汐属于半日潮类型，潮流运动形式为旋转流和带旋转性质的往复流，各站各层潮流运动方向均为逆时针；工程海流流速整体较小，基本小于 40cm/s，春季各站可能最大流速在 28.2cm/s~67.5cm/s 之间，秋季各站可能最大流速在 29.8cm/s~73.2cm/s 之间，该海域的水文动力环境基本满足建设工程要求。

4) 工程地质条件

根据工程地质调查结果，本场地不良地质作用不发育。周边区域性断裂较发育，场区内无活动性区域断裂通过。场区存在部分软弱土层，属对建筑抗震一般地段。工程场区位于近海海域，基础易受海浪冲刷。故本工程场地稳定性差，适宜性差。采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

根据国标《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015），本工程场区邻近陆域 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，相当于地震基本烈度为 VII 度。

本项目风电场区不良地质作用不发育。周边区域性断裂较发育，场区内无活动性区域断裂通过。场区存在部分软弱土层，属对建筑抗震一般地段。工程场区基础易受海浪冲刷，采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。本项目采用四桩导管架结构，风电场地质满足工程的建设条件。

5) 水深地形

项目风电场场址外缘线离岸距离约 57km，水深约 51m~53m，满足《关于进一步规范海上风电用海管理的意见》及《海上风电开发建设管理办法》中海上风电“滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局”的相关要求。

(2) 生态资源适宜性

本工程风电场区位于山东半岛北部海域，项目所在海域不属于生态敏感区，工程建设不会对该海域的生态结构造成明显影响。

根据第 6 章中的分析，项目施工期产生的悬浮泥沙仅有短暂影响，随着工程的完工，对浮游生物、游泳生物的影响将随之消失，对海洋生态环境的影响通过采取适当的措施进行修复，海域内的生态系统也将逐步得到恢复。运营期间不会对海缆周边养殖区内的养殖水产带来明显影响。项目选址此处与周边生态资源相适宜。

综上分析，项目所在区域自然条件好，地质条件适宜，水流速度较小，海域宽阔，具备建设工程的基本条件。

(3) 环境条件适宜性

从自然环境条件角度而言，项目在离岸 57km 海域建设，充分发挥了该海域风能资源丰富的条件优势。根据第 4 章中水动力环境和地形地貌冲淤环境数值模拟结果，就本项目而言，其建设仅对风机、升压站桩周附近的水动力环境和地形地貌环境有所影响，对周边海域水动力环境和地形地貌环境影响较小。项目建设与该海域自然环境条件适宜。

11.4.2.3 与周边其他用海活动的适应性分析

(1) 工程选址与周边港口航运业的适宜性分析

本项目风电场和海缆均不占用港区，风电场与航道、锚地之间均预留一定的安全距离。项目 220kV 海缆穿越航道，施工期应做好协调工作，避免发生船舶碰撞事故。运营期，海缆位于泥面 3m，不会对通航产生不利影响，项目选址不会港区、航道产生明显不利影响。

(2) 工程选址与周边海洋养殖业的适宜性分析

本项目风电场区不占用养殖区，项目 220kV 外输线路占用 7 宗养殖区，220kV 海底电缆建成后埋于泥面以下，不影响养殖，但从保护海底电缆的角度看，海底电缆区域内需限制渔业活动。因此本项目的建设导致海缆穿越区域的 7 宗开放式养殖活动无法正常开展。本项目已与占用养殖项目的业主进行沟通，各养殖业主原则上同意项目建设，并签订了用海补偿意向性协议。项目周边养殖项目较多，风电场区内养殖项目的减少不影响整体养殖业的发展。

本项目施工过程中产生悬浮泥沙，对附近的养殖区产生一定影响，建设单位已与养殖区权属人沟通协调，养殖区项目单位均同意项目建设。随着施工的结束，悬浮泥沙的影响将不复存在，养殖活动可继续开展。

(3) 项目选址与海底通信电缆的适应性分析

项目 220kV 海底电缆穿越烟威海底通信电缆，海缆交越段采用上交越法敷设，220kV 海缆与已有通信电缆之间净距不小于 0.5m，且采取交越保护方案，符合相关规范要求。

(4) 工程选址与其他开发活动的适宜性分析

本项目不占用保护区、海岛等其他开发活动，对其基本无影响。

11.4.2.4 小结

本项目风电场区风能资源丰富，场区位置符合海上风电场“离岸不少于 10 公里、

滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米”的规定，且选址时兼顾周边航道、水道、军事影响范围等情况布置；路由考虑登陆点、生态红线、利益相关者协调难度、集约节约用海原则、路由经济性等因素设置。项目整体选址符合能源、海上风电相关规划，区位政策条件适宜，自然条件良好，与周边用海活动相适宜。因此，本项目海上风场及海缆选址合理。

12 环境影响评价结论

12.1 评价结论

12.1.1 建设项目概况

本工程海上风电场位于山东省半岛北部海域，陆上运维中心位于陆上运维中心位于烟台市牟平区大窑街道仙坛街与化工路交叉口西北侧。

本项目主要建设内容包括 42 台海上风电机组、1 座海上升压站、66kV 场内集电海缆、220kV 送出海缆、陆缆及陆上运维中心。项目拟安装 42 台单机容量 12MW 的风电机组，总装机容量为 504MW，配套建设 1 座 220kV 海上升压站和 1 处陆上运维中心。风电机组发出电能通过 8 回 66kV 集电海底电缆（60.45km）接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆（89.6km×2 回）登陆，登陆后通过陆缆接入陆上运维中心，经陆上运维中心就近接入电网系统。陆上运维中心工作时间为 365d/年，日常维护检修频率为 1~2 次/月。

工程总投资 692682 万元，其中环保投资合计 1686.125 万元，占工程总投资的 0.24%，工期 12 个月。

12.1.2 环境质量现状

（1）海水水质现状

2022 年 5 月除 11 号站位石油类超第一类海水水质标准，符合第三类海水水质标准，23 号站位无机氮超过第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准外，其余各站位各评价因子均符合相应的海水水质标准。

2022 年 9 月除 6、7、11、18、23、25 号站位石油类超第一类海水水质标准，符合第三类海水水质标准外，29 号站位磷酸盐超过第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准，10、17、24、25 号站位无机氮超过第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准，17 号站铅超过第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准，其余各站位各评价因子均符合相应的海水水质标准。

（2）海洋沉积物质量现状

2022 年 5 月调查海域沉积物各调查站位各监测因子均符合所在功能区的海洋沉积物质量标准要求，沉积物质量良好。

（3）海洋生态环境现状

2022 年 5 月，调查海域叶绿素 a 的变化范围在 0.47~2.27 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为

1.14 $\mu\text{g/L}$ 。共检出浮游植物 57 种、浮游动物 14 种、底栖生物 61 种、潮间带生物 13 种。

2022 年 9 月，调查海域叶绿素 a 的变化范围在 0.54~12.66 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 4.23 $\mu\text{g/L}$ 。共检出浮游植物 40 种、浮游动物 32 种、底栖生物 62 种、潮间带生物 15 种。

（4）海洋渔业资源现状

2022 年 4 月调查海域共检出鱼卵 8 种、仔稚鱼 3 种。捕获游泳动物 56 种，其中鱼类 37 种，甲壳类 15 种，头足类 4 种。

2022 年 9 月调查海域共检出鱼卵 0 种、仔稚鱼 3 种。捕获游泳动物 52 种，其中鱼类 35 种，甲壳类 14 种，头足类 3 种。

（5）海洋生物体质量现状

2022 年 4 月海洋生物质量调查中，除了 8 号和 16 号站位贝类的铅含量超标外，其余各站位生物体内污染物含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准值。

2022 年 9 月海洋生物质量调查中，各站位生物体内污染物含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准值。

（6）鸟类及栖息地现状

根据现场调查的结果结合以往的调查资料，在项目区及邻近地区分布的鸟类约有 73 种，其中现场调查到 65 种，来自文献的记录 8 种。按居留型划分，其中留鸟 17 种，夏候鸟 18 种，冬候鸟 4 种，旅鸟 34。

（7）环境空气质量现状

2022 年，烟台国控点位五项主要污染物四项同比改善，一项持平，其中 SO_2 、 NO_2 达到环境空气质量一级标准； PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 达到环境空气质量二级标准，项目陆域所在地市为达标区。

项目风电场位于山东半岛北部海域，场址中心离岸位置约 70km，附近无重大污染源且周边海域开阔，项目所在海域空气质量较好。

（8）声环境质量现状

1) 水上噪声环境

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声等效噪声级（A 计权）主要分布在 52~62dB 之间；最大声级的算术平均值为 65.0dB；在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级的最大动态范围为 40dB。

2) 水下噪声环境

调查海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，全频带累积声压级为 125dB，噪声谱级的总动态变化范围是 94dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 40dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 88dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 76dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 68dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 48dB 以下。

12.1.3 污染物排放情况

（1）水污染物

项目运营期陆上运维中心生活污水的产生量约为 216.04t/a，依托生活污水处理设施处理后用于绿化和洒水抑尘等。检修船舶生活污水量约为 10.08m³/a，舱底油污水约 3.36m³/a，委托有资质单位处理，不外排。

（2）大气污染物

海上风场运营期主要是风力发电，工艺过程无废气产生。检修船舶在往返风电场区的途中产生少量尾气，无组织自然排放。食堂油烟经油烟净化装置处理后排放至大气环境。

（3）噪声

本项目噪声主要来自风机和升压站。风机运行噪声，在风机轮毂处的最大声功率级约为 110dB/re20μPa。海上升压站采用低噪声变压器，变压器满负荷运行且散热器全开时，其外壳 1.0m 处的噪声级不大于 70dB（A）。

（4）固体废物

运营期陆上运维中心生活垃圾产生量为 8.21t/a，生活污水处理设施产生的废污泥 50kg/a，交由市政生活垃圾处理厂处理。船舶生活垃圾为 0.14t/a，交由船舶污染物接收资质单位处理。废铅蓄电池、油渣、含油抹布等危险废物 115kg/a，危险废物暂存于危废暂存间，并委托有资质单位统一进行处理。

12.1.4 主要环境影响分析

（1）地表水（海洋环境）影响

①工程建设对潮流场的影响主要集中在工程风机桩柱周围，风机桩柱和升压站变

化趋势基本一致。整体来看，风机东西两侧流速整体减小，南北两侧局部略有增加；单个桩柱来看，桩柱东西侧约 300m、南北侧约 160m 流速减小大于 1cm/s；升压站北侧流速增加，流速最大增加量约 1.5cm/s；工程建设对潮流场的影响主要集中在桩柱周边小范围内，对外围其他区域的影响较小。

②工程建成前后冲淤变化不大，桩柱周边淤积量有所增加，年最大淤积增加量约为 0.05cm，年淤积量增加大于 0.01cm 的区域位于桩柱东和西侧最远约 100m 范围内，工程建设对冲淤环境的影响主要集中在桩柱周边小范围内，对外围其他区域的影响较小。

③施工期间产生的 10mg/L 悬浮泥沙主要在工程东-西方向扩散，向西最大扩散距离为 2400m，向东最大扩散距离为 2500m。悬浮泥沙超二类水质标准范围（10mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 10953.88hm²，悬浮泥沙超三类水质标准范围（100mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 6866.32hm²，悬浮泥沙超四类水质标准范围（150mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 4758.47hm²。项目施工期和运营期产生的污水、固废等污染物集中收集、妥善处置，不外排，不会对周边海域的水质环境产生不利影响。

④工程施工搅动海底沉积物在 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；施工期及运营期污染物不排海，不影响沉积物环境质量。

（2）生态环境影响评价

海域生态环境影响分析：工程建设共造成浮游植物损失量为 4.87×10^{15} 个，浮游动物损失量为 881.69t，底栖生物损失量为 1629.03kg，鱼卵损失量为 4.38×10^8 粒，仔稚鱼损失量为 1.91×10^7 尾，游泳动物损失 12.647t。

陆域生态环境影响分析：陆上运维中心占地将改变原有土地生态，该区域将由耕地将向工业用地转变。项目建设不会对植物、动物产生明显不利影响，施工过程中，施工单位采取一定的水土流失防治措施，减少施工影响。运营期采取绿化和地面硬化的方式，减少场区水土流失。

（3）声环境影响评价

风机基础打桩作业对该海域中的渔业资源将产生一定的影响，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失。运营期风机运行产生的噪声强度不大，影响较小。

（4）电磁影响分析

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用；海上升压站为室内式。项目风电场运行产生的电磁环境影响效应不明显，对周边的电磁场环境影响很小。

（5）固体废物环境影响评价

本项目施工期产生的固体废物均统一收集后由相关单位进行集中处置，不向环境排放，本工程产生的固体废物不会对环境造成明显影响。

工程运营期产生的生活垃圾和生活污水处理设施的废污泥经分类收集后送至市政垃圾处理厂进行处理，不向环境排放；危险废物委托有资质单位进行处理。采取以上措施后，本工程产生的固体废物不会对环境造成影响。

（6）大气环境影响预测与评价

本项目施工期对大气的影晌主要是陆域施工作业扬尘污染和海上施工船舶尾气。通过加强管理和保养，采取洒水抑尘等措施可将其影响降低到最小程度，此外施工期影响是短暂的，一旦施工活动结束其环境影响也随之结束。

本项目运营期对环境空气的影响主要为巡检船舶产生的尾气和食堂油烟，加强机械保养，使用合格燃油，食堂安装油烟净化装置，采取措施后对外界环境的影响很小。

（7）鸟类影响分析

本项目所在海域不是鸟类迁徙的主要通道，项目本身对其所在海域的鸟类迁徙、繁殖和觅食等生态行为影响较小。

（8）环境风险评价

本项目的主要环境风险类型是溢油事故，施工期和运营期船舶碰撞事故和运营期变压器油泄漏事故。溢油事故一旦发生，需及时采取措施，防止对项目区及周边敏感目标环境产生不利影响。

12.1.5 环境保护措施

针对项目施工期和运营期污染物产生情况，本项目采取了相应的废气、废水、噪声、固体废物污染防治措施和生态补偿措施，所采取的措施技术可行，经济合理，能够确保污染物的达标排放，并减少对周边环境的影响。

12.1.6 环境影响经济损益分析

本项目工程总投资 692682 万元，其中环保投资合计 1686.125 万元，占工程总投资

的 0.24%。建设本项目不仅可以减少化石资源的消耗，且有利于缓解环境保护压力，实现经济与环境的协调发展，项目环境效益良好。

12.1.7 环境管理和监测计划

建设单位成立安全环保部门，作为环境保护工作的常设管理机构，负责环境保护工作，并制定了详细的海洋环境监测计划、鸟类监测计划和污染物排放监测计划，对项目达标排放情况定期进行监测。

12.1.8 环境影响可行性结论

本项目符合产业政策，符合海洋功能区划、近岸海域环境功能区划、山东省海上风电发展规划等，符合“三线一单”的管控要求，项目社会效益和环境效益显著。在全面加强环保管理、执行环保“三同时”制度和认真落实各项环保对策措施的前提下，项目建设对环境的影响较小，从环境保护的角度，本项目可行。

12.2 建议

（1）工程施工期间应加强环保管理工作，进行毗邻海域海洋环境要素的监视、监测工作，避免危及周边海域。

（2）建议钢管桩沉桩等海上施工尽量避开水生生物主要产卵期，以减少对海洋生物的影响。

附件

附件 1 委托书

委托书

青岛浅海海洋工程研究院有限公司：

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等有关法律的规定，现委托贵单位承担“华能山东半岛北 L 场址海上风电项目”的环境影响评价工作，编制该项目环境影响报告书，望贵单位尽快开展相关工作。

华能山东发电有限公司烟台发电厂

2023 年 4 月 25 日



附件 2 项目核准文件

烟台市行政审批服务局文件

烟审批投〔2023〕80 号

烟台市行政审批服务局 关于华能山东半岛北 L 场址海上风电 项目核准的批复

华能山东发电有限公司烟台发电厂：

报来《关于核准华能山东半岛北 L 场址海上风电项目的请示》及有关材料收悉。经研究，现就该项目核准事项批复如下：

一、为改善烟台地区电源结构，满足烟台市供电需求，同意建设华能山东半岛北 L 场址海上风电项目（2211-370600-04-01-998560）。

项目单位为华能山东发电有限公司烟台发电厂。

二、项目建设地点：牟平区。

三、项目主要建设内容及规模：该项目场址规划容量为

504MW，包括 42 台 12MW 风力发电机组、1 座 220kV 海上升压站、1 座陆上运维中心、海底电缆等。

四、项目总投资 692682 万元，项目资本金为 230870.9 万元，项目资本金占项目总投资的 33.33%。所需资金由项目单位自筹及申请银行贷款解决。

五、建设项目符合环保和资源利用方面的要求。

六、招标内容：该项目由企业委托招标。

七、按照相关法律、行政法规的规定，核准项目应附前置条件的相关文件是山东省能源局出具的《山东省能源局关于委托开展“十四五”首批海上风电项目前期研究论证工作的函》（鲁能源新能函〔2021〕.37 号）、烟台市自然资源和规划局出具的《建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 370600202300007 号）、《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目陆上运维中心用地预审与选址意见》、烟台市海洋发展和渔业局出具的《关于华能山东半岛北 L 场址海上风电项目用海的预审意见》（烟海渔函〔2023〕18 号）、中国共产党烟台市牟平区委员会政法委员会出具的《重大决策社会稳定风险评估评审备案表》。

八、如需对本项目核准文件所规定的建设地点、建设规模、主要建设内容等进行调整，请按照《企业投资项目核准和备案管理办法》的有关规定，及时提出变更申请，我局将根据项目具体情况，做出是否同意变更的书面决定。

九、请华能山东发电有限公司烟台发电厂在项目开工建设前，依据相关法律、行政法规规定办理规划许可、土地使

用、资源利用、安全生产、环评、节能审查等相关报建手续。

十、项目予以核准决定或者同意变更决定之日起 2 年未开工建设，需要延期开工建设的，请华能山东发电有限公司烟台发电厂在 2 年期限届满的 30 个工作日内，向我局申请延期开工建设。开工建设只能延期一次，期限最长不得超过 1 年。国家对项目延期开工建设另有规定的，依照其规定。

附件：华能山东半岛北 L 场址海上风电项目招标投标
事项核准意见



抄送：市发展改革委、市自然资源和规划局、市生态环境局、市
住建局、市统计局。

烟台市行政审批服务局

2023 年 6 月 26 日印发

附件 3 陆上运维中心规划选址意见

基 本 情 况	项 目 名 称	华能山东半岛北 L 场址海上风电 项目陆上运维中心
	项 目 代 码	2211-370600-04-01-998560
	建设单位名称	华能山东发电有限公司烟台发电厂
	项目建设依据	鲁发改能源〔2022〕86 号
	项目拟选位置	牟平区大窑街道
	拟用地面积 (含各地类明细)	3.3314 公顷, 其中农用地 3.3314 公顷 (耕地 1.5416 公顷, 不含永久基本农田)
拟建设规模		总建筑面积 3817.46 平方米, 总装机 500MW
附图及附件名称		
1、华能山东半岛北 L 场址海上风电项目陆上运维中心 用地预审与选址意见 2、华能山东半岛北 L 场址海上风电项目陆上运维中心 区位图		

中华人民共和国

建设项目

用地预审与选址意见书

用字第 370600202300007 号

根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设项目符合国土空间用途管制要求，核发此书。

附件 4 项目生态保护红线内有限人为活动认定意见

烟台市人民政府

烟政呈〔2023〕18 号

签发人：郑德雁

烟台市人民政府 关于出具华能山东半岛北 L 场址海上风电项目 符合生态保护红线内允许有限人为活动 认定意见的请示

省政府：

华能山东半岛北 L 场址海上风电项目是省发展改革委、省能源局规划的半岛北大型海上风电基地中的重要组成部分，该风电场的开发建设对于改善烟台市电网的电源结构、带动风电产业链和海上风电事业的发展具有积极意义。

目前，该项目已纳入正在编制的《烟台市国土空间总体规划

(2021—2035 年)》，输电线路不可避让穿越山东省“三区三线”划定成果中的“养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线”，对生态保护红线的影响在可控范围内且不压占自然保护地，符合《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）中“生态保护红线内允许开展的有限人为活动中的‘必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施’”情形。

根据《山东省自然资源厅山东省生态环境厅关于加强生态保护红线管理的通知》（鲁自然资发〔2023〕1号）有关规定，该项目需设区的市政府组织相关部门开展论证，提出初步意见，向省政府提出出具认定意见的申请，由省政府出具符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见。对此，我市于4月11日组织专家对《华能山东半岛北 L 场址海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人为活动论证报告》进行了审查论证，经质询和讨论，专家组同意项目通过论证。现恳请省政府出具华能山东半岛北 L 场址海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见。

特此请示。

附件：1. 烟台市人民政府关于华能山东半岛北 L 场址海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的初步认定意见

2. 华能山东半岛北 L 场址海上风电项目符合生态保护
红线内允许有限人为活动论证报告（另行装订）



（联系人：赵仁杰；联系方式：15065785825）

附件 1

**烟台市人民政府
关于华能山东半岛北 L 场址海上风电项目
符合生态保护红线内允许有限人为活动的
初步认定意见**

华能山东半岛北 L 场址海上风电项目已纳入正在编制的《烟台市国土空间总体规划（2021—2035 年）》，输电线路不可避免让穿越山东省“三区三线”划定成果中的“养马岛东部砂质海岸海岸防护物理防护极重要区生态保护红线”，对生态保护红线的影响在可控范围内且不压占自然保护地。根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）和《山东省自然资源厅山东省生态环境厅关于加强生态保护红线管理的通知》（鲁自然资发〔2023〕1 号）有关规定，经审查，我市认为华能山东半岛北 L 场址海上风电项目属于生态保护红线内允许开展的有限人为活动。

烟台市人民政府办公室

2023 年 4 月 20 日印发

附件 5 省能源局支持 L 场址调整有关工作的函

山东省能源局

鲁能源新能函〔2023〕77 号

关于支持华能山东公司半岛北海上风电 基地 K、L、N1 场址有关工作的函

华能山东发电有限公司：

贵公司《关于调整半岛北海上风电基地 K、L、N1 场址坐标的请示》收悉，经认真研究，现将有关事项函复如下：

根据《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》（国能综函新能〔2022〕7 号），“十四五”期间择优推动半岛北 K、L、N1 场址开展前期工作；同时，如规划项目实施过程中海洋相关规划、军事、通航等条件发生变化，请山东省能源局商有关部门、单位对有关场址进行适度优化调整。当前半岛北 K、L、N1 场址由于军事、通航、涉及辽宁省管海域等原因，需对原有场址进行优化调整，同时考虑到调整场址大部分位于原规划场址范围内，原规划场址已征求相关部门意见，我局支持贵公司按照拟调整场址坐标开展对原规划 K、L、N1 场址进行优化调整工作，待进一步取得军事、海事等意见后，我局将征求相关部门意见，确保项目依法依规建设实施。

项目开发过程中如遇重大情况，请及时报告我局。

